

СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

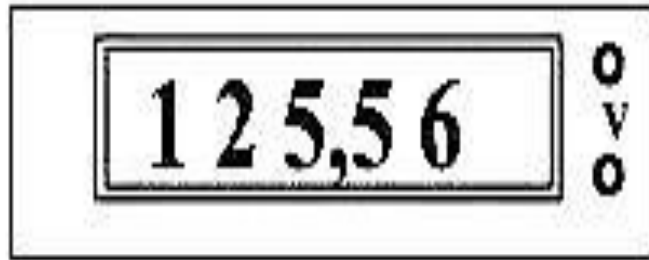
Средство отображения информации (СОИ) это устройство, обеспечивающее отображение информации в виде, пригодном для зрительного восприятия (**ГОСТ 27833-88**).

Устройство обеспечивающее отображение информации - отсчетное (индикаторное) устройство ОЭП - конструктивно обособленная часть средства измерений (измерительного прибора), предназначенная для отсчета показаний (отображения информации).

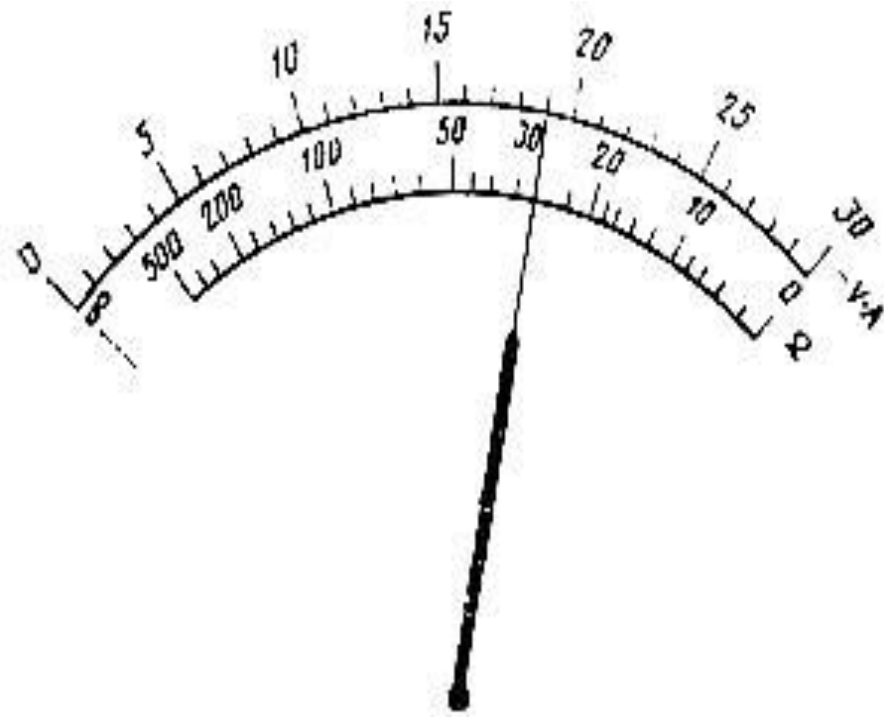
Устройства отображения информации

По способу отображения информации отсчетные (индикаторные) устройства приборов разделяют на **шкальные, цифровые, регистрирующие и комбинированные.**

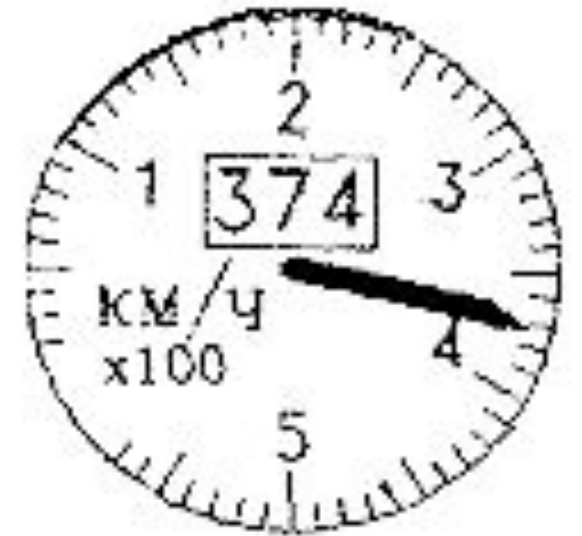
Примеры отсчетных устройств разных типов приведены на **рис.1.**



а



б



в

Рис.1. - Примеры отсчетных устройств:
а - цифровое; б - шкальное; в - комбинированное

В **шкальных** индикаторных устройствах значения измеряемой величины представляют в виде смещения **указателя** относительно **шкалы**.

Шкалу выполняют как совокупность отметок (штрихов), расположенных по прямой, дуге или окружности и соответствующих ряду последовательных значений измеряемой величины.

Указатель выполняют в виде стрелки (или ином виде) или светового пятна, которые занимают определенное положение относительно отметки шкалы и показывают деление шкалы, соответствующее значению измеряемой величины.

Шкальные индикаторные устройства находят широкое применение в современных приборах благодаря простоте конструкции, компактности, большой надежности и достаточно высокой точности отсчета.

Преимуществом шкальных отсчетных устройств является возможность визуального сравнения измеряемой величины с ее максимальным и минимальным значениями.

Данное свойство **шкальных** отсчетных устройств используется там, где, в первую очередь, важна относительная мера: «велика» или «мала» данная величина, например, в спидометрах автомобилей.

К **недостаткам шкальных** отсчетных устройств можно отнести погрешность снятия информации из-за явления параллакса.

Снятие информации со шкальных устройств менее удобно, чем с цифровых, что ведет к большей утомляемости оператора.

(**Параллакс** - изменение видимого положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя.)

В **цифровых** индикаторных устройствах результат отсчета измеряемой величины представляется в виде числа.

Цифровой отсчет имеет ряд важных достоинств:

- отсутствие субъективных погрешностей;
- удобство отсчета на большом расстоянии и при большем угле наблюдения;
- малая утомляемость оператора;
- возможность автоматической регистрации результатов измерений в измерительных системах и автоматизированных системах управления.

В **комбинированных** отсчетных устройствах показания измеряемой величины дублируются **шкальным** и **цифровым** отсчетным устройством.

Таким образом, комбинированные отсчетные устройства обладают всеми преимуществами обоих типов отсчетных устройств.

Регистрирующие отсчетные устройства позволяют не только считывать информацию, но и фиксировать результаты измерений, т.е. позволяют документировать информацию о результатах измерений.

Регистрация данных может осуществляться в аналоговой или цифровой формах. **Регистрирующие** отсчетные устройства состоят из **пишущего** или **печатающего** механизма и ленты или экрана.

В **пишущем** механизме используется перо, световой луч, поток электронов и т.п. В **печатающем** - управляемая электрическая машинка или принтер, соединенные с компьютером.

Шкальные индикаторные устройства

В зависимости от назначения и предъявляемых технических требований в индикаторных устройствах используют **неподвижные** или **подвижные круговые (дуговые)** шкалы в сочетании с **подвижными или неподвижными** указателями.

Наибольшее распространение имеют **круговые неподвижные шкалы при подвижном указателе.**

Отметки на шкалах разделяют на три вида (**рис. 2**):

- **главные**, обозначающие целые числа (**A**);

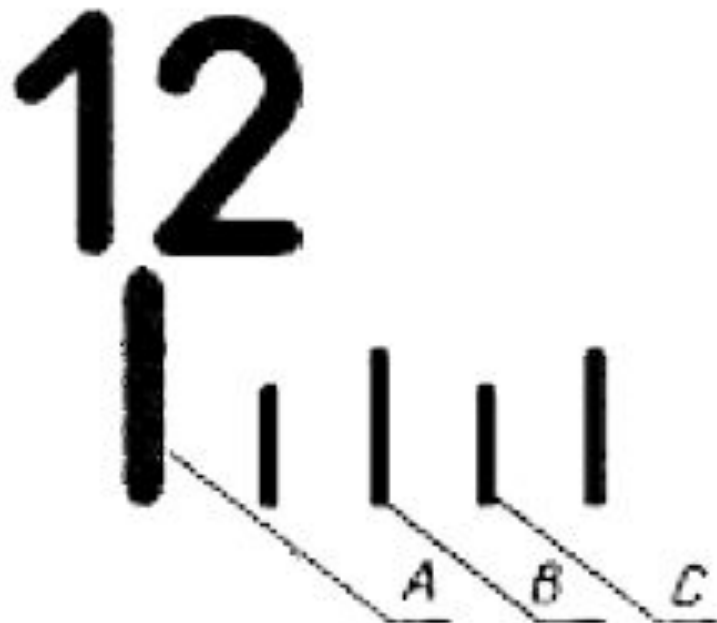


Рис.2. Отметки на шкалах

- **средние**, обозначающие $1/2$ или $1/5$ часть главного деления (**B**);
- **малые**, обозначающие $1/5$ или $1/10$ часть главного деления (**C**).

Главные характеристики шкалы

Количество делений на шкале N .

Делением шкалы называют участок шкалы, ограниченный соседними отметками (штрихами).

Длина деления b - линейное или угловое расстояние между центрами двух соседних отметок шкалы.

Ценой деления шкалы a называют число единиц измеряемого параметра, приходящееся на одно деление шкалы.

Диапазон показаний шкалы - область значений шкалы, нижней границей которой является начальное значение данной шкалы, а верхней - конечное значение данной шкалы.

Диапазон измерений - область значений измеряемой величины, в пределах которой установлена нормированная предельно допустимая погрешность средства измерения. Диапазон измерений всегда меньше или равен диапазону показаний.

Пределы измерений - минимальное и максимальное значение диапазона измерений.

Масштаб шкалы есть отношение длины деления шкалы к измеряемой величине, соответствующей этому делению.

Выделяют следующие виды шкал измерительных приборов:

Односторонняя шкала - это шкала, имеющая ноль, который служит началом или концом шкалы.

Двухсторонняя шкала - это шкала, имеющая ноль и отметки, расположенные по обе стороны от нуля.

Симметричная шкала - это шкала, у которой ноль располагается в центре.

Безнулевая шкала - это шкала, не имеющая нуля, начало и конец которой соответствует либо одним положительным, либо одним отрицательным значениям измеряемой величины.

Безнулевые шкалы применяют в тех случаях, когда прибор предназначен для измерения какой-либо величины не от нулевого, а от определенного начального значения.

По виду зависимости между смещением указателя φ и значением измеряемой величины A различают **равномерные** и **неравномерные** шкалы.

Равномерные шкалы (**рис. 3 а**) обладают постоянной чувствительностью. Их применяют, чтобы получить одинаковую по всей шкале абсолютную погрешность измерений.

Неравномерные шкалы (**рис. 3 б, в**) имеют криволинейную характеристику и непостоянную чувствительность. Их применяют, чтобы получить постоянную по всей длине шкалы относительную погрешность измерений.

