Лекция №8

Собственная проводимость полупроводников. Примесные проводимости. Полупроводниковые приборы (диоды, транзисторы) и использование их в технике.

ПРЕПОДОВАТЕЛЬ
«INTERNATIONAL HOUSE TASHKENT»
УЗОҚОВ АБДУЛЛА АБДУРАИМОВИЧ

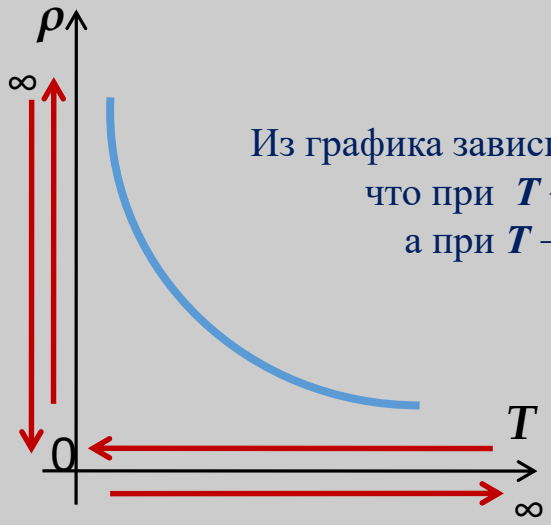
План

- Особенности и строение полупроводников
- Собственная проводимость полупроводников
- Проводимость полупроводников при наличии примесей
- p – n – переход
- Полупроводниковые приборы

Полупроводник

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.



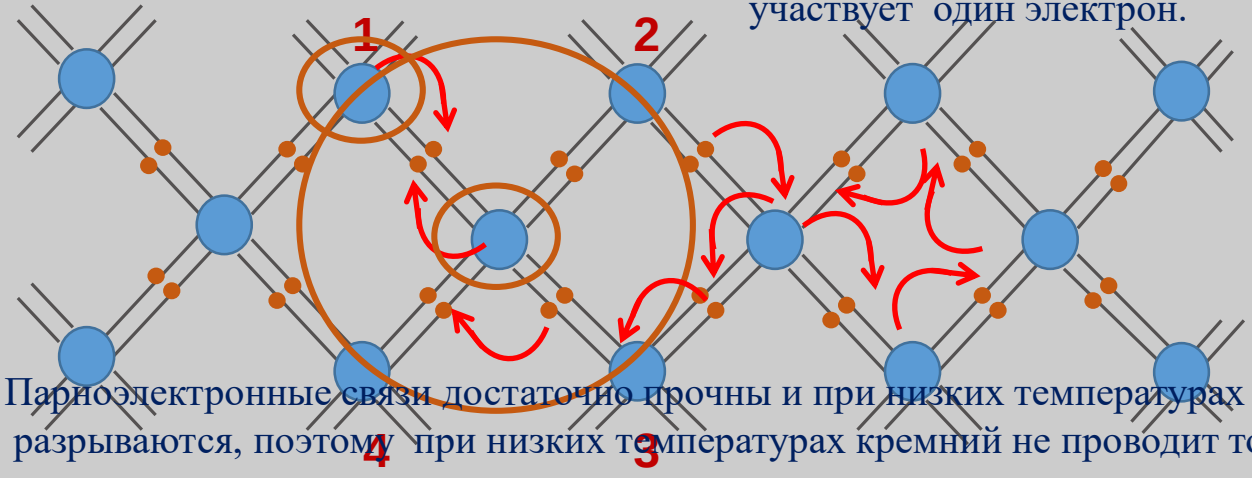
Из графика зависимости $\rho(T)$ видно, что при $T \to 0$, $\rho \to \infty$, а при $T \to \infty$, $\rho \to 0$

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.

