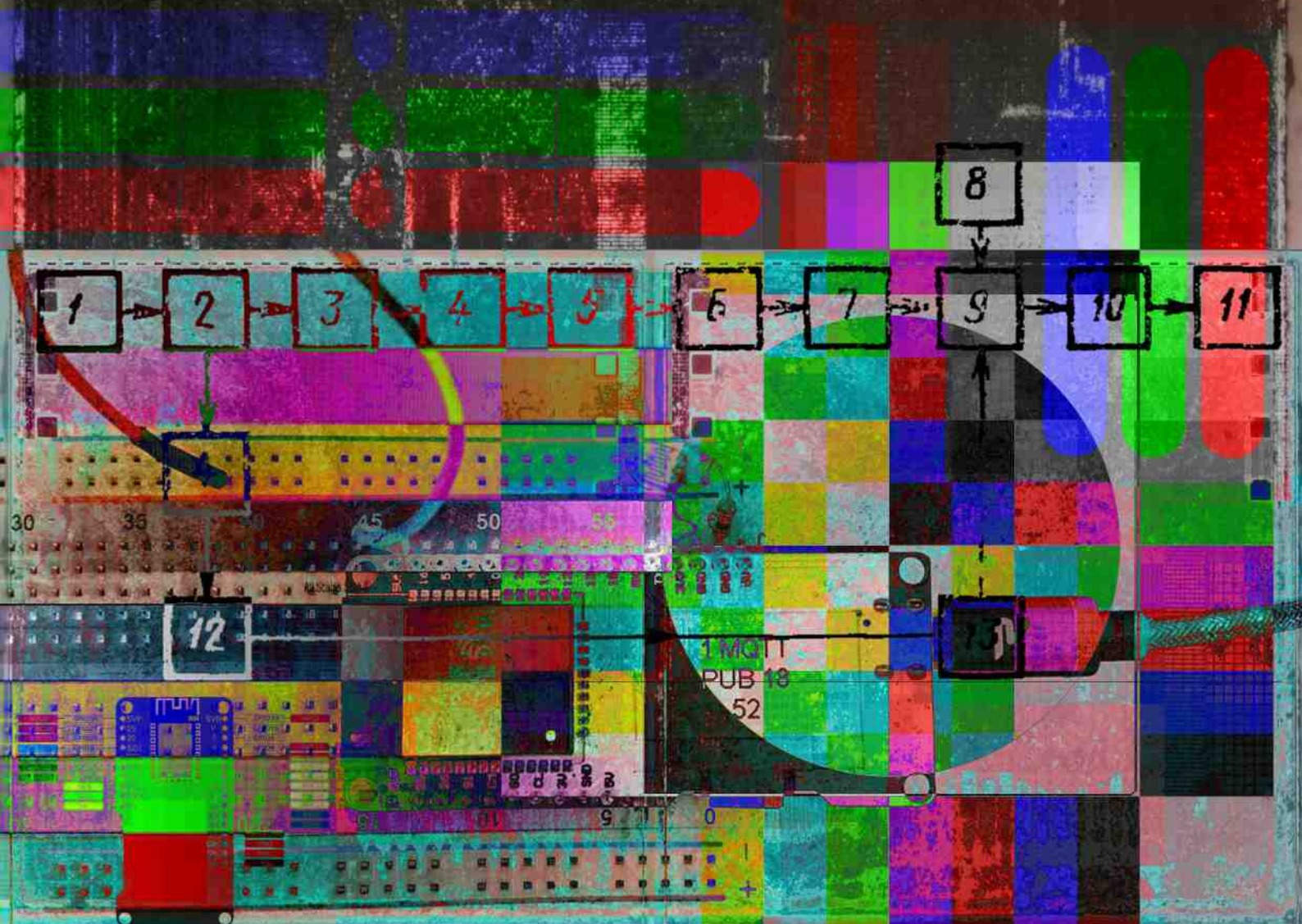
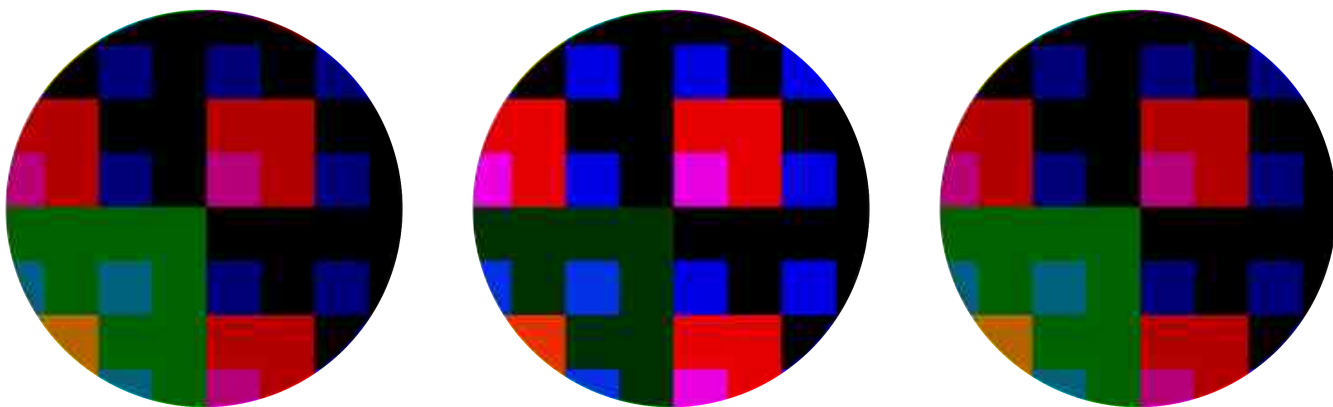


