Федеральное агентство по науке и образованию РФ

Иркутский государственный технический университет

Кафедра физики

**РЕФЕРАТ**

на тему: Жидкие кристаллы и их

применение в жидкокристаллических

экранах

Выполнил:

Студент группы ЭЛ-03-1

Мороз Я.В.

Проверили:

Преподаватели

Созинова Т.В.

Шишилова Т.И.

Иркутск, 2005

**Содержание:**

1. Что такое жидкие кристаллы 3
   1. Жидкие кристаллы 3
   2. Типы жидких кристаллов 4
   3. Применение 5
2. Жидкокристаллические мониторы 6
   1. TN – кристаллы 6
   2. Анатомия LCD 8
   3. TFT – дисплеи 8
   4. Ферродиэлектрические жидкие кристаллы 12
   5. Plasma Addressed Liquid Crystal (PALC) 12
3. Итоги 13

Список литературы 14

**1.Что такое жидкие кристаллы**

**1.1 ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ -** состояние вещества, промежуточное между жидким и твердым состояниями. В жидкости молекулы могут свободно вращаться и перемещаться в любых направлениях. В кристаллическом твердом теле они расположены по узлам правильной геометрической сетки, называемой кристаллической решеткой, и могут лишь вращаться в своих фиксированных позициях. В жидком кристалле имеется некоторая степень геометрической упорядоченности в расположении молекул, но допускается и некоторая свобода перемещения.



**Рисунок 1. Увеличенное изображение жидкого кристалла.**

Считается, что состояние жидкого кристалла открыл в 1888 австрийский ботаник Ф.Рейнитцер. Он изучал поведение органического твердого вещества, называемого холестерилбензоатом. При нагревании это соединение переходило из твердого в мутное на вид состояние, ныне называемое жидкокристаллическим, а затем в прозрачную жидкость; при охлаждении последовательность превращений повторялась в обратном порядке. Рейнитцер отметил также, что при нагревании изменяется цвет жидкого кристалла – от красного к синему, с повторением в обратном порядке при охлаждении. Почти все жидкие кристаллы, обнаруженные на сегодняшний день, представляют собой органические соединения; примерно 50% всех известных органических соединений при нагревании образуют жидкие кристаллы. В литературе описаны также жидкие кристаллы некоторых гидроксидов (например, Fe2O3·*x*H2O).

Жидкие кристаллы**,** жидкокристаллическое состояние, мезоморфное состояние - состояние вещества, в котором оно обладает свойствами жидкости (текучестью) и некоторыми свойствами твёрдых кристаллов (анизотропией свойств). Ж. к. образуют вещества, молекулы которых имеют форму палочек или вытянутых пластинок. Различают термотропные и лиотропные Ж. к. Первые — индивидуальные вещества, которые существуют в мезоморфном состоянии в определённом температурном интервале, ниже которого вещество является твёрдым кристаллом, выше — обычной жидкостью. Примеры:



параазоксианизол (в интервале температур 114—135°С), этиловый эфир азоксибензойной кислоты

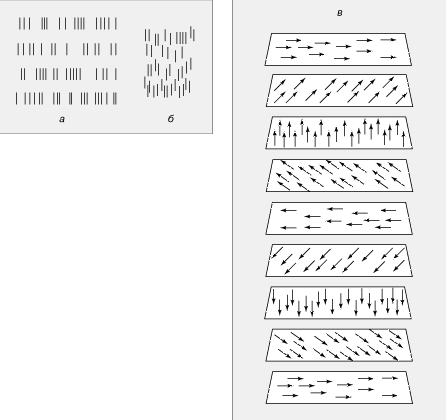


(100—120°С), пропиловый эфир холестерина (102—116°С). Лиотропные Ж. к. — растворы некоторых веществ в определённых растворителях. Примеры: водные растворы мыльные растворы синтетических полипептидов (поли--бензил-*L*-глутамат) в ряде органических растворителей (диоксан, дихлорэтан).

