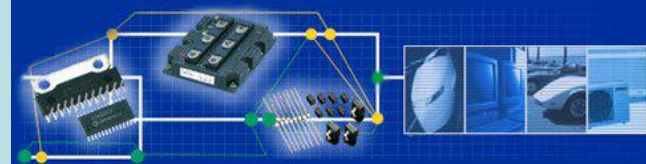


Твердотельная электроника

Лекция 2

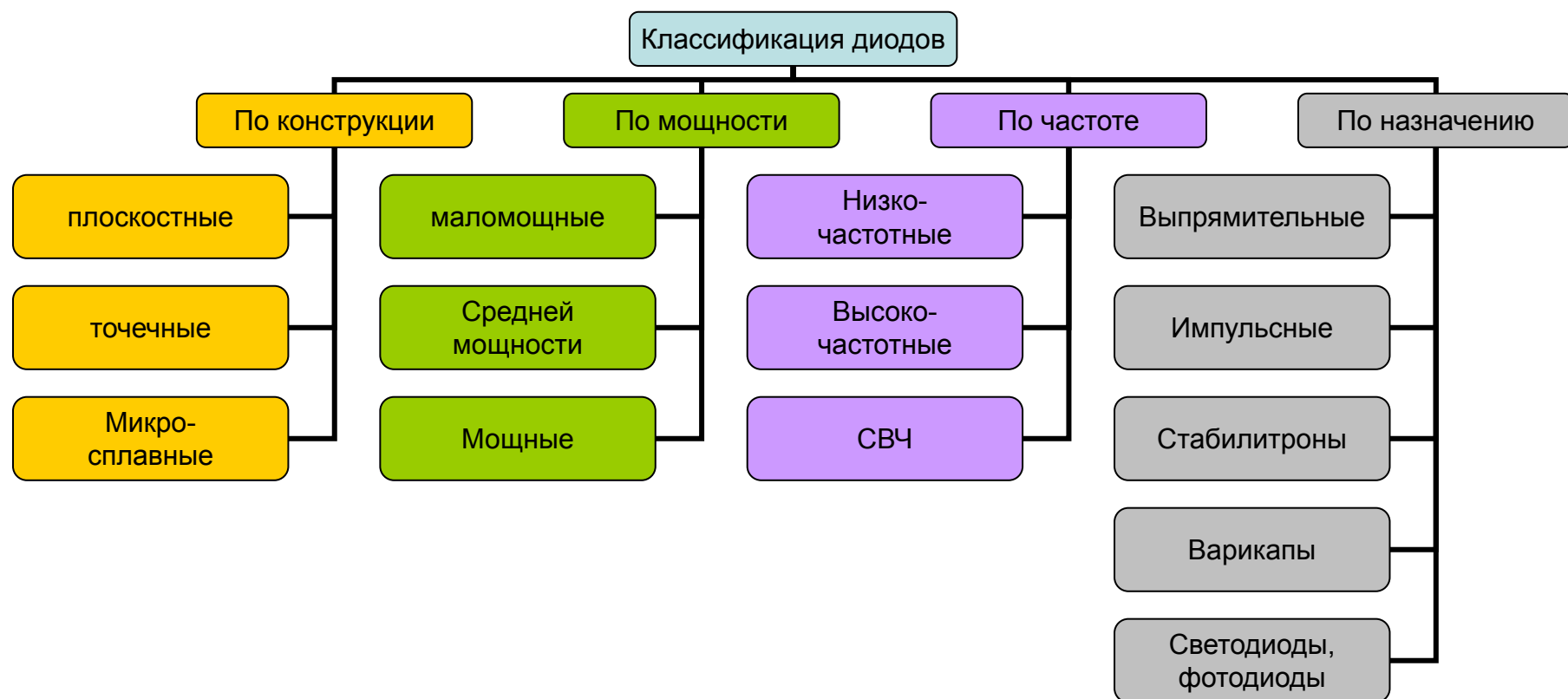


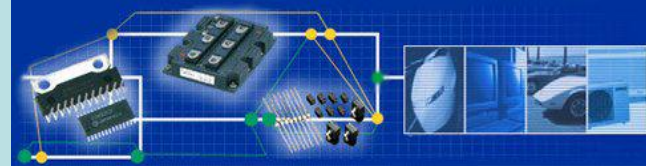
2. Полупроводниковые приборы

2.1 Полупроводниковые диоды

2.1.1 Классификация и условные обозначения полупроводниковых диодов

Полупроводниковым диодом называется устройство, состоящее из кристалла полупроводника, содержащее обычно один р-п переход и имеющее два вывода.





МАРКИРОВКА:

К	С	-156	А
Г	Д	-507	Б
I	II	III	IV

КС-156А
Кремниевый
стабилитрон,
малой
мощности
(0,125 Вт),
напряжение
стабилизации
5,6 В,
разновидность
А

I — показывает материал полупроводника (цифрой обозначен материал специального применения, буквой — широкого применения):

Г или 1 — германий или его соединения; К или 2 — кремний или его соединения; А или 3 — арсенид галлия; И или 4 — соединения индия.

II — тип полупроводникового диода:

Д — выпрямительные, ВЧ и импульсные диоды; А — диоды СВЧ; Б — диоды Ганна; В — варикапы; И — тоннельные диоды; Ф — фотодиоды; Л — светодиоды; О — оптопары; С — стабилитроны; Ц — выпрямительные столбы и блоки.

