

## СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА СТАРТЕ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

**“Никто не обнимет необъятного” – это известное изречение Козьмы Пруткова как нельзя лучше относится к попыткам рассказать обо всем интересном, происходившем на самом представительном в области средств отображения информации 32-м симпозиуме Общества информационных дисплеев (SID), проходившем 3–8 июня 2001 года в центре Кремниевой Долины, г. Сан-Хосе, шт. Калифорния. Во второй статье, посвященной симпозиуму, рассмотрим представленные на нем разработки более “старых”, хорошо отработанных технологий и новейших устройств.**

Вновь обратимся к ЖКД, но теперь **пассивно управляемым ЖКД**, прежде всего на основе супертвист-эффекта, а также быстрого супертвист-эффекта (FSTN). Устройства этого типа, несмотря на то, что интерес большинства разработчиков прикован к АМ ЖКД\*, отличающимся большой информационной емкостью, по-прежнему занимают значительный сегмент рынка. Один из лидеров в области производства таких дисплеев – тайваньская компания Solomon. Ежегодно фирма выпускает более 400 типов стандартных буквенно-цифровых и графических модулей, предназначенных для систем связи, медицинского и промышленного оборудования, бытовой техники, в том числе и PALM-компьютеров. Следует отметить, что Solomon делает также чипы для органических и полимерных светоизлучающих дисплеев.

Группа профессора Кембриджского университета (Великобритания) У.Кроссланда предложила метод декомпрессии изображений для многострочной адресации, часто используемой при кодировании и воспроизведении информации пассивных ЖКД. Этот метод позволил сократить время вычислений и, соответственно, снизить энергопотребление ЖКД.

В Институте физики полупроводников НАН Украины под руководством В.М.Сорокина разработана динамическая схема управления пассивным ЖКД на основе холестерического материала, которая при адресации как строк, так и столбцов импульсами прямоугольной формы требует только два уровня напряжения. Схема позволяет адресовать несколько сотен строк дисплея и на 13% понизить управляющее напряжение.

В.Беляев



Результатом совместной работы ученых минского НИИ прикладных физических проблем и Рурского университета по изучению возможности применения материала с гомеотропной ориентацией жидких кристаллов стала разработка простой технологии создания пассивных ЖКД с многодоменной текстурой, угловые характеристики которых в сравнении с обычными устройствами этого типа значительно улучшены. Основное преимущество таких материалов перед ЖК на основе твист-эффекта – меньшее время переключения.

Рассказывая о симпозиуме SID, конечно, нельзя не остановиться на разработках **ЭЛТ**, которые все еще лидируют на мировом рынке СОИ. В 2000 году их продажи составили 24 млрд. долл. (300 млн. шт.). Надо отметить, что с 50-х годов основные операции при производстве ЭЛТ почти не изменились, тем не менее, совершенствование технологического процесса позволило к началу 90-х существенно снизить их цену. Правда, за прошедшее десятилетие цена трубок в пересчете на квадратный сантиметр экрана практически не изменилась – 0,1 долл./см<sup>2</sup> для телевизионных и 0,2 долл./см<sup>2</sup> для мониторных ЭЛТ (для сравнения, цена АМ ЖКД – 0,4 долл./см<sup>2</sup>). 65% стоимости трубки приходится на долю используемых материалов и 35% – на долю производственных затрат. Самые дорогие материалы, необходимые для изготовления трубок, – панель (33% стоимости), маска и металлы (24%), а самые большие издержки производства – оплата труда (53%). Поэтому для снижения стоимости ЭЛТ необходимо вводить в строй новые производственные линии, увеличивать производительность и выход годных, а также переводить производство в страны с относительно дешевой рабочей силой.

Основная задача, стоящая сегодня перед производителями ЭЛТ, как и всей отрасли СОИ, – создание трубок с плоским экраном. В отличие от новейших типов средств отображения, работы в этом направлении для ЭЛТ ведутся еще с 50-х годов. Сейчас разрабатываются три основные модификации плоских ЭЛТ: однопучковые, с отклонением пучка по горизонтали и вертикали; гибридные, с множеством пучков, излучаемых по одной оси и отклоняемых по другой, и, наконец, матричные без отклонения пучка.