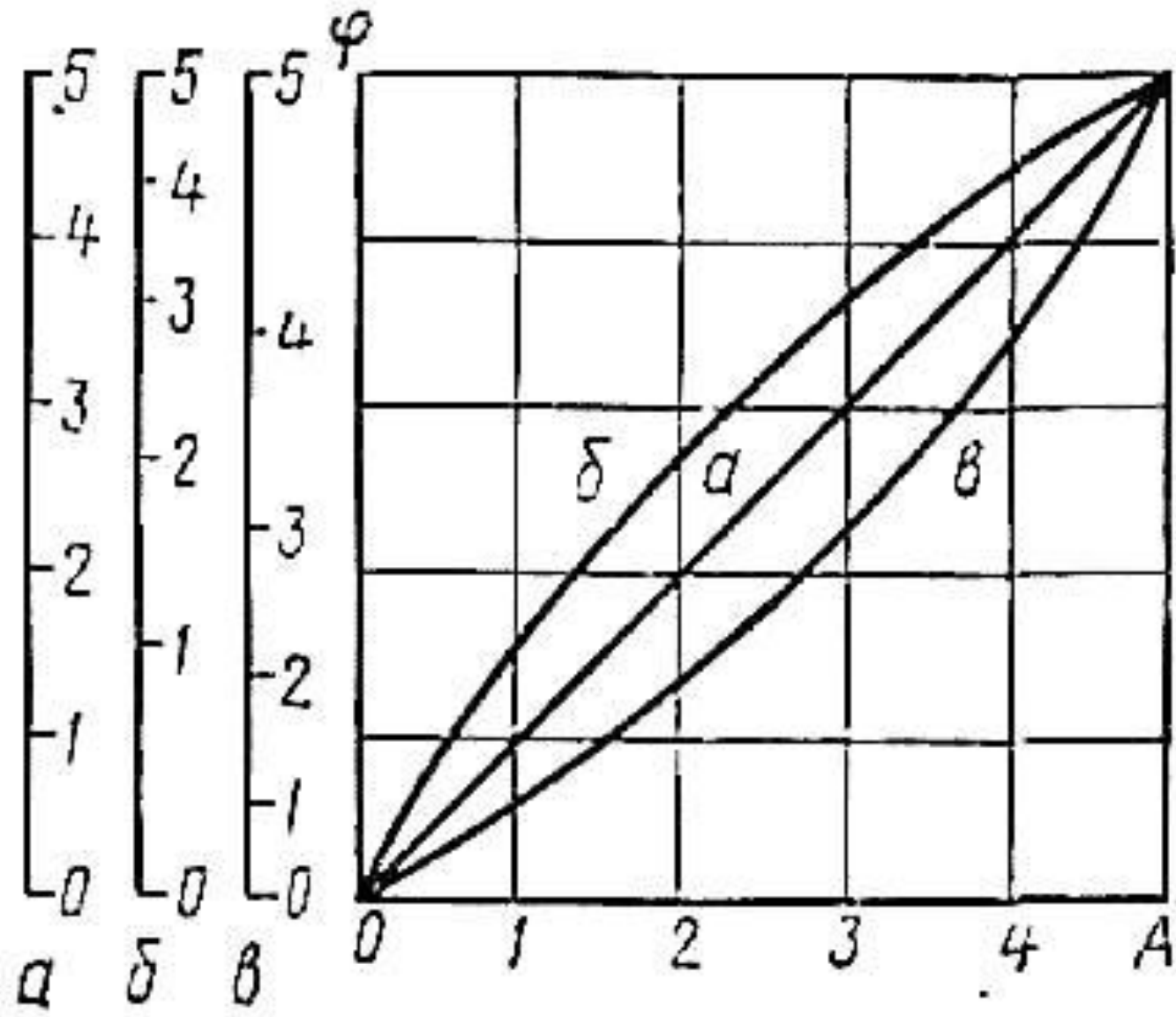


Рис.3

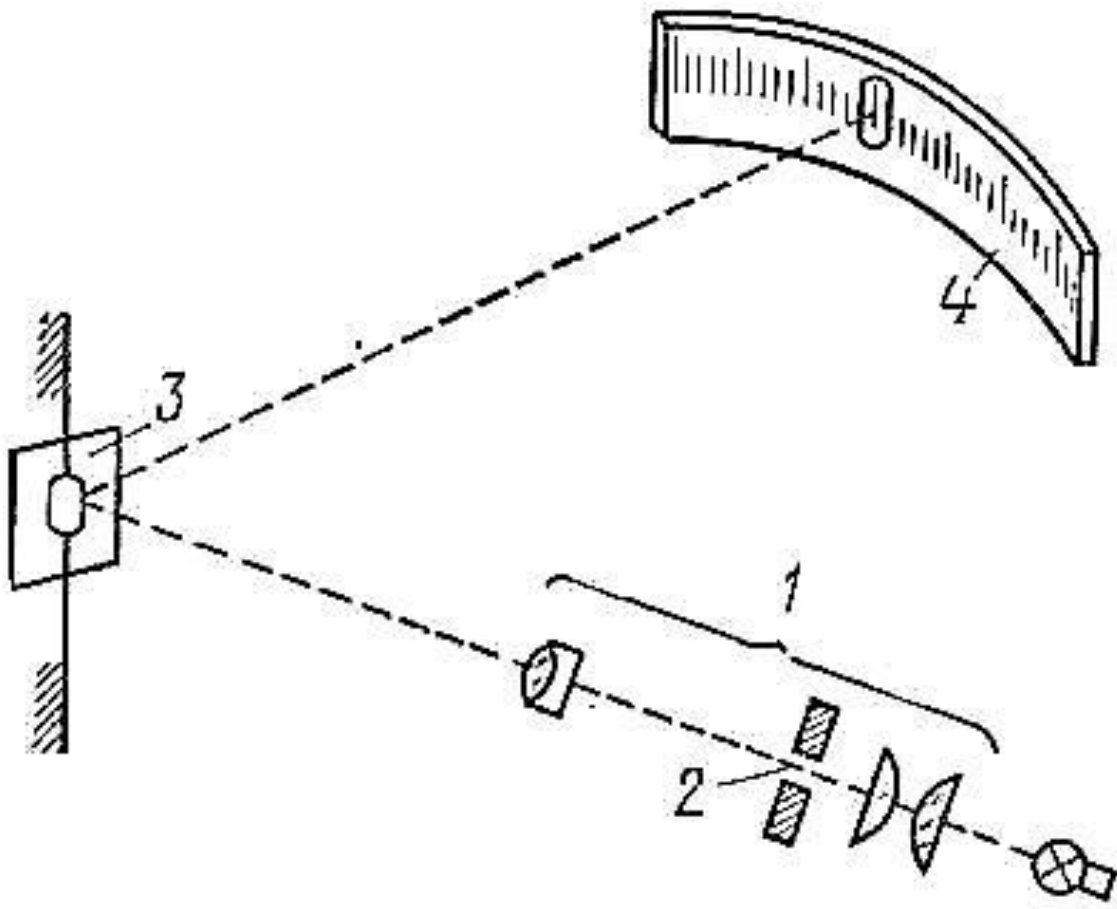


Рис. 4

Для увеличения чувствительности индикаторного устройства и устранения параллакса применяют световые указатели (рис. 4).

В таких устройствах штрих 2 после одно- или многократного отражения от зеркала 3 посредством оптической системы 1 проецируется на шкалу 4.

Методика расчета шкальных отсчетных устройств

Целью расчета шкальных отсчетных устройств является определение характеристик шкал отсчетного устройства и коэффициентов умножения масштабов шкал.

Исходными данными для расчета шкал являются:

- количество единиц или диапазон изменения измеряемого параметра A ;
- абсолютная погрешность измерения параметра ΔA ;
- рабочая длина L или угол оцифровки шкалы θ (для линейных и круговых шкал соответственно).

Если эти исходные данные не заданы, то при расчете их задают.

При указанных заданных величинах цена деления шкалы a ; число делений шкалы N ; длина шкалы L ; если используется круглая шкала, то диаметр шкалы d соответственно равны:

$$a = 2\Delta A; \quad N = \frac{A}{a} = \frac{1}{2\delta A}; \quad L = N[b_{min}]; \quad d = \frac{N[b_{min}]360^0}{\pi\theta}$$

где δA - относительная погрешность измерения;

$[b_{min}]$ - минимально допустимая длина деления шкалы. Данную величину выбирают в зависимости от условий эксплуатации индикаторного устройства. Для естественных условий наблюдения с расстояния 240-400 мм рекомендуется принимать длины деления не менее 1 мм из-за сливаемости штрихов. Наилучшие результаты при оценке долей деления получаются при $[b_{min}] = 1..2,5$ мм. Длина деления напрямую определяет длину шкалы, а значит, и габариты отсчетного устройства;

θ - угол оцифровки шкалы в градусах (**рис. 5**).

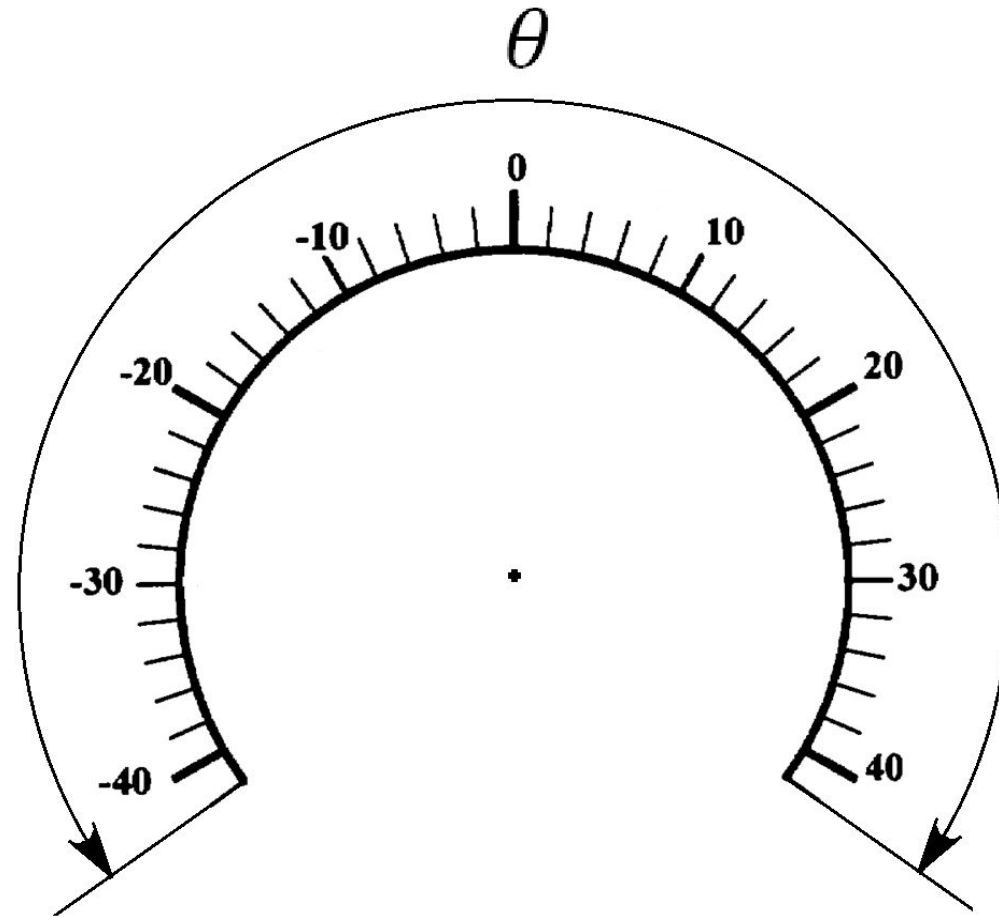


Рис. 5 - Угол оцифровки шкалы

В приборных устройствах часто применяют **многошкальные** индикаторные устройства, использование которых значительно уменьшает габариты отсчетного устройства, но усложняет конструкцию.

Двухшкальное устройство состоит из:

- шкалы грубого отсчета (ШГО) диаметром d_{Γ} и числом делений N_{Γ} ;
- шкалы точного отсчета (ШТО) с соответствующими параметрами d_{T} и N_{T} .

Цена деления шкалы точного отсчета: $a_{\text{T}} = 2\Delta A$.

Пример двухшкального отсчетного устройства показан на **рис. 6.**

В данном примере шкала грубого (ШГО) отсчета имеет 72 равных деления с ценой деления 5° и углом поворота 360° , а шкала точного отсчета (ШТО) - 100 равных делений.

За один полный оборот шкалы точного отсчета шкала грубого отсчета повернется на 5° (одно деление ШГО).

Цена деления ШТО равна $3'$.

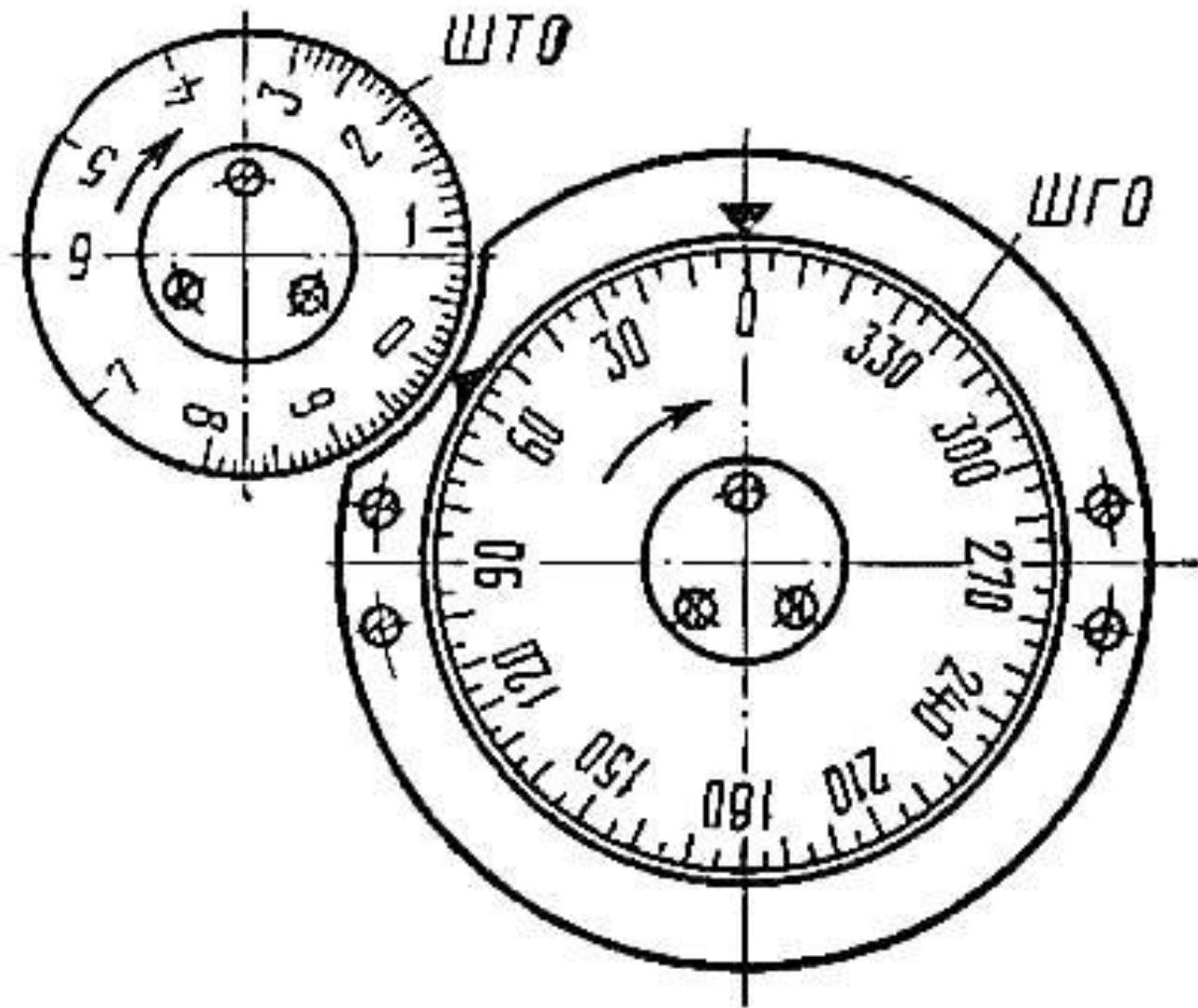


Рис. 6. - Двухшкальное отсчетное устройство

Расчет двухшкального отсчетного устройства заключается в определении характеристик ШТО и ШГО.

