

# Светоизлучающие диоды



# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАБОТЫ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ

## 1.1 Светоизлучающие диоды

### 1.1.1 Области применения и требования к приборам

### 1.1.2 Светоизлучающий кристалл

### 1.1.3 Устройство светоизлучающих диодов

### 1.1.4 Светоизлучающие диоды с управляемым цветом свечения

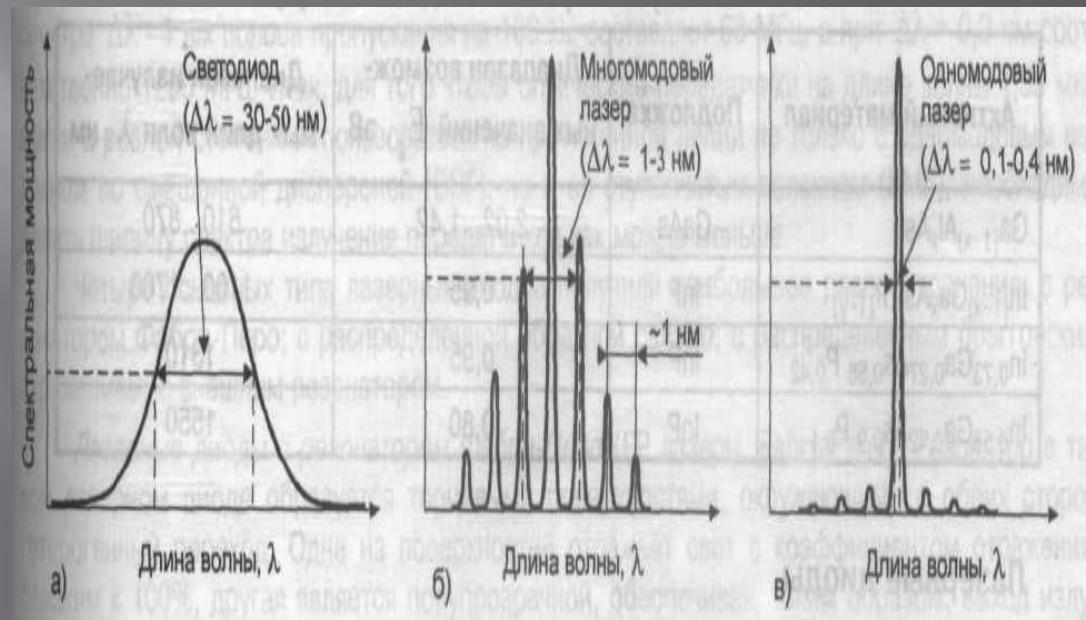
### 1.1.5 Индикаторы состояния

### 1.1.6 Индикаторы на светодиодах

## 1.2 Полупроводниковые материалы, используемые в производстве светоизлучающих диодов

### 1.2.1 Арсенид галлия

### 1.2.2 Фосфид галлия



# Светоизлучающие диоды

## Области применения и требования к приборам

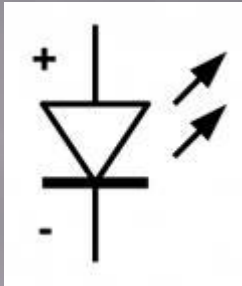


Рисунок 1.1 – Схематическое изображение светодиода

Требования к устройству и характеристикам светоизлучающих диодов определяются областями их применения:

- 1) Сигнальная индикация;
- 2) Подсветка постоянных надписей, меток на экране, шкалах;
- 3) Отображение шкальной информации в бесстрелочных измерительных приборах;
- 4) Разнообразные функциональные применения - маркировка фотопленок, контроль быстродействующих ФЭУ и т. п.
- 5) При рассмотрении применения светоизлучающих диодов в качестве сигнальных индикаторов различают панельную и внутрисхемную индикацию.

К светоизлучающим диодам для панельной индикации предъявляются следующие требования:

а) сила света, как правило, должна превышать 1 мкд, причем яркость светоизлучающего диода должна превосходить яркость выключенного диода и яркость фона при максимально допустимой внешней освещенности;

б) площадь светящейся поверхности должна быть достаточна для уверенного восприятия сигнала: при наблюдении с близкого расстояния (0,5-1м) она должна быть не менее 1-3 мм<sup>2</sup>, при наблюдении с большего расстояния - не менее 8-10 мм<sup>2</sup>;

