

УДК 544.25:621.389

В. В. Беляев

**ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ДИСПЛЕИ И МАТЕРИАЛЫ
НА СИМПОЗИУМЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ДИСПЛЕЙНОГО ОБЩЕСТВА (SID),
САН-ДИЕГО, США, 1 – 6 ИЮНЯ 2014 г.**

Московский государственный областной университет
ул. Радио, 10-а, 105005 Москва, Россия. Российское отделение SID
E-mail: vic_belyaev@mail.ru

Представлен обзор современных приложений жидкокристаллических дисплеев. На симпозиуме были показаны устройства со сверхвысоким пространственным разрешением для реализации концепции «погруженности». Описаны новые конструкции гибких, тонких дисплеев, сенсорных панелей, упрочненных дисплеев. Ряд перспективных решений был продемонстрирован на инновационной площадке симпозиума.

Ключевые слова: жидкие кристаллы, дисплеи, материалы, Международное дисплейное общество.

V. V. Belyaev

**LIQUID CRYSTAL DISPLAYS AND MATERIALS AT SYMPOSIUM
OF THE SOCIETY FOR INFORMATION DISPLAY (SID),
SAN DIEGO, USA, June 1 – 6, 2014**

Moscow State Regional University
Radio str., 10-a, 105005 Moscow, Russia. SID Russia Chapter
E-mail: vic_belyaev@mail.ru

A review on liquid crystal display applications is presented. Devices with superior resolution, flexibility, thickness and other performances to make real the «immersiveness» concept are presented. New designs of touch-screen and rugged LCD are described. Very promising solutions were suggested in the innovation zone of the Symposium.

Key words: liquid crystals, displays, materials, the Society for Information Display.

Введение

Плоскопанельные дисплеи, прежде всего, жидкокристаллические (ЖКД), являются главным сегментом более чем \$100-миллиардного рынка средств отображения информации. Множество компаний вкладываются в разработку новых устройств и материалов, чтобы занять ведущую роль на этом рынке. Вот уже более 50 лет самый современный уровень разработок и продуктов в этой области представляется на выставке симпозиума международного дисплейного общества (SID) и мероприятиях обширной научной программы – на конференциях, семинарах, учебных курсах, бизнес-конференциях.

В этом обзоре делается попытка оценить масштаб представленных наиболее важных и интересных разработок и технологий. Более полные обзоры, в том числе и по технологиям, не относящимся к ЖК, опубликованы в [1, 2].

Эффект «погруженности»

На лекции открытия и выставке были показаны разработки, полностью перекрывающие требования «погруженности» (*immersiveness*) – понятия, вокруг которого вертелось все на «Неделе дисплеев 2014». Погруженность означает ощущение реальности показываемого мира, ради чего дисплеями должно быть покрыто все пространство вокруг пользователя, оператора, наблюдателя. Сами дисплеи должны формировать изображение высочайшего пространственного и временного разрешения, цветового диапазона. С учетом, что пространство вокруг нас имеет различную форму и кривизну, дисплеи должны воспроизводить эти особенности. Разработчики пытаются также воздействовать на другие, невизуальные органы чувств – слух, запах, осязание.

Предполагается, что в технике погружения будут создавать кино, вести телевидение, лекции, медицинские операции, конструировать новые системы, в том числе и безопасности; разумеется, она будет широко использоваться в рекламе и развлечениях.

Продукция для этой техники была широко представлена на симпозиуме. Например, ключевым экспонатом на стенде китайской компании BOE стал дисплей с самым высоким в мире разрешением: 7680×4320 пикселей (более 33 млн). Его размер 98 дюймов (2,5 м) по

диагонали. Для такого разрешения (8k×4k) введен специальный термин QUNHD (*quarto ultra high definition*, по-русски четырехкратная сверхвысокая четкость). Напомним, обычное телевидение высокой четкости (ТВЧ или HDTV) имеет разрешение «всего» 1920×1080 пикселей. С учетом трехцветности показатель по разрешению надо умножить на три.

Дисплеи со сверхразрешением

Отметим другие разработки со сверхразрешением. Японская фирма Sharp выставила *медицинский дисплей* с разрешением 4k (3680×2160) диагональю 31,5 дюйма (80 см). А ЖК-дисплей другой японской компании (*Japan Display Inc.*) по технологии планарного переключения (*in-plane-switching или IPS*) с такой же четкостью для планшета имеет размер в три раза меньше (10,1 дюйма или 26 см). Пространственное разрешение – на одном дюйме размещается 438 точек (172 на 1 см) – или размер одного пикселя менее 60 мкм. У обычного монитора – около 140 мкм. При этом модуль имеет толщину всего 2,35 мм, обеспечивая яркость 400 кд/м² и контраст 1100 при энергопотреблении 321 мВт.