Цена деления ШТО равна цене деления всего двухшкального отсчетного устройства:

$$a_T = 2\Delta A$$

Общее число делений двухшкального отсчетного устройства:

$$N = \frac{A}{a_T} = N_T N_\Gamma$$

Для шкалы точного отсчета обычно число делений задают из ряда $N_T = 10; 20; 50; 100$, но так чтобы $N_T > N_\Gamma$

Число делений шкалы грубого отсчета:

$$N_\Gamma = \frac{N}{N_T}$$

Цена деления ШГО

$$a_\Gamma = \frac{A}{N_\Gamma} = a_T N_T$$

Длина и диаметр шкалы грубого отсчета:

$$L_{\Gamma} = n_{\Gamma}[b_{min}]; \quad d_{\Gamma} = \frac{N_{\Gamma}[b_{min}]360^{\circ}}{\pi\theta_{\Gamma}}$$

Параметры шкалы точного отсчета:

$$L_{\text{T}} = n_{\text{T}}[b_{min}]; \quad d_{\text{T}} = \frac{N_{\text{T}}[b_{min}]360^{\circ}}{\pi\theta_{\text{T}}}$$

Коэффициент умножения масштаба шкалы для двухшкального отсчетного устройства равен передаточному отношению между шкалами точного и грубого отсчетов.

Работа двухшкального отсчетного устройства основана на том, что при повороте ШТО на один оборот, ШГО поворачивается на одно деление, поэтому передаточное отношение кинематической цепи между ШТО и ШГО:

$$i_{Т-Г} = \frac{360^{\circ}}{\frac{\theta_{Г}}{N_{Г}}} = \frac{360^{\circ} \cdot N_{Г}}{\theta_{Г}}$$

Цифровые отсчетные устройства

По способу воспроизведения цифр цифровые отсчетные устройства разделяют на четыре группы.

1. Цифры выполняют целиком в виде заранее известной фигуры в соответствии с принятыми шрифтами (например, цифра **5** на **рис. 7 а**). Такое изображение цифры является самым удобным и совершенным для визуального снятия отсчета.

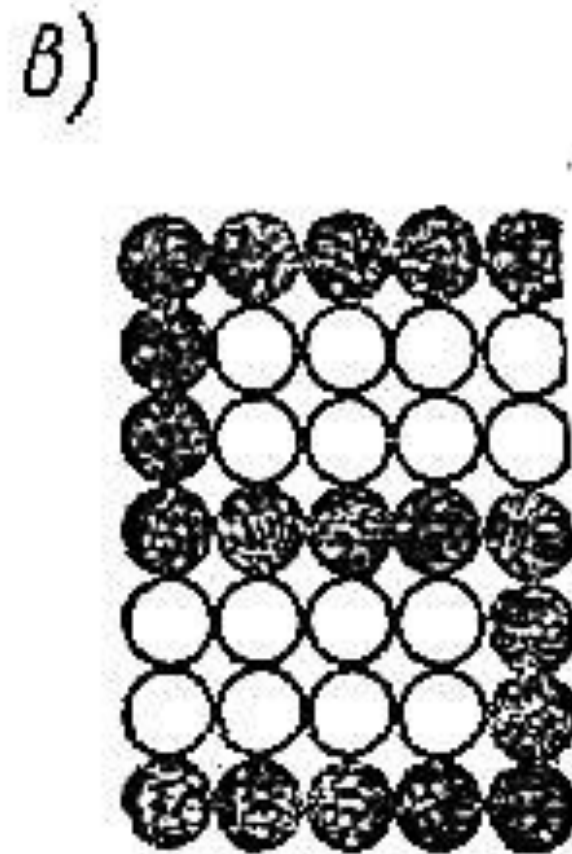
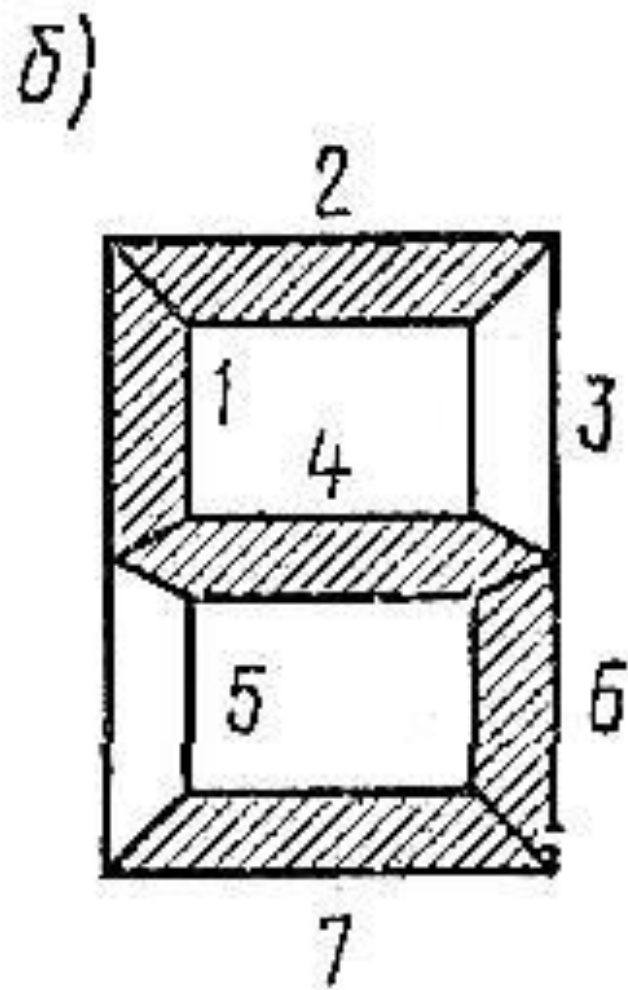
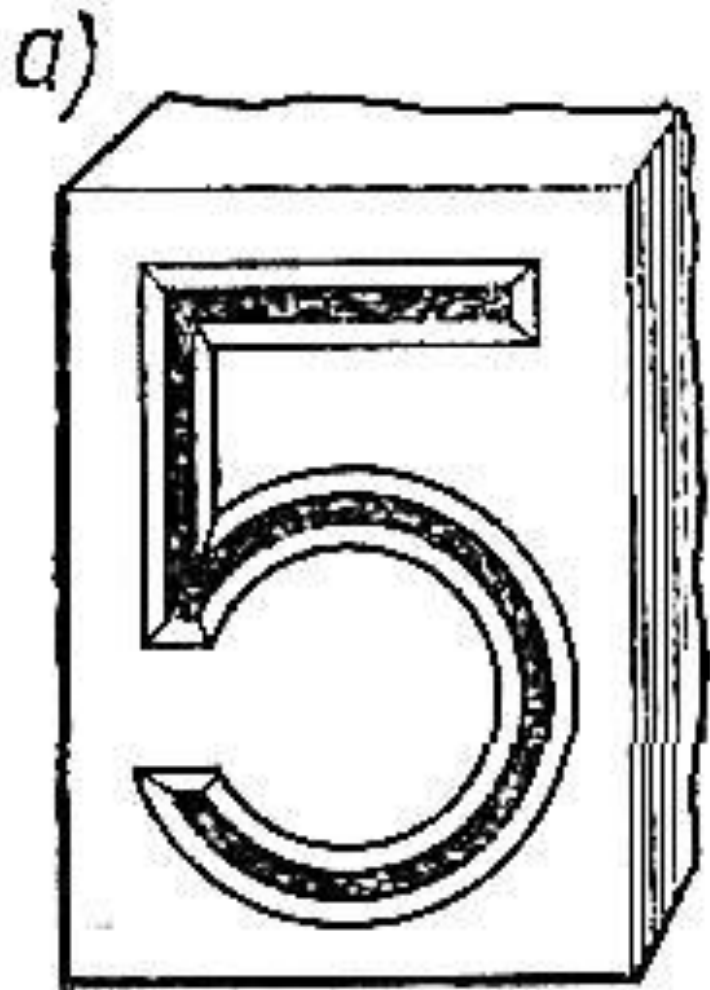


Рис. 7

2. Цифры синтезируют из отдельных полос-сегментов (рис. 7 б). При различных комбинациях светящихся сегментов на одном знакоместе получают изображения разных цифр. Для упрощенного воспроизведения арабских цифр от 0 до 9 используют семь сегментов (рис 7 б). Иногда на семисегментном индикаторе отображают и некоторые буквы. Часто цифры в семисегментном индикаторе имеют наклон. Это делается для удобства размещения на них десятичной точки.

3. Цифры набирают из отдельно светящихся точечных элементов в виде мозаики (**рис. 7 в**). Каждая точка обслуживает одну или несколько цифр. На некотором расстоянии от приборной доски или панели при соответствующей коммутации набор точек воспринимается глазом оператора как сплошная светящаяся цифра благодаря иррадиации (оптический обман) зрения.

4. Цифры воспроизводят на экране быстро перемещающимся световым пятном. Если светящаяся точка обходит полный контур цифры за 0,05 с, что соответствует времени сохранения глазом информации, то оператор воспринимает сплошную цифру благодаря инерции зрения.

Иррадиация в оптике - явление зрительного восприятия человеком трехмерных объектов и плоских фигур на контрастном фоне, при котором происходит оптический обман зрения, заключающийся в том, что наблюдаемый предмет кажется иного размера, нежели его истинный размер.

Такая иллюзия возникает при наблюдении светлых фигур или объектов на черном фоне и наоборот.

Светлые предметы, ярко выделяющиеся на темном фоне, кажутся нам больше своей действительной величины.

Подобная иллюзия возникает из-за несовершенства анализа человеческим головным мозгом информации, полученной от органов зрения.

Использование семисегментных индикаторных устройств позволяет сформировать все десятичные цифры и часть букв.

Однако не все символы могут быть отображены на этом индикаторе.

Для отображения всех цифр, символов и букв алфавита в настоящее время используются более сложные **многосегментные** и **матричные** индикаторные устройства.

Матричный индикатор - устройство отображения информации, элементы отображения которого сгруппированы по строкам и столбцам.

Он предназначен для отображения информации в виде букв, цифр, математических и специальных знаков, знаков препинания и др. символов.

Матричным индикатором считается устройство, объединенное в законченном конструктиве - корпусе.

В отличие от матричных мониторов, дисплеев или экранов, матричным индикатором принято считать устройство с относительно небольшим количеством пикселей, или устройство, предназначенное для вывода одного или нескольких символов, хотя граница довольно размыта.

Исходя из определения, матричный индикатор имеет два и более рядов и два и более столбцов однотипных элементов отображения (точек, пикселей) с индивидуальным управлением.

Практическое применение имеют матричные индикаторы 5x7, 5x8, 8x8 и более пикселей.

