

### פתרון תרגיל 4

(1) נתונה צומת PN מסיליקון המסוממת בצורת מדרגה. הסימום משני צידי הצומת הוא של  $N_a = 2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  בצד אחד ובצד השני ישנו סימום שהוא  $N_d = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ . בטמפ' של 300 מעלות קלווין. נניח כי אזור המחסור לא משתנה כתוצאה מהמתח המופעל על הצומת.

(א) חשבו את ריכוז נושאי המטען בקצוות אזור המחסור. עבור המתחים הבאים:

$$0.1V, 0.4V, 1V, -0.1V, -0.4V, -1V$$

(ב) עבור ממתח קדמי של 0.4V מה יהיה זרם הדיפוזיה של החורים בצד N ושל האלקטרונים בצד P? ומה יהיה זרם נושאי הרוב בשני צידי הצומת?

(ג) עבור ממתח אחוריי של -0.4V מה יהיה זרם הדיפוזיה של החורים בצד N ושל האלקטרונים בצד P? ומה יהיה זרם נושאי הרוב בשני צידי הצומת?

(2) הפוטנציאל הבנוי בצומת הוא:

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_a N_d}{n_i^2}\right) = 0.026n\left(\frac{10^{15} \times 5 \times 10^{16}}{10^{20}}\right) = 0.76V$$

רוחב המחסור הוא:

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \frac{N_a + N_d}{N_a N} (V_{bi} - V_a)}$$

השדה החשמלי המקסימלי:

$$E(x=0) = -\frac{2(V_{bi} - V_a)}{W}$$

הפוטנציאל באזור ה-n:

$$V_n = \frac{qN_d x_n^2}{2\epsilon_s}$$

$$x_n = w \frac{N_a}{N_a + N_d}$$

$$V_n = \frac{(V_{bi} - V_a) N_a}{N_a + N_d}$$

שזה:

ומכאן נקבל:

	V = 0 V	V = 0.5 V	V = -2.5 V
w	0.315 μm	0.143 μm	0.703 μm
E	40 kV/cm	18 kV/cm	89 kV/cm
Vn	0.105 V	0.0216 V	0.522 V

(3) הפוטנציאל הבנוי בצומת הוא:

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_a N_d}{n_i^2}\right) = 0.83V$$

רוחב המחסור ללא הקירוב הוא:

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \frac{N_a + N_d}{N_a N} V_{bi}} = 0.33 \mu m$$

והקיבול הוא:

$$C = \frac{\epsilon_s}{w} = 3.17 pF$$

רוחב המחסור בשימוש הקירוב של דיודה מנוונת הוא:

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{qN_d} V_{bi}} = 0.31 \mu m$$

$$C = \frac{\epsilon_s}{w} = 3.18 pF$$

והקיבול הוא:

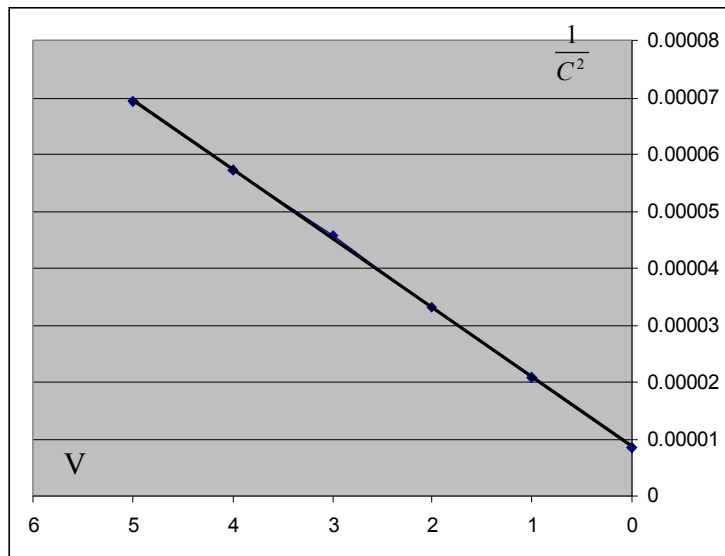
מכאן מתקבלת שגיאה של 0.5% שמצדיקה את השימוש בקירוב במקרה זה.

(4)

א. הקיבול הולך לפי  $C = \frac{\epsilon_s}{w}$  רוחב המחסור עבור צומת מדרגה הוא

$$W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{qN_d} (V_{bi} - V)} \quad \text{ואלו בצומת ליניארית הוא:} \quad W = \left[ \frac{12\epsilon_s}{qa} (V_{bi} - V) \right]^{1/3}$$

מכיון שאם נצייר את  $\frac{1}{C^2}$  כפונקציה של הממתח האחורי נקבל קו ליניארי זאת אומרת שהצומת היא מסוג צומת ליניארית.



ב. הפוטנציאל המובנה  $V_{bi}$

$$\frac{C(1V)^2}{C(0V)^2} = \frac{V_{bi}}{V_{bi} + 1} = 2.42$$

ומכאן נקבל שהמתח הוא 0.7V

$$\frac{\epsilon_s}{C} = W = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{qN_d} (V_{bi} - V)}$$

ג. נחלץ את  $N_d$  באזור ה-n מישוב אזור המחסור

$$N_d = 1.02 \times 10^{12}$$

ונקבל

ד. נחשב את  $N_a$  דרך הפוטנציאל הפנימי

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_a N_d}{n_i^2}\right) = 0.7V$$

$$N_d = 9.47 \times 10^{19}$$

ונקבל