

## ЧЕМУ МЫ НАУЧИЛИСЬ НА "ЕВРОДИСПЛЕЕ-07"

Первая в России международная дисплейная исследовательская конференция "ЕвроДисплей-07" была приурочена к столетию электронных дисплеев в России [1]. Мероприятие организовано Российским отделением международного дисплейного общества (SID), ФИАН и РАН при спонсорстве Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ, грант 07-02-06067) SID и Европейского офиса ВВС США, а также при информационной поддержке ведущих российских журналов ("ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ", "Электронные компоненты", "Компоненты и технологии", "ChipNews"). Конференция проводилась в здании Президиума РАН.

Одновременно в Экспоцентре проходила выставка с тем же названием – "ЕвроДисплей-07". Кроме того, 17 сентября была проведена бизнес-конференция по проблемам рынка и основным технологиям дисплеев (доклад Б.Янга (B.Young), первого вице-президента консалтинговой компании DisplaySearch), производству больших ЖК-панелей (доклад Б.Бекерли (B.Berkeley), вице-президента Центра по ЖКД-технологиям компании Samsung Electronics, Ю. Корея), дисплеям для авионики (доклад Х.Мариньо (J.Magarinho) Thales, Франция), дисплеям для мобильных приложений (доклад Дж.Киммела (J.Kimmel), руководителя исследовательской группы Nokia, Финляндия). Были также прочитаны учебные курсы по плазменным дисплеям (Х.Толнер (H.Tolner), консультант Юго-Восточного университета, Китай), микродисплеям (Я.Ундервуд (I.Underwood), компания Micro-Emissive Displays, Великобритания), ЖК-дисплеям (В.Чигринов, Гонконгский университет по науке и технике).

Некоторые результаты "ЕвроДисплея-07", а также бизнес-конференции и учебных курсов опубликованы в статье В.Беляева, В.Иванова, И.Компанца в журнале "Электронные компоненты", № 10, 2007 г.

В.Беляев

vic\_belyaev@mail.ru

В этой статье мы попытаемся проанализировать, чему российские исследователи, разработчики и производители дисплеев могут научиться у своих коллег из Европы, Азии, Америки и СНГ.

Конференцию открыл президент SID *Ларри Вебер* (Larry Weber) (рис.1). Основной темой его выступления стало рассмотрение вопроса о том, кто выиграет гонку за лучшую световую эффективность телевизора. Тот, кто надеялся получить вполне определенный ответ, был разочарован. Приведу ключительные слова Вебера: "Все основные технологии выигрывают, так как для них есть четкие пути увеличения световой эффективности. Для ЖКД можно использовать динамические или светодиодные подсветки для последовательного переключения цвета. ЭЛТ можно преобразовать в ПЭД (FED) или ДБЭ (дисплей с боковой эмиссией; Side Emission Display, или SED), так как в этих устройствах нет очень больших потерь из-за теневой маски и системы отклонения. Плазменные дисплеи можно улучшить, если направить входную мощность с катодного разряда на очень эффективный положительный столбец. Для проекционных дисплеев путь улучшения – использование световодных пластин большего размера, чтобы как можно большая часть света источника достигла экрана. В случае органических светодиодов необходимо решить проблему их срока службы. Потребители так или иначе выиграют: снизятся энергозатраты и цена устройств, улучшатся их характеристики. Дисплейные инженеры и ученые получают ряд преимуществ, так как появятся возможности для разработки новых необходимых технологий, и каждая из них будет развиваться с такой же скоростью, что и конкурирующие". Заведующий лабораторией ФИАН А.Витухновский задал Л.Веберу интересный вопрос: "Почему Вы все время говорите об эффективности, используя единицу люмен на ватт? В наше время правильнее спрашивать об эффективности, выраженной в люменах на доллар".