Важное значение для ЭЛТ имеет преобразователь напряжения. Поэтому неудивителен интерес участников к представленным корпорацией СТС пьезопреобразователям напряжения на входное постоянное напряжение 3–6 В и переменное (65 и 120 кГц) выходное напряжение 1400–2500 В. Эффективность преобразования достигает 85% при выходной мощности 2,2–7,5 Вт. Преобразователи размещаются в трубках длиной 5–61 см, диапазон их рабочей температуры от -10 до 50°C, уровень выдерживаемой механической нагрузки превышает 300g.

Не были обойдены вниманием и проблемы разработок **плазменно-дисплейных панелей (ПДП)**, хотя в последнее время создает-

\*ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2001, №5, с.5.



ся впечатление, что в этой области наступило некоторое насыщение. И, действительно, каких-либо выдающихся новинок на симпозиуме представлено не было. Основное внимание уделялось совершенствованию технологии производства ПДП, хотя в некоторых докладах были предложены интересные решения по улучшению технических характеристик панелей. В частности, внимание собравшихся привлек так называемый метод дельта-расстановки трех цветов (DeTA – Delta Tri-color Arrangement), предложенный фирмой Fujitsu. Согласно этому методу красная и синяя ячейки располагаются рядом друг с другом, а зеленая – над ними со сдвигом центра на половину размера пиксела. В панели использованы дугообразные электроды и меандровые барьеры. При шаге пиксела 1,08 мкм световая эффективность составляет 3 лм/Вт, яркость 200 кд/м<sup>2</sup> (может быть доведена до 1180 кд/м<sup>2</sup>). Аналогичное увеличение световой эффективности и яркости отмечалось и представителями фирмы Samsung SDI и двух южнокорейских университетов.

Наконец, и американская компания PlasmaCo через несколько лет после южнокорейских фирм LG и Samsung выпустила 60” (1,5 м по диагонали) газоразрядную панель.



**Два импозантных “барбудос” – Ларри Вебер (слева, фирма PlasmaCo) и Максим Томили (ГОИ, Санкт-Петербург) около экрана, но не плазменного**

Специалисты компании LG Electronics благодаря разработке особой структуры ячейки добились сокращения времени адресации строки до 1,1 мкс, а компании Oion в содружестве с университетскими командами разработали новый беструбочный метод сборки ПДП с присоединением стекла к стеклу за счет использования электростатических сил и органического клея.

Кроме разработок “китов”, внимание привлекла весьма интересная конструкция ПДП с латеральным расположением плазмы (между пикселями), предложенная специалистами Университета Тегерана. В отличие от обычных ПДП, электроды которых расположены на разных подложках, в новой конструкции электроды выполнены на одной пластине и разделены изолятором, наподобие электродов ЖКД с планарной адресацией управляющего напряжения (IPS – In-Plane-Switching). При этом использовать прозрачные электроды не обязательно, а RGB-ячейки можно формировать даже на гибкой полимерной подложке.

Еще один возможный конкурент ЭЛТ – **полевые эмиссионные дисплеи (ПЭД)**. Правда, состояние их разработок пока трудно признать удовлетворительным: необходимость использовать толстые стекла, обеспечивать высокий вакуум, увеличивать зазор и, вслед за этим, повышать рабочее напряжение не позволяет ПЭД стать перспективной технологией плоскопанельных дисплеев. Тем не менее,

компания, вложившие в разработку ПЭД средства, особенно Motorola, продолжают совершенствовать конструкции излучателей и способы управления эмиссионным током. Так, Motorola представила на симпозиуме два доклада с, казалось бы, противоречащими друг другу выводами. В первом утверждалось, что для предотвращения деградации ПЭД и ускорения их выхода на рынок вакуум должен быть не хуже 10<sup>-8</sup> мм рт.ст. В другом же приводились сведения о том, что при давлении водорода в рабочем объеме ПЭД 10<sup>-4</sup> мм рт.ст. время непрерывной работы без уменьшения тока эмиссии возрастает более чем в четыре раза (до 400 ч). Поскольку при изготовлении ПЭД нельзя непосредственно вводить газообразный водород в стеклянную упаковку, предложено использовать в качестве источника водорода при работе ПЭД осажденные на стальной анод тонкие пленки гидридов металлов (титана или циркония).

А специалисты LG Electronics показали, что молибденовые наконечники с алмазоподобными углеродными покрытиями имеют высокую стабильность, если покрытие наносится послойно и не содержит водорода. Стоит напомнить, что такие алмазоподобные пленки изготавливаются и исследуются в группе Е.И. Гиваргизова в Институте кристаллографии РАН.