Компания VP (Япония) не превзошла эту модель по разрешению, но зато сделала свою панель умной и «зеленой» (экологичной). 28-дюймовое (71 см по диагонали) устройство может работать как в режиме обычной, так и четырехкратной (3680×2160 пикселей) четкости с полноцветным изображением. Прибор оснащен датчиками окружающей освещенности и имеет функцию подсветки, приспособленную к содержанию изображения. В пленочный усилитель яркости встроены квантовые точки. Благодаря всему этому дисплей имеет вдвое меньшее энергопотребление по сравнению с обычным устройством. Удивляет и меньшая стоимость изготовления панели.

Дисплеи широкого поля зрения

Теперь о другой характеристике дисплеев для погруженности, связанной с окружающим пространством. Широкое поле зрения должны обеспечить изогнутые, искривленные (*curved*) панели. Такие панели для телевизоров во множестве показали и Samsung, и LG как для жидкокристаллической технологии, так и технологии органических светодиодов (OLED).

Для автолюбителей компания Vsi изготовила не только *вогнутые, но и выпуклые дисплеи* для приборной доски и различных видов «зеркал». А уже упоминавшаяся компания Japan Display Inc. представила на своем стенде ЖК-панель с двумя 5 мм дырками для осей стрелок индикаторов скорости и уровня топлива. Особенность такой панели с дырками в том, что она обеспечивает качественное изображение на всей остающейся от дырок площади, а, значит, по сравнению с обычным дисплеем надо изменить систему адресации строк и столбцов.

Лидеры дисплеев

То, что среди всех технологий динамично развивающимся *лидером остаются жидкие кристаллы*, подтверждается включением выступления лидера этого направления в немецкой фирме E. Merck Михаэля Хекльмайера в секцию ключевых докладов, открывшую научную программу симпозиума. М. Хекльмайер рассказал, как сейчас добиваются одновременно и уменьшения размера пикселя (см. часть статьи про погружение), и увеличения его пропускания в открытом состоянии, и уменьшения пропускания в закрытом (уровень черного). Для этой задачи IPS-технология трансформируется в FFS (*fringe-field-switching*, или переключение полос). Для создания изогнутых экранов ЖК в объеме дисплея стабилизируется полимерными стенками, позволяющими сохранить зазор и не дающими ЖК перетекать из одной части панели в другую. Для формирования объемного изображения с помощью стереочков или голографического метода в немецкой компании разбивают объем ЖК на более мелкие части путем формирования полимерной сетки. В результате увеличивается и разрешение, и быстродействие. Новые технологии и материалы позволяют использовать и те электрооптические эффекты, которые раньше были предметом чисто академических исследований, например флексоэффект (деформация ЖК, возникающая из-за его поляризации) или «голубые» фазы (хиральные, оптически активные материалы, в которых возникает упорядоченная система дефектов). М. Хекльмайер рассказал и про интересные недисплейные приложения ЖК и других материалов – умное стекло в качестве источника энергии и умные антенны. В первом случае в ЖК вводят дихроичный флуоресцентный краситель и под действием падающего света возникает потенциал, управляющий пропусканием

ЖК-ячейки. Во втором – с помощью нового мерковского материала получают возможность непрерывного приема радиосигнала, несмотря на препятствия, ранее экранировавшие его.

E. Merck много работает и по направлению органических светодиодов. Вместе с японской Epson обе фирмы теперь будут делать OLED-чернила для печатания таких дисплеев. С использованием квантовых точек теперь управляют длиной волны излучения органических материалов.

В японской Mitsubishi Electric разработали новую подсветку, в которой в качестве одного из источников света используется лазерный светодиод (красный или циан, один из пурпурных цветов). Это делает живым изображение, воспроизводимое ЖК-телевизором. На основе аналогичных лазерных диодов этой корпорации был создан тонкий (27 см) проектор с изображением до 65 дюймов (165 см) с цветовой гаммой, в два раза превышающей цветовую диаграмму обычного ЖК-телевизора.

