

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ №5
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТА ХАРАКТЕРИСТИК
БІПОЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку планарного транзистора

Позначення параметра	Назва та одиниця вимірювання параметра	Значення
$U_{кбmax}$	Максимальна напруга колектор-база, В	28
$U_{кб}$	Напруга колектор-база, В	14
$X_{ік}$	Глибина колекторного переходу, м	$2 \cdot 10^{-6}$
$N_{ас}$	Концентрація домішок на поверхні пасивної бази, $см^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{19}$
$U_{еб}$	Напруга емітер-база, В	7
$U_{ебmax}$	Максимальна напруга емітер-база, В	3,5
C_k	Ємність колектора, Ф	$4 \cdot 10^{-9}$
ω_k	Ширина колектора, м	$1,5 \cdot 10^{-6}$
$P_{кmax}$	Максимальна потужність колектора, Вт	$26 \cdot 10^{-3}$
$I_{кmax}$	Максимальний струм колектора, А	$22 \cdot 10^{-3}$
I_e	Струм емітера, А	$2 \cdot 10^{-3}$
ϵ_r	Діелектрична проникність у напівпровіднику, Ф/м	11,7
ϵ_0	Діелектрична проникність в вакуумі, Ф/м	$8,85 \cdot 10^{-12}$
$U_{ебо}$	Мінімальна напруга емітер-база, В	4,4
$N_{ае}$	Концентрація акцепторів, $см^{-3}$	$4 \cdot 10^{18}$
$N_{дк}$	Концентрація донорів, $см^{-3}$	$4 \cdot 10^{16}$
μ_n	Рухливість носіїв заряду-електронів, $см^2/В \cdot С$	1250
μ_p	Рухливість носіїв заряду-дірок, $см^2/В \cdot С$	500
φ_T	Тепловий потенціал, В	0,03
n_i	Концентрація власних носіїв заряду в кремнії, $см^{-3}$	10^{10}
$\omega_{бо}$	Розмір технологічної бази, м	10^{-6}
X_c	Глибина епітаксійного шару, м	$20 \cdot 10^{-6}$

α	Мінімальна відстань між контактами, м	$9 \cdot 10^{-6}$
b	Мінімальна ширина контактів, м	$4 \cdot 10^{-6}$
$\omega_{ба}$	Активна ширина бази, м	$0,64 \cdot 10^{-6}$

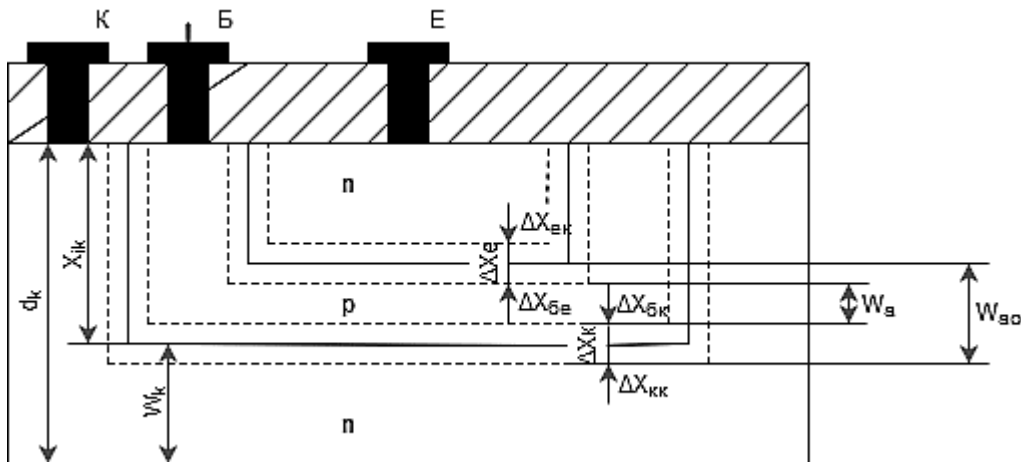


Рисунок 5.1 – Структура планарного транзистора

1. Визначити максимально допустиму пробивну напругу, В

$$U_{кбо} = 1,2 * U_{кбmax} \quad (5.1)$$

$$U_{кбо} = 1,2 * 28 = 33,6$$

2. Визначити питомий опір колекторного переходу при $t = 300$ К, Ом·см

$$\rho_k = [q * \mu_n * N_{дк}]^{-1} \quad (5.2)$$

$$\rho_k = [1,6 * 10^{-19} * 1250 * 4 * 10^{16}]^{-1} = 0,125$$

3. Визначити характеристичну довжину домішок, м

$$L_a = \frac{X_{ik}}{\ln \frac{N_{as}}{N_{дк}}} \quad (5.3)$$

$$L_a = \frac{2 * 10^{-6}}{\ln \frac{1,5 * 10^{19}}{4 * 10^{16}}} = 3,37 * 10^{-7}$$

