

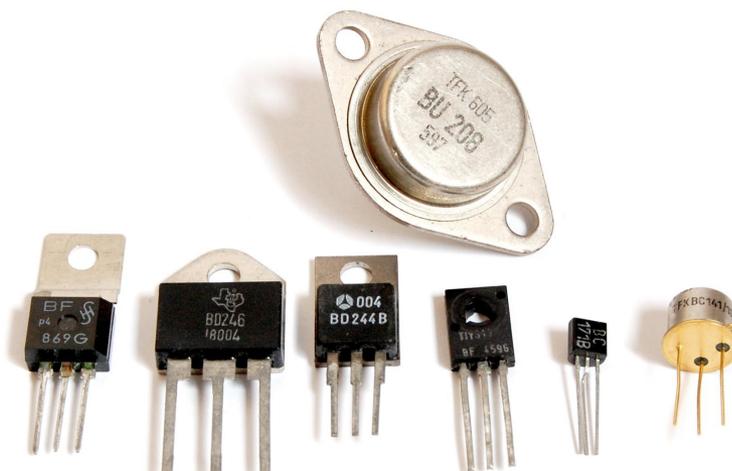


# ОСНОВЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

**Бунаков А.А.**

Лекция 2

## Полупроводниковые приборы



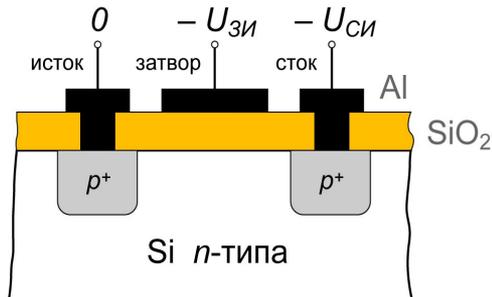
# Области электроники



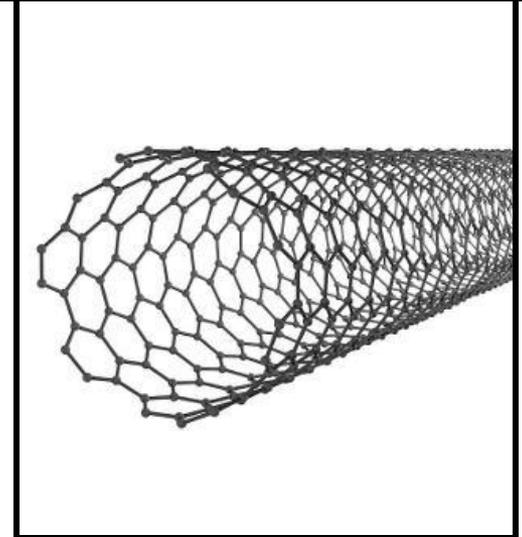
Вакуумная электроника

Электроника

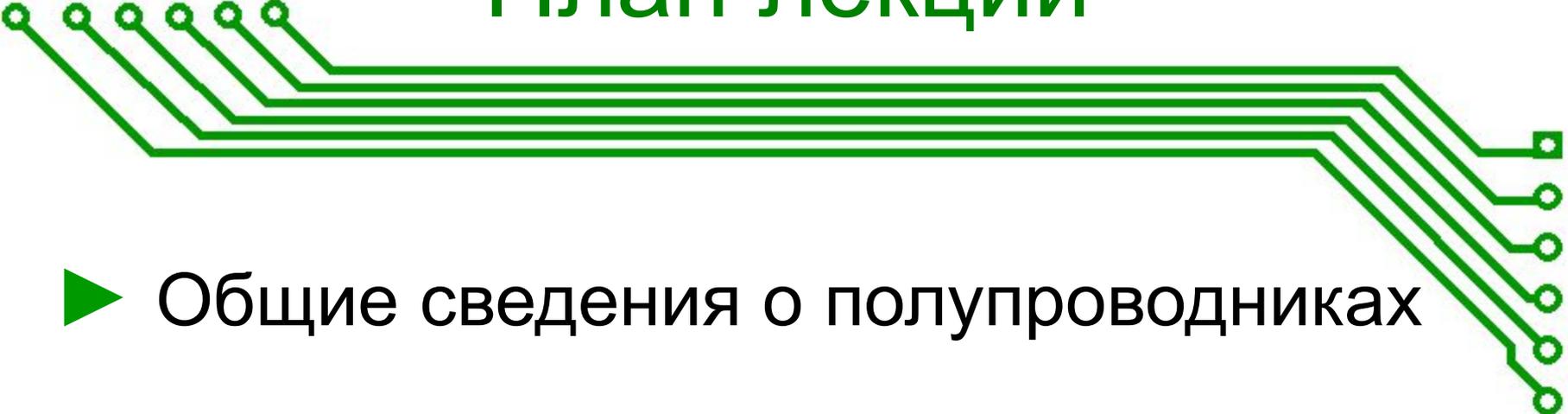
Твердотельная электроника



Квантовая электроника

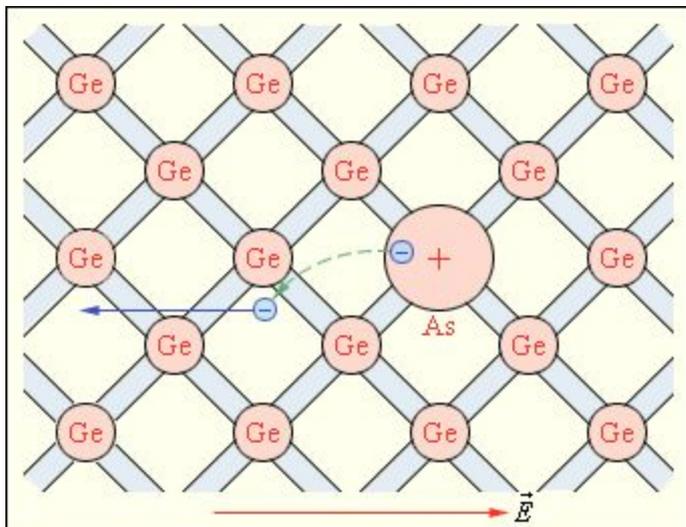


# План лекции

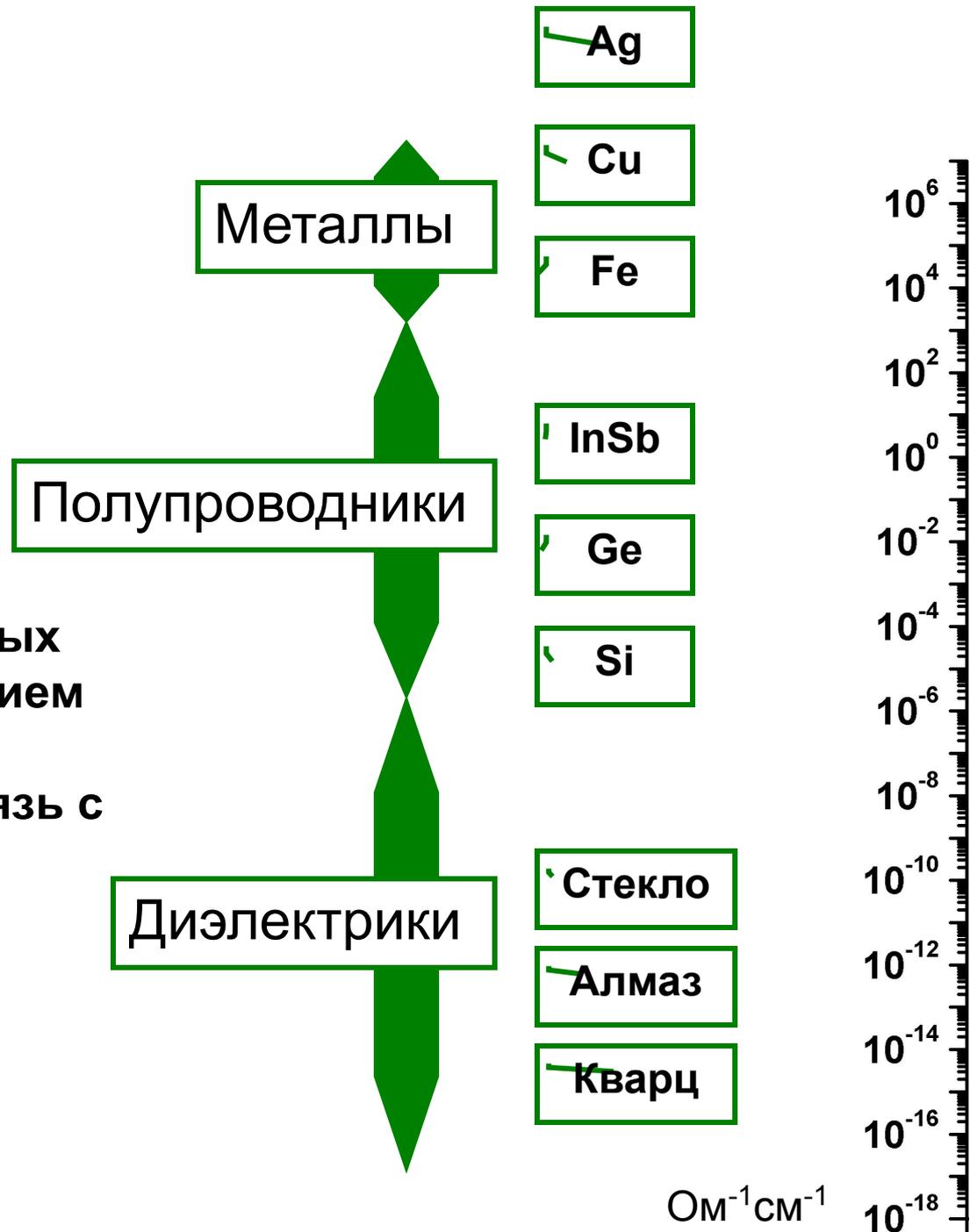
A decorative graphic consisting of several parallel green lines that resemble circuit traces. On the left side, the