III — три цифры — группа диодов по своим электрическим параметрам и порядковый номер разработки. Для подкласса Д (диоды):

1 — выпрямительные диоды с постоянным или средним значением прямого тока не более 0,3 А;

2 — выпрямительные диоды с постоянным или средним значением прямого тока более 0,3 А, но не свыше 10 А;

4 — импульсные диоды с временем восстановления обратного сопротивления более 500 нс;

5 — импульсные диоды с временем восстановления более 150 нс, но не свыше 500 нс;

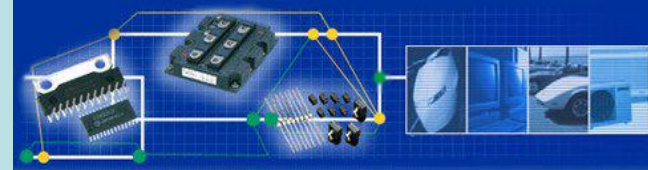
6 — импульсные диоды с временем восстановления 30...150 нс;

7 — импульсные диоды с временем восстановления 5...30 нс;

8 — импульсные диоды с временем восстановления 1...5 нс;

9 — импульсные диоды с эффективным временем жизни неосновных носителей заряда менее 1 нс.

IV — модификация диодов в данной (третьей) группе.



УГО:

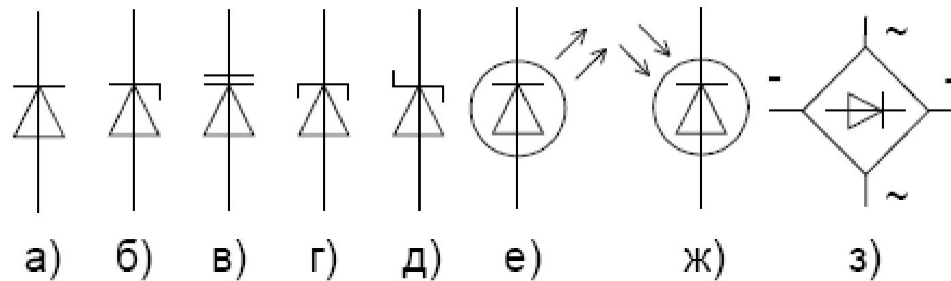
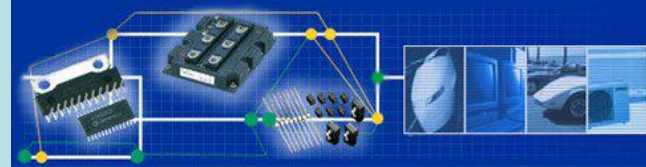


Рис.1

а) Так обозначают выпрямительные, высокочастотные, СВЧ, импульсные и диоды Гана; б) стабилитроны; в) варикапы; г) тоннельные диоды; д) диоды Шоттки; е) светодиоды; ж) фотодиоды; з) выпрямительные блоки



2.1.2 Конструкция полупроводниковых диодов

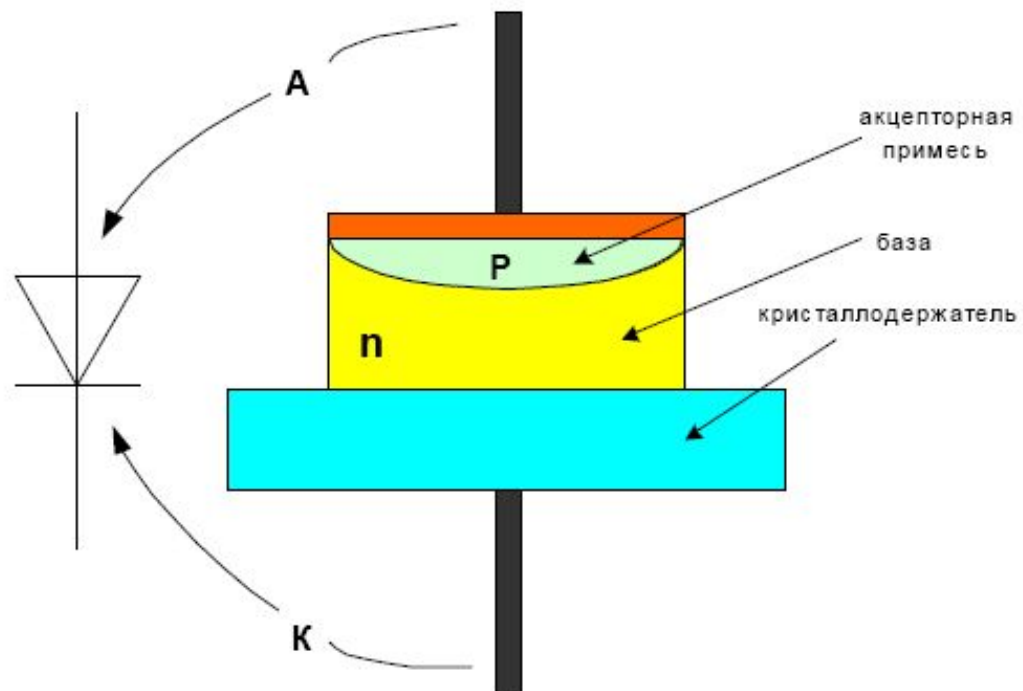


Рис. 2 Конструкция плоскостного диода

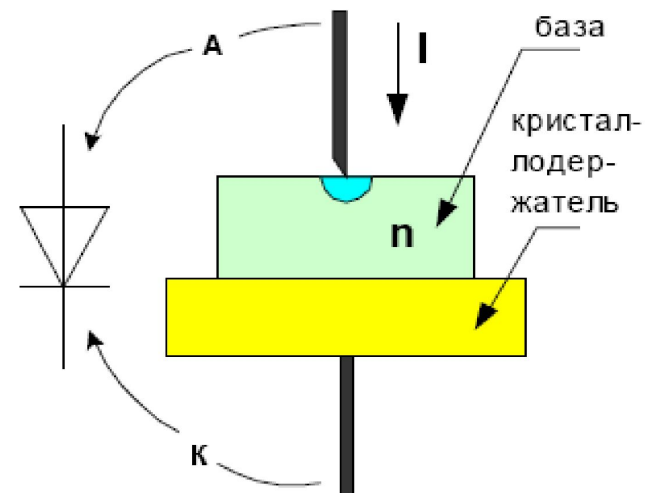
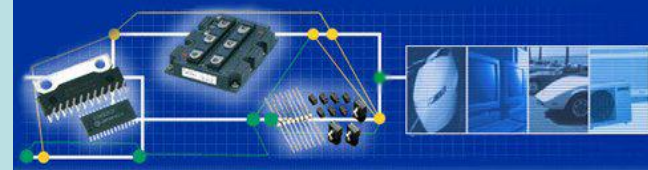


