







## Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводниковые приборы.

Автор: Ирина Владимировна Бахтина, учитель физики  
МОУ «СОШ №3» г. Новый Оскол Белгородской области

# СОДЕРЖАНИЕ

- Особенности и строение полупроводников..... 
- Собственная проводимость полупроводников..... 
- Проводимость полупроводников при наличии примесей... 
- $p - n -$  переход..... 
- Полупроводниковый диод..... 
- Транзистор..... 
- .....



## Полупроводники

— материалы, которые по своей проводимости занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками

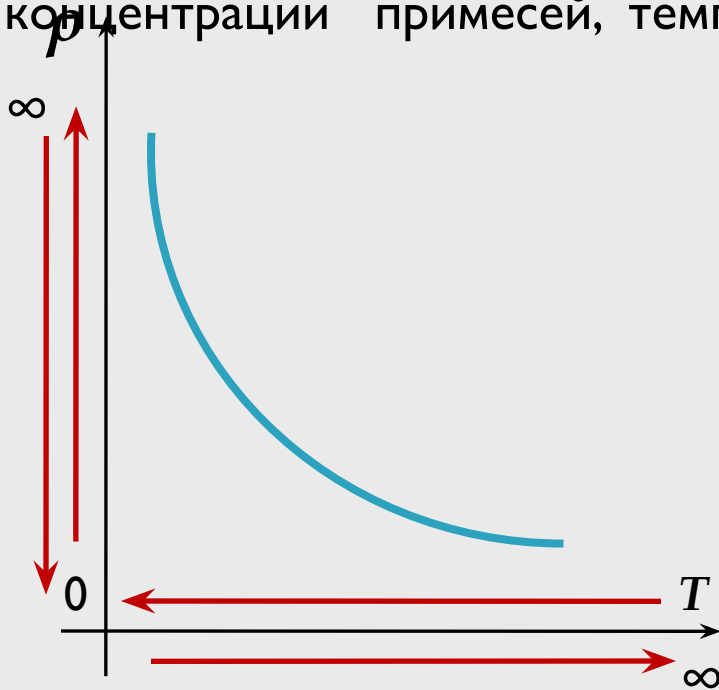
и отличаются от проводников сильной зависимостью проводимости от концентрации примесей, температуры и различных видов излучения.

Основное свойство полупроводников – увеличение электрической проводимости с ростом температуры.

Из графика зависимости  $\rho(T)$  видно, что при  $T \rightarrow 0$ ,  $\rho \rightarrow \infty$ , а при  $T \rightarrow \infty$ ,  $\rho \rightarrow 0$

### Вывод:

При низких температурах полупроводник ведет себя как диэлектрик, а при высоких обладает хорошей проводимостью