lines start as individual lines with small circles at their ends, then they converge into a single thick line. This thick line runs horizontally across the top of the slide. On the right side, the thick line splits back into several individual lines, each ending with a small circle.

- ▶ Общие сведения о полупроводниках
- ▶ Полупроводниковый диод
- ▶ Биполярный транзистор

# Общие сведения о полупроводниках

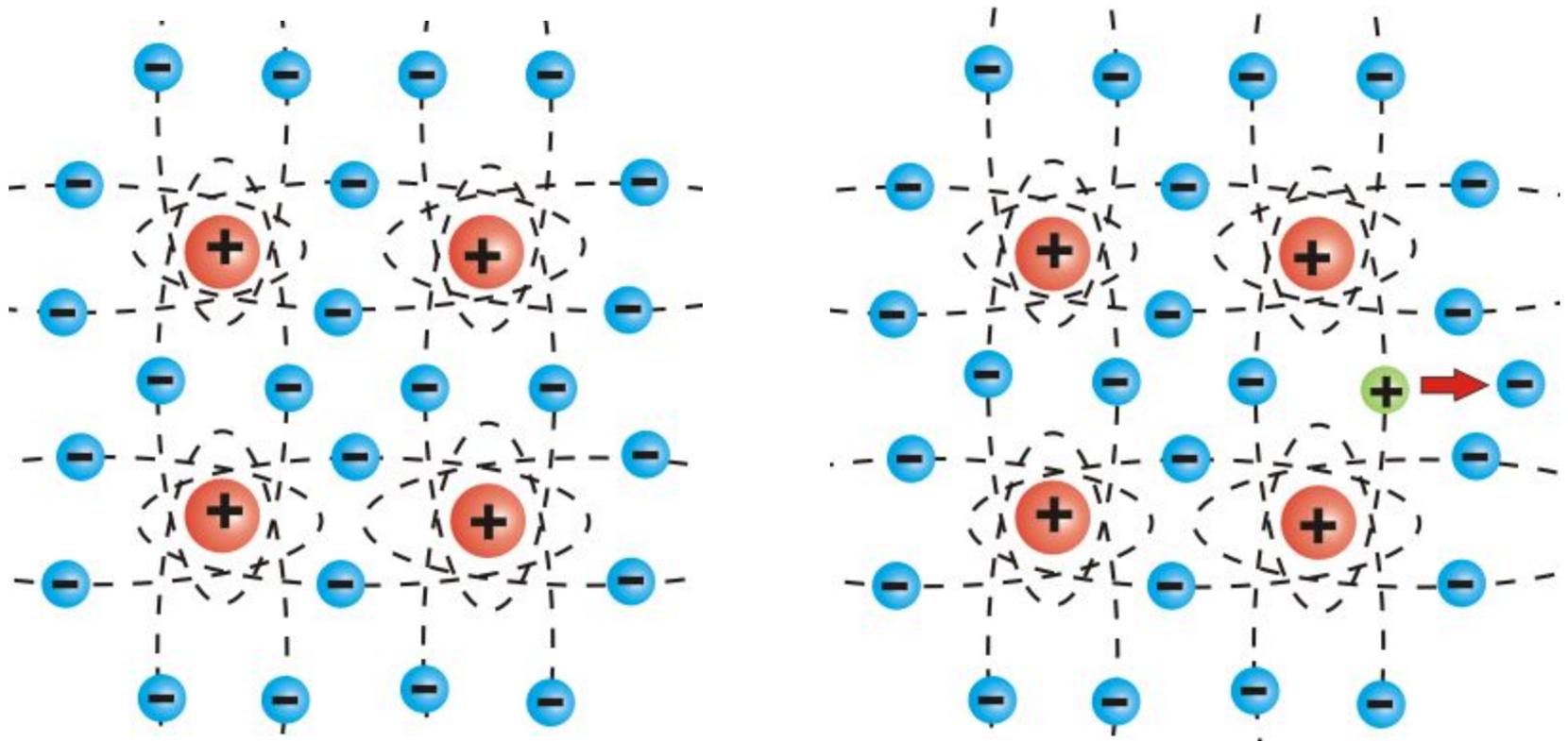


**Электропроводность** —  
важнейшее свойство твердых  
тел — объясняется движением  
свободных электронов  
(утративших валентную связь с  
ядрами атомов)



