

БЕНЦИОН МОИСЕЕВИЧ ВУЛ

ЖИЗНЬ • ВОСПОМИНАНИЯ • ДОКУМЕНТЫ

Составитель
В. М. Березанская

Под редакцией
доктора физико-математических наук
А. А. Гиппиуса



URSS

МОСКВА

Издание осуществлено при финансовой поддержке фонда «Успехи физики»

Бенцион Моисеевич Вул: Жизнь, воспоминания, документы / Сост.
В. М. Березанская; Под ред. А. А. Гиппиуса. — М.: ЛЕНАНД, 2013. — 296 с.

Настоящий сборник посвящен Бенциону Моисеевичу Вулу, академику АН СССР, видному ученому в области физики диэлектриков, полупроводников и квантовой электроники, стоявшему у истоков создания Физического института им. П. Н. Лебедева (ФИАН). Свою деятельность в Физическом институте он начал как ученый секретарь (1932–1935 гг.), а в 1934 г. создал свою лабораторию и руководил ею до конца жизни.

В книге приведены ключевые факты биографии Бенциона Моисеевича, собранные из документов, журналов, газет, воспоминаний и устных рассказов знавших его людей. Большая часть помещенных в сборнике материалов публикуется впервые. В сборнике, помимо воспоминаний коллег и близких Б. М. Вула, использованы материалы из Архива Российской академии наук, архива и библиотеки ФИАН, личного архива Е. Б. Вул (дочери ученого).

Большую поддержку в работе над книгой оказали сотрудники ФИАН Т. И. Галкина, В. Б. Кузнецова, В. Ф. Сенников, В. Н. Осипова, С. Н. Максимовский, Г. А. Калюжная.

ООО «ЛЕНАНД». 117312, г. Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.
Формат 70×90/16. Печ. л. 18,5. Зак. №

Отпечатано в ГУП Чувашской Республики «ИПК «Чувашия» Мининформполитики Чувашии.
428019, г. Чебоксары, пр-т И. Яковлева, 13.

ISBN 978–5–9710–0565–0

© В. М. Березанская, составление, 2013

© Коллектив авторов, 2013

13681 ID 169671



9

785971 005650

НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА	
	E-mail: URSS@URSS.ru
	Каталог изданий в Интернете: http://URSS.ru
	Тел./факс (многоканальный): + 7 (499) 724 25 45
	URSS

Содержание

Очерк жизни Б. М. Вула (В. М. Березанская)	5
О научной деятельности Б. М. Вула (Н. Н. Сибельдин)	47
1. Воспоминания о Б. М. Вуле	69
<i>В. С. Багаев.</i> Он очень любил работать сам	71
<i>Б. Д. Копыловский.</i> С ним было приятно работать	74
<i>В. А. Чуенков.</i> Об учителе	76
<i>Т. И. Галкина.</i> Он был отцом для сотрудников лаборатории	79
<i>А. А. Гиптиус.</i> Председатель Научного совета по полупроводникам	82
<i>Е. Л. Фейнберг.</i> Убежденный коммунист, преданный науке	85
<i>В. Н. Мурзин.</i> Молодые годы	90
<i>Л. С. Смирнов.</i> Лидер советской науки	96
<i>О. Н. Крохин.</i> Один из столпов-основателей Физического института	99
<i>Л. Н. Курбатов.</i> Участие Б. М. Вула в закрытых работах	101
<i>Я. Е. Покровский.</i> Выдающийся организатор	104
<i>В. Б. Тимофеев.</i> Он умел сплотить полупроводниковое сообщество	107
<i>А. Г. Забродский.</i> Создатель фиановской школы полупроводников	109
<i>В. Ф. Сенников.</i> У нас были теплые отношения	111
<i>Н. А. Ирисова.</i> Об эвакуации в Казань (1941–1943)	114
<i>Н. Л. Тимофеева.</i> Человек, который научил меня многому	124
<i>И. И. Иванчик.</i> Вавиловский дух ФИАН: о Евгении Львовиче, Бенционе Моисеевиче, о фиановцах и о себе	129
<i>В. К. Аладинский.</i> Памяти Б. М. Вула	134

<i>А. В. Ржанов.</i> Из воспоминаний о ФИАНе	136
<i>В. Б. Кузнецова.</i> Воспоминания референта	150
<i>С. В. Богданов.</i> Все началось в «малом» ФИАНе	152
2. Фотоальбом	161
3. Приложения	177
Отзыв С. И. Вавилова о работе Б. М. Вула (1946)	179
Отзыв Д. В. Скобельцына о работе Б. М. Вула (1970)	185
Статья Б. И. Сегала в газете «Известия» (март, 1935)	189
Статья А. Ф. Иоффе о научных работах Б. М. Вула (1935)	191
Докладная записка об эвакуации ФИАН в Казань	192
Приказ о временном назначении Б. М. Вула исполняющим обязанности директора ФИАН	197
Статья Б. М. Вула «ФИАН — обороне Родины»	198
Справка о производстве керамических конденсаторов (1944)	207
Статья В. М. Березанской «ФИАН — создатель первого отечественного транзистора»	208
Празднование 45-летия Лаборатории физики полупроводников	229
Справка об аспирантуре и первом наборе аспирантов	232
Автобиографии Б. М. Вула (1937, 1940)	234
Б. М. Вул о С. И. Вавиллове	242
Письма Б. М. Вула С. И. Вавилову (1935, 1940)	243
Открытки С. И. Вавилова из Италии	249
Указ Президиума Верховного Совета Союза ССР (1945)	251
Некролог (1985)	252
4. Основные даты жизни и деятельности академика Б. М. Вула	253
5. Библиография трудов Б. М. Вула	263
6. Коротко об авторах	293

*Очерк жизни Б. М. Вула**

В. М. Березанская

Меня всегда восхищал особый творческий почерк Бенциона Моисеевича — видеть за формулами только что познанных физических явлений их техническое воплощение.

А. М. Прохоров

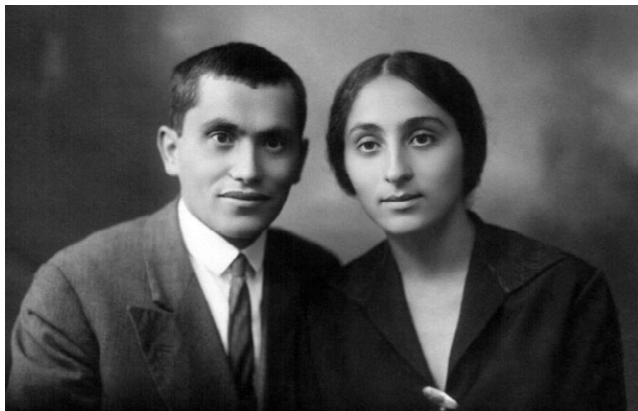
Бенцион Моисеевич Вул родился 22 мая 1903 г. в местечке Белая Церковь Васильковского уезда Киевской губернии. Расположенная на реке Роси, правом притоке Днепра, Белая Церковь находилась в черте оседлости. Являясь фактически городским поселением, где проживало около 20 тысяч жителей — русских, украинцев, евреев, — в административном отношении Белая Церковь числилась местечком и не имела городского самоуправления.

По воспоминаниям племянницы Сони [дочери сестры] Б. М. Вул вырос в традиционной еврейской семье, в которой говорили на идиш, ходили в синагогу, на пасху пекли мацу, на новый год готовили медовые торты и фаршированную рыбу. Семья была дружная.

Во дворе дома стояла кузница со многими инструментами для обработки металла — отец Б. М. был кузнецом. Моисей Гильевич Вул (1868–1939) был сильным, умным и начитанным человеком — читал на иврите и по-русски. Дома был энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона, и все свое свободное время Моисей Гильевич был занят чтением энциклопедии, на что жители местечка недоумевающе качали головой и даже дали ему прозвание «мишуге», что в переводе с идиш значит «двинутый», «не все дома». Мать, Бася Бенционовна Вул (Ольшанская), вела хозяйство.

В семье было трое детей: Бенцион, Исаак и Анюта. Исаак погиб на фронте в 1941 г., в начале Великой Отечественной войны. Юлий, муж Анюты, прошел

* В редактировании очерка принимали участие Е. Б. Вул, В. Е. Захаров и С. М. Виноградова. В тексте учтены их замечания и добавления.



Б. М. Вул с сестрой Анютой

всю войну, был сильно контужен, но вернулся живым. Анюта и ее семья продолжали жить в доме отца на Кузнечной улице.

В пять лет отец отдал маленького Бенциона учиться в хедер, младшую еврейскую школу при синагоге. Мальчик оказался таким усердным и способным учеником, что учил не только иврит и Тору, но стал также самостоятельно изучать русскую грамматику, арифметику и прочие светские дисциплины, обязательные для русской школы. Тогда раввин привел его в Высшее начальное училище и сказал: «Возьмите его, он очень способный». Его взяли. По окончании училища Б. М. перевелся в четвертый класс Белоцерковской гимназии. Это был 1917 г., Временное правительство только что отменило процентную норму для приема евреев в гимназии и университеты, в черте оседлости составлявшую 10 % от общего числа учащихся.

В автобиографии 1940 г. Б. М. Вул пишет: *«С 1917 до мая 1920 г. Белая Церковь временно занималась петлюровцами, немцами, гетманцами, деникинцами...»* По Киевской губернии прокатывались волны австро-германских войск, армии Петлюры, казачьих формирований Махно, Добровольческой армии Деникина. Помимо всех бед Гражданской войны, на евреев обрушились жестокие погромы. Неудивительно, что когда весной 1920 г. в Белую Церковь пришли конники Буденного, 17-летний гимназист отважился на решительный поступок — в мае 1920 г., за несколько дней до окончания шестого класса гимназии, он ушел добровольцем в Первую конную армию.

В рабоче-крестьянской армии Буденного грамотные люди были в большом дефиците, и Бенциона определили к Инженерному складу Первой конной, одновременно он исполнял обязанности секретаря при военкоме. В армии вступил в комсомол, стал секретарем комячейки Инженерного склада, а в июле 1920 г.

был принят в кандидаты ВКП(б). Как сказал о Б. М. Вуле академик Е. Л. Фейнберг, он был представителем той *«еврейской молодежи, которая бросилась в революцию, движимая высокими идеями, движимая тем социальным и национальным угнетением, которое испытывала до революции»*.

Зимой 1920 г. Первая конная армия вела бои с отрядами Махно на Левобережной Украине, в Полтавской губернии. Это были последние бои, в которых участвовал Б. М. В начале 1921 г., в связи с предстоящим расформированием армии Буденного, бойцы которой распределялись по полкам и дивизиям Красной армии, началась перепись ее личного состава. Только тогда, по-видимому, обратили внимание на несовершеннолетие Б. М. — ему не было 18 лет, и он был демобилизован. Б. М. вернулся в Белую Церковь, и здесь началась его общественно-политическая деятельность, к которой в течение всей своей жизни он относился чрезвычайно ответственно. В феврале 1921 г. он был избран секретарем Городского комитета комсомола. Но уже в мае Киевский губком комсомола направил его на учебу в Киевский политехнический институт. Стране нужны были новые специалисты и инженеры.

Прибыв по назначению, Б. М. предполагал учиться сначала на Рабфаке — курсах по подготовке в высшую школу абитуриентов с незаконченным средним образованием. Такие вечерние курсы были к тому времени при многих институтах, в том числе при Киевском политехническом. Но получилось так, что вопрос о его поступлении был решен в духе революционного времени, и он был сразу



Три друга-комсомольца 20-х гг.
Крайний слева Б. М. Вул. Май 1921 г.

принят на электротехнический факультет института. Юмористический рассказ Б. М. об этом эпизоде запомнил и описал В. Ф. Сенников:

«О поступлении на учебу в институт он не мечтал, так как не имел среднего образования. Вместе с абитуриентами, прибывшими на экзамены, Вул ждал приглашения экзаменаторов приемной комиссии института. Его не вызывали. Когда вышел из приемной комиссии последний абитуриент, Вул попросил разрешения войти. Одетый в военную форму, в буденовке, Вул подошел к столу и начал объяснять, зачем пришел. Не слушая, что говорил Вул, председатель приемной комиссии встал и спросил: „Товарищ, на какой факультет Вас зачислить? Я советую — на физический“. И объявил: „Вы зачислены в институт“».

В течение одного учебного года он сдал экзамены и за Рабфак и за первый курс института. Это было нелегко, и даже был момент отчаяния, когда показалось — не справится. Помогли дружба и доброжелательство окружающих. Когда приехал в Киев на учебу, его подселили в квартиру профессора Киевского политехнического института Е. Ф. Вотчала, известного физиолога растений из школы К. А. Тимирязева, вскоре избранного академиком Украинской академии наук. Отношения у них сложились самые дружеские, и именно ему Б. М. пожаловался на трудности, в частности с геометрией. *«Марийка, — обратился Евгений Филиппович к домработнице. — Принесите мешок картошки»*. И на близком ему растительном материале принялся искусно вырезать сложные геометрические фигуры.

Бликие и дружеские отношения сложились у Б. М. и с сыном Е. Ф. Вотчала Борисом — в будущем знаменитым терапевтом Б. Е. Вотчалом, создателем клинической фармакологии в России. Борис был на несколько лет старше Б. М., в начале 1922 г. вернулся из Красной армии и, после четырех лет на фронтах Гражданской войны, поступил в ординатуру в терапевтическую клинику Киевского университета. Эта дружба сохранилась на всю жизнь. С начала 30-х гг., когда они оба жили и работали в Москве, они поддерживали связь, встречались и, если нужно было, помогали друг другу.

Учебу в институте Б. М. Вул совмещал с комсомольской работой, был избран председателем студенческого комитета, а в феврале 1923 г. — принят в члены ВКП(б). Партийная жизнь, в которую он окунулся с присущей ему энергией, сразу же оказалась непростой. В своей автобиографии Б. М. пишет:

«Осенью 1923 г. допустил ошибку. На первом дискуссионном собрании в Шулявском районе голосовал за предложение оппозиции, не разобрав сущности вопроса и будучи обманут тем, что предложение начиналось с приветствия ЦК. Эту ошибку быстро исправил и через несколько дней стал на путь активной борьбы за линию партии».

Еще не раз ему придется каяться в ошибках и доказывать приверженность линии партии.

Шулявкой назывался окраинный в те времена район Киева, где в 1898 г. был основан Киевский политехнический институт. Здесь же находился и Учебно-механический завод института, где с 1924 г. Б. М. работал электромонтером и был выдвинут в секретари бюро партийной ячейки, а в следующем году — на работу в Шулявский райком ВКП(б) заместителем заведующего агитпропа. Но такую нагрузку было невозможно совмещать с учебой, и осенью 1926 г. Б. М. попросил перевести его на должность штатного пропагандиста, чтобы иметь возможность закончить институт.

В 1927 г. Б. М. Вул женился на Софье Даниловне Френкель. История женитьбы была непростой. Даниил Григорьевич Френкель, отец Софьи, успешно занимался кожевенным делом и дал дочери хорошее образование — окончив гимназию, Софья училась в Киевской консерватории по классу фортепиано. Решение дочери выйти замуж за коммуниста вызвало у него сопротивление, и он пришел поговорить по душам с Е. Ф. Вотчалом. К его удивлению, Евгений Филиппович сказал: *«Поздравляю Вас! Жених Вашей дочери — очень достойный молодой человек!»* Помогла и непреклонная позиция самой невесты.

В январе 1928 г. Б. М. окончил Киевский политехнический институт. В качестве дипломной работы он представил проект тепловой электростанции для Днепрогэса, крупнейшей на то время гидроэлектростанции в СССР, строительство которой началось годом ранее. После защиты дипломного проекта Б. М. был оставлен аспирантом на кафедре электротехники. В это же время вместе с группой студентов его командировали на один месяц в Германию.

Активную научную работу Б. М. Вул начал еще будучи студентом. Его первая работа была посвящена процессам осаждения аэрозолей в электрических фильтрах для очистки дымов тепловых электрических станций и заводов. Исследования проводились с целью улавливания продуктов неполного сгорания, уносимых газами в атмосферу.

Занимаясь проблемами электрической очистки газов, Б. М. разработал теорию движения частичек в цилиндрическом электрическом поле и предложил номограмму для графического расчета фильтров. По результатам исследований, он подготовил работу по электрической очистке газов и закончил аспирантуру в два года, в конце 1929 г. публично защитив диссертацию в Академии наук УССР. «Электрическая очистка газов» стала первой научной публикацией Вула (Энерг. вестн., 1929. № 1, с. 33–37). Уже в этой работе проявился стиль исследований, который стал для Б. М. доминирующим в последующие годы — он всегда выбирал проблемы, имеющие прямые практические приложения.

В это время в газетах появились сообщения о первом в СССР наборе в аспирантуру Академии наук, Президиум которой находился тогда в Ленинграде. На семейном совете было решено начать новую жизнь и, с рекомендацией Киевского окружного партийного комитета, Б. М. с женой переехал жить в Ленинград.



Открытка, отправленная
Б. М. Вулом Софье Даниловне
из Берлина. 1929 г.

Здесь Софья Даниловна стала работать тапёром в кинотеатрах, но вскоре Б. М. с присущей ему прямоотой сказал: *«Софочка, ты очень хорошо играешь, но недостаточно хорошо, чтобы стать профессиональным исполнителем. Не поступишь ли тебе в медицинский институт?»*

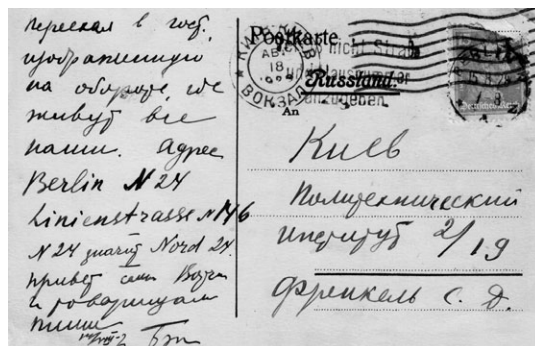
Софья Даниловна поступила в I-й Ленинградский медицинский институт, который окончила в 1934 г. В этом же году у них родилась дочка Лена.

Б. М. Вул попал в первый набор аспирантов (с 16 января 1930 г.) в Физико-технический институт (справку об аспирантуре см. в разделе «Приложения» на стр. 232). В течение трех лет аспирантуры в Лаборатории физики диэлектриков он работал под руководством академика А. Ф. Иоффе, который оказал большое влияние на научное развитие и становление Б. М. как ученого. По предложению А. Ф. Иоффе, он исследовал применение суспензий вещества с высокой диэлектрической проницаемостью (рутил — двуокись титана TiO_2) в жидком ди-

электрике (масло) для устранения краевых разрядов и увеличения пробивных напряжений. Результатом этой работы стала совместная с А. Ф. Иоффе статья «Краевой эффект при электрическом пробое».

В аспирантуре Б. М. начал заниматься электрической прочностью твердых диэлектриков (изолирующих материалов). Он открыл новую форму пробоя, которую назвал последовательным пробоем. Исследование явления многократного последовательного пробоя было очень важно для понимания механизма всего процесса. Им были исследованы различные типы простых и сложных, кристаллических и аморфных материалов, установлены основные закономерности и дано их физическое объяснение, проверенное на обширном материале. Анализ последовательного пробоя имел большое значение для физики и техники высоких напряжений. При этом наряду с изучением электрической прочности был выяснен характер необратимых изменений, происходящих в диэлектриках, находящихся в полях высокой напряженности. В то время, когда Б. М. начал эти исследования, ясных представлений о соответствующих свойствах материалов практически не существовало. Его исследования внесли ясность в физические представления об электрической прочности диэлектриков и заложили фундамент для решения многих технических задач. Когда в 1932 г. вышел первый учебник «Физика диэлектриков», Б. М. Вул был одним из его авторов.

«Переехал в гостиницу, изображенную на обороте, где живут все наши. Адрес Berlin N 24 Linienstrasse № 146. N 24 значит Nord 24. Привет семье Вотчала и товарищам. Пиши. 14/VIII—29 Бэн»



В конце 1932 г. Б. М. закончил аспирантуру и был направлен в Физический институт Академии наук ученым специалистом (ученые степени появились в СССР лишь в январе 1934 г.). В этом институте он работал до последнего дня своей жизни, разделяя все перипетии его долгой истории.

Тогда же, в конце 1932 г., Б. М. командировали на пять месяцев в Германию изучать немецкий научный опыт в области диэлектриков, но обстановка в стране вынудила его вернуться на родину раньше срока. Это было время прихода к власти фашистов, 30 января 1933 г. Адольф Гитлер стал рейхсканцлером. После поджога Рейхстага еврею-коммунисту оставаться в Германии стало опасно. Марк Данилович Френкель, брат Софьи Даниловны, прислал билет на поезд из Берлина в Москву. Когда Б. М. пошел в советское посольство в Берлине, ему сказали: «Как, Вы еще здесь? Уезжайте немедленно!»

Краевой эффект при электрическом пробое¹

Акад. А. Ф. Иоффе и Б. М. Вул

Электрический пробой, в отличие от теплового, обыкновенно происходит у края электрода или даже на некотором расстоянии от него. Естественно объяснить такой «краевой» пробой как вторичный результат пробоя среды, окружающей электрод. Действительно, среда эта—воздух, масло или замазка—обладает гораздо меньшей электрической прочностью, чем пробиваемый диэлектрик, в особенности в тех случаях, когда мы имеем дело с диэлектриками высокой электрической прочности. Легко видеть, что на небольшом расстоянии от края электрода поле внутри диэлектрика лишь немногим меньше, чем под электродом, а в некоторых случаях даже больше благодаря концентрации силовых линий у края. Если диэлектрическая постоянная среды мало отличается от диэлектрика, то и в ней существует то же поле. Пробой среды создает в ней проводящий канал, который, заканчиваясь у поверхности диэлектрика, является как бы добавочным электродом-острием.

Таким образом, предварительный пробой среды ставит диэлектрик в самые невыгодные для пробоя условия с острием как одним из электродов. Какова бы ни была

К сожалению, часть полученного нами материала, как показал рентгенографический анализ, произведенный В. Е. Лашкаревым, заключала лишь небольшую примесь рутила, в главной же массе состояла из других модификаций с меньшей диэлектрической постоянной.

В следующей таблице приведены значения диэлектрической постоянной смеси TiO_2 и масла различных концентраций:

Таблица I

Содержание TiO_2 в смеси в весовых %	0	33,3	50	60
Диэлектрическая постоянная	3,2	11,1	15,2	32,7

Диэлектрическая постоянная измерялась на мостике Шеринга. Величина ее определялась из формулы:

$$\epsilon = \frac{C_{\text{эт}} \cdot R_4}{R_0 C_0 (1 + i\omega^2 \delta)},$$

Фрагмент статьи, опубликованной в журнале «Электричество» в 1931 г. (№ 12. Вып. 2)



Открытка из Берлина, присланная Софье Даниловне незадолго до поджога Рейхстага (27 февраля 1933 г.)

В советской печати в 1933 и 1934 гг. появились публикации о командировке Б. М. Вула. Одна из них отличается литературными достоинствами, другая характеризует стиль популярного журнала «Коммунистическая молодежь», своего рода советской «желтой прессы» 30-х гг.

Из журнала «Литературный современник»¹⁾:

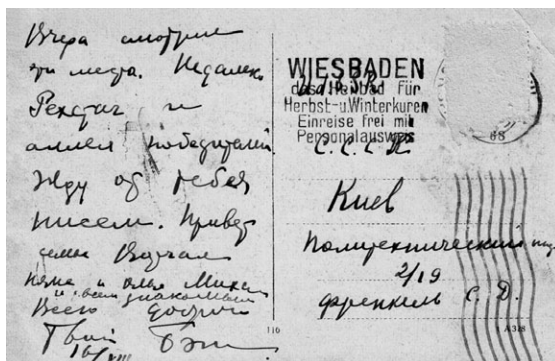
«Вул — специалист по электроизолирующим материалам. Эта специальность — большой раздел в электрификации страны. Чем больше нового, тем лучше. Мы берем это новое у себя и у других, там, где оно есть. За этим новым и поехал Вул в Берлин, затем в Дрезден, затем в Тюрингию, где стоят знаменитые заводы электроизоляторов. Маршрут начался в декабре 1932 г. Вул увидел много нового, только... не в электроизоляции, не в физике, не в науке. Его поездка совпала с теми днями, когда капитал концернов, синдикатов и трестов призвал в спасители своей власти Адольфа Гитлера.

<...> И вот эти научные институты, лаборатории „третьей империи“. Он видел их и пять лет тому назад. Что случилось с ними? Тишина. Накрыты чехлами приборы. Замерли стрелки манометров. Отведен назад рубильник. Первым тонким слоем легла пыль на лабораторное стекло. Кажется, уже рассчитан служитель, который ее сметал. Первая пыль недвижности со времен Фауста и Парацельса. Это — чертоги спящей красавицы, славной германской науки, науки Либиха, Рентгена, Планка, Эйнштейна. <...>

В пустых безлюдных лабораториях учиться оказалось нечему. В апрельский вечер в квартиру Вула явилась полиция. Его подробно расспросили о том, что он делает, и разрешили остаться до конца командировки. За разрешение взяли пять марок. Но он уехал на другой день. Незачем было оставаться еще на два месяца. В кратком отчете о командировке он написал: „Выводов, не известных нам ранее, нельзя сделать. Уровень нашей науки в области электроизоляции не ниже немецкой“».

¹⁾ Марвич С. Три маршрута: Очерки // Лит. Современник. 1934. № 3. С. 7.

«Вчера смотрели три места.
Недалеко Рейхстаг и Аллея
победителей. Жду от тебя
писем. Привет семье Вотчала,
няне и Илье Михайловичу
и всем знакомым. Всего доброго.
Твой Бэн. 16 августа 1932 г.»



Из журнала «Коммунистическая молодежь»²⁾:

«<...> Но закончить командировку не удалось. Он приехал в Германию накануне фашистского переворота. После поджога рейхстага Вул неожиданно был заподозрен в его поджоге.

— Но позвольте, — возмущался Вул, обращаясь к инженеру, который абсолютно не скрывал своих подозрений, — ведь мы вместе с Вами целые дни проводили в лаборатории!

— Это так, но что Вы делаете ночью, я не знаю. Я знаю только, герр Вул, что Вы коммунист.

— Следовательно? <...>

Пришлось уехать из Германии».

В 1932 г. директор Физического отдела Физико-математического института академик С. И. Вавилов назначил Б. М. ученым секретарем, а в 1933 г. предложил ему организовать в отделе Лабораторию физики диэлектриков. В этой лаборатории Б. М. продолжил работы по анализу электроизолирующих материалов. Первым шагом стала постановка исследований разрядов в газах при различных давлениях. Работы по пробою сжатых газов имели большое значение для применения газовой изоляции в технике высоких напряжений (в высоковольтных генераторах, кабелях и других высоковольтных установках), а работы по пробою газов при низких давлениях сыграли существенную роль при создании электротехнической и радиоэлектронной аппаратуры для авиации.

В отзыве о работах Б. М. Вула С. И. Вавилов написал:

«В вопросах исследования электрических свойств сжатого газа лаборатория Б. М. Вула занимала ведущее положение, как у нас в СССР, так и за границей, о чем свидетельствуют многочисленные ссылки в иностранной литературе на работы Б. М. Вула по сжатому газу»³⁾.

²⁾ Брамм М. Бен Вул // Ком. Мол. 1933. № 24. С. 134–137.

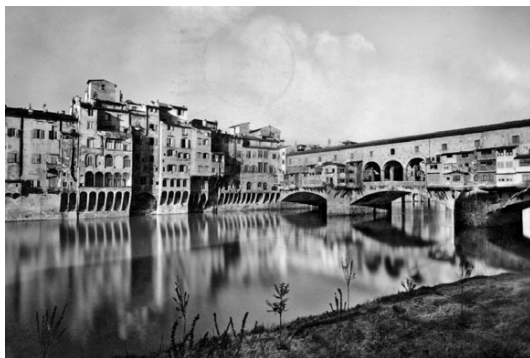
³⁾ Полный текст отзыва С. И. Вавилова см. в приложении на стр. 179.



Открытка из Флоренции.
7 июня 1935 г.

от лица, пожелавшего остаться неизвестным. Таким образом, новый Физический институт объединил в себе традиции петербургской и московской научных школ, и 18 декабря 1934 г. институту было присвоено имя П. Н. Лебедева.

К тридцати научным сотрудникам, приехавшим в Москву из Ленинграда, по приглашению С. И. Вавилова присоединился ряд крупнейших московских физиков со своими учениками. В институте создается девять лабораторий по всем важнейшим отраслям теоретической и экспериментальной



Открытка из Флоренции. 11 июня 1935 г.

В 1934 г. Президиум Академии наук и четырнадцать институтов, среди них Физический институт, были переведены из Ленинграда в Москву. В сложном процессе переезда института Б. М. проявил замечательные организационные способности, и в будущем С. И. Вавилов, оставшийся до 1945 г. научным руководителем Ленинградского государственного оптического института, будет неоднократно прибегать к его помощи в административных делах.

После переезда в Москву институту было предоставлено здание основанного еще до революции Физического института Московского научного института на Миусской площади, недалеко от Белорусского вокзала. Этот институт предполагалось открыть еще при жизни П. Н. Лебедева для сохранения его научной школы и лаборатории, но само здание было построено лишь в 1916 г. на пожертвования

физики. Руководители лабораторий, среди них заведующий Лабораторией физики диэлектриков Бенцион Моисеевич Вул, получили впоследствии законное признание как «столпы-основатели» ФИАН.

Для жительства сотрудников С. И. Вавилов, хорошо знавший и любивший Москву, выбрал дом на Спиридоновке 24, рядом с Патриаршими прудами. Здесь квартира Вавилова располагалась на

ПЕРВАЯ ЗАЩИТА ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Б. СЕГАЛ

12 марта в Физическом институте Академии наук СССР состоялась публичная защита ученым опенциалом Б. М. Вулом диссертации на тему «Электрический пробой диэлектриков».

Это — первая публичная защита докторской диссертации в Академии наук.

Б. М. Вул принадлежит к числу молодых научных работников-коммунистов, которые влились в Академию наук в 1929 году после учреждения института аспирантуры. В 1929 году, находясь в рядах Красной армии, т. Вул 17-летним юношей вступил в ряды комсомола и партии. После окончания гражданской войны он поступил в Киевский Политехнический институт и окончил его в 1925 году.

Будучи аспирантом, Б. М. Вул работал под руководством одного из крупнейших наших физиков-академика А. Ф. Иоффе. После успешного окончания в 1932 г. аспирантуры т. Вул был утвержден ученым специалистом физического института. В этом институте он организовал лабораторию диэлектриков. В Академии наук так же, как и до нее, т. Вул активно участвует в партийной работе.

Около 20 научных работ т. Вула, напечатанных в советских и зарубежных журналах, трактуют вопросы, имеющие большое практическое значение для высоковольтной электротехники, и представляют значительный научный интерес. Здесь необходимо отметить работы по вопросам электрической очистки газов. Научая так называемый красной электрический пробой, автор предлагает методы, дающие возможность повышать использование электроизолирующих материалов. Весьма важным является исследование явления многократного последовательного пробоя диэлектрика на весьма разнообразном круге материалов.

За последнее время т. Вул проделал ряд интересных исследований, связанных с электрическим пробоем сжатого газа, и открыл новые свойства разряда. О всех этих работах т. Вул рассказывал в своем блестящем докладе на диспуте.

Выступавшие в качестве оппонентов акад. А. Ф. Иоффе и член-корреспондент Академии наук А. Ф. Вальтер дали весьма высокую оценку работам т. Вула и охарактеризовали его, как талантливого экспериментатора и вполне сформировавшегося ученого с большой эрудицией.

Представители Всесоюзного исполнительного бюро и кабельной секции Всесоюзного энергкомитета заявили, что работы т. Вула пользуются широкой известностью среди инженеров-электротехников.

Физико-математическая квалификационная комиссия Академии наук, в состав которой входят академики А. Ф. Иоффе, Л. И. Мандельштам, С. И. Вавилов и член-корреспондент Академии наук проф. П. М. Никифоров, единогласно постановили присудить Б. М. Вулу степень доктора физико-математических наук.

Упомянутая защита т. Вулом своей диссертации показала, что в Академии наук за последние годы подготовлены высококвалифицированные кадры пролетарской интеллигенции.

Непременный секретарь Академии наук — акад. В. П. Волгин, выступивший после объявления решения квалификационной комиссии, рассказал о том, как возникла в Академии наук аспирантура, как она преодолевала трудности овладения высшими науками, и выразил надежду, что в ближайшем будущем пример Б. М. Вула послужит ряд других научных работников, получающих подготовку в Академии наук.

первом этаже, а квартира Вулов — на пятом. Сергей Иванович часто поднимался в гости на пятый этаж. Особенно доверительные отношения у него сложились с мамой Софьи Даниловны, приветливой Розалией Ароновной, ни одного гостя не отпуская из дома без чашки чая и посильного по тому времени угощения. Именно ей он в июле 1945 г., после избрания президентом АН СССР, с горечью сказал: «Это мне реверансы за брата делают». Из поездок за границу Вавилов присылал Б. М. открытки⁴⁾.

В 1935 г. Б. М. защитил диссертацию на тему «Электрический пробой диэлектриков». Это была первая публичная защита диссертации в Академии наук. Физико-математическая квалификационная комиссия Академии наук, в состав которой входили академики А. Ф. Иоффе, Л. И. Мандельштам, С. И. Вавилов и член-корреспондент Академии наук проф. П. М. Никифоров, единогласно постановили присудить Б. М. Вулу степень доктора

Статья Б. И. Сегала в газете «Известия». 15 марта 1935 г.

физико-математических наук. В газете «Известия» появилась статья Б. И. Сегала «Первая защита докторской диссертации»⁵⁾.

Начиная с 1935 г., Б. М. Вул развивает основы теории фильтрации аэрозолей. На основании его исследований были созданы эффективные фильтры для противогазов. Эти важные в области химической защиты работы получили впоследствии высокую оценку — в 1938 г. Б. М. был награжден орденом Красной Звезды. Учрежденный в 1930 г., этот орден стал одним из первых военных орденов, врученных сотрудникам Академии наук.

⁴⁾ Обратные стороны открыток и расшифровки текстов см. в приложении на стр. 249.

⁵⁾ См. приложение на стр. 189.



Б. М. Вул. 1938 г.

Б. М. Вул становится известным ученым. Его портреты — в газетах, в журналах. О нем пишут А. П. Карпинский, А. Ф. Иоффе, С. И. Вавилов. Президент Академии наук А. П. Карпинский в 1936 г. написал:

«В составе молодых кадров Всесоюзной академии наук немало комсомольцев, еще недавно студентов, ныне являющих собой прекрасный пример советских ученых. Таким, например, является бывший комсомолец, сейчас член партии, наш молодой талантливый физик Б. М. Вул из Физического института Академии»⁶⁾.

Одновременно с научно-исследовательской работой Б. М. Вул активно участвует в общественной жизни, ведет научно-организационную работу. С 1934 по 1937 гг. он является членом редколлегии «Журнала технической физики», с 1935 по 1936 гг. — ученым секретарем Физической группы АН СССР, с 15.05.1936 г. по 01.09.1936 г. — референтом Научного секретариата АН СССР. Одновременно Б. М. продолжал активную партийную деятельность, был членом парткома академии.

С середины 1930-х гг. политическое руководство страны начинает уделять пристальное внимание Академии наук, «укрепляя» Президиум крупными партийно-государственными деятелями. Ими было инициировано проведение в марте 1936 г. сессии АН СССР, посвященной отчету ведущих физических институтов. Вместе с отчетными докладами директоров институтов предполагалось развернуть широкую дискуссию по двум вопросам: о «слабой связи научных исследований с техникой и производством» и о «проблеме философского порядка в теоретической физике».

На подготовительном совещании, состоявшемся в январе 1936 г., идея проведения на сессии философской дискуссии не прошла. В совещании участвовала большая часть Президиума, ведущие физики и несколько философов. Философ А. М. Деборин, «осознавший ошибки» после организованной против него в 1930–1931 гг. травли и попытки самоубийства, обвинил физиков Я. И. Френкеля, В. А. Фока, Л. И. Мандельштама, И. Е. Тамма, Л. Д. Ландау и др. в идеализме. Деборин поддержал Б. М. Вул: *«Я согласен с Дебориным, что <...> диалектический материализм мог бы помочь нашим физикам <...>. То, что социально это люди нам чуждые и политически враждебно к нам настроены, — это тоже факт <...>»*. Но большинство физиков проявили твердость, и было решено перенести философскую дискуссию на будущее.

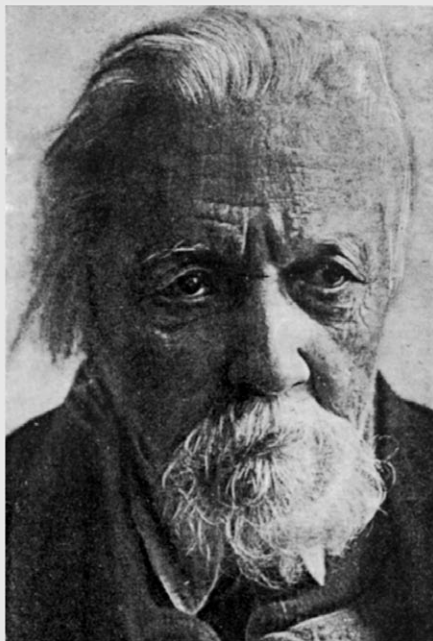
⁶⁾ Карпинский А. П. Комсомольцы-ученые // Сов. студ. 1936. № 2/3. С. 18.

Комсомолы- ученые

Статья
президента
Академии наук СССР
А. П. КАРПИНСКОГО

Среди студенчества, которому предстоит быть основой будущей массы образованных советских граждан, немало таких его представителей, которые станут на путь научной работы, войдут в состав научных учреждений Союза и возглавляющей их Академии наук. Хорошо усвоенные знания, надлежащая политическая подготовка и сознание своего гражданского долга сделают их достойными сынами нашей родины.

В составе молодых кадров Всесоюзной академии наук немало комсомольцев, еще недавних студентов, ныне являющих собой прекрасный пример советских ученых. Таким, например, является бывший комсомолец, сейчас член партии, наш молодой талантливый физик **Б. М. Вул** из физического института Академии. Из комсомольцев можно отметить целый ряд работников, носящих в себе несомненные задатки самостоятельной научной мысли и обещающих сделаться оригинальными исследователями. Таковы, например, молодые химик **Лозовой**, работающий в области гидрогенизации жидкого топлива, и **Михаев**, имеющий уже ряд работ по коллоидной электрохимии, обративших на себя внимание иностранных ученых; аспирантка-докторантка **Версина**, работающая по электрохимии под руководством акад. **А. Н. Фрумкина**, или работающая по физикохимии почв молодая сотрудница Почвенного института **Комарова**. Следует отметить, что **Версина** является уроженкой Коми-области Северного края. Этими именами, конечно,



далеко не исчерпывается список молодых научных работников-комсомольцев, которые совместно со своими беспартийными товарищами готовят к съезду комсомола специальный сборник своих научных трудов.

Журнал «Советское студенчество», информируя своих читателей о работе этих молодых ученых, может сыграть благодарную роль, привлекая интерес к научной деятельности как прекрасному, хотя и нелегкому жизненному поприщу.

А. Карпинский

Статья А. П. Карпинского «Комсомолы-ученые»

В августе 1936 г. Б. М. Вул исключают из партии. В вину ему поставили некие ошибки 1934 г. В автобиографии 1937 г. Б. М. пишет: *«Будучи членом парткома Академии Наук в 1934 г. не сумел разглядеть контрреволюционеров-троцкистов, пробравшихся в партийный комитет»*. Его восстановили в партии через месяц, но это было мощное средство припугнуть. Из всех видов контрреволюционной деятельности обвинение в троцкизме было самым страшным, любая степень близости к нему была опасна для жизни. Потертый кожаный портфель с предметами первой необходимости становится частью повседневной жизни.

Из воспоминаний Софьи Даниловны:

«У ворот дачи останавливается большая машина официального вида, на которой ездят начальники. Б. М. берет портфель и идет навстречу машине — он не хочет, чтобы жена и дочь видели, как его забирают. К счастью, тревога оказалась ложной — приехал в гости дальний родственник».

Человеком, благодаря которому Б. М. Вул избежал репрессии, был Г. М. Кржижановский, в 1929–1939 гг. вице-президент АН СССР. В 1936 г. он еще не впал в немилость к Сталину и был чрезвычайно влиятельной фигурой как один из ближайших соратников Ленина по революционной борьбе, создатель плана ГОЭЛРО и в течение многих лет первый председатель Госплана.

Е. Б. Вул вспоминает:

«Когда после войны родители сняли дачу на Николиной Горе, в одно воскресенье отец мне сказал: „Идем по гостям, сначала к Кржижановскому“. Я спросила: „А почему к Кржижановскому?“. Он ответил: „Потом узнаешь“. Лишь несколько лет спустя, решив, по-видимому, что я уже достаточно повзрослела, чтобы знать и молчать, мама сказала мне, что мы пошли к Кржижановскому, потому что в 30-е годы он спас отцу жизнь, и это была просто благодарность за жизнь».

Интерес соответствующих органов к личности Б. М. Вула тем не менее сохранился надолго. Когда после смерти Сталина стали возвращаться репрессированные, которым Бенцион Моисеевич считал необходимым максимально помогать, один из них сказал Вулу: *«Из меня выколачивали показания на тебя»*.

В 1937–1938 гг. в академических институтах, как и во всех прочих учреждениях, проводятся обязательные политико-идеологические кампании. Проходили они и в Физическом институте. К прежним темам — «смычка науки и техники» и «идеализм в теоретической физике» — прибавилось клеймение Бухарина, Рыкова, вредительства и шпионажа. Вместе с молодыми партийцами, на которых опирался С. И. Вавилов в административной работе, выступает и Б. М. Вул, а в 1938 г. в «Правде»⁷⁾ появляется статья Б. М. Вула и М. А. Дивильковского «За передовую физику», в которой говорится об «идеалистических установках» таких выдающихся ученых, как А. Ф. Иоффе, И. Е. Тамм, В. А. Фок, Я. И. Френкель, которых он, безусловно, ценил и уважал. Но люди в те времена хорошо понимали неизбежность политической риторики и умели отделять ее от существа дела. Известно, что у Б. М. Вула с А. Ф. Иоффе были прекрасные отношения, сохранившиеся до конца жизни.

Критика отрыва науки от практики была еще одним необходимым элементом ритуальных выступлений, и Б. М. говорил о том, что *«...польза, которую физические институты приносят народу, несоизмеримо мала по сравнению*

⁷⁾ Правда. № 190 (7515). 12 июля 1938 г.

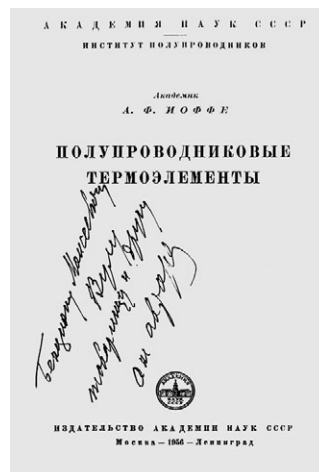
Титульный лист книги А. Ф. Иоффе с дарственной надписью «Бенциону Моисеевичу Вулу, товарищу и другу, от автора»

с затратами государства на них. Крупнейшим недостатком в их работе является оторванность от практических задач социалистического строительства». Как же на деле Б. М. относился к фундаментальной науке, можно увидеть из интервью⁸⁾, данного Г. Е. Горелику академиком Е. Л. Фейнбергом:

«...Ученый совет ФИАН. Примерно 1939–1940-й год (я уже сотрудник ФИАНа, кандидатскую защитил). Начинается обычное занудливое перечисление от каждой лаборатории, что кто делает для помощи промышленности. Делали полезные вещи у Ландсберга, у Вула, у Мандельштама (радиогодезия), у Вавилова (люминесцентные лампы). Выступает от имени Лаборатории атомного ядра Франк, и начинает тянуть, что, вот, у нас есть грамм радия, и мы можем с его помощью измерять толщину металлических труб, находить неоднородности в трубах — какая-то вымученная ерунда, но требовалось помогать народному хозяйству немедленно, во что бы то ни стало. Тут берет слово Вул и говорит: „Товарищи! Помощь народному хозяйству — серьезная и необходимая вещь, но не надо это превращать в несерьезную игру. Есть наука фундаментальная, которая нужна. И атомное ядро — это такая наука, которую нужно развивать, и нечего из себя вымучивать что-то, чтобы во что бы то ни стало всунуть в народное хозяйство“».

В памяти свидетелей и участников этих собраний довоенный ФИАН наполнен «атмосферой увлеченности наукой, взаимного доброжелательства, соединенного с тактичной взыскательностью, столь непохожими на то, с чем приходилось сталкиваться тогда в других местах»⁹⁾. Об этом пишет и Г. Е. Горелик: «...на фоне „большой борьбы и политических проработок“, полыхавших в МГУ <...> ФИАН представлялся оазисом»¹⁰⁾.

Конечно, в ФИАНе, как и по всей стране, проводились обязательные собрания активов, на которых члены парткома института выступали в согласии с установками генеральной линии партии на текущий момент. Но, как пишет



⁸⁾ Фейнберг Е. Л. Личность сквозь призму памяти. М.: Изд. Физматлит, 2008.

⁹⁾ Фейнберг Е. Л. Вавилов и вавиловский ФИАН // Сергей Иванович Вавилов: Очерки и воспоминания. М., 1991. С. 268–291.

¹⁰⁾ Горелик Г. Е. Москва, физика, 1937 год // Трагические судьбы: репрессированные ученые Академии наук СССР. М.: Наука, 1995.

Е. Л. Фейнберг, «...достоверно известно, что поступающие в партком политические доносы не получали хода дальше и ни к чему плохому не привели»¹¹⁾. Группу молодых партийцев института, бывших главными помощниками С. И. Вавилова в его организационной работе, и влиятельным членом которой являлся Б. М. Вул, объединяла не только искренняя приверженность коммунистическим идеалам. «Все они действительно любили науку, обладали в разной мере способностями, действительно работали в лабораториях <...> уважали крупных ученых, собравшихся в этом институте»¹²⁾.

На Ученом совете ФИАН, посвященном 100-летию Б. М. Вула, академик Евгений Львович Фейнберг вспоминал:

«... Когда атмосфера стала сгущаться, и в 1938 году произошел знаменитый мартовский Пленум ЦК — страшный, с его страшными решениями, — то пришлось и Институту отреагировать. Состоялся актив Института, на котором молодые партийцы выступали с тяжелыми обвинениями по адресу их учителей и ученых. Это было тяжело. Но, если посмотреть на результаты, то ничего страшного в Институте после этого не произошло. Институт был спасен, все люди остались на местах, только Теоретический отдел был формально распущен, но это была чистая формальность. Семинар под руководством Тамма продолжался по-прежнему, и Институт продолжал оставаться замечательным. Никто не был арестован».

В то время как в большом, с пятью подъездами, доме на Спиридоновке 24 исчезали семьи и пустели квартиры на втором, третьем и четвертом этажах, где жили большей частью работники народных комиссариатов, на первом и пятом этажах, отданных академическим сотрудникам, никто не пострадал.

Несмотря ни на что, научная деятельность Б. М. Вула продолжалась интенсивно. В предвоенные годы Б. М. и его сотрудники выполнили ряд работ оборонного характера. Это работы, связанные с химической защитой и с необходимостью обеспечения бесперебойной работы высоковольтной аппаратуры высотной авиации (высокочастотные установки в верхних слоях атмосферы), к созданию которой приступили в 30-х гг.

Для этой аппаратуры Б. М. Вулом были проведены работы по изучению электрической прочности воздуха при давлениях ниже атмосферного. Были установлены физические закономерности, относящиеся к разрядам в неоднородных электрических полях, а также в полях высокой частоты. Исследования, связанные с высотными полетами, проводились как в лабораторных условиях, так и в реальных условиях при полетах субстратостатов СССР ВР-79. Резуль-

¹¹⁾ Фейнберг Е. Л. Вавилов и вавиловский ФИАН // Сергей Иванович Вавилов: Очерки и воспоминания. М., 1991.

¹²⁾ Фейнберг Е. Л. Там же.

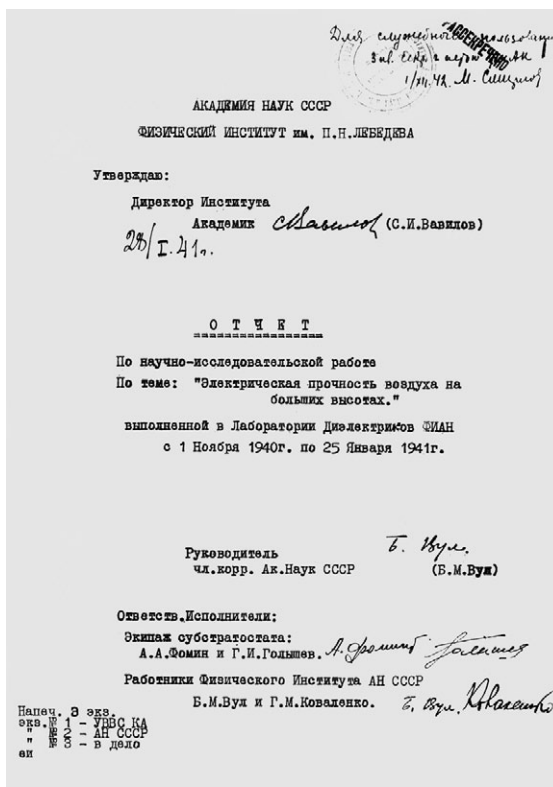
таты этих работ использовались при расчетах и конструировании аппаратуры для высотных самолетов.

28 января 1939 г. Б. М. Вул был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по Отделению технических наук.

Одновременно с научной деятельностью Б. М. занимался преподаванием, научно-просветительской деятельностью. Он — старший преподаватель кафедры Военно-воздушной академии РККА им. Н. Е. Жуковского (1939–1941, 1945) (военный инженер II-го ранга запаса РККА), профессор (с 1940 г.), заместитель главного редактора журнала «Известия Академии наук СССР. Серия физическая» (1940–1947).

Через месяц после начала Великой Отечественной войны началась эвакуация из Москвы учреждений Академии наук: первые одиннадцать институтов, среди них ФИАН, выехали 22 июля в Казань. Директор института С. И. Вавилов, бывший одновременно научным руководителем ленинградского ГОИ, был вынужден наряду с эвакуацией ФИАНа заниматься эвакуацией ГОИ в Йошкар-Олу. В связи с этим значительную часть организационных вопросов, связанных с перемещением ФИАНа, решал Б. М. Вул. Сохранилась докладная записка Б. М. Вула в Президиум АН СССР об эвакуации Физического института¹³⁾. Назначенный заместителем директора по научной части (1941–1944), Б. М. решал также вопросы, связанные с переводом лабораторий ФИАНа на военную тематику.

В то время как Б. М. занимался перемещением института в Казань, Софья Даниловна сопровождала поезд с эвакуированными детьми академических



Титульный лист отчета по теме
«Электрическая прочность воздуха
на больших высотах». 1941 г.

¹³⁾ Полный текст записки см. в приложении на стр. 192.



Единственная сохранившаяся фотография сотрудников ФИАН во время эвакуации в Казань. 1943 г.
Слева направо 1-й ряд — 3-й слева С. Н. Вернов, 4-я — А. И. Герчикова, 5-й — Г. И. Сканава, 3-я справа — Моргенштерн; 2-й ряд — 7-я справа Трапезникова; 3-й ряд — 1-я слева Р. Я. Разбаш, 4-й — Лепехин

Сибири и Казахстана на нужды обороны страны, работа которой чрезвычайно интересовала правительство. Потому, по-видимому, местным властям была спущена директива не скупиться — обильное питание и отличное обслуживание запомнили многие участники этого собрания.

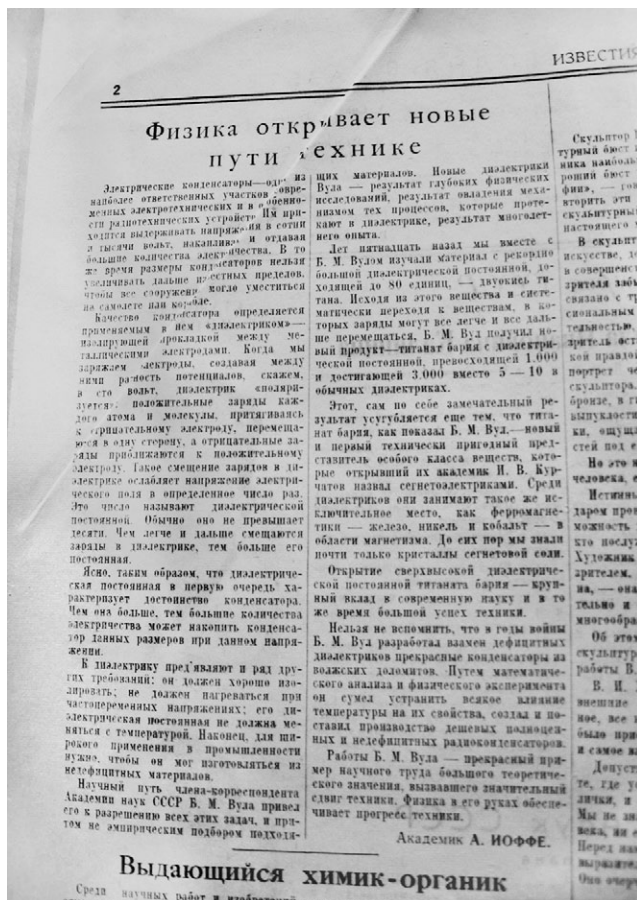
Лаборатория Б. М. Вула перешла на решение задач, важных для фронта. В 1941–1943 гг. Б. М. Вулом, Г. И. Сканави, Р. Я. Разбаш, Н. А. Ирисовой и Н. Л. Строгановой совместно с группой академика И. В. Гребенщикова из Института химии силикатов АН СССР (В. П. Барзаковский, С. К. Дуброво, В. А. Бочкарева) были проведены исследования для получения материалов, обладающих большой величиной диэлектрической проницаемости и рядом особенностей, позволяющих применять эти материалы для производства керамических конденсаторов, необходимых для войсковых радиостанций. В качестве диэлектрика в этих крайне нужных стране конденсаторах были использованы различные сложные системы оксидов, имеющие отрицательный и положительный температурные коэффициенты диэлектрической проницаемости. Это дало возможность изготавливать термокомпенсированные керамические конденсаторы, что не только имело большое практическое значение, но и представляло существенный научный интерес, как решение одной из задач получения новых материалов с заранее заданными свойствами.

Внедрение разработанной технологии изготовления конденсаторов началось в 1942 г. на заводе им. Ленина в г. Горьком. Эти и последующие работы привели в дальнейшем к организации отечественного производства керамических конденсаторов.

Приведем отзыв А. Ф. Иоффе об этой работе в газете «Известия»: *«Нельзя не вспомнить, что в годы войны Б. М. Вул разработал взамен дефицитных диэлектриков прекрасные конденсаторы из волжских доломитов. Путем математического анализа и физического эксперимента он сумел устранить всякое влияние температуры на их свойства, создал и поставил производство дешевых полноценных и недефицитных радиоконденсаторов».*

Электроизолирующие материалы, применявшиеся до 30-х гг. (слюда, фарфор, пластмассы), обладали диэлектрической проницаемостью, измеряемой несколькими единицами. В 1930 г. академик А. Ф. Иоффе одним из первых предложил использовать для практических целей рутил, диэлектрическая проницаемость которого для поликристаллов равна 120. Упомянутые выше исследования, выполненные тогда А. Ф. Иоффе и Б. М. Вулом, показали возможность практического применения рутила и обнаружили закономерность изменения величины диэлектрической проницаемости для смеси, содержащей рутил, в зависимости от его концентрации.

В ходе работ 1941–1943 гг. над разработкой керамических конденсаторов были выявлены некоторые особенности в диэлектрических свойствах двух близких сое-



Статья А. Ф. Иоффе «Физика открывает новые пути техники» в газете Известия. 2 июля 1946 г.

динений рутила, что побудило Б. М. Вула предпринять в ФИАНе исследование титанатов металлов второй группы таблицы Менделеева для выяснения связи между диэлектрическими свойствами и составом вещества. В конце 1944 г. это исследование, проведенное Б. М. Вулом и сотрудниками его лаборатории, привело к открытию сегнетоэлектрических свойств титаната бария, что имело выдающееся научное и практическое значение и приобрело мировую известность. Сегнетоэлектрики — это материалы, обладающие высокой диэлектрической проницаемостью, что связано с наличием в них самопроизвольно поляризованных областей (доменов), существующих в отсутствии внешнего поля. Переориентация доменов во внеш-

нем поле и обеспечивает высокую диэлектрическую проницаемость. Титанат бария, с его замечательным сегнетоэлектрическим свойством, может быть получен в виде керамических изделий практически любых возможных форм и размеров.

А. Ф. Иоффе о работе Б. М. Вула сказал следующее ¹⁴⁾:

«Новые диэлектрики Вула — результат глубоких физических исследований, результат овладения механизмом тех процессов, которые протекают в диэлектрике, результат многолетнего опыта.

Лет пятнадцать назад мы вместе с Б. М. Вулом изучали материал с рекордно большой диэлектрической постоянной, доходящей до 80 единиц, — двуокись титана. Исходя из этого вещества и систематически переходя к веществам, в которых заряды могут все легче и все дальше перемещаться, Б. М. Вул получил новый продукт — титанат бария с диэлектрической постоянной, превосходящей 1.000 и достигающей 3.000 вместо 5–10 в обычных диэлектриках.

Этот, сам по себе замечательный результат, усугубляется еще тем, что титанат бария, как показал Б. М. Вул, — новый и первый технически пригодный представитель особого класса веществ, которые открывший их академик И. В. Курчатов назвал сегнетоэлектриками. Среди диэлектриков они занимают такое же исключительное место, как ферромагнетики — железо, никель и кобальт — в области магнетизма. До сих пор мы знали почти только кристаллы сегнетовой соли.

Открытие сверхвысокой диэлектрической постоянной титаната бария — крупный вклад в современную науку и в то же время большой успех техники».

Крупнейший немецкий физик Макс Борн, будучи гостем Академии наук СССР в июне 1945 г. на праздновании ее 220-летия, в своем докладе в Доме ученых в Москве отметил работы по титанату бария, как наиболее интересные в то время в физике твердого тела.

Во время войны непосредственно для оборонных целей лабораторией Б. М. Вула был развернут ряд других исследований. Осенью 1941 г. совместно с Институтом летных исследований и Физико-техническим институтом АН СССР начались поиски путей борьбы с обледенением самолетов. Сконструированный электротермический противообледенитель для самолетов, в котором в качестве нагревательного элемента использовалась металлизированная бумага, оказался эффективным, и впоследствии метод металлизации бумаги был широко применен в производстве бумажных электрических конденсаторов.

Во время летных испытаний противообледенителя Б. М. Вул неоднократно выезжал на Казанский аэродром. Его дочь Е. Б. Вул вспоминает:

«Отец много времени проводил на аэродроме под Казанью. Дорога на аэродром шла через Клыковку, где в общежитии казарменного типа жили многие сотрудники Академии наук. Отец часто туда ездил и меня брал с собой. И я видела,

¹⁴⁾ А. Ф. Иоффе. Физика открывает новые пути технике. Известия. 2 июля 1946 г.



Бенцион Моисеевич с дочерью Леной
в эвакуации в Казани

как к нему относились летчики, — столько было уважения! Он был невысокого роста, а летчики, эти огромные, высокие люди — с таким уважением его встречали и выслушивали! Даже мне перепадала часть этого уважения, это было просто удивительно».

Уже были упомянуты работы по исследованию электрической прочности воздуха, применительно к высотным полетам, имевшие значение для конструкторов самолетов. Б. М. Вул также исследовал причины брака приборов на авиационных заводах и предложил метод промежуточной отбраковки изготавливаемых изделий, вошедший в заводскую практику. По словам В. Ф. Сенникова:

«Вместе с академиком А. П. Александровым они разработали способ защиты автотранспорта от немецких мин в период Великой Отечественной войны. После войны в Лаборатории физики полупроводников, руководимой Б. М. Вулом, активно проводились работы по созданию электромагнитного трала со сверхпроводящей магнитной системой, предназначенного для траления магнитных и акустико-индукционных мин, оставшихся от Второй мировой войны»¹⁵⁾.

После победы под Сталинградом и коренного перелома в ходе войны Президиум АН постановил реэвакуировать институты Академии наук в Москву. Одним из первых осенью 1943 г. был переведен Физический институт. Софья Даниловна стала работать хирургом-ортопедом в организации, снабжающей инвалидов войны протезами для ампутированных конечностей. А 24 июня 1945 г. на Красной площади состоялся Парад Победы.

¹⁵⁾ Подробно о работах ФИАН в эвакуации см. статью Б. М. Вула «ФИАН — обороне Родины» в приложении на стр. 198.



Б. М. Вул во время эксперимента.
ФИАН. Миусы, 1945 г.

Из воспоминаний Е. Б. Вул:

«В это утро Сергей Иванович Вавилов пришел к нам и сказал: „Бенцион Моисеевич, пора ехать. Лену возьмем с собой!“. На Красной площади нас разделили, Вавилов встал близко к Мавзолею, мы с отцом немного поодаль. Временами шел дождь, но никто не обращал на него внимания. Красиво съехались на белом и вороном конях Жуков и Рокоссовский, прошли барабанщики, колонны, потом солдаты швыряли знамена со свастиками к подножию Мавзолея. Когда парад окончился, отец купил мне мороженое — в этот день его продавали свободно! На продавщицах мороженого были очень красивые сетки для волос, таких потом я больше не видела».

В 1945 г. Б. М. Вул был награжден орденом Ленина за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники в связи с 220-летием Академии наук СССР¹⁶⁾ и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».

В 1946 г. Б. М. Вулу присуждена Государственная премия СССР за открытие и исследование сверхвысокой диэлектрической проницаемости титаната бария¹⁷⁾.

С 1943 по 1953 гг. Б. М. Вул — заместитель академика-секретаря по кадрам Отделения физико-математических наук АН СССР.

После окончания Великой Отечественной войны началось строительство нового здания ФИАНа на отведенной институту еще в конце 30-х гг. площадке в двух километрах от Калужской заставы, которой в то время ограничивалась жилая застройка города.

Из воспоминаний Е. Б. Вул:

«Сергей Иванович поднялся к нам на пятый этаж и сказал: „Бенцион Моисеевич, поедem выбирать место для здания ФИАНа!“. Взяли и меня. Я с отцом ходила всюду, он не мог от меня отвязаться. Приехали в поле — просто голое, пустынное поле! Места — сколько хочешь! Тогда трудно было представить себе, что настанет время, когда здесь будет негде припарковать машину...»

¹⁶⁾ Вед. Верх. Сов. СССР. № 46. 11 авг. 1945 г.

¹⁷⁾ Правда. 27 июня 1946 г.

Ко времени переезда в 1951 г. Физического института на новую территорию, в лаборатории Б. М. Вула работало около 20 сотрудников.

В 1948–1953 гг. в Советском Союзе разворачивается новая идеологическая кампания — «борьба с космополитизмом», носившая откровенно антисемитский характер. Кульминацией борьбы с «безродным космополитизмом» стало «дело врачей» и арест нескольких десятков врачей-евреев. Софья Даниловна, с 1946 г. работавшая хирургом в Детской больнице им. Филатова, была уволена. Некоторые соседи переходили на другую сторону улицы, увидев ее. Не помогло трогательное послание, пришедшее из Алтайского края с фотографией мальчика Вовочки и сопроводительным письмом, заверенным председателем сельсовета. В письме говорилось, что доктор Френкель вылечила мальчика Вовочку, *«теперь у него прямые ножки, и он пойдет служить в Красную армию, когда вырастет»*.



Б. М. Вул. 1946 г.

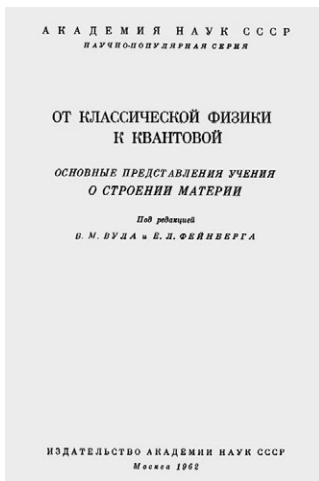
Для физиков «борьба с космополитизмом» вылилась в форму борьбы с «физическим идеализмом» — квантовой механикой и теорией относительности. В этих условиях Б. М. возглавляет составление учебного пособия для аспирантов, позже получившего название «От классической физики к квантовой».

Из выступления академика Е. Л. Фейнберга на Ученом совете ФИАН, посвященном 100-летию Б. М. Вула:

«После войны наступило тяжелое время, когда наука, современная наука, теория относительности и квантовая механика, стали подвергаться резкой критике как идеологическая диверсия империализма. Это было всюду, по всей стране. <...> Вот в этой атмосфере надо было в ФИАНе воспитывать аспирантов, которые должны были и учить философские науки, и сдавать экзамены в такой атмосфере. Их надо было уберечь от этого мракобесия, нужно было, чтобы они выросли людьми, знающими современную науку, понимающими ее и верящими ей.

Тогда под руководством Бенциона Моисеевича Вула <...> была создана бригада, которая должна была написать для наших аспирантов какой-то материал, по которому они бы судили о теории относительности и квантовой механике. В эту бригаду под руководством Вула входили, конечно, прежде всего — кажется, даже исключительно, — теоретики Теоретического отдела. Это были рано умерший Бельский, Жарков, Жданов, Силин, Файнберг и ваш покорный слуга.

Написанные разные кусочки этого материала — я думаю, что это было примерно сто листов, больших листов, — размножили (ксерокса тогда не было, было какое-то ужасно плохое размножение), так что аспиранты и желающие защищать кандидатскую диссертацию молодые люди учили по этой — тогда еще на отдельных листах — книжечке элементарные вещи — как нужно смотреть на квантовую



Титул брошюры
«От классической физики
к квантовой». (М.: Изд-во
АН СССР, 1962)

механику, на соотношение неопределенностей и так далее. Конечно, возникала некоторая дискуссия, разные части писали разные из перечисленных мною авторов.

Со стороны Бенциона Моисеевича это было большой смелостью. Он понимал необходимость этого, и я думаю, что это уберегло воспитывавшуюся у нас молодежь от мракобесия. Ну, а потом, уже в 1962 году, это было издано в виде вот такой брошюры.

<...> Это документ эпохи и документ биографии Вула. Он пошел на опасную дорогу — и говорил, и организовывал. <...> Это достаточно показывает, как, иногда произнося обязательные в то время и страшно звучащие теперь слова, такие люди, как Бенцион Моисеевич в существенном шли на небезопасные — очень небезопасные — шаги».

В связи с разработкой электрической аппаратуры для атомных реакторов Б. М. Вул исследовал действие интенсивного гамма-облучения на диэлектрики. Впоследствии исследования были проведены также на атомном ре-

акторе. В этих работах были впервые установлены основные закономерности изменения электропроводности диэлектриков под влиянием гамма-облучения, что решало задачу выбора электрической изоляции, пригодной в этих условиях.

С 1948 г. Б. М. Вул с сотрудниками его лаборатории начинает заниматься полупроводниками. Сергей Иванович Вавилов, в то время директор ФИАН, познакомился с публикацией американских ученых L. Apker, E. Taft, J. Dickey в журнале «Physical Review» («Photoelectric Emission and Contact Potentials of Semiconductors». № 10. 1948) и привлек к ней внимание Б. М. Вула и А. В. Ржанова. Эта статья была посвящена созданию аналога вакуумной электронной лампы на основе кристалла германия. Далее С. И. Вавилов добился согласия А. В. Ржанова заняться этой тематикой, отметив при этом: «...Это новое германиевое направление, если это действительно реально, то это просто переворот».

Научно-исследовательская работа по теме «Исследование электрофизических свойств Ge и создание действующих макетов германиевых триодов» была начата в ФИАНе в 1949 г., вскоре после опубликования первых сообщений о создании транзисторов за рубежом (июль 1948 г.). Исследования проводились небольшой группой сотрудников Электрофизической лаборатории ФИАНа под руководством А. В. Ржанова. Общее руководство осуществлял Б. М. Вул, как руководитель лаборатории. Из отчета А. В. Ржанова следует, что уже в 1949 г. исследования велись очень интенсивно: разрабатывались технологические ме-



А. П. Александров, Б. М. Вул, М. В. Келдыш, К. И. Руднев возле атомного реактора

тоды, создавалось оборудование, был получен триодный эффект, изучались характеристики триода.

В 1949 и 1950 гг. в ФИАНе были изготовлены первые партии германиевых высоковольтных диодов, переданные в различные организации (СКБ-245 ММП, некоторые лаборатории ФИАНа, НИФИ-2 и др.). В 1950 г. исследовался триодный эффект в микроманипуляторе и проводились испытания нескольких конструкций германиевых триодов, которые по различным причинам оказались неудачными. Наконец, в начале 1951 г. была предложена новая конструкция германиевых триодов и технология их изготовления. Изготовленные образцы по характеристикам были близки к описанным в иностранной литературе.

Научно-исследовательская работа по теме «Исследование электрофизических свойств германия и создание действующих макетов германиевых триодов», выполненная ФИАНом в 1949–1951 гг., завершилась сдачей ее специальной комиссии Министерства промышленности средств связи СССР (МПСС СССР).

Комиссия МПСС провела всесторонние испытания представленной опытной партии образцов, которые прошли успешно. В заключении акта приемки акцентировано первенство ФИАНа в создании первого в СССР транзистора:

«Комиссия отмечает, что ФИАНом выполнена ценная работа, в ходе которой впервые в СССР экспериментально осуществлен триодный эффект, изучен ряд вопросов, связанных с триодным действием, а также изготовлены первые действующие макеты полупроводниковых триодов.

<...> Результаты выполненной ФИАН работы могут быть использованы в следующих научно-исследовательских работах по германиевым триодам, а в дальнейшем и в опытно-конструкторских разработках»¹⁸⁾.

С 1952 г. в ФИАНе в связи с постановлением Совета Министров СССР от 4 сентября 1952 г. начались исследования по теме «Разработка полупроводниковых диодов и триодов» («Плоскость»). Эта же тема была поручена еще трем институтам: ЦНИИ-108 (руководитель С. Г. Калашников), Ленинградскому физико-техническому институту АН СССР (руководитель Д. Н. Наследов), НИИ-160 (руководитель А. В. Красилов). Состав участников работы в ФИАНе был значительно расширен. В него вошли А. В. Ржанов, В. С. Вавилов, Э. И. Адирович, З. А. Зотова, А. К. Попова, Б. Д. Копыловский, Е. Н. Матвеева и другие. Общее руководство было возложено на Б. М. Вула. К исследованию были привлечены и сотрудники Лаборатории колебаний ФИАН М. А. Леонтович и Д. Ш. Маш. Работа завершилась сдачей отчета и опытных партий образцов государственной комиссии.

С третьего квартала 1953 г. Лаборатория Вула приступила к выполнению Постановления Совета Министров СССР от 4 июня 1953 г. о разработке детальной физической теории функционирования германиевых диодов и триодов. (Первый этап темы — «Исследование связи между характеристиками полупроводников и процессами выпрямления и усиления в германиевых приборах с переходами по типу проводимости».) В результате удалось понять основные физические процессы, обуславливающие работу полупроводниковых приборов, что позволило создать теорию их работы и на этой основе сделать необходимые расчеты.

Об одной из работ Б. М. Вула рассказал В. С. Багаев:

«В середине пятидесятых годов возникла необходимость в разработке опытных образцов мощных полупроводниковых диодов. К этому времени промышленность уже освоила технологию и начала выращивать достаточно качественные кристаллы германия. Разработка мощных диодов на основе кремния была поручена Всесоюзному энергетическому институту (ВЭИ). Электрофизическая лаборатория ФИАН и лично Бенцион Моисеевич Вул принимали участие в этом проекте. Б. М. Вул консультировал проводимые работы на всех начальных этапах проекта, включая поездку в г. Саранск, где на заводе, производящем электротехническую аппаратуру, был создан цех для производства германиевых полупроводниковых выпрямителей. Вул подробно осмотрел весь технологический участок и провел совещание с инженерами и технологами, детально разобрав и обсудив технологию изготовления активного элемента германиевого диода большой площади. Диоды были изготовлены, но к этому моменту уже начала развиваться кремниевая технология и, в дальнейшем, основным материалом для мощных полупроводниковых выпрямителей стал кремний».

¹⁸⁾ О создании лабораторией Вула первого отечественного транзистора см. в приложении на стр. 208 статью В. М. Березанской «ФИАН — создатель первого отечественного транзистора».

В 1952–1953 гг. предложены и осуществлены первые в мировой практике диффузионные транзисторы. Эти работы сыграли большую роль в становлении отечественной полупроводниковой электроники.

