

Самсоненко А. ДМ-81

Варіант №16

Практична робота 1

Розрахувати провідність кремнію. Парні варіанти (номер за списком)
концентрація донорної домішки = №варіанту*10¹⁴ см⁻³.

Запишемо формулу питомої провідності σ напівпровідника у загальному вигляді:

$$\sigma = q \cdot (n \cdot \mu_n + p \cdot \mu_p), \quad (1)$$

Де q - елементарний заряд;

n - концентрація електронів;

μ_n - рухливість електронів;

p - концентрація дірок;

μ_p - рухливість дірок.

Скористуємося законом діючих мас, який виглядає наступним чином:

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

де n_i - концентрація власних носіїв заряду.

Також використаємо умову електронейтральності, яка полягає в тому, що сумарний заряд у напівпровіднику має дорівнювати нулю:

$$\sum_{i=1}^n q_i^- + \sum_{j=1}^m q_j^+ = 0 \quad (3)$$

Запишемо вираз (3) через об'ємний заряд Q :

$$Q^- + Q^+ = 0 \quad (4)$$

В свою чергу об'ємний заряд Q можна визначити наступним чином:

$$Q^- = V \cdot \rho^-, \quad (5)$$

$$Q^+ = V \cdot \rho^+, \quad (6)$$

де V - об'єм, що займають носії заряду;

ρ - об'ємна густина заряду.

Підставимо (5) і (6) у (4):

$$V \cdot \rho^- + V \cdot \rho^+ = 0 \quad (7)$$

Поділимо вираз (7) на V і отримаємо:

$$\rho^- + \rho^+ = 0 \quad (8)$$

Об'ємну густину заряду ρ можна визначити наступним чином:

$$\rho^- = -q \cdot N^-, \quad (9)$$

$$\rho^+ = q \cdot N^+, \quad (10)$$

де N^- - концентрація від'ємних зарядів;

N^+ - концентрація додатніх зарядів;

Підставимо (9) і (10) у (8) та перенесемо значення для від'ємного заряду в лівий бік, а для додатного – в правий:

$$q \cdot N^- = q \cdot N^+ \quad (11)$$

Поділимо (11) на q і отримаємо:

$$N^- = N^+ \quad (12)$$

Так як в умові задано напівпровідник n -типу, то можемо визначити концентрації зарядів наступним чином (концентрація від'ємних носіїв заряду визначається основними носіями заряду – електронами, а концентрація додатніх носіїв заряду визначається неосновними носіями заряду – дірками та позитивно зарядженими іонами домішок) :

$$N^- = n, \quad (13)$$

$$N^+ = p + N_D^+, \quad (14)$$

де N_D^+ - концентрація позитивно заряджених іонів донорних домішок.

Підставляючи (13) і (14) у (12) отримаємо:

$$n = p + N_D \quad (15)$$

Виразимо концентрацію неосновних носіїв заряду (дірок) p з виразу (15):

$$p = N_D - n \quad (16)$$

Підставимо (16) у (2) і отримаємо:

$$n \cdot (N_D - n) = n_i^2 \quad (17)$$

Розкриємо дужки в (17) і отримаємо:

$$-n^2 + n \cdot N_D - n_i^2 = 0 \quad (18)$$

Розв'яжемо отримане квадратне рівняння (18) та отримаємо два корня n_1, n_2 :

$$n_1 = \frac{-N_D + \sqrt{N_D^2 - 4 \cdot n_i^2}}{-2}, \quad (19)$$

$$n_2 = \frac{-N_D - \sqrt{N_D^2 - 4 \cdot n_i^2}}{-2} \quad (20)$$

Проаналізувавши вираз (19) можна дійти висновку, що він не має сенсу. Адже концентрація ніколи не може бути від'ємною.

Підставимо (20) у (16) і отримаємо:

$$p = N_D - \frac{N_D + \sqrt{N_D^2 - 4 \cdot n_i^2}}{2} \quad (21)$$

Підставимо (20) і (21) у (1):

$$\sigma = q \cdot \left(\frac{N_D + \sqrt{N_D^2 - 4 \cdot n_i^2}}{2} \cdot \mu_n + \left(N_D - \frac{N_D + \sqrt{N_D^2 - 4 \cdot n_i^2}}{2} \right) \cdot \mu_p \right) \quad (22)$$

Формула (22) – формула питомої провідності для напівпровідника n -типу.

З умови маємо такі відомі значення і параметри кремнію:

$$N_D = 16 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}, \quad (23)$$

$$\mu_n = 1500 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}, \quad (24)$$

$$\mu_p = 450 \frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}, \quad (25)$$

$$n_i = 1,45 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}, \quad (26)$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad (27)$$

Підставимо (23)-(27) у (22):

$$\sigma = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \left(\frac{16 \cdot 10^{14} + \sqrt{(16 \cdot 10^{14})^2 - 4 \cdot (1,45 \cdot 10^{10})^2}}{2} \cdot 1500 + (16 \cdot 10^{14} - \frac{16 \cdot 10^{14} + \sqrt{(16 \cdot 10^{14})^2 - 4 \cdot (1,45 \cdot 10^{10})^2}}{2}) \cdot 450 \right) = 0,3840 (Cm / m) \quad (28)$$

Значення (28) – провідність кремнію.