Министерство образования Российской Федерации

Волгоградский Государственный Технический Университет

РЕФЕРАТ

тема

Применение Жидких кристаллов

в устройствах отображения информации

****

Выполнил: студент гр. ТОА-225

Фартушный А.С.

**Проверил:** Доцент Свежинцев Е.Н.

Волгоград 2004г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение………………………………………………………………………………… 2

многообразие жидких кристаллов……………………………………….. 2

Обзор TFT……………………………………………………………………………….. 4

Основные технологии …………………………………………………………… 4

- TN+Film…………………………………………………………………………….…. 4

- IPS (или "Super-TFT") …………………………………………………….….. 4

- MVA…………………………………………………………………………………….… 5

Китайские фонарики или TFT мониторы в наступлении………. 7

- Достоинства и недостатки TFT-матриц…………………….………. 7

Плазменные панели…………………………………………………………….... 8

ПРИМЕНЕНИЯХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ В БУДУЩЕМ……………………. 11

- Управляемые оптические транспаранты…………………………… 11

- Пространственно-временные модуляторы света……………… 11

- Оптический микрофон………………………………………………………… 12

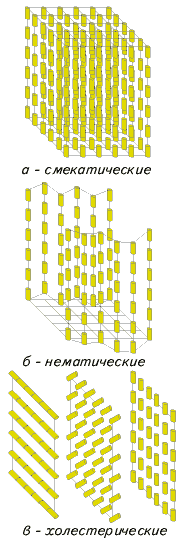
- Очки для космонавтов………………………………………………………. 13

Введение

Всё чаще мы стали встречаться с термином “жидкие кристаллы”. Мы все часто с ними общаемся, и они играют немаловажную роль в нашей жизни. Многие современные приборы и устройства работают на них. К таким относятся часы, термометры, дисплеи, мониторы и прочие устройства. Что же это за вещества с та­ким парадоксальным названием “жидкие кристаллы” и почему к ним проявляется столь значительный интерес? В наше время наука стала производительной силой, и поэтому, как правило, повышенный научный интерес к тому или иному явлению или объекту означает, что это явление или объект представляет интерес для материаль­ного производства. В этом отношении не являются ис­ключением и жидкие кристаллы. Интерес к ним, прежде всего, обусловлен возможностями их эффективного при­менения в ряде отраслей производственной деятельно­сти. Внедрение жидких кристаллов означает экономиче­скую эффективность, простоту, удобство.

**многообразие жидких кристаллов**

В то время существование жидких кристаллов пред­ставлялось каким-то курьезом, и никто не мог предполо­жить, что их ожидает почти через сто лет большое буду­щее в технических приложениях. Поэтому после некото­рого интереса к жидким кристаллам сразу после их от­крытия о них через некоторое время практически за­были.

В конце девятнадцатого — начале двадцатого века многие очень авторитетные ученые весьма скептически относились к открытию Рейнитцера и Лемана. Дело в том, что не только описанные противоречивые свойства жидких кри­сталлов представлялись многим авторитетам весьма со­мнительными, но и в том, что свойства различных жидко­кристаллических веществ (соединений, обладавших жид­кокристаллической фазой) оказывались существенно раз­личными. Так, одни жидкие кристаллы обладали очень большой вязкостью, у других вязкость была невелика. Одни жидкие кристаллы проявляли с изменением тем­пературы резкое изменение окраски, так что их цвет пробегал все тона радуги, другие жидкие кристаллы та­кого резкого изменения окраски не проявляли. Наконец, внешний вид образцов, или, как принято говорить, тек­стура, различных жидких кристаллов при рассматрива­нии их под микроскопом оказывался совсем различным. В одном случае в поле поляризационного микроскопа могли быть видны образования, похожие на нити, в дру­гом — наблюдались изображения, похожие на горный рельеф, а в третьем — картина напоминала отпечатки пальцев (см. рисунки на обложке). Стоял также вопрос, почему жидкокристаллическая фаза наблюдается при плавлении только некоторых веществ?

Время шло, факты о жидких кристаллах постепенно накапливались, но не было общего принципа, который позволил бы установить какую-то систему в представле­ниях о жидких кристаллах. Как говорят, настало время для классификации предмета исследований. Заслуга в создании основ современной классификации жидких кри­сталлов принадлежит французскому ученому Ж. Фриделю. В двадцатые годы Фридель предложил разделить все жидкие кристаллы на две большие группы. Одну группу жидких кристаллов Фридель назвал нематическими, дру­гую смектическими. Он же пред­ложил общий термин для жидких кристаллов — «мезоморфная фаза». Этот термин происходит от греческого слова «мезос» (промежуточный), а вводя его, Фридель хотел подчеркнуть, что жидкие кристаллы занимают про­межуточное положение между истинными кристаллами и жидкостями как по температуре, так и по своим физи­ческим свойствам. Нематические жидкие кристаллы в классификации Фриделя включали уже упоминавшиеся выше холестерические жидкие кристаллы как подкласс.

Самые “кристаллические” среди жидких кристаллов - смекатические. Для смекатических кристаллов характерна двумерная упорядоченность. Молекулы размещаются так, чтобы их оси были параллельны. Более того, они “понимают” команду “равняйся” и размещаются в стройных рядах, упакованных на смекатических плоскостях, и в шеренгах - на нематических, что поясняет рис. 1а. Смекатическим жидким кристаллам свойственно многое из того, о чем пойдет речь ниже, и нечто особенное - долговременная память. Записав, например, изображение на такой кристалл, можно затем долго любоваться “произведением”. Однако эта особенность смекатических кристаллов для воспроизводящих элементов индикационных устройств, телевизоров и дисплеев не слишком удобна. Тем не менее, они находят применение в промышленности, к примеру, в индикаторах давления.

Упорядоченность нематических сред ниже, чем у смекатических. Молекулам дозволено смещаться относительно длинных осей, поэтому упорядоченность становится “односторонней”, а реакция на внешнее воздействие относительно быстрой, память - короткой. Смекатические плоскости отсутствуют, а вот нематические сохраняются. Эту особенность нематиков поясняет рис. 1б.

