

# МЕЖДУНАРОДНОМУ ДИСПЛЕЙНОМУ ОБЩЕСТВУ (SID) – 50 ЛЕТ!

**В.Беляев**, д.т.н., профессор,

Председатель Российского отделения SID, главный научный сотрудник Московского государственного областного университета

В Бостонском центре съездов и выставок (БЦСВ) с 3 по 8 июня этого года прошла очередная дисплейная неделя (Display Week) Международного дисплейного общества (SID), которая оказалась не вполне очередной. В этом году SID исполняется 50 лет, и масштаб недели соответствовал юбилею. Размеры БЦСВ таковы, что многие участники жаловались на то, что для перехода из одной секции в другую следовало бы взять такси. Коридоры центра были заставлены стендами, на которых было показано развитие различных дисплейных технологий в течение этих 50 лет. Так что же достигнуто на сегодняшний день?

**Р**оссийское отделение SID на юбилее отмечено как лучшее европейское отделение, что было очень приятно. Памятные грамоты председателю Российского отделения вручены на Совете директоров SID вице-президентом SID по Европе Юттой Расп и на открытии научной конференции президентом SID Мунисами Анандом (рис.1). К сожалению, российских участников недели было очень мало: кроме автора, зарегистрировался сотрудник московского офиса китайской компании Хуавэй, а также сотрудники компаний и университетов из Гонконга, Детройта и штата Массачусетс. Отчасти сказалась визовая проблема – иногда собеседования в посольстве США приходилось ждать два месяца, да и для ученых требовалась отдельная проверка.

Тон конференции зададо выступление старшего вице-президента компании Samsung Сун Тай Шина "Преобразование фотонных дисплеев для непрерывного роста дисплейной индустрии", посвященное переходу к новому поколению дисплеев. В докладе была отражена история развития дисплеев: от громоздких электронно-лучевых трубок, к плоскопанельным дисплеям с жесткими стеклянными подложками, а сейчас и с гибкими

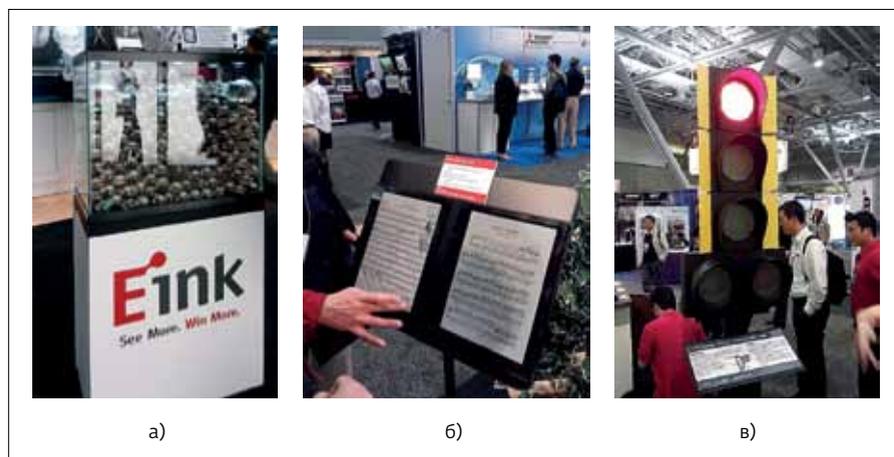
полимерными подложками. В следующих поколениях дисплеев, управляемых не только клавишами или пальцами, но и движением рук, мышц лица и глаз, можно ожидать применения новых физических сред. Эти дисплеи будут выполнять множество новых функций, среди которых практикующиеся уже сейчас денежные расчеты или сбор анализов окажутся простейшими. Поэтому в представленном обзоре больше внимания было уделено технологиям, соответствующим этой парадигме.

Среди экспонатов, привлечших особое внимание участников недели, можно назвать дисплеи E'ink (электронные чернила) компании E'ink Holdings. Это информационные



**Рис.1.**

Президент SID Мунисами Ананд вручает председателю Российского отделения SID памятную грамоту (citation)



**Рис.2.** Дисплеи компании E Ink: модель микросфер (а); дисплей, установленный на пюпитре (б) и светофор на основе E Ink-панелей (в)

табло, выполненные с использованием микросфер, содержащих равное число положительно и отрицательно заряженных белых и черных частиц, соответственно. Подача электронного импульса определенной полярности приводит к перемещению соответственно заряженной частицы к вершине микрокапсулы. По некоторым характеристикам, дисплеи этого класса сравнивались с другими плоскостными дисплеями и светодиодными табло. Были представлены E Ink-дисплеи, укрепленные на байдарке и на пюпитре музыканта, но особое впечатление произвел светофор, в котором за счет использования светоэффективной оптики E Ink-панели заменили и лампочки, и модные теперь светодиоды (рис.2).

