

**Собственная и примесная
проводимость полупроводников.**

Полупроводниковые приборы.

Полупроводники

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

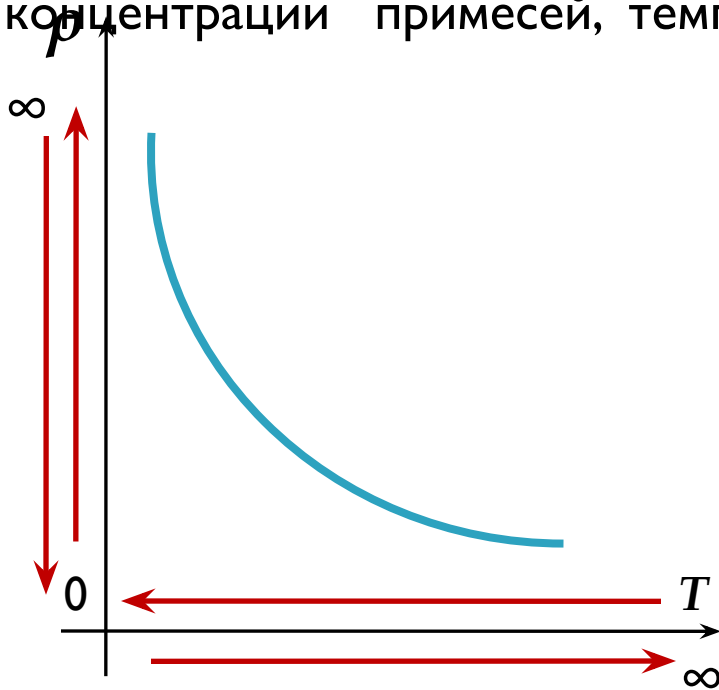
и отличаются от проводников сильной зависимостью проводимости от концентрации примесей, температуры и различных видов излучения.