**1.2 Типы жидких кристаллов*.***

Есть два способа получить жидкий кристалл. Один из них был описан выше, когда говорилось о холестерилбензоате. При нагревании некоторых твердых органических соединений их кристаллическая решетка разваливается и образуется жидкий кристалл. Если температуру повышать и далее, то жидкий кристалл переходит в настоящую жидкость. Жидкие кристаллы, образующиеся при нагревании, называются термотропными. В конце 1960-х годов были получены органические соединения, являющиеся жидкокристаллическими при комнатной температуре.

Существуют два класса термотропных жидких кристаллов: нематические (нитевидные) и смектические (сальные или слизистые). Нематические жидкие кристаллы можно разделить на две категории: обычные и холестерически-нематические (скрученные нематики).



**Рисунок 2. ТЕРМОТРОПНЫЕ ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ**, схема молекулярной упаковки. В смектическом классе (за исключением смектика D) молекулы расположены в слоях. Каждая молекула остается в своем слое, но слои могут скользить один относительно другого. В нематических жидких кристаллах молекулы могут двигаться во всех направлениях, но их оси всегда остаются параллельными друг другу. В холестерически-нематических жидких кристаллах оси молекул лежат в плоскости слоя, но их ориентация меняется от слоя к слою как бы спирали. Благодаря такой спиральной закрутке тонкие пленки холестерических жидких кристаллов обладают необычайно высокой способностью к вращению плоскости поляризации поляризованного света. *а* – смектический; *б* – нематический; *в* – холестерический.

**1.3 Применение.**

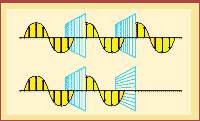
Расположение молекул в жидких кристаллах изменяется под действием таких факторов, как температура, давление, электрические и магнитные поля; изменения же расположения молекул приводят к изменению оптических свойств, таких, как цвет, прозрачность и способность к вращению плоскости поляризации проходящего 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.

**2.Жидкокристаллические мониторы**

*Наше знакомство с жидкокристаллическими дисплеями длится уже долгие годы, и его история уходит корнями еще в докомпьютерную эпоху. Сегодня если человек смотрит на наручные часы, проверяет состояние принтера или работает с портативным компьютером, он поневоле сталкивается с феноменом жидких кристаллов. Более того, эта технология посягает на традиционную вотчину CRT-мониторов - настольные дисплеи для ПК.*

ЖК-технология базируется на использовании такой характеристики света, как поляризация. Человеческий глаз не может различать состояния поляризации волны, но некоторые вещества (например, поляроидные пленки) пропускают свет только с определенной поляризацией. Если взять два поляроида -- один задерживающий свет с вертикальной поляризацией, а другой с горизонтальной, поместить их друг напротив друга, то свет через такую систему пройти не сможет (Рисунок 3).



**Рисунок 3.**  **Поляризация света.**

Избирательно вращая поляризацию света в промежутке между пленками, мы смогли бы формировать светящиеся и темные участки - пиксели. Это возможно, если использовать пластину с вкраплениями оптически активных кристаллов (так их называют потому, что они, благодаря особенностям своих несимметричных молекул, могут изменять поляризацию света).

Но дисплей подразумевает динамичное отображение информации, и обычные кристаллы тут не смогут нам помочь. На выручку приходят их жидкие собратья. Жидкие кристаллы - это жидкости, которым присущ определенный порядок расположения молекул, вследствие чего появляется анизотропия механических, магнитных и, что наиболее интересно для нас, электрических и оптических свойств.

Благодаря анизотропии электрических свойств и наличию текучести можно управлять преимущественной ориентацией молекул, тем самым изменяя оптические свойства кристалла. А они имеют замечательную особенность - специфическая удлиненная форма молекул и параллельное их размещение делают их весьма эффективными поляризаторами. Теперь приступим к изучению элементарной разновидности ЖК-дисплеев - на скрученных нематических кристаллах (Twisted Nematic - TN).