Привлек внимание доклад южнокорейских ученых, получивших рекордную для углеродных нанонаконечников плотность тока излучения – 80 мкА/см<sup>2</sup> при напряженности поля 1,4 В/мкм. Примечательно, что часть работы выполнена на факультете информационных дисплеев университета Кьонгхи (Южная Корея), т.е. высшее учебное заведение не просто выпускает инженеров с абстрактной специальностью “электроника” или “технология”, а готовит специалистов в области СОИ, и не только СОИ. И, надо сказать, успешно.

Об этом свидетельствуют работы ученых университета Кьонгхи в области создания **устройств на гибких подложках**. В содружестве с южнокорейской компанией Infowave они показали возможность изготовления активного матричного многоэлементного фотоприемника с использованием ТПТ на аморфном кремнии, осажденном к тому же на гибкую подложку! Фотоприемник работает при освещенности 1000 лк, его динамический диапазон составляет 95 дБ. Устройство сможет найти самое широкое применение – от ручных сканеров формата А8 и сканеров для снятия отпечатков пальцев до факсимильных аппаратов и цифровых копировальных машин, систем обнаружения рентгеновского излучения, измерительных систем, электронных досок.

Еще дальше пошла японо-американская компания FujiXerox, создавшая светоадресуемую электронную “бумагу” (е-бумагу) с микрокапсулированным холестерическим ЖК и органическим фотопроводником. Эта “бумага” – не что иное, как оптически управляемый пространственный матричный модулятор света. Изготовлена она на подложке полиэтилентерефталата (ПЭТ) толщиной 0,125 мм. Размер “бумаги” – 105x171x0,3 мм, масса – 7,7 г. Из-за наличия перехода *холестерик-нематик* управляющее напряжение “бумаги” составляет 260 В, а вследствие необходимости согласования электрических параметров фотопроводника и ЖК рабочая частота равна 10 Гц. Разрешение е-бумаги 600 dpi (24 точки/мм), коэффициент отражения – 25%, фоточувствительность – до 500 мкВт/см<sup>2</sup>. Тонкая и гибкая, е-бумага сможет быть использована в электронных книгах, газетах, персональных цифровых помощниках. Авторы разработки считают большим ее достоинством возможность “распечатки” любого окна на лист приложенной к экрану монитора электронной бумаги при работе с множеством окон.

Интерес участников симпозиума вызвала система фирмы Smart Technologies, превращающая любой дисплей – плоский, с изогнутой поверхностью или проекционный – в сенсорное интерактивное уст-

ройство. Для этого в углах экрана размещаются КМОП-схемы формирования изображения, и программное обеспечение вычисляет координаты любого пассивного указателя (например, пальца), распознает функцию изображения в этом участке и выполняет ее.

Большим вниманием пользовались **ЖКД военного назначения**. Здесь можно отметить демонстрировавшуюся на симпозиуме приборную доску самолета-разведчика У-2, переработанную компанией Lockheed Martin Aeronautics в соответствии с проводимой программой улучшения эксплуатационной надежности систем авионики (Reconnaissance Avionics Maintainability Program, RAMP). Суть программы – замена устаревшего оборудования и оборудования с низкой надежностью новым, более универсальным. В частности, многочисленные дисплеи и механические устройства приборной доски, предназначенные для информирования пилота и управления полетом, сведены в съемные многофункциональные системы отображения информации. В результате два ЖКД заменили 12 прежних дисплеев. Эти многофункциональные дисплеи имеют портретный формат (с вытянутым по вертикали изображением) размером 6х8” (15х20 см) и, помимо отображения данных, обеспечивают управление всеми системами У-2. Достоинство новых систем – возможность считывать информацию при ярком солнечном освещении. В конструкцию входит устройство управления и отображения (Up Front Control and Display), монтируемое на передней верхней панельной доске самолета и выполняющее функции наблюдения, управления, навигации и распознавания объектов. Отдельный дисплей отображения состояния полета (State Flight Display) взаимодействует с бортовой системой приземления У-2. Для улучшения антропометрических данных приборной доски многофункциональные приборы интерфейса пилот-самолет можно перемещать по ней.

