

ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ №4

Лабораторна робота № 5.

Дослідження характеристик польового транзистора з керуючим р-п переходом.

Мета роботи : Ознайомитися з принципом дії польового транзистора та дослідити його характеристики.

Занести кількість транзисторів :

Занести порядковий номер виданого транзистора :

Занести тип транзистора :

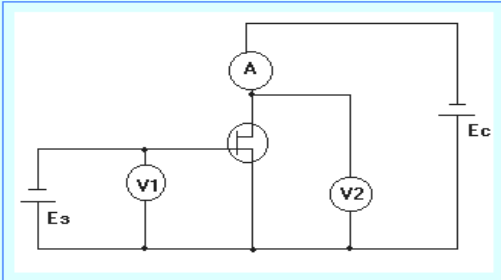


Схема вимірювання характеристик польового транзистора

1. Занести вимірювання струму стоку I_c при заданій напрузі витік-стік $U_{вс}$:

$U_{вс}, В$	0,1	2,1	4,1	6,1	8,1	10,1	12,1	14,1	16,1	18,1	20,1	22,1	24,1	26,1	28,1	30,0
$I_c(T1), А$	2e-6	3e-6	5e-6	6e-6	8e-6	9e-6	10e-6	13e-6	14e-6	15e-6	16e-6	18e-6	19e-6	20e-6	23e-6	24e-6
$I_c(T2), А$	1e-6	2e-6	3e-6	4e-6	5e-6	6e-6	8e-6	15e-6	18e-6	24e-6	25e-6	27e-6	28e-6	29e-6	31e-6	32e-6
$I_c(T3), А$	2e-6	6e-6	9e-6	12e-6	16e-6	18e-6	21e-6	24e-6	26e-6	28e-6	30e-6	33e-6	35e-6	36e-6	37e-6	38e-6
$I_c(T4), А$	20e-6	22e-6	24e-6	25e-6	26e-6	28e-6	29e-6	31e-6	36e-6	39e-6	45e-6	46e-6	47e-6	48e-6	49e-6	50e-6
$I_c(T5), А$	1e-6	2e-6	4e-6	9e-6	12e-6	13e-6	17e-6	20e-6	23e-6	29e-6	30e-6	31e-6	35e-6	38e-6	40e-6	45e-6

Рисунок 4.1 – Початкові дані для розрахунку

МДН - транзистор - польовий транзистор з ізолюючим затвором, в якому ізоляційний шар поміж кожним металевим затвором та каналом є діелектрик.

Існують два різновиди МДН - транзисторів: з індуцированим каналом і з вбудованим каналом. В МДН - транзисторах з індуцированим каналом провідний канал між сильнолегованими областями витіку і стоку не існує, отже помітний струм стоку з'являється тільки при визначеній полярності та при визначеній величині напруги на затворі відносно витіку, яку називають пороговою напругою [1-5].

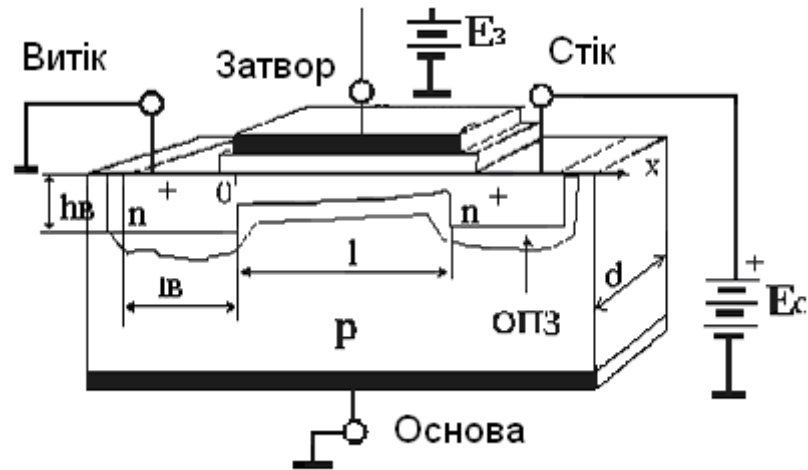


Рисунок 4.2 - МДН транзистор з індукованим n каналом

Розглянемо, як приклад, розрахунок деяких параметрів транзистора.