**2.1 TN – кисталлы.**

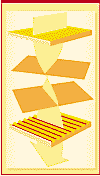
То, что молекулы нематического жидкого кристалла выстраиваются подобно солдатам на параде, - следствие анизотропии сил их взаимодействия. Предсказать положение директора с макроскопической точки зрения в свободном жидком кристалле невозможно, поэтому заранее определить, в какой плоскости он будет поляризовать свет, нельзя.

Оказывается, придать молекулам ту или иную ориентацию достаточно просто, необходимо только изготовить пластину (для наших целей прозрачную, например, стеклянную) со множеством микроскопических параллельных углублений-бороздок (их ширина должна соответствовать минимальному размеру элемента формируемого изображения).

Узкие и длинные молекулы нижнего слоя жидкого кристалла, попадая в углубления, вынуждены придерживаться заданной ориентации. А все последующие слои молекул будут выстраиваться им "в затылок" вследствие уже упомянутого выше межмолекулярного взаимодействия. Если теперь поместить сверху еще одну стеклянную пластину с аналогичным набором бороздок так, чтобы они были перпендикулярны бороздкам нижней пластины, то продольные оси молекул самого верхнего слоя будут расположены под прямым углом по отношению к осям молекул из нижнего слоя. Между этими двумя крайними положениями образуется своеобразная молекулярная спираль из промежуточных ориентаций, которая и дала название технологии -- twisted nematic (закрученные нематические).

По мере прохождения света вдоль спирали плоскость его поляризации вращается, следуя за ориентацией продольной оси составляющих ее молекул. В случае "сандвича" из пластин с перпендикулярными бороздками получается спираль с поворотом на 90°, и плоскость поляризации поворачивается именно на этот угол. Если поместить такой "сандвич" между двумя поляроидами с перпендикулярно расположенными осями (поляроид пропускает только свет, линейно поляризованный вдоль его оси), то свет будет проходить через такую систему (Рисунок 4).

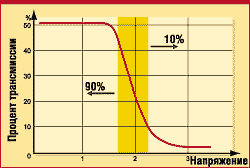
**Риснок 4.**



Таким образом, в TN-дисплеях формируются светящиеся пикселы. Инверсные (в данном случае темные) пикселы - продукт еще одного свойства жидких кристаллов - электрической анизотропии. Достаточно приложить к спирали электрическое поле, и молекулы тут же будут вынуждены развернуться вдоль вектора его напряженности. Разместив миниатюрные прозрачные пленочные электроды над и под слоем жидкого кристалла, подавая напряжение на них, можно ориентировать молекулы вертикально. После этого они уже не могут менять поляризацию света, а так как оси поляроидов расположены перпендикулярно, то свет проходить не будет. Включая и выключая электроды по отдельности, мы и получим динамическую черно-белую картинку.

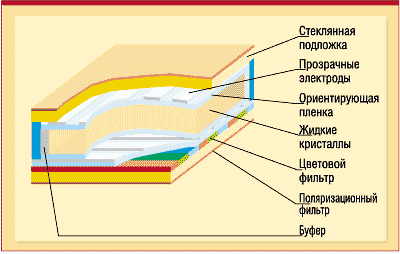
"А как насчет градаций серого?" - спросите вы. Градациями, или уровнями яркости пикселов, можно управлять с помощью величины приложенного напряжения. Постепенно повышая его, мы будем наблюдать, как молекулярная спираль проходит через три этапа своего состояния - три зоны (рисунок 5). Зона 1 соответствует максимуму пропускания и белому цвету (максимальному повороту поляризации), зона 3 - минимуму и черному цвету, а самые интересные состояния находятся в зоне 2. При прецизионном изменении напряжения в ее пределах получаются все оттенки серого.

