

# ЛЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ. БЕСПРИМЕСНЫЕ И ПРИМЕСНЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ

1

## 1.1. Носители заряда в беспримесных (чистых) полупроводниках

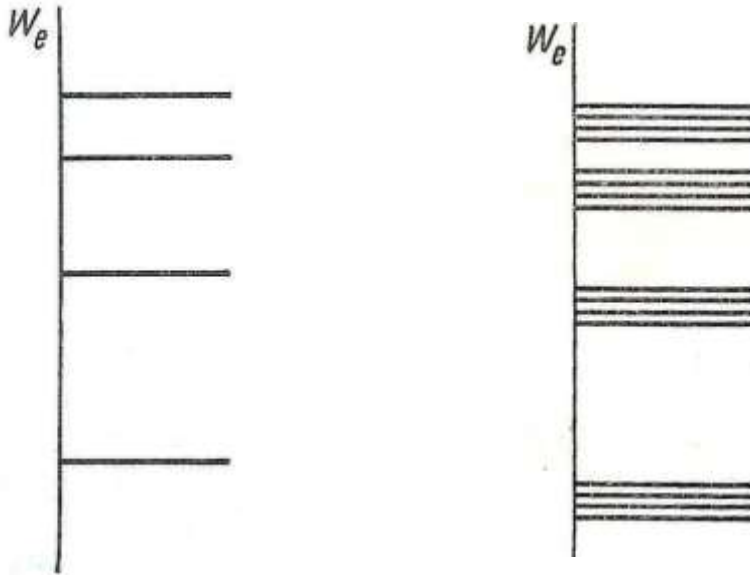


Рис. 1.1. Энергетическая диаграмма изолированного атома.

Рис. 1.2. Энергетическая диаграмма группы (четырех) близко расположенных атомов.

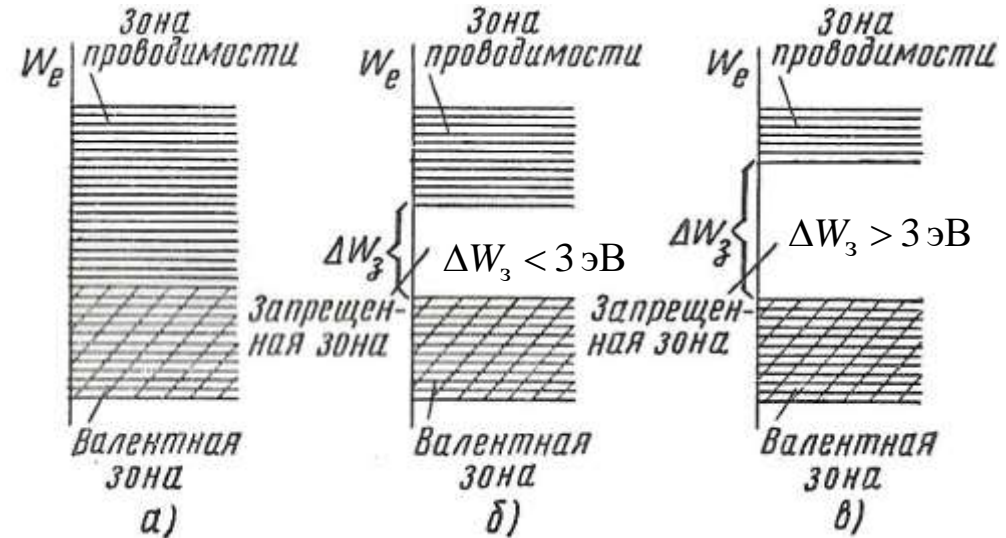
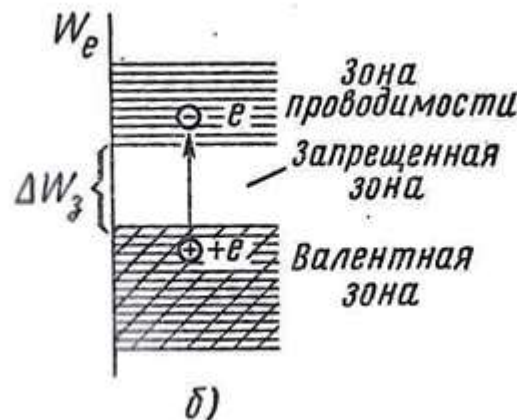
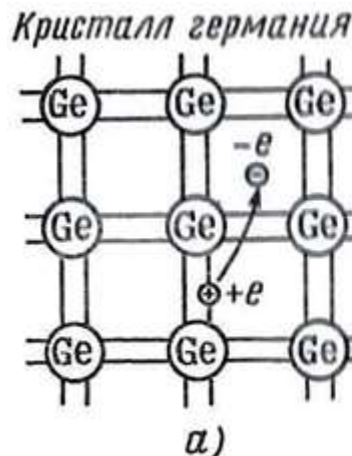


