

Юбилейный симпозиум Международного дисплейного общества (SID) в Бостоне

Виктор Беляев, доктор технических наук, профессор

Главный научный сотрудник Московского государственного областного университета

Председатель Российского отделения SID

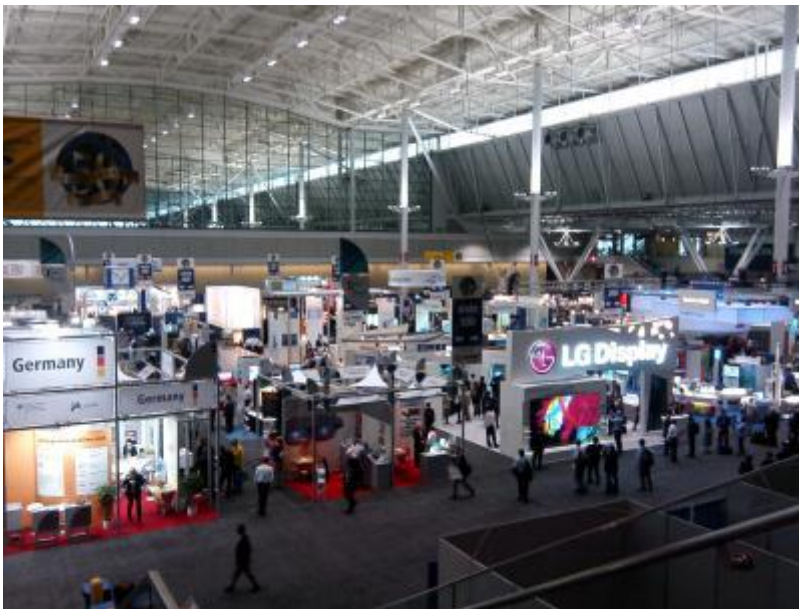
С 3 по 8 июня в Бостонском центре съездов и выставок (БЦСВ) прошла очередная дисплейная неделя, оказавшаяся не вполне очередной. В этом году Международному дисплейному обществу (SID) исполняется 50 лет (рис.1), и поэтому масштаб мероприятия оказался соответствующим юбилею. Размеры БЦСВ были такими (рис.2), что многие участники жаловались, что для того, чтобы перейти на другую секцию, следовало бы взять такси. Коридоры Центра были заставлены стендами, на которых наглядно было показано, как развивались различные дисплейные технологии в течение этих 50 лет (рис.3).



Рис.1. Знак юбилея Международного дисплейного общества (SID)



a)



б)

Рис.2. Вид на Бостонский центр съездов и выставок (БЦСВ) снаружи (а) и изнутри (б).

IMG10566\_VSEC\_view, 10514 (Примечание Беяева: *здесь и далее такими номерами отмечены номера снимков на моей карточке памяти – для удобства при дальнейшей работе со статьей*)

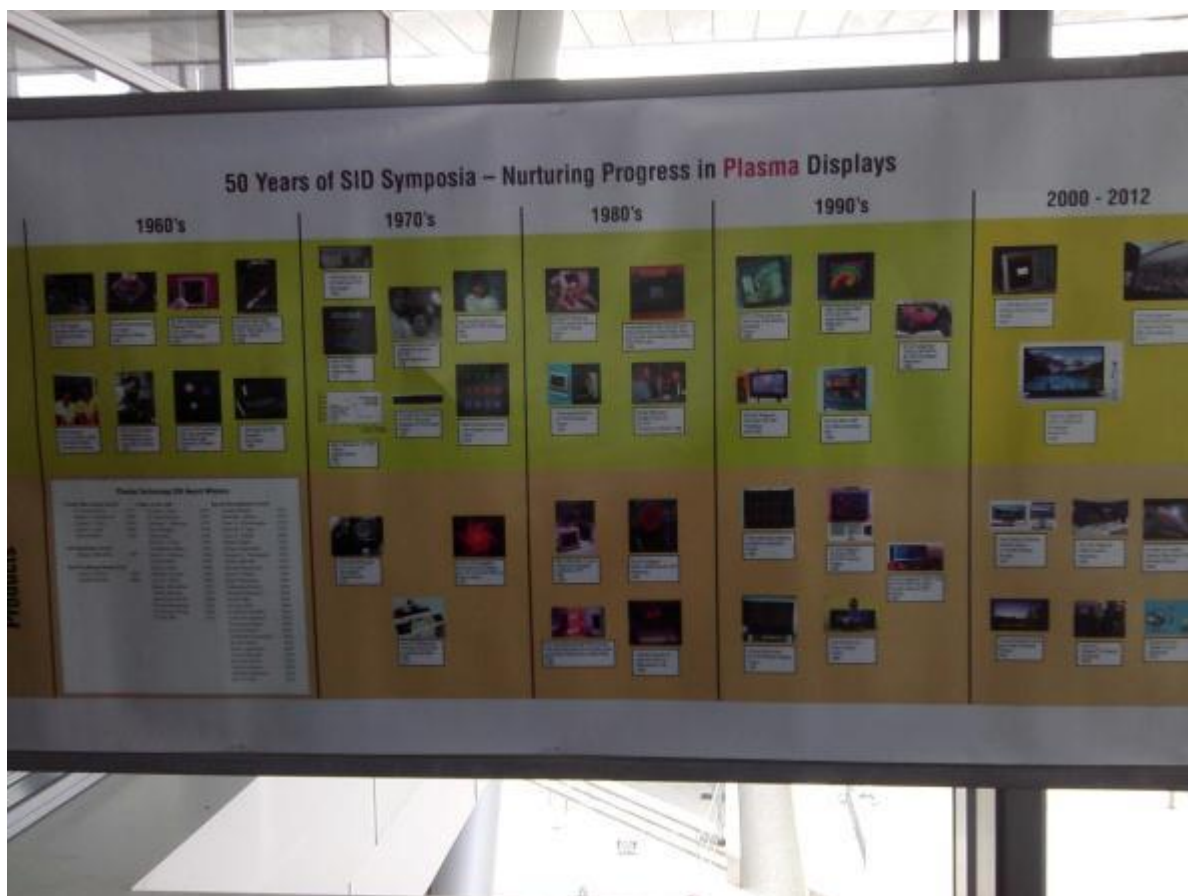


Рис. 3. Стенд об основных этапах развития плазменной дисплейной технологии в 1962-2012 гг.