Ирик Имамутдинов

Возвращение блудного сына науки

Сделав открытие, сулившее создание прорывной технологии, российский физик успешно поработал в США и Южной Корее, поспособствовав местному инновационному бизнесу. Попытка создать стартап в России закончилась неудачей, во многом из-за отсутствия предпринимательских компетенций. Сегодня наш герой с удовольствием вернулся в академический институт





Доктор физико-математических наук из ленинградского Физико-технического института имени А. Н. Иоффе РАН (ЛФТИ) Андрей Алешин с коллегами объединил две передовые технологические платформы: технологию полимерных светоизлучающих диодов с технологией низкоразмерных неорганических наночастиц. В результате получилась композитная пленка.

Изучая ее свойства, Алешин обнаружил эффект переключения цвета излучения под воздействием приложенного электрического поля — именно эти исследования легли в основу проекта, впоследствии победившего на Конкурсе русских инноваций. По этой технологии можно получить и белый цвет. Последствия применения этой технологии в начале века выглядели поистине революционно: белые полимерные светодиоды могли произвести революцию в освещении и появлялась возможность получить полимерные дисплеи, которые сворачиваются в трубочку. Опытные разработки команды Алешина были на уровне достижений в этой сфере самых «упакованных» мировых лабораторий. Но до коммерциализации дело не дошло, хотя шанс на это давала поддержка Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд Бортника), когда под проект была создана компания «ТехИнКом». Однако ни серьезного инвестора, ни опытного управленца на развитие этого проекта не нашлось. Сам же ученый никогда и не ставил своей целью стать инновационным предпринимателем, он вступил на эту стезю скорее вынужденно и, как оказалось в итоге,

безрезультатно. Сейчас Андрей Алешин, продолжая работать в сфере полимерной электроники, увлеченно занимается другими проектами и надеется, что разработанные его командой продукты можно будет довести на мелкосерийном производстве в родном институте и только потом предложить их инвесторам.

Нобелевские корни

Во второй половине 1970-х японский ученый Хидеки Сиракава синтезировал электропроводящий полиацетилен — с теоретической точки зрения самый перспективный материал для поиска сверхпроводимости проводящих полимеров. Работы Сиракавы привлекли внимание двух его американских коллег — физика Алана Хигера и химика Алана Макдайармида (в 2000 году они стали лауреатами Нобелевской премии по химии вместе с Сиракавой). Американцы пытались экспериментальным путем доказать рассчитанную ранее теоретическую сверхпроводимость полимерных материалов. Для получения полимеров им нужен был высококласный специалист по механизму полимеризации, и они пригласили Сиракаву поработать к себе, в Пенсильванский университет.

Уже во время совместной работы будущим нобелевским лауреатам удалось получить материал, электропроводность которого повысилась на десять порядков — в десять миллиар-

дов раз. Хотя сверхпроводимости достичь не удалось, благодаря этим пионерским работам появилось еще одно направление — полимерная электроника. Этим направлением Андрей Алешин, знавший эту историю от самого Сиракавы, занимается уже более тридцати пяти лет.

Исследования электрофизических и оптических свойств первого поколения полимерных материалов еще в 1960-е проводились и в Советском Союзе. По словам Алешина, тогда занимались поиском той же сверхпроводимости, которая в таких материалах была предсказана теоретически. После 1977 года, когда Сиракава с коллегами разработали первое поколение проводящих полимеров, советские исследования ускорились. Ученые пытались оптимизировать синтез таких полимеров и анализировали их свойства с точки зрения возможного применения в органической электронике — в качестве светодиодов и транзисторов.