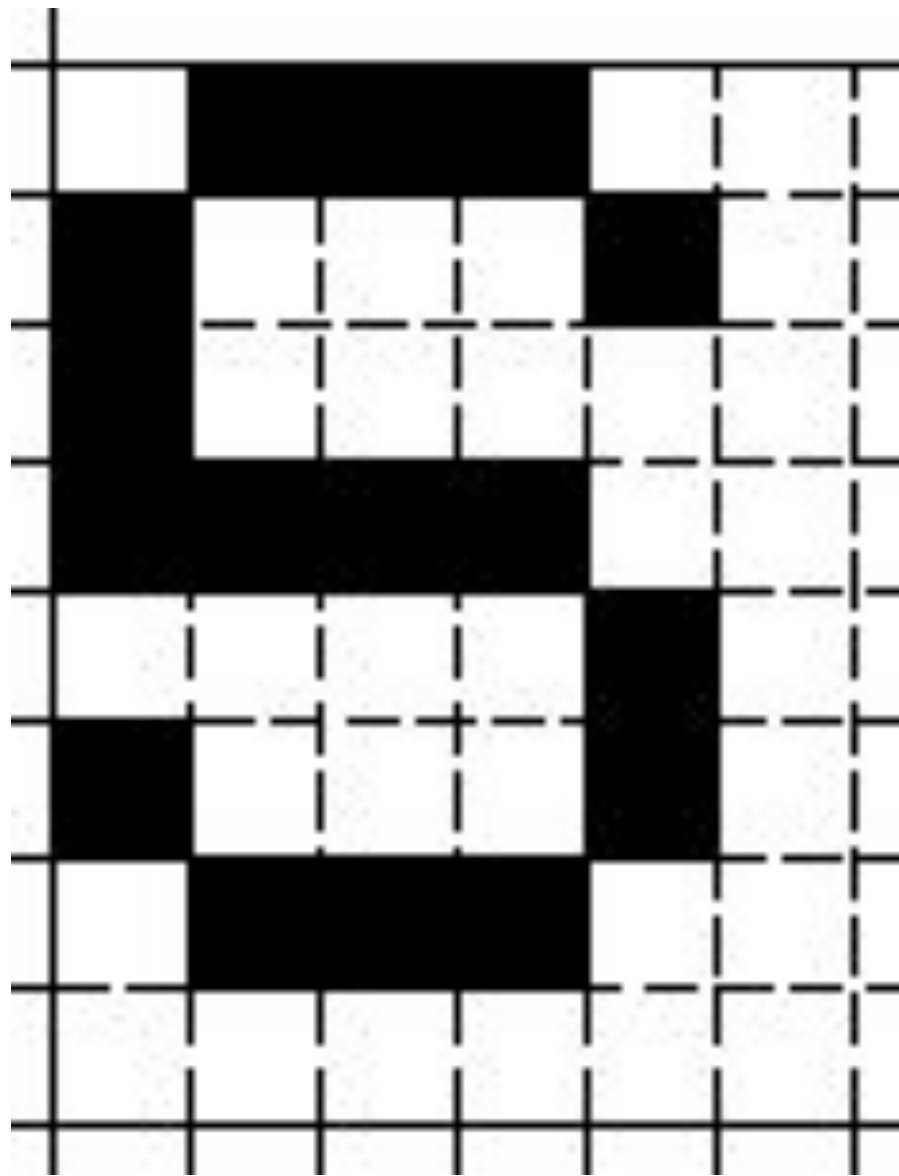


Рис. 8.

Форма пикселя обычно – круглая, но встречаются квадратные, а также структурированные пиксели. Наиболее распространены матричные индикаторы **5x7**.

Пример изображения на таком индикаторе буквы **S** приведён на **рис. 8**.

Для отображения цифровой информации можно воспользоваться различными индикаторами, такими как:

- **малогабаритные лампочки накаливания;**
- **газоразрядные индикаторные лампы;**
- **электролюминисцентные, катодолюминисцентные;**
- **светодиодные;**
- **жидкокристаллические индикаторы;**
- **плазменные индикаторы.**

Рассмотрим кратко каждый из этих видов индикаторов.

Малогабаритные лампочки накаливания не отличаются надёжностью, так как при включении питания через них протекает значительный ток, в результате воздействия которого на нить накаливания лампа может выйти из строя. Они боятся ударов. Эти причины, а также большой потребляемый ток привели к тому, что в настоящее время эти индикаторы практически не используются.

В **газоразрядных** индикаторах используется свечение газа под действием электрического тока. Все газоразрядные индикаторы работают в режиме тлеющего разряда с холодным катодом.

Электролюминесцентные цифровые устройства

основаны на использовании явления свечения кристаллических веществ (электролюминофоров) при возбуждении их электрическим полем.

Работа **катодолюминесцентных** устройств основана на способности люминофоров преобразовывать кинетическую энергию электронов в световую энергию.

В настоящее время **газоразрядные индикаторные лампы, а также электролюминесцентные и катодолюминесцентные** индикаторы практически не используются.

Цифровые отсчетные устройства на светоизлучающих диодах

Полупроводниковые источники излучения оптического диапазона спектра способны эффективно преобразовывать электрическую энергию в световую.

Принцип действия **светоизлучающих диодов** основан на инжекционной люминесценции: свечение возникает при пропускании электрического тока через границу двух слоев полупроводника с **p-n** - проводимостью.

Светодиоды имеют ряд достоинств, делающих их перспективными для средств отображения информации.

К ним относятся:

- работа при малой потребляемой мощности и низком напряжении, обеспечивающем возможность непосредственного взаимодействия с полупроводниковыми логическими схемами;
- малые габаритные размеры и масса;

- большой срок службы;
- высокая пиковая яркость и возможность мультиплексной адресации;
- высокая скорость переключения.

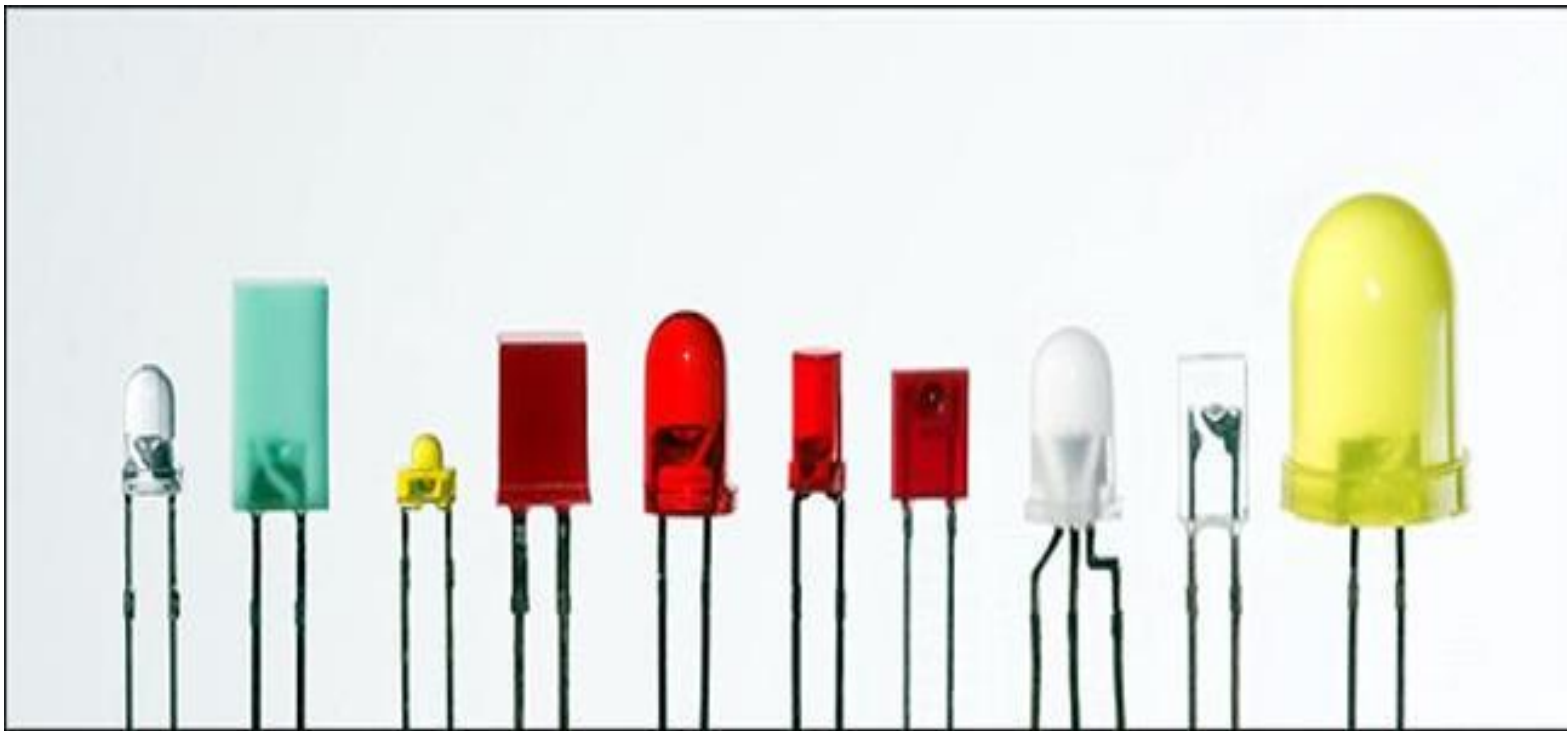
Так, например, быстродействие светодиодов на основе *SiC* и *GaAlAs* составляет единицы наносекунд.

Светодиод - миниатюрный твердотельный источник света. У него отсутствует вакуумная оболочка, время готовности равно нулю, он стоек к механическим ударам и вибрациям.

Цифровые индикаторные устройства на светодиодах считают наиболее перспективными.

Их применяют в самых разнообразных индикаторных устройствах: электронных часах с цифровым отсчетом времени; калькуляторах; в индикаторных устройствах приборов самолетов и космических кораблей; в средствах визуального считывания информации и контроля при дистанционном управлении и т.п.

На **рис. 9** приведены примеры различных видов светодиодов.



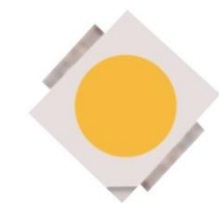
SMD_2835



SMD_3014



SMD_3528



SMD_3535



SMD_5730



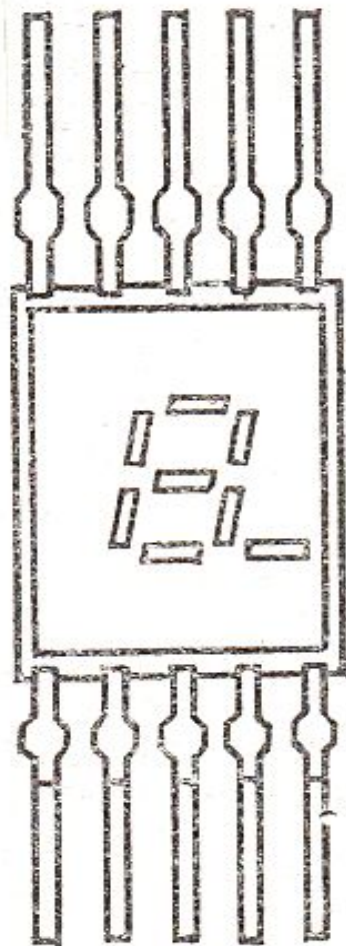
SMD_5050



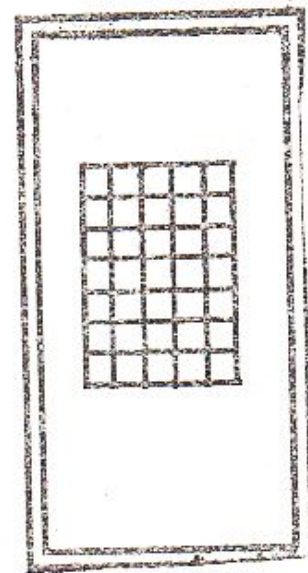
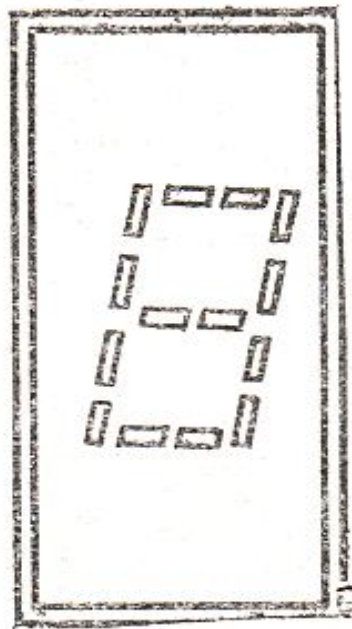
Рис. 9. Светодиоды

Цифровые индикаторные устройства на светодиодах выполняют в основном **сегментными и матричными**.

На **рис. 10 а** показаны плоские конструкции, состоящие из 8 и 14 сегментов соответственно. Они обеспечивают большой угол наблюдения и могут быть установлены и закреплены на приборных досках и панелях. Каждый сегмент состоит из нескольких светодиодов, соединенных между собой последовательно.



а



б

Рис. 10

В матричных цифровых устройствах для создания изображения цифр в большинстве случаев используют 5x7 отдельных светодиодов как точечных источников света (рис. 10 б).

Изображение цифры создается избирательным возбуждением отдельных диодов, что обеспечивает высокую универсальность, качество и надежность изображения большую, чем в сегментных устройствах.

Светотехнические характеристики.

Основной светотехнической характеристикой светодиода является сила излучаемого им света I (кандела).

К светотехническим характеристикам также относятся длина волны излучаемого цвета и диаграмма направленности.

Современные светодиоды, применяемые в экранах, работают на длинах волн из спектральных диапазонов: **синий** 430 - 470 нм, **зеленый** 515 - 530 нм, **красный** 630 - 670 нм.

Светодиодный экран (или LED-экран) (рис. 11).

В светодиодном экране в качестве источника света используются полупроводниковые светодиоды.

Светодиоды имеют очень большой ресурс работы в непрерывном режиме работы (до 100 тыс. часов), поэтому замена модулей довольно редка, что значительно снижает затраты на обслуживание.