Рис. 3 Конструкция точечного диода



2.1.3 ВАХ и основные параметры полупроводниковых диодов

- Максимально допустимый прямой ток $I_{пр.max}$.
- Прямое падение напряжения на диоде при максимальном прямом токе $U_{пр.max}$.
- Максимально допустимое обратное напряжение $U_{обр.max} = (2/3 \div 3/4) \cdot U_{эл.проб.}$.
- Обратный ток при максимально допустимом обратном напряжении $I_{обр.max}$.
- Прямое и обратное статическое сопротивление диода при заданных прямом и обратном напряжениях:
- Прямое и обратное динамическое сопротивление диода:

$$R_{ст.пр} = \frac{U_{пр}}{I_{пр}} \quad R_{ст.обр} = \frac{U_{обр}}{I_{обр}}$$

$$R_{инр} = \frac{U_{пр} - U'_{пр}}{I_{пр} - I'_{пр}} \quad R_{инр} = \frac{\Delta U_{пр.}}{\Delta I_{пр.}}; \quad R_{обр} = \frac{\Delta U_{обр}}{\Delta I_{обр}} \quad R_{обр} = \frac{U_{обр} - U'_{обр}}{I_{обр} - I'_{обр}}$$

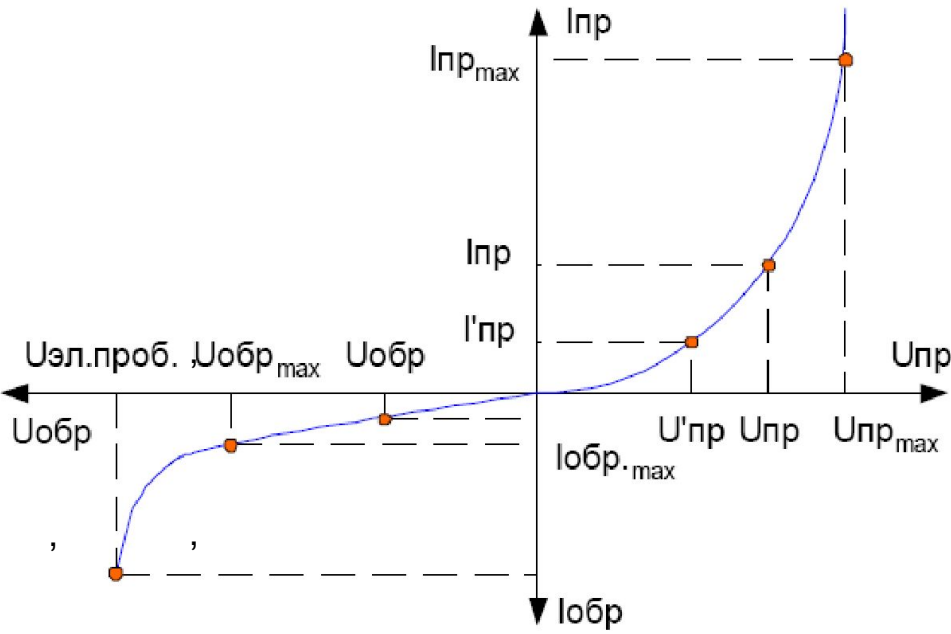
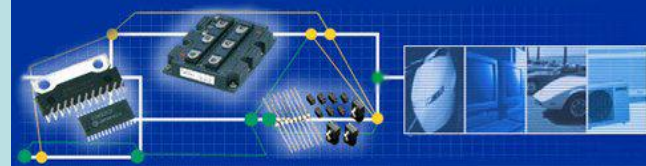


Рис.4 Вольтамперная характеристика p-n перехода



2.1.4 Выпрямительные диоды

Выпрямительным диодом называется полупроводниковый диод, предназначенный для преобразования переменного тока в постоянный в силовых цепях

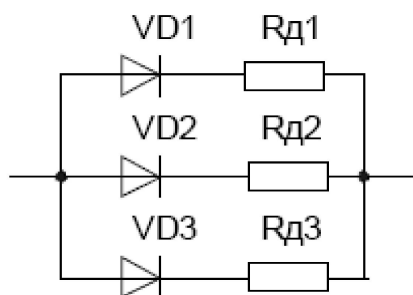


Рис. 5 Параллельное включение диодов

Если выпрямленный ток больше максимально допустимого прямого тока диода, то в этом случае допускается параллельное включение диодов. Добавочные сопротивления R_d величиной от единиц до десятков Ом включаются с целью выравнивания токов в каждой из ветвей.

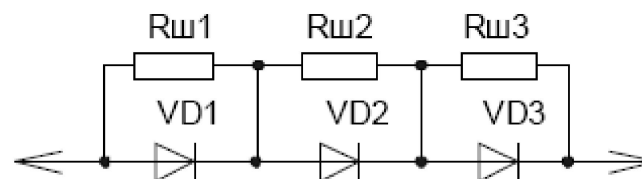


Рис. 6 Последовательное включение диодов

Если напряжение в цепи превосходит максимально допустимое обратное напряжение диода, то в этом случае допускается последовательное включение диодов. Шунтирующие сопротивления величиной несколько сотен кОм включают для выравнивания падения напряжения на каждом из диодов.

