ЖОРЕС АЛФЁРОВ:
флагман отечественной электроники



В марте этого года академику Жоресу Ивановичу Алфёрову, нобелевскому лауреату и члену редколлегии нашего журнала, исполнилось 80 лет. А в апреле пришло известие о том, что Жореса Ивановича назначают научным руководителем инновационного проекта «Сколково». Этот важный проект должен, по сути, создать прорыв в будущее, вдохнув новую жизнь в отечественную электронику, у истоков развития которой и стоял Ж.И. Алфёров.

В пользу того, что прорыв возможен, говорит история: когда в 1957 г. в СССР был запущен первый спутник, США оказались в положении аутсайдера. Однако американское правительство проявило бойцовский характер, были брошены такие ассигнования в технологию, что число исследователей быстро достигло миллиона! Буквально на следующий год (1958) один из них, Джон Килби, изобрел интегральную схему, заменившую печатную плату в обычных ЭВМ – и родилась микроэлектроника современных компьютеров. Эта история впоследствии получила название «эффект спутника».

Жорес Иванович очень внимательно относится к воспитанию будущих исследлователей, недаром он основал НОЦ – учебный центр, где подготовка ведется со школьной скамьи. Поздравляя Жореса Ивановича с юбилеем, заглянем в прошлое и будущее электроники, где эффект спутника должен не раз проявиться вновь. Хочется надеяться, что и в будущем нашей страны, как когда-то в США, будет накоплена «критическая масса» подготовленных исследователей – для возникновения эффекта спутника.

«Технический» свет

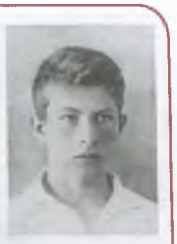
Первым шагом к созданию микроэлектроники был транзистор. Пионерами транзисторной эры стали Уильям Шокли, Джон Бардин и Уолтер Браттейн, которые в 1947 г. в «Bell Labs» впервые создали действующий биполярный транзистор. А второй компонентой полупроводниковой электроники стал прибор для прямого преобразования электричества в свет — это полупроводниковый оптоэлектронный преобразователь, к созданию которого Ж.И. Алфёров имел непосредственное отношение.

Задача прямого преобразования электричества в «технический» свет — когерентное квантовое излучение — оформилась как направление квантовой электроники, родившейся в 1953–1955 гг. По сути, ученые поставили и решили задачу получения совершенного нового вида света, которого раньше не было в природе. Это не тот свет, который льется непрерывным потоком при прохождении тока по вольфрамовой нити или приходит в течение дня от Солнца и состоит из случайной смеси волн разной длины, не согласованных по фазе. Другими словами, был создан свет строго «дозированный», полученный как набор из определенного числа квантов с заданной длиной волны и строго «построенный» — когерентный, т. е. упорядоченный, что означает одновременность (синфазость) излучения квантов.

Приоритет США по транзистору был определен огромной ношей Отечественной войны, навалившейся на нашу страну. На этой войне погиб старший брат Жореса Ивановича, Маркс Иванович.

К 1956 г. Жорес Алфёров уже работал в Ленинградском физико-техническом институте, куда он мечтал попасть еще во время учебы. Большую роль в этом сыграла книга «Основные представления современной физики», написанная Абрамом Федорвичем Иоффе — патриархом отечественной физики, из школы которого вышли практически все физики, составившие впоследствии гордость отечественной физической школы: П.Л. Капица, Л.Д. Ландау, И.В. Курчатов, А.П. Александров, Ю.Б. Харитон и многие другие. Жорес Иванович много позже писал, что его счастливая жизнь в науке была предопределена его распределением в Физтех, впоследствии получивший имя Иоффе.

