



## “ГИБКАЯ” ЭЛЕКТРОНИКА НА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБКАХ

В наш век на смену традиционным громоздким электронным устройствам приходят все более миниатюрные и мобильные аналоги: телефоны, ноутбуки, электронная бумага. Прогресс не стоит на месте, и особая роль здесь, разумеется, отведена углеродным нанотрубкам (УНТ). В мартовском номере Nature Nanotechnology сообщается о производстве высокопроизводительных УНТ-тонкопленочных транзисторов (ТФТ) и интегральных схем на гибких и прозрачных подложках с помощью химического осаждения из газовой фазы с применением плавающего катализатора (floating catalyst chemical vapor deposition) с последующей газовой фильтрацией и несложным процессом переноса на подложку [D.Sun et al. – Nature Nanotech, 2011, т.6, с.156].

Получающаяся при таком подходе тонкая УНТ-пленка (рис.1) состоит из достаточно “прямых” нанотрубок длиной около 10 мкм. Газофазная фильтрация и процессы переноса, используемые авторами для изготовления тонких пленок на основе УНТ, могут вполне успешно использоваться и для создания устройств на гибких подложках. Авторы продемонстрировали тонкопленочные транзисторы (ТФТ) и интегральные схемы на углеродных нанотрубках, включающие инверторы, кольцевые генераторы, NOR- и NAND-логические вентили, RS-триггеры, триггеры с задержкой (D-триггеры) на подложках из хорошо известного в полиграфии полиэтиленафта-лата (рис.2).

При этом производительность ТФТ на подложке из полиэтилен-



Рис. 2. “Гибкие” интегральные схемы на углеродных нанотрубках

нафталата оказалась ничуть не хуже аналогичного ТФТ на кремниевой подложке. Подвижность носителей составляет  $35 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ , а соотношение on/off, характеризующее отношение уровней тока во включенном и выключенном состояниях, составило  $6 \cdot 10^6$ . Авторы не сомневаются в хорошей масштабируемости предложенной ими методики изготовления тонкопленочных транзисторов на углеродных нанотрубках применительно к “гибкой” электронике. Газофазная фильтрация нанотрубок при атмосферном давлении и процессы переноса на подложку, используемые в работе, позволяют получать однородные и достаточно большие образцы. Сам процесс фильтрации может быть с легкостью масштабирован посредством увеличения ширины выпускных отверстий и фильтров. Трафаретная и глубокая печать вполне смогут заменить используемые технологии литографии для создания образцов и изготовления электродов и контактов. В конечном итоге, можно утверждать, что работа, проделанная авторами, приблизила поставленную ими амбициозную цель – создать повсеместную и дешевую “гибкую” электронику.

М. Маслов. Печатается с разрешения информационного бюллетеня «ПерсТ»