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



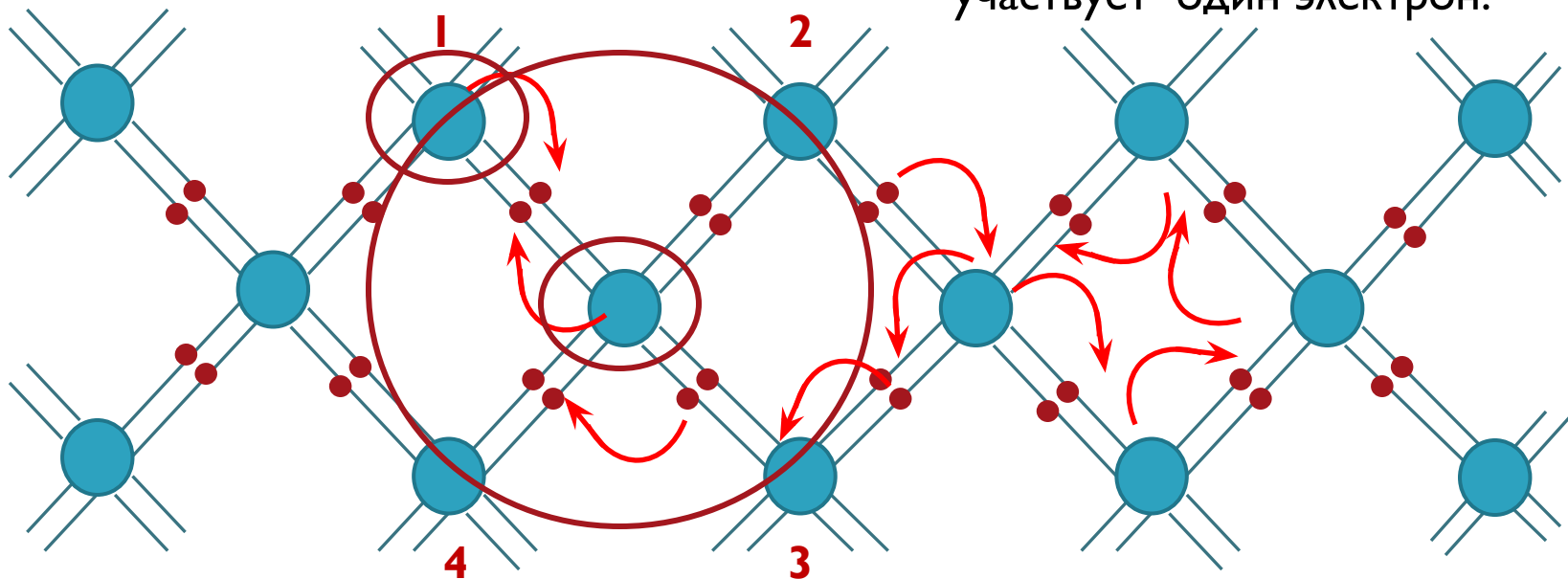
Строение полупроводников

(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.



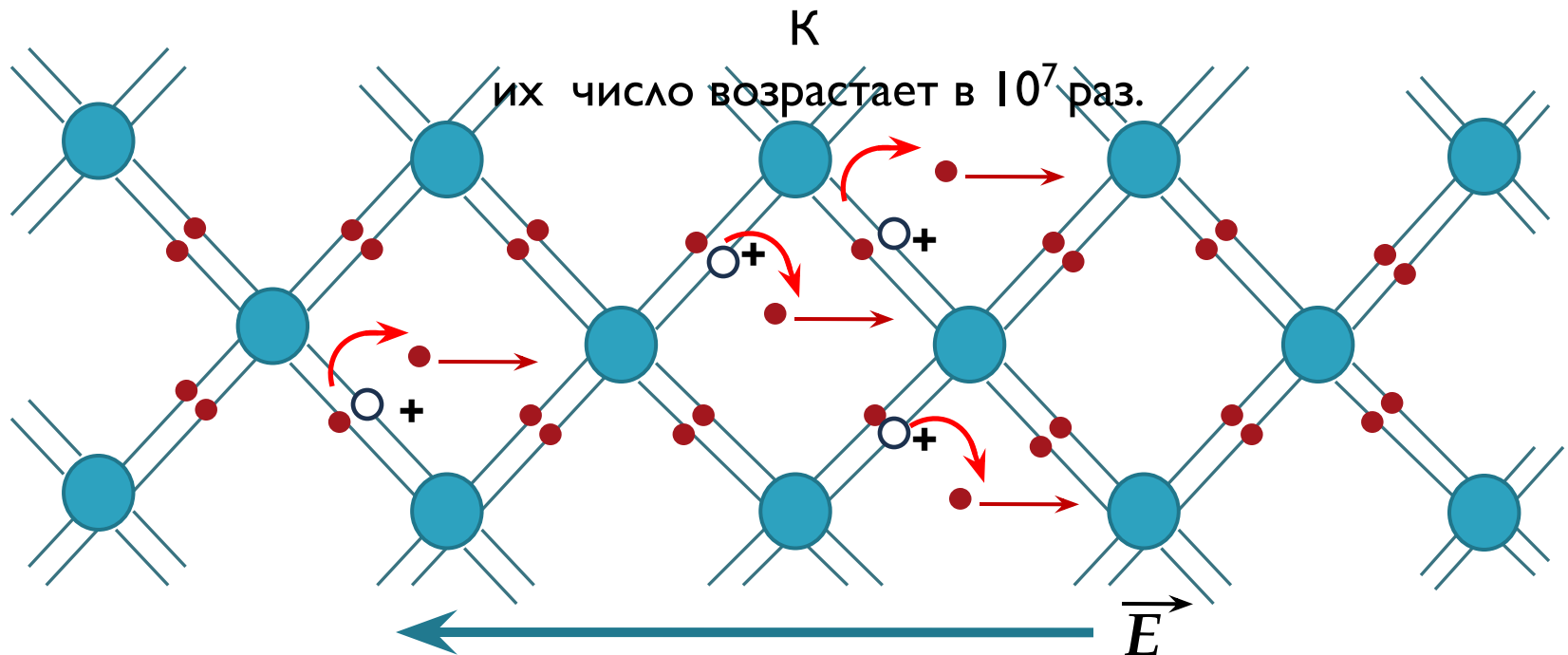
Любой валентный электрон может двигаться при близких температурах и напряжении, до этого момента, двигаться по решетке в кристалле.