В лаборатории Вула В. С. Вавиловым и Г. Н. Галкиным была развернута также исследовательская работа в области фотоэлектрических явлений в германии и кремнии и созданы (в 1957 г.) впервые в СССР лабораторные образцы «солнечных батарей». Солнечные батареи применяются в качестве источников электрической энергии в космических аппаратах, в труднодоступных районах. В настоящее время они все шире используются для получения электроэнергии.

После создания первых плоскостных диодов и транзисторов, основанных на использовании свойств $p-n$ -переходов в полупроводниках, под руководством Б. М. Вула были начаты исследования свойств $p-n$ -переходов. Б. М. Вул впервые дал строгий расчет дифференциальной емкости $p-n$ -переходов, выполнил совместно с сотрудниками лаборатории ряд экспериментальных исследований емкости этих переходов и предложил использовать их в качестве нелинейных конденсаторов. Это привело к разработке специальных полупроводниковых диодов, нашедших широкое применение в параметрических усилителях.

Большое научное и практическое значение имеют работы Б. М. Вула по изучению лавинного пробоя и туннельного эффекта в полупроводниках. В результате было убедительно показано, что причиной пробоя $p-n$ -переходов обычно является лавинный пробой, связанный с процессом ударной ионизации. Только в очень тонких $p-n$ -переходах, изготовленных из сильнолегированных, выращенных полупроводников, основным процессом увеличения тока в сильных электрических полях является туннельный эффект.

В 1953 г. за выслугу лет и безупречную работу Б. М. Вул награжден орденом Ленина.

После переезда в 1951 г. ФИАНа в новое помещение на Ленинском проспекте, лаборатория Б. М. Вула начинает быстро расширяться и укрепляться. С созданием в 1954 г. кафедры физики полупроводников на физическом факультете Московского государственного университета лаборатория становится одной из главных баз кафедры, в которой студенты выполняли дипломные



Б. М. Вул и А. П. Шотов обсуждают результаты эксперимента

КВАНТОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ И УСИЛИТЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ КОЛЕБАНИЙ¹

Н. Г. Басов, Б. М. Вул, Ю. М. Попов

В настоящей заметке рассматривается возможность использования электронных переходов между зоной проводимости (валентной зоной) и донорными (акцепторными) примесными уровнями полупроводника для получения электромагнитного излучения с помощью механизма индуцированного излучения подобно тому, как это имеет место в молекулярном генераторе [1].

Для осуществления полупроводниковых генераторов и усилителей необходимо получить такое распределение электронов (дырок) в зоне проводимости (валентной зоне), когда эффективная температура электронов проводимости (дырок) по отношению к ионизованным донорам (акцепторам) является отрицательной. Такой полупроводник обладает отрицательными потерями на частоте переходов электронов (дырок) из зоны проводимости (валентной зоны) на примесный уровень. Поэтому при облучении находящегося в указанном выше состоянии полупроводника электромагнитной волной можно получить усиление этой волны за счет квантов индуцированного испускания. Более того, при выполнении некоторых условий (условий самовозбуждения) такой прибор может работать как генератор.

Для получения отрицательных температур предлагается использовать механизм ионизации примесей полупроводникового образца, находящегося при низкой температуре, под действием импульса электрического поля.

Пиковое напряжение импульса выбирается таким, чтобы вызвать ударную ионизацию атомов примесей или непосредственное вырывание полей. При этом количество электронов (дырок) в зоне проводимости (в валентной зоне) резко возрастает, так что практически все атомы примесей оказываются ионизованными. При достаточно быстром спаде напряжения импульса все электроны (дырки) перейдут на наиболее низкие энергетические уровни соответствующей зоны. Плотность электронов (дырок) и температура кристалла должны быть выбраны такими, чтобы в зоне проводимости (валентной зоне) создавалось при этом состоянии, близкое к вырождению, что эквивалентно отрицательной температуре по отношению к донорным (акцепторным) уровням.

¹ Настоящая работа зарегистрирована Комитетом по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР с приоритетом 7 июля 1958 г.

Статья Б. М. Вула, Н. Г. Басова, Ю. М. Попова
«Квантомеханические полупроводниковые
генераторы и усилители электромагнитных
колебаний» (ЖЭТФ. 1959. Т. 37. Вып. 2 (8))

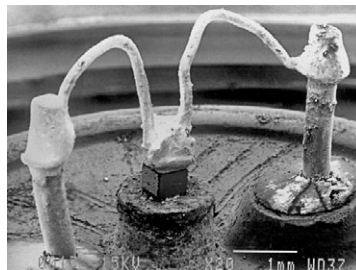
работы и оставались там для научных исследований. В 1960 г. численность сотрудников Лаборатории полупроводников составляла около 60 человек. Здесь проходили стажировку практиканты из других городов и из союзных республик, многие из которых, возвращаясь домой, укрепляли или основывали лаборатории полупроводников на местах. Еженедельные лабораторные семинары, проводимые Бенционом Моисеевичем, стали одним из центральных событий в жизни полупроводникового сообщества Москвы.

В 1958 г. Б. М. Вулом совместно с Н. Г. Басовым и Ю. М. Поповым был предложен метод создания инверсной населенности носителей в полупроводниках в сильном электрическом поле. Эта работа послужила началом экспериментальных исследований по генерации когерентного излучения в полупроводниках.

В 1962 г. Б. М. Вулом совместно с сотрудниками возглавляемой им лаборатории и Лаборатории квантовой радиофизики ФИАН был создан первый

в СССР полупроводниковый квантовый генератор-лазер. Инверсная населенность носителей, необходимая для генерации света, получалась при инжекции носителей через $p - n$ -переход, создаваемый в вырожденном полупроводнике (арсениде галлия).

В 1963 г. в ДАН СССР была опубликована работа «Полупроводниковый квантовый генератор на $p - n$ -переходе в GaAs» (авторы — В. С. Багаев, Н. Г. Басов, Б. М. Вул, Б. Д. Копыловский, О. Н. Крохин, Е. П. Маркин, Ю. М. Попов, А. Н. Хвощев, А. П. Шотов). В 1964 г. Б. М. Вулу,



Полупроводниковый лазер, лабораторный образец. ФИАН. 1962 г.

А. П. Шотову, О. Н. Крохину и Ю. М. Попову и группе сотрудников Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР Д. Н. Наследову, С. М. Рывкину, А. А. Рогачеву и Б. В. Царенкову была присуждена Ленинская премия за фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых квантовых генераторов¹⁹⁾. Недавно состоялась сессия Российской академии наук, посвященная 50-летию создания лазеров, во время которой эта работа неоднократно упоминалась. Лаборатория физики полупроводников может гордиться тем, что ее сотрудники внесли свой вклад в эти фундаментальные исследования.



Слева направо: Д. В. Скобельцын, А. М. Прохоров, Б. М. Вул, Н. Г. Басов

¹⁹⁾ Правда. 22 апр. 1964 г.



Б. М. Вул

В дальнейшем Б. М. Вул руководил интересными исследованиями в области полупроводниковых лазеров на основе соединений A^3B^5 , A^2B^6 , A^4B^6 .

Несмотря на напряженную научную работу Б. М. Вул осуществлял разнообразную научно-организационную и общественную деятельность: он член редколлегии журнала «Техническая физика» (1949–1950); председатель Комиссии по диэлектрикам АН СССР (1950–1953); член редколлегии журнала «Природа» (1952–1954); член Главной редакции Большой советской энциклопедии (2-е издание) (1952–1972); главный редактор Физического энциклопедического словаря (1953–1966); заместитель председателя (1955) и затем председатель (1961–1985) Научного совета АН СССР по проблеме «Физика и химия полупроводников»; руководитель секции, заместитель председателя Комиссии по полупроводникам при Президиуме АН СССР (1956–1959); член редколлегии серии «Научно-популярная литература» (1959–1961), член Главной редакции Малой советской энциклопедии (3-е издание) (1958–1960), член Международной комиссии по физике полупроводников (1962–1968), член бюро Отделения общей физики и астрономии АН СССР (1963–1983).

В 1963 г. Б. М. Вул награжден орденом Ленина за заслуги в области физики и в связи с 60-летием со дня рождения²⁰⁾.

В конце 50-х и начале 60-х гг. с целью установления научных связей и обмена опытом Б. М. Вул командировался во многие страны: в Польшу, в Китай и в ФРГ (1956), во Францию (1957), в Бельгию и Францию (1958), в Канаду (1959), в Венгрию (1961), в Англию и Чехословакию (1962), Францию и Югославию (1963), Индию, Францию и Японию (1964), Венгрию и Италию (1965), Польшу и Францию (1966). Он участвует в международных конференциях, работает в международных организациях. У него устанавливаются дружеские отношения со многими учеными за границей: в Германии — с Генрихом Иоганном Велькером (1912–1981), ставшим в 1977 г. президентом Deutsche Physikalische Gesellschaft, во Франции — с Мишелем Родо, возглавлявшим лабораторию под Парижем, и с супругами-физиками Грийо, профессорами университета Пьера и Марии Кюри.

Маргарита и Эдмон Грийо, прекрасно говорившие по-русски, часто посещали Москву и ФИАН в 1960–1970 гг. и дружили со многими фиановскими

²⁰⁾ Правда. 22 мая. 1963 г.



С ближайшими сотрудниками. Слева А. Н. Пенин,
А. П. Шотов, справа А. К. Водопьянов

физиками. Они были убежденными коммунистами. Е. Б. Вул вспоминает, как, придя однажды в гости, Маргарита буквально набросилась на ее семилетнего сына Сашку:

— Ты понимаешь, какой ты счастливый? Ты живешь в советской стране! Здесь дети едят досыта и ходят в школу! В Париже много безработных и люди спят на улице!

— Пьяные, наверное, — догадался Сашка, немного знакомый с советской жизнью.

В 1964–1971 гг. под руководством Б. М. Вула был выполнен цикл исследований по разработке нового полупроводникового материала — теллурида кадмия, перспективного для применения в качестве детекторов и счетчиков радиоактивного излучения и фотопреобразователей. Была разработана технология выращивания кристаллов теллурида кадмия и изучены электрофизические и оптические свойства этого соединения. На основе этих кристаллов были изготовлены и исследованы лабораторные образцы поверхностно-барьерных и сплавных диодов. При возбуждении кристаллов теллурида кадмия быстрыми электронами было получено когерентное излучение с высоким коэффициентом полезного действия. Среди работ по теллуриду кадмия необходимо отметить также работы по исследованию электро-оптического эффекта, который был использован для модуляции инфракрасного излучения. Эти работы были выполнены большой группой технологов и физиков (С. А. Медведев, Ю. В. Клевков, В. С. Вавилов, А. Ф. Плотников, В. А. Чапнин, Ж. Р. Паносян, Э. Л. Нолле и др.)

В конце 60-х гг. в Лаборатории физики полупроводников были начаты комплексные исследования по физике, технологии и применению полупроводников с узкой запрещенной зоной типа A^4B^6 и твердых растворов на их основе. В результате были разработаны новые методы выращивания кристаллов и эпитаксиальных полупроводниковых гетероструктур на основе этих соединений. В лаборатории были созданы как диффузионные лазеры, так и гетеролазеры для инфракрасной области спектра 3–40 мкм, работающие как в импульсном, так и в непрерывном режиме. Длина волны излучения лазеров перестраивалась путем изменения состава, а также с помощью внешних воздействий (температура, давление, магнитное поле). Эти лазеры послужили основой для разработки новых методов и новых приборов для спектроскопии высокого разрешения, высокочувствительного спектрального газоанализа, контроля примесей в атмосфере и для медицины. Работа удостоена Государственной премии СССР за 1985 г. и включает сотрудников следующих институтов: ФИАН, ИОФАН, ИСАН, ИАЭ, НИИПФ, ЦАО. Основными участниками работ по физике узкозонных полупроводников, технологии и лазерам были Шотов А. П., Засавицкий И. И., Калюжная Г. А., Мационашвили Б. Н., Чижевский Е. Г.

Большое внимание в лаборатории Вула было уделено исследованию экситонов в полупроводниках. Эта проблема привлекла внимание после предсказания Л. В. Келдышем в 1968 г. явления конденсации экситонов с образованием электронно-дырочных капель. Результаты первых исследований в этом направлении, выполненных различными методами несколькими группами экспериментаторов (В. С. Багаев, Т. И. Галкина, В. И. Мурзин, Н. Н. Сибельдин и др.), опубликованы в сборнике «Экситоны в полупроводниках», изданном под редакцией Б. М. Вула в 1971 г. В 1975 г. за исследования «в области конденсации экситонов» В. С. Багаев и Л. В. Келдыш (вместе с Я. Е. Покровским и М. Воосом) получили премию Европейского физического общества.

В 1969 г. Б. М. Вулу присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот» за большие заслуги в развитии советской науки²¹⁾.

Начиная с 1968 г. в лаборатории проводилась работа по разработке оптимальных режимов легирования методом ионной имплантации полупроводниковых структур на основе кремния, германия, арсенида индия и антимонида индия с целью создания высокочувствительных твердотельных фотоприемных устройств. Выполнены фундаментальные исследования по распределению внедренной примеси в полупроводниках, а также по взаимодействию примесей и радиационных дефектов, возникающих в процессе ионной имплантации. Исследовались физические эффекты в полупроводниках, связанные с атомами

²¹⁾ Правда. 14 марта 1969 г.

различных элементов, введенных на определенную глубину в строго заданном количестве. Проводились исследования по имплантационной обработке поверхностей металлов с целью улучшения коррозионной износостойкости различных деталей. Эта работа была выполнена в секторе В. С. Вавилова (В. В. Краснопевцев, Ю. В. Милютин, И. П. Акимченко и др.).

В последние годы жизни Б. М. Вул занимался процессами, происходящими вблизи и на поверхности полупроводника. В качестве модели «чистой поверхности» Бенцион Моисеевич с Э. И. Заварицкой исследовали электропроводность плоскостей спайности бикристаллов германия при гелиевых температурах.

Об этих исследованиях рассказал В. Б. Тимофеев:

«Эти работы были связаны с очень интересным тогда и актуальным направлением, связанным с физикой слабой и сильной локализации в двумерных электронных системах, а в качестве объекта был выбран не традиционный полевой транзистор на основе кремния или арсенида галлия, а бикристаллы германия. Конечно, по сравнению с возможностями МДП-структур эти объекты несколько уступали, но зато они обладали целым рядом преимуществ. Здесь были получены результаты, которые сразу приобрели известность за рубежом и были „подхвачены“ западными партнерами».

Учитывая большое значение, которое приобретает сверхпроводимость, Бенцион Моисеевич включил в тематику руководимой им лаборатории работы по изучению физических основ этого явления.

Б. М. Вул, бесспорно, был одним из лидеров в области физики диэлектриков и физики полупроводников, создателем «фиановской школы полупроводников». К ученикам Вула относятся его ближайшие сотрудники — А. П. Шотов, Э. И. Заварицкая, Б. Д. Копыловский, Т. И. Галкина, Б. Н. Мационашвили, В. С. Багаев, И. И. Засавицкий, И. В. Кучеренко и др.

Из лаборатории, которой Б. М. Вул бессменно руководил более полувека, вышла целая плеяда замечательных ученых. Еще в 1950 г. Сергей Иванович Вавилов писал:

«Лаборатория диэлектриков Физического института АН СССР, руководимая Б. М. Вулом, является ведущей в области физики диэлектриков в нашей стране. Наряду с решением важных научных задач в лаборатории идет интенсивная работа по подготовке научных кадров».

С 1951 г. в лаборатории Б. М. Вула работал сын С. И. Вавилова, Виктор Сергеевич Вавилов, после защиты в 1961 г. докторской диссертации возглавивший сектор радиационной физики полупроводников. Один из основоположников этой области науки, В. С. Вавилов вел активную научно-организационную работу, был профессором МГУ.

Анатолий Васильевич Ржанов, академик РАН, работал в лаборатории Б. М. Вула с 1948 по 1962 г. В 1962 г., по приглашению академика М. А. Лаврентьева, он стал директором Института физики полупроводников Сибирского отделения РАН и возглавлял его до своей кончины в 1990 г. Этот институт сейчас носит его имя.

Вместе с А. В. Ржановым в новосибирский Академгородок уехал многолетний сотрудник лаборатории Сергей Васильевич Богданов, в 1979 г. избранный членом-корреспондентом РАН.

С 1952 г. в лаборатории Б. М. Вула работал Алексей Петрович Шотов, доктор физико-математических наук, профессор, крупный специалист в области физики твердого тела, совместно с Б. М. Вулом и другими — лауреат Ленинской премии 1964 г. за фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых квантовых генераторов.

Многие сотрудники лаборатории Б. М. Вула стали докторами физико-математических наук, руководителями собственных научных групп или лабораторий — В. С. Багаев, В. Н. Мурзин, А. А. Гиппиус, Т. И. Галкина, В. А. Чуенков, член-корреспондент Н. Н. Сибельдин и др.

В 1985 г. численность сотрудников Лаборатории полупроводников составляла около 150 человек, не считая стажеров и практикантов. Крупный научный коллектив, созданный Бенционом Моисеевичем Вулом, работает и сегодня. На базе его лаборатории к началу 90-х гг. было сформировано Отделение физики твердого тела ФИАНа. Как пишет академик О. Н. Крохин:

«Многие его ученики, до сих пор успешно работающие в этом отделении, и новые сотрудники, которых можно назвать, наверное, уже „внуками“ Бенциона Моисеевича, — успешно продолжают те традиции, которые были им заложены».

Следует отметить, что многие лаборатории этого Отделения до сих пор работают на приборах и научном оборудовании, приобретенных при Б. М. Вуле.

Особого рассказа заслуживает знаменитый лабораторный «семинар по пятницам», главой которого был Бенцион Моисеевич Вул. С середины 50-х гг. этот семинар вышел далеко за рамки лабораторного семинара и стал для научного сообщества настоящей школой по физике полупроводников. Он проводился в конференц-зале Главного здания ФИАНа, и, как вспоминает секретарь семинара Т. И. Галкина, в 60–70-е гг. списки участников семинара составляли до 400–500 человек. Оживленные дискуссии привлекали сотрудников академических институтов, вузов и промышленных НИИ не только Москвы и Московской области, но и Ленинграда, Горького и других городов. Частыми гостями были находившиеся в стране крупные иностранные ученые.

Бенцион Моисеевич был подлинным научным руководителем семинара, после каждого доклада брал слово и кратко подытоживал его физическую суть. Академик В. Б. Тимофеев пишет:

«На одном из таких семинаров я оказался и увидел, как эти семинары проводил Бенцион Моисеевич. Он был настоящим дирижером, умел держать аудиторию, которая подчас взрывалась или кипела; он умел удержать страсти своими репликами, подчас тонкими. После семинара, как это было в моем случае, он часто беседовал с докладчиками».

Вспоминает В. К. Аладинский:

«На этом семинаре каждый сотрудник имел свое место. Б. М. Вул, помнится, занимал кресло во втором или первом ряду, слушал, подперев рукой свою большую седую голову с огромным лбом. Казалось, что он спит или дремлет, но вот наступает время подводить итоги выступления очередного докладчика, Б. М. медленно встает, поворачивается к слушателям и участникам семинара и блестяще, кратко и в то же время глубоко делает анализ доложенной работы».

Возглавляя Научный совет Академии наук СССР «Физика и химия полупроводников», координировавший исследования в этой области физики в нашей стране, Б. М. Вул много сил отдавал развитию отечественной полупроводниковой промышленности. Он развивал и поддерживал связи со многими научными учреждениями, работающими в области физики полупроводников, диэлектриков и сегнетоэлектриков в АН СССР и АН союзных республик, лабораториями вузов и НИИ промышленности.

С 1963 по 1976 гг. Б. М. Вул — член Советского Пагуошского комитета (заместитель председателя Комитета (1963–1967 гг.); член Пагуошского Постоянного комитета (ныне — Пагуошский совет) — высшего коллегиального международного органа Пагуошского движения ученых (1963–1964)). Участвовал в 11-й, 12-й, 14-й, 16-й, 19-й и 26-й Пагуошских конференциях. В изданиях Пагуошского движения ученых опубликованы его доклады. Из выступления А. А. Гиппиуса:

«Б. М. Вул был общественно активным человеком, и эти его способности были использованы, в частности, для того, чтобы иногда представлять интересы и политику Советского Союза. Он был участником Пагуошского движения, и тут ему, конечно, приходилось защищать отнюдь не всегда безупречную политику Советского Правительства».

По словам сотрудников, работа в Пагуошском комитете была для него тяжелым бременем.

Б. М. Вул — активный популяризатор научных знаний. Будучи членом редакционных коллегий Большой Советской энциклопедии и физического энциклопедического словаря, он во многом способствовал высокому научному уровню этих изданий и лично составил для них ряд статей по ключевым вопросам физики и электротехники. Им опубликованы многочисленные научно-популярные



На Пагуошской конференции

работы: брошюра «Сегнетоэлектричество», статьи в газете «Правда», журналах «Природа», «Наука и жизнь» и др.

Большое участие принимал Бенцион Моисеевич в разработке фундаментальных философских вопросов физики — сборники «Диалектический материализм и современное естествознание» (1957 г.), «От классической физики к квантовой» (1968 г.) и др.

Многолетние сотрудники Бенциона Моисеевича сохранили о нем самые теплые и благодарные воспоминания. «Он был отцом для сотрудников лаборатории», — пишет Татьяна Ильинична Галкина, выпускница кафедры полупроводников МГУ, ставшая ведущим научным сотрудником лаборатории Вула, доктором физико-математических наук, профессором. Его вспоминают как внимательного, доброго и отзывчивого учителя и наставника.

«Б. М. Вул был доступным для сотрудников лаборатории, предельно вежливым в обращении с ними. Любой сотрудник лаборатории (от лаборанта до доктора наук) мог прийти к нему в любое время и обсудить волнующие его научные и личные вопросы»,

— пишет В. А. Чуенков. Они вспоминают также замечательное чувство юмора и энтузиазм, с которым Бенцион Моисеевич поддерживал молодежные вечера и лабораторные капустники.

Сотрудники, с которыми Б. М. Вул работал, особо отмечают широту его интересов. Из воспоминаний В. Н. Мурзина:

«Бенцион Моисеевич обладал большим запасом знаний не только в области физики, но также в других областях, в частности касающихся философских вопросов физики и философии в целом. Его высказывания общего плана, часто сопровождаемые цитированием любимых мест из трудов Спинозы, оказали несомненное влияние на формирование моих представлений о науке, понимание особенностей и проблем, связанных с местом личности в обществе, формирование в целом моих жизненных позиций».

Из воспоминаний Т. И. Галкиной:

«Вулу всегда было все интересно — наука, политика, философия. Он был знатоком Платона, Монтеня, Канта».

А. В. Ржанов очень точно сказал о нем:

«Его исследования актуальны на каждом этапе более чем пятидесятилетней научной деятельности. Основа такого творческого долголетия в том, что он остро чувствует новизну и оригинальность вновь появляющихся идей и быстро оценивает их перспективу».

Б. М. Вул всегда выступал за тесную связь между наукой и практикой. Для него самого эта связь была основой деятельности.

«Меня всегда восхищал особый творческий почерк Бенциона Моисеевича — видеть за формулами только что познанных физических явлений их техническое воплощение»,

— сказал академик А. М. Прохоров.

Научные заслуги Б. М. Вула были отмечены многими наградами. Перечислим некоторые из них:

Звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и молот» за большие заслуги в развитии советской науки (1969 г.).

Орден Красной Звезды за работы в области химзащиты, в связи с 20-й годовщиной РККА и ВМФ (1938).

Орден Ленина за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники, в связи с 220-летием Академии наук СССР (1945).

Государственная премия СССР за открытие и исследование сверхвысокой диэлектрической проницаемости титаната бария (1946).

Орден Ленина за выслугу лет и безупречную работу, в связи с 50-летием со дня рождения (1953).

Орден Ленина за заслуги в области физики, в связи с 60-летием со дня рождения (1963).



Б. М. Вул за рабочим столом с наградами

Ленинская премия, совместно с О. Н. Крохиным, Ю. М. Поповым, А. П. Шотовым, Д. Н. Наследовым, С. М. Рывкиным, А. А. Рогачевым, Б. В. Царенковым за фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых квантовых генераторов (1964).

Орден Ленина за заслуги в развитии физики, подготовки научных кадров, в связи с 70-летием со дня рождения (1973).

Орден Октябрьской Революции за заслуги в развитии советской науки, в связи с 250-летием Академии наук СССР (1975).

Золотая медаль «За заслуги перед наукой и человечеством», присуждаемая Президиумом Чехословацкой академии наук (1982).

Бенцион Моисеевич Вул умер 9 апреля 1985 г. Накануне он провел весь день в ФИАНе, в котором проработал больше 50-ти лет. Из жизни ушел человек, бесконечно преданный науке и идее служения своей стране. В последний год жизни он хотел написать историю ФИАНа, но стопка ученических тетрадей в клетку осталась неисписанной — не успел.

Софья Даниловна, прожив с мужем почти шестьдесят лет, пережила его на несколько лет и умерла в июле 1991 г. До выхода на пенсию в 1986 г. она работала ортопедом в Детской поликлинике на Фрунзенской набережной. Многие сотрудники ФИАНа и друзья помнят, как приводили к ней своих детей.

Их дочь Лена стала математиком и вышла замуж за математика Яшу Синай, ученика А. М. Колмогорова. Они поженились еще в студенческие годы. Я. Г. Синай стал известным математиком, академиком РАН, членом Националь-

ной академии США и Британского королевского общества. Его работы отмечены самыми престижными наградами и премиями математического мира — медалями Больцмана и Дирака, премиями Вольфа, Неммерса, Пуанкаре, Лагранжа и другими.

Лена и Яша жили с Бенционом Моисеевичем и Софьей Даниловной одной семьей. Б. М. принимал большое участие в жизни и лечении своего больного внука — их сына.

Бенцион Моисеевич и Софья Даниловна похоронены вместе на Новодевичьем кладбище.

Литература

1. Избранные труды. Физика диэлектриков и полупроводников. Б. М. Вул. Редактор-составитель Б. Н. Мацинашвили. М.: Наука, 1968. 376 с.
2. Отчет ФИАН. Б. М. Вул, Г. И. Сканави, В. П. Борзаковский, Б. А. Бочкарев, С. К. Дубово, В. А. Бочкарева. Высокочастотные керамические конденсаторы. 1942.
3. Отчет ФИАН. Исследование электрической прочности воздуха применительно к высотным полетам. 1943. АРАН. Ф. 532. Оп. 2. Ед. хр. 87.
4. Стенограмма заседания Ученого совета ФИАН от 10.01.1955 г. Архив ФИАН.
5. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. № 2, 3. 2008.
6. Отчет «Исследование электрофизических свойств кремния, германия и их сплавов». Утвержден директором ФИАН С. И. Вавиловым 21.11.1949 г. Руководитель — Б. М. Вул, исполнитель А. В. Ржанов.
7. Акт приемки научно-исследовательской работы «Исследование электрофизических свойств германия и создание действующих макетов германиевых триодов», выполненной Физическим институтом Академии наук СССР. 18.12.1951 г.
8. Стенограмма заседания Ученого совета ФИАН от 26.10.1953 г. Архив ФИАН.
9. Стенограмма заседания Ученого совета ФИАН от 24.12.1962 г. Архив ФИАН.
10. Отчет по работе «К исследованию шумов транзистора». Руководитель — зав. Лаб. колебаний ФИАН, акад. М. А. Леонтович, исполнитель — к. ф.-м. н. Д. Ш. Маш. 1952.
11. Отчет по теме «Исследование закономерностей определяющих время существования электронов и дырок в германии». Научный руководитель — А. В. Ржанов. 1955.
12. Отчет «Изучение законов движения электронов и дырок в полупроводниках под воздействием диффузии и электромагнитных полей». Э. И. Адирович. 1955.
13. Отчет «Теория и экспериментальное исследование коэффициента передачи эмиттер-коллектор в плоскостных транзисторах». Э. И. Адирович, А. Ю. Гордонов. 1957.
14. Отчет «Исследование электрофизических свойств кремния, германия и их сплавов». Утвержден директором ФИАН С. И. Вавиловым 21.11.1949 г. Руководитель — Б. М. Вул, исполнитель — А. В. Ржанов.

15. Отчет Электрофизической лаборатории ФИАН за 1951 г. Руководители работы — Б. М. Вул, А. В. Ржанов; исполнители — А. К. Попова, Б. Д. Копыловский, Е. В. Горский. Отчет утвержден Д. В. Скобельцыным 27.02.1952 г.
16. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. № 2, 3. 2008.
17. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. № 7. 2007. С. 113.
18. Биобиблиография ученых СССР. Бенцион Моисеевич Вул. Вступительная статья А. П. Шотова. Составители — Т. И. Фролова, Л. П. Громова. 1981.

О научной деятельности Б. М. Вула

Н. Н. Сибельдин

Рассказывать о научной деятельности Бенциона Моисеевича Вула и легко, и сложно. Легко потому, что его работы написаны, а я прочел, готовя эту статью, довольно большую их часть, простым и ясным языком. Понятно, какую и почему автор ставил задачу, как он ее решал и к каким выводам пришел. Вместе с тем круг его интересов был весьма широк, и поэтому охватить даже часть работ Б. М. Вула весьма непросто.

Бенцион Моисеевич начал научную работу на кафедре электротехники Киевского политехнического института, студентом, а затем аспирантом которого он был в 1921–1929 гг. Свою первую работу, посвященную электрической очистке газов, он опубликовал в 1929 г. в «Энергетическом вестнике». Затем Б. М. Вул поступил в аспирантуру Академии наук СССР (по-видимому, тогда была такая форма обучения) в Физико-техническом институте, который в нынешнее время носит имя Абрама Федоровича Иоффе. Там он работал в Лаборатории физики диэлектриков под руководством А. Ф. Иоффе (1930–1933), где и начал свои исследования пробоя твердых и газообразных диэлектриков. Когда читаешь статьи об этих исследованиях, привлекают внимание тщательность и скрупулезность, с которыми они проделаны. Так, например, исследуя пробой стекла, он детально изучил роль краевых эффектов, возникающих на электродах (эта работа была выполнена совместно с Л. Д. Инге и опубликована в 1931 г. [1]¹⁾). Для этого авторы помещали конденсатор с различной конфигурацией электродов в гексан, парафиновое масло, трансформаторное масло и другие среды (всего в 9 разных сред). Электроды были, в основном, дискообразными: либо симметричными, т. е. одинаковыми по размеру, либо несимметричными. И они установили, что в различных средах, окружающих конденсатор, пробой в стекле наступает при разных напряжениях. Они пришли к выводу, что здесь велика роль краевых эффектов, и сфотографировали при самых разных экспериментальных услови-

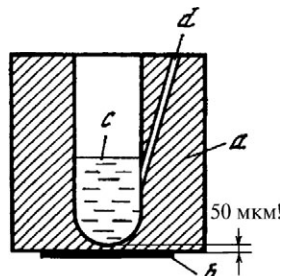
¹⁾ Заметная часть работ Б. М. Вула, опубликованных в 1931–1983 гг., содержится в сборнике его избранных трудов, изданном в 1988 г. [2].

ях короны, которые возникают. Опыты проводились с очень короткими по тем временам импульсами, порядка сотен наносекунд, а также при постоянном и переменном напряжении.

Одна из последующих работ [3] была посвящена пробоям твердых диэлектриков. Был поставлен вопрос: сразу пробивается диэлектрик или постепенно, если последовательно подавать на него импульсы напряжения? Или, другими словами, как будет зависеть напряжение пробоя от числа импульсов (числа ударов)? Исследования были выполнены разными методами и в различных условиях на стекле, слюде, каменной соли и других диэлектриках (всего на восьми). Основной вывод этой работы: «Снижение пробивных напряжений с ростом числа ударов указывает, что в некоторых диэлектриках пробой их происходит путем последовательного накопления повреждений при каждом ударе». В работе даны практические рекомендации по учету этого эффекта при конструировании, испытании и эксплуатации высоковольтных установок, кабелей, линий передачи и других электротехнических устройств.

Надо сказать, что исследования пробоя требовали немалой изобретательности и экспериментального искусства. В качестве иллюстрации опишем процесс приготовления образца для изучения пробоя кристаллов каменной соли при внутреннем фотоэффекте [4]. В достаточно большом кристалле каменной соли делалось углубление, куда закладывался натрий. Кристалл нагревался до температуры около 700°C , и к нему прикладывалось электрическое напряжение. При этом кристалл окрашивался. После чего напряжение подавалось в противоположном направлении, и образец опять становился бесцветным. Затем кристалл кололся на кубики с длиной ребра около десяти миллиметров. Потом в каждом кубике шаровым сверлом высверливалось углубление для верхнего жидкого электрода, которое полировалось постепенным промыванием водой до тех пор, пока толщина доньшка в самой узкой его части не достигала примерно 50 мкм (пробой доньшка и исследовался). Далее подбиралась жидкость для контакта. Были испробованы спирт, вода и ртуть; остановились, в конце концов, на спирте. Для присоединения провода к жидкому контакту высверливался боковой канальчик (рис. 1). Нижним электродом служила мягкая фольга, прикатанная к полированной поверхности образца. Приготовленные образцы (разрез образца изображен на рис. 1) облучались ультрафиолетовым светом алюминиевой искры, в результате чего они окрашивались в желтый цвет. В окрашенных под действием ультрафиолета кристаллах фотоэффект сильнее в несколько тысяч раз. Проведенные исследования показали, что «изменение электронной проводимости в широких пределах не влияет на электрическую прочность материала». Эта работа была выполнена совместно с И. М. Гольдман уже в ФИАН, где после окончания аспирантуры Б. М. Вул в 1933 г. по предложению академика С. И. Вавилова организовал Лабораторию физики диэлектриков.

Рис. 1. Разрез обработанного кристалла (кубик с ребром ≈ 10 мм); *а* — кристалл каменной соли, *б* — фольга (нижний электрод), *с* — спирт (верхний электрод), *д* — канал для присоединения провода



В то время в электротехнике делались попытки использования сжатого газа в качестве изолирующей среды в высоковольтных устройствах. Как известно, согласно закону Пашена в однородном поле напряжение пробоя определяется произведением давления на длину разрядного промежутка. При неизменном расстоянии между электродами оно прямо пропорционально давлению. Бенцион Моисеевич с соавторами выполнили несколько работ по исследованию пробоя сжатого азота в неоднородном поле. В частности, было установлено, что при переменном напряжении на электродах острие-плоскость напряжение пробоя немонотонно зависит от давления газа (рис. 2) [5]. Аналогичная картина наблюдалась и в постоянном электрическом поле, но только когда на острие подавался положительный потенциал; при напряжении на электродах противоположной полярности напряжение пробоя монотонно возрастало с увеличением давления азота. Оказалось, что особенности пробоя при положительном потенциале острия определяются формированием вблизи него области объемного положительного заряда, которая является как бы продолжением острия, и немонотонный ход зависимости напряжения пробоя от давления газа связан с процессами ионизации газа вблизи острия и диффузии ионов из области объемного заряда.

Решению важной научно-технической проблемы, связанной с развитием радиотехники, была посвящена работа Б. М. Вула и Г. И. Сканави [6], выполненная во время Великой Отечественной войны. Для увеличения стабильности (в частности, стабильности частоты колебательных контуров) в аппаратуре обычно использовались керамические конденсаторы двух типов: компенсирующие и стабильные. Первые должны иметь отрицательный температурный коэффициент (ТК) диэлектрической проницаемости (а значит и емкости), чтобы скомпенсировать положительные температурные изменения других элементов схемы, а вторые — ТК близкий к нулю. Исследовав керамики из смеси «тимага» (титаната магния), обладающего положительным ТК, и «тидола» (соединение рутила с доломитом), имеющего отрицательный ТК, авторы показали, что, подбирая соотношение между этими двумя компонентами, можно получить керамику с требуемым положительным или отрицательным ТК, в т. ч. с ТК близким к нулю. В конечном итоге было организовано производство высокочастотных керамических конденсаторов, обладающих заданным ТК и малыми диэлектрическими потерями.

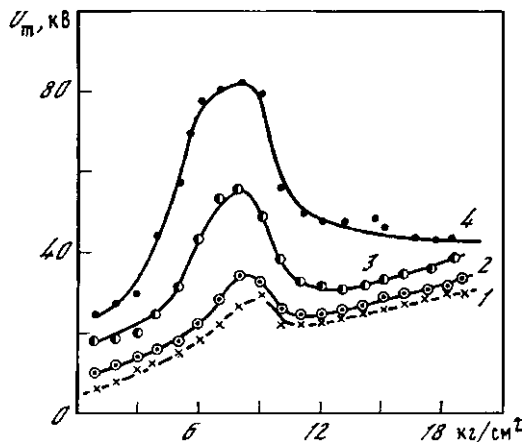


Рис. 2. Зависимости пробивного напряжения от давления. Переменное напряжение 50 Гц. Расстояние между электродами: 1 — 3,5; 2 — 5; 3 — 10; 4 — 17,5 мм

Широкую известность получили начатые еще в военные годы работы Бенциона Моисеевича с титаном бария, в которых были обнаружены и исследованы его сегнетоэлектрические свойства. По сути дела был открыт новый сегнето-

электрик (или в зарубежной терминологии — ферроэлектрик) с высокой (современное значение $+133^\circ\text{C}$) температурой Кюри, который стал родоначальником самого многочисленного семейства сегнетоэлектриков²⁾. В настоящее время известно более 100 сегнето- и антисегнетоэлектриков типа титаната бария, а сведения об этом открытии содержатся в школьных учебниках физики.

До работ по исследованию титаната бария были известны две группы сегнетоэлектрических материалов: сегнетова соль и ее смешанные кристаллы и изоморфные соли (KN_2AsO_4 и KN_2PO_4). Материалы первой группы были подробно изучены И. В. Курчатовым [7]. Сегнетова соль проявляет сегнетоэлектрические свойства в довольно узком интервале температур от -18°C до $+23^\circ\text{C}$, а изоморфные соли — при температурах ниже -150°C .

Первое сообщение о высокой диэлектрической проницаемости титаната бария было сделано Б. М. Вулом и И. М. Гольдман [8]. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости показана на рис. 3. Заметим, что эта зависимость простирается вплоть до 2 К. Низкотемпературные измерения проводились Бенционом Моисеевичем с использованием жидких гелия, водорода, кислорода и азота, в т. ч. при откачке паров этих криогенных жидкостей [9]. Наличие острого максимума диэлектрической проницаемости при температуре 353 К ($+80^\circ\text{C}$) явилось одним из важных свидетельств фазового перехода в сегнетоэлектрическое состояние (исследованные образцы имели температуру Кюри около $+80^\circ\text{C}$).

Другие доказательства существования сегнетоэлектрического перехода в титанате бария были получены в серии последующих работ. Остановимся на экспе-

²⁾ В 1946 г. Б. М. Вул за открытие и исследование сверхвысокой диэлектрической проницаемости титаната бария был удостоен Сталинской премии.

риментах, выполненных совместно с И. М. Гольдман. В обычных диэлектриках диэлектрическая проницаемость не зависит от напряженности внешнего электрического поля. Оказалось, что в титанате бария она не зависела от поля лишь при температурах, превышающих температуру Кюри, а в сегнетоэлектрическом состоянии — гигантски возрастала при увеличении напряженности поля, достигая насыщения или максимума в сильных полях [10]. Такое поведение диэлектрической проницаемости связано с наличием спонтанной поляризации в сегнетоэлектрике, существование которой приводит также к гистерезисной зависимости диэлектрической проницаемости от поля (рис. 4а) [11]. Выше точки Кюри гистерезис отсутствовал (рис. 4б).

В. Л. Гинзбург распространил теорию фазовых переходов второго рода, разработанную Л. Д. Ландау, на сегнетоэлектрические переходы [12]. Применительно к титанату бария эта теория позволила объяснить ряд экспериментальных фактов. На рис. 5 показана экспериментальная зависимость обратной диэлектрической проницаемости от температуры вблизи точки Кюри, которая линейна с обеих сторон фазового перехода, как и следует из теории.

Обзор первых работ по исследованию сегнетоэлектрических свойств титаната бария был сделан Б. М. Вулом в его докладе на Общем собрании АН СССР в январе 1946 г. Этот доклад в несколько сокращенном изложении опубликован в статье [13]. Экспериментальными и теоретическими исследованиями титаната бария Бенцион Моисеевич занимался вплоть до начала 70-х гг. В этих работах принимали участие многие сотрудники лаборатории, которую он возглавлял.

Открытие в 1947 г. транзисторного эффекта и изобретение транзистора Дж. Бардиным, У. Браттейном и У. Шокли (Лаборатория компании «Белл», США)

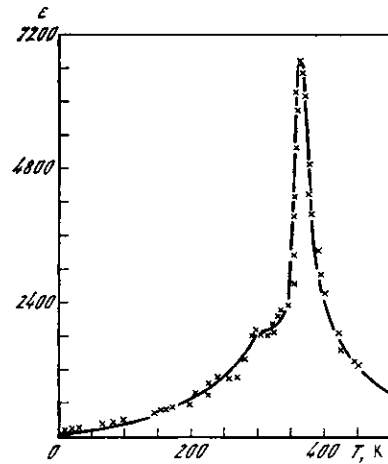
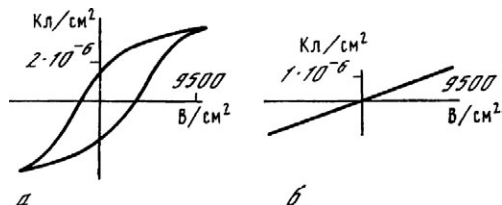


Рис. 3. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости титаната бария

Рис. 4. Осциллограммы заряда конденсатора из титаната бария в зависимости от напряженности поля при температурах 20 (а) и 1040 °С (б). Температура Кюри равна +80 °С



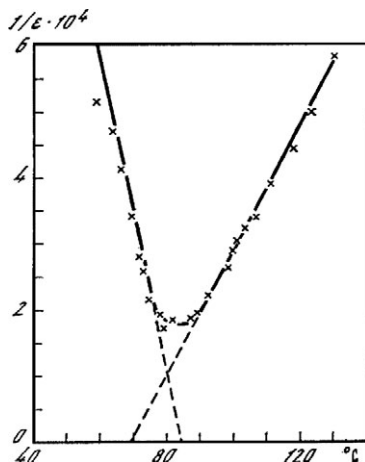


Рис. 5. Зависимость обратной диэлектрической проницаемости титаната бария от температуры вблизи точки Кюри

стимулировало исследования в области физики полупроводников. По-видимому, в это же время или может быть несколько раньше начались они и в лаборатории Б. М. Вула³⁾, которая теперь называлась «Электрофизической лабораторией»⁴⁾. Следует сказать, что в Советском союзе тогда практически не было германия, из кристаллов которого были изготовлены первые американские транзисторы. В лаборатории Б. М. Вула германий в виде его окиси в количестве 1,2 г появился из Государственного оптического института только в начале 1949 г., а затем в мае того же года 3 г металлического (сильно загрязненного) германия были получены из ГИРЕДМЕТа [14]. Поэтому первые эксперименты были выполнены с кристаллами кремния, которые, однако, так же были недостаточно чистыми. Для работы с германием потребовалось создать целый комплекс технологической и экспериментальной аппаратуры, разработать методы выращивания кристаллов и их очистки. В результате уже в 1949 г. были изготовлены кремниевые и германиевые выпрямительные диоды с высоким обратным напряжением, получен транзисторный эффект на кристаллах германия и изучены характеристики лабораторной модели транзистора. В течение двух последующих лет работы, выполнявшиеся под руководством Б. М. Вула и А. В. Ржанова по теме «Исследование электрофизических свойств германия, германиевые диоды и триоды», привели к созданию первых в СССР действующих макетов полупроводниковых транзисторов. С учетом результатов этих исследований в 1952 г. было принято Постановление Совета Министров СССР, в котором поручалось ФИАН и еще трем организациям разработать полупроводниковые диоды и три-

³⁾ Трудно точно сказать, когда это произошло, поскольку работы того времени в этом направлении были засекречены. Во всяком случае, из рассекреченного в 2008 г. отчета «Исследование электрофизических свойств кремния, германия и их сплавов» (руководитель работы Б. М. Вул, исполнитель — А. В. Ржанов) [14] видно, что в 1949 г. эти работы велись очень интенсивно и имели приличный задел.

⁴⁾ Незадолго до этого Лаборатория физики диэлектриков, которую возглавлял Б. М. Вул, разделилась на две: Электрофизическую лабораторию (заведующий — Б. М. Вул) и Лабораторию физики диэлектриков (заведующий — Г. И. Сканава).

оды для различных применений, и работы в этом направлении в лаборатории Б. М. Вула были продолжены⁵⁾.

Первые транзисторы были либо точечными (эмиттер и коллектор — две заостренные проволоочки, прижатые к германиевому кристаллу), либо сплавными (эмиттер и коллектор — две капельки индия, вплавленные друг напротив друга через противоположащие поверхности тонкой германиевой пластины). Б. М. Вулом и А. П. Шотовым в 1953 г. были предложены и изготовлены первые в мире диффузионные диоды и транзисторы [15], обладающие значительно лучшими частотными характеристиками (лучшим быстродействием). Технология изготовления таких устройств основана на использовании диффузии атомов примеси для управляемого легирования кристалла.

Разработка полупроводниковых диодов и транзисторов невозможна без детального понимания свойств электронно-дырочных переходов, экспериментальному и теоретическому исследованию которых был посвящен целый ряд работ лаборатории Б. М. Вула. Так, например, Бенцион Моисеевич не раз возвращался к теории $p - n$ -переходов. По-видимому, что-то его здесь не удовлетворяло. При чтении его статей по этому вопросу складывается впечатление, что он хотел довести теорию диодов и транзисторов до вида, пригодного для расчета реальных приборов. Такой подход характерен для Б. М. Вула: при решении фундаментальных проблем он всегда обращал внимание на то, как полученные результаты могут быть в дальнейшем приложены. Так, например, им было предложено использовать $p - n$ -переходы в качестве нелинейных конденсаторов [16]. Сошлемся еще на две его статьи [17, 18], сами названия которых подтверждают сказанное.

Можно сказать, что исследования пробоя проходят красной нитью через всю научную жизнь Бенциона Моисеевича. Выше мы говорили о его работах по пробое в диэлектриках: твердых, жидких и газообразных. Теперь речь пойдет о пробое в $p - n$ -переходах и объемных полупроводниках. Исследования пробоя в $p - n$ -переходах помимо чисто научного имеют важное прикладное значение, поскольку дают возможность найти пути к повышению обратного напряжения, которое может выдержать диод. Б. М. Вул выполнил детальный анализ возможных механизмов пробоя $p - n$ -переходов: теплового (термическая ионизация), электрического (ударная ионизация) и термоэлектрического (совместное действие этих двух факторов⁶⁾) [19]. В серии работ, выполненных совместно с А. П. Шотовым, были экспериментально исследованы особенности пробоя

⁵⁾ Более полно история разработки транзисторов в ФИАН описана в статье В. М. Березанской [14], откуда и взяты приведенные в тексте сведения.

⁶⁾ Под ионизацией здесь понимается ионизация атомов основного вещества (германия или кремния), т. е. речь идет об электронных переходах из валентной зоны в зону проводимости в области объемного заряда.

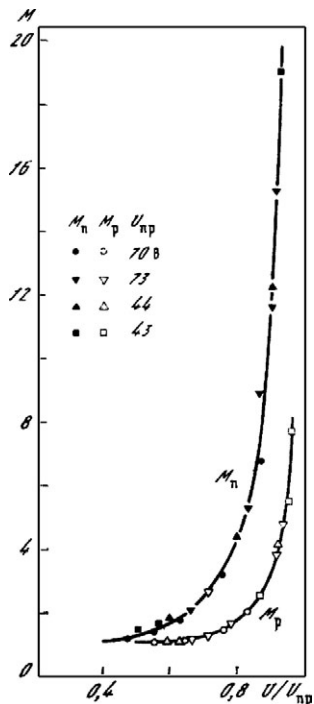


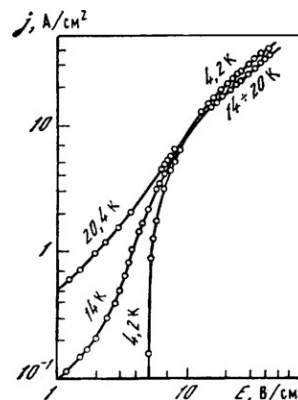
Рис. 6. Зависимости коэффициентов размножения электронов (M_n) и дырок (M_p) от напряжения для диффузионных кремниевых $p-n$ -переходов с различными напряжениями пробоя $U_{пр}$

плоскостных диффузионных и вплавных $p-n$ -переходов в германии и кремнии. Было убедительно показано, что основным механизмом пробоя является ударная ионизация. Для $p-n$ -переходов в кремнии были измерены коэффициенты размножения электронов и дырок в предпробойной области обратных напряжений (рис. 6) [20]. В этих опытах авторами был использован весьма интересный прием для измерения коэффициентов размножения электронов и дырок по отдельности в одном и том же $p-n$ -переходе: при освещении образца достаточно коротковолновым светом со стороны p -области в $p-n$ -переход втягивались электрическим полем, в основном, электроны, а со стороны n -области — дырки. В результате, было впервые продемонстрировано, что процесс ударной ионизации в $p-n$ -переходе имеет лавинный характер (см. рис. 6).

Остановимся еще на двух работах по исследованию пробоя, но теперь уже в однородных образцах слаболегированного германия p -типа. Одна из них выполнена Б. М. Вулом совместно с Э. И. Заварицкой и Л. В. Келдышем [21], а другая — с Э. И. Заварицкой и И. В. Давыдовой [22]. Энергия ионизации мелких акцепторов в Ge порядка 10 мэВ, и при температурах жидкого гелия практически все избыточные акцепторы нейтральны, т.е. свободных дырок почти нет, и электропроводность кристалла ничтожно мала. В то же время, благодаря малой энергии ионизации акцепторов их ударная ионизация начинается в необычайно слабых электрических полях, и, когда приложенное напряжение достигает пробойного, ток через образец пороговым образом возрастает (рис. 7) [21]. При температурах жидкого водорода (14 и 20,4 К) часть акцепторов, увеличивающаяся с ростом температуры, ионизована, и пробой выражен не столь отчетливо (рис. 7). При $T = 4,2$ К дрейфовая скорость сложным образом зависит от напряженности поля (рис. 8), что связано, в основном, с изменением механизма рассеяния дырок: в допробойной области они рассеиваются на акустических фононах, в диапазоне напряженностей, где скорость почти постоянна, с ростом напряженности поля увеличивается вклад рассея-

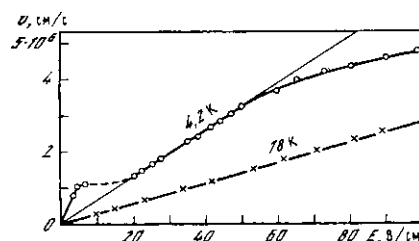
Рис. 7. Зависимости плотности

тока от напряженности электрического поля для слаболегированного германия *p*-типа при температурах жидкого гелия (4,2 К) и водорода (14 и 20,4 К)



ния на ионизированных акцепторах, а затем, когда все акцепторы ионизованы, подвижность снова определяется рассеянием на фононах, но теперь заметную роль, увеличивающуюся с ростом дрейфовой скорости дырок, начинает играть испускание оптических фононов. В области азотных температур (78 К) все акцепторы термически ионизованы, и дрейфовая скорость линейно растет при увеличении поля (рис. 8), т. е. подвижность дырок не зависит от его напряженности. При анализе экспериментальных результатов авторами использовалась теория ударной ионизации Л. В. Келдыша [23]. В работе [22] исследована зависимость напряжения пробоя от толщины образца. Линейный участок этой зависимости (рис. 9) отвечает одинаковой для всех образцов пробойной напряженности поля. Однако, когда толщина образца становится сравнимой с длиной свободного пробега дырок, напряжение пробоя почти не изменяется при дальнейшем ее уменьшении. Для образцов с толщиной, меньшей длины свободного пробега, оно равно потенциалу ионизации акцепторов, который, таким образом, мог быть измерен с помощью обыкновенного вольтметра. В обеих статьях [21, 22] выражена благодарность за ценные дискуссии В. А. Чуенкову, который рассмотрел теоретически электрический пробой полупроводников [24].

Одним из наиболее ярких достижений Лаборатории физики полупроводников, возглавляемой Б. М. Вулом⁷⁾, явилось создание совместно с Лабораторией квантовой радиофизики ФИАН (заведующий лабораторией Н. Г. Басов) первого советского полупроводникового квантового генератора (1963). Эта история началась в 1958 г., когда Н. Г. Басовым, Б. М. Вулом

**Рис. 8.** Зависимости дрейфовой скорости дырок от напряженности электрического поля при температурах 4,2 и 78 К

⁷⁾ В 1960 г. после кончины Георгия Ивановича Сканиви его Лаборатория физики диэлектриков вошла в лабораторию Б. М. Вула, которая теперь стала называться Лабораторией физики полупроводников.

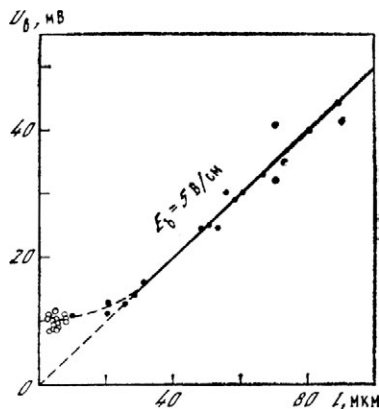


Рис. 9. Зависимость пробивного напряжения от толщины образца (слабокомпенсированный p -Ge)

по созданию полупроводникового лазера в своей лаборатории. Уже в 1963 г. лазер был сделан [29]. Вот фамилии авторов этой работы: В. С. Багаев, Б. М. Вул, Б. Д. Копыловский, А. П. Шотов (Лаборатория физики полупроводников) и Н. Г. Басов, О. Н. Крохин, Е. П. Маркин, Ю. М. Попов, А. Н. Хвощев (Лаборатория квантовой радиофизики)⁹. Надо сказать, что здесь очень помог тот опыт, который был накоплен в лаборатории при разработке диффузионных диодов и транзисторов, потому что это был p – n -переход из арсенида галлия, созданный с помощью диффузии. Генерация наблюдалась при температуре жидкого азота (77 К) при пропускании через p – n -переход в прямом направлении импульсов тока длительностью около 3 мкс. Начальный линейный рост интенсивности свечения диода при увеличении плотности тока (спонтанное излучение) сменялся на пороге генерации ее резким возрастанием (рис. 10). При этом ширина спектра излучения на половине высоты уменьшалась от 130 до 15 Å (рис. 11).

Вместе с тем оставалось не ясным, какими электронными переходами определяется спектр излучения лазерного диода: межзонные ли это переходы или

и Ю. М. Поповым было предложено использовать полупроводники в качестве рабочей среды для квантовых генераторов инфракрасного и видимого диапазонов и описаны возможные механизмы их работы [25]⁸. Затем эти идеи были развиты в работе Н. Г. Басова, О. Н. Крохина и Ю. М. Попова [26], в которой был предложен и теоретически рассмотрен полупроводниковый лазер с инжекцией неосновных носителей заряда через p – n -переход для создания инверсной населенности. Однако, экспериментально генерация когерентного излучения на p – n -переходе в GaAs впервые была получена двумя группами Р. Н. Холла [27] и М. И. Натана [28] в США. Это произошло в 1962 г., и, когда Бенцион Моисеевич узнал об этом, он с большим энтузиазмом активизировал работу

⁸) Предложение зарегистрировано Комитетом по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР с приоритетом 7 июля 1958 г.

⁹) В 1964 г. Б. М. Вул, О. Н. Крохин, Ю. М. Попов, А. П. Шотов из Физического института им. П. Н. Лебедева и Д. Н. Наследов, С. М. Рывкин, А. А. Рогачев, Б. В. Царенков из Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе были удостоены Ленинской премии за фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых квантовых генераторов. Д. Н. Наследов и др. [30] наблюдали некоторое сужение линии рекомбинационного излучения GaAs при увеличении тока через p – n -переход.

переходы зона—примесь. Дело в том, что спектральное положение максимума линии спонтанного излучения зависело от концентрации легирующих примесей (он сдвигался в низкоэнергетическую сторону при увеличении их концентрации), и даже в относительно слаболегированных образцах максимум линии люминесценции был расположен при энергиях, меньших ширины запрещенной зоны арсенида галлия. Поэтому в лаборатории Б. М. Вула было выполнено несколько работ, направленных на выяснение механизмов токовой инжекции и излучательной рекомбинации в арсенид галлиевых $p - n$ -переходах. В результате проведенных исследований было установлено, что в формировании электронного спектра сильнолегированного GaAs центральную роль играет флуктуационный потенциал, по-

явление которого связано с хаотическим распределением заряженных примесных атомов по объему образца. В работах, выполненных Б. М. Вулом совместно с В. С. Багаевым, Ю. Н. Берозашвили, Э. И. Заварицкой, Л. В. Келдышем

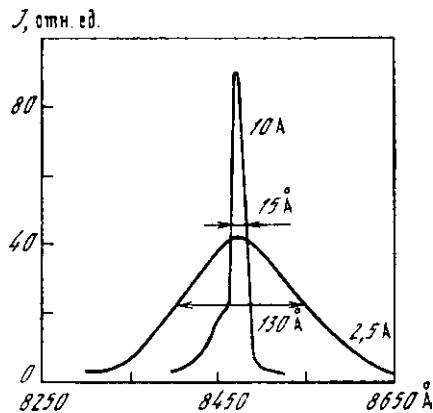


Рис. 11. Спектры спонтанного (ток через $p - n$ -переход $I = 2,5$ А) и вынужденного ($I = 10$ А) излучения (масштаб по оси ординат для этих двух спектров различен)

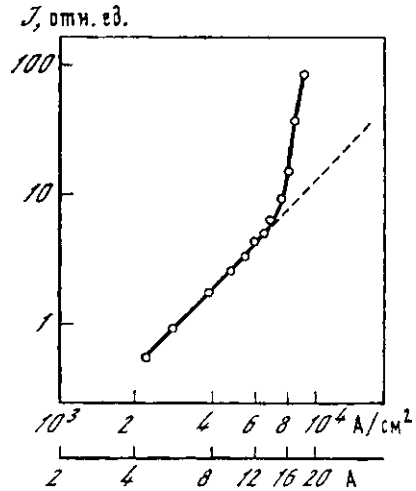


Рис. 10. Зависимость интенсивности излучения от плотности тока

и А. П. Шотовым, было показано, что положение максимума и форма спектра излучения, а также особенности протекания тока через $p - n$ -переход определяются флуктуационным искривлением потолка (хвостом плотности состояний) валентной зоны (см., например, работу [31]). Идеи такого подхода к объяснению свойств сильнолегированных полупроводников несколько ранее были высказаны в работе Л. В. Келдыша и Г. П. Прошко [32], экспериментальная часть которой была выполнена также в лаборатории Бенциона Моисеевича.

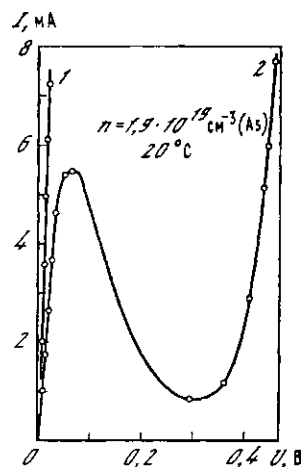
В то время сильнолегированные полупроводники привлекли повышенное внимание не только благодаря открывшимся особенностям их электронного спектра, и,

соответственно, возможностям для наблюдения новых физических эффектов и управления оптическими и транспортными свойствами полупроводниковых материалов, а и в плане разработки конкретных электронных устройств — инжекционные лазеры и созданные в 1958 г. Л. Эсаки туннельные диоды [33] были изготовлены на основе сильнолегированных полупроводников. Об инжекционных лазерах мы говорили выше, а сейчас остановимся на работах Б. М. Вула по туннельному эффекту.

По-видимому, этот вопрос давно интересовал Бенциона Моисеевича. В своей первой статье на эту тему, опубликованной в 1960 г. [34], он отмечал, что еще в начале 30-х гг. А. Ф. Иоффе высказал предположение о возможности протекания туннельного тока при выпрямлении на контакте полупроводника с металлом. Однако это предположение для обычных $p-n$ -переходов и контактов металл—полупроводник не оправдалось. В диодах Эсаки $p-n$ -переход образован сильно вырожденными дырочным и электронным полупроводниками и имеет очень малую ширину (~ 10 нм), поэтому ток через переход определяется туннелированием носителей заряда: в прямом направлении — электронов, в обратном — дырок. Прямая ветвь вольт-амперной характеристики туннельных диодов имеет N -образный вид (рис. 12), что позволяет использовать их для генерации сверхвысокочастотных электромагнитных колебаний и в качестве быстродействующих переключателей (время туннелирования электронов $\sim 10^{-13}$ с). Столь интересный и практически важный физический эффект не мог остаться без внимания Б. М. Вула, и в Лаборатории физики полупроводников под его руководством было выполнено несколько работ в этом направлении. Были изучены зависимости вольт-амперных характеристик туннельных диодов от концентрации носителей заряда и температуры (совместно с А. П. Шотовым и С. П. Гришечкиной) [35], положения уровней Ферми в n - и p -частях (совместно с Э. И. Заварицкой и И. И. Иванчиком) [36] и пр. Следует отметить, что незадолго до открытия Л. Эсаки в Теоретическом отделе ФИАН Л. В. Келдышем, тесно сотрудничавшим с Лабораторией физики полупроводников по целому ряду направлений исследований, была разработана теория туннелирования в неметаллических кристаллах [37].

Исследования вольт-амперных характеристик кремниевых туннельных диодов при температурах жидкого гелия показали, что на них имеются особенности, отвечающие фононам, испущенным при непрямых электронных переходах в этом многодолинном полупроводнике (Н. Холонык и др. [38], Л. Эсаки и Е. Мияхара [39]). Этими работами было положено начало новой области исследования твердых тел — туннельной спектроскопии, предметом изучения в которой являются различные возбуждения кристалла (фононы, плазмоны и др.) и особенности плотности состояний (см. сборник [40]). В этой связи отметим работу Б. М. Вула, Э. И. Заварицкой и В. Н. Заварицкого, посвященную

Рис. 12. Вольт-амперная характеристика германиевого туннельного диода: 1 — обратная, 2 — прямая ветвь (данные А. П. Шотова [34])



исследованию туннельного эффекта в диодах из арсенида галлия в интервале температур 1–30 К [41]. Авторы обнаружили максимум в дифференциальном сопротивлении туннельного диода при нулевом напряжении смещения и объяснили его возникновение особенностью плотности электронных состояний вблизи поверхности Ферми. Они также установили важный для низкотемпературных экспериментов с туннельными диодами факт: при использовании в качестве омических контактов к диоду сверхпроводниковых материалов (свинец, индий) результаты измерений туннельного тока при малых напряжениях смещения могут быть сильно искажены, когда металл контакта находится в сверхпроводящем состоянии, так как в этом случае ток через диод определяется не свойствами его $p - n$ -перехода, а особенностями прохождения тока через туннельный контакт сверхпроводник-полупроводник. Отметим, что теоретические основы туннельной спектроскопии были заложены Л. В. Келдышем, который впервые рассмотрел процессы неупругого туннелирования [42].

Как известно, легирование является основным способом управления электронными свойствами полупроводников, которые можно изменять в широких пределах, варьируя концентрации основной и компенсирующей примесей. Примесные атомы распределены в полупроводниковом кристалле хаотически, и его электронный спектр, электрические и оптические свойства определяются не только концентрацией, а и пространственным распределением примесей. Заметим, что результаты исследования системы примесных атомов важны не только для физики полупроводников и разработки полупроводниковых приборов; эту систему с управляемыми параметрами можно рассматривать как модельную для широкого класса неупорядоченных конденсированных сред.

Активные исследования легированных полупроводников начались в конце 50-х гг. В Лаборатории физики полупроводников было выполнено большое число работ на эту тему (о некоторых из них было сказано выше). Были исследованы формирование примесной зоны и хвостов плотности состояний, прыжковая проводимость, инфракрасное поглощение и пр. Одна из важных проблем в области исследования примесной системы — фазовый переход изолятор-металл, возможность его существования и условия наблюдения (см. книгу [43]). В ра-

ботах Б. М. Вула, выполненных совместно с Э. И. Заварицкой, Б. Л. Вороновым, И. Д. Вороновой и Н. В. Рождественской, исследована локализация электронов в хвостах плотности состояний зоны проводимости образцов сильно компенсированного (степень компенсации 0,83–0,98) арсенида галлия с суммарной концентрацией доноров и акцепторов около $5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ [44, 45]. Было установлено, что концентрация свободных электронов практически не изменяется при понижении температуры от 300 до 5 К, а затем уменьшается по закону Аррениуса при дальнейшем ее снижении до 1,5 К вследствие локализации электронов, т. е. проводимость металлического типа сменяется на активационную [44]. Энергия активации этого процесса уменьшается с ростом первоначальной концентрации свободных электронов. При понижении температуры до 0,5 К концентрация локализованных электронов проявляет тенденцию к насыщению, т. е. даже вблизи температуры абсолютного нуля часть электронов, причем, тем большая, чем выше была их первоначальная концентрация, остается в свободном состоянии [45].

Особый интерес вызывает исследование перехода изолятор—металл в двумерных электронных системах. Дело в том, что в концепции так называемой минимальной металлической проводимости переход из металлического состояния в диэлектрическое происходит, согласно Мотту (см. [43]), когда проводимость достигает некоторой минимальной величины, которая в двумерном случае определяется формулой $\sigma_{min} = e^2/h \approx 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ См}$ (e — заряд электрона, h — постоянная Планка), т. е. σ_{min} является комбинацией мировых констант. Заметим, что правая часть выражения для σ_{min} выступает как квант холловской проводимости в квантовом эффекте Холла. Активные экспериментальные исследования двумерного электронного газа (ДЭГ) начались в середине 70-х гг. Изучались, в основном, свойства ДЭГ в тонких металлических пленках, инверсионных слоях на поверхности полупроводника и МДП-структур. Разброс значений σ_{min} , полученных в различных экспериментах, составлял более двух порядков величины.

В пионерских работах Б. М. Вула, Э. И. Заварицкой и их соавторов для исследования перехода изолятор—металл в двумерных дырочных слоях были использованы две системы: сетка краевых дислокаций в плоскости сращивания бикристалла германия [46] и поверхность, полученная скалыванием германия в жидком гелии с последующим отжигом в его парах [47]¹⁰⁾. В бикристаллах с двух сторон от плоскости сращивания возникают двумерные дырочные слои. Расстояние между дислокациями, образующимися в плоскости сращивания, зависит от угла разориентации между кристаллами в бикристалле (оно обратно пропорционально синусу половины этого угла). Б. М. Вулом, Э. И. Заварицкой,

¹⁰⁾ Здесь мы приводим ссылки на несколько работ. На самом деле, каждая из этих двух систем была детально изучена в серии соответствующих работ (см. сборник [2]).

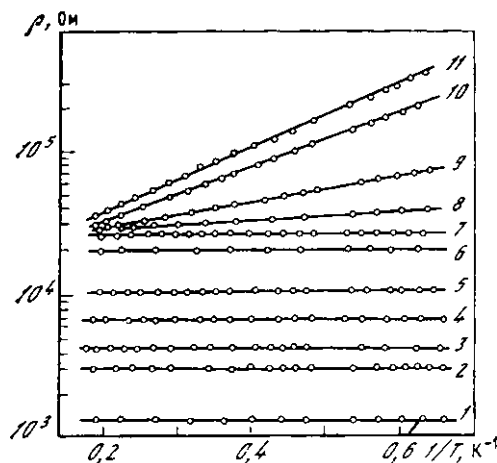


Рис. 13. Температурные зависимости сопротивления образцов с разными углами разориентации θ . От 1 к 6 угол θ изменяется от 30 до 10 °С, от 7 к 11 — от 10 до 7 °С

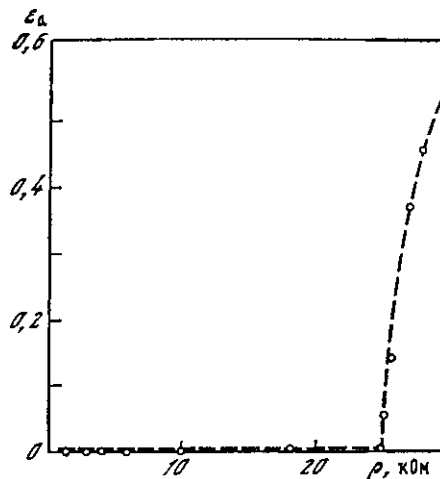


Рис. 14. Зависимость энергии активации $\varepsilon_a \approx$ (в мэВ) от сопротивления образцов, измеренного при $T = 6$ К

Ю. А. Башкировым и В. М. Виноградовым было показано, что с ростом расстояния между дислокациями сопротивление двумерного дырочного слоя увеличивается (рис. 13), и, когда оно начинает превышать значение, отвечающее σ_{min} (прямая 7 на рис. 13), происходит переход металл—изолятор — металлическая проводимость сменяется активационной; энергия активации в окрестности перехода с диэлектрической стороны резко возрастает (рис. 14) [46]. В этой работе было получено значение $\sigma_{min} \approx 4 \cdot 10^{-5}$ См, близкое к теоретическому.

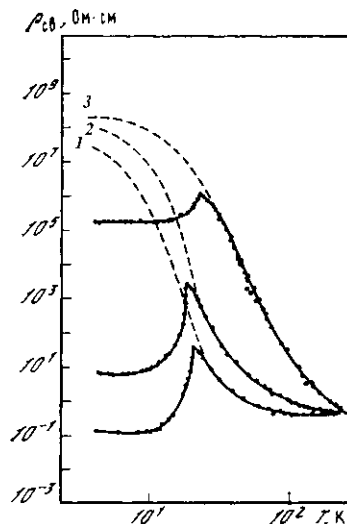
Исследования электропроводности поверхности скола в жидком гелии кристалла германия начались с работы Б. М. Вула, Э. И. Заварицкой и Е. Г. Сокол [47]. Поверхностная проводимость возникала после отжига в парах гелия и всегда была дырочного типа. Много усилий было затрачено на выяснение механизма образования дырочного слоя вблизи поверхности германия в результате отжига. В итоге было установлено, что дырочный слой с номинальной толщиной, меньшей одного монослоя, формируется благодаря адсорбции на поверхности германия молекул кислорода, имеющихся в небольшом количестве в парах гелия [48]. Общая физическая картина наблюдавшихся явлений в качественном и количественном отношении весьма сходна с той, что имеет место в бикристаллах германия. Вместе с тем тщательный анализ, выполненный в работе Б. М. Вула, Э. И. Заварицкой и В. Н. Заварицкого [49], показал, что в металли-

ческой области ($\sigma > \sigma_{min}$) проводимость двумерного дырочного слоя медленно уменьшается при понижении температуры (как $\ln T$). Это уменьшение проводимости связывают с так называемой слабой локализацией (см. обзор [50]). Заканчивая изложение работ Бенциона Моисеевича по двумерным электронным системам, следует сказать, что исследования ДЭГ в полупроводниковых гетероструктурах привели к ряду выдающихся результатов¹¹⁾, возникновению новых терминов и понятий в физике твердого тела. В настоящее время физика ДЭГ составляет значительную часть новой широкой области, называемой физикой наноструктур, и интерес к исследованиям двумерных систем не затихает.

Одно из последних увлечений Бенциона Моисеевича — узкозонные полупроводниковые соединения IV–VI. Технологией выращивания кристаллов узкозонных материалов, исследованиями, разработкой на их основе лазеров и фотоприемников на среднюю ИК область спектра занимались несколько научных групп возглавляемой им Лаборатории физики полупроводников. Сам Б. М. Вул с группой сотрудников исследовал электрические и фотоэлектрические свойства соединения PbSnTe, легированного индием. В работе, выполненной совместно с И. Д. Вороновой, Г. А. Калюжной, Т. С. Мамедовым и Т. Ш. Рагимовой, было установлено, что при высоких концентрациях этой примеси (больших $\approx 0,5$ ат.%) кардинально изменяются электрические свойства PbSnTe [52]. Если в нелегированном полупроводнике или при малом содержании индия при понижении температуры от комнатной до гелиевой удельное сопротивление несколько уменьшается (менее, чем на порядок величины), то в сильнолегированном индием PbSnTe оно возрастает на 7–8 порядков (рис. 15). Было также обнаружено, что при высоких концентрациях In это соединение обладает чрезвычайно высокой фоточувствительностью при низких температурах (см. рис. 15). При $T = 4,2$ К сопротивление при освещении могло уменьшаться на 10 порядков величины. Столь высокая фоточувствительность этого материала связана с долговременным характером его фотопроводимости (остаточная фотопроводимость), время релаксации которой при температурах жидкого гелия составляет 6–8 часов [53]. В высокоомное состояние образцы можно было вернуть нагревом до температур, превышающих температуры, отвечающие максимумам сплошных кривых на рис. 15 (около 20 К), и последующим охлаждением. Описанные свойства исследованных образцов авторы связали с фазовым переходом в сегнетоэлектрическое состояние при температуре около 20 К. В работе Б. М. Вула, С. П. Гришечкиной и Т. Ш. Рагимовой подробно изучена кинетика

¹¹⁾ Открытия целочисленного (1980) и дробного (1982) квантового эффекта Холла (см. сборник [51]) были отмечены Нобелевскими премиями по физике (К. фон Клипинг, 1985; Р. Лафлин, Х. Штермер и Д. Цуи, 1998).