Систематические исследования полупроводников в Физико-техническом институте были начаты еще в 30-е годы прошлого века. В 1932 г. В.П. Жузе и Б.В. Курчатов исследовали собственную и примесную проводимость полупроводников. В том же году А.Ф. Иоффе и Я.И. Френкель создали теорию выпрямления тока на контакте металл—полупроводник, основанную на явлении туннелирования. В 1931 и 1936 г. Я.И. Френкель опубликовал свои знаменитые работы, в которых предсказал существование экситонов в полупроводниках, введя этот термин и разработав теорию экситонов. Теория выпрямляющего p–n-перехода, легшая в основу p–n-перехода В. Шокли, создавшего первый транзистор, была опубликована Б.И. Давыдовым, сотрудником Физтеха, в 1939 г. Нина Горюнова, аспирантка Иоффе, защитившая в 1950 г. диссертацию по интерметаллическим соединениям, открыла полупроводниковые свойства соединений 3-й и 5-й групп периодической системы



Маркс Алфёров окончил школу 21 июня 1941 г. в Сясьстрое. Поступил в Уральский индустриальный институт на энергетический факультет, но проучился лишь несколько недель, а потом решил, что его долг — защищать Родину. Сталинград, Харьков, Курская дуга, тяжелое ранение в голову. В октябре 1943 г. он провел три дня с семьей в Свердловске, когда после госпиталя возвращался на фронт.

Три дня, проведенные с братом, его фронтовые рассказы и страстную юношескую веру в силу науки и инженерной мысли 13-летний Жорес запомнил на всю жизнь. Гвардии младший лейтенант Маркс Иванович Алфёров погиб в бою во «втором Сталинграде» — так называли тогда Корсунь-Шевченковскую операцию.

В 1956 г. Жорес Алфёров приехал на Украину, чтобы найти могилу брата. В Киеве, на улице, он неожиданно встретил своего сослуживца Б.П. Захарченю, ставшего впоследствии одним из ближайших его друзей. Договорились поехать вместе. Купили билеты на пароход и уже на следующий день плыли вниз по Днепру к Каневу в двухместной каюте. Нашли деревню Хильки, около которой советские солдаты, в числе которых был и Маркс Алфёров, отражали яростную попытку отборных немецких дивизий выйти из корсунь-шевченковского «котла». Нашли братскую могилу с белым гипсовым солдатом на постаменте, высящемся над буйно разросшейся травой, в которую были вкраплены простые цветы, какие обычно сажают на русских могилах: ноготки, анютины глазки, незабудки.



Физико-технический институт, группа Алферова, 1970 г. (слева направо): Дмитрий Гарбузов, Вячеслав Андреев, Владимир Корольков, Дмитрий Третьяков и Жорес Алферов.

(далее A_3B_5). Именно она создала фундамент, на котором начались исследования гетероструктур этих элементов. (На Западе отцом полупроводников A_3B_5 считается Г. Велькер.)

Самому Алфёрову поработать под руководством Иоффе не довелось — в декабре 1950 г., во время кампании по «борьбе с космополитизмом», Иоффе был снят с поста директора и выведен из состава Ученого совета института. В 1952 г. он возглавил лабораторию полупроводников, на базе которой в 1954 г. был организован Институт полупроводников АН СССР.

Заявку на изобретение полупроводникового лазера Алфёров подал совместно с теоретиком Р.И. Казариновым в разгар поисков полупроводникового лазера. Эти поиски шли с 1961 г., когда Н.Г. Басов, О.Н. Крохин и Ю.М. Попов сформулировали теоретические предпосылки его создания. В июле 1962 г. американцы определились с полупроводником для генерации — это был арсенид галлия, а в сентябре-октябре лазерный эффект получили сразу в трех лабораториях, первой оказалась группа Роберта Холла (24 сентября 1962 г.). И через пять месяцев после публикации Холла была подана заявка на изобретение Алфёрова и Казаринова, от которой ведется отсчет занятиям гетероструктурной микроэлектроникой в Физтехе.

