

## **ЛЕКЦИЯ №18**

**По дисциплине:**

**«Электроника и электротехника»**

**Тема №:12**

**Оптоэлектронные приборы**

**Занятие №:12**

**Оптоэлектронные приборы**

**Учебные вопросы:**

1. Классификация оптоэлектронных приборов.
2. Электровакуумные фотоэлементы и фотоумножители.
3. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы.
4. Устройства отображения информации.

**Литература для самостоятельной работы обучающихся:**

1. **Иванов, И. И.** Электротехника и основы электроники: учебник. – 9-е изд., стер/ И.И. Иванов, Г.И. Соловьев, В.Я Фролов. – СПб: Лань, 2017. – 736 с.

2. **Касаткин, А.С.** Электротехника: учебник/ А.С. Касаткин, М.В. Немцов. – 12-е изд. стер. – Москва.: Академия, 2008. – 544 с. – и предыдущие издания.

***б) дополнительная литература:***

3. **Немцов, М. В.** Электротехника и электроника: учебник/ М. В. Немцов. – Москва: КноРус, 2016. – 560 с. – и предыдущие издания.

**Оптоэлектронными** называют **приборы**, чувствительные к электромагнитному излучению в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой областях, а также приборы, производящие или использующие такое излучение.

В конкретном оптоэлектронном приборе наличие всех трех составляющих данного выше определения является обязательным, но перечисленные отличительные признаки могут быть воплощены в большей или меньшей степени. Это позволяет разделить опто- и фотоэлектронные приборы (фотоэлектронные умножители, электроннолучевые приборы).

На рис. 1 представлена классификация оптоэлектронных приборов и указаны физические эффекты, лежащие в основе их работы.

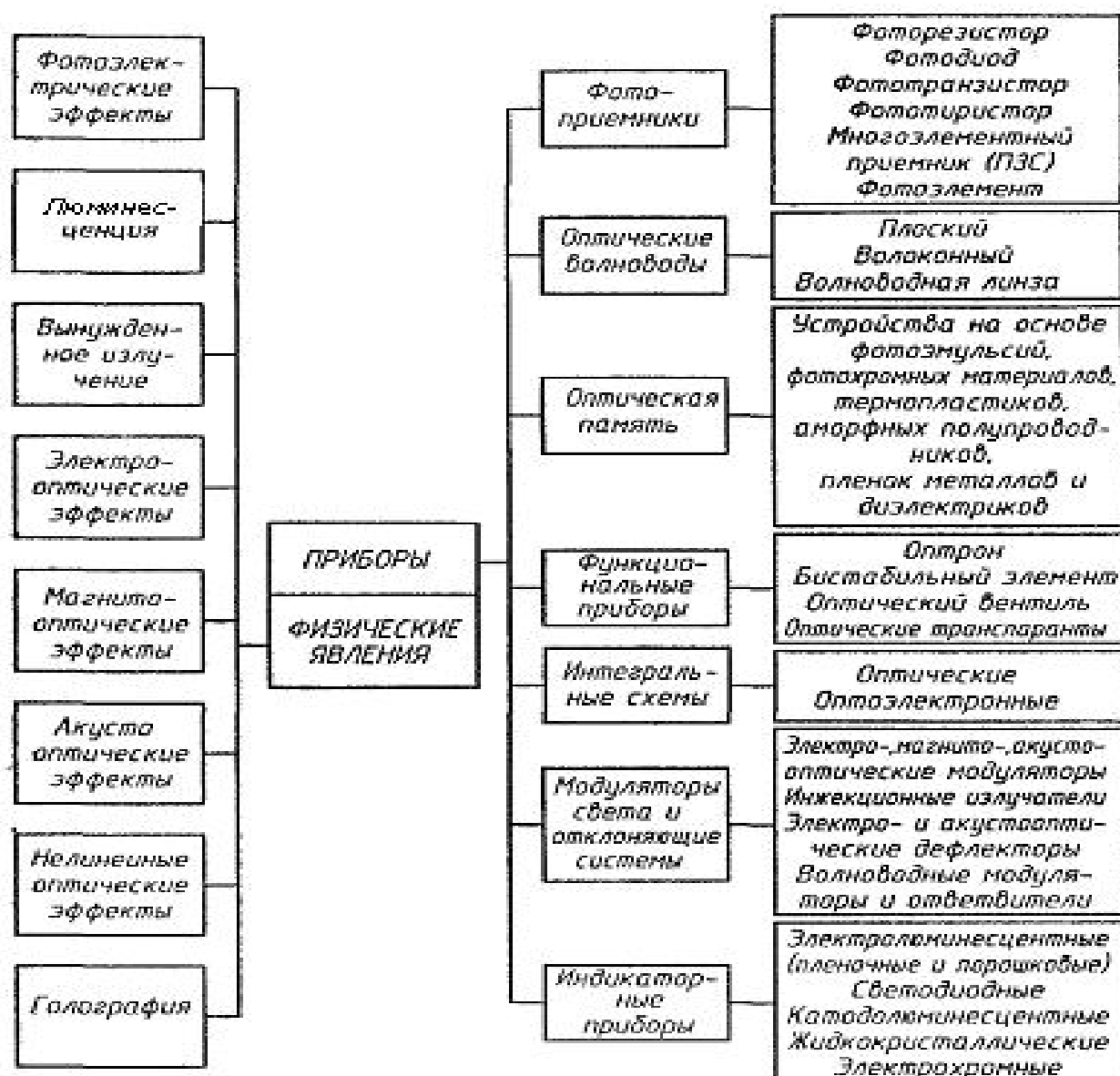


Рис.1

На практике широко используются *источники излучения* (излучатели), *приемники излучения* (фотоприемники) и *оптроны* (оптопары).

**Излучатель** – источник, световой поток или яркость которого является функцией электрического сигнала, поступающего на его вход.

Из источников излучения нашли широкое применение светодиоды и лазеры, а из приемников – фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы и фототиристоры. Широко используются оптроны, в которых применяются пары светодиод–фотодиод, светодиод–фототранзистор, светодиод–фототиристор.

По виду используемого излучателя выделяют приборы *когерентной* (с лазерами) и *некогерентной* (со светоизлучающими диодами) оптоэлектроники.

Как отдельные приборы, так и сложные оптоэлектронные системы создаются из отдельных элементов. Основными оптоэлектронными элементами являются:

- источники когерентного оптического излучения (полупроводниковый лазер);
- источники некогерентного оптического излучения (светоизлучающий диод);
- активные и пассивные оптические среды;
- приемники оптического излучения (фотодиод);
- оптические элементы (линза);
- волоконно-оптические элементы (волоконно-оптический жгут);
- интегрально-оптические элементы (интегрально-оптическое зеркало).

Как видно из обобщенной структурной схемы оптоэлектронного прибора (ОЭП), приведенной на рис. 2, наряду с фотоприемниками и излучателями важным компонентом ОЭП являются входные и выходные согласующие электрические схемы, предназначенные для формирования и обработки оптического сигнала. Особенностью этих достаточно сложных, в основном интегральных, схем является компенсация потерь энергии при преобразованиях «электричество – свет» и «свет – электричество», а также обеспечение высокой стабильности и устойчивости работы ОЭП при воздействии внешних факторов.

