

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ
З ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ № 5
3 курсу «Твердотільна електроніка»
На тему: «ВАХ біполярного транзистора»

Виконав:
студент 3 курсу
групи ДМ-82
Іващук Віталій

Перевірив:
Любомир Миколайович
Королевич

Оцінка: _____

Київ 2020

Завдання:

Дано симетричний біполярний транзистор на основі р-п переходів заданих у попередніх практичних роботах. Ефективна ширина бази у рівноважному стані дорівнює 10 мкм. Побудувати вхідні та вихідні ВАХ біполярного транзистора в схемі з загальною базою для всіх (4х) режимів роботи.

Данні за варіантом:

Таблиця 1. Вхідні параметри

Матеріал	Ge
Градiєнт концентрації акцепторів N_A' , см^{-4}	$1,2 \cdot 10^{19}$
Градiєнт концентрації донорів N_D' , см^{-4}	$4,8 \cdot 10^{21}$
Довжина діода L_D , см	0,045
Площа поперечного перерізу S , см^2	0,011
Дифузійна довжина електронів L_n , см	0,005
Дифузійна довжина дірок L_p , см	0,002
Температурний потенціал φ_T , В	0,026
Коефіцієнт дифузії електронів D_n , $\frac{\text{см}^2}{\text{с}}$	94
Коефіцієнт дифузії дірок D_p , $\frac{\text{см}^2}{\text{с}}$	44
Час життя носіїв τ , с	10^{-5}
Елементарний заряд q , Кл	$1,6 \cdot 10^{-19}$
Концентрація власних носіїв заряду n_i , см^{-3}	$2,4 \cdot 10^{13}$
Ширина переходу в п-області l_n , см	$0,4147 \cdot 10^{-6}$
Ширина переходу в р-області l_p , см	$8,2941 \cdot 10^{-5}$
Висота потенціального бар'єра φ_0 , В	0,2707
Ефективна ширина бази W_b , см	10^{-4}

Виконання:

Для початку побудови ВАХ біполярного транзистора запишемо формули які описують сім'ї емітерних та колекторних характеристик. Оскільки у нашому випадку база знаходиться в р-області то діркові складові емітерного та колекторного струмів набагато менші за електронні складові і їх можна не враховувати, тоді запишемо формули для сімейств емітерних та колекторних характеристик у нашому випадку:

$$\begin{aligned} I_{nE} &= -q \frac{D_n}{L_n} \frac{n_{p0}}{sh \frac{W_b}{L_n}} S_E \left(\left(e^{\frac{-U_{EB}}{\varphi_T}} - 1 \right) ch \frac{W_b}{L_n} - \left(e^{\frac{-U_{BK}}{\varphi_T}} - 1 \right) \right) \\ I_{nK} &= -q \frac{D_n}{L_n} \frac{n_{p0}}{sh \frac{W_b}{L_n}} S_K \left(\left(e^{\frac{-U_{EB}}{\varphi_T}} - 1 \right) - \left(e^{\frac{-U_{BK}}{\varphi_T}} - 1 \right) ch \frac{W_b}{L_n} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

де $S_E, S_K = S$ – площі емітерного та колекторного переходів; D_n, L_n – коефіцієнт дифузії та довжина дифузії електронів у базі; n_{p0} – це концентрація неосновних носіїв заряду в базі – електронів. Її можна розраховувати за формулою:

$$n_{p0} = \frac{n_i^2}{N_A}. \quad (2)$$

де, N_A – концентрація акцепторних домішок.

$$N_A = N'_A \cdot l_p.$$

Знайдемо числове значення:

$$n_{p0} = \frac{(2,4 \cdot 10^{13})}{1,2 \cdot 10^{19} * 8,2941 \cdot 10^{-5}} = 541443671256 \text{ см}^{-3}$$