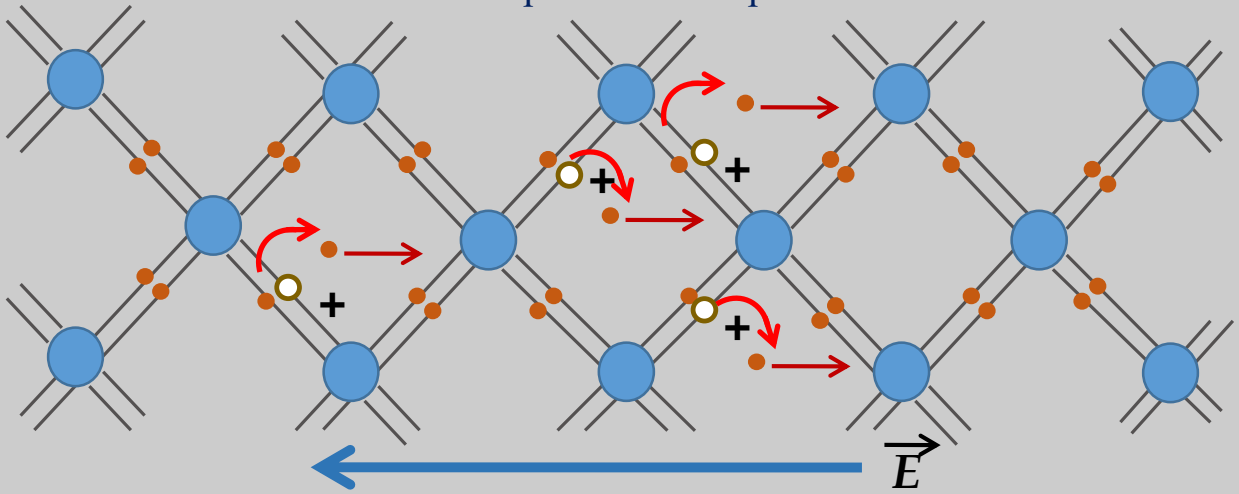


Парноэлектронные связи достаточно прочны и при низких температурах не разрываются, поэтому при низких температурах кремний не проводит ток.

Любой валентный электрон может двигаться по любой из четырех связей атома, а , дойдя до соседнего, двигаться по его связям, т.е по всему кристаллу.

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 К их число возрастает в 10^7 раз.

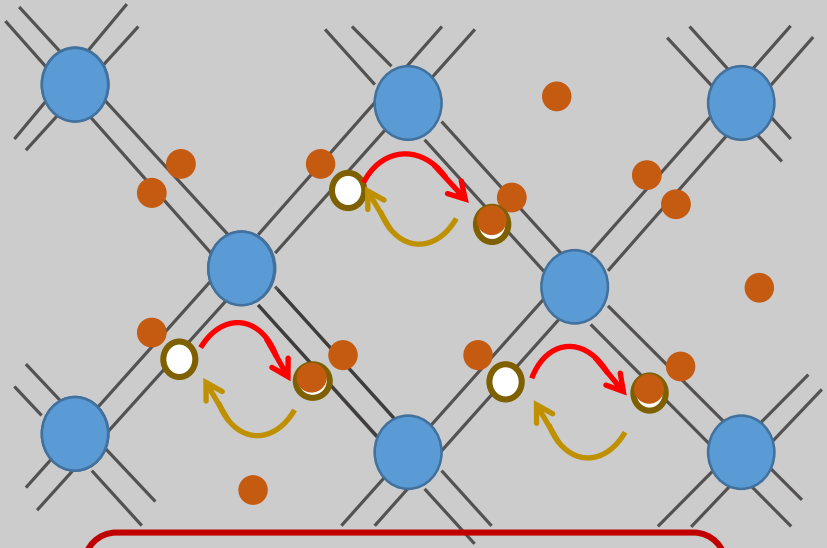


При разрыве связи образуется вакантное место , которое называют ***дыркой.***

В дырке имеется избыточный положительный заряд.