Светодиодные экраны по принципу построения делятся на два типа: **кластерные** и **матричные**.



Рис. 11. Светодиодный экран

В кластерных светодиодных экранах каждый пиксель, содержащий от трех до нескольких десятков светодиодов, объединён в отдельном светоизолированном корпусе, который залит герметизирующим компаундом. Такой конструктивный элемент называется **кластером**.

Кластеры, образующие информационное поле экрана, закреплены на лицевой поверхности экрана. От каждого кластера отходят провода, подключаемый, посредством электрического разъема, к соответствующей схеме управления (плате).

Такой способ построения полноцветных светодиодных экранов постепенно отмирает, уступая место более технологичному матричному принципу.

В матричных светодиодных экранах кластеры и управляющая плата объединены в единое целое - **матрицу**. На управляющей плате смонтированы и светодиоды и коммутирующая электроника, которые залиты герметизирующим компаундом.

В зависимости от размера и разрешения экрана, количество светодиодов, составляющих пиксель, может колебаться от трех до нескольких десятков. Распределение количества светодиодов по цветам в пикселе изменяется от типа применяемых светодиодов в интересах соблюдения баланса белого.

Светодиодные светофоры имеют ряд существенных преимуществ по сравнению со светофорами на основе ламп накаливания.

Ресурс светодиодных модулей составляет более чем 100000 часов и намного превышает ресурс ламп накаливания, что заметно снижает расходы на обслуживание и эксплуатацию. При этом потребление электроэнергии составляет 10-20% от электропотребления лампового светофора.

Все это делает установку светодиодных светофоров экономически выгодной и позволяет быстро окупить расходы на переоборудование.

Качественное отличие **светодиодных светофоров** в том, что в них полностью отсутствует **фантомный эффект**, т.е. не возникает иллюзии одновременного включения сигнала всех трех секций светофора при солнечной засветке, что повышает безопасность дорожного движения.

Цифровые отсчетные устройства на жидких кристаллах. (Жидкокристаллические индикаторы - ЖКИ (LCD - Liquid crystal display))

Жидкокристаллические индикаторы появились еще в 70-е годы прошлого века и стали широко применяться в качестве средств отображения информации (СОИ).

Жидкие кристаллы - это фазовое состояние, в которое переходят некоторые вещества при определённых условиях (температура, давление, концентрация в растворе).

Жидкие кристаллы обладают одновременно свойствами как жидкостей (текучесть), так и кристаллов (анизотропия).

По структуре **жидкие кристаллы** представляют собой вязкие жидкости, состоящие из молекул вытянутой или дискообразной формы, определённым образом упорядоченных во всём объёме этой жидкости.

Ориентация отдельной молекулы ЖК подвергается непрерывным тепловым флуктуациям, однако в любой точке жидкости существует средняя ориентация, характеризуемая единичным вектором, называемым **директором D**.

Когда **ЖК**-вещество занимает большой объем, то в молекуле появляются области с независимыми ориентациями **директора**.

Наиболее характерным свойством **жидких кристаллов** является их способность изменять ориентацию молекул под воздействием электрических полей, что открывает широкие возможности для их применения.

ЖК-индикаторы - пассивные устройства. Они не генерируют свет и требуют дополнительной подсветки, сами выполняют роль модулятора, работая в режиме пропускания или отражения света. Т.е. они управляют отражением и пропусканием света для создания изображений цифр, букв, символов.

Конструкция элементарной ячейки **ЖК-индикатора** проста (**рис. 12**) и содержит две прозрачные пластины **1** (первоначально использовались стеклянные пластины, позднее начали использоваться гибкие материалы на основе полимеров), имеющие на внутренней стороне прозрачное проводящее покрытие **2**. Между пластинами залит **жидкий кристалл 3**. Толщина **ЖК** лежит в пределах от 6 до 25 мкм.

Такая конструкция, по сути, представляет собой плоский конденсатор.

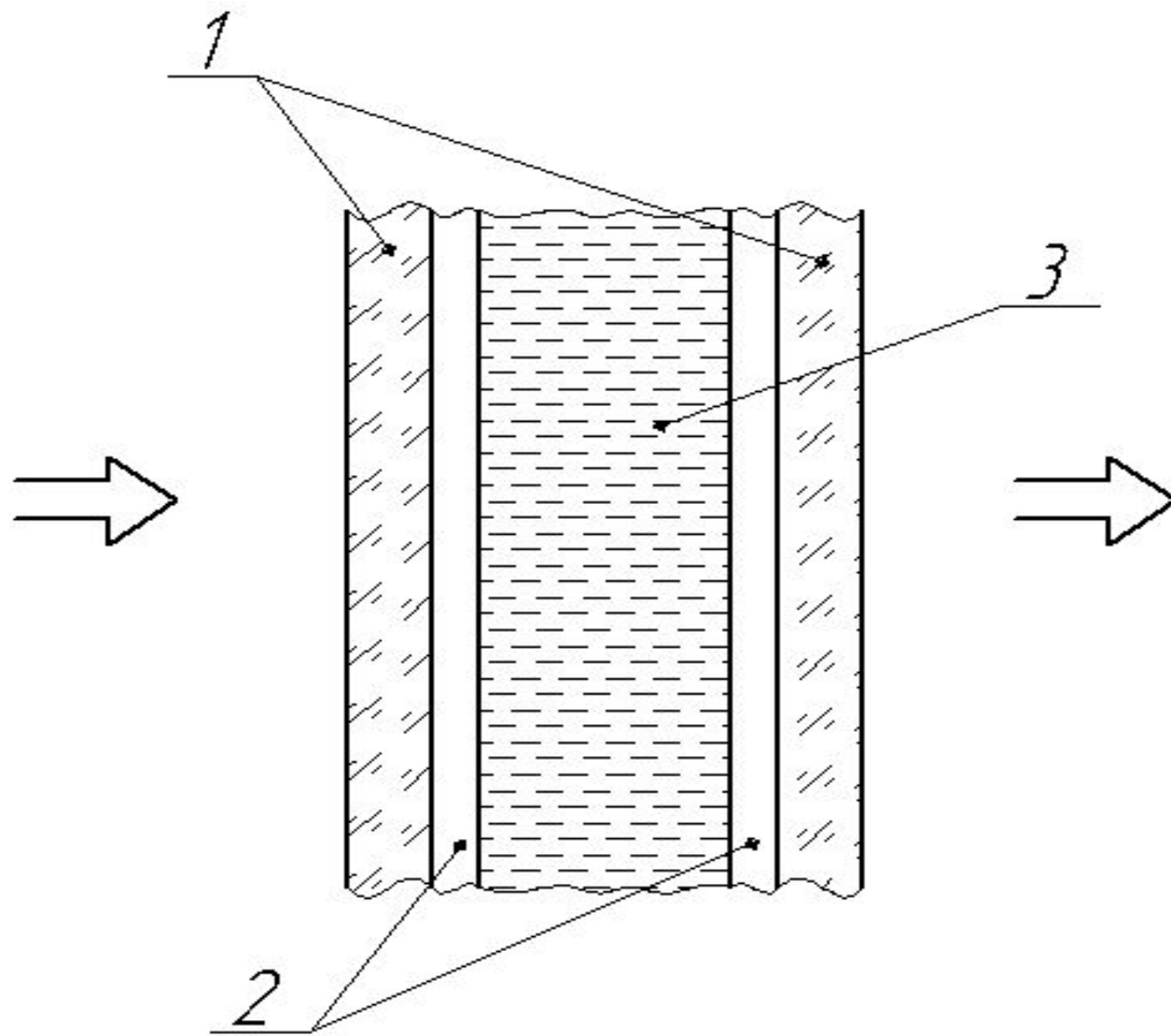


Рис. 12. Конструкция элементарной ячейки ЖК-индикатора

В настоящее время распространены ЖК-индикаторы на основе эффекта **динамического рассеивания**, а также ЖК-индикаторы, использующие **полевой твист-эффект** (от англ. **twist** - закручивание) и эффект типа **«гость-хозяин»**.

ЖК-индикаторы на основе эффекта динамического рассеивания

При отсутствии напряжения на ячейке **ЖК**-вещество однородно и прозрачно.

При приложении порогового напряжения к тонкому слою жидкокристаллического вещества, заключенному между двумя прозрачными пластинками, происходит разрушение упорядоченной структуры жидких кристаллов, что вызывает диффузное рассеяние света в этой области. Этот эффект называют **динамическим рассеиванием**.

В результате прозрачный жидкокристаллический слой становится мутным и при внешнем освещении возникает контраст между возбужденным участком жидкости кристаллов и невозбужденным (фоном).

При снятии внешнего электрического поля первоначальная структура жидких кристаллов восстанавливается и указанный контраст исчезает.

Принципиально жидкокристаллические индикаторы на основе эффекта **динамического рассеивания** состоят из двух плоскопараллельных прозрачных пластин, между которыми находится слой жидких кристаллов толщиной 12 - 20 мкм.

На одной из пластин прозрачным токопроводящим покрытием нанесен рисунок какого-либо знака (цифр, букв, символов и т.д.), который представляет собой конфигурацию в виде сегментов, с помощью которых можно воспроизвести данный знак.

На другой пластине прозрачным токопроводящим покрытием нанесен электрод, являющийся общим для всех знаков.

Обе пластины покрытыми поверхностями обращены друг к другу.

Существуют индикаторы, работающие в отраженном («на отражение») и проходящем («на просвет») свете.

В первом случае на заднюю поверхность индикатора наносится отражающий слой, во втором за индикатором должен быть использован дополнительный источник света.

При подаче управляющего (превышающее пороговое) напряжения жидкие кристаллы в зоне действия электрического поля теряют прозрачность.

Если задняя отражающая поверхность белая, то наблюдатель видит темную цифру на светлом фоне.

Если задний отражатель имеет черный цвет и внутренние поверхности корпуса индикатора также зачернены, то матово-светлое изображение цифры будет хорошо заметно на черном фоне.

При работе индикатора на просвет изображение цифры более темное, чем фон.

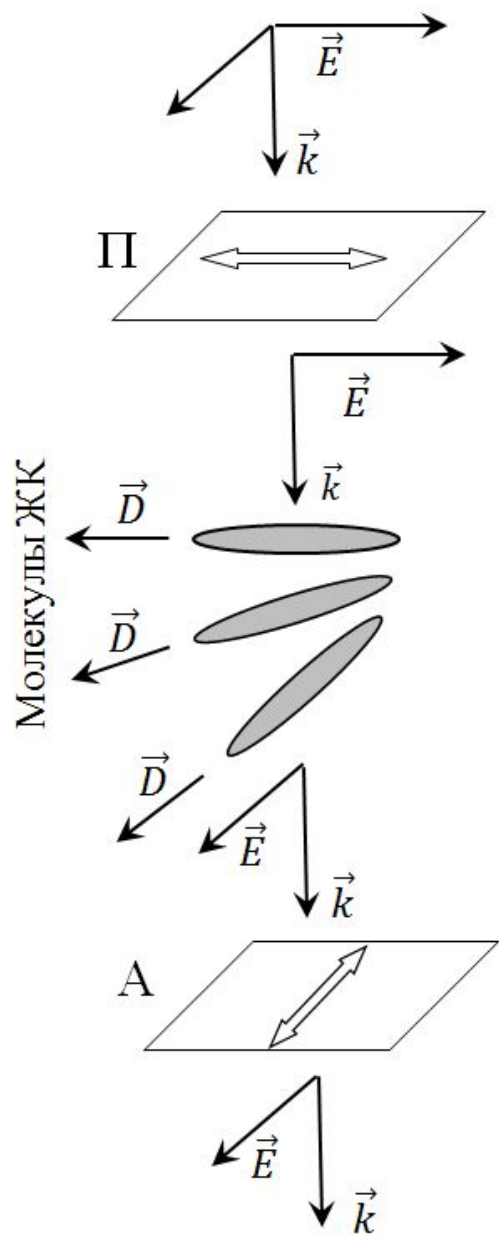
Выводы от сегментов выполнены в виде износостойких токопроводящих дорожек на пластине. Соединение выводов индикатора с элементами схемы управления осуществляется с помощью разъема.