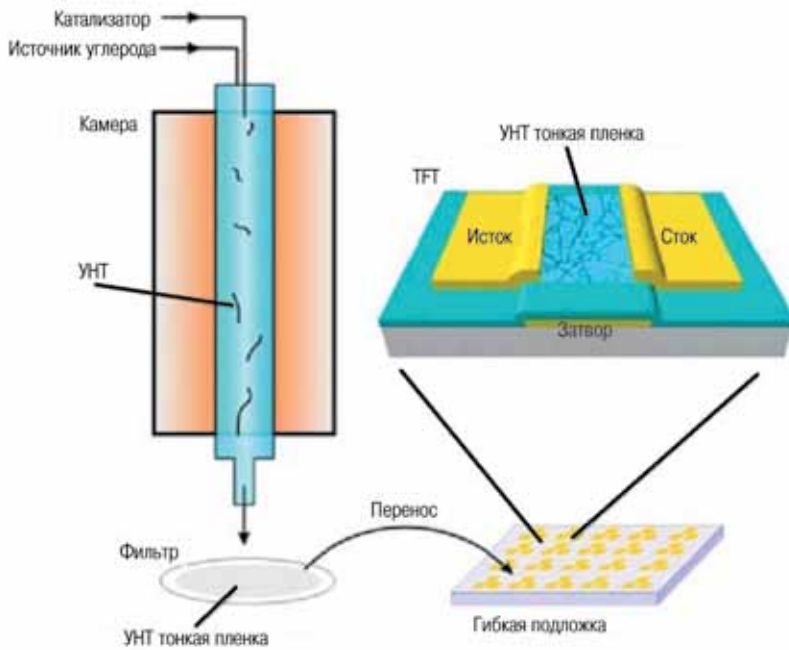


Рис.1. Схема процесса получения тонкой УНТ-пленки на гибкой подложке

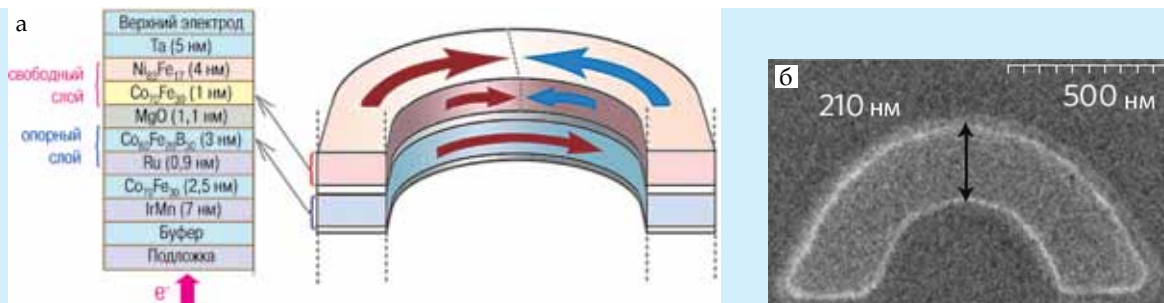


## “ПОДКОВАННАЯ” ПАМЯТЬ

Перемещение магнитных доменных границ с помощью поляризованного по спине тока является одной из физических идей, с которыми связывают будущее спиновой электроники. В недав-

ней статье международной команды, включающей в себя исследователей из французского CNRS, из Института общей физики РАН и японского AIST, продемонстрирован действующий прототип ус-

тройства, работающего на данном эффекте [Chanthbouala A. et al. – Nature Phys., advance online publ. (10 April 2011)]. Оно создано на основе магнитного туннельного пере-



Магнитный туннельный переход с перемещаемой доменной границей: а – многослойная структура с двумя магнитными слоями: опорным и свободным; б – изображение структуры в сканирующем электронном микроскопе

является главным элементом магнитной памяти произвольного доступа (MRAM), сочетающей в себе быстродействие полупроводниковых устройств с энергонезависимостью магнитной памяти.

Устройство представляет собой подковообразную сэндвич-структуру (см. рисунок). Центральную роль здесь играют магнитные слои: опорный, с постоянной намагниченностью, и свободный, в котором находится подвижная доменная граница. При протекании электрического тока, перпендикулярного слоям, опорный слой служит спиновым поляризатором: прошедшие через него

электроны становятся поляризованными по спину и начинают воздействовать на свободный слой. За счет эффекта передачи спина, являющегося разновидностью закона сохранения момента импульса, они стремятся перемагнитить свободный слой в направлении, совпадающем с направлением намагниченности в опорном слое. Изменение направления тока на противоположное оказывает обратное воздействие на свободный слой. Подковообразная форма выбрана с таким расчетом, чтобы действие магнитного поля тока на свободный слой складывалось с

действием тока за счет эффекта передачи спина. Совокупное влияние этих двух факторов приводит к тому, что доменная граница перемещается подобно стрелке гальванометра вправо или влево в зависимости от направления электрического тока.

В настоящее время в прототипах MRAM, основанных на движении доменных стенок, ток протекает параллельно слоям. Использование новой геометрии позволит понизить плотности токов в сотню раз, что сделает элементы памяти намного более надежными и существенно сократит тепловые потери.

*А.Пятаков. «ПерСт»*

# ИЗОБРЕТЕНИЯ В ВАКУУМЕ: ГИБКОСТЬ И ПРОЗРАЧНОСТЬ

Рассказывает заместитель директора по маркетингу  
и ВЭД компании ИЗОВАК С.Д.Тихонов



Компания “Изовак” – одна из наиболее успешных частных компаний, ключевыми областями деятельности которой являются разработка и оптимизация оптических покрытий различной сложности и назначения, разработка и оптимизация перспективных технологий напыления, а также производство установок для вакуумного нанесения тонкопленочных покрытий по спецификациям заказчика. Компания основана в 1991 году, расположена в Минске (Республика Беларусь).