Сенсорные дисплеи

На выставке было очень много сенсорных дисплеев (*touch-screen*). Мы привыкли, что у терминалов они, как правило, небольшие по размеру и имеют немного точек касания. Это мнение опровергается несколькими новыми разработками. Так, панель Columbus имеет диагональ 47 дюймов (119 см), разрешение высокой четкости (1920×1080 пикселей). Изображение можно рассматривать под любым углом благодаря технологии планарного переключения (*in-plane-switching*, или IPS). Дисплей предназначен для наружного применения и, кроме рекламы, может использоваться в казино, промышленной автоматике, военных системах. Были продемонстрированы также сверхъяркие (до 2000 кд/м²) панели аналогичного размера. Но действительно инновационной стал дисплей китайской компании Amdalla с прозрачными электродами, сделанными из материала, альтернативного окиси индия и олова (ITO). При этом панель имеет десять точек касания, частоту смены изображений до 150 Гц, может быть размещена любым образом.

Панели для промышленных, медицинских и военных применений

Как всегда, на выставке «Недели дисплеев»

было много панелей для промышленных, медицинских и военных применений. В качестве примера приведем характеристики упрочненного (*rugged*) дисплея компании Japan Display Inc. Что касается термических испытаний по работе, хранению, циклам, термоудару, а также испытаний при повышенной влажности, дисплей выдерживал все в течение времени, в два раза превышавшего требуемое по стандарту (500 часов вместо 240 часов). Прибор также сохранял характеристики в течение часа при воздействии вибрации, в четыре раза превышавшей стандартную по величине и в два раза по частоте, а также выдерживал однократный удар до 80 g (по стандарту надо до 50 g).

Среди панелей американской компании Rockwell Collins отметим 40-дюймовый (101 см) военный дисплей, имеющий сравнительно небольшую толщину, но при этом снабженный 12 мм защитным стеклом.

Впечатляющий набор упрочненных дисплеев для автомобилей, самолетов, космических аппаратов, систем управления и пр. был представлен на стенде японской компании Matsushita Electric, полупроводниковое направление. Компания работает под девизом «Изменения для лучшего».

Многие компании продолжают работать над увеличением яркости дисплея без усиления яркости подсветки и улучшением контраста. Свои пленки представили 3M, японская Sharp, тайваньская Chi Mei Visual Technology. Последняя даже назвала свой дисплей Omniwide, т. е. широкий (угол обзора) во всех направлениях. Автор статьи также представил постерный доклад по оптическим свойствам ЖК-ячеек с гибридной ориентацией, которые также можно использовать в оптических компенсаторах для расширения углов обзора дисплея. Из других оптических решений интересно смотрятся ЖК-ячейки новой компании EuroLCDs из Латвии с двумя состояниями – мутным и прозрачным, которые могут храниться после выключения напряжения. А другая латышская компания Gro Glass отметилась даже призом общества SID за антибликовое стекло. Правда, надо отметить, что цвета картинки хорошо подобраны, чтобы не видеть блика на левой стороне панели.

Из действительно новых технологий следует отметить жидкокристаллические устройства для терагерцового диапазона. Доклад на эту тему был

представлен Нанкинским университетом, Китай. При этом работа была поддержана и американским агентством оборонных исследований (DARPA). Применения ТГц излучения и устройств – спектроскопия, связь и получение изображений, например, видение сквозь стены, наведение оружия, всепогодное формирование изображений в УФ-диапазоне, космические изображения и т. п. С использованием ЖК в этом диапазоне изготавливают фазо-сдвигатели, волновые пластины, фильтры, поляризаторы. Проблемой являются величина двулучепреломления ЖК и материал электрода (обычный ITO электрод сильно поглощает ТГц излучение). Если первую проблему решают за счет увеличения толщины ЖК-слоя и использования производных толана, то для решения второй авторы создали технологию пористого графена.

Жидкокристаллические линзы

В научной программе «Недели дисплеев 2014» было много докладов по технологиям жидкокристаллических линз. Одним из интересных применений оказалось уменьшение перекрытия правых и левых изображений, формируемых автостереоскопическим устройством (микролинзовый растр, позволяющий обойтись без стереочков) с помощью ЖК-линзы с градиентным показателем преломления, разработанной в компании Panasonic Liquid Crystal Display Co корпорации Panasonic (Matsushita). Несколько докладов было представлено группой из Гонконгского университета науки и технологии (В. Чигринов и др.).