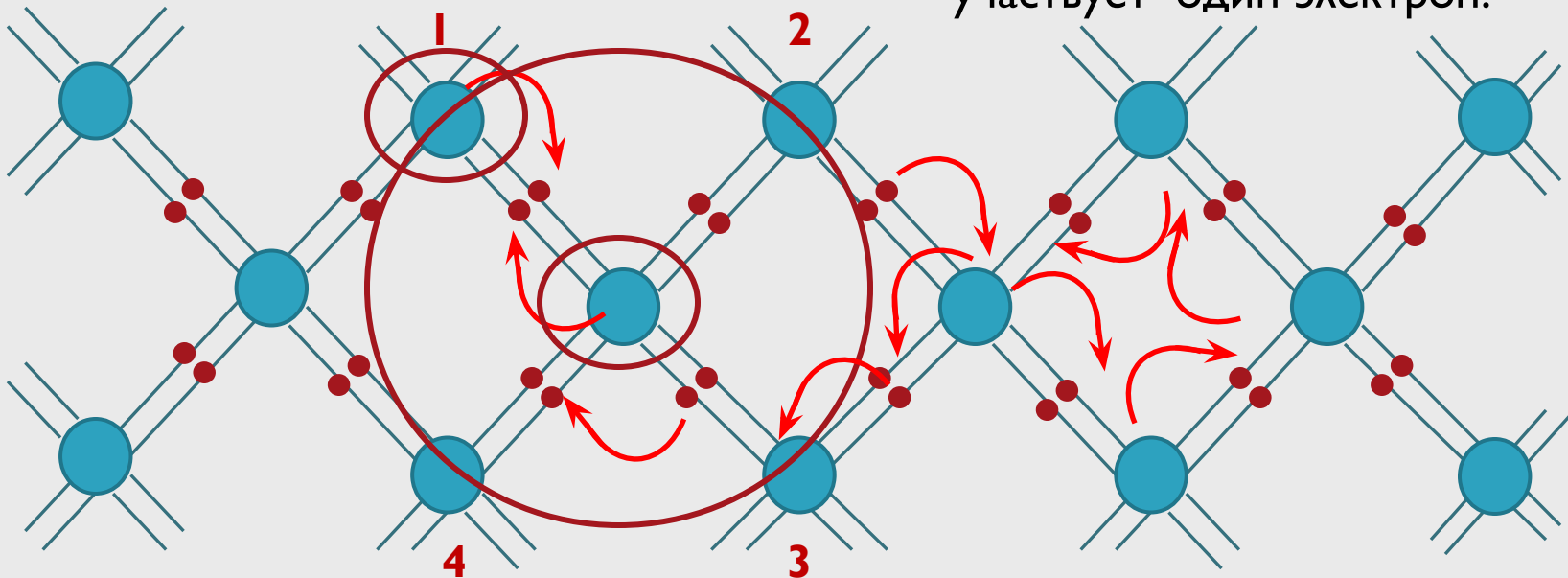
# Строение полупроводников

(на примере кремния)

Кремний – четырехвалентный элемент,  
во внешней оболочке – четыре электрона.  
Каждый атом связан с четырьмя соседними

Каждая пара соседних атомов  
взаимодействует с помощью  
парноэлектронной связи .

От каждого атома в ее образовании  
участвует один электрон.



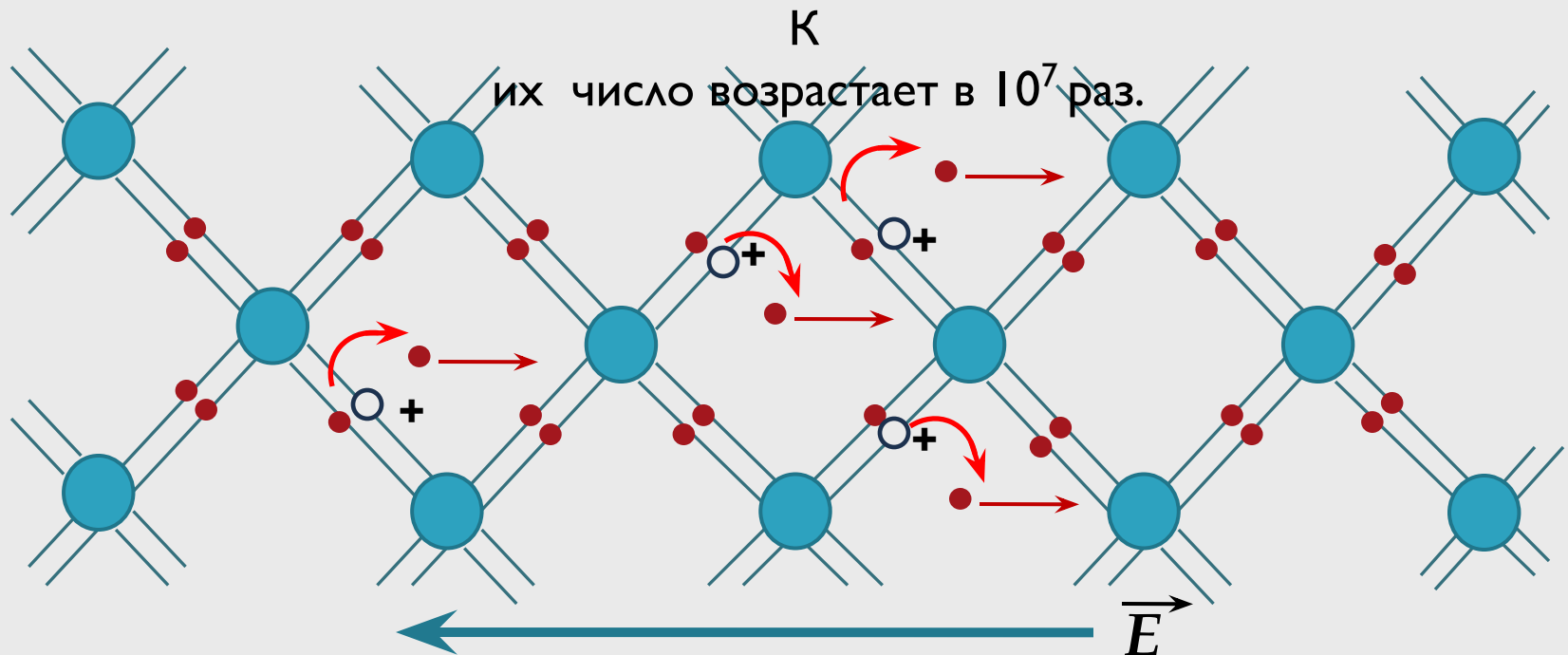
Любой валентный электрон может двигаться и при близких температурах и напряжении, до этого момента, двигаться по решетке в направлении переноса энергии и вещества.



