

Раздел VII Физика твердого тела

Глава III. Электропроводность металлов и полупроводников

1. Электропроводность металлов

Уравнение движения электрона в кристалле под действием электрического поля:

$$m^* \frac{d\bar{V}_{op}}{dt} = -e\bar{E} - r\bar{V}_{op}$$

где m^* - эффективная масса электрона,

$\bar{V}_{op}$ - дрейфовая скорость, $-r\bar{V}_{op}$ - сила

трения. Релаксация дрейфовой скорости в отсутствии поля подчиняется уравнению:

$$m^* \frac{d\bar{V}_{op}}{dt} = -r\bar{V}_{op}$$

Его решение имеет вид:

$$\bar{V}_{op}(t) = \bar{V}_{op}(0)e^{-\frac{rt}{m^*}}$$

Величина $\tau = \frac{m^*}{r}$ - время релаксации

Установившееся значение плотности тока:

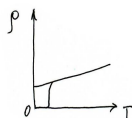
$$\bar{j} = -en\bar{V}_{op} = \frac{ne^2\tau}{m^*} \bar{E}$$

Удельная электропроводность (проводимость):

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m^*}$$

Удельное сопротивление:

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m^*}{ne^2\tau}$$



В металлах удельное сопротивление растет с ростом температуры. Это обусловлено рассеянием электронов проводимости на тепловых колебаниях решетки. Кроме того, электроны проводимости рассеиваются на дефектах кристаллической решетки, что определяет постоянную составляющую в удельном сопротивлении.

2. Проводимость полупроводников

А) В собственных полупроводниках перенос тока осуществляется электронами в зоне проводимости и дырками в валентной зоне

$$\sigma = \frac{e^2 n_e \tau_e}{m_e^*} + \frac{e^2 n_d \tau_d}{m_d^*}$$

В собственных полупроводниках:

$$n_e = n_o = 2 \frac{(2\pi kT \sqrt{m_e^* m_o^*})^{3/2}}{h^3} e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$$

С ростом температуры проводимость полупроводников резко возрастает за счет увеличения числа электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$$



Б) В примесных полупроводниках n-типа основную роль в переносе тока играют электроны в зоне проводимости, попадающие туда с донорных уровней примесных атомов.

$$n_e = \sqrt{n_d n_{0e}} e^{-\frac{\Delta E_d}{2kT}}$$

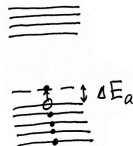
$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E_d}{2kT}}$$



В) В примесных полупроводниках p-типа основную роль в проводимости играют дырки в валентной зоне, образующиеся за счет перехода электронов из валентной зоны на акцепторные уровни примесных атомов

$$n_o = \sqrt{n_a n_{0o}} e^{-\frac{\Delta E_a}{2kT}}$$

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta E_a}{2kT}}$$

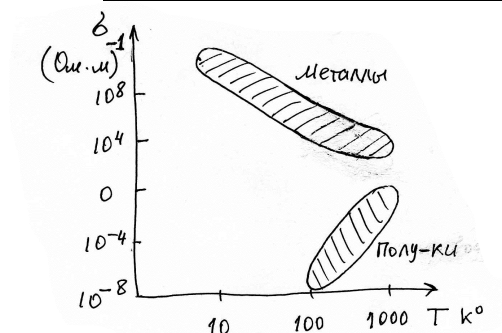


Где n_{0e}, n_{0o} - эффективные концентрации:

$$n_{0e,0o} = 2 \frac{(2\pi m_{e,o}^* kT)^{3/2}}{h^3}$$

n_d, n_a - концентрации донорной и акцепторной примесей.

3. Обзорные зависимости $\sigma(T)$ для металлов и полупроводников



Вопросы:

1. Зависимость проводимости от температуры у металлов.
2. Зависимость проводимости от температуры у полупроводников.
3. Обзорный график зависимости проводимости от температуры для металлов и полупроводников.