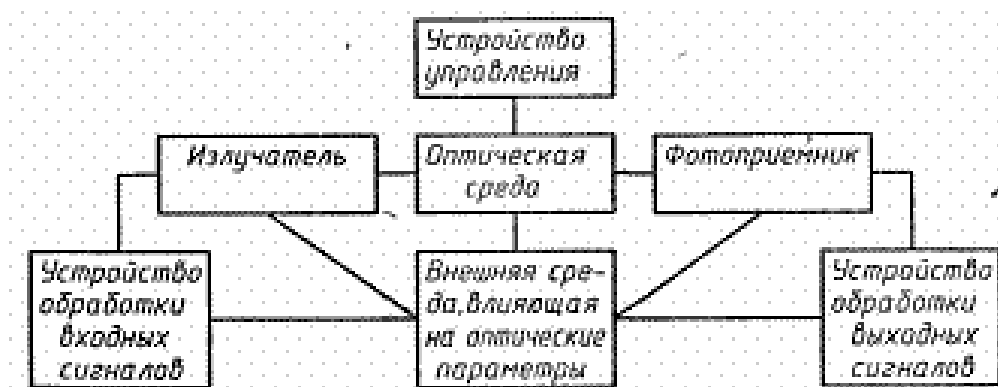


Рис. 2

По функциональному назначению в классе оптоэлектронных приборов, кроме миниатюрных источников излучения и одно- и многоэлементных приемников излучения, следует выделить следующие приборы.

Оптопарой называют оптоэлектронный прибор, в котором конструктивно объединены в общем корпусе излучатель на входе и фотоприемник на выходе, взаимодействующие друг с другом оптически и электрически.

Оптопары широко используются в микроэлектронной и электротехнической аппаратуре для обеспечения электрической развязки при передаче информационных сигналов, бесконтактной коммутации сильноточных и высоковольтных цепей и создания перестраиваемых фотоприемников в устройствах контроля и регулирования.

**Оптоэлектронные датчики** – приборы, преобразующие внешние физические воздействия: температуру, давление, влажность, ускорение, магнитное поле и другие, – в электрические сигналы. Действие этих приборов основано на различных принципах. К датчикам относятся формирователи сигналов изображения и оптопары с открытым оптическим каналом. Особенно интенсивное развитие этого направления связано с появлением волоконно-оптических датчиков, в которых внешние воздействия изменяют характеристики оптического сигнала, распространяющегося по волокну.

**Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС)** – устройства и системы, содержащие гибкий волоконно-оптический световод (в виде кабеля), сочлененный с излучателем на одном (передающем) конце и с фотоприемником на другом (приемном).

Физическую основу ВОЛС определяют процессы распространения оптических сигналов по волоконному световоду, а также светогенерационные и фотоэлектрические явления в излучателе и приемнике.

**Индикаторы** – электрически управляемые приборы для систем визуального отображения информации. Они находят широчайшее применение, начиная от электронных часов и микро-калькуляторов, табло и приборных щитов и кончая дисплеями в системе «человек – ЭВМ». Физическую основу приборов индикаторного типа составляют разные виды электролюминесценции (для приборов с активным светящимся растром) и электрооптические явления (для приборов с пассивным светоотражающим растром).

В соответствии с классификацией изделий некогерентной оптоэлектроники ОЭП разделяются: по виду оптоэлектронного преобразования сигналов (принцип преобразования «электричество – свет» реализуется в излучающих приборах), уровню интеграции, функциональному применению и конструктивному исполнению. Каждая из выделенных групп ОЭП, по-видимому, будет в дальнейшем пополняться новыми приборами и устройствами.

Перечислим основные достоинства оптоэлектронных приборов:

Высокая пропускная способность оптического канала. Частота колебаний на три-пять порядков выше, чем в освоенном радиотехническом диапазоне. Это значит, что во столько же раз возрастает и пропускная способность оптического канала передачи информации.

Идеальная электрическая развязка входа и выхода. Использование в качестве носителя информации электрически нейтральных фотонов обуславливает бесконтактность оптической связи. Отсюда следуют идеальная электрическая развязка входа и выхода; однонаправленность потока информации и отсутствие обратной реакции приемника на источник; помехозащищенность оптических каналов связи; скрытность передачи информации по оптическому каналу связи.

Как недостатки можно выделить следующие особенности ОЭП:

Малый коэффициент полезного действия. Коэффициент полезного действия преобразований вида  $E$  (освещенность)  $> L$  (яркость) и  $L > E$  в лучших современных приборах (лазеры, светодиоды, р-і-п фотодиоды), как правило, не превышает 10...20%. Поэтому если в устройстве осуществляются такие преобразования лишь дважды (на входе и на выходе), как, например, в оптопарах или волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), то общий КПД падает до единиц процентов. Введение каждого дополнительного акта преобразования информационных сигналов из одной формы в другую ведет к уменьшению КПД еще на порядок или более. Малое значение КПД вызывает рост энергопотребления, что недопустимо из-за ограниченных возможностей источников питания; затрудняет миниатюризацию, поскольку практически

не удастся отвести выделяющуюся теплоту; снижает эффективность и надежность большинства оптоэлектронных приборов.

Наличие разнородных материалов, применяемых в оптоэлектронных приборах и системах, обуславливает: малый общий КПД устройства из-за поглощения излучения в пассивных областях структур, отражения и рассеяния на оптических границах; снижение надежности из-за различия температурных коэффициентов расширения материалов; сложность общей герметизации устройства; технологическую сложность и высокую стоимость.

Фотоумножители, обладающие высоким усилением и быстродействием, получили широкое распространение в дозиметрических приборах, использующих сцинтилляторы - вещества, реагирующие на проникающую в них ионизирующую частицу вспышкой света.

Процесс преобразования световой (photons) энергии в электрическую (voltage) называется PV-эффект. Он был открыт в 1954 году, когда ученые обнаружили, что кремний (этот элемент - основа обыкновенного песка) создает электрическую энергию, когда его освещают солнечным светом. Вскоре солнечные элементы стали применять для питания электронной аппаратуры космических спутников и небольших электронных устройств таких, как калькуляторы и наручные часы.

Когда аккумулятор для зарядки подсоединяется к солнечной панели, обычно в цепь необходимо включать контроллер для предупреждения перезаряда. Эта схема использует параллельный способ подключения. При этом способе солнечная панель всегда подключена к аккумулятору через последовательный диод. Когда солнечная панель заряжает аккумулятор до желаемого максимального напряжения, схема параллельно солнечной панели подключает нагрузочный резистор, чтобы поглощать избыточную мощность с солнечной панели.

Функция полезной мощности, отдаваемой солнечной батареей в нагрузку, зависит от вырабатываемого напряжения, которое в свою очередь зависит от инсоляции - то есть от интенсивности солнечного света - и температуры самой батареи. Работа на кривой зависимости ток/напряжение где-либо еще кроме точки максимальной получаемой мощности, приводит к снижению эффективности работы и потере доступной энергии. Следовательно, контроль точки максимальной мощности является необходимой функцией в передовых системах управления источниками солнечной энергии, так как это может увеличить практическую эффективность часто на 30 % и более.