# Собственная проводимость

## ПОЛУПРОВОДНИКОВ

При повышении температуры отдельные связи разрываются, электроны становятся «свободными», в электрическом поле они перемещаются упорядоченно, образуя ток. При увеличении температуры от 300 К до 700



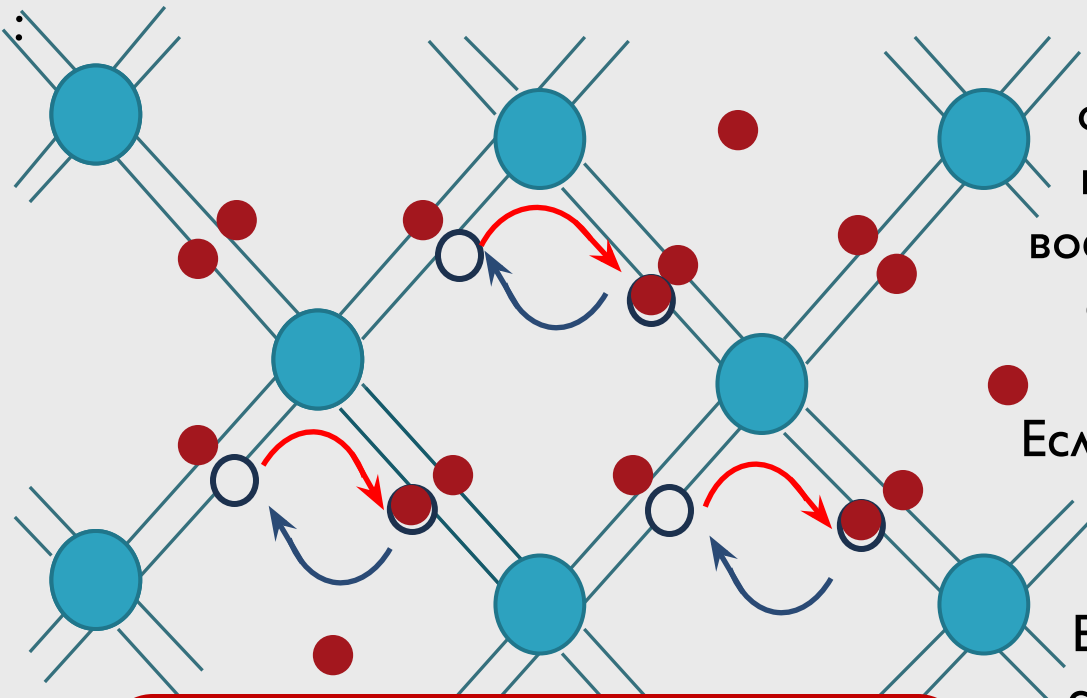
При разрыве связи образуется вакантное место, которое называют **дыркой**.

В дырке имеется избыточный положительный заряд.

# Проводимость чистых полупроводников называется

## **собственной проводимостью полупроводников**

Положение дырки в кристалле постоянно меняется. Этот процесс протекает так



### **Вывод:**

**в полупроводниках имеются носители зарядов двух типов: электроны и дырки.**

Один из электронов, обеспечивающих связь атомов, перескакивает на место дырки, восстанавливает парноэлектронную связь, а там, где он находился, образуется дырка.

Если  $E = 0$ , то перемещение дырок беспорядочно, поэтому не создает тока.

Если  $E \neq 0$ , то движение дырок становится упорядоченным, и к электрическому току, образованному движением электронов, добавляется ток, связанный с перемещением дырок.