Конкурентная борьба жидкокристаллических (ЖК) и плазменных панелей существует давно [1, 2]. Недавно конкуренцию им составили панели на органических светодиодах, которым для получения конкурентного преимущества придают новые свойства. Если раньше трехмерное изображение реализовывали только с помощью ЖК-дисплеев, то на симпозиуме этого года были представлены и газоразрядные, и органические светодиодные устройства с демонстрацией объемных картинок.

В частности, одним из лучших экспонатов выставки был признан 3D OLED-телевизор с диагональю 55" (135 см) корейской компании LG Display. Его дополнительное достоинство в сравнении с другими типами 3D-устройств – очень малая толщина (4 мм) благодаря применению дешевых стекол с оксидными покрытиями и пленочной фазовой пластинки с заданным двумерным (картинным) распределением фазовой задержки. Пиксель OLED-панели кроме трех известных RGB-компонентов имеет еще и белый компонент, что позволило повысить ее световую эффективность. За аналогичную разработку была награждена и компания Samsung (рис.3).

Другим лучшим экспонатом назвали автостереоскопические дисплеи компании Dimenco



**Рис.3.** 3D OLED-телевизор компании Samsung с возможностью отображения объемной картинка (а), вид сбоку (б) и фронтальный вид (в)

с размером по диагонали 23" (58 см) и 56" (142 см). Казалось бы, ну и что в них такого? Но благодаря запатентованному линзовому растру устройство меньших размеров отслеживает движение глаз оператора и автоматически согласовывает изображения для правого и левого глаз. А пространственное разрешение панели больших размеров составляет 4000×2000 пикселей. И она обеспечивает 28 ракурсов с углом обзора 150°.

Отслеживание движений глаз (eye-tracking) пользователя стало "фишкой" многих устройств формирования объемного изображения, в том числе и автостереоскопических. Например, в дисплее тайваньской компании AU Optonics функция слежения за глазами с высоким угловым разрешением сочетается с переключением растровой линзы с 2D- на 3D-воспроизведение. Компания планирует сформировать в дисплее локальное 3D-окно, чтобы только та часть экрана, на которую направлен взгляд, работала в режиме воспроизведения объемной картинка.

LG продемонстрировала небольшой автостереоскопический дисплей с диагональю 4,5" (11 см), наблюдение объемного изображения которого возможно с любого угла. В корпус оправы для съемки объекта вмонтирована камера, формирующая сигналы управления функцией коррекции линзовым растром направления правого и левого изображений с учетом положения головы или направления взгляда.

В исследовательском центре компании Toshiba разработан линзовый растр с плоскими ЖК-линзами вместо цилиндрических. Это оказалось возможным благодаря использованию ЖК-материала с изменяемым при приложении электрического поля показателем преломления (градиентный материал).

Адъюнкт-профессор кафедры фотоники Национального университета Чяо Тунга (Тайвань) Янг рассказал об автостереоскопическом ЖКД с подстраиваемой системой полосок линзового раstra, которая позволяет индивидуально переключать различные полосы с учетом положения зрителей.

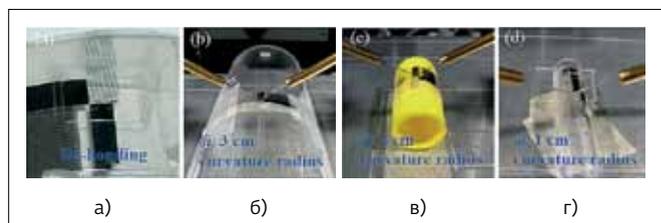
Если был отмечен дисплей Dimenco с пространственным разрешением 4000×2000 пикселей, то еще более удивительными выглядят характеристики автостереоскопических

телевизоров сверхвысокой четкости компаний LG Display и Sharp – 8K×4K (7680×4320 пикселей), что в 16 раз превышает разрешение телевизоров высокой четкости (HD). Размер телевизора Sharp – 85" (216 см) при пространственном разрешении 103 точки на дюйм (4 мм<sup>-1</sup>) и яркости 300 кд/м<sup>2</sup>.