Вихідні дані:

- Довжина каналу $l = 5 \times 10^{-6}$ м
- Ширина каналу $d = 5 \times 10^{-4}$ м
- Товщина шару діелектрика $d_0 = 1.2 \times 10^{-7}$ м
- Рухливість дірок $\mu_n = 4 \times 10^{-2}$ м²/Вс
- Порогова напруга $U = -1.8$ В
- Напруга на стоці $U = 4$ В
- Напруга на затворі $-5.6 \dots -15.6$ В, шаг 0,5 В
- Діелектрична проникливість $\epsilon = 4$ Ф/м
- Діелектрична постійна $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ Ф/м

Розрахуємо крутизну вольт амперної характеристики $I_c(U_3)$ в області насичення:

$$S_{нас} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_0 \mu d}{d_0 l} (U_3 - U_n) = 2,1 \cdot 10^{-3} \frac{A}{B} \quad (4.1)$$

Ємність затвору відносно витоку і стоку:

$$C_3 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_0 l d}{d_0} = 7,38 \cdot 10^{-9} \Phi \quad (4.2)$$

Частотна межа:

$$f_{макс} = \frac{S_{нас}}{2\pi C_3} = 4,58 \cdot 10^8 \text{ Гц} \quad (4.3)$$

Постійна часу заряду ємності затвору:

$$\tau = \frac{C_3}{S_{нас}} = 6,25 \cdot 10^{-11} \text{ с} \quad (4.4)$$

Розрахуємо значення струму I_c при значеннях напруги на затворі від -5,6В до -15,6 з шагом 0,5В:

$$I_c = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_0 \mu d}{d_0 l} \left((U_3 - U_n) U_c - \frac{U_c^2}{2} \right) \quad (4.5)$$

Польовий транзистор з керуючим р-п переходом

Польовий транзистор з керуючим р-п переходом являє собою тонку пластину напівпровідникового матеріалу з двома р-п переходами в центральній частині і з омичними контактами по краях.

Чинність цього приладу основана на залежності товщини р-п переходу від доданої до нього напруги. Оскільки збіднений шар майже повністю позбавлений рухомих носіїв заряду, його провідність практично дорівнює нулю. Обмежуючи з бокових сторін струмопровідний канал

(напівпровідником пластини), збіднений шар, що утвориться завдяки цьому визначає перетин або ефективну товщину. У залежності від електропровідності напівпровідника канал може бути n- типу або p- типу [2-4].

Як приклад, розглянемо розрахунок деяких параметрів транзистора.

Вихідні дані:

- Концентрація домішки, $N = 1.5 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$
- Рухливість електронів, $\mu_n = 500 \text{ см}^2/\text{В} \times \text{с}$
- Заряд електрона, $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$
- Діелектрична проникливість, $\epsilon = 11,8$
- Діелектрична постійна, $\epsilon = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Ф/м}$
- Постійна Больцмана $k = 8,62 \times 10^{-5} \text{ еВ}$
- Термін переходу, $t_{\text{пер}} = 0,8 \text{ мкс}$
- Напруга на затворі, $U_3 = 39 \text{ В}$
- Розміри напівпровідникового транзистора:
Товщина, $W = 23 \text{ мкм}$
Довжина, $l = 12 \text{ мкм}$
Ширина, $d = 3 \text{ мкм}$

Розрахуємо опір каналу:

$$R_k = \frac{l}{e\mu_n W d N} = 4.83 \cdot 10^2 \text{ Ом} \quad (4.6)$$

Питомий опір:

$$\rho = e n \mu_n = 3,6 \text{ Ом} \times \text{см} \quad (4.7)$$

Розрахуємо напругу відсічки:

$$U_{від} = \frac{W^2}{\varepsilon \rho \mu_n l} = 85,4B \text{ В} \quad (4.8)$$

Граничну частоту визначаємо за формулою:

$$f_{зр} = \frac{1}{2\pi t_{пер}} = 2,01 \times 10^5 \text{ Гц} \quad (4.9)$$

Розрахуємо струм стоку при напрузі на стоці 20 В за формулою:

$$I_c = \frac{1}{R_k} \left(U_c + \frac{U_c^{2/3} + U_3^{3/2}}{U_{омс}} \right) \quad (4.10)$$

Крутизну розрахуємо за формулою:

$$\begin{aligned} S &= \frac{1}{R_k} \left(\frac{1}{3} U_{омс} - U_3 \left(1 - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{U_3}{U_{омс}}} \right) \right) = \\ &= 6,71 \cdot 10^{-4} \text{ А/В} \end{aligned} \quad (4.11)$$

Розраховуємо струм насичення за формулою:

$$U_{нас} = \frac{1}{R_k} \left(\frac{1}{3} U_{омс} - U_3 \left(1 - \frac{2}{3} \sqrt{\frac{U_3}{U_{омс}}} \right) \right) \quad (4.12)$$

Після отримання результатів необхідно побудувати вихідну характеристику приладу, написати висновок та захистити роботу.