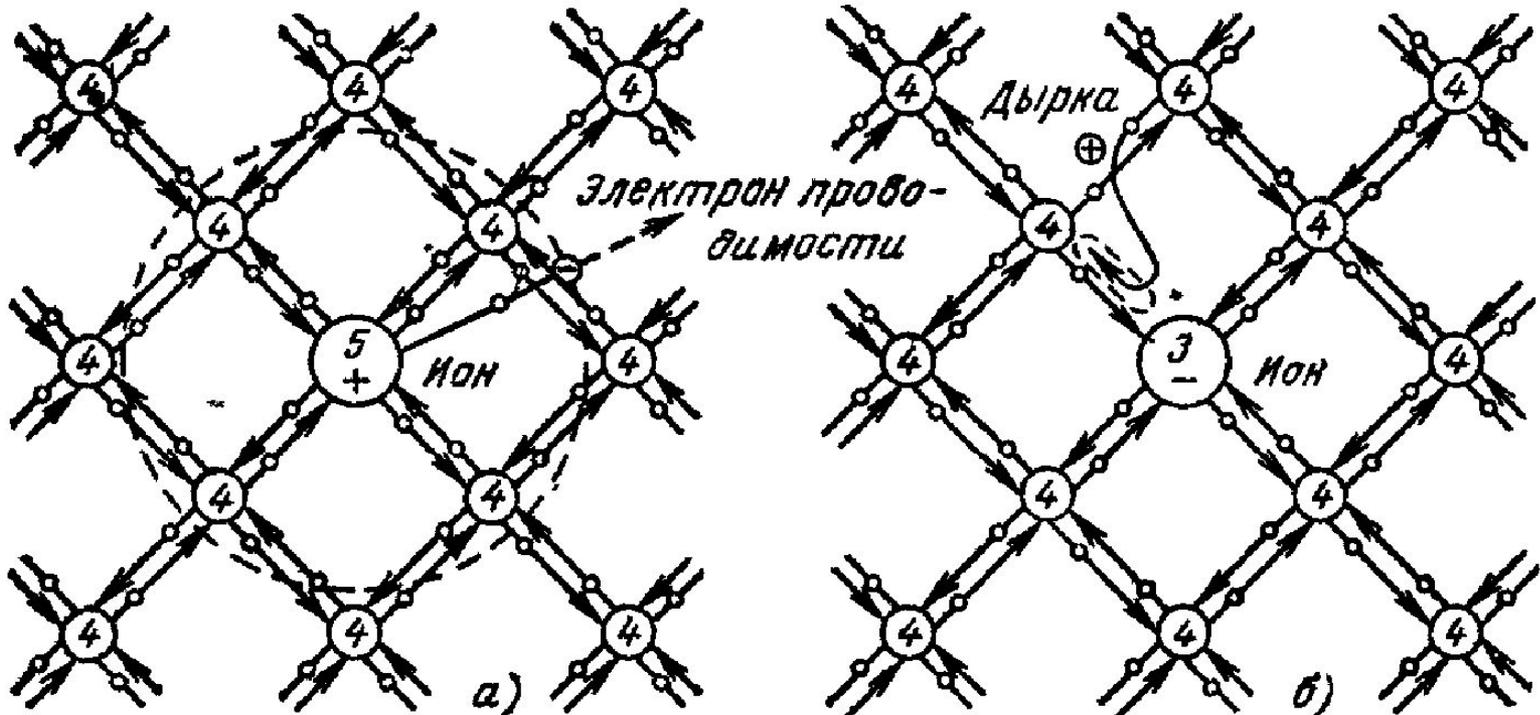
# Собственные полупроводники

- **Собственными** полупроводниками называются полупроводники, не содержащие примесей, влияющих на их электропроводность



# Примесные полупроводники

- **Примесные** полупроводники, электропроводность которых определяется примесями, обладают резко выраженной электронной или дырочной электропроводностями.

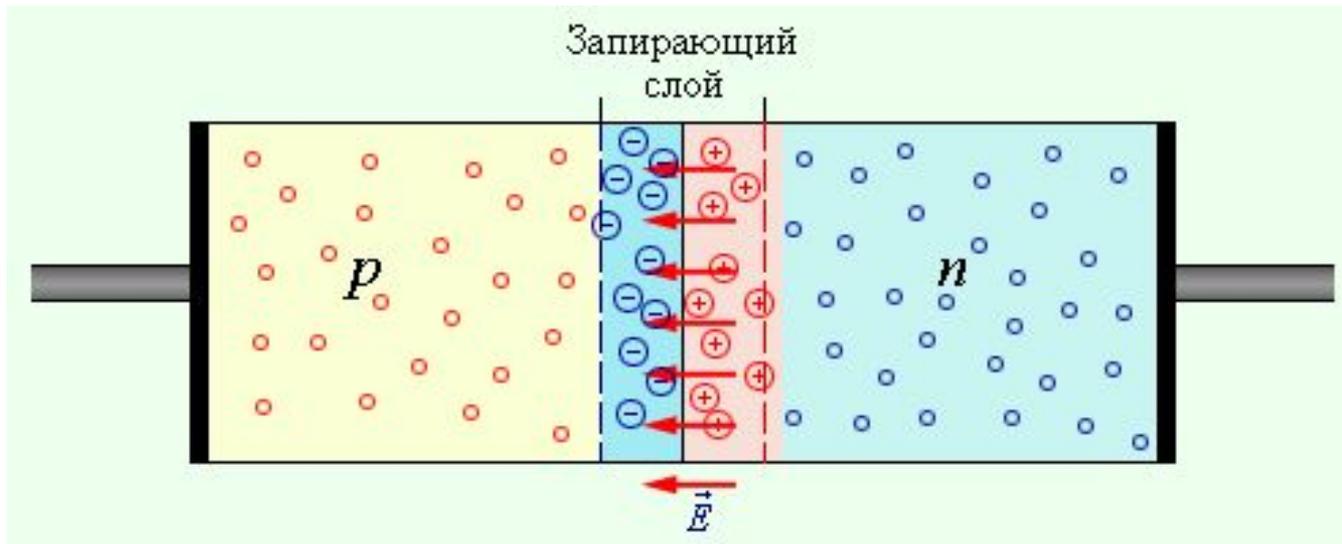


# Дрейфовый и диффузионный ТОКИ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

- *Дрейфовый* ток в кристалле возникает в виде упорядоченного движения электронов и дырок под действием внешнего электрического поля.
- *Диффузионный* ток создается движением заряженных частиц (электронов и дырок) из областей кристалла с повышенной концентрацией в область, обедненную носителями.

# Электронно-дырочный переход

- **Электронно-дырочным** или **p-n переходом** называется тонкий приконтактный слой между двумя частями полупроводникового кристалла, одна из которых обладает электронной, а другая — дырочной электропроводностью.





# Полупроводниковый диод

# Полупроводниковый диод



Общее обозначение диода.



Стабилитрон.



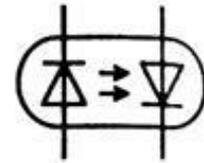
Диод Шотки.



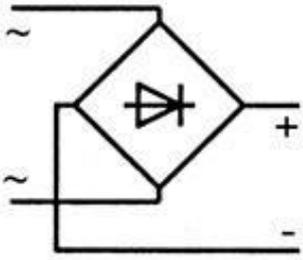
Фотодиод.



Светодиод.



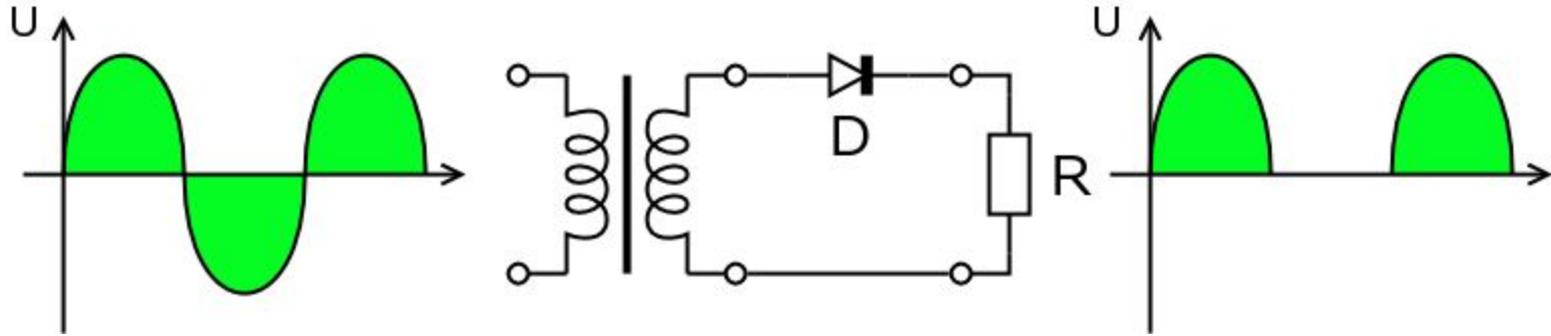
Оптопара.