Органической электроникой много занимались в Физико-техническом институте имени Иоффе, куда в 1983 году выпускника ленинградского Политеха Андрея Алешина пригласил Исая Шлимак, руководитель группы транспортных явлений в полупроводниках, для исследований электрофизических свойств неупорядоченных полупроводниковых пленок.

Ученые пытались оптимизировать синтез таких полимеров и анализировали свойства с точки зрения их возможного применения в органической электронике — в качестве светодиодов и транзисторов

Эти исследования вскоре были сфокусированы на проводящих полимерных пленках — направлении, обещавшем быстрые научные дивиденды. В то время ученых интересовали свойства, которые полимеры приобретают после облучения ускоренными ионами инертных газов: аргона, азота, — после чего их проводимость резко возрастает. Попутно Алешин занимался изучением электронных свойств легированных пленок полиацетилена, полученных специалистом Института химической физики Валерием Кобрянским. Он синтезировал проводящий полиацетилен, образцы которого исследовались Алешиным, в 1989 году защитившим в Физтехе кандидатскую диссертацию, посвященную проводящим, полупроводниковым и диэлектрическим свойствам различных полимеров.

Когда в 1990-е науку практически перестали финансировать, не было и речи о том, чтобы продолжать дорогостоящую модификацию свойств полимеров, облучаемых высокоэнергичными ионами.

Для того чтобы подзаработать, в начале 1990-х Алешину с коллегами пришлось заняться прикладными вещами. В частности, рассказывает ученый, на какое-то время выручил заказ на термодатчики. Они были заказаны коллегами из Московского педагогического института — там на кафедре физики было сильное криогенное направление. Для них еще в советские времена разработали гибкие датчики на основе полиамида, облученного ионами.

Коммерциализация по-американски

В 1993 году жена Алешина Галина, сотрудница петербургского Института экспериментальной медицины, уехала на стажировку в США в рамках совместного проекта с медицинским факультетом Лос-Анджелесского университета. Алешин, мечтавший продолжать исследования в большой науке, решил воспользоваться случаем, чтобы встретиться со знаменитым

Аланом Хигером и напроситься на работу в его знаменитый Институт полимеров при Университете Санта-Барбары. Он договорился о встрече с Хигером, предварительно послав ему свои ленинградские работы. Физтеховские работы не только соответствовали уровню хигеровских исследований, но и по некоторым показателям превосходили то, что делалось в институте знаменитого физика. Будущий нобелевский лауреат заинтересовался исследованиями Алешина и пригласил его к себе.

В это время институт занимался совершенствованием изобретенных в 1990 году Джереми Берроузом, Ричардом Френдом и их коллегами из Кембриджского университета полимерных светодиодов, будущее которых представлялось



Доктор физико-математических наук из ленинградского Физико-технического института имени А. Н. Иоффе РАН (ЛФТИ) Андрей Алешин

Хигеру просто грандиозным — ведь дисплеи на их основе могли со временем заменить не только существующие мониторы, но и появляющиеся тогда жидкокристаллические экраны. Тема для Алешина была новая: не просто проводящие полимеры, а светодиоды на их основе. В задачу входило исследование свойств проводящих полимерных слоев для инъекции носителей в активный слой светодиодов. В других группах института работали над излучающим слоем (в основном это были китайские и корейские исследователи). Пересечение исследований не одобрялось, тем более что часть работ шла по заказу военно-морского ведомства США и знание параметров конечного прибора иностранцами, которых было большинство, не поощрялось. Такое сужение шло и на пользу руководителю научных работ, которому в таких условиях было легче монополизировать полученное другими новое научное знание. Но творческая натура Алешина не укладывалась в предписанную схему, и у него все время рождались идеи по «чужим» темам. Оптимизационные идеи Алешина значительно сокращали время и деньги, выделенные на исследовательские работы, и привлекли внимание Хигера. Вскоре Алешин стал соавтором Хигера, а затем и Сиракавы в нескольких публикациях. Работы по созданию органических светодиодов в Институте полимеров привели к появлению первых в США прототипов полимерных дисплеев. И вот тут сработала американская инновационная

система. При университете открылся стартап — компания UNIAХ, принадлежащая Алану Хигеру, которая занималась такими дисплеями. UNIAХ была живым воплощением законов Бая—Дула, согласно которым права на ноу-хау и изобретения, наработанные в исследовательском центре большей частью на бюджетные средства, принадлежали самим разработчикам. Правообладатели сразу же, без чиновничьих проволочек и прессинга финансовых и контролирующих госорганов, внедряли результаты своих исследований в небольших компаниях, которые, по сути, были прикладными центрами коммерциализации научных идей.