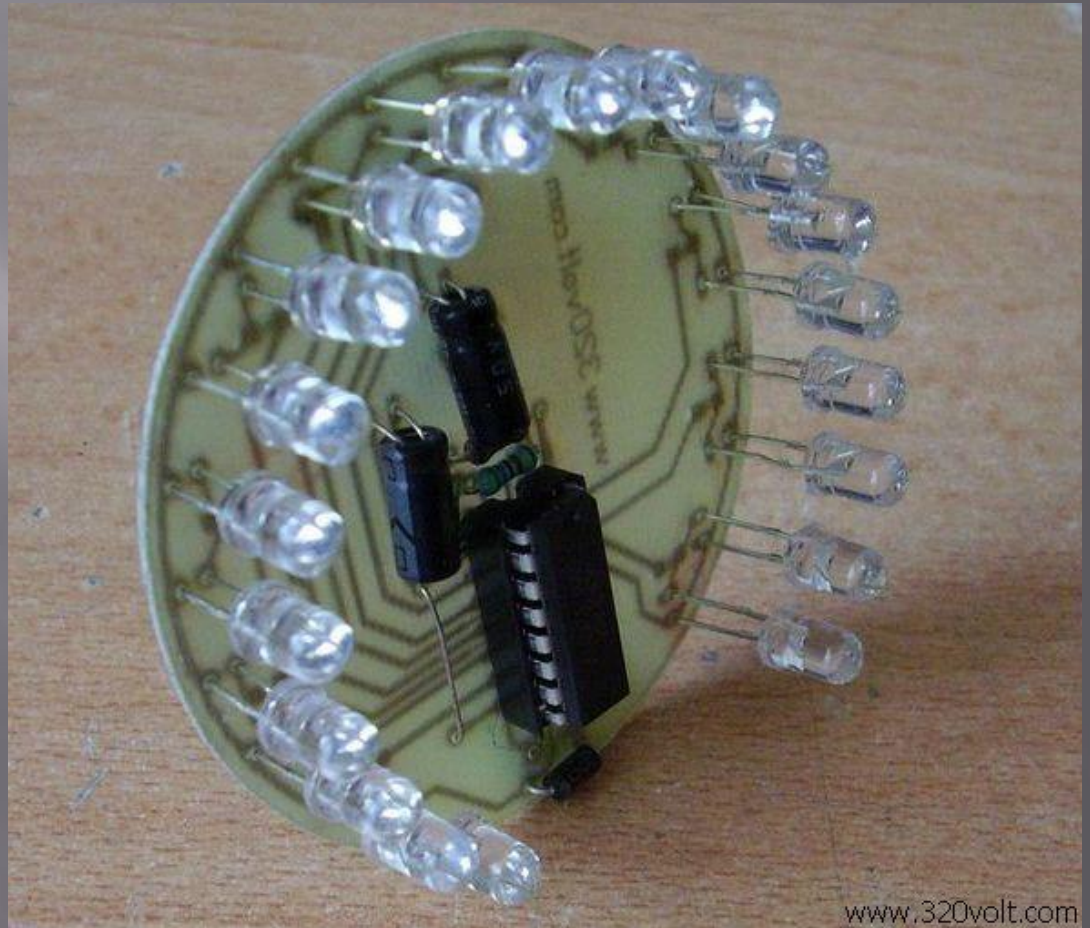
в) диаграмма направленности излучения должна быть достаточно широкой (угол излучения, как правило, должен превышать 50 °);

г) светоизлучающие диоды должны изготавливаться, по крайней мере, трех цветов свечения: красного, зеленого и желтого; желательно расширение цветности;

д) конструкция диодов должна иметь высокое отношение диаметра (поперечного размера) светящейся поверхности к наружному диаметру (размеру) прибора для обеспечения плотного монтажа диодов на панели.

## Особенность применения светоизлучающих диодов для внутрисхемной индикации

заключается в том, что они в этом случае наблюдаются с близкого расстояния (около 0,5 м) и монтируются, в основном, на печатной плате, включая ее торец. В связи с этим для внутрисхемной индикации могут использоваться диоды с малой площадью светящейся поверхности. Выводы диодов должны быть удобны для распайки на печатной плате.