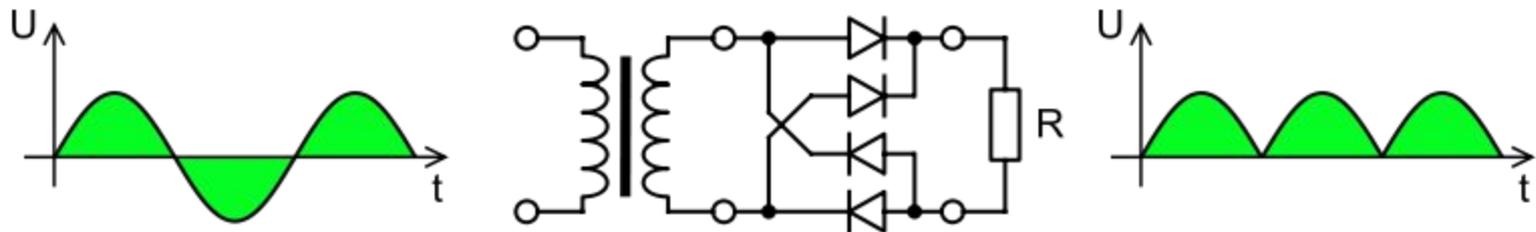
Упрощенное обозначение диодного моста.

**Полупроводниковым диодом** называется прибор, содержащий элемент с одним  $p-n$  переходом. Принцип действия диодов основан на использовании односторонней электропроводности.

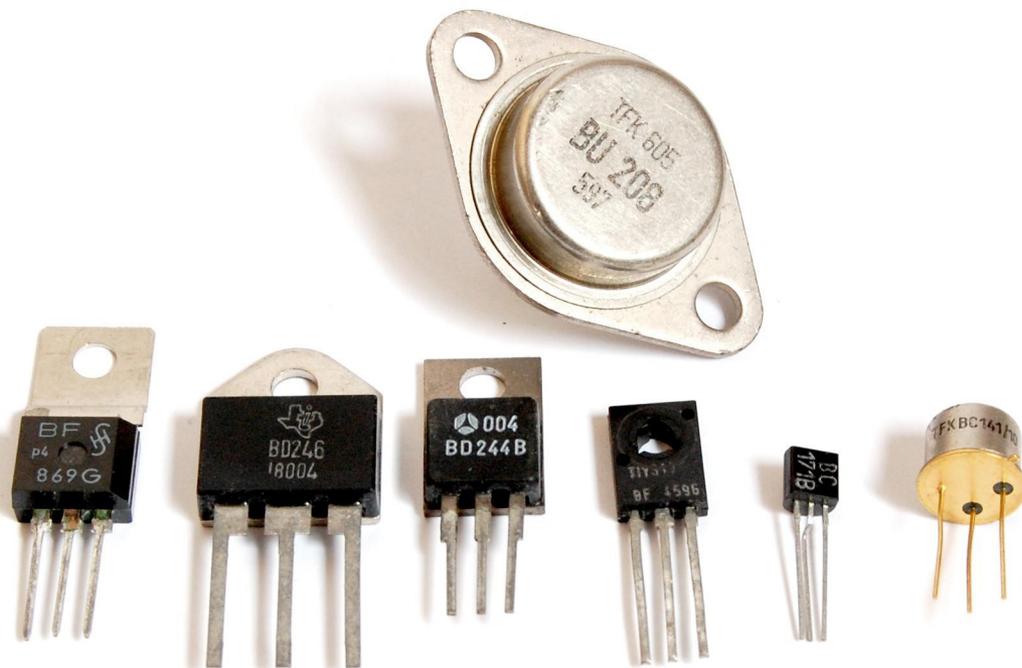
# Однополупериодный выпрямитель (четвертьмост)



- **Полный мост**



# Биполярный транзистор

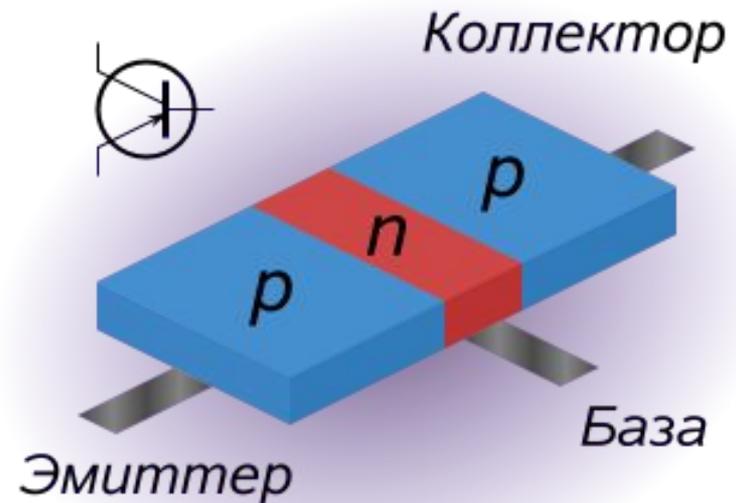


# Биполярный транзистор

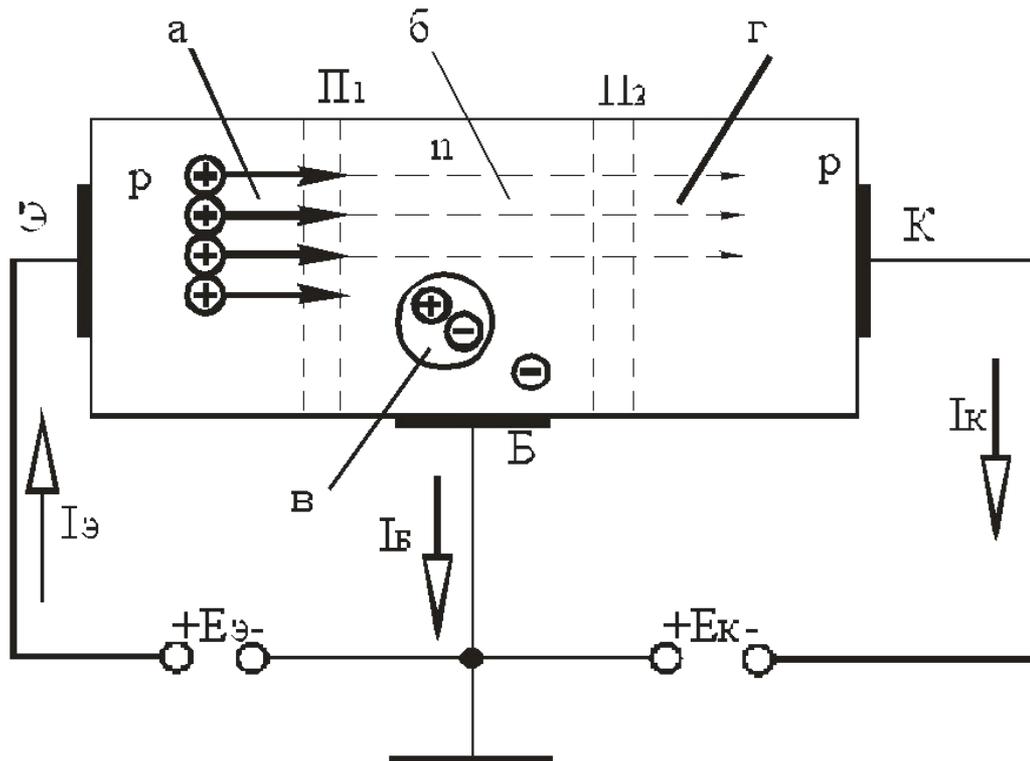
- **Биполярным транзистором** называется полупроводниковый прибор, кристалл которого выполнен с двумя взаимодействующими *p-n* переходами.