Разработчик сам нес ответственность за расходование государственных грантов и частных инвестиций, отвечая перед бюджетом научными статьями и подготовкой кадров, а перед инвестором — готовым продуктом. Именно такая схема работы научных учреждений США — с переносом научных знаний в практическую плоскость через небольшие инновационные компании, живущие вокруг этих учреждений, — подняла как на дрожжах инновационную систему всей Америки. Алан Хигер продал UNIAХ компании DuPont, которая позже создала на ее базе подразделение DuPont Displays. Хигер заработал около 100 млн долларов. Впрочем, все это происходило уже после отъезда Алешина из США, в американский университетский стартап его не позвали, и он отправился продолжать свои изыскания в Южную Корею.

Революционное открытие

В Корее Алешин начал работать над темой полевых полимерных транзисторов. Корейский профессор Юнг Ву Пак из Сеульского национального университета давно приглашал его проводить исследования в этом направлении.

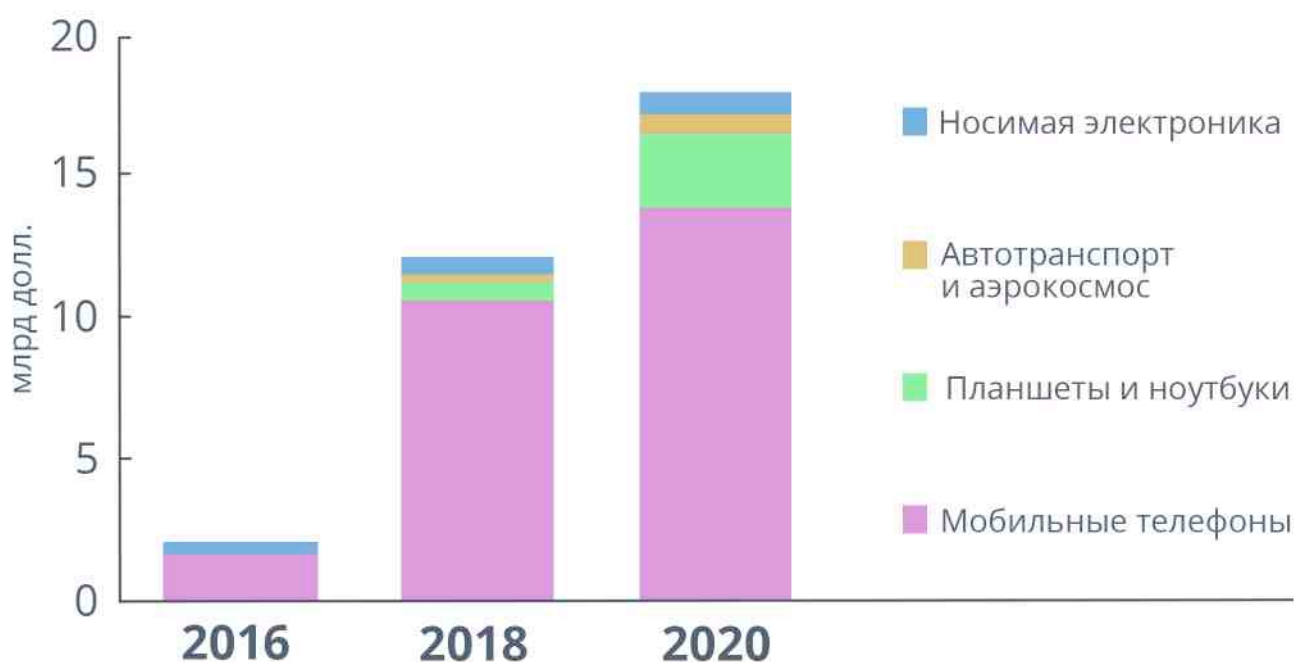
«Мы занимались нанопроводами, мы хотели проверить, нет ли сверхпроводимости в нанопроводах на наноуровне, в сильно легированных полимерах, в чистых полимерах», — рассказывает Алешин. Эта тема для органической наноэлектроники и сейчас остается одной из самых острых, в основном из-за необходимости увеличения плотности транзисторов в интегральных схемах будущего, технология изготовления которых позволила бы обойти так называемый закон Мура, ставящий пределы минимизации традиционных микропроцессоров и, соответственно, ускорения их работы. Алешин по результатам работы в Корее опубликовал в 2006 году в журнале *Advanced Materials* статью, вошедшую в десятку наиболее часто скачиваемых из интернета. Другим своим достижением Андрей Алешин считает то, что лаборатория, в которой он работал в Сеуле, получила статус национальной.

