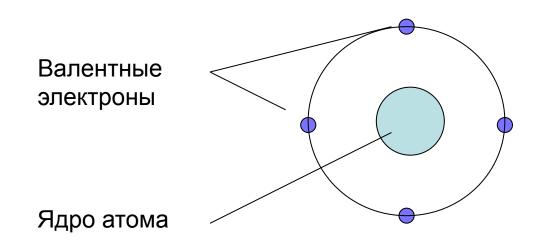
Основы электроники Раздел 1. Основные понятия

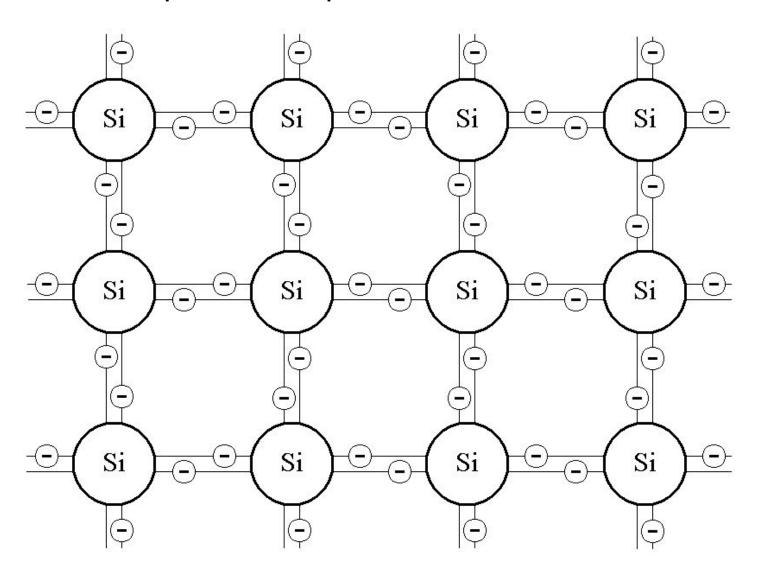
Электроника

Электроника – область науки и техники, изучающая физические явления в полупроводниковых приборах, электрические характеристики этих приборов, а также свойства устройств и систем с их использованием

Полупроводники – элементы IV группы таблицы Менделеева (кремний, германий, селен) – имеют 4 валентных электрона на внешней орбите. 4 валентных электрона могут образовать 4 ковалентных пары с атомами соседних атомов