Джон Бардин, Уильям Шокли,  
Уолтер Браттейн

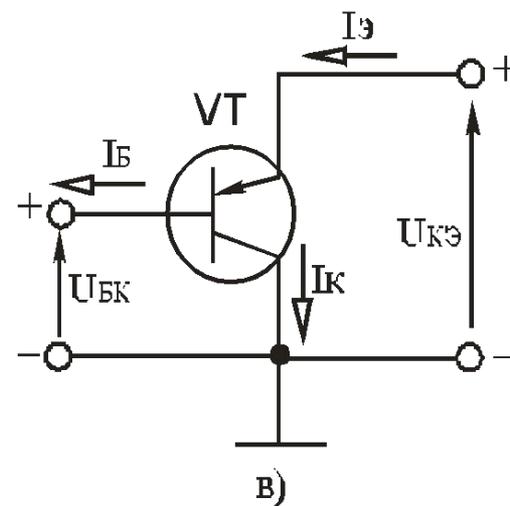
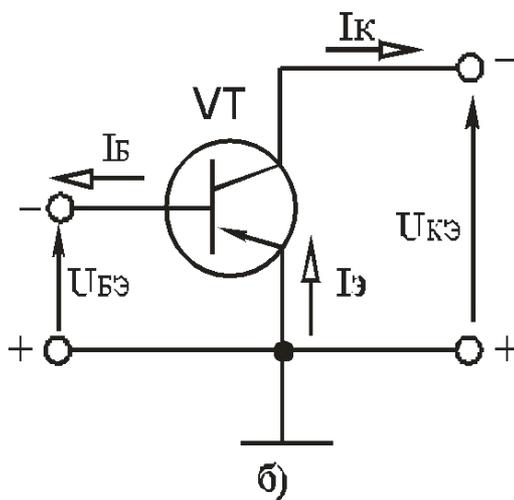
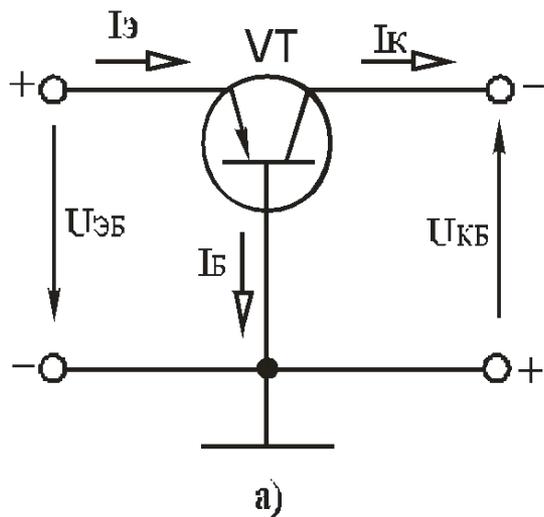


# Принцип действия биполярного транзистора (р-п-р- типа)



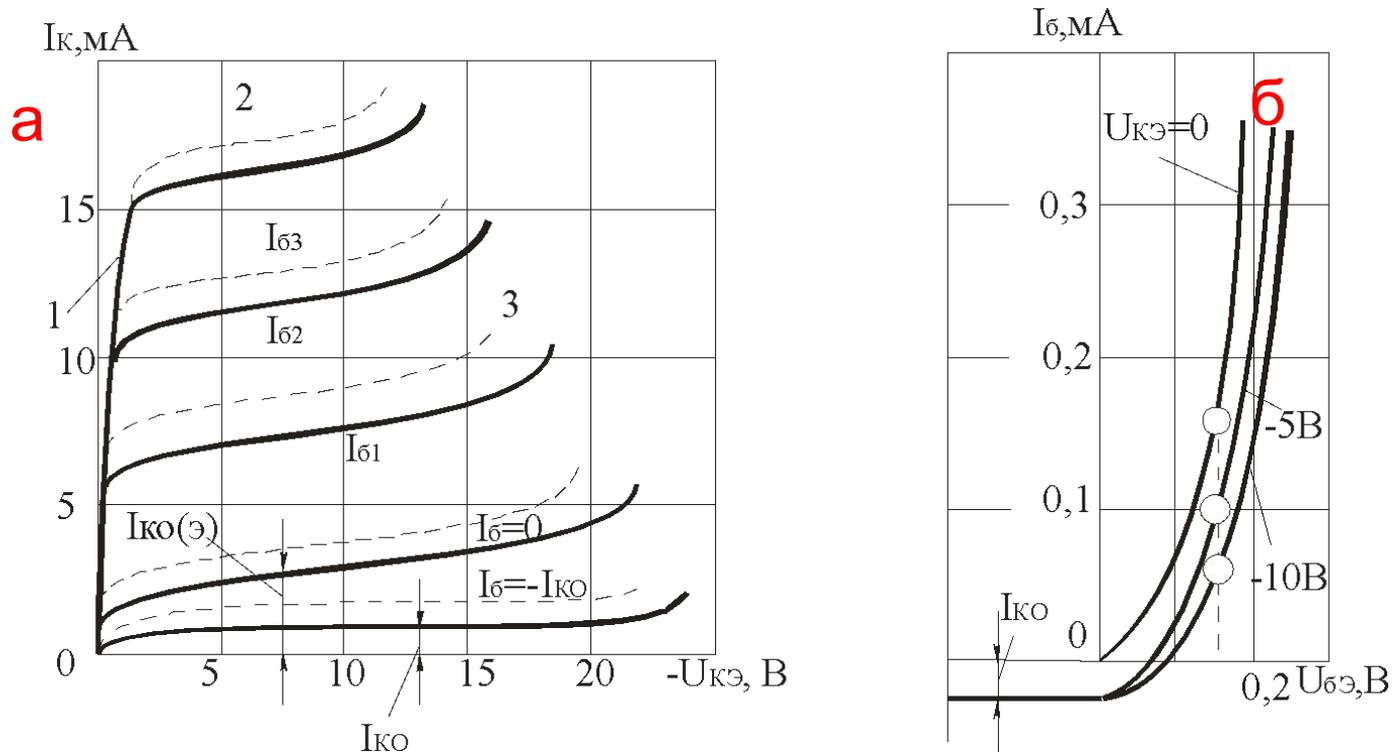
а - инжекция;  
б - диффузия;  
в - рекомбинация;  
г - экстракция (втягивание)