В Сеуле работала целая диаспора ученых из России. Андрею Алешину с Андреем Барано-

вым с химфака МГУ и Геннадием Паниным из Института твердого тела пришла в голову идея добавить в полимер, полученный Алешиным с коллегами, наночастицы, с которыми работал Баранов. В результате получилась композитная пленка. Изучая ее свойства, Алешин обнаружил эффект переключения цвета (частоты) излучения под воздействием приложенного электрического поля — именно эти исследования легли в основу проекта, победившего позднее на Конкурсе русских инноваций. Новизна разрабатываемых структур заключалась в том, что они способны перестраивать длину волны излучения в широком диапазоне, а также переключаться в устойчивое состояние с фиксированной интенсивностью излучения, что делало возможной организацию простых схемных решений для архитектуры светодиодных матриц. Был создан композитный активный слой для органических светодиодов, который позволял получать от одного пикселя в полимерном дисплее излучение двух фиксированных цветов, например зеленого и красного, а позже и более, переключая их электрическим полем. По этой технологии можно получить и белый цвет.

Последствия применения этой технологии выглядели поистине революционно: белые полимерные светодиоды могли произвести революцию в освещении и можно было получить полимерные дисплеи, которые сворачиваются в трубочку. Вскоре университетское начальство намекнуло, что с этой темой нужно уйти под

Пластиковые и гибкие AMOLED-дисплеи: прогноз рынка по областям применения



Источник: IDTechEx

какого-нибудь местного профессора. Алешину это не понравилось, и он вернулся на родину, а корейская профессура, получив доступ к перво-классным мировым результатам, приступила к их коммерциализации. Не исключено, что продемонстрированные в этом году корейские гибкие полимерные планшеты обязаны своим появлением на свет в том числе сеульским достижениям Алешина (подробнее см. «Гибкие вещи века»).

Бортник протягивает руку

В 2006 году Андрей Алешин был удостоен диплома за победу в номинации перспективных проектов Конкурса русских инноваций. По результатам конкурса миллион рублей в проект «Новые (полимер-неорганические наночастицы) активные слои для органических светодиодов с переключением цвета эмиссии электрическим полем» вкладывал Фонд Бортника

«В начале века такие светодиоды активно разрабатывались для мониторов. Сейчас в этой области два направления: есть мониторы, которые получают напылением, — они на всех дисплеях мобильных девайсов. Цена у них при-

Для развития проекта Алешин и его коллеги создали компанию «ТехИнКом», которая и получила грант первого этапа Фонда Бортника. Попутно были получены и успешно выполнены работы на похожие темы по грантам РФФИ, и Президиума РАН. После завершения первого этапа много сил было потрачено на поиски софинансирования, чтобы получить поддержку Фонда Бортника для второго этапа реализации проекта. Со стороны института финансирования не было, ученым надо было найти деньги на дальнейшее развитие проекта. «В период с 2009 по 2012 год мы пытались выйти на второй этап, но нам нужен был соинвестор, однако необходимые миллионы так и не нашлись». Между тем, говорит Алешин, интерес у различных структур всегда присутствовал, в том числе от московской мэрии приезжали сюда люди, у них была идея покрывать крыши солнечными элементами. Я с ними провел беседу, но они увидели, что нет промышленного производства, поэтому вкладываться не стали».

«Тупик в осуществлении проекта был чисто денежный. Причем научная его составляющая продолжала активно развиваться в институте. Но все равно была идея, что в коммерцию наработки пойдут быстро. Одно время мы были в контакте с «Финамом» (инвестиционная и брокерская компания). Они проанализировали, сказали, что им это нужно, но надо, чтобы результаты были в ближайшее время для продажи

Работы по созданию органических светодиодов в Институте полимеров привели к появлению первых в США прототипов полимерных дисплеев. И вот тут сработала американская инновационная система

мерно такая же, как у неорганических, здесь нет преимуществ. А второй вариант — тот, который получается из раствора, реализующего все преимущества органической электроники, а это большое масштабирование, быстрый процессинг. Вот эти разделы в мире до сих пор находятся в активном развитии, задача — получить качественные приборы и масштабировать их в большом количестве, и чтобы было дешево. Основное преимущество органики не в том, что параметры этих приборов лучше, а в том, что их можно делать бесконечно много, особенно сейчас, когда внедряются печатные технологии. А это как раз то, что предлагалось нами как направление на конкурс. Кстати, продолжая работать над похожими темами и сейчас, в конце 2010-х, мы в мировом тренде», — говорит Андрей Алешин.

светоизлучающих структур как продукции, чтобы она могла быть использована уже в дисплеях, но все-таки не решились на вложения».