Группа Алфёрова (Дмитрий Третьяков, Дмитрий Гарбузов, Ефим Портной, Владимир Корольков и Вячеслав Андреев) несколько лет билась над поиском подходящего для реализации материала, пытаясь изготовить его самостоятельно, но нашла

Первая работа о возможности использования полупроводников для создания лазера была опубликована в 1959 г. Н.Г. Басовым, Б.М. Вулом и Ю.М. Поповым. Применение p–n-переходов для этих целей было предложено в 1961 г. Н.Г. Басовым, О.Н. Крохиным, Ю.М. Поповым. Полупроводниковые лазеры на кристалле GaAs впервые были осуществлены в 1962 г. в лабораториях Р. Холла, М.И. Нейтена и Н. Холоньяка (США). Им предшествовало исследование излучательных свойств p–n-переходов, показавшее, что при большом токе появляются признаки вынужденного излучения (Д.Н. Наследов, С.М. Рыбкин с сотрудниками, СССР, 1962). В СССР фундаментальные исследования, приведшие к созданию полупроводниковых лазеров, были удостоены Ленинской премии в 1964 г. (Б.М. Вул, О.Н. Крохин, Д.Н. Наследов, А.А. Рогачев, С.М. Рыбкин, Ю.М. Попов, А.П. Шотов, Б.В. Царенков). Полупроводниковый лазер с электронным возбуждением был впервые осуществлен в 1964 г. Н.Г. Басовым, О.В. Богданкевичем, А.Г. Девятковым. В этом же году Н.Г. Басов, А.З. Грасюк и В.А. Катулин сообщили о создании полупроводникового лазера с оптической накачкой. В 1963 г. Ж.И. Алфёров предложил использовать гетероструктуры для полупроводниковых лазеров. Они были созданы в 1968 г. Ж.И. Алфёровым, В.М. Андреевым, Д.З. Гарбузовым, В.И. Корольковым, Д.Н. Третьяковым, В.И. Швейкиным, удостоенными в 1972 г. Ленинской премии за исследования гетеропереходов и разработку приборов на их основе.

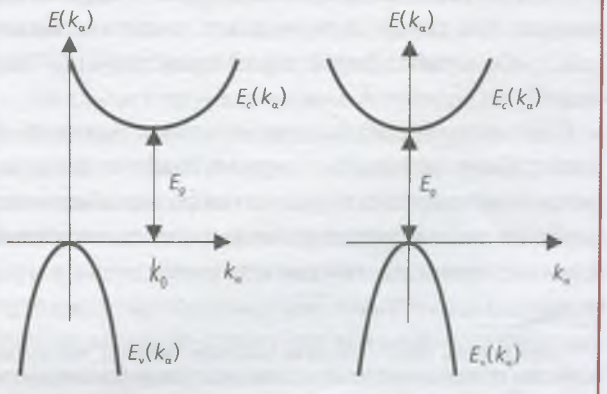
подходящий сложный трехкомпонентный полупроводник почти случайно: в соседней лаборатории Н.А. Горюновой. Однако это была «неслучайная» случайность — поиск перспективных полупрводниковых соединений Нина Александровна Горюнова вела направленно, а в вышедшей в 1968 г. монографии сформулировала идею «периодической системы полупроводниковых соединений». Полупроводниковое соединение, созданное в ее лаборатории, обладало необходимой для генерации стабильностью, что определило успех «предприятия». Гетеролазер на этом материале был создан в канун 1969 г., а приоритетной датой на уровне обнаружения лазерного эффекта является 13 сентября 1967 г.