Системы, получающие энергию от возобновляемых источников, таких как солнечные батареи или ветровые генераторы, обычно накапливают энергию в аккумуляторах, а затем отдают ее в нагрузку. Часто, оба этих процесса происходят независимо. Периодическое вычисление оставшегося заряда аккумулятора гарантирует хорошую и продолжительную его работу, то же относится и к контролю тока, отдаваемого аккумулятором в нагрузку.

Текущий заряд батареи вычисляется исходя из ее ранее вычисленного заряда, плюс полученная энергия при заряде или минус энергия, отданная в нагрузку.

Работа фотоприемных приборов (фотоприемников) основана на использовании внутреннего фотоэффекта в твердых телах. Поглощаемые полупроводником кванты освобождают носители заряда либо атомов решетки, либо атомов примеси. Поскольку для каждого из этих переходов требуется некоторая минимальная энергия, характерная для данного материала, каждый тип фотоприемника имеет определенную длинноволновую границу  $\lambda_{гр}$ , определяемую формулой

$$\lambda_{гр} = 1,24 / (E_2 - E_1), \quad (6.1)$$

Где  $\lambda$  — выражается в мкм;  $E_2, E_1$  — в эВ.

Разность  $E_2 - E_1$  — энергетический зазор при переходе «зона-зона» или «примесный уровень-зона» (рис. 6.1, а).  $E_2$  соответствует  $E_{п}$ ,  $E_1$  — то же

Рассмотрим принцип действия фотоприемного прибора на основе «-перехода» (рис. 6.1, б). При поглощении фотона в полупроводнике образуются пары электрон-дырка. При их разделении возникает фототок, причем электроны перемещаются в «-области, а дырки — в p-области.

Вероятность разделения созданной фотоном пары электрон-дырка выше в том случае, если эта пара образуется в области полупроводника, находящейся под воздействием электрического поля. Альтернативой разделения является обычная рекомбинация пары электрон-дырка, при которой не происходит какого-либо смещения заряда и, таким образом, не вносится вклад в фототок. Электрическое поле распределяется в кристалле полупроводникового прибора неравномерно. В диффузионных областях p- и n-типа поле намного слабее, чем в области между ними, известной под названием обедненного слоя. Для эффективной работы фотоприемника необходимо, чтобы наибольшее число фотонов поглощалось в обедненном слое, т. е. фотоны не должны поглощаться, пока не вышли за пределы обедненного слоя.

Глубина проникновения фотона в полупроводник до поглощения зависит от его длины волны. Фотоны с малой длиной волны поглощаются вблизи поверхности, а фотоны с большей длиной волны могут проникать через всю толщу кристалла. Поэтому для обеспечения широкой спектральной характеристики необходимо, чтобы кристалл фотодиода имел очень тонкий p-слой, допускающий проникновение фотонов с малой длиной волны, и толстый обедненный слой для получения максимального фототока от длинноволновых фотонов.

Толщина обедненной области зависит от удельного сопротивления полупроводника в этой области и от обратного смещения. Обедненный слой существует и в том случае, когда обратное смещение не приложено. Это обусловлено наличием «встроенного» поля, которое образуется вследствие диффузии через переход неосновных носителей. Напряжение обратного смещения расширяет обедненную область.



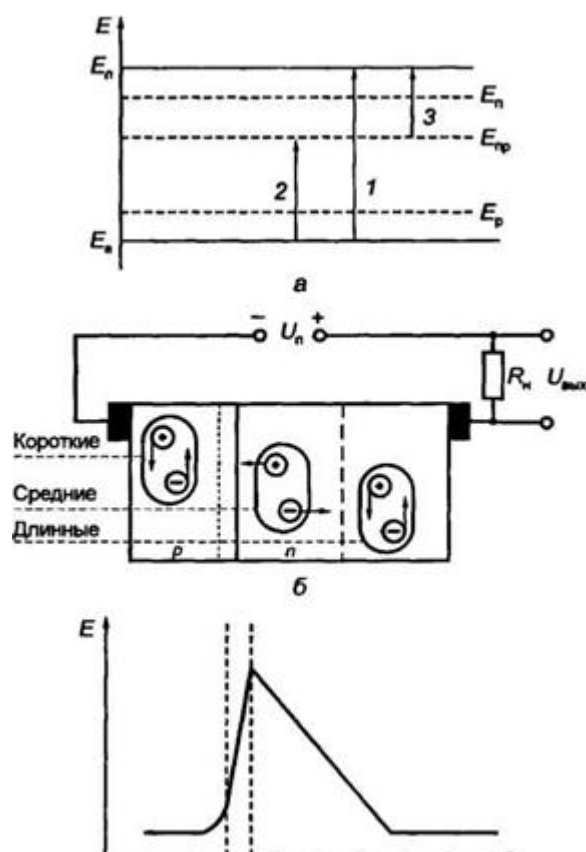


Рис. 3. Принцип действия фотоприемного прибора: а — энергетическая диаграмма; б — процессы в р-л-переходе; в — распределение электрического поля в структуре;  $E_{i,p}$  — энергия примесного уровня; 1 — переход «зона-зона»; 2 — переход «валентная зона-примесный уровень»; 3 — переход «примесный уровень-зона проводимости»

Размеры обедненного слоя при любом напряжении больше в тех приборах, у которых вблизи  $p-n$ -перехода материал имеет более высокое удельное сопротивление. В то же время на обеих противоположных поверхностях кристалла для изготовления омических контактов требуется низкое удельное сопротивление. Фотоприемники с  $p/n$ -переходом, например солнечные батареи, изготавливают методом диффузии примеси  $p$ -типа в материал  $n$ -типа с низким удельным сопротивлением. Малая толщина диффузионного  $p$ -слоя обеспечивает высокую чувствительность к фотонам с малой длиной волны, но, чтобы расширить обедненную область для создания высокой чувствительности к фотонам с большой длиной волны, требуется относительно высокое обратное смещение. Глубокая диффузия примеси  $p$ -типа ухудшает чувствительность к излучению с малой длиной волны, но благодаря созданию «плавного» перехода дает возможность уменьшить напряжение смещения, необходимой для обеспечения хорошей чувствительности к излучению с большой длиной волны. Для повышения чувствительности к фотонам с малой и большой длинами волн при низком обратном смещении между  $p$  - и  $n$ -областями используют слой с высоким удельным сопротивлением, получивший название  $i$ -слоя. Фотоприемники, имеющие  $p-i$ -слой, получили название  $p-i$ -структур. Такой прибор имеет

тонкую диффузионную p/n -область (на которую падает поток излучения) и более толстую диффузионную «-область с другой стороны высокоомной кремниевой пластины. В фотоприемниках с p/n структурой p/n -слой имеет такое высоко удельное сопротивление, что даже при нулевом смещении обедненный слой распространяется от /7-слоя примерно на половину глубины /-слоя. При обратном смещении до 5 В обеднение распространяется вплоть до «-слоя и наблюдается эффект «смыкания». Поскольку пробивное напряжение превышает 200 В, часто желательно устанавливать режим работы при обратных напряжениях, превышающих напряжение смыкания, чтобы поддерживать полное обеднение слоя даже при высоких уровнях потока излучения. Это обеспечивает наилучшую линейность и быстродействие.