На этот вопрос ответил следующий докладчик, *Мунисами Анандан* (Organic Lighting Technologies LLC, Остин, Техас, США), в докладе о светодиодных подсветках ЖКД (статья М.Анандана с частичным раскрытием содержания презента-



**Рис. 1. Президент SID Ларри Вебер и председатель программного комитета ЕвроДисплей-07 Игорь Компанец**

ции будет опубликована в журнале "Электронные компоненты" № 11, 2007). Так, стоимость одной светодиодной подсветки в 2010 году может составить 10 долл. за штуку при использовании 48 светодиодов с эффективностью 100–130 лм/Вт в ноутбуке с экраном 11–12 дюймов. Бурный рост применения белых светодиодов для подсветки телефонных дисплеев обусловил их внедрение на рынок других мобильных устройств, прежде всего компьютеров. М.Анандан рассмотрел также перспективные конструкции, содержащие перевернутый (flip-chip) кристалл с квантовыми ямами, или фотонные кристаллы. Джон Фэн, президент Corin Corporation, США, рассказал о микродисплеях, которые выпускает его компания, о применении их в качестве видеоискателей для фото- и видеокамер, больших и малых проекторов, связи и вычислительной техники, медицины и промышленности, военной техники и систем слежения. Впечатляюще выглядели видеосцены боев, где солдаты были замаскированы дымом в видимом диапазоне спектра и были видны как на ладони в других диапазонах. Специалистам по дисплеям более интересно было узнать о технологии CyberDisplay с AM ЖКД на просвет, для которых были разработаны транзисторы из монокристаллического кремния, что позволило значительно увеличить плотность пикселей, почти до тысячи на дюйм.

Для тех, кто занимается крупными долгосрочными комплексными программами, наиболее важной презентацией стал доклад Карлхайнца Бланкенбаха, специалиста из университета Пфорцхайма (Германия), а по общественной работе – председателя управляющего комитета исследовательской интеграционной акции по перспективным дисплеям АД-РИА [2]. В рамках этой акции европейское сообщество спес-

циалистов по плоскочелюстным дисплеям определяет границы своей компетенции по долгосрочному (до 2020 года) планированию перспективных технологий, проводить работу по подготовке специалистов для этих направлений, разработке стандартов, а также созданием позитивного отношения к данному бизнес-направлению в Европе. В СССР и России в 1990-х годах работал координационный совет по дисплеям, который ставил похожие задачи. Но у него, как и у разработчиков современной программы "Отображение-XXI", основным направлением работ была разработка видеомодулей для спецзадач. В перечне основных направлений, входящих в сферу интересов АДРИА (табл.1), присутствуют технологии как гражданского, так и специального применений.

В научных секциях конференции из европейских фирм лучше всех был представлен, конечно, голландский Philips. Представители компании прочли четыре интересных доклада. Кратко расскажем об этих докладах.

Любому человеку интересно узнать, как формировать трехмерное изображение на двумерном экране большого телевизора. Марсель Крийн рассказал, как это сделать с помощью дополнительного микролинзового устройства, расположенного перед экраном. Рабочее тело такого устройства – это ЖК, показатель преломления которого меняется под действием напряжения, так что по такому телевизору можно наблюдать и обычное двумерное изображение. Из-за отсутствия 3D-вещания такие дисплеи пока будут использоваться не в телевидении, а в универмагах, киосках и кассовых терминалах, цифровых табло, игровых автоматах.

Элиав Хаскел представил совместный проект шести организаций из четырех стран – Нидерландов, Франции, Великобритании, Германии. Это новая технология производства гибких дисплеев с активной матрицей органических светодиодов под названием EPLaR (Electronics on Plastic by Laser Release – электроника на пластике с лазерным отрывом). Суть ее в том, что сначала все технологические процессы выполняются на полиимидной подложке, прикрепленной к стеклу, а затем уже готовый дисплей отделяется от стекла под действием лазерного пучка. Это повышает надежность производства, позволяет использовать стандартное оборудование.