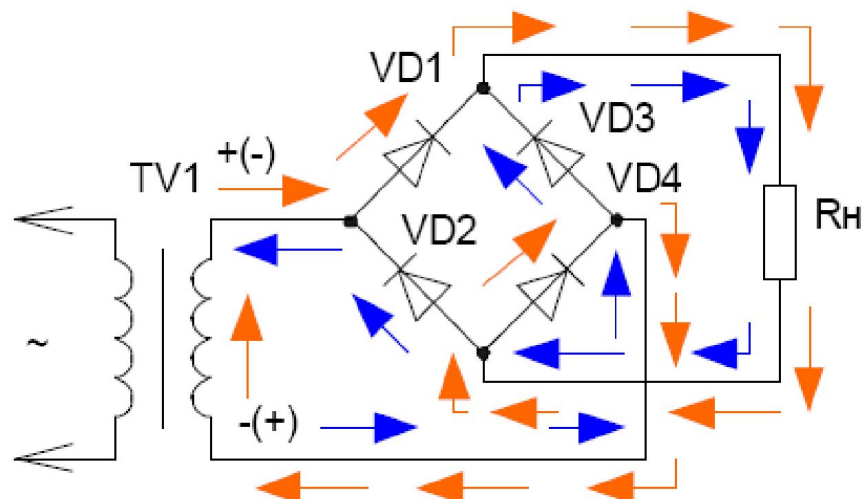
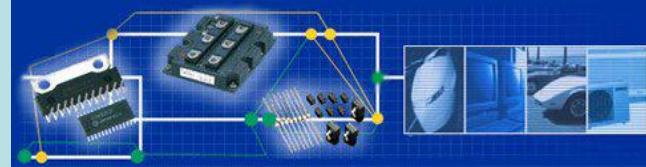


Рис.7 Двухполупериодная мостовая схема выпрямления

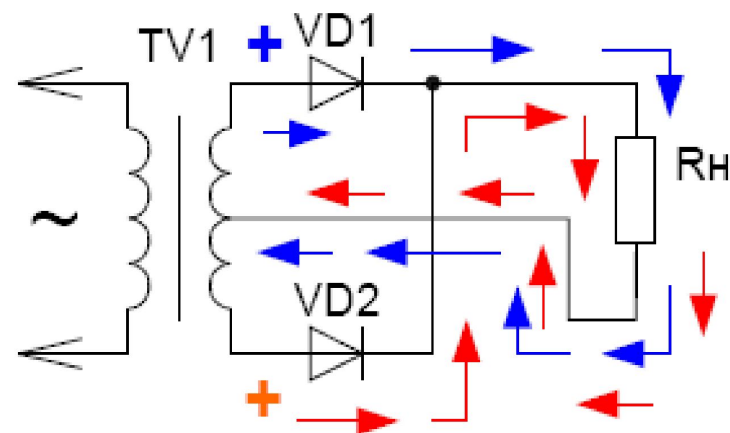


Рис.9 Двухполупериодная нулевая схема выпрямления

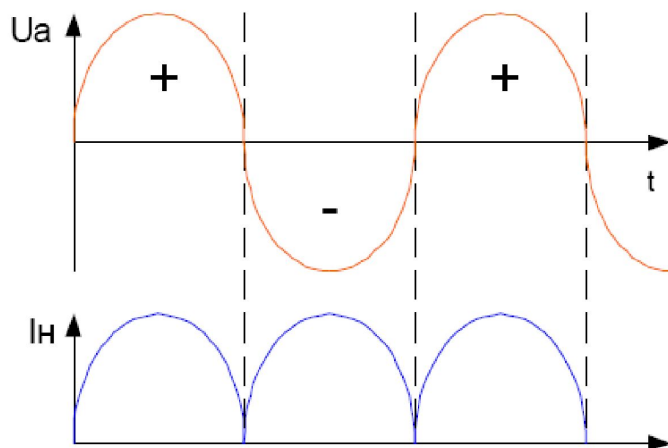
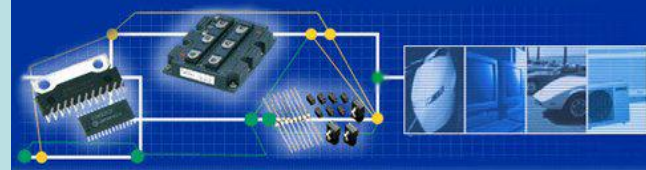


Рис. 8 Временные диаграммы работы мостовой схемы



2.1.5

Стабилитроны

Стабилитроном называется полупроводниковый диод, предназначенный для стабилизации уровня постоянного напряжения.