Качество фотоприемника может быть оценено введением параметра квантовая эффективность. В идеальном случае каждый фотон должен генерировать один электрон фототока. Квантовая эффективность  $\eta$ ), таким образом, измеряется как число электронов на фотон.

### **Устройства отображения информации**

Дисплей - устройство визуализации (отображения) текстовой и графической информации без ее долговременной фиксации.

Отсутствие долговременной фиксации информации означает ее исчезновение при выключении питания или при выводе новой информации.

Дисплей является основным ПУ ПЭВМ и служит как для отображения информации, вводимой посредством клавиатуры или других устройств ввода, так и для выдачи пользователю сообщений, а также для вывода полученных в ходе выполнения программ результатов.

В ПЭВМ же применяются специальные устройства. Независимо от физических принципов формирования изображения дисплей состоит из двух основных частей - экрана и электронного блока, размещенных в одном корпусе. Подключается дисплей к ПЭВМ через дисплейный адаптер (видеоадаптер, или видеоконтроллер).

Часто вместо термина "дисплей" употребляют термины "монитор" ("видеомонитор"). Монитором называют устройство, применяемое для контроля какого-либо процесса и управления системой. Конструктивно - это либо совокупность дисплея и клавиатуры, либо просто дисплей. Так как в ПЭВМ функции управления и контроля, а также ввода-вывода данных совмещены в одних и тех же устройствах, то монитор и дисплей можно считать синонимами, хотя в общем случае эти термины не эквивалентны.

По функциональному назначению (функциональным возможностям) дисплеи подразделяются на алфавитно-цифровые и графические. Первые способны воспроизводить только ограниченный набор символов. Вторые же являются гораздо более гибкими. Они в состоянии отображать как графическую, так и, что вполне естественно, текстовую информацию. В настоящее время графические дисплеи в ПЭВМ практически вытеснили алфавитно-цифровые.

По количеству воспроизводимых цветов различают монохромные (одноцветные) и цветные дисплеи. Монохромные устройства способны воспроизводить информацию только в каком-либо одном цвете, возможно, с различными градациями яркости. Широко распространены черно-белые экраны, а также зеленые и желтые. Цветные дисплеи обеспечивают выдачу на экран информации одновременно в нескольких цветах.

По физическим принципам формирования изображения существуют:

- дисплеи на базе электронно-лучевой трубки;
- жидкокристаллические дисплеи;
- плазменные (газоразрядные) дисплеи;
- электролюминесцентные дисплеи.

Дисплеи на базе электронно-лучевой трубки традиционны, а принцип их работы аналогичен бытовому телевизору. В электронно-лучевой трубке формируется луч (или три луча для цветных трубок), управляя перемещением и интенсивностью которого можно получить изображение на люминофоре экрана. Для дисплеев данного типа графические изображения могут формироваться двумя способами. В векторном дисплее электронный луч непрерывно "вырисовывает" контур изображения. Само изображение формируется из отдельных элементарных отрезков (векторов). В растровых же дисплеях изображение получается с помощью матрицы точек, которые могут "светиться", а могут быть невидимыми: электронный луч пробегает по строкам экрана, подсвечивая требуемые зерна (точки) люминофора. В этом случае и небольшом разрешении при воспроизведении ряда фигур хорошо заметен эффект "мозаичности". Цветные экраны имеют зерна трех цветов: красного, зеленого и желтого, собранные в триады. Каждый из трех электронных лучей отвечает за свой цвет, подсвечивая при необходимости "свои" зерна. Манипулируя яркостью зерен, можно сформировать точку любого цвета. Первоначально дисплеи на базе электронно-лучевой трубки в отличие от бытовых телевизоров имели цифровой видеовход.

Сейчас же в наиболее совершенных моделях дисплеев осуществлен возврат к аналоговым видеовходам (имеется в виду стандарт VGA). Дисплеи на базе электронно-лучевой трубки громоздки, потребляют много энергии, но имеют хорошие технические характеристики.

Жидкокристаллический экран (индикатор) представляет собой совокупность сегментов для воспроизведения элементарных частей изображения (в частности, точек). Каждый сегмент состоит из нормально прозрачной анизотропной жидкости, заключенной между двумя прозрачными электродами. При подаче на электроды напряжения коэффициент отражения жидкости меняется, и сегмент при освещении его внешним источником света темнеет. Индикаторы данного типа в отличие от других являются не активными, а пассивными (изображение "проявляется" только при внешнем освещении). По сравнению с другими жидкокристаллическими индикаторами характеризуются малыми потребляемой мощностью и массой. Основная проблема для них - невысокая контрастность

изображения. К настоящему времени предложены не только монохромные, но и цветные жидкокристаллические дисплеи. Индикаторы данного типа часто применяют в электронных часах и калькуляторах.

В ПЭВМ в последнее время широкое распространение получили жидкокристаллические индикаторы с обратной (задней) подсветкой (backlight). Их конструктивная особенность заключается в том, что за экраном размещается источник света, а сам экран состоит из жидкокристаллических ячеек, которые в нормальном состоянии являются непрозрачными. При приложении к такой ячейке напряжения она начинает пропускать свет, что и приводит к получению изображения на экране. Такой принцип формирования изображения облегчает создание цветных дисплеев. Действительно, достаточно на экране иметь тройки жидкокристаллических ячеек, обеспечивающие на просвет воспроизведение основных цветов (красного, зеленого и синего).

В 1990 г. японская фирма Dainippon inc. & Chemicals завершила разработку полимерной сети, которой можно обвить жидкий кристалл как паутиной. Такой экран не требует поляризаторов и подсветки, а также потребляет меньше энергии.

Экран плазменного дисплея представляет собой матрицу газоразрядных элементов. При приложении к электродам газоразрядного элемента напряжения возникает электрический разряд красного или оранжевого свечения в газе, которым этот элемент заполнен. По сравнению с жидкокристаллическими плазменные индикаторы имеют более высокую контрастность, однако обладают и повышенным энергопотреблением.

Экран люминесцентного дисплея состоит из матрицы активных индикаторов, дающих яркие изображения с высокой разрешающей способностью. Они имеют высокую механическую прочность и надежность, однако отличаются большим энергопотреблением и высокой стоимостью. Наряду с монохромными имеются и цветные люминесцентные дисплеи.

В стационарных ПЭВМ в настоящее время применяются дисплеи на базе электронно-лучевой трубки. Переносные ПЭВМ снабжаются такими же устройствами или плазменными дисплеями. В наколенных и более компактных ПЭВМ используются главным образом жидкокристаллические и изредка плазменные индикаторы. Электр люминесцентные дисплеи перспективны для использования в различных классах малогабаритных ПЭВМ.