Рис. 15. Температурные зависимости удельного сопротивления образцов $\text{Pb}_{0,78} \approx \text{Sn}_{0,22} \approx \text{Te}$, легированных индием, в темноте (пунктир) и при освещении белым светом (сплошные линии). При высоких температурах пунктирные и сплошные кривые сливаются. Концентрация In: 0,74 (1); 0,97 (2) и 2,7 ат. % (3).



остаточной фотопроводимости и проведен детальный анализ экспериментальных данных [54]¹²⁾.

В большой Лаборатории физики полупроводников исследования велись в самых разных направлениях, и выполнялось значительное количество работ, в которых Б. М. Вул мог не принимать непосредственного участия. Однако он всегда активно интересовался практически всеми работами сотрудников лаборатории. Перечислим некоторые направления исследований из тех, что не были упомянуты выше, дабы дать более полное представление о широте тематики лаборатории, возглавляемой Б. М. Вулом. Это электроника на основе полупроводниковых алмазов, фотовольтаический эффект и солнечные батареи¹³⁾, экситоны и электронно-дырочная жидкость¹⁴⁾, фундаментальная и прикладная сверхпроводимость, инжекционные лазеры на основе узкозонных полупроводников IV–VI¹⁵⁾, горячие носители заряда и генерация субмиллиметрового излучения¹⁶⁾ и многое другое.

Бенцион Моисеевич всегда стремился докопаться до самой сути изучаемых явлений и уложить полученные результаты в общую картину как он себе ее

¹²⁾ За эти работы аспирантка Б. М. Вула Тамила Рагимова в составе коллектива молодых ученых из различных организаций была удостоена Премии Ленинского комсомола за 1983 г.

¹³⁾ Созданы первые в СССР лабораторные образцы кремниевых солнечных батарей (В. С. Вавилов и др.).

¹⁴⁾ За открытие и исследование конденсации экситонов В. С. Багаев и Л. В. Келдыш совместно с Я. Е. Покровским из Института радиотехники и электроники АН СССР и французским физиком М. Вусом были удостоены в 1975 г. Премии Европейского физического общества.

¹⁵⁾ И. И. Засавицкий, Г. А. Калюжная, А. П. Шотов (Лаборатория физики полупроводников) и Б. А. Волков (Теоретический отдел ФИАН) совместно с учеными из других организаций в 1985 г. были удостоены Государственной премии СССР за цикл работ «Перестраиваемые лазеры на полупроводниках AIVBVI и молекулярная спектроскопия высокого разрешения на их основе».

¹⁶⁾ За эти работы В. Н. Мурзин совместно с сотрудниками из других организаций удостоен Государственной премии СССР за 1987 г.

представлял. И это касалось не только его собственных работ. В Лаборатории было принято докладывать работы на семинаре прежде, чем они направлялись в печать. Как правило, незадолго до семинара Б. М. Вул приглашал авторов доклада, и они рассказывали ему свою работу и обсуждали ее с ним.

Стоит сказать несколько слов о лабораторном семинаре, руководимом Б. М. Вулом. Семинар проходил по пятницам, и по существу это был общемосковский семинар по физике полупроводников, на котором собирались сотрудники многих организаций. Значительная часть наиболее интересных работ, выполненных в стране, была доложена на этом семинаре. Их авторы либо сами стремились рассказать свои работы на семинаре Б. М. Вула, либо Бенцион Моисеевич, который внимательно следил за тем, что делается в стране в области физики полупроводников, приглашал докладчиков. Большая часть защищавшихся в СССР докторских и заметное число кандидатских диссертаций по физике полупроводников были представлены в этой аудитории.

Наш рассказ подошел к концу. Здесь, конечно, были упомянуты далеко не все работы и направления научной деятельности Б. М. Вула. Вместе с тем из изложенного видны широта его интересов, значимость и актуальность чисто научных и прикладных проблем, которые он решал. В заключение приведем одно из высказываний Бенциона Моисеевича, которое было сделано в 1968 г. в Москве на открытии IX Международной конференции по физике полупроводников в его вступительном слове: «Мы видим, что стремление познать физические явления щедро вознаграждается открытием новых принципов, дальнейшее целеустремленное развитие которых приводит к ценным практическим результатам... Применение металлов позволило человеку переложить на машины непосильный физический труд, а применение полупроводников — умственный. Поскольку умственные способности человека намного превосходят его физические, то необходимость в полупроводниках возникла значительно позже, чем в металлах. Но коль скоро полупроводники стали неотъемлемым и важнейшим элементом электронно-вычислительных систем, свободных в своих действиях от ограничений, свойственных человеку, исследования полупроводников будут и впредь развиваться, так как очевидно, что дальнейший рост производительности умственного труда окажется для человечества такой же неизбежной необходимостью, как и развитие производительности физического труда». Приложив эти слова к современной физике полупроводников и, в частности, к полупроводниковым наноструктурам, которые сейчас играют в ней центральную роль как фундаментальной сфере, так и ввиду впечатляющих перспектив их широкого практического использования, можно сказать, что они являлись пророческими и, по-видимому, довольно долго таковыми останутся.

Литература

1. Вул Б. М., Инге Л. Д. Природа краевого эффекта // ЖТФ. **1**. Вып. 2–3, 129 (1931).
2. Вул Б. М. Избранные труды. Физика диэлектриков и полупроводников. М.: Наука, 1988, 376 с.
3. Вул Б. М. Последовательный пробой твердых диэлектриков // ЖТФ. **2**. Вып. 3–4, 371 (1932).
4. Вул Б. М., Гольдман И. М. Пробой при внутреннем фотоэффекте // ЖТФ. **5**. Вып. 7, 1200 (1935).
5. Вул Б. М., Гольдман И. М. Пробой сжатого азота в неоднородном электрическом поле // ЖТФ. **4**. Вып. 8, 1613 (1934).
6. Вул Б. М., Сканапи Г. И. Керамические высокочастотные конденсаторы. Изв. АН СССР, **8**. № 4, 194 (1944).
7. Курчатов И. В. Сегнетоэлектрики. Проблемы новейшей физики. М.: Гостехтеориздат, 1933.
8. Вул Б. М., Гольдман И. М. Диэлектрическая проницаемость титанатов металлов второй группы. ДАН СССР, **46**. № 4, 154 (1945).
9. Вул Б. М. Диэлектрическая проницаемость титаната бария при низких температурах. ЖЭТФ, **15**. Вып. 12, 735 (1945).
10. Вул Б. М., Гольдман И. М. Диэлектрическая проницаемость титаната бария в зависимости от напряженности в переменном поле. ДАН СССР, **49**. № 3, 179 (1945).
11. Вул Б. М., Гольдман И. М. Диэлектрический гистерезис в титанате бария. ДАН СССР, **51**. № 1, 21 (1946).
12. Гинзбург В. Л. О диэлектрических свойствах сегнетоэлектриков и титаната бария. ЖЭТФ, **15**. Вып. 12, 739 (1945).
13. Вул Б. М. Вещества с высокой и сверхвысокой диэлектрической проницаемостью. Электричество. № 3, 12 (1946).
14. Березанская В. М. ФИАН — создатель первого российского транзистора. Вестник РАН, **80**. № 2, 169 (2010).
15. Вул Б. М., Шотов А. П. Авторское свидетельство № 110480 по заявке Б-477/460114 с приоритетом 12 сентября 1953 г.
16. Вул Б. М. Авторское свидетельство № 02407/460177 от 29 июня 1954 г.
17. Вул Б. М. Основы теории и некоторые результаты исследований германиевых диодов и триодов. Радиотехника и электроника, **1**. № 8, 1040 (1956).
18. Вул Б. М. Основы теории мощных германиевых выпрямителей. По материалам Всесоюзного совещания по применению комплексных полупроводниковых выпрямительных устройств в промышленности. М., 1959. С. 5.
19. Вул Б. М. О пробое переходных слоев в полупроводниках // ЖТФ. **16**. Вып. 11, 2403 (1956).
20. Вул Б. М., Шотов А. П. Об ударной ионизации в кремниевых $p-n$ -переходах. ФТТ, **1**. Вып. 1, 150 (1959).

21. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Келдыш Л. В. ДАН СССР, **135**. № 6, 1361 (1960).
22. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Давыдова И. В. Пробой тонких слоев германия при низких температурах. ФТТ, **5**. Вып. 4, 1107 (1963).
23. Келдыш Л. В. Кинетическая теория ударной ионизации в полупроводниках. ЖЭТФ, **37**. Вып. 3 (9), 713 (1959).
24. Чуенков В. А. Теория электрического пробоя полупроводников. I. Теория электрического пробоя полупроводников ($p - n$ -переходы). II. Физика твердого тела. Сб. статей. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 200, 209.
25. Басов Н. Г., Вул Б. М., Попов Ю. М. Квантовомеханические полупроводниковые генераторы и усилители электромагнитных колебаний. ЖЭТФ, **37**. Вып. 2, 587 (1959).
26. Басов Н. Г., Крохин О. Н., Попов Ю. М. Получение состояний с отрицательной температурой в $p - n$ -переходах вырожденных полупроводников. ЖЭТФ, **40**. Вып. 6, 1879 (1961).
27. Hall R. N., Fenner G. F., Kingsley J. D., Soltys T. J., Carlson R. O. Coherent light emission from GaAs junctions. Phys. Rev. Lett., **9**, No 9, 366 (1962).
28. Nathan M. I., Dumke W. P., Burns G., Dill F. H., Lasher G. Stimulated emission of radiation from GaAs $p - n$ junction. Appl. Phys. Lett., **1**, No 3, 62 (1962).
29. Багаев В. С., Басов Н. Г., Вул Б. М., Копыловский Б. Д., Крохин О. Н., Маркин Е. П., Попов Ю. М., Хвощев А. Н., Шотов А. П. Полупроводниковый квантовый генератор на $p - n$ -переходе в GaAs. ДАН СССР, **150**. № 2, 275 (1963).
30. Наследов Д. Н., Рогачев А. А., Рывкин С. М., Царенков Б. В. Рекомбинационное излучение арсенида галлия. ФТТ, **4**. Вып. 4, 1062 (1962).
31. Багаев В. С., Берозашвили Ю. Н., Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Келдыш Л. В., Шотов А. П. Об энергетическом спектре сильнолегированного арсенида галлия. ФТТ, **6**. Вып. 5, 1399 (1964).
32. Келдыш Л. В., Прошко Г. П. Инфракрасное поглощение в сильнолегированном германии. ФТТ, **5**. Вып. 12, 3378 (1963).
33. Esaki L. New phenomenon in narrow Germanium $p-n$ junctions. Phys. Rev., **109**, No 2, 603 (1958).
34. Вул Б. М. Об ударной ионизации и туннельном эффекте в полупроводниках. ФТТ, **2**. Вып. 11, 2961 (1960).
35. Вул Б. М., Шотов А. П., Гришечкина С. П. Температурная зависимость туннельного тока в $p - n$ -переходах. ФТТ, **3**. Вып. 2, 667 (1961).
36. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Иванчик И. И. Зависимость вольт-амперной характеристики туннельного диода от уровней Ферми в n - и p -частях. ФТП, **4**. Вып. 2, 329 (1970).
37. Келдыш Л. В. О поведении неметаллических кристаллов в сильных электрических полях. ЖЭТФ, **33**. Вып. 4 (10), 994 (1957).
38. Holonyak N., Lesk I. A., Hall R. N., Tiemann J. J., Ehrenreich H. Direct observation of phonons during tunnelling in narrow junction diodes. Phys. Rev. Lett., **3**, No 4, 167 (1959).
39. Esaki L., Miyahara Y. New device using the tunnelling process in narrow pn junctions. Solid State Electron., **1**, No 1, 13 (1960).

40. Tunneling Phenomena in Solids, eds. *Burstein E. and Lundquist S.*, Plenum Press, 1969. Перевод: Туннельные явления в твердых телах / Под ред. Э. Бурштейна и С. Лундквиста. М.: Мир, 1973.
41. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Заварицкий В. Н. Туннельный эффект в диодах из арсенида галлия при низких температурах. ФТТ, **8**. Вып. 3, 888 (1966).
42. Келдыш Л. В. О влиянии колебаний решетки кристалла на рождение электронно-дырочных пар в сильном электрическом поле. ЖЭТФ, **34**. Вып. 4, 962 (1958).
43. Шкловский Б. И., Эфрос А. Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М., Наука, 1979.
44. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Воронова И. Д., Рождественская Н. В. Локализация электронов в компенсированном арсениде галлия при низких температурах. I. ФТП, **5**. Вып. 5, 943 (1971).
45. Вул Б. М., Воронов Б. Л., Воронова И. Д., Заварицкая Э. И., Рождественская Н. В. Локализация электронов в компенсированном арсениде галлия при низких температурах. II. ФТП, **8**. Вып. 8, 1507 (1974).
46. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Башкиров Ю. А., Виноградов В. М. О минимуме металлической проводимости в двумерной системе. Письма в ЖЭТФ, **25**. Вып. 4, 204 (1977).
47. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Сокол Е. Г. Поверхностная электропроводность германия при сколе в жидком гелии. Письма в ЖЭТФ, **30**. Вып. 8, 517 (1979).
48. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Заварицкий В. Н. Влияние адсорбции водорода и кислорода на электропроводность поверхности скола германия. Письма в ЖЭТФ, **35**. Вып. 5, 209 (1982).
49. Вул Б. М., Заварицкая Э. И., Заварицкий В. Н. Об электропроводности в двумерной среде при низких температурах. Письма в ЖЭТФ, **37**. Вып. 2, 87 (1983).
50. Ando T., Fowler A. B., Stern F. Electronic properties of two-dimensional systems. Rev. Modern Phys., **54**, No 2, 437 (1982).
51. The quantum Hall effect, eds. *Prange R. E. and Girvin S. M.*, Springer-Verlag, NY, 1987. Перевод: Квантовый эффект Холла, под ред. Пренджа Р. и Гирвина С., М.: Мир, 1989.
52. Вул Б. М., Воронова И. Д., Калюжная Г. А., Мамедов Т. С., Рагимова Т. Ш. Особенности явлений переноса в $\text{Pb}_{0,78}\text{Sn}_{0,22}\text{Te}$ с большим содержанием индия. Письма в ЖЭТФ, **29**. Вып. 1, 21 (1979).
53. Вул Б. М., Воронова И. Д., Гришечкина С. П., Рагимова Т. Ш. Накопление и время релаксации электронов при фотоэффекте в $\text{Pb}_{0,78}\text{Sn}_{0,22}\text{Te}$. Письма в ЖЭТФ, **33**. Вып. 6, 346 (1981).
54. Вул Б. М., Гришечкина С. П., Рагимова Т. Ш. О фотоэффекте в кристаллах $\text{Pb}_{0,78}\text{Sn}_{0,22}\text{Te} < \text{In} >$. ФТП, **16**. Вып. 8, 1452 (1982).

1

Воспоминания о Б. М. Вуле

Он очень любил работать сам

В. С. Багаев

С Бенционом Моисеевичем я познакомился в 1955 г. В это время я уже около года работал во Всесоюзном научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта в высоковольтной лаборатории. Работа была интересная, но это было время, когда физика завоевала всеобщий интерес, и я не был исключением. Бенцион Моисеевич тогда жил в соседнем доме, и один из членов нашей семьи при встрече с Вулом сказал о моем заинтересованном отношении к физике. Бенцион Моисеевич пригласил меня к себе домой и спросил, не хотел бы я перейти на работу в Физический институт. Я честно сказал, что знаком с физикой только в объеме институтского курса, который нам читали полтора семестра. Расспросив, чем я занимаюсь на своей работе, он задал вопрос, хочу ли я быть теоретиком или экспериментатором. Я и не представлял тогда, что существует такое деление, и сказал, что, наверное, все-таки экспериментатором. Бенцион Моисеевич улыбнулся и заметил, что это хорошо, а при желании отставание по физике можно наверстать в процессе работы. Надо сказать, что с первых дней работы в ФИАНе он уделял мне внимание и оказывал поддержку. Иногда он приглашал меня к себе в кабинет, интересовался моей работой, советовал, какие книги по физике полезно читать и рекомендовал посещать лекции по физике полупроводников, которые читал в МГУ профессор С. Г. Калашников.

На момент моего прихода на работу в ФИАН Бенцион Моисеевич был большим ученым, членом-корреспондентом Академии наук СССР, руководителем огромной лаборатории, руководителем общемосковского семинара по физике полупроводников, членом различных советов и редакционных коллегий, комиссий и комитетов. Это занимало у него уйму времени. По моим понятиям оставшееся время он мог тратить только на постановку задач, обсуждение полученных результатов, написание статей и книг. Но к моему удивлению, когда мне пришлось уже работать с Бенционом Моисеевичем, он очень любил работать сам. Он любил эксперимент. И первая моя работа как раз была непосредственно с Бенционом Моисеевичем, где мы вместе проводили измерения: я, Алевтина Жеребцова и Бенцион Моисеевич. Он к экспериментальной работе очень трепетно относился. Приходил на работу и каждое утро, заходил

или звонил, и спрашивал: «Ну, сегодня у нас будут измерения?» А поскольку тогда автоматизации не было, а измерения были достаточно сложными, были измерения со многими приборами, одновременно измерялись несколько характеристик, то в роли автоматизации выступали соавторы, которые следили за какой-то группой приборов, и Бенцион Моисеевич тоже участвовал в этих измерениях. То есть он менял, скажем, ток или напряжение сам, причем при этом очень возбуждался. Командовал: «Готовы?» — «Готовы». — «Я перевожу, даю...». И не один раз, не одно исследование мы проводили действительно с Бенционом Моисеевичем, когда он участвовал непосредственно в измерениях. Он обсуждал подробно результаты исключительно досконально, переживал и в каждую эту работу вносил действительно определяющий вклад. Я до сих пор, когда сам сейчас с молодыми людьми обсуждаю результаты, ловлю себя на том, что начинаю внимательно слушать, иногда горячо спорить и тут же я вспоминаю Бенциона Моисеевича.

Несмотря на занятость Бенцион Моисеевич часто обходил лабораторию и беседовал с сотрудниками непосредственно на их рабочих местах. Это давало ему возможность быть в курсе возникающих трудностей при проведении исследований, а сотрудникам при общении ощущать интерес к их работе руководителя лаборатории. Перед каждым большим праздником он обходил лабораторию и поздравлял с праздником всех сотрудников. Вул сам не употреблял алкоголь и нетерпимо относился к пьянству. Вместе с тем всегда приветствовал и помогал в проведении лабораторных вечеров отдыха с неизменными капустниками на лабораторную тему. Он поднимал первый бокал с поздравлением сотрудников, много шутил, смеялся и долго вспоминал смешные эпизоды вечера. Бенцион Моисеевич обладал чувством юмора и ценил это в других. Однажды он попросил одного нашего сотрудника института в проходной передать пакет с бумагами дочери Лене. Сотрудник в некоторой растерянности спросил отчество Лены. Вул улыбнулся и сказал, что это легко установить, если вспомнить имя отца.

Был случай, когда я добыл новый красивый письменный стол, и мы несли его к себе в комнату. В коридоре мы встретили Бенциона Моисеевича. Он посмотрел на нас и оценил стол как министерский. Несколько смутившись, я предложил этот стол поставить к нему взамен его старого. Тут он засмеялся и сказал, что стол великоват для его кабинета и, кроме того, тогда ему придется заменить в кабинете всю старую мебель.

Заканчивая свои воспоминания, хочу отметить еще одну, на мой взгляд, важную черту личности Бенциона Моисеевича и привести один эпизод его деятельности. Как и многие ученые, работавшие на оборону во время Великой Отечественной войны, он крайне ответственно относился к нуждам промышленных предприятий при внедрении новых научных разработок. В конце

пятидесятых годов на многих предприятиях создавалось производство элементной базы полупроводниковой электроники. Одним из таких предприятий был завод в городе Саранске, ранее выпускавший электротехническое оборудование. Завод осваивал новое для него производство полупроводниковых силовых выпрямителей. При изготовлении германиевых выпрямляющих элементов большой площади для силовых диодов не удавалось получить требуемые характеристики. Бенцион Моисеевич решил сам поехать на завод, чтобы помочь преодолеть возникшие трудности. В эту поездку он пригласил и меня. На протяжении двух дней мы подробно знакомились с технологическим процессом непосредственно в цехах. На совещании с участием инженеров и технологов Бенцион Моисеевич подробно и доходчиво рассказывал об особенностях полупроводниковой технологии и, особенно, о необходимой чистоте материалов при обработке пластин и самого процесса изготовления элементов диода. Не обошлось без курьеза. На вопрос о качестве воды, используемой при отмывании пластин после травления, главный технолог с гордостью сказал, что вода очень высокого качества прямо из артезианской скважины. Это было вопиющим нарушением технологии, но понимая неопытность сотрудников завода Бенцион Моисеевич спокойно разобрал недостатки такой воды для технологического процесса и необходимость ее тройной дистилляции. Как стало известно позднее, завод справился с поставленной задачей и вскоре уже перешел на выпуск кремниевых выпрямителей.

С ним было приятно работать

Б. Д. Копыловский

До начала Великой Отечественной войны я жил в г. Казани. В июне 1941 г. окончил среднюю школу. После окончания школы собирался поступать в Казанский авиационный институт (КАИ). Началась война и, получив аттестат об окончании школы, я направился в КАИ сдавать документы. КАИ находился на улице Ленина. Сдав документы, я направился назад по улице, на которой находился Казанский университет. В этом здании предполагалось разместить ряд институтов АН СССР, в том числе Физический институт им. П. Н. Лебедева. Проходя мимо Университета, я обратил внимание на объявление, в котором приглашали на работу электромонтера. Я с раннего детства увлекался радиотехникой. Как я потом выяснил, из Москвы выехала группа сотрудников института для подготовки помещений для лабораторий, которые позже должны были приехать в эвакуацию. Я решил поступить в КАИ и затем устроиться в Институт электриком. Здесь я впервые познакомился с Б. М. Вулом. Он был заместителем директора ФИАНа и возглавлял работы по подготовке научных помещений для сотрудников, которые должны приехать из Москвы. Бенцион Моисеевич доброжелательно, спокойно, с приятной улыбкой беседовал со мной и принял меня на работу.

Была создана бригада первого десанта. В нее входили А. Н. Чарахчян, Гофман, Г. Кулоновский и я. Мы занимались установкой электрических щитов для подачи электропитания для прибывающего оборудования. Работа нелегкая. Мы вручную пробивали толстенные университетские стены, крепили к стенам мраморные щиты и подводили к ним кабели. Б. М. часто интересовался нашей работой, участвовал в размещении прибывающего из Москвы оборудования для различных лабораторий. Я успешно сдал приемные экзамены в КАИ и продолжал все лето работать в лаборатории института. После окончания монтажных работ меня определили работать в должности радиотехника в Лабораторию колебаний. Б. М. по отечески относился ко мне, часто интересовался моей жизнью. Затем я был призван в Советскую армию. Я поддерживал с Б. М. письменную связь, и он присылал теплые письма (к сожалению, письма не сохранились).

Когда завершилась война, я решил связать свою судьбу с ФИАНом. В 1945 г. я демобилизовался в Москву. Поселился в Новогиреево и пришел в ФИАН, где

Б. М. принял меня в Лабораторию диэлектриков на должность радиотехника. Одновременно я подал документы в Институт инженеров связи. Б. М. отнесся ко мне по-отечески. Он мне разрешил целый год на работе заниматься только учебой. Благодаря ему я за этот год закончил два курса института. И так всю мою деятельность он ненавязчиво направлял: поручал просматривать научную литературу, докладывать ему и потом на семинаре интересные работы. Затем он создал радиотехническую группу (под моим руководством), которой поручил разработку и изготовление электронной аппаратуры для проведения лабораторных исследований для различных групп лаборатории.

С Б. М. было очень интересно беседовать на различные темы. Он всегда интересовался моей жизнью, учебой, бытом. Но это все делалось без навязчивости, с большим тактом. Он обладал удивительным умением слушать и очень доходчиво объяснять очень сложные явления. Он был прекрасным педагогом. Всегда перед выступлением на семинаре он приглашал к себе и просил сначала все рассказать ему, делая замечания по существу. После таких бесед всегда спокойно докладывалось на семинаре.

С ним всегда было приятно работать. Он никогда не душил инициативу.

Вспоминается, как мы с ним ездили отдыхать в «Зеленый мыс» на Кавказе, вместе гуляли, вели различные беседы, купались и загорали.

Однажды он взял меня в командировку в Ленинград в Физико-технический институт. Жили вместе в гостинице, он знакомил меня с сотрудниками Физтеха. Словом, плавно вводил меня в научный мир.

При внешней суровости он был очень добрым человеком. Например, когда у меня родилась дочь Люда, прислал легковую автомашину ЗИЛ, чтобы забрать ее из роддома. Такая ситуация повторилась, когда у меня родился сын Юра. Причем, я его об этом не просил, он как-то узнавал об этом сам.

Б. М. очень любил природу, любил гулять по лесу, собирать грибы, и, надо сказать, очень хорошо их находил. Мы с женой бывали на его даче в Дарьино, где нас очень гостеприимно встречала Софья Даниловна — его верная подруга и жена.

Когда Лаборатория физики диэлектриков разделилась на Лабораторию диэлектриков и Лабораторию полупроводников, Б. М. смело взялся за новую для него, да и для нас всех, физику полупроводников. Им были организованы семинары, и все сотрудники с удовольствием их посещали. Б. М. обладал чувством нового и актуального в науке. Под его руководством Лаборатория достигла больших научных успехов. Созданы впервые в СССР полупроводниковые диоды, транзисторы и полупроводниковые лазеры (Ленинские, Сталинские и др. премии). Научное чутье Б. М. не подвело его при переключении на сверхпроводимость, и здесь были созданы мощные накопители энергии.

Я всю жизнь буду благодарен судьбе, что она свела меня с Б. М. Вулом и ФИАНом.

Об учителе

В. А. Чуенков

Научные интересы академика Б. М. Вула отличались многогранностью и широтой. Он известен как выдающийся ученый с мировым именем в области физики диэлектриков, сегнетоэлектриков и полупроводников. О научной и организационной деятельности Бенциона Моисеевича Вула подробно рассказано в предшествующих статьях настоящего сборника.

Я ограничусь воспоминаниями, подчеркивающими чисто человеческие черты характера Бенциона Моисеевича, воспоминаниями о том, как он относился, на моем личном примере, к воспитанию научной молодежи.

Моя первая встреча с Бенционом Моисеевичем Вулом состоялась 16 октября 1950 г. в проходной ФИАН, который в то время находился на Миусской улице. К этому времени я сдал вступительные экзамены в аспирантуру, и были выполнены все документальные формальности. Бенцион Моисеевич поздравил меня с зачислением в аспирантуру ФИАН и задал ряд вопросов: какой университет я окончил, чему была посвящена моя дипломная работа, под чьим руководством я ее выполнял. После моих ответов на интересовавшие Бенциона Моисеевича вопросы он предложил мне быть аспирантом в руководимой им Лаборатории физики диэлектриков. Я согласился. «Если Вы согласны, то сейчас мы пройдем в лабораторию». По пути в лабораторию Бенцион Моисеевич задал мне еще целый ряд вопросов личного характера: сколько мне лет, каково мое семейное и материальное положение, где я буду жить во время учебы в аспирантуре и т. д. В лаборатории Бенцион Моисеевич познакомил меня со всеми ее сотрудниками, начиная от докторов и кандидатов наук и кончая лаборантами. Представляя меня тому или иному сотруднику, Бенцион Моисеевич просил его не отказывать мне в помощи.

Благодаря Бенциону Моисеевичу я в первый же день пребывания в лаборатории почувствовал себя полноправным ее сотрудником. Такое доброе и отзывчивое отношение произвело на меня очень сильное впечатление. Вскоре я убедился, что доброта, отзывчивость, взаимопонимание, готовность прийти на помощь друг другу, интеллигентность во взаимоотношениях сотрудников —

характерные черты существовавшего (и существующего поныне) в ФИАНе психологического климата.

При жизни Б. М. Вула я проработал в основанной и руководимой им лаборатории 35 лет. И в течение всего того промежутка времени я ощущал внимание Б. М. Вула и помощь в работе.

Спустя 5 месяцев после зачисления в аспирантуру и сдачи двух кандидатских экзаменов Бенцион Моисеевич предложил мне тему кандидатской диссертации, а его ближайшая сотрудница Ида Михайловна Гольдман предоставила (по просьбе Бенциона Моисеевича) в мое распоряжение собранную ею за многие годы картотеку по соответствующей тематике, что избавило меня от кропотливых поисков необходимых литературных ссылок.

Предложенная тема учитывала мою специализацию в университете (теоретическая физика), и моим научным руководителем был утвержден профессор Эммануил Ильич Адирович — известный физик теоретик в области теории твердого тела, оказавший большое влияние на развитие моих склонностей к теоретической физике.

Спустя несколько месяцев после защиты кандидатская диссертация была в полном объеме опубликована, по рекомендации Б. М. Вула и Г. И. Сканава, в журнале «Успехи физических наук». Через несколько лет по инициативе Б. М. Вула я получил звание и должность старшего научного сотрудника, стал руководителем теоретической группы лаборатории. По предложению Б. М. Вула была сформулирована тема моей докторской диссертации, обозначены ее содержание и объем. Сохранилось оглавление докторской диссертации с поправками, сделанными рукой Б. М. Вула.

Б. М. Вул был доступным для сотрудников лаборатории, предельно вежливым в обращении с ними. Любой сотрудник лаборатории (от лаборанта до доктора наук) мог прийти к нему в любое время и обсудить волнующие его научные и личные вопросы.

Мне запомнилась на всю жизнь еще одна встреча с Б. М. Вулом. Она произошла за четыре года до его смерти. Бенцион Моисеевич был уже серьезно болен. В один из мартовских дней 1982 г. он допоздна работал в своем кабинете. Часов в восемь вечера мы встретились с ним в коридоре института, и он попросил меня проводить его до дома (был сильный гололед). По пути до дома Бенцион Моисеевич подробно расспросил меня о семье. Я рассказал ему, что беспокойство вызывает внук, страдающий недугом, возникшим при рождении вследствие асфиксии. По настоянию Бенциона Моисеевича мы с дочерью показали внука его жене — замечательному педиатру Софье Даниловне Френкель. Диагноз Софьи Даниловны был точный, рекомендация решительной: как можно более длительный сон на свежем воздухе, и никаких лекарств,

никаких уколов. Через полтора года внук был признан вполне здоровым и снят с больничного учета.

Таким внимательным было отношение Бенциона Моисеевича и к другим сотрудникам. Об этом до сих пор вспоминают многие из них. Таким вот внимательным, добрым, отзывчивым, доступным учителем, наставником и человеком Бенцион Моисеевич навсегда остался в моей памяти.

Он был отцом для сотрудников лаборатории*

Т. И. Галкина

У меня лирическое выступление, лирическое, поскольку я знала Бенциона Моисеевича с детства, точнее с 1951–1952 гг. Сейчас мне выпала честь говорить о человеке, который был мне вторым отцом. Получилось так, что я десятый класс заканчивала в школе, где училась его дочка, Лена Вул. Соответственно, в школе я узнала, кто такой отец Лены Вул: в школьном учебнике было написано про титанат бария. И с тех пор, в общем, отношения с Леной Вул поддерживались, а когда я пришла в ФИАН в 1956 г., то я пришла не к Вулу — я и не знала, что он работает в ФИАНе, — я попала к Анатолию Васильевичу Ржанову. А делала я диплом в комнате напротив кабинета Вула. Вдруг заходит Вул. Я то вспомнила его. Он же, естественно, не помнил меня (прошло четыре года), но начал спрашивать, что я делаю. А. В. Ржанов был в это время в Англии. Я занималась фотогальваномагнитным эффектом, точнее измерением скорости поверхностной рекомбинации с его помощью. Б. М. подробно расспросил — смотрю, у него интерес в глазах. Когда через год после защиты диплома Ржанов взял меня к себе в группу, видимо, со стороны Вула не было препятствий. Это была первая встреча с Вулом.

Потом, в 1962 г. значительная часть лаборатории Ржанова уехала в Новосибирск, где он основал Институт физики полупроводников в Академгородке. Уехало из Лаборатории полупроводников восемь человек. А куда деваться мне? Уезжать я не могла, пришлось ходить по сотрудникам лаборатории и проситься на работу. Физикой поверхности полупроводников никто тогда здесь в ФИАНе не занимался. Жили мы тесновато, ставок было мало, но Николай Алексеевич Пенин, у которого я училась в МГУ, сказал мне: «Взял бы я вас, но площади у меня нет. Одна комната, а уже три человека, сажать вас некуда». Что делать? Пошла к Вулу плакаться: меня никто не берет, вот Пенин взял бы, да площади нет. Бенцион Моисеевич посмотрел на меня и так хитро спрашивает: «А ты

* Выступление на Ученом совете, посвященном 100-летию Б. М. Вула.

узнай, с приданным он тебя возьмет? Комната освобождается рядом с Пениным». Так я попала к Николаю Алексеевичу Пенину.

С 1971 по 1979 г. я работала у Бенциона Моисеевича ученым секретарем лаборатории. Нелегко мне было работать — в каком смысле? Одновременно заниматься административно-организационной работой и наукой. В это время у нас в лаборатории был бурный период, связанный с деятельностью по электронно-дырочным каплям. В общем, было много работы. Если же вспоминать про деятельность в Ученом совете, потрясает до сих пор — особенно по сравнению с тем, что проявляется в последнее время в наших коллективах, — уникальная скрупулезность и ответственность отношения Вула к своей лаборатории. Он был отцом — я не преувеличиваю — для всех сотрудников лаборатории. Когда были переаттестации, отзывы, отчеты научных сотрудников, или когда были отчеты аспирантов и стажеров — у нас их было всегда больше тридцати, откуда только ни было, из Прибалтики, из Туркмении, из Таджикистана и так далее, — с каким вниманием он относился к этим молодым людям, сколько он времени тратил на судьбы этих людей, как уважительно и внимательно он разговаривал с ними, вне зависимости от того, насколько плохо они говорили по-русски.

Из этого же периода времени я хочу вспомнить его отношение к отчетам лаборатории, которые представлялись тогда достаточно часто — полный отчет, краткий отчет и так далее. Честно говоря, зачастую придирки Вула вызывали у меня, мягко говоря, агрессивные чувства, потому что каждую фразу нужно было перепроверить. Если что-то было не так, он звонил, приглашал авторов, то есть окончательный отчет был абсолютно адекватен тому, что было сделано. Теперь, после многих прошедших лет, можно говорить только с восхищением о его чувстве ответственности по отношению к научным результатам, которые были получены в лаборатории, к перечню статей, когда и где они опубликованы, то есть абсолютно такое вот сакральное даже отношение к каждой букве, которая была написана от лица лаборатории.

Вулу всегда было все интересно — наука, политика, философия. Он был знатоком Платона, Монтеня, Канта. Но, прежде всего, ему был интересен человек, особенно близкие ему люди. Он знал про них все, начиная от квалификации, кончая мелочными семейными неурядицами. Бенцион Моисеевич имел отзывчивое сердце, он умел сопереживать. Он любил и ценил способную молодежь, и так было до последних дней, до последнего Ученого совета. Он ценил трудолюбивых людей и сам работал до последнего часа.

Из эпизодов, которые связаны с Вулом, я могу вспомнить следующей. Был 1964 г., когда выезжала большая группа научных сотрудников из СССР (35 человек) на Международную конференцию по физике полупроводников в Париж. Поскольку у меня были возможности языковые, Б. М. просил меня заниматься организацией этого дела — тем, чем сейчас обычно занимаются в аппарате

иностранного отдела Президиума. Я около двух месяцев на это потратила. Он говорит: «Ну вот, хорошо, что сделала, но что ты поедешь, я не обещаю». Я уже была не комсомолка и, тем более, не член партии, но, тем не менее, я поехала в составе делегации. Видимо потому что в иностранном отделе тоже оценили мое старание. И в Париж мы поехали с такими учеными, как Стафеев, Рывкин, Пикус, Жорес Алферов, то есть научный уровень делегации СССР был высочайший. Из девушек были мы с Инной Кучеренко, тогда еще совсем молоденькие. В Париже в гостинице мы практически не ночевали, приходили под утро. Вул меня вызывает и говорит: «Слушай, мне портье говорит, что ты опять под утро пришла. Сколько же можно?». Я говорю: «А что в Париже еще делать, интересно, по ночам? У нас ведь девять дней всего!» Естественно, мы там не спали совершенно. «Смотри! — он мне сказал, — поосторожнее». Вот какое его отношение было к нашему легкомысленному поведению.

Еще мне хотелось сказать — это уже по отношению лично к моим семейным проблемам — я уж не помню, в каком году, я познакомилась с Софьей Даниловной — женой Б. М., и как-то упомянула в разговоре с Б. М., что у моей дочери нелады с тазобедренным суставом. Софья Даниловна все сделала, что можно, а она была известным ортопедом, и у дочери все обошлось. То есть, Бенцион Моисеевич был крайне внимательным к тому, что делается у сотрудников в семье.

Бенцион Моисеевич был, конечно, патриотом нашей страны, любил природу, Москву, ФИАН, но его основной болью было его детище — его Лаборатория, и Лаборатория его никогда не забудет.

Председатель Научного совета по полупроводникам*

А. А. Гиппиус

Я хотел бы сказать несколько слов о роли Бенциона Моисеевича как Председателя Научного совета по полупроводникам. Прежде всего я хотел бы вспомнить свои первые, пусть и косвенные контакты с Бенционом Моисеевичем, которые были не лишены некоторого комизма. Я был дипломником в группе Виктора Сергеевича Вавилова, начиная с 1957 г., и вот однажды, будучи в лаборатории один, я поднял трубку телефона и услышал вопрос: «Нет ли у вас Бенциона Моисеевича?» Я, как совершенно начинающий студент, спросил: «А кто такой Бенцион Моисеевич?» На что голос Анатолия Васильевича Ржанова — это был он — ответил: «Бенцион Моисеевич — это заведующий лабораторией». Я даже не знал, что Бенцион Моисеевич — заведующий лабораторией. Тогда заведующий лабораторией — это был высокий уровень и, конечно, у меня было мало контактов с Бенционом Моисеевичем в первые годы моего пребывания в Институте; потом они усилились, в особенности, когда он пригласил меня работать в качестве ученого секретаря Научного совета по полупроводникам. Бенциону Моисеевичу тогда было уже 65 лет, что, по тогдашним представлениям большинства сотрудников лаборатории, считалось уже очень пожилым возрастом. Принимая во внимание средний возраст нынешних финансовцев, можно сказать, что эти представления изменились. К этому времени за плечами Бенциона Моисеевича были крупные научные достижения, было сложное и противоречивое участие в идеологической дискуссии между физиками и философами 30-, 40-, 50-х гг. Все это было уже в прошлом, а впереди были новые достижения — работы по арсениду галлия, работы по физике поверхности полупроводников и пр. Но я, главным образом, общался с ним именно по линии Научного совета по полупроводникам.

Должен сказать, что в те времена в рамках того, что потом получило название «командно-административная система», роль Совета была достаточно

* Выступление на Ученом совете, посвященном 100-летию Б. М. Вула.

велика. Он не распределял непосредственно деньги, но в условиях полного отсутствия того, что сейчас называется конкурсным финансированием, роль Совета как рекомендательной структуры была довольно значительна в том, что касается определения основных направлений деятельности и поддержки определенных перспективных работ в тех или иных институтах. И вот здесь Бенцион Моисеевич как председатель Совета проявил себя достаточно сильным руководителем, и я прекрасно помню, каким высоким авторитетом он пользовался как в пределах союзной Академии, так и, в частности, а, может быть, даже в особенности, в республиканских академиях. Он нередко проводил так называемые выездные заседания Совета, и там очень чувствовалось его роль как лидера союзного масштаба в том, что касается поддержки на местном уровне проводимых в республиканских институтах исследований. Надо сказать, что он всегда совмещал такие выезды с визитами к республиканским руководителям, что способствовало развитию физики полупроводников в тех республиках, которые он посещал. Бенцион Моисеевич был, бесспорно, сильным, отчасти авторитарным лидером. Он мог поставить на место любого участника дискуссии, будь то на семинаре, заседании Ученого совета или Научного совета по полупроводникам. И вместе с тем он был отзывчивым человеком, готовым помочь, в особенности в том, что касается нужд молодых сотрудников. При том, что со временем годы брали свое, он сохранял живой интерес к науке и работам, выполнявшимся в его лаборатории. Я помню, как однажды на заседании Ученого совета лаборатории представлялась кандидатская диссертация одной из аспиранток Бенциона Моисеевича, которая не очень хорошо изложила материал. Началась дискуссия, были сильные возражения. Бенцион Моисеевич вмешался в происходящее и очень хорошо и аргументированно отстоял основные положения работы. После окончания Ученого совета один из наших сотрудников сказал: «Бенцион Моисеевич, Вы можете защищать кандидатскую диссертацию», что было некоторым образом дерзостью. Однако Бенцион Моисеевич отнесся к этому с юмором и даже, я бы сказал, воспринял как комплимент.

Конечно, годы брали свое, и мы были свидетелями тому, что в последние годы жизни Бенциону Моисеевичу приходилось, в общем-то, нелегко. Это было вызвано не только проблемами со здоровьем — от них никуда не денешься — но и обстановкой в ФИАНе, когда ФИАН был на грани разделения, точнее отделения ИОФАНа. В этих условиях Бенциону Моисеевичу как руководителю относительно небольшой лаборатории (по сравнению с двумя огромными лабораториями, возглавлявшимися Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым) было отнюдь не просто.

Бенцион Моисеевич, помимо уже упоминавшихся его ипостасей как руководителя научного коллектива и Научного совета, был общественно активным человеком, и эти его способности были использованы, в частности, для того,

чтобы иногда представлять интересы и политику Советского Союза. Он был участником Пагуошского движения, и тут ему, конечно, приходилось защищать отнюдь не всегда безупречную политику советского правительства. Я думаю, что это тоже не проходило без следа и не без ущерба для общего состояния здоровья. Это — несомненно.

Бенцион Моисеевич работал до самых последних дней, и последний семинар, на котором он присутствовал, состоялся в пятницу, а во вторник на следующей неделе он скончался. Внезапно.

Бенцион Моисеевич прожил долгую жизнь. Эта жизнь вместила в себя бóльшую часть событий двадцатого века. А для нашей страны это три революции, четыре войны, катастрофические потери и выдающиеся достижения. И я думаю, что мы должны понимать, что жизнь Бенциона Моисеевича — это, конечно, часть нашей истории со всеми ее потерями, драмами и противоречиями.

Убежденный коммунист, преданный науке*

Е. А. Фейнберг

Я не значусь в программе, и я не буду говорить о научной стороне, об узко-научной стороне деятельности Бенциона Моисеевича. Я, в некотором смысле, продолжу то, что говорил Алексей Алексеевич Гиппиус, последние его слова.

Бенцион Моисеевич был участником Гражданской войны. Об этом ничего не говорилось, а между тем это очень интересно. Бенцион Моисеевич, как нетрудно высчитать, в годы Гражданской войны, ну, скажем, в 1920 г., был семнадцатилетним еврейским пареньком. Он принадлежал к особому слою на Украине, слою еврейской молодежи, которая бросилась в революцию, движимая высокими идеями, движимая тем социальным и национальным угнетением, которое испытывала до революции.

Может быть, вы помните стихи Багрицкого «Дума об Опанасе». Это об украинском крестьянине, которого мобилизовали в Красную армию, а его начальником был коммунист Коган. А этому Опанасу хотелось только домой, в свою хату, назад к своей жене. И он, в конце концов, сбежал, дезертировал, но, пробираясь до дому, попал к махновцам и стал махновцем. А потом эта группа махновцев во главе с самим Махно пленила, арестовала командира Когана. Вот таким Коганом и были Бенцион Моисеевич Вул, а также Давид Исаевич Маш, если я не ошибаюсь, — я не уверен, был ли он на фронте Гражданской войны. Ну, и этому Опанасу приказывают расстрелять Когана:

Опанас отставил ногу,
Стоит и гордится.
Здравствуйте, товарищ Коган!
Пожалуйте бриться.

Он его расстреливает, но потом кается бесконечно сам, что он убил человека.

* Выступление на Ученом совете, посвященном 100-летию Б. М. Вула.

Бенцион Моисеевич вступил в Конную армию Буденного. Он был буденновцем, начиная примерно с семнадцати лет, прошел тяжелый путь вместе с этой Армией и стал убежденным коммунистом.

Началом его научной деятельности была работа по диэлектрикам в Ленинграде. Когда в Москве Сергей Иванович Вавилов создавал в 1934 г. ФИАН, он пригласил самых крупных ученых Москвы: Манделъштама, Папалекси, Тамма, Ландсберга, Рытова, Леонтовича, тогда еще молодого, и других, а из Ленинграда он потом вызвал Николая Николаевича Андреева, акустика, и Дмитрия Владимировича Скобельцына. Сергей Иванович создал для них прекрасные условия работы и прекрасную атмосферу в Институте, однако он понимал, что надо принять еще какие-то меры, потому что все они были беспартийными интеллигентами. И он создал группу — человека четыре или пять молодых коммунистов, которые были его административной опорой. Это были: молодой Векслер, Дивильковский, Филипов, Маш и приехавший из Ленинграда Бенцион Моисеевич Вул, которого можно причислить к этой группе.

Так как Сергей Иванович был одновременно директором и научным руководителем ГОИ, то большую часть времени он проводил в Ленинграде. Очень часто вместо него в кабинете директора сидел кто-то из этой группы. Эти люди вели себя, вообще говоря, как полагалось вести коммунистам в ту эпоху. Но объединяло их то, что они действительно любили науку, были преданы ей, работали в науке интенсивно, по-настоящему, сменяя друг друга на посту секретаря парткома или заместителя директора Института. Они вели себя так, как вели себя другие коммунисты в это время, но они, будучи по-настоящему преданными науке, ценили старших беспартийных крупных ученых и понимали, что значит их работа в Институте. И поэтому, вообще говоря, в Институте царила удивительная атмосфера дружественного отношения всех сотрудников Института друг к другу. Атмосфера в Институте была замечательная, взаимная поддержка, взаимное участие. Но, когда атмосфера стала сгущаться, и в 1938 г. произошел знаменитый мартовский Пленум ЦК — страшный, с его страшными решениями, — то пришлось и Институту отреагировать. Состоялся актив Института, на котором вот эти молодые партийцы выступали с тяжелыми обвинениями по адресу их учителей и ученых. Это было тяжело. Но, если посмотреть на результаты, то ничего страшного в Институте после этого не произошло. Институт был спасен, все люди остались на местах, только теоретический отдел был формально распущен, но это была чистая формальность. Семинар под руководством Тамма продолжался по-прежнему, и Институт продолжал оставаться замечательным. Никто не был арестован. Был арестован Румер, но это потому, что он был другом Ландау. Они были арестованы в один день. Румер выжил, как и Ландау, но пришлось перенести многое. ФИАН был как бы островком

благополучия в окружающем страшном море тридцатых годов. Бенцион Моисеевич играл в этой группе, разумеется, большую роль, потому что он был старше их всех. Потом наступила война. Институт уехал в эвакуацию. Сергей Иванович Вавилов — директор, находился в эвакуации в Йошкар-Оле вместе с ГОИ, и Бенцион Моисеевич исполнял обязанности директора. Это была очень трудная обязанность в голодной и холодной эвакуации. Но в Институте сохранялась честная, хорошая атмосфера и взаимопомощь. Работа шла достаточно интенсивно — очень даже интенсивно, — потому что все стремились всей душой сделать что-то нужное для фронта. Я помню, как в коридоре — на этаже, который занимал наш Институт, был широченный коридор, и в нем располагались стеллы библиотеки, — подошел ко мне Сканави и сказал с некоторым удивлением: «Что Вы думаете о такой возможности — у меня получается, что некий диэлектрик обладает диэлектрической постоянной девяносто. Как это возможно?» Я говорю: «Это очень странно, такие большие величины никто не наблюдал. Как же это может быть?» — «Да, но получается». Так он несколько раз подходил ко мне и говорил: «Ну, получается! Получается!» Тогда в это дело вмешался Виталий Лазаревич Гинзбург, развил теорию сегнетоэлектриков и показал, что фактически эти диэлектрики были сегнетоэлектриками. Вот так, с взаимным участием, взаимопомощью и заинтересованностью в работе других, шла работа в ФИАНе и в войну.

Но после войны наступило тяжелое время, когда наука, современная наука, теория относительности и квантовая механика, стали подвергаться резкой критике как идеологическая диверсия империализма. Это было всюду, по всей стране. Я вам расскажу два эпизода. Вот, недавно скончался Дивильковский, это был, по-видимому, очень талантливый человек. В своей книжке (как она называется, точно я не помню — «Жизнь с кристаллами» или с «полупроводниками», или «Пятьдесят лет с полупроводниками») он описывает, отчасти автобиографически, в значительной мере автобиографически, а, может быть, даже полностью, как он с первого курса университета, когда началась война, пошел добровольцем на фронт, провоевал в разведке всю войну, был ранен и от этих ран страдал до конца жизни. Когда он снова вернулся в университет, его сначала не хотели принять, и он описывает, как драматически происходило то, что его, в конце концов, приняли. Он окончил Киевский университет и его направили в педагогический институт в город Мелитополь. Он преподавал там. Но однажды на методологическом семинаре выступила секретарь парторганизации с решительными заявлениями против современной теории относительности и против квантовой механики. И так и называла это — диверсией, идеологической диверсией буржуазии. Дивильковский не смог удержаться и начал ей очень мягко возражать — вроде, сейчас объясню, что это не так, что это настоящая хорошая наука. Разразился скандал и на следующий день его вызвали, как

он пишет, в город, в очень высокое и страшное учреждение, на него кричали, стучали кулаками, грозили превратить в лагерную пыль. Когда он вернулся в Институт после такого, с позволения сказать, разговора, то директор сказал: «Вот Вам бумага, подавайте увольнительную и сегодня вечером уезжайте из города». Он это сделал и так спасся.

Не думайте, что это было только в глухой провинции. Это был конец сороковых годов, как вы понимаете. Я в то время преподавал в только что созданном МИФИ, когда он еще помещался на Мясницкой (на улице Кирова). Теоретической кафедрой заведовал Игорь Евгеньевич Тамм, я был секретарем, и моей обязанностью было намечать и затем расписывать, кто, что и на каком курсе читает. Было нас не так много, всего несколько человек, и вот один ученый (очень хороший ученый, который стал потом академиком, и хороший человек), когда я ему сказал, что «ты будешь во втором семестре читать вторую часть квантовой механики», ответил: «Нет, я не буду». — «Почему?» — «Ну, я не хочу». — «Почему же?» — «Ну, не хочу». — «Ну ладно, тогда я прочитаю». — «Читай, ты смелый человек, ты и читай».

Вот такая была атмосфера вокруг современной науки. Это было, когда готовился разгром физики. Вы знаете, что, к счастью, он не произошел, как с генетиками или физиологами, потому что физика была нужна для бомбы. Вот в этой атмосфере надо было в ФИАНе воспитывать аспирантов, которые должны были учить и философские науки, и сдавать экзамены в такой атмосфере. Их надо было уберечь от этого мракобесия, нужно было, чтобы они выросли людьми, знающими современную науку, понимающими ее и верящими ей.

Тогда под руководством Бенциона Моисеевича Вула — наконец, вы поймете, почему я столько говорю об этом, — была создана бригада, которая должна была написать для наших аспирантов какой-то материал, по которому они бы судили о теории относительности и квантовой механике. В эту бригаду под руководством Вула входили, конечно прежде всего — кажется, даже исключительно — теоретики Теоретического отдела. Это были рано умерший Беленький, Жарков, Жданов, Силин, Владимир Яковлевич Файнберг и ваш покорный слуга.

Написанные разные кусочки этого материала — я думаю, что это было примерно сто листов, больших листов, — размножили (ксерокса тогда не было, было какое-то ужасно плохое размножение), так что аспиранты и желающие защищать кандидатскую диссертацию молодые люди учили по этой — тогда еще на отдельных листах — книжечке элементарные вещи — как нужно смотреть на квантовую механику, на соотношение неопределенностей и так далее. Конечно, возникала некоторая дискуссия, разные части писали разные из перечисленных мною авторов.

Со стороны Бенциона Моисеевича это было большой смелостью. Он понимал необходимость этого, и я думаю, что это уберегло воспитывавшуюся у нас

молодежь от мракобесия. Ну, а потом, уже в 1962 г., это было издано в виде вот такой брошюры. Здесь не подписано, какой кусок кто писал. Но это было распределено и, конечно, в 1962 г. это уже не имело никакого особенного значения. Тогда уже выходили настоящие книги. Я думаю, что у нас в библиотеке это должно быть. Это документ эпохи и документ биографии Вула. Он пошел на опасную дорогу — и говорил, и организовывал. Я давно уже не перечитывал, но мне кажется, что там нет никакой вульгаризации, и это сыграло известную роль.

Вот это — характерная черта Бенциона Моисеевича, которая проявилась здесь.

Я мог бы вспомнить еще разные другие эпизоды, но думаю, что и это достаточно показывает, как, иногда произнося обязательные в то время и страшно звучащие теперь слова, такие люди, как Бенцион Моисеевич в существенном шли на небезопасные — очень небезопасные — шаги. И спасибо ему за это.

Молодые годы

В. Н. Мурзин

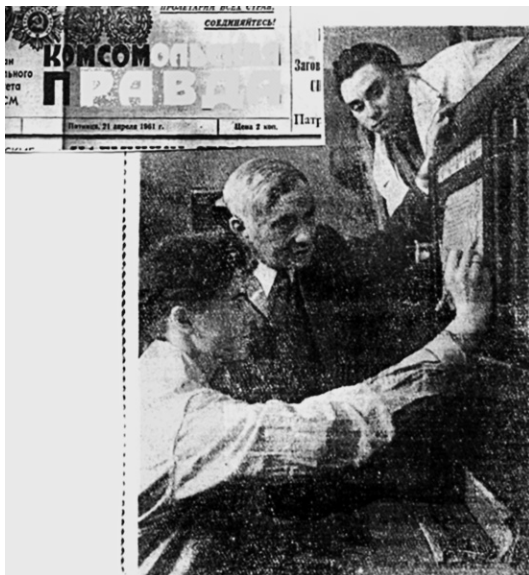
За более чем полувековой период моей сознательной деятельности в ФИАНе время, связанное с работой в Лаборатории физики полупроводников, созданной и бессменно руководимой Б. М. Вулом, занимает особое место в моей жизни. Личность Бенциона Моисеевича и общение с ним оставили неизгладимый след в моей судьбе, повлияли на мое дальнейшее развитие, как научного работника, да и в более общем плане — с точки зрения понимания людей и их взаимоотношений в современном мире.

В Физическом институте я появился в начале 1954 г., будучи студентом Московского физико-технического института. Институты Академии наук, в том числе ФИАН, были базовыми институтами, в которых студенты Физтеха имели возможность выполнять преддипломную работу и приобщаться к научным исследованиям в непосредственном контакте со многими выдающимися учеными. Так я попал в Оптическую лабораторию ФИАНа, руководимую одним из самых известных ученых того времени — академиком Григорием Самуиловичем Ландсбергом. С этой лабораторией связаны мои первые шаги в научной деятельности. Здесь были выполнены мои первые научные исследования и написаны первые статьи. Но, конечно, самым важным для меня было участие в обсуждениях и общение с целым рядом великолепных физиков: И. Л. Фабелинским, В. И. Малышевым, Г. П. Мотулевич, С. Г. Раутианом, И. И. Собельманом, Г. Г. Петрашом. Здесь же в группе И. Л. Фабелинского я впервые познакомился с В. Л. Гинзбургом, с которым в дальнейшем у меня сложилось достаточно тесное сотрудничество, в том числе связанное с изучением динамических свойств и структурных фазовых переходов в сегнетоэлектрических кристаллах. После окончания института я был зачислен сначала в Лабораторию физики диэлектриков ФИАНа, руководимую Г. И. Сканами, а затем примерно через год перешел в Лабораторию физики полупроводников, руководителем которой был Б. М. Вул, и в которой были выполнены многие из моих наиболее интересных исследований.

Первые мои впечатления того периода связаны с усилиями группы молодых исследователей лаборатории по организации мероприятий по углублению зна-

ний в области физики твердого тела, которая не принадлежала к числу основных предметов нашей специализации в учебном институте. Мы обратились к Бенциону Моисеевичу, который очень внимательно отнесся к нашим проблемам. По его рекомендации был организован цикл лекций для молодых сотрудников великолепным ученым и педагогом Эммануилом Ильичом Адировичем. В этих лекциях, как я помню, блестящим образом были обозначены фундаментальные основы физики полупроводников в сопоставлении с другими разделами физики твердого тела: физикой диэлектриков и физикой металлов. В дальнейшем состоялось несколько бесед Бенциона Моисеевича с молодежью лаборатории, в которых он поделился своими соображениями о том, что такое наука, какое место она занимает в обществе, как найти свою нишу в научном творчестве, что является самым важным для успеха и достижения существенных результатов. Эти беседы явились для нас уроком широкого подхода к профессии физика, послужили импульсом в выборе направлений исследований и оказали существенное влияние на нашу последующую деятельность. Наше стремление к обогащению знаний получило дальнейшее развитие в рамках института. Будучи членами комитета комсомола, мы обратились в дирекцию ФИАНа с инициативой создания Совета молодых ученых. Хорошо помню тот день, когда мы с Таней Галкиной вместе с А. М. Балдиным, который должен был стать председателем этого совета, были приняты по этому вопросу директором института Д. В. Скобельцыным. Дмитрий Владимирович очень доброжелательно интересовался, для чего нужен такой совет, какие именно задачи могут оказаться полезными для молодых ученых института.

Б. М. Вул был не просто руководителем большого научного коллектива, но и очень внимательным и мудрым воспитателем как молодых, так и вовсе не молодых и опытных научных работников лаборатории. К молодежи у него было совершенно особое отношение. Я помню, с каким энтузиазмом он поддерживал наши лабораторные капустники, молодежные вечера. Обладая великолепным чувством юмора, он всегда оказывался центром и душой такого рода мероприятий. Помню эпизод из жизни лаборатории, когда к нам нагрянула команда корреспондентов из «Комсомольской правды». Целью визита явилась встреча с Б. М. Вулом и интервью с ним. В какой-то момент возник вопрос о необходимости фотографирования Бенциона Моисеевича в лаборатории. Он категорически отказывался, поскольку предлагались формальные варианты, но потом согласился при условии, что фотография будет выполнена рядом с какой-либо действующей экспериментальной установкой с участием молодых сотрудников. Так появилась публикация в популярной молодежной газете, где были заметки о Б. М. Вуле с фотографией, на которой он изображен возле построенного



нами субмиллиметрового инфракрасного дифракционного спектрометра вместе со мной и еще одним молодым сотрудником.

Содержание заметки весьма примечательное, поскольку раскрывает некоторые черты его биографии с совершенно неожиданной стороны, затрагивая молодые годы его жизни.

Невозможно не сказать о научных семинарах, которые проходили в ФИАНе под руководством Б. М. Вула. Фактически это были не лабораторные внутриинститутские семинары, а семинары общемосковского уровня, поскольку зачастую на них собирались

научные сотрудники из многих ведущих институтов и научно-исследовательских центров Москвы. Неизменно перед каждым семинаром Б. М. Вул обязательно встречался с докладчиком и кратко знакомился с содержанием докладываемой работы. В результате, обсуждение работ всегда было очень содержательным. После такого обсуждения Б. М. Вул каждый раз подытоживал главные результаты работы, что зачастую становилось самым важным и оказывало существенное влияние на развитие научных исследований в нашем коллективе.

Первые годы моей научной деятельности связаны с исследованиями колебательных спектров и структурных фазовых переходов в сегнетоэлектрических кристаллах. По этим материалам в 1964 г. была защищена кандидатская диссертация. Я очень горжусь тем, что единственным отзывом на автореферат был отзыв В. Л. Гинзбурга. Но до защиты диссертации состоялась моя первая длительная зарубежная командировка в США, которая была организована благодаря содействию Б. М. Вула и наложила существенный отпечаток на всю мою последующую научную деятельность. В результате проведения исследований в одном из ведущих американских университетов я окончательно перешел на полупроводниковую тематику. Основной моей идеей, которая сформировалась в это время и с которой я вернулся в ФИАН, стала организация экспериментальных исследований с целью обнаружения водородоподобных спектров фотовозбуждения и фотоионизации свободных экситонов в полупроводниках, подобно тому, как это сделано в спектроскопии обычных атомов. Результатом этих исследова-

ний явилось открытие совместно с несколькими другими научными группами предсказанного Л. В. Келдышем совершенно нового круга явлений, связанных с конденсацией экситонов в электрон-дырочные капли квантовой жидкости — нового состояния вещества, характеризующегося удивительными квантовыми свойствами. Эти работы вызвали международный резонанс и привели к интенсивному развитию исследований в этом направлении во многих лабораториях мира. Л. В. Келдыш не только теоретически предсказал это явление, но фактически был участником ряда экспериментальных работ, в которых было получено первое подтверждение «конденсации экситонов». Я вспоминаю об этих исследованиях потому, что Б. М. Вул с самого начала проявил к ним большое внимание и оказал всемерную поддержку. Под его редакцией в 1971 г. вышел первый специальный сборник «Экситоны в полупроводниках», в котором были изложены теоретические аспекты проблемы и первые экспериментальные результаты по наблюдению явления конденсации экситонов в полупроводниковых кристаллах. В этой связи вспоминается один эпизод, весьма характерный для Б. М. Вула. Упомянутый цикл работ неоднократно выдвигался на различные премии. И вот в какой-то момент в этой связи возникла срочная необходимость решить один из организационных вопросов. Дело было безотлагательным, и к тому же происходило в воскресный день. Мы, несколько сотрудников, получили приглашение Бенциона Моисеевича приехать для обсуждения этого вопроса к нему на дачу в академическом поселке Ново-Дарьино. Нас очень радушно встретила Софья Даниловна, супруга Б. М. Вула, а сам Бенцион Моисеевич подошел чуть позже и сразу предложил испробовать замечательно вкусного свежего творога, который, видимо, регулярно привозили в этот кооператив. Во время этого визита я узнал еще об одной особенности, характерной для Б. М. Вула. В какой-то момент мы с Софьей Даниловной отошли в сторону, и она объяснила задержку Б. М. Вула. Оказывается, он был занят утренней зарядкой. Ежедневная зарядка была неперемнным правилом, которое он никогда не нарушал. По словам Софьи Даниловны даже в самолете во время своих зарубежных поездок на конференции и совещания он выделял время для утренней зарядки.

Очень интересным и полезным для меня был период, когда в течение ряда лет я был секретарем партийного бюро лаборатории и в это время особенно часто общался с Б. М. Вулом, обсуждая с ним многие вопросы как с руководителем лаборатории. Помню, как он обратил мое внимание на то, как сам факт визирования документов изменяет отношение человека к своим обязанностям и влияет на решение различных организационных вопросов. Позже я неоднократно убеждался, как по-разному ведут себя люди в такой ситуации. Вспоминается один эпизод, в котором Б. М. Вул совершенно неожиданно для меня проявил некоторые новые стороны своей личности. Дело происходило в старые времена, когда

партийная жизнь зачастую изобиловала мероприятиями, носившими откровенно формальный и чисто пропагандистский характер. В соответствии с решением вышестоящих партийных инстанций в ФИАНе полным ходом шла кампания по присвоению подразделениям института звания образцовых коллективов. Это мероприятие требовало некоторых действий, от которых я уклонялся. Дело кончилось тем, что я был вызван в партком, где получил соответствующий нагоняй. Необходимо было что-то делать, и я отправился к Б. М. Вулу за советом. К моему безграничному удивлению Бенцион Моисеевич с негодованием отнесся к этим действиям парткома и обозвал все эти решения по организации образцовых лабораторий лишним и вредным делом. С этими мыслями я вернулся в партком. Реакция была предсказуемой. Меня подвергли еще большей экзекуции и потребовали, чтобы я явился в партком вместе с Б. М. Вулом. Я был удручен, так как понимал, что по такому дурацкому вопросу Б. М. Вул конечно не пойдет в партком института. Каково же было мое удивление, когда Бенцион Моисеевич решительно сказал: «Ну, что ж, пойдемте». В парткоме Б. М. Вул совершенно теми же словами, которые ранее говорил, обрисовал в высшей степени убедительно никчемность всей этой кампании, особенно в условиях, когда лаборатория на самом деле лишена необходимого современного научного оборудования. Члены парткома, известные ученые, согласно кивали головами. В результате вся проблема была тихо спущена на тормозах. Позже, познакомившись с некоторыми новыми материалами, появившимися в последние годы, я узнал об огромном жизненном опыте Б. М. Вула, которому пришлось участвовать в очень сложных ситуациях и пройти через события, касавшиеся не только института, но Академии наук СССР в целом, связанные, в частности, с идеологической и политической кампанией по борьбе с «физическим идеализмом» и «космополитизмом» в отечественной физике.

Большой жизненной школой для всех нас и, прежде всего, молодых сотрудников, были философские политические семинары. В рамках нашего семинара, руководимого В. А. Чуенковым, мы обсуждали многие актуальные и острые вопросы современности, которые нас волновали. Помню, какими интересными были объединенные заседания нескольких семинаров, в том числе с участием семинара, руководимого Б. М. Вулом. Бенцион Моисеевич обладал большим запасом знаний не только в области физики, но также в других областях, в частности касающихся философских вопросов физики и философии в целом. Его высказывания общего плана, часто сопровождаемые цитированием любимых мест из трудов Спинозы, оказали несомненное влияние на формирование моих представлений о науке, понимание особенностей и проблем, связанных с местом личности в обществе, формирование в целом моих жизненных позиций. Бенцион Моисеевич, несомненно, был мудрым человеком, и воспоминания

о беседах с ним живут в моей памяти и неизменно сопровождают меня в моей повседневной жизни.

Проходят годы и интересно, что вопросы понимания жизни, которые затрагивались в этих беседах, вопросы философского содержания оказываются со временем все более актуальными, и все больше начинаешь ценить возможность общения с близкими людьми, возможность познания других человеческих миров, каждый из которых представляет собой в действительности такую же загадку, как и изучаемая нами наука.

Лидер советской науки

А. С. Смирнов

Как быстро бежит время! Мы застали славную эпоху — время всенародной тяги к знаниям, время грандиозных свершений в науке и технике, время строительства городов науки, время великих ученых — лидеров, оставивших после себя массу учеников и крупные научные школы. Для меня Бенцион Моисеевич в их ряду занимает особое место, так как он стоял во главе коллектива, определившего всю мою профессиональную деятельность.

Все началось в 1954 г. Новое здание ФИАН только что вошло в строй, режим высочайшей секретности. Я с направлением в аспирантуру после окончания ЛГУ появляюсь в бюро пропусков. Ко мне выходит Бенцион Моисеевич, 30 минут беседа — я в восторге, отказываюсь от учебы, прошусь на постоянную работу и получаю согласие (лаборатория тогда сильно расширялась). Попал я в группу В. С. Вавилова, которая занималась изучением воздействий излучений на полупроводники, а я уже имел опыт работы по фотоэлектричеству. Первые годы Бенцион Моисеевич определял тематику и принимал личное участие в поисках направлений наших исследований. Вопросы создания первых полупроводниковых транзисторов, «атомных» и «солнечных» батарей задали тон на многие годы вперед (см. отчеты и первые публикации: Атомная энергия. Т. 11, 6. 1957; Радиотехника и электроника, 1/47. 1956).

В 1962 г. Бенцион Моисеевич принял активное участие в организации «полупроводниковой почки» в Академгородке г. Новосибирска, и я с его благословения вошел в орбиту нового института, присоединившись к команде А. В. Ржанова, где тружусь до сих пор.

О творческом пути Бенциона Моисеевича уже написано в первых статьях этого сборника, поэтому я вспомню те события и традиции лаборатории, которые целиком были определены лидером. Это дополнит его образ в истории.

В лаборатории было несколько исследовательских групп, включая теоретиков, сильный участок лаборантов-механиков высокой квалификации, группы химических обработок, роста монокристаллов и даже группа керамики. Обязательно нужно вспомнить, что в то время мы все делали сами: синтезировали

монокристаллы, резали их, шлифовали, травили, готовили образцы для исследований и даже сами приборы. Все технологические установки были созданы самими сотрудниками. Так же и с исследовательским оборудованием. И даже с «рабочими» источниками радиации!

Конечно, база ФИАНа с его замечательными мастерами и радиосектором позволяли многое сделать, но и теперь приятно вспомнить, насколько удачными были, например, работы И. Смирновой с электрометрами, А. А. Гиппиуса — по изготовлению спектрометра, или Н. А. Пенина — с его замечательным ЭПР (электронный парамагнитный резонанс). За всем этим стоял заведующий лабораторией! От него зависело многое, но дело было организовано так, что создавалось ощущение легкости и энтузиазма.

Мне в первые дни осени 1954 г. поручили «капризную», с плохой репутацией вакуумную печь из стекла со шлифами и колпаком на резине. Удалось ее быстро запустить, так как я умел работать со стеклом (студенческий опыт в ЛГУ). Уже тогда меня поразило, что Бенцион Моисеевич нашел время лично меня поздравить — оказывается, это была еще и проверка новичка.

Нам был нужен эталон силы света. Я сделал по немецкому описанию лампу Гефнера, она не только «закрыла» наши количественные измерения, но и кочевала из лаборатории в лабораторию. Еще несколько удачных самоделок — и ко мне надолго «прилипло» звание «уральский умелец». Подозреваю, от кого исходила шутливая инициатива.

Самые яркие воспоминания о тех годах — еженедельные лабораторные семинары, проводимые Бенцином Моисеевичем. Именно на них он и ведущие сотрудники оказывали решающее влияние на все текущие (да и будущие) исследования и разработки. Участие в них было обязательным и строго контролировалось. Семинары были невероятно насыщенными и продуктивными. Ход семинаров и его атмосфера, профессионализм, дух коллективной работы задавался и поддерживался Бенцином Моисеевичем. Как правило, само выступление и удачные доклады были праздником науки, итогом промежуточных или завершающих этапов. Сегодня я остро ощущаю и знаю по себе (еще по годам перестройки), как трудно «поддерживать» творческий коллективный дух, энтузиазм исполнителей. Мне приходилось быть слушателем на особо популярных семинарах И. Е. Тамма и А. М. Прохорова. «Наш» семинар был также уникальным, но более «семейным». Как искренне радовались и публично поздравляли нас с А. Спицыным, когда мы выступили с докладом «К теории аннигиляции радиационных дефектов», Бенцион Моисеевич и Э. И. Адирович! Это незабываемо.

Вспоминается в связи с этой работой и такой факт: сотрудники группы В. С. Вавилова и, конечно, Б. М. Вул активно помогали, и статью завершили его

«добром», но он не был в числе исполнителей — пример отношения к авторским правам. Это тоже характеристика той славной эпохи и людей.

К Бенциону Моисеевичу всегда можно было зайти за советом или по организационным вопросам (если «пробиться» через Полину Михайловну [Чистякову]). Как-то я, до предела возбужденный, встретив скептицизм окружения, прибежал к нему с идеей использования модели абсолютно черного тела для измерения температуры в доменных печах. Оказалось, что Бенцион Моисеевич работал вблизи этих гигантов. Он меня не поддержал, так как видел массу реальных конструктивных и организационных трудностей на пути к реализации столь необычной методики, и я стал «успокаиваться», нисколько не обидевшись. Или как-то мы, молодые сотрудники из разных групп, пришли с протестом против повторяющейся практики неудачного руководителя ростовиков, который выдавал монокристаллы, путая легирующие примеси и даже типы проводимости, видимо, считая, что нам не удастся быстро разобраться. Оргмеры были приняты уже на следующий день!

Он поддерживал морально и зачастую финансово проведение в лаборатории хорошо подготовленных торжеств. Конечно, теперь вспоминаешь с удивлением, как на все хватало времени, — молодость! У нас была прекрасная самодеятельность, где задействованы были многие, но тон задавали В. Магальяс, Г. Прошко, И. Неизвестный и наши красавицы-лаборантки. Владимир бесподобно, например, изображал заведующего лабораторией — всеобщий восторг! Последние годы мы делали свое кино, выпустили веселую и поучительную (немую) комедию «Новичок на ускорителе» — это труд наш с С. Покровской. Главные герои — тот же В. Магальяс, С. И. Винтовкин. Жалко, что их уже нет сегодня, — многое бы они могли восстановить в картинах.