**Рисунок 5.**



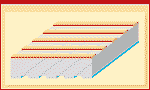
**2.2 Анатомия LCD.**

Немного разобравшись с физическими принципами работы ЖК-дисплея простого нематического типа, можно рассмотреть чисто механические аспекты его конструкции (Рисунок 6). В основании располагается система подсветки -- это мощные (ведь остальная часть "сандвича" поглощает до 50% проходящего света) флюоресцентные лампы в виде трубок и специальные материалы (plastic light guide), или световоды, способствующие более равномерному распределению освещения по плоскости экрана. Этого далеко не всегда удается достичь, и результатом могут стать темные полосы, неоднородность изображения.



**Рисунок 6. Строение ЖК - монитора** Свет направляется на поляризационный фильтр. Далее следует стеклянная пластина, на которую нанесены полупрозрачные электроды из пленки окислов индия и олова, формирующие пикселы изображения. Затем идет полимерная пленка с микробороздками, ориентирующими молекулы жидких кристаллов, составляющие следующий слой. Вторая половина - все с точностью до наоборот (за исключением подсветки).

Теперь рассмотрим основные различия активных и пассивных матриц, а также образование цветных изображений. В пассивных матрицах для адресации используются полоски полупрозрачных электродов, расположенные на обеих поверхностях стеклянных подложек и ориентированные перпендикулярно (рисунок 7). Их пересечение формирует пиксель. Чтобы изменить его состояние, необходимо задействовать две адресные линии - вертикальную и горизонтальную. Одна, к примеру нижняя, заземляется, а на другую подается управляющий импульс. Процесс, в ходе которого с помощью поочередной выборки всех комбинаций из двух управляющих линий создается изображение, называется сканированием.

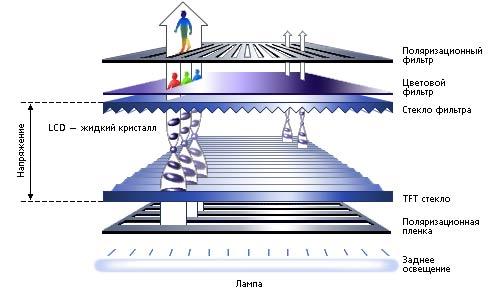


**Рисунок 7.**

**2.3 TFT - дисплеи**

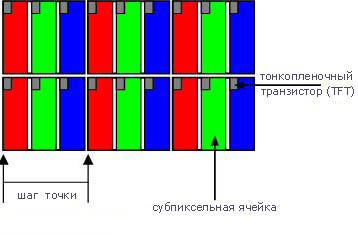
Проходя путь от опытных черно-белых дисплеев, жк-дисплеи дошли до уровня развития на котором используется технология называемая TFT(Thin Film Transistors). Она основана на активных матрицах на базе тонкопленочных транзисторов. В этом случае на стеклянную подложку наносится слой аморфного кремния, на котором формируются транзисторы - по одному на каждый пиксель. Транзисторы исполняют роль посредника между системой адресации и ЖК-ячейками. Существуют и панели на основе тонкопленочных диодов (TFD). В активных матрицах исключается влияние процесса выборки (адресации) на соседние ячейки, каждый пиксел изолирован. Благодаря этому задержки при "переключении" жидкокристаллических ячеек удается сократить до 25 мс, что уже позволяет активно-матричным дисплеям соперничать с CRT-мониторами. Как только ячейка получает заряд, она, подобно конденсатору, хранит его, но недостаточно долго. В то время как сканирование матрицы завершается, ячейки, обработанные первыми, уже начинают терять заряд. Чтобы избежать неоднородности изображения, к каждой ячейке подключают дополнительный конденсатор, который "подпитывает" ее на протяжении цикла сканирования.

Общий принцип действия всех TFT LCD показан на рисунке 8: свет от неоновой лампы проходит через систему отражателей, направляется через первый поляризационный фильтр и попадает в слой жидких кристаллов, контролируемый транзистором; затем свет проходит через цветовые фильтры (как и в CRT, каждый пиксель матрицы строится из трёх компонент цвета – красной, зелёной и синей). Транзистор создаёт электрическое поле, задающее пространственную ориентацию жидких кристаллов. Свет, проходя через такую упорядоченную молекулярную структуру, меняет свою поляризацию, и в зависимости от неё будет либо полностью поглощён вторым поляризационным фильтром на выходе (образуя чёрный пиксель), либо не будет поглощаться или поглотится частично (образуя различные цветовые оттенки, вплоть до чистого белого).