Проводимость чистых полупроводников называется собственной проводимостью полупроводников

Положение дырки в кристалле постоянно меняется. Этот процесс протекает так :



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 невелика.

Электрическая проводимость полупроводников при наличии примесей

ПРИМЕСИ

ДОНОРНЫЕ

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

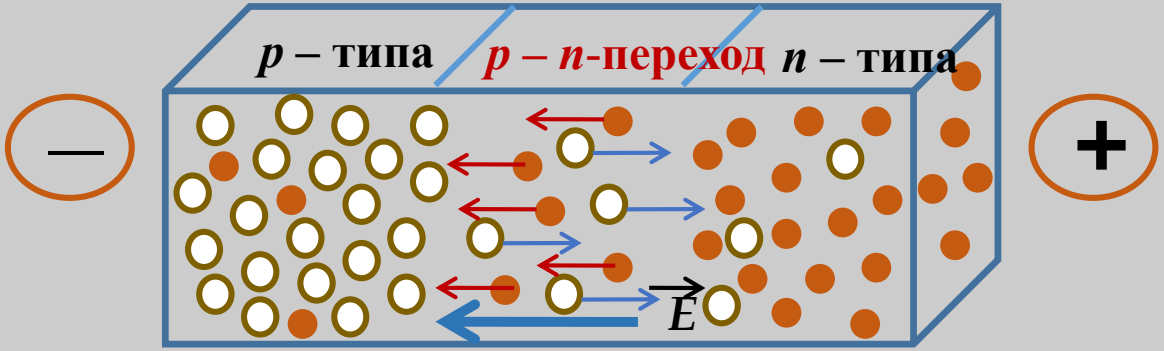
АКЦЕПТОРНЫЕ

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

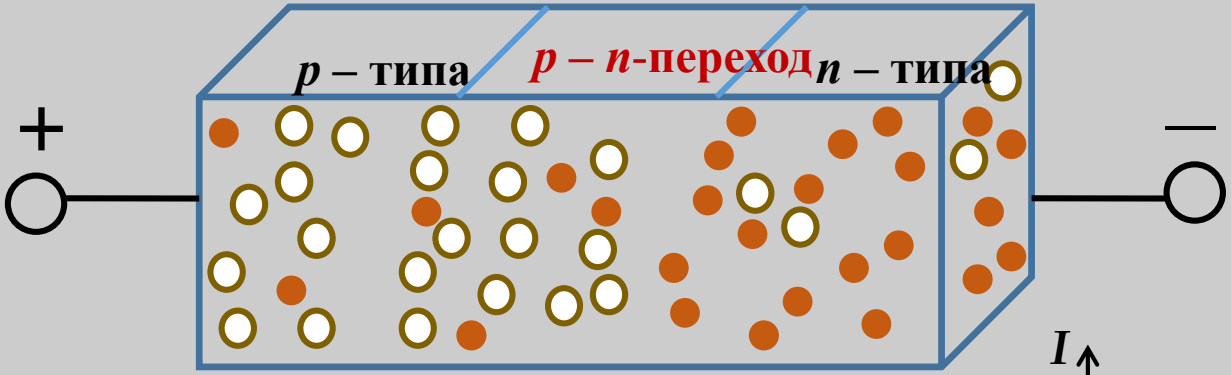


При образовании контакта электроны частично переходят из полупроводника ***n*** - типа в полупроводник ***p*** – типа, а дырки – в обратном направлении

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.