Велись переговоры и безрезультатно подавались заявки в венчурные фонды Troika Capital Partners, «ВТБ управление активами». Не откликнулся и профильный «РоснаноТех». Остался без ответа и запрос в фонд «Сколково». Были попытки заинтересовать проектами и ряд других фондов и инвесторов. Все поиски крупного финансирования закончились в те годы безрезультатно. Инвесторы хотели получить уже готовое для продажи изделие — максимум через год после начала финансирования разработки. Проекты группы Алешина не вписывались в эту схему, так как нужно было еще вкладываться в научные исследования и доработку продукта, что требует времени и денег, а это фонды не могли себе позволить.

Но и у самих авторов проекта, по признанию Алешина, «не получалось сформулировать светоизлучающие структуры как конечный продукт, интересный для инвестора». Предпринимались попытки нанять опытных управленцев — не ученых, но людей, разбирающихся в сути проводимых работ. Однако они требовали серьезного финансирования, а с этим были проблемы. Была еще одна загвоздка, связанная с экспертным сообществом, которое было в некотором замешательстве, говорит Алешин. По его мнению, с точки зрения крупных проектов их работы попадают на границу научных сфер. Эксперты и ученые, которые занимаются полупроводниками, говорят, что это же органика, а те, которые занимаются органикой, утверждают, что это полупроводники, и попытки перебрасывать при экспертизе проекты группы Алешина из одной научной области в другую продолжаются до сих пор.

Здравствуй, инвестор!

И тут вдруг повезло: результаты научных работ в 2012 году привлекли внимание коммерческой структуры — компании «Оптоган». От ее имени был подготовлен совместный проект, который выиграл финансирование по линии «Сколково». Алешин при этом предлагал подключить к проекту в качестве субподрядчика свою фирму «ТехИнКом», но партнеры отказались, предпочтя в каче-

стве соучастников проекта физических лиц. Проект по органическим светодиодам был одобрен фондом «Сколково» и получил финансирование в том же 2012 году (полный объем гранта — 90 млн рублей). Он подразумевал создание производства органических и композитных (органика-неорганика) светодиодов в Петербурге. На этапе подготовки проекта Алешин активно сотрудничал с «Оптоганом», так как научная часть проекта была полностью основана на его разработках и публикациях. Возможность принять участие в развертывании производства приборов органической электроники на современном оборудовании в Петербурге (а это было одной из основных задач проекта) выглядела очень привлекательно. Однако затем произошло следующее: никакого оборудования закуплено не было, создание образцов приборов было перенесено в группу Алешина в ФТИ, где «работа велась из собственных материалов и на устаревшем лабораторном оборудовании, отчет по первому этапу был составлен «Оптоганом» по результатам наших исследований». При этом финансирование работы ученых партнерами на первом этапе так и не началось.

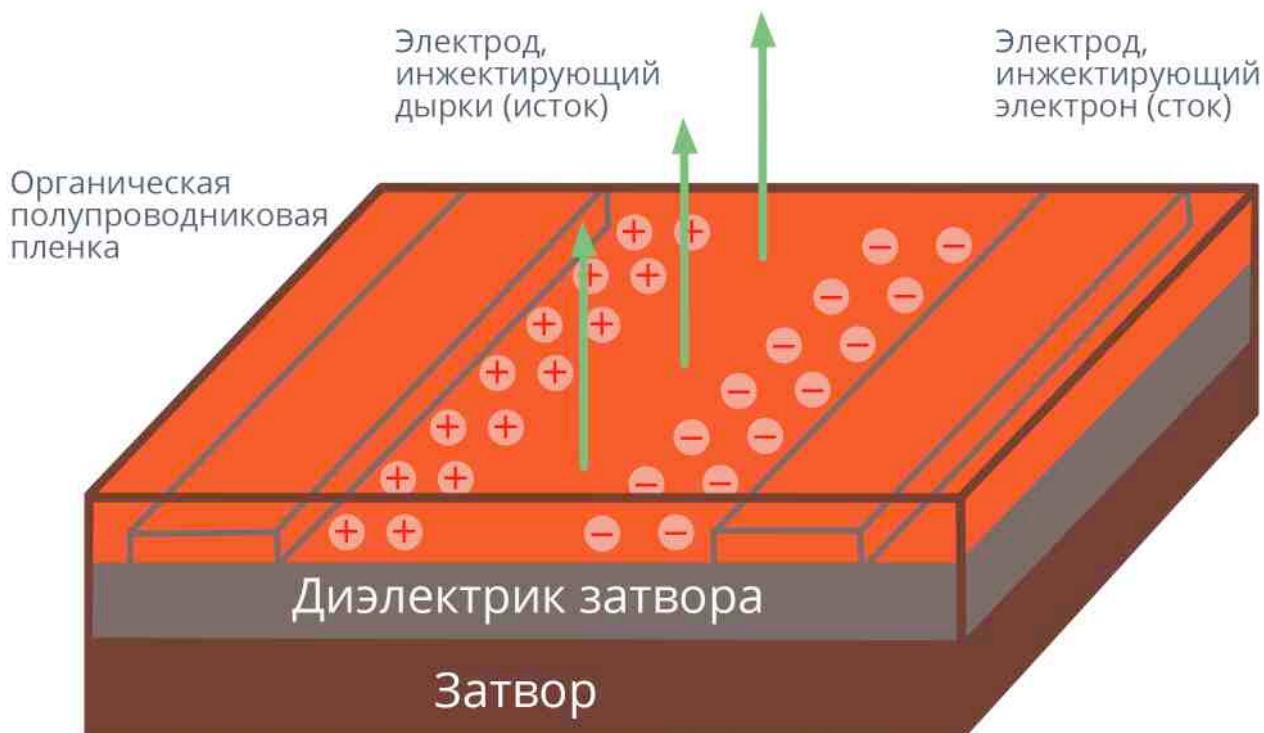
Исходя из сложившейся обстановки ученые из ФТИ решили после первого этапа прекратить сотрудничество с «Оптоганом» и выйти из проекта. Впрочем, сколковский проект продолжался какое-то время сначала в кооперации с ФИАНом, а затем с Германией, где у «Оптогана» была дочерняя фирма, но Алешин с коллегами в этом уже не участвовал.