### **Принципы работы и построения светодиодных дисплеев**

Видеоэкран по сути представляет собой очень большой телевизор, но в отличие от обычных ЭЛТ, ЖК или плазменных телевизоров он состоит из

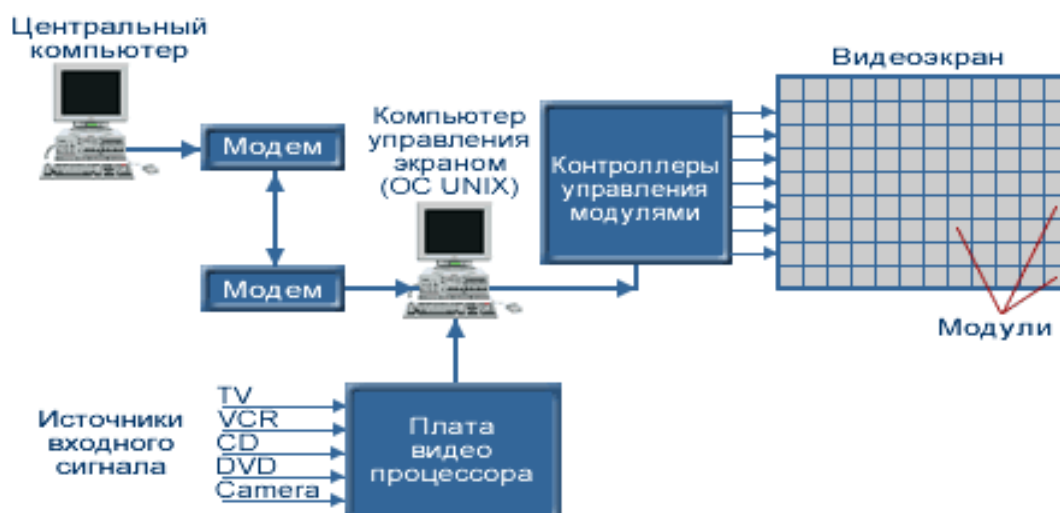


Рисунок 4. Блок-схема системы управления видеоэкраном

отдельных модулей, из которых, как из кубиков, могут собираться экраны любых размеров и формы.

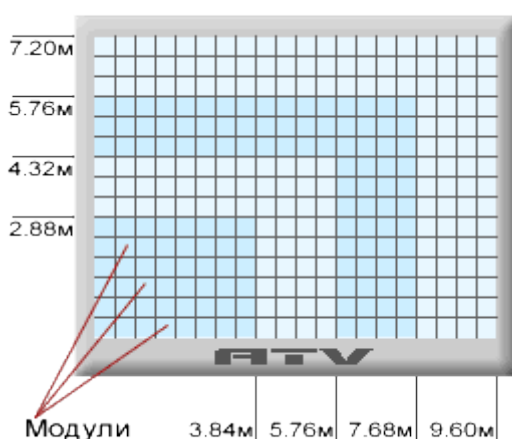
Передача информации и управление модулями осуществляется контроллерами, которые подсоединены к управляющему компьютеру.

В компьютере установлена плата видеопроцессора, на вход которой могут подаваться видеосигналы от различных источников - обычный телевизионный сигнал, сигнал от видеомаягнитофона, DVD-плеера, видеокамеры, другого компьютера и т.д.

Кроме того заранее подготовленные сюжеты могут быть записаны на диск управляющего компьютера и он может воспроизводить их по составленному расписанию.

С появлением большого количества видеоэкранов, в последнее время появилась тенденция объединения отдельно стоящих экранов в сеть с единым центром управления. Управление отдельно стоящими экранами осуществляет центральный компьютер по каналам связи - модем/радиомодем, выделенная линия и т.д.

Как уже упоминалось, видеоэкраны состоят из модулей. На рисунке



слева приведен пример построения видеоэкрана из модулей с линейными размерами 480 х 480 мм, шагом (расстоянием) между пикселями - 15 мм и соотношением сторон (ширина:высота) - 4:3.

Соотношение сторон 4:3 - важная характеристика видеоэкрана, так как для прямой трансляции "живого" видео необходимо соблюдать это соотношение, иначе изображение будет либо "обрезано"

Рисунок 5. Модульная конструкция экранов

или будет воспроизводиться на части экрана.

Если экран используется только для показа заранее подготовленных роликов, то соотношение сторон не имеет значения и может быть любым.

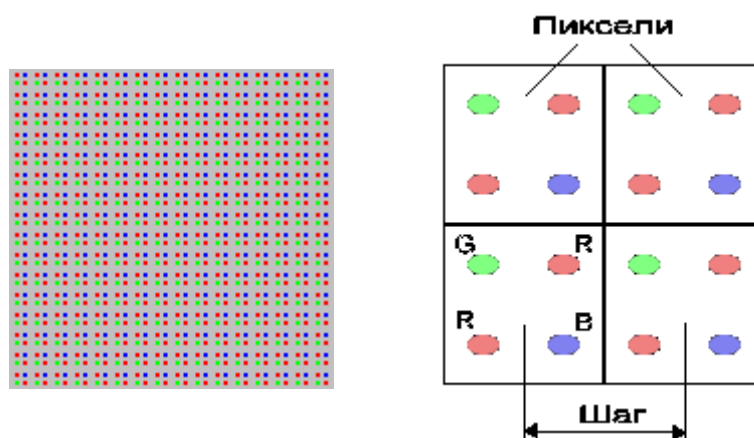
**Таблица построения экрана из модулей с шагом 15 мм, 480 x 480 мм (32 x 32 пикселя, соотношение сторон - 4:3)**

Количество модулей	Размеры экрана, м	Площадь экрана, кв. м	Разрешение экрана
8 x 6	3,84 x 2,88	11,06	256 x 192
12 x 9	5,76 x 4,32	24,88	384 x 288
16 x 12	7,68 x 5,76	44,24	512 x 384
20 x 15	9,60 x 7,20	69,12	640 x 480
24 x 18	11,52 x 8,64	99,53	768 x 576

#### **Преимущества модульной конструкции.**

- Построение экранов любых размеров и разрешения.
- Возможность увеличения размеров при апгрейде.
- Построение экранов произвольной формы.
- Построение экранов высокого разрешения.
- Простота монтажа и обслуживания.
- Взаимозаменяемость модулей.
- Быстрая локализация неисправностей.
- Простота транспортировки.
- Построение мобильных и быстросборных экранов.

#### **Модули видеос экранов.**



Модули - элементы, из которых, как из кубиков, собираются экраны любых размеров и формы. На рисунке слева показан модуль с разрешением 16 x 16 пикселей с составом пикселя - 2R-1G-1B (2-красных, 1-зеленый, 1-синий светодиодов), а на рисунке слева внизу увеличенное изображение пикселей.

#### **Модули характеризуются следующими параметрами:**

- Шагом - расстоянием между пикселями

- Разрешением - количеством пикселей по горизонтали и вертикали
- Яркостью - в канделах/кв. м (нит)
- Линейными размерами - ширина и высота
- Конструкцией - для наружного или внутреннего применения
- Потребляемой мощностью
- Углом обзора по горизонтали и вертикали
- Составом - числом светодиодов разного цвета, составляющих пиксель.