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**.

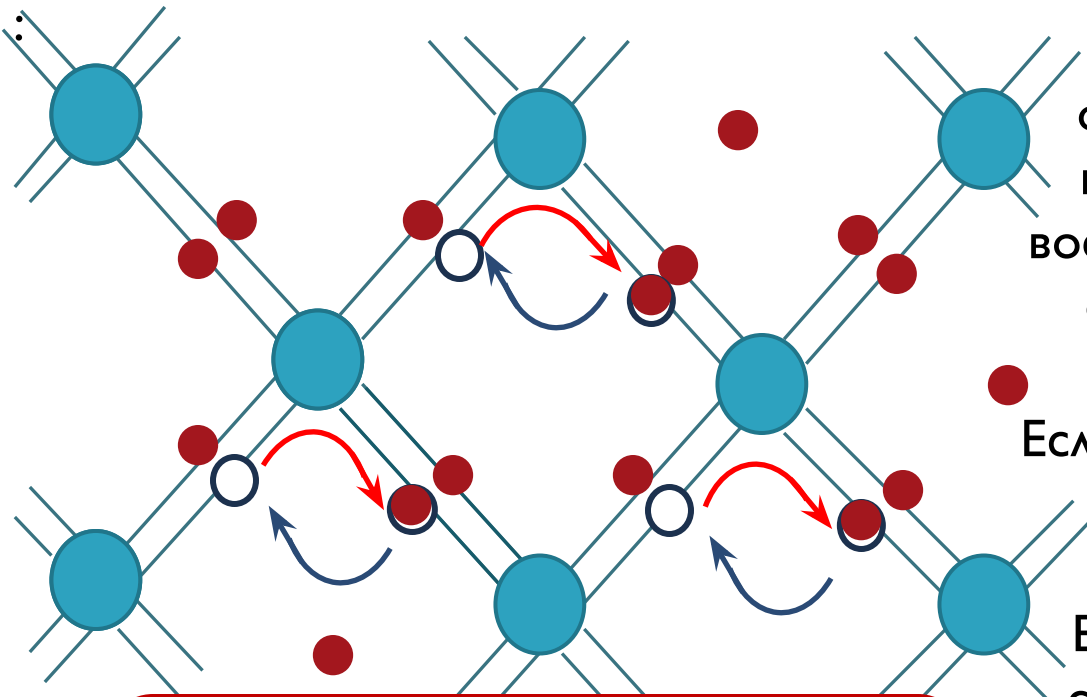
В дырке имеется избыточный положительный заряд.



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.

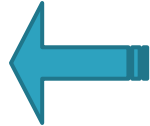
▶ **Собственная проводимость полупроводников обычно**



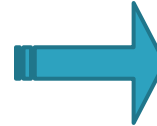
Электрическая проводимость полупроводников

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

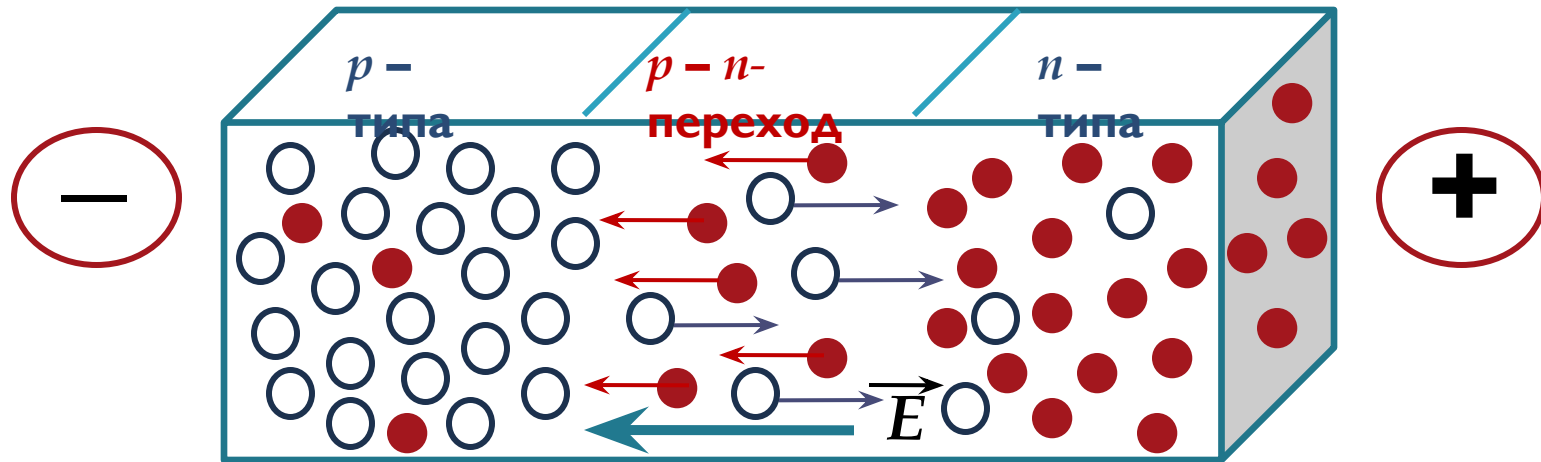
Примеси, легко принимающие электроны, увеличивающие количество дырок.