$$L_D = \frac{1}{4} * L_a \quad (5.4)$$

$$L_D = \frac{1}{4} * 3,37 * 10^{-7} = 8,44 * 10^{-8}$$

4. Визначити напругу на колекторному переході, В

$$U_0 = \frac{q * N_{DK} * L_a^2}{\epsilon_r * \epsilon_0} \quad (5.5)$$

$$U_0 = \frac{1,6 * 10^{-19} * 4 * 10^{16} * (3,37 * 10^{17})^2}{11,7 * 8,85 * 10^{-12}}$$

5. Визначити контактну різницю потенціалів на колекторному переході, В

$$\varphi_K = \varphi_T * \ln \left(\frac{N_{DK}}{n_i} \right)^2 \quad (5.6)$$

φ_T – тепловий потенціал ($\varphi_T = 0,026$ В);

n_i – власна концентрація носіїв заряду в напівпровіднику ($n_i = 10^{10}$ см)

$$\varphi_K = 0,026 * \ln \left(\frac{4 * 10^{16}}{10^{10}} \right)^2 = 0,79$$

Контактна різниця потенціалів емітера, В

$$\varphi_e = \varphi_T * \ln \left(\frac{N_{as}}{n_i} \right)^2 \quad (5.7)$$

$$\varphi_e = 0,026 * \ln \left(\frac{1,5 * 10^{19}}{10^{10}} \right)^2 = 1,099$$

6. Визначити ширину області р-п переходу в сторону бази, м

$$\Delta X_K = L_a \ln \left[1 + \sqrt{1 + 2 * \frac{\varphi_K + U_{KBmax}}{U_0}} \right] \quad (5.8)$$

$$\Delta X_K = 3,37 * 10^{-7} * \ln \left[1 + \sqrt{1 + 2 * \frac{0,79 + 28}{7,02 * 10^{-6}}} \right] = 2,68 * 10^{-6}$$

$$\Delta X_{KB} = L_a \ln \left[1 + \sqrt{1 + 2 * \frac{\varphi_K + U_{KB}}{U_0}} \right] \quad (5.9)$$

$$\Delta X_{кб} = 3,37 * 10^{-7} * \ln \left[1 + \sqrt{1 + 2 * \frac{0,79 + 14}{7,02 * 10^{-6}}} \right] = 2,57 * 10^{-6}$$

$$\Delta X_{кк} = \Delta X_{к} - \Delta X_{кб} \quad (5.10)$$

$$\Delta X_{кк} = 2,68 * 10^{-6} - 2,57 * 10^{-6} = 0,11 * 10^{-6}$$

7. Вибираємо ширину технологічної бази, м

$$W_{ao} = 1 * 10^{-6}$$

8. Визначити повну товщину колекторного шару, м

$$d_{к} = W_{к} + X_{ік} \quad (5.11)$$

$$W_{к} \approx \Delta X_{кк}$$

$$d_{к} = 0,11 * 10^{-6} + 1 * 10^{-6} = 1,12 * 10^{-6}$$

9. Визначити концентрацію акцепторів на емітерному переході, см^{-3}

$$N_a = N_{дк} * \exp \left(\frac{W_{ao}}{L_a} \right) \quad (5.12)$$

$$N_a = 4 * 10^{16} * \exp \left(\frac{10^{-6}}{3,37 * 10^{-7}} \right) = 11,87 * 10^{16}$$

10. Визначити товщину емітерного переходу, м

$$\Delta X_e = \sqrt{\frac{2 * \epsilon_r * \epsilon_0 * (\varphi_e + U_{eбmax})}{q * N_{as}}} \quad (5.13)$$

$$\Delta X_e = \sqrt{\frac{2 * 11,7 * 8,85 * 10^{-12} * (0,79 + 3,5)}{1,6 * 10^{-19} * 1,5 * 10^{25}}} = 3,7 * 10^{-16}$$