Новые материалы

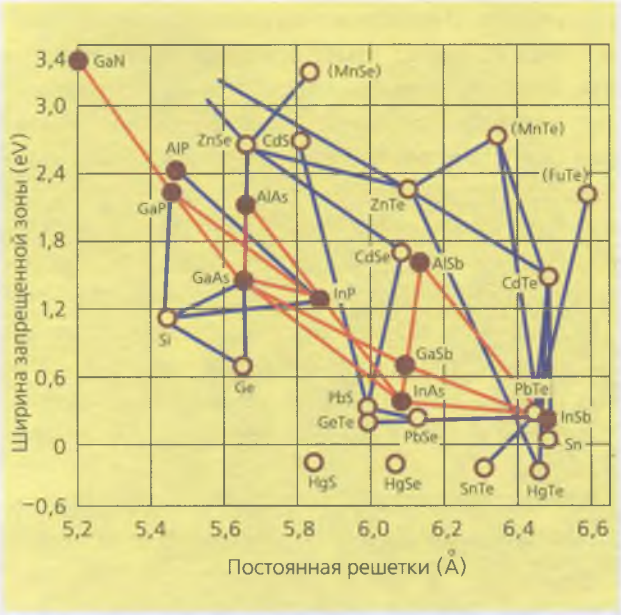
На фоне развернувшейся с начала 60-х годов лазерной гонки почти незаметно возникли светодиоды, которые тоже производили свет заданного спектра, но не обладающий строгой когерентностью лазера. В результате сегодняшняя микроэлектроника включает такие основные функциональные приборы, как транзисторы и их конгломераты — интегральные микросхемы (тысячи транзисторов) и микропроцессоры (от десятков тысяч до десятков миллионов транзисторов), тогда как по сути отдельную ветвь микроэлектроники — оптоэлектронику — составили приборы, построенные на основе гетероструктур по созданию «технического» света — полупроводниковые лазеры и светодиоды. С использованием полупроводниковых лазеров связана новейшая история цифровой записи — от обычных CD-дисков до знаменитой

Светодиод, или светоизлучающий диод (СД, СИД, LED – англ. Light-emitting diode), – полупроводниковый прибор, излучающий некогерентный свет при пропускании через него электрического тока. Излучаемый свет лежит в узком диапазоне спектра, его цветовые характеристики зависят от химического состава использованного в нем полупроводника.

Считается, что первый светодиод, излучающий свет в видимом диапазоне спектра, был изготовлен в 1962 г. в Университете Иллинойса группой, которой руководил Ник Холоньяк. Диоды, сделанные из непрямозонных полупроводников (например, кремния, германия или карбида кремния), свет практически не излучают. Поэтому в ход пошли такие материалы, как GaAs, InP, InAs, InSb, являющиеся прямозонными полупроводниками. В то же время многие полупроводниковые материалы типа A_3B_5 образуют между собой непрерывный ряд твердых растворов – тройных и более сложных ($Al_xGa_{1-x}N$ и $In_xGa_{1-x}N$, $GaAs_xP_{1-x}$, $Ga_xIn_{1-x}P$, $Ga_xIn_{1-x}As_yP_{1-y}$ и т. п.), на основе которых и сформировалось направление гетероструктурной микроэлектроники.



Непрямозонный (слева) и прямозонный (справа) полупроводники



Полупроводники IV группы, соединения A_3B_5 и $A_{2(4)}B_6$ и магнитные материалы (в скобках). Линии, соединяющие материалы: красные для соединений A_3B_5, а синие для остальных, обозначают квантовые гетероструктуры, которые уже исследованы.

сегодня технологии Blue Ray на нитриде галлия (GaN).

Наиболее известное применение светодиодов сегодня — замена ламп накаливания и дисплеи мобильных телефонов и навигаторов.

Общая идея дальнейшего развития «технического света» — создание новых материалов для светодиодной и лазерной техники. Эта задача неразрывна с проблемой получения материалов с определенными требованиями, предъявляемыми к электронной структуре полупроводника. И главным из этих требований является строение запрещенной зоны полупроводниковой матрицы, используемой для решения той или иной конкретной задачи. Активно ведутся исследования сочетаний материалов, которые позволяют достигать заданных требований к форме и размерам запрещенной зоны.*

Составить представление о многосторонности этой работы можно, взглянув на график, по которому можно оценить многообразие «базовых» двойных соединений и возможности их сочетаний в композиционных гетероструктурах.