Основным параметром модуля является - шаг (расстояние) между пикселями, так как, чем меньше это расстояние, тем выше разрешение экрана при одних и тех же его линейных размерах.

С появлением новых светодиодов для поверхностного монтажа на печатной плате - 3 светодиода - красный, зеленый и синий в одном корпусе (3-in-1), стало возможным производство модулей с шагом меньшим 10 мм, что позволяет собирать экраны очень высокого разрешения, при относительно небольших размерах.

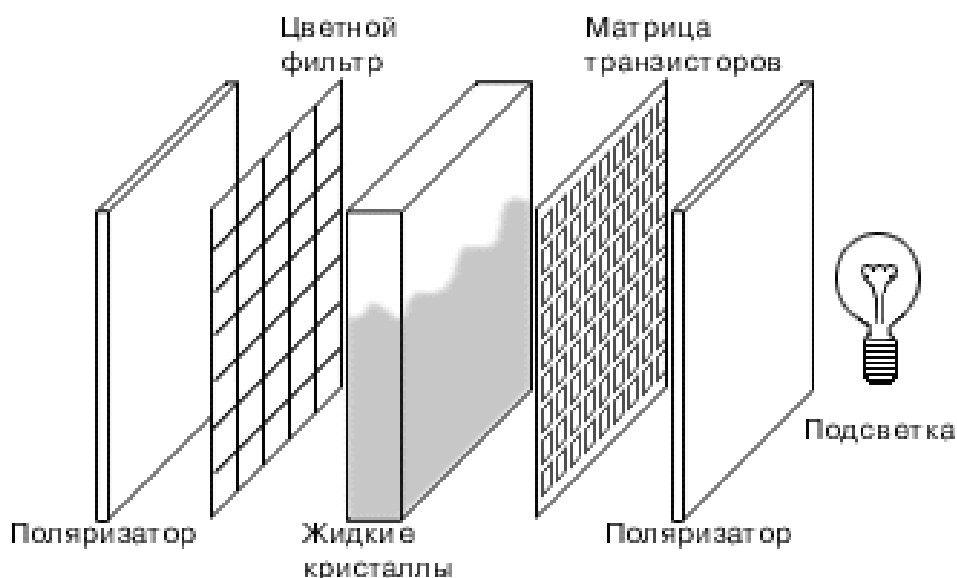
### **Жидкокристаллические мониторы (LCD)**

Первый рабочий жидкокристаллический дисплей был создан Фергесоном (Ferguson) в 1970 году. До этого жидкокристаллические устройства потребляли слишком много энергии, срок их службы был ограничен, а контраст изображения был удручающим. На суд общественности новый ЖК-дисплей был представлен в 1971 году и тогда он получил горячее одобрение.

В настоящее время в жидкокристаллических мониторах используется три различные технологии: TN+Film, IPS и MVA. Но независимо от используемой технологии, все ЖК мониторы опираются на одинаковые принципы работы.

Одна или более неоновых ламп создают подсветку для освещения дисплея. Число ламп невелико в дешевых моделях мониторов, в дорогих же используется до четырех. На самом деле использование двух и более неоновых ламп не улучшает качество изображения. Просто вторая лампа служит для обеспечения отказоустойчивости монитора при поломке первой. Таким образом, продляется жизнь монитора, поскольку неоновая лампа может работать только 50000 часов, в то время как электроника способна выдержать от 100000 до 150000 часов. Для обеспечения однообразности свечения монитора, свет проходит через систему отражателей перед попаданием на панель.

Жидкокристаллическая панель - сложное устройство, состоящее из нескольких слоев: два слоя поляризаторов, электроды, кристаллы, цветовые фильтры, пленочные транзисторы.



Так же, как и в традиционных электроннолучевых трубках, пиксель формируется из трех участков (субпикселей) - красного, зеленого и синего. Каждый субпиксель управляется транзистором, выдающим свое собственное напряжение. Это напряжение может сильно варьироваться, оно заставляет жидкие кристаллы в каждом субпикселе поворачиваться на определенный угол.

Угол поворота определяет количества света, которое проходит через субпиксель. В свою очередь, прошедший свет формирует изображение на панели. Кристалл фактически поворачивает ось поляризации световой волны, поскольку перед попаданием на дисплей волна проходит через поляризатор. Если ось поляризации волны и ось поляризатора совпадают, свет проходит через поляризатор. Если они перпендикулярны, свет не проходит.

#### TN+Film (скрученный кристалл + пленка)

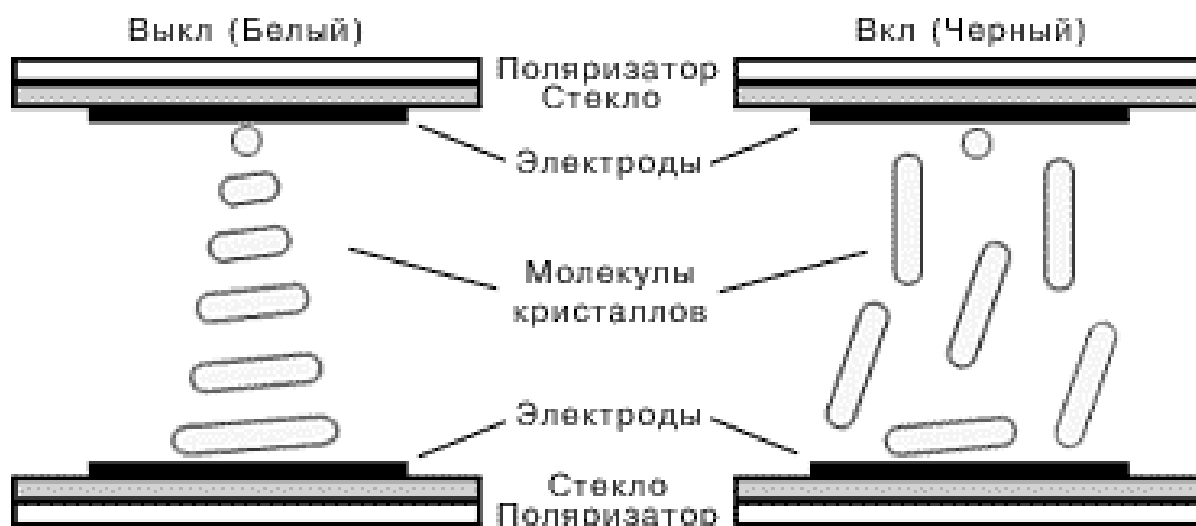
TN+Film - самая простая технология, основанная на так называемых "скрученных кристаллах". Для улучшения удобочитаемости изображения добавлен пленочный слой, увеличивающий угол обзора от 90° до 150°. К сожалению, пленка не влияет на уровень контрастности или время реакции, которые остаются плохими.