На фоне больших панелей стоит сказать и о лазерном проекционном дисплее размером 1х9 мм, который по утверждению разработчиков из кафедры механического конструирования университета Вашингтона, – самый маленький в мире. Аналогичные устройства применяются и в многоракурсных автостереоскопических дисплеях.

Широко были представлены новые разработки сенсорных (touch) дисплеев. Чтобы повысить чувствительность сенсорных панелей, в активную матрицу рядом с каждым управляющим тонкопленочным транзистором встраивают фоточувствительный элемент. Оказалось, что в ИК-области изображение точки касания, например, руки, не зависит от уровня освещенности окружающей среды, что не выполняется для видимой области спектра. В докладе Исследовательского центра ЖКД компании Samsung Electronics отмечалось, что чувствительность элемента на основе a-SiGe:H в 15 раз лучше, чем у применяемого сейчас аморфного гидрогенизированного кремния a-Si:H. ИК-сенсор на основе a-SiGe:H для гибкого дисплея, который сохраняет свои свойства и при скрутке в трубочку радиусом до 1 см, демонстрировал центр дисплейных технологий тайваньского исследовательского института промышленной технологии (ITRI) (рис.4).

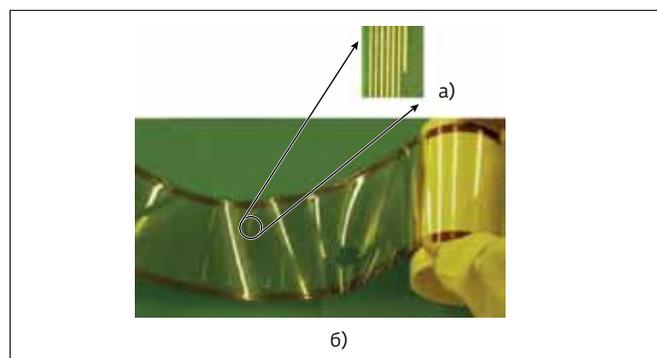
Фоточувствительный датчик встроен и еще в один из лучших экспонатов дисплейной



**Рис.4.** Гибкий дисплей института ITRI с инфракрасным сенсором на основе a-SiGe:H: прямой, не скрученный (а); при радиусе кривизны 3 см (б); 2 см (в) и 1 см (г)

недели – микродисплей на основе активной матрицы органических светодиодов (AMOLED) Исследовательского института Fraunhofer COMEDD (Германия). Два таких микродисплея и камера встроены в очки, что позволяет видеть одновременно и реальный мир, и виртуальную информацию, а также управлять виртуальным изображением движением глаз вместо управления мышью вручную. Еще одним лучшим устройством был назван сенсорный емкостной дисплей компании Osulac размером 400×258 мм, который одновременно различает до 16 касаний.

В концепции нового поколения дисплеев, прозвучавшей на открытии конференции, предполагалось, что гибкие панели будут действительно гибкими, т.е. их можно не просто сворачивать в трубочку ограниченного радиуса, которую надо хранить в жестком футляре, а сгибать или смять произвольным образом без потери качества отображаемой картинке. Шагом в этом направлении является разработанные компанией Corning сверхтонкие изгибаемые стеклянные (!) подложки Willow Glass толщиной около 200 мкм (рис.5). Их преимущество перед полимерными пленками – возможность нанесения некоторых тонкопленочных слоев электронных элементов при температуре до 500°C, что позволяет улучшить электрические и механические свойства

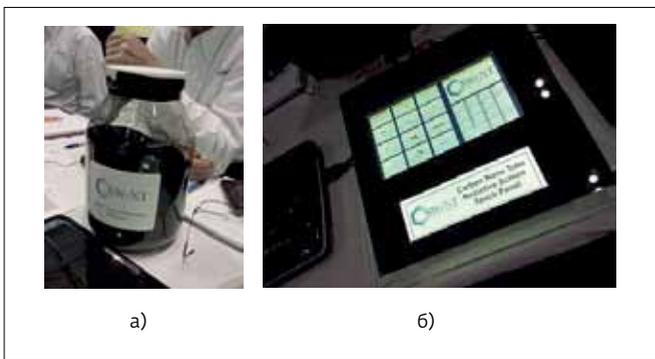


**Рис.5.** Образец гибкой стеклянной подложки с полосками прозрачной ITO-пленки (окись индия и олова) электрода шириной 10 мкм (а), нанесенными методом печати строк золотых чернил шириной 150 мкм (б)

элементов без нарушения экологичности процесса. Тем посетителям выставки, кто на стенде Corning до конца наблюдал испытания дисплейных стекол компании, выдавали футболки с изображением гориллы – символа прочности и красоты продукции.