В докладе М. Яка цветные фильтры в ЖКД заменены дифракционной решеткой, расщепляющей белый свет на три

**Таблица 1. Основные направления сетевого графика АДРИА**

Приложения	Свойства продукции	Технологии
Автомобили, авионика	Упрочненные, микродисплеи, высокое разрешение, гибкие (искривленные)	ЖКД, ОСД, ПЭД, АМ
Мобильная связь	Гибкие, бистабильные, высокое разрешение, микродисплеи, трехмерные	ЖКД, ОСД, электронная бумага, АМ
Промышленность и медицина	Упрочненные, высокое разрешение, трехмерные, микродисплеи, гибкие	ЖКД, ОСД, ПЭД, АМ
Дисплеи группового и коллективного пользования, реклама, торговля	Большая площадь, упрочненные, трехмерные, бистабильные, гибкие	ЖКД, АМ, плазма, ОСД, ПЭД, электронная бумага, другие (светодиоды)
Потребительская и домашняя электроника	Гибкие (искривленные, деформируемые), бистабильные, стандартные	ЖКД, ОСД, электронная бумага, АМ

Примечание. ЖКД – жидкокристаллические дисплеи, ОСД – органические светодиоды, ПЭД – полевые эмиссионные дисплеи, АМ – активные матрицы.

Таблица 2. Характеристики дисплейных систем

	HDTV	DCDM	HDMI	Super HiVision
Количество пикселей	1920×1080 (2K×1K)	4096×2048 (4K×2K)	2560×1600	7680×4320 (8K×4K)
Отношение сторон	16:9	2:1	8:5	16:9
Количество градаций серого, бит/цвет	10	12	16	8
Цветовая гамма	sRGB	XYZ	xvYCC	sRGB
Частота кадров, Гц	60	24	120	60
Сканирование	2:1 Чересстрочное	–	Прогрессивное	Прогрессивное

Примечание. HDTV – High Definition TV – ТВЧ; DCDM – Digital Cinema Distribution Master – эталон цифрового кино; HDMI – High Definition Multimedia Interface – мультимедийный интерфейс высокой четкости.

цветные компоненты, которые затем собираются микролинзовым растром и фокусируются на пиксели. В результате использование излучения подсветки становится более эффективным.

С.Свинкельс рассмотрел интересную проблему – на сколько минимальных частей надо разделить модуль светодиодной подсветки с локальным затемнением (local dimming), чтобы изображение не казалось состоящим из блоков? Оказалось, что глаз не ощущает разницы, если число сегментов равно 2500 и более для панели с ВЧ-разрешением (1920x1080 пикселей). На практике достаточно ограничиться 200 сегментами. Кроме того, на восприятие изображения почти не влияет сглаживание яркости по краям светодиодного сегмента.

Три доклада было представлено исследовательским центром финской компании Nokia. Ее специалисты изучают возможность введения в мобильные устройства функции трехмерного зрения с простым автостереоскопическим дисплеем или одним дисплеем, который крепится на голове перед глазами. В результате создается объемное изображение, увеличенное за счет применения дифракционного расширителя выходного зрачка. Также дифракционные элементы предлагается использовать в подсветке мобильных дисплеев за счет оригинальной системы разветвленных решеток, которые обеспечивают цвет каждого пикселя без цветных фильтров. Напомним, что выше мы писали о том, что в этом направлении работает и Philips.

Французские компании CEA/LETI, Thomson и Thales Avionics LCD применили уже упоминавшуюся технологию EPLaR для создания гибкого ОСД-дисплея, успешно прошедшего испытания при температуре от -30 до 90°C в течение 20–60 дней.

Француженка Доминик Лабиллуа из американской корпорации Corning рассказала о производимых с 2006 года подложках EAGLE XG™ для ЖКД, в которых нет таких вредных компонентов, как мышьяк, сурьма, барий, галогениды, а также о больших подложках новых поколений и даже о стеклянных подложках для гибких дисплеев.

Samsung Electronics представляли три входящие в него компании.

