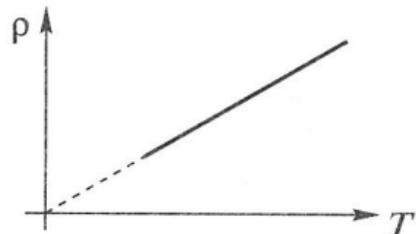


3.2.8. Носители электрического заряда в различных средах

Электрический ток в металлах.

Металлы обладают электронной проводимостью.

$\rho = \rho_0(1 + \alpha t^0)$ — зависимость удельного сопротивления металла от температуры, где α — температурный коэффициент сопротивления (табличная величина). Полностью правильно объяснить проводимость металлов позволяет только квантовая теория.



Электрический ток в электролитах.

Электролиты — жидкие проводники, в которых подвижными носителями зарядов являются ионы.

Электролитами являются растворы и расплавы солей, кислот, растворимых оснований (щелочей).

Закон электролиза Фарадея.

Масса вещества, выделившегося на электродах, прямо пропорциональна силе тока, идущего через электролит, и времени прохож-

дения тока (так как $q = I\Delta t$, то прямо пропорциональна заряду, прошедшему через электролит):

$$m = \frac{M}{n} \cdot \frac{1}{F} \cdot It,$$

где $F = e \cdot N_A$; $F = 96500 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$.

Электрический ток в вакууме

Для существования электрического тока в вакууме нужно искусственно ввести в это пространство свободные электроны (с помощью эмиссионных явлений).

1. Термоэлектронная эмиссия — процесс испускания электронов нагретыми металлами. Интенсивность термоэлектронной эмиссии зависит от температуры нагрева металла и свойств вещества. Если кинетическая энергия электронов больше энергии связи, то происходит термоэлектронная эмиссия.

2. Фотоэлектронная эмиссия (фотоэлектрический эффект, фотoeffekt) — процесс испускания электронов металлами под воздействием света. Открыт Г. Герцем, исследован А. Г. Столетовым, объяснён А. Эйнштейном.

Свойства электронных пучков:

1. Отклоняются в электрическом и магнитном полях.
2. Независимость распространения.
3. Вызывают свечение веществ, нагрев металла, рентгеновское излучение.

Электрический ток в газах

1. Газы в обычных условиях — диэлектрики.
2. При определённых условиях газы — проводники: молния, электрическая искра, дуга при сварке. Процесс протекания тока через газ называется **газовым разрядом**. Свободные заряды (ионы обоих знаков и электроны) возникают в газах только в процессе ионизации.

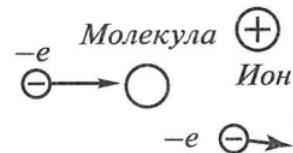
Ионизацию газов вызывают:

- а) высокая температура;
- б) ультрафиолетовые лучи;
- в) рентгеновские лучи, γ -лучи и т. п.;
- г) столкновения молекул с электронами.

Ионизация осуществляется при условии:

$$eE\lambda \geq W_{\text{ионизации}},$$

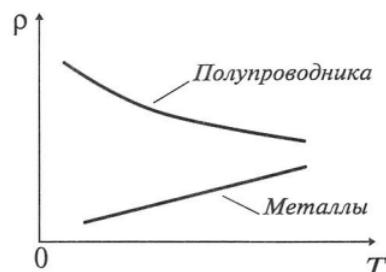
где λ — длина свободного пробега заряженных частиц.



3.2.9. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводниковый диод

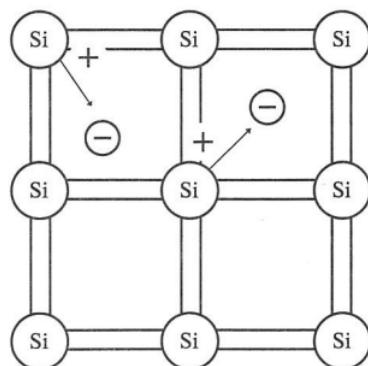
Вещества, удельное сопротивление которых нелинейно убывает с повышением температуры, называются **полупроводниками**.

Имеют кристаллическую решетку: Ge, Si, Te и т. д.



Чистые полупроводники

Каждый атом имеет четыре соседних атома, с которыми связан ковалентными связями. При низкой температуре электроны связаны с атомами; свободных носителей заряда нет. При увеличении температуры энергия электронов увеличивается, связи рвутся, а на их месте образуется положительная дырка. Собственная проводимость называется **электронно-дырочной**: $N^- = N^+$.