Функционирование портретных дисплеев, по существу, зависит от возможности замены программными средствами строчных управляющих сигналов столбцовыми и наоборот. Такие программы типа “жидкий вид” (Liquid View), когда при повороте дисплея отображаемая картинка как бы переливается из одного положения в другое, разработаны фирмой Portrait Displays.

Не угасает интерес к **средствам отображения трехмерного изображения**. Здесь хотелось бы отметить клиновидный экран для проецирования как плоского, так и объемного изображения, предложенный группой ученых инженерного факультета Кембриджского университета под руководством А.Трэвиса. Очередная строка формируемого изображения вводится в торец экрана под некоторым углом. Внутри экрана горизонтальный пучок, растянутый вдоль ребра клина, испытывает ряд переотражений, но благодаря клиновидной конструкции угол каждого последующего переотражения уменьшается, пока не становится меньше угла полного внутреннего отражения (ПВО). При выполнении этого условия вводимая строка отображается на экране, а ее положение строго определяется углом ввода строки. В первоначальной конструкции экрана\* ПВО вызывало раздвоение изображения, поскольку свет частично переотражался в пучок клиновидного сечения. Для устранения этого эффекта было разработано противоотражающее покрытие с коэффициентом пропускания 99% в видимом диапазоне. В результате контраст проецируемого изображения достигает 100:1.

Но самое интересное устройство формирования трехмерного изображения представила компания Actuality Systems. Угол обзора объемного восьмицветного изображения, состоящего из 100 млн. вокселей (объемных пикселей), – 360°. И при этом не требуется каких-либо дополнительных приспособлений, укрепляемых на голове!



**Глядя на экран невидимого монитора компании MicroOptic, так и хочется расправить крылья**

Революционной назвала свою разработку “дисплей на очках” (Eye-Glass Displays) корпорация MicroOptic. Прибор типа невидимого монитора (Invisible Monitor) представляет собой обычные очки, на которые надет микродисплей VGA-стандарта (640х480 пикселей). На фоне окружающей среды на расстоянии 45 см от наблюдателя строится компьютерное изображение.

И еще одно новое направление в области СОИ нашло отражение в докладах симпозиума – **дисплеи на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС-дисплеи)**. Здесь нельзя не отметить разработку ученых компании Iridigm (США), в основе которой лежит явление изменения цвета крыльев бабочек вследствие интерференции света на их плоских микрополостях. Изучение природы перели-



**Бабочки вдохновили сотрудников фирмы Iridigm не на написание романа “Дар”, как В. Набокова, и не на создание финансовой пирамиды, как С. Мавроди, а на разработку нового МЭМС-дисплея**

вающихся (IRIdescent) цветов позволило по-новому подойти (paraDIGM) к проблеме создания информационных дисплеев, что и отразилось в названии компании Iridigm. А смысл идеи – создание дисплея на основе интерференционного модулятора, получившего название iMOD-дисплей (Interferometric Modulator). В таком дисплее пиксел формирует простой МЭМС-элемент, состоящий из двух проводящих слоев: тонкой пленки на стеклянной подложке и подвешенной над ней металлической мембраны. В отсутствие напряжения слои разделены и падающий свет отражается от тонкой пленки на стеклянной подложке. При подаче небольшого напряжения пластины притягиваются, и свет поглощается. Интерференция света выключенного элемента определяет цвет свечения: цвет элемента (подпиксела) с самым широким зазором – красный, с самым узким – синий. Элемент iMOD-дисплея бистабилен, так как для удержания подвиж-

\*ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2001, №2, с. 14.



ной мембраны в одном из возможных состояний требуется затратить меньше энергии, чем для ее перемещения. Поэтому, будучи по сути пассивным, iMOD-дисплей по электрофизическим характеристикам подобен активной ЖК-матрице.

Благодаря отсутствию цветных фильтров, активно-матричных элементов, поляризаторов, исключению обработки подложек для нанесения однородного ЖК-слоя новые дисплеи должны иметь меньшую, чем ЖКД, толщину и стоимость. Их энергопотребление примерно в 1,5 раза меньше, чем у отражательных ЖКД на основе супертвист-эффекта, в шесть-семь раз меньше, чем у отражательных АМ ЖКД и на порядок лучше, чем у ОСДД. Поэтому iMOD-дисплеи могут найти широкое применение, подобно изобретенным ранее ЦСП.

Почти такое же название – IMODS – получила разработанная специалистами компании Microsoft Research панель на базе МЭМС-клапанов, закрывающих или открывающих отверстия в панели для световых пучков. Перед панелью с клапанами и за ней укреплены две микролинзовые панели, коллимирующие падающие пучки света.