IMG10567\_progress\_plasma

Российскому отделению SID было очень приятно быть отмеченным на этом юбилее в качестве лучшего европейского отделения – памятные грамоты были вручены и Вице-президентом SID по Европе Юттой Расп на Совете директоров SID и Президентом SID Мунисами Анандом на открытии научной конференции (Рис.4). В то же время российских участников было очень мало: кроме меня, 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 посольства США приходилось ждать два месяца, да и для ученых требуется отдельная проверка.



Рис.4. Президент SID Мунисами Ананд вручает председателю Российского отделения SID памятную грамоту (citation).

Тон конференции зададо выступление представителя Самсунг о переходе к новому поколению дисплеев. Если первоначально это были громоздкие электронно-лучевые трубки, потом плоскпанельные дисплеи с жесткими стеклянными подложками, а сейчас устройства отображения реализуются и на гибких полимерных подложках, то в следующих поколениях дисплеев будут использоваться новые физические среды, управление будет осуществляться не только от клавиши или пальца, но и движения рук, мышц лица и глаз, и приобретут они множество новых функций, среди которых практикующиеся уже сейчас денежные расчеты или сбор анализов будут простейшими.

Поэтому в представленном обзоре больше внимания уделено технологиям, соответствующим этой парадигме.

Среди первых можно назвать продукцию компании E'ink (перевод названия «электронные чернила»). Уже сейчас информационные табло на этой технологии с использованием микросфер, у которых одна половинка белая, а другая черная, а переключение производится электронным импульсом, по размеру сравнялись с другими плоскпанельными дисплеями или светодиодными табло. Были показаны E'ink дисплеи на байдарке или 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.5а,б,в).





Рис.5а,б,в. Дисплеи компании E'ink.

10520, 24, 25

Ранее мы писали о конкурентной борьбе между жидкокристаллическими (ЖК) и плазменными панелями [В.В. Беляев, Электроника: НТБ, №5, с.68-71 (2002); В.В. Беляев, В.А. Иванов, Электронные компоненты, №10, с.31-33 (2004)], в которую недавно вмешались и органические светодиоды. Чтобы получить конкурентное преимущество, панелям придают новые свойства. Если раньше трехмерное изображение реализовывали только с помощью ЖК дисплеев, то на этом Симпозиуме были представлены и газоразрядные, и органические светодиодные устройства с демонстрацией объемных картинок.

В частности, одним из лучших экспонатов выставки был признан 3-D OLED телевизор корейской компании LG Display. Его дополнительным достоинством является очень маленькая толщина за счет использования стекол низкой стоимости с оксидными покрытиями и пленочной фазовой пластинки с заданным двумерным (картинным) распределением фазовой задержки. Для повышения световой эффективности OLED пиксель такой панели имеет, кроме трех известных RGB (красной, зеленой и синей) частей, еще и белую. За аналогичную разработку был награжден и Samsung (рис.6а,б,в).



a)



б)



в)

Рис.6а, б. Телевизоры Samsung на основе технологии органических светодиодов: с возможностью отображения объемной картинки (а) и сверхтонкий (б,в).



Другим лучшим экспонатом назвали автостереоскопические дисплеи компании Dimenco с размером по диагонали 23-дюйма (58 см) и 56 дюймов (142 см). Если знать только эту информацию, то можно задаться вопросом: «Ну, и что в них такого?». Благодаря новому запатентованному линзовому растру меньшее устройство отслеживает движение глаз оператора и автоматически согласовывает наблюдаемые правое и левое изображения. А большая панель имеет пространственное разрешение 4000x2000 и обеспечивает 28 ракурсов с углом обзора 150°.

Отслеживание движений глаз (eye-tracking) пользователя стало «фишкой» многих устройств формирования объемного изображения, в частности, автостереоскопических. Например, в решении тайваньской компании AUO сочетается слежение за глазами с высоким угловым разрешением и 2D-3D переключение растровой линзы. Компания планирует сформировать локальное 3D окно в дисплее, чтобы только часть экрана, на которую направлен взгляд, работала в режиме объемной картинки.

LG демонстрировала небольшой автостереоскопический дисплей с диагональю 4,5 дюйма (11 см) с возможностью наблюдать объемное изображение с любого угла. В корпус камеры для съемки объекта вмонтирована еще одна камера, формирующая сигналы управления корректировки направления с линзового растра правого или левого изображения с учетом положения головы или направления взгляда.

В исследовательском центре японской Toshiba разработали линзовый растр с плоскими жидкокристаллическими линзами вместо цилиндрических. Используется возможность создания градиентного материала (с градиентом показателя преломления) при изменении показателя преломления ЖК за счет приложения электрического поля.

А С. Н. Yang из кафедры фотоники Национального университета Чяо Тунга, Тайвань, рассказал об автостереоскопическом ЖКД с подстраиваемой системой полосок линзового растра, которая позволяет индивидуально переключать различные полоски с учетом положения различных зрителей.

Если в продукции Dimenco мы отметили пространственное разрешение 4000x2000, то еще более удивительными выглядят характеристики автостереоскопических телевизоров LG Display и Sharp картинкой сверхвысокой четкости 8K x 4K (7680 x 4320), что в 16 раз превышает разрешение телевизоров высокой четкости (HD). Размер телевизора Sharp составляет 85 дюймов (216 см) при пространственном разрешении 103 точки на дюйм ( $4 \text{ мм}^{-1}$ ) и яркости  $300 \text{ кд м}^{-2}$ .

На фоне больших панелей стоит сказать и о лазерном проекционном дисплее размером 1x9 мм, который по утверждению разработчиков из кафедры механического конструирования университета Вашингтона является самым маленьким в мире. Аналогичные устройства применяются и в многокурсных автостереоскопических дисплеях.

Очень много новых разработок представлено на выставке по сенсорным (touch) дисплеям.