ЖК-индикаторы, использующие полевой твист-эффект

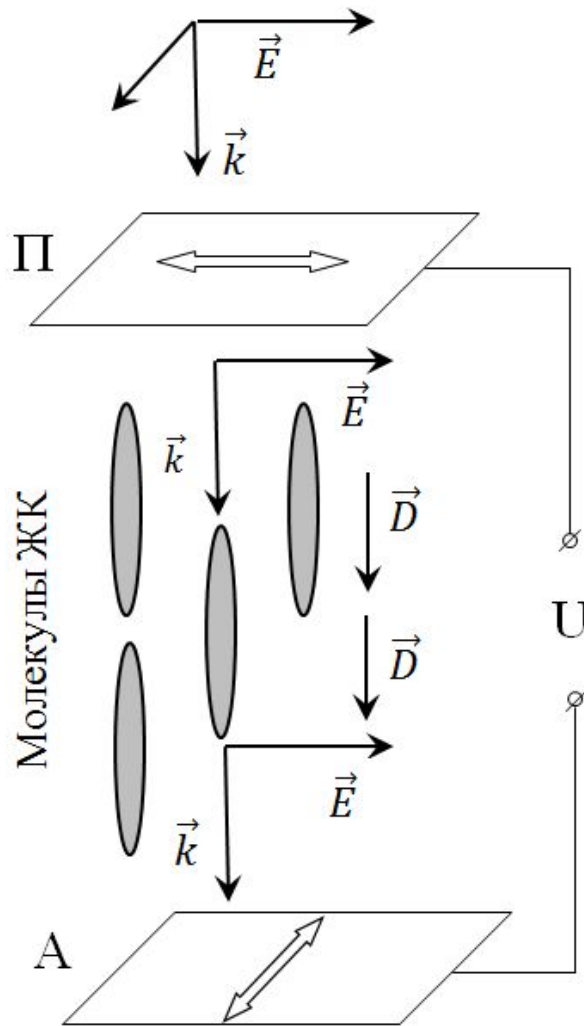
Работа ячейки со скрещенными **поляризатором П** и **анализатором А** показана на **рис. 13**.

Поляризатор - это оптический элемент, пропускающий свет, поляризованный в одном направлении, и гасящий свет, поляризованный в противоположном направлении, в зависимости от ориентации поляризатора.

В отсутствие напряжения питания на ячейке молекулы ЖК закручены приблизительно на 90° благодаря ориентирующему действию подложек **П** и **А**, причем молекулы ЖК упорядочены послойно определенным образом между этими подложками.



а)



б)

Рис. 13. Работа ЖК-индикатора на твист-эффекте при напряжениях:
а) нулевым;
б) превышающем пороговое

Ориентация каждого слоя ЖК плавно изменяется от верхнего к нижнему слою, формируя спираль.

Жидкокристаллические индикаторы управляют отражением и пропусканием света для создания изображений цифр, букв, символов и т.д. Свет, падающий сверху, поляризуется таким образом, что его вектор поляризации совпадает с направлением **директора D** у верхней подложки.

При прохождении через ЖК плоскость поляризации света вращается (как директор у молекул ЖК) и свет проходит через анализатор.

Под действием электрического поля молекулы ЖК переориентируются параллельно полю. Этот процесс называется **твист-нематическим полевым эффектом** (twisted nematic field effect, TNFE).

При такой ориентации поляризация света не поворачивается при прохождении через слой ЖК.

Т. е. при питании ячейки напряжением выше порогового, вектор поляризации ЖК приобретает вертикальное направление и ЖК не вращают плоскость поляризации, а анализатор не пропускает свет. В этом случае **ЖКИ** действует как заслонка свету.

Отображение различных символов достигается избирательным травлением проводящей поверхности, предварительно созданной на стекле. Не вытравленные области становятся символами, а вытравленные - фоном экрана.

Символы создаются из одного или нескольких сегментов. Каждый сегмент может быть адресован (запитан) индивидуально, чтобы создать отдельное электрическое поле.

Таким образом прохождение света управляется электрически, включая и отключая необходимые сегменты.

В неактивной части экрана направленность молекул остается спиральной, формируя фон.

Запитанные сегменты составляют символы, контрастирующие с фоном.

В зависимости от ориентации поляризатора, ЖКИ может отображать позитивное или негативное изображение.

На экране с позитивным изображением передний и задний поляризатор перпендикулярны друг другу, поэтому не запитанные сегменты и фон пропускают свет с измененной поляризацией, а запитанные препятствуют прохождению света. В результате получаются темные символы на светлом фоне.

На экране с негативным изображением поляризаторы параллельны, «в фазе», препятствуют прохождению света с повернутой поляризацией, поэтому не запитанные символы и фон темные, а запитанные - светлые.

Рефлективный ЖКИ (reflective LCD) имеет отражатель (рефлектор) за задним поляризатором, который отражает свет, прошедший через не запитанные сегменты и фон. На негативных рефлективных экранах свет отражается через запитанные, «включенные» сегменты.

Трансмиссивные ЖКИ (transmissive LCD) используют те же принципы, что и рефлексивные ЖКИ, но фон или сегменты становятся ярче за счет использования задней подсветки.

Достоинства. ЖК-индикаторы на твист-эффекте имеют преимущества по сравнению с ЖК индикаторами на эффекте динамического рассеяния:

- меньшие рабочие токи $1-3 \text{ мкА/см}^2$ вместо 10 мкА/см^2 , и поэтому большую долговечность;
- быстродействие ЖК на твист-эффекте гораздо выше, чем при использовании динамического рассеяния.

Недостатки. К недостаткам ЖК-индикаторов на твист-эффекте относится меньший, чем у индикаторов на эффекте динамического рассеяния, угол обзора, что связано с узкой диаграммой направленности света при твист-эффекте и влиянием поляризаторов. Применение поляризаторов приводит к потерям до 50 % света, а также повышает стоимость индикаторов.

Индикаторы без поляризаторов могут быть созданы на основе эффекта **«гость-хозяин»**.

Индикаторы на основе эффекта «гость-хозяин»

Современные ЖК в видимой части спектра не имеют собственных полос поглощения, и поэтому к ЖК добавляют небольшое количество **дихроичного** красителя (примерно 1 - 2% по весу), который имеет собственную полосу поглощения в видимой области спектра электромагнитных волн.

В этом случае ЖК - вещество называется **«ХОЗЯИНОМ»**, а дихроичный краситель называется **«ГОСТЕМ»**.

*(**дихроизм** - различное поглощение веществом света в зависимости от его поляризации (анизотропия поглощения))*

Молекулы «**ГОСТЯ**» имеют форму сильно вытянутого эллипсоида вращения и очень похожую на форму молекул «**ХОЗЯИНА**», поэтому если ЖК ориентирован каким-либо образом, то и молекулы дихроичного красителя ориентированы точно так же, т.е. стержневидные дихроические молекулы красителя, введенные в ЖК-вещество, стремятся ориентироваться параллельно осям его молекул.

Обычно коэффициент поглощения молекул дихроичного красителя вдоль длинной оси молекулы значительно больше, чем в других направлениях.

В силу того, что молекулы красителя имеют направление преимущественной ориентации точно такое же, как и молекулы ЖК, то и вся ЖК-ячейка с дихроичным красителем будет поглощать свет, поляризованный вдоль директора, и не будет поглощать свет, поляризованный перпендикулярно директору.

Так как упорядочение длинных осей молекул ЖК и красителя не идеально, то в целом такая ЖК-ячейка будет поглощать свет, поляризованный вдоль директора и перпендикулярно к нему с различными коэффициентами поглощения.

В начальном состоянии, при нулевом напряжении на ЖК-ячейке, свет с любым направлением поляризации поглощается (**рис. 14 а**), но с различными коэффициентами поглощения (в зависимости от поляризации).

При наложении на ячейку достаточно сильного электрического поля жидкий монокристалл переориентируется директором вдоль поля, увлекая за собой молекулы красителя (**рис. 14 б**).

Таким образом, управляя ориентацией ЖК, можно регулировать прохождение света.

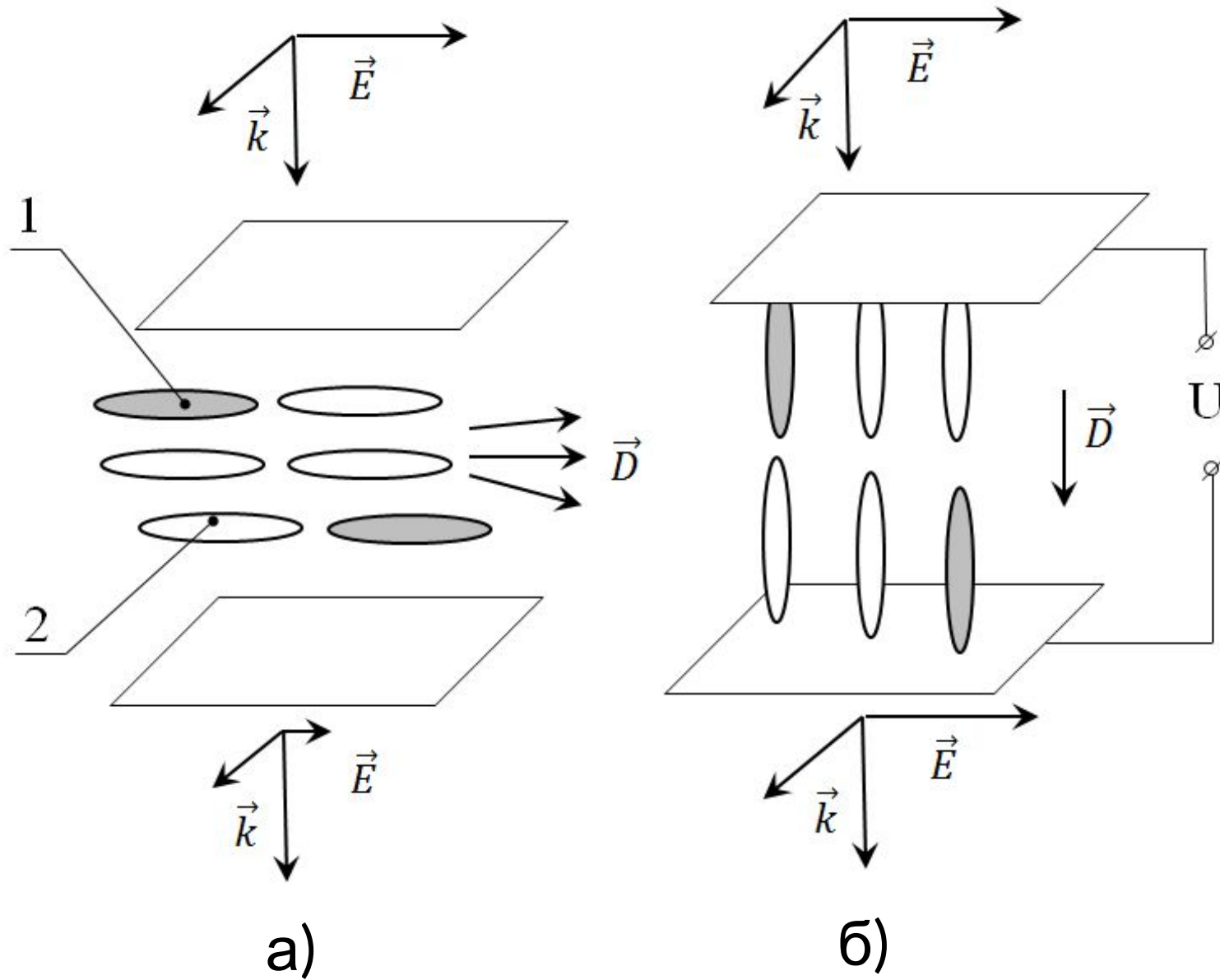


Рис. 14. Работа ЖК-ячейки на эффекте «ГОСТЬ-ХОЗЯИН» при напряжениях:
 а) нулевом;
 б) превышающем пороговое;
 1 - молекулы красителя; 2 - молекулы ЖК

Описанная система перспективна, так как позволяет получить почти черное позитивное изображение на белом фоне при высокой яркости и достаточно широком угле обзора.

Контраст у индикаторов на эффекте **«ГОСТЬ-ХОЗЯИН»** несколько хуже вследствие поглощения света красителем.

Эффект **«ГОСТЬ-ХОЗЯИН»** в ЖК может наблюдаться как при освещении ЖК-ячейки естественным светом, так и при освещении его поляризованным светом.

В последнем случае контраст будет выше. При этом входной поляризатор должен быть ориентирован так, чтобы ось максимального пропускания была параллельна ориентации молекул ЖК.

Если эффект **«ГОСТЬ-ХОЗЯИН»** наблюдать в лазерном свете, то входной поляризатор не требуется.

Конструктивно цифровые устройства на жидких кристаллах с использованием эффекта «**ГОСТЬ-ХОЗЯИН**» выполняют в виде конденсатора, между пластинами **3** которого находится слой жидкого кристалла **5** (**рис. 15**) толщиной 10... 20 мкм. На внутренние поверхности пластин наносят электроды **4** на выводы **1** которых подают управляющее напряжение. Пластины в сборе герметизируют со всех сторон прокладками **2** или помещают в герметизированный корпус.

