

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ФОТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Надо чаще встречаться

Нет смысла говорить о разнообразии задач, которые сегодня решаются с помощью телевизионных фотоэлектронных приборов. Поэтому понятен интерес специалистов к современному состоянию разработок и технологии производства, рассмотренным на XII научно-технической конференции по телевизионным фотоэлектрическим приборам и устройствам на их основе (27-29 июня 2001 года, Санкт-Петербург). Учитывая важность темы, а также тот факт, что это первая за последние десять лет конференция, посвященная такой тематике, редакция сочла целесообразным осветить ее более полно, представив о ней два отчета.

ИТОГИ КОНФЕРЕНЦИИ

Выбор места и времени проведения "большого разговора" электронщиков России – ОАО ЦНИИ "Электрон" – не случаен. 45 лет назад в Ленинграде был образован Всесоюзный центральный научно-исследовательский институт электронно-лучевых приборов (впоследствии – ОАО ЦНИИ "Электрон"), ставший крупнейшим разработчиком и производителем телевизионных фотоэлектронных приборов и датчиков изображения (вакуумных и твердотельных), систем на их основе, а также уникального технологического оборудования. Приборы института нашли широкое применение в важнейшей космической аппаратуре, предназначенной для исследования комет и планет Марс и Венера, в высокоточных ТВ-средствах наблюдения и ориентации систем вооружения.

Интерес участников к нынешней встрече был чрезвычайно высок. Специалисты заметно "изголодались" по живому общению, – ведь для большинства из них (а это, к сожалению, люди уже достаточно зрелого возраста) интерес к работе превратился, пожалуй, в единственный способ самоутверждения.

На шести секциях конференции было представлено более сотни докладов практически от всех предприятий России, так или иначе связанных с фотоэлектроникой. География участников включала Москву, Санкт-Петербург, Самару, Нижний Новгород, Рязань, Калугу, Иркутск, Новосибирск и другие города.

Организаторы конференции, а ими были ОАО "Российская электроника" и ОАО ЦНИИ "Электрон", ставили перед собой следующие цели:

- создать условия для обмена научно-технической информацией о разработках и потребностях российского и зарубежных рынков в фото- и оптоэлектронных приборах;
- определить перспективные направления научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в области телевизионной фотоэлектроники и познакомить участников с конкурентоспособными ИЭТ, разработанными и выпускаемыми предприятиями.

В ходе проведения "круглого стола" конференции были выявлены наиболее актуальные направления разработок, которые позволят не только сохранить отечественный уровень фотоэлектроники, но и создать резервы возможного опережения мирового уровня.

К таким направлениям в области **фотоэлектронных ИК-приборов** следует отнести разработку неохлаждаемых матричных пирозлектрических и болометрических приемников 8–14-мкм диапазона с эквивалентной шуму разностью температур, NETD < 0,07K, матричных ИК-приемников на барьерах Шотки 12–14-мкм диапазона и фотоприемных устройств с первичной обработкой ИК-изображения. Необходимо наращивать массив элементов, в том числе путем создания многоматричных сборок, а также организовать по корпоративной схеме производство недорогих тепловизионных камер на базе отечественных пировидиконов.

Основная проблема в области **высокочувствительных фотоэлектронных приборов** – создание современных ЭОП и унифицированных гибридных приборов (ЭОП+ФППЗ) со смещением спектрального диапазона в УФ- (120 нм) и ИК-диапазоны (1,6 мкм) для систем ночного видения. Следует ввести в строй пилотную линию технологического оборудования по формированию структур на полупроводниковых соединениях типа А³В⁵ способом МОС-гидридной и газовой эпитаксии. Необходимо высоковакуумное оборудование переноса со шлюзовой загрузкой, манипулятором, запрессовщиком и камерой финишной химической очистки структур для получения фотокатодов ИК- и УФ-областей спектра.

Для развития **фоточувствительных приборов с переносом заряда (ФППЗ)** и систем на их основе основное внимание следует уделить разработке матричных ФППЗ, в том числе большеформатных с субэлектронным уровнем шумов, обеспечивающих работу в реальном масштабе времени при уровне освещенности до (2–3)·10⁻⁵ лк; фоточувствительных КМОП-приборов, для чего требуется переоснащение технологического оборудования, а также серии матричных радиационно стойких и высокоскоростных ФППЗ с эффективным антиблужингом и электронным затвором.