Рис. 1.3. Энергетическая диаграмма металла (а), полупроводника (б) и диэлектрика (в).



$$n_i = p_i = A \cdot e^{-\frac{\Delta W_3}{2kT}} \quad (1.1)$$

в)

Рис. 1.4. Возникновение свободного электрона и дырки в кристалле полупроводника (а) и отражение этого процесса на энергетической диаграмме (б); схема движения дырки в кристалле полупроводника (в).

## 1.2. Носители заряда в примесных полупроводниках

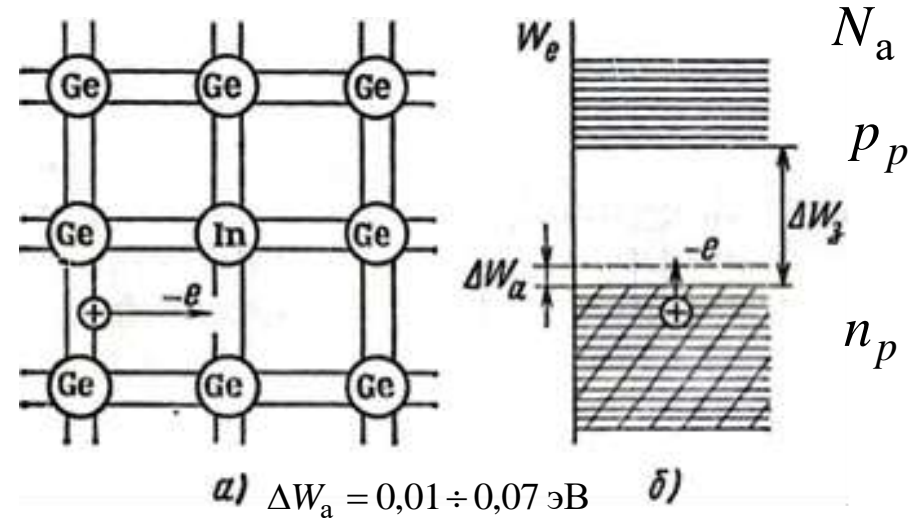
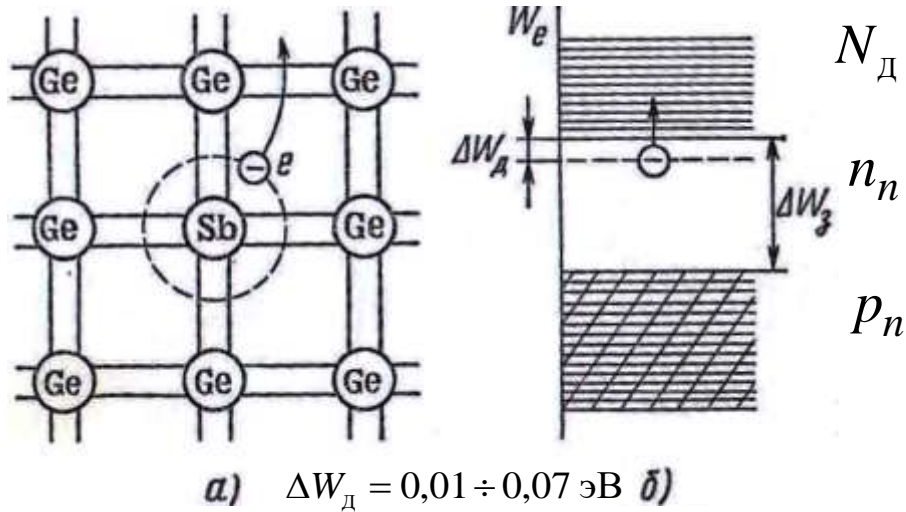