Термин “холестерические жидкие кристаллы” не случаен, поскольку наиболее характерным и на практике самым используемым кристаллом этого класса является холестерин. Молекулы холестерина и аналогов размещаются в нематических плоскостях. Особенность молекул холестерического типа в том, что при достаточно сильном боковом притяжении их вершины отталкиваются. Холестерин - доступный и достаточно дешевый материал, сырьем для которого богата любая скотобойня. Очень сложные жидкокристаллические структуры образуют растворы мыла в воде. Здесь можно получить слоистые, дисковые и даже шарообразные структуры. Словом, выбор материала широк.

В достаточно больших объемах кристаллической жидкости образуются домены, физические свойства которых подобны кристаллам. Однако в целом она проявляет свойства, подобные обычным жидкостям. Доменная структура жидких кристаллов образуется по тем же причинам и законам, что в сегнтоэлектриках и ферромагнетиках. Ситуация резко меняется в пленках, толщина которых сопоставима с радиусом взаимодействия молекул жидкости и пластин, формирующих слой. Это важно подчеркнуть, поскольку именно взаимодействие жидкого кристалла и формообразующих элементов создает тот легко управляемый прибор, который столь активно встраивается в современную электронную технику.

Применение**.** Расположение молекул в жидких кристаллах изменяется под действием таких факторов, как температура, давление, электрические и магнитные поля; изменения же расположения молекул приводят к изменению оптических свойств, таких, как цвет, прозрачность и способность к вращению плоскости поляризации проходящего света. (У холестерически-нематических жидких кристаллов эта способность очень велика.) На всем этом основаны многочисленные применения жидких кристаллов. Например, зависимость цвета от температуры используется для медицинской диагностики. Нанося на тело пациента некоторые жидкокристаллические материалы, врач может легко выявлять затронутые болезнью ткани по изменению цвета в тех местах, где эти ткани выделяют повышенные количества тепла. Температурная зависимость цвета позволяет также контролировать качество изделий без их разрушения. Если металлическое изделие нагревать, то его внутренний дефект изменит распределение температуры на поверхности. Эти дефекты выявляются по изменению цвета нанесенного на поверхность жидкокристаллического материала.

Тонкие пленки жидких кристаллов, заключенные между стеклами или листками пластмассы, нашли широкое применение в качестве индикаторных устройств (прикладывая низковольтные электрические поля к разным частям соответствующим образом выбранной пленки, можно получать видимые глазом фигуры, образованные, например, прозрачными и непрозрачными участками). Жидкие кристаллы широко применяются в производстве наручных часов и небольших калькуляторов. Создаются плоские телевизоры с тонким жидкокристаллическим экраном. Сравнительно недавно было получено углеродное и полимерное волокно на основе жидкокристаллических матриц.

**Обзор TFT**

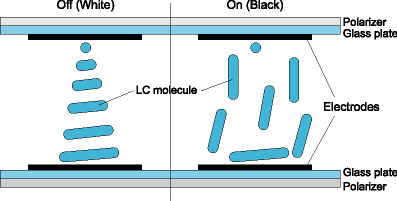
Плоскопанельные TFT-дисплеи имеют два существенных недостатка по сравнению с обычными ЭЛТ-мониторами:

(1) Если посмотреть на TFT-дисплей со стороны, под некоторым углом, то можно явно заметить существенную потерю яркости и характерное изменение цветов дисплея. Более старые модели плоскопанельных дисплеев в основном имеют угол зрения, равный 90°, т.е. 45° с каждой стороны. Если на экран смотрит только один человек, проблем не возникает. Но как только появляется второй пользователь, например, ваш друг, которому вы хотите показать что-либо на экране, или второй игрок в компьютерной игре - вам не придётся долго ждать замечаний по поводу плохого качества дисплея.

(2) Быстрые изменения изображения на экране, которые часто имеют место при воспроизведении видеороликов или в играх, требуют такой производительности, которая оказывается слишком большой для жидкокристаллических технологий, используемых на сегодняшний день. Существенное время реакции пиксела приводит к искажениям и появлению характерных полосок на изображении.

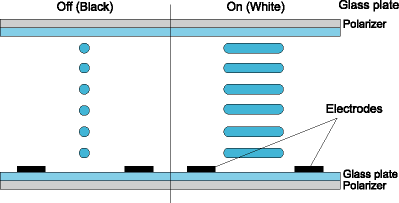
Производители плоскопанельных дисплеев предпочитают не почивать на лаврах своего успеха, а продолжать исследования. Недавно на рынок были выпущены первые модели, изготовленные с использованием новых прогрессивных технологий. Основные технологии - это TN+Film, IPS (или "Super-TFT") и MVA, каждая из которых описана в данной статье.

**TN+Film**

  
**Рис. 1: В дисплеях, сделанных по технологии TN+Film, жидкие кристаллы выравниваются перпендикулярно подложке, так же, как и в обычных TFT-дисплеях. Плёнка на верхней поверхности позволяет увеличить угол обзора.**

С технической точки зрения решение TN+Film является наиболее простым для реализации. Производители плоскопанельных дисплеев используют относительно старую технологию TFT (Twisted Nematic), который мы уже описывали в **Части 1**. Специальная плёнка наносится на верхнюю поверхность панели, при этом угол обзора по горизонтали увеличивается от 90° до 140°. Однако плохая контрастность и низкое время реакции остаются неизменными. Метод TN+Film не является наилучшим решением, но это несомненно самый дешёвый метод, т.к. при этом производственный выход наиболее высок (примерно равен выходу обычных ЖК-дисплеев).

**IPS (In-Plane Switching или Super-TFT)**

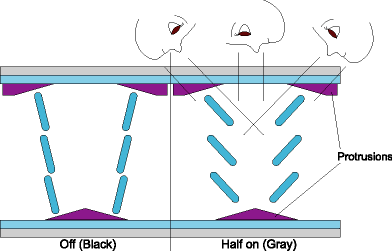
  
**Рис. 2: При подаче напряжения молекулы выравниваются параллельно подложке.**

IPS или 'In-Plane Switching' изначально была разработана фирмой Hitachi, однако такие фирмы, как NEC и Nokia в настоящее время также используют данную технологию.