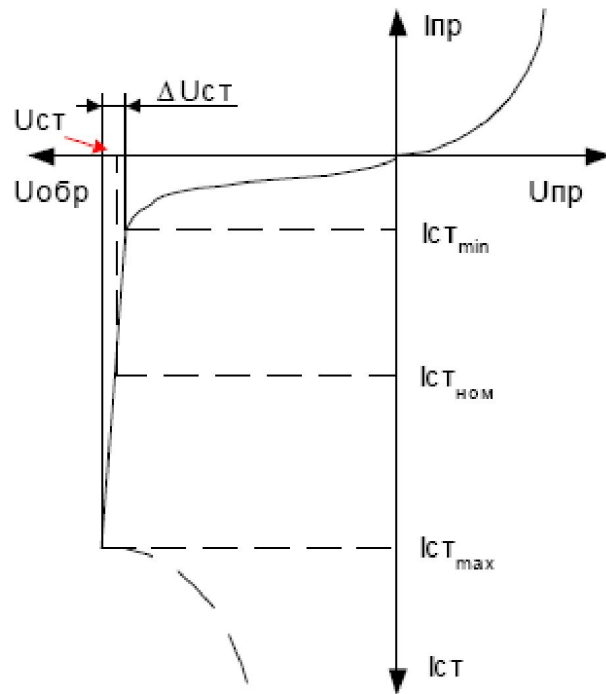


Рис.10 Вольтамперная характеристика стабилитрона

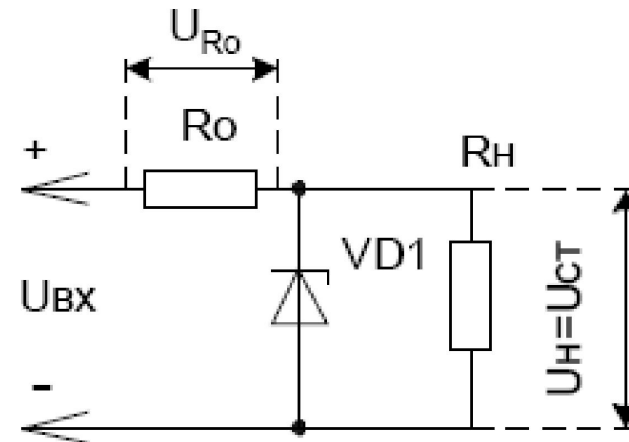
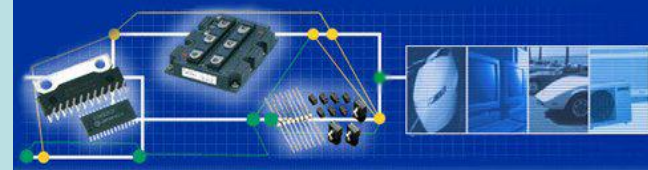


Рис.11 Схема включения стабилитрона



Основные параметры стабилитронов:

- Напряжение стабилизации U_{cm} .
- Минимальное, максимальное и номинальное значение тока стабилизации $I_{cm.min}$, $I_{cm.max}$, $I_{cm.ном}$.
- ΔU_{cm} – изменение напряжения стабилизации.
- Дифференциальное сопротивление на участке стабилизации:

$$R_{cm} = \frac{\Delta U_{cm}}{\Delta I_{cm}} = \frac{\Delta U_{cm}}{I_{cm.max} - I_{cm.min}}$$

- Температурный коэффициент стабилизации

$$\alpha_{cm} = \frac{\Delta U_{cm}}{U_{cm}} \cdot 100\%$$

$$\Delta t = t_2^0 - t_1^0$$

$$\Delta U_{cm.t} = U_{cm'} - U_{cm}$$

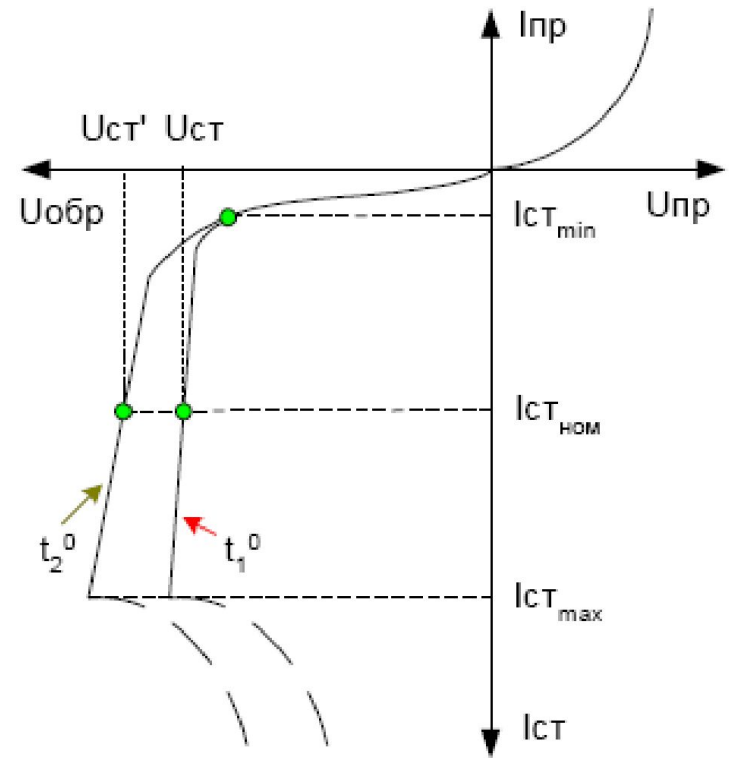
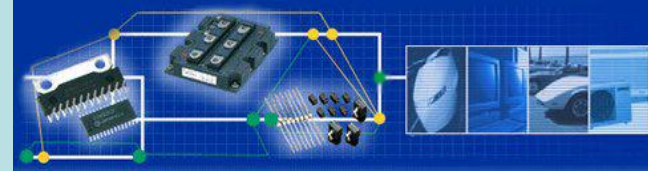


Рис. 12 Изменение ВАХ стабилитрона при изменении температуры



Стабилитроны, предназначенные для стабилизации малых напряжений, называются **стабисторами**.

Стабисторы – для стабилизации напряжения менее 3В, и у них используется прямая ветвь ВАХ. Применяются стабисторы в прямом включении.