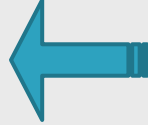
▶ **Собственная проводимость полупроводников обычно**



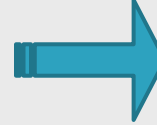
# Электрическая проводимость полупроводников

## при наличии примесей

### ДОНОР НЫЕ



### ПРИМЕСИ



### АКЦЕПТОР НЫЕ

Примеси, легко отдающие электроны, увеличивающие количество свободных электронов.

Атом **мышьяка** имеет 5 валентных электронов, 4 из которых участвуют в образовании парноэлектронных связей, а пятый становится свободным.

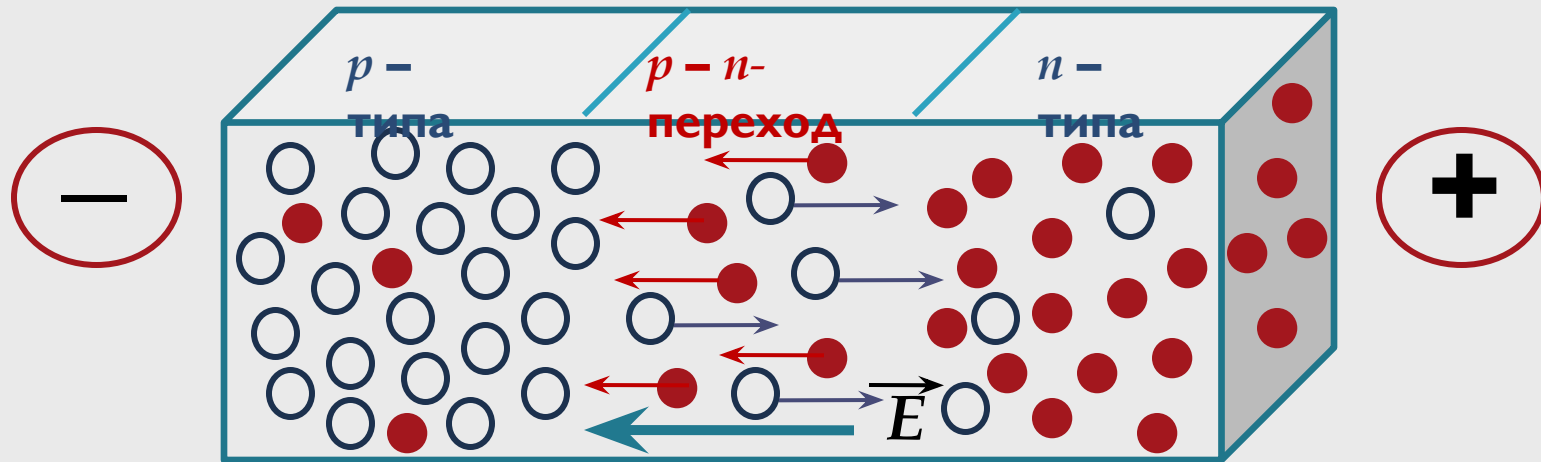
Полупроводники, содержащие донорные примеси, называются полупроводниками **n – типа** от слова **negative** – отрицательный

Примеси, легко принимающие электроны, увеличивающие количество дырок.

Атом **индия** имеет 3 валентных электрона, которые участвуют в образовании парноэлектронных связей, а для образования четвертой электрона недостает, в результате образуется дырка.

Полупроводники, содержащие акцепторные примеси, называются полупроводниками **p – типа** от слова **positive** – положительный