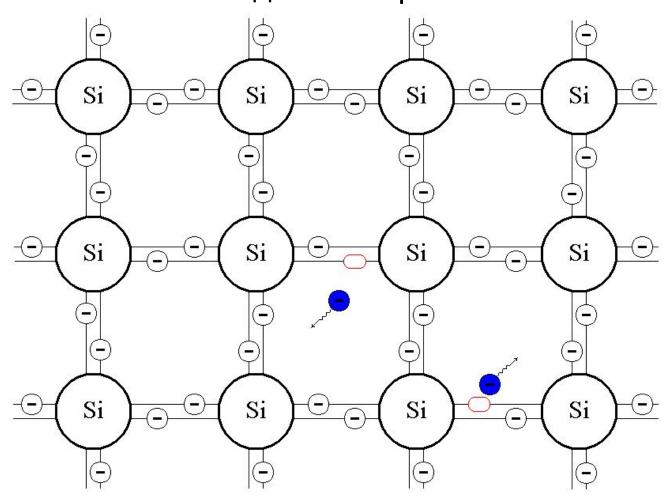


Решетка кристалла кремния

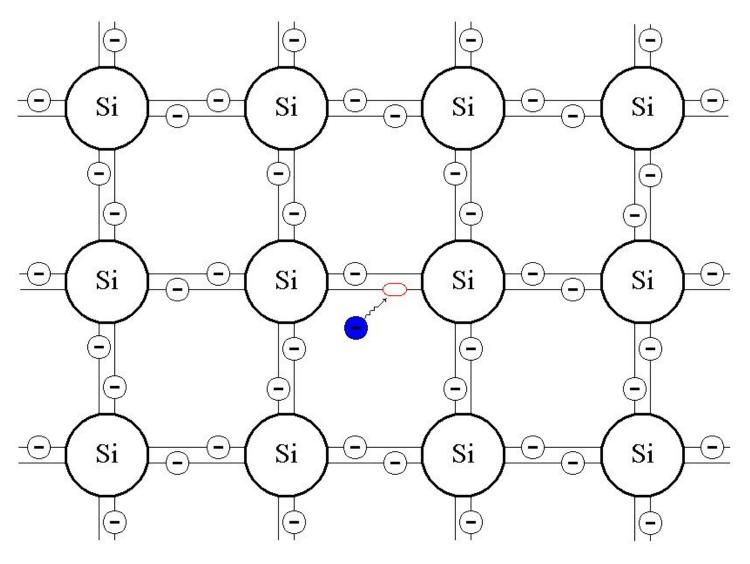


Если сообщить веществу энергию, слабо связанные с ядром электроны могут покинуть атом. Атом станет положительно заряжен и сможет принять электрон извне. «Вакантное» место для электрона называют

ДЫРКОЙ

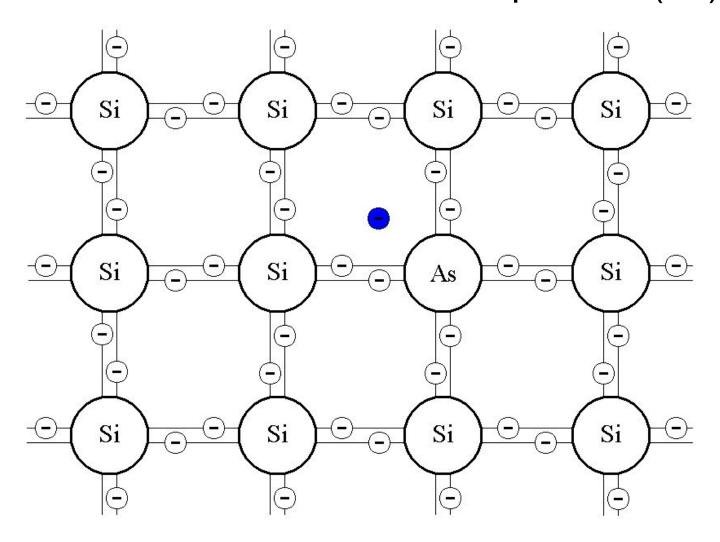


Рекомбинация носителей

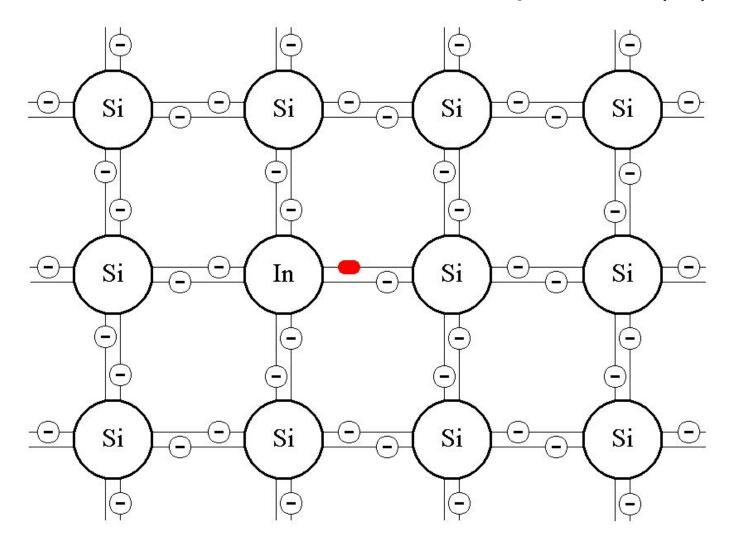


- В равновесном состоянии электроны хаотично перемещаются, постоянно образуя дырки и рекомбинируя.
- При появлении внешнего поля электроны начинают двигаться в одном направлении. При этом дырки «перемещаются» в противоположном.
- Такая проводимость называется собственной.
 Она сильно зависит от температуры. Она очень мала (чуть больше, чем у диэлектрика)
- Для увеличения проводимости вводят примесь