Чтобы повысить чувствительность сенсорных панелей, рядом с каждым управляющим тонкопленочным транзистором в активную матрицу встраивают фоточувствительный элемент. Оказалось, что в инфракрасной области изображение области касания, например, руки, не зависит от уровня окружающей освещенности, что не выполняется для видимой области спектра (Рис.7, 8). В докладе Исследовательского центра ЖКД корейской компании Samsung Electronics

показано, что чувствительность элемента на основе  $a\text{-SiGe:H}$  в 15 раз лучше, чем у используемого сейчас аморфного гидрогенизированного кремния  $a\text{-Si:H}$ .

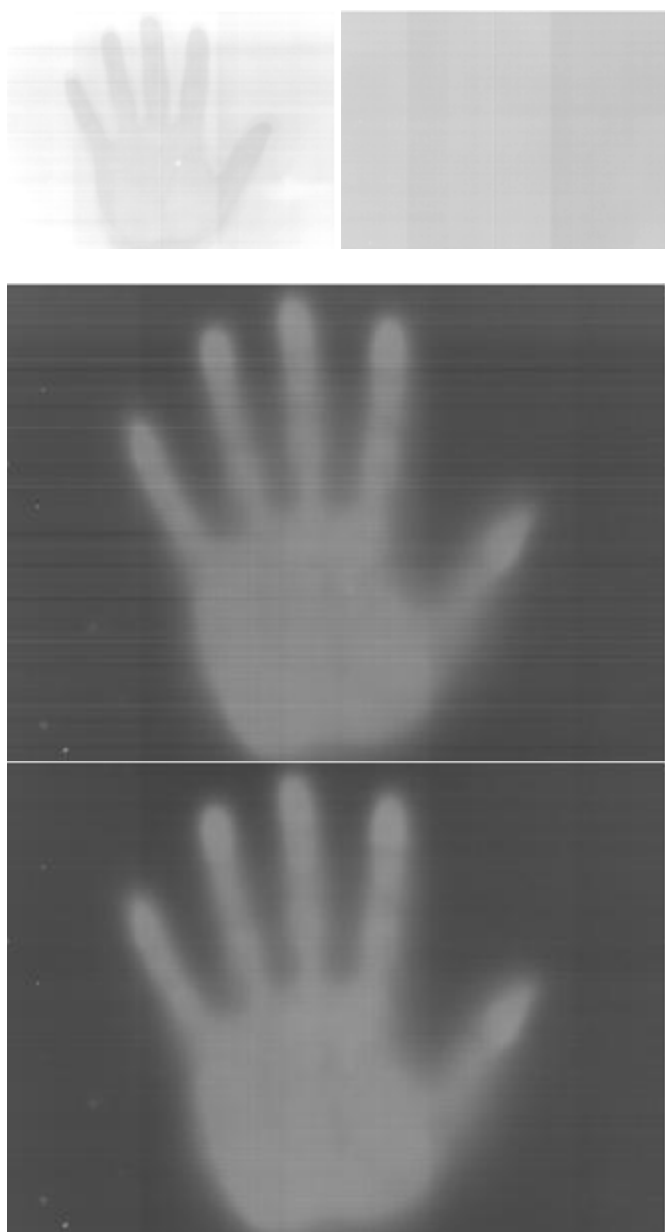


Рис.7. Изображения руки, полученные в видимом (а,б) и инфракрасном (в,г) диапазонах спектра при ярком (а,в) и темном (б,г) наружном освещении.

Примечание Беляева. Здесь и в некоторых случаях далее рисунки взяты из электронной версии сборника трудов симпозиума. Поэтому вряд ли можно улучшить их качество.

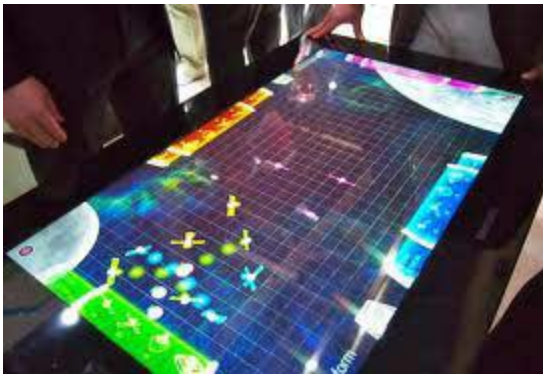


Рис.8. Сенсорная панель с использованием активной матрицы с встроенным ИК фоточувствительным элементом.

В центре дисплейных технологий тайваньского исследовательского института промышленной технологии (ITRI) с использованием a-SiGe:H создали инфракрасный сенсор для гибкого дисплея, который сохраняет свои свойства и при скрутке в трубочку радиусом до 1 см (Рис.9).