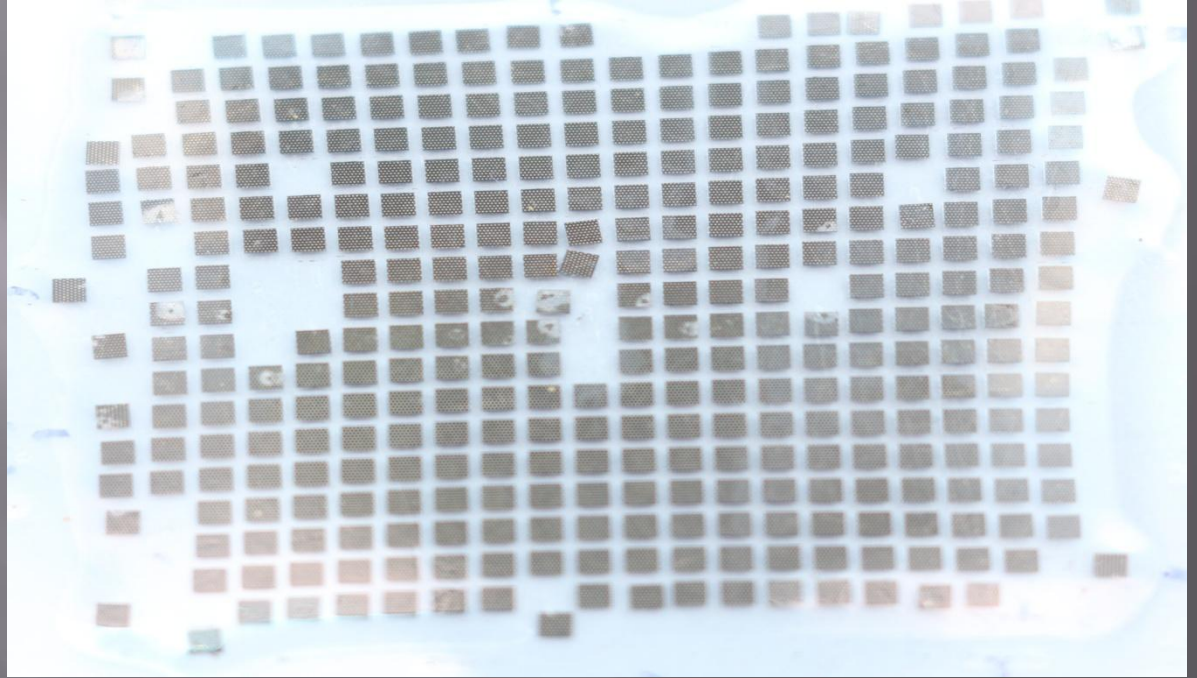
# Требования к приборам

1) низкие токи питания (5-10 мА) И входные напряжения (менее 3 В) этим обеспечиваются совместимость светоизлучающих диодов с транзисторными интегральными схемами и низкая рассеиваемая мощность; последняя необходима для осуществления плотного монтажа приборов;

2) высокая надежность, большой срок службы, устойчивость к механическим и климатическим воздействиям;

3) высокая технологичность изготовления и низкая стоимость.

## Светоизлучающий кристалл

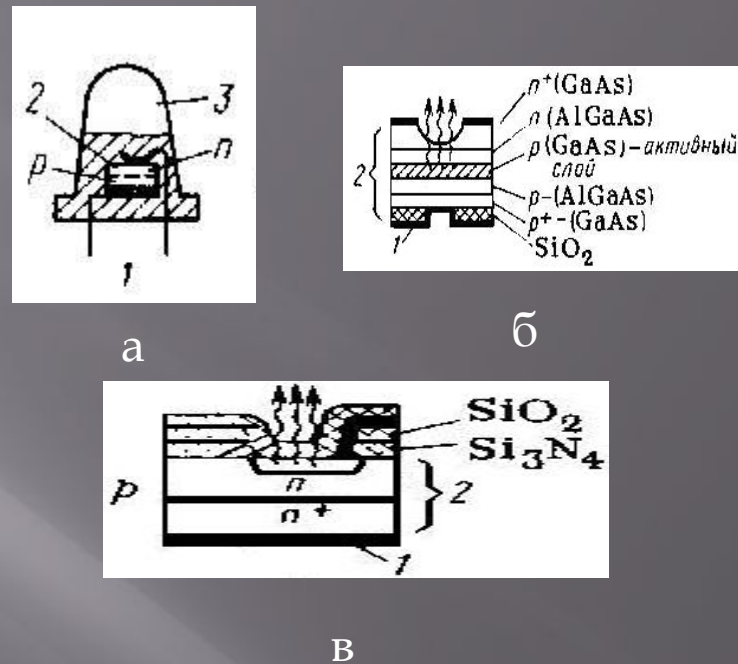


Кристаллы для светоизлучающих диодов (СИД) видимого и ИК диапазонов изготавливаются на основе эпитаксиальных структур  $\text{AlGaAs}/\text{GaAs}$  и  $\text{GaP}/\text{GaP}$ . Используются для изготовления светоизлучающих диодов, цифро-знаковых индикаторов.

