

## ФИАН – создатель первого отечественного транзистора Неизвестная страница истории отечественной электроники

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 году на заседании Ученого совета Физического института им. П.Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) Бенцион Моисеевич Вул<sup>1</sup> говорил по поводу работ по полупроводникам<sup>2</sup>:

*«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 – В.Б.] 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».*

---

<sup>1</sup> Вул Бенцион Моисеевич (1903-1985) – физик-экспериментатор, с 1932 по 1985 гг. работал в Физическом институте им. П.Н. Лебедева АН СССР (с 1933 г. – заведующим лабораторией).

<sup>2</sup> Фрагмент из стенограммы заседания Ученого совета ФИАН от 10.01.1955 г.

Эти работы в ФИАНе удалось рассекретить только в 2008 году, но то, что они были неизвестны, сыграло свою роль. Сейчас, когда отмечается 60-летие транзистора, в СМИ появились статьи принижающие роль Академии наук.

Приведем фрагменты статьи Ю.Р. Носова<sup>3</sup> в журнале «Электроника: Наука, Технология, Бизнес» (№2 и №3, 2008 г.), относящиеся к роли Академии наук в создании отечественных транзисторов:

*«<...> 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 год), 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 году, их некому было бы «предъявить»: отраслевой полупроводниковой науки не было, «академиков» транзисторные дела тогда не волновали <...>».*

И еще: *«К 50-летию транзистора я опубликовал в «Независимой газете» большую статью, пафосно отметив роль А.В. Красилова<sup>4</sup>. В СМИ это прозвучало впервые, и ему понравилось – а кому бы нет? (Настолько, что в 2003 году свое приветствие «Пульсару» 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», 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», что подтверждает его подпись на документе, приведенном ниже. Но изложим все по порядку.

По предложению Министра промышленности средств связи Г.В. Алексеенко

---

<sup>3</sup> Юрий Романович Носов (р. 1931 г.) – физик, д.т.н., начальник отдела ОАО НИИ «Сапфир».

<sup>4</sup> Красилов Александр Викторович – (1910-2003) – один из основоположников отечественной электронной промышленности, начальник лаборатории НИИ-160 (НИИ "Исток"), лауреат Сталинской и Ленинской премий.

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. (Первая публикация о транзисторе фирмы Bell Telephone Labs появилась в газете New York Times в июле 1948 г.).

Работа проводилась небольшой группой сотрудников Электрофизической лаборатории ФИАН под руководством А.В. Ржанова<sup>5</sup>. Общее руководство осуществлял член-корреспондент АН СССР Б.М. Вул.

Из отчета<sup>6</sup> А.В. Ржанова следует, что уже в 1949 году работы велись очень интенсивно: разрабатывались технологические методы, создавалось оборудование, получен триодный эффект, исследовались характеристики триода.

Были проведены предварительные исследования физических процессов, связанных с эффектами выпрямления и усиления переменных сигналов с помощью точечных контактов металла с германием. В ходе этой работы была создана аппаратура и разработаны физико-химические методы очистки германия до содержания остаточных примесей порядка  $10^{-5}\%$ ; установлены полуколичественные закономерности связи параметров приборов с характеристиками кристаллов германия; была предложена качественная теория работы этих приборов.

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

---

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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.)

свойств германия и создание действующих макетов германиевых триодов», 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 заключения<sup>7</sup> по этому докладу авторитетного члена комиссии С.Г. Калашникова<sup>8</sup>:

*«<...>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-*

---

<sup>7</sup> 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).

<sup>8</sup> Калашников Сергей Григорьевич (1906-1984) – физик, с 1929 по 1961 гг. работал в Московском университете (МГУ) (с 1946 – профессор, зав. кафедрой), с 1956 г. - зав. отделом Института радиотехники и электроники АН СССР, с 1962 г. профессор Московского физико-технического института.

конструкторских работах».

Комиссия МПСС провела всесторонние испытания представленной опытной партии образцов, которые прошли успешно.

