

Жорес Иванович Алфёров

(к семидесятилетию со дня рождения)

Действительный член (академик) Российской академии наук, вице-президент Российской академии наук, председатель президиума Санкт-Петербургского научного центра Российской академии наук, директор Физико-технического института имени А. Ф. Иоффе Российской академии наук. Депутат Государственной думы Российской Федерации.

Жорес Иванович Алфёров родился в Витебске. Его отец, Иван Карпович, участник Октябрьской революции, во время гражданской войны командовал кавалерийским полком, а затем учился в Промышленной академии и стал одним из создателей и руководителей целлюлозно-бумажной промышленности.

В 1947 году Ж.И. Алфёров с золотой медалью закончил школу. В то время многие молодые люди стремились попасть в вузы, где ведущей специальностью была физика ядра. Хотя, как медалист, Жорес мог поступить в любой институт, он остановил свой выбор по совету школьного учителя на электронике, которой увлекался в последних классах. Высшее образование он получил в стенах Ленинградского электротехнического института им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ).

В институте Алфёров работал в студенческом научном обществе и выполнял работу по исследованию фотопроводимости теллурида висмута. Еще студентом 3-го курса он прочел только что вышедшую в свет книгу А. Ф. Иоффе «Основные представления современной физики». Книга произвела на Алфёрова сильное впечатление, и его мечтой становится попасть на работу в «школу академиков» — Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Академии наук СССР (Физтех, ФТИ). Эта мечта сбылась в 1953 году, когда Ж.И. Алфёров, с отличием окончивший ЛЭТИ, был распределен в Физтех.

В первой половине 50-х годов перед «Институтом Иоффе», как тогда называли Физтех, была поставлена конкретная задача — создать полупроводниковые приборы, годные для внедрения в отечественную промышленность. Начались систематические физические исследования нового класса веществ, которые возглавил В. М. Тучкевич. Именно в его лабораторию и был направлен Ж.И. Алфёров.

Перед лабораторией Тучкевича в то время стояла важная задача получения монокристаллов чистого германия (тогда еще не выпускавшегося нашей промышленностью) и создания на его основе плоскостных диодов и триодов. К ее решению и подключился Жорес Иванович. Выполнение этой задачи потребовало глубокого понимания физики процессов, происходящих в полупроводниках, и технологии получения полупроводниковых материалов. Пришлось ему работать в те годы и как инженеру — внедрять новую продукцию в производство на саранском заводе «Электровыпрямитель».



При участии Ж.И. Алфёрова были разработаны первые советские транзисторы, а в 1954 году В.М. Тучкевичем и Ж.И. Алфёровым были созданы и первые отечественные силовые германиевые приборы, быстро нашедшие многочисленные технические применения в разных отраслях промышленности, железнодорожном и городском транспорте.

На основе комплекса проведенных работ, за которые в 1959 году Ж.И. Алфёров получил первую правительственную награду, им была защищена кандидатская диссертация, подводившая черту под его почти десятилетней работой.

Корреспондент одной из газет спросил как-то Алфёрова, какое качество он более всего ценит в научном работнике. Жорес Иванович ответил: «Умение выбрать

перспективное направление исследований, смелость в этом выборе, терпение и стойкость в работе при отсутствии быстрых успехов в ее проведении». Этими составляющими творческого процесса характеризуется стратегия поиска и сама исследовательская работа Ж. И. Алфёрова. Такой подход особенно проявился после окончания работ по созданию мощных выпрямителей.

Перед Ж. И. Алфёровым встал вопрос о выборе дальнейшего направления исследований. Накопленный опыт позволял ему перейти к разработке собственной темы. В те годы была высказана идея использования в полупроводниковой технике гетеропереходов. Создание совершенных структур на их основе могло привести к качественно новым разработкам в науке и технике. Это понимали ученые во многих научных центрах за рубежом, где развернулись интенсивные исследования.

Чувствовал важность работ в новом перспективном направлении и молодой кандидат наук Ж. И. Алфёров. В начале 60-х годов он делает смелый шаг — решает вплотную заняться проблемой гетеропереходов — и с небольшой группой энтузиастов, несмотря на то, что его отговаривали от этого шага многие сотрудники, начинает исследования в этой области.