## Устройство светоизлучающих диодов

Выпускаемые промышленностью светоизлучающие диоды по конструкции могут быть разделены на следующие группы:

- 1) в металло-стеклянном корпусе;
- 2) в конструкции с полимерной герметизацией на основе металло-стеклянной ножки или рамочного держателя
- 3) бескорпусные диоды.



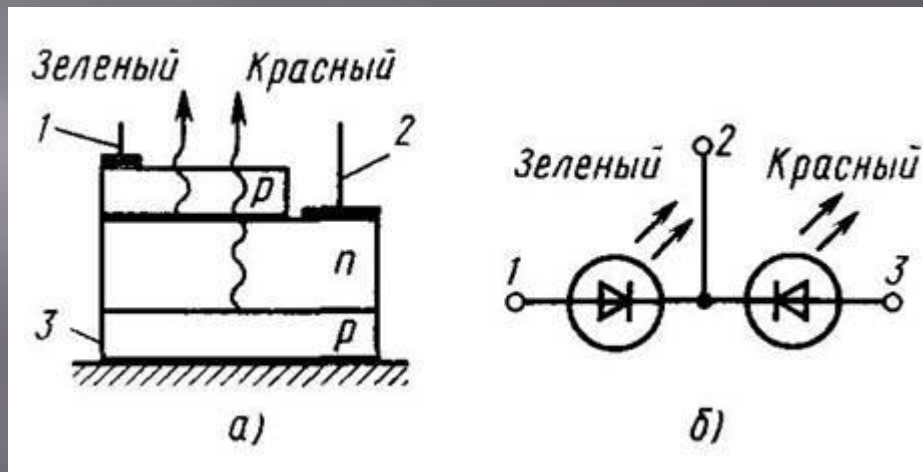
а – плоская; б – плоскопланарная; в – волусферическая;  
1 – выводы; 2 – кристалл; 3 – полимерная линза.

Рисунок 1.2 Конструкция светодиодов.



# Светоизлучающие диоды с управляемым цветом свечения

Светоизлучающие диоды - одни из немногих источников света, которые позволяют реализовать управляемое изменение цвета свечения. В настоящее время рассмотрено несколько путей создания светоизлучающих диодов с управляемым цветом свечения: двухпереходный однокристалльный GaP диод; однопереходный двухполосный однокристалльный GaP диод; двухкристалльный биполярный диод с параллельным соединением кристаллов; двухкристалльный диод с независимым включением кристаллов; двухпереходный однокристалльный диод, один из p-n-переходов которого излучает красный свет, а другой - инфракрасное излучение, преобразуемое с помощью антистоксового люминофора в зеленое свечение.



Структура светодиода с управляемым цветом свечения (а); его принципиальная схема (б).

## Индикаторы на светодиодах

Размер индикатора зависит от расстояния до наблюдателя. Высота символов обычно выбирается из расчета угла наблюдения 10-24', причем угол наблюдения (в минутах) определяется выражением:

Угол наблюдения =  $120 \arctg(h/2d)$ ,

где  $h$ -высота символа, а  $d$ -расстояние от глаза до индикатора.