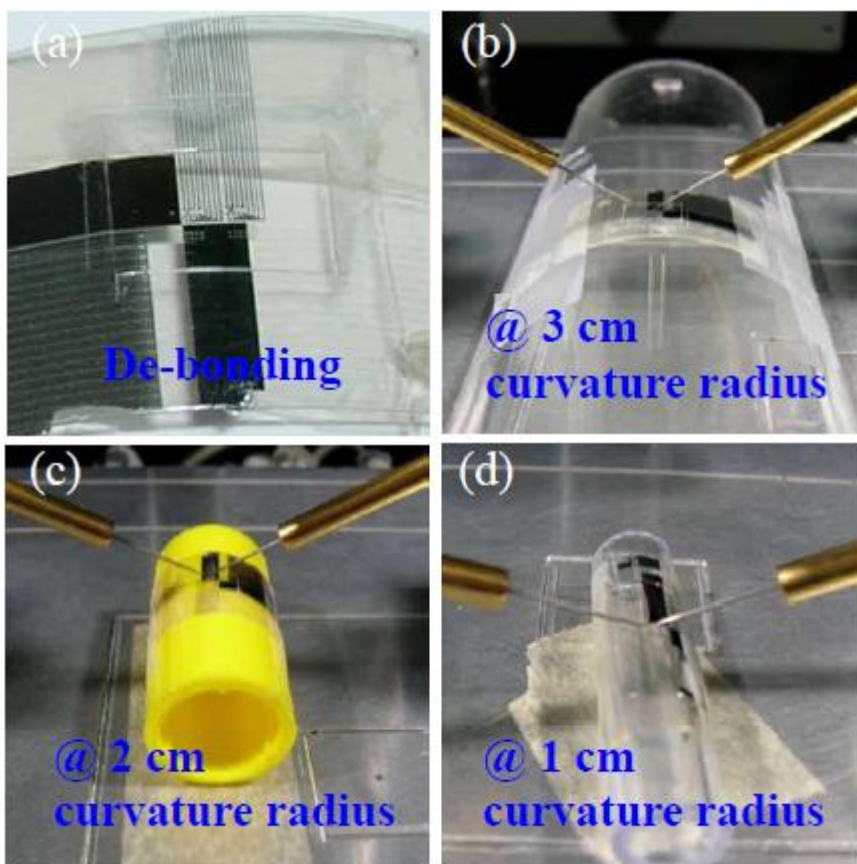


Рис.9. Гибкий дисплея ITRI с инфракрасным сенсором на основе a-SiGe:H.

Фоточувствительный датчик встроен и еще в один из лучших экспонатов экспедиции – микродисплей немецкой компании Fraunhofer COMEDD на основе активной матрицы органических светодиодов (AMOLED). Два таких микродисплея и встроенная камера входят в состав очков, что позволяет видеть одновременно и реальный мир, и виртуальную информацию, и управлять виртуальным изображением движением глаз вместо ручного управления мышью.

Еще одним лучшим устройством был назван сенсорный емкостной дисплей компании Ocular размером 400 мм x 258 мм, который одновременно различает до 16 касаний.

В концепции нового поколения дисплеев, прозвучавшей при 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 сминать произвольным образом без потери качества отображаемой картинки. Шагом в этом направлении являются сверхтонкие изгибаемые стеклянные (!) подложки японской компании Corning толщиной около 200 мкм (Рис.10). Их достоинством перед полимерными пленками является возможность нанесения некоторых тонкопленочных слоев электронных элементов при температуре более 300°C, что позволяет улучшить электрические и механические свойства этих слоев при сохранении 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.

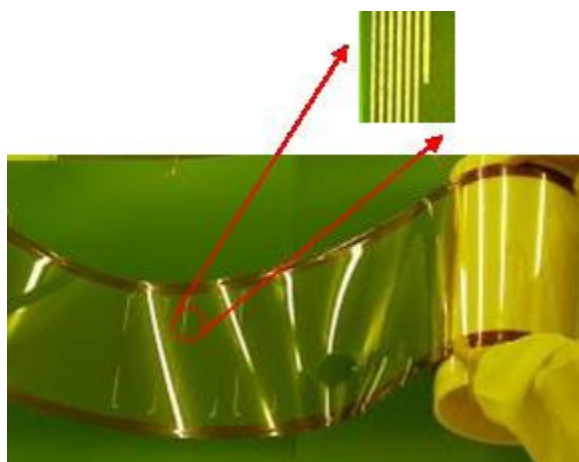


Рис.10. Образец гибкой стеклянной подложки с полосками прозрачного ИТО (окись индия и олова) электрода шириной 10 мкм (вверху) нанесенными методом печати строками золотых чернил шириной 150 мкм (внизу).

Среди представленных на выставке новых компонентов дисплеев блистали (в переносном и прямом смысле) ранее экзотические углеродные нанотрубки (одностенные) и квантовые точки. Я впервые увидел полкило нанотрубок в фабричной стеклотаре. С их использованием изготавливаются сенсорные резистивные экраны на кассовых терминалах (Рис.11а,б).

С добавкой квантовых точек в полимерный материал компаниями 3M и Nanosys создаются пленочные усилители яркости (Quantum-Dot Enhanced Film, сокращенно QDEF; по аналогии с известными BEF). Такой материал преобразует (конвертирует) синее излучение в красное или зеленое. Благодаря этому изготовители ЖКД могут сэкономить до 25-30% на подсветке, заменив дорогие белые светодиоды на дешевые синие. За эту разработку компания Nanosys была отмечена золотой наградой SID по номинации «Лучший дисплейный компонент 2012 г.».