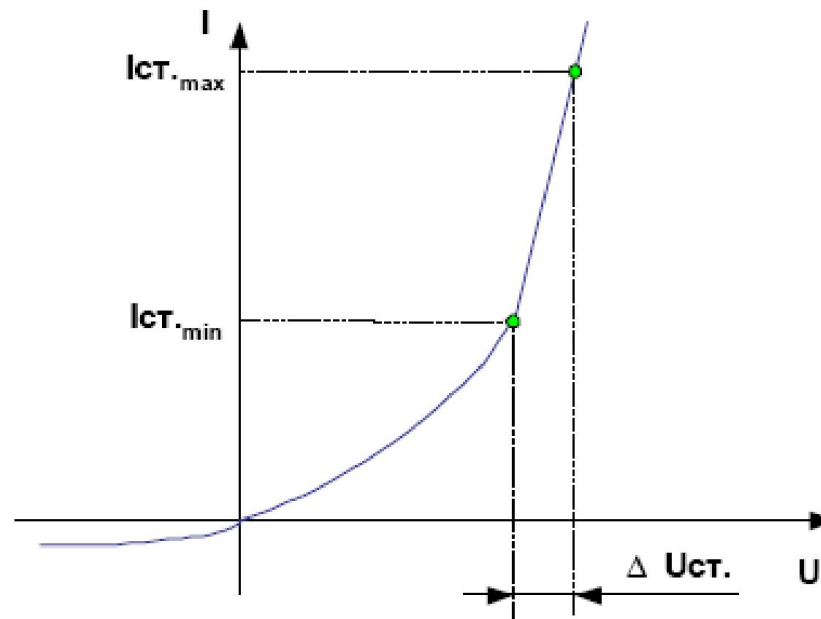
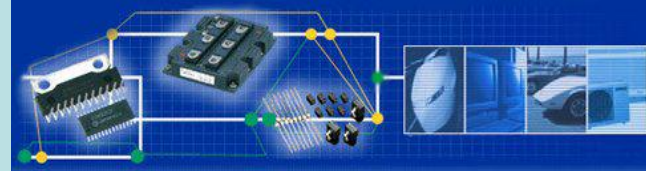


Рис.13 Вольтамперная характеристика стабистора



2.1.6

Варикапы

Варикапом называется полупроводниковый диод, у которого в качестве основного параметра используется барьерная ёмкость, величина которой варьируется при изменении обратного напряжения. Следовательно, варикап применяется как конденсатор переменной ёмкости, управляемый напряжением.

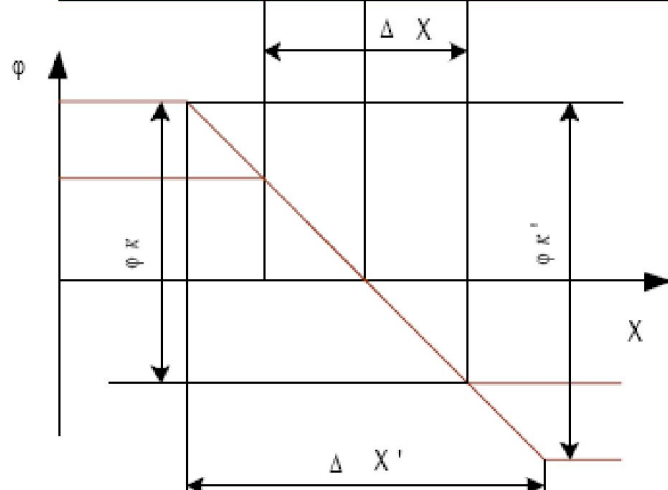
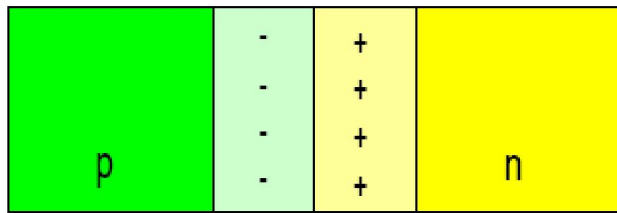


Рис. 14 Контактная разность потенциалов p-n перехода варикапа.

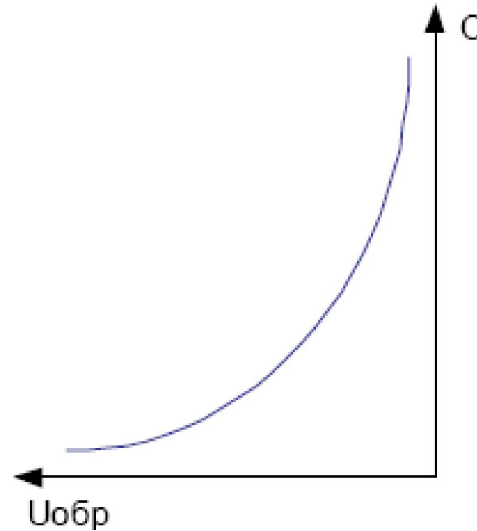
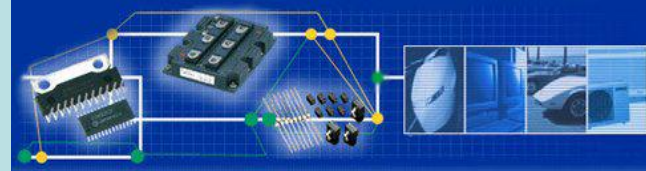


Рис. 15 Вольт-фарадная характеристика варикапа

$$C_{\sigma} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S_{p-n}}{\Delta X}$$

Основные параметры варикапов:

- Максимальное, минимальное и номинальное значение ёмкости варикапа.
- Коэффициент перекрытия $k = C_{max}/C_{min}$ - отношение максимальной ёмкости к минимальной.
- Максимальное рабочее напряжение варикапа.



2.1.7 Фотодиоды и светодиоды

Фотодиодом называется фотогальванический приёмник излучения, светочувствительный элемент которого представляют собой структуру полупроводникового диода без внутреннего усиления.