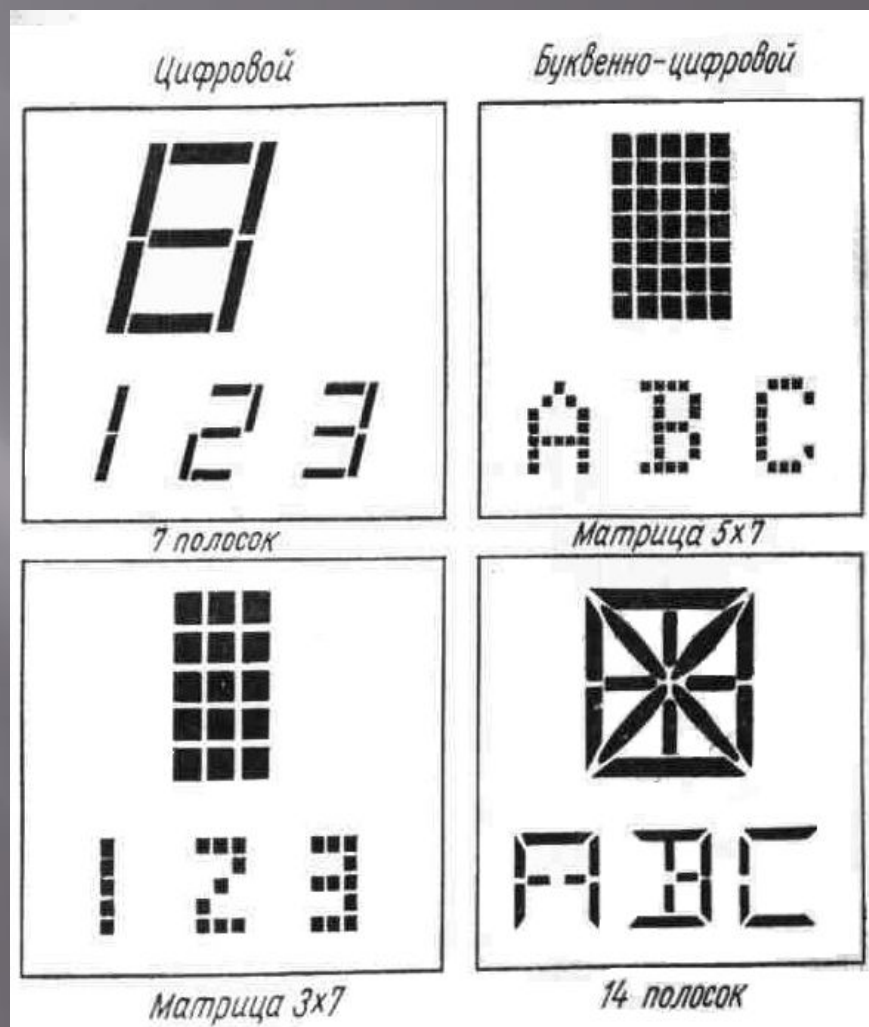


Рисунок 1.4 - Форматы буквенно-цифровых индикаторов на основе светодиодов

## Уточненный расчет эффективности

$$\Omega = 2\pi$$

$$(1 - \cos \alpha / 2) = 2 * 3,14 (1 - \cos 17,5 / 2) = 0,0731;$$

$$I = F / \Omega, \rightarrow F = I \Omega =$$

$$6,4 * 0,0731 = 0,47 \text{ лм};$$

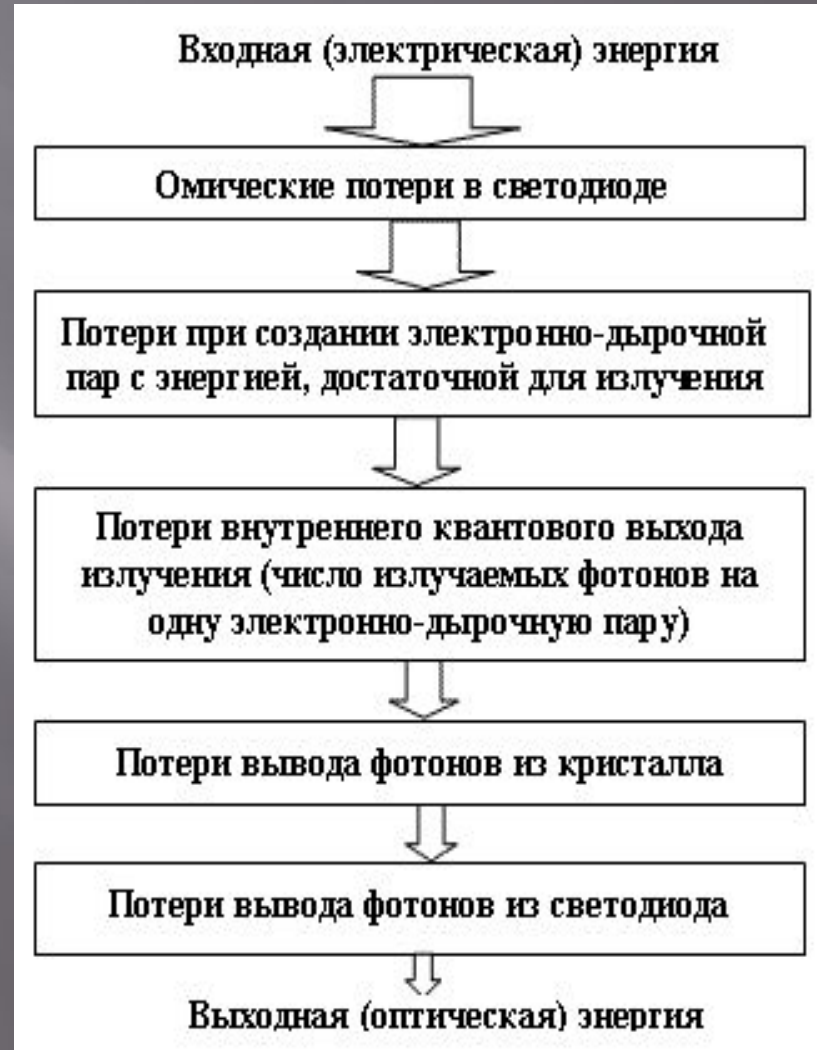
$$E2 = F / P = 0,47 \text{ лм} / 0,072 \text{ Вт} = 6,5 \text{ лм} / \text{Вт}.$$