**Рисунок 8.**

Цветные фильтры для красного, зелёного и синего цветов интегрированы в стеклянную основу и расположены близко друг к другу. Каждый пиксел (точка) состоит из трёх ячеек указанных цветов (субпикселей). Это означает, что при разрешении 1280 x 1024 точки экран содержит ровно 3840 x 1024 транзистора и пиксельных элемента. Шаг пиксела для 15.1" TFT-дисплея (1024 x 768 точек) составляет примерно 0.30 мм, а для 18.1" TFT (1280 x 1024 точки) примерно 0.28 мм.



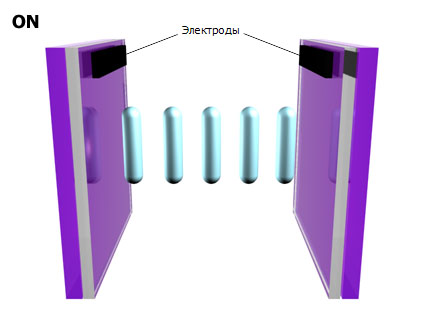
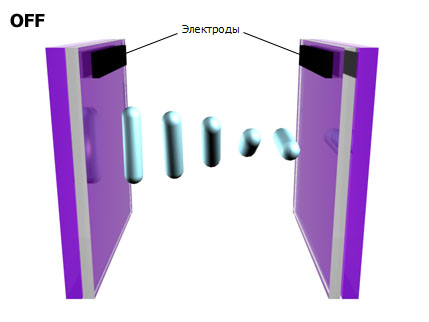
**Рисунок 9. Строение пикселя TFT-дисплея.**

Пикселы TFT-дисплея. Левый верхний угол ячейки содержит тонкоплёночный транзистор (Thin Film Transistor). Цветные фильтры дают возможность ячейкам менять свои естественные цвета RGB. Точки явственно различимы, при этом чем меньше расстояние между ними, тем больше максимально возможное разрешение. Однако TFT также имеют физическое ограничение, которое определяется максимальной площадью экрана.

Самый распространённый тип цифровых панелей основан на технологии, сокращённо называемой **TN TFT** или **TN+Film TFT** (**Twisted Nematic + Film**). Термин Film обозначает дополнительное наружное плёночное покрытие, позволяющее увеличить угол обзора со стандартных 90 градусов (по 45 с каждой стороны) до приблизительно 140 градусов. Схема работы TN TFT дисплея показана на рисунке 10:

1. Когда транзистор находится в выключенном состоянии, то есть не создаёт электрическое поле, молекулы жидких кристаллов находятся в своём нормальном состоянии и выстроены так, чтобы менять угол поляризации проходящего через них светового потока на 90 градусов (жидкие кристаллы образуют спираль). Поскольку угол поляризации второго фильтра перпендикулярен углу первого, то проходящий через неактивный транзистор свет будет без потерь выходить наружу, образуя яркую точку, цвет которой задаётся световым фильтром.
2. Когда транзистор генерирует электрическое поле, все молекулы жидких кристаллов выстраиваются в линии, параллельные углу поляризации первого фильтра, и тем самым никоим образом не влияют на проходящий через них световой поток. Второй поляризующий фильтр поглощает свет полностью, создавая чёрную точку на месте одной из трёх цветовых компонент.