Различие по отношению к обычным ЖК-дисплеям (TN или TN+Film) состоит в том, что молекулы жидких кристаллов выравниваются параллельно подложке.

Эта технология позволяет достичь прекрасных значений угла обзора - до 170°, примерно таких же, как у ЭЛТ-мониторов. Однако эта технология также имеет недостаток: из-за параллельного выравнивания жидких кристаллов электроды могут не разместиться на стеклянных поверхностях, как в случае с ЖК-дисплеями с закрученными кристаллами. Вместо этого они должны быть выполнены в виде гребёнки на нижней стеклянной поверхности. Это в конце концов приводит к снижению контрастности и тогда требуется более интенсивная подсветка для увеличения яркости до требуемого уровня. Время реакции и контрастность вряд ли могут быть увеличены по сравнению с обычными TFT-дисплеями.

**MVA (Multi-Domain Vertical Alignment)**

  
**Рис. 3: Технология MVA фирмы Fujitsu. С технической точки зрения это наилучший компромисс для получения широких углов обзора и малого времени реакции.**

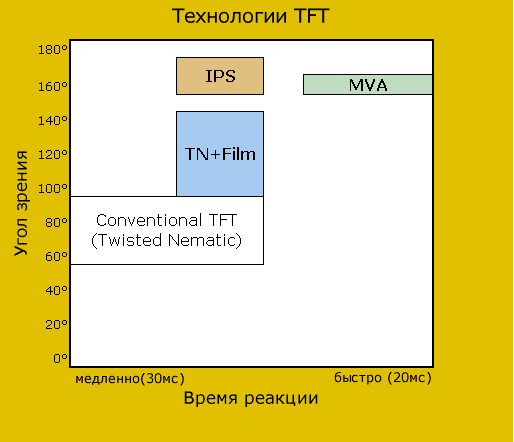
По нашему мнению компания Fujitsu нашла идеальный компромисс. Технология MVA позволяет достичь углов зрения до 160° - достаточно хороший показатель - а также высоких значений контрастности и малого времени реакции пиксела.

**Основы технологии MVA.**

Буква **M** в MVA означает "Мulti-domains" - "многодоменный". Домен - это совокупность молекул. На рис.3 показано несколько доменов, которые формируются при помощи электродов. Компания Fujitsu в настоящее время производит дисплеи, в которых каждая цветовая ячейка содержит до четырёх доменов.

**VA** означают "Vertical Alignment"-"Вертикальное Выравнивание" - это термин, который немного неверен, т.к. молекулы жидких кристаллов (в статическом состоянии) не полностью вертикально выравнены из-за наличия бугоркообразных электродов (см. рисунок, состояние "Off", т.е. тёмное изображение). При приложении напряжения и образования электрического поля кристаллы выравниваются по горизонтали, и свет от подсветки при этом может проходить сквозь различные слои. Технология MVA позволяет достичь более малых значений времени реакции, чем технологии IPS и TN+Film, что является важным фактором для воспроизведения видеоизображений и игр. Контрастность обычно получается лучше, однако она может несколько меняться в зависимости от угла зрения.

**Сравнение различных технологий улучшения угла обзора**

  
**Рис. 4: Технология MVA обеспечивает улучшенное время реакции и хорошие значения угла обзора, однако рыночная доля технологии Fujitsu до сих пор достаточно мала.**

Решение **TN+Film** не обеспечивает значительных улучшений такого показателя как время реакции пиксела. При этом такие системы недороги, позволяют обеспечить достаточный производственный уровень и увеличить угол обзора до приемлемых значений. Доля рынка таких дисплеев со временем должна уменьшиться.

**IPS** уже завоевали значительную долю рынка, т.к. их производят несколько компаний, например Hitachi и NEC, которые поддерживают данную технологию. Решающими факторами успеха этих дисплеев является высокое значение угла зрения (до 170°) и приемлемое время реакции.

С технической точки зрения, технология **MVA** является наилучшим решением. Углы зрения до 160° - это почти такой же хороший показатель, как у ЭЛТ-мониторов. Время реакции, равное примерно 20 мс, также подходит и для воспроизведения видео. Доля рынка таких дисплеев до сих пор мала, хотя она постепенно растёт.

Китайские фонарики  
или TFT мониторы в наступлении

В предыдущих статьях цикла "Китайские фонарики" мы обсудили проблемы выбора и состояние рынка классических ЭЛТ-мониторов. Теперь пришла пора поговорить об альтернативных моделях на TFT-матрицах.  
  
**Достоинства и недостатки TFT-матриц**  
  
Компоненты персонального компьютера совершенствуются уже почти два десятка лет, многие из них значительно увеличили свое быстродействие, уменьшили габариты и массу, стали дешевле. И только монитор, основное средство вывода результатов работы компьютера, за эти годы принципиально не изменился - он все такой же тяжелый и громоздкий, а все достижения технологии привели только к увеличению его размеров (хотя, конечно, он стал безопаснее для здоровья и показывает более качественную картинку, чем двадцатилетней давности предки).  
  
Вы думаете, конструкторов не занимала мысль о том, как уменьшить габариты и массу монитора? Занимала, и еще как - следствием этого стало появление укороченных трубок и даже трубок с боковым расположением электронной пушки (в мониторах, увы, не прижившихся из-за значительных геометрических искажений, но зато применяющихся в некоторых TV-приемниках), а также разработка альтернативных технологий - плазменных, светодиодных и жидкокристалльных (ЖКИ).  
  
Быстрее всех прогрессировала технология ЖКИ, так как ввиду низкого энергопотребления она оказалась наиболее востребована рынком - для начала в секторе экранов мобильных устройств (ноутбуков, портативных тестеров, мобильных телефонов и т.д.). Первыми на ноутбуках появились монохромные ЖКИ-панели с пассивной решеткой, затем цветные пассивные панели, и, наконец, венцом этой технологии стали цветные панели с активной решеткой (так называемые TFT-матрицы).  
  
В основе функционирования любой ЖКИ-панели лежит принцип изменения прозрачности (точнее, изменения поляризации проходящего света) у жидких кристаллов под воздействием электрического тока. В TFT-матрице слой жидких кристаллов управляется матрицей из микроскопических транзисторных аналоговых ключей, по одному ключу на каждый пиксел изображения, что позволяет добиться высокой скорости включения-выключения точек и повысить контрастность изображения.  
  