К 1967 году во многих журнальных публикациях и на различных научных конференциях было высказано «окончательное суждение» о бесперспективности работ в этом направлении, так как многочисленные попытки реализовать блестящую идею не привели к реальным результатам. Причина неудач была в трудности создания близкого к идеальному перехода, выявлении и получении необходимых гетеропар. Тем не менее, ни «суждения» специалистов, ни трудности поисков не остановили выбора Жореса Ивановича.

Для идеального гетероперехода подходили GaAs и AlAs, но последний почти мгновенно окислялся на воздухе. Следовало подобрать другого партнера. И он нашелся тут же в институте, в лаборатории, возглавляемой Н. А. Горюновой. Им оказалось тройное соединение AlGaAs. Так определилась широко известная теперь в мире микроэлектроники гетеропара GaAs/AlGaAs. В 1967 году, когда был вынесен отрицательный вердикт гетеропереходам, Ж. И. Алфёров с сотрудниками создали в системе AlAs–GaAs гетероструктуры, близкие по своим свойствам к идеальной модели, а затем и первый полупроводниковый гетеролазер, работающий в непрерывном режиме при комнатной температуре.

Успешному решению проблемы гетеропереходов способствовали характерный для Ж. И. Алфёрова глубокий физический подход к изучаемым явлениям, широкий охват проблемы, интуиция, часто помогавшая найти оптимальные варианты и — последнее по счету, но не по значению — умение увлечь коллектив молодых сотрудников чрезвычайно интересной, хотя и очень трудной задачей.

Открытие Ж. И. Алфёровым идеальных гетеропереходов и новых физических явлений — «сверхинжекции»,

электронного и оптического ограничения в гетероструктурах — позволило кардинально улучшить параметры большинства известных полупроводниковых приборов и создать принципиально новые приборы, особенно перспективные для применения в оптической и квантовой электронике.

Новый этап исследований гетеропереходов в полупроводниках Ж. И. Алфёров обобщил в докторской диссертации, успешно защищенной в 1970 году.

Работы Ж. И. Алфёрова были по заслугам оценены международной и отечественной наукой. В 1971 году Франклиновский институт (США) присуждает ему престижную медаль Баллантайна (называемую «малой Нобелевской премией»), учрежденную для награждения за лучшие работы в области физики. Затем следуют самая высокая награда СССР — Ленинская премия (1972 г.) и Хьюллет-Паккардовская премия Европейского физического общества.

Фундаментальные исследования Ж. И. Алфёрова легли в основу ряда новых научных и технических направлений. Некоторые из них вышли за пределы его лаборатории и продолжают развиваться под научным руководством Жореса Ивановича в отраслевых институтах. Целый ряд таких приборов с гетеропереходами (лазеры, светодиоды, источники накачки твердотельных оптических квантовых генераторов, световые индикаторы, светофоры, фотоприемники и преобразователи солнечной энергии) вскоре были освоены отечественной промышленностью. В производство передали также технологию создания новых типов силовых диодов, транзисторов и тиристоров на гетероструктурах.

Еще в 1939 году в ФТИ для технических целей из сернистого таллия создали фотоэлемент с КПД около 1%. Работы по преобразованию световой энергии в электрическую продолжались и после войны, так как нужда в различных эффективных автономных преобразователях энергии с годами росла. Особенно потребность в новых источниках питания возросла с развитием космонавтики. И здесь опять пригодились гетеропереходы.

С использованием разработанной Ж. И. Алфёровым в 70-х годах технологии высокоэффективных радиационно-стойких солнечных элементов на основе AlGaAs/GaAs в НПО «Квант» впервые в мире было организовано крупномасштабное производство гетероструктурных солнечных элементов для космических батарей. Одна из них, установленная в 1986 году на базовом модуле космической станции «Мир», проработала на орбите весь срок эксплуатации без заметного снижения мощности.

В 80–90-е годы Ж. И. Алфёровым и его сотрудниками были продолжены широкие исследования солнечных элементов на основе гетероструктур, что привело к созданию фотоэлектрических преобразователей, работающих при концентрированном (до тысячекратного) солнечном излучении. Коэффициент полезного действия нового поколения приборов значительно приблизился к теоретическому пределу и достиг значений более 30%. Подобные преобразователи создали базу для развития

на новом уровне работ по космической и наземной солнечной энергетике.

Среди работ, выполненных под руководством Ж.И. Алфёрова, особое внимание уделялось поиску новых гетероструктур, исследованию физических процессов на границе раздела материалов, применению гетероструктур в исследованиях люминесценции и квантовых размерных эффектов. Не оставались без внимания и чисто инженерные разработки новых принципов конструирования твердотельных приборов для электроники и интегральной оптики.