**Сергей Дмитриевич, расскажите немного об истории создания вашей компании. Что означает ее имя – “Изовак”?**

“Изовак” – это сокращенное сочетание трех слов “изобретения в вакууме”. Название придумали основатели фирмы, которые вышли из стен лаборатории ионно-лучевой и плазменной технологий Минского радиотехнического института – ныне Белорусского Государственного Университета Информатики и Радиоэлектроники. Четверо друзей, среди которых был заведующий лабораторией, ныне он директор “Изовак”, – Ширипов Владимир Яковлевич, основали 19 лет тому назад фирму, занимающуюся напылением тонких пленок в вакуумной среде разными методами. Направление сложилось не сразу, вначале они занимались нанесением декоративных покрытий на бытовые технические предметы. Но поскольку все участники были выходцами из науки, ориентир на научные разработки они не теряли. А когда в 90-е годы начался бум по производству дисплейных экранов и продукции, требующей просветления оптики и сложных многослойных покрытий, все их знания и умения оказались востребованными. И тут проявилось не только наше умение наносить токопроводящие или сложные оптические покрытия, с 1997 года началась ориентация на разработку и изготовление оборудования для нанесения таких покрытий. Если сперва мы наносили покрытия сами, модернизируя имеющиеся старые установки, то, уловив момент начала мас-

сового спроса на оптические покрытия, мы сами начали разрабатывать оборудование.

К этому моменту относится удачное знакомство с нашими партнерами на Тайване. Это дало заметный толчок дальнейшему развитию компании “Изовак”, и в 1997 году началась поставка нашего оборудования на экспорт. Компания выросла с 30 до 95 человек за счет приглашения способных студентов. Ныне в ее структуру входит полноценная группа разработчиков: это конструктора, программисты-автоматчики, технологи по тонким пленкам, разработчики силовой электроники.

**Известно, что ваша продукция предназначена для массового производства, и в тоже время вы разрабатываете сложные тонкопленочные покрытия. Вы проводите научные испытания?**

Как вам сказать? Наша техника разрабатывается под определенного заказчика с его специфическими требованиями, но сами заказчики часто используют оборудование “Изовак” под массовое производство. Цикл создания установки напыления, от разработки до инсталляции у заказчика, составляет 6–7 месяцев. Задач очень много, они рождаются вместе с поступлением заказов на оборудование, что стимулирует нас развиваться дальше и дальше. Так что силами одной компании “Изовак” их не решить. Так появилось понятие «Izovac-Group». В нее входят Green Sputtering расположенная на Тайване, СП «Изотек-М» занимающееся механической обра-



боткой и изготавливающий оптические элементы, «Соликс» специализирующийся на росте лазерных кристаллов, и «Гринескст», занимающийся градиентными линзами. Все компании, вошедшие в группу, независимые, все они объединены оптическими проектами, но каждый занимается своим направлением.

“Изовак” сконцентрировал свои усилия на создании оборудования для нанесения оптических и функциональных покрытий и его технического обслуживания, компания всегда отличалась тем, что бралась за новые уникальные разработки и доводила их до успешного завершения. Делать оборудование по спецзаказу – это отличительная черта “Изовака”, несмотря на то, что у нас есть и стандартное оборудование. Кроме этого “Изовак” предлагает дополнительный сервис – нанесение покрытий. Но этот сервис как раз и является научной лабораторией нашей компании – это дополнительный полигон разработки оборудования, исследования свойств покрытий и технологий, то есть мы учимся и развиваемся на своем же оборудовании. Это самая лучшая площадка для подготовки кадров, молодые специалисты, отработавшие в отделе перспективных тонкопленочных технологий, могут работать технологами в любом оптическом предприятии и решать технологические проблемы любой сложности.