В области **оптоэлектронных приборов** нужны новые экономичные твердотельные лазеры, ИК-приемники и экраны. Для создания оптоэлектронных приборов, работающих в экстремальных условиях воздействия внешней среды, необходимо исследовать возможность использования широкозонных материалов (GaN, SiC и др.).

К перспективным работам в области **фотоэлектронных приборов мгновенного действия** относится создание и освоение



производства магнитоустойчивых фотоумножителей, а также малошумящих ФЭУ для регистрации световых потоков, начиная с уровня одного фотоэлектрона и больше.

Как было единодушно отмечено участниками конференции, одно из важнейших условий реализации изложенных предложений – немедленное переоснащение парка технологического оборудования, которое за 15–20 лет эксплуатации устарело физически и морально. Безусловно, это очень дорогое "удовольствие", и ни у одного из предприятий отрасли на него нет достаточных оборотных средств. Здесь нужна национальная федеральная программа. Иначе – тупик. Хороший резерв для успешного проведения новых разработок фотоэлектронных приборов и, особенно, систем на их основе – укрепление корпоративных связей предприятий подотрасли.

Подчеркивалась необходимость скорейшего пополнения молодыми специалистами кадрового пробела, вызванного годами перестройки. Тем более, что сегодня уже сформированы необходимые условия для их привлечения. Это и прямые договоры с вузами, и работа через базовые кафедры на предприятиях, отсрочка от службы в армии, привилегированный уровень зарплаты (работа по контракту) и т.п.

В кулуарах участники конференции высказывали благодарность организаторам за идею проведения такой встречи, ее достаточно высокий уровень (подготовка помещений, оргтехники, организация питания, экскурсий, выдача VIP-участникам при регистрации биометрических удостоверений личности в виде пластиковых карт, включающих отпечатки пальцев и т.д.), а также выразили желание, чтобы подобные мероприятия проводились регулярно, не только по юбилейным датам.

И. Васильев, С. Татаурциков, А. Штам

Каковы же успехи отечественных предприятий в разработке перспективных телевизионных фотоэлектронных приборов и устройств на их основе? В соответствии с выработанными рекомендациями конференции сегодня интенсивно развивается технология построения неохлаждаемых **матричных и линейных ИК-приемников**, в том числе на основе пирозлектрических приемников. Такие приемники, в отличие от квантовых, не имеют длинноволновой границы чувствительности и могут работать в диапазоне от УФ- до ВЧ-излучения. Основные их достоинства – высокие технические характеристики, достигаемые без охлаждения, компактность, автономность, низкая энергоемкость, простота и удобство в обращении, относительно низкая цена. Первые попытки создания неохлаждаемых до криогенных температур матричных пирозлектрических приемников и тепловизионных камер на их основе были предприняты в 80-е годы рядом исследовательских лабораторий Англии, Австралии и США. Выпускать эти устройства начали в 1996 году. Сегодня камеры на неохлаждаемых ИК-матрицах выпускают фирмы Raytheon, FLIR Systems, Electrophysics, Infrared Components, MSA (американское отделение английской фирмы EEV).

Разработка элементов неохлаждаемых камер ведется и в России. Так, в ОАО ЦНИИ "Электрон" создан не имеющий аналогов пировидикон с электростатическим отклонением. По чувствительности он на порядок превосходит обычные пировидиконы – более 50 мкА/Вт в режиме панорамирования и 25 мкА/Вт в режиме однократной экспозиции, причем чувствительность слабо зависит от температуры в диапазоне -10...+50°C. Разрешение прибора 350 лин./растр. NETD тепловизионной камеры на базе пировидикона не превышает 0,1К, разрешающая способность ≥ 300 лин./растр при $F/D = 1$.

Еще одно важное направление работ в области создания ИК-приемников – поиск новых фоточувствительных материалов. В Институте физики полупроводников СО РАН (Новосибирск) разработаны фотоприемные 128x128 модули на основе гетероструктур HgCdTe/GaAs с разрешением при температуре жидкого азота 0,02° и 0,032° при частоте кадров 50 Гц. Граница чувствительности модулей 6,0 и 8,7 мкм, соответственно. Там же создана 128x128 фотоприемная матрица на основе многослойной структуры GaAs/AlGaAs с квантовыми ямами. Максимум чувствительности матрицы – в области 8 мкм, температурное разрешение – 0,021° (рабочая температура 54К) и 0,06° (65К).