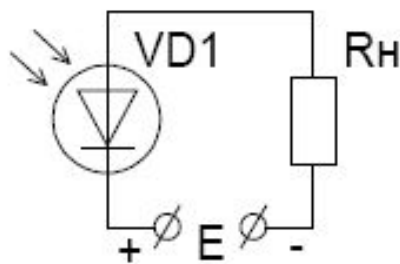
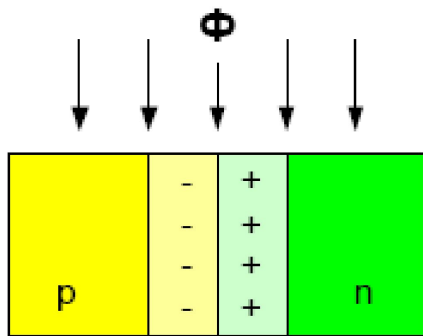


Рис.16 Схема включения фотодиода

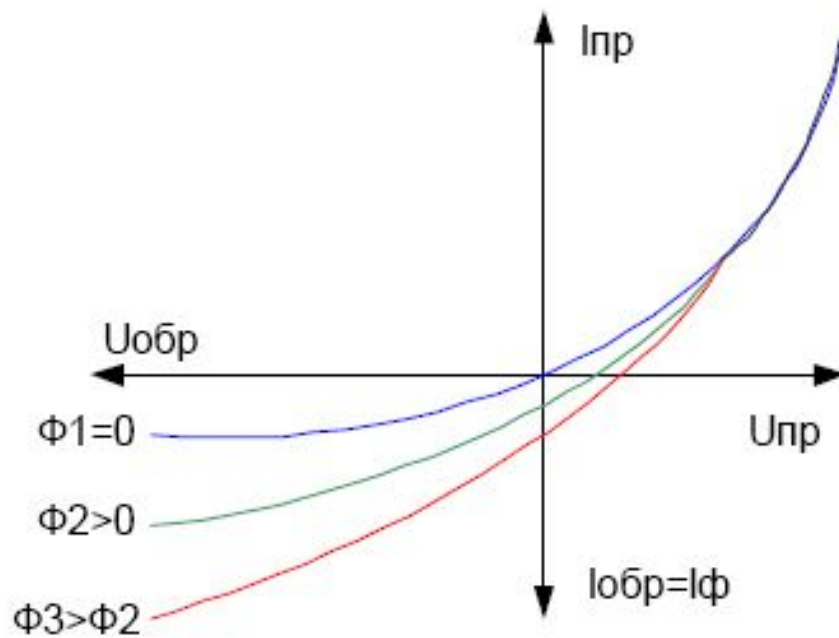


Рис.17 Вольт-амперная характеристика фотодиода

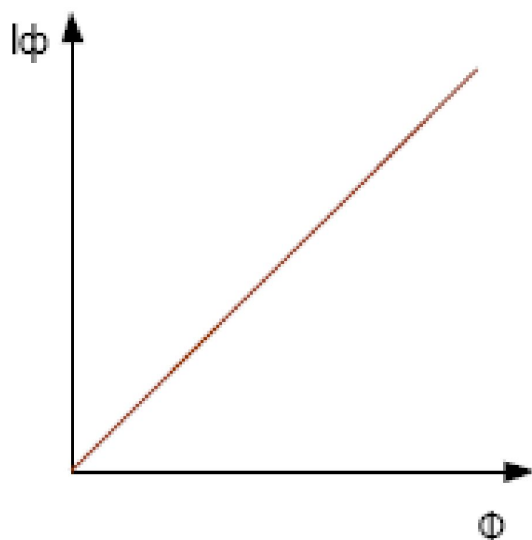
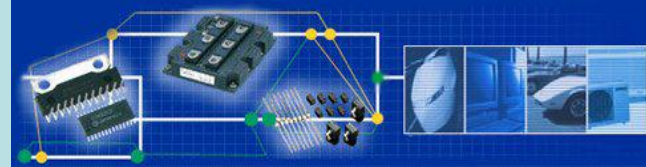


Рис.18 Зависимость фототока от величины светового потока

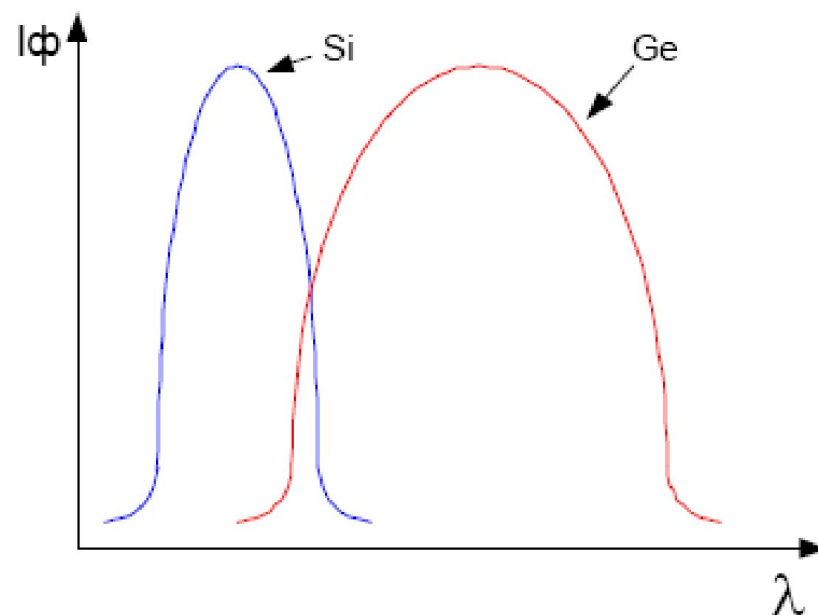
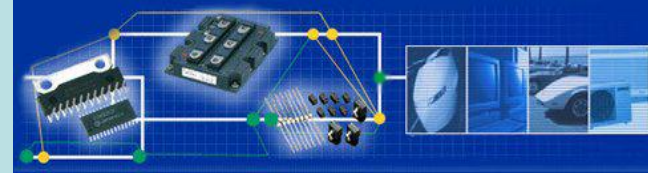


Рис.19 Спектральная характеристика фотодиода



Светодиодом называется полупроводниковый прибор, в котором происходит непосредственное преобразование электрической энергии в энергию светового излучения.