#### **Расскажите о ваших совместных проектах, в которых участвуют все компании, входящие в Izovac-Group?**

Первоначально группа образовалась под опто-волоконную тематику. Схема была такова: одна фирма выращивает кристалл, другая производит градиентные линзы для входа-выхода излучения из оптоволокон, третья – занимается нанесением покрытий на оптические элементы. В результате в одних руках сосредоточены все основные компоненты оптических волоконных систем. Но перегретый рынок, в который вложились почти все мировые лидеры, так и не развился. Многие компании продвигали оборудование для DWDM-фильтров, много денег было вложено в оборудование роста кристаллов ванадата иттрия. Но в результате потеряли все. Сейчас наш совместный проект – это изготовление активных элементов и Q-switch для лазеров, куда входит получение кристалла, нарезка и шлифовка элементов и градиентных линз, обработка и нанесение покрытий. Основные потребители этой продукции – Германия и США. Среди крупных заказчиков – компания IPG.

#### **Поговорим об оборудовании производства компании “Изовак”.**

Первоначально мы специализировались на оборудовании для нанесения покрытий для дисплейного применения, но направленность этих покрытий была оптической. Это бесспорно важное направление, и сейчас наш самый востребованный продукт – это вакуумные установки IzoLine, линейные системы проходного типа, используемые для производства сенсорных панелей. Похвастаемся, но



Камера вакуумной установки Ortus

это факт, что на нашем оборудовании изготавливают 60% всех touch-панелей для iPhone и iPod, выпускаемых в мире. Нет, конечно, не полностью весь экран, но две технологические операции выполняются на нашем оборудовании: нанесение прозрачного токопроводящего слоя и барьерного SiO<sub>2</sub>-покрытия. Надо понимать, что такое оборудование работает в массовом производстве, то есть время нанесения одного покрытия на подложку размером 1150×1300 мм (материнское стекло поколения G5+) составляет 40–60 с. Такая установка останавливается на профилактику раз в 1,5 месяца. Оборудование должно работать без сбоев долго и упорно.

Второе направление работы фирмы “Изовак” – это сложные оптические покрытия. Рынок – предприятия СНГ. Оптико-механическим заводам мы поставляем установки Ortus и Aspira. Их можно считать уже стандартным оборудованием для производства зеркал и оптических фильтров. Но, несмотря на это, каждая машина индивидуальна, так сказать “заточена” под конкретного заказчика.

#### **Оптика для лазерных устройств должна обладать лучевой стойкостью. Однако многие оптические покрытия портятся еще на этапе испытаний. Как вы решаете эти задачи?**

Мы стараемся быть на острие новых технологий. В этом году планируем два НИОКР в направлении изучения лучевой стойкости пленки с минимальным рассеиванием. Добиться минимального рассеивания – сложная комплексная проблема. В пленке это достигается лишь в том случае, когда образование дефектов сведено к минимуму, на что влияет и полировка элемента, и подготовка, и чистка его перед нанесением покрытия, и сам процесс напыления. Такие требования возникают у производителей лазерных зеркал для лазеров и лазерных гироскопов. Эти гироскопы в будущем будут встроены в каждую единицу транспорта. Сейчас в мире такие изделия получают ионно-лучевым распылением. К сожалению, на нашем оборудовании мы пока не добились удовлетворительных результатов. Судя по мировым успехам, следует использовать либо оксид гафния, либо оксид циркония, но то самый простой шаг, далее мы уже имеем соглашения с несколькими производителями лазеров по



Линейная вакуумная установка проходного типа Izoline-1000

тестированию наших образцов. Для решения задачи будем использовать новые сеточные ионно-лучевые источники. После проведения испытаний, воз-

Следующий шаг, который сейчас разрабатывается и уже прошел тестовые испытания, – это полностью автоматический оптический контроль, позволяющий без вмешательства оператора получать сложные оптические покрытия.

### А какие технологии пришли из недр и опыта компании ?

Мы используем метод ионно-лучевого распыления, он имеет высокую воспроизводимость по сравнению с другими методами нанесения пленок, например испарением. Достоинство его в том, что распыленные частицы имеют высокую энергию по сравнению с низкоэнергетичными частицами, вылетающими при испарении. От энергии зависит формирование пленки на подложке: чем выше энергия, тем глубже внедряются частицы в структуру подложки, тем выше адгезия. Возьмем, к примеру, сложный узкополосный фильтр. Плотность покрытия играет важную роль для элементов, работающих в критичных условиях эксплуатации, – например, повышенной влажности. Когда в поры рыхлой пленки попадают молекулы воды, то спектральная характеристика фильтра смещается, при получении пленки ионно-лучевой технологией такого не наблюдается. При этом существенно уменьшаются поглощение, рассеяние и шероховатость пленок, а твердость и стойкость к истиранию повышаются. Многие наши заказчики после получения выполненного заказа отказывались от операции склейки фильтра с защитным стеклом от внешних факторов. Технология ионно-лучевого распыления имеет еще ряд достоинств:

- возможность наносить покрытия при низких температурах менее 70°C, это критично при нанесении покрытия, например, на пластик или другие

*Задач очень много, они рождаются вместе с поступлением заказов на оборудование, что стимулирует нас развиваться дальше и дальше.*

можно, мы приступим к новым разработкам. Это будет новое семейство оборудования. Заказчиков уже много – на Украине и в России.

### А есть ли в компании разработки, которые можно назвать «хорошо забытым старым»?

Конечно есть – это наша вакуумная установка с электронно-лучевым испарением – Ortus, что означает восход, возрождение. Как говорить – классика в новом исполнении, мы понимаем, что это направление максимально конкурентно, но все равно мы должны предлагать свою “классику” на нашем домашнем рынке. В этой установке используются традиционные подходы по нанесению оптических покрытий. Однако некоторые ключевые технологические устройства мы опять же делаем сами. Например, ионный источник ассистирования «Стрелок», предназначенный для уплотнения испаряемых пленок, а также встроенные системы оптического контроля Invisio, помогающие оператору в реальном времени видеть оптические кривые покрытий, которые наносятся сейчас в камере.

изделия, чувствительные к нагреву,

- возможность контролируемо наносить ультратонкие покрытия толщиной 20-30 ангстрем,
- метод позволяет переносить сложные композиционные материалы мишени на подложку.

### Ваша технология близка к технологиям микроэлектроники. Вы планируете перейти к разработке оборудования для производства микроэлектронных устройств?

Скажем так: специально на этот рынок мы не нацелены, поскольку на рынке микроэлектронных технологий существуют другие компании – наши конкуренты, но положительные отзывы по реализации сложных проектов приводят к тому, что к нам приходят заказчики с заданиями на такую продукцию. Если сделано грамотное ТЗ и мы можем в плотном контакте поработать с заказчиком и понять, что ему реально нужно, какие технологические проблемы мы должны решить, мы беремся за такую работу. Специально для этого в компании создано направление нестандартного вакуумного обо-



рудования. Сейчас мы разработали общую платформу для установок под названием Atis, с этим оборудованием и будем пробиваться на рынок. Наши разработки касаются только гибридных схем, на уровень полупроводниковых устройств мы не вышли, да и сложно там конкурировать. А вот на рынке in-line-машин мы напрямую конкурируем с мировыми производителями, это отдельное бизнес-направление, и там сосредоточены лучшие наши кадры.

Отдельный продукт – технологические узлы: ионные источники напыления, очистки и травления. Заказчики из Японии и Южной Кореи встраивают в свое оборудование наши технологические устройства. Сейчас популярна технология Roll-to-Roll, где нанесение покрытий осуществляется на рулон гибкой подложки, там применяются наши источники очистки протяженностью 1,6–1,8 м.

#### **А производите ли вы лабораторные установки для научных исследований?**

Для решения оптических задач высокой сложности разработана новейшая вакуумная установка «Аспира-150» – это комбинация различных технологий напыления, совмещенная со средствами спектрального контроля. На ней можно изготавливать узкополосные фильтры, высокоотражающие зеркала, многоволновые спектроделители, то-

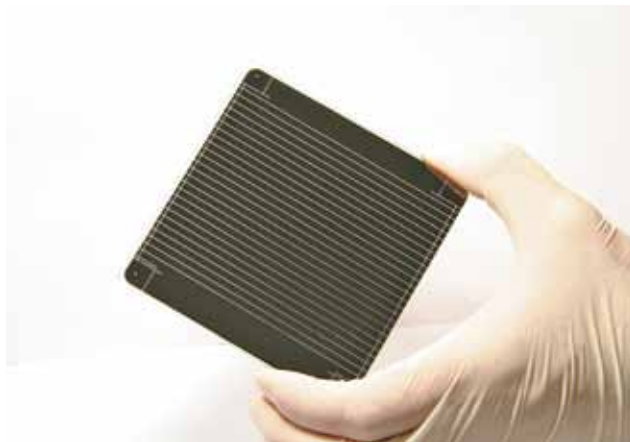
***Дополнительный сервис – нанесение покрытий. Но этот сервис как раз и является научной лабораторией нашей компании – это дополнительный полигон разработки оборудования, исследования свойств покрытий и технологий, то есть мы учимся и развиваемся на своем же оборудовании.***

копроводящие покрытия, и, например, такой необходимый для входных окон CCD-матриц сложный фильтр из четырех прецизионных интерференционных фильтров, совмещенных на одной подложке.

