

Виконав:

Студент гр. ДП-81

Берест Віталій

Завдання:

Розрахувати провідність кремнію легованого донорною домішкою.

Вихідні дані:

Концентрація донорної домішки $N_d^+ = 10^{14} \text{ см}^{-3}$,

рухливості носіїв заряду в кремнії: $\mu_n = 1500 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$, $\mu_p = 450 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$;

концентрація власних носіїв заряду $n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$;

одиничний заряд $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Розв'язок:

Для знаходження аналітичного виразу провідності кремнію легованого донорною домішкою нам необхідно врахувати електронейтральність речовини при легуванні, а також закон діючих мас. Рівняння електронейтральності виглядає наступним чином:

$$qn = qp \quad (1)$$

де n - концентрація електронів, p - концентрація дірок, q - одиничний заряд

закон діючих мас має такий вигляд:

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

З даних виразів можемо скласти систему рівнянь для конкретно заданого випадку, враховуючи додану донорну домішку:

$$\begin{cases} n \cdot p = n_i^2 \\ qn = qp + qN_d^+ \end{cases} \quad (3)$$

Далі розв'язуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} n \cdot p = n_i^2 \\ n = p + N_d^+ \end{cases} \quad (4)$$

$$(p + N_d^+) \cdot p = n_i^2 \quad (5)$$

$$p^2 + N_d^+ \cdot p = n_i^2 \quad (6)$$

$$p^2 + N_d^+ \cdot p - n_i^2 = 0 \quad (7)$$

Маємо квадратне рівняння, отримаємо його корені, обчисливши дискримінант:

$$D = (N_d^+)^2 + 4n_i^2 \quad (8)$$

$$p = \frac{-N_d^+ + \sqrt{(N_d^+)^2 + 4n_i^2}}{2} \quad (9)$$

З виразу електронейтральності для легованого напівпровідника маємо змогу знайти формулу для концентрації електронів:

$$n = \frac{-N_d^+ + \sqrt{(N_d^+)^2 + 4n_i^2}}{2} + N_d^+ \quad (10)$$

$$n = \frac{N_d^+ + \sqrt{(N_d^+)^2 + 4n_i^2}}{2} \quad (11)$$

Підставимо отримані концентрації носіїв заряду у формулу провідності напівпровідника:

$$\sigma = qn\mu_n + qp\mu_p \quad (12)$$

$$\sigma = q \cdot \mu_n \cdot \frac{N_d^+ + \sqrt{(N_d^+)^2 + 4n_i^2}}{2} + q \cdot \mu_p \cdot \frac{-N_d^+ + \sqrt{(N_d^+)^2 + 4n_i^2}}{2} \quad (13)$$

Розрахуємо значення провідності кремнію, підставивши у отриманий аналітичний вираз вихідні дані, спростимо дещо вираз задля зручності розрахунку:

$$\sigma = q \cdot \frac{N_d^+ + \sqrt{(N_d^+)^2 + 4n_i^2}}{2} \cdot (\mu_n - \mu_p) \quad (14)$$

$$\sigma = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{10^{14} + \sqrt{(10^{14})^2 + 4 \cdot (1.45 \cdot 10^{10})^2}}{2} \cdot (1500 - 450) = 0.0168 \quad (15)$$

Проаналізуємо одиниці розмірності за аналітичним виразом:

$$Kл \cdot (см^{-3} + \sqrt{(см^{-3})^2 + (см^{-3})^2}) \cdot \frac{см^2}{B \cdot c} \quad (16)$$

$$Kл \cdot см^{-3} \cdot \frac{см^2}{B \cdot c} = \frac{Cм}{см} \quad (17)$$

Отримали одиницю розмірності питомої провідності, на основі цього аналізу можемо зробити висновок, що аналітичний вираз для провідності кремнію вірний.

Відповідь:

Провідність кремнію, легованого заданою донорною домішкою становить

$$\sigma = 0.0168 \frac{Cм}{см}$$