$$\Omega2 = 0,0731, F2 = 0,47 \text{ лм}, E2 = 6,5 \text{ лм} / \text{Вт}.$$



# Расчет составляющих эффективности

Схема энергетических потерь в светодиоде.

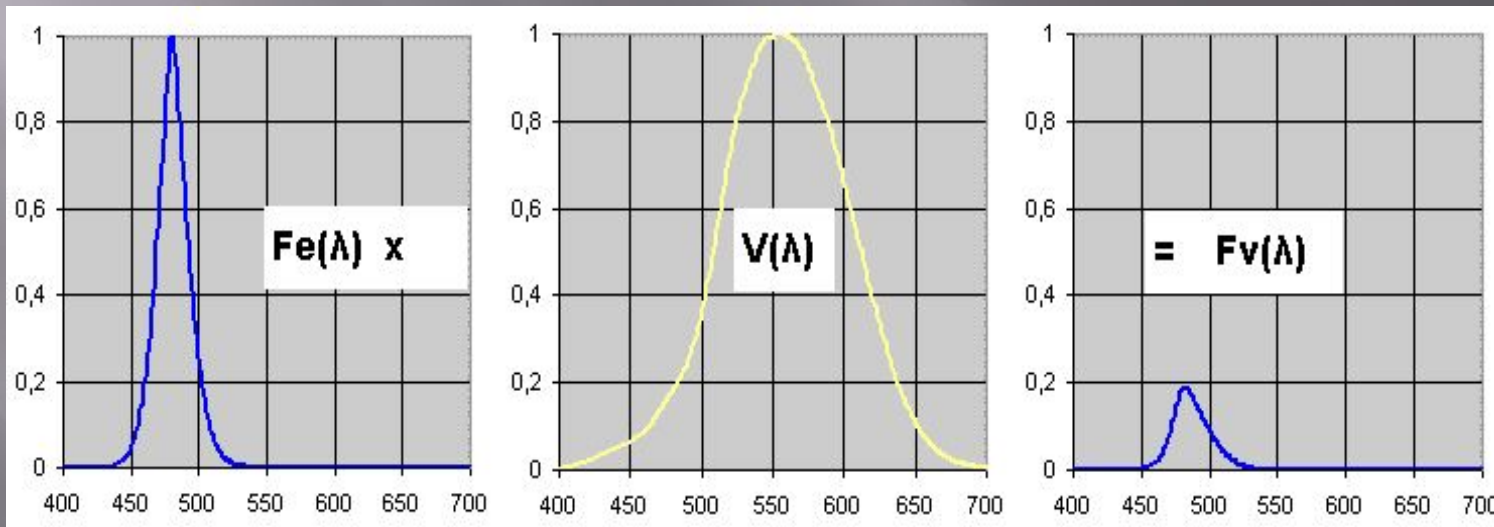


## Графический расчет световой мощности

световая эффективность определится как отношение световой мощности к оптической:

$$E_v = F_v / F_e \quad (2.5)$$

где  $F_e$ ,  $F_v$  - интегралы функций  $F_e(\lambda)$ ,  $F_v(\lambda)$ .

