

## PERSONALIA

## Памяти Виктора Сергеевича Вавилова

25 января 1999 г. на 78-м году жизни скончался Виктор Сергеевич Вавилов — видный ученый, широко известный своими работами в области физики полупроводников, один из основоположников радиационной физики полупроводников.

В.С. Вавилов родился 8 июля 1921 г. в Москве в семье выдающегося физика и Президента АН СССР Сергея Ивановича Вавилова. После окончания средней школы В.С. Вавилов был призван на действительную военную службу. Участвовал в финской кампании 1939–1940 гг. и в Великой Отечественной войне в блокадном Ленинграде.

В 1949 г. В.С. Вавилов окончил Ленинградский университет. В течение последующих двух лет он работал научным сотрудником в Государственном оптическом институте, а с 1951-го по 1999 г. — в Физическом институте им. П.Н. Лебедева Российской академии наук, где возглавлял научный коллектив Лаборатории физики полупроводников, и одновременно с 1956 г. вел педагогическую работу в Московском университете им. М.В. Ломоносова в качестве профессора и заведующего кафедрой полупроводников физического факультета.

Физика и техника полупроводников для В.С. Вавилова стали главным делом его жизни с тех пор, как он пришел в Лабораторию физики полупроводников в 1954 г. и начал свою научную деятельность с активного участия в создании первых в СССР сплавных и диффузионных диодов и триодов на германии и кремнии.

Основные работы В.С. Вавилова связаны с исследованиями процессов взаимодействия электромагнитного излучения и заряженных частиц высокой энергии с полупроводниками, включая радиационную ионизацию, свойства неравновесной плазмы, люминесценцию полупроводников, а также процессы образования радиационных дефектов, ионную имплантацию и синтез полупроводниковых соединений с использованием ускоренных ионов.

В 50-х годах В.С. Вавиловым совместно с Л.С. Смирновым, В.М. Пацкевичем и М.В. Чукичевым были проведены опыты, позволившие определить энергию образования пары носителей заряда при торможении быстрых электронов, поглощении и рассеянии гамма-излучения в германии и кремнии.

Данные о зависимости энергии образования пар носителей от вида и энергии ионизирующих частиц послужили основой создания полупроводниковых детекторов; импульсное электронное возбуждение стало впоследствии одним из методов достижения режима генерации в полупроводниковых лазерах.

Значительная часть исследований В.С. Вавилова посвящена оптическим процессам и фотоэлектрическому эффекту в полупроводниках. Обнаруженное В.С. Вавиловым и К.И. Брицыным в германии и кремнии возрастание квантового выхода фотоионизации до значений, превы-



Виктор Сергеевич Вавилов  
(08.07.1921 – 25.01.1999)

шающих единицу, было использовано для развития модели процессов ударной ионизации.

Среди работ, относящихся к оптическим явлениям в полупроводниках, проведенных В.С. Вавиловым, следует выделить экспериментальные исследования эффекта Келдыша–Франца в кремнии, в которых получены первые данные как о спектральной зависимости, так и кинетике данного явления.

С исследованием явлений фотоионизации связан ряд работ В.С. Вавилова, приведших к практическому осуществлению и внедрению в космическую энергетику отечественных кремниевых солнечных батарей. В.С. Вавиловым совместно с Г.Н. Галкиным и В.М. Маловецкой впервые предложен и осуществлен метод просветления поверхности солнечных батарей, широко применяемый в настоящее время.

Большой цикл работ В.С. Вавилова и его сотрудников посвящен изучению природы и устойчивости радиационных дефектов в германии, а затем в кремнии и других полупроводниках. Следует отметить, что предпринятые в ФИАНе В.С. Вавиловым и его аспирантами А.Ф. Плотниковым, И.П. Акимченко и В.Д. Ткачевым исследования энергетического спектра радиационных дефектов методами анализа спектров и кинетики фотопроводимости, явились новым этапом в изучении радиационных дефектов в полупроводниках. Во многих советских и зарубежных лабораториях (Франция, США, Япония) тогда же были предприняты исследования как логическое продолжение работ, первоначально выполненных в ФИАНе. Выяснение процессов взаимодействия дефектов с примесями позволило В.С. Вавилову совместно с аспиранткой И.В. Крюковой и М.В. Чукичевым предложить и осуществить метод, позволяющий повысить радиационную стойкость кремния путем введения в него легкоподвижной примеси лития. Этот метод нашел важные практические применения в СССР и за рубежом. В настоящее время метод введения "центров аннигиляции" радиационных дефектов, впервые примененный В.С. Вавиловым и его учениками, представляется одним из перспективных путей повышения радиационной стойкости полупроводников.

Цикл работ по радиационным дефектам был продолжен исследованиями реакций в кристаллах, стимулированных неравновесными подвижными междоузельными атомами и пустыми узлами — вакансиями. Именно эти работы заложили основу таких перспективных и популярных в настоящее время методов твердотельной электроники, как ионное и трансмутационное легирование и "лазерный" отжиг.