В ГУП "Пульсар" (Москва) изучается возможность применения кремния, легированного галлием, для изготовления матричных ФПУ ИК-диапазона, спектральная чувствительность которых лежит в области 3,0–16,5 мкм (рабочая температура 25–28К). А в НИИ "Гириконд" (Санкт-Петербург) отработана технология формирования тонких поликристаллических, хорошо текстурированных слоев твердого раствора PbSe-CdSe с заданным уровнем легирования электрически активных примесных центров как *n*-, так и *p*-типа. Меняя соотношение компонентов, можно изменять положение красной границы в пределах 3,5–5,2 мкм и максимум чувствительности в пределах $2 \cdot 10^{10}$ – 10^{10} Вт⁻¹·см·Гц^{0,5}. На основе этих структур созданы охлаждаемые и неохлаждаемые одноэлементные и многоэлементные (128 элементов размером 50 мкм каждый) одноцветные и многоцветные фоторезисторы и фотодиоды с временем отклика 3–50 мкс. Приборы нашли применение в извещателях пламени; пирометрах, работающих в диапазоне температур 100–1200°C при неблагоприятных условиях окружающей среды; малогабаритных теплообнаружителях с разрешением 0,6° и т.п.

В ЦНИИ "Электрон" успешно решается проблема регистрации излучения небольших объектов (например, работающих элементов ИС) в прозрачной для ИК-излучения среде. Первый шаг на этом пути – матричный ИК ПЗС с фоточувствительным элементом на барьере Шотки, формируемым силицидом платины. ПЗС предназначен для систем регистрации траектории быстро перемещающегося (в пределах одного или нескольких кадров) слабо нагретого источника импульсного ИК-излучения в спектральном диапазоне 3–5 мкм. Пороговая чувствительность прибора около $5 \cdot 10^{-13}$ Вт/элемент, коэффициент фотозлектрической взаимосвязи $\leq 5\%$, время преобразования излучения фотодетектором равно длительности кадра, время формирования сигнала – примерно 10^{-6} с. Работа показала возможность применения ФПЗС с фотоэлементами на барьере Шотки для создания ИК-микроскопов 3–5-мкм диапазона.

Совместными усилиями специалистов ГУП "Пульсар" (Москва), АООТ "НИИМЭ" и завод "Микрон" (Зеленоград) и "ЦКБ-Прогресс" (Самара) разработан ФПЗС со схемой временной задержки и накопления заряда (ВЗН) для камер формирования видеосигнала движущегося изображения. Матрица ФПЗС (2000x2000 элементов и более) отличается сверхплотной упаковкой, малым размером чувствительного элемента (7x7 мкм) и высоким разрешением. Трудности создания таких структур – в обеспечении максимальной зарядовой емкости, т.е. возможности накопления и переноса заряда величиной около 10^5 электронов. Чувствительность матрицы регулируется в широком диапазоне. Она принимает, накапливает и переносит заряд при скорости перемещения изображения по фоточувствительному полю до 130 мм/с. Сегодня отечественная промышленность готова изготавливать матричные и линейные ФПЗС этого типа с размером ячейки до 4,5x4,5 мкм.

В области новейших ФПЗС нельзя не отметить работы предприятия "Электрон-Оптроник" (Санкт-Петербург), такие как, например,

гибридные приборы на основе электронно-чувствительных ПЗС (ЭЧ ПЗС), формируемые на утоненной подложке кремния (альтернатива сочлененным ПЗС и ЭОП), для ТВ-систем наблюдения и цифровых камер. На основе ЭЧ ПЗС уже выпущены высокочувствительные приборы инверторного типа с многощелевым фотокатодом диаметром 18–80 мм, которые смогут найти применение в низкоуровневых ТВ-системах наблюдения, используемых в медицине (для рентгенодиагностики), исследованиях физики частиц высоких энергий. Испытания в центрах Японии (КЕК) и Швейцарии (CHORUS) показали их высокую надежность при высоких значениях разрешения и чувствительности. Сейчас ведутся работы по созданию 1024x1024 ФПЗС-матриц.

Признавая монополию ФПЗС на рынке фотоприемников, специалисты не оставляют без внимания и КМОП-приемники. Разрабатываются такие устройства и в России, хотя, к сожалению, из-за недостатка средств отечественные предприятия, обладающие богатым опытом создания и производства ПЗС, не принимают в них активного участия. Тем не менее, о видеокамерах на основе матричных КМОП-приемников (число элементов до $4 \cdot 10^6$) для систем технического зрения сообщили представители ГосНИИ "Физпроблем" (Зеленоград). Правда, в этих камерах использованы фотоприемные структуры фирмы Agilent.