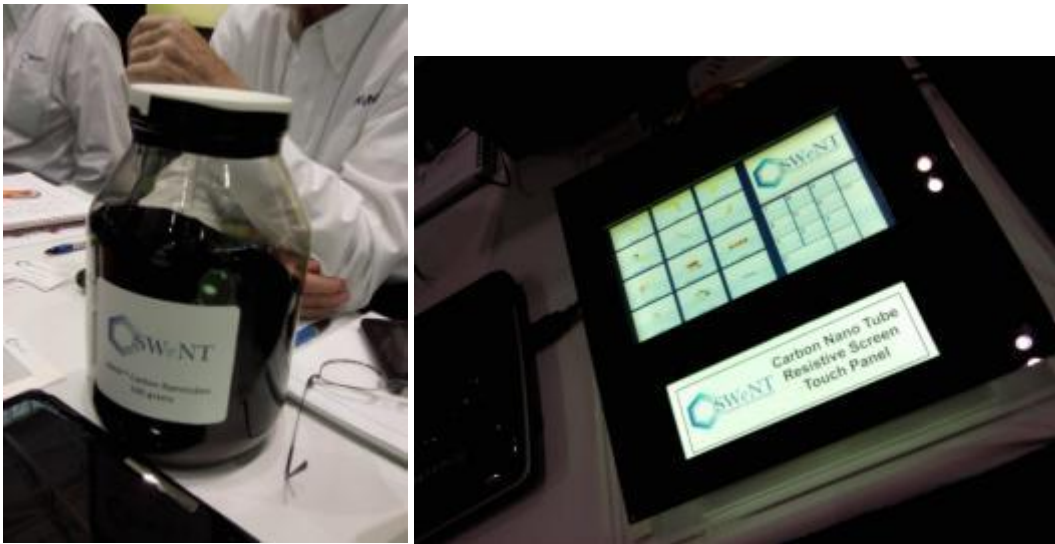
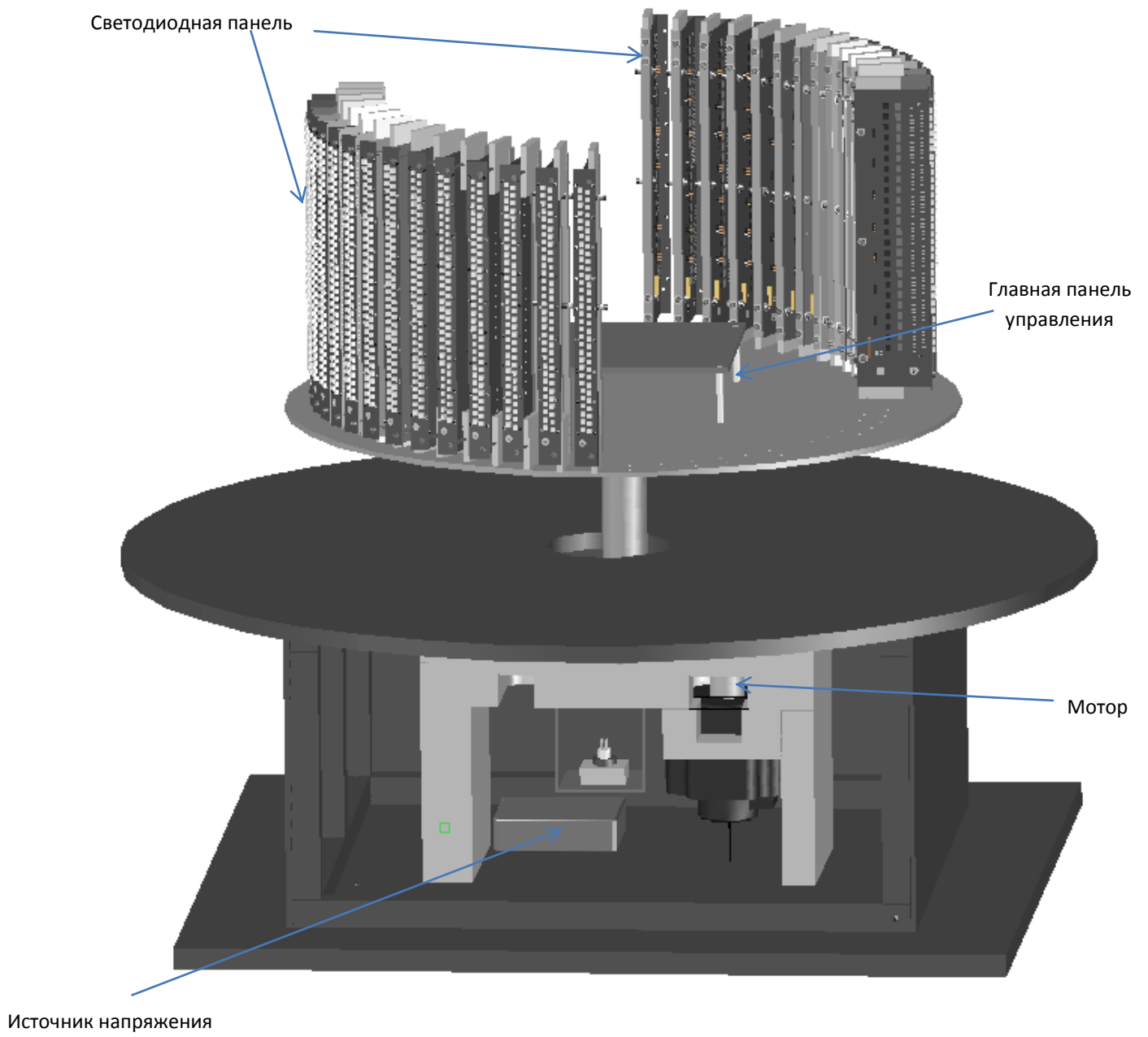


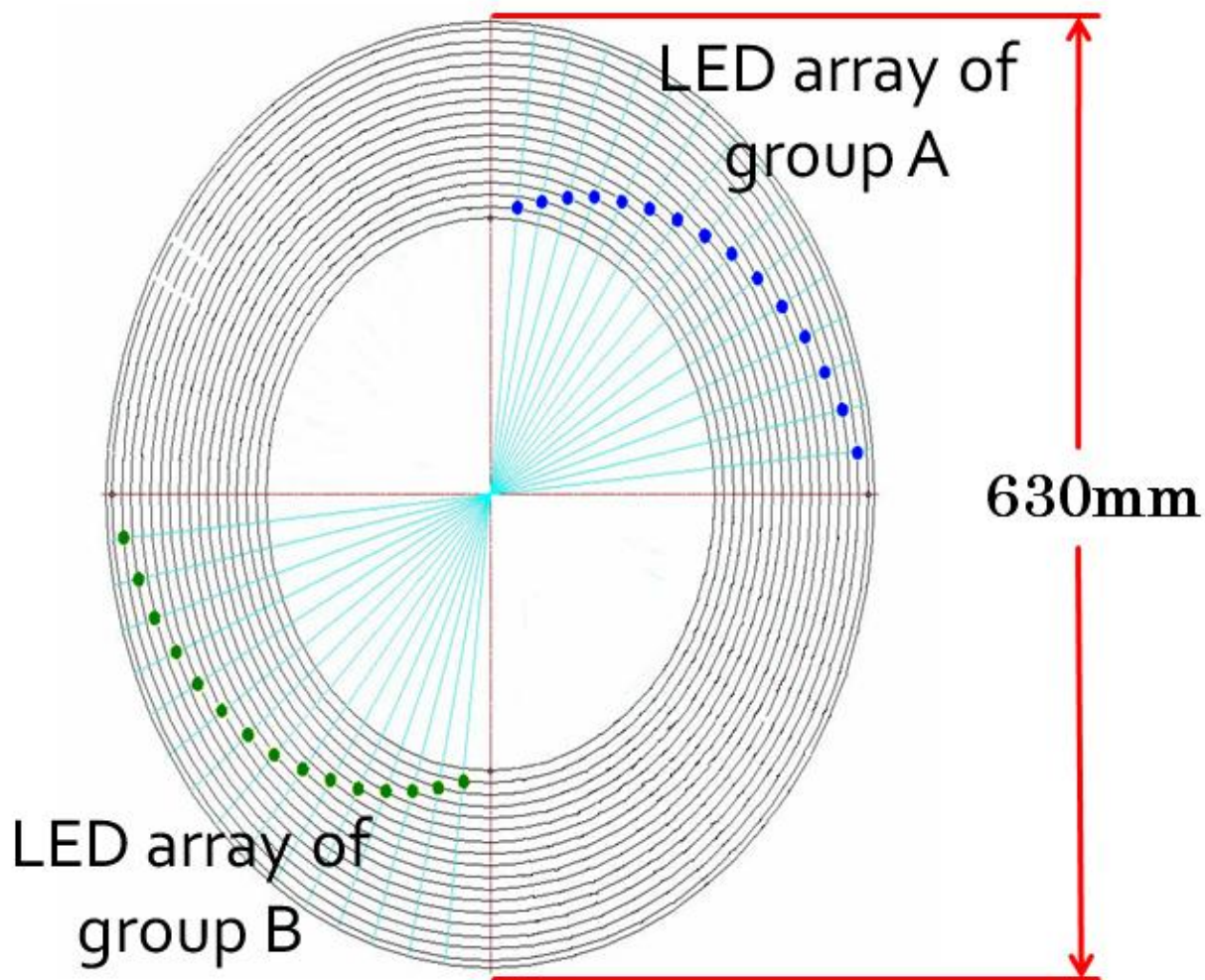
Рис.11. Одностенные углеродные нанотрубки (SWCNT) в фабричной таре (а) и образцы сенсорных резистивных экранов на кассовых терминалах с использованием нанотрубок (б).