Поскольку жидкие кристаллы сами по себе не имеют цвета, в цветной панели имеется три слоя жидких кристаллов (либо специальная однослойная мозаичная структура) с соответствующими светофильтрами для каждой цветовой составляющей (красный, зеленый, синий). Жидкие кристаллы не могут сами светиться, поэтому для того, чтобы придать экрану привычный светящийся вид, за ЖКИ-панелью установлена специальная плоская лампа, подсвечивающая экран с обратной стороны. В результате пользователю кажется, что матрица "светится", как обычный экран ЭЛТ.  
  
Контрастность получаемого изображения напрямую зависит от яркости лампы, помноженной на степень прозрачности открытой ЖКИ ячейки и поделенной на степень прозрачности закрытой ЖКИ ячейки. Однако с допустимым числом градаций цвета у ЖКИ-монитора не все так просто.  
  
Неискушенному человеку может показаться, что поскольку транзисторный ключ, управляющий точкой матрицы, суть аналоговое (бесступенчатое) устройство, яркость точки управляется столь же бесступенчато, как в ЭЛТ-мониторе, и число цветов определяется только разрядностью ЦАП (DAC) на видеокарте. Однако все гораздо хуже - дело в том, что у ЖКИ монитора нет построчной развертки, аналогичной развертке ЭЛТ, и принцип доступа к ячейкам (точкам) экрана напоминает адресный принцип доступа к ячейкам современной DRAM-памяти, в которую пишется одновременно много (например, 64) бит информации. Из-за этого электронике ЖКИ монитора приходится преобразовывать аналоговый сигнал видеокарты снова в цифровой, с тем, чтобы разложить последовательно идущие яркости точек по ячейкам памяти и затем выдвигать на управляющие входы матрицы сразу несколько уровней яркости для соседних точек экрана.  
  
Таким образом, электроника ЖКИ-монитора вынуждена выполнять обратное (аналого-цифровое) преобразование аналоговых уровней сигнала, идущих с видеокарты, в цифровые отсчеты. При этом неизбежно теряется часть информации из-за несоответствия масштабной сетки ЦАП-а видеокарты и АЦП монитора, и число различимых градаций яркости каждого цвета падает. Одновременно проявляется и проблема точного совпадения точек развертки видеокарты с точками на ЖКИ-матрице, так как фронты синхросигнала горизонтальной развертки, генерируемого видеокартой для обозначения начала строки, после прохождения по кабелю оказываются несколько завалены и зашумлены посторонними наводками.  
  
Очевидно, что ЖКИ-мониторам не свойственны многие проблемы классических ЭЛТ - например, им не нужно фокусировать электронный луч на плоском экране, края которого отстоят от электронной пушки дальше, чем центр, не нужно сводить лучи трех пушек в одной точке, не нужно, двигая луч по радиусу, умудряться рисовать прямые линии. Соответственно ЖКИ-мониторы всегда имеют идеальную геометрию, фокус и сведение, в этом их несомненный плюс. В принципе, ЖКИ мониторам также несвойственно понятие муара - по крайней мере, при работе в геометрическом разрешении через цифровой интерфейс муара на ЖКИ быть не может по определению, так как пикселы экрана точно совпадают с пикселами развертки.  
  
Однако есть у ЖКИ и минусы, причем минусы врожденные и трудноустранимые. Об одном из них я говорил выше - у любого ЖКИ монитора, работающего по аналоговому входу, число реально отображаемых цветов меньше, чем то, которое поддерживает видеокарта. Вторым важным недостатком является инерционность жидких кристаллов - из-за этого наблюдаются эффекты, похожие на "послесвечение" люминофора некоторых старых ЭЛТ, вызывающие неприятное "размазывание" быстро меняющихся картинок (попробуйте, например, быстро прокрутить текст в Ворде - если буквы слились в серую мешанину, это значит, что монитор имеет слишком большую инерционность и послесвечение). Третий коренной недостаток ЖКИ - ограниченный угол обзора, вызванный трудностью построения поляризационных фильтров с характеристиками, неизменными в широком диапазоне углов.  
  
Разумеется, на то и технический прогресс, чтобы преодолевать недостатки технологии. Углы обзора новейших TFT-панелей доведены до весьма комфортных 100 градусов и более по горизонтали и вертикали, инерционность снижена до практически незаметных 20 ms, контрастность благодаря применению эффективных фильтров и мощных люминесцентных ламп доведена до уровня 350:1 (немногим ниже уровня хорошего тринитрона), а проблемы цветовых градаций и точного попадания точек развертки в точки матрицы успешно решает переход на цифровой интерфейс DVI.  
  
Увы, но нет в мире совершенства - все эти качества сочетаются в одном изделии крайне редко, и стоит такое изделие, если оно вообще есть в нужном вам классе, крайне дорого. Поэтому разумным подходом к выбору TFT-монитора является подход компромиссный - когда вы сначала решаете, какие характеристики для вас важнее, а какие - важны не очень, и потом начинаете искать монитор с наилучшими (или как минимум хорошими) значениями важных параметров и более-менее достойными значениями остальных

**Плазменные панели**

Рискнем предположить, что подавляющая часть наших читателей дома или на работе пользуется самыми обычными мониторами с электронно-лучевой трубкой. Но постепенно, всё более и более популярными становятся так называемые жидкокристаллические дисплеи. Преимущества последних перед первыми очевидны: ЖК-экран занимает мало места на рабочем столе, он легкий, потребляет значительно меньше электроэнергии, по сравнению с ЭЛТ-монитором, и менее опасен для здоровья человека. Но все же главным недостатком всех экранов, работающих с применением жидких кристаллах, на сегодняшний день, является их ограниченный размер. То есть получается, что чем меньше ЖК экран, тем более он выгоден по соотношению цена/качество: дешевыми электронными часами с небольшим дисплеем удивить кого-либо очень сложно. С другой стороны, при производстве 15-дюймовой ЖК-матрицы используются те же самые физические свойства жидких кристаллов, что и при изготовлении самых обычных наручных часов. Но создать цветную ЖК-матрицу имеющую порядка трехсот тысяч точек (при разрешении 800х600), обойдется на много дороже, нежели монохромный дисплей сотового телефона.