Среди представленных на выставке новых компонентов дисплеев блистали (в переносном и прямом смысле) приборы на экзотических одностенных углеродных нанотрубках и квантовых точках. Автор впервые увидел полкило нанотрубок в фабричной стеклотаре. На их основе изготавливаются сенсорные резистивные экраны кассовых терминалов (рис.6).

За счет добавки квантовых точек в полимерный материал компании 3M и Nanosys создали пленочные усилители яркости (Quantum-Dot Enhanced Film, QDEF). Такой материал преобразует (конвертирует) синее излучение в красное или зеленое. Благодаря этому изготовители ЖКД могут сэкономить до 25-30% затрат на подсветку, заменив дорогие белые светодиоды на дешевые синие. За эту разработку компания Nanosys была

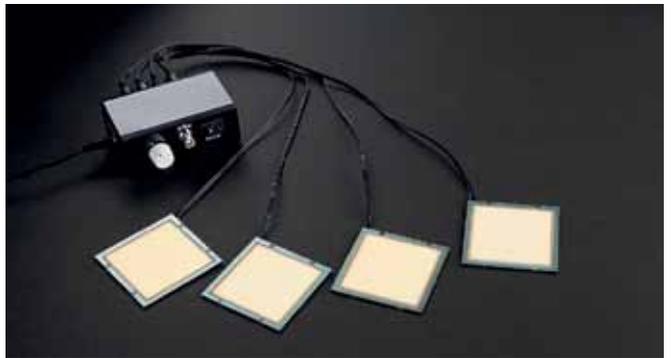


**Рис.6.** Одностенные углеродные нанотрубки (SWCNT) в фабричной таре (а) и образцы сенсорных резистивных экранов на основе нанотрубок для кассовых терминалов (б)

отмечена золотой наградой SID в номинации "Лучший дисплейный компонент 2012 года".

В технологическом институте Канадзава (Япония) для рекламных устройств разработан трехмерный светодиодный экран, в котором матрицы светодиодов расположены на двух спиралевидных поверхностях, вращающихся со скоростью до 360 об/мин (рис.7). В результате полноцветное (до 256 градаций по каждому цвету) объемное изображение можно рассматривать со всех возможных направлений.

Хотя доклады и экспонаты дисплейной недели SID в первую очередь касались проблем получения изображения и его обработки, значительная часть докладов оказалась посвященной источникам света – не только для подсветки ЖК-панелей, но и для освещения. В частности, органические