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

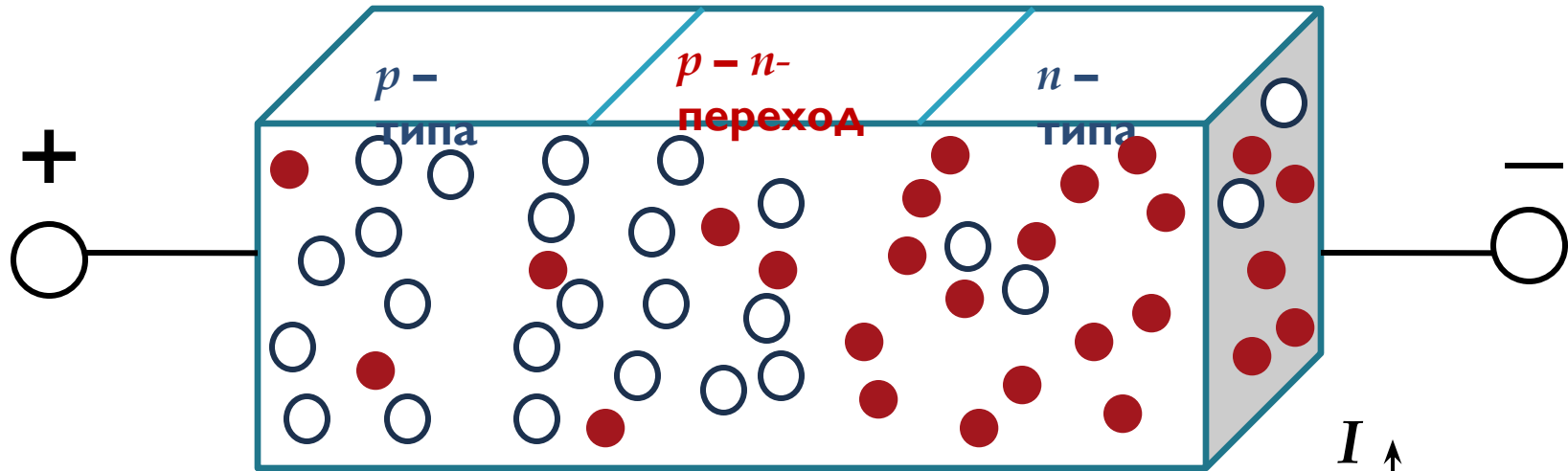


При образовании контакта электроны частично переходят из полупроводника n - типа в полупроводник p – типа, а дырки – в обратном направлении. В результате полупроводник n - типа заряжается положительно, а p – типа – отрицательно.