Лаборатория уже была большой и во многом с натуральным хозяйством, а это — и техника безопасности, и особые условия труда, и здоровье сотрудников, и обеспечение их жильем и т. д. Со всем этим Бенцион Моисеевич справлялся без видимых усилий, благодаря хорошо подобранным помощникам — В. И. Образцову, А. И. Демешинной, Е. Горскину и строгой Полине Михайловне.

Я благодарю судьбу за то, что сразу после окончания ЛГУ работал в столь славном коллективе с такими выдающимися людьми и специалистами, что был рядом с Бенционом Моисеевичем! Надеюсь, что мне удалось, хотя бы частично, реализовать его задумки и передать своим коллегам основные традиции коллективного труда в науке.

Один из столпов-основателей Физического института*

О. Н. Крохин

Прежде всего я хочу сказать, что Бенцион Моисеевич по существу был одним из, если так можно выразиться, столпов-основателей Физического института, поскольку он пришел на работу сюда с самого начала возникновения нашего института и был одним из его лидеров. Я думаю, что по пальцам можно пересчитать те выдающиеся фигуры, которые создали наш институт вместе с Сергеем Ивановичем Вавиловым. Известно, что Бенцион Моисеевич начал свою научную деятельность раньше, чем пришел в Физический институт. В Физическом институте ему принадлежат такие работы, как исследования пробоя диэлектриков, исследования воздействия гамма-излучения на электрические свойства диэлектрических материалов, огромное значение имеет открытие сегнетоэлектрика титаната бария, и с этим открытием связано появление в физике нового научного направления — сегнетоэлектричества. С именем Бенциона Моисеевича связано создание первых транзисторов у нас, в Советском Союзе. Я был сравнительно недавно в Физико-техническом институте в Санкт-Петербурге. Они считают, что транзистор был одновременно создан в Ленинграде под руководством Абрама Федоровича Иоффе и в Москве под руководством Бенциона Моисеевича Вула. Таким образом, признано, что Бенцион Моисеевич является создателем первого полупроводникового прибора в нашей стране. И, кроме того, с именем Бенциона Моисеевича связано также создание кремневых преобразователей световой энергии (солнечной энергии) в электрическую. Последние годы Бенцион Моисеевич значительное внимание уделял развитию лазерной техники и известно, что в 1963 г. у нас был запущен арсенид-галлиевый лазер. В ФИАНе в нашей Лаборатории физики полупроводников все эксперименты велись под руководством Бенциона Моисеевича Вула. За работу по созданию лазера Бенцион Моисеевич получил Ленинскую премию вместе с другими сотрудниками нашего Физического института и Ленинградского фи-

* Выступление на Ученом совете ФИАН, посвященном 100-летию Б. М. Вула.

зико-технического института. За долгие годы научной деятельности Бенционом Моисеевичем внесен огромный вклад в физику диэлектриков и физику полупроводников. Конечно, этот вклад неоценим, и он вошел в «золотой» фонд работ, выполненных в нашем институте. И когда мы перечисляем те достижения, которыми ФИАН может гордиться, то в число этих работ входит и то, что сделал Бенцион Моисеевич Вул. Кроме того, Бенцион Моисеевич создал крупный научный коллектив, который успешно работает. Сегодняшний коллектив Отделения физики твердого тела, созданный на основе Лаборатории физики полупроводников, является по существу детищем Бенциона Моисеевича Вула. Многие его ученики, до сих пор успешно работающие в этом отделении, и новые сотрудники, которых можно назвать, наверное, уже «внуками» Бенциона Моисеевича, успешно продолжают те традиции, которые были им заложены.

Участие Б. М. Вула в закрытых работах*

А. Н. Курбатов

Я не был ни сотрудником, ни тем более учеником Бенциона Моисеевича. Но на протяжении большого отрезка времени — несколько десятилетий — я очень много с ним взаимодействовал. Все это время я занимался фотоэлектроникой на основе полупроводниковых материалов. Бенцион Моисеевич проявлял очень большой интерес к этим работам. Хотя, конечно, наши контакты не могли быть достаточно полными, потому что эти разработки в основном имели военное назначение. Но в ряде случаев можно было все-таки даже в те времена об этом говорить. О степени важности этой полупроводниковой фотоэлектроники для государства можно судить хотя бы по тому, что примерно в 1958 г., когда американцы впервые реализовали начатые немцами работы по самонаводящимся ракетам, этим делом занимались самые большие люди в государстве. Тогда же и я, еще мало что понимавший в этих делах, тоже был вовлечен в эту работу. Бенцион Моисеевич очень много со мной взаимодействовал. Началось все это с того, что примерно в 1959 г. состоялась конференция по физике полупроводников в Киеве. И там мной была доложена работа о регистрации фотопроводимости и вообще неравновесных носителей с помощью техники СВЧ. Эта работа тогда вызвала довольно большой резонанс, а потом нашла и применение. Я не знаю, был ли Бенцион Моисеевич на этой конференции, но там был, во всяком случае, Виктор Сергеевич Вавилов. Прошло какое-то небольшое время, и Виктор Сергеевич появился в Государственном оптическом институте, где в то время я работал. Он сказал мне, что Бенцион Моисеевич хотел бы в эти дела вникнуть с тем, чтобы в дальнейшем помогать, чем он может. Я, конечно, был очень рад, и с тех пор у нас начались регулярные обсуждения. Бенцион Моисеевич не был, конечно, специалистом по фотопроводимости и тем более по фотоприемникам. Это специфическое дело, очень тонкая технология, но тем не менее я каждый раз из разговора с Бенционом Моисеевичем извле-

* Выступление на Ученом совете, посвященном 100-летию Б. М. Вула.

кал какие-то новые идеи, которые были мне очень полезны. Так продолжалась наша работа. В дальнейшем Бенцион Моисеевич организовал Научный совет по физике и химии полупроводников, и тогда наши контакты стали еще более частыми и полезными, потому что общение со всеми специалистами в области химии и физики полупроводников, с материаловедами, конечно, чрезвычайно помогало делу. Почему Бенцион Моисеевич был так вовлечен в наши дела, в общем-то закрытые? Я не знаю, но думаю, что, наверное, руководство Академии, учитывая важность всех этих проблем, дало указание как-то принять участие в этих работах, хотя особой помощи в этом деле Академия оказать не могла, потому что это связано с очень тонкой технологией, которой Академия не располагала. Но общение с таким умным специалистом во всех полупроводниковых делах — это было весьма полезно и существенно для нас.

Я хочу упомянуть только об одном конкретном виде помощи, которую я получил от Бенциона Моисеевича в очень важном и очень сложном деле. Речь идет о специфических приемниках излучения, которые предназначены для регистрации отдельных коротких импульсов света в инфракрасной области. А если говорить прямо, то речь идет об оптической системе наблюдения и видения самолетов и других объектов на больших расстояниях при помощи системы переднего обзора. Эти работы велись на основе антимоноид индия; к тому времени мы уже очень хорошо освоили этот материал и считали, что порученная нам работа никаких особых трудностей представлять не будет. Но нас подстерегали совершенно неожиданные явления. Фотоприемник для такой цели — многоэлементный, с сотнями элементов и областью чувствительности — 3–5 микрон; он входит в систему видения объектов. Задача была, попросту говоря, «ловить» короткие импульсы от удаленных целей в системе видения. И вот тут обнаружилось, что антимоноид индия, хорошо нам известный, вдруг стал проявлять крайне неприятное свойство: без всякого освещения, просто в полной темноте, в цепи появлялись импульсы тока, которые можно было принять за ложные сигналы. Это было чрезвычайно опасно, и мы стали думать, как от этого избавиться. Ну, в конце концов, это вот обстоятельство, эти импульсы, случайно возникающие, получили название «телеграфного шума». Выяснилось, и Бенцион Моисеевич мне тоже об этом говорил, что этот «телеграфный шум» специфичен для некоторых видов полупроводников. Как от него избавиться, он сказать, конечно, не мог, но оказал в этом деле самую непосредственную помощь. Идея состояла в том, чтобы изменить способ изготовления $p-n$ -перехода в этих фотоприемниках. Самой оптимальной легирующей примесью при создании $p-n$ -перехода тогда считался висмут. Но потом стало ясно, что большие ионы, как висмут, вводимые с помощью метода имплантации, портят структуру полупроводника, отчего и возникают те самые страшные импульсы. А дело доходило до того, что из высоких инстанций исходили грозные предупреждения, что вот из-за вас

не могут сдать большие самолеты, «из-за какой-то ерунды». Но, конечно, для них это была ерунда. Большая помощь от Бенциона Моисеевича заключалась вот в чем. В фотоприемниках $p - n$ -переходы делались с помощью ионной имплантации, такая аппаратура была у нас и в лаборатории Бенциона Моисеевича. Для того, чтобы избавиться от импульсов «телеграфного шума», надо было сменить материал легирования. Ясно было, что вместо больших атомов, которые раньше применялись при имплантации, надо было использовать мелкие атомы, а именно бериллий. Поскольку у нас была такая установка, то я сразу же распорядился начать такие работы, но попал, как говорится, впросак, потому что нашлись силы, в основном из сферы техники безопасности, которые заявили, что бериллий является страшным ядом, и ничего этого делать нельзя. И сломить сопротивление этих людей было невозможно. Тогда я пришел к Бенциону Моисеевичу, и в секторе Виктора Сергеевича Вавилова без всяких проволочек были выполнены пробные эксперименты, и все оказалось в самом лучшем виде. За это я, как говорится, по гроб жизни буду благодарен Бенциону Моисеевичу. Потому что нам грозили, попросту говоря, серьезные репрессии, если бы это дело не было бы сделано. Так что, наряду со сложными и интересными фундаментальными работами, которые велись под руководством Бенциона Моисеевича, он принимал участие и в решении совершенно конкретных, важнейших для государства, задач. Надо сказать, что он интересовался не только производством и разработкой наших фотоприемников для всего оптического диапазона спектра, но также и вопросами технологии. Он попросил меня познакомить его с этими технологиями детально; то, что можно было сделать у нас, мы сделали. А, кроме того, успехи, которые у нас были в это время, позволили создать два крупных завода, которые стали выпускать фотоприемники для всего оптического диапазона, главным образом, конечно, для оборонных целей. Я устроил ему экскурсию на завод «Сапфир» в Москве, который и сейчас существует и благополучно работает. Был еще и второй завод, построенный с тем же назначением, но он оказался на Украине, в Черновцах и, по-видимому, там полностью развалился. Таким образом, я хочу особо отметить роль Бенциона Моисеевича в решении совершенно конкретных и чрезвычайно важных задач. Я думаю, что в его лаборатории и сейчас ведутся интересные работы; в частности, упоминались системы $PbSnTe$ и аналогичные системы. Это тоже один из материалов для фотоприемников, и я от души желаю, чтобы в этой лаборатории эти работы шли вполне успешно.

Собственно говоря, я на этом и заканчиваю; хочу только сказать, что память о Бенционе Моисеевиче я буду хранить до конца моей жизни.

Выдающийся организатор*

Я. Е. Покровский

Мои встречи с Бенционом Моисеевичем были эпизодическими, но они оказали решающее влияние на мою научную карьеру. Практически мы с ним познакомились в начале 1967 г., когда я написал докторскую диссертацию, пришел с ней к ученому секретарю ИРЭ, показал ему диссертацию и сказал, что хочу защищаться в ИРЭ. Он с тоской поглядел на диссертацию, на меня и скользким голосом объяснил, что «у нас огромная очередь, что раньше, чем через год» у меня не получится и что вообще я, конечно, могу встать в очередь, но он ничего не обещает. Я понял, что у меня легкой защиты не будет и нужно искать авторитетных оппонентов. А кто был тогда в авторитете? Конечно, Бенцион Моисеевич. После ближайшего семинара в ФИАНе я подошел к нему и сказал, что хотел бы, чтобы он у меня был оппонентом. «А когда у Вас защита?» — спросил Бенцион Моисеевич. — «Через год». — «У-у! А что у Вас за диссертация?» Я протянул ему том, он был толстым и еще в таком ядовитом бирюзовом переплете. Он сказал: «Нет, это я читать не буду. Расскажите мне за пятнадцать минут, о чем Ваша работа». Ну, я рассказал ему не за пятнадцать, а за сорок минут, после чего он сказал: «Я буду Вашим оппонентом, а защищаться будете в ФИАНе. У нас здесь только что создали Ученый совет по докторским диссертациям под председательством Николая Геннадиевича Басова, и вот Вы будете защищаться у нас». Он передал меня в руки Бориса Наумовича Мацоношвили, который в короткий срок обеспечил оформление всех необходимых документов, автореферата и в мае я уже защитился. Прошло два года. К этому времени были сделаны первые эксперименты по конденсации экситонов в германии. Работы еще не были опубликованы, но мне предложили доложить эти результаты на семинаре в ФИАНе. Доклад прошел, были вопросы, поскольку у нас больше было ощущений, нежели реально доказанных выводов. После доклада Бенцион Моисеевич, как всегда, начал с широкого обобщения и сказал примерно следующее: «Вот, мы знаем, что литература бывает разная. Бывает критический реализм, социалистический реализм, романтизм. И вот тот сюжет, который мы

* Выступление на 100-летию Б. М. Вула 26 мая 2003 г.

заслушали сегодня, явно относится к фантастическому жанру». Но это меня нисколько не обидело, я просто почувствовал, что действительно здесь есть золотая жила, которую мы интенсивно продолжали копать. Через три года раздался звонок Бенциона Моисеевича, и он сказал, что как член программного комитета Международной конференции по физике полупроводников в Варшаве он предлагает мне сделать пленарный приглашенный доклад. Я, конечно, сразу согласился, потому что я был невыездной. Наши доклады попадали на некоторые конференции и их там либо публиковали, либо даже иногда зачитывали, но не мы. А это было приглашение зачитать лично, да еще пленарный и приглашенный доклад. Стараниями Бенциона Моисеевича этот доклад был принят, прошел хорошо, и наш авторитет в мире в этой области сильно укрепился, что привело к следующему шагу. Опять-таки, через следующие три года раздался звонок уже Виктора Сергеевича Багаева, который сказал, что «есть идея представить цикл работ по конденсации экситонов на Международную премию, которую только что учредили, и Бенцион Моисеевич предлагает срочно подготовить материалы». Материал мы подготовили, куда нужно отправили, решение о присуждении премии было принято, и в начале сентября 1975 г. мы, т. е. Багаев, Келдыш и я, должны были поехать в Бухарест получать эту самую премию. Все происходило крайне сумбурно, поскольку перед этим были летние отпуска, УВС своевременно не оформило документы, не оформило паспорта, в общем все делалось наспех. Короче говоря, мы прилетели в Бухарест в одиннадцать часов утра, когда уже шло заседание членов Европейского физического общества. Нас сразу «сунули» в микроавтобус, привезли на заседание, вручили нам дипломы и чеки на получение премии, поприветствовали под вспышки блицев и трех кинокамер, посадили обратно в микроавтобус и отвезли опять в Бухарест. Оказалось, что в гостинице для нас не заказали места. И нас распределили вторыми к уже жившим там членам Исполкома Европейского физического общества, что отнюдь не вызвало ни нашего, ни их восторга.

Второе. Мы, уезжая из СССР, естественно, получили какой-то минимум средств, как говорится, доехать и уехать, а деньги нам должны были дать румыны, и должен был это сделать некий товарищ по имени Помпилиу Ареску, который обладал замечательным свойством: «он только что здесь был». И так продолжалось несколько дней. А к этому времени мы уже и съели московскую колбасу, и выпили московскую водку; в общем, положение становилось критическим. И вот днем в гостиницу к нам позвонил Бенцион Моисеевич и сказал, что приглашает нас к себе в гости.

Надо сказать, что поездка в гости к Бенциону Моисеевичу тоже была очень интересной. Дело в том, что он жил в правительственном квартале, в маленькой гостинице для больших людей. И чтобы туда проехать, нам нужно было взять такси и в трех или четырех местах предъявлять паспорта для того, чтобы нас

туда пропустили. Ну, все-таки мы достигли этой самой гостиницы, Бенцион Моисеевич с Софьей Даниловной нас очень тепло приняли, и мы пожаловались, что, мы живем, а кушать-то нужно, а денег-то нет. На следующий день, как по волшебству, перед нами возник товарищ Помпилиу Ареску, отдал нам деньги и мы там благополучно дожили оставшееся время.

Вообще я должен сказать, что Бенцион Моисеевич, по моему мнению, был прежде всего выдающимся организатором, он прекрасно чувствовал и научную, и общую конъюнктуру. Это позволило ему создать два прекрасных коллектива: тот коллектив, который ныне называется Отделением физики твердого тела ФИАН, и второй коллектив — это Институт физики полупроводников в Новосибирске.

Я до сих пор испытываю к Бенциону Моисеевичу самые теплые чувства и благодарность.

Он умел сплотить полупроводниковое сообщество*

В. Б. Тимофеев

Мое знакомство с Бенционом Моисеевичем и пересечения с ним происходили в начале 70-х гг., когда для меня имя Бенциона Моисеевича ассоциировалось с представлением о классике физики диэлектриков и физики полупроводников. А началось это взаимодействие после выступления на семинаре. В те годы Бенцион Моисеевич был главой семинара, который привлекал людей из многих научных центров не только Москвы и Московской области. Поэтому побывать здесь на семинаре и сделать доклад — это была вещь довольно престижная. Услышать точку зрения, обсуждение, мнения, принять участие в дискуссии — это было очень полезно. На одном из таких семинаров я оказался и увидел, как эти семинары проводил Бенцион Моисеевич. Он был настоящим дирижером, умел держать аудиторию, которая подчас взрывалась или кипела; он умел удержать страсти своими репликами, подчас тонкими. После семинара, как это было в моем случае, он часто беседовал с докладчиками, и ему интересно было узнать, что было на самом деле, если приподнять занавес рассказа, что кроется, так сказать, в дальнейшем. Я понял, что этот человек достаточно глубоко разбирается в существе предмета, далеко видит и может оценить по-настоящему актуальные вопросы, которые обсуждались на семинаре. Я хотел бы затронуть вопрос о том, каков был масштаб этого ученого. Я мог это оценить по тем последним работам, которые делались Бенционом Моисеевичем вместе с Заварицкой. Из этих работ я понял, что Бенцион Моисеевич относился к классу таких камерных ученых, которые любят уединение, когда работа делается в не очень большом коллективе, и когда именно изыск и умение сделать работу своими руками приводят к значительному результату. Эти работы были связаны с очень интересным тогда и актуальным направлением, связанным с физикой слабой и сильной локализации в двумерных электронных системах, а в качестве объекта был выбран не традиционный полевой транзистор на основе кремния или

* Выступление на Ученом совете, посвященном 100-летию Б. М. Вула 26 мая 2003 г.

арсенида галлия, а бикристаллы германия. Конечно, по сравнению с возможностями МДП-структур эти объекты несколько уступали, но зато они обладали целым рядом преимуществ. Здесь были получены результаты, которые сразу приобрели известность за рубежом и были «подхвачены» западными партнерами. Я могу привести в качестве примера работы Ландвера, который, используя результаты Заварицкой и Вула, в дальнейшем изучал квантовый эффект Холла не только целочисленный, но и дробный на двумерном электронном газе.

Еще я хотел сказать о следующем. Бенцион Моисеевич возглавлял очень большой коллектив и, по существу, все стороны физики полупроводников изучались в отделе, которым он руководил. При этом расцветали разные цветы и, в частности, направление, которое было связано с физикой экситонов и их конденсацией — направление, которое было инициировано теоретическими работами Леонида Вениаминовича Келдыша. Здесь были блистательно выполнены эксперименты по увлечению капель, по рассеянию света каплями электронно-дырочной жидкости и многое-многое другое. И хотя это не было в круге личных интересов Бенциона Моисеевича, тем не менее эти работы были сделаны с привлечением широкого спектра методических и экспериментальных возможностей.

Последнее, о чем я хотел сказать, — это то, что Бенцион Моисеевич, будучи выдающимся ученым и организатором науки здесь, в ФИАНе, кроме того, сумел сплотить полупроводниковое сообщество в нашей стране и на протяжении долгих лет возглавлял Научный совет по физике полупроводников. Должен сказать, что полупроводниковые конференции, которые тогда собирали колоссальную аудиторию (это были многие-многие сотни людей), были воистину очень интересными и по тому, как отбирались приглашенные докладчики, и как формировалась программа этих конференций, и по тому, как заслушивалось (в те годы, как все прекрасно знают, не всем удавалось ездить за рубеж) то новое, что происходило за рубежом из первых уст, тем более, что эти конференции по времени проведения практически совпадали с международными полупроводниковыми конференциями — это все было сделано благодаря стараниям Бенциона Моисеевича Вула. Поэтому, когда нам сейчас приходится вести эту работу, связанную со сплочением полупроводникового сообщества, очень многое полезное, интересное, дальновидное, что было сделано Бенционом Моисеевичем Вулом, актуально и сейчас. Конечно, в этом смысле Бенцион Моисеевич вместе с нами, как и его замечательные работы.

Создатель фиановской школы полупроводников*

А. Г. Забродский

Дорогие друзья! Мне особенно приятно, что научную деятельность Бенцион Моисеевич начинал у нас, в Ленинградском физико-техническом институте. Его работы были связаны с пробоем диэлектриков. Если вспомните, этими же исследованиями в нашем институте параллельно занимались Курчатов и Александров. В январе этого года мы отмечали столетие Курчатова, а чуть позднее Александрова. Это все одногодки, которые пришли вместе и вместе, наверное, получили на всю жизнь заряд любви к науке и преданности ей, которую потом пронесли до конца своих дней.

Потом у Вула — работы по сегнетоэлектрикам, первые отечественные транзисторы, полупроводниковые лазеры. Были и исследования двумерных систем, это целое огромное направление, исключительно важное, но особенно важны для страны лазеры и транзисторы. Они были исключительно важны и для жизни всего нашего научного сообщества. В ФИАНе возникла целая полупроводниковая школа, в Ленинграде мы ее так и называли, и сейчас называем «фиановской школой полупроводников». И то, что из этой школы потом родилась по сути дела новая, новосибирская школа (в значительной степени из фиановской), показывает, насколько она была солидной.

Поскольку времени на выступление мало, я хотел бы привести слова о Льве Николаевиче Толстом, но применительно к Бенциону Моисеевичу — «какая сила, какой талант», и поздравить всех вас, ну, и нас, с этим замечательным юбилеем, поздравить Елену Бенционовну, вас — друзей фиановцев от нас, сотрудников Ленинградского физтеха.

Буквально два слова хотелось бы еще сказать. Все-таки пересеклась и моя жизнь с Бенционом Моисеевичем. Я попробую совсем кратко об этом рассказать. Дело в том, что Соломон Маркович Рывкин, который у меня был научным руководителем, предложил в качестве темы диссертации свою собственную

* Выступление на Ученом совете, посвященном 100-летию Б. М. Вула.

идею — объяснение механизма переключения бистабильности в сильнолегированных компенсированных полупроводниках на основе так называемого тиристорного эффекта, по аналогии с тем, как это происходит в тиристоре. Ушел примерно год времени, чтобы понять, что это не так, а потом еще примерно столько же, чтобы понять, что механизмы, которые развивались здесь, в лаборатории Бенциона Моисеевича, в частности механизм ударной ионизации (это работы Чуенкова и Заварицкой), наиболее подходят для объяснения этого явления. А потом были работы по транспорту в этих системах, которые тоже привели не к очень понятным результатам, и когда настало время защищаться, я сказал Соломону Марковичу, что хорошо бы, чтобы было серьезное рассмотрение на каком-то другом семинаре. Он сказал: «Ну, тогда поезжай к Бенциону Моисеевичу». И вот по существу предзащита у меня была вот здесь, в этом зале. Анатолий Васильевич Ржанов был тогда секретарем семинара, и я бесконечно благодарен Бенциону Моисеевичу за то, что в какой-то степени путевку в самостоятельную научную жизнь мне пришлось получить, пройдя через его этот семинар. Вот с таким доброжелательным отношением с его стороны я столкнулся, причем он меня совершенно не знал — ну, какой-то там аспирант. Здесь, судя по тому, что говорилось, исключительно много людей, которым как-то по жизни много чего полезного сделал Бенцион Моисеевич. Я не говорю, что он сделал для науки, но вот просто много нас тут собралось, через жизнь нашу он прошел, и мы навсегда сохраним эти воспоминания. Поэтому мне как раз на этом примере хотелось бы сказать, что научное физическое сообщество России живет благодаря тому, что есть вот такие столпы типа Бенциона Моисеевича, которые как-то одаривают всех нас своей любовью, доброжелательным отношением. И пока такие люди будут, я думаю, что и мы с вами как физическое сообщество будем работать и сохранимся.

У нас были теплые отношения

В. Ф. Сенников

Бенцион Моисеевич родился на Украине в 1903 г. в бедной еврейской семье. После шести лет учебы, еще не достигнув призывного возраста, пошел добровольцем в рабоче-крестьянскую Красную армию (РККА) и оказался в Первой Конной армии под командованием С. М. Буденного. По службе характеризовался положительно, был примерным солдатом и искренним патриотом. Вместе с тем Вул был физически слабым и бороться с врагами с саблей в руках ему было тяжело, а так как он был грамотным, что в Первой конной было редкостью, командование назначило Вула на должность секретаря военкома Первой конной армии. В начале 1921 г. Вул демобилизовался из РККА и приехал в Киев для поступления на учебу на Рабфак при Киевском политехническом институте. О поступлении на учебу в институт он не мечтал, так как не имел среднего образования. Вместе с абитуриентами, прибывшими на экзамены, Вул ждал приглашения экзаменаторов приемной комиссии института. Его не вызывали. Когда вышел из приемной комиссии последний абитуриент, Вул попросил разрешения войти. Одетый в военную форму, в буденовке, Вул подошел к столу и начал объяснять, зачем пришел. Не слушая, что говорил Вул, председатель приемной комиссии встал и спросил: «Товарищ, на какой факультет Вас зачислить? Я советую на физический». И объявил: «Вы зачислены в институт».

В течение одного учебного года Б. М. Вул окончил первый курс института, сдал экзамены за Рабфак и получил удостоверение о среднем образовании. В положенный срок Бенцион Моисеевич окончил Киевский политехнический институт. После этого вся его жизнь была посвящена научной деятельности.

О заслугах Б. М. Вула в области науки широко известно. Он был первопроходцем в развитии физики полупроводников, внес большой вклад в развитие оборонной техники. Вместе с академиком А. П. Александровым они разработали способ защиты акватории океана от немецких мин в период Великой Отечественной войны. После войны в Лаборатории физики полупроводников, руководимой Б. М. Вулом, активно проводились работы по созданию электро-

магнитного трала со сверхпроводящей магнитной системой, предназначенной для траления магнитных и акустико-индукционных мин, оставшихся от Второй мировой войны.

За заслуги перед Отечеством Б. М. Вул был награжден многими орденами и медалями. Он лауреат Ленинской и Сталинской премий, удостоен звания Героя Социалистического Труда.

Бенцион Моисеевич никогда не принимал участия в обсуждении деятельности руководителей партии и правительства СССР. Он поддерживал все их решения и постановления. Он верил в советскую власть в СССР и старался помочь в осуществлении планов строительства социализма. Такие взгляды и убеждения Вула разделяли не все ученые.

Являясь крупным ученым с мировым авторитетом, Б. М. Вул отличался от других ученых необычной скромностью. Скромность и любовь к жизни являлись основными чертами Вула. Он всегда аккуратно, но скромно одевался в серый костюм с галстуком, скромно питался в столовой на Ленинском проспекте, заказывая одно и то же блюдо и закуски, оплатив за них вперед за несколько дней. Иногда Бенцион Моисеевич добивался моего согласия пойти с ним. В этом случае он говорил знакомой ему официантке: «Принесите, пожалуйста, два заказа». У нас с ним были теплые отношения. Я всегда мог к нему прийти и обсудить какой-то вопрос. Например, меня интересовало, почему он, так много сделавший для науки, ставший членкором в 1939 г., не избирался в академики до 1972 г. (в течение 33-х лет). Дело было в том, что по заданию партийных органов Вула попросили написать статью в «Правду»* об обстановке в Ленинградском физико-техническом институте. И он открыто написал, что там нездоровая обстановка, и в этом виновен А. Ф. Иоффе. И за это его категорически не пропускали в академики.

Много лет встречаясь с Вулом, я не знал, в каких условиях он живет. В 70-х гг. прошлого столетия у меня возникла необходимость встретиться с Б. М. Он был болен и пригласил к себе домой. Он тогда жил по адресу: Москва, улица А. Толстого, д. 10, в доме дореволюционной постройки на четвертом этаже. В доме не было лифта. Семья Вула из трех человек — он, жена и дочь, взрослая, около 20 лет, — занимала однокомнатную квартиру (приблизительно 40 кв. м). Я начал беседу не с вопроса, который меня интересовал, а почему он живет в таких условиях и не обращается в Президиум АН СССР с просьбой об улучшении жилищных условий. Б. М. мне ответил, что он боится отказа. Обсудив вопрос, который меня интересовал, я вернулся на работу. Через несколько дней, заручившись поддержкой начальника отдела, в котором я работал, я встретился в Управделах АН СССР с Г. Г. Чихмачевым и обратился

* Правда. № 190 (7515). 12 июня 1938 г.

с просьбой предоставить квартиру академику Б. М. Вулу в домах, строящихся около ФИАН. В скором времени семья Вула получила две квартиры на одной площадке — двухкомнатную для дочери Вула и однокомнатную для него самого. Я был приглашен на новоселье и тогда познакомился с женой Вула и его дочерью. Дочь окончила математический факультет МГУ и работала в Институте прикладной математики АН СССР.

Об эвакуации в Казань (1941–1943)*

Н. А. Ирисова

Валентина Михайловна Березанская: Наталья Александровна, Вы обещали рассказать о ФИАНе в эвакуации в Казани.

Наталья Александровна Ирисова: Сначала я вам расскажу, как я попала в ФИАН. Я жила вместе с моим отчимом академиком Борисом Алексеевичем Введенским. Тогда он был членкором. Когда началась война, я должна была на следующий день сдавать экзамен в Университете. Это была алгебра на первом курсе. Я экзамен сдала, и в тот же день от комитета комсомола нас всех отправили на стройку Павелецкого вокзала, который нуждался в капитальном ремонте. Вокзал был в ужасном состоянии. И вот студентов послали туда участвовать в строительных работах. Я работала два месяца в бригаде женщин просто каменщицей, клала стену из кирпича. Работа была тяжелая, работали очень напряженно, но на два дня меня освободили. Для чего? Стали формироваться поезда, которые уходили в тыл. Это были поезда со многими деревянными вагонами, и там были только женщины с детьми. И они все были твердо уверены, что война кончится в ближайшие месяцы и ехали в эвакуацию без теплых вещей. Мы, как более разумные люди, поняли, что это не так, и меня работающие со мной каменщицы направили к этим вагонам, чтобы я провела беседу — вагоны долго стояли — и осталась сторожить детей женщин, чтобы дать им возможность поехать и взять теплые вещи. У меня осталось сильное впечатление — люди не представляли, что такое война и что будет.

Мы работали, и в один из дней прозвучала речь Сталина, его обращение: «Товарищи! Граждане! Братья и сестры! Бойцы нашей армии и флота! К вам обращаюсь я, друзья мои!..». Могу сказать, что никогда к Сталину особых таких теплых чувств я не испытывала, но эта речь произвела на меня колоссальное впечатление. Она казалась искренней, и понимаете, казалось, что он просто

* Беседа от 10.01.2007. Беседу провела В. М. Березанская.

в зале с нами говорил, по-братски разговаривал. И стало понятно, насколько все будет серьезно.

Я два месяца отработала каменщицей, пока не объявили, что все семьи академиков и членов-корреспондентов, хотят они или нет, эвакуируются. Причем срочно. Причем так срочно, что меня направили прямо в Райком сняться с комсомольского учета. И на следующий день мы уехали. Уезжали мы так: нас было пять человек, моя мама и я — первокурсница, старшая дочь моего отчима Бориса Алексеевича с трехлетним сыном и мать отчима, которой было больше восьмидесяти, по-моему, восемьдесят четыре года. И было у нас по одному чемоданчику на человека, который можно было перенести.

В ожидании отправки поезда я находилась в купе и в окне увидела прогуливающегося Григория Самуиловича Ландсберга. У него были выющиеся волосы, зачесанные назад, и он был одет в галифе, бежевого цвета. Кроме того, он обладал своеобразной манерой держать голову. Он гулял вдоль платформы, и ему показалось что-то странным в окнах стоящего напротив поезда. Он всмотрелся и увидел в окне Николая Ивановича Вавилова. Он его знал в лицо. Николай Иванович стоял около окна, окно было зарешеченным. Все это длилось недолго, потому что, как только Григорий Самуилович подошел и проявил какой-то интерес, Николая Ивановича оттащили от окна. Но никто так и не смог узнать, куда этот поезд едет. Было известно, что Николая Ивановича эвакуировали в одно и то же время с ФИАНом, но куда, не знали. Это стало известно только после его смерти в 1943 г. Его везли в Саратовскую тюрьму.

По приезде в Казань мы жили первые дни просто в физкультурном зале Казанского университета. Громадный зал, где стояли койки... Кстати говоря, до сих пор не понимаю, где нашли столько коек, матрасов. Одна партия эвакуированных приезжала, их куда-то расселяли, на их место приезжала другая. Расселяли вначале, конечно, не очень удобно. Многие потом жили в общежитии. Борису Алексеевичу, он тогда был членкором, дали отдельную комнату в квартире какого-то местного академика. Комната 14 кв. м на пятерых, еще периодически Борис Алексеевич приезжал. Мы были очень рады, но я спала там под столом.

Вначале я не работала, хотя была полна чувством, что все должны работать, должны спасти страну, не отдать страну. Эта мысль все время была, что Россия должна быть, что мы на любом месте боремся за Россию. Это — не красивые слова, это — чувство, которым мы все жили. По-моему, вся страна жила так, а не только научная интеллигенция. Научная интеллигенция, безусловно, была готова на все.

Прошел месяц, мы немножко привыкли, и я пошла устраиваться на работу. Куда? Некуда. Пошла в госпиталь. Очень хороший госпиталь, и он был

подшефным нашего института. Госпиталь стоял прямо перпендикулярно к университетскому зданию. А между ними был сквер. Я пересекаю этот сквер и вижу знакомую фигуру Бенциона Моисеевича Вула. С ним я была знакома. Он с моим родным отцом, тоже профессором физики, преподавал в Военно-воздушной академии им. Жуковского и, будучи у нас в гостях, несколько раз меня видел. Вул, увидев меня, спросил: «Наташа, ты куда?» Я говорю: «Вот, иду в госпиталь наниматься». До госпиталя оставалось шагов тридцать. «Слушай, — говорит Вул, — нам нужен лаборант. Иди к нам». Вы знаете, я прямо оторопела. Для меня Академия наук, Физический институт были пределом моих желаний. Я — лаборантка. Я же физиком хотела быть. И вдруг попасть прямо в ФИАН. Вул взял меня за руку и отвел в институт. Вот так я попала в ФИАН, и потом вся моя жизнь прошла в ФИАНе и ИОФАНе. В ФИАНе я работала чуть больше сорока лет, а в ИОФАНе — двадцать. Понимаете, вот такая встреча с не близко знакомым мне человеком перевернула всю мою жизнь. Я хочу сказать спасибо судьбе за то, что я всю жизнь занималась любимым делом, тем, что я больше всего любила. И я жила и работала среди очень хороших интеллигентных людей. И вот с тех пор мой стаж насчитывает 65 лет и девять месяцев.

Первое впечатление от Казани, конечно, непомерно, потому что первые дни войны занимали у людей все мысли, все чувства. Только об этом говорилось и только для этого все делалось. И оценивались жизненные позиции и происшествия только с этой точки зрения.

В Казань Академия наук, с одной стороны, собиралась безумно быстро, людям давали на сборы сутки, а с другой стороны, мудрый Сергей Иванович и Тамара Оскаровна Вреден-Кобецкая (*заведующая библиотекой ФИАН. — В. Б.*) умудрились за это время сделать невероятно много. Я считаю, что Тамаре Оскаровне где-то здесь в ФИАНе надо поставить мемориальную доску или еще что-то, чтобы о ней помнили. Потому что ФИАН был единственным институтом, который вывез в эвакуацию свою библиотеку. Представьте, как это тяжело было в то время. Это было потрясюще.

Сергей Иванович был величайший любитель книг вообще и собиратель старинных книг. Тамара Оскаровна Вреден-Кобецкая — баронесса. Этому соответствовало и ее поведение, и прекрасное знание французского языка.

И, конечно, только благодаря авторитету Сергея Ивановича удалось не только перевезти библиотеку, но и сохранить ее. Причем Сергей Иванович поставил задачу не просто сохранить, а дать людям возможность ею пользоваться. Потому что с первых дней в Казани была поставлена задача — начать работу немедленно и работать непрерывно. ФИАН был единственным институтом Академии наук, который взял социальное обязательство иметь десятичасовой рабочий день. И ФИАН имел десятичасовой рабочий день даже после реэвакуации в Москву. Это был

патриотизм Сергея Ивановича. Не только патриотизм в смысле страны, но и научный его патриотизм, потому что так самоотверженно любить науку, как любил Сергей Иванович, вряд ли кто еще любил.

Очень хорошо я помню этот громадный коридор, обычный для университетов. Здания университетов схожи — с большими колоннадами, громадные залы, широкие лестницы и большие коридоры. В одном из коридоров, от начала его и до конца, создали книжные полки выше человеческого роста. При острой нехватке площадей был отведен весь громадный коридор целого этажа под книгохранилище.

Я приступила к работе через месяц после эвакуации, но, когда я пришла на работу, по-моему, уже эти книжные полки были. Это просто потрясающе.

Сергей Иванович, я сказала бы, был влюблен в книги. У него был крохотный кабинет, который ему сделали, отгородив в начале коридора небольшую часть красным кирпичом, и там поставили печку-буржуйку. Поэтому его комнату, когда он там ночевал, можно было отапливать. А так было, скажем мягко, прохладно всюду. И Сергей Иванович сам отобрал себе два больших шкафа редчайших книг, книг в кожаных переплетах, книг, которым было лет по триста, не меньше. Так как я была книголюб, то мне разрешали их брать в руки, смотреть и ставить всегда точно на то же место. Однажды мне пришлось целый месяц там ночевать, потому что вахтерша, не помню, то ли заболела, то ли еще что-то, и Вул попросил меня заниматься не физикой — а я считала, что я физикой занимаюсь, — а побыть вместо вахтерши. Причем дежурства были суточными. Фактически я жила в этой комнатке и имела честь целый месяц спать на письменном столе Сергея Ивановича. Я тогда ощущала гордость от этого. И мне было разрешено брать книги, это было не просто мое самоуправство. Это было в большой степени потому, что чувствовали мою любовь и бережное отношение.

Осталось воспоминание, как потом все институты ходили к нам за книгами. Несколько раз кто-то книги не вернул. Тамара Оскаровна как-то обнаружила, что нет книги, а я обнаружила — до сих пор помню мое возмущение, — что в одном из журналов вырвали статью. В общем, нашли виновника по автору статьи, которую вырвали. Человек почти признался, что он вырвал, но это вызвало со стороны Тамары Оскаровны величайшее возмущение, а с моей стороны просто ужас: «Как можно это сделать! Как можно из книги вырвать страницы!» Тогда все об этом говорили: «Книги не заперты, все могут войти». Я помню, это был единственный случай, то есть, библиотека сохранилась. ФИАН вернулся в Москву позже всех институтов. Всех уже реэвакуировали, а в ФИАНе все еще упаковывали книги, чтобы вернуть обратно в Москву.

Перевезли из Москвы в Казань и большую часть установок. Это все было полностью размонтировано, на кусочки разобрано, и надо было все собрать в кратчайшее время, чтобы начать работу. Честно говоря, я не помню, кто,

чем занимался, потому что я была обязана сидеть 12 часов, плюс часовой перерыв — тринадцать часов, плюс еще часа два, потому что работали всегда и вечером — пятнадцать часов. Так что, как выглядели соседние комнаты и чем они занимались, честно скажу, не знаю. Я была просто лаборанткой, ни в каких научных работах не участвовала.

В Казани было не только холодно, но и достаточно голодно. Вот эпизоды.

Я стою в очереди в столовую. Впереди меня стоит академик П. Л. Капица. Очередь была для всех единой. И меня совершенно очаровала фраза Капицы. Он подает свою тарелочку и говорит: «Положите, пожалуйста, следы гороха». И ему положили. Действительно, порция была такая, что это были «следы гороха».

Вообще, остроумия академики во время войны не теряли, а особенно, конечно, был остроумен Григорий Самуилович Ландсберг. Меня вместе с другими фиановцами отправили за гнилой картошкой, которая перезимовала в земле, но зато можно было отбирать ее для себя. Нас на грузовике отвезли в какой-то колхоз. Картошка была уже какая-то мягкая. Вот мы собирали эту картошку, а я оказалась рядом с Григорием Самуиловичем. И он сочинил стихи, по-моему, великолепные:

Весь ФИАН по свету рыщет,
Пропитанье себе ищет.
Называется оно,
Как известно всем,

А вот еще на тему столовой. Вначале семьи академиков и членкоров кормили в отдельной столовой. Там была маленькая очередь и накрытые столы. Потом решили, что это несправедливо, и надо все сделать всем одинаково. Но сначала академикам и членкорам предложили анкету. Все согласились, кроме одного. Этим одним был Лев Давидович Ландау. Он написал: «Категорически против. Без женщин плохо». Он считал, что они создают приятную обстановку. Это, конечно, было мелкое хулиганство, но, тем не менее, в его стиле. Он хотел обедать в женском обществе. На решение это не повлияло, но его анкета была очень распространена. Вот тогда я впервые узнала, что существует Ландау и что к его действиям надо относиться не так, как к действиям других людей. Ландау был очень своеобразен.

А потом вообще закрыли столовую и стали давать дополнительные сухие пайки.

Расскажу несколько эпизодов, связанных с работой. Работали по-настоящему. Я уже говорила, ФИАН принял обязательство работать не восемь часов, а десять. Между прочим, мало институтов, которые его поддержали в этом.

В лаборатории Вула работа была очень интересной и особенно напряженной, потому что мы работали действительно для фронта. Если говорить о том,

какую лично я принесла пользу России, то наибольшую пользу я принесла именно тогда, в те годы. А принесла я вот какую пользу. Немцы, как только началась война, перестали нам что-либо экспортировать. А они экспортировали для радиостанций керамические конденсаторы, которые выдерживали высокое напряжение. Без этих конденсаторов радиостанции не могли работать. И нам была поставлена задача — разработать такие конденсаторы. Ничего похожего никто у нас в стране не делал. Нужен был материал с очень большой диэлектрической проницаемостью. В работе участвовали химик Б. А. Борзаковский (из группы академика И. В. Гребениčkова. — В. Б.), Г. И. Сканави и я. У нас был официально десятичасовой рабочий день, но мы работали по двенадцать и часто даже спали на рабочем месте.

Я буквально не выходила из своей лаборатории, Вуловской лаборатории. Спустя много лет, могу сказать, что я глубоко уважаю Бенциона Моисеевича. Я не могу сказать, что он непосредственно участвовал именно в этой работе, потому что он был замдиректора. Сергей Иванович разрывался между Йошкар-Олой и Казанью, и Вул фактически директорствовал. Но именно Вул дал нам направление. Большой энтузиазм проявил Сканави, и результат был потрясающим. Я работала под руководством Сканави. Борзаковский был великодушным химиком, очень хорошо понимающим. Я могу сказать мое мнение, что не было бы таких заслуг у Вула, если бы этот химик не применил свои способности, а я прямо сутками не делала образцы разного состава. Я была рукастым физиком, и сколько сот и, наверно, тысяч разных по химическому составу образцов, сделанных этим химиком, я перемерила и переделала — это не счесть. Сложностей было две: во-первых, надо, чтобы образцы были с очень большим ϵ (диэлектрическая проницаемость), а, во-вторых, чтобы конденсаторы держали высокое напряжение. Поэтому их форма была сделана в виде шляпки с полями, чтобы пробойное напряжение лучше держалось. Образцы делались так. Подготовленной Борзаковским массе определенного состава надо было придать определенную форму — отпрессовать, отформовать. Для этого ее клали в ячейку-форму и сдавливали. Так вот делали тысячи образцов. И делали. Не зря Вул потом получал все эти премии. Вул не сидел в лаборатории, он был замдиректора, но он проявлял чрезвычайный интерес. Я была лаборанткой, а он прибежал, разговаривал со мной и подробнейшим образом узнавал, что получила, как вчерашние образцы идут, что получается. Он очень следил, и я уверена, что он не просто следил, а подсказывал и указывал. Для руководителя, выполнявшего такую большую административную работу, это было не просто. И поэтому я считаю, что Вул получил, безусловно, эту Ленинскую премию совершенно справедливо.

Я научилась делать эти конденсаторы от начала и до конца. Заготавливали массу с большим ϵ (диэлектрическая проницаемость), которую надо было

перемешивать. Титанат бария как вещество, обладающее очень большим ϵ , был одним из составных слагающих. Потом нужно было обжигать и держать режим обжига, иначе конденсаторы будут неидентичными. Придумывали режимы, но самое трудное было сделать сами конденсаторы в виде шляпок, чтобы они держали высокое напряжение. Все это мы делали. Потом я серебрила, а затем все отправлялось на завод. Полтора года мы все это делали, работали дено и ночью.

И вот меня одну, лаборантку, Сканава отправил внедрять в производство эти конденсаторы на Горьковский завод, громадный радиозавод.

Я хочу сказать — так нехорошо про себя говорить, — но я считаю, что вот эти полтора года, которые я провела на Горьковском заводе, все-таки были героическими годами. Они были героическими, потому что я знала — то, что мы делаем, необходимо для фронта. Понимаете, когда это осознаешь, совсем по-другому работается. Я считаю, что самое большое, что я в жизни сделала — это было тогда. Я была полна таким чувством значимости этой работы, азарта и желания помочь фронту, что даже в гостинице ночевала редко, большей частью спала прямо на полу на заводе. Директор завода это заметил, и мне дали вторую хлебную карточку и иногда кормили обедом. Это была совершенно захватывающая работа.

Помню, когда на завод к нам приехал ленинградский академик И. В. Гребенщиков — он работал вместе с Сергеем Ивановичем в Ленинграде, — знаменитый химик, великопнейший человек, у которого только что на фронте погиб сын. Эти конденсаторы по тематике были ему близки. Химический состав наших изделий — это дело рук его и его сотрудников. Он приехал не в первый мой приезд, а немножко позже, когда у нас наладилось производство. Он приехал смотреть, как у нас идут дела, а он был только что эвакуирован из Ленинграда, и по объему тела его осталась одна треть. Он носил такой воротничок, а в нем где-то там шея была. Четыре пальца можно было вложить. То есть, если посмотреть, он был худой, маленький, но по поведению, по отношению ко всему это был большой, крупный человек, понимаете. Его худоба не воспринималась. Я его раньше знала, он приезжал до этого и был у нас в лаборатории, смотрел и много мне подсказывал. И вот он стоит и разговаривает с нами. В основном это — имеющие детей женщины, мужья которых были на фронте, которые работали по много часов, а здесь их уговаривали оставаться еще на два часа каждый день, потому что конденсаторы надо быстро изготовить, они необходимы для радиостанций, для фронта. Слова Гребенщикова очень подействовали на меня, а эти женщины стали оставаться до десяти вечера. А у них же дети! Вот их героизм меня тогда потряс и сейчас потрясает. Я то ни с чем не была связана, а у них дети.

В. Б.: Расскажите, пожалуйста, о Сканави. Ходят какие-то слухи, что титанат бария — это заслуга, в основном, Сканави, а не Вула. Расскажите об этой истории — Вул, Сканави.

Н. И.: Вы знаете, Вам неправильно про это рассказывали. Понимаете, трудное положение у руководителей. Как я понимаю, научные Сталинские премии даются, в основном, за научный результат, а не каким-то там рабочим производителям. Конечно, Сканави считал себя в дальнейшем обиженным, ему казалось, что сделал все он. Это правильно ему казалось, потому что он очень много сделал. Но не сделал бы он этого, если бы во главе этого не стоял Бенцион Моисеевич, который очень продвигал эти работы и контролировал их. Особенно, когда переехали в Москву.

Я Вам расскажу, как мы приехали в Горький.

Значит так. У нас получились хорошие конденсаторы, но малое количество. Но все-таки технология была разработана. И меня отправили одну в Горький на пароходе. Причем я с собой везла большие груды горной породы, которая служила сырьем для конденсаторов. Эти громадные глыбы погрузили в трюм, и я очень боялась, как бы по ошибке не украли эти мешки, не понимая, что в них. Мы ехали, пока было чем топить. Когда топливо кончалось, все пассажиры спускались на берег, на котором были груды специально заготовленных бревен, и таскали их на пароход. Таскали столько, сколько хватит, чтобы он потом плыл дальше.

Наконец, мы приехали. Меня встретили, потому что я сама не могла тяжелые вещи тащить, и мы поехали прямо на завод. Приехали на завод, поднялись в цех, где мы должны были делать керамику. Там громадный коридор — я расскажу так, как я помню, — и вдоль него стояло очень много устройств, металлических коробов белого цвета, похожих на низкие холодильники. Это были радиостанции, которые не направлялись на фронт только потому, что в них не хватало того конденсатора, который я должна была сделать.

Я не рассказывала начало. Когда я ехала первый раз в Горький, его бомбили. И было прямое попадание в Радиозавод. И не куда-нибудь, а в сборочные цеха. Это было в обеденный перерыв, и погибло очень много женщин. Это были большие четырехэтажные здания сборочных цехов. Прямое попадание было и в бомбоубежище, в котором находились директор, главный инженер и парторг завода. Прямое попадание — и никого не осталось. Погибли. Но распространилось мнение, что они сбежали за границу. Что это все специально под бомбежки так подстроили. Вы меня извините, но людей, специально распространяющих слухи и неправду, во время войны было очень много. И недаром были во многих местах беспокойства, потому что пускали ложные слухи. Вот здесь я сама была свидетелем. Но так как это бомбоубежище было очень основательным, очень глубоким, то только через неделю или две разрыли все это

и нашли их трупы. В сборочных цехах погибло очень много народа, и три главных человека завода погибли. Народ стал страшно бояться. Я была, конечно, молодая дура. Я совершенно спокойно реагировала. Были вырыты узкие-узкие рвы, куда мы все прыгивали при бомбежке. Рвы были немножко выше головы, и стоять приходилось, тесно прижавшись друг к другу. Пока не кончится бомбардировка, нельзя было никуда уйти. И все было очень беспокойно. То есть такая нервная ужасная обстановка, что я решила, что никогда я больше в эту щель не полезу. И когда была следующая бомбежка — они были почти каждый день, но в Радиозавод больше не попадали, — то все бегом бросались в эти щели, а я боялась. Мне было страшно стоять там, прижавшись телом к телу. Я поняла, что не могу. Я вошла в заводские ворота, в какое-то помещение, а там стояли солдаты. Солдаты не имели права прятаться в щели. Я им сказала, что я очень боюсь этих щелей, и они ответили: «Оставайтесь у нас». И все бомбежки я проводила в обществе дежурных солдат, которые вполне хорошо ко мне относились.

В результате мы отправили на фронт хорошую большую партию радиостанций, и мне дали отпуск на два дня отоспаться. Я решила спать двое суток в номере гостиницы. В предыдущий раз, когда я там ночевала, я видела в окно два прожектора — так, как потом в кино показывали, — лучи которых перекрещиваются и в их пересечении — немецкий самолет, который движется, и за ним движутся лучи прожекторов, и затем — падающий сбитый самолет. Это я видела своими глазами, как два прожектора поймали самолет, ведут его, и потом он падает. И громадный хвост дыма за ним идет. Я решила: «К черту! Я так не высплюсь. Я каждый день должна спать». И я хорошо спала. Больше я к окну не подходила. Хотя у меня на этаже жил командующий военно-воздушной обороной города Горького какой-то генерал большого чина. Я обычно крепко спала, но ночью просыпалась от стука в соседнюю дверь: «Товарищ генерал! Положение номер двадцать один». И опять: «Товарищ генерал! Положение номер двадцать один». И так, пока его не разбудят. Положение номер двадцать один — значит, что самолет уже очень близко. Значит, сейчас будет бомбежка. Его увозили. Я же клала вторую подушку на голову.

И последняя история у меня оставила впечатление какого-то самого лирического литературного рассказа. Дело в том, что я была очень хорошо одета. Почему? Потому что мы с собой в эвакуацию взяли очень мало вещей. И вещи, конечно, брали самые лучшие. Но у меня-то особенно хороших вещей не было. Но дело все в том, что я очень располнела, и на меня мои вещи почти не влезали. Зато мама очень похудела, поэтому мамины хорошие вещи перешли ко мне. Я, неожиданно для себя, оказалась хорошо одетой. Но в этот день еще пока на мне было мое платье-костюм, которое было сшито к окончанию первого курса. Это было крепдешиновое платье, голубая с цветами юбка и белая с голубым блузка.

Ну, и я это носила, потому что ничто другое на меня не влезало. И вот подъехали мы к городу Горькому, семь человек нас там было, и вдруг — воздушная тревога. Трамвай остановился. Все в панике. Вдоль всего пути бомбоубежища вырыты рвы, узкие-узкие, глубокие-глубокие. И все в них прыгают. А я посмотрела — такое солнышко, яркое-яркое, — я и сейчас все это помню, я все-таки тогда очень была близка к тому, чтобы на тот свет отправиться, — как хорошо. И передо мной громадная поляна, поляна, полная ромашек и васильков. Знаете, я там так работала, что ничего не видела. А здесь вот стою — ну, так все красиво! И решила: «Ну, к черту! Не полезу я ни в какую яму!» И стала собирать — один цветочек, второй и довольно далеко ушла. Все собирала, настроение прекрасное — солнце, красивые цветы. И я собрала громадный букет. По-моему, он мне жизнь спас. Букет — ромашки и васильки, на мне голубая с цветами юбка и блузка и хорошие косы вокруг головы. Я была далеко, мне было очень хорошо от всего этого. И вдруг я услышала какой-то грохот непонятный. Я поднимаю голову и вижу самолет, который летит после бомбежки. И он летит почти над самой землей. Я стою с букетом, а из кабины летчик высунулся и на меня смотрит. На нем очки большие. А я только думаю об одном — нажмет на гашетку или нет. Т.е. он бы в меня из пулемета попал наверняка. Потому что это было очень малое расстояние от земли. Лицо его я не видела, на нем были громадные очки. Думаю, что меня спасли косы, голубой костюм и цветы, потому что просто не поднялась у него рука на цветы, платье и такие косы. Конечно, я понимала, что я была очень близка к смерти. Я успела подумать, что он сейчас нажмет пальцем и все будет кончено. Но молодость есть молодость. Это одно из самых сильных жизненных впечатлений. Мы смотрели в глаза друг другу, понимаете.

Но Вы не думайте, я не восторженный человек, никогда таким не была. Но это были действительно сильные воспоминания, причем военные воспоминания. И как солдаты меня хорошо приняли, когда я боялась сидеть в этих щелях, и самопожертвование заводских женщин, и многое другое. Понимаете, я после войны вот такого мудрого чувства родства между людьми не встречала.

Человек, который научил меня многому

Н. А. Тимофеева

Я расскажу о Бенционе Моисеевиче как о человеке, как об учителе и о том, что касалось лично меня. Прошло много, много лет, а память хранит давние события, которые забыть невозможно.

Сейчас мне уже 80 лет. В Академии наук я проработала 60 лет и до сих пор я многое помню. Не забыла людей, с которыми встречалась, у которых многому научилась и многое узнала. Какие это были годы!!!

Для меня Академия началась с 1934 г. (это год, когда Физический институт, которым руководил академик С. И. Вавилов, переехал из Ленинграда в Москву), и когда моя мама была принята С. И. Вавиловым на работу, и с 1934 по 1950 гг. была его секретарем. Я тогда училась в школе (174 школа расположена была рядом с институтом), а после уроков приходила к маме и за шкафами делала уроки и очень любила там читать книги. Вечером мы с мамой возвращались вместе домой. Иногда кто-нибудь из сотрудников заглядывал в мой уголок «просто так». В институте я была «своя»: все знали меня, а я знала почти всех. У меня даже была кличка «Дочка ФИАНа». Я очень этим гордилась и горжусь до сих пор. Институт был для меня вторым домом. Сейчас институт мне кажется совсем другим — «Институт», а тогда это была «семья», коллектив был очень дружным. Может быть, это была заслуга С. И. Вавилова, а может быть, потому, что коллектив был небольшим и все друг друга знали.

Конечно, я часто видела Бенциона Моисеевича и он дружелюбно ко мне относился и всегда чем-то радовал меня: то какую-то книжку принесет, то просто о чем-нибудь поговорит. Безусловно, мне это было очень приятно, а может быть, просто льстило, что со мной несмотря на мой возраст обращаются как со взрослой.

Так было до 1941 г. В 1941 г. началась война, институт был эвакуирован в Казань и размещен вместе с другими институтами в здании Казанского государственного университета. Жизнь была тяжелая. Зимой было холодно и голодно, но люди терпели и с честью работали для науки и для фронта. А чтобы

не голодать, ездили, например, на Спирто-водочный завод разгребать «бунды», копались в вонючей жиже, выискивая целую картошку, закладывали ее в мешки и отвозили на завод. Малую ее часть отдавали ученым на «пропитание», и утром каждый делился друг с другом: «Какие я вчера блинчики испекла!», «Какие котлетки получились!» (на жутком масле). Многие приносили свои кулинарные изделия на работу, собираясь угостить ими во время обеда. Но угощение было встречено дружным хохотом, так как превратилось в серо-лиловое, вонючее остывшее месиво. Все были голодными, но радовались, что хоть что-то вызвало веселье. Тоже ведь неплохо.

Весь институт работал для фронта. После работы шли дежурить в госпитали или разгружать баржи с дровами и т. п. Многие в свободные дни шли продавать свои вещи на рынке. Пришлось и мне «торговать», так как очень тяжело заболела мама. Врач предупредил, что дни ее сочтены. Я была в ужасе, но на помощь пришли сотрудники института и академик А. Ф. Иоффе (он был вице-президентом и хорошо знал маму), а потом приехал из Йошкар-Олы Сергей Иванович Вавилов и все сделал, чтобы мама стала поправляться. Но проболела долго. Денег не было, и я попросила А. Ф. Иоффе устроить меня на работу. Так я в 15 лет начала свою трудовую деятельность. Зарплата была маленькая, но все же подспорье! Платья (для продажи) давно уже кончились.

Благодаря сотрудникам ФИАНА и Президиума АН мы с мамой выжили. Спасибо и низкий поклон всем им!

Я начала посещать госпиталь (угол улиц Комлева и Бутлерова). К счастью, госпиталь был недалеко от дома, а то ночью по темным улицам ходить было страшно. Маме очень помогли жены академиков Н. Д. Папалекси, Л. И. Мандельштама и особенно жена Бенциона Моисеевича Вула, прекрасная добрейшая женщина, и к тому же врач, она помогла маме очень многим.

Наступил 1943-й год. Сергей Иванович сказал маме, что скоро мы вернемся в Москву. Все были рады, но вместе с тем тревожились: не заняли ли квартиры, не разграблены ли они, хотя последнее не очень огорчало — была бы крыша над головой! Я была счастлива. Что скоро буду дома, но тревожило, что могу потерять работу, так как вернутся люди, которые работали до войны. Мама все еще была слабой.

Вот теперь начинаю рассказ о Бенционе Моисеевиче. Видя наше положение, он сказал маме, что возьмет меня в свою лабораторию: «Нужна лаборантка». Мама забеспокоилась, ведь я ничего не умею. Бенцион Моисеевич успокоил: «Научу». Утром следующего дня я уже была зачислена на должность лаборантки Лаборатории диэлектриков, которой руководил Бенцион Моисеевич. С большим волнением я вошла в Лабораторию. К счастью, я со всеми была уже знакома еще до войны. Решила, что буду изо всех сил стараться хорошо работать.

Встретили меня очень хорошо. Начали знакомить с работой Лаборатории. Я, конечно, мало что поняла, но слушала внимательно, и через несколько дней я уже — может быть, сейчас что-то не так назову, времени-то сколько прошло! — лихо назвала: механические свойства твердых тел, электрические свойства диэлектриков, сегнетовая соль, титанат бария и т. д. Это пока еще не забыла. Я твердо понимала, что эти работы имели большое научное значение и нужны были промышленности, фронту и науке.

Бенцион Моисеевич так заинтересовал меня, что через некоторое время я стала работать и в библиотеке — при помощи заведующей библиотекой Тамары Оскаровны Вреден-Кобецкой выискивать статьи и книги. Это был уже прогресс! Привлекать людей к науке и вызывать интерес к ней Бенцион Моисеевич умел прекрасно. Он заинтересовал даже такого работника, как я! Так было положено начало моего приобщения к науке.

Если быть честной, в голове я ощущала сумбур, но было интересно. Я, конечно, благодарна и Розе Яковлевне Разбаш, и Идее Михайловне Гольдман, которые доучивали и дообъясняли мне все, что я недопонимала.

Однажды Бенцион Моисеевич пригласил меня в кабинет и сказал: «Перейдем к следующему этапу обучения. Будешь работать в мастерских института». О, ужас! Я молотка держать не умела. Но надо — так надо! «Лаборант должен уметь все!» Пришлось начинать «все» делать. Теперь я оказалась в руках А. М. Роговцева, М. Иншакова, А. М. Андреева. Работала с механиками, столярами, оптиками, стеклодувами. Через некоторое время Бенцион Моисеевич вызвал меня «на ковер» для «допроса». Ох, как же я волновалась! Не хотела ударить в грязь лицом. Допрашивал А. М. Роговцев, а Бенцион Моисеевич слушал. Я дрожала, очень хотелось выдержать этот экзамен. Наконец, все умолкли. Бенцион Моисеевич спросил: «Ну, как, Алексей Михайлович, Ваше впечатление?» — «Немного волновалась, делала маленькие ошибки, а вообще — хорошо». Тяжелая ноша свалилась с плеч, когда Бенцион Моисеевич сказал: «Молодчина!»

Но это — не все. Теперь меня послали учиться у Лавра Николаевича Штейнгауза. Первое задание — груда винтиков, шайбочек и т. п. Я должна разобрать и положить каждый предмет в свой ящичек. Слава богу, Роза Яковлевна Разбаш показала, как лучше и легче выполнить это. Прокопалась я долго, но сделала. Работа была нудная, но я потом поняла — Бенцион Моисеевич вместе с Лавром Николаевичем приучали к четкости, вниманию, упорству. Бенцион Моисеевич похвалил вздохнув, а я ощутила счастье!

Л. Н. Штейнгауз был ассом по приборам. Попала я в «ежовые рукавицы». Он объяснял, заставлял переделывать, если что не так. Одним словом, выматывал меня, но я терпела. Противное занятие — мотать тонкую проволочку на катушку гальванометра. Одолела и это. Правда, Роза Яковлевна опять

помогла советом. Сделала все четко и хорошо. Я ликовала! Значит, все могу (правда, если захочу). Но школу мужества и четкости я прошла.

Дальше уже интереснее. Бенцион Моисеевич отдал меня в руки Иды Михайловны Гольдман. Я помогала в монтаже установок. На одной из них делал дипломную работу А. А. Абрикосов. И опять Бенцион Моисеевич и Ида Михайловна похвалили меня. Бенцион Моисеевич все держал под личным контролем и был доволен, когда я делала все четко и аккуратно.

Далее Б. М. учил меня общению с другими ведомствами, институтами. Я ездила и в воинские части.

И это еще не все. Теперь я должна была показать, чего я достигла. Начал со следующего: для чего я занималась монтажом установки, для чего она нужна и т. д. Он задавал вопросы, я отвечала. И это испытание выдержала! Может быть, теперь я настоящий лаборант?

В Лаборатории часто проходили семинары, и я должна была их обязательно посещать и я кое-что записывала.

Лабораторию часто посещали ученые из других институтов, чаще всего — из школы А. Ф. Иоффе («папы Иоффе»). Однажды приехали П. П. Кобеко и А. П. Александров. Они приехали познакомиться с нашей послевоенной Лабораторией (пишу «нашей», почувствовала себя членом коллектива). Вдруг Анатолий Петрович увидел меня и обратился к Павлу Петровичу Кобеко: «Павел Петрович, посмотрите — это же наша Наташа, которую мы знаем по Казани!» и тут же спросил Б. М., чем это я здесь занимаюсь. Б. М. рассказал, что я лаборант его Лаборатории, рассказал какую школу я у них прошла и стала прекрасной лаборанткой («прекрасная» — нескромно, да? Но школа была той еще школой — ад крошечный. Сколько я всего перетерпела! И все же действительно получилось из меня что-то). Анатолий Петрович не утомился и как всегда с невинным видом спросил: «А взрывов было много?» Спасибо Б. М., он с удивлением сказал: «А почему Вы решили, что были взрывы? Конечно, нет».

Много лет спустя, когда я была в гостях у Анатолия Петровича, он вспомнил свой визит в Лаборатории ФИАН и с новыми выдуманнами им подробностями решил «уличить меня». Но я уже стала взрослой и подыграла ему. Я уже не стеснялась.

Я часто задумывалась, как удалось Б. М. за два года сделать из меня человека. Я ведь ничего не умела, была неусидчивой, неаккуратной в работе, а тут стала совсем другим человеком, стала делать все, как следует. В этом заслуга Бенциона Моисеевича. Его учебу я пронесла через всю жизнь. Можно сказать, что он дал мне «путевку в жизнь», и я всю жизнь благодарю его за это.

В 1945 г. Сергея Ивановича Вавилова избрали президентом Академии, и он пригласил меня перейти в Президиум АН работать в его секретариате. Я, честно говоря, оторопела — я привыкла к ФИАНу, к лаборатории. Мне было

все интересно. Я честно выложила ему свои чувства и попросила разрешение ответить утром. Я хотела посоветоваться с мамой и с Бенционом Моисеевичем. Мамы не было, а Бенциону Моисеевичу я со всеми подробностями пересказала мой разговор с Сергеем Ивановичем. Он внимательно выслушал и сказал (может быть, я не так сейчас передам его слова, но суть точна): «Наташа, я понимаю, что ты привыкла к нам, тебе интересно и мы тебя полюбили, но Сергей Иванович редко обращается с подобными просьбами. Это для тебя честь, а ты... Никто из сотрудников ФИАН не отказал бы ему в его просьбе. Завтра утром пойди к нему и скажи, что согласна, что ты просто испугалась Президиума. И даю тебе слово: если тебе там не понравится — возьму тебя обратно».

Дома рассказала маме. Она была согласна с Бенционом Моисеевичем и долго мне рассказывала, как интересно работать с Сергеем Ивановичем.

Утром я была у Сергея Ивановича и сказала ему, что от неожиданности я просто испугалась, что вдруг не смогу... Он улыбнулся и произнес: «Ну, вот и хорошо. Будете работать с Натальей Алексеевной Смирновой. Она блестящий сотрудник». Так я опять стала работать в Президиуме и после 60 лет работы в Академии я сейчас на отдыхе. Я с благодарностью вспоминаю годы работы в Академии.

В ФИАНе я заработала благодарность. В газете, посвященной женщинам ФИАНа, были написаны статьи о женщинах института, а я была отмечена так: наклеена моя небольшая фотография и под ней подпись — «А у этой девочки при умной голове — золотые руки». Я была счастлива, а больше всего — за маму. Я ее не подвела, обещая научиться работать. Но больше эта благодарность относится к Бенциону Моисеевичу. Ему я низко кланяюсь. Это он научил меня многому, а главное — умению быть хорошим работником. Я работала с удовольствием: интересная работа, вокруг интересные умные люди. Все было интересно. Я получила письмо от академика Б. Е. Патона, в котором он написал: «<...> Мы с Вами жили и работали в „золотой век“ науки». А ведь и правда!

Вавиловский дух ФИАН: о Евгении Львовиче, Бенционе Моисеевиче, о фиановцах и о себе

И. И. Иванчик

С Бенционом Моисеевичем Вулом я был тесно связан в течение 27 лет — с 1958 г. до его кончины в 1985 г. Прошло уже 23 года, как Бенциона Моисеевича не стало. Забываются подробности. Попытаюсь дать обобщенный образ Бенциона Моисеевича, как он сохранился в моей памяти.

В 1955 г. я поступил в аспирантуру Теоротдела ФИАН к Евгению Львовичу Фейнбергу с интуитивным убеждением общего плана, что актуальные тогда трудности с расходимостями в квантовой электродинамике имеют не физическую, а математическую природу, иначе говоря, что дело в неудачной математической формулировке теории. Общепринятый выход из положения с бесконечными перенормировками меня не устраивал и я готов был положить жизнь на отыскание правильной, математически замкнутой и принципиально конечной формулировки теории. Евгений Львович ясно видел, что мой взгляд на электродинамику противоречит научному общественному мнению, не может найти одобрения у научной общественности и что мне, может быть, в течение многих десятилетий придется искать ключ к исправлению математической формулировки электродинамики в одиночестве.

Поэтому на период аспирантуры Евгений Львович дал мне конкретную маленькую задачку, помог защитить кандидатскую на тему «Дифракционное расщепление простейших систем» и, когда срок аспирантуры истек, сказал, что готов оставить меня в Теоротделе ФИАН, но на условии, что я буду целиком заниматься проблемой сильных взаимодействий и не стану отвлекаться на свои глупости с электродинамикой. Если же я намерен делить свое время между электродинамикой и еще чем-то, то может быть, в качестве этого «еще чего-то» выбрать физику твердого тела, физические основы которой не вызывают сомнений и задачи в которой легче, чем в теории сильных взаимодействий. Правда,

предупредил он, такая двойственность в занятиях психологически может вызывать затруднения. «Понимаете, Игорь, если Вы будете параллельно заниматься твердым телом, то Вам придется в задачи твердого тела войти, в них погрузиться». Взвесив все и осознав, что в Теоротделе мне лучше не оставаться, я согласился со вторым вариантом моего трудоустройства, предложенного Евгением Львовичем, и тогда Евгений Львович рекомендовал меня Б. М. Вулу, заведующему экспериментальной лабораторией физики полупроводников.

В то время еще свежа была память об открытии (в 1944 г.) Бенционом Моисеевичем сегнетоэлектрических свойств титаната бария BaTiO_3 , за что он получил в 1946 г. Сталинскую премию. Летом 1958 г. меня зачислили в группу, занимавшуюся проблемами сегнетоэлектричества (ее возглавлял Сергей Васильевич Богданов), и в качестве прикрытия своих основных занятий (не связанных с тематикой лаборатории) я избрал феноменологическую теорию сегнетоэлектрических доменных структур.

Бенцион Моисеевич возглавлял еженедельный семинар по физике полупроводников и диэлектриков, на котором должны были присутствовать все сотрудники лаборатории. В конце каждого заседания семинара Бенцион Моисеевич брал слово и кратко подытоживал физическую суть прозвучавших на заседании докладов. Эти его выступления имели большое воспитательное значение: часто только после разъяснений Бенциона Моисеевича присутствующим становилось понятно, что же, собственно, сделано в докладываемой работе.

В теории сегнетоэлектрических доменных структур я ввел понятие о сегнетоэлектрике-полупроводнике и дал теорию однодоменных с-доменных сегнетоэлектриков, в которых спонтанная поляризация экранируется собственными свободными носителями заряда в кристалле. Такой подход заинтересовал Бенциона Моисеевича, и в его кабинете мы обсуждали относящиеся сюда вопросы. Впоследствии этим заинтересовался также и Генрих Михайлович Гуро. Результатом совместных дискуссий явились статьи трех авторов (Вул, Гуро, Иванчик) и одно их авторское свидетельство на тему светового излучения при быстрой переполяризации с-доменного кристалла.

В 1962 г. Анатолий Васильевич Ржанов, избранный членом-корреспондентом АН СССР по Сибирскому отделению, с группой своих сотрудников переезжает из лаборатории Бенциона Моисеевича в новосибирский Академгородок, где организует Институт физики твердого тела и полупроводниковой электроники (теперь — Институт физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН). И в 1963 г. к Ржанову в Новосибирск уезжает с группой своих сотрудников Серей Васильевич Богданов, после чего группа, занимавшаяся в лаборатории Вула проблемами сегнетоэлектричества, перестала существовать, и я оказался «подвешенным в воздухе».