В современных условиях локальных войн и вооруженных конфликтов необходима аппаратура военного назначения, оснащенная системами наблюдения, способными функционировать круглосуточно при плохой видимости (снег, туман, дым) и без специального охлаждения. В ЦНИИ "Электрон" создан высокочувствительный матричный ФПЗС ночного видения с разрешением 768x580 элементов и кадровым переносом заряда, работающий в видимом и ближнем ИК-диапазонах. Прибор содержит секцию накопления с высокой квантовой эффективностью, секцию памяти, выходной регистр, обеспечивающий перенос заряда на частоте 15 МГц при размахе управляющих импульсов не более 10 В, и два симметричных выходных узла для эффективного подавления тактовых помех сброса во внешнем дифференциальном усилителе. Возможна волоконно-оптическая стыковка с ЭОП второго и третьего поколений.

Одно из самых перспективных направлений развития современных оптоэлектронных приборов наблюдения и прицеливания – создание комбинированных устройств, работающих в разных спектральных диапазонах, например в видимом (на основе ЭОП) и ИК (на основе тепловизионных приемников). Физические и технологические ограничения пока не позволяют решать эти задачи в полном объеме стандартными способами, и создаваемые приборы зачастую имеют существенные недостатки. Ученые Конструкторско-технологического института прикладной микроэлектроники СО РАН предлагают решить эту проблему с помощью объектива с разделенным зрачком, предназначенного для систем, работающих одновременно в трех диапазонах длин волн – 0,6–0,9; 3–5 и 8–12 мкм. Фокусное расстояние объектива 100 мм, угловое поле зрения 10,4° (ТВ-канал) и 4,14° (ИК-канал), спектральный диапазон 0,68–0,88 (ТВ-канал) и 3–5 и 8–12 мкм (ИК-канал).

Принципиально новый ИК-объектив, в котором использованы так называемые дифракционные оптические элементы типа киноформ, предложили разработчики Института точной механики и оптики. Объектив формирует изображение за счет дифракции света на своей структуре и предназначен для охлаждаемых ИК-приемников на основе ПЗС-матрицы. Применение таких элементов позволяет улучшить технические характеристики оптической системы, уменьшить число линз и массу прибора (примерно в 1,5–2 раза), а также снизить его стоимость. ИК-объектив с дифракционным опти-

ческим элементом работает в спектральном диапазоне 3–5 мкм, его фокусное расстояние – 276 мм, диаметр входного зрачка – 180 мм, относительное отверстие – 1:1,53.

В России хорошо освоено производство **электронно-оптических преобразователей (ЭОП)** и разнообразных пироэлектрических материалов. Поэтому это направление работ заслуживает самого пристального внимания. Особенно успешны отечественные разработки гибридных устройств. Так, в новом ЭОП, созданном ЦНИИ "Электрон" для приборов ночного видения (ПНВ), вместо обычной микроканальной пластины и люминесцентного экрана использованы фотокатод с микроканальными пластинами и бомбардируемые электронами матрицы ПЗС. Это позволило продвинуть спектральную характеристику ПНВ в 1,6-мкм диапазон (область большей прозрачности атмосферы) и тем самым увеличить дальность его действия. Современные ЭОП первого–третьего поколений работают, как правило, на длине волны 0,9 мкм. Чувствительность ПНВ на таких приборах близка к предельно возможному значению.

Исследования новосибирскими учеными (Институт физики полупроводников СО РАН и Новосибирский Государственный университет) технологии изготовления полупрозрачных фотокатодов для низкоуровневых активно-импульсных телевизионных гибридных систем на основе ЭОП и ПЗС-телекамеры (лучшее сочетание компонентов на сегодняшний день) показали, что самые высокие технические характеристики у катодов на основе арсенида галлия. Разработана технология, позволяющая получать фотокатоды с воспроизводимыми характеристиками, в том числе с чувствительностью до 2500–3000 мкА/лм. У лучших современных фотокатодов этот параметр составляет 2500 мкА/лм, тогда как теоретический его предел при реализации максимальной вероятности выхода электронов в вакууме – значительно выше 4000 мкА/лм.

Диапазон 8–14 мкм перспективен для визуализации объектов в мутных средах (дым, снег, дождь, пыль и пепел), а также в полной темноте. Этот диапазон у нас и за рубежом осваивается с помощью охлаждаемых жидким азотом преобразователей (что неудобно на практике) и с помощью болометрических матриц, требующих высокого усиления по току. Разрешение лучших неохлаждаемых матричных приемников – 400 телевизионных линий, чувствительность 0,1°.