Дисплеи на основе технологии TN+Film являются самыми дешевыми, бюджетными решениями. Принцип работы таких мониторов заключается в следующем:



Если транзистор прикладывает нулевое напряжение к субпикселям, то жидкие кристаллы (а, соответственно, и ось поляризованного света, проходящего сквозь них) поворачиваются на  $90^\circ$  (от задней стенки к передней). Поскольку ось фильтра-поляризатора на второй панели отличается от первого на  $90^\circ$ , свет будет через него проходить. Если полностью задействовать красный, зеленый и синий подпиксели, вместе они создадут белую точку на экране.

Если же применить напряжение (поле между двумя электродами), то оно уничтожит спиралевидную структуру кристалла. Молекулы выстроятся в направлении электрического поля. В нашем примере они станут перпендикулярны подложке. В данном положении свет не может пройти через субпиксели. Белая точка превращается в черную. В панелях TN+Film



жидкие кристаллы выстраиваются перпендикулярно подложке

У дисплея на скрученных кристаллах существует ряд недостатков:

- Жидкие кристаллы не могут выстраиваться строго перпендикулярно подложке при включении напряжения. Именно по этой причине старые ЖК-дисплеи не могли отображать четкий черный цвет.
- Если перегорает транзистор, он более не может прикладывать напряжение к своим трем субпикселям. Нулевое напряжение означает яркую точку на экране. По этой причине "мертвые" ЖК пиксели очень яркие и заметные.

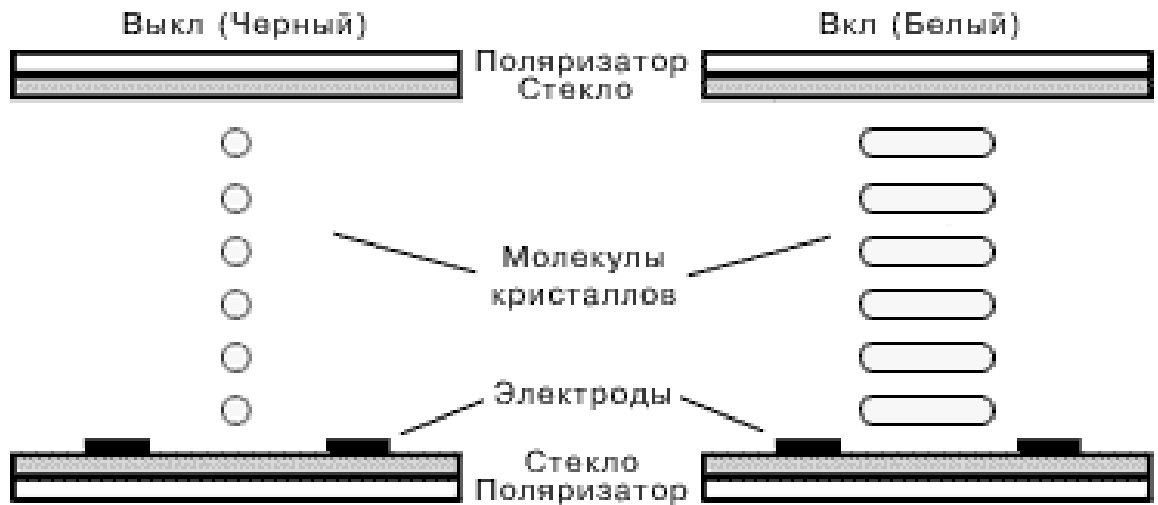
#### IPS (In-Plane Switching или Super-TFT)

Технология IPS была разработана "Hitachi" и "NEC". Она стала одной из первых ЖК технологий, призванных сгладить недостатки TN+Film. Но, несмотря на расширения угла обзора до  $170^\circ$ , остальные функции не сдвинулись с места. Время реакции этих дисплеев изменяется от 50 до 60 мс, а отображение цветов - посредственное.

Если к IPS не прикладывается напряжение, то жидкие кристаллы не поворачиваются. Ось поляризации второго фильтра всегда перпендикулярна оси первого, так что свет в такой ситуации не проходит. Экран демонстрирует практически безупречный черный цвет. Поэтому в этой области IPS имеет явное преимущество перед TN+Film дисплеями - если сгорает транзистор, то "мертвый" пиксель будет не ярким, а черным.

Когда на субпиксели подается напряжение, два электрода создают электрическое поле и заставляют кристаллы поворачиваться перпендикулярно их предыдущей позиции. После чего свет может проходить.

Если приложено напряжение, молекулы выстраиваются параллельно подложке



Недостатки IPS:

- Создание электрического поля в системе с подобным расположением электродов потребляет большое количество энергии.
- Для выстраивания кристаллов необходимо некоторое время. По этой причине IPS мониторы имеют большее время реакции по сравнению с TN+Film собратьями.

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

Некоторые производители предпочитают использовать MVA, технологию, разработанную "Fujitsu". Как они считают, MVA обеспечивает лучший компромисс практически во всем. И вертикальный, и горизонтальный угол обзора составляют 160°; время реакции в два раза меньше, чем у IPS и TN+Film - 25 мс; цвета отображаются намного более точно.

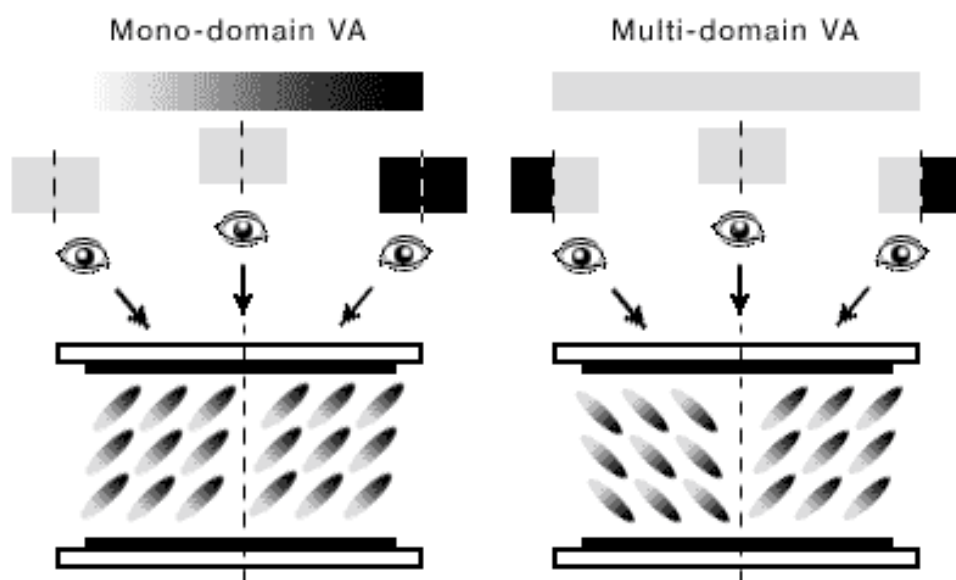
Сама технология MVA развилась из VA, представленной "Fujitsu" в 1996 году. В системе VA кристаллы без подачи напряжения выстроены вертикально по отношению ко второму фильтру. Таким образом, свет не может проходить через них. Как только к ним будет приложено напряжение, кристаллы поворачиваются на 90°, пропуская свет и создавая на экране яркое пятно.