На «Неделе дисплеев» стало хорошей традицией устраивать инновационную площадку (*i-Zone*), на которой бесплатно можно показать свою новую перспективную разработку, часто еще не завершенную, сделанную «на коленке». На этой площадке были представлены новые компоненты для ЖК-панелей.

Вручение наград

В феврале 2014 г. В. В. Беляеву присуждено звание почетного члена (Fellow) SID с формулировкой «За большой вклад в науку и технологию жидкокристаллических материалов, электрооптических эффектов, дисплеев, компонентов и систем». Награда была вручена во время симпозиума. Комитет дисплейного общества по наградам оценил 40-летнюю деятельность В. В. Беляева, обнаружившего и/или запатентовав-



Изобретатель IPS Кацуми Кондо и почетный член SID д-р техн. наук В. В. Беляев

шего и/или внедрившего в производство ряд жидкокристаллических и ориентирующих материалов; эффектов, позволяющих увеличить быстродействие и угол обзора ЖК-устройств; приборов с улучшенными свойствами (например, быстродействующие затворы, пространственно-временные модуляторы света с повышенной информационной емкостью, стереоустройства, очки для ночного вождения автомобиля и др.), многие из которых реализованы в оптических процессорах и системах управления и внедрены в промышленность и науки предприятий и организаций России, Белоруссии, Кореи, США и др. *В. В. Беляева* номинировали на это звание известные японские ученые и деятели SID Т. Учида и Ш. Микошиба. Рекомендации на избрание давали признанные специалисты России, Белоруссии, США, Германии, Гонконга, полезные советы – Шотландии. Всем им обладатель почетного звания выражает свою глубокую признательность. За 52 года существования SID это лишь вторая награда российскому специалисту. Первым в 2008 г. стал Владимир Григорьевич Чигринов.

Отметим других награжденных, имеющих отношение к ЖК. Медаль Карла Фердинанда Брауна была вручена изобретателю IPS-технологии (планарное переключение) *Кацуми Кондо* (фото).

В своем выступлении по поводу награждения он отметил, что каждое посещение Сан-Диего связано у него с приятными воспоминаниями. В 1982 году он приехал сюда студентом, в 1996 – приглашенным докладчиком и лауреатом приза «Дисплей года», а в 2014, кроме медали Брауна ему самому, оказались отмеченными также его студенты и аспиранты за выдающиеся статьи, представленные на симпозиуме. В конце лекции К. Кондо показал слайд, где он сейчас, как и в 1982 г., бежит марафон, и молодым коллегам за ним не угнаться.

Медаль Яна Райхмана за пионерскую разработку и исследование полимерных жидких кристаллов, полимеризующихся под действием УФ-облучения, и их внедрение в плоскостельные дисплеи вручена *Дирку де Броэру*, профессору Эйнховенского технологического университета. *Кэндис Браун-Эллиотт* (глава и основатель *Nouvouance*) удостоена медали Отто Шаде за технологию PenTile. Кроме обычной триады цветов, она добавила в ЖКД белый суб-пиксель, что позволило создать вместе с Самсунгом ряд прототипов с более высокими яркостью, контрастом, разрешением. Заслуги *Хан-Пинг Шиэ*, профессора и проректора тайваньского университета Чанг Тунг, в обучении студентов и профессионалов в области информационных дисплеев отмечены медалью Слоттова-Оваки.

Заключение

Делая этот обзор наград, признаем большой потенциал российских специалистов как накопленный ранее, так и созданный в последние годы при выполнении проектов РФФИ и федеральных целевых программ «Кадры» и «Национальная технологическая база» Министерства образования и науки РФ.

Российское отделение SID готово способствовать выдвижению успешных исследователей на различные награды, хотя этот процесс очень не простой.

В заключение следует отметить, что участие в Симпозиуме SID 2014 г. было обеспечено из средств проекта, выполняемого при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 13-07-00217-а.

Список литературы / References

1. *Беляев В. В.* Неделя дисплеев 2014 года. Большие достижения начинаются с малого // Электроника : NTB, 2014. Вып. 3. [*Belyaev V. V.* Nedelya Displeev 2014 goda. Bol'shie dostizheniya nachinayutsya s malogo // Elektronika : NTB, 2014. Iss. 3. (in Russian).]
2. *Беляев В. В.* Погружение в суперреальность // Электроника : NTB, 2014. Вып. 6. [*Belyaev V. V.* Pogruzhenie v superreal'nost' // Elektronika : NTB, 2014. Iss. 6. (in Russian).]

Поступила в редакцию 17.09.2014 г.