

Вариант №6

Виведення формули для розрахунку електропровідності провідника з донорними домішками

Спочатку запишемо закон діючих мас:

$$n \cdot p = n_i^2 \quad (1)$$

Повний заряд основних носіїв (електронів) дорівнює сумі заряду неосновних носіїв (дірок) і заряду іонів донорів:

$$q \cdot n = q \cdot p + q \cdot N_D^+ \quad (2)$$

⇓

$$n = p + N_D^+ \quad (3)$$

Підставляємо (3) в (1):

$$n_i^2 = p^2 + p \cdot N_D^+ \quad (4)$$

Розв'язуємо квадратне рівняння та знаходимо корені дискримінанта (від'ємним коренем одразу ж нехтуємо, оскільки концентрація не може бути від'ємною):

$$p^2 + p \cdot N_D^+ - n_i^2 = 0 \quad (5)$$

$$D = (N_D^+)^2 + 4 \cdot n_i^2$$

$$p = \frac{-N_D^+ \pm \sqrt{(N_D^+)^2 + 4 \cdot n_i^2}}{2}$$

Підставляємо у (3) вираз та отримуємо:

$$p = \frac{N_D^+ \pm \sqrt{(N_D^+)^2 + 4 \cdot n_i^2}}{2} \quad (6)$$

Отримали формулу для розрахунку електропровідності провідника з донорними домішками:

$$\sigma = q \cdot \frac{-N_D^+ + \sqrt{(N_D^+)^2 + 4 \cdot n_i^2}}{2} \cdot \mu_n + q \cdot \frac{N_D^+ + \sqrt{(N_D^+)^2 + 4 \cdot n_i^2}}{2} \cdot \mu_p, \quad (7)$$

де $N_D^+ = 6 \cdot 10^{14} \text{см}^{-3}$ — концентрація донорної домішки; $n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{см}^{-3}$ — концентрація власних носіїв; $\mu_n = 1500 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$ — рухливість електронів; $\mu_p = 450 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$ — рухливість дірок; $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ — заряд електрона.

Підставляючи вихідні дані, отримаємо:

$$\sigma = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{-6 \cdot 10^{14} + \sqrt{(6 \cdot 10^{14})^2 + 4 \cdot n_i^2}}{2} \cdot 1500 +$$

$$+ 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{6 \cdot 10^{14} + \sqrt{(6 \cdot 10^{14})^2 + 4 \cdot n_i^2}}{2} \cdot 450 = 0.144$$

Відповідь: $\sigma = 0.144 \frac{\text{См}}{\text{см}}.$