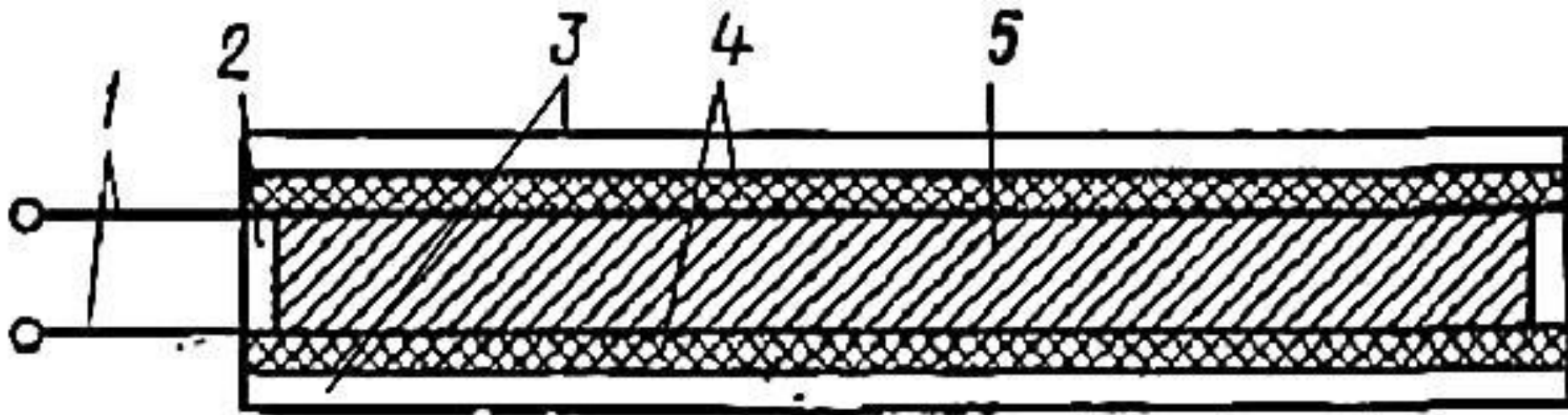


Рис.15. Конструкция ЖКИ с использованием эффекта «ГОСТЬ-ХОЗЯИН»

ЖК-экран

ЖК-экран (ЖК-мониторы) представляет собой многослойную структуру (**рис. 16**). Свет от источника подсветки **1**, проходя через рассеиватель **2** (обеспечивающий равномерность засветки всего экрана) и первый поляризационный фильтр **3** (поляризатор), приобретает линейную поляризацию. Минуя прозрачную подложку с управляющими электродами **4** (и схемами управления), свет проходит через слой жидких кристаллов **5**. Далее следует общий прозрачный электрод **6** и второй поляризационный фильтр **8** (анализатор).

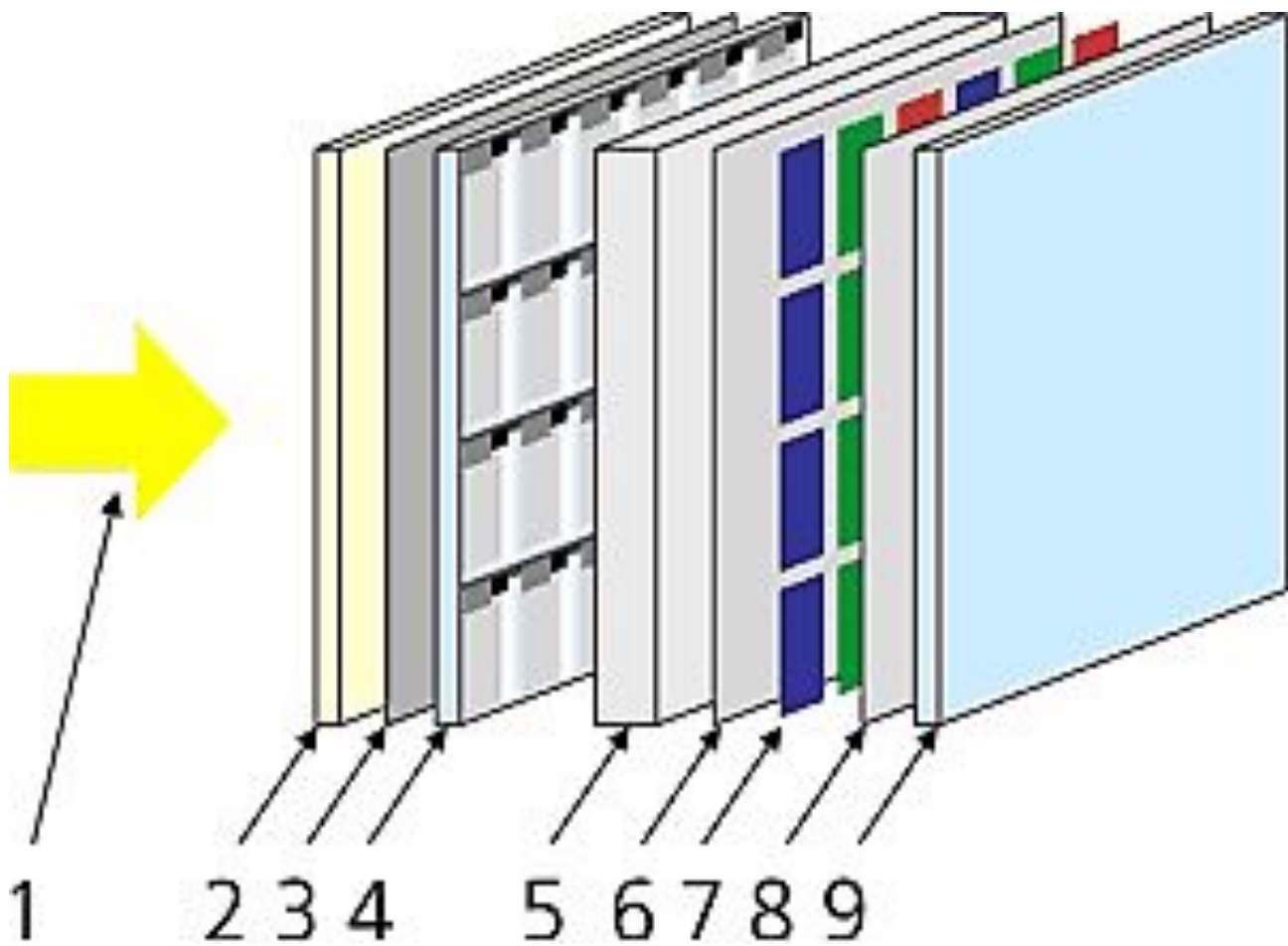


Рис. 16. Принцип формирования изображения на ЖК-экране:

- 1 - источник света;
- 2 - рассеиватель;
- 3 - первый поляризационный фильтр;
- 4 - стеклянная подложка с прозрачными электродами и схемами управления;
- 5 - слой жидких кристаллов;
- 6 - общий прозрачный электрод;
- 7 - светофильтры трех основных цветов;
- 8 - второй поляризационный фильтр;
- 9 - защитное стекло

В зависимости от того, какое напряжение приложено между двумя прозрачными электродами (общим и управляемым), жидкие кристаллы поворачивают поляризацию света на определенный угол.

Второй поляризационный фильтр, следующий за общим прозрачным электродом, пропустит только часть света, формируя изображение пикселя, по размерам совпадающего с прозрачным электродом, той или иной яркости.

Чтобы получить цветное изображение, между общим электродом и вторым поляризационным фильтром помещают цветные светофильтры трех основных цветов **7**. В этом случае один пиксель цветного изображения формируется с помощью трех цветных субпикселей, расположенных рядом.

Температура использования и хранения

Анализ температурного диапазона очень важен при описании ЖКИ.

Все ЖК материалы имеют строго определенный верхний предел рабочей температуры, или **изотропический** предел. Выше этого предела молекулы ЖК принимают произвольную ориентацию.

Изотропические условия делают позитивное изображение полностью темным, а негативное - прозрачным.

Изотропическая температура называется температурой **нематическо-изотропического** перехода, или ***N-I*** перехода.

ЖКИ могут восстанавливаться после короткого воздействия изотропической температуры, хотя температуры свыше 110°C разрушают внутреннее покрытие индикатора.

Нижний предел температурного диапазона ЖКИ не так хорошо определен, как верхний. При низких температурах время срабатывания индикатора увеличивается, так как замедляется движение молекул и возрастает вязкость ЖК вещества.

При очень низких температурах ЖК вещество переходит в твердое, или кристаллическое состояние. Эта температура называется температурой **кристаллическо-нематического** перехода, или **C-N** перехода.

Однако ЖК материал «суперхолодный», воспринимает температуры ниже **C-N** предела, фактически поворачивая кристаллы вещества. (Обычно при воздействиях до -60°C). В результате ЖКИ часто работоспособны при температурах ниже их **C-N** перехода.

Эффект низких температур обычно обратим. К примеру, ЖКИ опущенный в жидкий азот возвращается в нормальное состояние после короткого периода нагрева.

Достоинства ЖК-индикаторов заключаются в следующем:

- малая потребляемая мощность (110 мкВт/см^2);
- работа при высоком уровне внешней освещенности;
- простота конструкции и технологии изготовления;
- низкая стоимость, низкое рабочее напряжение.

К основным недостаткам ЖК-индикаторов следует отнести:

- узкий диапазон рабочих температур (от -10 до $+60^\circ \text{C}$);
- длительные переходные процессы, к тому же зависящие от температуры.

Плазменная индикаторная панель (PDP - Plasma Display Panel, газоразрядный экран)

PDP - устройство отображения информации, основанное на явлении свечения люминофора под воздействием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в ионизированном газе, иначе говоря, в плазме.

В плазменных панелях применяется принцип холодного газового разряда, который применяется в неоновых лампах, только такие лампы чрезвычайно малы, и газ - это не всегда неон.

Чтобы понять, как работают плазменные технологии и как получается изображение на экране плазменной панели, рассмотрим принцип работы неоновой лампы (рис. 17).

Имеется запаянная стеклянная трубка (капсула), внутри которой заключен инертный газ, такой как неон, аргон или смесь разных газов, кроме него в трубке находятся пары какого либо тяжелого металла.

По обеим сторонам трубки расположены электроды, на которые подается напряжение.

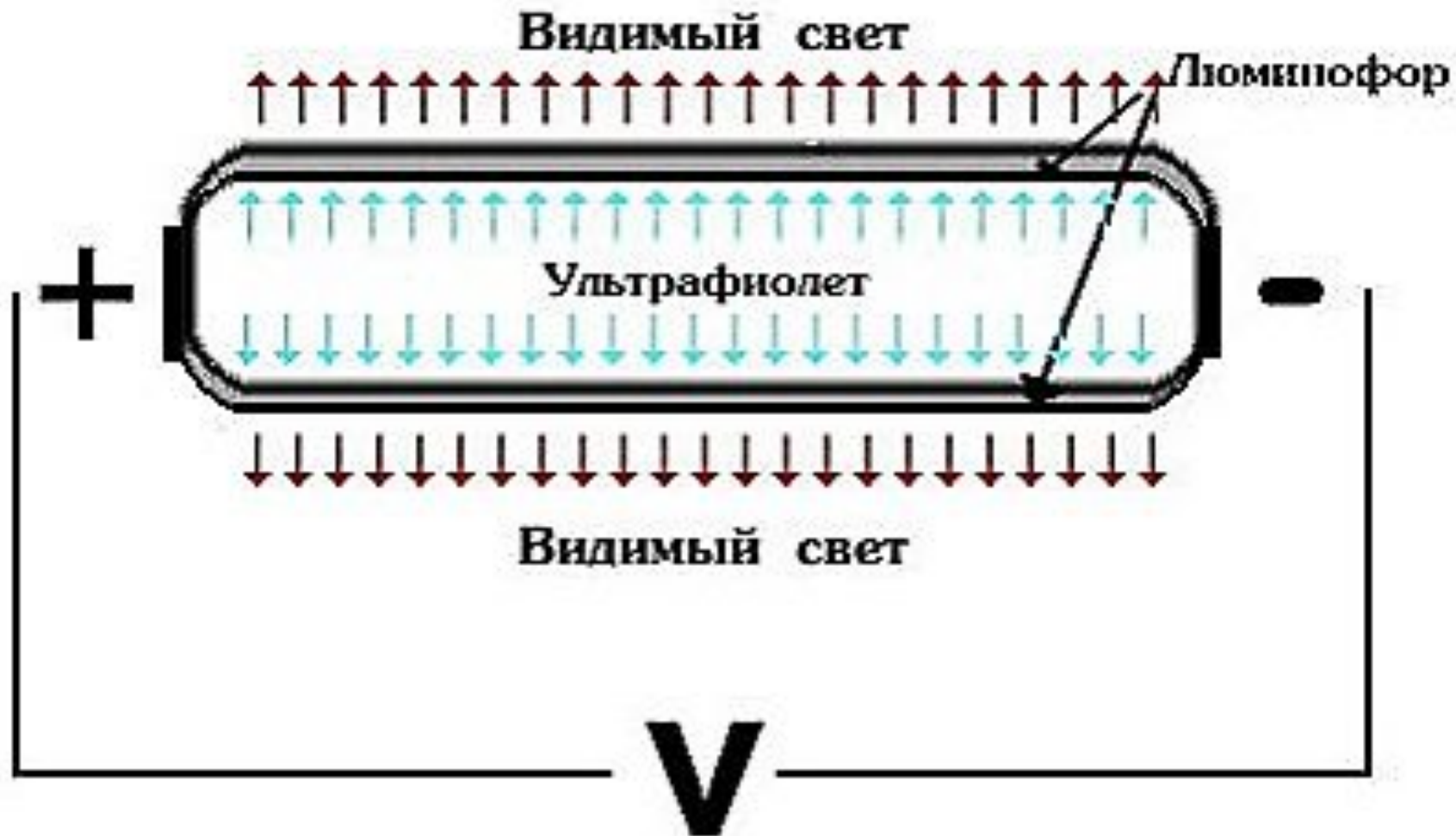


Рис. 17. Схема работы плазменной технологии на основе газоразрядной трубки

Под воздействием электрического поля у заполняемого трубку газа высвобождаются свободные электроны, образуется холодная плазма, состоящая из положительно заряженных ионов газа и электронов.