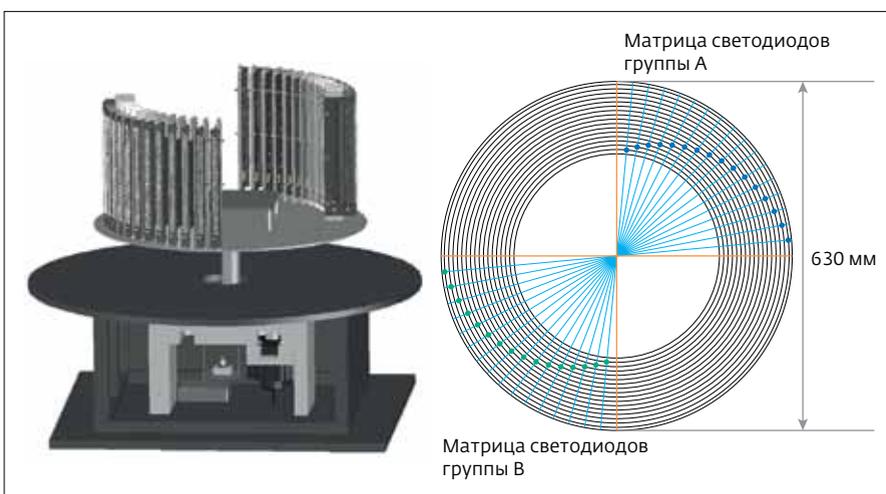


**Рис.8.** Световая панель OLED-010K семейства Symfos

светодиоды (OLED), которые пока не могут вытеснить ЖКД, предлагается использовать в качестве обычных лампочек. При этом обострилась конкуренция между технологиями люминесцентных (или флуоресцентных) и фосфоресцентных OLED, отличающихся высокой световой эффективностью. Технологический центр японской компании Konica Minolta заявил об освоении производства первого в мире комплекта, включающего четыре фосфоресцентные OLED-световые панели OLED-010K семейства Symfos и блок управления (рис.8). Внешняя квантовая эффективность фосфоресцентных OLED в два раза выше, чем флуоресцентных. Konica Minolta производит световые панели площадью около 55 см<sup>2</sup>, толщиной всего 1,9 мм и яркостью 1000 кд/м<sup>2</sup>. При этом управляющее напряжение составляет ~3 В, ток ~70 мА. Такие характеристики достигаются за счет высокой световой эффективности 45 лм/Вт, что превышает этот параметр всех OLED-источников света. Правда, пока цветовая температура не очень высока (2800К), невелик и срок службы – 8 тыс. ч.

На дисплейной неделе были достойно представлены и традиционные применения твердотельных светодиодов и OLED. Это OLED-дисплей смартфона Galaxy компании Samsung, завоевавший золотую награду SID 2012 года, и светодиодные подсветки для специальных, промышленных и медицинских приложений.

Сегодня дисплеями с трехмерным изображением никого не удивишь. Но, оказывается, что для отображения объемного



**Рис.7.** Структура светодиодного устройства для полноракурсного объемного отображения (а) и расположение светодиодов в панелях (б)

изображения плоскими панелями с помощью камер, формирующих и двумерную картинку, нужно переходить в четырехмерное пространство, т.е. создавать четырехмерное (4D) световое поле. Это обусловлено тем, что свет, проходящий через плоскую область, можно полностью охарактеризовать четырехмерной функцией: в каждой точке области (два измерения) надо описывать пространственно-спектральный поток в каждом направлении (еще два измерения). Четырехмерное световое поле определяет световой поток, распространяющийся через трехмерный объем, занимаемый объектом. Но тогда для описания света, распространяющегося в объеме, нужны три координаты и два угла, описывающих направление распространения пространственно-спектрального потока, т.е. нужно уже пятимерное световое поле. Это принцип, на котором основаны и зрение человека, и фотография, и компьютерное зрение, и компьютерная графика.

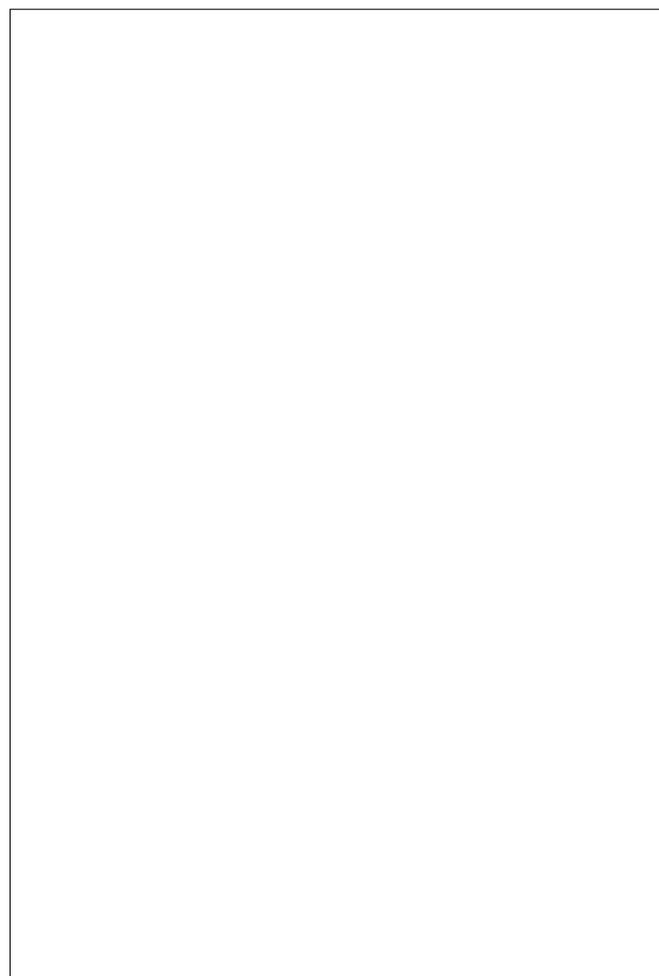
Чтобы захватывать такое четырехмерное световое поле, компания Lytro (США) разработала систему камер для записи изображений, организованных в виде регулярной двумерной модели (картинки). При этом входной зрачок каждой камеры помещен в желаемой для съемки плоскости. Специалисты Lytro предложили упростить эту схему, поместив двумерную систему камер в фокальную плоскость обычной цифровой записывающей камеры или двумерный линзовый массив – перед обычной цифровой камерой. Этот принцип фактически соответствует известному способу интегральной фотографии, изобретенному в 1908 году Липпманом.

