

פתרון תרגיל 3

(1 א)

$$J_n = qD_n \frac{dn(x)}{dx} = qD_n \frac{d}{dx} [n_i \exp(\frac{E_F - E_i}{kT})] = qD_n \frac{n(x)}{kT} (\frac{dE_F}{dx} - \frac{dE_i}{dx}) = -qD_n \frac{n(x)}{kT} \frac{dE_i}{dx}$$

$$J_p = -qD_p \frac{dp(x)}{dx} = -qD_p \frac{d}{dx} [n_i \exp(\frac{E_i - E_F}{kT})] = -qD_p \frac{p(x)}{kT} (\frac{dE_i}{dx} - \frac{dE_F}{dx}) = -qD_p \frac{p(x)}{kT} \frac{dE_i}{dx}$$

(ב) המתח המובנה בצומת

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right)$$

$$V_{bi} = 0.026 \ln\left(\frac{10^{18} \times 10^{16}}{(9.65 \times 10^9)^2}\right) = 0.84V$$

$$J_n = q\mu_n n(x) \varepsilon(x) = q\mu_n n(x) \frac{d}{dx} \left(-\frac{E_F - E_i}{q}\right) = q\mu_n n(x) \frac{1}{q} \left(\frac{dE_i}{dx} - \frac{dE_F}{dx}\right) = \mu_n n(x) \frac{dE_i}{dx} = \frac{qD_n}{kT} n(x) \frac{dE_i}{dx} \quad (\lambda)$$

$$J_p = -q\mu_p p(x) \varepsilon(x) = q\mu_p p(x) \frac{d}{dx} \left(-\frac{E_i - E_F}{q}\right) = q\mu_p p(x) \frac{1}{q} \left(\frac{dE_i}{dx} - \frac{dE_F}{dx}\right) = \mu_p p(x) \frac{dE_i}{dx} = \frac{qD_p}{kT} p(x) \frac{dE_i}{dx}$$

(2) מכיון שיש יחס של שני סדרי גודל בין הדונורים לאקספטורים אפשר להתייחס לדיודה כדיודה מנוונת.

$$V_{bi} = 0.026 \ln\left(\frac{10^{18} \times 10^{16}}{(9.65 \times 10^9)^2}\right) = 0.84V$$

$$x_{no} = w = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s V_{bi}}{qN_D}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-12} \times 0.84}{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{16}}} = 3.3 \times 10^{-5}$$

$$N_d x_{no} = N_a x_{po} \Rightarrow x_{po} = \frac{1}{100} x_{no} = 3.3 \times 10^{-7}$$

$$\varepsilon_m = \frac{qN_D W}{\varepsilon_s} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 10^{16} \times 3.3 \times 10^{-5}}{10^{-12}} = 5.3 \times 10^4$$

$$Q_+ = qN_D W = 1.6 \times 10^{-19} \times 10^{16} \times 3.3 \times 10^{-5} = 5.3 \times 10^{-48}$$

(3) רוחב המחסור הוא W . ולכן השדה החשמלי ב- $|x|=w/2$ צריך להתאפס בגלל תנאי שפה. מכאן נקבל שהשדה החשמלי הוא:

$$\varepsilon(x) = -\frac{q}{\varepsilon_s a} [\cosh(ax) - \cosh(\frac{aw}{2})]$$

והפוטנציאל יהיה:

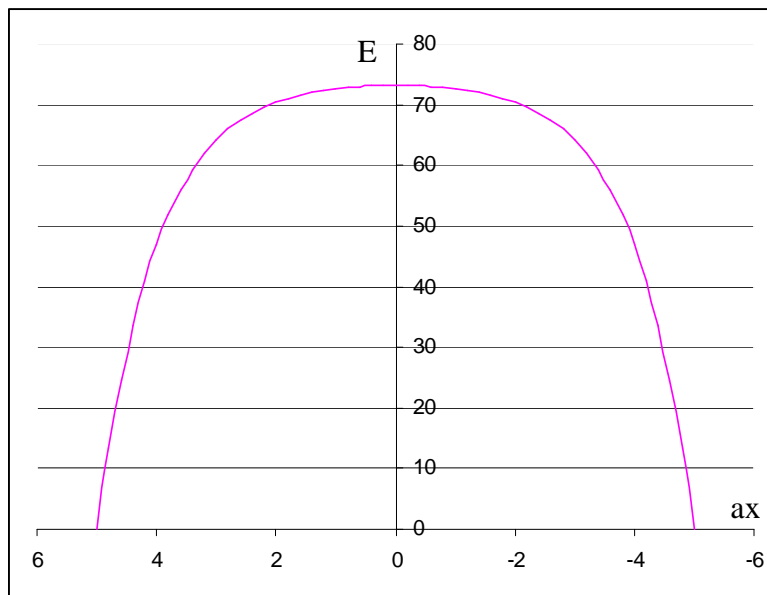
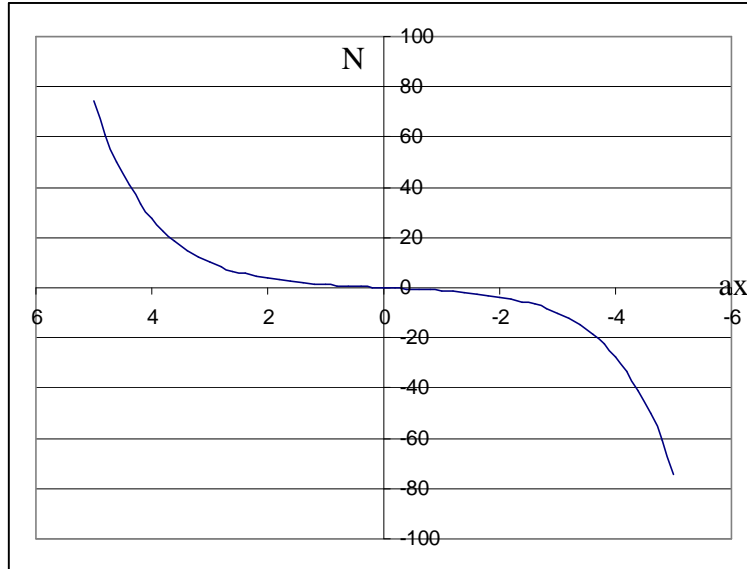
$$\psi(x) = \frac{q}{\varepsilon_s a} \left[\frac{1}{a} \sinh(ax) - \cosh\left(\frac{aw}{2}\right)x \right]$$