**Заключение акта приемки от 18.12.1951 г.** (см. копию фрагмента оригинала акта на рис. 1 и рис. 2):

*«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. с 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 20мвт;*

*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./

/Калашиников С.Г./

/Эльхонес Н.М./ »

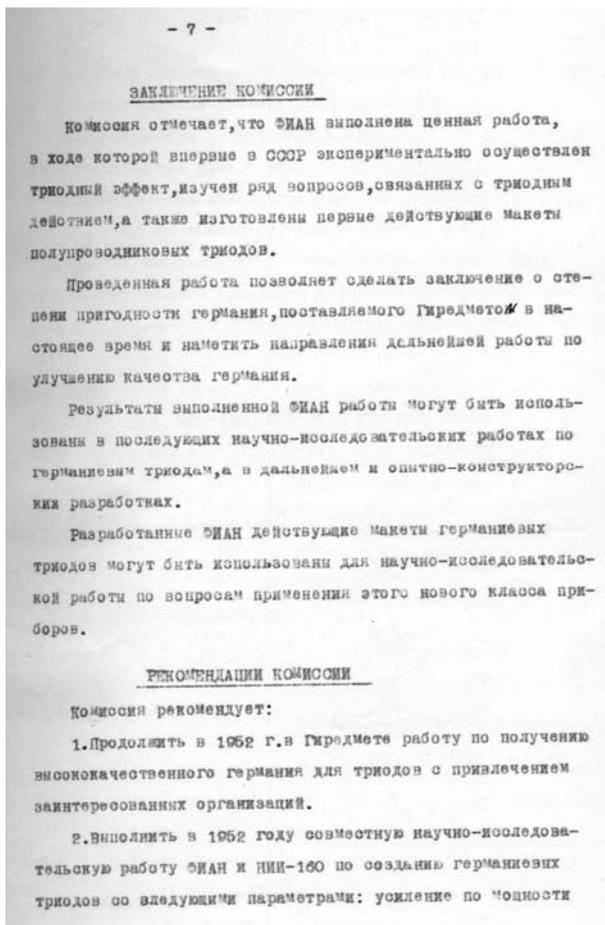


Рис. 1 Копия фрагмента акта заключения комиссии МПСС

не менее 100, средняя максимальная мощность не менее 20 мвт и граничная рабочая частота порядка 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 начиная с 1-го квартала 1952г.

5. Материалы работы комиссии после утверждения акта разодрать ФИАН, НИИ-160, ОКВ-498, НИИ-885, НИИ-695 МПСС, ЦНИИ-106, ВМ, 5 и 7 Гл. Управлениям МПСС, Гиредмет и ЦИИ.

Председатель комиссии: *А.М. Врожде* /ВРОЖДЕ А.М./  
*А.Д. Эролов* /ЭРОЛОВ А.Д./  
Члены комиссии: *А.В. Ржанов* /РЖАНОВ А.В./  
*В.В. Ушаков* /УШАКОВ В.В./  
*А.В. Красилов* /КРАСИЛОВ А.В./  
*А.Н. Пучка* /ПУЧКА А.Н./  
*С.Г. Калашников* /КАЛАШНИКОВ С.Г./  
*Н.М. Эльзон* /ЭЛЬЗОНС Н.М./

Рис. 2 Копия фрагмента акта заключения комиссии МПСС

С 1952 года в ФИАНе в связи с постановлением Совета Министров СССР от 4 сентября 1952 г. начались работы по теме: «Разработка полупроводниковых диодов и триодов» («Плоскость»). Состав участников работы 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. Вула<sup>9</sup>.

К исследованию были привлечены и сотрудники Лаборатории колебаний ФИАН М.А. Леонтович и Д.Ш. Маш<sup>10</sup>.

В ходе выполнения этих работ были решены следующие задачи:

- усовершенствованы физические методы очистки германия до содержания остаточных примесей порядка  $10^{-6} - 10^{-7}\%$ ;

<sup>9</sup> Стенограмма заседания Ученого совета ФИАН от 26.10.1953 г.

<sup>10</sup> Отчет по работе «К исследованию шумов транзистора». Руководитель: зав. Лаб. Колебаний ФИАН, акад. М.А. Леонтович, исполнитель: к. ф.-м. н. Д.Ш. Маш. 1952г.

- 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 года 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»)<sup>11</sup>.

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.

---

<sup>11</sup> Отчет по теме «Исследование закономерностей определяющих время существования электронов и дырок в германии» (Научный руководитель А.В. Ржанов). 1955 г.

Отчет «Изучение законов 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

## Литература

1. Стенограмма заседания Ученого совета ФИАН от 10.01.1955 г.
2. Электроника: Наука, Технология, Бизнес, № 2 и № 3, 2008 г.
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., 1952г.
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 год. (Руководители работы: Б.М. Вул, А.В. Ржанов; исполнители: А.К. Попова, Б.Д. Копыловский, Е.В. Горскин. Отчет утвержден Д.В. Скобельцыным 27.02.1952 г.).