Итоги исследований, перечисленных выше, были обобщены в докторской диссертации, защищенной В.С. Вавиловым в 1961 г., а также в монографии "Действие излучений на полупроводники", изданной в СССР в 1963 г. и в США в 1965 г. В последующие годы особое внимание в работах В.С. Вавилова было уделено вопросам излучательной рекомбинации при импульсном электронном возбуждении, которые привели к осуществлению лазерного режима в некоторых кристаллах полупроводников  $A^{IV}B^{VI}$ . В дальнейшем, помимо исследований люминесценции сильно возбужденных полупроводников, были предприняты дополнительные эксперименты (определение сечений поглощения света свободными носителями; выяснение влияния неравновесной плазмы на оптические параметры возбужденного кристалла). Результаты этих исследований, а также изучение ударной рекомбинации (процессы Оже), проведенные В.С. Вавиловым, Г.Н. Галкиным и аспирантом Л.М. Блиновым, опередили аналогичные исследования за рубежом (ФРГ, Швеция). В.С. Вавилов с Г.Н. Галкиным и М.Е. Епифановым обнаружили явление интенсивного фотонного переноса неравновесных носителей в арсениде галлия.

Метод исследования явлений поглощения и фотоионизации в далекой инфракрасной области, предложенный В.С. Вавиловым и примененный им совместно с В.Н. Мурзиным и В.А. Зайцем для изучения экситонов и неравновесной плазмы в германии при низких температурах, позволил получить новые данные об энергетическом спектре экситонов и явлениях их конденсации в сильно возбужденных полупроводниках. Вслед за экспериментами, впервые проведенными в ФИАНе, это направление стало развиваться в других советских и зарубежных лабораториях.

В.С. Вавилов был одним из инициаторов работ по использованию свойств алмаза и перспектив его применения в электронике. В.С. Вавиловым совместно с сотрудниками методом ионной имплантации были созданы устойчивые полупроводниковые слои с дырочной и электронной проводимостью вблизи поверхности изолирующих кристаллов алмаза, а также получены слои карбида кремния на алмазе. Результаты этих исследований опередили достижения зарубежных авторов, работавших, в частности, в США и Англии в том же направлении.

Слоистые структуры металл–диэлектрик–полупроводник, а также другие структуры могут быть использованы для запоминания и считывания изображений и сигналов. Работы, выполненные по инициативе В.С. Вавилова А.Ф. Плотниковым и В.Э. Шубиным, показали, что МДП-структуры на основе InSb обнаруживают свойства, перспективные для практических применений.

Книга "Радиационные эффекты в полупроводниках и полупроводниковых приборах", написанная В.С. Вавиловым и Н.А. Ухиным и посвященная действиям радиации на полупроводниковые материалы и приборы, была встречена специалистами с большим интересом, как и монография В.С. Вавилова "Механизмы возникновения радиационных дефектов и их миграции" (в соавторстве с А.Е. Кивом и О.Р. Ниязовой) и "Электронные и оптические процессы в алмазе" (совместно с А.А. Гиппиусом и Е.А. Коңоровой).

Под руководством В.С. Вавилова защищено 26 кандидатских диссертаций. Многие его ученики — Л.С. Смирнов, А.Ф. Плотников, В.Д. Ткачев, Л.К. Водопьянов, Г.Н. Галкин, Б.Н. Мукашев, А.Е. Кив, А.А. Гиппиус, Л.М. Блинов, А.М. Зайцев, К.И. Брицын, И.В. Крюкова, Е.В. Шатковский, К.Х. Нусупов и другие — доктора наук, и некоторые из них в разное время руководили и в настоящее время возглавляют научные коллективы.

В.С. Вавилов вел обширную научно-организационную работу как председатель Секции физики ионной имплантации Научного совета АН СССР по проблеме "Физика и химия полупроводников" и ученый секретарь Комиссии по присуждению Золотой медали им. П.Н. Лебедева при Президиуме АН СССР.

За участие в Великой Отечественной войне В.С. Вавилов был награжден пятью медалями, в 1961 г. за работы по применению полупроводников в космических исследованиях — орденом Трудового Красного знамени и в 1970 г. — медалью "За доблестный труд". В 1971 г. и 1988 г. В.С. Вавилов был удостоен Государственных премий СССР за работы по полупроводниковой солнечной энергетике и полупроводниковой электронике, а в 1986 г. — премии Совета Министров СССР за работы по применению природных алмазов в электронике.

Широкая эрудиция В.С. Вавилова, опыт, преданность делу, благорасположение к коллегам, постоянная готовность помочь товарищам и ненавязчивый юмор притягивали к нему молодое поколение и многочисленных его почитателей. Еще долгие годы у многих физиков среднего и старшего поколения останутся в памяти интересные встречи с В.С. Вавиловым на конференциях, научных школах, семинарах и в непринужденной обстановке дома и в пути.

*Н.Г. Басов, В.Л. Гинзбург, А.А. Гиппиус,  
В.С. Днепровский, Л.В. Келдыш, Ю.В. Копаев,  
В.В. Краснопецев, О.Н. Крохин, В.П. Силин,  
Л.С. Смирнов, Е.Л. Фейнберг, А.П. Шотов*