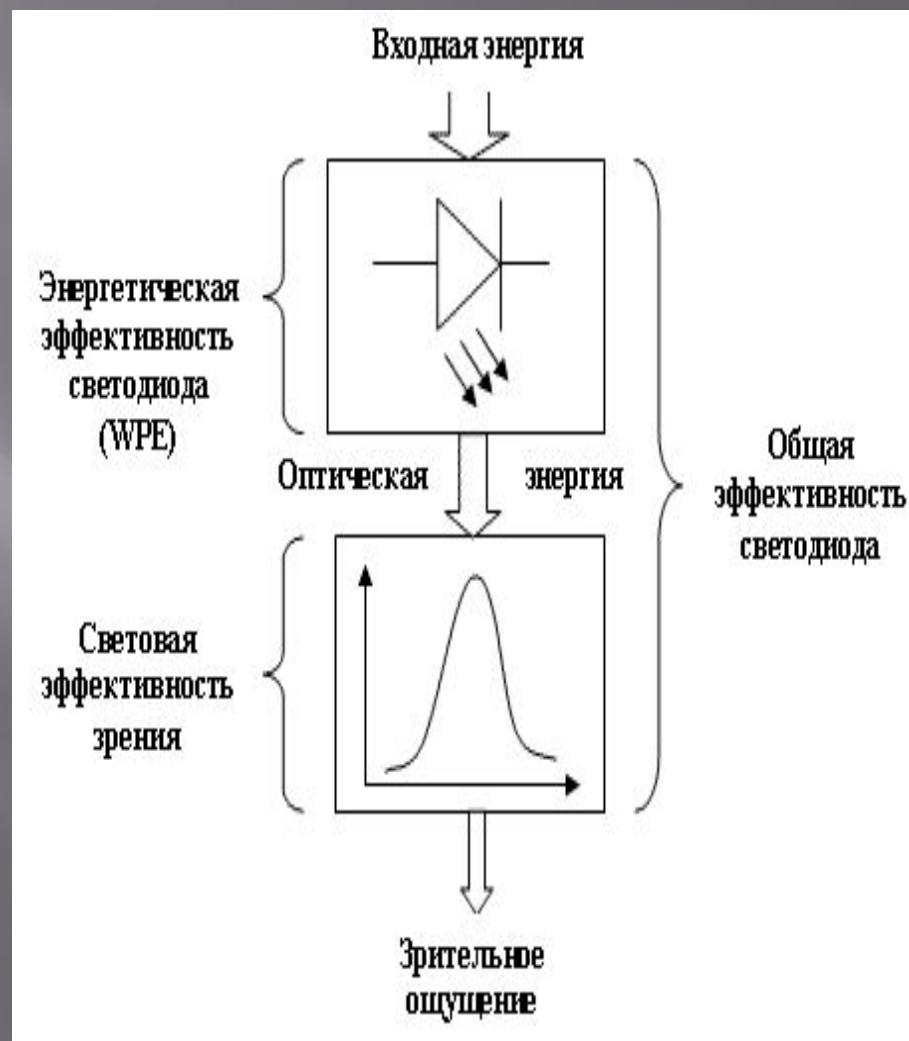




## Структурные составляющие эффективности светодиода.

Теперь, зная энергетическую и световую эффективность, можно определить общую эффективность:

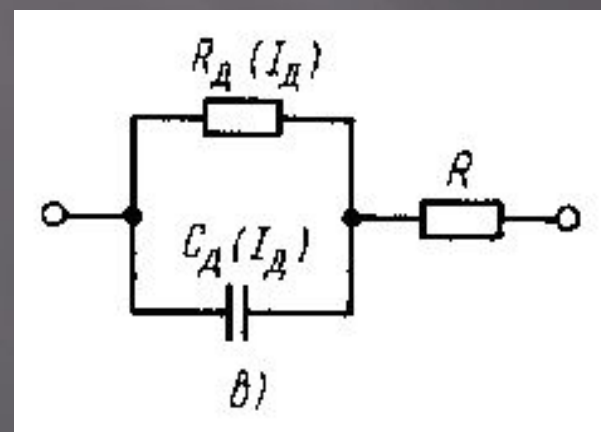
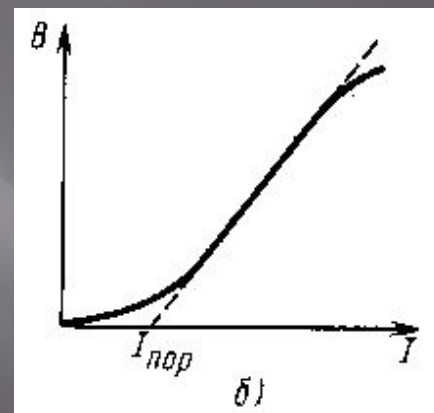
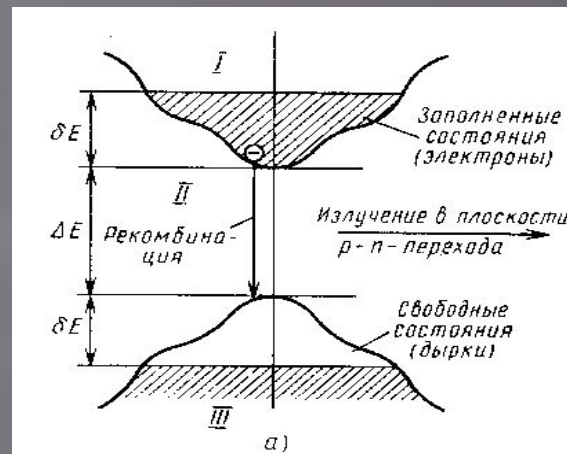
$$E = E_e * E_v \quad (2.6)$$