**Рисунок 10.**

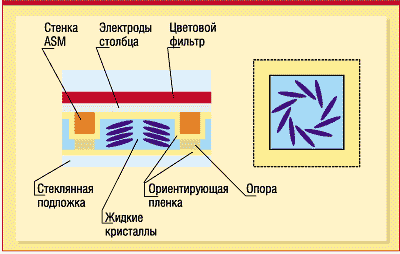


Проблемы с допустимым углом обзора экрана характерны для ЖК, обеспечивающих полутона. Результирующая интенсивность пропущенного панелью света вследствие явления двойного лучепреломления в жидких кристаллах зависит от угла (j) между нормалью к фронту световой волны и направлением директора молекул ЖК, как sin2j. Это означает, что в полностью включенном состоянии при значениях j вплоть до 30° интенсивность пропущенного света изменяется не более чем на 10%, в то время как при уровне серого 50% (угол между директором и нормалью к поверхности экрана составляет 45°) - на 90%, что ведет к серьезным искажениям градаций яркости или цветов при незначительном изменении угла обзора. Одним из самых простых способов избежать влияния двойного лучепреломления является нанесение на поверхности панели полимерных компенсирующих пленок, которые имеют показатель преломления другого знака, нежели жидкий кристалл.

Оригинальный способ разрешения проблемы нашел Гюнтер Баур в 1971 г. На основе его методики корпорация Hitachi в 1995 г. разработала технологию IPS (In-Plane Switching). Баур предложил новую схему ЖК-ячейки, в которой молекулы в нормальном состоянии не закручены в спираль на 90°, а ориентированы параллельно друг другу. Бороздки на нижней и верхней полимерных пленках параллельны, и все управляющие электроды расположены на одной стороне панели. При подаче напряжения электрическое поле разворачивает молекулы ЖК в плоскости экрана. Угол между директором и плоскостью панели остается постоянным. К сожалению, IPS имеет и некоторые недостатки, например на 50% ниже яркость.

Японское подразделение фирмы IBM предложило и совершенствует методику OCB (Optically Compensated Bend). В ее основе так называемые Pi-ячейки, в которых используется возможность изменять параметры двойного лучепреломления жидких кристаллов. Луч света, попадая в ячейку, немного изменяет свое направление, как бы "прижимаясь" к направлению вектора нормали к поверхности экрана, а покидая ее, возвращается к своему первоначальному направлению распространения.

Специалисты Sharp реализовали другую технологию расширения угла обзора -- ASM (Axially Symmetric aligned micro-cell Mode). На цветном фильтре формируются специальные выступающие стенки, покрытые ориентирующей полимерной пленкой (Рисунок 11). Они образуют индивидуальные ЖК-ячейки с необычным аксиально-симметричным расположением молекул кристалла (наподобие лопастей вентилятора). Стенки, ограничивающие ЖК-ячейки, получаются в результате внедрения в состав кристалла молекул полимеризованной смолы и облучения полученной смеси ультрафиолетовым излучением после фазового разделения. ASM относится к классу методик стабилизации ЖК с помощью полимеров. Согласно другому методу использования полимеров, их в небольшом количестве домешивают к жидким кристаллам, что позволяет контролировать ориентацию молекул ЖК непосредственно внутри ячейки, а не только на двух граничных поверхностях, как это происходит в случае полимерных пленок.