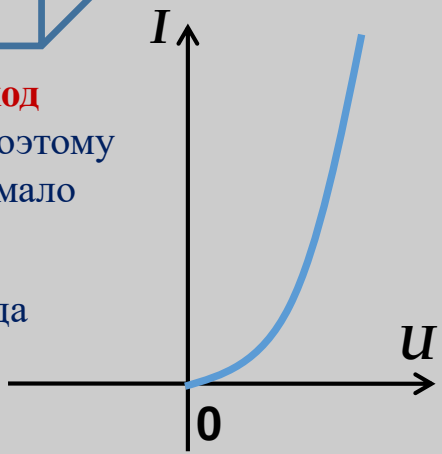
Особенности действия *p – n*-перехода при его подключении в цепь



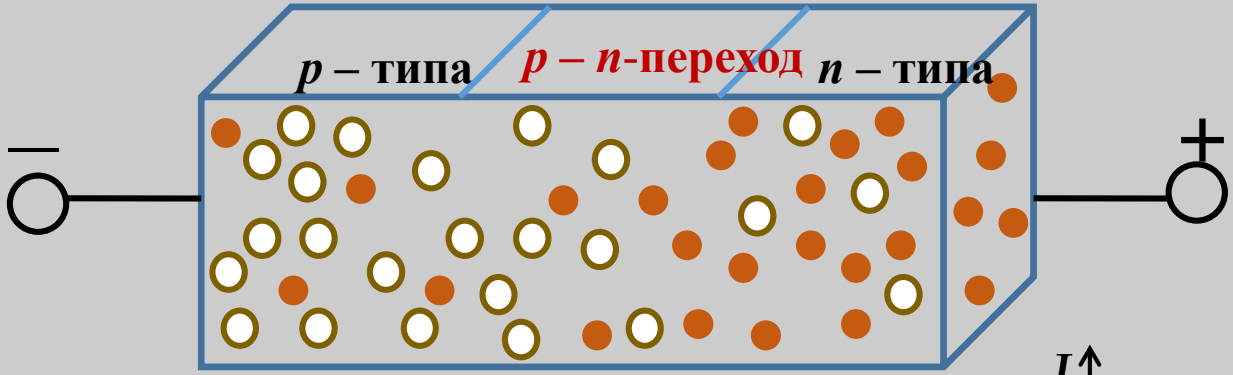
При данном подключении ток через ***p – n*-переход** осуществляется основными носителями зарядов, поэтому проводимость перехода велика, а сопротивление мало

Рассмотренный переход называют **прямым**

Вольт - амперная характеристика прямого перехода изображена на графике



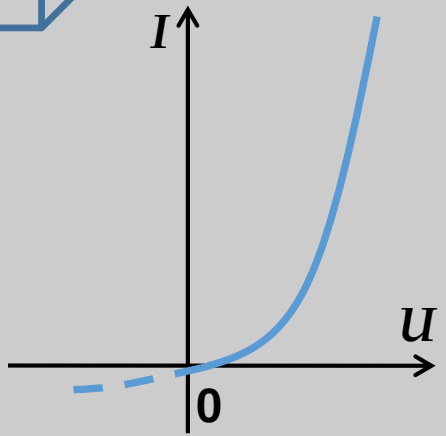
$p-n$-переход по отношению к току оказывается несимметричным : в прямом направлении сопротивление перехода значительно меньше, чем в обратном.



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

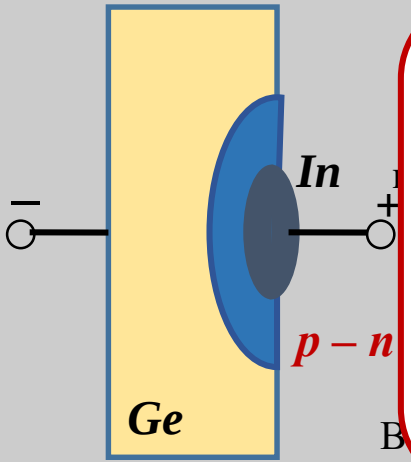
Этот переход называют **обратным**

Вольт - амперная характеристика обратного перехода изображена на графике пунктиром.