# Наибольший интерес представляет контакт полупроводников $p$ – и $n$ – типа, называемый $p$ – $n$ -переходом



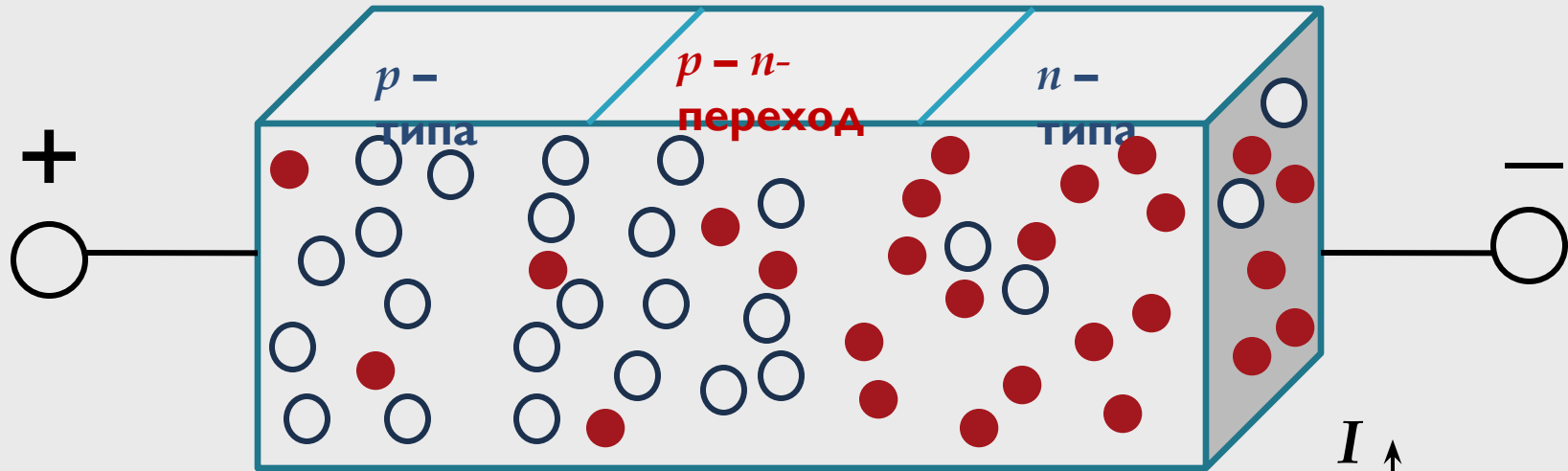
При образовании контакта электроны частично переходят из полупроводника  $n$  - типа в полупроводник  $p$  – типа, а дырки – в обратном направлении. В результате полупроводник  $n$  - типа заряжается положительно, а  $p$  – типа – отрицательно.

В зоне перехода возникает электрическое поле, которое через некоторое время начинает препятствовать дальнейшему перемещению дырок и электронов.