Зная о моих «подпольных» занятиях проблемами квантовой электродинамикой, Бенцион Моисеевич несколько раз подробно обсуждал со мной феномен «дрожания» электрона (точное решение Шредингером уравнения Дирака для свободного электрона) в надежде экспериментально смоделировать аналогичный эффект в собственном полупроводнике, в котором роль электронов и позитронов играли бы электроны зоны проводимости и дырки валентной зоны. На время я как бы стал его «придворным теоретиком». Не всем это нравилось. В кулуарах рассказывали, что недовольные подняли на Ученом совете Лаборатории вопрос о том, что я «недостаточно вхожу в тематику Лаборатории», Бенцион Моисеевич ответил критикам: «мне звонят сверху и говорят, что Иванчик работает на мировом уровне и что его не надо трогать». И критики умолкли. «Сверху» — это из Теоротдела (он тогда помещался «под крышей», на 3-м и 4-м этажах за библиотекой, где теперь находятся канцелярия и сектор В. П. Силина). Я о таких звонках ничего не знал, а оказывается, что Вулу звонил Евгений Львович.

Лаборатория Вула сильно разрослась. И когда в 1969 г. Бенцион Моисеевич был удостоен звания Героя Социалистического Труда, он решил собрать сотрудников в одном месте, чтобы окинуть взором весь коллектив. Это происходило в здании гостиницы «Метрополь». Огромный зал был забит народом, и Бенцион Моисеевич с супругой Софьей Даниловной переходил от кучки к кучке и представлял ей сотрудников. Когда они подошли ко мне, Бенцион Моисеевич сказал Софье Даниловне: «а вот он очень здорово берет любые интегралы».

В экспериментальных лабораториях ФИАНа существовало, по выражению Виталия Лазаревича Гинзбурга, «крепостное право» для работавших в них теоретиков. Теоретик, как «крепостной», должен был заниматься только теми разделами теоретической физики, которые непосредственно относились к тематике экспериментальной группы. Идея о подчиненном положении теоретиков настолько укоренилась, что Бенцион Моисеевич вынужден был распределить всех теоретиков лаборатории по конкретным экспериментальным группам. Я оказался в группе Энгельсины Ивановны Заварицкой; пришлось оставить сегнетоэлектрики и заняться вырожденными полупроводниками. Эта тематика интересовала и самого Бенциона Моисеевича, в связи с идеей создания полупроводникового лазера (за которую он, Алексей Петрович Шотов и другие получили в 1964 г. Ленинскую премию). Но Вул не доводил до абсурда идею о «крепостном праве», и в группе Заварицкой я пользовался относительной свободой занятий.

В начале 1970-х гг. в своих неофициальных занятиях квантовой электродинамикой я сосредоточился на попытке решить проблему расходимостей путем строгого суммирования предварительно регуляризованных рядов теории возмущений. Ввиду сложности структуры рядов, возникающих при таком подходе,

я решил научиться суммировать аналогичные ряды на более простых математически, но все еще содержательных физических моделях. С этой целью я совершил два предельных перехода от квантовой электродинамики сначала к нерелятивистской статистической квантовой механике, а затем к классической статистической физике. Оказалось, что ряды квантовой электродинамики переходят тогда в известные в классической статистике разложения термодинамических величин в ряды, маркируемые неизоморфными связными и двусвязными графами. И начиная с 1973 г. я на несколько десятилетий погрузился в классическую статистическую механику (имея в виду, что это — временно, что, научившись, вернусь к своей проблеме в квантовой электродинамике).

Классическая статистика имеет свою область физических приложений (неидеальные газы, простые жидкости), которая ближе к проблемам конденсированных сред (т. е. к экспериментальной «тематике лаборатории полупроводников»), чем «заумь» квантовой электродинамики. Свою первую чисто математическую работу по генеалогии и упорядочению неизоморфных графов я представил к опубликованию в Трудах ФИАН. На Ученом совете лаборатории полупроводников Алексей Петрович Шотов и некоторые другие выступили против того, чтобы рекомендовать эту работу к публикации на том основании, что она не представляет интереса для Лаборатории. Положение спас Николай Алексеевич Пенин, который объяснил, что графы играют, например, большую роль в радиотехнике. И при поддержке Бенциона Моисеевича и Николая Алексеевича Ученый совет лаборатории принял решение рекомендовать статью к публикации.

После 1979 г. при поддержке Бенциона Моисеевича я публиковал статьи по теории доменных структур в сегнетоэлектриках, вырожденным $p-n$ -переходам в полупроводниках, и по суммированию расположенных по неизоморфным графам рядов, выражающих термодинамические величины в классической статистике. Мы часто обсуждали с ним в его кабинете в ФИАН и у него дома конкретные вопросы физики полупроводников. Запомнилась одна сценка в его кабинете. Он рассказывал о первых работах по получению германия в СССР. И вдруг подошел к шкафу, вытащил с нижней полки большой, объемом примерно 1 дм^3 , тяжелый куб германия, с трудом приподнял его и произнес на украинский манер: «берешь в руки — маэш вэць». Время шло, и вот однажды Бенцион Моисеевич сказал мне: «Игорь, знаете, по естественным причинам у меня больше нету сил Вас поддерживать». Примерно через полгода Бенциона Моисеевича не стало.

Евгений Львович тогда еще был жив. С момента кончины Бенциона Моисеевича прошло уже свыше 20 лет. И Евгения Львовича не стало. Я пятьдесят лет ищу математический ключ к проблеме расходимостей в квантовой электродинамике. Много разных подходов перепробовал, пока еще не нашел. В заключение

этих воспоминаний о Бенционе Моисеевиче скажу, что только в вавиловском ФИАНе была возможна такая ситуация, что экспериментальная лаборатория (впоследствии — Отделение физики твердого тела ФИАН) терпела в своих рядах теоретика, «далекого от тематики лаборатории», на том основании, что на общефиановском уровне этого теоретика поддерживал Теоротдел (впоследствии — Отделение теоретической физики ФИАН) в лице Евгения Львовича. Если боги ниспошлют мне успех, то главным огорчением будет то, что я не смогу об этом рассказать самому Евгению Львовичу, Бенциону Моисеевичу (и Дираку), а только их теням, которые живут и будут жить в моей душе, пока я сам жив.

Памяти Б. М. Вула

В. К. Аладинский

В 1961 г. я закончил физфак МГУ по кафедре «Физика полупроводников», которую возглавлял В. С. Вавилов, ближайший сотрудник Б. М. Вула в ФИАНе. Но впервые я попал в ФИАН, кажется, в 1963 г. Начиная с 1959 г. я трудился на предприятии п/я 2603 (впоследствии НИИ «САПФИР»), куда меня и несколько студентов привез тогда ассистент кафедры А. Э. Юнович. Помню, в проходной института он многозначительно произнес: «Здесь, ребята, делают штуки!»

Моя работа в НИИ была связана с разработкой стабилитронов — приборов, в которых используются туннельный эффект и ударная ионизация, исследовавшаяся в работах Б. М. Вула и А. П. Шотова. Помню, что фундаментальные теоретические работы по этим эффектам сделал Л. В. Келдыш, с которым меня и познакомил мой замечательный друг И. Сисакян, тогда аспирант Теоротдела ФИАНа. Вот Л. В. Келдыш и привел меня к Б. М. Вулу, когда возник вопрос о моем поступлении в безотрывную аспирантуру ФИАНа. Под руководством Бенциона Моисеевича я прошел школу ФИАНа, главным образом участвуя в знаменитом семинаре лаборатории Б. М. Вула по пятницам.

На этом семинаре каждый сотрудник имел свое место. Б. М. Вул, помнится, занимал кресло во втором или первом ряду, слушал, подперев рукой свою большую седую голову с огромным лбом. Казалось, что он спит или дремлет, но вот наступает время подводить итоги выступления очередного докладчика, Б. М. медленно встает, поворачивается к слушателям и участникам семинара и блестяще, кратко и в то же время глубоко делает анализ доложенной работы.

Помнится, что во время выполнения диссертации я вначале сильно документал Б. М. докладами о своих очередных успехах, как курочка Ряба, снесшая очередное яичко. Во время одной из таких бесед Б. М. заметил, что когда он был аспирантом у А. Ф. Иоффе, то беседовал с ним за все время выполнения диссертационной работы дважды — при этом он поднял руку с выдвинутыми двумя пальцами, — первый раз, когда поступил в аспирантуру, а второй раз, когда ее закончил. Второй урок он мне преподнес, когда стал читать первый

вариант моего опуса: «Я прочитал 50 страниц вашей работы и не пойму, что же вы собираетесь делать». В конечном итоге я защитил не только кандидатскую, но и докторскую диссертацию на Ученом совете ФИАНа в 1974 г., а первым оппонентом у меня выступал будущий Нобелевский лауреат Ж. И. Алферов. Без поддержки Б. М. Вула, Л. В. Келдыша и Ж. И. Алферова мне, работнику электронной промышленности, этот физический олимп было бы не одолеть.

Приведу еще один пример поддержки Б. М. совсем из другой области. В 1973 г. я вместе с В. М. Тучкевичем и Б. М. Вулом принимал участие в работе Международной конференции по электронным приборам в Японии, в городе Токио, где впервые в жизни выступал с докладом на английском языке. Не будь в зале Б. М. Вула и В. М. Тучкевича, которые ободрили меня, сказав, что мой английский был не хуже английского японских коллег, уверенности у меня было бы гораздо меньше. В заключение еще один курьезный случай. Так получилось, что Б. М. Вул и В. М. Тучкевич прилетели на один день раньше, чем я и остальные члены делегации. Соответственно, они и улетали раньше. У меня же при прилете в Японию, при таможенном досмотре в силу объявленного карантина на ввоз некоторых продуктов отобрали два батона сырокопченой колбасы. Размер этой катастрофы могут оценить только зарубежные командировочные советского периода. Я после покупки бытовой японской аппаратуры, которую мне, кстати, помог приобрести Л. К. Водопьянов, сотрудник ФИАНа, был в полном ауте, как и остальные члены делегации. И в этот момент в наш номер перед отлетом заходят два академика и вручают мне два батона такой же сырокопченой колбасы и (!) 0,75 литра посольской водки. Такого праздника никто из нас не мог предвидеть.

Заканчивая свои воспоминания о Б. М. Вуле, хочу сказать, что он был, вне всякого сомнения, масштабной личностью и не только по своим научным заслугам, но и по человеческим качествам.

Из воспоминаний о ФИАНе*

А. В. Ржанов

<...> В конце 1945 г. [после фронта, ранений и операций. — В. Б.] я вновь появился в Москве в ФИАНе. Сначала я остановился у тетушки, которая, как и в первые мои приезды, жила в «Доме известий» неподалеку от Киевского вокзала. Но все-таки добираться оттуда с пересадкой в метро до Миусской площади, где был ФИАН, было тяжело, и я снял угол у фиановской уборщицы, где мы в ее комнате поселились вдвоем с техником нашей лаборатории Борисом Копыловским. К этому времени Вул уже сформулировал для меня новую тему, и по сути дела я начал аспирантуру заново. Правда, у меня был готов еще один экзамен по квантовой механике, который я вскоре и сдал, а потом занялся экспериментом.

Здесь, наверное, надо все-таки некоторое пояснение сделать. Дело в том, что лаборатория Вула в ФИАНе, еще чуть ли не в Казани (в эвакуации), занималась керамическими диэлектриками на основе титанатов. Титанаты кальция, стронция и последний был — бария. И мои первые исследования связи диэлектрической проницаемости с пробивным напряжением тоже были на этих титанатах. А дальше, в отличие от других титанатов, титанат бария показал некие аномальные свойства, и Вул сначала написал статью, что эти свойства позволяют предположить, что это новый сегнетоэлектрик. Потом через некоторое время послал вторую статью, где отказался от своего утверждения. И таким образом вопрос, в известном смысле, остался открытым. И мне он предложил изучить температурную зависимость так называемой спонтанной поляризации, характерной для сегнетоэлектрика, и выяснить наличие (или показать отсутствие пьезоэффекта), которое тоже должно было быть у сегнетоэлектрика, а вот у керамики титаната бария эффекта не наблюдалось. Я и принялся за эти две

* Фрагменты из книги: След на земле. Солдат, Ученый, Учитель: Посвящается памяти академика Анатолия Васильевича Ржанова. 1920–2000 гг. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 460 с. Текст публикуется с любезного разрешения ответственного редактора книги чл.-корр. И. Г. Незвестного. Фрагменты из воспоминаний А. В. Ржанова информируют фактически только о его работе в ФИАНе. Тем не менее они дают представление о масштабе и важности одного из направлений работ лаборатории, руководимой Б. М. Вулом.

задачи. Работал я очень помногу и первую часть задачи, связанную с температурной зависимостью спонтанной поляризации, в общем, довольно быстро сделал, доказав, что это действительно сегнетоэлектрик.

Не входя в излишние подробности, поясню только основную мысль, все известные ранее сегнетоэлектрики и пьезоэлектрики были крупными монокристаллами или состояли из монокристаллических областей, достаточно крупных. Что же касается нашей керамики, то она являлась поликристаллическим образованием, состоящим из большого количества хаотически ориентированных микрокристаллов. Наложением на такую систему большого ориентирующего поля можно было создать преимущественную ориентацию большинства микрокристаллов в направлении поля, и при этом уже появлялись пьезоэффект и анизотропия других свойств. Все это удалось получить экспериментально и исследовать достаточно подробно свойства такого специфического пьезоэлектрика. Надо сказать, что эти свойства представляли большой интерес для практики, поскольку естественные пьезокристаллы очень дороги — это известный пьезоэлектрический кварц, аквамарин и некоторые другие. И, кроме того, у таких искусственных керамических пьезоэлектриков можно было получить аномальные свойства, которые вообще невозможны в монокристаллах, в частности весьма специальные виды пьезоэлектрических колебаний. Резюмируя, можно сказать, что за два с небольшим года мне удалось выполнить исследование, которое не только полностью отвечало требованиям к экспериментальным диссертациям по физико-математическим наукам, но и открывало широкие перспективы для дальнейшего продолжения работы.

<...> Сейчас я хотел бы сказать, что, конечно, мне сильно повезло. К моменту моего возвращения в лабораторию в конце 1945 г. усилиями Розы Яковлевны Разбаш и Иды Михайловны Гольдман была создана достаточно надежная, по тому, во всяком случае, времени, технология изготовления этих керамических материалов. Везение везением, но большую роль, конечно, сыграла и очень напряженная моя работа. Действительно, все эти два года я работал очень интенсивно <...>.

<...> Я все время чувствовал, что действительно работаю в новой области, причем даже во всем остальном мире, не говоря уже о нашей стране, те, кто идут по этому пути, а их насчитывалось человек 10–15, заметно отстают от меня, судя по публикациям, во всяком случае. Приходилось действительно много думать и изобретать, и теоретизировать, и все это было как-то легко, без большого напряжения и доставляло действительно колоссальное моральное удовлетворение. Почти все эти 2–2,5 года в параллель я ухитрялся делать сразу несколько дел — и вел экспериментальную работу, и следил за литературой, и учился тому, что не преподавалось и что было достаточно ново для меня. Благо в Физическом институте им. Лебедева была очень хорошая иностранная научно-техническая

библиотека. И самое главное, действительно вкладывал очень много творчества в самых различных областях — в физической и математической обработке, технологической, инженерной. Короче говоря, все это было очень увлекательно и доставляло колоссальное удовольствие.

<...> Мне все время приходилось заниматься по нескольким делам одновременно, что я делал с удовольствием. В частности, я написал по просьбе Георгия Ивановича Сканава, который в это время завершал работу по своей хорошей книге по физике диэлектриков, довольно большой параграф по сегнетоэлектрической керамике и пьезоэлектрической керамике, даже два параграфа. И это было, по сути дела, первым моим печатным трудом, кроме статей. Послал в печать целых две статьи по сегнето-электрикам и по пьезоэффектам...

<...> По предложению редакции журнала «Успехи физических наук» я написал большой обзор по сегнетоэлектрическим и пьезоэлектрическим свойствам. Короче говоря, в результате у меня появилось довольно большое количество публикаций по материалам кандидатской диссертации, что в те времена было очень нечастым явлением. Правда, вышли из печати все эти статьи значительно позже защиты, что было бы теперь совсем невозможно, но тогда было совершенно обычно.

Наконец, 22 июня 1949 г., в 8-ю годовщину начала войны, на что, по правде говоря, я не обратил тогда внимание, состоялась моя защита кандидатской диссертации. Была она в старом здании ФИАН на Миусской площади. Поскольку в те времена это все-таки было событием, в конференц-зале Института собралось если не все, то, по крайней мере, большинство научных сотрудников института. Защита была довольно оживленной, мне задавали много вопросов, причем один вопрос был явно подготовленный. Он меня поставил даже немножечко в тупик, на несколько мгновений. Задал его Вулберг, оппонент диссертации. Я немножко растерялся, и маленькая подсказка, одно только слово моего шефа Бенциона Моисеевича вывело меня из ступора. Потом была полемика с одним из членов Ученого совета, который упорно хотел найти определенный параллелизм между физической природой спонтанной поляризации сегнетоэлектриков и магнетиков. Вот здесь-то я был на высоте и упорно защищался от его нападков, настаивая на том, что все-таки природа здесь совсем другая и это не отдельные магнитные диполи или их эквивалентно-электрические диполи, а результирующая поляризация элементарной ячейки. Большое впечатление, на меня по крайней мере, произвело заключительное выступление председателя Совета Сергея Ивановича Вавилова, который отметил что это первая защита в Институте участника войны. Что, так сказать, рад приветствовать и пожелать диссертанту успехов в дальнейшей работе.

<...> В конце августа я вновь приступил к работе. У меня был подготовлен целый план действий по дальнейшему исследованию пьезоэффекта, и я был

совсем уверен, что это действительно серьезное направление, по которому можно много интересного сделать. Действительно, хотя пьезоэлементы во многом и уступали пьезокварцу по плотности, по стабильности, в частности температурной, но они были несравненно дешевле, так что могли быть применены в таких областях, как дефектоскопия, ультразвуковая локация и многих других. В одном из журналов я вычитал чуть позже, что какая-то фирма стала выпускать даже пьезоэлектрические адаптеры для патефонов и на этом сделала неплохой, как теперь говорят, бизнес. Такое определялось направление, но для этого нужно было решить целый ряд физических проблем, в частности исследовать и получить данные по всей матрице пьезоконстант, соответствующие различным кристаллографическим направлениям данной симметрии, упругим константам. Надо было изучить стабильность пьезоэффекта. Работы, было видно, — непочатый край. Я уж не говорю о том, что много можно было сделать, и очевидно, что это действительно нужно делать, в направлении усовершенствования технологий, в частности создании пьезоэлектрических композиций разных материалов, поскольку титанат стронция, очень близкий к титанату бария, тоже скорей всего должен был быть пьезоэлектриком и т. д. И я этими делами серьезно занялся и с большим увлечением работал.

Где-то в марте 1949 г. вдруг совершенно неожиданно меня пригласил Сергей Иванович Вавилов. Он сначала говорил о том, чем я занимаюсь, как идут дела, а потом вдруг обратил мое внимание на небольшое письмо в редакцию в журнале «Physical Review» и спросил, смотрел ли я этот номер. Я сказал, что смотрел, но на эту заметку внимания не обратил. Он мне в двух словах рассказал о ее содержании. Если только это не дезинформация или какая-нибудь ошибка, то в этом письме в редакцию сообщается о создании аналога вакуумной электронной лампы, и если это все действительно так, то открывается широчайшее поле для совершенно принципиальных изменений в радиоэлектронике. Попросил посмотреть, подумать, а через недельку прийти к нему со своим заключением, что и как. Я выполнил это поручение, разобрался и со статьей, из которой было трудно что-либо понять, кроме основной идеи, уже изложенной Сергеем Ивановичем, но там были еще ссылки, поэтому я разыскал другую литературу, как обычно делается. Короче говоря, через неделю у меня уже было довольно отчетливое представление о том, что это может быть, и я рассказал Сергею Ивановичу, что, по моему мнению, это все-таки не дезинформация, а действительно интересное очень сообщение об интересном открытии или изобретении. Но это достаточно непростая вещь, поскольку такой материал, как монокристаллический германий, о котором в наших справочниках написано, что он используется только в качестве присадок при варке некоторых специальных стекол, никакого другого практического применения не имеет, и вопрос, даже при его постановке, требует серьезного к себе отношения. Сергей Иванович стал меня убеждать заняться

этим. Я пытался возражать. Говорить, что мой пьезоэффект, на мой взгляд, тоже достаточно интересный и перспективный, но как-то не смог убедить. Сергей Иванович был уверен и даже напрямую говорил, что недостатки у этих пьезоэлементов настолько серьезны, что они могут иметь только довольно ограниченное применение и ограниченный физический интерес, а вот это новое германиевое направление, если это действительно реально, то это просто переворот.

И короче говоря, он меня не то чтобы убедил, но все-таки авторитет Сергея Ивановича в глазах свежееиспеченного кандидата был так велик, что я этому давлению противостоять не мог. И дал согласие. Вот на этом мы и разошлись. Про себя я утешался таким соображением, что если я смогу действительно выяснить основной вопрос — дезинформация это или нет — то, во-первых, могу продолжать одновременно с этим заниматься и пьезоэффектом своим, а во-вторых, можно будет отложить окончательное решение вопроса на после. Мне Сергей Иванович дал записку к своему знакомому, академику Гребенщикову в Государственный оптический институт, у которого, как он сказал, есть грамм двуокиси германия, и он его мне даст для начала работы. Любопытно, что Сергей Иванович, по-моему, он был и президентом Академии наук уже в это время, не знал, что в Советском Союзе работы с германием ведутся уже года полтора—два. Велись они в Государственном институте редких металлов, ГИРЕДМЕТе, с прицелом на кристаллические детекторы для радиолокации. Радиолокация была в те времена одним из таких серьезных китов, на которых держались, прежде всего, физика и электроника. И вот ради нее и был сделан вот такой финт, втайне даже от президента Академии наук, и развернуты работы по германию. Я узнал об этом довольно случайно, чуть ли не от Абрама Федоровича Иоффе или от кого-то из его сотрудников, которые мне назвали такого Сергея Григорьевича Калашникова, который в Институте промышленных средств связи ведет работу по кристаллическим детекторам для радиолокации.

Я с ним связался и выяснил, что действительно, и германий в принципе существует, и Сергей Григорьевич уже некоторое время, полтора—два года, занимается германиевыми детекторами, но, правда, малосигнальными в сантиметровом диапазоне длин волн. Мы установили контакт, выяснилось, что он тоже заинтересовался этими работами по так называемым высоковольтным детекторам германия, и я думаю, что его же усилиями (в известной мере на его беду) меня включили в комиссию, которая громко именовалась правительственной, по приемке правительственной же темы от ГИРЕДМЕТа по созданию этих слитков германия.

<...> Стало ясно, что мой первоначальный план о совмещении работ и с германием, и со своими пьезоэлементами практически невозможен. И надо было выбирать между ними. А я уже к тому времени достаточно сильно увяз

в этой проблеме. Там оказалось много интересных моментов в чисто физическом плане. Ну и в значительной мере я увлекся и металлургией германия, и получением этих самых высоковольтных диодов, исследованием контактов, исследованием самого поведения приконтактных областей, да и хотелось довести начатое дело до какого-то логического конца. В общем, постепенно я свернул работы по пьезоэффекту. А в конце 1949 г. или может даже чуть позже, когда Сергей Васильевич Богданов, мой товарищ по аспирантуре, защитил свою кандидатскую диссертацию по каким-то там СВЧ-проблемам, то Вул предложил мне уже вполне официально передать это пьезоэлектрическое направление Сергею Богданову, а самому целиком заняться германиевыми делами.

В это время у меня уже начала складываться группа, в которую первоначально вошли инженер Боря Копыловский, техник Женя Горский. Нам отдали одну из проходных будок старого ФИАНа, в которой мы смонтировали очень большой СВЧ-генератор и высокочастотную печь для переплавки и перекристаллизации гиредеметовских слитков. И начали работы в основном этакого металлургического характера. Путем многократных переплавок нам удавалось все-таки несколько гомогенизировать эти гиредеметовские слитки, проводить нечто вроде зонной плавки, в результате которой отгонять примеси в концы этого слитка и получать значительно более очищенную и однородную центральную часть его. И на нем, на образцах, выращенных из этой более чистой части, вести некоторые физические измерения и делать первые образцы высоковольтных германиевых точечно-контактных диодов. Чтобы уж не возвращаться к этому, скажу, что группа постепенно росла, у нас появилась девушка-химик, которая занялась поверхностной обработкой, травлением этих образцов, нанесением контактов к ним. А дальше надо было налаживать и более надежные измерения не только удельного сопротивления, но и эффекта Холла, а еще немножко позже — и времени жизни носителей и длины диффузионного смещения. Но об этом чуть позже.

Разбираясь с литературой, начиная от того письма в «Physical Review», на которое мне указал Сергей Иванович, я по ссылкам, статьям уходил все дальше и дальше вглубь, в предыдущие времена и довольно скоро понял, что открытие транзисторного эффекта не явилось чем-то случайным, а является естественным продолжением очень обширного цикла исследований, которые в значительной мере проводились и у нас в стране школой Абрама Федоровича Иоффе в Физико-техническом институте и некоторых других еще в довоенные времена. Правда, эти исследования, среди которых были и экспериментальные, и даже теоретические — создание теорий выпрямления в полупроводниках, в полупроводниковых структурах, как мы бы теперь сказали, — в экспериментальной части в основном опирались на так называемый естественный кристалл типа сернистого свинца, двуокиси цинка и многие другие. И начало им было

положено, как удалось выяснить, анализируя литературу, первыми же работами Попова, когда понадобился кристаллический детектор. При этом были и всплески, оказалось, что первый не только выпрямительный, но и усилительный прибор под названием «Крестодин» был создан советским изобретателем Лосевым в Нижегородской радиолaborатории. Все это было достаточно новым для меня и интересным, поскольку в нашей сколько-нибудь систематизированной обработке результатов обзорных статей почти не было и мне пришлось выискивать таким вот методом обратного поиска по литературным ссылкам. В результате у меня образовалась довольно значительная библиография, посвященная этому вопросу. Я был очень польщен, когда Вул передал мне просьбу Сергея Ивановича подготовить для него образец (копию) этой библиографии. <...> Он просто дал задание разобраться в полупроводниковых делах и заодно выяснить, каковы судьбы советских исследований в этой области, которые велись, как я уже говорил, в Ленинградском физико-техническом институте.

При этом я познакомился с Абрамом Федоровичем Иоффе. По его просьбе сделал у них на семинаре даже пару докладов об американских исследованиях. Был немножечко удивлен некому скептицизму что ли Абрама Федоровича Иоффе и его ближайших сотрудников, в том числе жены — Анны Васильевны Иоффе, которые не сразу поняли основной момент, который внесли американские исследования в эту область. Суть этих исследований заключалась в достаточно сложных полупроводниковых кристаллах. С ними все тот же Лосев работал перед войной, когда он перебрался в Ленинградский физико-технический. По-видимому, Абрам Федорович его пригласил туда. Он пытался завести, так сказать, металлофизические обработки этих кристаллов, но с не очень большим успехом. И вот — идея (я так точно даже и не знаю чья, как-то это не получило большого резонанса в науке) делать детекторы, которые, как я уже говорил, понадобились для цели радиолокации. Делать их из достаточно экзотичного и редкого в те времена материала — германия. А выяснилось, что при этом появился и принципиально новый момент — взаимное проникновение электронов и дырок соответственно из электронной и дырочной части контакта $p - n$ -перехода, проникновения в чужую зону так называемого эффекта инжекции. И Абрам Федорович выражал явное сомнение в возможности такого эффекта, поскольку все работы по выпрямлению, которые велись у нас в довоенные времена (из-за, по-видимому, несовершенства этих границ раздела), свидетельствовали о том, что проникновение практически невозможно. Все чужеродные носители обязательно рекомбинировали в области контакта. И только на таком хорошем материале, как германий, и, кроме того, материале, где дырочная и электронная проводимости могли быть реализованы в одном и том же кристалле, разделялись только на две области, в зависимости от уровня легирования, вот там, в явном виде этот эффект инжекции имелся. А Абрам

Федорович был все-таки настоящий физик, и когда я рассказал им о всех прямых экспериментах по обнаружению вот этих не основных, так называемых инжектированных, носителей, т. е. дырок, в электронной области и, наоборот, электронов — в дырочной, то хотя и не сразу, но он это дело воспринял и подержал мои усилия в этом направлении исследований.

Так шли эти дела. Мы усиленно занимались технологией, постепенно начали получать эти образцы, в основном еще, конечно, поликристаллического германия или монокристаллического только в областях отдельных, т. е. в крупных блоках, на которых можно было уже экспериментировать. И первой нашей решенной задачей было получение уже отдельных образцов, а потом нескольких партий (уже десятки штук) таких высоковольтных германиевых детекторов, которые держали обратное напряжение 50–100 В, что для всех кристаллических выпрямителей было совершенно необычным. Такую партию детекторов мы даже сдали приемной комиссии, специально назначенной, и после этого, уже в 1950 г., занялись уже эффектом транзисторным, т. е. созданием структуры, в которой было два точечных контакта и третья базовая область, и получением эффекта прямого усиления с помощью такой структуры. В первые месяцы 1950 г. такие первые транзисторы в нашей группе были созданы, а потом шла довольно кропотливая работа по получению их воспроизводимого, так сказать, порядка, что было весьма трудно при большом разбросе характеристик исходного материала и обработки его, и получении тех же контактов, площадь которых была достаточно мала — десятки микрон.

Чтобы унифицировать дело с контактами, пришлось решить целый ряд технических задач, научиться электролитически затачивать тоненькие вольфрамовые иголки до диаметра острия около микрона. Разработать микроманипулятор, который позволял бы установить два таких контакта на поверхности кристалла германия. И, наконец, разработать метод импульсного приваривания этих контактов к поверхности, причем, поскольку каждая из процедур, естественно, шла с некоторым определенным разбросом, то постараться свести эти разбросы к какой-то более или менее приемлемой величине. Надо было решить эти задачи и разработать метод сборки всего транзисторного корпуса. У нас были металлические корпуса в виде маленькой трубочки диаметром 4 мм с двумя полистирольными пробками на конце, в которую были заделаны две ножки транзистора с одной стороны. Мне очень большую помощь оказал изобретательный ум моего технического помощника Жени Горскина, который был мастер на всякие тонкие по тем временам поделки. Постепенно дело двигалось, и от первых удачных экспериментов с получением эффекта усиления постепенно на протяжении конца 1950 – начала 1951 гг. мы перешли уже к изготовлению опытных партий таких транзисторов. Естественно, что очень много усилий требовала работа по характеристике самого материала германия. Многочисленные

переплавки позволили нам найти такие режимы, при которых получались слитки из достаточно крупных монокристаллических областей, из которых можно уже было выбрать образцы для измерений не только по удельному сопротивлению, но и по эффекту Холла.

<...> Установку Холла, разумеется, пришлось переделывать на простой и действительно адекватный задаче вариант. Пришла в известном смысле и помощь, но совсем с неожиданной стороны. В нашей лаборатории появился вдруг Виктор Сергеевич Вавилов, сын Сергея Ивановича, который взялся за безусловно нужное и полезное дело — конструирование и создание печи вакуумной для выращивания монокристаллов германия. К тому времени появились литературные сообщения, что в Америке монокристаллы германия выращиваются подобным образом по так называемому методу Чохральского.

<...> Так или иначе, вот его эта печка или, точнее, кристаллизационная установка через некоторое время, в 1953 г. заработала. И мы могли перейти от исследования отдельных крупных блоков, которые мы вырезали из крупно-блочных поликристаллических образцов, к уже монокристаллическим образцам, которые получались в этой группе. В дальнейшем, кстати, Виктор оставил эту область, а в лаборатории Вула появилась специальная группа металлургии, а еще раньше такая группа возникла в Институте металлургии, и работы по кристаллизации германия поставили на достаточно широкую ногу. И хотя по качеству германия мы всегда немножко уступали американским стандартам, особенно в части так называемого времени жизни, диффузионной длины, но, по крайней мере, недостатка в образцах мы не испытывали. Уже где-то в конце 1951 г. — начале 1952 гг. была организована правительственная комиссия, которой мы сдали (с опозданием примерно на два года по отношению к американцам) первую партию точно-контактных транзисторов. А собственно принципиальный вопрос, как был поставлен Сергеем Ивановичем мне: «Не дезинформация ли это?», был решен и, по крайней мере, на год раньше. Любопытно, что очень малыми силами подобная работа по созданию этих транзисторов началась и в промышленных институтах тогдашнего наркомата промышленных средств связи, может и министерства, уже забыл, но на удивление маленькой группой, которая даже не могла представить нескольких опытных образцов.

Таков был первый этап транзисторной части работы. В это время начали появляться сообщения уже о создании принципиально другой технологии — не точно-контактной, а так называемой сплавной, когда вот эта область $p-n$ -перехода реализовалась путем сплавления индия в монокристаллическую пластинку германия, другой вариант — диффузионный — путем диффузии того же индия и ряда других примесей. И мы начали работы в этом направлении. С ними мы немножко задержались, потому что в это время, как раз в конце 1952 — начале 1953 гг., ФИАН получил новое помещение на Ленинском проспекте. Моей

группе выделили там сразу один большой блок из трех комнат, одна экранированная в том числе, и две других больших комнаты, где можно было начинать эти работы. Пополнилась и группа, тогда появились и Рая Парамонова, Архипова, Коля Павлов, целая группа сотрудников уже научно-исследовательских и технических помощников. Мы довольно быстро освоили вот эту методику получения сплавных транзисторов и где-то в 1953 г. сдавали специальной комиссии партию таких транзисторов. При этом тоже произошла довольно забавная история, которую стоит, пожалуй, рассказать.

Еще во время возни с точно-контактными транзисторами, вопреки рекламным ширококвещательным заявлениям американцев о том, что, в отличие от вакуумных ламп, германиевые транзисторы — это вечное устройство, в котором никогда ничего не должно происходить, я убедился, что это вовсе не так. Там заведомо идут процессы на поверхности в «устье» самого этого сплавного контакта, благодаря которым у прибора имеется вполне определенное время жизни, поскольку его характеристики со временем портятся. И когда мы начали разрабатывать конструкцию такого сплавного транзистора, то мы это учли. Мы его загоняли в специальную капсулу, содержащую два стеклянных ввода, которые могли быть герметизированы, поэтому все устройство, если все аккуратно собрать, аккуратно запаковать, оказывалось достаточно герметичным и действительно мало подверженным внешним воздействиям. Вот такую партию мы и предъявили на испытания.

Ленинградский физико-технический институт тоже, хотя и позже нас, включился в эту проблему. Руководителем лаборатории там был В. Тучкевич. Они соблазнились такой конструкцией, при которой весь транзистор запечатывался в некую полиуретановую таблеточку. Выглядело это гораздо эффектней, разумеется. Такая таблеточка, типа таблетки, скажем, аспирина, из которой торчали три хвостика. И правительственная комиссия отметила, хотя я возражал против этого, что их конструкция и оформление гораздо больше подготовлены для промышленного внедрения, чем наша со стеклянными вводами, что осложняет сборку. И в то же время было принято решение комиссии — наши образцы — полсотни, такое же количество образцов изготовления Ленинградского физико-технического института, а третья партия была из одного промышленного НИИ, — поставить на длительное испытание стабильности во времени. Результаты этого испытания оказались такими, что и партии образцов промышленного НИИ, и Физико-технического института, погибли целиком за год. Выбыли все до единого или, может быть, один-два образца оставались. У нас же, наоборот, — из пятидесяти образцов только несколько погибло.

Это меня привело к убеждению, что исследованием поверхности и эффектов, которые лежат в основе процессов, происходящих на поверхности, нужно бы

всерьез заняться. И постепенно начал сворачивать работы по самим транзисторам, а в основном всю свою группу и все свои усилия направил на исследования поверхностных явлений и не пожалел, поскольку действительно при этом начало обнаруживаться довольно много интересных вещей, которые и составили основу моей докторской диссертации. Строго говоря, сначала вопрос ставился несколько шире — вообще об исследовании рекомбинационных процессов в германии. Год или, может, немножко больше я потратил на их изучение, для чего открылись определенные возможности в связи с совершенствованием процесса очистки германия и синтеза (верней — выращивания) крупных монокристаллов. Но примерно через полтора–два года выяснилось, что это совершенствование довольно интенсивно продвигалось только в смысле очистки германия от основных, так называемых легирующих примесей элементов третьей и пятой групп таблицы Менделеева, которые давали соответственно электронную или дырочную проводимость германия. И, в конце концов, исследования ГИРЕДМЕТа, наши исследования и в ФИАНе, и в институте металлургии привели к не очень воспроизводимому, но все-таки получению образцов достаточно высокоомных, действительно с удельным сопротивлением $10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ и даже несколько больше.

Но в области рекомбинационных характеристик, времени жизни или длины диффузионного смещения все мало двигалось. Эти примеси были неуловимы, непредсказуемы, и можно было говорить только об определенной корреляции между степенью очистки от легирующих примесей и результирующим временем жизни даже в наиболее чистых образцах. Разбросы эффективного времени жизни оказывались весьма большими. Исследование температурной зависимости этого времени жизни позволяло определять энергетические уровни примесей, на которых производилась рекомбинация, и мои систематические исследования показали, что эти уровни лежат чуть ли не во всей запрещенной зоне, особенно в средней трети, где они наиболее эффективны. Конечно, можно их привязывать к определенным наиболее эффективно действующим рекомбинационным примесям. Подобного рода работы начали появляться и в Америке, из них следовало, что такими примесями являются медь, золото, серебро, никель и многие-многие другие. Но ситуация складывалась такая, что концентрации этих примесей, по всем оценкам, были весьма невелики. Если по легирующим — миллионные и десятимиллионные доли процента, то по рекомбинационным — еще на несколько порядков меньше. И надеяться на совершенствование сравнительно быстрой очистки германия от них было довольно трудно. А в то же время на поверхности, или на границах раздела, выходящих на поверхность, явно работали другие механизмы, к которым можно было подобраться. К сожалению, я уже говорил, что в работах этого направления, в отличие от пьезоэффекта, мы все время отставали от уровня и широты подхода к проблемам тех же амери-

канцев. Это было одним из моих главных огорчений, потому что приходилось все время догонять.

Появились и первые работы в области исследования поверхностных рекомбинационных процессов. Тоже немножечко раньше, чем я пришел к заключению, что это может быть и интересным и практически очень важным направлением исследований. Авторами этих работ явились соавторы Уильяма Шокли в изобретении транзисторов Браттейн и Бардин. И я решил, что это действительно то направление, которым можно заняться со сравнительно небольшим запаздыванием по сравнению с американцами. И интуиция меня не подвела. Потому что действительно, когда мы всерьез развернули эти работы, то хотя и сделали некоторые ошибки, сначала пойдя буквально по стопам первой американской работы, но довольно быстро вышли уже и на оригинальное направление в исследованиях. Я затрудняюсь сейчас, стоит ли сколько-нибудь подробно говорить о физическом содержании этих исследований, потому что все-таки это предмет научной публикации, а вот не таких воспоминаний, которые я сейчас пишу, но вкратце хотя бы об основных идеях упомянуть нужно.

Шокли первый ввел само понятие поверхностной рекомбинации и ее характеристики скорости, а в упомянутой уже работе Бардина и Браттейна было проведено первое исследование изменений этой характеристики в зависимости от внешних условий. Дальше дело развивалось таким образом, что моя группа, поскольку в ней все-таки было человек шесть–семь, обладала достаточной мощностью, чтобы всерьез развить эти исследования. И вела работы, так сказать, соревнуясь на равных с американской группой, которую возглавлял такой проф. Мэни, который начал в Америке, а потом перебрался в Израиль, и с киевской группой, которая ненамного позже нас занялась подобными исследованиями. Вот эта адекватность сил и задачи, которую полагалось решить, и привела к тому, что мы работали в полном смысле слова на равных, хотя из-за сложности проблемы пришли к резко различающимся выводам. Мэни и наши украинцы пришли на основании своих результатов к тому, что те самые поверхностные рекомбинационные уровни, которые ответственны за эффект, имеют ту же природу, как и общепринятая природа для объемных рекомбинационных уровней, т. е. это дискретные уровни. Я же со своими сотрудниками получил достаточно убедительные, как мне казалось, результаты, свидетельствующие о том, что дискретность может быть введена только искусственно, как метод описания результатов. Тогда как все-таки значительный диапазон характеристик предполагаемых центров, скорей, свидетельствует о непрерывности распределения этих уровней по всей запрещенной зоне. Для того чтобы получить эти результаты и прийти к этим выводам, понадобилось без малого 10 лет работы. Но в 1961 г. она была в основном завершена. Было опубликовано достаточное

количество и оригинальных статей, и статей обзорного характера, и теоретических представлений, обосновывающих эту идею и обработку результатов, для того чтобы защищать докторскую диссертацию в Киеве же.

Это был период, когда почему-то диссертацию в своих собственных научно-исследовательских институтах защищать было не принято. В Киеве я смог защитить докторскую диссертацию на эту тему. Поскольку были существенные разногласия в подходе к вопросу, сама защита протекала достаточно бурно и длительно, часа четыре, из них два я только отвечал на вопросы, и была дискуссия, но, тем не менее, защита прошла достаточно успешно и искомая докторская степень была мне присуждена. Правда, утверждение в ВАКе хотя тоже было не очень длительным, но потребовало еще около годика.

И вот полной неожиданностью для меня после этой защиты явилось приглашение в отдел науки ЦК, где было сделано предложение занять пост ученого секретаря незадолго до этого организованного Государственного комитета по науке и технике. Меня это не очень прельщало, и я пытался довольно энергично даже «отбояриться» от высокой чести. Но давление было весьма энергичным, хотя и без употребляемого в особо тяжелых случаях требования выложить партбилет на стол. Но не исключено было по ходу обсуждения, что может быть и такое требование, поэтому я сдался, выговорив, однако, условие, что я на полставки остаюсь в ФИАНе и поэтому смогу продолжать, по крайней мере, один день в неделю, там работать над своими научными проблемами, тогда как остальное время я должен был отдавать этому комитету, ведать, таким образом, делами научно-технического прогресса в стране. Но слово «ведать» не очень подходит, поскольку я довольно быстро убедился, что позиция даже главного ученого секретаря комитета, в общем-то, не отвечает реальным каким-нибудь возможностям существенного влияния на научно-технический прогресс.

Но внешне все было достаточно импозантно. Я получил кабинет в здании, где и сейчас помещается Комитет по науке, на улице, теперь уже, кажется, Тверской напротив памятника Юрию Долгорукому. У меня была секретарша, я был вхож к руководителю комитета и его заместителям. Вошел в состав коллегии, получил права на всякие полагающиеся в таких случаях привилегии, вроде прикрепления к 4-му Главному управлению, получение специальных путевок этого 4-го Главного и прочее, хотя этим и не пользовался. Поначалу у меня были еще некоторые иллюзии на тему возможности действительно оказывать некое влияние на научно-технический прогресс в стране, но они довольно быстро рассеялись. Я убедился, что комитет этот и не имеет реальных возможностей что-нибудь серьезное делать, а, в лучшем случае, занимается оперативной помощью в решении частных, хотя и важных в ряде случаях, задач.

Любопытны были мои беседы с руководителем комитета, тогда им был заместитель председателя Совета министров Руднев, который мне показался

совершенно дремучим человеком, поскольку мы пытались, вернее, я пытался обсуждать с ним вопрос о возможном влиянии ускорения научно-технического прогресса на общий уровень жизни в стране и на ее развитие. Но он сказал, что это дело совершенно безнадежное. Несколько более интересным был заместитель председателя Бешков, который действительно понимал кое-что, но отнюдь не собирался разбивать лбом стену. И короче говоря, я очень быстро охладел к этой деятельности. Делал только те вещи, которые действительно от меня требовались, по организации всевозможных совещаний, составлению планов, оказанию помощи действительно тем и в тех размерах, которую комитет мог оказать. Вот такая текущая малоинтересная работа. А зачастую, поскольку время оставалось, изучал литературу, писал статьи по своим научным результатам. Целый день, как правило, проводил в ФИАНе, а иногда прихватывал и чуть больше и так далее.

Вот так это все и шло, и я только с тоской подумывал, что так, пожалуй, будет и продолжаться. Как вдруг, совершенно неожиданно, мне Б. М. Вул сделал такое предложение — подумать, не хочу ли я перебраться в Сибирь, и объяснил, что в Сибири организовано так называемое Сибирское отделение Академии наук. Об этом я, разумеется, слышал и раньше, но что вот недавно Сибирское отделение навестил председатель Совета министров, дай бог памяти, высочила фамилия (А. Н. Косыгин), который обратил внимание, что в его составе нет институтов по новым направлениям в науке, и в частности прямо указал на полупроводниковую электронику, вычислительную технику. И естественно, что руководство Академии, быстренько обсудив этот вопрос, пришло к решению о необходимости выполнить ценное указание начальства, и Б. М. Вул готов порекомендовать меня в качестве организатора такого института. Поскольку я уже совсем был подготовлен к любому методу исчезновения из комитета, с одной стороны, а с другой стороны, никогда не дорожил Москвой, как многие, то я сказал, что я хотел бы познакомиться с местными условиями и если они окажутся мало-мальски приемлемыми, то заранее уже почти готов дать согласие.

Была организована моя поездка туда. Действительно, мне понравилось Сибирское отделение — и своим нахождением в лесу, и бурным строительством, — да и те люди, с которыми меня познакомил тогда М. А. Лаврентьев. Показалось мне, что это все люди, которые действительно могут делать дело. И я дал такое согласие.

Воспоминания референта

В. Б. Кузнецова

В 1977 г. я и моя семья переехали в Москву. Гуляя с сыном по Ленинскому проспекту, я обратила внимание на красивое здание с колоннами и сказала сыну: «Вот здесь я хотела бы работать». Оказалось, что в этом здании размещается ФИАН. Каково же было мое удивление, когда через некоторое время мне позвонили и предложили там работать. По семейным обстоятельствам я не могла сразу дать согласие, встречу отложили на две недели. Ровно через две недели раздался звонок, и Алексей Алексеевич Гиппиус предложил подъехать к проходной института. Он встретил меня вместе с Иреной Петровной Акимченко. Они повели меня представлять академику Бенциону Моисеевичу Вулу. Я ужасно смущалась: академик, лауреат госпремий, крупный ученый был величиной недоступной в моем представлении. И как я буду с ним разговаривать?

За время службы мужа я работала в разных воинских организациях и подразделениях, где между командиром части и начальником всегда существовала дистанция. Здесь же меня встретили как дорогого гостя. Бенцион Моисеевич искренне интересовался моими родителями, семьей, службой мужа и сына. Отвечая на его вопросы, я чувствовала себя все спокойнее и увереннее. Это был не суровый и высокомерный начальник, а добрый и внимательный человек. Он не подавлял ни авторитетом знаний, ни авторитетом власти.

Я спросила: «Сумею ли я справиться с работой референта Научного совета, ведь у меня только среднее образование?» — «Вот и хорошо, — пошутил он, — ведь у меня среднего образования нет, а у Вас есть. Вам легче будет работать».

«Мы сработаемся», — убеждал меня Бенцион Моисеевич и поручил А. А. Гиппиусу ввести меня в курс дела. А потом сам повел меня представлять сотрудникам, прося их оказывать всякое содействие в работе.

Традиция представлять нового сотрудника существовала всегда, пока ведущим лабораторией был Бенцион Моисеевич Вул. Те внимание и забота, проявленные по отношению ко мне, не были исключением, а были нормой поведения. Даже его манера вызывать сотрудника к себе в кабинет была мягкой, уважительной. Не «зайдите ко мне», а «зайдите, пожалуйста, когда у Вас будет время».

Отношения внутри коллектива были тоже дружеские, заботливые. Даже суровая по тем временам на первый взгляд А. И. Демешина и пожарник разрешили нам в Совете иметь электрический чайник, и чаепитие в Научном совете стало традицией. Кого мы только с Иреней Петровной не поили чаем! И часто приезжавших в лабораторию ученых из разных городов и республик, и коллег, и членов Научного совета, и иностранных гостей. Например, Милену Заветову из Чехословакии, мадам Родо из Франции и многих других гостей.

На работу в Научный совет я шла как на праздник. Сколько дел, сколько интересных и доброжелательных людей вокруг.

У Бенциона Моисеевича были и свои маленькие слабости. Он, например, не любил звонить по телефону в другие города и всегда просил меня набрать номер и связать его с разными учеными из других городов и стран.

В последующие годы мне по службе не раз приходилось бывать у Бенциона Моисеевича дома. Каждый раз, провожая меня, он подавал пальто, чем сначала очень смущал меня. В Армии командир части не подает пальто подчиненным. Но потом я привыкла.

Я была знакома и с его женой Софьей Даниловной. Но особенно сблизилась с ней, когда он лежал в академической больнице, а я туда приходила с документами. Внимательная, приветливая, как и муж, Софья Даниловна всегда просила не утомлять его и щадить его сердце, а потом выходила из палаты.

Помимо работы в институте Бенцион Моисеевич много времени и сил отдавал общественной работе. Он собирал материал о Первой конной, где служил в молодости.

Его увлечения были так заразительны, и я с удовольствием по его просьбе ездила по архивам за материалами или ходила на различные мероприятия. Например, была на презентации фильма о Первой конной режиссера Жарикова в кинотеатре «Октябрьский».

В 1983 г. отмечали 80-летний юбилей Бенциона Моисеевича, устроили банкет, а я в это время лежала в больнице. Когда вышла, Бенцион Моисеевич посетовал на то, что меня не было, а потом сказал: «Но ничего, Ванда Болеславовна, мы еще отметим 85-летний». К сожалению, этот юбилей не состоялся. Бенцион Моисеевич умер 9 апреля 1985 г. Это была невосполнимая утрата для всех, особенно для жены, прожившей столько лет с ним и любившей его так горячо и преданно.

Все началось в «малом» ФИАНе

С. В. Богданов

Я окончил Московский энергетический институт в 1947 г. и поступил в аспирантуру ФИАНа в Лабораторию физики диэлектриков к заведующему лабораторией Бенциону Моисеевичу Вулу, тогда члену-корреспонденту, впоследствии академику АН СССР. Бенцион Моисеевич незадолго до этого в 1944–1945 гг. вместе со своей сотрудницей Идой Михайловной Гольдман открыли новый сегнетоэлектрик ВаТi О₃ титанат бария (в дальнейшем ТБ).

Видимо, необходимо сказать несколько слов о ФИАНе тех времен (так называемом «малом» ФИАНе), о Лаборатории физики диэлектриков и о нашей общей аспирантской рабочей комнате, где и происходили описываемые ниже события.

Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР после возвращения из эвакуации располагался на Миусской площади в Москве, доме № 4, в относительно небольшом трехэтажном здании, похожем на старинный особняк. Здание стояло в глубине двора и было обнесено высоким металлическим забором. В заборе были широкие, всегда запертые чугунные ворота, по бокам которых находились две «привратнические» будки. В левой из них располагалась проходная. Вход был строго по пропускам.

Пропускная система ФИАНа была довольно оригинальной: войдя в проходную, вы называли вахтеру свой номер. Он доставал пропуск из ячейки, и, держа его в руках, ждал, когда Вы назовете свою фамилию, имя и отчество. Сравнив вашу фотографию и сопоставив услышанное с содержанием пропуска, он вручал вам пропуск, который вы и носили с собой, пока были на территории ФИАНа. Выходя наружу, вы сдавали свой пропуск. Таким образом, исключалась возможность потерять его где-либо, за исключением территории института. В то время ФИАН имел, по моей оценке, не более 70–80 сотрудников (судя по числу ячеек для пропусков). Охрана знала всех сотрудников в лицо, и тем не менее ритуал получения пропуска в проходной строго сохранялся, хотя и выглядел несколько комичным: вы входили в проходную, вахтер, глядя на вас, сразу подносил руку к ячейке с вашим пропуском, но не доставал пропуск, а ждал, пока

вы не назовете номер. Достав пропуск, он, уже не глядя в него, ждал, когда вы скажете фамилию, имя, отчество, и после этого сразу же вручал вам его. Обычно мы улыбались друг другу, понимая, что все происходящее есть формальность но формальность обязательная!

Основное здание ФИАНа точно посередине имело центральный, «парадный», вход, делящий здание на два крыла правое и левое. Войдя в здание, вы попадали в довольно обширный вестибюль, заканчивающийся лестницами на второй и третий этаж. В вестибюле, по сторонам от входной двери, вдоль наружной стены, находился гардероб для верхней одежды. И дальше вдоль стены, с левой стороны, если стоять лицом к двери доска с ключами от комнат. Возле доски с ключами стоял столик, где находился дежурный, который их отдавал первому пришедшему на работу сотруднику. Очевидно, он также знал всех нас в лицо, поскольку на моей памяти ни разу не спросил у меня пропуск. Но надо честно признаться я редко приходил первым: обычно лаборатория была уже открыта.

Лаборатория физики диэлектриков располагалась на первом этаже, в правом (если смотреть со двора) крыле здания. Вход в нее был непосредственно из вестибюля. Она состояла из двух комнат, расположенных вдоль фасада, и еще одной по другую сторону коридора, выходящую окнами на правую боковую часть здания. Комнаты были почти одинаковые по площади, примерно $6 \times 6 \text{ м}^2$. Конец коридора был перегороден легкой переборкой, и таким образом образовывалась еще одна небольшая комнатка. В ней располагались две молодых лаборантки (Лина и Рита). Первая от входа комната принадлежала Георгию Ивановичу Сканави, профессору, автору прекрасного учебника по физике диэлектриков, и, хотя не чемпиону, но входящему в первую тройку призеров на чемпионате Москвы по фигурному катанию на коньках. В комнате располагались сам Георгий Иванович, его помощник научный сотрудник А. И. Демешина, и старший лаборант Дивильковская. Здесь же располагалось необходимое научное оборудование.

Во второй комнате вдоль фасада располагались Б. М. Вул, научный сотрудник И. М. Гольдман и старшие лаборанты Р. Я. Разбаш и Женья Горский (бывший во время войны штурманом на бомбардировщике). Здесь же располагался и радиотехник Борис Копыловский, тоже фронтовик. Слева от двери был отгорожен небольшой закуток личный кабинет Б. М. Вула. В комнате находилось необходимое научное оборудование здесь Бенцион Моисеевич и Ида Михайловна с помощью лаборантов проводили исследования ТБ.

В комнате с окнами на боковую сторону здания располагались мы аспиранты Бенциона Моисеевича (нас было четверо). Вся наша аппаратура была расставлена на лабораторных столах, стоящих вдоль глухих стен. Стена с окнами была занята двумя письменными столами возле них и еще каким-то столом в простенке. Письменные столы принадлежали А. В. Ржанову (ближе к дверям)

и аспиранту... кажется Завельскому (точно не помню). Я и четвертый аспирант Дуков своих письменных столов не имели и сидели за своими лабораторными столами. Посреди комнаты стояло странное сооружение, похожее на комод: параллелепипед, покрытый то ли темной клеенкой, то ли дермантином; высотой мне по грудь, длиной метра полтора и шириной примерно 60–70 см. В верхней части «комода» имелась эбонитовая панель с рядом отверстий (гнезд), под которыми от руки были написаны цифры. Как потом выяснилось, это сооружение было набором гальванических батарей, соединенных последовательно, с промежуточными отводами, выведенными на упомянутую выше панель. Общее напряжение составной батареи, насколько помнится, было порядка 1000 В. Сооружение служило источником постоянного напряжения (не выпрямленного переменного, а именно постоянного, без пульсаций). Такой была наша аспирантская комната.

Лаборатория располагала прекрасной технологической базой. У нее имелся полный цикл керамической технологии: довольно много шаровых мельниц, в которых производился помол и перемешивание шихты для производства образцов, необходимые фильтры, различная посуда, многочисленные пресс-формы и все прессовое хозяйство (ручные масляные прессы), муфельное хозяйство и ряд силитовых или глобаровых электропечей с максимальной температурой 1400° – 1450° С. Имелась и одна платиновая печь, с максимальной температурой порядка 1600° С. Но она включалась крайне редко. Всем этим хозяйством ведали наши лаборантки, хотя не возбранялось здесь бывать и самостоятельно работать сотрудникам лаборатории.

Помимо керамического производства, лаборатория имела собственный механический участок, имевший токарный и сверлильный станки, тиски и электроточило. Механическим участком заправлял Юра Колотов, мастер на все руки. Казалось, что нет такой вещи, которую он не мог бы сделать.

И керамическое производство, и механический участок располагались в цокольном этаже прямо под лабораторией.

Такой была Лаборатория физики диэлектриков тех времен в «малом» ФИАНе.

В 1947 г., когда я пришел в Лабораторию физики диэлектриков, исследования свойств ТБ все еще продолжались. В них принимал участие и аспирант Б. М. Вула Анатолий Васильевич Ржанов (АВ), участник Великой Отечественной войны, добровольно ушедший на фронт и бывший дважды раненным. Темой его кандидатской диссертации было исследование спонтанной поляризации ТБ. Исследования, естественно, проводились на керамических образцах.

Бенцион Моисеевич (БМ) предложил мне заняться совершенно неожиданной тематикой, в которой я был совершенным профаном, и с которой ранее я никогда не сталкивался: антирадиолокационными покрытиями. В качестве

объектов исследования были названы ферриты керамические ферромагнитные материалы на основе окислов железа и никеля. Подобными исследованиями в лаборатории никто никогда не занимался, поэтому никакой подходящей измерительной СВЧ-аппаратуры в лаборатории не существовало (СВЧ сверх высокая частота, при которой длина волны электромагнитного излучения лежит в дециметровой или сантиметровой области; в частности, речь идет о длине волны 3–10 см). Но зато лаборатория, как я уже говорил, обладала хорошо действующей керамической технологией. Мне отвели рабочее место на длинном лабораторном столе, другая половина которого принадлежала Анатолию Васильевичу Ржанову.

То обстоятельство, что тема моей диссертации была далека от того, чем занимался АВ, несколько задержало наше сближение, и вначале наше общение ограничивалось обсуждением сугубо общих вопросов. Но довольно скоро мы начали обсуждать все более и более обширные темы, включая и научные проблемы. Мы по-настоящему подружился после того, как у меня сменилась тема диссертации. (Но об этом несколько ниже.) Как правило, я обращался к нему с различного рода вопросами, а он делился со мной своими мыслями и полученными результатами. Происходило это обычно поздними вечерами, когда после окончания рабочего дня мы оставались с ним вдвоем во всей лаборатории. И хотя о титанате бария я имел лишь общее представление, тем не менее я умел слушать и не стеснялся задавать вопросы типа: «А почему это так?». Это, видимо, помогло АВ четче представить себе физический механизм описываемых им явлений. Для него я был тем оселком, на котором он проверял и оттачивал свои мысли.

1947-й год подходил к концу. Экспериментом я не занимался, поскольку «добывание» необходимой мне аппаратуры пока еще не увенчалось успехом. Я не случайно употребил слово «добывал», так как «просто заказать» ее в отделе снабжения оказалось совершенно невозможным: во-первых, такой аппаратуры просто не существовало, а во-вторых, (а может быть, и во-первых), все, что касалось радиолокации, было строго засекречено, в том числе и измерительная аппаратура. Здесь неоценимую помощь оказал мне БМ, который благодаря своим связям узнал, где ее можно было бы заказать для изготовления. Выяснилось, что академик Михаил Александрович Леонтович, работающий у нас в ФИАНе, был одновременно и директором «закрытого» НИИ № 108, где как раз и занимались радиолокацией, и где они сами изготавливали всю необходимую аппаратуру. БМ познакомил меня с Михаилом Александровичем и договорился, чтобы они изготовили для меня СВЧ-измерительные линии. После этого всем необходимым, связанным с их изготовлением, я занимался сам, время от времени встречаясь с Михаилом Александровичем. От общения с М. А. Леонтовичем у меня остались самые теплые воспоминания. Поражали простота и непосредственность

его обращения, и разница положений академик—аспирант совершенно не ощущалась. Мы общались на равных. Просто поразительно, как ему это удавалось. Но это не было «позой», чем-то наигранным, таким уж был этот замечательный человек.

Время шло. Окончился 1947 г. В наступившем 1948 г. наши занятия продолжались: АВ, как и обещал, занимался исследованием пьезоэффекта поляризованных образцов ТБ, я же по-прежнему занимался «добыванием» аппаратуры и изучал вышедшую в переводе с английского книгу «СВЧ-техника», для меня пособие по предстоящим мне СВЧ измерениям.

Как-то днем ко мне подошел Толя и сказал: «Не один я обнаружил пьезоэффект титаната бария. Вот статья Робертса в „Phys. Rev.“, где он пишет, что обнаружил пьезоэффект при приложении к образцу постоянного поля. Он уже опубликовал этот материал, а я даже не закончил свою диссертацию» (*Roberts S. Phys. Rev. 71. 891. 1947*). Свои исследования пьезоэффекта поляризованного ТБ Анатолий Васильевич опубликовал в 1949 г. [3].

Робертс изучал реверсивную диэлектрическую проницаемость — диэлектрическую проницаемость, измеренную на малом переменном напряжении при одновременной подаче на образец большого постоянного напряжения, подобно тому, как это делал Б. М. Вул. Но в отличие от него, Робертс изучал ее частотную зависимость, т. е. зависимость реверсивной проницаемости от частоты переменного поля при неизменном постоянном поле. БМ же измерял зависимость реверсивной диэлектрической проницаемости от величины поданного постоянного поля при неизменной частоте переменного поля. Лишь случайно, по иронии судьбы, БМ не обнаружил пьезоэффект ТБ.

Я «утешил» АВ, сказав: «Но зато у тебя будут количественные данные, а не просто указание на наличие пьезоэффекта», на что он только грустно улыбнулся.

1948 год медленно, как и положено ему, катился вперед. Толя заканчивал свою диссертацию, я наконец-то полностью оборудовался и приступил к экспериментам, хотя и не обошлось без курьеза.

При моем последнем посещении НИИ, где изготавливались необходимые для меня СВЧ-линии, охранник, который находился на выходе из коридора на лестничную площадку, остановил меня. (Надо заметить, что в этом НИИ охрана находилась на каждом этаже, и на каждом этаже у вас проверяли пропуск, позволяя вам пройти выше, пока вы не добирались до нужного этажа. Здесь вам указывали, куда следует идти, чтобы попасть в нужную комнату.) Он внимательно посмотрел на меня, на мой пропуск, сказал: «Обождите» и тут же нажал находящуюся у него на столе кнопку. Завыла сирена, охранник положил руку на кобуру пистолета, но не вынул его; сам внимательно смотрел на меня.

Я спросил: «В чем дело?» и получил ответ: «Сейчас все выясним!». На лестнице уже стоял топот сапог бегущих сюда по лестнице вооруженных автоматами солдат. Сержант, как и я, спросил: «В чем дело?» Охранник ответил: «Смотри, он выносит совершенно секретные документы!» и указал на зажатую у меня под мышкой книгу. Название книги было отчетливо видно: «Совершенно секретно». Сержант сказал мне: «Пошли». Солдаты окружили меня, и мы спустились вниз. Меня проводили в караульное помещение. «Подождем, сказал сержант, придет лейтенант. Он разберется в вашем деле». Ждать пришлось минут двадцать. Молоденький лейтенант задал все тот же вопрос: «В чем дело?» и получил ответ: «Он выносил совершенно секретные документы!» «Покажите!». И он протянул руку. Я вручил ему свою книгу. (*Ингерсолл Р.* Совершенно секретно. М.: Изд-во ИЛ, 1947). Он посмотрел на нее и вдруг расхохотался: «С подобными книгами к нам лучше не ходить! Читайте ее на здоровье дома. Прошу нас извинить. Ребята не очень-то хорошо во всем этом разбираются. Вы совершенно свободны». Я пожал ему руку и вышел на улицу.

Я провел довольно много измерений, подбирая подходящий состав феррита, и был уже довольно близок к искомому, когда меня поразила мысль, что вся эта деятельность обречена на неудачу. Я поспешил поделиться с БМ своими соображениями. «Понимаете, говорил я, пусть я найду состав, который сам не отражает локационный сигнал. Тогда сигнал дойдет до металла и, отразившись от него, беспрепятственно выйдет сквозь покрытие наружу. Никакой антилокационной защиты не получится. Чтобы сигнал не вышел наружу, надо чтобы он затухал в нашем покрытии. Мы хотим, чтобы наше покрытие было тонким; хотим, чтобы его можно было наносить, как краску, тонким слоем. А это значит, что затухание радиосигнала в нем должно быть очень большим. Но это автоматически приведет к увеличению отражения, поскольку коэффициент отражения зависит и от затухания, возрастая с ростом последнего. Поэтому, чтобы отражение было малым, надо чтобы и затухание тоже было малым, а покрытие толстым. Наши ферриты для этого не подходят». Бенцион Моисеевич согласился со мной и пообещал сменить мне тему диссертации. Чтобы использовать приобретенный мною опыт измерений в СВЧ-области, мы остановились на теме с примерным названием: «Исследование титаната бария в полях СВЧ».

Наши вечерние беседы с АВ продолжались. Но теперь я не только спрашивал, но и делился с ним полученными мною результатами. Мы вместе с ним их обсуждали, и он часто давал мне советы о дальнейших экспериментах.

Так прошел 1948 г. АВ усиленно занимался изучением пьезоэффекта.

У него были обширные планы по дальнейшему исследованию пьезоэффекта. В плане значились и исследования стабильности пьезоэффекта, и измерения величины всех пьезомодулей (d_{33} , d_{31} , d_{15}), и исследования твердых растворов ТБ с другими веществами, с целью поиска материала с наилучшими

свойствами. В общем весьма грандиозные планы. Но судьба в лице директора ФИАНа и одновременно президента Академии наук Сергея Ивановича Вавилова распорядилась иначе. Где-то в марте 1949 г. Сергей Иванович вызвал к себе АВ. Он вернулся в лабораторию, держа в руках журнал «Phys. Rev».

АВ рассказал, что Сергей Иванович поручил ему разобраться с одной из статей этого журнала, в которой описывался «транзистор» твердотельный аналог вакуумной радиолампы. «Транзистор» был создан на кристалле элемента «германий» (Ge). АВ тщательно изучил статью и проработал все имевшиеся в ней литературные ссылки.

Где-то через неделю, просмотрев всю эту литературу, АВ сделал вывод, что статья вовсе не «утка», а серьезная работа. С этим выводом он и отправился к Сергею Ивановичу. Вернувшись после беседы с президентом АН, он был задумчив и как будто немного расстроен. Чуть позже он поделился со мной содержанием их разговора. Сергей Иванович, выслушав соображения АВ о серьезности описываемой работы, высказал свое мнение. Открытие «транзистора» он считает исключительным событием, он видит за полупроводниками великое будущее.

Сергей Иванович развернул перед молодым ученым громадные перспективы нового направления в физике полупроводников, предсказал переворот в радиотехнике (отказ от радиоламп) и обрисовал их (полупроводников) богатое будущее они перевернут всю электронику и войдут в нашу повседневную жизнь.

Очертив перспективы этих исследований, Сергей Иванович предложил АВ заняться этим делом, обдумать сделанное предложение и через неделю дать ему ответ. Толе очень не хотелось бросать исследование пьезоэффекта, сворачивать намеченные планы. Но перспективы были очень заманчивыми. Через неделю АВ вновь встретился с Сергеем Ивановичем. Толя пришел раскрасневшимся видимо разговор был достаточно напряженным. Он мне сказал, что, несмотря на его начальное сопротивление, Сергей Иванович все же убедил его в важности этих исследований, и он согласился этим заняться. Правда, он предполагал совместить новую работу с исследованием пьезоэффекта.

В 1949 г., как раз в годовщину начала Великой Отечественной войны, 22 июня, АВ защищал свою кандидатскую диссертацию. Она называлась: «Спонтанная поляризация и пьезоэффект титаната бария». Защита прошла блестяще. К моему глубокому сожалению, я не присутствовал на защите.

После защиты кандидатской диссертации осенью 1949 г. АВ, отдохнув, вновь приступил к работе. К работе, но уже совсем по другой тематике исследованию германия.

АВ развил бурную деятельность. Была создана специальная группа под его руководством, занимавшаяся исследованиями транзисторного эффекта на кристалле германия. Для экспериментов была освобождена от стоявшего в ней

оборудования вторая проходная института. Измерения выполнялись и на нашем общем с АВ лабораторным столе. Сразу возникли громадные трудности, как с образцами, так и с измерением их параметров, поскольку контактные явления могли полностью исказить результаты.

С этого началась новая, современная физика полупроводников в СССР. Это была новая физика, которая имела дело со сверхчистыми материалами, которыми в СССР в ту пору практически никто не занимался. (На сто миллионов атомов основного вещества допускался всего один атом примеси, что само по себе составляло труднейшую проблему.) Новая физика, поскольку практически каждая новая зависимость требовала теоретического объяснения. Потребовались новые серьезные теоретические разработки, и потребовались эксперименты на сверхчистых полупроводниковых монокристаллах. Исследования полупроводников стало общегосударственной задачей. Работа велась не только в ФИАНе, но и в нескольких специализированных НИИ, в том числе и в ГИРЕДМЕТе (Государственный институт редких металлов), в котором уже выращивались кристаллы германия, но требовалась их глубокая очистка.

Проводимые в нашей лаборатории работы резко расширились с переездом института в 1951–1952 гг. в новое здание на Ленинском проспекте в «большой» ФИАН. После переезда Лаборатория физики диэлектриков разделилась на две: Лабораторию физики полупроводников во главе с Б. М. Вулом и на Лабораторию физики диэлектриков, во главе с Г. И. Сканами. Группа АВ была сильно расширена. Появились технологи, ростовики, конструирующие, а затем и выращивающие монокристаллы германия; химики, занимающиеся химической обработкой образцов для последующих исследований; и исследовательская группа, занятая непосредственно измерениями тех или иных свойств германия.

В те времена промышленность не выпускала привычных нам сейчас исследовательских установок. Каждому научному сотруднику приходилось самостоятельно конструировать необходимую ему установку, просчитывать ее параметры, подбирать необходимые измерительные приборы (из выпускаемых промышленностью), оценивать возможные погрешности и затем передавать заказ в мастерскую для изготовления нужных ему частей. И только тогда, когда он собирал все вместе своими руками, можно было приступить к задуманным исследованиям. Это был долгий путь. Требовалось много времени и сил, прежде чем научный сотрудник от идеи переходил к претворению ее в жизнь. Но это оправдывалось тем, что он досконально знал свою установку, ее возможности, легко добавлял или изменял ее конкретные узлы, знал источники возможных ошибок, точность сделанных измерений. (Замечу в скобках, что, к сожалению, в настоящее время многие молодые научные сотрудники, получив кривую с самописца, считают ее абсолютно точной и затрудняются ответить, какова погрешность проведенных измерений.)

Я не буду здесь останавливаться на проведенных исследованиях это была «рутинная», повседневная работа исследователей, добывающих новые знания. Со своими успехами и промахами, со своими радостями и огорчениями. Тяжелый повседневный труд, приводящий, через множество экспериментов, к новым открытиям и достижениям.

Первым достижением этой большой работы было создание первого в СССР германиевого транзистора в 1951 г. было успешно завершено правительственное задание: «Исследование электрофизических свойств германия и создание действующих макетов германиевых триодов» [4]. (Замечу в скобках, что это была громадная работа, в которой помимо ФИАНа, как уже упоминалось, участвовали и другие организации. Она закончилась созданием в ФИАНе первого в СССР действующего транзистора.)

Так в СССР родилось новое направление физики полупроводников физика полупроводниковых приборов, имеющая дело со сверхчистыми монокристаллами, опирающаяся на технологические достижения и хорошее знание самой физики полупроводников.

Возьмите в руку свой мобильный телефон, взгляните на свой персональный компьютер, оглянитесь вокруг у нас в России все это началось в 1949 г. в «малом» ФИАНе трудами Анатолия Васильевича Ржанова и других сотрудников лаборатории Б. М. Вула.

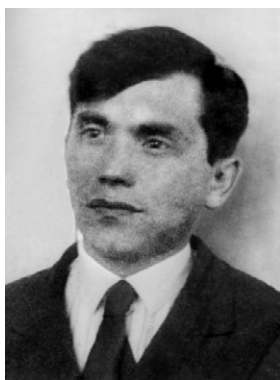
На этом я и закончу рассказ о керамических пьезоэлементах и о первом транзисторе. Скажу только, что АВ не удалось параллельно с полупроводниками заниматься и пьезоэффектом слишком большим оказался объем свалившейся на него работы. Поэтому Б. М. Вул официально поручил мне продолжить эти исследования. Я посвятил им более 10 лет своей жизни. На их основе, но уже в Новосибирске в Институте физики полупроводников, созданном и возглавленном Анатолием Васильевичем Ржановым (носящем сейчас его имя), я в 1965 г. защитил свою докторскую диссертацию «Пьезоэффект в поликристаллическом титанате бария».