Как раз в этом-то и заключается самая большая проблема ЖК-матриц — чем больше диагональ матрицы, тем менее надежным, более сложным и, что самое важное, дорогим получается конечный продукт. Сейчас уже просто не выгодно делать большие экраны данного типа: покупателю намного проще и дешевле установить тяжелый, но относительно недорогой ЭЛТ-монитор.

К счастью, прогресс не стоит на месте и уже сейчас не нужно быть миллионером, чтобы купить *плоский* телевизор с диагональю 40 дюймов (хотя и придется выложить достаточно круглую сумму).Подобные устройства принято называть «плазменными». Главное достоинство плазменного дисплея — низкая стоимость матрицы большого диаметра. Здесь ситуация повторяет случай с ЖК-мониторами с точностью до наоборот: чем больше размеры матрицы, тем выгоднее производителю ее создавать. Судите сами: подавляющая часть всех телевизоров и мониторов с диагональю более 21 дюйма — плазменные. Поэтому не стоит удивляться, тому, что плазменный телевизор с диагональю, например, 24 дюйма не намного дешевле (а иногда и дороже), телевизора с 40-дюймовой матрицей. В этом случае цену определяет *начинка* каждой конкретной модели, возможность подключения к компьютеру, наличие не только цифрового, но и аналогового разъема.

Принцип работы любого плазменного экрана (PDP — Plasma Display Panel) состоит в управляемом холодном разряде разряженного газа (как правило, используется ксенон или неон), находящегося в ионизированном состоянии. Все это носит название «холодная плазма» — отсюда и взялось и название.

Способность определенных газов светиться при пропускании через них разряда электрического тока до сих пор широко применяется в так называемых вывесках неоновой рекламы. Для этого создаются герметичные сосуды определенной формы (как правило, изображающие рекламируемый товар или в виде букв), после чего емкость заполняется газом. Если подавать на контакты электрический ток, то газ внутри рекламы начинает светиться. При прекращении подачи тока газ светиться перестает. Цвет свечения вывески зависит от того, в какой пропорции будут смешиваться определенные газы.

Аналогичный принцип используется и в создании плазменных дисплеев для компьютеров и телевизоров с большой диагональю. Только размеры сосуда, в котором храниться газ в тысячи раз меньше, а сами сосуды, которых насчитывается десятки миллионов, образуют матрицу, формирующую изображение на экране.

Минимальной единицей изображения на экране, как и везде, является точка, или пиксель. В плазменном мониторе для формирования цвета каждой отдельно взятой точки используется комбинация из трех субпикселей, каждый из которых *отвечает* за один из трех основных цветов RGB (Red Green Blue — Красный, Зеленый, Голубой). Ячейки находятся между двумя стеклами, расстояние между которыми 0,1 мм (100 микрон). Во время подачи электрического импульса на электроды часть заряженных ионов начинают излучать кванты света в ультрафиолетовом диапазоне. Диапазон излучения, в большинстве случаев, зависит от применяемого газа, в каждой конкретной модели. Ультрафиолетовые лучи действуют на специальное флюоресцирующее покрытие, которое в свою очередь излучает свет, видимый человеческим глазом. Кстати, ультрафиолетовые лучи очень опасны для глаз человека, но в данном случае бояться нечего — до 97% вредного излучения поглощает наружное стекло. Яркость и насыщенность цветов можно регулировать простым изменением величины управляющего напряжения: чем оно больше, тем больше квантов света выделяет газ, тем сильнее светится флюоресцирующая пленка, тем ярче мы получаем картинку на экране.

Данная технология самая молодая из всех, что применяются в серийном производстве офисной техники, но, что интересно, разрабатывается уже относительно давно. Так еще в далекие советские времена в НПО «Плазма» пытались воплотить в жизнь идею получения более-менее качественного изображения на табло, состоящим из элементов, наполненных специальным газом. Но специалисты не смогли создать пиксели малых размеров, из-за этого экран получался слишком большим, тяжелым, ненадежным, а изображение — слишком расплывчатым.

Всерьез разработкой технологии создания плазменных дисплеев занялись в 1966 году в одном американском университете в штате Иллинойс. Вскоре после завершения исследований, в начале 70-х годов, небольшая компания Owens-Illinois смогла запустить проект в коммерческое использование.

Тогда спрос на плазменные панели был очень небольшим. Главным образом отсутсвие спроса объяснялось тем, что экраны были монохромными (отображали только два цвета), очень дорого стоили (даже для крупных организаций) и были практически бесполезны для использования их в быту. Первую партию дисплеев заказала Нью-йоркская Фондовая Биржа — ей были необходимы экраны большой площади, способные информировать огромное количество людей об изменении котировок акций, а качества изображения было не столь критично.

Современные плазменные дисплеи претерпели большое количество изменений, их качество заметно изменилось, если сравнивать с теми, что производили много лет назад. Сейчас изображение на плазменном экране считается самым ярким (до 500 кд/м2) и контрастным (400:1), даже лучше чем у классических ЭЛТ-мониторов. Сравните: яркость и контрастностью дорогого монитора — 350 кд/м2 и 200:1 соответственно.

Благодаря особенностям исполнения плазменные экраны не *боятся* электромагнитных полей. Возможно, владельцы мощных колонок замечали изменение цвета рабочего стола на своем ЭЛТ-мониторе, когда пытались устанавливать аудио-систему рядом с компьютером. У PDP-мониторов такой проблемы не может существовать в принципе: внутри просто нет элементов, на которые могло бы повлиять магнитное поле. Поэтому рядом с плазменным телевизором всегда можно спокойно устанавливать самые хорошие, мощные колонки и наслаждаться качественным звуком не отходя от любимого ПК.