• Донорная примесь (n-типа). Примесь – элемент с 5 валентными электронами (As)

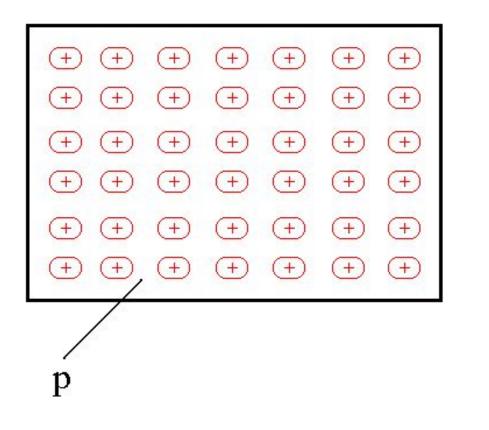


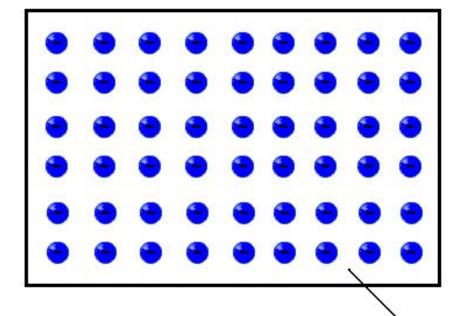
• Акцепторная примесь (р-типа). Примесь – элемент с 3 валентными электронами (In)



- При добавлении любой примеси полупроводник остается электрически нейтральным.
- При добавлении донорной примеси возникают свободные электроны, легко перемещаемые при возникновении электрического поля. Основной носитель заряда – электрон.
- При добавлении акцепторной примеси возникает избыток мест, чтобы принять внешние электроны. Основной носитель заряда - дырка

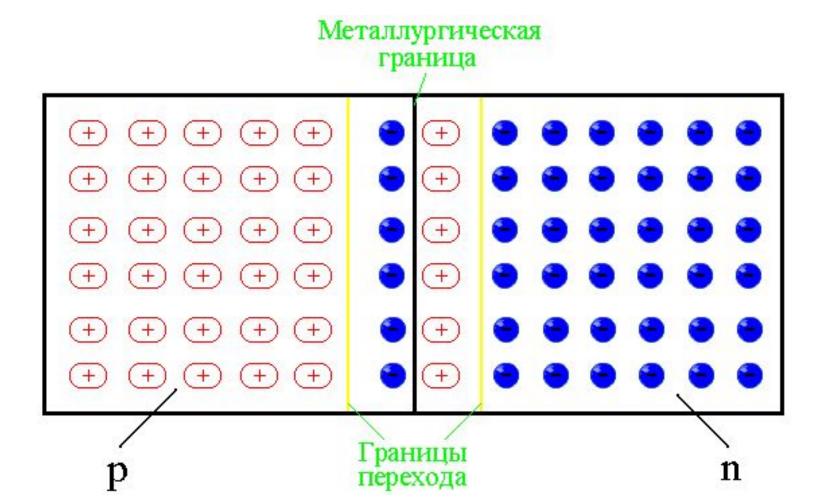
Полупроводники с разным типом проводимости