Литература

1. Ржанов А. В. Спонтанная поляризация поликристаллических образцов титаната бария // ЖЭТФ. 1949. Т. 19. № 4. С. 335.
2. Ржанов А. В. Спонтанная поляризация и пьезоэффект титаната бария. Дисс. ... канд. ф.-м. наук. 1948. Физический ин-т им. П. Н. Лебедева, институт Академии наук СССР.
3. Ржанов А. В. Пьезоэффект титанат бария // ЖЭТФ. 1949. Т. 19. № 6. С. 502.
4. Березанская В. М. ФИАН создатель первого российского транзистора // Вестник РАН. 2010. Т. 80. № 2. С. 169.

2

Фотоальбом



Б. М. Вул. 30-е гг.



Б. М. Вул. 1936 г.



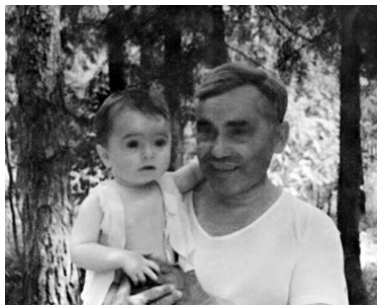
Первое мая 1949 г. Б. М. Вул с дочерью Леной на улице Горького, месте сбора ФИАН для первомайской демонстрации



Бенцион Моисеевич
с женой Софьей Даниловной
дома на Спиридоновке.
1959 г.



Мужской разговор.
Бенцион Моисеевич
с внуком Сашей
и зятем Яшей. 1960 г.



Б. М. Вул
с внуком Сашей



Б. М. Вул с внуком Сашей на даче
собирает грибы. ~1965 г.



Церемония награждения ученых Академии наук СССР в честь 50-летия Октябрьской революции.
Среди присутствующих, академики: Казанский Б. А., Вул Б. М., Курдюмов Г. В., Скобелцын А. В.,
Пейве Я. В., Келдыш М. В., Несмеянов А. Н. и др.



Сотрудники Лаборатории физики полупроводников (~1967 г.). Слева направо: 1-й ряд — Н. А. Пенин, С. А. Медведев, В. С. Вавилов, Б. М. Вул, В. И. Образцов, П. М. Чистякова (секретарь), Г. М. Коваленко, А. И. Демешина, А. В. Сафонова; 2-й ряд — Н. Н. Сибельдин, Т. И. Галкина, Б. Г. Журкин, ?, В. А. Мизонова, Ю. И. Горина, Н. А. Шувалова, К. М. Янькова, З. Макаркина, Н. Медведева, Э. И. Заварицкая, Б. Д. Копыловский; 3-й ряд — ?, В. В. Новопашин, Н. И. Тумина, А. В. Слицын, И. Д. Воронова, Н. И. Медведева, В. В. Краснопецев, Егорова, В. Р. Карасик; 4-й ряд — И. Бараковский, Ю. Иванов, Ю. Курский, Ю. А. Ефимов, Н. В. Жигалов, Э. А. Нолле, А. А. Абрамов, Ю. В. Клевков, Каптелин, В. Н. Мурзин, Г. Б. Курганов; 5-й ряд — Е. Трыкин, ?, Ю. А. Колотов, В. Новиков, Михеев, Ю. Милютин, А. В. Бабушкин, В. А. Курбатов, ?, В. А. Рукавишников, С. М. Мариненко



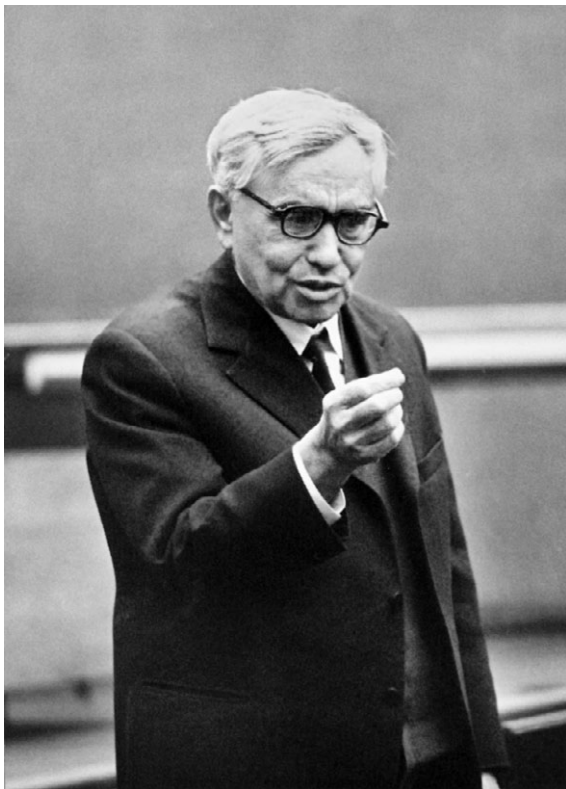
Слева направо: В. И. Дикушин, Б. Н. Петров, Б. М. Вул, Н. Г. Басов,
К. И. Андрианов, Н. М. Жаворонков. 1967 г.
(АРАН. Р-IX. Оп. 4. Д. 620 (11))



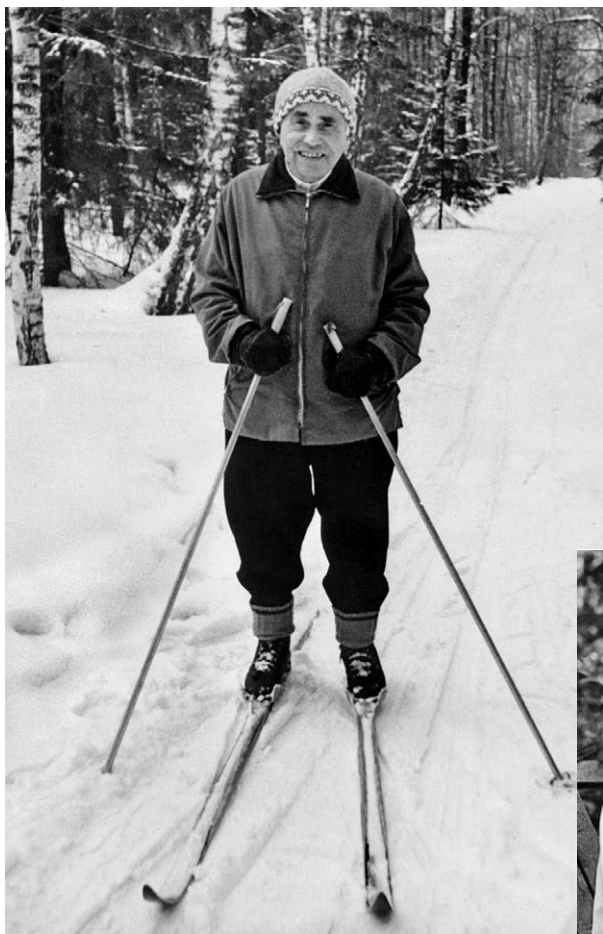
Председатель Президиума Верховного Совета СССР
Н. В. Подгорный вручает Б. М. Вулу
орден «Знак Почета». 1967 г.



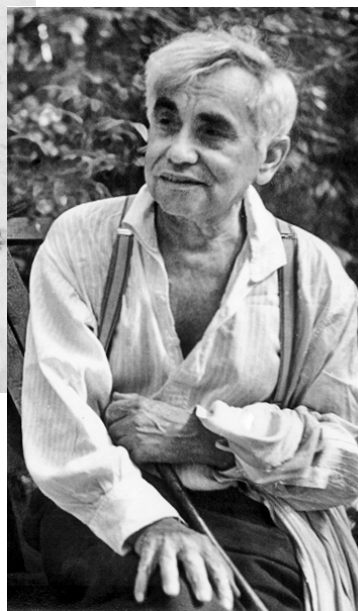
Встреча с космонавтами. МГУ, 1969 г. В первом ряду
слева направо: П. А. Ребиндер, Б. М. Вул



Черноголовка, ИФТТ, 1976 г.



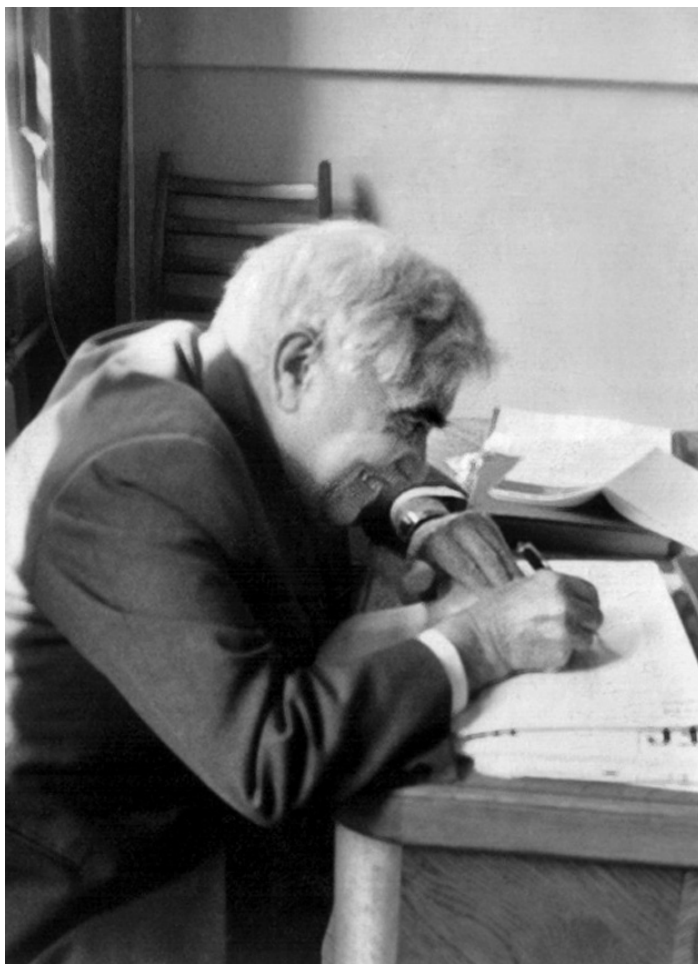
Б. М. Вул на лыжах,
пос. Дарьино, 1976 г.



Б. М. Вул
на даче. 1977 г.



С группой сотрудников. Слева направо:
сидят С. П. Гришечкина, Б. М. Вул, А. И. Демешина;
стоят Б. Д. Копыловский, Г. Н. Галкин, Б. Н. Мацонашвили



Б. М. Вул в лаборатории



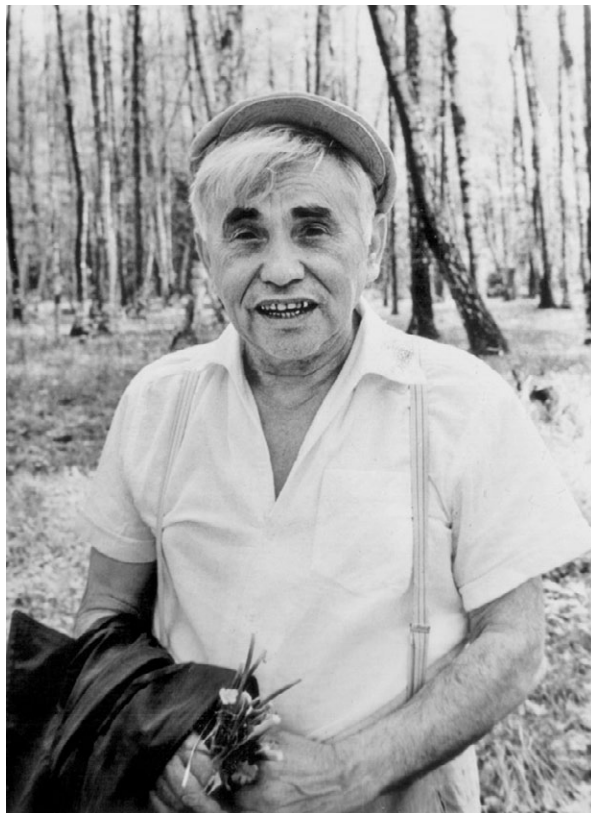
Б. М. Вул с сотрудниками. Слева направо: сидят В. С. Вавилов, В. Р. Карасик, Б. М. Вул, Б. Н. Мацонашвили; стоят А. П. Шотов, Б. Д. Копыловский, Г. М. Гуро, Ю. А. Колотов



В конференц-зале ФИАН. Справа налево: первый ряд — (?), И. И. Засавицкий, Б. М. Вул, В. Н. Колесников, А. В Овчинников



Б. М. Вул с наградами. ~1980 г.



Б. М. Вул на даче

З

Приложения

Отзыв С. И. Вавилова о работе Б. М. Вула (1946)

*Отзыв о научной работе члена-корреспондента АН СССР Б. М. Вула**

Б. М. Вул в 1928 г. окончил Киевский политехнический институт (в 1929–1930 гг. — в аспирантуре Киевского политехнического института. — *В. Б.*). Его первые научные работы относятся к вопросам электрической очистки газов. В 1930 г. Б. М. Вул поступил в аспирантуру Академии наук СССР и начал вести научную работу в области физики диэлектриков. По вопросам физики диэлектриков им опубликовано свыше 30 работ.

В исследованиях о природе краевого эффекта Б. М. Вул изучил электрический пробой диэлектриков в неоднородном поле, установил роль условий на краях и значения среды, в которой происходит пробой. До работ Б. М. Вула по этому вопросу в литературе царила полная неопределенность, существовали крайне противоречивые данные. Б. М. Вул объяснил физическую сущность краевого эффекта и выяснил влияние среды на величину пробивных напряжений. Из этих работ Б. М. Вулом сделаны практические выводы. Им разработан метод повышения электрической прочности изоляции с помощью сред с большим диэлектрическим коэффициентом и большой проводимостью.

В дальнейших работах по электрическому пробое твердых диэлектриков Б. М. Вул обнаружил новую форму последовательного пробоя. При воздействии на диэлектрик ударного напряжения, в несколько раз меньшего пробивного, в нем появляются электрические разрушения, налагающиеся одно на другое при повторных ударах. Эта работа имеет большое практическое значение, так как испытания изоляции высоковольтных машин ведутся на ударном напряжении. Без учета последовательного пробоя нельзя найти правильные условия испытания.

* АРАН. Ф. 1892. Оп. 1. Ед. хр. 36. Л. 1–3.

В работе «Пробой при внутреннем фотоэффекте» Б. М. Вул исследовал влияние проводимости диэлектрика на его пробивное напряжение. Выбрав достаточно чистые условия опыта: однородное ударное напряжение для устранения влияния объемных зарядов и нагрева, он показал, что увеличение электронной проводимости окрашенной каменной соли не изменяет ее пробивное напряжение. Снижения пробивных напряжений окрашенных кристаллов на переменном и постоянном напряжениях, полученные другими авторами, являются следствием вторичных эффектов.

В серии работ по электрическому пробую сжатого газа в неоднородном поле Б. М. Вулом и его сотрудниками были установлены и качественно объяснены новые неизвестные до его работ закономерности пробоя. До его работ считалось, что при давлениях выше атмосферного с увеличением давления и понижением температуры пробивные напряжения газа возрастают. Б. М. Вул показал, что при повышении давления пробивные напряжения сжатого газа растут только до определенного значения. При дальнейшем повышении давления пробивные напряжения уменьшаются, проходят через минимум и затем снова начинают возрастать. Б. М. Вул объяснил этот эффект действием двух факторов, вызываемых давлением: во-первых, затруднением ионизаций и, во-вторых, облегчением образования объемных зарядов.

В вопросах исследования электрических свойств сжатого газа лаборатория Б. М. Вула занимала ведущее положение, как у нас в СССР, так и за границей, о чем свидетельствуют многочисленные ссылки в иностранной литературе на работы Б. М. Вула по сжатому газу. Сжатый газ является единственной изоляцией для сверхвысоковольтной техники в условиях, когда требуется большая электрическая прочность, малая вязкость и малые диэлектрические потери. Поэтому его изучение крайне необходимо для работы высоковольтной техники.

Данные, полученные Б. М. Вулом в работах по сжатому газу, теперь используются при проектировании высоковольтной аппаратуры, в которой используется в качестве изоляции сжатый газ.

С целью физического обоснования поведения сжатого газа как диэлектрика Б. М. Вулом и его сотрудниками проведены исследования поведения твердых диэлектриков в сжатом газе, пробивных напряжений газа при разных конфигурациях полей. В работе по старению электрической изоляции Б. М. Вулом и его сотрудниками было установлено, что причиной старения изоляции являются необратимые химические и механические процессы, происходящие в ней под воздействием электрического поля. В предвоенные годы Б. М. Вул и его сотрудники весьма энергично и успешно выполняли ряд научно-исследовательских работ оборонного характера. Эти работы были сосредоточены вокруг двух вопросов: вопросы химзащиты и получения экспериментальных данных

для работы электрооборудования самолетов в условиях высотных полетов. Работы в области химзащиты получили высокую оценку, и за них Б. М. Вул был награжден правительством орденом Красной Звезды. Лабораторные работы по высотным полетам были проверены в реальных условиях при полетах стратостата. Данные, полученные в полете стратостата, полностью подтвердили лабораторные исследования. Работы по высотным полетам собраны в специальном сборнике, материалы которого используются многими работниками авиационной промышленности при конструировании электроаппаратуры для высотных самолетов.

В годы Отечественной войны и последнее время лаборатория Б. М. Вула успешно работает над новым видом диэлектриков. За время Отечественной войны в его лаборатории были разработаны опытные образцы керамических конденсаторов, внедренных впоследствии в промышленность. Продолжая работы в области керамических диэлектриков, Б. М. Вул и его сотрудники нашли и изучили диэлектрики с весьма значительными диэлектрическими коэффициентами, достигающими 1500 и выше. Эти новые материалы имеют очень большой теоретический интерес и открывают большие технические перспективы.

Одновременно с успешной работой в области научных исследований Б. М. Вул ведет большую и плодотворную работу в областях научно-организационной, учебно-педагогической и общественно-политической. В самую трудную начальную стадию развития Физического института Б. М. Вул длительное время работал ученым секретарем института, а потом заместителем директора института по научной части. В годы Отечественной войны, будучи заместителем директора института, он совместно с директором института С. И. Вавиловым быстро сумел перестроить работу института, мобилизовав всех сотрудников на выполнение научных работ необходимых для нужд обороны страны.

Являясь заместителем редактора... Б. М. Вул успешно ведет редакционную работу, способствуя повышению качества научной периодической литературы. Проводя учебно-педагогическую работу, Б. М. Вул читал курс общей физики в Военно-воздушной академии им. Н. Е. Жуковского. Он же является одним из авторов известной книги «Физика диэлектриков», которая является настольной книгой инженера и научного работника электрофизической специальности. Много внимания Б. М. Вул уделяет в своей повседневной работе воспитанию, научных кадров и всевозможным консультациям.

За время его работы в Физическом институте у него в лаборатории сделано две научных работы, защищенных в качестве докторских диссертаций. Два сотрудника его лаборатории за работы под руководством Б. М. Вула получили степень кандидатов физических наук. В настоящее время в лаборатории Б. М. Вула под его руководством проходят аспирантуру два аспиранта.

Б. М. Вул часто по приглашению различных организаций выступает с научно-популярными лекциями.

Б. М. Вул — член ВКП(б) с 1922 г. Все время работы в Академии наук он принимал самое активное участие в общественно-политической жизни Академии наук СССР, способствуя своей деятельностью ее развитию и укреплению.

Кратко изложенная здесь всесторонняя деятельность Б. М. Вула показывает, что в лице Б. М. Вула мы имеем вполне сложившегося ученого исследователя, органически соединяющего глубокую теоретическую подготовку вопросов с техническими применениями. Характерным признаком всех работ Б. М. Вула является их систематичность, стройность и практическая необходимость.

Учитывая все сказанное выше, я рекомендую Б. М. Вула в действительные члены Академии наук СССР.

Ак. С. И. Вавилов (подпись)

1946 2 1

Отзыв

О научной работе г.л. кюр. А.М.СЕР Б.М.Вука

Б.М. Вул в ... году окончил Киевский политехнический институт. Его первые научные работы относятся к вопросам электрических изоляторов. В 1930-х гг. Б.М. Вул переехал в аспирантуру Академии Наук СССР и начал работу по теме "Влияние влажности на свойства изоляционных материалов". По окончании аспирантуры он работал в области физики диэлектриков. По возвращении из ссылки диэлектриков и опубликовано около 20 работ.

опубликовано около 20 работ.

В исследовании о кривой краевого тороидного б.м. Вул изучил электрические пробиты дисков в неоднородном поле, установив роль условий на краях и значениях g и h , в которых происходят пробиты. Его работы б.м. Вул и этого вопроса в литературе почти не упоминаются, существовали крайне привлекательные данные.

Б.м. Вул объяснил электрическую структуру краевого тороидного и выяснил влияние g и h на величину пробитых дисков. Из работ б.м. Вул сделаны электрические выводы.

Он разработал метод повышения электрической прочности изоляции с помощью g и h с большим электрическим напряжением и большим пробитым.

[illegible]

Отзыв Д. В. Скобельцына о работе Б. М. Вула (1970)

*Отзыв о научных трудах члена-корреспондента АН СССР Б. М. Вула**

Член-корреспондент АН СССР Б. М. Вул начал свою научную деятельность в 1928 г., после окончания Киевского политехнического института. Работая в области физики диэлектриков, а впоследствии физики полупроводников, он обогатил эти отрасли рядом достижений, имеющих выдающееся принципиальное и практическое значение.

Первая группа работ Б. М. Вула относится к изучению электрической прочности диэлектриков. Эти исследования были начаты еще в то время (начало 30-х гг.), когда ясные физические представления об электрической прочности как свойстве материала отсутствовали. Б. М. Вул выяснил, в каких условиях можно получать экспериментальные результаты, определяющие электрическую прочность твердых диэлектриков, впервые объяснил влияние среды на величины пробивных напряжений и предложил методы для их повышения.

Изучая пробой в кристаллах каменной соли при внутреннем фотоэффекте, Б. М. Вул впервые показал, что значительные изменения концентрации «первичных» электронов в диэлектрике не влияют на его электрическую прочность. Б. М. Вул установил новую форму пробоя, названного им последовательным и наступающим в результате суммирования частичных разрушений, производимых кратковременными импульсами напряжений, заметно меньших пробивного. Таким образом, была раскрыта одна из причин, приводящих к выходу из строя высоковольтных установок, и наложено определенное ограничение на условия их испытания и эксплуатации.

Обобщение результатов обширного цикла работ по электрической прочности твердых диэлектриков и обнаружение ряда новых явлений позволило Б. М. Вулу внести ясность в основные физические понятия и способствовало развитию дальнейших исследований в этой области.

* Из личного дела Б. М. Вула. Архив ФИАН.

Наряду с изучением электрической прочности, Б. М. Вулом был выяснен характер необратимых изменений, происходящих в диэлектриках в полях высокой напряженности. Было впервые показано, что в органических диэлектриках это «старение» является результатом химических реакций.

Вторая большая группа работ Б. М. Вула относится к исследованиям пробоя газа при различных давлениях. В этих работах им было впервые показано, что при повышении давлений газа пробивное напряжение не всегда возрастает и в сильно неоднородных полях проходит через максимум.

Исследования пробоя газов при высоких давлениях (около ста атмосфер) показали, что в этих условиях пробивная напряженность для небольших промежутков превышает миллион вольт на сантиметр. Исследование пробоя сжатых газов было дополнено изучением электрической прочности электротехнических материалов, имеющих пористое строение, что позволило объяснить зависимость пробивных напряжений в них от давления. В этих работах были впервые получены необходимые физические предпосылки для последующих применений сжатых газов в качестве изолирующей среды в высоковольтной технике.

Наряду с изучением электрической прочности сжатых газов, Б. М. Вулом проведена группа работ по изучению электрической прочности воздуха при давлениях ниже атмосферного. При этих условиях были установлены интересные физические закономерности, относящиеся к разрядам в неоднородных электрических полях высокой частоты. Результаты этих работ были переданы промышленности и использованы при разработке электро- и радиоаппаратуры для высотной авиации.

Вне области физики диэлектриков Б. М. Вул занимался вопросами фильтрации аэрозолей и разработал основы теории этого процесса. Выводы теории были экспериментально подтверждены и использованы в технике. За эти исследования Б. М. Вул был в 1948 г. награжден орденом Красной Звезды.

Третья группа работ Б. М. Вула и сотрудников организованной им лаборатории физики диэлектриков относится к исследованию твердых диэлектриков с высокой диэлектрической проницаемостью. В ходе этих работ были подробно изучены основные диэлектрические свойства двуокиси титана (рутила) и его соединений с разными металлами, главным образом 2-й группы системы Менделеева. При этом удалось выяснить важные закономерности, связывающие значение ϵ с составом и кристаллической структурой диэлектриков указанного титана. Были найдены методы управления значением ϵ и ее температурной зависимостью, а также способы снижения потерь при высокой частоте.

Помимо важного научного значения, полученные результаты представили большой технический интерес и уже в годы Великой Отечественной войны нашли широкое применение в промышленности, в частности — для разработки и изготовления высокочастотных керамических конденсаторов.

Мировую известность приобрело открытие и исследование Б. М. Вулом, совместно с коллективом лаборатории, сегнетоэлектрических свойств титаната бария. Это открытие проложило путь к созданию нового класса диэлектриков, выделяющихся своими свойствами среди остальных диэлектриков подобно тому, как ферромагнетики выделяются своими свойствами среди других проводников.

Интересным продолжением этого направления работ явилось изучение пьезоэлектрических явлений в титанате бария, практическое использование которых открыло новые возможности в технике. Керамические пьезоэлементы из BaTiO_3 нашли практическое применение в ультразвуковых установках и других областях техники.

В связи с разработкой электрической аппаратуры для атомных реакторов Б. М. Вул исследовал действие интенсивного гамма-облучения на диэлектрик, используя естественные препараты до 1 грамм-эквивалента радия. Впоследствии исследования были проведены также на атомном реакторе. В этих работах были впервые установлены основные закономерности изменения электропроводности диэлектриков под влиянием гамма-облучения.

Начиная с 1948 г., наряду со продолжением работ по сегнетоэлектричеству, Б. М. Вулом и сотрудниками возглавляемой им лаборатории в Физическом институте им. П. Н. Лебедева была развернута работа по физике полупроводников, включающая сюда и направления, служащие основой полупроводниковой электроники. В ходе этих исследований впервые в СССР были выращены монокристаллы германия и исследованы неравновесные электронные процессы в этом материале, являющиеся основой действия кристаллических диодов и триодов. Под руководством и при активном участии Б. М. Вула были созданы впервые в Советском Союзе лабораторные полупроводниковые диоды и триоды, опыт изготовления и результаты изучения которых были быстро использованы промышленностью. Была развернута исследовательская работа в области фотоэлектрических явлений в германии и кремнии, приведшая к осуществлению кремниевых фотоэлементов советских «солнечных батарей». Б. М. Вулом был предложен новый принцип использования полупроводниковых приборов, приведший к созданию параметрических полупроводниковых усилителей.

В конце 1962 г. группой сотрудников лаборатории, возглавляемой Б. М. Вулом, совместно с сотрудниками Лаборатории квантовой радиофизики ФИАН был создан первый в СССР полупроводниковый квантовый генератор.

Указанные результаты, относящиеся к области полупроводниковой и квантовой электроники, достигнуты на основе глубоких физических исследований, проведенных за последнее десятилетие Бенционом Моисеевичем Вулом и коллективом лаборатории (ныне — Лаборатория физики полупроводников Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР). Среди этих работ особенно

выделяются исследования $p - n$ -переходов, процессов ударной ионизации в полупроводниках, а также изучение туннельного эффекта и других явлений в выращенных полупроводниках.

Б. М. Вулом опубликовано более 100 научных работ. Лаборатория физики полупроводников ФИАН является крупным центром подготовки научных кадров.

Б. М. Вул активно участвует в научно-организационной работе. В течение многих лет был ученым секретарем и заместителем директора Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР. В настоящее время Б. М. Вул — член бюро Отделения общей физики и астрономии и председатель Объединенного научного совета по проблеме «Физика и химия полупроводников». С 1951 г. Б. М. Вул — член Главной редакции Большой советской энциклопедии и один из главных редакторов последнего издания Физического энциклопедического словаря.

Директор ордена Ленина Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР
Академик (Д. В. Скобельцын)



9 октября 1970 г.

Статья Б. И. Сегала в газете «Известия» (март, 1935)

Первая защита докторской диссертации

Б. Сегал

12 марта в Физическом институте Академии наук СССР состоялась публичная защита ученым специалистом Б. М. Вулом диссертации на тему «Электрический пробой диэлектриков».

Это — первая публичная защита докторской диссертации в Академии наук.

Б. М. Вул принадлежит к числу молодых научных работников-коммунистов, которые влились в Академию наук в 1920 г. после учреждения института аспирантуры. В 1920 г., находясь в рядах Красной армии, т. Вул 17-летним юношей вступил в ряды комсомола и партии. После окончания гражданской войны он поступил в киевский Политехнический институт и окончил его в 1928 г.

Будучи аспирантом, Б. М. Вул работал под руководством одного из крупнейших наших физиков — академика А. Ф. Иоффе. После успешного окончания в 1932 г. аспирантуры т. Вул был утвержден ученым специалистом Физического института. В этом институте он организовал лабораторию диэлектриков. В Академии наук так же, как и до нее, тов. Вул активно участвует в партийной работе.

Около 20 научных работ т. Вула, напечатанных в советских и зарубежных журналах, трактуют вопросы, имеющие большое практическое значение для высоковольтной электротехники, и представляют значительный научный интерес. Здесь необходимо отметить работы по вопросам электрической очистки газов. Изучая так называемый краевой электрический пробой, автор предлагает методы, дающие возможность повышать использование электроизолирующих материалов. Весьма важным является исследование явления многократного последовательного пробоя диэлектрика на весьма разнообразном круге материалов.

За последнее время т. Вул провел ряд интересных исследований, связанных с электрическим пробоем сжатого газа, и открыл новые свойства разряда. О всех этих работах т. Вул рассказал в своем блестящем докладе на диспуте.

Выступившие в качестве оппонентов акад. А. Ф. Иоффе и член-корреспондент Академии наук А. Ф. Вальтер дали весьма высокую оценку работам т. Вула и охарактеризовали его как талантливого экспериментатора и вполне сложившегося ученого с большой эрудицией.

Представители Всесоюзного изоляционного бюро и кабельной секции Всесоюзного энергокомитета заявили, что работы т. Вула пользуются широкой известностью среди инженеров-электротехников.

Физико-математическая квалификационная комиссия Академии наук, в состав которой входят академики А. Ф. Иоффе, Л. И. Мандельштам, С. И. Вавилов и член-корреспондент Академии наук проф. П. М. Никифоров, единогласно постановила присудить Б. М. Вулу степень доктора физико-математических наук.

Успешная защита т. Вулом своей диссертации показала, что в Академии наук за последние годы подготовлены высококвалифицированные кадры пролетарской интеллигенции.

Непременный секретарь Академии наук акад. В. П. Волгин, выступивший после объявления решения квалификационной комиссии, рассказал о том, как возникла в Академии наук аспирантура, как она преодолевала трудности овладения высотами науки, и выразил надежду, что в ближайшем будущем примеру Б. М. Вула последует ряд других научных работников, получивших подготовку в Академии наук.

Статья А. Ф. Иоффе о научных работах Б. М. Вула (1935)

РАСТУТ И КРЕПНУТ РЯДЫ С ТРИ НОВЫХ ДОКТОРА ФИЗИКИ

Акад. А. ИОФФЕ
О НАУЧНЫХ РАБОТАХ
Б. М. ВУЛА

Работы Вула Б. М. охватывают следующий ряд вопросов: 1. Электроническая оптика газов. Здесь дана теория движения частиц в цилиндрическом электрическом поле и предложена новаторская для графического расчета диаграмм. 2. В ряде экспериментальных работ изучено явление красного пробоя и даны методы его ослабления, позволяющие использовать электровакуумные материалы. Это исследование является наиболее полным анализом связанных с красным пробоем физических явлений.

3. Исследовано очень важное для понимания металлов явление многократного последовательного пробоя диэлектрика. Здесь рассмотрены все типы пробоя в сложных, кристаллических и аморфных материалах, установлены основные закономерности и дано физическое объяснение, проверенное на обширных материалах.

4. Старение электровакуумных материалов.

На ряду с изложенным ходом процесса дано также обоснованное объяснение процесса и ряд практических выводов.

5. Потери на корону.

6. Пробой слезного газа, где открыты новые свойства разряда и дано весьма вероятное физическое объяснение.

Все эти исследования отличаются тщательностью эксперимента, продуманной, а иногда и простой установкой измерений и подробным физическим анализом результатов. Особенно поощряет исследование методология диалектического материализма. С этой же точки зрения Б. М. разработаны существующие теории пробоя.

В лице Б. М. Вула мы имеем типичного физика-исследователя, разносторонний вопросник теоретической физики, завовавший на основе научного физического анализа важные для техники выводы.



Б. М. Вул принадлежит к числу молодых научных работников-коммунистов, которые влились в Академию наук в 1929 г. после учреждения института аспирантуры. В 1929 г. находился в рядах Красной армии, т. Вул 15-летним юношей вступил в ряды комсомола и партии. После окончания гражданской войны он поступил в Коммунистический институт и окончил его в 1928 г.

Будучи аспирантом, Б. М. Вул работал под руководством одного из крупнейших научных физиков — академика А. Ф. Иоффе. После успешного окончания в 1932 г. аспирантуры т. Вул был утвержден ученым специалистом Физического института. В этом институте он организовал лабораторию диаэлектриков. В Академии наук там же, как и до сих пор, т. Вул активно участвовал в научной работе.

Около 20 научных работ т. Вула, напечатанных в советских и зарубежных журналах, трактуют вопросы, имеющие большое практическое значение для высоковольтной электротехники, и представляют значительный научный интерес. Здесь необходимо отметить работы по вопросам электрической очистки газов. Изучая так называемый красный электрический пробой, автор предлагает методы, дающие возможность повысить использование электровакуумных материалов. Вследствие является исследование явления многократного последовательного пробоя диэлектрика на весьма разнообразном круге материалов.

Акад. С. ВАВИЛОВ
О РАБОТАХ
В. Л. ЛЕВИШИНА

В результате длительных, трудных и с исключительной тщательностью выполненных опытов В. Л. Левинскому удалось открыть замечательный, пока экспериментально, закон соответствия между спектром поглощения и флуоресценции. Сам по себе этот закон представляет несомненно одну из интереснейших задач для теории молекулы, вместе с тем, как с поразительной успешностью показано В. Л. Левинским, этот закон приобретает значение важного эвристического метода при изучении флуоресценции.

Учение о флуоресценции многих обросло работами В. Л. Левинского и в особенности его фундаментальными исследованиями по теории поляризации флуоресценции. Закон соответствия является историей очень крупным вкладом в данную область.

В лице В. Л. Левинского советская наука уже много лет имеет крупного исследователя, умелого находить и решать большие темы и попутно дающего существенные технические результаты.



Докладная записка об эвакуации ФИАН в Казань*

В ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СССР

2/ХІІ–1941 г.

ДОКЛАДНАЯ ЗАПИСКА

Физический институт Академии наук СССР им. П. Н. Лебедева выехал из Москвы 22-го июля с.г. и прибыл в Казань 25 июля.

При эвакуации было взято все основное оборудование и большая часть библиотеки Института. В Москве было оставлено около 20 % оборудования, частично необходимого для работ оставшейся группы сотрудников, частично менее ценного; кроме того, была оставлена часть библиотеки — главным образом дубликаты журналов и устаревшие издания, а также вся мебелировка.

Штат сотрудников до выезда составлял 127 человек, из них в Казань эвакуировано 62. По категориям они распределяются следующим образом:

<u>В Москве:</u>		Эвакуировано:
Научный персонал	50	45
Научно-технический персонал	23	7
Административно-хозяйственный персонал	11	3
Мастерские	22	7
Младший обслуживающий персонал	20	
Совет по радиофизике	1	
	127	62

* АРАН. Ф. 532. Оп. 1. Ед. хр. 69.

В настоящее время штат пополнен главным образом в отношении младшего обслуживающего персонала.

<u>В Институте имеется:</u>	
Научных сотрудников	45
Научно-технического персонала	9
Административно-хозяйственный персонал	7
Младший обслуживающий персонал	5
Мастерские	10
	76

В Москве Институт делился на 5 лабораторий:

1. Лаборатория атомного ядра.
2. Лаборатория оптики.
3. Лаборатория колебаний.
4. Лаборатория акустики.
5. Лаборатория диэлектриков.

Все указанные лаборатории были перевезены в Казань. Институт прибыл в Казань 25 июля, в течение 7 дней производилась разгрузка. К 18.VIII в лаборатории установили аппаратуру и приступили к научной работе. В связи с переходом Института на оборонную работу, тематика лабораторий была пересмотрена и коренным образом изменена.

С середины октября Институт перешел на 10-часовой рабочий день.

В Москве Институт занимал площадь 1150 кв. м, в Казани — 580 кв. м.

Основными недостатками, мешающими работе лабораторий, является плохое оборудование помещений: отсутствие воды, газа, недостаточность подачи электроэнергии, а также большая величина комнат, вследствие чего в каждой комнате приходится размещать значительное число работ, производство которых мешает друг другу. Указанные недостатки не дают возможности проводить стеклодувные работы и крайне затрудняют вакуумные работы.

Для проведения некоторых работ (например, для работ по светящимся составам) не хватает чистых реактивов.

На спец. тематику полностью переведено около 80 % научного и научно-технического персонала, остальные сотрудники работают над темами промыш-

ленного значения (спектральный анализ сплавов для оборонных заводов, разработка контрольной аппаратуры также для оборонных заводов и т. д.).

Институт частично сохранил прежние связи с оборонными организациями, а также установил новые, как с местными организациями и заводами, так и с центральными. Так, установлена связь с заводами № 124, 27, 40, 197 и с Управлениями РККА, НКВМФ и ГУМПВО и др.

Зам. директора ФИАН

Член-корреспондент АН СССР /Б. М. Вул/

Ученый секретарь, проф. /В. Л. Левшин/

2 II 1941

В ПРЕЗИДИУМ АКАДЕМИИ НАУК СССР

591

ДОКЛАДНАЯ ЗАПИСКА.

Физический Институт Академии Наук СССР им. П. Н. Лебедева выехал из Москвы 22-го июля с.г. и прибыл в Казань 25 июля.

При эвакуации было взято все основное оборудование и большая часть библиотеки Института. В Москве было оставлено около 20 % оборудования, частично необходимого для работ оставшейся группы сотрудников, частично менее ценного; кроме того, была оставлена часть библиотеки — главным образом дубликаты журналов и устаревшие издания, а также вся меблировка.

Штаб сотрудников до выезда составлял 127 человек, из них в Казань эвакуировано 62. По категориям они распределяются следующим образом:

В Москве:

Эвакуировано:

Научный персонал	50	45
Научно-технический персонал	23	7
Адм.-хоз. персонал	11	3
Мастерские	22	7
Младший обслуживающий перс.	20	-
Совет по радио-физике	1	-
	127	62

В настоящее время штаб пополнен главным образом в отношении младшего обслуживающего персонала.

В Институте имеется:

Научных сотрудников	-	45,
Научно-технического персонала	-	9
Административно-хозяйственный персонал	-	7
Младший обслуживающий персонал	-	5
Мастерские	-	10
		76

В Москве Институт делился на 5 лабораторий:

- 1) Лаборатория атомного ядра,
- 2) Лаборатория оптики,

- / -
- 3) Лаборатория колебаний,
 - 4) Лаборатория акустики и
 - 5) Лаборатория диэлектриков.

Все указанные лаборатории были перевезены в Казань. Институт прибыл в Казань 25 июля, в течение 7 дней производилась разгрузка. К 18. VIII лаборатории установили аппаратуру и приступили к научной работе. В связи с переходом Института на оборонную работу, тематика лабораторий была пересмотрена и коренным образом изменена.

С середины октября Институт перешел на 10-часовой рабочий день.

В Москве Институт занимал площадь 1150 кв.м, в Казань - 580 кв. м.

Основными недостатками, мешающими работе лабораторий, является плохое оборудование помещений, отсутствие воды, газа, недостаточность подачи электричества, а также большая величина комнат, вследствие чего в каждой комнате приходится размещать значительное число работ, производство которых мешает друг другу. Указанные недостатки не дают возможности проводить откладочные работы и крайне затрудняют вакуумные работы.

Для проведения некоторых работ (например для работ по овергающим осогам) не хватает чистых реактивов.

На спец.тематiku полностью переведено около 80 % нового и научно-технического персонала, остальные сотрудники работают над темами промышленного значения (спектральный анализ сплавов для оборонных заводов, разработка контрольной аппаратуры также для оборонных заводов и т.д.).

Институт частично сохранил прежние связи с оборонными организациями, а также установил новые, как с местными организациями и заводами, так и с центральными. Так, установлена связь с заводами № 124, 27, 40, 197 и с Управлениями РККА, НКВМФ и ГУМШО и др.

Зам. Директора МАН
член-корреспондент АН -

Ученый Секретарь, проф.

Б. Вул.

(В.М.Вул)

В. Давыдов (В.Д.Давыдов)

2^я декабря 1941г.

**Приказ о временном
назначении Б. М. Вула
исполняющим обязанности
директора ФИАН***

П р и к а з 4
№ 32
по ФИЗИЧЕСКОМУ ИНСТИТУТУ АКАДЕМИИ НАУК СССР
от 12-го июля 1941г. -

Ввиду моего отъезда в Ленинград и необходимости для администрации принятия срочных безотлагательных решений вследствие обстоятельств военного времени, по согласованию с Вце-Президентом АН СССР академиком С. Ю. Шидлом, назначаю на время моего отсутствия исполняющим обязанности директора Б. М. ВУЛА.

Директор Физического
Института АН СССР, академик

С. П. Завилов /С. П. Завилов/

* АРАН. Ф. 532. Оп. 1. Ед. хр. 69.

Статья Б. М. Вула «ФИАН — обороне Родины»

*ФИАН — обороне Родины**

Б. М. Вул

Великая Отечественная война была грозным испытанием силы и духа советского народа, прочности и стойкости первого в истории человечества социалистического государства.

Не в такой мере, как ныне, но и в те годы наука была существенным фактором развития военной техники. Естественно, что ученые Советской страны и ее главного научного центра — Академии наук СССР — стремились все свои знания и силы направить на помощь Красной армии в ее жестокой борьбе с фашизмом.

На второй день войны, 23 июня 1941 г., Президиум Академии наук СССР принял решение перестроить деятельность академических учреждений, подчинив все проводимые ими исследования требованиям военного времени. Как это решение проводилось в жизнь, можно видеть на примере одного из крупных учреждений Академии — Физического института им. П. Н. Лебедева, возглавлявшегося в те годы академиком С. И. Вавиловым.

К началу войны ФИАН был уже довольно крупным центром физической науки, комплексным институтом, в котором проводились исследования по таким разделам физики, как люминесценция, научные основы радиотехники, акустика, оптика, космические лучи и ядерная физика, физика диэлектриков и теоретическая физика.

Институт обладал сильным коллективом. Среди его 48 научных сотрудников было 4 академика, а в последующие годы академиками стали еще 12 ученых

* Вестник АН СССР. 1975. № 4. С. 34–41. Автор выражает глубокую благодарность товарищам по совместной работе в военные годы за помощь в подготовке статьи о событиях более чем тридцатилетней давности. Некоторые материалы были получены из архива Института, за что автор горячо благодарит заведующую архивом Н. М. Девицину.

из этого состава. Таким образом, каждый третий научный сотрудник Института того времени был или стал действительным членом Академии наук СССР.

В 1941 г. в Москве на нынешней территории ФИАН заканчивалось строительство акустического павильона и предполагалось начать проектирование мощного по масштабам того времени циклотрона для получения дейтронов и протонов. В циклотронную бригаду входили ставшие затем академиками В. И. Векслер и П. А. Черенков, Е. Л. Фейнберг, избранный позднее членом-корреспондентом Академии, и Л. В. Грошев. Состав этой маленькой, но уже «могучей кучки» молодых в те годы советских физиков дает наглядное представление о научном потенциале среднего звена Института того времени.

Институт не ограничивался проведением исследований по самым актуальным тогда разделам физики. Он оказывал большое влияние на развитие физической науки в стране. В нем регулярно работали коллоквиумы — общепринадлежательский и лабораторий атомного ядра, оптики, колебаний, акустики, физики диэлектриков и теоретической физики, в которых принимали участие сотрудники как ФИАН, так и других научных учреждений. Научные работники многих институтов, в том числе республиканских, защищали на заседаниях ученого совета ФИАН диссертации. Бригады сотрудников Института работали над составлением учебников по физике для средней и высшей школы.

Все лаборатории Института поддерживали связи как с исследовательскими институтами промышленности, так и непосредственно с предприятиями, а в отдельных лабораториях уже был известный опыт работы по оборонной тематике.

Когда началась война, часть сотрудников Института была призвана в армию; весь остальной мужской персонал, не подлежавший мобилизации, записался в Московское ополчение. Этой части коллектива Института предстояло выполнить свой долг перед Родиной не на фронте, а в научных лабораториях и на полигонах.

ФИАН вместе с рядом других институтов был во второй половине июля переведен в Казань.

Город на Волге гостеприимно принял эвакуированных. Казанский университет предоставил лабораториям Института около 10 комнат, и в течение нескольких дней после прибытия институтского оборудования из Москвы все, что могло понадобиться для исследований, было вновь смонтировано. Библиотека Института, бывшая в то время, как и ныне, самым полным в нашей стране собранием литературы по физике, разместилась в коридоре. Часто вечерами там можно было видеть напряженно работающих при тусклом свете горящих вполнакала ламп сотрудников ФИАН и других институтов. Там же, в коридоре, по вечерам выдавали сотрудникам и их семьям пайки хлеба.

В Казани сразу же были развернуты исследования во всех лабораториях Института, причем для решения определенных задач были созданы группы,

в которые часто входили сотрудники разных лаборатории ФИАНа и даже работники других институтов. Несмотря на их горячее стремление сделать как можно больше для победы, переход на военную тематику был труден. Военная промышленность и оборонные учреждения только еще перебазировались на Восток, наладить с ними более или менее регулярные связи было нелегко, и приходилось на первых порах браться за решение любых задач, важных для фронта. Институт установил тесный контакт с рядом заводов, работающих на оборону, совместно с некоторыми другими институтами Академии создал и передал промышленности несколько методов и приборов, улучшающих или ускоряющих контроль производства выпускаемой заводами продукции и т. д. Это было лишь начало, но оно показало, что ученые Физического института готовы использовать весь накопленный ими опыт для решения задач, продиктованных нуждами фронта.

О перестройке и этих первых результатах работы ФИАНа в условиях военного времени автор данных строк, тогда заместитель директора Института, докладывал Президиуму Академии на его заседании 2 октября 1941 г. (подробнее см.: Вестник АН СССР. 1941. № 9–10. С. 68).

Небольшая и в довоенные годы лаборатория атомного ядра, которую возглавлял Д. В. Скобелецын, стала еще меньше. В ней осталось 12 сотрудников, которые разместились в одной комнате. Группа сотрудников (В. И. Векслер, Е. Л. Фейнберг, М. Н. Аленцев, В. А. Хволес и Ю. М. Сухаревский) взялись за создание аппаратуры для акустического обнаружения (или распознавания) самолетов. При этом была использована методика, разработанная ранее для исследования космических лучей. Аппаратура прошла испытания на аэродроме в Кубинке, подвергавшемся в то время налетам немецкой авиации. В работу было вложено много изобретательности, и, хотя на смену акустической локации уже шла радиолокация, многие полученные тогда результаты оказались весьма ценными. Были выдвинуты новые теоретические положения, развитие которых оказалось очень плодотворным и дало существенный эффект уже в послевоенные годы.

Другая работа лаборатории имела целью использование рентгеновского и гамма-излучений в сочетании с ядерными методами для контроля промышленных изделий. Так, О. Н. Вавиловым, В. И. Векслером, Н. А. Добротиным и В. А. Цукерманом был создан прибор для контроля клапанов авиационных моторов с помощью рентгеновских лучей, а Н. С. Ивановой и Н. А. Добротиным — прибор для определения толщины стеллитового покрытия этих клапанов, изготовленного из особо прочного сплава.

Сложные задачи были решены при разработке прибора для определения толщины ствола стрелкового оружия с помощью гамма-лучей. Трудность заключалась в том, что при большой длине ствола малого калибра вводимый в него

стержень с радиоактивным препаратом нельзя было сделать жестким, и это порождало ошибки измерения. Для устранения таких ошибок Н. А. Добротин и И. М. Франком был предложен компенсационный метод с использованием ионизационных камер, практически нечувствительный к малым перемещениям источника излучения. Было предусмотрено специальное автоматическое устройство для защиты оператора от облучения. Точность прибора составляла сотые миллиметра для ружейных стволов, и в принципе он позволял измерять сталь толщиной до 10 см с точностью не менее десятых миллиметра.

Прибор успешно прошел испытания на одном из заводов Урала и был принят в качестве контрольного заводской лабораторией. Физические основы этого первого советского гамма-толщиномера были разработаны в ФИАНе, а создан он был совместно с Институтом машиноведения Академии наук СССР. Как известно, толщиномеры, в которых используется излучение радиоактивных веществ, получили распространение значительно позже, когда стали широко доступны искусственные радиоактивные вещества.

Продолжались и чисто теоретические исследования. Достаточно напомнить относящиеся к этим годам известные работы И. М. Франка по эффекту Доплера в преломляющих средах и В. Л. Гинзбурга и И. М. Франка по теории переходного излучения. Однако все эти работы отошли на второй план, когда перед советской наукой и техникой встала грандиозная задача овладения ядерной энергией. Лаборатория атомного ядра начала сосредоточивать свои усилия на этой задаче уже в 1944 г. Недаром в 1966 г. в дни, когда отмечалось 20-летие пуска первого в СССР атомного реактора, ставшего и первым в Европе, в числе других участников работ по его созданию памятные грамоты получили сотрудники ФИАНа Л. В. Грошев, Л. Е. Лазарева, Е. Л. Фейнберг и И. М. Франк.

В лаборатории колебаний, руководимой Н. Д. Папалекси, уже в августе–сентябре 1941 г. были развернуты работы по ряду тем. Одна из них — создание фазового зонда, устройства для скрытой привязки на местности огневых позиций вражеских артиллерийских батарей. Уже в начале декабря 1942 г. был готов действующий макет устройства.

К концу 1942 г. была закончена в лаборатории и другая работа, которая касалась компенсации местных радиопомех. Была создана и прошла испытания снабжения собственной антенной ВЧ-приставка к радиоприемнику, которая позволяла вычитать из сигнала, принимаемого основным приемником, различного рода наводки и местные радишумы.

В тот же период лабораторией была выполнена еще одна работа, и в мае 1943 г. относящиеся к ней материалы были переданы заинтересованным организациям. А началось с того, что на сбитых немецких самолетах были обнаружены малогабаритные рамочные антенны со слоистым ферромагнитным сердечником.

Лаборатории было поручено заняться созданием такой антенны. Однако технология изготовления феррита была неизвестна, и Н. Д. Папалекси предложил испытать слоистые железные и пермаллоевые сердечники. Теория их была разработана И. Е. Таммом и В. Л. Гинзбургом. В процессе экспериментальной работы, проводившейся под руководством С. М. Рытова, удалось изготовить макет рамки с пермаллоевым сердечником. Предъявленный «заказчику», он сразу же был пущен в летные испытания.

Акустическая лаборатория, которой заведовал Н. Н. Андреев, почти с самого начала войны сосредоточила свои силы в основном на проблемах гидроакустики, в частности на разработке акустических тралов — мощных источников звука в воде, способных вызывать взрывы акустических мин на расстояниях, безопасных для тральщиков. Весной 1942 г. первые образцы тралов были изготовлены, и группа сотрудников лаборатории во главе с Н. Н. Андреевым выехала из Казани в Москву, а затем Н. Н. Андреев, Л. Д. Розенберг, Л. М. Бреховских, Я. Л. Хургин, А. Н. Ривин направились в Потти, тогда главную базу Черноморского военного флота, а Б. Д. Тартаковский и В. Д. Жаринов вылетели в Ленинград. Первые везли с собой образцы разработанных акустических тралов. Экспедиция, возможно, несколько претенциозно, называлась «Скорая помощь флоту». Но действительно срочная помощь флоту была необходима, так как борьба с акустическими минами велась в то время самым примитивным и рискованным способом: военный корабль многократно (до 30 раз) на большой скорости проходил по фарватеру, который необходимо было разминировать, и, воздействуя своим шумом на мины, взрывал их. При этом он мог и не успеть проскочить над миной до того, как она взорвется.

Экспедиция, в которой, кроме сотрудников лаборатории, участвовали и военные моряки, детально изучала акустические характеристики обезвреженных новейших образцов немецких акустических мин, измеряла шумы основных типов наших военных кораблей, подбирала наиболее эффективные характеристики акустических излучателей. В море было создано несколько акустических «полигонов» с разными глубинами, где изучались законы распространения и затухания звука разных частот при разных характеристиках морского грунта. Следует упомянуть, что в последующие годы Л. М. Бреховских развил стройную теорию распространения звука в слоистых средах.

Работа на Черном море успешно закончилась в декабре 1942 г. созданием нового, весьма эффективного средства борьбы с вражескими минами. Тогда же здесь родилось новое научное направление — подводная акустика, в дальнейшем развивавшееся в акустической лаборатории ФИАНа.

В блокированном Ленинграде в течение нескольких суток непрерывной работы, под руководством Б. Д. Тартаковского и В. Д. Жаринова были построены акустические тралы, и уже через две недели оборудованные этими тралами,

получившими название «ФИАН», баржи и некоторые мелкие корабли начали боевое траление акустических бесконтактных мин, поставленных немецкой авиацией в районе Кронштадта. План противника запереть советские подводные лодки и не дать им выйти в море был сорван. Одновременно оборудовались акустическими тралами суда Ладожской военной флотилии, обеспечивавшей снабжение Ленинграда через Ладожское озеро.

В 1943 г. сотрудники лаборатории руководили постройкой акустических тралов и помогали их осваивать на Волге, где после Сталинградской битвы противник с воздуха сбрасывал в речной фарватер неконтактные мины, пытаясь воспрепятствовать перевозке нефти из Астрахани. Многие немецкие мины были обезврежены тралами ФИАН, действовавшими вместе с магнитными тралами.

В той же акустической лаборатории в 1941–1942 гг. велись и другие работы. Так, осенью 1941 г. под руководством Ю. М. Сухаревского при участии И. П. Жукова и М. Н. Аленцева в Казани была подготовлена, а в марте 1942 г. вывезена в Москву аппаратура для дистанционного подрыва мин. В 1942–1943 гг. под руководством Ю. М. Сухаревского при участии Д. И. Блохинцева, И. П. Жукова и И. И. Славина было разработано специальное ветрозащитное устройство для звукоулавливателей зенитных установок, которое успешно прошло испытание в одной из частей ПВО Москвы и было принято на вооружение. В 1943–1945 гг. Ю. М. Сухаревский руководил проводившимися при участии В. С. Григорьева и И. П. Жукова физическими исследованиями по проблемам гидролокации; в 1944 г., в частности, на кораблях Тихоокеанского флота работала специальная экспедиция. Были подвергнуты первичному изучению элементы акустики океана, существенно определяющие эффективность гидролокации, и указаны пути ее повышения. Работы экспедиции дали начало некоторым новым разделам гидроакустики и широким экспериментальным исследованиям.

Оптическую лабораторию Института возглавлял в годы войны Г. С. Ландсберг. Еще в 1936 г. под его руководством С. Л. Мандельштам начал свои работы по физическому обоснованию спектрального анализа — нового в то время метода определения химического состава вещества. С началом войны роль спектрального анализа, как быстрого, точного и дешевого метода контроля производственного процесса, особенно возросла, и сотрудники лаборатории (С. Л. Мандельштам, Ф. С. Барышанская, С. О. Дабкина, Л. И. Туницкий и др.) во главе с Г. С. Ландсбергом прилагали все усилия для его использования на металлургических, автомобильных и авиационных заводах. На ряде крупных заводов были организованы лаборатории спектрального анализа и подготовлены соответствующие кадры для них, разработаны и внедрены новые спектрально-аналитические методики контроля плавки сталей, легких и цветных сплавов. В Казани Г. С. Ландсбергу удалось создать оптические мастерские, где сотрудники лаборатории С. М. Райский, В. И. Малышев и В. Г. Корицкий разработали простую

и дешевую конструкцию стилоскопа — прибора для быстрого спектрального анализа металлов — и наладили производство таких приборов. Во время Великой Отечественной войны стилоскопы эффективно применялись на авиационных, танковых и других заводах оборонной промышленности и во фронтовых ремонтных частях.

В 1943 г. по просьбе Народного комиссариата черной металлургии группе работников ФИАНа (С. Л. Манделъштам, С. О. Драбкина, А. А. Шубин) была поручена организация базовой спектральной лаборатории черной металлургии при Институте стали этого комиссариата. Лаборатории была временно передана часть оборудования ФИАНа. В течение 1943–1945 гг. группа не только разработала и внедрила на предприятиях черной металлургии ряд новых методов спектрального анализа, но и подготовила кадры заводских работников для его применения. Один из важных результатов этой работы — создание переносного стилоскопа, применение которого на металлургических заводах и непосредственно в местах сбора трофейной военной техники сыграло крупную роль в обеспечении металлургической промышленности высококачественным металлом. В 1944 г. в ФИАНе была создана Лаборатория спектрального анализа под руководством С. Л. Манделъштама (ныне — Лаборатория спектроскопии).

Г. С. Ландсбергом и П. А. Бажулиным в 1941–1945 гг. были проведены пионерские работы по созданию метода молекулярного спектрального анализа на основе явления комбинационного рассеяния света и важная в оборонном отношении работа по установлению состава трофейных бензинов.

Лабораторию люминесценции, которой непосредственно руководил С. И. Вавилов, война вынудила временно прекратить успешно проводившиеся ею работы по созданию газоразрядных ламп — так называемых ламп дневного света — и заняться другими проблемами. В феврале 1942 г. сотрудники лаборатории помогли очень быстро организовать на одном из промышленных предприятий производство необходимых для авиационных приборов свето-составов постоянного действия. На этом же заводе под руководством С. А. Фридмана была разработана и выпущена серия люминесцентных ламп особой конструкции для военно-морского флота, а в 1943 г., в связи с изменением хода войны, на Московском электроламповом заводе вновь развернулись прерванные в начале войны совместные работы завода и ФИАНа по организации первого в СССР производства люминесцентных ламп.

В первые месяцы войны С. И. Вавилов и группа сотрудников лаборатории посетили воинскую часть, где ученым Физического института показали снятое с подбитого немецкого танка небольшое устройство, одна из частей которого представляла собой пластинку, покрытую слоем особого вещества. С. И. Вавилов разгадал назначение устройства и установил, что принцип его действия основан на люминесценции в инфракрасных лучах.

Изучение чувствительности возбужденных кристаллофосфоров к инфракрасным лучам было начато в ФИАНе еще в 1933 г. (В. Л. Левшин, В. В. Антонов-Романовский); в Казани эти работы стали одним из ведущих направлений деятельности лаборатории люминесценции и приобрели оборонное значение. Руководил ими С. И. Вавилов. В 1943 г. в лаборатории были получены и затем исследовались фосфоры с двумя редкоземельными активаторами, дающие яркую (зеленую или красную) вспышку под действием инфракрасных лучей. Для этого класса фосфоров инфракрасный свет действует, как спусковой механизм, освобождающий энергию, запасенную в фосфоре ранее, при возбуждении. На основе тонких экранов из фосфоров были созданы приборы для обнаружения источников инфракрасного излучения БИ-6 и БИ-8 («бинокль инфракрасный»), которые успешно прошли в ноябре–декабре 1943 г. государственные испытания (на военных кораблях в Батуми) и были приняты на вооружение.

Войсковым радиостанциям были необходимы конденсаторы с очень малым температурным коэффициентом емкости, большой механической прочностью, стабильностью и др. Можно было рассчитывать, что материалы, удовлетворяющие этим требованиям, удастся получить путем синтеза керамических масс с двуокисью титана. Работа проводилась сотрудниками лаборатории диэлектриков (Б. М. Вул, Г. И. Сканави, Р. Я. Разбаш, Н. А. Ирисова, Н. Л. Строганова) совместно с группой академика И. В. Гребенщикова из Института химии силикатов Академии наук СССР (В. П. Барзаковский, С. К. Дуброво, В. А. Бочкарева). В результате интенсивных поисков такие керамические массы, содержащие титанат магния и титанат кальция, были получены. Внедрение их в промышленность началось в 1942 г. Эти и последующие работы привели в дальнейшем к организации отечественного производства керамических конденсаторов.

Осенью 1941 г. лабораторией (Б. М. Вул, Г. М. Коваленко) были начаты также работы по изысканию путей борьбы с обледенением самолетов, проводившиеся совместно с Институтом летных исследований (Н. С. Егоров, И. И. Шулейко и П. И. Макаров) и Физико-техническим институтом Академии наук СССР (Ю. П. Маслаковец и Б. Т. Коломиец). Был сконструирован электротермический противообледенитель, в котором в качестве нагревательного элемента использовалась металлизированная бумага. Весной 1942 г. были проведены летные испытания. Впоследствии метод металлизации бумаги был широко применен в производстве бумажных электрических конденсаторов.

Уже в 1941 г. заинтересованным организациям были переданы результаты работы, касавшейся обеспечения бесперебойности действия самолетных систем радиосвязи.

В годы войны небольшой коллектив ФИАНа не только вел большую научную работу. Все сотрудники Института регулярно проходили всеобщее военное обучение.

В выходные, да часто и не в выходные, дни не только молодые, но и уже «маститые» ученые выгружали баржи на Волге, и на спинах многих из них нехитрое приспособление — «коза» — сидело так ладно и так нагружалось, что «грузчиков», имена которых были или вскоре стали известными физикам всего мира, вполне можно было принять за профессионалов. Кое у кого, видимо, сказывался опыт, приобретенный в горных походах, при альпинистских восхождениях.

В вечерние часы на собраниях и политических семинарах обсуждалось положение на фронте, общее состояние страны, дела во всем мире. В те дни многие сотрудники Института вступили в ряды коммунистической партии. Среди них были: Д. И. Блохинцев, И. М. Бутузов, В. Л. Гинзбург, Н. А. Добротин, З. Л. Моргенштерн, Г. И. Сканава, Н. Н. Соболев, П. А. Черенков; секретарем партийной организации Института был тогда В. И. Векслер.

В 1943 г. Институт вернулся в Москву. Годы эвакуации остались позади. Сотрудники Института сохранили глубокую благодарность казанцам, которые оказывали им помощь в дни, когда сами терпели тяжелые лишения.

В последние годы войны в Институт стали возвращаться его сотрудники-фронтовики, в их числе А. М. Прохоров, М. М. Сущинский, Б. Д. Копыловский и др.

С глубокой скорбью коллектив Института воспринял вести о гибели на фронтах Великой Отечественной войны сотрудников Института М. А. Дивильковского, М. Л. Котляревского, А. А. Кочеткова, М. И. Филиппова.

Когда ФИАН вернулся из Казани в Москву, начался обратный процесс — реориентации работ с прикладных исследований на фундаментальные. Хотя война вынудила Институт изменить характер исследований, их физическая сущность фактически сохранилась.

Через месяц после великого Дня Победы, 12 июня 1945 г. Институт отмечал свой юбилей. На торжественном заседании Ученого совета с докладом «Физический кабинет, физическая лаборатория, Физический институт АН СССР за 220 лет» выступил директор ФИАНа С. И. Вавилов. В этой летописи Института годы Великой Отечественной войны заняли почетное место.

Справка о производстве керамических конденсаторов (1944)

362 70

1-7-2

21 января 1944

СПРАВКА

В результате большой научно-исследовательской работы, проведенной Физическим Институтом Академии Наук СССР совместно с заводом № 362 НКП - на заводе № 362 организовано производство новых высококачественных керамических конденсаторов.

Была проведена следующая работа по организации производства новых конденсаторов:

1. Подобраны и обучены основные кадры по изготовке специальных керамических масс, по прессовке, протяжке и обжигу конденсаторов по нанесению металлических обкладок методом серебрения, пайке отводов и контролю электрических характеристик. Всего обучено 11 человек.
2. Отведено помещение, смонтировано и пущено в ход керамико-технологическое оборудование для производства конденсаторов.
3. Приобретена недостающая электроизмерительная аппаратура и организована контрольно-измерительная лаборатория.
4. В сентябре 1943 года был организован опытный цех по изготовлению новых керамических конденсаторов, который выполнил заказ на головные партии новых конденсаторов.

При этом на всех операциях технологического процесса были разработаны производственно-технологические инструкции и составлена калькуляция выпускаемых конденсаторов.

5. На I-й квартал 1944 года заводом принят и включен в производственную программу. Магсовне заказ на новые керамические конденсаторы.
6. В настоящее время конденсаторный цех включен в структуру завода под № 15. Производство конденсаторов расширяется к концу I-го квартала, выпуск цеха доводится до 7000 штук в месяц.

ДИРЕКТОР ЗАВОДА № 362
НКП СССР

/Балашихин/

Справка о производстве керамических конденсаторов (1944)

Статья В. М. Березанской «ФИАН — создатель первого отечественного транзистора»

*ФИАН — создатель первого отечественного транзистора**

В. М. Березанская

Цель данной статьи — дать информацию о разработках Академии наук по полупроводниковым приборам, многие годы скрывавшуюся под грифом секретности. Секретность создавала большие трудности в работе: ограничивалось общение ученых, прекращались связи с зарубежными учеными, а главной бедой стала невозможность публикаций. В 1955 г. на заседании Ученого совета Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) Бенцион Моисеевич Вул говорил по поводу работ по полупроводникам¹⁾:

«Я хотел затронуть один вопрос. Относительно публикации работ и относительно секретности. Начиная с войны и после войны, мы работали главным образом под грифом секретности и получили очень большой для себя урок.

В связи с полупроводниками американцы прямо писали <...>, что вред [от публикаций] для американцев будет больше, чем польза для русских, которую они сумеют извлечь из этого вреда. И они напечатали ряд работ, скрывая частично технологию. Мы ничего не печатаем. И получается так, что мы создаем работы, пока мы эти работы делаем, ставим гриф, в Америке появляются работы. <...> А мы получаем хорошие результаты и они потом стареют. Мы их скрываем и не печатаем.

Сейчас в радиотехнической промышленности и в других отраслях промышленности интерес к полупроводникам большой в части применения их в различных схемах. И то, что мы не публикуем своих работ, это задерживает их продвижение. И во многих случаях секретность не оправдывается. Нет оснований прятать вещи, поскольку они более или менее общеизвестны.

Надо поставить вопрос, чтобы со многих работ, которые мы делаем, снять гриф секретности».

* Вестник Российской Академии наук. Т.80. № 2, 2010. С. 169–176.

¹⁾ Фрагмент из стенограммы заседания Ученого совета ФИАН от 10.01.1955 г.

Эти работы в ФИАНе удалось рассекретить только в 2008 г., но то, что они были неизвестны, сыграло свою роль. Работники предприятий электронной промышленности до сих пор твердо уверены, что приоритет создания первого отечественного транзистора принадлежит НИИ-160 (НИИ «Исток»). Дело в том, что первая публикация, описывающая транзистор появилась в 1948 г. Это была статья Бардина и Браттейна «The transistor, a semiconductor triode» (Physical Review 74 (July 1948)). Сведения о транзисторе заинтересовали руководителя ряда научно-исследовательских работ НИИ-160 (ныне НИИ «Исток», Фрязино) Александра Викторовича Красилов и он дал своей дипломнице Сусанне Лукасовне Мадоян тему диплома «Исследование материалов для кристаллического триода». В результате С. Г. Мадоян к весне 1949 г. получила транзисторный эффект. По свидетельству Ю. Р. Носова²⁾, *«транзистор весной 1949 г. сделан не был, был лишь продемонстрирован транзисторный эффект на микроманипуляторе, да и германиевые кристаллы использовались не свои, а выковыранные из детекторов фирмы Philips»*³⁾. К этому можно присоединить слова А. А. Шуки⁴⁾ о том, что у С. Г. Мадоян *«лабораторный образец работал не больше часа, а затем требовал новой настройки»*⁵⁾. Тем не менее А. В. Красилов и С. Г. Мадоян стали известны как создатели первого транзистора в Советском Союзе.

Рассекреченные в ФИАНе документы дают совсем другие, но убедительные сведения, которые стали особенно важными сейчас, когда отмечается 60-летие отечественного транзистора, и в СМИ появились статьи, принижающие роль Академии наук в его создании. Приведем следующие фрагменты из той же статьи Ю. Р. Носова:

«<...> Наша полупроводниковая наука свой транзисторный проект не сформулировала, более того — после публикаций компании Bell Labs транзистор для Академии наук не стал приоритетом № 1, а лишь „одним из“. На VII Всесоюзном совещании по полупроводникам (1950), первом послевоенном, почти 40 % докладов было посвящено фотоэлектричеству, значительное число — новым полупроводникам и ни одного — германию и кремнию. <...> Если бы транзисторы и появились в 1949 г., их некому было бы „предъявить“: отраслевой полупроводниковой науки не было, „академиков“ транзисторные дела тогда не волновали».

Эти заявления полностью опровергаются приведенными в конце статьи фрагментами из отчетов ФИАН.

И дальше Ю. Р. Носов продолжает:

²⁾ Носов Юрий Романович (р. 1931 г.) — физик, д. т. н., начальник отдела ОАО НИИ «Сапфир».

³⁾ Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2008. № 2, 3.

⁴⁾ Шука А. А., д. т. н., Московский институт радиотехники, электроники и автоматики.

⁵⁾ Журнал Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2007. № 7.

«К 50-летию транзистора я опубликовал в „Независимой газете“ большую статью, пафосно отметив роль А. В. Красилова. В СМИ это прозвучало впервые, и ему понравилось — а кому бы нет? (Настолько, что в 2003 г. свое приветствие „Пулсара“ он подписал „создатель первого отечественного транзистора“, опустив „лауреат Ленинской и Сталинской премий“: преходящее — ничто в сравнении с вечным.) Тогда же накоротке я поинтересовался мнением Александра Викторовича о статье. „История правдивая и написана прекрасно“, — [ответил Красилов], но с улыбкой добавил: „А вообще-то все было не так“. Вернуться к разговору как-то не удавалось, хотя мы и заседали в одном диссертационном совете, а вскоре Александр Викторович ушел из жизни. Версия „как было на самом деле“ складывалась уже без него».

«Как было на самом деле» Ю. Р. Носов не мог знать, а А. В. Красилов знал, что «все было не так». Это подтверждает его подпись на документе, приведенном ниже. Но изложим все по порядку.

По предложению Министра промышленности средств связи Г. В. Алексеенко, научно-исследовательская работа по теме «Исследование электрофизических свойств Ge и создание действующих макетов германиевых триодов» была начата в ФИАНе в 1949 г., вскоре после опубликования первых сообщений об этих приборах за рубежом.

Работа проводилась небольшой группой сотрудников Электрофизической лаборатории ФИАН под руководством А. В. Ржанова⁶⁾. Общее руководство осуществлял член-корреспондент АН СССР Б. М. Вул.

Из отчета⁷⁾ А. В. Ржанова следует, что уже в 1949 г. работы велись очень интенсивно: разрабатывались технологические методы, создавалось оборудование, получен триодный эффект, исследовались характеристики триода.

В 1949 и 1950 гг. в ФИАНе были изготовлены первые партии германиевых высоковольтных диодов, переданные в различные организации (СКБ-245 ММП, некоторые лаборатории ФИАН, НИФИ-2 и др.).

В 1950 г. исследовался триодный эффект в микроманипуляторе, и были проведены испытания нескольких конструкций германиевых триодов, которые по различным причинам оказались неудачными.

Наконец, в начале 1951 г. была разработана новая конструкция германиевых триодов и технология их изготовления. Изготовленные образцы по характеристикам были близки к описанным в иностранной литературе.

Научно-исследовательская работа по теме «Исследование электрофизических свойств германия и создание действующих макетов германиевых трио-

⁶⁾ Ржанов Анатолий Васильевич (1920–1990) — физик, академик РАН, с 1944 по 1962 гг. работал в ФИАНе, с 1962 г. — директор Института физики полупроводников Сибирского отделения РАН.

⁷⁾ Отчет «Исследование электрофизических свойств кремния, германия и их сплавов» (Утвержден директором ФИАН С. И. Вавиловым 21.11.1949 г. Руководитель Б. М. Вул, исполнитель А. В. Ржанов.)

дов», выполненная Физическим институтом Академии наук СССР за период 1949–1951 гг., была завершена сдачей ее специальной комиссии Министерства промышленности средств связи СССР (МПСС СССР), назначенной приказом Министра МПСС СССР Г. В. Алексеенко. Перед комиссией с отчетным докладом «Германиевые диоды высокого обратного напряжения и германиевые триоды» выступил А. В. Ржанов. Приведем фрагменты заключения⁸⁾ по этому докладу авторитетного члена комиссии С. Г. Калашникова⁹⁾:

«<...> Глава 3 посвящена исследованию триодного эффекта. В этой части работы экспериментально осуществлены германиевые триоды, что представляет собой тонкую техническую задачу, и исследованы важные вопросы, связанные с триодным действием: определены входные и выходные сопротивления и сопротивления обратной связи, влияние расстояния между контактами, влияние электрической формовки, триодное действие на электронном и дырочном германии и др.