Рис. 1.5. Возникновение свободного электрона в кристалле полупроводника *n*-типа (а) и отражение этого процесса на энергетической диаграмме (б).

Рис. 1.6. Возникновение дырки в кристалле полупроводника *p*-типа (а) и отражение этого процесса на энергетической диаграмме (б).

$$n_n \cdot p_n = n_p \cdot p_p = n_i \cdot p_i = A^2 \cdot e^{-\frac{\Delta W_3}{kT}} \quad (1.2) \quad n_n \gg p_n; p_p \gg n_p \quad n_n \approx N_D \text{ и } p_p \approx N_A$$

## 1.3. Время жизни носителей заряда

Для полупроводника *n*-типа

$$p_0 = p_n + \Delta p(0)$$

$$\Delta p(0) = \Delta n(0)$$

$$\tau_p, \tau_n$$

$$n_0 = n_n + \Delta n(0)$$

$$p_0 / p_n \gg n_0 / n_n$$

$$10^{-7} - 10^{-5} \text{ с}$$

$$p_n \ll n_n$$

$$\Delta p(t) = \Delta p(0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_p}}, \quad (1.3)$$

$$10^{-9} - 10^{-8} \text{ с}$$

## Дрейфовое движение носителей заряда

$$v_{\text{др } p} = \mu_p \cdot E. \quad (1.4)$$

Для германия  $\mu_p = 1800 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$   $\mu_n = 3800 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$

$$v_{\text{др } n} = -\mu_n \cdot E, \quad (1.4 \text{ а}) \quad \text{Для кремния} \quad \mu_p = 500 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с}) \quad \mu_n = 1300 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$$

$$\mu_n > \mu_p. \quad J_{\text{др } n} = -qn v_{\text{др } n}, \quad (1.5) \quad J_{\text{др } n} = qn \mu_n E, \quad (1.6)$$

$$J_{\text{др } p} = qp v_{\text{др } p}. \quad (1.5 \text{ а}) \quad J_{\text{др } p} = qp \mu_p E. \quad (1.6 \text{ а})$$

$$J = J_{\text{др } n} + J_{\text{др } p} = qn \mu_n E + qp \mu_p E. \quad (1.7)$$

## Диффузионное движение носителей заряда

$$J_{\text{диф } n} = (-q) D_n \left( -\frac{dn}{dx} \right) = q D_n \frac{dn}{dx}, \quad (1.8) \quad D = \varphi_T \cdot \mu \quad (1.9)$$

$$\varphi_T = kT / q$$

$$L_n = \sqrt{D_n \cdot \tau_n}, \quad (1.10)$$

$$J_{\text{диф } p} = q D_p \left( -\frac{dp}{dx} \right) = -q D_p \frac{dp}{dx}. \quad (1.8 \text{ а})$$

$$\varphi_T = -0,025 \text{ В}$$

$$L_p = \sqrt{D_p \cdot \tau_p}. \quad (1.10 \text{ а})$$

Для кремния

$$D_n \approx 32 \text{ см}^2 / \text{с}, \quad D_p \approx 12 \text{ см}^2 / \text{с}.$$