На основе предложенных в 1970 году Ж.И. Алфёровым и его сотрудниками идеальных переходов в многокомпонентных соединениях InGaAsP созданы полупроводниковые лазеры, работающие в существенно более широкой спектральной области, чем лазеры в системе AlGaAs. Они нашли применение в качестве источников излучения в волоконно-оптических линиях связи повышенной дальности.

Ж.И. Алфёровым в результате исследования излучательной рекомбинации и фотоэлектрических явлений в гетероструктурах установлены условия получения 100%-го внутреннего квантового выхода (т.е. практически полного внутреннего преобразования электрической энергии в световую и обратно), что открыло новые перспективы в создании высокоэффективных источников когерентного и спонтанного излучения. На основе этих работ в середине 70-х годов в ФТИ были созданы источники спонтанного излучения, в которых, благодаря снижению оптических потерь внутри кристалла, удалось достигнуть рекордных значений внешнего квантового выхода 45% в инфракрасной области спектра и более 10% в «красном» диапазоне спектра.

Исследования процессов генерации, распространения и преобразования световых волн в волноводных гетероструктурах привели к развитию новых принципов создания монокристаллических интегрально-оптических схем, способных эффективно управлять световыми потоками. Базирующиеся на гетероструктурах полупроводниковое направление в интегральной оптике, связанное с работами Ж.И. Алфёрова и его сотрудников, считается сейчас одним из наиболее перспективных в этой области физики, стоящей на стыке современной оптики и электроники.

Внимательно следя за новейшими достижениями науки, Ж.И. Алфёров, уже как директор института, создает Центр физики наногетероструктур ФТИ, где успешно разрабатываются и применяются различные технологии получения гетероструктур — жидкостная, металлорганическая и молекулярно-пучковая эпитаксия, что позволило создать новое поколение оптоэлектронных компонент на основе гетероструктур. Среди них — инжекционные квантово-размерные лазеры инфракрасного и видимого диапазонов с рекордной эффективностью преобразования, одномодовые лазеры с распределенной обратной связью, пикосекундные лазеры и фотоприемники, оптоэлектронные интегральные схемы для сверхскоростных вычислительных устройств.

Начиная с 1993 года одним из основных направлений Центра становится получение и исследование свойств наноструктур пониженной размерности: квантовых проволок и квантовых точек. Предложены и реализованы новые способы получения самоорганизующихся кристаллически совершенных наноструктур с высокой степенью однородности. Исследованы процессы захвата, релаксации и рекомбинации носителей заряда в наноструктурах.

В 1993–1994 годах впервые в мире реализуются гетеролазеры на основе структур с квантовыми точками — «искусственными атомами» (узкозонными наноразмерными включениями арсенида индия и галлия в матрице арсенида галлия). В 1995 году Алфёров и др. впервые демонстрируют инжекционный гетеролазер на квантовых точках, работающий в непрерывном режиме при комнатной температуре.

Принципиально важным событием стало расширение спектрального диапазона лазеров с использованием квантовых точек на подложках GaAs вплоть до диапазона вблизи 1.3 мкм, важного для применений в волоконно-оптической связи. Впервые реализованы поверхностно-излучающие лазеры на квантовых точках в системе InGaN, работающие в ультрафиолетовом диапазоне с оптической накачкой при комнатной температуре. Таким образом, исследования Ж.И. Алфёрова заложили основы принципиально новой электроники на основе гетероструктур с очень широким диапазоном применения, известной сегодня как «зонная инженерия».

Одной из традиций ФТИ была тесная связь института с вузами и, в первую очередь, с физико-механическим факультетом Ленинградского политехнического института, откуда в науку приходили молодые квалифицированные специалисты. В 50-е годы такая связь существенно ослабла. Ненормальность сложившегося положения, при котором прямое взаимодействие между академическим институтом и вузом нарушено, становилась для Жореса Ивановича все более очевидной. В последние два десятилетия, уже став известным ученым, он использует любой случай, чтобы в устных выступлениях или в печати подчеркнуть необходимость возвращения (конечно, на новом уровне и в еще большем масштабе) к этой утраченной традиции, столь блистательно оправдавшей себя на примере ФТИ.