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

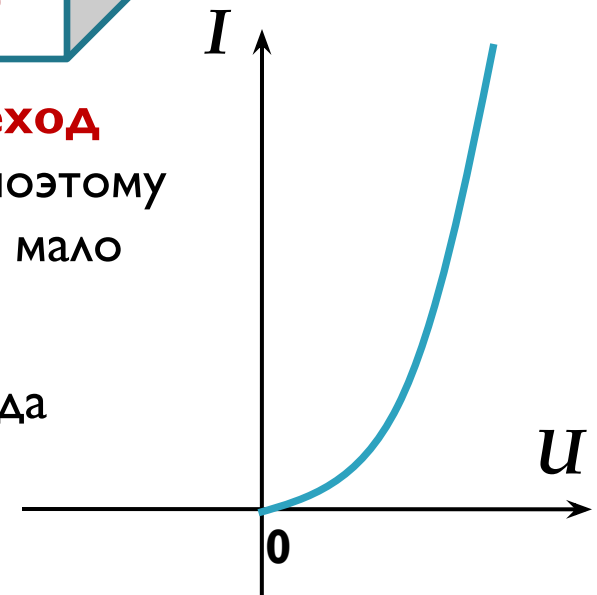


Особенности действия $p - n$ -перехода при его подключении в цепь



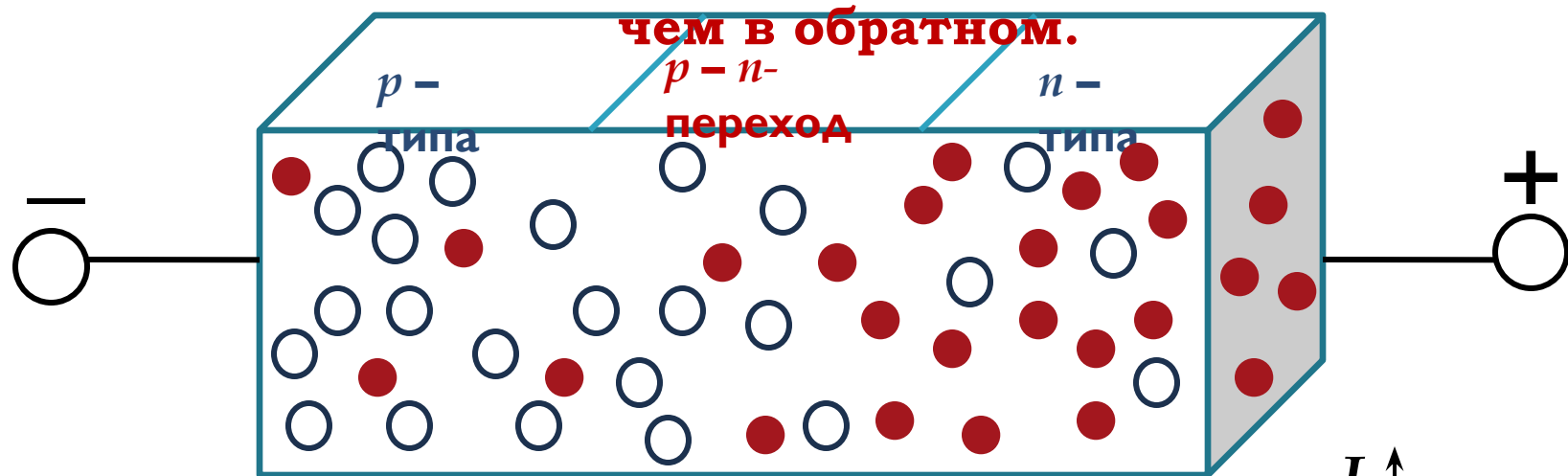
При данном подключении ток через $p - n$ -переход осуществляется основными носителями зарядов, поэтому проводимость перехода велика, а сопротивление мало

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



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

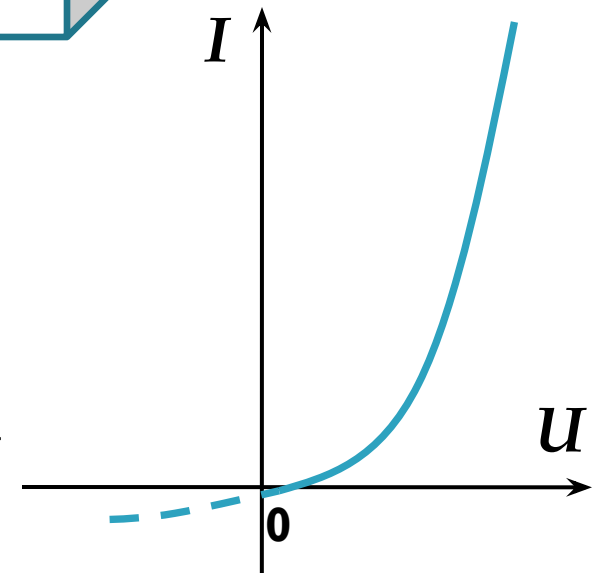
в прямом направлении сопротивление перехода значительно меньше,