В центре разработок ЖКД-подразделения компании Samsung Electronics создали схему управления матричным ЖК-экраном с транзисторами из аморфного кремния (a-Si:H), которая обеспечивает отсутствие температурной зависимос-

ти времени переключения от одной градации к другой (Grey-to-Grey response) и надежную работу дисплея при температуре до -20°C без изменения качества изображения. А.Архипов из ЖКД-подразделения Samsung Electronics разработал несколько эффективных методов, с помощью которых можно увеличить яркость ОСД-панелей и одновременно снизить энергопотребление.

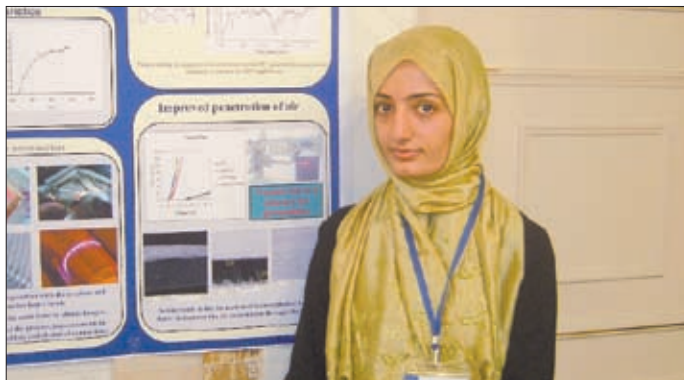
В совместном докладе специалистов НИИ углеродных технологий (Южная Корея) и компании Samsung SDI сообщалось о новых полевых эмиттерах из углеродного нановолокна, покрытых платиной. Результаты их тестирования таковы: пороговая напряженность 4 В/мкм и плотность тока излучения до 45 мкА/см<sup>2</sup>. Это означает, что такие эмиттеры можно использовать для производства ПЭД. В России аналогичные работы ведутся в МФТИ (г. Долгопрудный) и НИИФП (г. Зеленоград).

В Samsung Electro-Mechanics Co. разработали новый электронный модуль светодиодной подсветки ЖКД, в котором два блока заменены на один – более простой, дешевый и эффективный, что привело к улучшению качества изображения.

В отличие от Samsung, другая корейская компания LG представила всего один постерный доклад по контактам ОСД.

Из японских презентаций отметим, прежде всего, выступление профессора Шигео Микошиба (университет электросвязи в Токио), который много сделал для развития Российского отделения SID. Он подробно рассмотрел рынок и технологические стратегии работ по плазменным панелям, реализовав которые можно будет успешно конкурировать с ЖКД. В ближайшем будущем ожидается резкое увеличение продаж больших телевизоров в связи с Олимпиадой в Пекине, выставкой ЭКСПО-2010 в Шанхае и прекращение аналогового вещания в Японии в 2011 году. В табл. 2 приведены прогнозируемые характеристики различных дисплейных систем.

Из табл.2 следует, что для плазменных устройств надо увеличить световую эффективность (например, увеличивая парциальное давление ксенона), повысить контраст, особенно при работе в темном помещении (например, уменьшив яркость фонового излучения сбросовых импульсов), увеличить градации серого, убрать артефакты движения. Стоимость ПДП можно снизить, применив новые технологии (упрощения тонкопленочных процессов, а также формирования барьеров и осаждения люминофора, замены тонких пленок на толстые, а фотолитографии на печать, сокращения времени про-



**Рис.2. Аспирантка университета Тегерана перед постером "Метод изготовления гибкого плазменного дисплея"**

цессов и др.), устранения остаточного изображения и уменьшения стоимости схем управления, составляющих сейчас до 72% стоимости материалов в ПДП.

