

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ТЕМА : ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ПАРАМЕТРИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРНИХ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ СТРУКТУР

МЕТА: розрахувати параметри та характеристики транзисторних структур та дослідити їх вплив від температури

Теоретичні відомості

Біполярні транзистори (БТ)- це напівпровідникові прилади, які призначені підсилювати сигнал та мають три виводи або більше. Транзистори можуть мати різне число переходів між областями з різною електропровідністю. Найбільш поширені транзистори з двома р-п переходами. Ці транзистори називають біполярними, тому що їх робота пов'язана з використанням носіїв заряду обох знаків.

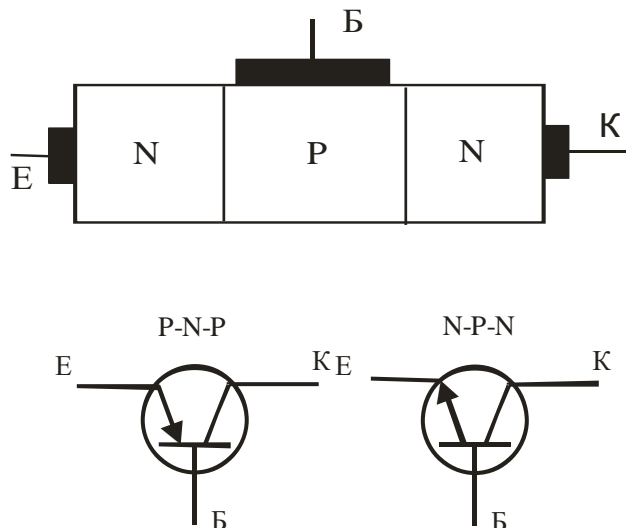


Рисунок 3.1 -Схематичне зображення плоского транзистора та умовне його позначення на схемах

Вихідні дані для розрахунку планарного транзистора

Позначення параметра	Назва та одиниця вимірювання параметра	Значення
$U_{кб\max}$	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
$U_{еб\max}$	Максимальна напруга емітер-база, В	3,5
C_k	Ємність колектора, Ф	$4 \cdot 10^{-9}$
ω_k	Ширина колектора, м	$1,5 \cdot 10^{-6}$
$P_{к\max}$	Максимальна потужність колектора, Вт	$26 \cdot 10^{-3}$
$I_{к\max}$	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	$0,64 \cdot 10^{-6}$

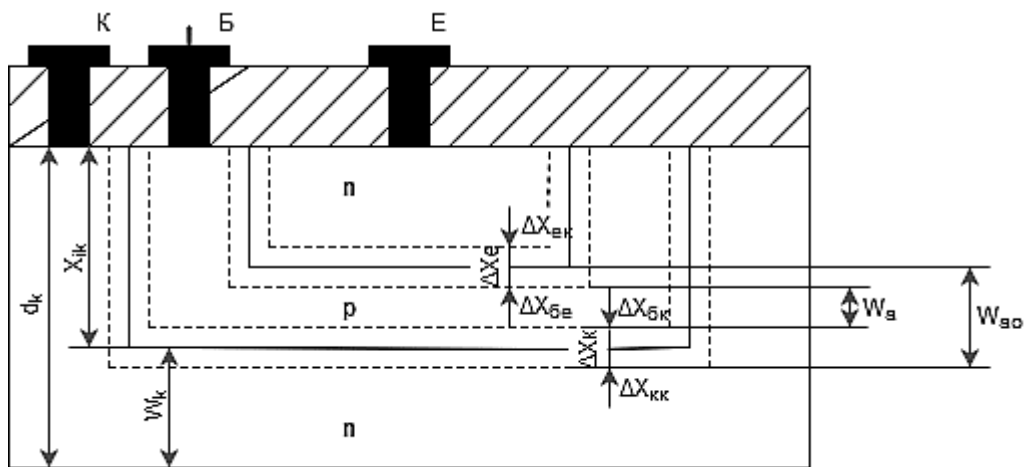


Рисунок 3.2 – Структура планарного транзистора

1. Визначити максимально допустиму пробивну напругу, В

$$U_{кбо} = 1,2 * U_{кбmax} \quad (3.1)$$

$$U_{кбо} = 1,2 * 28 = 33,6$$

2. Визначити питомий опір колекторного переходу при $t = 300 \text{ K}$, Ом·см

$$\rho_k = [q * \mu_n * N_{дк}]^{-1} \quad (3.2)$$

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

3. Визначити характеристичну довжину домішок, м

$$L_a = \frac{X_{ik}}{\ln \frac{N_{as}}{N_{дк}}} \quad (3.3)$$

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

$$L_{д} = \frac{1}{4} * L_a \quad (3.4)$$

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

4. Визначити напругу на колекторному переході, В

$$U_0 = \frac{q * N_{дк} * L_a^2}{\epsilon_r * \epsilon_0} \quad (3.5)$$

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

5. Визначити контактну різницю потенціалів на колекторному переході,
В

$$\varphi_K = \varphi_T * \ln \left(\frac{N_{DK}}{n_i} \right)^2 \quad (3.6)$$

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

$$\varphi_e = \varphi_T * \ln \left(\frac{N_{as}}{n_i} \right)^2 \quad (3.7)$$

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

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

$$\Delta X_K = L_a \ln \left[1 + \sqrt{1 + 2 * \frac{\varphi_K + U_{K6max}}{U_0}} \right] \quad (3.8)$$