Из недостатков такого типа дисплеев стоит отметить очень высокое энергопотребление. Чтобы *зажечь* один пиксель на экране плазменного телевизора электроэнергии требуется незначительное количество, но матрица состоит из миллионов точек, каждой из которых приходится *гореть* до нескольких десятков часов подряд. Частично из-за этого плазменным дисплеям закрыт путь в область портативной техники: ноутбук от собственных аккумуляторов с таким экраном вряд ли проработает даже час: применение плазменного экрана само собой подразумевает наличие электрической розетки в радиусе нескольких метров. Но даже если решить проблему с источником питания, изготавливать плазменные матрицы с диагональю менее двадцати дюймов не выгодно экономически: представьте себе карманный компьютер ценой несколько тысяч долларов работающий только от сети, но имеющий очень контрастный и яркий экран. Не думаем, что подобная модель будет пользоваться ажиотажным спросом на рынке, тем более, что и ЖК-экраны с каждым днем становятся все лучше и лучше, да к тому же они значительно более бережливо относятся к источнику питания.

Также плазменные экраны имеют относительно небольшой срок эксплуатации, по крайней мере, по сравнению с аналогами, — порядка 10 тысяч часов непрерывной работы. Хотя многим и этого будет вполне достаточно, ведь эти 10 тысяч часов истекут только через шесть лет функционирования аппарата при 4-5 часах ежедневного просмотра телепередач (если дисплей использовать в качестве телевизора). Правда с каждым днем этот недостаток становится все менее и менее актуальным — многие производители уже сегодня предлагают довольно эффективные пути решения этой проблемы.

Во многом плазменные экраны напоминают жидкокристаллические. Разница состоит лишь в способе формирования цвета отдельной точки. У плазменного дисплея, как и у ЖК, нет никаких проблем ни со сведением лучей, ни проблем с геометрией экрана, ни с фокусировкой. Они не страдают от вибрации (если у вас дома системный блок стоит рядом с ЭЛТ-монитором, то вы, наверное, замечали легкую вибрацию на экране, когда активно работает жесткий диск или привод компакт-дисков), все PDP имеют абсолютно плоскую внешнюю поверхность.

Кажется, что плазменные матрицы унаследовали у своих предшественников только достоинства — они лишены недостатков присущих ЖК. Так, плазменные дисплеи имеют малое время отклика (чем до сих пор не могут похвастаться многие дисплеи дешевых КПК и ноутбуков), то есть время между посылкой сигнала и фактической сменой картинки на экране достаточно небольшое. Этот факт позволяет без проблем использовать PDP в качестве телевизоров и играть в *быстрые* игры, при подключении дисплея к компьютеру. Плазменные экраны полностью цифровые, аналоговый выход для подключения к настольному компьютеру — это скорее исключение, нежели правило. Возможно, многие знают, что главным недостатком ЖК-мониторов является значительное ухудшение качества изображения на экране при смене угла просмотра. Плазменные экраны, обладая всеми достоинствами ЖК, лишены этого недостатка. Здесь они могут дать фору даже самым дорогим и качественным ЭЛТ-экранам: у многих моделей угол видимости достигает 160 градусов.

ПРИМЕНЕНИЯХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ В БУДУЩЕМ

Управляемые оптические транспаранты**.**

Рассмотрим пример достижения научных исследований в процессе создания жидкокристаллических экранов, отображения информации, в частности жидкокристаллических экранов телевизоров. Известно, что массовое создание больших плоских экранов на жидких кристаллах сталкивается с трудностями не принципиального, а чисто технологиче­ского характера. Хотя принципиально возможность со­здания таких экранов продемонстрирована, однако а связи со сложностью их производства при современной технологии их стоимость оказывается очень высокой. По­этому возникла идея создания проекционных устройств на жидких кристаллах, в которых изображение, получен­ное на жидкокристаллическом экране малого размера могло бы быть спроектировано в увеличенном виде на обычный экран, подобно тому, как это происходит в кинотеатре с кадрами кинопленки. Оказалось, что такие устройства могут быть реализованы на жидких кристал­лах, если использовать сэндвичевые структуры, в кото­рые наряду со слоем жидкого кристалла входит слой фотополупроводника. Причем запись изображения в жидком кристалле, осуществляемая с помощью фотопо­лупроводника, производится лучом света. О подобном проекторе уже рассказывалось в главе VII. Теперь же познакомимся с физическими явлениями, положенными в основу его работы.

Принцип записи изображения очень прост. В отсутст­вие подсветки фотополупроводника его проводимость очень мала, поэтому практически вся разность потенциа­лов, поданная на электроды оптической ячейки, в кото­рую еще дополнительно введен слой фотополупровод­ника, падает на этом слое фотополупроводника. При этом состояние жидкокристаллического слоя соответствует отсутствию напряжения на нем. При подсветке фотопо­лупроводника его проводимость резко возрастает, так как свет создает в нем дополнительные носители тока (свободные электроны и дырки). В результате происхо­дит перераспределение электрических напряжений в ячейке — теперь практически все напряжение падает на жидкокристаллическом слое, и состояние слоя, в частно­сти, его оптические характеристики, изменяются соответ­ственно величине поданного напряжения. Таким образом, изменяются оптические характеристики жидкокристал­лического слоя в результате действия света. Ясно, что при этом в принципе может быть использован любой электрооптический эффект из описанных выше. Практи­чески, конечно, выбор электрооптического эффекта в та­ком сэндвичевом устройстве, называемом электрооптическим транспарантом, определяется наряду с требуемыми оптическими характеристиками и чисто технологическими причинами.

Важно, что в описываемом транспаранте изменение оптических характеристик жидкокристаллического слоя происходит локально — в точке засветки фотополупро­водника. Поэтому такие транспаранты обладают очень вы­сокой разрешающей способностью. Так, объем информа­ции, содержащейся на телевизионном экране, может быть записан на транспаранте размерами менее 1х1 см2.

Описанный способ записи изображения, помимо все­го прочего, обладает большими достоинствами, так как он делает ненужной сложную систему коммутации, т. е. систему подвода электрических сигналов, которая применяется в матричных экранах на жидких кри­сталлах.