В отчете описан также разработанный метод изготовления германиевых триодов, отличающийся большой простотой, и методика измерения основных характеристик триодов.

Основное значение раздела работы по триодному эффекту заключается, во-первых, в том, что осуществлены германиевые триоды и дан доступный метод их изготовления. Этим открывается возможность дальнейшего изготовления лабораторных образцов триодов и начала работ по исследованию их эксплуатационных свойств и областей применения.

<...> Переходя к оценке работ в целом, необходимо, прежде всего, отметить, что она представляет первую законченную работу по германиевым триодам в Советском Союзе. Работа содержит важные результаты, касающиеся германиевых триодов. Эти результаты позволят более широко развернуть дальнейшие исследовательские работы по германиевым триодам, и многие из них будут использованы в будущих опытно-конструкторских работах».

Комиссия МПСС провела всесторонние испытания представленной опытной партии образцов, которые прошли успешно. В заключении акта приемки четко заявляется о первенстве ФИАНа в создании первого в СССР транзистора. Приведем текст этого заключения.

Заключение акта приемки от 18.12.1951 г. (см. копию оригинала заключения акта приемки на рис. 1 и рис. 2):

⁸⁾ Заключение по докладу А. В. Ржанова из акта приемки научно-исследовательской работы «Исследование электрофизических свойств германия и создание действующих макетов германиевых триодов», выполненной Физическим институтом Академии наук СССР. (18.12.1951 г., стр. 32–34).

⁹⁾ Калашников Сергей Григорьевич (1906–1984) — физик, с 1929 по 1961 гг. работал в Московском университете (МГУ) (с 1946 г. — профессор, зав. кафедрой), с 1956 г. — зав. отделом Института радиотехники и электроники АН СССР, с 1962 г. — профессор Московского физико-технического института.

«Комиссия отмечает, что ФИАНом выполнена ценная работа, в ходе которой впервые в СССР экспериментально осуществлен триодный эффект, изучен ряд вопросов, связанных с триодным действием, а также изготовлены первые действующие макеты полупроводниковых триодов.

Проведенная работа позволяет сделать заключение о степени пригодности германия, поставляемого ГИРЕДМЕТОм в настоящее время, и наметить направления дальнейшей работы по улучшению качества германия.

Результаты выполненной ФИАН работы могут быть использованы в последующих научно-исследовательских работах по германиевым триодам, а в дальнейшем и в опытно-конструкторских разработках.

Разработанные ФИАН действующие макеты германиевых триодов могут быть использованы для научно-исследовательской работы по вопросам применения этого нового класса приборов.

Рекомендации комиссии.

Комиссия рекомендует:

1. Продолжить в 1952 г. в ГИРЕДМЕТе работу по получению высококачественного германия для триодов с привлечением заинтересованных организаций.
2. Выполнить в 1952 г. совместную научно-исследовательскую работу ФИАН и НИИ-160 по созданию германиевых триодов со следующими параметрами:
 - усиление мощности не менее 100;
 - средняя максимальная мощность не менее 20 мвт;
 - граничная рабочая частота 1–2 Мгц.
3. Организовать в 1952 году в НИИ-695 и НИИ-885 научно-исследовательские работы по применению германиевых триодов в радиотехнической аппаратуре и счетно-решающих устройствах.
4. В процессе совместной работы НИИ-160 и ФИАН считать необходимым лабораторное изготовление в НИИ-160 партий действующих макетов триодов с достигнутыми характеристиками и передачу их в НИИ-695 и НИИ-885 МПСС СССР, начиная с 1-го квартала 1952 г.
5. Материалы работы комиссии после утверждения акта разослать ФИАН, НИИ-160, ОКБ-498, НИИ-885, НИИ-695 МПСС, НИИ-108, ВМ, 5 и 7 Гл. Управлениям МПСС, Гиредмет МЦМ.

Председатель комиссии:

/Бройде А. М./

/Фролов А. Д./

Члены комиссии:

/Ржанов А. В./

/Ушаков В. Б./

/Красилов А. В./

/Пужай А. Н./

/Калашников С. Г./

/Эльхонес Н. М./»

- 7 -

ЗАКЛЮЧЕНИЕ КОМИССИИ

Комиссия отмечает, что ФИАН выполнена ценная работа, в ходе которой впервые в СССР экспериментально осуществлен триодный эффект, изучен ряд вопросов, связанных с триодным действием, а также изготовлены первые действующие макеты полупроводниковых триодов.

Проведенная работа позволяет сделать заключение о степени пригодности германия, поставляемого Гиредметом в настоящее время и наметить направления дальнейшей работы по улучшению качества германия.

Результаты выполненной ФИАН работы могут быть использованы в последующих научно-исследовательских работах по германиевым триодам, а в дальнейшем и опытно-конструкторским разработках.

Разработанные ФИАН действующие макеты германиевых триодов могут быть использованы для научно-исследовательской работы по вопросам применения этого нового класса приборов.

РЕКОМЕНДАЦИИ КОМИССИИ

Комиссия рекомендует:

1. Продолжить в 1952 г. в Гиредмете работу по получению высококачественного германия для триодов с привлечением заинтересованных организаций.

2. Выполнить в 1952 году совместную научно-исследовательскую работу ФИАН и НИИ-160 по созданию германиевых триодов со следующими параметрами: усиление по мощности

Рис. 1. Копия фрагмента акта заключения комиссии МПСС

- 8 -

не менее 100, средняя максимальная мощность не менее 20 мвт и граничная рабочая частота порядка 1-2 МГц.

3. Организовать в 1962 году в НИИ-695 и НИИ-885 научно-исследовательские работы по применению германиевых триодов в радиотехнической аппаратуре и счетно-решающих устройствах.

4. В процессе совместной работы НИИ-160 и ФИАН, считать необходимым лабораторное изготовление в НИИ-160 партий действующих макетов триодов с достигнутыми характеристиками и передачу их в НИИ-695 и НИИ-885 МПСС начиная с 1-го квартала 1962г.

5. Материалы работы комиссии после утверждения акта разослать ФИАН, НИИ-160, ОКБ-498, НИИ-885, НИИ-695 МПСС, ЦНИИ-108, ВМ, 5 и 7 Гл. Управления МПСС, Гиредмет МЦД.

Председатель комиссии: *А. М. Бродя* /БРОДЯ А.М./

Члены комиссии:

А. Д. Золов /ЗОЛОВ А.Д./

А. В. Раданов /РАДАНОВ А.В./

В. В. Ушаков /УШАКОВ В.В./

А. В. Красилов /КРАСИЛОВ А.В./

А. Н. Пучаев /ПУЧАЕВ А.Н./

С. Г. Калашников /КАЛАШНИКОВ С.Г./

/ЗЕЛЬХОНЕС Н.М./

Рис. 2. Копия фрагмента акта заключения комиссии МПСС

Приведенные документы неоспоримо утверждают, что именно ФИАНом впервые в СССР экспериментально осуществлен триодный эффект, а также изготовлены первые действующие макеты полупроводниковых триодов.

С 1952 г. в ФИАНе в связи с постановлением Совета Министров СССР от 4 сентября 1952 г. начались работы по теме: «Разработка полупроводниковых диодов и триодов» («Плоскость»). Эта же тема была поручена еще трем институтам: ЦНИИ-108 (руководитель С. Г. Калашников), Ленинградскому физико-техническому институту АН СССР (руководитель Д. Н. Наследов), НИИ-160 (руководитель А. В. Красилов).

Состав участников работы в ФИАНе был значительно расширен: А. В. Ржанов, В. С. Вавилов, Э. И. Адирович, З. А. Зотова, А. К. Попова, Б. Д. Копыловский, Е. Н. Матвеева и др. Общее руководство работой было возложено распоряжением Президиума Академии наук СССР на члена-корреспондента АН СССР Б. М. Вула¹⁰⁾.

К исследованию были привлечены и сотрудники Лаборатории колебаний ФИАН М. А. Леонтович и Д. Ш. Маш¹¹⁾.

В ходе выполнения этих работ были решены следующие задачи:

- усовершенствованы физические методы очистки германия до содержания остаточных примесей порядка 10^{-6} – $10^{-7}\%$;
- разработаны методы контроля электрических характеристик монокристаллов германия, достаточные для оценки пригодности их для исследовательских работ и изготовления приборов;
- изготовлены и подвергнуты предварительному исследованию германиевые диоды и триоды с электронно-дырочными переходами;
- предложена качественная и по отдельным вопросам полуколичественная теория работы этих приборов.

Работа завершена сдачей отчета и опытных партий образцов государственной комиссии.

С третьего квартала 1953 г. Электрофизическая лаборатория приступила к выполнению следующего Постановления Совета Министров СССР (от 4.VI.53 г.) по разработке детальной физической теории работы германиевых диодов и триодов. Первый этап темы — «Исследование связи между характеристиками полупроводников и процессами выпрямления и усиления в германиевых приборах с переходами по типу проводимости»¹²⁾.

¹⁰⁾ Сведения из стенограммы заседания Ученого совета ФИАН от 26.10.1953 г.

¹¹⁾ Отчет по работе «К исследованию шумов транзистора». Руководитель зав. Лаб. колебаний ФИАН, акад. М. А. Леонтович, исполнитель к. ф.-м. н. Д. Ш. Маш. 1952 г.

¹²⁾ Отчет по теме «Исследование закономерностей определяющих время существования электронов и дырок в германии» (научный руководитель А. В. Ржанов). 1955 г.; отчет «Изучение зако-

В результате исследований были поняты основные физические процессы, происходящие в работе, как полупроводников, так и полупроводниковых приборов, что позволило создать теорию работы этих приборов, в результате чего стал возможен их расчет.

Вернемся к работам ФИАН 1949–1951 гг. Легенда о первом отечественном транзисторе, созданном в НИИ-160 укрепились настолько, что документы, приведенные выше, неоспоримо подтверждающие приоритет ФИАН, были приняты с недоверием. Проигнорировали предоставленные им сведения об этих документах и организаторы конференции в ФГУП НПП «Пульсар», посвященной 60-летию создания отечественного транзистора. Единственным, кто упомянул работы ФИАН по созданию транзистора, был представитель НИИ «Орион» профессор, лауреат Государственной премии В. И. Стафеев, который специально приезжал в ФИАН и знакомился с документами. Но это упоминание о работах ФИАН потонуло в потоке докладов, отмечающих первенство А. В. Красилова и С. Г. Мадоян, и прошло практически незамеченным.

Чтобы прекратить все сомнения и представить всю историю работ ФИАН по первому транзистору, приведем фрагменты из отчетов ФИАН за 1949 и 1951 гг., дающие представление о материалах, технологии, экспериментальных установках и характеристиках транзисторов в те годы. Рассекреченные отчеты ФИАН содержат подробное описание работ и должны снять любое недоверие.

Кроме того, конкретные этапы создания отечественных транзисторов представляют несомненный интерес для истории науки и техники.

*Исследование электрофизических свойств кремния, германия и их сплавов**

Технологические методы, оборудование

1. Исходные материалы.

Ввиду отсутствия германия, первая стадия работы была проведена на образцах кремния. < ... >

нов движения электронов и дырок в полупроводниках под воздействием диффузии и электромагнитных полей». Э. И. Адирович. 1955 г.; отчет «Теория и экспериментальное исследование коэффициента передачи эмиттер-коллектор в плоскостных транзисторах». Э. И. Адирович, А. Ю. Гордонов. 1957 г.

* Отчет Электрофизической лаборатории ФИАН. (Утвержден директором ФИАН С. И. Вавиловым 21.11.1949 г. Руководитель Б. М. Вул, исполнитель А. В. Ржанов.)

Первый германий в количестве 1,2 гр окиси германия был получен из Государственного оптического института от академика Гребенщикова. Состав его неизвестен. В мае 1949 г. 3 гр металлического германия были получены от Государственного института редких и малых металлов (Гиредмет) со следующими данными по составу: Si — 0,1 %; Al — 0,02 %; Fe — 0,006 %; Cu — 0,005 %; As — 0,006 %; прочих примесей — 0,113 %. Всего примесей — 0,25 %. Кроме того, согласно договору о совместной работе с Гиредметом по данной проблеме, от него было получено несколько пробных образцов германия, приблизительно того же состава, сплавленных в различных условиях (разные режимы плавки, тигли, атмосферы и т. п.).

2. Печи, технологии плавки и первичной обработки.

Для проведения плавки была сконструирована и построена вакуумная высокочастотная печь, на основе имевшейся в Институте закалочно-плавильной печи ГЛЭ-61-А завода «Электрик». Форвакуумным насосом и масляно-диффузионным насосом ЦВД 100 достигался вакуум порядка 10^{-5} мм ртутного столба. Значительные трудности возникали с плавной регулировкой температуры в процессе плавки.

Для более медленного проведения процесса плавки была заказана (в Институте цветных металлов и золота) и смонтирована печь на сопротивлениях.

Максимальная мощность печи равна 6 kW и предельный вакуум с той же системой насосов, что и в первой печи — около 10^{-4} мм ртутного столба. Плавная регулировка температуры достигается с помощью понижающего трансформатора со ступенями регулировки через 2,5 В.

Плавка велась в кварцевых или графитовых тиглях, причем, кроме температурного контроля за ходом плавки по термопаре, было возможно и непосредственное визуальное наблюдение состояния расплава через специально предусмотренное окошко.

В ходе работы были сделаны некоторые предварительные наблюдения о роли атмосферы, в которой производится плавка. Так, например, при плавке одного и того же материала при низком вакууме ($\sim 10^{-2}$) и относительно высоком вакууме ($\sim 10^{-4}$ — 10^{-5} мм) в атмосфере различных технически чистых и спектрально чистых газов результаты измерений омического сопротивления соответствующих образцов довольно значительно отличались друг от друга.

Общий вывод, который можно было сделать из этих измерений, заключался в том, что всякая атмосфера, кроме спектрально чистого нейтрального газа (применялся аргон), уменьшает омическое сопротивление образцов за счет вхождения дополнительных примесей. <...>

Данные эксперимента

1. Измерения омического сопротивления образцов.

Омическое сопротивление образцов измерялось зондовым компенсационным методом при помощи потенциометра.

Ввиду значительной неоднородности многих образцов, предварительно исследовалось распределение потенциала в каждом испытуемом образце, и дальнейшие измерения производились только на образцах или частях образцов с линейным распределением потенциала. Для устранения влияния малых выпрямительных свойств контакта с электродом, иногда имеющих место вследствие неравномерного распределения примесей, сопротивление измерялось при обоих направлениях тока через образец.

2. Измерение постоянной Холла и расчет концентрации и подвижности носителей зарядов.

<...> Значения постоянной Холла, средние от измерений при различной напряженности и направлениях магнитного поля и различных направлениях тока через образец лежали для разных образцов между $3 \cdot 10^2$ и $10 \cdot 10^2$ см³/кул.

<...> Концентрация носителей зарядов у исследованных образцов германия находилась в диапазоне $1,5 \cdot 10^{16}$ и $7,4 \cdot 10^{15}$ 1/см³. Подвижность носителей зарядов (электронов в случае образцов германия) находилась между 1300 и 1800 см²/в · сек.

3. Выпрямительные свойства.

До создания установки для измерения эффекта Холла, по совету академика А. Ф. Иоффе, была смонтирована небольшая установка для определения знака носителей заряда по знаку термо-ЭДС. С помощью этой установки можно было сопоставить знак носителей зарядов с видом выпрямляющей характеристики. Было обнаружено, что образцы кремния дают наилучшее выпрямление при дырочной проводимости (р-тип), а германия — наоборот, при электронной проводимости (п-тип).

В то же время было показано, что термической обработкой можно изменить тип проводимости материала. Так, например, нагрев сильно выпрямляющих образцов германия п-типа проводимости до 700–800 °С и затем резкое их охлаждение приводил к изменению проводимости, по крайней мере, в верхних слоях, в р-тип, и соответственно к плохому выпрямлению. Последующим нагревом до 700–800 °С и медленным охлаждением образец снова превращается в хорошо выпрямляющий с п-типом проводимости. <...>

Отсюда следует, что тип проводимости может быть изменен в ходе термической обработки не только вследствие перераспределения собственных примесей, но и вследствие внедрения в ходе обработки новых примесей из атмосферы или окружающей среды (стенки печи, тигель и т. п.).

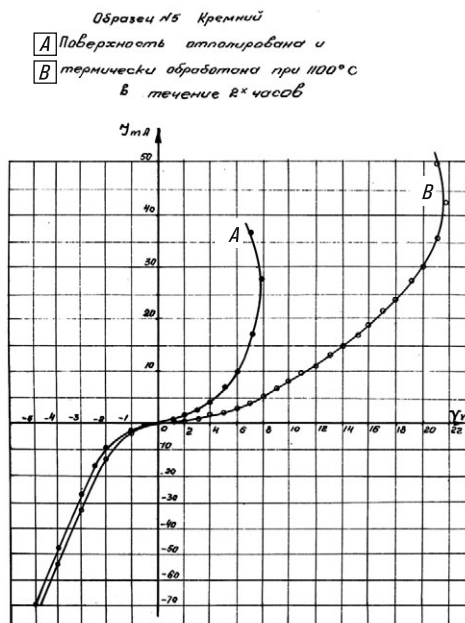


Рис. 3

На рис. 3 приведены выпрямляющие характеристики образца кремния, изготовленного на кафедре неорганической и аналитической химии Педагогического института до термической обработки (кривая А) и после термической обработки (кривая В). Из рисунка видно значительное уменьшение запорного тока и сдвиг максимума обратного напряжения в сторону больших напряжений. < ... >

Детектор с высоким обратным напряжением может быть получен только из высокочистого кремния. Для увеличения прямого тока может быть необходимо искусственное введение примесей, однако таких, которые по возможности мало снизили бы максимум обратного тока.

Для снятия выпрямляющих характеристик образцы германия обрабатывались так же, как образцы кремния, с той только разницей, что в случае германия для получения удовлетворительных выпрямляющих характеристик не обязательны полировка и термическая обработка поверхности.

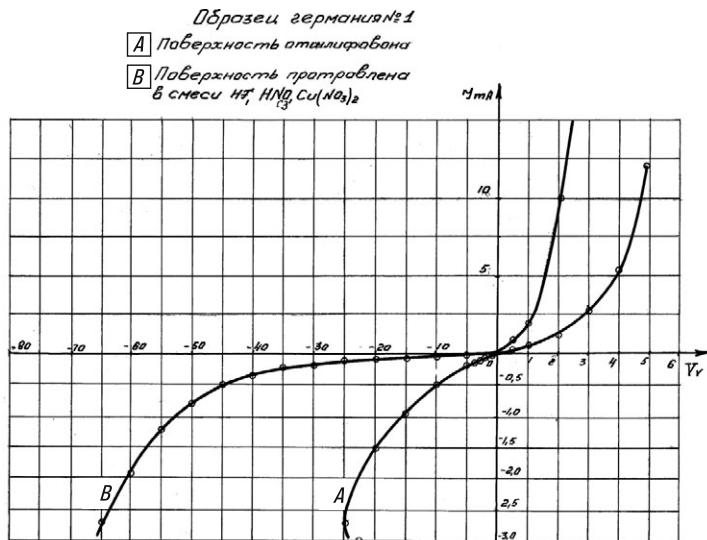


Рис. 4

На рис. 4 приведена выпрямляющая характеристика образца германия, не подвергавшегося никакой обработке, кроме шлифовки поверхности (кривая А). Приблизительно те же результаты дает обработка поверхности струей мелкого корунда.

На том же рисунке приведена для сравнения выпрямляющая характеристика после химического травления поверхности того же образца в течение 2-х минут в смеси следующего состава: $4 \text{ см}^3 \text{HF}$, $2 \text{ см}^3 \text{HNO}_3$, $200 \text{ мг Cu}(\text{NO}_3)_2$ в $4 \text{ см}^3 \text{H}_2\text{O}$ (кривая В). Из рисунка следует, что химическое травление поверхности значительно улучшает выпрямляющие свойства образцов германия. При этом возрастает прямой ток и возрастает максимум обратного напряжения. Приблизительно такие же результаты дает электролитическое травление в различных составах. <...>

Из сравнения выпрямляющих характеристик образцов кремния и германия следует, что в образцах германия может быть достигнуто высокое обратное напряжение при сравнительно больших прямых токах, тогда как в случае кремния прямые токи гораздо меньше в образцах со значительным максимумом обратного напряжения. <...>

4. Эффекты усиления кристаллическим триодом (транзистором).

<...> Были опробованы усилительные свойства образцов. Для этого был сконструирован и построен специальный микроманипулятор, позволяющий пе-

ремени каждый из двух «усов» в трех взаимно-перпендикулярных направлениях и устанавливать их на поверхности образца с расстоянием между ними до 0,005 см. Поверхность образцов обрабатывалась так же, как и для выпрямителей высокого обратного напряжения, т. е. шлифовкой и полировкой, обдувом струей корунда, химическим и электролитическим травлением, оксидацией, нагревом во влажной атмосфере, термической обработкой в четыреххлористом германии и т. п.

Наилучшие результаты получились с образцом, термически обработанным в четыреххлористом германии, т. е. с тем же, который имел наилучшую характеристику в качестве высоковольтного детектора.

Исследование влияния потенциала на одном «усе» на выпрямляющую характеристику другого.

Кристаллический триод состоит из пластинки германия, на одну сторону которой нанесен электрод большой поверхности («базовый»), а к другой подведены на близком расстоянии друг от друга два точечных контакта («уса») — эмиттер и коллектор. Один из них — эмиттер — действует как управляющий электрод, и на него подается усиливаемое напряжение, а в цепь второго — коллектора, включено большое сопротивление нагрузки, с которого снимается усиленное напряжение. Схема транзистора приведена на рис. 5.

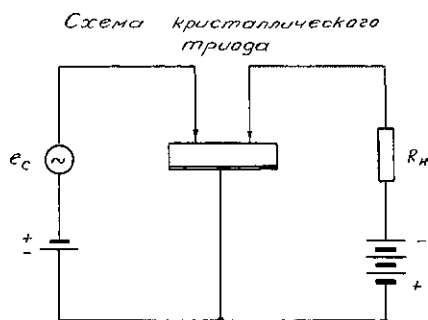


Рис. 5

На оба точечных контакта подаются постоянные напряжения смещения: на эмиттер — малое положительное напряжение в несколько вольт, а на коллектор — большое отрицательное напряжение до 100 В.

Точный подбор наиболее выгодных смещений осуществлялся при помощи снятия характеристик взаимодействия токов в обоих цепях.

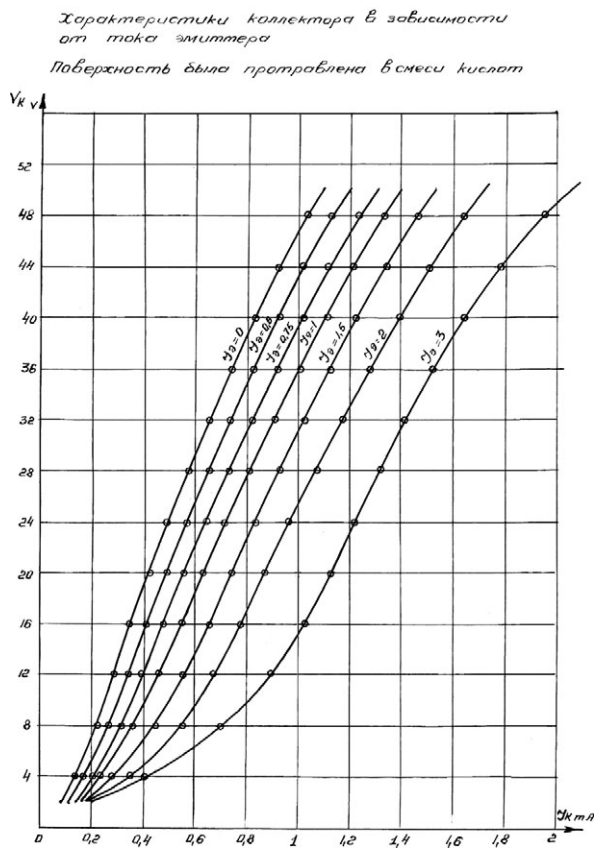


Рис. 6

На рис. 6 представлен один из способов изображения такого взаимодействия. Построены вольтамперные характеристики коллектора $v_k = f(I_k)$, при токе эмиттера I_e в качестве независимого параметра. Таким образом, кривые отражают влияние тока эмиттера на характеристику коллектора. Приведенные характеристики относятся к одному из первых образцов кристаллического триода с поверхностью германия, обработанной химическим травлением. При помощи таких характеристик на постоянном токе можно оценить получаемое усиление по току. Коэффициент усиления по току дается отношением изменения тока коллектора к изменению тока эмиттера при постоянном потенциале на коллекторе:

$$\alpha = - \left(\frac{\partial I_k}{\partial I_e} \right) \quad \text{при} \quad V_k = \text{const.}$$

Знак «минус», так как ток коллектора принимается отрицательным.

Из кривых рисунка 6 следует, что для данного образца коэффициент усиления по току всюду меньше единицы и только при напряжениях выше 40 В достигает 0,3–0,4.

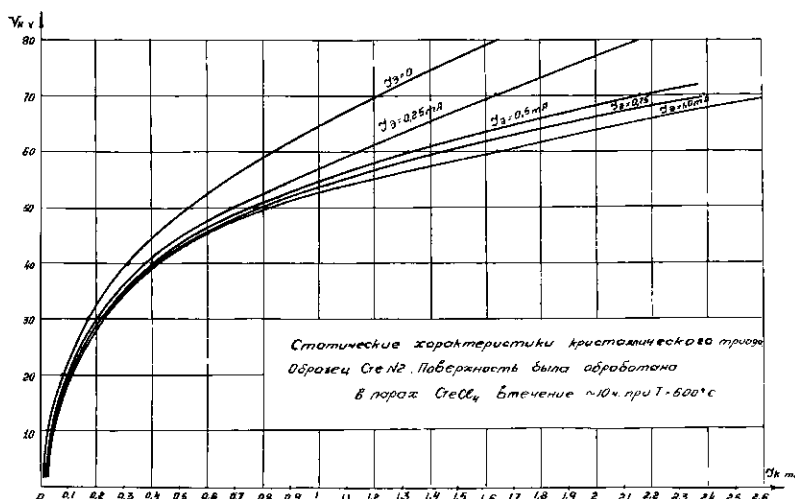


Рис. 7

На рис. 7 приведены подобные же характеристики для образца германия с поверхностью термически обработанной в парах четыреххлористого германия (GeCl_4). Из графика видно, что этот образец кристаллического триода при напряжении коллектора в 60 В и выше имеет уже коэффициент усиления по току (α) больший единицы. При наилучших условиях работы ($V_k = 70$ В, $I_{э}$ до 0,5 мА) значение этого коэффициента достигает величины 1,6.

Расстояние между эмиттером и коллектором для этого образца кристаллического триода было приблизительно равным 0,005 см.

Полное усиление малых переменных сигналов по мощности можно оценить, если известны величины сопротивлений коллектора и эмиттера в выбранной точке.

Приведенная характеристика кристаллического триода все еще значительно хуже описанных в американской литературе, прежде всего тем, что усиление по току имеет место только при высоких напряжениях коллектора (60 В и выше), тогда как по литературным данным усиление по току наблюдалось практически во всем интервале напряжений коллектора (от 2–4 В и выше). Использо-

вание же высоких напряжений смещения нежелательно с двух точек зрения: во-первых, вследствие большого расхода мощности на создание постоянного тока смещения, и, во-вторых, вследствие близости к области нестабильности (области отрицательных сопротивлений коллектора). В данном образце последнее обстоятельство особенно усугубляется сравнительно невысоким максимумом обратного напряжения (около 100 В). <...>

Заключение по работам за 1949 г.

«Все полученные партии исходных кремния и германия имели слишком большую загрязненность естественными примесями для получения желаемых эффектов без специальной очистки. По этой же причине не было никакого смысла в добавлении каких-либо специальных присадок в исследуемые материалы.

В работе было показано, что, несмотря на значительную загрязненность исходных материалов (удельное сопротивление менее $0,5 \text{ ом} \cdot \text{см}$, тогда как по американским данным используется германий удельного сопротивления в $10 \text{ ом} \cdot \text{см}$), специальными типами поверхностных обработок, имеющими целью удаление части атомов примесей из поверхностного слоя, можно добиться значительного повышения максимума обратного напряжения. Такие образцы (особенно германия) давали удовлетворительные детекторные характеристики, а также возможность получения эффекта усиления переменных сигналов.

Однако, вследствие неоднородности по составу различных партий исходного продукта (производство германия только налаживается в Гиредмете), такие обработки не всегда дают воспроизводимые результаты. Кроме того, они часто приводят к электрической неоднородности поверхности образцов. Наконец, из сравнения с литературными данными следует, что полученные характеристики все-таки значительно уступают характеристикам образцов, изготовленных из сплавов высокочистых материалов с определенными концентрациями искусственно введенных примесей.

Возможность искусственного введения примесей важна как с точки зрения управления свойствами материала, так и для понимания механизма действия различных примесей.

Ввиду этого, дальнейшая работа будет направлена в основном на получение высокочистого германия, путем применения различных химических и физических методов очистки существующего. Кроме этого необходимо дальнейшее углубленное исследование физических процессов, ответственных за явление выпрямления и усиления».

*Исследование электрофизических свойств германия. Германиевые диоды и триоды**

«Очистка и металлургия германия.

<...> В ФИАН германий поступал в основном в виде корольков металла сплавленных при восстановлении в водородной печи. Проводимость корольков всегда была электронная, что иногда было обусловлено растворением водорода в германии. В этих случаях водород удалялся из германия при его переплавке в вакууме (особенно в случае перегрева), и слиток приобретал дырочную проводимость. Насыщением германия водородом, путем нагрева до 1000–1100 °С в атмосфере водорода, можно было снова изменить его проводимость в электронную. <...>

В связи с сообщением действительного члена АН УССР В. Е. Лашкарева на совещании при Отделении физико-математических наук АН СССР об очистке германия многократной переплавкой его в графитовых тиглях, были поставлены аналогичные опыты. В результате было установлено, что при соблюдении ряда условий, трех-четырёх кратная переплавка образцов некоторых партий германия позволяет снизить концентрацию электронов в них до $(5 \div 8) \cdot 10^{14}$ 1/см³ при достаточно больших величинах подвижности 2200–2500 см²/в·сек.

Основными условиями получения этих результатов являются следующие: тщательный предварительный обжиг тигля при температуре около 1600 °С в вакууме порядка $5 \cdot 10^{-5}$ мм Нг, точный контроль температуры в процессе плавки, которая не должна превышать температуры плавления германия более, чем на 20–30 °С, и благоприятный состав примесей исходного германия, так как переплавка образцов некоторых партий германия даже при соблюдении перечисленных условий не дает желаемых результатов.

Наилучшие результаты переплавок в графитовых тиглях были получены на партиях германия, прошедших предварительную очистку в Гиредмете путем разгонки тетрахлорида германия в колонке большой эффективности. До указанных переплавок эти образцы германия имели дырочную проводимость при концентрации дырок порядка 10^{15} 1/см³, но после двукратной переплавки, меняли проводимость на электронную с концентрацией электронов около $5 \cdot 10^{14}$ 1/см³. <...>

После плавки слитки разрезались алмазной пилой на пластинки толщиной 0,7–1 мм. Из части пластинок вырезались бруски для контрольных измерений

* Отчет Электрофизической лаборатории ФИАН за 1951 г. (Руководители работы Б. М. Вул, А. В. Ржанов; исполнители А. К. Попова, Б. Д. Копыловский, Е. В. Горский. Отчет утвержден Д. В. Скобелыным 27.02.1952 г.)

для обеспечения большей механической прочности контакта. Последней операцией является выбор одного из контактов в качестве коллектора, так как их характеристики не всегда одинаковы, и электрическая формовка его, которая описана выше».

Далее в отчете описаны результаты исследований ряда опытных образцов триодов, приводятся их характеристики. Приведем заключение, к которому пришли авторы отчета.

«Заключение (отчет за 1951 г.).

Проведенная работа показала, что высоковольтное детектирование, а также триодный эффект могут быть получены на германии сравнительно невысокой чистоты, имеющем концентрацию свободных электронов порядка 10^{15} 1/см^3 , и удельное сопротивление порядка $1 \text{ ом} \cdot \text{см}$. Исследования показали, что основные характеристики диодов и триодов сильно зависят от концентрации носителей зарядов и, следовательно, от чистоты германия. Весьма существенным является поставленный в работе вопрос о зависимости характеристик диодов и триодов от химической природы примесей.

Дальнейшее улучшение технологии очистки германия, которое должно привести к возможности введения в него заданных примесей, сделает возможным исследование и применение на практике индивидуального влияния химической природы примесей на характеристики диодов и триодов. Можно предполагать, что продолжение работ в этом направлении, а также в повышении однородности слитков, или хотя бы их частей, позволит значительно улучшить характеристики германиевых диодов и триодов и добиться снижения их разброса.

Выше упоминалось, что целый ряд принципиальных вопросов физики триодного действия далеко еще не может считаться окончательно выясненным даже с качественной стороны, не говоря уже о количественной теории. Сюда относится эффект инжекции носителей зарядов типа обратного, основных для данного образца полупроводника, что приводит к значительному превышению термически равновесных концентраций носителей, эффект усиления в запорном слое коллектора, некоторые вопросы самого строения этого запорного слоя, кинетика процесса переноса введенных носителей и т. д.

Углубленное исследование этих, а также некоторых других, вытекающих из них вопросов, безусловно, будет способствовать более сознательному управлению характеристиками диодов и триодов.

Большая экспериментальная работа должна быть проведена по определению триодов разных конструкций, а также по типизации, т. е. разработке нескольких типов триодов для различных применений (усилители мощности, тока или напряжения, генераторные и высокочастотные триоды и т. п.). Послед-

ний раздел работы должен выполняться совместно с ведомственными научно-исследовательскими институтами, которые будут заниматься применением кристаллических диодов и триодов».

Литература

1. Стенограмма заседания Ученого совета ФИАН от 10.01.1955 г.
2. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2008. № 2, 3.
3. Отчет «Исследование электрофизических свойств кремния, германия и их сплавов» (Утвержден директором ФИАН С. И. Вавиловым 21.11.1949 г. Руководитель Б. М. Вул, исполнитель А. В. Ржанов.)
4. Акт приемки научно-исследовательской работы «Исследование электрофизических свойств германия и создание действующих макетов германиевых триодов», выполненной Физическим институтом Академии наук СССР (18.12.1951 г.).
5. Стенограмма заседания Ученого совета ФИАН от 26.10.1953 г.
6. Отчет по работе «К исследованию шумов транзистора». Руководитель зав. Лаб. колебаний ФИАН, акад. М. А. Леонтович, исполнитель к. ф.-м. н. Д. Ш. Маш., 1952 г.
7. Отчет по теме «Исследование закономерностей определяющих время существования электронов и дырок в германии» (научный руководитель А. В. Ржанов). 1955 г.
8. Отчет «Изучение законов движения электронов и дырок в полупроводниках под воздействием диффузии и электромагнитных полей». Э. И. Адирович. 1955 г.
9. Отчет «Теория и экспериментальное исследование коэффициента передачи эмиттер-коллектор в плоскостных транзисторах». Э. И. Адирович, А. Ю. Гордонов. 1957 г.
10. Отчет Электрофизической лаборатории ФИАН. (Утвержден директором ФИАН С. И. Вавиловым 21.11.1949 г. Руководитель Б. М. Вул, исполнитель А. В. Ржанов.)
11. Отчет Электрофизической лаборатории ФИАН за 1951 г. (Руководители работы Б. М. Вул, А. В. Ржанов; исполнители А. К. Попова, Б. Д. Копыловский, Е. В. Горский. Отчет утвержден Д. В. Скобельцыным 27.02.1952 г.)
12. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2008. № 2, 3.
13. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2007. № 7. С. 113.

Празднование 45-летия Лаборатории физики полупроводников

Сегодня, в честь юбилея главного дирижера большого академического оркестра физики полупроводников Героя Социалистического Труда, академика Б. М. Вула будет исполнена «Торжественная электронно-дырочная симфония p - n^+ -мажор».

Несколько слов об этом произведении, о славном коллективе исполнителей и его главном дирижере нашем юбиляре скажет кандидат физ.-муз. наук Светлана Гришечкина.

Нам хорошо знакома музыка электронно-дырочной симфонии. Ее пленительные звуки мы слышим ежедневно (кроме выходных и праздничных дней) с 8.30 до 17.45 час., а часто и дольше, каждый за своим пюпитром. Но сегодня мы исполним это произведение с особенным вдохновением и посвятим наше исполнение бессменному руководителю оркестра — БЕНЦИОНУ МОИСЕЕВИЧУ ВУЛУ.

Театр уж полон. Ложи блещут.
Выходит к пульта дирижер.
Миг — и пространство затрепещет,
И грянет м. н. с.-ов хор.

Застыли, словно перед боем,
Альты и скрипки, контрабас.
Валторны, трубы встали строем.
Взмах палочки — и пробил час.

Уже первые такты вступления вводят нас в светлый мир безмятежных, порхающих электронов.

Вот нежно скрипки зазвучали.
Легко, подвижно в унисон.

Так без тревоги и печали
Бежит по зоне электрон.

Дирижер, как всегда, очень тонко и ненавязчиво ведет вступление. Еще один взмах палочки — вот уже вступают обе группы струнных во главе с Алексеем Петровичем (Шотовым) и Николаем Алексеевичем (Пениным).

Альты и Басы ширят тему,
Им вторит хор: «Прием, прием!»

Фотоприемников поэму
Здесь без труда мы узнаем.

Тема ширится, растет: тревожно запела виолончель в руках Василия Андреевича (Чуенкова), как бы предупреждая о возможном пробое. Вступает медь. Дирижер блестяще владеет тончайшей нюансировкой. На фоне общего ликования слышны нежные и чистые звуки арфы Энгельсины Ивановны (Заварицкой) и многообещающее звучание Багаевского фагота. Резким контрастом выступает соло на контр-фаготе Эдуарда Леопольдовича (Нолле).

В этом неясном противоречивом хаосе звуков дирижер мастерски подчеркивает яркие акценты — чисто и звонко ведет на фоне рокота ионных пушек свою алмазную трель группа ударных инструментов под руководством Виктора Сергеевича (Вавилова). Все более яркой становится музыка и, наконец, как весенний праздник, освежающий ливень экситонных капель.

После ощущения света, царящего во второй части, начало третьей может показаться несколько сумрачной. Глуховато, неясно звучат важные и особо важные темы — альты ведут еще не знакомую нам тему глубоких уровней, нарастает неясный гул сверхпроводящих превращений и фазовых переходов. Ширится частный диапазон звучания — от всепроникающих рентгеновских колебаний до чарующих своей неуловимостью звуков субмиллиметрового ксифона. Не ясное соло на кларнете ведет Иванчик (Игорь Иванович).

Финал. Самые сильные, мощные темы, пленявшие нас в симфонии, дирижер объединяет и концентрирует в этом празднике звуков. И вопреки тревожным ударам колокола Демешиной (Анны Ивановны), нарастает громокипящий, торжественный гимн науке!

Окончится сегодняшний концерт,
Овации затихнут, смолкнет гул,
А завтра снова будни, новый день,
И как всегда — за дирижерским пультом — ВУЛ!



Художественная самодеятельность на праздновании 45-летия лаборатории. Слева направо: Галкин Г. Н., Гришечкина С. П., Шувалова Н. А., Пирогова Н. А., Сентюрина Н. Н., Калюжная Г. А., Галкина Т. И.

Справка об аспирантуре и первом наборе аспирантов

Справка об аспирантуре из филиала Архива РАН в Санкт-Петербурге¹³⁾

«Управление подготовки научных кадров АН СССР ведет свое начало с образования в 1926 г. Института практикантов при музеях АН СССР. За период с 1926 по 1955 г. оно претерпело несколько реорганизаций. На Июльском пленуме ЦК ВКП(б) в 1928 г. обсуждался вопрос об улучшении подготовки научных кадров. Принято решение об увеличении в кратчайший срок числа молодых научных работников (аспирантуры). Подготовку научных работников ЦК ВКП(б) поставил в ряд первостепенных задач. В 1929 г. Академия наук приступила к непосредственной работе по подготовке научных кадров, организовав в октябре 1929 г. Аспирантскую комиссию при Секретариате АН СССР на базе Института практикантов, которая просуществовала до мая 1921 г. В мае 1930 г. Президиум АН СССР постановил реорганизовать Аспирантскую комиссию в Комитет по подготовке кадров с организацией подготовительного отделения. На Общем собрании АН СССР 25 мая 1930 постановление об организации было утверждено.

Первый набор аспирантов с 16.I.1930 г. (в том числе Вул) окончил аспирантуру АН СССР со званием ученого специалиста 1.VI.1932 г. (из личного дела Б. М. Вула).

Список аспирантов, зачисленных с 16 января 1930 г. (первый набор включает 33 чел.).

Группа физиков (и сейсмологов)

- | | | |
|---------------------|-----------------|-------------|
| 1. Павлова | подготов. отд., | рук. Кравец |
| 2. Костромина Е. П. | -”- | |

¹³⁾ Справку любезно предоставила Г. А. Калужная.

3. Демежлинов П. А.	-"-		
4. Черенков П. А.	-"-		(отв. уполном. группой физиков)
5. Львов	-"-	теор. физика,	рук. Крутков
6. Розова	-"-	Сейсмолог. ин-т,	рук. Никифоров
7. Вул	-"-	основное отд. Физ.-тех. ин-т,	рук. Иоффе
8. Садовский	-"-	Сейсмол. ин-т,	рук. Никифоров, Смирнов».

В приведенном списке можно увидеть и фамилию будущего лауреата Нобелевской премии П. А. Черенкова.

Автобиографии Б. М. Вула (1937, 1940)*

Автобиография 20 июля 1937 г.

Родился в 1903 г. в г. Белая Церковь в семье колесника. Отец был ремесленником, работал в молодости вместе с дедом кузнецом, потом самостоятельно. Имел свою небольшую мастерскую, в которой работал сам, иногда нанимал подсобного работника. В последние годы отец работал вместе с младшим братом — кузнецом. ([Отец] умер в 1938 г.).

Я учился в двухклассной еврейской школе в Белой Церкви. После окончания школы поступил в высшее начальное училище, из которого перевелся после революции в Белоцерковскую гимназию в 4-й класс. Из 6-го класса в 1920 г. ушел добровольцем в Красную армию. В мае 1920 г. вступил в комсомол, а затем и в партию. В армии был секретарем партийной ячейки. Был демобилизован в начале 1921 г. как не достигший 18-летнего возраста. По возвращении в Белую Церковь был выбран секретарем городской организации комсомола, и на этой работе оставался несколько месяцев. В 1921 г. Киевским губкомом комсомола был мобилизован в Киевский политехнический институт, куда был зачислен на электротехнический факультет.

Первое время в Киеве был преимущественно на комсомольской работе. Затем был выбран предстудкома и работал по восстановлению высшей школы. Работу совмещал с учебой. В феврале 1922 г. был переведен в действительные члены партии.

Осенью 1923 г. допустил ошибку. В начале партийной дискуссии на первом собрании Шулявского района голосовал за предложение оппозиции, будучи введен в заблуждение тем, что предложение начиналось с приветствия ЦК. Эту ошибку быстро исправил и через несколько дней встал на путь активной борьбы за линию партии. В 1924 г. был секретарем комячейки учмехзавода Киевского политехнического института. В 1925 г. был выдвинут на работу в райком

* Из личного дела Б. М. Вула. Архив ФИАИ.

ВКП(б) заместителем заведующего агитпропом. Осенью 1926 г. бюро райкома по моей просьбе перевело меня на работу штатного пропагандиста, чтобы дать мне возможность закончить институт и выполнить дипломную работу. В январе 1928 г. я закончил Политехнический институт, защитил дипломный проект и был оставлен аспирантом на кафедре электротехники. Аспирантуру закончил в конце 1929 г., защитив публично диссертацию. В начале 1930 г. был рекомендован Киевским окружным партийным комитетом в аспиранты Академии наук СССР. В конце 1938 г. закончил аспирантуру Академии наук и был оставлен в Академии ученым специалистом. В Академии, в Физическом институте организовал лабораторию диэлектриков, руководителем которой состою до настоящего времени. По окончании Киевского политехнического института был командирован на 1 месяц вместе с группой студентов в Германию. По окончании аспирантуры в Академии был второй раз командирован в Германию, где был около 5 месяцев. С 1932 до 1935 г. был ученым секретарем Физического института. С 1935 до весны 1936 г. был ученым секретарем Физической группы и выполнял разную организационную работу в Академии. <...> В 1935 г. защитил докторскую диссертацию, выполнил свыше 20 научных исследований, часть которых опубликована на русском, немецком и английском языках в разных журналах. В феврале 1938 г. к 20-летию РККА по указу Президиума Верховного Совета СССР был награжден орденом Красной Звезды.

Б. Вул

Автобиография 27 мая 1940 г.

АВТОБИОГРАФИЯ

военного инженера П-го ранга запаса РККА
В У Л А, Бенцмана Моисеевича.

а. Родился в 1903г. в Белой Церкви, Киевской губ. в еврейской семье. Отец был колесником. Работал в кузнице, оставшейся от деда кузнеца. Отец занимался своим ремеслом до Октябрьской революции и после. Отец умер в 1939г. в Белой Церкви. Мать всегда занималась домашним хозяйством. В настоящее время живет там же, в Белой Церкви, на Кузнецкой улице, вместе с моим братом - кузнецом и сестрой, которая замужем за колесником. Еще до моего рождения брат отца, кузнец, эмигрировал в США. В былые годы, когда я жил с родителями /до 1920 года/, весьма редко, раз в несколько лет, происходил обмен письмами. Лично никакой связи никогда с ним не имел.

Женился в 1927г. Жена окончила в 1934г. 1 Ленинградский Медицинский Институт. Работает врачом хирургом в детской ортопедической больнице в Москве. Отец жены до революции торговал, служил. После революции служил, умер в Москве в 1934г. Мать жены - домашняя хозяйка. Брат жены М.Д.Френкель 1903г. рождения, работает инженером в Москве на Госконе заводе им.Л.М.Кагановича.

б. Учиться начал в двухклассной еврейской школе, после окончания которой учился 2 года в Высшем начальном училище, а затем после революции перешел в гимназию, в 4-й класс. Из 6-го класса в 1920г. выбыл. В 1928 году окончил Киевский Политехнический Институт - Электротехнический факультет.

в. Уехал от родителей в 1920г.; в 1920г. был в

- 2 -

Красной Армии, затем на комсомольской и партийной работе и учился в Киеве. В Киеве работал до начала 1930г. С 1930г. до 1934г. в Ленинграде, в Академии Наук СССР на научной работе, вначале аспирант, затем научный сотрудник. В 1934г., в связи с переводом Академии Наук в Москву, был переведен в Москву и продолжал научную работу в Физическом Институте Академии Наук. С февраля 1939г. по совместительству работая профессором по физике в Военно-Воздушной Академии РККА.

г. Во время Февральской и Октябрьской революций находился в Белой Церкви, учился в школе. Жил совместно с родителями на Кузнечной улице.

д. В кандидаты ВКП/б/ вступил в июле 1920г., будучи в Армии. В действительные члены был переведен в Шуляевском районе г.Киева в феврале 1922г. Номер партийного билета - №2998340. В Комсомоле состоял с 1920 по 1924 год. В 1920г. был секретарем Ком"ячейки Инженерного склада 1-й Конной Армии. В 1921г. был секретарем Белоцерковской организации Комсомола. В 1922-23 был председателем студенческого комитета Электротехнического факультета Киевского Политехнического Института. С 1924г. по 1927г. был на партийной работе - секретарем ком"ячейки, зам. зав. Агитпропа Райкома штатный пропагандист, с 1927 по 1929г. секретарь ком"ячейки рабочих и служащих Киевского Политехнического Института, с 1930 по 1934г.г. проводил различную агитационную и пропагандистскую работу; в 1934-1935г. член Паркома Академии Наук СССР. С 1935г. выполнял разную пропагандистскую работу /руководил кружками, выступал с докладами/.

- 3 -

В настоящее время руководитель семинара, докладчик.

е. В августе 1936г. был без решения первичной организации Бюро Советского Райкома, по предложению разоблаченных впоследствии врагов народа, исключен из партии за утрату бдительности. Через две недели в начале сентября был восстановлен Московским Городским Комитетом без партийных связей.

ж. В других партиях не состоял.

з. Ни в каких контр-революционных организациях и антипартийных группировках не состоял.

Осенью 1923 года допустил ошибку. На первом дискуссионном собрании в Пуляевском районе голосовал за предложение оппозиции, не разобрав сущности вопроса и будучи обманут тем, что предложение начиналось с приветствия ЦК.

Эту ошибку через несколько дней исправил, став на путь активной борьбы с оппозицией. В период борьбы с оппозицией в 1921г. вел преимущественно комсомольскую работу; в 1923-1924 году вел партийную работу на Училище заводе в Киеве; в 1923г. был агитпропом ком"ячейки, в 1924г. секретарем ком"ячейки. В 1925-1926 году работал заместителем агитпропа Пуляевского Райкома Партии в Киеве; в 1927г. был штатным пропагандистом Райкома. В эти и последующие годы руководил многими партийными школами и выступал на многочисленных собраниях, отстаивая и разъясняя политику партии.

к. В РККА вступил добровольно в мае 1920г. в инженерный склад 1-й Конной Армии; был вначале красноармейцем, затем секретарем военкома. Зимой 1920г. в 6.Под-

- 4 -

тавской губ. принимая участие в ликвидации банд. В начале 1920г. был демобилизован, как недостигший 18-летнего возраста.

к. В старой армии не служил. Специального военного образования не имел.

л. В белой армии и других антисоветских армиях и бандах не состоял. В плену не был. Жил до мая 1920г. в Белой Церкви. С 1917 до мая 1920г. Белая Церковь временно занималась петлюровцами, немцами, гетманцами, денкингцами и некоторыми бандами. Я жил с родителями. Было мне / 15 - 17 лет/. Учился в школе.

м. Подпольной работы не вел. Преследованиям не подвергался.

н. В июле-августе 1928г. был один месяц в Германии с группой студентов Киевского Политехнического Института в научной экскурсии. Посетили Берлин, Дрезден. С декабря 1932г. по апрель 1933г. был в научной командировке в Германии. Был в ряде городов. Большую часть времени вел научную работу в Дрездене. Был командирован Академией Наук СССР.

о. Под судом не был.

Научную работу вел в области электрофизики. Выполнил несколько десятков исследований, преимущественно по вопросам электрических разрядов в твердых электроизолирующих материалах и газах под давлением. Овладел немецким и английским языками и почти свободно пользуюсь ими при чтении технической литературы. Могу изъясняться на немецком и хуже на английском.

Докторскую диссертацию защитил в 1935 году.

- 5 -

В 1938г. к XX-летию РККА за ряд научных оборонных работ был награжден орденом Красной Звезды. В 1939г. был избран в члены-корреспонденты Академии Наук СССР.

27 мая 1940г.

Зав.Лабораторией диэлектриков
Физического Института Академии
Наук СССР, член-корр.АН СССР -

Автобиография вост. ипп. II-го разг. Янаса РКХН.
Взгляды Геницкого Мойсеевича
а. Родился в 1803. в Белой Церкви в Киевской губ.
^{в старшей семье}
Отец был каменщиком. Работал ~~примышлял~~
в кузнице, ставившийся от деда кузнеца.
Брат ~~к~~ Отец Отец фамилией своей
решившись до Октябрьской революции
и после. ⁴ Отец умер в 1839 г. в
Белой Церкви. Мать всего ~~была~~
двух фамилией: дедом своим хорейским
в наставлении ^{прим.} ~~мать~~ Там же в Белой
Церкви ^{на хорейский язык} ~~вместе~~ с ^{сестрой} ~~Отецом~~ - кузнецом
и сестрой, которая фамилией ~~ра~~
каменщика. Дядя до моего рождения
брат отца, кузнец, эмигрировал в США
в далекие годы, когда я был с родителями
(до 1920 г.), весьма редко раз в несколько
лет ~~отцу~~ с ~~матерью~~ ^{матерью} ~~примышлял~~ ^{примышлял} ~~обмен~~
письмами; лично никакой связи ~~никакой~~
с ним не имел.
Женился в 1927 г. Мать ~~в наставлении~~ ^{в наставлении} ~~оказывала~~
в 1934 г. I Ленинградский Медицинский
Институт. Работал врачом хирургом
в детской ортопедической больнице в Москве.
Отец переехал до революции торговал
сукнами. После революции сукнами
умер в Москве в 1934 г. Мать
моя дедом своим хорейским. ~~Взрослея~~
Брат ~~мать~~ ~~оказывал~~ Киевский ~~Медицинский~~

Фрагмент автобиографии 1940 г. Автограф

Б. М. Вул о С. И. Вавилове*

ФИАН многим обязан академику С. И. Вавилову

Наш институт ведет свою родословную из очень далеких времен. Но нынешний ФИАН практически был создан в последние десятилетия, и в его становлении и развитии Сергей Иванович играл выдающуюся роль. В то время когда С. И. Вавилов стал директором Института (это было в Ленинграде около 30 лет тому назад), наш ФИАН размещался в нескольких комнатах левого крыла здания Президиума Академии наук на Университетской набережной в Ленинграде, и числилось в Институте не более 10 научных сотрудников. Научная работа в Институте едва-едва теплилась. Наряду с двумя уже в то время крупными физическими институтами в Ленинграде, Физико-техническим и Оптическим, наш Институт был маломощной организацией и не раз даже ставился вопрос о его праве на существование. Вопреки многим трудностям Сергей Иванович стал воскрешать физику в стенах Академии наук, собирать и растить научных работников. Особенно плодотворно и в больших масштабах развернулась деятельность Сергея Ивановича по организации Института после переезда в Москву. Как коренной москвич Сергей Иванович прекрасно знал ученых Москвы, пользовался в их среде большим уважением, и ему быстро удалось привлечь в ФИАН многих видных московских физиков. Наряду с этим Сергей Иванович продолжал привлекать в Институт виднейших ученых Ленинграда. Сергей Иванович был знаменем нашего Института, и под это знамя охотно собирались как сложившиеся ученые, так и научная молодежь.

Еще в Ленинграде перед переездом в Москву Сергей Иванович набросал контуры будущего здания ФИАНа в Москве. Только через многие годы это здание в гораздо большем масштабе, но в том же облике, было сооружено в Москве, и ныне мы в нем работаем.

Уже будучи Президентом Академии наук, Сергей Иванович продолжал неустанно заботиться о ФИАНе. Во всем, чем мы сейчас владеем, — научные кадры, здание, библиотека, оборудование — и во многом другом содержится труд нашего первого директора Института незабвенного Сергея Ивановича Вавилова.

Сергей Иванович любил и уважал людей, и люди любили и уважали его. Большое счастье было работать вместе с Сергеем Ивановичем Вавиловым.

Б. Вул

* Из личного дела Б. М. Вула. Архив ФИАН.

Письма Б. М. Вула С. И. Вавилову (1935, 1940)

Дорогой Сергей Иванович!

В Институте все идет нормально и обычно. Никаких заметных перемен нет. Вчера Президиум утвердил представления квалификационной комиссии, подтвердившей решения Ученого совета.

Вы, вероятно, уже читали, что по кафедре астрономии избран Фесенков. Хорошо прошли в группе ядерные доклады, менее удачно оптические. Заканчиваем первое полугодие. Совместно с Вадимом Леонидовичем (Левшиным. — В. Б.) подводим итоги, уточняем планы. Ждем с нетерпением Вашего возвращения.

С искренним приветом Б. Вул
Москва, 16 июня 1935 г.

* * *

Дорогой Сергей Иванович!

Закончили первое полугодие. Подвели итоги. Около 20 законченных работ. Народ ушел в отпуск. Разъехались по дачам. Начали работы по ремонту. Приводят в порядок двор.

Сегодня и я уезжаю на дачу. Из научных работников остается один Репше. Он уже вернулся из отпуска. Оставил его за секретаря.

О полете в стратосферу читали. Звонил Молчанов. Договорились в сентябре устроить большой доклад проф. Вериге.

На сентябрь намечается созыв конференции по ядру. Сейчас еще трудно сказать, состоится ли она или придется ее несколько отложить.

В декабре намечен созыв акустической конференции. Это по линии Ржевкина. Кстати, у него хорошо пошли монтажные работы в лаборатории. С осени, по-видимому, и эта лаборатория нормально заработает.

Никаких особых новостей по Институту нет. Многие справляются о Вашем приезде и все ждут его с нетерпением.

Ваш Б. Вул
Москва, 3 июля 1935 г.

* * *

Дорогой Сергей Иванович!

Мы все в Институте были в большой тревоге, когда до нас дошли худые вести о Вашем здоровье. Мы бесконечно рады тому, что Вы поправляетесь и как бы нам ни хотелось бы видеть Вас в Институте, все мы просим Вас выждать до полного выздоровления.

В Институте больших изменений нет. Приезжали к нам из Москвы представители по работам Н. Н. Андреева и Сухаревского—Векслера. Д. И. Маша забрали в Техснаб. Временно назначил помощником директора по административно-хозяйственной части тов. Чуприна.

Сессия отделения имела три вечерних заседания. Народу собиралось много, больше, чем бывало на наших сессиях раньше. Резко критиковал Алихановых Скобельцын, и грубо напали на Блохинцева Ландау и его сподручные.

Вчера получил письмо от М. И. Филиппова. Он в Политотделе Армии. Он бодр, здоров, просит передать Вам привет. Получил также письмо от Меликьяна, он в Ельцах, и от Макса Котляревского. Оба приветствуют Вас.

У нас мобилизовали в Армию аспиранта Немировского. Его собираются назначить переводчиком.

У нас захворали Н. Д. Папалекси, Н. Н. Соболев и Штейнгауз, очевидно, простудились. Выздоровел после сыпного тифа Жуков.

Все остальные живы, здоровы и с разной степенью интенсивности работают.

Шлем Вам горячее пожелание полностью выздороветь. Сердечный привет Ольге Михайловне.

Ваш Б. Вул.
Казань, 6 июня 1942 г.

Дорогой Сергей Иванович. 1
В институте все идет нормально
и обычно. Никаких замечаний
переходов нет. Вчера президиум
утвердил представленный кандидат
каждого класса, подтвердив
мой решение Ученого Совета.
Все, вероятно, уже читали
что по кафедре астрономии
избран профессор. Конечно
присутствуя в числе других
докладов, менее удачно оптически
заключившем первое научное
совместно с Вадимом Леонидовичем
подводя итоги, отмечая
такие. Идем с нетерпением
Вашего возвращения
С искренним приветом Б. Вул
Москва 16/6-35

Автограф письма Б. М. Вула. 16.06.1935

Дорогой Сергей Иванович!

Мы все в институте ждем с большой
требой, когда же нас доведет судьба вести
о Вашей болезни. Мы конечно рады
тому, что Вы поправитесь и
как бы нам не хотелось бы видеть
Вас в институте, все мы просим
Вас выждать до полного выздоровления.

В институте большое применение
имеет. Приехала к нам из Москвы
представитель по работам
Н. Н. Андриева и Букаревского-Васильева.

Д. И. Маша работала в Т.с.с.с.с.с.
Временно назначен зав. директором
по адм. к-ту чл. тов. Бурикова.

Всего отделений имеется три
всего заседания. Наряду собираются
много, больше, чем бывало на
каких сессиях раньше. Редко

Критиковал Александров Скобелевских и
глубоко нападал на Блюхера Ванду и
его сподручные.

Вчера получил письмо от М. И. Фаскина
он в командировке в Армию. Он здоров,
привет передает Вам привет.
Получил также письмо от Машкина
он в Вязьме и от Макса Котляров-
ского. Оба приветствуют Вас.

У нас мобилизовали в Армию
аен. Кемировского. Его собираются
назначить переводчиком.

У нас заварали Н. Д. Макашкин.
Н. Н. Саванев и Шрейтмайс, очевидно,
прислуживались. Возгорелся после
сытного тифа Жук.

Все остальные тифы, здоровья и
с разной степенью интенсивности
работают.

Шлем Вам горячее пожелание
полного выздоровления

Сердечный привет Ольга Михайловна

Вам Б. Вула

Казань 6/11 - 1942.

Открытки С. И. Вавилова из Италии*



Открытка С. И. Вавилова из Флоренции (07.06.1935)

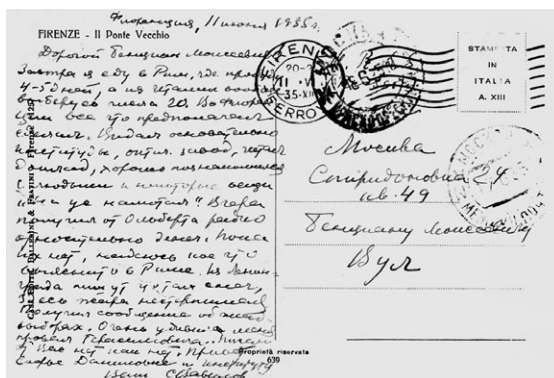
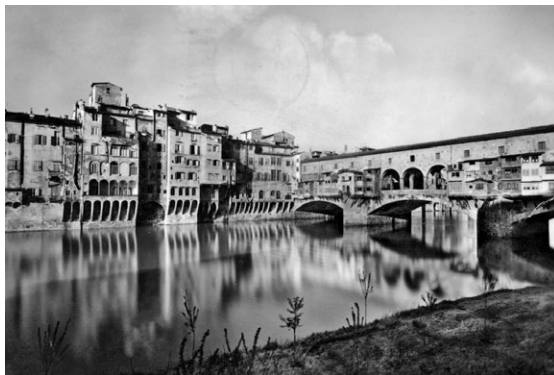
Флоренция, 7 июня 1935 г.

Дорогой Бенцион Моисеевич!

Флорентийская часть моего путешествия протекает по существу довольно хорошо. Познакомился со здешними физиками и оптиками, узнал кое-что интересное, комбинирую науку со стариной. Тут такая концентрация старины и искусства как нигде на свете. Дня через три уеду в Рим и вообще числу к 15–16 должен из Италии уехать, так как итальянские деньги иссякают. Вам будет писать проф. Марк, прошу Вас, если можно, организовать его прием в Москве так, чтобы вышло подешевле (можно, например, на 2 дня поместить в Институте, они народ привычный). Пишите мне теперь на Париж (Poste restan (?)), а если срочно, телеграфируйте в Рим, в полпредство.

Ваш С. Вавилов

* Из личного архива Е. Б. Вул.



Открытка С. И. Вавилова из Флоренции (11.06.1935)

Флоренция, 11 июня 1935 г.

Дорогой Бенцион Моисеевич!

Завтра я еду в Рим, где проведу 4–5 дней, а из Италии вообще выберусь числа 20-го. Во Флоренции все что предполагал, сделал. Видал основательно институты, оптич. завод, читал доклад, хорошо познакомился с людьми и некоторые вещи «на ус намотал». Вчера получил от Ольберта радио относительно денег. Пока их нет, надеюсь кое-что выяснить и в Риме. Из Ленинграда пишут, что там снег. Здесь жара нестерпимая. Получил сообщение об акад. выборах. Очень удивил меня провал Герасимовича. Писем от Вас нет как нет.

Привет Софье Даниловне и Институту.

Ваш С. Вавилов

Указ Президиума Верховного Совета Союза ССР (1945)

В В П И С К А

из приказа №22 по Физическому Институту им. П.Н. Ле-
бедева Академии Наук СССР

от 12 июня 1945г.

Объявляю об указе Президиума Верховного Совета
Союза ССР о награждении работников Академии Наук СССР
в части, касающейся сотрудников Физического Института:
"За выдающиеся заслуги в развитии науки и тех-
ники, в связи с 220-летием Академии Наук СССР,
наградить:

Орденom Ленина:

*Вука Бенцона Леонасевича. Члена
корреспонденца АН СССР, завед. лабор.
газнетров.*

п.п. Директор Физического
Института АН СССР

Академик

/П.П. Завитков/

Ветер АН

Указ Президиума Верховного Совета Союза ССР (1945)

Некролог (1985)

12 апреля 1985 года ● 6

А К А Д Е М И К
Бенцион Моисеевич
В У Л

Советская наука понесла тяжелую утрату. 9 апреля 1985 года на 82-м году жизни скончался выдающийся советский ученый-физик, член КПСС с 1922 года, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, академик Бенцион Моисеевич Вул.

Б. М. Вул родился 22 мая 1903 года в г. Белая Церковь Киевской области в семье кузнеца. В 1920 году добровольцем вступил в Первую конную армию, где прошел путь от рядового бойца до политработника. После окончания службы в армии он работал секретарем партийной организации завода, заместителем заведующего отделом агитации и пропаганды районного комитета партии в г. Киеве. По завершении в 1928 году учебы в Киевском политехническом институте он был направлен в аспирантуру Академии наук СССР. С 1932 года и до последних дней своей жизни Б. М. Вул работал в Физическом институте имени П. Н. Лебедева АН СССР, где руководил созданной им лабораторией.

Б. М. Вул — один из основоположников современной твердотельной электроники. Под его руководством и при непосредственном участии в нашей стране была начата разработка первых полупроводниковых приборов и полупроводниковых квантовых генераторов. Мировое признание получили его исследования в области физики диэлектриков и сегнетоэлектриков. Воз-

главляя научный совет Академии наук СССР «Физика и химия полупроводников», он много сил отдавал развитию отечественной полупроводниковой промышленности.

За выдающиеся научные заслуги Б. М. Вул в 1939 году был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР, а в 1972 году — действительным членом Академии наук СССР.

Большое внимание Б. М. Вул уделял подготовке научных кадров, многие его ученики руководят сегодня научными учреждениями страны. Его деятельность в качестве вице-президента Международного союза теоретической и прикладной физики, члена исполкома Европейского физического общества способствовала укреплению международного авторитета советской науки.

Заслуги Б. М. Вула высоко оценены Коммунистической партией и Советским государством. Ему было присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда, он награжден пятью орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, орденами Красной Звезды, «Знак Почета», многими медалями, удостоен Ленинской и Государственной премий СССР.

Светлая память о выдающемся ученом-коммунисте, посвятившем всю свою жизнь беззаветному служению Родине, навсегда останется в сердцах советских людей.

Г. А. Алиев, В. И. Воротников, В. В. Грншин, Г. В. Романов, В. И. Долгих, М. В. Зиминян, А. П. Александров, Г. И. Марчук, В. А. Медведев, В. А. Григорьев, В. А. Котельников, Е. П. Велюхов, В. А. Коптюг, А. А. Логунов, Ю. А. Овчинников, П. Н. Федосеев, К. В. Фролов, А. Л. Яншин, Г. К. Скрябин, А. М. Прохоров, Н. Г. Басов, С. В. Вонсовский, В. М. Тучкевич, Ж. И. Алферов, Б. К. Вайнштейн, К. А. Валнев, В. Л. Гивзбург, Ю. В. Гуляев, Н. Д. Деятков, Л. В. Келдыш, Г. В. Курдюмов, Ю. А. Осипьян, Ю. К. Пожела, А. В. Ржанов, Д. В. Скобельцын.

4

Основные даты жизни и деятельности академика Б. М. Вула

Бенцион Моисеевич Вул родился 22 мая 1903 г. в г. Белая Церковь.

Отец — Вул Моисей Гильевич (1868 — ок. 1930). Мать — Ольшанская Бася Бенционовна (1883 — ок. 1940). Супруга — Френкель Софья Даниловна (1907–1991). Дочь — Вул Елена Бенционовна (род. в 1934 г.). Внук — Синай Александр Яковлевич (род. в 1959 г.).

- 1913–1919 гг.** Учился в школе (1913–1915 — хедер, 1916–1917 — Высшая начальная школа, 1918–1919 — пятый и шестой класс гимназии).
- 1920 г.** Вступил в Ленинский коммунистический союз молодежи Украины.
- 1920–1921 гг.** Красноармеец инженерного склада, секретарь военкома Первой конной армии, политработник.
- 02.1921–05.1921 гг.** Секретарь городского комитета комсомола Украины (г. Белая Церковь).
- 1921–1928 гг.** Студент электротехнического факультета Киевского политехнического института, специальность «инженер-электрик».
- 1922 г.** Вступил в Коммунистическую партию Советского Союза.
- 1924–1925 гг.** Электромонтер, секретарь бюро партийной ячейки учебно-механического завода Киевского политехнического института.
- 1925–1927 гг.** Заместитель заведующего агитпропа Шулявского райкома КПСС (Киев).
- 1928 г.** Окончил электротехнический факультет Киевского политехнического института.
- 1928–1929 гг.** Аспирант электротехнического факультета Киевского политехнического института.
- 07.1928 г.** С группой студентов Киевского политехнического института ездил в Германию (Берлин, Дрезден), научный туризм.

- 1929 г.** Первая научная публикация «Электрическая очистка газов» (Энергетический вестник. № 1. 1929. С. 33–37), получил звание научного сотрудника.
- 1930–1932 гг.** Аспирант Академии наук СССР (Ленинград).
- 1931–1933 гг.** Ассистент физико-технического факультета Ленинградского политехнического института.
- 1931–1933 гг.** Член, ученый секретарь Всесоюзного бюро по электроизолирующим материалам (г. Ленинград).
- 12.1932–04.1933 гг.** Командирован в Германию (время прихода к власти Гитлера).
- 1932–1935 гг.** Ученый секретарь Физического института АН СССР (Ленинград, с 1934 г. — Москва).
- 1933–1985 гг.** Заведующий лабораторией Физического института АН СССР (ФИАН).
- 1934–1937 гг.** Член редколлегии «Журнала технической физики».
- 1935–1936 гг.** Ученый секретарь Физической группы АН СССР.
- 1935 г.** Присуждена ученая степень доктора физико-математических наук за диссертацию «Электрический пробой диэлектриков».
- 15.05.1936–01.09.1936 г.** Референт Научного секретариата АН СССР.
- 16.08.1936 г.** Б. М. Вул исключен из партии за утрату бдительности.
- 11.09.1936 г.** Московским городским комитетом Б. М. Вул восстановлен в партии без партвызысканий.
- 1938 г.** Награжден орденом Красной Звезды в связи с 20-й годовщиной РККА и ВМФ за проявленное мужество и самоотверженность в боях с врагами советской власти и за выдающиеся успехи и достижения в боевой, политической и технической подготовке частей и подразделений РККА (Правда. 24 февраля 1938 г.).
- 28.01.1939 г.** Избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по Отделению технических наук.
- 1939–1941, 1945 гг.** Старший преподаватель кафедры Военно-воздушной академии РККА им. Н. Е. Жуковского (военный инженер II-го ранга запаса РККА).
- 1940 г.** Утвержден в ученом звании профессора.
- 1940–1947 гг.** Заместитель главного редактора журнала «Известия Академии наук СССР. Серия физическая».
- 1941–1944 гг.** Заместитель директора ФИАН по научной части.

- 1943–1953 гг.** Заместитель академика-секретаря по кадрам Отделения физико-математических наук АН СССР.
- 1945 г.** Награжден орденом Ленина за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники в связи с 220-летием Академии наук СССР. (Ведомости Верховного совета СССР. 11 авг. 1945 г. № 46).
- Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».
- 1946 г.** Присуждена Сталинская премия за открытие и исследование сверхвысокой диэлектрической проницаемости титаната бария. (Правда. 27 июня 1946 г.).
- 1947–1953 гг.** Член редколлегии журнала «Советская книга».
- 1948 г.** Награжден медалью «В память 880-летия Москвы».
- 1949–1950 гг.** Член редколлегии журнала «Техническая физика».
- 1950–1953 гг.** Председатель Комиссии по диэлектрикам АН СССР.
- 1952–1954 гг.** Член редколлегии журнала «Природа».
- 1952–1972 гг.** Член Главной редакции Большой советской энциклопедии (2-е издание).
- 1953 г.** Награжден орденом Ленина за выслугу лет и безупречную работу.
- 1953–1955 гг.** Главный редактор Физического энциклопедического словаря.
- 1955 гг.** Заместитель председателя, с 1962 г. — председатель Научного совета по комплексной проблеме «Физика и химия полупроводников».
- 1956–1959 гг.** Руководитель секции, заместитель председателя Комиссии по полупроводникам при Президиуме АН СССР.
- 1956 г.** Командирован в Польшу на польско-чехословацкую конференцию по физике твердого тела.
- Командирован в Китай в составе делегации АН СССР.
 - Командирован в ФРГ на Международную конференцию «Полупроводники и фосфоры».
- 1957 г.** Командирован в Чехословакию с научной целью.
- Командирован во Францию с научной целью.
- 1958 г.** Командирован в Бельгию на Международную конференцию по физике твердого тела.