1.2. p-n переход

• p-n переход – область на границе соприкосновения полупроводников р и n типа



1.2. p-n переход

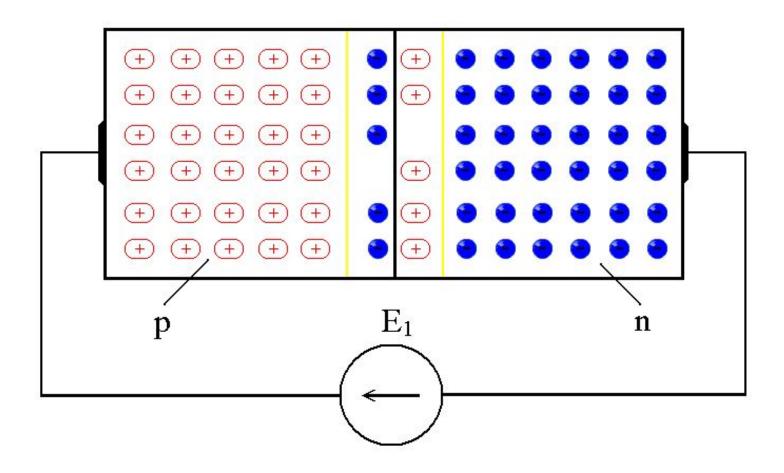
- Электроны из полупроводника n-типа попадают в полупроводник p-типа и рекомбинируют там (диффузионный ток $I_{\partial u \phi \phi}$)
- При рекомбинации атом в р-полупроводнике получает отрицательный заряд (образуется отрицательный ион), а атом в n-полупроводнике положительный.
- Ионы формируют электрическое поле, препятствующее дальнейшему перемещению электронов в р-полупроводник (это эквивалентно появлению встречного тока, называемого током дрейфа $I_{\partial p}$). В равновесии $I_{\partial u \phi \phi} = I_{\partial p}$.

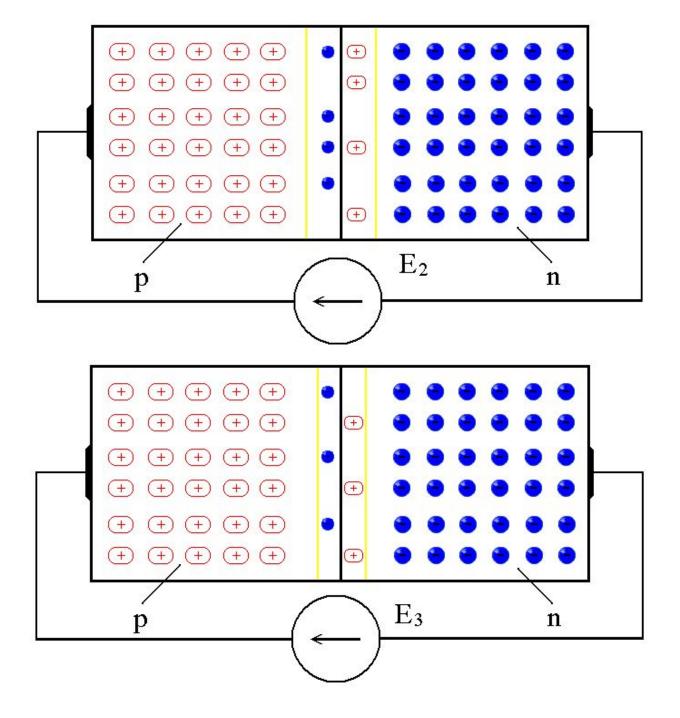
1.2. р-п переход

- Возникает запирающий слой, лишенный носителей заряда.
- Электрон не может пройти через запирающий слой, дырка может (перемещение неосновных зарядов вызывает ток дрейфа)
- Ток дрейфа не зависит от внешнего поля, т.к. для дырок потенциальный барьер ничего не запирает. Следовательно, мы не можем управлять током дрейфа.
- Мы можем управлять только диффузионным током, изменяя электрическое поле в зоне перехода (уменьшая или увеличивая потенциальный барьер)