Пространственно временные модуляторы света

Уп­равляемые оптические транспаранты могут быть исполь­зованы не только как элементы проекционного устрой­ства, но и выполнять значительное число функций, свя­занных с преобразованием, хранением и обработкой оп­тических сигналов. В связи с тенденциями развития ме­тодов передачи и обработки информации с использова­нием оптических каналов связи, позволяющих увеличить быстродействие устройств и объем передаваемой инфор­мации, управляемые оптические транспаранты на жид­ких кристаллах представляют значительный интерес и с этой точки зрения. В этом случае их еще принято назы­вать пространственно-временными модуляторами света (ПВМС), или световыми клапанами. Перспективы и мас­штабы применения ПВМС в устройствах обработки опти­ческой информации определяются тем, насколько се­годняшние характеристики оптических транспарантов мо­гут быть улучшены в сторону достижения максимальной чувствительности к управляющему излучению, повыше­ния быстродействия и пространственного разрешения световых сигналов, а также диапазона длин волн излуче­ния, в котором надежно работают эти устройства. Как уже отмечалось, одна из основных проблем — это проб­лема быстродействия жидкокристаллических элементов, однако уже достигнутые характеристики модуляторов света позволяют совершенно определенно утверждать, что они займут значительное место в системах обработ­ки оптической информации. Ниже рассказывается о ря­де возможных применений модуляторов света.

Прежде всего, отметим высокую чувствительность модуляторов света к управляющему световому потоку, которая характеризуется интенсивностью светового по­тока. Кроме того, достигнуто высокое пространственное разрешение сигнала — около 300 линий на 1 мм. Спектральный диапазон работы мо­дуляторов, выполненных на различных полупроводнико­вых материалах, перекрывает длины волн от ультрафио­летового до ближнего инфракрасного излучения. Очень важно, что в связи с применением в модуляторах фото­полупроводников удается улучшить временные характе­ристики устройств по сравнению с быстродействием соб­ственно жидких кристаллов. Так, модуляторы света за счет свойств фотополупроводника могут зарегистриро­вать оптический сигнал продолжительностью всего меньше 1 с. Разумеется, изменение оптических характеристик жидкого кристалла в точке регистрации сигнала проис­ходит с запаздыванием, т. е. более медленно, в соответ­ствии с временем изменения оптических характеристик жидкого кристалла при наложении на него (или снятии) электрического поля.

Какие же, кроме уже обсуждавшихся функций, могут выполнять модуляторы света? При соответствующем под­боре режима работы модулятора они могут выделять контур проектируемого на него изображения. Если кон­тур перемещается, то можно визуализировать его дви­жение. При этом существенно, что длина волны записы­вающего изображения излучения и считывающего излу­чения могут отличаться. Поэтому модуляторы света по­зволяют, например, визуализировать инфракрасное из­лучение, или с помощью видимого света модулировать пучки инфракрасного излучения, или создавать изобра­жения в инфракрасном диапазоне длин волн.

В другом режиме работы модуляторы света могут выделять области, подвергнутые нестационарному осве­щению. В этом режиме работы из всего изображения выделяются, например, только перемещающиеся по изо­бражению световые точки, или мерцающие его участки. Модуляторы света могут использоваться как усилители яркости света (в 10^—10° раз и более) В связи же с их высокой пространственной разрешающей способностью их использование оказывается эквивалентным усилителю с очень большим (10"—10^) числом каналов. Перечисленные функциональные возможности оптических модуляторов дают Основание использовать их 6 многочисленных задачах обработки оптической инфор­мации, таких как распознавание образов, подавление по­мех, спектральный и корреляционный анализ, интерфе­рометрия, в том числе запись голограмм в реальном мас­штабе времени, и т. д. Насколько широко перечислен­ные возможности жидкокристаллических оптических мо­дуляторов реализуются в надежные технические устрой­ства, покажет ближайшее будущее.

Оптический микрофон**.**

Только что было рассказано об управлении световыми потоками с помощью света. Однако в системах оптической обработки информации и связи возникает необходимость преобразовывать не только световые сигналы в световые, но и другие самые разнообразные воздействия в световые сигналы. Такими воздействиями могут быть давление, звук, температура, деформация и т. д. И вот для преобразования этих воз­действий в оптический сигнал жидкокристаллические ус­тройства оказываются опять-таки очень удобными и пер­спективными элементами оптических систем.

Конечно, существует масса методов преобразовывать перечисленные воздействия в оптические сигналы, одна­ко подавляющее большинство этих методов связано сна­чала с преобразованием воздействия в электрический сигнал, с помощью которого затем можно управлять световым потоком. Таким образом, методы эти двусту­пенчатые и, следовательно, не такие уж простые и эко­номичные в реализации. Преимущество применения в этих целях жидких кристаллов состоит в том, что с их помощью самые разнообразные воздействия можно не­посредственно переводить в оптический сигнал, что уст­раняет промежуточное звено в цепи воздействие—све­товой сигнал, а значит, вносит принципиальное упроще­ние в управление световым потоком. Другое достоинст­во ЖК-элементов в том, что они легко совместимы с уз­лами волоконно-оптических устройств.

Чтобы проиллюстрировать возможности с помощью ЖК управлять световыми сигналами, расскажем о прин­ципе работы «оптического микрофона» на ЖК—устрой­ства, предложенного для непосредственного перевода акустического сигнала в оптический.

Принципиальная схема устройства оптического мик­рофона очень проста. Его активный элемент представляет собой ориентированный слой нематика. Звуковые колебания создают периодические во времени деформации слоя, вызывающие также переориентации молекул и модуляцию поляризации (интенсивности) проходящего поляризованного светового потока.

Исследования характеристик оптического микрофона на ЖК, выполненные в Акустическом институте АН СССР, показали, что по своим параметрам он не уступает су­ществующим образцам и может быть использован в оп­тических линиях связи, позволяя осуществлять непосред­ственное преобразование звуковых сигналов в оптиче­ские. Оказалось также, что почти во всем температурном интервале существования нематической фазы его акустооптические характеристики практически не изменяются

[9]-Прежде чем перейти к другому примеру возможного

применения ЖК в оптических линиях связи, напомним, что оптическое волокно представляет собой оптический волновод. Свет из этого волновода не выходит наружу по той причине, что снаружи на волокно нанесено покры­тие, диэлектрическая проницаемость которого больше, чем во внутренней части волокна, в результате чего про­исходит полное внутреннее отражение света на границе внутренней части и внешнего покрытия. Волноводный ре­жим распространения света в волокне. может быть, также достигнут не только за счет резкой диэлектрической границы, но и при плавном изменении показателя прелом­ления (диэлектрической проницаемости) от середины к поверхности волновода.