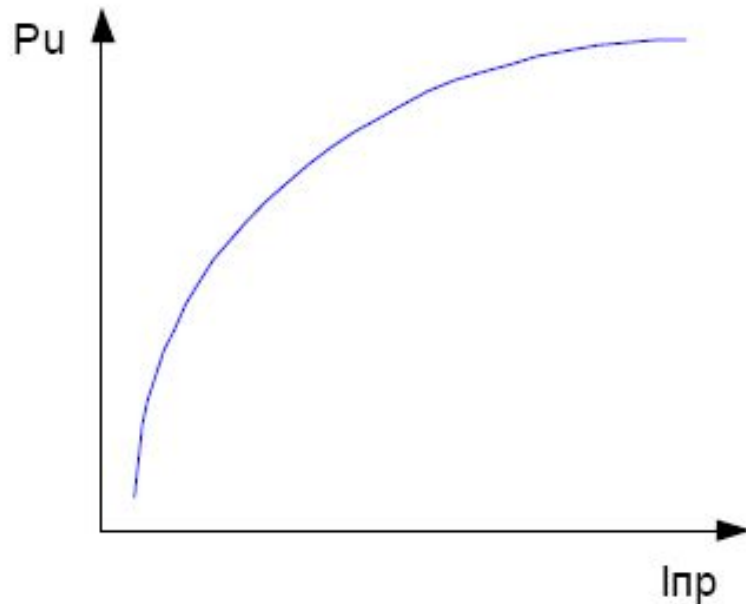


Рис.20 Яркостная характеристика светодиода

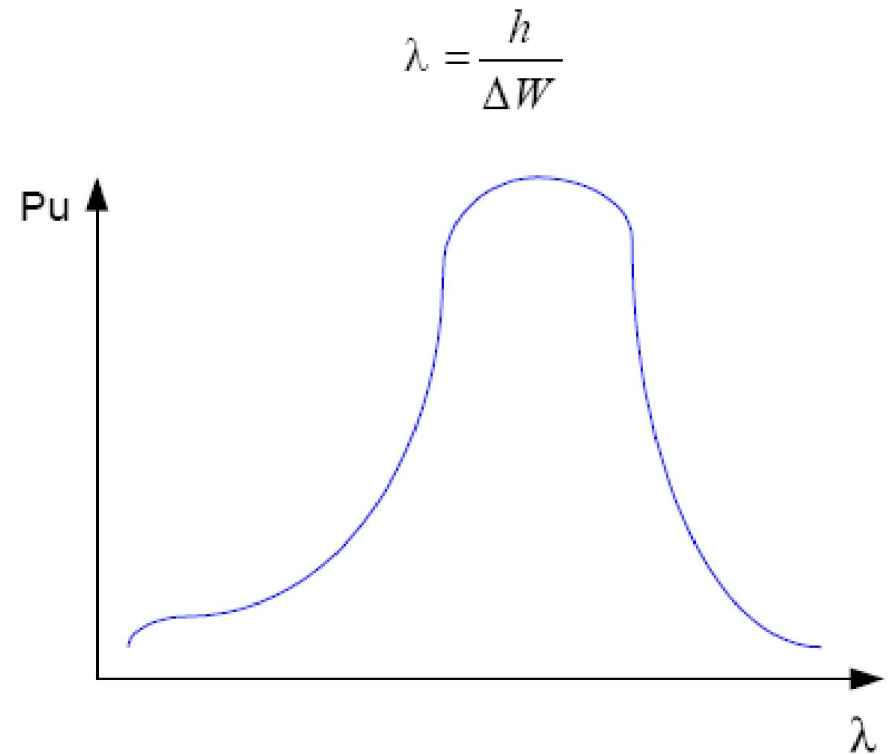
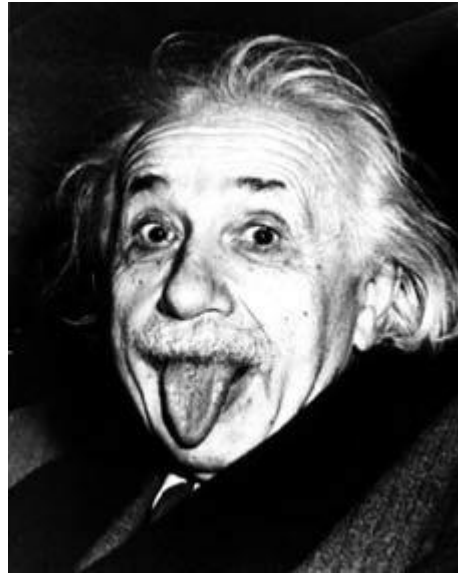
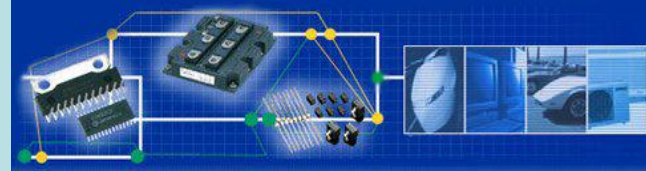


Рис.21 Спектральная характеристика светодиода



*That's all
folks...*