Преимуществами такой системы являются скорость и отсутствие как спиралевидной структуры, так и двойного магнитного поля. Благодаря этому время реакции уменьшилось до 25 мс. Здесь также можно выделить преимущество, которое мы уже упоминали в IPS - очень хороший черный цвет.

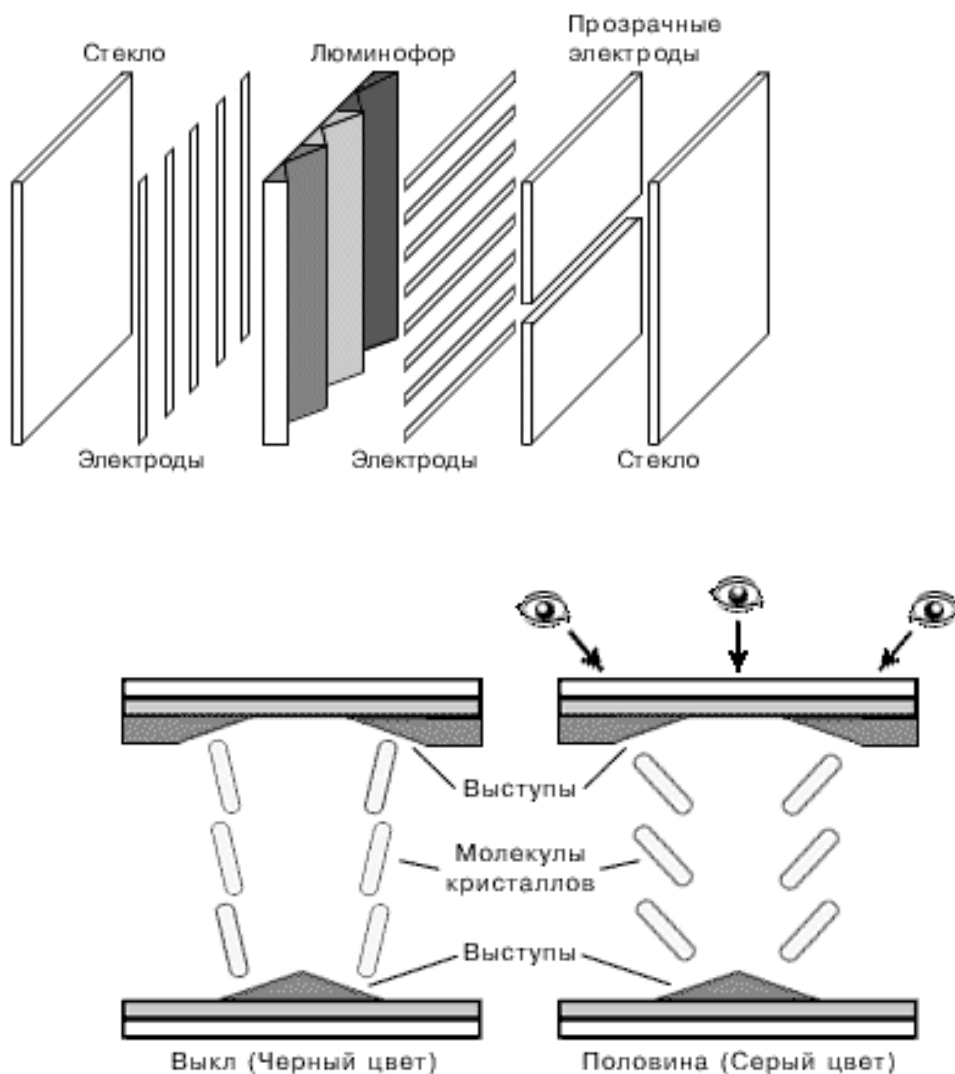
Главной же проблемой системы VA явилось искажение оттенков при просмотре экрана под углом. Если вывести на экран пиксель какого-либо

оттенка, к примеру, светло-красный, то к транзистору будет приложено половинное напряжение. При этом кристаллы повернутся только наполовину. Спереди экрана вы увидите светло-красный цвет. Однако если вы посмотрите на экран сбоку, то в одном случае вы будете смотреть вдоль направления кристаллов, а в другом - поперек. То есть с одной стороны вы увидите чистый красный цвет, а с другой - чистый черный цвет.

Поэтому компания пришла к необходимости решения проблемы искажения оттенков и годом позже появилась технология MVA. На этот раз каждый субпиксель был разделен на несколько зон. Фильтры-поляризаторы также приобрели более сложную структуру, с бугоркообразными электродами. Кристаллы каждой зоны выстраиваются в своем направлении, перпендикулярно электродам. Задачей такой



технологии было создание необходимого количества зон, чтобы пользователь всегда видел только одну зону, неважно с какой точки экрана он смотрит.



### **Плазменные телевизионные панели (PDP)**

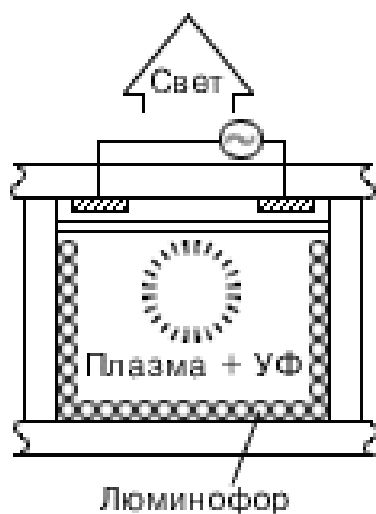
PDP - это две параллельных стеклянных пластины. На переднюю пластину нанесены прозрачные электроды и точки люминофора. А на задней панели размещены такие же электроды, и управляющая электроника. Пространство между стеклянными пластинами заполнено инертными газами (Xe, Ne).

Когда прикладывается электрическое напряжение, газ между передними и задними электродами ионизируется и переходит в состояние плазмы. Происходит разряд, вызывающий поток ультрафиолетового излучения. Из-за этого излучения начинают светиться точки люминофора.

Поскольку нет никакого электронного луча, который необходимо точно направлять на точки люминофора - нет характерных для ЭЛТ искажений (несведения лучей и намагниченности). Электронное устройство PDP одновременно контролирует каждый элемент панели, поэтому стало возможным полностью избавиться от мерцания.

От жидкокристаллических дисплеев PDP отличается большой яркостью и насыщенностью изображения, не требует дополнительной подсветки, обладает большим углом обзора (до 160 градусов).

Вес плазменной панели составляет всего одну шестую веса обычной ЭЛТ (например, 42-дюймовая панель весит всего 18 кг, а ЭЛТ такого же размера более 100 кг).



Толщина плазменной панели около 65 мм, а размер диагонали может быть до 100 дюймов!

Срок службы плазменных панелей свыше 30000 часов (как и обычных ЭЛТ).

Плазменные панели очень удобны в использовании. С их помощью можно просматривать телевизионные передачи, смотреть видео записанное в любых форматах, в т.ч. и DVD, они устанавливаются в любом положении, легко вешаются на стену. Плазменную панель можно использовать в качестве монитора компьютера и для просмотра передач телевидения высокой четкости. PDP-панели рекомендуются

для систем "домашнего театра" самого высокого класса.