По аналогии с оптическими волокнами в тонком слое жидкого кристалла также может быть реализован волно­водный режим распространения света вдоль слоя, если обеспечить соответствующее изменение диэлектриче­ской проницаемости в пределах толщины слоя. А как мы знаем, изменения диэлектрических характеристик в ЖК можно добиться изменением ориентации директора (длинных осей молекул). Оказывается, в слое нематика или холестерина можно, например, путем приложения электрического поля обеспечить такой характер измене­ния ориентации директора по толщине, что для опреде­ленной поляризации света такой слой оказывается опти­ческим волноводом.

Каждый увидит здесь очевидную аналогию между оп­тическим волокном-волноводом и жидкокристалличе­ским волноводом. Но имеется здесь и очень существен­ная разница. Эта разница состоит в том, что если диэлек­трические характеристики оптического волокна, а следо­вательно, и его волноводные свойства, неизменны и фор­мируются при его изготовлении, то диэлектрические, а следовательно, и волноводные свойства ЖК-волновода легко изменять путем внешних воздействий.

Это значит, например, что если жидкокристалличе­ский волновод включен в канал волоконной связи, то световой поток, идущий по этому каналу, можно моду­лировать, меняя характеристики ЖК-элемента. В про­стейшем случае это может быть просто прерывание све­тового потока, которое может происходить в ЖК-элементе при таком переключении электрического сигнала на нем, которое приводит к исчезновению его волноводных свойств. Кстати сказать, этот же ЖК-элемент может выполнять и функции оптического микрофона, если он устроен так, что акустический сигнал вызывает в нем воз­мущение ориентации директора.

**Очки для космонавтов.**

Знакомясь ранее с маской для электросварщика, а теперь с очками для стереотелевидения, бы заметили, что в этих устройствах управляемый жидкокристаллический фильтр перекрывает сразу все поле зрения одного или обоих глаз. Между тем сущест­вуют ситуации, когда нельзя перекрывать все поле зрения человека и в то же время необходимо перекрыть от­дельные участки поля зрения.

Например, такая необходимость может возникнуть у космонавтов в условиях их работы в космосе при чрез­вычайно ярком солнечном освещении, не ослабленном ни атмосферой, ни облачностью. Эту задачу как в случае маски для электросварщика или очков для стереотеле­видения позволяют решить управляемые жидкокристаллические фильтры.

Усложнение очков в этом случае состоит в том, что поле зрения каждого глаза теперь должен перекрывать не один фильтр, а несколько независимо управляемых фильтров. Например, фильтры могут быть выполнены в виде концентрических колец с центром в центре стекол очков или в виде полосок на стекле очков, каждая из которых при включении перекрывает только часть поля зрения глаза.

Такие очки могут быть полезны не только космонав­там, но и людям других профессий, работа которых мо­жет быть связана не только с ярким нерассеянным осве­щением, но и с необходимостью воспринимать большой объем зрительной информации.

Например, в кабине пилота современного самолета огромное количество панелей приборов. Однако не все из них нужны пилоту одновременно. Поэтому использо­вание пилотом очков, ограничивающих поле зрения, мо­жет быть полезным и облегчающим его работу, так как помогает сосредоточивать его внимание только на части нужных в данный момент приборов и устраняет отвлека­ющее влияние не нужной в этот момент информации. Конечно, в случае пилота можно пойти и по-другому пу­ти поставить ЖК-фильтры на индикаторы приборов, чтобы иметь возможность экранировать их показания.

Подобные очки будут очень полезны также в биоме­дицинских исследованиях работы оператора, связанной с восприятием большого количества зрительной инфор­мации. В результате таких исследований можно выявить скорость реакции оператора на зрительные сигналы, оп­ределить наиболее трудные и утомительные этапы в его работе и в конечном итоге найти способ оптимальной организации его работы. Последнее значит определить на­илучший способ расположения панелей приборов, тип индикаторов приборов, цвет и характер сигналов различ­ной степени важности и т. д.

Фильтры подобного типа и индикаторы на жидких кристаллах, несомненно, найдут (и уже находят) широкое применение в кино-, фотоаппаратуре. В этих целях они привлекательны тем, что для управления ими требуется ничтожное количество энергии, а в ряде случаев позво­ляют исключить из аппаратуры детали, совершающие механические движения. А как известно, механические системы часто оказываются наиболее громоздкими и не­надежными.

Какие механические детали кино-, фотоаппаратуры имеются в виду? Это прежде всего диафрагмы, фильт­ры — ослабители светового потока, наконец, прерывате­ли светового потока в киносъемочной камере, синхрони­зованные с перемещением фотопленки и обеспечиваю­щие покадровое ее экспонирование.

Принципы устройства таких ЖК-элементов ясны из предыдущего. В качестве прерывателей и фильтров-ос­лабителей естественно использовать ЖК-ячейки, в кото­рых под действием электрического сигнала изменяется пропускание света по всей их площади. Для диафрагм без механических частей системы ячеек в виде кон­центрических колец, которых могут под действием элек­трического сигнала изменять площадь пропускающего свет прозрачного окна. Следует также отметить, что сло­истые структуры, содержащие жидкий кристалл и фото­полупроводник, т. е. элементы типа управляемых оп­тических транспарантов, могут быть использованы не только в качестве индикаторов, например, экспозиции, но и для автоматической установки диафрагмы в кино-, фотоаппаратуре.

При всей принципиальной простоте обсуждаемых устройств их широкое внедрение в массовую продукцию зависит от ряда технологических вопросов, связанных с обеспечением длительного срока работы ЖК-элементов, их работы в широком температурном интервале, на­конец, конкуренции с традиционными и устоявшимися техническими решениями и т. д. Однако решение всех этих проблем — это только вопрос времени, и скоро, на­верное, трудно будет себе представить совершенный фо­тоаппарат, не содержащий ЖК-устройства.