Тепер за допомогою рівнянь (1) ми можемо побудувати сім'ї характеристик транзистора у всіх 4 режимах роботи. Оскільки у нас схема зі спільною базою, то вхідна характеристика має вигляд:

$$I_E = f(U_{EB}) \Big|_{U_{BK} = \text{const}} \quad (3)$$

А вихідна характеристика має вигляд:

$$I_K = f(U_{BK}) \Big|_{I_E = \text{const}} \quad (4)$$

Побудуємо сімейства вхідних і вихідних характеристик:

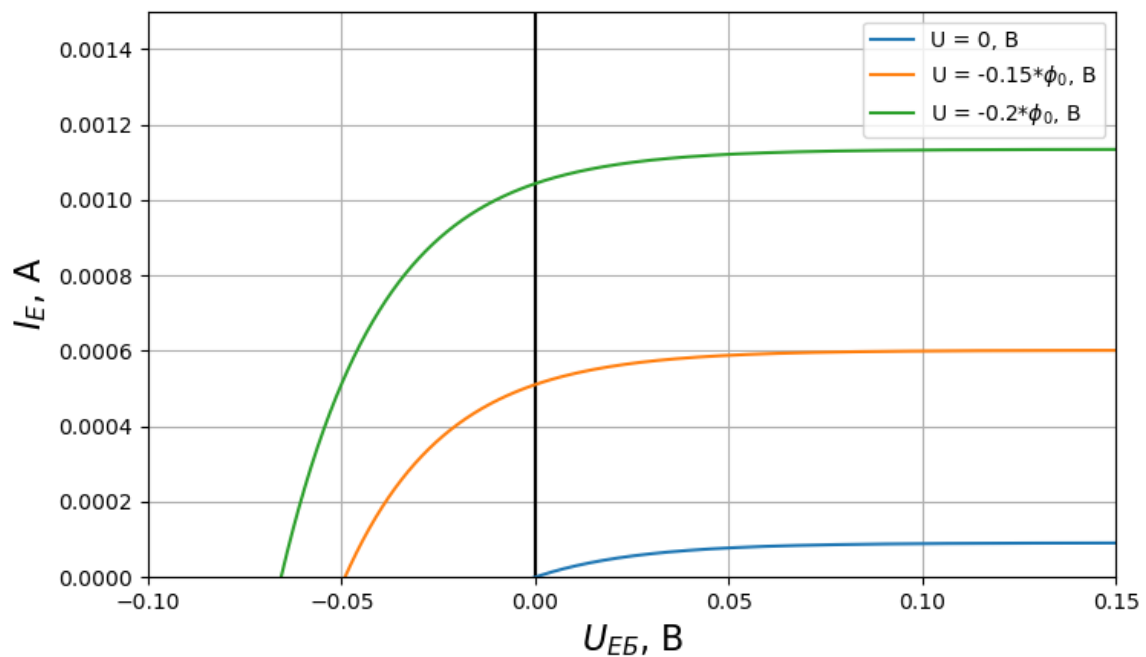


Рисунок 1. Вхідна характеристика транзистора

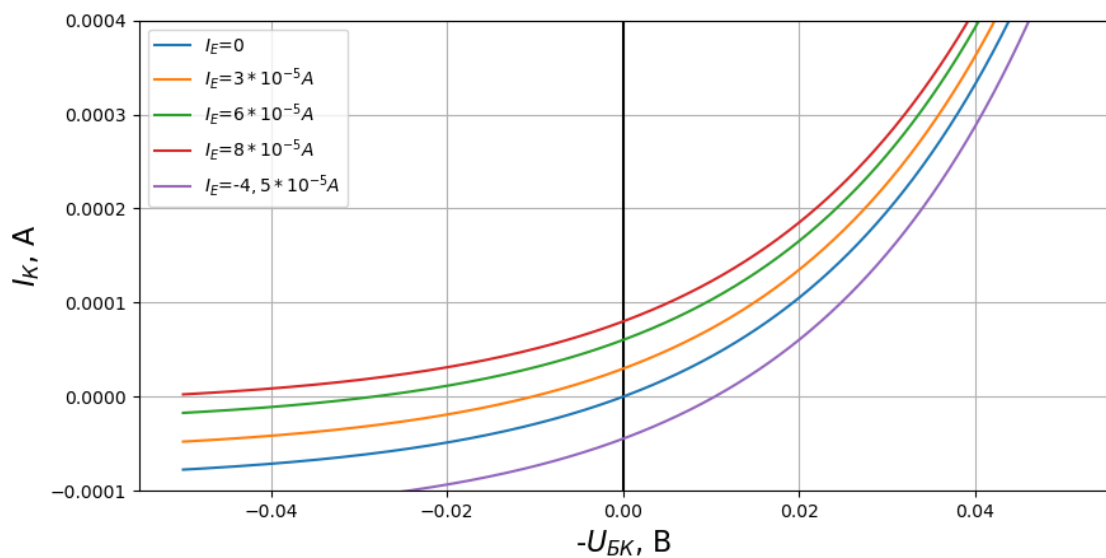


Рисунок 2. Вихідна характеристика транзистора

Побудувавши сімейства характеристик для біполярного транзистора зі загальною базою ми зможемо виділити області на ВАХ для різних режимів роботи.