593, 594

В технологическом институте Канадзава, Япония, для рекламных устройств разработан трехмерный светодиодный экран, в котором матрицы светодиодов расположены на двух спиралевидной поверхностях, вращающихся со скоростью до 360 оборотов в минуту (рис.12а,б). В результате полноцветное (до 256 градаций по каждому цвету) объемное изображение можно рассматривать со всех возможных направлений.



a)



б)

Рис.12. Структура светодиодного устройства для полноракурсного объемного изображения (а) и расположение светодиодов в панелях (б).

Хотя направление симпозиума и конференции и подразумевает получение изображения и работу с ним, но значительная часть тематики докладов оказалась связанной с источниками света – не только для подсветки, но и для освещения помещений. В частности, органические светодиоды (OLED), не сумев пока вытеснить ЖКД, предлагается использовать и в качестве обычных лампочек. Среди OLED-технологий (люминесценция или флуоресценция и фосфоресценция) идет конкуренция за лучшую световую эффективность. Технологический центр японской компании Konica Minolta заявил о первом в мире полностью фосфоресцентном OLED-осветительном приборе, который уже производится. У таких приборов в два раза выше внешняя квантовая эффективность, чем у флуоресцентных. Konica Minolta производит лампы площадью около 55 см<sup>2</sup> толщиной всего 1,9 мм с яркостью 1000 кд м<sup>-2</sup> (Рис.12). При этом управляющее напряжение всего около 3 В, а ток около 70 мА. Такие характеристики достигаются за счет высокой световой эффективности 45 лм Вт<sup>-1</sup>, что превышает аналогичный параметр у всех OLED-источников света. Правда, пока цветовая температура не очень высока (2800 К).

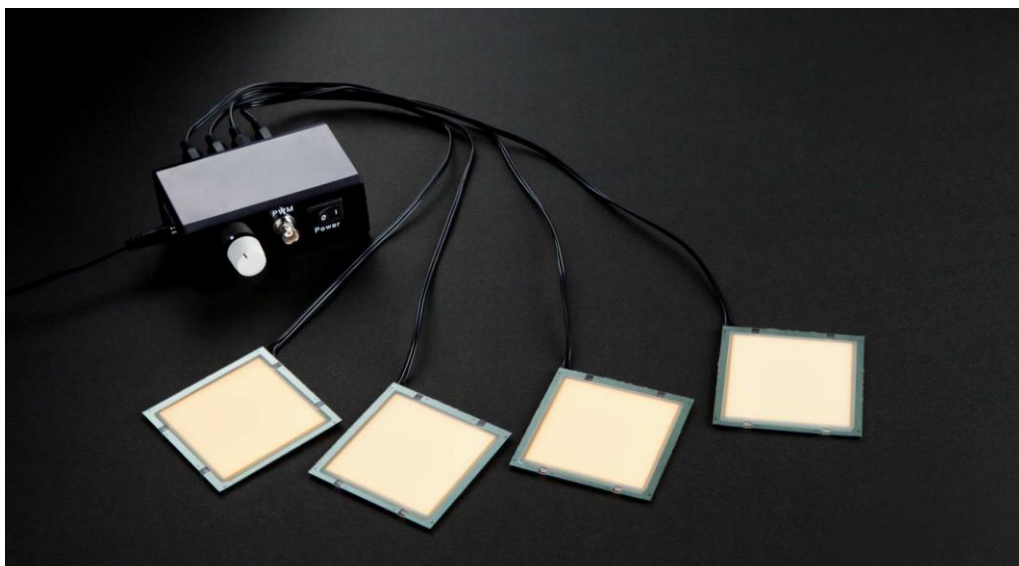


Рис.12. Осветитель “Symfos OLED-010K”

В то же время и традиционные применения и твердотельных светодиодов, и OLED были также достойно представлены на Симпозиуме. Это и OLED дисплей самсунговского телефона Galaxy (рис.13), завоевавший золотую награду SID 2012 года, и светодиодные подсветки для специальных, промышленных и медицинских приложений (рис.14-16).



Рис.13. Телефон Galaxy (Самсунг) с OLED дисплеем, удостоенный золотую награды SID 2012 года.





Рис.14. Дисплеи Endicott Research Group со светодиодной подсветкой, демонстрирующие ее преимущества перед люминесцентными лампами с холодным катодом.