השדה המקסימלי הוא השדה באמצע:

$$\varepsilon_m = \varepsilon(0) = -\frac{q}{\varepsilon_s a} \left[-1 - \cosh\left(\frac{aw}{2}\right) \right]$$

והפוטנציאל המובנה הוא:

$$V_{bi} = \psi(w/2) = \frac{q}{\varepsilon_s a} \left[\frac{1}{a} \sinh\left(\frac{aw}{2}\right) - \cosh\left(\frac{aw}{2}\right) \frac{w}{2} \right]$$



(4)

$$\frac{1}{C_j^2} = \frac{2(V_{bi} - V)}{q\varepsilon_s N_B} \Rightarrow N_D = \frac{2(V_{bi} - V_R)}{q\varepsilon_s} C_j^2$$

$$\because V_R \gg V_{bi} \Rightarrow N_D = \frac{2(V_R)}{q\varepsilon_s} C_j^2 = \frac{2 \times 5}{1.6 \times 10^{19} \times 11.9 \times 8.85 \times 10^{14}} \times (10^8)^2$$

$$\Rightarrow N_D = 5.93 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

אפשר לבחור the n-type בריכוז זיהם של $5.93 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

(5)

$$J_p(x \geq x_n) = -qD_p \frac{dp}{dx}$$

$$= -\frac{qD_p p_{n0}}{L_p} (e^{V/V_T} - 1) \left[\sinh \frac{x - x_n}{L_p} - \coth \frac{W_n'}{L_p} \cosh \frac{x - x_n}{L_p} \right]$$

כאשר W_n' מוגדר המרחק מקצה איזור המחסור עד קצה הדיודה.

(6) נניח $\tau_p = \tau_n = 10^{-6} \text{ s}$, $D_n = 21 \text{ cm}^2/\text{sec}$, and $D_p = 10 \text{ cm}^2/\text{sec}$

(א) חישוב זרם הסטורציה

From Eq. 55a and $L_p = \sqrt{D_p \tau_p}$, we can obtain

$$J_s = \frac{qD_p p_{n0}}{L_p} + \frac{qD_n n_{p0}}{L_n} = qn_i^2 \left(\frac{1}{N_D} \sqrt{\frac{D_p}{\tau_{p0}}} + \frac{1}{N_A} \sqrt{\frac{D_n}{\tau_{n0}}} \right)$$

$$= 1.6 \times 10^{-19} \times (9.65 \times 10^9)^2 \left(\frac{1}{10^{18}} \sqrt{\frac{10}{10^{-6}}} + \frac{1}{10^{16}} \sqrt{\frac{21}{10^{-6}}} \right)$$

$$= 6.87 \times 10^{-12} \text{ A/cm}^2$$

$$A = 1.2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2$$

$$I_s = A \times J_s = 1.2 \times 10^{-5} \times 6.87 \times 10^{-12} = 8.244 \times 10^{-17} \text{ A}.$$

(ב) צפיפות הזרם הכללי

$$J = J_s \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right)$$

$$I_{0.7V} = 8.244 \times 10^{-17} \left(e^{\frac{0.7}{0.0259}} - 1 \right) = 8.244 \times 10^{-17} \times 5.47 \times 10^{11} = 4.51 \times 10^{-5} \text{ A}$$

$$I_{-0.7V} = 8.244 \times 10^{-17} \left(e^{\frac{-0.7}{0.0259}} - 1 \right) = 8.244 \times 10^{-17} \text{ A}.$$