Є 4 режими роботи транзистора:

- 1) Режим відсікання ($U_{EB} < 0$ і $U_{БК} < 0$)
- 2) Режим насичення ($U_{EB} > 0$ і $U_{БК} > 0$)
- 3) активний нормальний режим ($U_{EB} > 0$ і $U_{БК} < 0$)

4) активний інверсний режим ($U_{EB} < 0$ і $U_{BK} > 0$)

Відмітимо ці області на вихідній характеристиці і зобразимо на рис. 3:

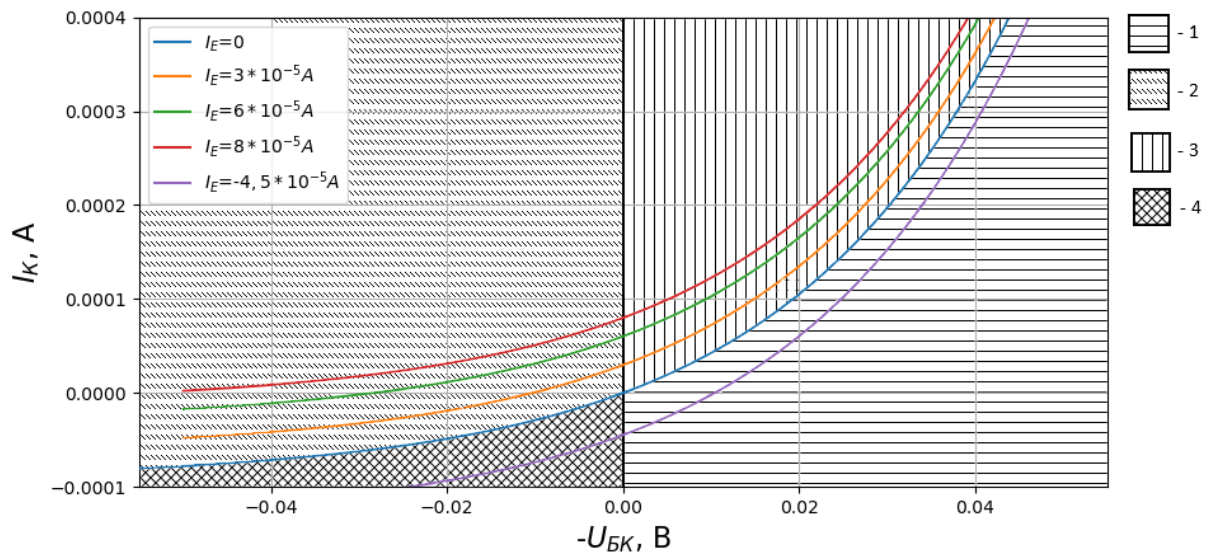


Рисунок 3. Вихідна характеристика транзистора з відміченими областями режиму роботи.

На рис. 3 цифрою 1 відмічено позначення режиму відсікання; 2 - режим насичення; 3 – активний нормальний режим; 4 – активний інверсний режим.