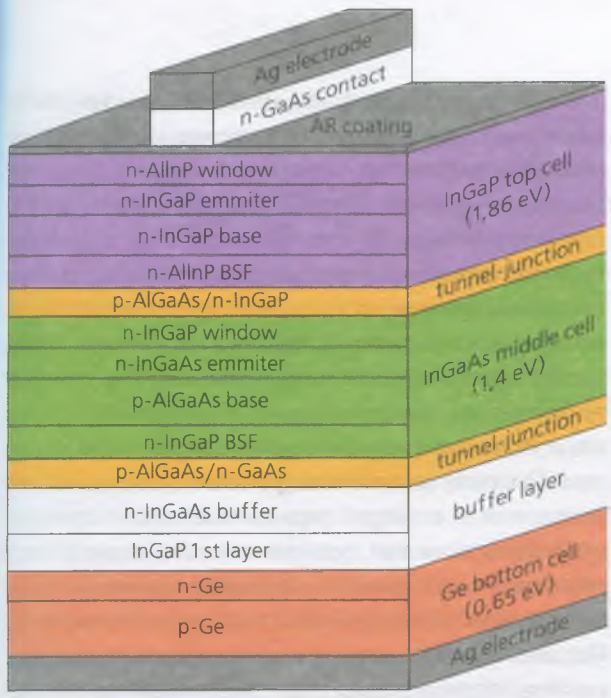
Принимаем тысячи солнц!

История технического света была бы неполна, если бы наряду с излучателями света не шла разработка его приемников. Если работы группы Алфёрова начались с поисков материала для излучателей, то сегодня один из членов этой группы, ближайший сотрудник Алфёрова и его давний друг профессор В.М. Андреев вплотную занимается работой, связанной с обратным превращением света, причем именно тем превращением, которое используется в солнечных элементах. Идеология гетероструктур как комплекса материалов с заданной шириной запрещенной зоны нашла активное применение и здесь. Дело в том, что солнечный свет состоит из большого количества световых волн различной частоты, в чем как раз и состоит проблема его полного использования, так как материала, который смог бы одинаково преобразовывать свет различной частоты в электрическую энергию, не существует. Получается, что любая кремниевая солнечная батарея преобразует не весь спектр солнечного излучения, а только его часть. Что делать? «Рецепт» обманчиво прост: изготовить слоеный пирог из различных материалов, каждый слой которого реагирует на свою частоту, но в то же время пропускает все остальные частоты без значимого ослабления.

Это дорогая структура, так как в ней должны быть не только переходы различной проводимости, на которые падает свет, но и множество вспомогательных слоев, например, для того чтобы получаемую ЭДС можно было снять для дальнейшего использования. По сути, «сэндвич»-сборка из нескольких электронных приборов. Использование ее оправдано более высоким КПД «сэндвичей», который эффективно использовать вкупе с солнечным концентратором (линзой или зеркалом). Если «сэндвич» позволяет поднять КПД по сравнению с кремниевым элементом, например, в 2 раза — с 17 до 34%, то за счет концентратора, увеличивающего плотность солнечного излучения в 500 раз (500 солнц), можно получить выигрыш в $2 \times 500 = 1000$ раз! Это выигрыш в площади самого элемента, т. е. материала надо в 1000 раз меньше. Современные концентраторы солнечного излучения измеряют плотность излучения в тысячах и десятках тысяч «солнц», сконцентрированных на одном элементе.

Другой из возможных способов — получение материала, который может работать хотя бы на двух частотах или, точнее, с более широким диапазоном солнечного спектра. В начале 1960-х была

* Запрещенная зона — область значений энергии, которыми не может обладать электрон в идеальном (бездефектном) кристалле. Характерные значения ширины запрещенной зоны в полупроводниках составляют 0,1–4 эВ. Примеси могут создать полосы в запрещенной зоне – возникает мультизона.