11. Визначити розміри колекторної області, тобто площу колектора, м^2

$$S_{к} = \frac{C_{к}}{\epsilon_r * \epsilon_0} * \sqrt{\frac{2 * \epsilon_r * \epsilon_0 * U_{кб}}{q * N_{дк}}} \quad (5.14)$$

$$C_{к} = 0,8 * 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$S_{к} = \frac{0,8 * 10^{-12}}{11,7 * 8,85 * 10^{-12}} * \sqrt{\frac{2 * 11,7 * 8,85 * 10^{-12} * 14}{1,6 * 10^{-19} * 4 * 10^{22}}} = 5,2 * 10^{-9}$$

12. Визначити максимальну напругу на емітерному р-п переходу, В

$$U_{emax} = \frac{P_e}{I_e} \quad (5.15)$$

$$P_e = 25 * 10^{-3} \text{ Вт}$$

$$U_{e\max} = \frac{25 * 10^{-3}}{2 * 10^{-3}} = 12,5$$

13. Визначити густину струму емітера, при якому транзистор знаходиться в режимі насичення, А

$$I_{\text{екр}} = \frac{U_{\text{ебmax}} - \varphi_e}{\rho_k * d_k} \quad (5.16)$$

$$I_{\text{екр}} = \frac{3,5 - 0,79}{0,125 * 10^{-2} * 1,12 * 10^{-6}} = 1,935 * 10^9$$

14. Визначити площу емітера, м²

$$S_e = \frac{I_e}{I_{\text{екр}}} \quad (5.17)$$

$$S_e = \frac{2 * 10^{-3}}{1,935 * 10^9} = 1,034 * 10^{-12}$$

15. Визначити повну площу транзистора, м²

$$S_{\text{тр}} = (2 * X_c + 6 * \alpha + 4 * \delta) * (b + 2 * X_c + 4 * \alpha) \quad (5.18)$$

$$S_{\text{тр}} = (2 * 3,49 * 10^{-16} + 6 * 9 * 10^{-6} + 4 * 2,64 * 10^{-6})$$

$$* (4 * 10^{-6} + 2 * 3,49 * 10^{-16} + 4 * 9 * 10^{-6}) = 2,58 * 10^{-9}$$

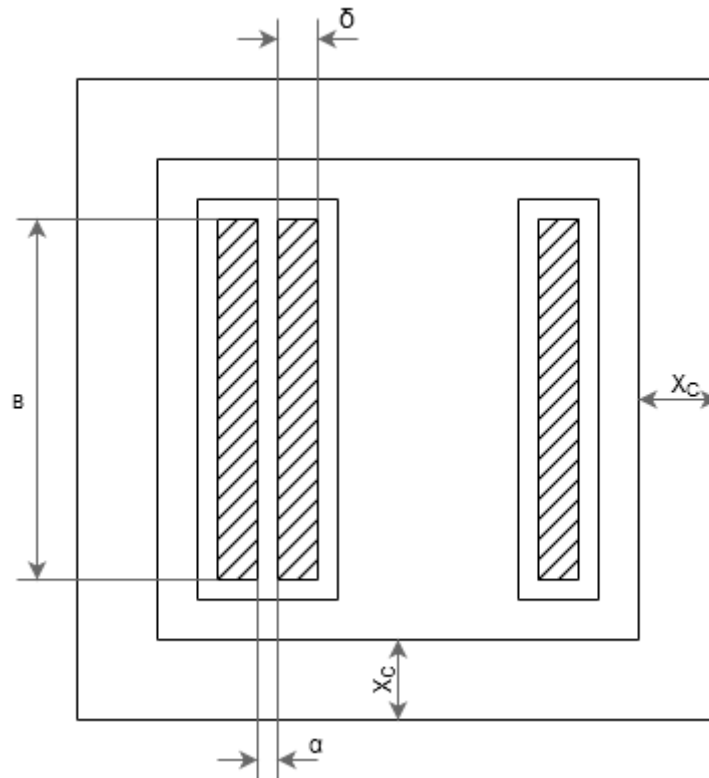


Рисунок 5.2 – Ескізне проектування планарного транзистора

Після отримання результатів необхідно написати висновок та захистити роботу.