Оценка рынка гибкой, печатной и органической электроники на 2019 год



Источник: IDTechEx

Полимерный светоизлучающий транзистор



Полимерные светоизлучающие транзисторы — это структуры, необходимые для производства недорогих, легко масштабируемых в производстве (в том числе в струйной 3D-печати) эффективных светоизлучателей и солнечных элементов

Источник: «ТехИнКом»

Возвращение в храм

В итоге «ТехИнКом», бездарно просуществовав четыре года, прекратил свою деятельность, вся работа сосредоточилась в стенах ФТИ. В последние годы попыток создать спин-офф или отдельную компанию для коммерциализации разработок не предпринимались: «У нас на это не было ни сил, ни денег», — говорит Алешин. По его словам, «принимая во внимание опыт сотрудничества с людьми от коммерции, мы в последующие годы в группе органической электроники ФТИ сосредоточили свои усилия на разработке новых материалов и приборов для органической электроники, таких как светоизлучающие транзисторы на основе композитных (полимер-неорганические наночастицы) пленок и исследовании их оптоэлектронных свойств».

Пока для развертывания работ по производству светодиодов у разработчиков отсутствует современная технологическая база. В группе органической электроники ФТИ имени Иоффе могут делать фактически на коленке только отдельные экспериментальные образцы. Для опытного производства, под которое можно уже подогнать инвесторов, нужны большие инертные боксы, полимерные принтеры,

центрифуги и другое современное импортное оборудование, которое стоит очень больших денег. Финансирование Российской академии наук в последние годы не подразумевало покупку и обновление дорогого научного и технологического оборудования. Относительно небольшие гранты РФФИ, Президиума РАН и других организаций позволяют приобретать только расходные материалы, комплектующие и отдельные недорогие приборы.

В последние годы исследователи лаборатории неравновесных процессов в полупроводниках петербургского Физтеха сосредоточились на создании новых композитных материалов для органической электроники и исследовании их электрических свойств. В группе уделяется большое внимание разработке светоизлучающих приборов на основе металлоорганических перовскитов и неорганических нанокристаллов перовскитов, внедренных в полимерную матрицу. Эти перспективные материалы позволят со временем получить солнечные элементы с КПД до 24%, что сравнимо с эффективностью лучших солнечных элементов на кремнии, но со значительно меньшей себестоимостью выработки электроэнергии. Сейчас группа продолжает активные исследования, нацеленные на разработку и оптимизацию свойств новых растворимых композитных светоизлучающих материалов и приборов на их основе:

полевых транзисторов, светоизлучающих транзисторов, совместимых с технологией гибкой печатной электроники. Большой интерес к работам проявляют китайские коллеги: в 2019 году подана заявка в РФФИ на совместный проект по программе «Россия — Китай».