10536

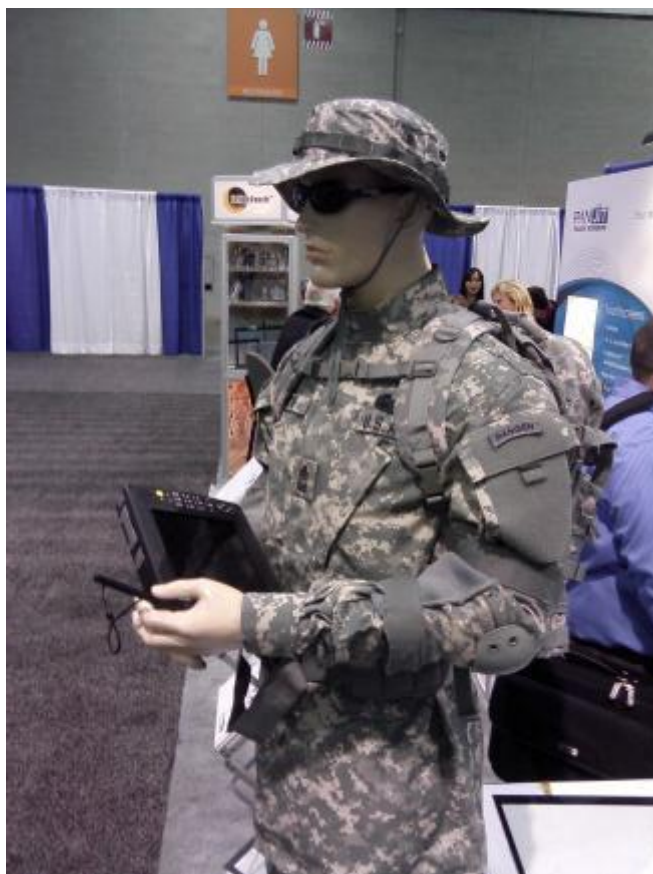


Рис.15. Солдат с сенсорной панелью PANJIT.

10538



Рис.16. В английском слова СМИ и медицина - однокоренные. Дисплеи Promed годятся для обоих применений.

10526

В настоящее время не удивишь дисплеями с трехмерным изображением. Но, оказывается, чтобы сформировать объемное изображение на плоских панелях с использованием камер, формирующих также двумерную картинку, нужно переходить в четырехмерное пространство, формировать четырехмерное (4D) световое поле. Оказывается, свет, проходящий через плоскую область, может быть полностью охарактеризован 4-мерной функцией: пространственно-спектральный поток в каждом направлении (два измерения) надо описать в каждой точке области (еще два измерения). 4-мерное световое поле описывает световой поток, распространяющийся через неперекрываемую часть соответствующего 3-мерного объема. Тогда для описания света, распространяющегося в этом объеме нужно будет уже 5-мерное световое поле. Это принцип, на котором основаны и человеческое зрение, и фотография.

Чтобы захватывать такое четырехмерное световое поле, компания Lytro из американской Кремниевой долины разработало систему камер для записи изображения, которые организованы в виде регулярной двумерной модели (картинки) с входным зрачком каждой камеры, помещенным в желаемой для съемки плоскости. В Lytro предложили упростить эту схему, поместив двумерную систему камер в фокальной плоскости обычной цифровой записывающей

камеры или поместив двумерный линзовый массив перед обычной цифровой камерой. Этот принцип фактически соответствует известному способу интеграции, изобретенному в 1908 г. Липпманом.

Профессор Jaehye You из школы электрической техники сеульского университета Хонгик предложил новый подход для исследования качества изображения, а затем и его улучшения, для многоэкранных систем в зависимости от множества параметров: тип дисплея, внешняя освещенность, содержание картинки, человеческий фактор и т.п. При использовании этого подхода будет уменьшено также энергопотребление системы. Например, для подсветки ЖКД с функцией локального затемнения не нужно иметь слишком 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 обнаружены и ЖК, излучающие поляризованный свет, опять же под действием электрического поля. Однако, у ЖК обнаружилось еще одно свойство – некоторые из них могут использоваться в качестве рабочего материала полевого транзистора для любой дисплейной активной матрицы (работа Токийского технологического института). Производные бензотиенбензотиофена (полициклическая молекула с атомами серы в некоторых циклах) имеют высокую подвижность (до  $5,7 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ ) в смектической Е фазе и под действием затворного напряжения модулируют проходящий ток на 7-8 порядков. Эти свойства сохраняются до температуры  $170^\circ\text{C}$ .

Но, если говорить о перспективах более близкого будущего для материалов тонкопленочных транзисторов (ТПТ или TFT), то многообещающими материалами для замены кремния являются оксиды металлов, в частности IGZO (In:Ga:Zn оксид). На выставке Sharp продемонстрировал 32-дюймовую (81 см) с QHD разрешением (3840 x 2160 пикселей).

Из «обычных» применений жидких кристаллов отметим сверхтонкий экран монитора ноутбука Самсунг толщиной всего 2,85 мм (рис.17). Отчасти благодаря этому, а также высокому разрешению, такие ноутбуки теперь называются ультрабуки. Микродисплей корпорации Corin имеет размер только 0,21 дюйма (5 мм) при VGA формате.