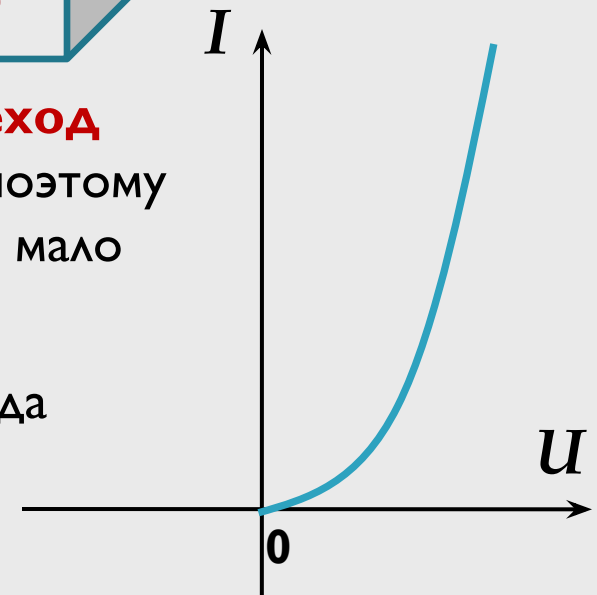


# Особенности действия $p - n$ -перехода при его подключении в цепь



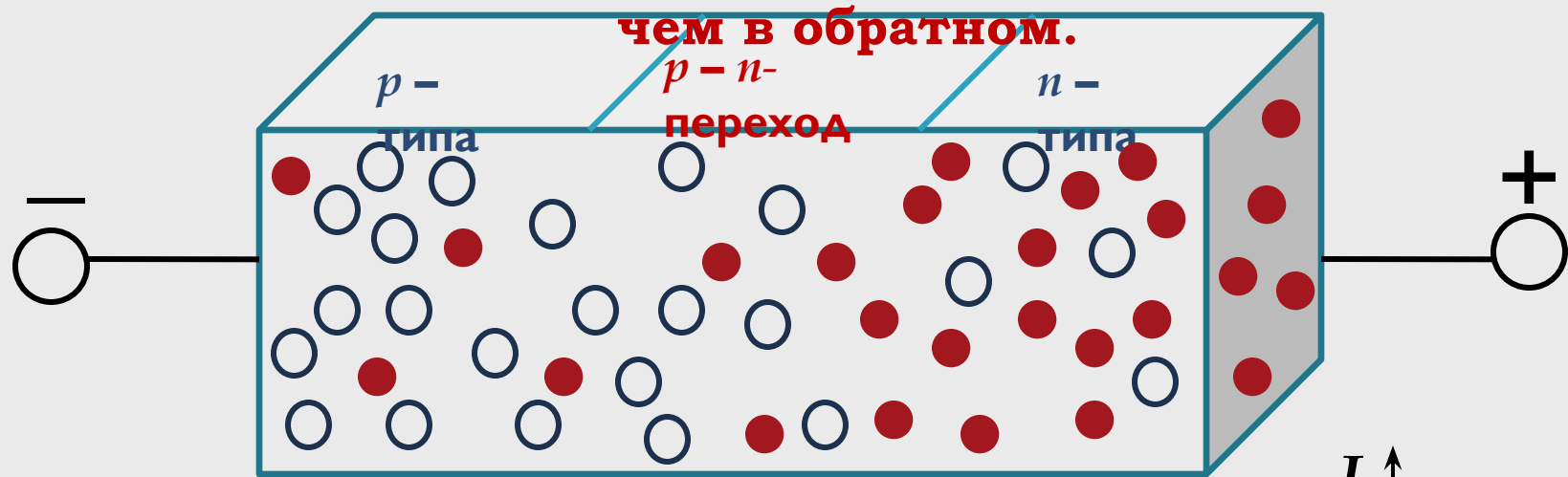
При данном подключении ток через  $p - n$ -переход осуществляется основными носителями зарядов, поэтому проводимость перехода велика, а сопротивление мало

Рассмотренный переход называют  
Вольт-амперная характеристика прямого перехода изображена на графике



**$p$  -  $n$ -переход по отношению к току оказывается несимметричным :**

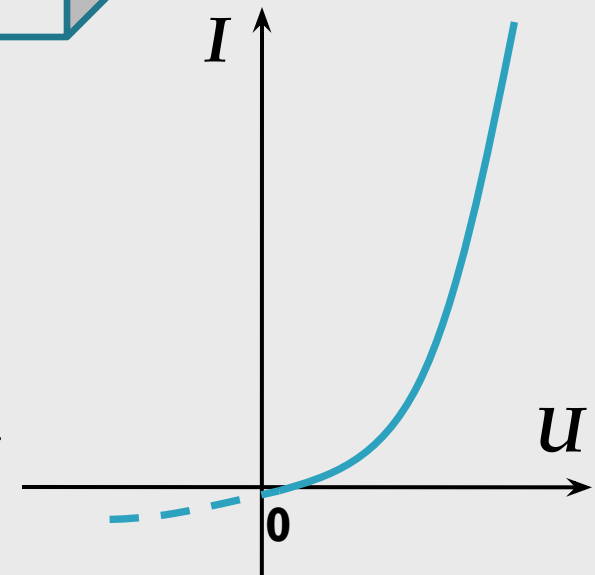
**в прямом направлении сопротивление перехода значительно меньше,**



При данном подключении ток через  **$p$  -  $n$ -переход** осуществляется неосновными носителями, поэтому проводимость перехода мала, а сопротивление велико.

Этот переход называют

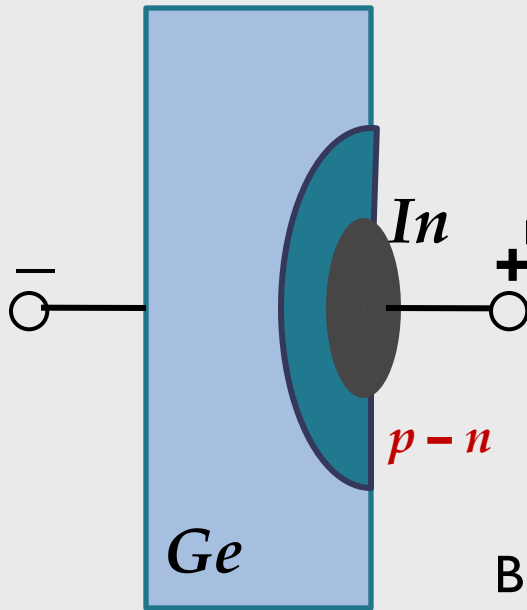
Вольт - амперная характеристика обратного перехода изображена на графике пунктиром.