Новый класс преобразователя излучения в диапазоне 8–14 мкм в излучение видимого диапазона – пироЭОП – предложен специалистами НИИ "Платан" и НПП "Гамма" (г. Фрязино). Он обеспечивает визуализацию слабо нагретых тел по их тепловому излучению без охлаждения, механического сканирования и подсветки и сможет найти применение в оптико-электронных системах наблюдения, прицеливания, разведки и др. Основной элемент прибора – нетрадиционная для ЭОП оптически прозрачная в ИК-диапазоне мишень, управляющая электронным потоком, который трансформируется в видимое изображение на катодолюминесцентном экране или в телевизионный сигнал ПЗС-матрицы. Это позволяет использовать современные средства обработки телевизионных сигналов. Мишень изготовлена на основе пироэлектрических или сегнетоэлектрических пленок. Температурная чувствительность ЭОП достигает 0,05° (на один-два порядка лучше, чем у современных неохлаждаемых пировидиконов, пироэлектрических и болометрических матриц), его коэффициент усиления не менее 10^6 при диаметре пиромишени 16–40 мм. Таким образом, в одном устройстве удалось объединить функциональные возможности тепловизионной камеры и ПНВ. Аналоги таких ЭОП в РФ и за рубежом не известны.

Нельзя не отметить сверхминиатюрный ЭОП "МИНИ" (НИИЭПР) для миниатюрных прицелов и очков ночного видения, не имеющий аналогов по массогабаритным характеристикам (длина 21 мм, диа-



метр 22 мм). По разрешающей способности (30-60 штр/мм) ЭОП "МИНИ" близок к традиционным ЭОП первого поколения.

Российские предприятия все увереннее осваивают производство **мощных светодиодов (СД)**, стремительно завоевывающих мировой рынок. Поиск новых материалов и технологических решений, отработка режимов формирования активных слоев обеспечили повышение мощности и эффективности СД и способствовали продвижению в новые спектральные области. Решены задачи вывода излучения и преобразования его в пучок с заданным пространственным распределением интенсивности. Результатом всего этого стало создание специалистами ЗАО "Светлана-Оптоэлектроника" (Санкт-Петербург) диодов на AlGaAs, излучающих в ближней ИК-области и превосходящих по силе света (осевая сила излучения ~20 Вт/ср) на два-три порядка японские СД на том же материале.

Крупнейшие фирмы США, Японии и Германии активно разрабатывают белые светодиоды. Это объясняется широкими областями их применения: обычные системы освещения (продажи осветительных приборов на их основе оцениваются в 12 млрд. долл.), осветители, используемые во взрывоопасных условиях, навигационное оборудование, медицинская аппаратура, автомобилестроение. В России работы в этой области находятся на начальной стадии. Проводятся они в основном в ЗАО "Светлана-Оптоэлектроника". Помимо проблем, присущих любым мощным СД, для белых светодиодов существует еще и проблема согласования их спектра излучения со спектром возбуждения люминофора. Уже созданы приборы, работающие без заметной деградации в течение 1000 ч при токе 20 мА. Мощность излучения равна примерно 1,3 мВт, световой поток – около 40 мЛм, светоотдача – примерно 6 лм/Вт. При максимально допустимом токе 70 мА световой поток равен ~1 лм.

Поиском новых материалов, изучением особенностей их легирования, а также внедрением унифицированной технологии формирования активных слоев СД, позволяющей максимально реализовать

возможности материала (за счет снижения уровня поглощения излучения в области омических контактов) активно занимаются специалисты ОАО НИИМЭТ (г.Калуга). Ими проводится оценка эффективности излучательной рекомбинации в различных многокомпонентных твердых растворах, особенно в переходной области (на границе прямой и непрямой зон).

Потребность в **фотоэлектронных приборах мгновенного действия** сегодня по-прежнему велика. За последние три года объем поставок таких устройств ЦНИИ "Электрон" вырос почти на порядок. В свое время освоение космоса стимулировало создание детекторов для навигационного и научного оборудования. Сейчас разрабатываются ФЭУ для аппаратуры исследований в области физики высоких энергий. Эти приборы должны характеризоваться низким уровнем шумов, высокими эффективностью, равномерностью чувствительности по рабочему полю, стабильностью, долговечностью и надежностью. Из числа вновь созданных устройств следует отметить серию малогабаритных магнитоустойчивых ФЭУ.