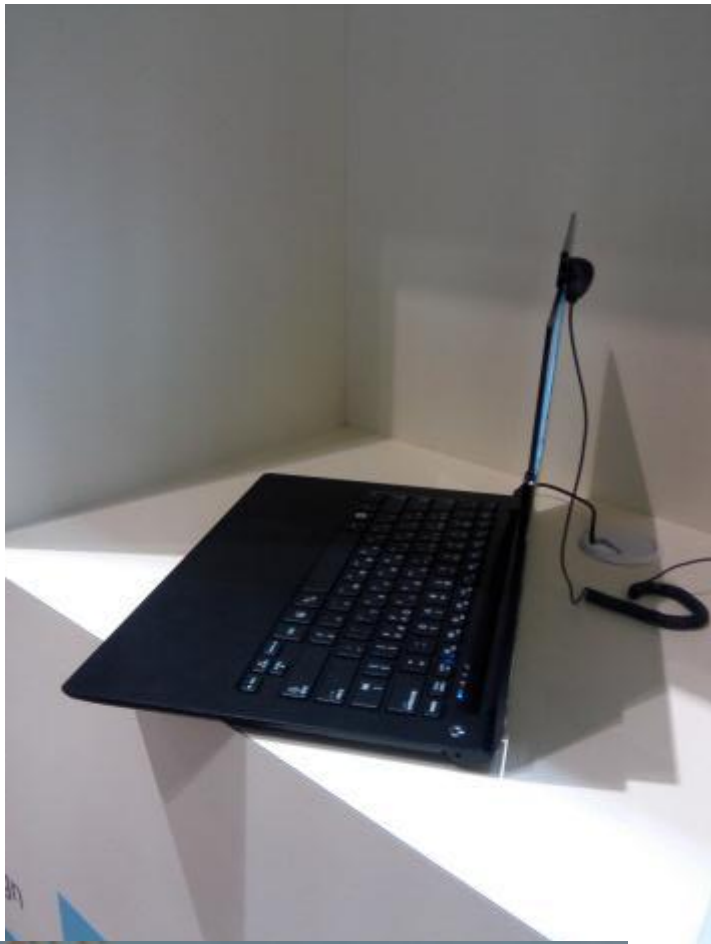


Рис.17. Сверхтонкий экран монитора ультрабука Самсунг.

Superthin notebook 10540, 41

В корейском институте ETRI для уменьшения расходов на изготовление цветных OLED дисплеев предложили ставить друг за другом две OLED панели, первая из которых обычная, непрозрачная, а вторая является прозрачной с высоким пропусканием. Каждая из панелей излучает свой диапазон длин волн, а вместе они производят полную цветовую гамму видимого диапазона спектра. Авторы уверены, что их решение на 60% эффективнее других OLED.

Среди экспонатов выставки надо также упомянуть необычное применение плазменных дисплеев. Американская компания Integrated Sensors использует плазменные панели для обнаружения космических мюонов, ионных пучков ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$  и  $^{137}\text{Cs}$ ), а также при лечении рака рентгеновскими методами для обнаружения ионизирующих фотонов (Рис.18). В таком применении каждый пиксель плазменной панели работает как счетчик Гейгера.

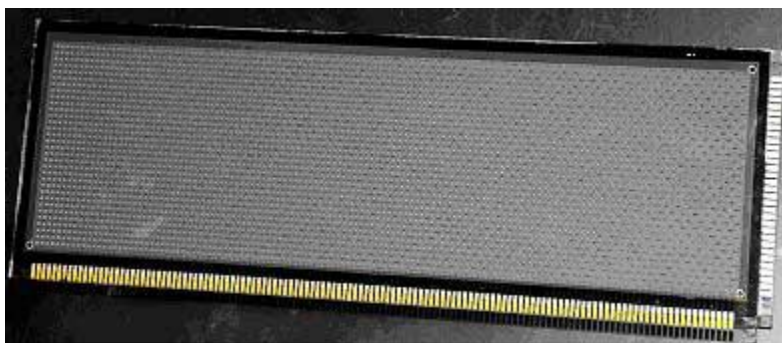


Рис.18. Плазменная панель компании Integrated Sensors в качестве счетчика Гейгера.

Обычно на выставках SID представлена новая продукция или компонентная база ведущих компаний. Разработчики представляют технические характеристики устройств, иногда показывают их структуру, рассказывают о принципах работы, но только тогда, когда технология уже прошла стадии патентной защиты, производства. То, что планируется разработать и внедрить чаще всего держится в секрете. В Бостоне же значительная часть выставочного зала была предоставлена тем, кто представлял идею, в лучшем случае прототип изделия. В i-Zone (инновационной зоне; не буду упоминать русское слово, ассоциирующееся с этим понятием) разместились около двух десятков стендов университетов и небольших компаний, где были представлены устройства, программы или презентации того, что, возможно, будет показано на основных стендах выставки через несколько лет в качестве уже промышленной продукции (Рис.19).



Рис.19. Вид сверху на i-Zone (инновационную зону).

IMG10588\_view\_i-zone

Китайский университет представил рулон электронной бумаги многометровой длины (Рис.20), который мы с Баопинг Вангом, вице-президентом Юго-Восточного университета и с этого года вице-президентом SID по Азии, безуспешно пытались перемотать от начала до конца.



Рис.20. Рулон электронной бумаги Юго-Восточного университета, Нанкин, Китай. 10532

В разговоре с представителем американской группы я долго не мог понять, как меняются картинки на куртке – неужели в нее вмонтировано множество светодиодов? Светодиодов оказалось всего несколько, но вся куртка была прошита оптическим волокном, благодаря чему на одежде возникали или контуры разных фигур, или вообще цветные картинки. На другом стенде были скомбинированы различные биометрические приспособления. Одновременно исследовалась и радужная оболочка зрачка глаза, и геометрические параметры тела.

А победителем среди экспонатов инновационной зоны была признана небольшая (пока) американская компания Tactus Technology. Они показали сенсорный дисплей на поверхности которого при касании вырастают кнопки, заполненные жидкостью с микрочастицами). Если рука убирается, кнопки исчезают, оставляя поверхность панели плоской.

Конференцию достойно завершала постерная секция, расположившаяся в огромнейшем зале, половина которого была отведена под собеседования с авторами устных докладов. Каждый день набиралось более двух десятков устных секций, причем в каждый момент одновременно проходило около восьми. К слову сказать, что автор этого обзора представлял два постерных доклада по результатам, полученных при выполнении 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. Было интересно услышать представление своей работы на португальском языке профессора из Бразилии Алаиды Маммана.

В работах принимало участие много молодых ученых и студентов, а часть проекта №02.740.11.5218 выполнена под руководством приглашенного российского ученого работающего за рубежом – профессора В.Г. Чигринова из Гонконгского университета науки и технологии. На Симпозиуме он представил много других своих докладов по технологии фотоориентации.

В качестве образца выполнения постерного доклада показана японская работа из университета Кюсю и компании Nissan Chemical Industries (рис.21). Плакат отличается как информативностью, так и наглядностью. Разработка отличается и оригинальностью – возможно, в первый раз показан осветительный прибор с жидким (!) органическим светодиодным материалом.