Профессор школы электрической техники Сеульского университета Хонгик Йяхи Ю предложил выполнять исследования, а затем и улучшать качество изображения многоэкранных систем с учетом множества параметров: типа дисплея, внешней освещенности, содержания картинки, человеческого фактора и т.п. Такой подход позволит уменьшить и энергопотребление системы. Например, для подсветки ЖКД с функцией локального затемнения не нужно много светодиодов, иначе качество отображаемой картинки может не улучшиться, а наоборот, ухудшиться.

Жидкие кристаллы известны как среда, модулирующая поляризацию проходящего света за счет изменения двулучепреломления под действием приложенного напряжения. Не так давно были получены ЖК, излучающие поляризованный свет (опять же под действием

электрического поля). На симпозиуме обсуждалось еще одно свойство ЖК – возможность изготовления на некоторых из них полевых транзисторов любой дисплейной активной матрицы (работа Токийского технологического института). Специалисты института установили, что производные бензотиенбензотиофена (полициклическая молекула с атомами серы в некоторых циклах) в смектической Е-фазе имеют высокую подвижность носителей (до  $5,7 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ ) и под действием напряжения затвора модулируют ток транзистора на семь-восемь порядков. Эти свойства сохраняются до температуры  $170^\circ\text{C}$ . Но если рассматривать ближайшие перспективные материалы для тонкопленочных транзисторов (ТПТ), то для замены кремния многообещающими являются оксиды металлов, в частности IGZO (In:Ga:Zn оксид). На дисплейной неделе компания Sharp продемонстрировала 32" (81 см) OLED-панель с QFHD-разрешением ( $3840 \times 2160$  пикселей), выполненную на основе IGZO ТПТ.

Из "обычных" применений жидких кристаллов можно отметить сверхтонкий экран (толщина



всего 2,85 мм) монитора ноутбука компании Samsung (рис.9) и микродисплей VGA формата (640×480 пикселей) размером всего 5 мм корпорации Corip.

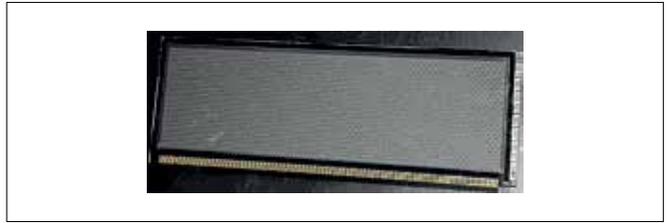
В корейском исследовательском институте электроники и связи ETRI для уменьшения расходов на изготовление цветных OLED-дисплеев предложили ставить друг за другом две OLED-панели. Первая – обычная, непрозрачная, вторая – прозрачная с высоким пропусканием. Каждая из панелей излучает в своем диапазоне длин волн, и вместе они воспроизводят полную цветовую гамму видимого диапазона спектра. Разработчики уверены, что световая эффективность их решения на 60% выше, чем у обычных OLED.

Среди экспонатов выставки надо также упомянуть необычное применение плазменных дисплеев. Компания Integrated Sensors использует плазменные панели для обнаружения космических мюонов, ионных пучков (90Sr, 106Ru и 137Cs), а также при рентгенотерапии рака для обнаружения ионизирующих фотонов. В таком приложении каждый пиксель плазменной панели работает как счетчик Гейгера (рис.10).

