

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Факультет Електроніки
Кафедра мікроелектроніки

ЗВІТ
Про виконання курсової роботи
з дисципліни: «Твердотільна електроніка-2»

Варіант №22

Виконавець:

Студент 3-го курсу

(підпис)

Б. В. Лищенко

Превірів:

(підпис)

Л. М. Королевич

Завдання

Розрахувати порогові напруги транзисторів мікросхеми

Виконання завдання

Треба записати формулу для пошуку порогової напруги. За варіантом у мене КЕФ, тому формула буде наступною:

$$U_{nor}^0 = \phi_{MS} - \frac{q \cdot N_{SS}}{C_{ox}} - 2 \cdot \phi_F - \frac{\sqrt{2 \cdot q \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_S \cdot N_B}}{C_{ox}} \cdot \sqrt{|2 \cdot \phi_F + U_n|} \quad (1)$$

У цій формулі дано майже все, а точніше: $N_{SS} = 5,6 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$ $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-14} \text{ Ф/см}$ $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$, $T = 300 \text{ К}$, $n_i = 1,45 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$, $\varepsilon_S = 11,8$, $\rho = 3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, $U_0 = -0,6 \text{ В}$, $U_1 = -0,6 \text{ В}$, $\mu_n = 1500 \text{ см}^2 \text{ В} \cdot \text{с}$

Питома ємність шукається як

$$C_{ox} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_{ox} / d_{ox} = \frac{8,85 \cdot 10^{-14} \cdot 3,9}{0,5 \cdot 10^{-5}} = 6,903 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Ф}}{\text{см}^2} \quad (2)$$

Рівень Фермі у об'ємі кремнію:

$$\phi_F = \left(\frac{k_B \cdot T}{q} \right) \cdot \ln \left(\frac{N_B}{n_i} \right) \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = q \cdot N_B \cdot \mu_n \Rightarrow N_B = \frac{1}{\rho \cdot q \cdot \mu_n} = \frac{1}{3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1500} = 1,39 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$$

Рівень Фермі тоді буде:

$$\phi_F = \left(\frac{k_B \cdot T}{q} \right) \cdot \ln \left(\frac{N_B}{n_i} \right) = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot \ln \left(\frac{1,39 \cdot 10^{15}}{1,45 \cdot 10^{10}} \right) = 0,297 \text{ В}$$

Напруги між витоком і підкладкою для кожного транзистора, маємо за умовою, що $U_0 = -0,6 \text{ В}$ $U_1 = -6 \text{ В}$ За умовою з +, але так як підкладка КЕФ, то беремо з мінусом.

Для $T_1, T_2, T_3, T_6, T_8 : U_n = 0; U_{\text{пор}} = -2,14 \text{ В}$

Для $T_4, T_5, T_7 : U_n = -0,6 \text{ В}; U_{\text{пор}} = -2,19 \text{ В}$

Далі порахуємо «ідеальну» порогову напругу:

$$U_{\text{ідеал пор}} = (U^1 + U^0) / 2 = (-6 - 0,6) / 2 = -3,3 \text{ В}$$

Шукаємо абсолютні похибки:

$$U_n = 0$$

$$\Delta U_{\text{пор}} = -3,3 + 2,41 = -0,89 \text{ В}$$

$$\delta = 100 \cdot |0,89 / 2,41| = 37\%$$

$$U_n = -0,6$$

$$\Delta U_{\text{пор}} = -3,3 + 2,19 = -1,1 \text{ В}$$

$$\delta = 100 \cdot |-1,1 / 2,19| = 50\%$$

Підлеговування треба, тому шукаємо дозу легування за ф-ю $D = \Delta U_{\text{пор}} \cdot C_{ox}$

$$U_n = 0$$

$$D = 0,89 \cdot 6,903 \cdot 10^{-8} \approx 0,06 \text{ мкКл/см}^2$$

$$U_n = -0,6$$

$$D = 1,1 \cdot 6,903 \cdot 10^{-8} \approx 0,08 \text{ мкКл/см}^2$$

Ну і далі підлеговуємо. Для цього додаємо до обрахованої порогової доданок:

$$U_n = 0$$

$$U'_{\text{пор}} = U_{\text{пор}} + \frac{D}{C_{ox}} = -2,41 - \frac{0,06}{6,9 \cdot 10^{-8}} = -3,28 \text{ В}$$

$$U_n = -0,6$$

$$U'_{\text{пор}} = U_{\text{пор}} + \frac{D}{C_{ox}} = -2,19 - \frac{0,08}{6,9 \cdot 10^{-8}} = -3,35 \text{ В}$$

Для того аби зекономити на процесі виготовлення, замість того аби робити два підлегування (з 0.06 і 0.08), можемо зробити одне, для чого візьмемо дозу 0.07, і знову порахуємо напруги (якщо похибка буде менше 10%, то тоді так і залишаємо, якщо більше, то тоді робимо два підлегування).

$$U_n = 0 :$$

$$U'_{nor} = U_{nor} + \frac{D_{cep}}{C_{ox}} = -2,41 - \frac{0,07}{6,903 \cdot 10^{-8}} = -3,43 \text{ В};$$

$$\delta = 100 \cdot |(-3,3 + 3,43)/(-3,43)| \approx 3,7\%;$$

$$U_n = -0,6 :$$

$$U'_{nor} = U_{nor} + \frac{D_{cep}}{C_{ox}} = -2,19 - \frac{0,07}{6,903 \cdot 10^{-8}} = -3,21 \text{ В};$$

$$\delta = 100 \cdot |(-3,3 + 3,21)/(-3,21)| \approx 2,9\%.$$

Похибка менше 10% для всіх трьох напруг, тобто достатньо і одного підлегуювання, що значно спростить технологію виготовлення.

Висновок

Стосовно легування, то доза легування не може бути від'ємною, але знак напруги визначатиметься від того, якою домішкою я буду підлеговувати. Тобто, у данному випадку напруги були менші за «ідеальну» порогову напругу, тобто вони були недостатньо «електронні», якщо так можна сказати. Якби у мене порогова напруга була менша за ту, яка вийшла, тоді я мав би підлеговувати акцепторними домішками (р-тип), а оскільки навпаки, то треба n-тип. Поширеними є фосфор і миш'як, але в данному випадку обираю фосфор, оскільки він більш поширений.

Транзистор	Порогова напруга, [В]	D(фосфор), мкКл / см ²
T1	-3,43	0,07
T2	-3,43	0,07
T3	-3,43	0,07
T4	-3,21	0,07
T5	-3,21	0,07
T6	-3,43	0,07
T7	-3,21	0,07
T8	-3,43	0,07