Многослойная структура концентраторного фотоэлемента для преобразования солнечной энергии с высоким КПД

показана возможность «мультизонного» фотоэффекта. Это своеобразная ситуация, когда наличие примесей создает полосы в запрещенной зоне полупроводника, что позволяет электронам и дыркам «прыгать через пропасть» в два или даже в три прыжка. В результате можно получить фотоэффект для фотонов с частотой 0,7, 1,8 или 2,6 эВ, что, конечно, значительно расширяет спектр поглощения и увеличивает КПД. Если ученым удастся обеспечить генерацию без существенной рекомбинации носителей на тех же примесных полосах, то КПД таких элементов может достигать 57%.

С начала 2000-х в этом направлении ведутся активные исследования под руководством В.М. Андреева и Ж.И. Алфёрова.

Есть еще интересное направление: поток солнечного света сначала расщепляется на потоки различных диапазонов частот, каждый из которых затем направляется на «свои» ячейки. Такое направление тоже может считаться перспективным, так как при этом исчезает последовательное соединение, неизбежное в «сэндвич»-структурах типа изображенной выше, лимитирующее ток элемента наиболее «слабым» (в это время дня и на данном материале) участком спектра.

Принципиальную важность имеет оценка соотношения солнечной и атомной энергетики, высказанная Ж.И. Алфёровым на одной из недавних конференций: «Если бы на развитие альтернативных источников энергии было затрачено только 15% средств, брошенных на развитие атомной энергетики, то АЭС для производства электроэнергии в СССР вообще не потребовались бы!»

Будущее гетероструктур и новые технологии

Интересна и другая оценка, отражающая точку зрения Жореса Ивановича: в XXI веке гетероструктуры оставят только 1% для использования моноструктур, т. е. вся электроника уйдет от таких «простых» веществ, как кремний с чистотой 99,99–99,999%. Цифры — это чистота кремния, измеряемая в девятках после запятой, но этой чистотой уже лет 40 как никого не удивить. Будущее электроники, полагает Алфёров, — это соединения из элементов A_3B_5, их твердых растворов и эпитаксиальных слоев различных сочетаний этих элементов. Конечно, нельзя утверждать, что простые полупроводники типа кремния не могут найти широкого применения, но все же сложные структуры дают значительно более гибкий ответ на запросы современности. Уже сегодня гетероструктуры решают проблему высокой плотности информации для оптических систем связи. Речь идет об OEIC (optoelectronic integrated circuit) — оптоэлектронной интегральной схеме. Основу любой оптоэлектронной интегральной микросхемы (оптопары, оптрона) составляют инфракрасный излучающий диод и оптически согласованный с ним приемник излучения, что дает простор формальной схемотехнике для широкого использования этих устройств в качестве приемо-передатчиков информации.

Кроме того, ключевой прибор современной оптоэлектроники — ДГС-лазер (ДГС — двойная гетероструктура) — продолжает совершенствоваться и развиваться. Наконец, сегодня именно высокоэффективные быстродействующие светодиоды на гетероструктурах обеспечивают поддержку технологии высокоскоростной передачи данных HSPD (High Speed Packet Data service).

Но самое главное в выводе Алфёрова не эти разрозненные применения, а общее направление развития техники XXI века — получение материалов и интегральных схем на основе материалов, обладающих точно заданными, рассчитанными на много ходов вперед свойствами. Эти свойства задаются путем конструкторской работы, которая ведется на уровне атомной структуры материала, определяемой поведением носителей заряда в том особом регулярном пространстве, которое представляет собой внутренность кристаллической решетки

материала. По сути эта работа — регулирование числа электронов и их квантовых переходов — ювелирная работа на уровне конструирования постоянной кристаллической решетки, составляющей величины нескольких ангстрем (ангстрем — 10^{-10} м, 1 нанометр = 10 ангстрем). Но сегодня развитие науки и техники — это уже не тот путь вглубь вещества, каким он представлялся в 60-е годы прошлого века. Сегодня во многом это движение в обратном направлении, в область наноразмеров — например, создание нанообластей со свойствами квантовых точек или квантовых проволок, где квантовые точки линейно связаны.