«Аспира» может являться хорошей лабораторной установкой, но в основном мы нацелены на производственные цели. Например, вакуумная установка Velox: маленькая площадь, легкость работы, гибкость, быстрый цикл нанесения, синхронизация работы с конвейером делают ее оптимальной для нанесения декоративных металлических слоев на пластиковые и металлические изделия. В качестве дополнительной опции мы можем оснастить Velox системой ионно-лучевой очистки для улучшения адгезии и технологией нанесения NCVM- (Non Conductive Vacuum Metallization) покрытий.

#### **Среди большого разнообразия своих разработок какие технологические достижения вы особенно выделяете?**

Конечно, это разработка алмазоподобных покрытий. Мы разработали прямое ионно-лучевого осаждение алмазной пленки из газовой фазы, для этого используем протяженные источники собственной разработки. Особенность технологии, которую запатентовали под названием «Вакуумный сканнер», в том, что она позволяет наносить покрытия на габаритные изделия, на-



Солнечный элемент на основе CIGS-технологии

пример на смотровые окна размером 320×440 см. Эта технология прошла проверку и сертифицирована в компании «Томсон» (Франция) и в нескольких российских лабораториях. Мы гордимся этой технологией. Такие покрытия используются как просветляющие и упрочняющие для ИК-оптики, в частности входных окон тепловизоров. В этом году планируем начать поставку оборудования с такой технологией на предприятия России и Индии.

#### **У вас такое наукоемкое производство, ваша продукция востребована. Поддерживает ли ваши разработки Роснано?**

Роснано интересовалось нашей компанией, ведь мы наносим тонкопленочные слои наноразмеров и в целом стараемся идти в ногу с современными технологиями, но пока конкретных проектов нет. Сейчас же мы развиваем технологию – производство тонкопленочных солнечных элементов на основе соединения  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$  (CIGS-соединение). Компания «Изовак» подготовила чертежи и наша возможная цель – создавать и поставлять заводы по производству тонкопленочных солнечных элементов. Технология уже прошла лабораторные испытания. Весь вопрос в сочетании эффективности преобразования солнечной энергии и затратах на производство модулей солнечных элементов. Лучший результат, полученный нами на элементе площадью 10×10 см, дал эффективность 11,3%. Оборудование лабораторное, поэтому размеры панели так малы. Для технологии CIGS-соединений – это средний результат, повторяющий результаты других лабораторий мира. Конечно, эффективность кремниевых батарей выше, но и себестоимость их изготовления намного выше, чем  $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ -элементов. Надеемся, что поднимем эффективность до 17%. Это возможно. Панели образуются при одновременном испарении четырех элементов – Cu, In, Ga и Se. Необходимо получить CIGS-пленки толщи-



Изготовление сенсорных дисплеев для Apple iPad на оборудовании ООО "Изовак"

ной 1–2 мкм с поликристаллической крупнозернистой структурой типа халькопирита с определенной кристаллографической ориентацией. При этом должен быть обеспечен определенный профиль по толщине в соотношении концентраций Cu/(In+Ga) и Ga/(In+Ga), а содержанием селена близко соответствовать формуле  $Cu(In,Ga)Se_2$ . Поэтому приходится использовать очень сложную технику контроля и процедуры управления процессом. Важно то, что эта технология масштабируема. Следующий шаг – это создание пилотной линии, переговоры с партнерами уже идут. Дело в том, что в цикле изготовле-

***Похвастаемся, но это факт, что на нашем оборудовании делают 60% всех touch-панелей для iPhone и iPod, выпускаемых в мире.***

ния данной продукции фотовольтаики существуют операции, которые не входят в сферу нашей деятельности, – это скрайбирование, ламинация, транспорт. Параллельно ищем заказы. Ориентировочная стоимость готового завода на 25–30 МВт/год порядка 50 млн. дол. Это первый шаг – дальше пойдем в рулонную технологию.