Для разработчиков аппаратуры интерес, безусловно, представляют ФЭУ с микроканальными пластинами (ФЭУ-МКП), обладающие высокой эффективностью, большим коэффициентом усиления и способные работать в магнитном поле в режиме счета. Быстродействие первых ФЭУ-МКП, созданных ЦНИИ "Электрон", лежало в субнаносекундном диапазоне (ФЭУ-165). Сейчас на предприятии разработано ФЭУ-МКП с анодом в виде линии задержки. Коэффициент усиления таких ФЭУ не менее 1×10^6 , спектральный диапазон – от 220 до 850 нм. В Институте ядерных исследований (г.Новосибирск) в конце 2000 года закончилась разработка двух стрик-камер с круговой разверткой электронного луча и временным разрешением 0,8 пс на основе ФЭУ-МКП. ФЭУ-МКП использованы и в конкурентоспособных на мировом рынке камерах диаметром 15–76 мм Московского электролампового завода.

С. Прокофьева

Нанотехнология Фронт работ расширяется

Традиционные задачи современной электроники (уменьшение габаритов систем, снижение потребляемой ими мощности, увеличение быстродействия и т.п.) стимулируют быстрое развитие такого относительно нового направления, как нанотехнология. Объем исследований растет как снежная лавина. И уже удалось добиться немало обнадеживающих результатов. Учеными Института физики высоких температур РАН (Троицк, Моск. об.) и Варшавского академического исследовательского центра в ходе изучения формы углерода, образующегося при высоких температурах и давлениях, были получены прямые и тонкие нанотрубки, пригодные для формирования межсоединений микросхем и холодных источников электронов, которые смогут заменить электронные пушки в плоских дисплеях следующих поколений. Нанотрубки были выращены в процессе нагрева алмаза в камере высокого давления. Образующиеся при экстремально высокой температуре атомы углерода конденсировались на более холодных стенках камеры. В наименее нагретой области конденсат имел причудливую форму графитовых цветов, за ними следовали нанотрубки, потом кристаллы углерода со структурой икосаэдра (кристалл с симметрией пятого порядка) и, наконец, в наиболее "теплой" области формировались, в виде игл, алмазные микрокристаллы. Если возможности применения трубок и игл хорошо известны, перспективы графитовых "цветов" и икосаэдров могут быть выявлены лишь при проведении дополнительных исследований.

А каковы перспективы получения самих "наносхем"? Исследователи Университета Осака Сейджи Такеда и Хидео Кохно утверждают, что разработанный ими дешевый метод получения кристаллических нанопочек в ближайшие десять лет приведет к появлению одноэлектронных транзисторов и фотоэлектронных наноустройств, podobных по своим характеристикам полевым транзисторам. Нанопочки состоят из кластеров электропроводящих сферических

кристаллов кремния диаметром около 10 нм, соединенных "цепью" из диоксида кремния диаметром 7–8 нм. Как считают ученые, сферические кристаллы смогут удерживать носителей заряда, которые будут способны туннелировать через "цепь" диоксида. Правда, для возникновения туннельного тока расстояние между узлами кристаллов должно быть равно ~2 нм, сейчас оно примерно 30 нм.

Важное достоинство исследовательской работы японских специалистов – достаточно простой и дешевый процесс получения нанопочек. В вакуумной камере распыляется небольшой кусок золотой проволоки, в результате чего на подложке формируются небольшие островки золота, служащие в дальнейшем катализатором процесса роста нанопочек. Подложки с золотыми островками помещаются в кварцевую ампулу, нагреваются, охлаждаются, переносятся в другую кварцевую ампулу и повторно нагреваются. При нагреве островки золота и свинца поглощают паробразный кремний до пересыщения. С этого момента пересыщенный островок по мере "поедания" газообразного кремния начинает выделять чередующиеся сферы кристаллического кремния и связывающие их цепочки диоксида кремния. По утверждению ученых, им удалось выращивать большие "ковровые покрытия" нанопочек. При этом им потребовались вакуумная система стоимостью 10 тыс. долл., печь стоимостью 5 тыс. и кварцевые ампулы стоимостью 100 долл. каждая.

Технология исследователей Университета Осака привлекла внимание многих крупных японских полупроводниковых фирм, но для получения более ощутимой поддержки она должна быть существенно улучшена и доведена до уровня получения опытных образцов приборов.

Ведомости, 24 сентября 2001.
www.edtn.com/story/OEG20010822S0059