Естественно, нанообъекты — лишь один из этапов, которые проходят в своем развитии наука и техника, и на нем они не остановятся. Надо сказать, что развитие науки и техники путь далеко не прямолинейный, и если сегодня интересы исследователей сместились в сторону увеличения размеров — в нанообласть, то завтрашние решения будут конкурировать в разных масштабах.

Например, возникшие на кремниевых чипах ограничения по дальнейшему увеличению плотности элементов микросхем можно решить двумя путями. Первый путь — смена полупроводника. Для этого предложен вариант изготовления гибридных микросхем, основанных на применении двух полупроводниковых материалов с различными характеристиками. В качестве наиболее перспективного варианта называется использование нитрида галлия совместно с кремниевой пластиной. С одной стороны, нитрид галлия обладает уникальными электронными свойствами, позволяющими создавать высокоскоростные интегральные микросхемы, с другой — использование кремния как основы делает такую технологию совместимой с современным производственным оборудованием. Однако подход со стороны наноматериалов содержит еще более новаторскую идею электроники одного электрона — одноэлектроники.

Дело в том, что дальнейшую миниатюризацию электроники — размещение тысяч транзисторов на подложке одного микропроцессора — ограничивает пересечение электрических полей при движении потоков электронов в расположенных рядом транзисторах. Идея в том, чтобы вместо потоков электронов использовать один-единственный электрон, который может двигаться в «индивидуальном» временном графике и поэтому не создает «очередей», снижая тем самым напряженность помех.

Если разобраться, то потоки электронов в общем-то и не нужны — для передачи управления можно подать как угодно малый сигнал, проблема заключается в том, чтобы его уверенно выделить (детектировать). И оказывается, что одноэлектронное детектирование технически вполне осуществимо — для этого используется туннельный эффект, который является для каждого электрона индивидуальным событием, в отличие от обычного движения электронов «в общей массе» — ток в полупроводнике является коллективным процессом. С точки зрения электроники туннельный переход — это перенос заряда сквозь конденсатор, поэтому в полевом транзисторе, где конденсатор стоит на входе, одиночный электрон можно «поймать» по частоте колебаний усиливаемого сигнала. Однако выделить этот сигнал в обычных устройствах удавалось только при криогенных температурах — повышение температуры разрушало условия детектирования сигнала. Но температура исчезновения эффекта оказалась обратно пропорциональной площади контакта, и в 2001 г. удалось сделать первый одноэлектронный транзистор на нанотрубке, в котором площадь контакта была так мала, что позволяла работать при комнатных температурах!

В этом отношении одноэлектроника повторяет путь, который прошли исследователи полупроводниковых гетеролазеров — группа Алфёрова билась как раз над тем, чтобы найти материал, который обеспечит эффект лазерной генерации при комнатной температуре, а не при температуре жидкого азота. А вот сверхпроводники, с которыми связаны самые большие надежды по передаче больших потоков электронов (силовых токов), пока не удается «вытащить» из области криогенных температур. Это не только существенно тормозит возможности снижения потерь при передаче энергии на большие расстояния — хорошо известно, что перенаправление потоков энергии по территории России в течение суток приводит к 30%-ным потерям на «нагрев проводов», — отсутствие «комнатных» сверхпроводников ограничивает развитие хранения энергии в сверхпроводящих кольцах, где движение тока может продолжаться практически вечно. Недостижимым пока идеалом создания таких колец служат обычные атомы, где движение электронов вокруг ядра порой устойчиво при самых высоких температурах и может продолжаться неограниченно долго.