**Расскажите, кто они – ваши заказчики. И как вы справляетесь с проблемой расширения круга конкурентов? Ведь тот, кто купил у вас оборудование, уже не обратится к вам с заказом на изготовление покрытий.**

Сейчас в России создан оптический холдинг, мы работаем с входящими в него оптико-механическими заводами, в том числе головным Уральским ОМЗ, есть заказчики, входящие в Роскосмос и Росатом, в основном эти предприятия работают на ВПК. Услуги по нанесению покрытий – это, с одной стороны, полигон по отработке технологии и самой техники, но, с другой стороны, выполнение заказа подтверждает, что на нашем оборудовании можно получить реальные сложные покрытия. То есть сначала заказчики просят изготовить сложное покрытие, а когда видят, что оно получилось, – с удовольствием покупают оборудование.

До недавнего времени политика компании была такова: не распространять широко оборудование с

критичными для нас технологиями, например, нанесение DLC-покрытия. Сначала мы так и делали – не распространяли оборудование, на котором сами наносили покрытия. Сейчас мы понимаем, что вся тонкость нашего бизнеса в том, что мы ведем работу по двум направлениям, которые сами себя убивают. Кто покупает у нас оборудование, тот через какое-то время перестает быть нашим заказчиком. И эта балансировка между двумя бизнесами существует. Но с другой стороны, мы воспитываем крупных заказчиков, которые могут купить у нас оборудование, но при этом удерживаем у себя большую часть других заказчиков, которые либо не имеют компетенций нанесения тонкопленочных покрытий, либо объемы их заказов недостаточны, чтобы окупить дорогостоящее оборудование.

**Где расположено ваше производство?**

У нас два основных производства: одно, находится на Тайване, другое в Белоруссии. Ситуация сложилась так, что металлообработку требуемого нам качества и сроков выполнения мы уже не в состоянии проводить на территории СНГ, поэтому все вакуумные камеры делаются на Тайване. Это удобно и с точки зрения близости заказчиков по линейным установкам – Китай, Корея, Япония. В Белоруссии сейчас сосредоточен центр разработки и окончательная сборка для рынка СНГ. Нам очень повезло с партнерами в Тайване. Изначально они представляли венчурный капитал, ведь для того, чтобы войти на рынок, нужны определенные гарантии. Наши партне-

ры нам поверили и дали гарантии, в том числе и финансовые. Мы поставляли оборудование в ряд крупных компаний – CPT, LG, Optimax, Ritek. Поставляли в Японию для компании Sharp лабораторное оборудование для исследования операции инкапсуляции в OLED (Organic Light Emitted Display).

**Как для такой широкой географической распродоточенности вы осуществляете техническое сопровождение? В России с обучением персонала большие проблемы?**

Для крупных заказчиков у нас есть группа технической поддержки: 2–3 сотрудника работают так же круглосуточно, как работают наши установки. Кроме того, после инсталляции оборудования идет обучение специалистов заказчика, через определенное время воспитанный нами персонал полностью заступает на обслуживание оборудования. Мы практикуем два этапа сдачи оборудования. Первый – у нас на предприятии на конечном этапе сборки, когда при подготовке оборудования к сдаче персонал заказчика вместе с нашими инженерами готовит установку к выпуску. Буквально закручивает гайки, то есть фактически присутствует при рождении оборудования. Второй этап – на территории заказчика, мы приезжаем и остаемся на неделю. Когда заказчик начинает все трогать руками – он учится.

Сейчас ведем переговоры с российскими партнерами по передаче им задач по сервисному обслуживанию, но есть некоторые проблемы: являясь братскими народами, мы не можем попасть на некоторые предприятия ВПК. У нас разработана собственная программа обучения, ее проходят как новобранцы самого "Изовака", так и представители заказчика, благо у наших основателей большой опыт преподавания еще с института. Сейчас персонал – это большая тема для России, произошел большой разрыв между старыми специалистами и молодежью, многие боятся современного компьютеризированного оборудования. Много усилий мы тратим на создание искусственного интеллекта, улучшаем интерфейс наших

технологии. В структуре фирмы "Изовак" существует специальный отдел патентования. Патенты мы делаем мировые (Япония, Америка, Китай), защищаясь на тех рынках, где продаем.