Обычно на выставках SID ведущие компании мира представляют свою новую продукцию или компонентную базу. Разработчики демонстрируют технические характеристики устройств, иногда показывают их структуру, рассказывают о принципах работы, но только, когда технология уже прошла стадии патентной защиты и производства. То, что планируется разработать и внедрить, чаще всего держится в секрете. В Бостоне же значительная часть выставочного зала была выделена тем, кто представлял идею, в лучшем случае прототип изделия. В инновационной зоне (i-Zone) разместилось около двух десятков стендов университетов и небольших компаний. На них



**Рис.9.**  
Ультрабук  
компании  
Samsung



**Рис.10.** Плазменная панель компании Integrated Sensors, выполняющая функции счетчика Гейгера

были представлены устройства, программы или презентации того, что, возможно, через несколько лет будет показано на основных стендах выставки в качестве промышленной продукции (рис.11).

Юго-Восточный университет Китая представил многометровый рулон электронной бумаги (рис.12), который автор с вице-президентом университета и вице-президентом SID Азиатского региона Баопинг Ванго безуспешно пытались перемотать.

В разговоре с представителем американской группы автор долго не мог понять, как меняются картинки на его куртке – неужели в нее вмонтировано множество светодиодов? Светодиодов оказалось всего несколько, но вся куртка была прошита оптическим волокном, благодаря чему на ней возникали контуры разных фигур и даже цветные картинки. На другом стенде демонстрировались комбинации различных биометрических приспособлений, позволяющих одновременно исследовать радужную оболочку глаза и геометрические параметры тела.

Победителем среди экспонатов инновационной зоны была признана небольшая (пока)



**Рис.11.**  
Инновационная  
зона (i-Zone)

американская компания Tactus Technology, представившая сенсорный дисплей, на поверхности которого при касании вырастают кнопки, заполненные жидкостью с микрочастицами. Когда руку убирали, кнопки исчезали, оставляя поверхность панели плоской. Это достигнуто с помощью находящихся под поверхностью экрана микроскопических каналов с небольшим количеством маслянистого вещества. Расположение каналов задается изготовителем. При "включении" кнопок пользователем маслянистое вещество проталкивается через каналы и выталкивает выбранные кнопки. Компания планирует выпустить дисплей в середине 2013 года.

Конференцию достойно завершала постерная секция, проводимая в огромном зале, половина которого была отведена под собеседования с авторами докладов. Каждый день проходили более двух десятков устных секций, около восьми – одновременно. К слову сказать, автор обзора представил два постерных доклада по результатам выполнения проектов Министерства образования и науки РФ (ФЦП "Кадры"), российского фонда фундаментальных исследований (№10-07-00385-а) и по гранту Президента РФ № НШ-1495.2012.8. В работах принимало участие много молодых ученых и студентов, а часть проекта "Разработка и исследование кремнийорганических и фотоанизотропных материалов для ЖК-дисплеев, эксплуатируемых при нормальных и экстремальных условиях, и экологичных технологий их создания" выполнена под руководством приглашенного российского ученого, работающего в Гонконгском университете науки и технологии, – профессора В.Г.Чигринова. На Симпозиуме он представил много других своих докладов по технологии фотоориентации.

Образец постерного доклада – плакат Университета Кюсю и компании Nissan Chemical Industries, которому были присущи как информативность, так и наглядность. Разработка

отличалась и оригинальностью – возможно, в первый раз был показан осветительный прибор с жидким (!) органическим светодиодным материалом.

\* \* \*

Помимо юбилея SID, в этом году отмечается также и 15-летняя годовщина российского отделения SID [3]. Пожелаем работающим в нашей стране ученым и инженерам создания новых устройств и технологий, которые были бы достойно представлены не только на мероприятиях SID, но и на рынке.

### ЛИТЕРАТУРА

1. **Беляев В.В.** Бостонское чаепитие среди электронных дисплеев. – Электроника: НТБ, 2002, №5, с.68–71.
2. **Беляев В.В., Иванов В.А.** – Электронные компоненты, 2004, №10, с.31–33.
3. **Беляев В.В.** Российское отделение Международного дисплейного общества – юбилей – итоги и перспективы. – Электроника: НТБ, 2012, №3, с.120.



**Рис.12.** Рулон электронной бумаги Юго-Восточного университета Китая