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

Этот переход называют

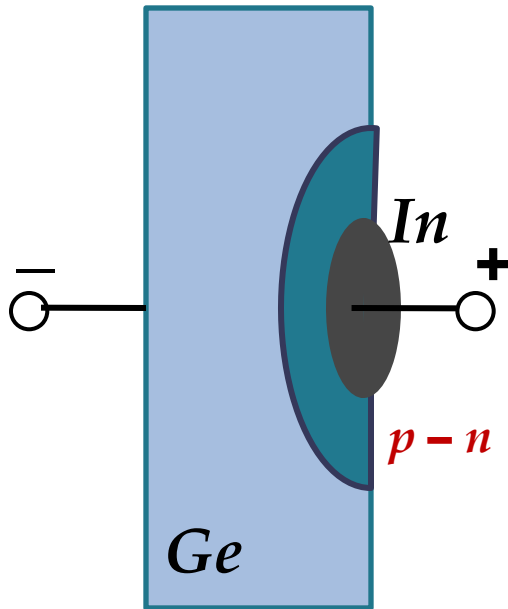
Вольт - амперная характеристика обратного перехода изображена на графике пунктиром.



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

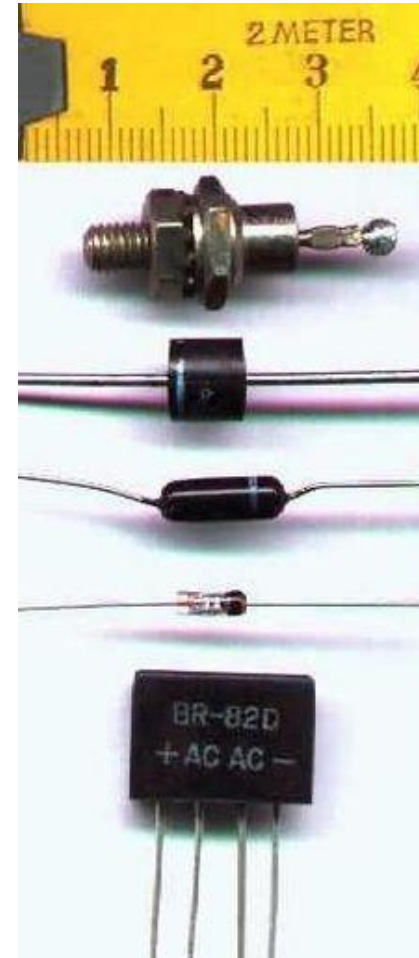
выпрямления переменного тока

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



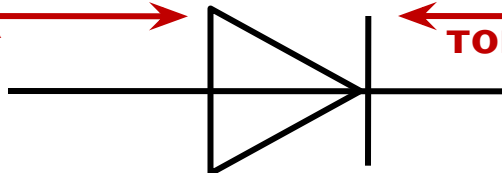
Преимущества полупроводниковых диодов

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



пропускает ток

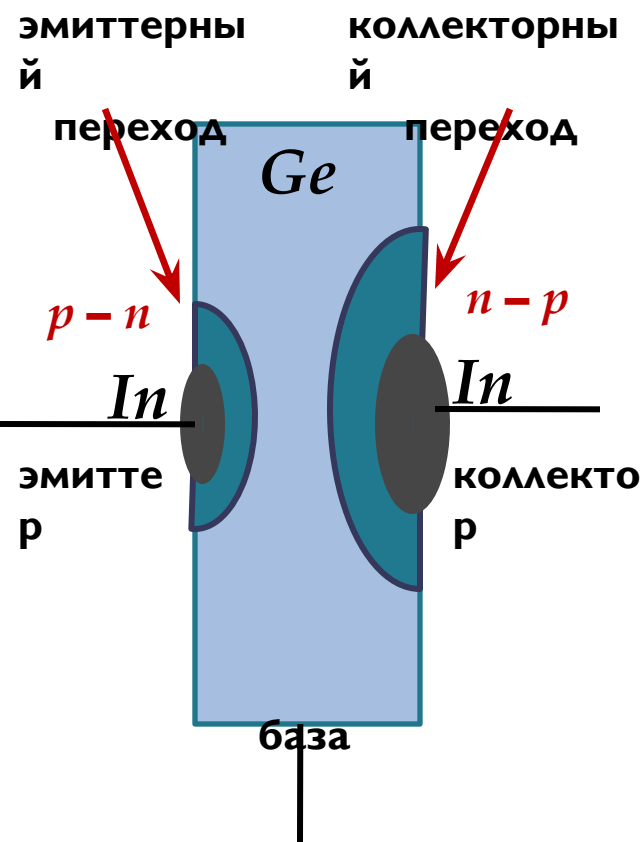
не пропускает ток