В докладах японских гигантов рассматривались вопросы восприятия изображений на плоских панелях: оценка разрешения движущихся картин (выступление представителей Matsushita Electric Industrial Co., торгующей под маркой "Панасоник") и смешивания цвета на экранах больших дисплеев, на которые смотрят с разных расстояний (доклад представителя Mitsubishi Electric Microcomputer Application Software Co.). А крупнейший производитель материалов для дисплеев компания Dainippon Ink and Chemicals Inc. совместно с Гонконгским университетом по науке и технике исследовала фотоориентацию ЖК, в том числе и на трехмерных объектах (решетки, микротрубки), а также разработку сверхтонких (0,3–0,7 мкм) поляризаторов.

На конференции были также широко представлены университеты стран Дальнего Востока – Южной Кореи, Японии, Гонконга, Тайваня, Китая. По соглашению между Российским и Пекинским отделениями SID был принят доклад *Сяолин Яна* – президента TCL Corporate Research (Шэньчжэнь, Китай), сделанный вместе с офтальмологическим центром Чжоншань в Гуанчжоу. В докладе показано, что восприятие излучения с круговой поляризацией менее утомительно для человека, чем с линейной, и рекомендуется оснастить ЖКД пленочными четвертьволновыми пластинками.

Даже Иран выступил с тремя докладами, из которых запомнился постер о методе изготовления гибкого плазменного дисплея (рис.2).

Из действительно новых, малоизвестных технологий отметим электросмачиваемые дисплеи (автор – уже упоминавшийся *К.Бланкенбах* из университета Пфорцхайма, Германия). Под действием электрического напряжения капля воды в масляной среде перемещается из одной части пиксела в другую, изменяя его пропускание. Характеристики таких устройств пока не высоки, за исключением пропускания (>85%) и температурного диапазона (от -40°C до 100°C). Впрочем, немецко-швейцарская компания ADT ("Передовые дисплейные технологии") определила сферу их применения

для наружных индикаторов и наборных экранов. При обсуждении этого доклада заведующий лабораторией ЖК Института кристаллографии РАН С.П.Палто отметил, что название "электросмачиваемые" неверное, так как реально изменяется не взаимодействие жидкости с поверхностью, а межфазное взаимодействие двух жидкостей.

Одним из самых позитивных моментов конференции стало вручение медали Фредерикса, присуждаемое жидкокристаллическим сообществом "Содружество" за лучшие работы по физике и химии жидких кристаллов. В 2006 году медаль по физике и химии была присуждена Владимиру Степановичу Безбородову – сотруднику НИИ прикладных физических проблем Белорусского государственного университета (рис.3).

Очень многие зарубежные доклады и статьи заканчивались словами благодарности фондам и организациям за поддержку работы. Приведу некоторые примеры. Несколько корейских университетских работ были поддержаны министерством информации и связи и министерством науки и технологии, японских – министерством образования, культуры, спорта, науки и технологии, немецких – федеральным министерством образования и исследований. Ряд европейских исследований поддержал Европейский Союз в рамках программы "Технологии информационного общества" (один из примеров – проект FlexiDis). Корейское министерство образования инициировало для молодых ученых программу "Мозг Кореи-21". Около десятка российских работ имели поддержку РФФИ – основного спонсора конференции, одну работу проспонсировало Федеральное агентство по науке и инновациям (программа "Поддержка ведущих научных школ"), еще одно совместное российско-гонконгское исследование поддержано в рамках гранта Президента РФ для молодых ученых (учеба за границей).

Организаторы конференции рассчитывали, что для многих российских специалистов конференция будет хорошей школой, открывающей новые возможности для науки и производства. К сожалению, посещаемость конференции ока-



**Рис.3. Владимир Безбородов с медалью Фредерикса за лучшие работы по химии**

залась меньше планируемой. Было приглашено много специалистов по авионике и военной технике из-за рубежа, но на конференцию не пришли люди, непосредственно занимающиеся координацией и выполнением программы "Отображение-21", мало было и наших специалистов из промышленности, несмотря на то, что многие представленные доклады показывали, в каком направлении движется бизнес и производство. Возможные причины: оргвзнос, для участников из России и СНГ составивший 4000 руб., а также необходимость представлять доклад на английском языке. Однако оргвзнос, к сбору которого российский оргкомитет подошел достаточно гибко, является на самом деле инвестицией в собственное развитие и образование наших организаций и специалистов. Что касается английского языка, то все международные мероприятия SID, включая и российские, организованные в 2000-2006 годах, проходят на английском; об этом было давно известно. Многие доклады публикуются на русском языке в российских журналах. Отсутствие синхронного перевода объясняется насыщенностью программы (около 70 устных докладов) и недостаточным бюджетом мероприятия.