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

$$\Delta X_{K6} = L_a \ln \left[1 + \sqrt{1 + 2 * \frac{\varphi_K + U_{K6}}{U_0}} \right] \quad (3.9)$$

$$\Delta X_{K6} = 3,37 * 10^{-7} * \ln \left[1 + \sqrt{1 + 2 * \frac{0,79 + 14}{7,02 * 10^{-6}}} \right] = 2,57 * 10^{-6}$$

$$\Delta X_{KK} = \Delta X_K - \Delta X_{K6} \quad (3.10)$$

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

7. Вибираємо ширину технологічної бази, м

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

8. Визначити повну товщину колекторного шару, м

$$d_k = W_k + X_{ik} \quad (3.11)$$

$$W_k \approx \Delta X_{kk}$$

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

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

$$N_a = N_{dk} * \exp\left(\frac{W_{ao}}{L_a}\right) \quad (3.12)$$

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

10. Визначити товщину емітерного переходу, м

$$\Delta X_e = \sqrt{\frac{2 * \epsilon_r * \epsilon_0 * (\varphi_e + U_{eбmax})}{q * N_{as}}} \quad (3.13)$$

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

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

$$S_k = \frac{C_k}{\epsilon_r * \epsilon_0} * \sqrt{\frac{2 * \epsilon_r * \epsilon_0 * U_{кб}}{q * N_{dk}}} \quad (3.14)$$

$$C_k = 0,8 * 10^{-12} \text{ Ф}$$

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

12. Визначити максимальну напругу на емітерному p-n переходу, В

$$U_{emax} = \frac{P_e}{I_e} \quad (3.15)$$

$$P_e = 25 * 10^{-3} \text{ Вт}$$

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

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

$$I_{екр} = \frac{U_{eбmax} - \varphi_e}{\rho_k * d_k} \quad (3.16)$$

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

14. Визначити площу емітера, м^2

$$S_e = \frac{I_e}{I_{\text{екр}}} \quad (3.17)$$

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

15. Визначити повну площу транзистора, м²

$$S_{\text{тр}} = (2 * X_c + 6 * \alpha + 4 * \delta) * (b + 2 * X_c + 4 * \alpha) \quad (318)$$

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

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

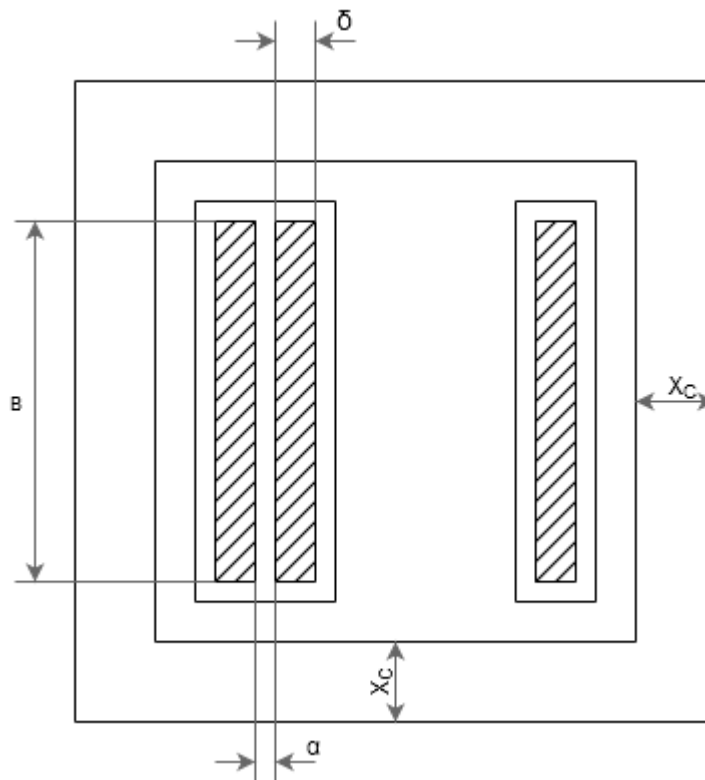


Рисунок 3.3 – Ескізне проектування планарного транзистора

Контрольні запитання:

1. Скільки видів БТ за структурою?
2. Описати модель БТ Еберса Молла.
3. Описати схеми включення БТ.
4. Скільки видів пробоїв БТ?
5. Скільки малосигнальних параметрів БТ?

Після отримання результатів необхідно побудувати графіки вхідної та вихідної характеристик приладу, написати висновок, відповісти на контрольні запитання та захистити роботу.