# Полупроводниковый диод благодаря своему основному свойству – односторонней проводимости, широко используется для

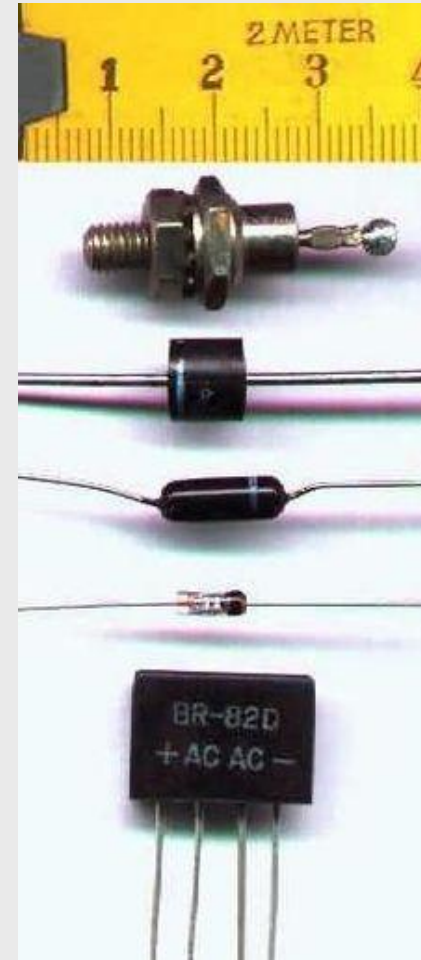
## выпрямления переменного тока

Изготавливают диоды из германия, кремния, селена, помещая их в герметичный металлический корпус.



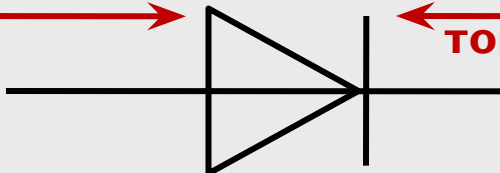
### Преимущества полупроводниковых диодов

- не требуют специального источника энергии для образования носителей заряда;
- очень компактны, миниатюрны;



пропускает ток

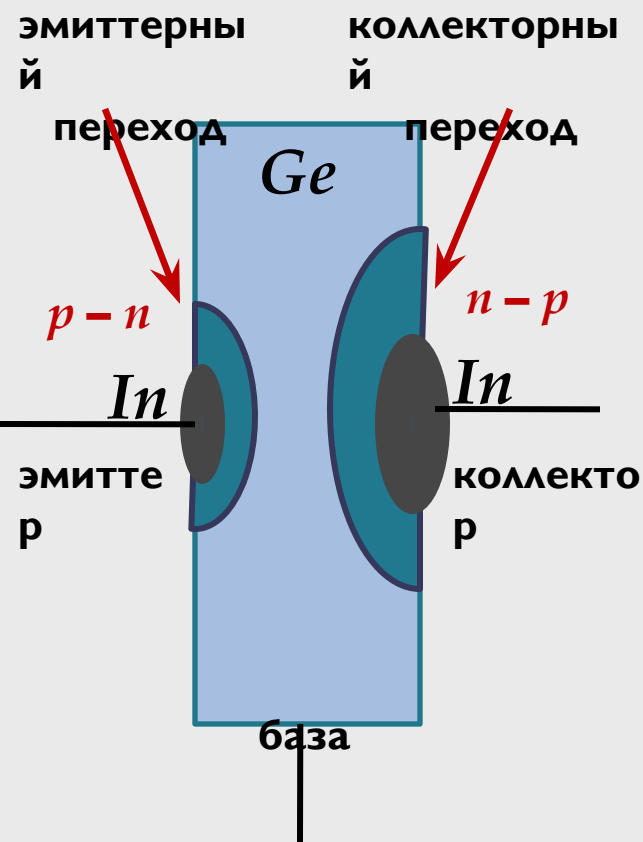
не пропускает ток



- обозначение диода на схеме



**Транзистор – прибор, позволяющий входным сигналам управлять током в электрической цепи. Обычно используется для усиления и преобразования электрических сигналов.**



Три области: эмиттер, база, коллектор.