# Расчет инжекции не основных носителей тока

I- зона проводимости; II – запрещённая зона; III – валентная зона

Рисунок 2.5 - Энергетическая диаграмма, поясняющая механизм действия инжекционного светодиода (а); его яркостная характеристика (б) и эквивалентная схема.



# Расчёт светодиодного резистора

Светодиод должен иметь резистор последовательно соединенный в его цепи, для ограничения тока, проходящего через светодиод, иначе он выйдет из строя практически мгновенно.

Резистор R определяется по формуле :  
 $R = (V_S - V_L) / I$

$V_S$  = напряжение питания

$V_L$  = прямое напряжение, расчётное для каждого типа диодов (как правило от 2 до 4 вольт)

$I$  = ток светодиода (например 20мА), это должно быть меньше максимально допустимого для выбранного диода

Например: Если напряжение питания  $V_S = 9$  В, и есть красный светодиод ( $V = 2$ В), требующие  $I = 20$ мА = 0.020А,  
 $R = (9 \text{ В}) / 0.02 \text{ А} = 350 \text{ Ом}$ .

Вычисление светодиодного резистора с использованием Закон Ома

Закон Ома гласит, что сопротивление резистора  $R = V / I$ , где :

$V$  = напряжение через резистор ( $V = S - V_L$  в данном случае)

$I$  = ток через резистор

Итак  $R = (V_S - V_L) / I = (9 \text{ В} - 3,6 \text{ В}) / 0,02 \text{ А} = 270 \text{ Ом}$ .

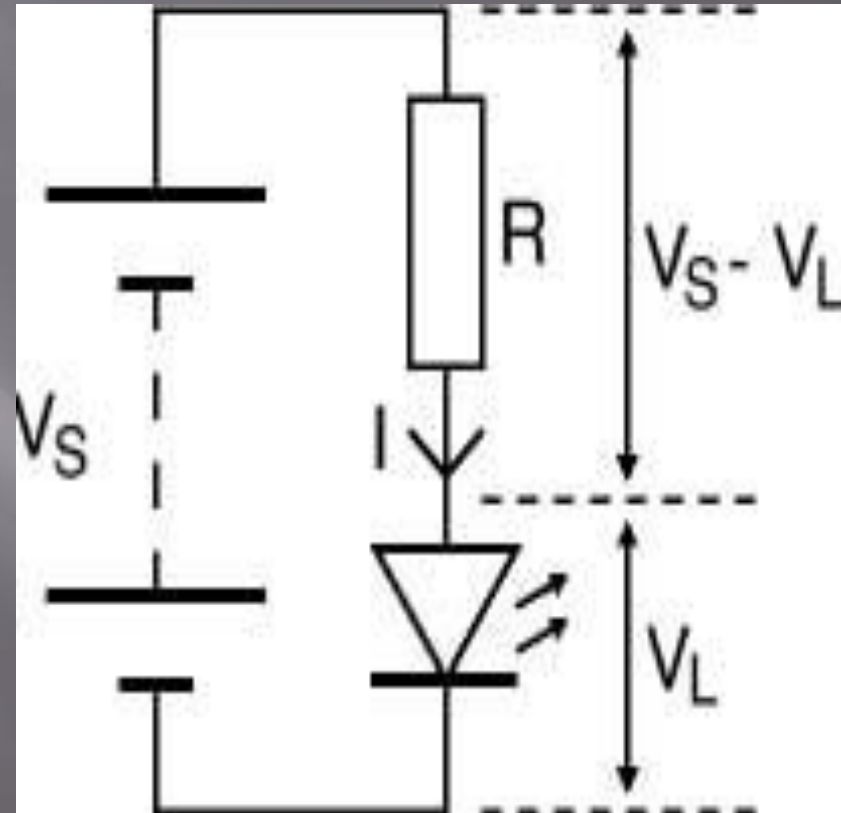


Рисунок 2.6 - Схема подключения .