# Схемы включения биполярных транзисторов



# Характеристики транзистора,

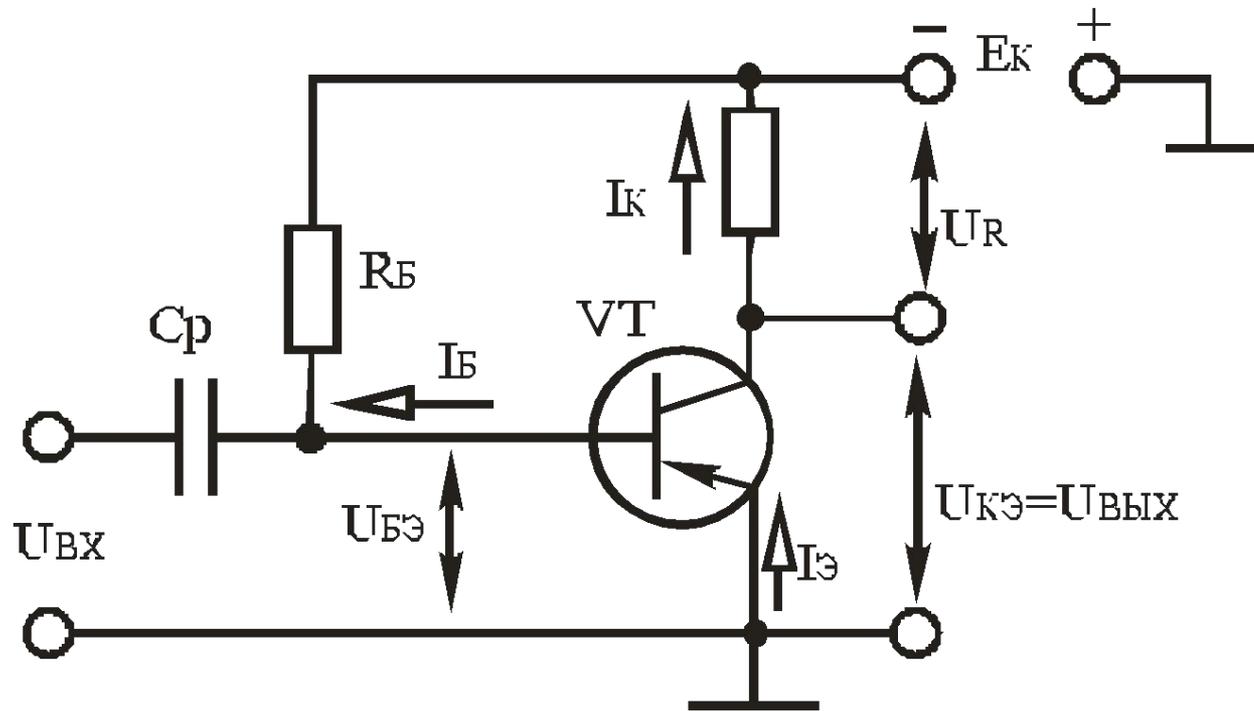
- Входной характеристикой является зависимость:
- $I_B = f(U_{БЭ})$  при  $U_{КЭ} = \text{const}$  (**б**).
- Выходной характеристикой является зависимость:
- $I_K = f(U_{КЭ})$  при  $I_B = \text{const}$  (**а**).



# Режимы работы биполярных транзисторов

- Активный режим, на эмиттерном переходе напряжение прямое, а на коллекторном – обратное.
- Режим отсечки, или запираения, достигается подачей обратного напряжения на оба перехода (оба p-n- перехода закрыты).
- Если же на обоих переходах напряжение прямое (оба p-n- перехода открыты), то транзистор работает в режиме насыщения.

# Простейший усилительный каскад на биполярном транзисторе



# Классификация

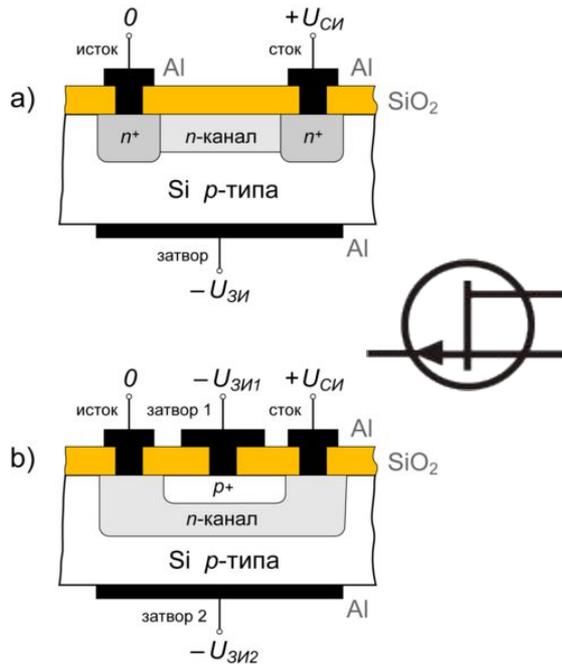
- по материалу: германиевые и кремниевые;
- по виду проводимости областей: типа p-n-p и n-p-n;
- по мощности: малой ( $P_{\max} \leq 0,3\text{Вт}$ ), средней ( $P_{\max} \leq 1,5\text{Вт}$ ) и большой мощности ( $P_{\max} > 1,5\text{Вт}$ );
- по частоте: низкочастотные, среднечастотные, высокочастотные и СВЧ.

# Полевой транзистор

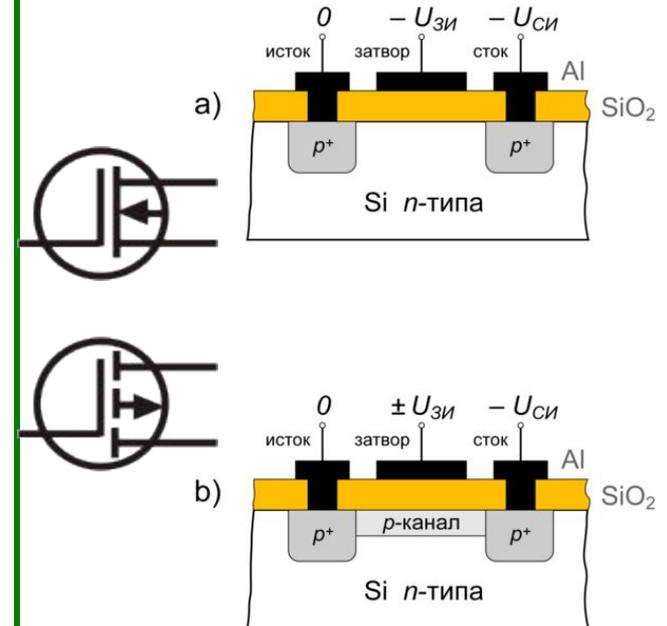
- Полевой транзистор — полупроводниковый прибор, в котором ток изменяется в результате действия перпендикулярного току электрического поля, создаваемого входным сигналом.

# полевые транзисторы

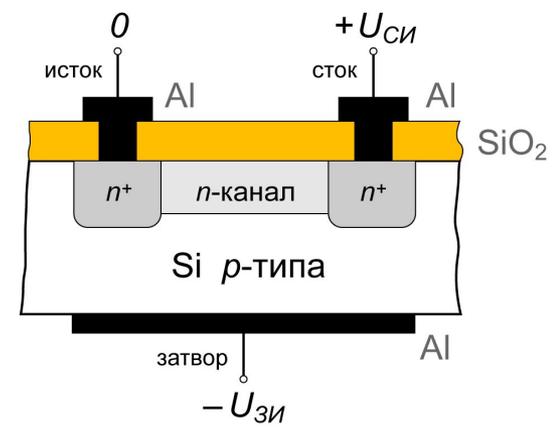
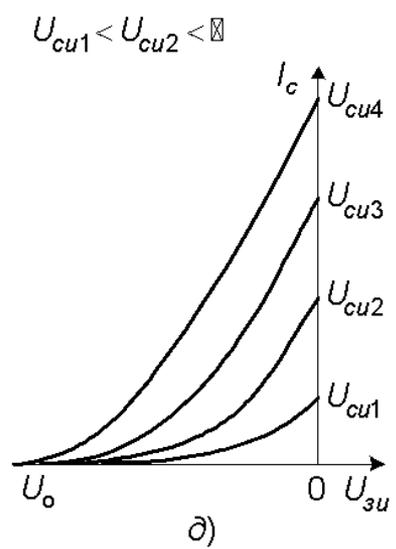
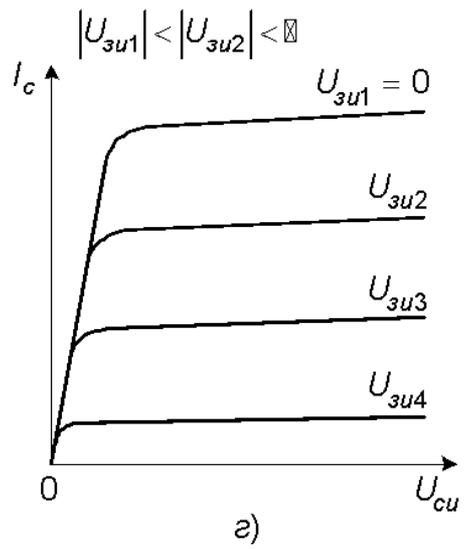
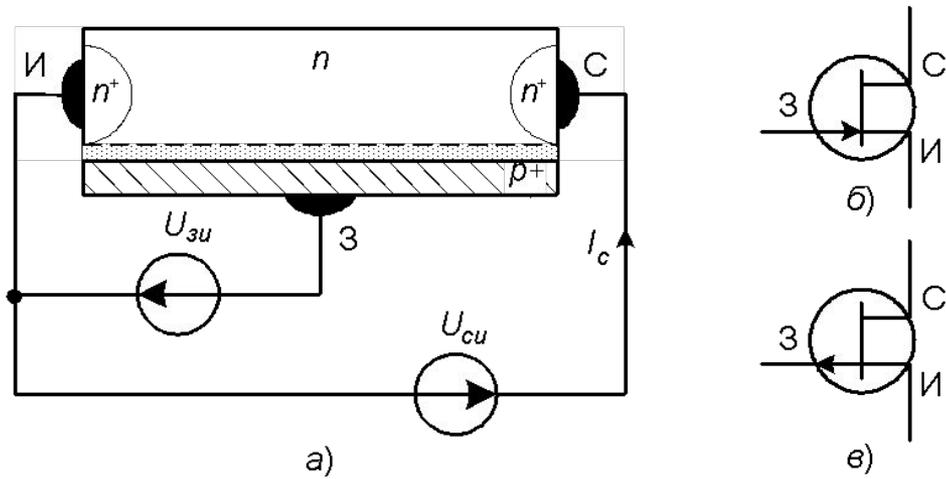
## полевые транзисторы с управляющим $p-n$ -переходом