1.2. p-n переход

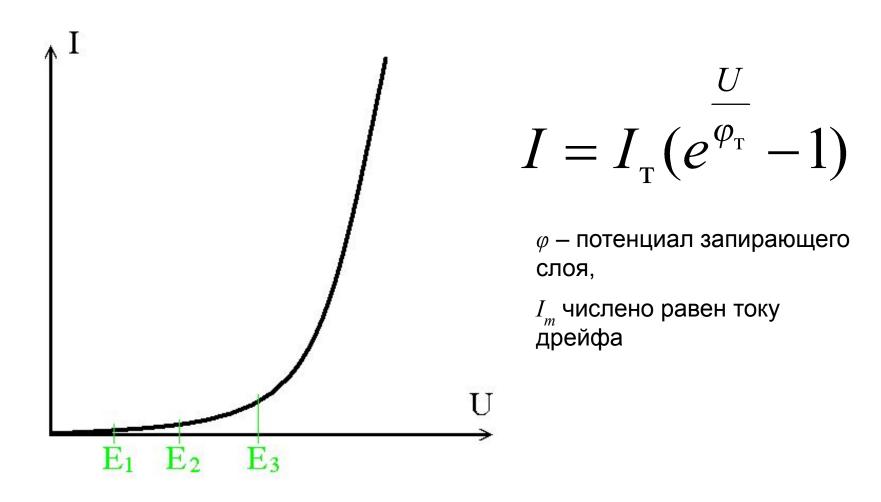
• Прямое включение: внешнее поле уменьшает потенциальный барьер





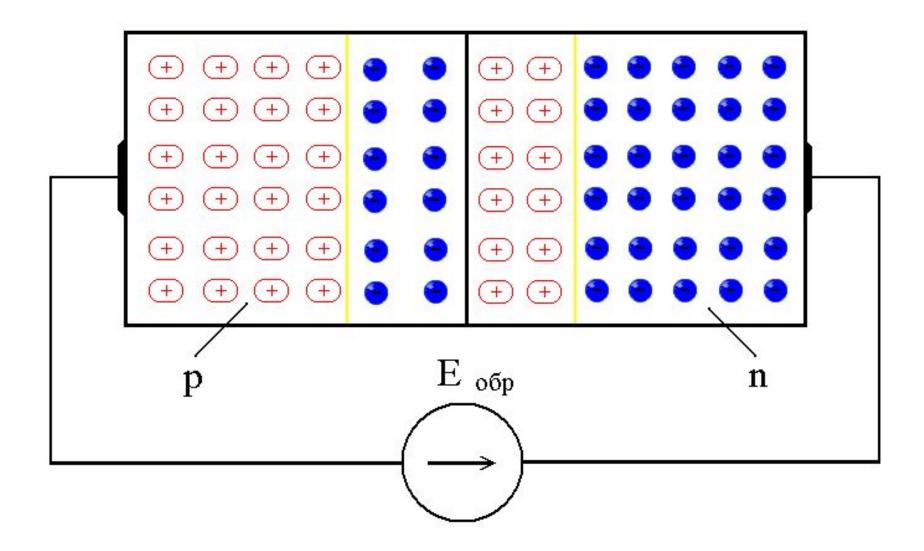
- Чем больше приложенная ЭДС, тем меньше ионов в зоне перехода, тем меньше потенциальный барьер и выше диффузионный ток
- Когда приложенное поле превысит величину потенциального барьера, в зоне перехода не останется ионов, и ток может течь через p-n переход