Например, в области LCOS-приборов, которые широко используются для проекционных систем отображения информации, мы запатентовали свою технологию нанесения ориентирующих покрытий. Такие покрытия, выполняя функцию исходного однородного упорядочения слоя ЖК, являются необходимым элементом всех ЖК-устройств. В связи с быстрым развитием проекционных систем, основанных на LCOS-дисплеях, используемых в рекламных целях, стала заметной проблема недостаточной све-

*... мы никогда не останавливаемся на достигнутом, мы развиваемся. Получается, что тот, кто копирует нас, уже не успевает за нами.*

программ. Ведь известно, что инженеры пожилого возраста, привыкшие к работе на более простом оборудовании, теряются при работе на современных установках. Поэтому мы переходим на полностью автоматизированное управление.

**Ваши планы предполагают расширение производства. Вы обходитесь без кредитов?**

Я уже говорил, что второе направление нашей деятельности – это услуги по покрытиям. А сложные покрытия – это высокорентабельный бизнес, тем более по оборудованию всегда есть авансирование. Так что денежные потоки мы регулируем, есть возможность перехода средств от проекта к проекту. Сейчас компания выпускает до 20 установок различной сложности в год, но нужно понимать, что по объемам три in-line-системы – это практически 15 установок Ortus. При этом заказы компании расписаны вперед. Оборот "Изовак" по дисплейному направлению составляет 20 млн. долларов, по России – 5 млн. долларов.

Наша идея не в том, чтобы просто продавать оборудование. Мы продаем инструмент с технологией, ведь у нас блестящие технологии по тонкопленочным покрытиям. На данный момент мы усиливаем наше производство на Тайване, недавно открыли новый сборочный цех. Планируем выйти на рынок континентального Китая, уже открылся китайский сайт компании "Изовак". Считаем также перспективным рынком Индию. Бизнес в России планомерно растет каждый год, как по продаже оборудования, так и по напылительным услугам. В планах – открыть площадки по нанесению покрытий в нескольких ключевых регионах России. Собираемся поработать с ближней Европой – Болгарией, Словакией, Чехией, Прибалтикой.

**А как обстоит дело с защитой интеллектуальной собственности у вас на фирме?**

Честно признаю, что были попытки скопировать наше оборудование. Но мы стараемся, чтобы сердце нашего оборудования было именно в технологии а не в "железе". Поэтому мы защищаем свои

то- и температурной стойкости полимерных вертикально-ориентирующих слоев неорганических покрытий. Большинство фирм, массово производящих вертикально-ориентирующие покрытия для современных ЖК-дисплеев, получают их методом натирания полимерных слоев, что ведет к образованию статического электричества на поверхности. Наша компания разработала оригинальную технологию формирования ориентирующих покрытий путем наклонного нанесения пленок SiO<sub>2</sub> ионно-лучевым распылением. Благодаря ей, покрытие, выполненное из неорганического материала, по сравнению с промышленно используемыми покрытиями из органических материалов обладает высокой стойкостью к температуре и УФ-излучению.

**Вы стремительно осваиваете новые технологии нанесения оптических тонкопленочных покрытий. Скажите, чего можно ожидать от вас лет через пять?**

Ну, через пять лет мир может быть совсем другим. Задумок много, например хотим подтянуть свои технологические компетенции и попробовать новые технологии, которые в мире уже известны, но еще не применялись в нашем оборудовании: нанесение тонких слоев металлов из магнетронов с последующим быстрым прокислением. Особенность технологии заключается в высокоскоростном получении стабильных покрытий для фильтров сложной многослойной структуры, когда число слоев доходит до 100. По линейным машинам – планируем перейти на новые машины: сейчас машины работают для поколения G5, перейдем на G6 и G7 touch-панели. Надеемся, что начнем работать в солнечной энергетике как поставщики оборудования.

Хочу сказать, что мы никогда не останавливаемся на достигнутом, нас не догнать – мы постоянно развиваемся. Получается, что тот, кто копирует нас, уже не успевает за нами.

**Желаем вашей компании успехов в развитии новых проектов!**

С С.Д.Тихоновым беседовали И.В.Шахнович и Н.А.Истомина