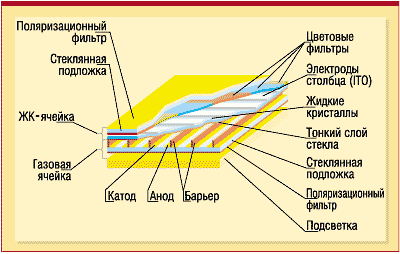
**Рисунок 11**

**2.4 Ферродиэлектрические жидкие кристаллы**

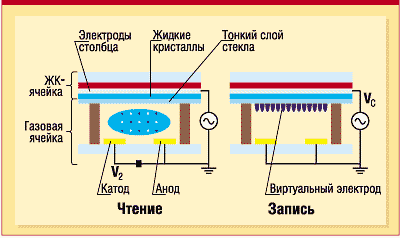
Одним из слабых мест любой ЖК-панели является регенерация изображения. Сложные процессы зарядки и разрядки ячеек, короткое время сохранения ими заданного состояния, опасность накопления значительных зарядов -- все это усложняет производство. Косвенно удается упростить управляющую электронику, используя ферродиэлектрические жидкие кристаллы (FLCD). Если придать группе молекул определенную ориентацию, они (в отсутствие внешних воздействий) будут сохранять ее в течение неограниченного периода времени, образуя единый домен. Ферродиэлектрические ячейки не требуют частой регенерации, сканирование будет происходить только в моменты смены кадров. К тому же они обладают отменной скоростью реакции - 10 мс. Однако их бистабильная природа затрудняет генерацию полутонов. Создаются дисплеи и на основе антиферродиэлектрических ЖК (AFLCD). Самые последние их модификации позволяют частично снять эту проблему.

**2.5 Plasma Addressed Liquid Crystal (PALC)**

В этом типе дисплеев используется плазменная панель для управления ЖК-ячейками. PALC-дисплей состоит из стеклянной подложки, с нижней стороны которой нанесен поляризационный фильтр, а с верхней -- сформированы продольные выступы-барьеры. Внутри каждой колонки, образованной барьерами, расположены два электрода. Сверху конструкцию накрывают тонким слоем стекла и полученные емкости наполняют газом под давлением несколько кПа. Затем следуют слой ЖК, прозрачная пленка с электродами колонок, цветные фильтры, субстрат стекла с поляризатором (Рисунок 12). Позади всей конструкции располагается блок подсветки. Выборка колонки осуществляется путем генерации разряда между двумя электродами в наполненной разреженным газом продольной ячейке. На поверхности стекла, разделяющего газовую и ЖК-ячейки, формируется отрицательный заряд, представляющий собой как бы виртуальный электрод (Рисунок 13). На один из поперечных электродов с противоположной стороны "сандвича" подается напряжение +70 В. Заряд с виртуального электрода протекает через ЖК-ячейку, расположенную на пересечении газовой продольной ячейки и поперечного электрода. Как только заряд стечет, все ЖК-ячейки переходят в полностью изолированное состояние, и можно начинать выборку следующего пиксела.



**Рисунок 12.**



**Рисунок 13.**

Одно из достоинств PALC-панелей - простота изготовления. Они менее чувствительны к чистоте производственных помещений и точности компоновки по сравнению с традиционными TFT-матрицами. Это позволяет использовать большие по размерам стеклянные подложки и, следовательно, открывает перспективы производства больших ЖК-экранов. PALC-дисплеи свободны от влияния точечных дефектов, к которым так чувствительны активно-матричные мониторы. Конструктивная независимость плазменной и ЖК-панели облегчает процесс разработки новых модификаций.

**3. Итоги**

В данном материале были рассмотрены только основы технологии производства ЖК-дисплеев, и многое осталось за рамками публикации. Мир жидкокристаллических панелей находится на стыке сразу нескольких наук: химии, физики твердого тела и физики жидкостей, кристаллографии. Богатство компонентов обусловливает разнообразие решений. Отрасль плоскопанельных мониторов бурно развивается, и уследить за появлением новых технологий, модификацией существующих и исчезновением устаревших можно, только постоянно просматривая специализированную литературу.

**Список литературы:**

1. http://www.cultinfo.ru
2. http://bigpi.biysk.ru
3. Чистяков И. Г., Жидкие кристаллы, М., 1966;
4. Gray G. W., Molecular structure and the properties of liquid crystals, L. — N. Y., 1962;
5. Жидкие кристаллы, пер. с франц., «Природа», 1972, № 2;
6. Туранов А.Н, Гончаров В.А, Галяметдинов Ю.Г., Иванова Г.И., Овчинников И.В. Изв. Акад. наук, сер. хим., 1999, № 4, 694-697.
7. Овчинников И.В., Галяметдинов Ю.Г., Магнитные жидкие кристаллы на основе координационных соединений. Российский химический журнал 2001, XLV. №3. стр.74-79