Два *p – n – перехода*:

- эмиттер – база – эмиттерный переход;
- коллектор – база – коллекторный переход

В зависимости от проводимости базы, транзисторы делятся на два типа: *n – p – n* и *p – n – p*

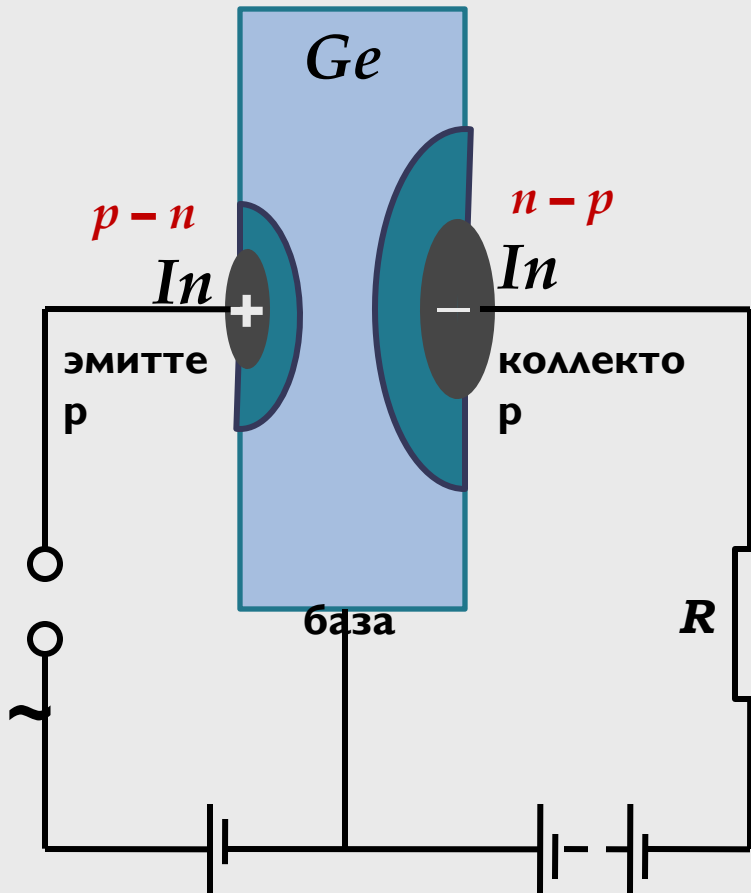
Толщина базы должна быть значительно меньше длины свободного пробега носителей тока, а концентрация основных носителей в базе значительно меньше концентрации основных носителей тока в эмиттере – для минимальной рекомбинации в базе.

Площадь коллекторного перехода должна быть больше площади эмиттерного перехода, чтобы перехватить весь поток носителей тока от эмиттера.



# Рассмотрим принцип действия прибора при включении

в цепь, схема которой показана на рисунке



При создании напряжения между эмиттером и базой, основные носители - дырки, проникают в базу, где небольшая часть их рекомбинирует с электронами базы, а основная часть попадает в коллекторный переход, который закрыт для электронов, но не для дырок.

Т.к. основное число дырок, пройдя через базу, замкнули цепь, сила тока в эмиттере и коллекторе практически равны.

Сила тока в коллекторе от величины сопротивления  $R$  практически не зависит,

Но от его величины будет зависеть напряжение на нем. Именно поэтому, изменяя сопротивление, можно получать многократное усиление напряжения, а, значит, и мощности.



# Применение транзисторов

Транзисторы получили чрезвычайно широкое распространение:

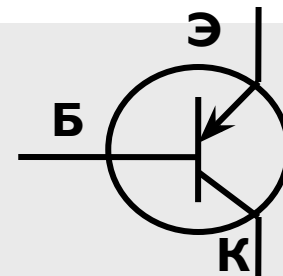
- заменяют электронные лампы во многих цепях;
  - портативная радиоаппаратура;
  - цифровая техника;
  - процессоры;

И все это благодаря своим преимуществам:

- не потребляют большой мощности,
- компактны по размерам и массе,
- работают при более низких напряжениях.

Недостатками транзисторов являются:

- большая чувствительность к повышению температуры;
- чувствительность к электрическим перегрузкам;
- чувствительность к проникающим излучениям.



обозначение транзистора на схеме



# Литература и интернет – ресурсы

---

1. **Мякишев Г.Я. Физика: учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – М. : Просвещение, 2009 г.**
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Транзистор> - фото транзисторов
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Диод> - фото ДИОДОВ