- 1958–1960 гг.** Член Главной редакции Малой советской энциклопедии (3-е издание).
- 1959 г.** Командирован в Канаду в составе делегации АН СССР для ознакомления с деятельностью Национального исследовательского совета Канады и для установления научных связей.
- 1959 г.** Член Научно-редакционного совета издательства «Советская энциклопедия».
- 1959–1961 гг.** Член редколлегии серии «Научно-популярная литература».
- 1960 г.** Командирован в Чехословакию на Международную конференцию по физике полупроводников, где выступил с докладом «Электропроводность германия в сильных электрических полях при низких температурах».
- 1960–1966 гг.** Главный редактор Физического энциклопедического словаря.
- 1961 г.** Командирован в Венгрию на коллоквиум по люминесценции, где выступил с докладом «Возникновение тока в диэлектриках при γ -облучении».
- 1961–1985 гг.** Председатель Научного совета по комплексной проблеме «Физика и химия полупроводников»
- 1962 г.** Награжден Почетной грамотой газеты «Правда» за активное участие в работе «Правды» в связи с 50-летием газеты.
- Командирован в Чехословакию на координационное совещание по проблеме «Исследование полупроводников и полупроводниковых материалов».
 - Командирован в Англию на VI Международную конференцию по физике полупроводников, где выступил с докладом «Зависимость электрического пробоя от толщины слоя германия при низких температурах».
- 1962–1968 гг.** Член Международной комиссии по физике полупроводников.
- 1963 г.** Награжден орденом Ленина за заслуги в области физики и в связи с 60-летием со дня рождения. (Правда. 22 мая 1963 г.).

1963–1983 гг. Член бюро Отделения общей физики и астрономии АН СССР.

1964 г. Присуждена Ленинская премия за фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых квантовых генераторов. (Правда. 22 апр. 1964 г.).

- Командирован в Индию на XII Пагуошскую конференцию ученых и на заседание Постоянного пагуошского комитета.
- Командирован во Францию на VII Международную конференцию по физике полупроводников, где выступил с докладом «Об энергетическом спектре сильнолегированного арсенида галлия».
- Командирован в Японию в составе делегации ученых АН СССР для ознакомления с японскими научными учреждениями и проведения переговоров о заключении соглашения о научном обмене.

1964 г. Член Редакционно-издательского совета АН СССР.

1965 г. Командирован в Венгрию на заседание Комиссии многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по проблеме «Исследование полупроводников».

- Командирован в Италию на XIV Пагуошскую конференцию ученых.

1965 г. Заместитель председателя Национального комитета советских физиков.

1966 г. Награжден почетным дипломом ВДНХ СССР.

- Командирован в Польшу на XVI Пагуошскую конференцию ученых.
- Командирован во Францию для чтения лекций в университетах страны и участия в работе Международной конференции по солнечным батареям, где выступил с докладами.

1967 г. Награжден орденом «Знак Почета». (Ведомости Верховного совета СССР. 1 нояб. 1967 г. № 44).

- Награжден юбилейной медалью «50 лет Вооруженных Сил СССР».

03.02.1967–24.09.1980 гг. Член редколлегии журнала «Физика и техника полупроводников».

1968 г. Председатель оргкомитета IX Международной конференции по физике полупроводников (Москва).

1969 г. Присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот» за большие заслуги в развитии советской науки. (Правда. 14 марта 1969 г.).

- Участвовал в работе XIX Пагуошской конференции ученых (СССР).

- Командирован в составе делегации АН СССР в Югославию на Генеральную ассамблею Международного союза теоретической и прикладной физики (ИЮПАП).

- Командирован в Нидерланды на Генеральную ассамблею Европейского физического общества.

1970 г. Награжден юбилейной медалью «За доблестный труд» в ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина.

- Награжден юбилейной памятной медалью в честь 50-летия Первой конной армии.

1971 г. Командирован в ГДР на заседание Комиссии многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по проблеме «Исследование полупроводников».

- Командирован во Францию на Международный симпозиум по теллуриду кадмия, где выступил с докладами «Свойства теллурида кадмия, легированного железом» и «Новые данные о двойных акцепторах в теллуриде кадмия».

21.10.1971 г. Член Президиума Дагестанского филиала АН СССР.

1972 г. Избран действительным членом Академии наук СССР по Отделению общей физики и астрономии.

- Командирован в Чехословакию на заседание Комиссии многостороннего сотрудничества академий наук социалистических стран по проблеме «Исследование полупроводников».

- командирован в Норвегию на заседание Исполнительного комитета Европейского физического общества.

1972–1978 гг. Вице-президент Международного союза теоретической и прикладной физики.

1973 г. Награжден орденом Ленина за заслуги в развитии физики, подготовку научных кадров и в связи с 70-летием со дня рождения. (Правда. 26 мая 1973 г.).

- Командирован в Венгрию на заседание Исполнительного комитета Международного союза теоретической и прикладной физики.
- Командирован в Японию на V международную конференцию по твердотельным приборам, где выступил с докладом «Полупроводящие алмазы в электронике».

1973–1976 гг. Член Исполнительного комитета Европейского физического общества.

1974 г. Награжден Почетной грамотой Президиума АН СССР за успехи в работе, активное участие в общественной жизни коллектива и в связи с 250-летием АН СССР.

- Награжден Почетной грамотой Президиума Дагестанского филиала АН СССР за активное содействие в развитии физической науки и подготовке научных кадров для Дагестана.
- Командирован во Францию на заседание Исполнительного комитета Европейского физического общества.
- Командирован в ФРГ на XII Международную конференцию по физике полупроводников, где выступил с докладом «Аналог перехода Мота в компенсированном арсениде галлия».
- Командирован в Испанию на заседание Исполнительного комитета Международного союза теоретической и прикладной физики.

1975 г. Награжден орденом Октябрьской Революции за заслуги в развитии советской науки и в связи с 250-летием Академии наук СССР. (Указ Президиума Верховного Совета СССР о награждении орденами и медалями СССР академиков, членов-корреспондентов,

работников научных учреждений и организаций АН СССР. 17 сентября 1975 г. М.: Наука, 1975. С. 24).

- Награжден юбилейной медалью «Тридцать лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.».
- Командирован в Румынию на III Генеральную конференцию Европейского физического общества, где выступил с докладом «Сверхпроводящие накопители электромагнитной энергии».
- Командирован в ФРГ на Генеральную ассамблею Международного союза теоретической и прикладной физики.
- Командирован в Нидерланды на заседание Исполнительного комитета Европейского физического общества.
- Командирован в Данию по приглашению общества «Дания— СССР».

1976 г. Командирован в ГДР на XXVI Пагуошскую конференцию ученых.

- Командирован в Австрию на заседание Исполнительного комитета Международного союза теоретической и прикладной физики.

1977 г. Награжден Почетным знаком Советского комитета ветеранов войны.

1978 г. Награжден юбилейной медалью «60 лет Вооруженных Сил СССР».

- Командирован в Швецию на Генеральную ассамблею Международного союза теоретической и прикладной физики.

24.05.1979 г. Член Центрального совета методологических семинаров при Президиуме АН СССР.

11.05.1981 г. Награжден орденом Трудового Красного Знамени.

1982 г. Награжден Золотой медалью Чехословацкой академии наук.

03.11.1983 г. Член Научного совета АН СССР по космической электрорадиотехнике и электронике.

Б. М. Вул скончался 9 апреля 1985 г. в Москве.

5

Библиография трудов Б. М. Вула

1929

Электрическая очистка газов // Энерг. вестн. 1929. № 1. С. 33–37, рис., табл.

1930

Електричне очищення газів // Енергетика. 1930. № 4/5. С. 7–14, рис., табл.; № 6/7. С. 65–76.

Номограма, щоб обчислити сучинника очищення електричного фільтру // Вісті Київ. політехн. ін-ту. 1930. Т. 22. Вип. 1. С. 47–49, табл.

1931

Природа краевого эффекта // ЖТФ. 1931. Т. 1. Вип. 2/3. С. 129–135, рис., табл. Рез. на нем. яз. [Совместно с Л. Д. Инге].

Борьба с краевыми разрядами как метод повышения использования изоляции // Электротехн. журн. 1931. № 8. С. 12–15, рис., табл. [Совместно с И. М. Гольдман].

Краевой эффект при электрическом пробое // Электричество, 1931. № 12. Вип. 2. С. 650–651, рис., табл. [Совместно с А. Ф. Иоффе].

Randdurchschlag und Randentladungen // Arch. Elektrotech. 1931, Bd. 25. H. 9, S. 597–606. Fig., Taf. [In Gemeinschaft mit L. Inge].

Randentladungen und Randdurchschlag // Naturwissenschaften. 1931. Jg. 19. H. 20. S. 424–425. Fig., Taf. [In Gemeinschaft mit L. Inge].

Реф.: Фремер. Схема Биндера для получения электрических импульсов длительностью 10^{-6} – 10^{-9} сек. (С. Frohmer. Binderscher Mikrozeitschalter: Dissertation. Leipzig, 1930) // ЖТФ. 1931. Т. 1. Вип. 8. С. 835–836.

1932

Физика диэлектриков / Под ред. А. Ф. Вальтера. Л.; М.: ГТТИ, 1932. 560 с., рис., табл. Библиогр.: 236 назв. [Совместно с другими]. Авт. след. гл.: Общие закономерности пробоя твердых диэлектриков. С. 364–370; Электрический пробой твердых диэлектриков. С. 410–466, рис., табл.

К методологии изучения электрической прочности // ЖТФ. 1932. Т. 2. Вип. 1. С. 1–8, табл.

Последовательный пробой твердых диэлектриков // ЖТФ. 1932. Т. 2. Вып. 3/4. С. 371–383, рис., табл., 1 л. рис. Рез. на нем. яз. Библиогр.: 12 назв.

Об одном распространяемом объяснении электрического пробоя // ЖТФ. 1932. Т. 2. Вып. 3/4. С. 432–437.

Der progressive Durchschlag von festen Isolatoren // Phys. Z. SowjUn. 1932. Bd. 2. H. 1. S. 3–27. Fig., Taf.

1933

Механизм короны в газах // Электричество. 1933. № 2. С. 37.

Kritische Bemerkungen zu einigen neuen Arbeiten uber den Durchschlag von festen Isolatoren // Phys. Z. SowjUn. 1933. Bd. 3. H. 3. S. 284–303. Fig. [In Gemeinschaft mit L. Inge und A. Walther].

1934

Электрическая прочность сжатого газа // Тезисы докладов на декабрьской сессии Академии наук СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. С. 24. [Совместно с И. М. Гольдман].

Пробой сжатого газа в неоднородном электрическом поле. Докл. АН СССР, 1934. Т. 2. № 9. С. 542–547, фиг. На рус. и нем. яз. Библиогр. 5 назв. [Совместно с И. М. Гольдман].

Старение электроизолирующих материалов // ЖТФ. 1934. Т. 4. Вып. 2. С. 268–284, рис., табл. [Совместно с И. М. Гольдман].

Начальные напряжения в газе под давлением // ЖТФ. 1934. Т. 4. Вып. 2. С. 299–306, рис., табл. [Совместно с И. М. Гольдман и И. Н. Ращектаевым].

Потери на корону // ЖТФ. 1934. Т. 4. Вып. 3. С. 492–498, рис. [Совместно с И. М. Гольдман].

Пробой сжатого азота в неоднородном электрическом поле. 1. // ЖТФ. 1934. Т. 4. Вып. 8. С. 1613–1621, рис., табл. [Совместно с И. М. Гольдман].

Катодный осциллограф // Природа. 1934. № 6. С. 12–17, рис.

The ageing of electrical insulating materials // Tech. Phys. USSR. 1934. V. 1. № 1. P. 42–56, fig., tab. [In collaboration with I. Goldman].

Электроизолирующие материалы // Известия, 21 дек. 1934 г. [Совместно с А. Иоффе].

1935

Пробой при внутреннем фотоэффекте. Докл. АН СССР, 1935. Т. 1. № 6. С. 363–365, табл. На рус и нем. яз. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с И. М. Гольдман].

Пробой при внутреннем фотоэффекте // Журн. техн. физ. 1935. Т. 5. Вып. 7. С. 1200–1205, рис., табл. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с И. М. Гольдман].

Физическая группа [Академии наук СССР на майской сессии АН СССР] // Фронт науки и техн. 1935. № 7. С. 71.

Физический институт // Наука и жизнь. 1935. № 5. С. 48–49, рис., портр.

The breakdown of compressed nitrogen in a non-uniform electric field. [1]. // Tech. Phys. USSR. 1935. V. 1. № 4. P. 497–505, fig., tab. [In collaboration with I. M. Goldman].

Breakdown with internal photoelectric effect // Phys. Z. SowjUn. 1935. Bd. 8. N. 4. S. 369–377, fig., tab. [In collaboration with I. M. Goldman].

1936

Выбор системы изоляции для машин 6000 В // За единые серии электрических машин: Сб. статей и материалов. М.: ОНТИ, Гл. ред. энерг. лит., 1936. Вып. 2. С. 40–42.

[Выступление в прениях по докладу А. Ф. Иоффе «Условия моей научной работы» на сессии Академии наук СССР 14–20 марта 1936 г.] // Изв. АН СССР. ОМЕН. Сер. физ. 1936. № 1/2. С. 123–127.

Пробой и перекрытие твердых диэлектриков в сжатом азоте // Изв. АН СССР. ОМЕН. Сер. физ. 1936. № 4. С. 579–588, рис. Библиогр.: 4 назв. [Совместно с И. М. Гольдман].

Пробой сжатого азота в неоднородном электрическом поле. 2. // ЖТФ. 1936. Т. 6. Вып. 2. С. 244–253, рис. [Совместно с И. М. Гольдман].

За более совершенные организационные формы // Фронт науки и техн., 1936. № 1. С. 89–90.

Breakdown of compressed nitrogen in a non-uniform electric field. 2. // Tech. Phys. USSR. 1936. V. 3. № 1. P. 16–27, fig. [In collaboration with I. Goldmann].

The breakdown and flash-over of solid dielectrics in compressed nitrogen // Tech. Phys. USSR. 1936. V. 3. № 6. P. 519–527, fig. Bibliogr.: 4 ref. [In collaboration with I. Goldmann].

1937

Ред.: Электрическая изоляция: Сб. материалов. М.: ОНТИ. Гл. ред. энерг. лит., 1937. Вып. 1. 140 с. [Совместно с В. С. Квашниным и Я. С. Шевесом].

1938

Investigations on gas discharge carried out in the laboratory of dielectrics of the Physical institute of the Academy of sciences // Tech. Phys. USSR. 1938. V. 5. № 7. С. 561–562.

За передовую физику // Правда, 12 июля 1938 г. [Совместно с М. Дивильковским].

Ред.: Электрическая изоляция: Сб. материалов. М.: Отрасл. бюро техн. информ. Главэлектропрома Наркоммаша, 1938. Вып. 2. 176 с. [Совместно с В. С. Квашниным].

1939

Реф.: *Gailish E.* Thermal breakdown of solid dielectrics at high frequencies (Tech. Phys. 1938. Т. 5. № 1) // Физ.-мат. реф. журн. 1939. Т. 1. Вып. 1. С. 112.

Реф.: *Вальтер А. Ф., Инге Л. Д.* Пробой каменной соли при высоких температурах. (ЖТФ, 1938. Т. 8. Вып. 4) // Физ.-мат. реф. журн. ... С. 112–113.

Реф.: *Рзянкин А. Г.* Исследование пробоя перегретого водяного пара. (ЖТФ, 1938. Т. 8. Вып. 1) // Физ.-мат. реф. журн. ... С. 114.

Реф.: *Клярфельд В., Гусева Л.* Пробивное напряжение в парах ртути. (ЖТФ, 1938. Т. 8. Вып. 11) // Физ.-мат. реф. журн. 1939. Т. 1. Вып. 2. С. 220.

1940

Пробой диэлектриков // БСЭ. 1940. Т. 47. С. 63–67.

Сжатый газ как высоковольтная изоляция // Электрическая изоляция: Сб. материалов / Под ред. Б. М. Вула и В. С. Квашнина. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1940. Вып. 3. С. 33–44, рис., табл. Библиогр.: 12 назв.

Ближайшие задачи научно-исследовательской работы по электрической изоляции в сельноточной электропромышленности // Электрическая изоляция... С. 150–159.

Пробой в сжатом газе при больших давлениях и малых расстояниях // ЖТФ. 1940. Т. 10. Вып. 5. С. 357–368, рис., табл. Библиогр.: 5 назв. [Совместно с Д. И. Влохинцевым и Я. М. Парнасом].

Breakdown in compressed gases at high pressures and small distances // J. Phys. 1940. V. 2. № 3. P. 217–232, fig. Bibliogr: 5 ref. [In collaboration with J. M. Parnas and D. I. Blochinzev].

Dielectric properties of glass cloth in compressed gases // J. Phys., 1940. V. 3. № 4/5. P. 321–326, fig., tab. Bibliogr.: 4 ref. [In collaboration with G. M. Kovalenko and J. M. Parnas].

Ред.: *Шенель В. В.* Электричество. Разд. 1. М.: [ВВА КА], 1940, 65 с.

Ред.: Электрическая изоляция: Сб. материалов. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1940. Вып. 3. 176 с. [Совместно с В. С. Квашниным].

1943

Исследование электрической прочности воздуха применительно к высотным полетам. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1943. 87 с., рис., табл.

[Обзор 25-летней деятельности комсомола: Доклад на собрании молодых ученых АН СССР, посвященном 25-летию Всесоюзного Ленинского комсомола] // Вестн. АН СССР. 1943. № 11/12. С. 112–114.

1944

Керамические высокочастотные конденсаторы // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1944. Т. 8. № 4. С. 194–199, рис. Библиогр.: 4 назв. [Совместно с Г. И. Сканами].

Диэлектрическая проницаемость рутиловых составов. Докл. АН СССР, 1944. Т. 43. № 7. С. 308–310, рис. Библиогр.: 6 назв.

Dielectric permeability of rutile mixtures // C. r. Acad. Sci. URSS. 1944. V. 43. № 7. P. 292–294, fig. Bibliogr.: 6 ref.

Керамические массы для стабильных радиоконденсаторов // Вестн. электропром. 1944. № 4. С. 5–6, табл. [Совместно с Г. И. Сканами и В. П. Барзаковским].

1945

Диэлектрическая проницаемость титанатов металлов второй группы. Докл. АН СССР, 1945. Т. 46. № 4. С. 154–157, рис., табл. [Совместно с И. М. Гольдман].

Dielectric constant of titanates of the metals of the second group // C. r. Acad. Sci. URSS. 1945. V. 46. № 4. P. 139–142, fig., tab. [In collaboration with I. M. Goldman].

Зависимость диэлектрической проницаемости титаната бария от давления. Докл. АН СССР, 1945. Т. 48. № 9, Р. 662–665, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с Л. Ф. Верещагиным].

Dependence of the dielectric constant of barium titanate upon the pressure // C. r. Acad. Sci. URSS. 1945. V. 48. № 9. P. 634–636, fig. Bibliogr.: 6 ref. [In collaboration with L. F. Vereshchagin].

Диэлектрическая проницаемость титаната бария в зависимости от напряженности в переменном поле. Докл. АН СССР, 1945. Т. 49. № 3. С. 179–182, рис. [Совместно с И. М. Гольдман].

Dielectric constant of barium titanate as a function of strength of an alternating field // C. r. Acad. Sci. URSS. 1945. V. 49. № 3. P. 177–180, fig. [In collaboration with I. M. Goldman].

Вещества с большой диэлектрической проницаемостью // Вестн. АН СССР. 1945. № 4. С. 107–109, рис., табл.

Диэлектрическая проницаемость титаната бария при низких температурах // ЖЭТФ. 1945. Т. 15. Вып. 12. С. 735–738, рис., табл. Рез. на англ. яз. Библиогр.: 6 назв.

Dielectric constants of some titanates // Nature. 1945. V. 156. № 3964. P. 480, tab.

Реф.: Диэлектрическая проницаемость рутиловых составов // Рефераты научно-исследовательских работ за 1943–1944 годы. Отделение физико-математических наук [АН СССР]. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945. С. 27–28.

Реф.: Керамические высокочастотные конденсаторы // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 28. [Совместно с Г. И. Сканави].

Реф.: Керамические массы для стабильных радиоконденсаторов // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 28. [Совместно с Г. И. Сканави и В. П. Барзаковским].

Реф.: Диэлектрическая проницаемость титанатов металлов второй группы // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 28. [Совместно с И. М. Гольдман].

Реф: The dielectric constants of titanates of metals of the second group // J. Phys. 1945. V. 9. № 2. P. 150.

1946

Вещества с высокой и сверхвысокой диэлектрической проницаемостью // Общее собрание Академии наук СССР, 15–19 янв. 1946 г. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. С. 111–128, рис., табл. Библиогр.: 13 назв.

Диэлектрический гистерезис в титанате бария. Докл. АН СССР, 1946. Т. 51. № 1. С. 21–24, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с И. М. Гольдман].

Dielectric hysteresis in barium titanate // C. r. Acad. Sci. URSS, 1946. V. 51. № 1. P. 21–23, fig. Bibliogr.: 6 ref. [In collaboration with I. M. Goldman].

Некоторые ближайшие задачи физики // Вестн. АН СССР. 1946. № 7. С. 3–8. [Совместно с А. Ф. Иоффе].

Вещества с высокой и сверхвысокой диэлектрической проницаемостью // Электричество. 1946. № 3. С. 12–20, рис., табл. Библиогр.: 13 назв.

Dielectric constant of barium titanate at low temperatures // J. Phys., 1946. V. 10. № 1. P. 64–66, fig., tab. Bibliogr.: 6 ref.

High dielectric constant materials // J. Phys., 1946. V. 10. № 2. P. 95–106, fig., tab. Bibliogr.: 11 ref.

Barium titanate: a new ferroelectric // Nature. 1946. V. 157. № 3998. P. 808.

Реф.: Вещества с большой диэлектрической проницаемостью // Рефераты научно-исследовательских работ за 1945 г. Отделение физико-математических наук [АН СССР]. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. С. 13.

Реф.: Вещества с высокой и сверхвысокой диэлектрической проницаемостью // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 13.

Реф.: Диэлектрическая проницаемость титаната бария при низких температурах // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 13.

Реф.: Зависимость диэлектрической проницаемости титаната бария от давления // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 13. [Совместно с Л. Ф. Верещагиным; в книге ошибочно дано Л. И. Верещагин].

Реф.: Диэлектрическая проницаемость титанатов металлов второй группы // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 14. [Совместно с И. М. Гольдман].

Реф.: Диэлектрическая проницаемость титаната бария в зависимости от напряженности в переменном поле // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 14. [Совместно с И. М. Гольдман].

Реф.: Диэлектрический гистерезис в титанате бария // Рефераты научно-исследовательских работ... С. 14. [Совместно с И. М. Гольдман].

А. с. 66065. Высокочастотный керамический диэлектрик. Заявл. 05.12.1944. № 643/335577 и 644/335578; Опубл. в 1946 г. [Совместно с И. М. Гольдман].

1947

Над чем работают советские физики в новой пятилетке. Пресс-бюро «Комс. правды», 15 янв. 1947 г. № 2. С. 1–2. (Беседы о советской науке и технике).

1948

О новой разновидности титаната бария. Докл. АН СССР. Т. 60. № 1. С. 41–43, рис. Библиогр.: 10 назв. [Совместно с И. М. Гольдман].

Рец.: *Омельяновский М. Э.* В. И. Ленин и физика XX века. Госполитиздат, 1947. 120 с. // Сов. кн., 1948. № 1. С. 23–27.

1949

Современное состояние физики диэлектриков // Электричество. 1949. № 1. С. 3–12. Библиогр.: 46 назв.

К вопросу об изучении механического движения в классической и квантовой физике // Вопросы философии. 1949. № 3. С. 165–175.

1950

Об электрической прочности и диэлектрической проницаемости // Сборник, посвященный семидесятилетию академика А. Ф. Иоффе. М.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 182–186, табл. Библиогр.: 10 назв.

Электрическая прочность титанатов металлов второй группы таблицы Менделеева // ЖЭТФ. 1950. Т. 20. Вып. 5. С. 465–470, рис., табл. Библиогр.: 4 назв. [Совместно с И. М. Гольдман и Р. Я. Разбаш].

1952

Диэлектрики // БСЭ. 2-е изд., 1952. Т. 14. С. 552–555, рис. Библиогр.: 15 назв. Без подписи.

О природе пьезоэлектрических свойств титаната бария // Памяти Сергея Ивановича Вавилова. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 319–323, рис. Библиогр.: 9 назв.

1954

О емкости переходных слоев в полупроводниках. Докл. АН СССР, 1954. Т. 96. № 2. С. 257–259. Библиогр.: 3 назв.

1955

Поляризация диэлектриков // БСЭ. 2-е изд. 1955. Т. 34. С. 113–114. Библиогр.: 4 назв.

Пробой диэлектриков // БСЭ... С. 562–563. Библиогр.: 7 назв.

Сегнетоэлектрики // БСЭ... Т. 38. С. 366–367, рис. Библиогр.: 5 назв.

О диэлектрических свойствах переходных слоев в полупроводниках // ЖТФ. 1955. Т. 25. Вып. 1. С. 3–10, рис. Библиогр.: 9 назв.

Физические предпосылки технического использования полупроводников // Электричество. 1955. № 7. С. 102–107, рис. Библиогр.: 8 назв.

1956

Сегнетоэлектричество. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 31 с.; рис. Библиогр.: 14 назв. Книга переведена на кит. яз.

О связи между диэлектрическими, пьезоэлектрическими и упругими свойствами поликристаллической керамики и монокристалла // Тезисы докладов Совещания по сегнетоэлектричеству. Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 17–18. [Совместно с С. В. Богдановым].

О нелинейных свойствах сегнетоэлектриков // Тезисы докладов Совещания... С. 25.

Влияние условий поляризации на пьезосвойства титаната бария // ЖТФ. 1956. Т. 26. Вып. 5. С. 958–962, рис. Библиогр.: 4 назв. [Совместно с С. В. Богдановым и Р. Я. Разбаш].

О пробое переходных слоев в полупроводниках // ЖТФ. 1956. Т. 26. Вып. 11. С. 2403–2416, рис., табл. Библиогр.: 11 назв.

Основы теории и некоторые результаты исследования германиевых диодов и триодов // Радиотехн. и электрон., 1956. Т. 1. Вып. 8. С. 1040–1051, рис. Библиогр.: 17 назв.

Исследование пробоя плоскостных германиевых диодов // Радиотехн. и электрон. С. 1080–1085, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с А. П. Шотовым].

Памяти Сергея Ивановича Вавилова // Электричество. 1956. № 1. С. 90–91, портр.

Профессор Б. М. Тареев: К 50-летию со дня рождения и 25-летию научной и педагогической деятельности // Электричество. 1956. № 8. С. 94, портр. [Совместно с другими].

Кристаллы с огромным будущим: [Полупроводники и их применение] // Техн. мол., 1956. № 5. С. 7–11, рис.

Физические основы и техническое использование полупроводников. Кэсюэ тунбао, 1956. № 6. С. 20–28. На кит. яз. [Совместно с Хуан Кунем и Ван Шоу-у].

Полупроводники: [Беседа] // Моск. правда, 1956, 20 марта, рис.

Ред.: *Вавилов С. И.* Собрание сочинений. М.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4, 470 с. [Совместно с Г. С. Ландсбергом].

1957

О законах механического движения в классической и квантовой физике // Диалектический материализм и современное естествознание: Сб. статей. М.: Госполитиздат, 1957. С. 45–58.

О связи между диэлектрическими, пьезоэлектрическими и упругими свойствами поликристаллической керамики и монокристалла // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1957. Т. 21. № 3. С. 374–378, табл. [Совместно с С. В. Богдановым и А. М. Тимониным].

О нелинейных свойствах сегнетоэлектриков // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1957. Т. 21. № 3. С. 379–381, рис.

Поверхностные разряды на электронно-дырочных переходах // ЖТФ. 1957. Т. 27. Вып. 1. С. 211–212. [Совместно с А. П. Шотовым].

О краевом пробое $p-n$ -переходов в германии // ЖТФ. 1957. Т. 27. Вып. 10. С. 2189–2194, рис. Библиогр.: 5 назв. [Совместно с А. П. Шотовым].

Пьезомодуль сдвига поляризованного титаната бария. Кристаллография, 1957. Т. 2. Вып. 1. С. 115–118, рис., табл. Библиогр.: 10 назв. [Совместно с С. В. Богдановым и Р. Я. Разбаш].

О преобразовании энергии β -частиц в электроэнергию в кристаллах германия с $p-n$ -переходами. Атом, энергия, 1957. Т. 2. № 6. С. 533–537, рис. Библиогр.: 10 назв. [Совместно с другими].

Польско-чехословацкая конференция по физике твердого тела. [Сопот, 5–9 нояб. 1956 г.]. Нов. кн. за рубежом. Сер. А. 1957. № 2. С. 129–130. [Совместно с С. В. Вонсовским].

А. с. 110441. Полупроводниковые нелинейные конденсаторы. Заявл. 29.06.1954. № 460177/02407; Опубл. в 1957 г.

1958

Полупроводниковые приборы // БСЭ. 2-е изд., 1958. Т. 51. С. 226–228, рис. Библиогр.: 6 назв.

Breakdown in compressed gases at high pressures and small distances // Блохинцев Д. И. Сборник научных работ и статей. Т. 2. Работы по теоретической физике. Дубна, [Объед. ин-т ядерн. исслед.], 1958. С. 389–404, fig. Bibliogr.: 5 ref. [In collaboration with D. I. Blochinzev and J. M. Parnas].

Über den Durchschlag in $p - n$ -Übergängen in Germanium // Halbleiter und Phosphore: [Vorträge des Internationalen Kolloquiums «Halbleiter und Phosphore» in Garmisch-Partenkirchen, 1956]. Berlin; Braunschweig: Akad.-Verl., 1958. S. 647–649, Abb. Bibliogr.: 8 ref.

Выдающееся научное открытие: (К присуждению Нобелевской премии по физике советским ученым П. А. Черенкову, И. Е. Тамму и И. М. Франку) // Вестн. АН СССР. 1958. № 12. С. 7–9. [Совместно с другими].

К теории электронно-дырочных переходов в полупроводниках // ЖТФ. 1958. Т. 28. Вып. 4. С. 681–688. [Совместно с Б. И. Сегалом].

Научные достижения в области полупроводниковой техники: Докл. на Всесоюз. совещ. по применению комплексных полупроводниковых выпрямительных установок в пром-сти. Саранск, 1958. Крат. излож. // Техн.-экон. бюл. / Совнархоз Мордов. экон. адм. р-на. 1958. № 2. С. 7.

Обращение ученых СССР к ученым всего мира: [О предотвращении мировой войны] // Известия, 23 июля 1958 г. [Совместно с другими].

Выдающиеся научные открытия советских физиков: Труды ученых Физического института Академии наук СССР П. А. Черенкова, И. Е. Тамма и И. М. Франка отмечены Нобелевской премией по физике. Правда, 29 окт. 1958 г. [Совместно с другими].

А. с. 110480. Способ изготовления вывода средней части германиевого триода. Заявл. 12.09.1953. № 460114/Б 477; Оpubл. в 1958 г. [Совместно с А. П. Шотовым].

1959

Об ударной ионизации в кремниевых $p - n$ -переходах // Физика твердого тела: Сб. статей. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. Вып. 1. С. 150–154, рис., табл. Библиогр.: 8 назв. [Совместно с А. П. Шотовым].

Основы теории мощных германиевых выпрямителей // Полупроводниковые выпрямители: По материалам Всесоюзн. совещ. по применению

комплектных полупроводниковых выпрямительных установок в пром-сти, (11–14 авг. 1958 г.). М.: 1959. С. 5–24, рис., табл. Библиогр.: 21 назв.

К вопросу об ударной ионизации в полупроводниках // Исследования по экспериментальной и теоретической физике: Памяти Григория Самуиловича Ландсберга. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 95–99, рис., табл. Библиогр.: 15 назв. [Совместно с В. С. Вавиловым и А. П. Шотовым].

О $p - n$ -переходах при низких температурах. Докл. АН СССР, 1959. Т. 129. № 1. С. 61–63. Библиогр.: 4 назв.

К вопросу о работе «атомных» источников тока с двойным преобразованием энергии // Физ. тверд. тела. 1959. Т. 1. Вып. 5. С. 826–827, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с В. С. Вавиловым, Г. Н. Галкиным и С. А. Фридманом].

Квантовомеханические полупроводниковые генераторы и усилители электромагнитных колебаний // ЖЭТФ. 1959. Т. 37. Вып. 2. С. 587–588. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с Н. Г. Басовым и Ю. М. Поповым].

Исследование мощных германиевых выпрямителей // Электричество. 1959. № 10. С. 21–26, рис., табл. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с В. С. Багаевым, А. А. Жеребцовой и С. Б. Юдицким].

Электрическая набережная: [О преобразовании силы морского прилива в электрический ток]. Знание сила, 1959. № 12. С. 14–15, ил.

Ред: Эльхонес П. М., Аверьянова В. П., Маслов В. Н. Германий и его соединения: Области освоенного и возможного применения. М.: [Изд-во АН СССР: ВИНТИ], 1959, 31 с.

1960

О влиянии внешнего одностороннего давления на ориентацию доменов в «поляризованном» поликристаллическом BaTiO_3 // Физика диэлектриков: Тр. II Всесоюз. конф., ноябрь 1958 г. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 281–285, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с С. В. Богдановым].

Изменение свойств электроизоляции под воздействием длительного гамма-излучения // Тезисы докладов Третьей межвузовской конференции по современной технике диэлектриков и полупроводников. Л.: [М-во высш. и средн. спец. образ. РСФСР, Ленингр. электротехн. ин-т], 1960. С. 61–62. [Совместно с Ф. И. Коломойцевым].

Туннельные диоды // Тезисы докладов Третьей межвузовской конференции... С. 115. [Совместно с И. И. Иванчиком и А. П. Шотовым].

Диэлектрические и рентгенографические исследования систем BaTiO_3 — $\text{«BiCrO}_3\text{»}$ и BaTiO_3 — $\text{«BiAlO}_3\text{»}$ // Тезисы докладов III совещания по сегнетоэлектричеству (Москва, 25–30 янв. 1960 г.). М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 5–6. [Совместно с другими].

Диэлектрические и рентгенографические исследования составов на основе BaSnO_3 , SrTiO_3 и BaZrO_3 с добавками ABO_3 (где $\text{ABO}_3 = \text{«BiAlO}_3\text{»}$, $\text{«BiCrO}_3\text{»}$, $\text{«BiFeO}_3\text{»}$) // Тезисы докладов III совещания... С. 6–7. [Совместно с другими].

Multiplication of electrons and holes in p – n -junctions // Solid state physics in electronics and telecommunications: Proc. of an Intern. conf. held in Brussels, June 2–7, 1958. Vol. 1. Semiconductors. Pt. 1. London; New York: Acad. press, 1960. P. 491–497, fig., tab. Bibliogr.: 8 ref. [In collaboration with A. P. Shotov].

On the capacitance of thjunctions at low temperatures // Report on the XX annual conference on physical electronics. Massachusetts: Inst. of technology, 1960. P. 127–132, fig. Bibliogr.: 4 ref. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya].

О примесной проводимости германия при низких температурах. Докл. АН СССР, 1960. Т. 135. № 6. С. 1361–1363, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Л. В. Келдышем].

Емкость p – n -переходов при низких температурах // ЖЭТФ. 1960. Т. 38. Вып. 1. С. 10–17, рис. Рез. на англ. яз. Библиогр.: 10 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой].

Об ударной ионизации и туннельном эффекте в полупроводниках // Физ. тверд. тела. 1960. Т. 2. Вып. 11. С. 2961–2967, рис., табл. Библиогр.: 11 назв.

Георгий Иванович Сканави: [Некролог] // Усп. физ. наук. 1960. Т. 71. Вып. 4. С. 681–683, 1 л., портр. [Совместно с Е. А. Коноровой и А. И. Демешинной].

Ред.: Стекольников И. С. Природа длинной искры. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 272 с.

1961

The electrical conductivity of germanium in high electric fields at low temperatures // Proceedings of the International conference on semiconductor physics. Prague, 1960. Prague: Publ. house of the Czech, acad. sci., 1961. P. 107–109, fig. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya].

Closing speech // Proceedings of the International conference... P. 1110–1111.

Установление тока в диэлектриках при гамма-облучении. Докл. АН СССР, 1961. Т. 139. № 6. С. 1339–1341, рис.

О емкостных характеристиках $p - n$ -переходов // Физ. тверд. тела. 1961. Т. 3. Вып. 1. С. 204–205. Библиогр.: 4 назв.

Температурная зависимость туннельного тока в $p - n$ -переходах // Физ. тверд. тела. 1961. Т. 3. Вып. 2. С. 667–670, рис. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с А. П. Шотовым и С. П. Гришечкиной].

Влияние гамма-облучения на электропроводность диэлектриков // Физ. тверд. тела. 1961. Т. 3. Вып. 8. С. 2264–2274, рис., табл. Библиогр.: 8 назв.

Пьезоэлектрические свойства поликристаллического титаната бария при больших давлениях. Кристаллография, 1961. Т. 6. Вып. 1. С. 72–77, рис., табл. Библиогр.: 8 назв. [Совместно с С. В. Богдановым и Р. Я. Разбаш].

Особенности пьезоэлектрических свойств керамических пьезоэлементов из BaTiO_3 , вырезанных под углом 45° к направлению поляризации. Кристаллография, 1961. Т. 6. Вып. 2. С. 271–273, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с С. В. Богдановым и Р. Я. Разбаш].

Полупроводниковые приборы — техника будущего // Наука и техн., 1961. № 10. С. 3, ил.

Новая страница физической науки // Экон. газ., 1961. № 45. С. 3. [Совместно с Л. Сильбансом].

Важное направление технического прогресса: [О применении полупроводников в современной технике]. Правда, 4 сент 1961 г.

1962

Об ударной ионизации и туннельном эффекте в полупроводниках // Труды совещания по ударной ионизации и туннельному эффекту в полупроводниках. (11–15 окт. 1960 г.). Баку: Изд-во АН АзербССР, 1962. С. 5–14, рис. Библиогр.: 10 назв.

Thickness dependence of voltage breakdown in germanium at low temperatures // Report of the International conference on the physics of semiconductors held at Exeter, July 1962. London: Inst. phys. and Phys. soc., 1962. P. 117–120, fig. Bibliogr.: 5 ref. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya and I. V. Davydova].

Рекомбинационное излучение в вырожденном антимониде индия // Физ. тверд. тела. 1962. Т. 4. Вып. 12. С. 3676–3677. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с А. П. Шотовым и В. С. Багаевым].

Das Zustandekommen von Strom im Dielektrikum bei γ -Bestrahlung. Acta phys. hung., 1962. T. 14, fasc. 2/3, 225–229 old., Abb. Res. in Rus. Sprache.

Ред.: От классической физики к квантовой: Основные представления учения о строении материи. М.: Изд-во АН СССР, 1962, 71 с. [Совместно с Е. Л. Фейнбергом].

1963

Полупроводниковый квантовый генератор на $p-n$ -переходе в GaAs. Докл. АН СССР, 1963. Т. 150. № 2. С. 275–278, рис. Библиогр.: 10 назв. [Совместно с другими].

Низкотемпературный пробой в p -германии при одноосном сжатии. Докл. АН СССР, 1963. Т. 153. № 5. С. 1037–1039, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с И. В. Кучеренко].

[Выступление по отчетному докладу М. И. Агошкова на Годичном собрании Академии наук СССР] // Вестн. АН СССР. 1963. № 3. С. 33.

[Выступление по докладу Л. Ф. Ильичева «Методологические проблемы естествознания и общественных наук» на расширенном заседании Президиума АН СССР] // Вестн. АН СССР. 1963. № 11. С. 53–54.

Пробой тонких слоев германия при низких температурах // Физ. тверд. тела. 1963. Т. 5. Вып. 4. С. 1107–1113, рис. Библиогр.: 8 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и И. В. Давыдовой].

Полупроводники: Строение и применение. Природа, 1963. № 10. С. 12–17, рис.

Непреодолимая сила диалектико-материалистического анализа. Природа, 1963. № 12. С. 23–24.

«Магический» кристалл: [О полупроводниках] // Известия. Воскр. вып., 1963, 23 февр. (Ученые отвечают читателям).

1964

О некоторых методологических вопросах современной физики // Методологические проблемы науки: Материалы заседания Президиума Академии наук СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1964. С. 218–220.

Научный метод исходный принцип познания объективного мира // Методологические проблемы науки... С. 247–251.

Полупроводники: Строение и применение // Вглубь атома: Сб. статей. М.: Наука, 1964. С. 270–280, рис.

[О работах по физике твердого тела в Японии: Крат. сообщ.] // Вестн. АН СССР. 1964. № 8. С. 26.

Некоторые вопросы физики полупроводников // Вестн. АН СССР. 1964. № 8. С. 65–70, рис.

О механизме рекомбинационного излучения арсенида галлия // Физ. тверд. тела. 1964. Т. 6. Вып. 4. С. 1235–1238, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с другими].

Об энергетическом спектре сильнолегированного арсенида галлия // Физ. тверд. тела. 1964. Т. 6. Вып. 5. С. 1399–1405, рис., табл. Библиогр.: 12 назв. [Совместно с другими].

Вольтамперные характеристики $p-n$ -переходов в сильнолегированном арсениде галлия // Физ. тверд. тела. 1964. Т. 6. Вып. 5. С. 1465–1471, рис., табл. Библиогр.: 13 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и А. П. Шотовым].

1965

Туннельный эффект в диодах из арсенида галлия при низких температурах. Препринт №А-121. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1965, 9 с., 5 л., рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Н. В. Заварицким].

Поляризация излучения диодов из арсенида галлия. Препринт №А-123. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1965. 9 с., 4 л., рис., табл. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с В. Н. Алямовским, В. С. Багаевым и Ю. Н. Берозашвили].

Об излучательной рекомбинации в диодах из арсенида галлия. Препринт №А-122. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1965. 6 с., 3 л. рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с В. С. Вавиловым, Г. Н. Галкиным и Е. А. Бобровой].

О поляризации излучения ПКГ с $p-n$ -переходом в GaAs // Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по физическим свойствам полупроводников $A^{III}B^V$ и $A^{III}B^{VI}$, 11–15 окт. 1965 г. Баку: Изд-во АН АзербССР, 1965. С. 12. [Совместно с В. Н. Алямовским, В. С. Багаевым и Ю. Н. Берозашвили].

Об излучательной рекомбинации в диодах из арсенида галлия // Тезисы докладов на Всесоюзной конференции... С. 23. [Совместно с В. С. Вавиловым, Г. Н. Галкиными и Е. А. Бобровой].

About the energy spectrum of the heavily doped GaAs // VII Congress international de physique des semiconducteurs. 4. Recombinaison radiative dans les semiconducteurs. Paris, 1964. Paris: Dunod, 1965. P. 149–154, fig. Bibliogr.: 5 ref. [In collaboration with others].

[Выступление на заседании Президиума АН СССР в дек. 1964 г. по докладу Л. А. Арцимовича «Некоторые вопросы развития современной физики»] // Вестн. АН СССР. 1965. № 2. С. 20–23.

О сверхпроводимости в полупроводниках // Физ. тверд. тела. 1965. Т. 7. Вып. 6. С. 1876–1877. [Совместно с А. С. Селиваненко].

The wonderful qualities of semiconductors. Elect. India, 1965. V. 5. № 10. P. 39, 41.

Чудесные свойства полупроводников. Правда, 1965, 13 июня.

1966

Contact effects in the degenerate semiconductors at low temperatures // Proceedings of the International conference on the physics of semiconductors. Kyoto, 1966. Tokyo: Phys. soc. Japan, 1966. P. 598–602, fig. (J. Phys. soc. Japan; Vol. 21, suppl.) Bibliogr.: 3 ref. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya and N. V. Zavaritsky].

О взаимодействии лития с дефектами решетки в теллуриде кадмия // Физ. тверд. тела. 1966. Т. 8. Вып. 1. С. 256–258, рис. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с В. А. Чапниным].

Туннельный эффект в диодах из арсенида галлия при низких температурах // Физ. тверд. тела. 1966. Т. 8. Вып. 3. С. 888–893, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Н. В. Заварицким].

Об излучательной рекомбинации в диодах из арсенида галлия // Физ. тверд. тела. 1966. Т. 8. Вып. 3. С. 908–911, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с В. С. Вавиловым, Г. Н. Галкиным и Е. А. Бобровой]. О поляризации излучения диодов из арсенида галлия // Физ. тверд. тела. 1966. Т. 8. Вып. 4. С. 1091–1096, рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с В. Н. Алямовским, В. С. Багаевым и Ю. Н. Берозашвили].

Профессор Б. М. Тареев: (К 60-летию со дня рождения) // Электричество. 1966. № 12. С. 84, портр. [Совместно с другими].

F. e. m. photovoltaïque d'une jonction $p - n$ intensément illuminée dans le silicium // Revue Phys. appl. 1966. Т. 1. № 3. P. 209–210, fig. Bibliogr.: 3 ref. [En collaboration avec V. S. Vavilov, L. M. Blinov et G. N. Galkin].

Optical absorption, photoconductivity and $p - n$ -junctions in cadmium telluride // Revue Phys. appl. 1966. Т. 1. № 3. P. 217–221, fig. Summary in Fr. Bibliogr.: 16 ref. [In collaboration with others].

Сто миллионов приборов в кубическом сантиметре: [О создании электронных микросхем]. Правда, 2 янв 1966 г.

1967

Физика полупроводников в СССР. [Б. м.: Б. и., 1967]. 63 с. Отпеч. множит. аппаратом.

Об избыточном токе туннельного диода. Препринт № 76. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1967. 12 с., 6 л. рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Н. В. Заварицким].

Физика полупроводников // Октябрь и научный прогресс. В 2-х кн. М.: АПН, 1967. Кн. 1. С. 471–508, рис., портр.

Особенность в распределении электронов вблизи поверхности Ферми в арсениде галлия // Труды X Международной конференции по физике низких температур. Москва, 31 авг.–6 сент. 1966 г. Т. 3. Электронные свойства металлов. М.: ВИНТИ, 1967. С. 221–224, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Н. В. Заварицким].

Избыточный ток туннельного диода // Физ. тверд. тела. 1967. Т. 9. Вып. 11. С. 3212–3220, рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Н. В. Заварицким].

Вещества с высокой и сверхвысокой диэлектрической проницаемостью // Усп. физ. наук. 1967. Т. 93. Вып. 3. С. 541–552, рис., табл. Библиогр.: 10 назв.

Электрическая прочность полупроводников // Физ. и техн. полупроводников. 1967. Т. 1. Вып. 11. С. 1638–1642. Библиогр.: 21 назв.

Наблюдение электрических «доменов» в высокоомном GaAs при помощи электрооптического эффекта // ЖЭТФ. Письма в редакцию, 1967. Т. 6. Вып. 1. С. 464–467, рис. Библиогр.: 10 назв. [Совместно с В. С. Багаевым и Ю. Н. Берозашвили].

Электропроводность полимерных полупроводников при низких температурах. Высокомолек. соед. Сер. Б. 1967. Т. 9. № 9. С. 671–673, рис., табл. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с другими].

В упряжке электроники: [О развитии оптоэлектроники и диэлектрической электроники]. Правда, 20 дек. 1967 г. [Совместно с Э. Адировичем].

1968

Вступительное слово на IX Международной конференции по физике полупроводников. Препринт. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1968, 19 с.

Влияние легирования и термообработки на электрические свойства теллурида кадмия // Теллурид кадмия. М.: Наука, 1968. С. 32–43, рис. Библиогр.: 23 назв. [Совместно с В. А. Чапниным].

Рекомбинационная электрическая неустойчивость в n -CdTe. Теллурид кадмия... С. 131–136, рис. Библиогр.: 15 назв. [Совместно с В. А. Чапниным].

Introductory report // IX International conference on the physics of semiconductors. Moscow, July 23–29, 1968: Proceedings. L.: Nauka, 1968. V. 1. P. 8–15.

Достижения и задачи физики полупроводников // Вестн. АН СССР. 1968. № 10. С. 20–27.

Подвижные электрические домены в полуизолирующем арсениде галлия // Физ. и техн. полупроводников. 1968. Т. 2. Вып. 6. С. 843–849, рис. Библиогр.: 13 назв. [Совместно с В. С. Багаевым и Ю. Н. Берозашвили].

Поглощение света свободными носителями в кристаллах n -CdTe // Физ. и техн. полупроводников. 1968. Т. 2. Вып. 9. С. 1243–1247, рис., табл. Библиогр.: 11 назв. [Совместно с другими].

(Выступление на научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения К. Маркса: Крат. излож.]. Вопр. ист. естествозн. и техн., 1968. Вып. 25. С. 117–118.

Некоторые проблемы современного электричества и научно-технический прогресс: [Беседа] // Физ. в shk. 1968. № 6. С. 6–10, портр.

Вездесущие кристаллы: [О IX Междунар. конф. по физике полупроводников] // Культура и жизнь. 1968. № 10. С. 43.

Szenyeyzo atomok a felvezeto kristalyokban. Fiz. Szle, 1968, 18 evf., 2 szam, 50–55. old., abrak. Bibliogr.: 12 ref.

Прогресс диктуют полупроводники: [Беседа] // Моск. правда, 7 июля 1968 г.

Вездесущие кристаллы: [Беседа] // Известия, Моск. веч. вып., 23 июля 1968 г.

Необъятный мир полупроводников. Моск. правда, 1 авг 1968 г.

Ред.: Теллурид кадмия. М.: Наука, 1968. 138 с.

Предисловие // Теллурид кадмия... С. 3–6. Библиогр.: 14 назв. [Совместно с В. С. Вавиловым].

1969

Туннельный ток при междолинных переходах. Препринт № 111. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1969, 15 с., рис. Библиогр: 18 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и С. Д. Денисовым].

Зависимость вольтамперной характеристики туннельного диода от уровней Ферми в n - и p -частях. Препринт № 112. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1969. 13 с., 5 л., рис. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и И. И. Иванчиком].

Вступительный доклад // Труды IX Международной конференции по физике полупроводников. Москва, 23–29 июля 1968 г. Л.: Наука, 1969. Т. 1. С. 8–16.

Электрическая неустойчивость в n -CdTe, содержащем двухзарядные акцепторы // Физика и химия соединений типа A^2B^6 (Тез. докл. на II Всесоюз. совещ., Ужгород, 25–31 мая, 1969 г.). Киев: [Ин-т полупроводников АН УССР], 1969. С. 53–54. Ротапринт. [Совместно с В. А. Чапниным].

Электрические свойства n -CdTe, содержащего многозарядные акцепторы // Физика и химия соединений типа A^2B^6 ... С. 54–55. [Совместно с В. А. Чапниным].

Академик Б. А. Введенский: [Некролог] // Вестн. АН СССР. 1969. № 8. С. 89–90, портр. [Совместно с другими].

Актуальные задачи полупроводниковой электроники // Вестн. АН СССР. 1969. № 11. С. 33–38. [Совместно с М. И. Елинсоном и С. Г. Калашниковым].

Туннельный ток при междолинных переходах // Физ. и техн. полупроводников. 1969. Т. 3. Вып. 11. С. 1691–1697, рис. Библиогр.: 18 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и С. Д. Денисовым].

Современные проблемы полупроводников // Природа. 1969. № 2. С. 47–55, портр., схем.

Разум должен победить безумие! Письмо советских ученых [о запрещении ядерного оружия] // Наука и жизнь, 1969. № 10. С. 25. [Совместно с другими].

Разум должен победить безумие... // Нов. время, 1969. № 21. С. 5. [Совместно с другими].

Борис Алексеевич Введенский: [Некролог] // Правда, 3 июня 1969 г., портр. [Совместно с другими].

Константинов Борис Павлович: [Некролог] // Известия. Моск. веч. вып., 11 июля 1969 г., портр. [Совместно с другими].

У порога открытий: Сегодня и завтра полупроводников // Правда, 8 сент. 1969 г.

1970

Инфракрасное поглощение в CdTe p -типа // Физ. и техн. полупроводников. 1970. Т. 4. Вып. 1. С. 67–71, рис. Библиогр.: 13 назв. [Совместно с В. М. Сальманом и В. А. Чапниным].

Эффект поля в контакте полупроводника и c -доменного сегнетоэлектрика // Физ. и техн. полупроводников. 1970. Т. 4. Вып. 1. С. 162–166. Библиогр.: 7 назв. [Совместно, с Г. М. Гуро и И. И. Иванчиком].

Зависимость вольтамперной характеристики туннельного диода от уровня Ферми в n - и p -частях // Физ. и техн. полупроводников. 1970. Т. 4. Вып. 2. С. 329–336, рис. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой и И. И. Иванчиком].

Грядущее столетие век полупроводников: [Выступление на IX Междунар. конф. по физике полупроводников. 1968 г. Крат. излож.] // Наука и религия. 1970. № 2. С. 50–51, ил.

1971

Локализация электронов в компенсированном арсениде галлия при низких температурах. Препринт № 42. М.: [Физ. ин-т АН СССР], 1971, 11 с., 4 л. рис. Библиогр.: 16 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, И. Д. Вороновой и Н. В. Рождественской].

New data on double acceptors in CdTe // Proceedings of the International symposium on cadmium telluride, a material for gamma-ray detectors, at the Centre de recherches nucleaires. June 29–30, 1971. Strasbourg (France). Strasbourg, 1971. P. XI–1–XI–9, 1 p. fig. Bibliogr.: 9 ref. [In collaboration with others].

Properties of cadmium telluride doped with iron // Proceedings of the International symposium... P. XIV–1–XIV–8, 1 p. fig. Bibliogr.: 6 ref. [In collaboration with others].

Локализация электронов в компенсированном арсениде галлия при низких температурах // Физ. и техн. полупроводников. 1971. Т. 5. Вып. 5. С. 943–949, рис. Библиогр.: 16 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, И. Д. Вороновой и Н. В. Рождественской].

Полупроводниковая электроника и научно-технический прогресс // Физ. и техн. полупроводников. 1971. Т. 5. Вып. 11, с. I–VIII. [Совместно с В. А. Кудрявцевым].

Ред.: Экситоны в полупроводниках. М.: Наука, 1971. 140 с.

1972

Transition phenomena in compensated GaAs at low temperatures // XI international conference on the physics of semiconductors: Proceedings. Warszawa—Poland. July, 25–29 1972. Warszawa, Polish scient. publ., 1972. V. 1. P. 211–217, fig. Bibliogr.: 5 ref. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya, I. D. Voronova and N. V. Rojdestvenskaya].

Развитие работ по полупроводникам в академиях наук союзных республик // Вестн. АН СССР. 1972. № 12. С. 22–24. [Совместно с В. А. Кудрявцевым].

Свойства теллурида кадмия, легированного железом // Физ. и техн. полупроводников. 1972. Т. 6. Вып. 7. С. 1264–1267, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с другими].

Исследование двухзарядного акцептора в теллуриде кадмия // Физ. и техн. полупроводников. 1972. Т. 6. Вып. 8. С. 1442–1446, рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с другими].

Физика полупроводников — научное достояние всех союзных республик // Физ. и техн. полупроводников. 1972. Т. 6. Вып. 12. С. 2317–2320.

Зависимость пьезоэффекта в титанате бария от способа экранировки спонтанной индукции // Физ. тверд. тела. 1972. Т. 14. Вып. 3. С. 707–715, рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с Г. М. Гуро и И. И. Иванчиком].

Температурная зависимость отрицательного магнитосопротивления в компенсированном арсениде галлия. Письма в ЖЭТФ. 1972. Т. 15. Вып. 11. С. 661–664, рис. Библиогр.: 5 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, И. Д. Вороновой и Н. В. Рождественской].

На переднем крае физики. Правда, 17 дек 1972 г.

1973

К истории открытия сегнетоэлектрических свойств титаната бария // Титанат бария. М.: Наука, 1973. С. 5–7. Библиогр.: 10 назв.

Переход металл—диэлектрик в магнитном поле в компенсированном арсениде галлия // Физ. и техн. полупроводников. 1973. Т. 7. Вып. 8. С. 1479–1484,

рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, И. Д. Вороновой и Н. В. Рождественской].

Горячие электроны при низких температурах в компенсированном арсениде галлия // Физ. и техн. полупроводников. 1973. Т. 7. Вып. 9. С. 1766–1770, рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, И. Д. Вороновой и Н. В. Рождественской].

Индукцированный переход Мотта в компенсированном арсениде галлия // Физ. и техн. полупроводников. 1973. Т. 7. Вып. 10. С. 1942–1945, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с другими].

Encountering domains in ferroelectrics. *Ferroelectrics*, 1973. V. 6. № 1/2. P. 29–31, fig. Bibliogr.: 9 ref. [In collaboration with G. M. Guro and I. I. Ivanchik].

Рец.: Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. Л., 1971. 476 с. // Усп. физ. наук. 1973. Т. 109. Вып. 1. С. 215–216.

Письмо членов Академии наук СССР: [Протест по поводу интервью, данного академиком А. Д. Сахаровым зарубежным корреспондентам в Москве]. Правда, 29 авг. 1973 г. [Совместно с другими].

1974

Переход металл—диэлектрик в компенсированном арсениде галлия в магнитном поле // Арсенид галлия. Томск: [Томск, гос. ун-т], 1974. Вып. 5. С. 266–271, рис. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, Н. В. Рождественской-Котельниковой и И. Д. Вороновой].

Переход металл—диэлектрик в компенсированном арсениде галлия в магнитном поле // Тезисы докладов III совещания по исследованию арсенида галлия, сент. 1974 г. Томск: [Томск, гос. ун-т], 1974. С. 3–4. [Совместно с Э. И. Заварицкой, Н. В. Рождественской-Котельниковой и И. Д. Вороновой].

An analogue of Mott transition in compensated GaAs // Proceedings of the XII International conference on the physics of semiconductors, July 15–19, 1974. Stuttgart. Stuttgart: B. G. Teubner, 1974. P. 1085–1093, fig., tab. Bibliogr.: 21 ref.

Semiconducting diamonds in electronics // Proceedings of the V Conference on solid state devices. Tokyo, 1973. Tokyo: Jap. soc. appl. phys., 1974. P. 183–188, fig. (J. Jap. Soc. appl. phys.; vol. 43, suppl.). Bibliogr.: 20 ref.

Локализация электронов в компенсированном арсениде галлия при низких температурах. 2. // Физ. и техн. полупроводников. 1974. Т. 8. Вып. 8. С. 1507–1513, рис. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с другими].

Сверхпроводящий индуктивный накопитель энергии для питания систем накачки ОКГ. Квант. электроника, 1974. Т. 1. № 9. С. 1983–1987, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с другими].

Памяти Эммануила Ильича Адировича: [Некролог] // Усп. физ. наук. 1974. Т. 114. Вып. 1. С. 165–166, 1 л. портр. [Совместно с другими].

Передовой рубеж физики: (На соискание Ленинской премии). Правда, 2 апр. 1974 г. [Совместно с А. Шотовым].

Союз акустики и электроники // Известия. Моск. веч. вып., 2 окт. 1974 г. [Совместно с Л. Келдышем].

1975

Аналог перехода Мотта в компенсированном арсениде галлия // Арсенид галлия: [Сб. статей]. Томск: [Томск, гос. ун-т], 1975. Вып. 6. С. 139–153, рис., табл. Библиогр.: 7 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, И. Д. Вороновой и Н. В. Рождественской-Котельниковой].

Встречные домены в сегнетоэлектрическом пьезоэлементе // Проблемы современной кристаллографии. М.: Наука, 1975. С. 324–327, рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с Г. М. Гуро и И. И. Иванчиком].

[Выступление по докладу Х. И. Амирханова о научной и научно-организационной деятельности Института физики Дагестанского филиала АН СССР на комиссии Президиума АН СССР] // Вестн. АН СССР. 1975. № 1. С. 5–6.

ФИАН — обороне Родины: [О деятельности Физического института АН СССР в годы Великой Отечественной войны] // Вестн. АН СССР. 1975. № 4. С. 34–41.

Владимир Максимович Тучкевич: (К семидесятилетию со дня рождения) // Усп. физ. наук. 1975. Т. 115. Вып. 1. С. 149–152, 1 л. портр. [Совместно с другими].

Памяти Дмитрия Николаевича Наследова: [Некролог] // Усп. физ. наук. 1975. Т. 116. Вып. 4. С. 751–752, 1 л. портр. [Совместно с другими].

Памяти Вадима Евгеньевича Лашкарева (1903–1974): [Некролог] // Усп. физ. наук. 1975. Т. 117. Вып. 2. С. 377–378, 1 л. портр. [Совместно с другими].

Сила магнита: [О выдвижении созданной по инициативе А. М. Прохорова установки «Соленоид» на соискание Государственной премии СССР] // Известия. Моск. веч. вып., 1975, 9 окт.

[Выступление на III Генеральной конференции Европейского физического общества: Крат. излож.]. Scintea, 1975, 10 sept.; Rom. lib., 1975. № 9604.

1976

Magnetoresistance of compensated n -GaAs in high magnetic field // Physics of semiconductors: Proc. of the XIII Intern. conf. Rome, Aug. 30 Sept. 3, 1976. Rome, 1976. P. 1188–1191, fig. Bibliogr.: 7 ref. [In collaboration with N. V. Kotelnikova, E. I. Zavaritskaya and I. D. Voronova].

Some research results of electric breakdown of liquid helium // Proceedings of the IV US–USSR symposium on superconducting power transmission. Brookhaven national laboratory. Aug. 11, 1976. S. 1., 1976. P. 1–17, 6 p. fig. Bibliogr.: 29 ref. Описано по оттиску.

Советские ученые — лауреаты премии Европейского физического общества // Вестн. АН СССР. 1976. № 3. С. 72–73.

Осцилляции Шубникова—де-Гааза в компенсированном арсениде галлия // Физ. и техн. полупроводников. 1976. Т. 10. Вып. 7. С. 1266–1271, рис., табл. Библиогр.: 10 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, Н. В. Котельниковой и И. Д. Вороновой].

Исследование компенсированного арсенида галлия в сильных магнитных полях // Физ. и техн. полупроводников. 1976. Т. 10. Вып. 12. С. 2277–2282, рис. Библиогр.: 14 назв. [Совместно с Н. В. Котельниковой, Э. И. Заварицкой и И. Д. Вороновой].

Александр Михайлович Прохоров: (К шестидесятилетию со дня рождения) // Усп. физ. наук. 1976. Т. 119. Вып. 3. С. 582–583, 1 л. портр. [Совместно с другими].

Алмазное сердце электроники. Веч. Москва, 29 марта 1976 г.

Наступление полупроводников: [О связи научных достижений в области полупроводниковой электроники с промышленным производством] // Известия. Моск. веч. вып., 1976, 3 дек.

1977

Физика диэлектриков и полупроводников // Октябрь и наука. М.: Наука, 1977. С. 250–261.

О минимуме металлической проводимости в двумерной системе. Письма в ЖЭТФ. 1977. Т. 25. Вып. 4. С. 204–207, рис. Библиогр.: 4 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой, Ю. А. Башкировым и В. М. Виноградовым].

К 60-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции // Физ. и техн. полупроводников. 1977. Т. 11. Вып. 10. С. 1865–1870.

1978

Наступление полупроводников // Эврика-78. М.: Мол. гвардия, 1978. С. 210–213, рис.

Осцилляции Шубникова—де-Гааза в плоскости спайности бикристалла германия. Письма в ЖЭТФ. 1978. Т. 27. Вып. 10. С. 580–583, рис. Библиогр.: 6 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой].

Гасан Мамед Багир оглы Абдуллаев: [К шестидесятилетию со дня рождения] // Усп. физ. наук. 1978. Т. 126. Вып. 2. С. 349–351, 1 л. портр. [Совместно с другими].

Introductory speech at the IV International meeting on ferroelectricity. [18–23 Sept. 1977. Leningrad]. Ferroelectrics. 1978. V. 20. № 1/2. P. XIII–XIV.

Неиссякаемый огонь творчества: [К 60-летию со дня рождения Г. Б. Абдуллаева]. Бак. рабочий, 1978, 20 авг., портр. [Совместно с А. Прохоровым и М. Топчибашевым].

С точностью до атома: [О выдвижении на соискание Государственной премии СССР авторского коллектива под руководством А. В. Ржанова, создавшего приборы-эллипсомеры]. Правда, 25 авг 1978 г.

Ред.: Физика сильнолегированных полупроводников и теория фазовых переходов. М.: Наука, 1978. 157 с. (Тр. Физ. ин-та АН СССР; Т. 104).

1979

Низкотемпературная фотопроводимость $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$, легированного индием // Фотоэлектрические явления в полупроводниках: Тез. докл. респ. конф. (Ужгород, нояб. 1979 г.). Киев: Наук. думка, 1979. С. 79–80. [Совместно с другими].

Two-dimensional electronic phenomena in germanium // Proceedings of the XIV International conference on the physics of semiconductors. Edinburgh, 1978. Bristol; London: Inst. of physics, 1979. P. 421–424. Bibliogr.: 4 ref. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya].

Двумерные электронные явления в бикристаллах германия при гелиевых температурах // ЖЭТФ. 1979. Т. 76. Вып. 3. С. 1089–1099, рис. Рез. на англ. яз. Библиогр.: 13 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой].

Особенности явлений переноса в $\text{Pb}_{0,78}\text{Sn}_{0,22}\text{Te}$ с большим содержанием индия. Письма в ЖЭТФ. 1979. Т. 29. Вып. 1. С. 21–25, рис. Библиогр.: 9 назв. [Совместно с И. Д. Вороновой, Г. А. Калужной и др.].

Поверхностная электропроводность германия при сколе в жидком гелии. Письма в ЖЭТФ. 1979. Т. 30. Вып. 8. С. 517–519, рис. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Е. Г. Сокол].

Ред.: Желудев И. С. Электрические кристаллы. 2-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1979, 200 с.

1980

Ударная ионизация в полупроводниках // Проблемы современной физики: Сб. статей к 100-летию со дня рождения А. Ф. Иоффе / Отв. ред. А. П. Александров. Л.: Наука, 1980. С. 93–100, рис., табл. Библиогр.: 28 назв. [Совместно с А. П. Шотовым].

Влияние примеси индия на электрические свойства $Pb_{1-x}Sn_xTe$ // II Всесоюзное совещание по глубоким уровням в полупроводниках: Тез. докл. Ташкент, 22–24 окт. 1980 г. Ташкент: Ташк. гос. ун-т, 1980, ч. 1. С. 100–101. [Совместно с другими]. Ротапринт.

Electrical conductivity of germanium clean surface // Proceedings of the XVth International conference on the physics of semiconductors. Kyoto, 1980. S. 1.: s. n., 1980. P. 1059–1062, fig. (J. Jap. Soc. appl. phys.; Vol. 49, suppl.). Bibliogr.: 3 ref. Описано по оттиску. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya and I. I. Ivanchik].

Electrical conductivity of Ge clean surface // XV International conference on the physics of semiconductors. Kyoto, Sept. 1–5, 1980: Abstracts. [S. 1.], 1980. P. 144. [In collaboration with E. I. Zavaritskaya and I. I. Ivanchik].

Эффект Холла на поверхности германия при расколе кристаллов в жидком гелии. Письма в ЖЭТФ. 1980. Т. 31. Вып. 3. С. 177–180, рис. Библиогр.: 3 назв. [Совместно с Э. И. Заварицкой].

Жорес Иванович Алферов: (К 50-летию со дня рождения) // Физ. и техн. полупроводников. 1980. Т. 14. Вып. 3. С. 614–618, портр. [Совместно с другими].

Георгий Анатольевич Смоленский: (К семидесятилетию со дня рождения) // Усп. физ. наук. 1980. Т. 132. Вып. 1. С. 195–196, 1 л. портр. [Совместно с К. С. Александровым, Б. К. Вайнштейном и Л. А. Шуваловым].

1981

Электронные явления на поверхности скола германия в жидком гелии // ЖЭТФ. 1981. Т. 80. Вып. 4. С. 1639–1644. [Совместно с Э. И. Заварицкой и Е. Г. Сокол].

Локализация электронов на поверхности скола германия в жидком гелии. Письма в ЖЭТФ. 1981. Т. 34. Вып. 6. С. 371–374. [Совместно с Э. И. Заварицкой и В. Н. Заварицким].

Накопление и время релаксации электронов при фотоэффекте в $\text{Pb}_{0,78}\text{Sn}_{0,22}\text{Te}$. Письма в ЖЭТФ. 1981. Т. 33. Вып. 6. С. 346–350. [Совместно с И. Д. Вороновой, С. П. Гришечкиной, Т. Ш. Рагимовой]

1982

Влияние адсорбции водорода и кислорода на электропроводность поверхности скола германия. Письма в ЖЭТФ. 1982. Т. 35. Вып. 5. С. 209–212. [Совместно с Э. И. Заварицкой и В. Н. Заварицким].

О фотоэффекте в кристаллах $\text{Pb}_{0,78}\text{Sn}_{0,22}\text{Te} < \text{In} >$. ФТП, 1982. Т. 16. № 8. С. 1452–1458. [Совместно с С. П. Гришечкиной и Т. Ш. Рагимовой].

1983

Об электропроводности в двумерной среде при низких температурах. Письма в ЖЭТФ. 1983. Т. 37. Вып. 2. С. 87–89. [Совместно с Э. И. Заварицкой и В. Н. Заварицким].

6

Коротко об авторах

1. **Аладинский В. К.** (р. в 1938 г.), бывший аспирант Б. М. Вула, д-р физ.-мат. наук, профессор Военной академии ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого, заслуженный деятель науки РФ.
2. **Багаев В. С.** (р. в 1931 г.), д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории физики низкотемпературных систем и структур ОФТТ ФИАН.
3. **Березанская В. М.**, научный сотрудник Отдела ученого секретаря ФИАН, автор и составитель ряда публикаций по истории ФИАНа.
4. **Богданов С. В.** (р. в 1921 г.), чл.-корр. РАН, в 1951–1963 гг. работал в ФИАНе, с 1963 г. — зав. лабораторией Института физики полупроводников СО АН СССР, с 1969 г. — профессор Новосибирского университета.
5. **Галкина Т. И.**, д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник Лаборатории физики низкотемпературных систем и структур ОФТТ ФИАН.
6. **Гиппиус А. А.** (р. в 1935 г.), д-р физ.-мат. наук, профессор, заместитель директора ФИАН.
7. **Забродский А. Г.** (р. в 1946 г.), чл.-корр. РАН, директор ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН.
8. **Иванчик И. И.** (р. в 1932 г.), старший научный сотрудник Лаборатории неравновесных и нелинейных явлений в твердых телах ОФТТ ФИАН.
9. **Ирисова Н. А.** (1922–2009), д-р физ.-мат. наук, заслуженный деятель науки РФ, заведующая Лабораторией субмиллиметровой спектроскопии.
10. **Копыловский Б. Д.** (1923–2005), канд. физ.-мат. наук, руководитель радиотехнической группы Лаборатории физики полупроводников ФИАН, работал в ФИАНе с 1941 г.
11. **Крохин О. Н.** (р. в 1932 г.), академик РАН, директор ФИАН с 1994 по 2004 гг.
12. **Курбатов Л. Н.** (1913–2004), чл.-корр. РАН, профессор, советник генерального директора Государственного научного центра ГУП НПО «Орион».
13. **Мурзин В. Н.** (р. в 1933 г.), д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий Лабораторией неравновесных и нелинейных явлений в твердых телах ОФТТ ФИАН.
14. **Покровский Я. Е.** (р. в 1928 г.), чл.-корр. РАН.

15. **Ржанов А. В.** (1920–2000), академик РАН, директор Ин-та физики полупроводников СО АН СССР (1964–1986), зам. председателя СО АН СССР (1986–1991).
16. **Сенников В. Ф.** (р. в 1920 г.), с 1984 по 2004 гг. начальник 1-го отдела ФИАН.
17. **Сибельдин Н. Н.** (р. в 1943 г.), чл.-корр. РАН, д-р физ.-мат. наук, заместитель руководителя ОФТТ ФИАН по научной работе, ученый секретарь Комиссии РАН по нанотехнологиям.
18. **Смирнов Л. С.** (1932–2011), д-р физ.-мат. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, сотрудник Лаборатории физики полупроводников ФИАН с 1954 по 1962 гг., ныне советник при дирекции ИФП СО РАН (Новосибирск).
19. **Тимофеев В. Б.** (р. в 1936 г.), академик РАН, главный научный сотрудник ИФТТ РАН.
20. **Тимофеева Н. Л.**, секретарь, референт, помощник президента Академии наук с 1945 по 1986 гг.
21. **Фейнберг Е. Л.** (1912–2005), академик РАН, с 1938 г. работал в Теоротделе ФИАН.
22. **Чуенков В. А.** (р. в 1925 г.), д-р физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории неравновесных и нелинейных явлений в твердых телах ОФТТ ФИАН.