## полевые транзисторы с изолированным каналом МДП-транзисторы



# Полевые транзисторы с управляющим $p-n$ -переходом



# Полевые транзисторы с изолированным затвором

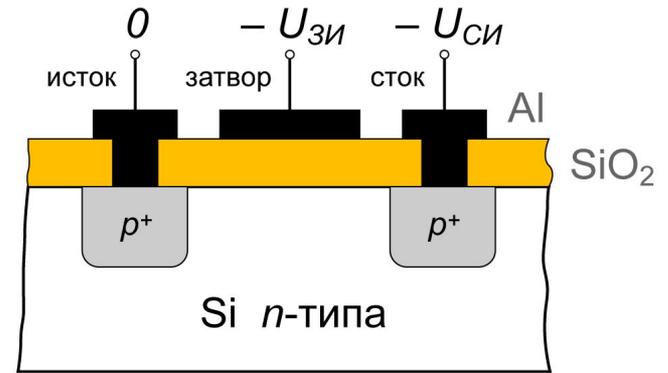
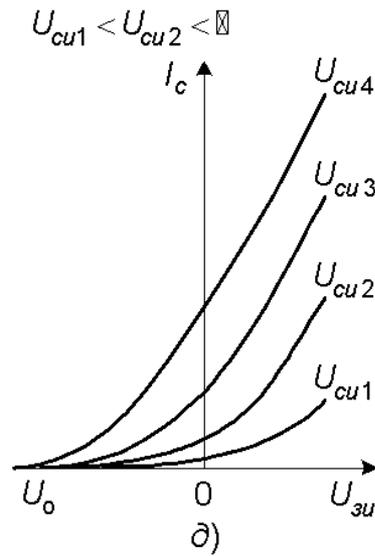
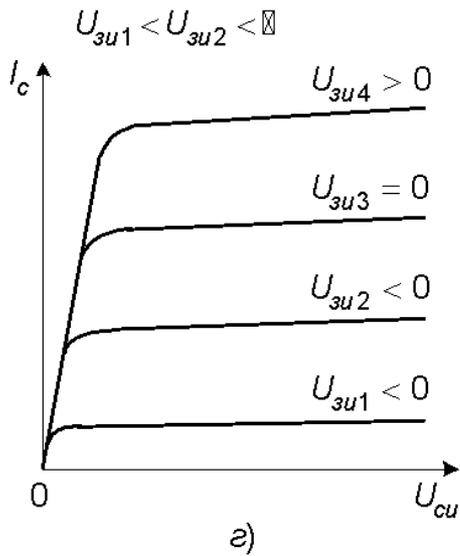
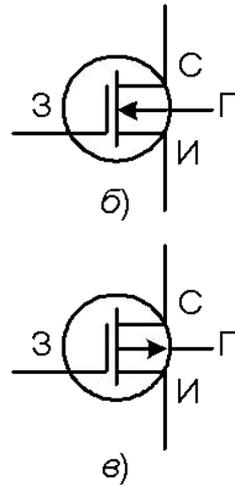
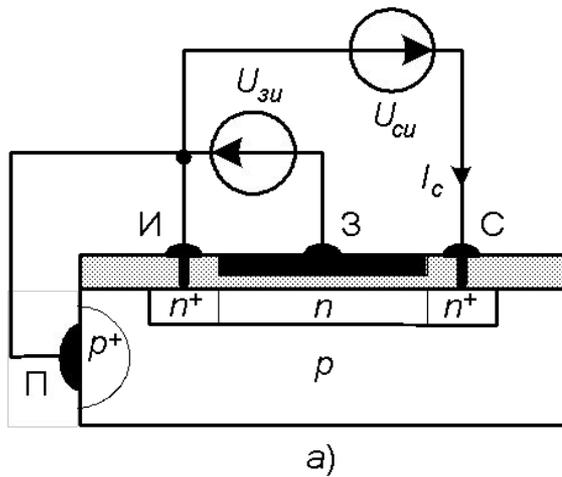
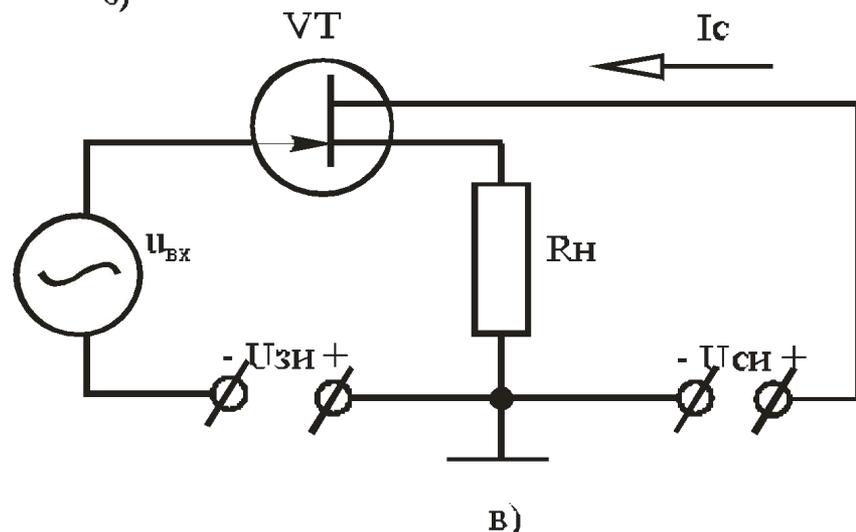
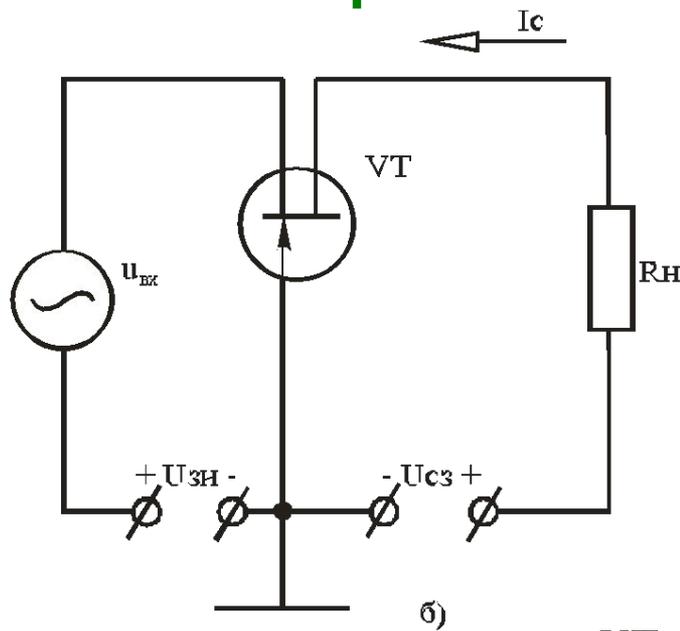
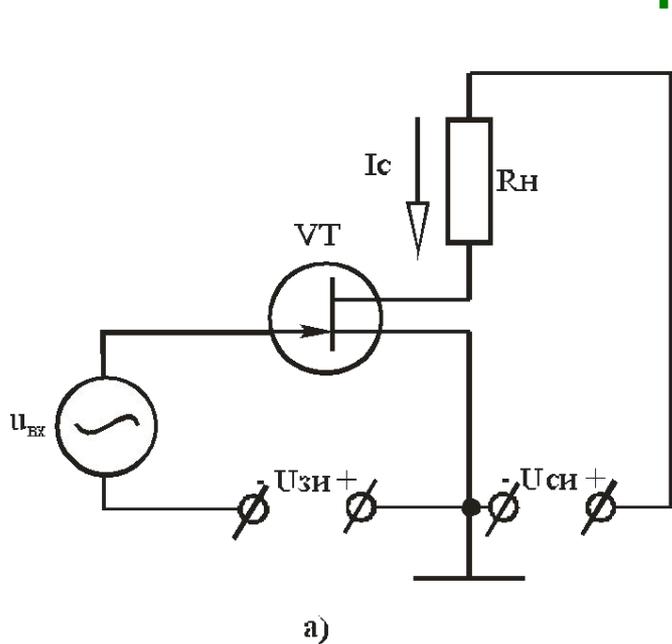