В 1973 г. совместно с академиком В.М. Тучкевичем Ж.И. Алфёров, используя не прерывающуюся связь с ЛЭТИ, организует кафедру оптоэлектроники, которая становится базовой кафедрой этого вуза в Физтехе. В последующие годы она становится одной из самых популярных и едва ли не лучшей кафедрой этого профиля среди ленинградских вузов. Успех ее определился благодаря необычайно сильному составу профессоров и преподавателей (в том числе экспериментаторов и теоретиков из ФТИ), которых Жорес Иванович привлек к работе, а также его большому личному вкладу в это

исключительно важное для развития физики и электроники дело.

По примеру ЛЭТИ создание нескольких базовых кафедр состоялось и в Ленинградском политехническом институте (ЛПИ). Вскоре с целью улучшения организации учебного процесса они были объединены в Физико-технический факультет ЛПИ, и Ж. И. Алфёров, внесший огромный организационный вклад и проявляющий постоянное внимание к факультету, стал его бессменным деканом.

По убеждению Ж. И. Алфёрова будущих студентов для кафедры следует выбирать заблаговременно, учитывая склонности к занятиям физикой, которые обнаруживаются еще на школьной скамье; такие склонности необходимо поощрять и развивать. Поэтому следующим шагом стала организация при ФТИ базовой физико-технической школы, где Ж. И. Алфёров и сотрудники института стали довольно частыми и желанными гостями. Они активно участвуют не только в учебном процессе, но и в проведении физических олимпиад.

В прошлом году завершилось строительство нового большого корпуса при Физтехе. В нем расположился Научно-образовательный центр с прекрасными аудиториями, лекционными залами, лабораториями и зонами отдыха, включающими в себя спортивные залы, теннисный корт и плавательный бассейн. Есть и небольшая гостиница для приезжающих лекторов. Здесь объединились в едином непрерывном учебном процессе школа, базовая кафедра ЛЭТИ и Физико-технический факультет ЛПИ. Чтобы воплотить мечту в жизнь, Жоресу Ивановичу пришлось использовать весь свой научный авторитет и организационные способности, ведь в наше тяжелое время получить финансирование и организовать строительство Центра — не такое уж простое дело. Только предприимчивый человек с прекрасным организационным талантом, одержимый благородной идеей, мог преодолеть все трудности.

Благодаря всемирной известности Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе и активной деятельности его директора ведущие иностранные и отечественные специалисты являются не только частыми гостями в стенах «школы академиков», но и активными помощниками

и консультантами в исследовательской работе. Поэтому не удивительно, что по инициативе Ж. И. Алфёрова для улучшения и закрепления связей между научными центрами была учреждена медаль «Почетному члену ФТИ им. А. Ф. Иоффе», которой награждены уже 26 выдающихся ученых.

В целях поощрения научных исследований, поднятия престижа науки и увековечивания памяти выдающихся ученых, работавших в Физико-техническом институте, при активном участии Ж. И. Алфёрова были установлены премии и медали имени основателя института академика А. Ф. Иоффе, вице-президента Академии наук Б. П. Константинова и выдающегося теоретика Я. И. Френкеля. Их обладателями стали многие участники ежегодных конкурсов научных работ.

Помимо научной и педагогической деятельности в стенах ФТИ и ЛЭТИ академик Алфёров ведет большую научно-организационную работу, являясь членом ряда научных советов Российской академии наук. Ж. И. Алфёров — главный редактор журнала «Письма в журнал технической физики». Он активно участвует в работе Европейского физического общества.

Научные труды Ж. И. Алфёрова получили широкую известность в нашей стране и за рубежом. Он автор более 500 научных работ, в том числе 3-х монографий, более 50 изобретений.

Сейчас уже с полным основанием можно сказать о создании научной школы Ж. И. Алфёрова. Среди его учеников 48 кандидатов и 15 докторов наук.

Свое 70-летие Жорес Иванович встречает в расцвете творческих сил; им продуманы и запланированы широкие исследования, осуществление которых несомненно приведет к новым достижениям.

В год юбилея желаем Жоресу Ивановичу Алфёрову долгих лет жизни и новых свершений на благо отечественной науки, на благо Родины.

Поздравляем академика Жореса Ивановича Алфёрова с награждением орденом Российской Федерации "За заслуги перед Отечеством" II степени и желаем юбиляру дальнейших творческих успехов.

Коллеги, друзья и коллектив редколлегии журнала