BAX p-n перехода при прямом включении

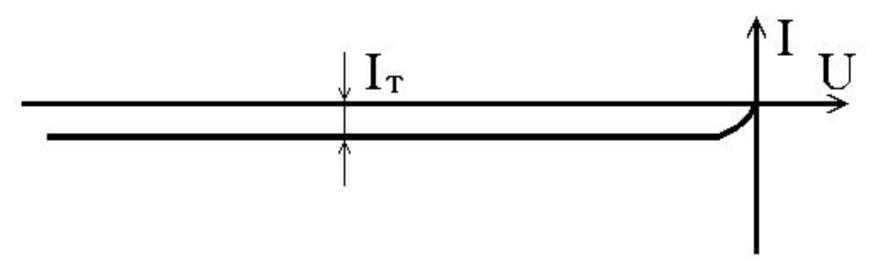


1.2. p-n переход

• Обратное включение



ВАХ p-n перехода при обратном включении



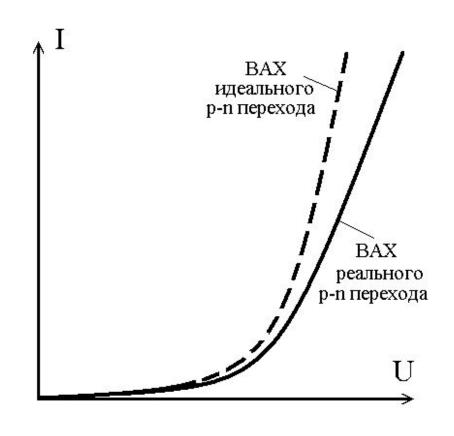
- при обратном включении диффузионный ток снижается до нуля;
- ток дрейфа не изменяется, что обуславливает наличие малого тока при практически любом напряжении

Отличие идеального и реального p-n переходов

1. У перехода существует омическое сопротивление (сопротивление базы r_{o}), есть падение напряжения на нем

$$I = I_{\mathrm{T}}(e^{\frac{U-I\cdot r_{6}}{\varphi_{\mathrm{T}}}}-1)$$

2. Нельзя сделать идеально гладкую границу между полупроводниками



1.2. р-п переход

3. Есть ограничения на обратное напряжение – возможен электрический пробой

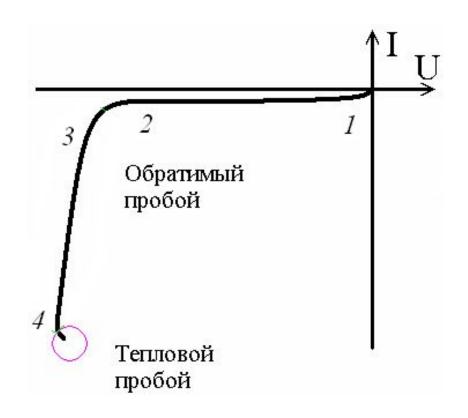
Зона 1 - 2: переход закрыт

Зона 2 - 3: туннельный пробой

Зона 3 — 4: лавинный пробой

После 4 – тепловой пробой

Туннельный и лавинный пробои обратимы.



1.3. Полупроводниковый диод

Диод – полупроводниковый прибор с одним р-n переходом и двумя выводами.

По назначению диоды разделяют на:

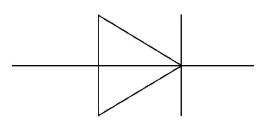
- выпрямительные;
- высокочастотные и импульсные;
- стабилитроны;
- варикапы.

Выпрямительные диоды

Основные параметры:

- максимальный прямой ток;
- максимальное обратное напряжение (находится в пределах до нескольких сотен вольт);
- среднее прямое напряжение при среднем значении прямого тока (находится в пределах 1 1,5 В);
- *средний обратный ток при обратном максимальном напряжении* (находится в пределах от единиц до десятков микроампер).

Графическое обозначение

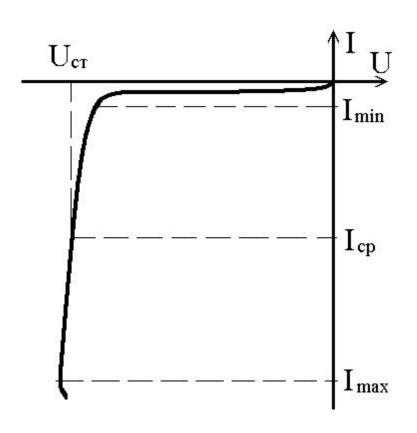


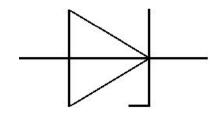
Стабилитроны

Стабилитрон работает на обратном участке ВАХ p-n перехода в области обратимого пробоя и используется для стабилизации напряжения.

Основные параметры:

- напряжение на участке стабилизации;
- динамическое сопротивление на участке стабилизации;
- максимальный и минимальный ток стабилизации





Варикапы

Варикап – диод, используемый в качестве емкостного элемента, управляемого обратным напряжением.

Основные параметры:

- начальная
 (максимальная) емкость;
- минимальная емкость
- максимальное обратное напряжение