Перспективы коммерческой реализации разработок, как и ранних проектов, по-прежнему упираются в необходимость приобретения современного технологического оборудования для создания новых материалов и приборов на их основе. Одним из возможных вариантов улучшения коммерческой привлекательности разработок, считает Андрей Алешин, является НИОКР-центр ФТИ, где предусмотрен участок работ по органической электронике и средства для его оснащения и где начнут работать специальные лаборатории, нацеленные на выпуск продукции. Планируется, что его запустят уже в 2020 году.

Тематика работ, впервые заявленная на Конкурсе русских инноваций, остается очень актуальной и востребованной в мире, как в научном, так и в практическом плане.

«Наша неудача в коммерциализации проекта была связана с тем, что мы не нашли своего инвестора, как в свое время это без особого труда сделали руководители работ в США и Корее. Финансирование должно быть другого порядка, поэтому нам приходится все время изыскивать новые ниши в этой области, которые находятся на грани, еще на стадии научно-исследовательских работ, но могли привлечь интерес, например со стороны венчура. В итоге все, что касается научной части, опубликовано в достаточно престижных журналах и все признают преимущества разработанных нами материалов. А терпеливых инвесторов так и не нашлось».

КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА



*Комментарий Российского фонда
фундаментальных исследований*

На проекты, над которыми работали ученые питерского Физтеха, были получены положительные рецензии экспертов. Так, в 2014 году проект «Механизмы переноса энергии в квантовых системах на основе неорганических наночастиц, встроенных в органическую матрицу» был поддержан РФФИ. По мнению экспертов фонда, «новизна предлагаемого проекта состоит в совместном исследовании одних и тех же гибридных (органика плюс неорганика) систем как при оптическом возбуждении, так и при электрической инжекции, в отличие от большинства работ, в которых для исследования таких систем используется оптическая накачка. Тема проекта интересная и в настоящее время активно изучаемая. Заявленные исследования содержат достаточный элемент новизны (электрическая накачка) и достаточный элемент фундаментальных исследований («разработана модель безизлучательно-го переноса энергии между молекулами полупроводниковых полимеров и неорганическими наночастицами с учетом реальной структуры зон»).

Уровень ожидаемых результатов соответствует мировому.

Автор проекта руководит одной из самых сильных в России групп по органической оптоэлектронике, поэтому нет сомнений в выполнимости проекта.

Коллектив сильный, в него входят как экспериментаторы, так и теоретики. Имеется значительный научный и методический задел. Работа коллектива по исследованию механизмов переноса энергии и заряда в органических матрицах со встроенными неорганическими наночастицами, несомненно, интересна, и актуальна.

Резюме и развилки

В начале 1990-х доктор физико-математических наук из ЛФТИ Андрей Алешин был приглашен будущим нобелевским лауреатом Аланом Хигером в Институт полимеров при Университете Санта-Барбары в США. Там Алешин занялся новой для себя темой — светодиодами на основе проводящих полимеров. Работа оказалась очень успешной, и американцы во главе с Хигером создали на основе этих разработок инновационный стартап, затем проданный корпорации DuPont.

Затем Алешин продолжил работу в Корее и в результате смог объединить технологию полимерных светоизлучающих диодов с технологией низкоразмерных неорганических наночастиц. Результатом стала композитная пленка, обладающая эффектом переключения цвета излучения под воздействием приложенного электрического поля. По этой технологии можно получить и белый цвет. Белые полимерные светодиоды могли кардинально изменить сферу освещения. Кроме того, появлялась возможность получить гибкие полимерные дисплеи.

Несмотря на прикладной характер проектов, ни в США, ни в Корее Алешин по разным причинам не занялся бизнесом. Он предпочел предложить свои разработки российским институтам развития. Была создана компания «ТехИнКом». Проекты Алешина выиграли

авторитетный Конкурс русских инноваций, получали поддержку Фонда содействия инновациям (также известного среди инноваторов как Фонд Бортника). Однако серьезных инвестиций в России найти не удалось: инвесторы ждали очень быстрой коммерциализации, в течение года-двух.

Не удалось найти и профессиональных менеджеров с научно-техническими компетенциями, которые могли бы поставить системные бизнес-процессы в компании, руководимой учеными без предпринимательского опыта. В 2012 году в этой истории появилась компания «Оптоган», предложившая сотрудничество в получении финансирования фонда «Сколково». Используя наработки Алешина, «Оптоган» получил поддержку «Сколково» в проекте, который предусматривал создание производства органических и композитных светодиодов в Петербурге. Однако «Оптоган» отказался взять в проект компанию «ТехИнКом» и работал с учеными как с группой физлиц. И уже на первом этапе работа пошла не так, как рассчитывали исследователи. В результате Алешин с коллегами вышли из проекта.

Сейчас Андрей Алешин продолжает работать в сфере полимерной электроники в качестве исследователя.