Далее начинается движение частиц плазмы: электронов к положительно заряженному электроду, ионов к отрицательно заряженному.

В процессе движения частицы плазмы сталкиваются с атомами тяжелого металла, в результате столкновений энергия этих атомов возрастает и их электроны переходят на более высокую орбиту (атомы возбуждаются).

При переходе электронов атома на прежнюю орбиту высвобождаемая энергия образует фотон (спонтанное излучение), то есть квант света. При этом испускаемый свет - это невидимый человеческим глазом ультрафиолет.

Для его визуализации служит слой люминофора, превращающий ультрафиолет в видимый свет, такой свет может быть любого цвета.

Есть еще одна проблема: что будет, когда все частицы плазмы перетекут к своим электродам?

Для того, чтобы движение не останавливалось, к электродам применяют переменное напряжение. Получается, что плазма постоянно меняет свое направление движения, не прекращая его.

Перейдем к плазменной панели.

Для того, чтобы получить точку нужного нам цвета, недостаточно одной газоразрядной капсулы, поэтому пиксель на **PDP** состоит из трех таких капсул (**рис. 18**): красной, зеленой и синей.

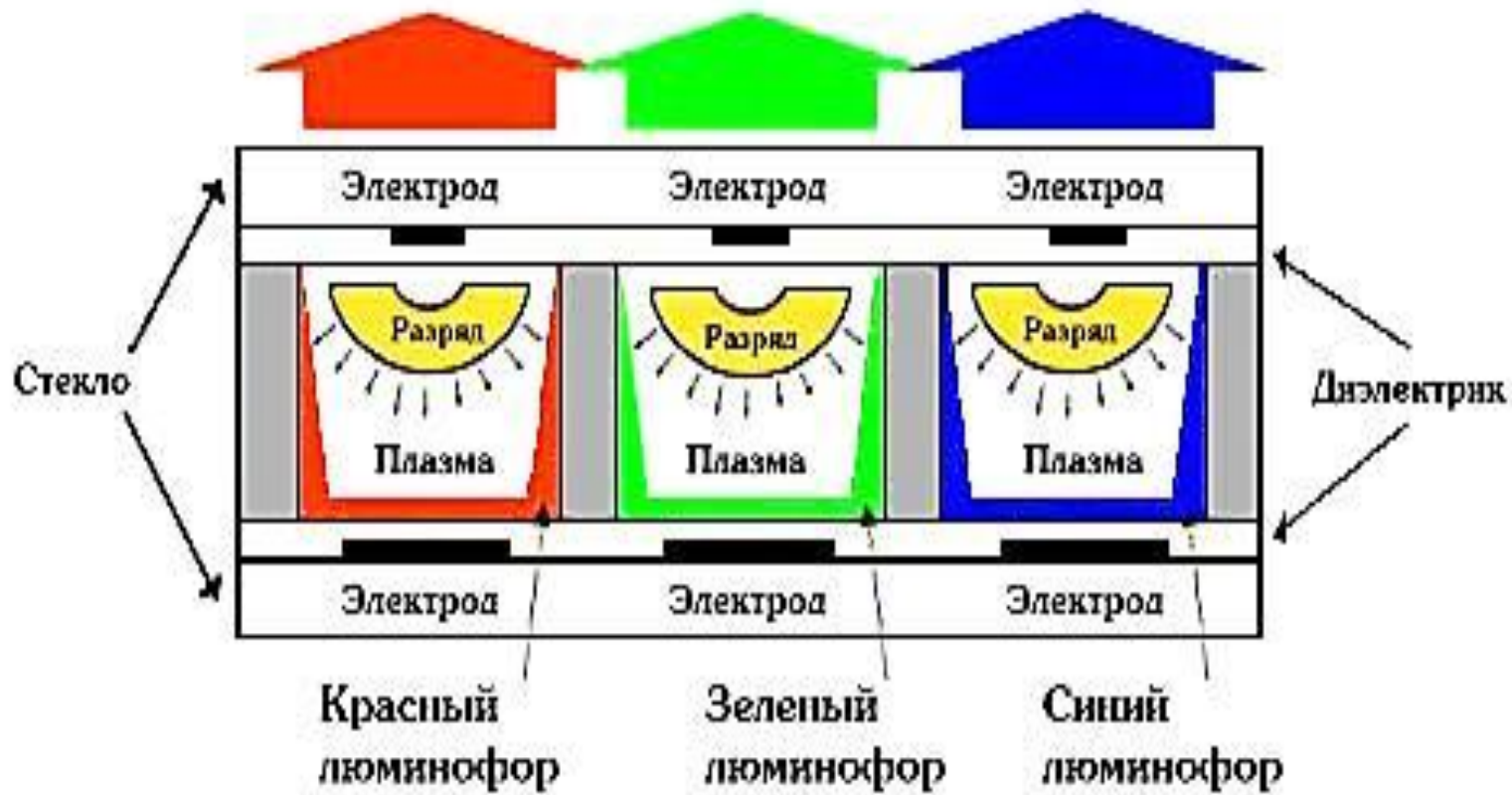


Рис. 18. Схема плазменной ячейки (пикселя)

Эти капсулы составляют **RGB (red, green, blue)** триаду. Внутри каждой из них заключено вещество люминофора, испускающее только один из этих основных цветов. Другие требуемые оттенки получаются за счет их смешения.

Плазменная панель представляет собой матрицу газонаполненных ячеек, заключенных между двумя параллельными стеклянными пластинами, на внутренних поверхностях которых нанесены прозрачные электроды, образующие соответственно шины **сканирования, подсветки и адресации.**

Разряд в газе протекает между **разрядными электродами (сканирования и подсветки)** на лицевой стороне экрана и электродом **адресации** на задней стороне. Яркость каждого элемента изображения определяется временем свечения соответствующей **«ячейки»** плазменной панели: самые яркие элементы **«горят»** постоянно, а в наиболее темных местах они вообще не **«поджигаются»**.

Светлые участки изображения на **PDP** светятся ровным светом, и поэтому изображение абсолютно не мерцает.

Подавая управляющие сигналы на вертикальные и горизонтальные электроды (нанесенные на внутренние поверхности стекол панели) схема управления **PDP** осуществляет соответственно вертикальную и горизонтальную развертку раstra изображения.

Современные плазменные панели позволяют производить просмотр изображений на них под углом до 160 градусов к экрану.

Яркость плазменной панели такова, что смотреть ее можно при любом свете - огромный плюс по сравнению с проекторами, для которых яркость освещения помещения всегда является критичной.

Плазменная панель не создает вредных магнитных и электрических полей, так как в ней отсутствует устройство развертки и высоковольтный источник анодного напряжения (как, ранее, в кинескопах).

Плазменная панель также не оказывает вредного влияния на человека и домашних животных и не притягивает пыль к поверхности экрана.

Кроме того, что очень важно, плазменная панель не имеет рентгеновского и какого-либо иного излучения.

Сравнение жидкокристаллических и плазменных индикаторных устройств

Контрастность изображения.

Плазменная технология добилась значительных успехов в разработке изображений повышенной контрастности. Для того, чтобы сформировать тёмные или чёрные пиксели, в плазменной технологии просто блокируется подача энергии (посредством сложных внутренних алгоритмов) на определенные пиксели. Нанося время от времени вред формированию полутонового изображения, эта методика действительно даёт тёмные чёрные цвета.

В **LCD** технологии, напротив, нужно увеличивать подачу энергии, чтобы сделать пиксели более тёмными.

Поэтому чем большее напряжение подаётся на пиксель и проходит через него, тем темнее становится **LCD**-пиксель.

Несмотря на достигнутые в **LCD** технологии некоторые улучшения контрастности и уровня чёрного цвета контрастность плазменных индикаторных устройств выше.

Преимущество имеет плазменная панель.

Насыщенность цвета.

Цветовая информация более точно реализовывается и воспроизводится в **плазменных панелях**, поскольку вся информация, необходимая для показа любого спектрального цвета, содержится в каждой пиксельной ячейке.

Каждый пиксель содержит синий, зелёный и красный элементы для точной и детальной передачи цвета. Насыщенность, являющаяся результатом пиксельной структуры плазменной панели, обеспечивает самые живые цвета среди любого типа экранов.

Координаты цветности на хороших плазменных панелях намного более точны, чем на **LCD**. Цветовая информация имеет преимущество вследствие меньшего размера пиксельной матрицы большинства **LCD**-телевизоров. Однако при одинаковом размере пикселя цвет будет не таким выразительным, как у плазменных панелей.

Преимущество имеет плазменная панель, с большим запасом.

Долговечность.

Производители **LCD** утверждают, что долговечность их мониторов/телевизоров составляет от 50.000 до 75.000 часов.

LCD-монитор может работать столь же долго, сколько работает лампа подсветки (которую в действительности можно заменять), так как свет от неё, подвергаясь воздействию жидкокристаллической призмы, обеспечивает яркость и цвет.

С другой стороны, в **плазменной** технологии на каждый пиксель подаётся небольшой электрический импульс, который возбуждает редкие инертные газы - аргон, неон и ксенон (в конце цепочки - люминофоры), необходимые для обеспечения цвета и яркости.

Эти инертные газы в действительности имеют срок жизни и со временем их ядра подвергаются распаду.

Изготовители плазмы оценивают долговечность люминофоров и, следовательно, самих панелей в 25.000 - 30.000 часов.

Люминофоры не могут быть заменены. Не существует также такого явления, как закачка новых газов в плазменный дисплей.

Преимущество имеет LCD, в два и более раза.

Выжигание экрана.

Для **LCD** можно не учитывать факторы, приводящие к выжиганию экрана при проецировании статических изображений.

У плазменной технологии, напротив, следует учитывать факторы, приводящие к выжиганию экрана при отображении статической картинки.

Статические изображения начнут выжигать отображаемую картинку через короткий промежуток времени - в некоторых случаях, спустя примерно 15 минут.

Хотя выжигание можно обычно отмыть, используя серые изображения или непрерывные полноцветные диапазоны в течение нескольких часов, оно, тем не менее, является значительным фактором, препятствующим развитию плазменной технологии.

Преимущество имеет LCD экран.

Использование вместе с ПК.

LCD отображает статические изображения от компьютера эффективным образом и с полной цветовой гаммой, без мерцаний и выжигания экрана.

Плазменной панели труднее обрабатывать статические изображения от компьютера. Хотя их отображение выглядит удовлетворительным, проблемой является выжигание экрана; представляет трудность и шаговый эффект, встречающийся в панелях с меньшей разрешающей способностью при отображении статических надписей.

Видеоизображения с компьютера получаются качественными, но возможно некоторое мерцание, зависящее как от заводского качества панели, так и от отображаемого разрешения.

Плазменная панель выигрывает по углу обзора.

Преимущество имеет LCD, за исключением больших углов обзора.

Воспроизведение видео.

Плазменная панель имеет прекрасное качество при отображении сцен с быстрым движением, высококонтрастные уровни, цветовую насыщенность и яркость.

На **LCD** будет заметен эффект трейлера во время показа сцен с быстрым движением от видео, так как эта технология медленнее реагирует на изменения цвета. У **LCD** также более низкие уровни контрастности.

Преимущество имеет плазменная панель.

Требования по напряжению.

У **LCD** технологии гораздо меньше требования по напряжению, чем у плазменных панелей.

С другой стороны, при использовании **плазменной** панели необходимым (трудновыполнимым) условием является подача энергии на сотни тысяч прозрачных электродов, которые дают свет и возбуждают заключённые в каждой ячейке пикселя люминофоры.

Преимущество имеет LCD панель.

Использование в нестандартных условиях.

Нет ничего, что служило бы препятствием для размещения **LCD** монитора на высокогорье, как и нет никаких реальных ограничений. Этим объясняется использование **LCD** экранов в качестве главного обзорного экрана для отображения видеоинформации о полётах.

Поскольку ячейка **плазменного** экрана в плазменных панелях в действительности является стеклянной оболочкой-субстратом, содержащей редкие инертные газы, то разреженный воздух приводит к увеличению давления в газах, находящихся внутри этой оболочки.

Это вызывает перерасход энергии, требуемой для запуска и охлаждения плазменной панели, в результате чего усиливается гудение (жужжание) или появляется шум от вентилятора.

Эти проблемы возникают на высоте приблизительно 2000 метров.

Преимущество имеет LCD панель.

Вопросы к экзаменам

1. Устройства отображения информации. Шкальные индикаторные устройства.
2. Цифровые устройства отображения информации. Цифровые отсчетные устройства на светоизлучающих диодах.
3. Цифровые отсчетные устройства на жидких кристаллах.