- 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*

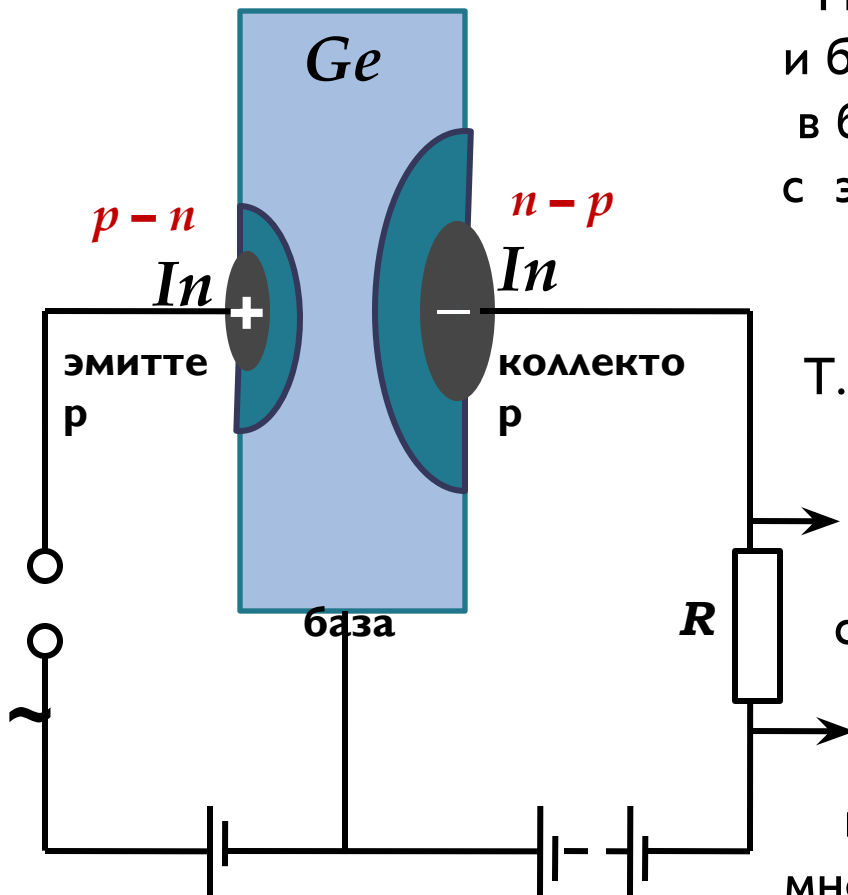
Толщина базы должна быть значительно меньше длины свободного пробега носителей тока, а концентрация основных носителей в базе значительно меньше концентрации основных носителей тока в эмиттере – для минимальной рекомбинации в базе.

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:

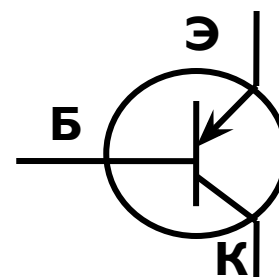
- заменяют электронные лампы во многих цепях;
 - портативная радиоаппаратура;
 - цифровая техника;
 - процессоры;

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