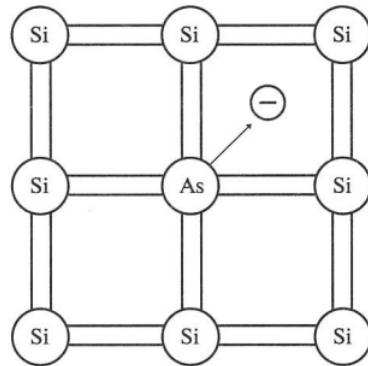
Примесная проводимость

Донорная (электронная) *n*-типа

(Si + As): (Примесь из 5-й группы.) As имеет 5 электронов. Один не участвует в образовании ковалентной связи. Один атом даёт один свободный электрон:

$$N^- \gg N^+.$$

Основные носители заряда — свободные электроны. Остаётся положительный ион примеси.

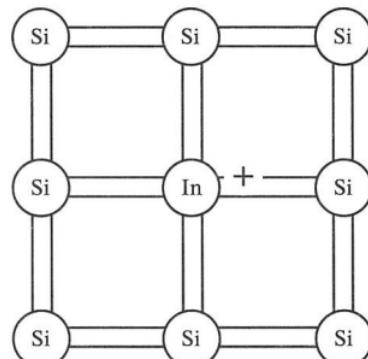


Акцепторная (дырочная) *p*-типа

(Si + In): (Примесь из 3-й группы.) In имеет 3 электрона. На месте одной из ковалентных связей образуется положительная дырка. Один атом даёт одну дырку:

$$N^+ \gg N^-.$$

Основные носители заряда — дырки. Остаётся отрицательный ион примеси.



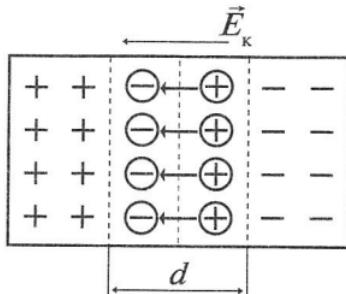
Свойства *p-n*-перехода

В месте контакта донорного и акцепторного полупроводников возникает электронно-дырочный переход (*p-n*-переход).

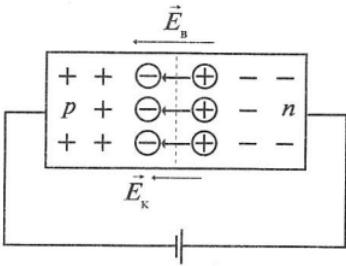
1. Образуется запирающий слой, образованный зарядами ионов примеси:

$$d = 10^{-7} \text{ м}, \Delta\phi = 0,4 - 0,8 \text{ В.}$$

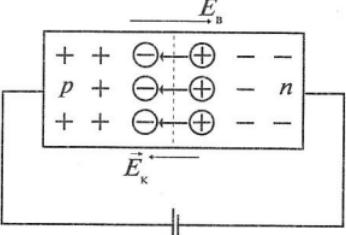
$$E = \frac{\Delta\phi}{d} = \frac{0,4 \text{ В}}{10^{-7} \text{ м}} = 4 \cdot 10^6 \text{ В/м.}$$



2. Направление внешнего поля (источника) совпадает с направлением контактного поля. Тока основных носителей заряда нет. Существует слабый ток неосновных носителей заряда. Такое включение называется **обратным**.



3. Прямое включение. Существует ток основных носителей заряда. *p-n*-переход пропускает электрический ток только в одном направлении (свойство односторонней проводимости).



Схематическое изображение полупроводникового диода. Направление стрелки указывает направление тока.



Вольтамперная характеристика полупроводникового диода:

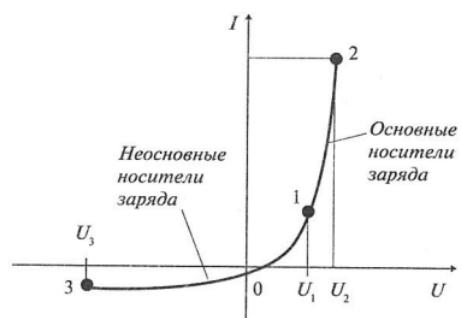
1, 2 — участок приближённо прямолинеен — экспонента;

3 — пробой диода;

0,3 — обратный ток;

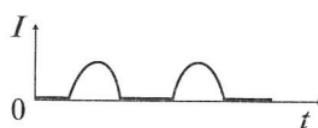
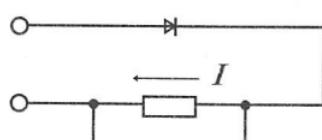
0,1 — ток меняется нелинейно.

Обратный ток обусловлен наличием неосновных носителей заряда.



Применение полупроводникового диода

Выпрямитель тока



Однополупериодный пульсирующий ток