К сожалению, на конференции почти не прозвучало докладов от организаций – участников программы "Отображение-21", в то время как белорусская программа по нанoeлектронике была активно представлена специалистами во главе с ее руководителем академиком В.А. Лабуным (рис.4). Украина тоже представила доклады Института физики НАНУ по разработке нового оборудования для ЖКД.

Отсутствие на конференции специалистов из промышленности частично объяснялось их занятостью на выставке "ЕвроДисплей-07", в рамках которой было проведено несколько "круглых столов" и семинаров.

По отзывам всех руководителей SID, это была лучшая выставка среди всех проведенных за последнее десятилетие. Свою продукцию разместили здесь 75 организаций, посетили выставку более 4000 специалистов.

Наиболее заметными экспонатами на выставке стали различные табло внутреннего и наружного применения – светодиодные (от российских компаний "Аранеус", "Информсвязь Холдинг", "Инкотекс", "Ната-Инфо" и др., китайских – Shenzhen HuaHai (рис.5)), плазменные (фирмы "Инкотекс" с соб-



**Рис.4. Руководитель белорусской программы по нанoeлектронике В.А. Лабун с молодыми учеными Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники**



**Рис.5. Светодиодный экран китайской компании HuaHai**

ственными модулями и компании "Форма Рент" с модулями Orion (Корея)), проекционные (АР "Технологические исследования" (АРТИ), "РТА Инжиниринг", Русская проекционная компания). Фирма "Форма Рент" не участвовала в выставке в прошлом году в Центральном доме художника, теперь же конкурирует как с "Инкотексом" по плазменным дисплеям, так и с АРТИ по наборным экранам с малым размером стыка. Можно утверждать, что на сегодня по плазменным дисплеям конкуренты занимают разные ниши, а по размеру стыка (до 0,02-0,05 мм) преимуществом по сравнению с изделиями фирмы "Форма Рент" (4-5 мм) обладает АРТИ.

Жидкокристаллические, светодиодные и другие компоненты экспонировались на стендах НИИ "Волга", компаний "РусИмпульс Проект", "Холтек", КТЦ-МК и др. Витебское КБ "Дисплей" представило устройства для спецприменений. Многооконный MGP 464 от Extron позволяет выводить изображения четырех разных источников на один дисплей. Он будет эффективен в командных центрах и залах контроля производственных процессов, в залах судебных заседаний, медицинских учреждениях и т.д. Компания "Стереопиксел" представила зеркальный 20-дюймовый стереодисплей IcReflex-2002, в котором изображения с двух ЖК-мониторов совмещаются с помощью полупрозрачного зеркала.

По технологиям и материалам нанесения различных покрытий наиболее интересные стенды были у белорусской компании ОАО "Изовак" и компании ОАО "Полема" (г. Тула). Последняя изготавливает хромовые и цинковые мишени для нанесения покрытий для дисплеев, при этом компания "Полема" всерьез намерена заменить окись индия-олова на окись азота для электродов дисплеев, поскольку индий подорожал в десятки раз.

И конференция, и выставка стали настоящим праздником для российских и зарубежных специалистов. Теперь руководство SID намерено чаще устраивать и поддерживать такие мероприятия в России.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 100 лет российским электронным дисплеям. Приоритеты найденные и утраченные. Беляев В., Литвак И., Самсонов В. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2007, № 4.
- О европейской акции АДРИА. Беляев В. – Электронные компоненты", 2004, №10, с.70.