По-прежнему большое значение для членов SID имеют **вопросы эргономики**. В последние годы популярность завоевывает метод последовательного во времени отображения цвета (Field Sequential Color, FSC), позволяющий благодаря отсутствию матрицы цветных фильтров повысить световую эффективность дисплея. По этому методу каждый кадр формируется тремя следующими друг за другом RGB-подкадрами. Правда, это потребовало трехкратного увеличения частоты адресации обычных дисплеев, что достигнуто с помощью новых электрооптических ЖК-ячеек с оптическим компенсатором (Optical Compensated Band – ОСВ-ячеек), отличающихся высокой скоростью переключения из одного светового состояния в другое. Помогло также совершенствование электролюминесцентных технологий.

Активно развивает это направление группа профессора Т.Учида из Университета Тохоку, показавшая, что при отображении движущегося объекта его цвет искажается. При обычной адресации дисплея на протяжении одного кадра положение всех цветных строк не изменяется, и смешения цветов движущегося объекта глаз не воспринимает. При новом методе адресации цветные пиксели строки движутся вместе с изображением объекта, и на сетчатке глаза формируется его полноценное изображение.

Компания Fuji Photo Film в рамках обширной программы создания противобликовых покрытий изготовила экран с пикселом необычной формы с зубчатыми квазинерегулярными краями, что позволяет усреднить интенсивность света, отражаемого от экрана в разных направлениях. Еще больших успехов достигла компания ClairVoyant Laboratories



**Профессор Тацуо Учида (Сендай, Япония) демонстрирует ЖК-дисплей с последовательно отображаемыми цветами**

(США). Обычно пиксел формирует набор последовательно расположенных полос равной площади. Однако, поскольку колбочек, чувствительных к синему цвету, примерно в 10 раз меньше, чем колбочек, воспринимающих красный и зеленый цвета, человеческий глаз, воспринимая объект синего цвета, не всегда полностью разрешает детали его изображения. Поэтому разработчики ClairVoyant разместили



**Сотрудник компании ClairVoyant у стенда, демонстрирующего PenTile расположение элементов изображения**

синий квадратный подпиксел в центре цветного квадратного пиксела под углом 45° к его диагонали. Зеленые и красные подпиксели располагаются попарно в углах пиксела так, чтобы каждая пара находилась напротив друг друга по обе стороны синего подпиксела. Такое расположение, получившее название PenTile, позволяет эффективнее использовать дорогие драйверы столбцов, хотя и приводит к увеличению требуемого числа более дешевых драйверов строчных затворов, что, в конечном итоге, снижает стоимость изготовления дисплея. Оценки показали, что эта технология позволяет уменьшить стоимость экрана с разрешением лучше, чем SXGA (1280x1024 пикселей), на 26 долл., что соответствует 45%-ному снижению стоимости драйверов. Изменение формы пиксела приводит к увеличению разрешения в одном измерении в два раза, или к четырехкратному увеличению информационной емкости дисплея при неизменном размере! Это означает, что для заданного разрешения требуется меньшее число пикселей. А поскольку апертурное отношение пикселей велико, энергопотребление дисплея при заданной яркости снижается. При этом для производства дисплеев с PenTile пикселями требуется то же оборудование, что и для обычных АМ ЖКД или ПДП. Разработчики оценивают экономический эффект от перехода к новой форме пиксела в АМ ЖКД и ПДП к 2006 году в 150 млн. и 60 млн. долл., соответственно (в обоих случаях 1% от суммарных продаж). Предполагается, что наибольшее применение дисплеи с PenTile пикселями найдут в ручных и мобильных системах.

Еще одна, вызвавшая интерес участников симпозиума разработками, выполненная в Московском институте электроники и математики под руководством профессора И.И. Литвака на основе эргономических исследований, – модифицированный алфавит для отображения букв и цифр\*. Авторами предложено понятие опорного символа, применение которого позволяет либо существенно понизить энергопотребление дисплея при смене воспроизводимой информации, либо модифицировать набор пикселей при отображении любого буквенно-цифрового символа так, что число ошибок распознавания этого символа уменьшается в три-десять раз по сравнению с используемыми сейчас алфавитами!

\*Электроника: НТБ, 2000, № 2, с.70.