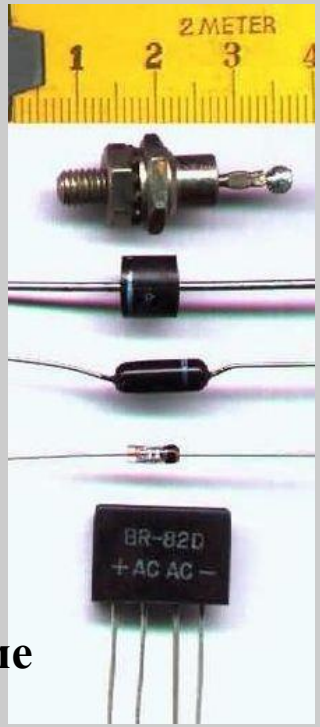
Полупроводниковый диод благодаря своему основному свойству – односторонней проводимости, широко используется для выпрямления переменного тока

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



Преимущества полупроводниковых диодов

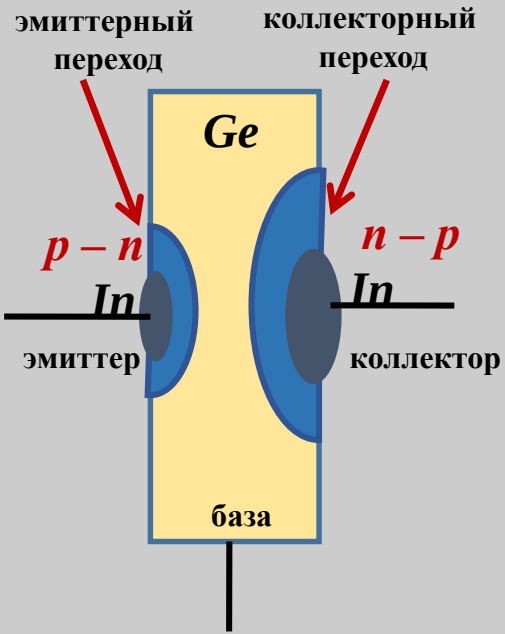
- не требуют специального источника энергии для образования носителей заряда;
- очень компактны, миниатюрны;



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:***

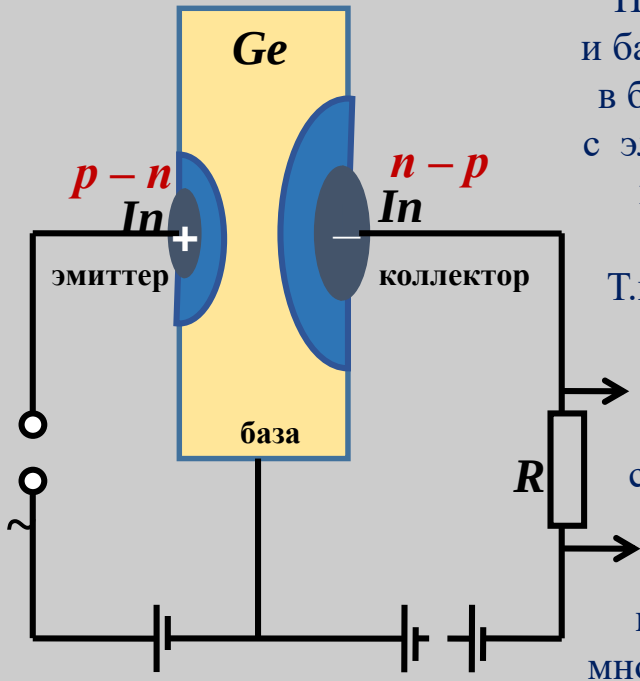
- эмиттер – база – эмиттерный переход;
- коллектор – база – коллекторный переход

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



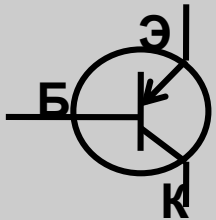
При создании напряжения между эмиттером и базой, основные носители - дырки, проникают в базу, где небольшая часть их рекомбинирует с электронами базы, а основная часть попадает в коллекторный переход , который закрыт для электронов, но не для дырок.

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