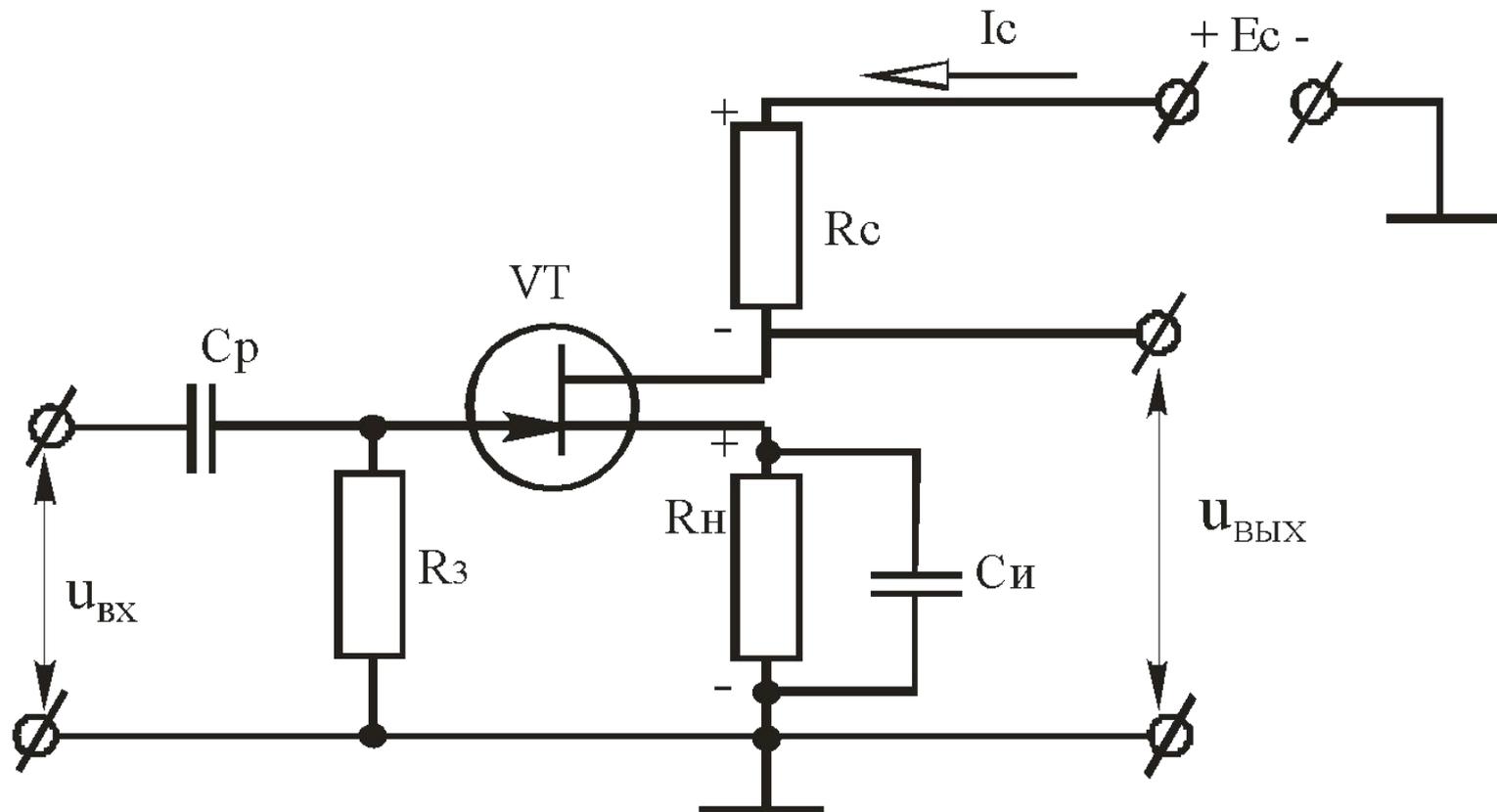
Рис.1.16. МДП-транзистор со встроенным каналом:  
а - структура и схема включения; б, в - обозначение;  
г и д - семейства стоковых и сток-затворных ВАХ

# Схемы включения полевых транзисторов:



а) ОИ; б) ОЗ; в) ОС

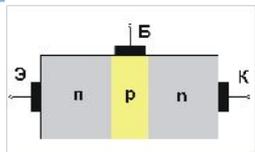
# Простейший усилительный каскад на полевых транзисторах



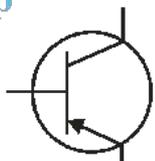
# Структурная классификация транзисторов.

## Транзисторы

### Биполярные



### p-n-p

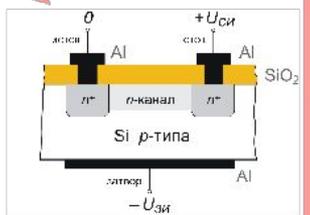


### n-p-n

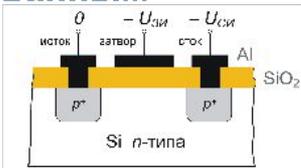


### Полевые

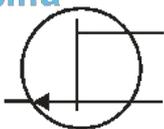
### С p-n-переходом



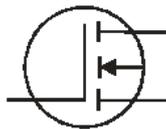
### С изолированным затвором



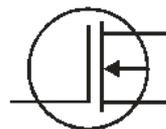
### С каналом p-типа



### С индуцированным каналом



### Со встроенным каналом



### С каналом n-типа