Дальнейшие перспективы развития наук о материалах весьма разнообразны. Причем именно с

развитием науки о материалах появилась реальная возможность прямого использования солнечной энергии, сулящая огромные перспективы возобновляемой энергетике. Порой именно такие направления работы определяют будущее лицо общества (в Татарии и Чувашии уже планируют «зеленую революцию» и всерьез разрабатывают создание биоэкоградов). Возможно, будущее этого направления состоит в том, чтобы от развития техники материалов шагнуть к пониманию принципов функционирования самой природы, встать на путь использования управляемого фотосинтеза, который может быть распространен в человеческом обществе так же широко, как и в живой природе. Речь уже идет об элементарной ячейке живой природы — клетке, и это следующий, более высокий этап развития после электроники с ее идеологией создания приборов для выполнения какой-то одной функции — транзистора для управления током, светодиода или лазера для управления светом. Идеология клетки — это идеология операторов как элементарных устройств, осуществляющих некий цикл. Клетка служит не изолированным элементом для выполнения какой-то одной функции за счет внешней энергии, но целой фабрикой по переработке доступной внешней энергии в работу поддержания циклов множества различных процессов под единой оболочкой. Работа клетки по поддержанию собственного гомеостазиса и накопления в ней энергии в виде АТФ — захватывающая проблема современной науки. Пока биотехнологи могут лишь мечтать о созданнии искусственого устройства со свойствами клетки, пригодного для использования в микроэлектронике. И когда это произойдет, несомненно, начнется новая эра микроэлектроники — эра приближения к принципам работы живых организмов, давняя мечта фантастов и давно придуманной науки бионики, все еще не вышедшей из колыбели биофизики.

Будем надеяться, что создание научного центра инноваций в Сколково сумеет реализовать нечто подобное «эффекту спутника» — открыть новые прорывные области, создать новые материалы и технологии электроники.

Пожелаем успеха Жоресу Ивановичу Алфёрову на посту научного руководителя этого нового научно-технологического агломерата. Хочется надеяться, что его энергия и настойчивость будут залогом успеха этого предприятия.

Александр Самсонов

Вся жизнь — науке

Ученые об Алфёрове

Алан Хигер, лауреат Нобелевской премии по химии (США): Нобелевский лауреат не только почетное звание, это некий статус, имея который, человек получает возможность быть услышанным. Его мнению доверяют и в самых высоких кругах, и обычные граждане. Долг ученого – просвещать население, а не вести исключительно затворнический образ жизни. У вас в стране этим занимается Жорес Алфёров. И в этом его громадная заслуга.

Ресурсы Земли иссякают. Для России это еще не так явно, как для других стран, которые уже ощутили кризис. И нам нужны альтернативные источники энергии. Большинство обычных людей воспринимают эти слова как некие страшилки от ученых. Они к ним если и прислушиваются, то думают, что проблема их не коснется, а настигнет планету через много поколений. Донести мысль, что это не так, под силу только ученым. Осенью я был приглашен Жоресом Ивановичем в Петербург. Это уже четвертая встреча нобелевских лауреатов, и это заслуга Жореса Алфёрова. Он проводит колоссальную работу по поддержанию и продвижению науки в своей стране.

Иван Иоголевич, преподаватель физики из Челябинска, депутат челябинского Законодательного собрания: Жорес Иванович работает над созданием полупроводниковых гетероструктур и быстрых опто- и микроэлектронных компонентов. Все, что мы имеем сегодня в области компьютерной техники, во многом определяется именно этим открытием. Оно применяется в информатике и во многом определило развитие современной компьютерной техники. Несмотря на то что оно сделано достаточно давно, в начале 1970-х годов, Нобелевская премия за него была присуждена только в 2000 году, видимо, потому что общество только сейчас осознало его значение.

Жорес Иванович является учредителем фонда, который поддерживает физико-математические школы Санкт-Петербурга. Мне эта позиция очень импонирует, поскольку ученый думает о молодежи, которая в будущем может прийти в науку.

Любая страна гордится своими лауреатами. Государственная безопасность определяется в том числе и реализованным интеллектуальным потенциалом.