

Fizica stării solide. Aplicații

1. Se consideră un conductor metalic cu lungimea $L = 10^3$ m la capetele căruia se aplică o diferență de potențial $U = 220$ V. Cunoscând mobilitatea electronilor de conducție $\mu = 4,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, să se calculeze timpul necesar unui electron pentru a străbate conductorul.

Rezolvare:

Viteza de transport este:

$$v_t = \mu E = \mu \frac{U}{L}.$$

Timpul necesar va fi dat de:

$$t = \frac{L}{v_t} = \frac{L^2}{\mu U} \cong 10^6 \text{ s},$$

adică aproximativ 11,5 zile.

2. Rezistivitatea Ge intrinsec la temperatura $T = 300$ K este $\rho = 0,47 \Omega\text{m}$. Având în vedere mobilitatea electronilor $\mu_n = 0,38 \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ și a golurilor $\mu_p = 0,18 \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ să se afle: a) concentrația n_i a purtătorilor de sarcină și b) raportul dintre vitezele de transport a electronilor și a golurilor în Ge intrinsec.

Rezolvare:

a) Conductivitatea electrică a semiconductorilor intrinseci este dată de relația:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = en_i(\mu_n + \mu_p).$$

Concentrația intrinsecă :

$$n_i = \frac{1}{e\rho(\mu_n + \mu_p)} = 2,37 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}.$$

b) Dacă în semiconductor există un câmp electric E , vitezele de transport ale electronilor, respectiv golurilor sunt:

$$v_n = \mu_n E; \quad v_p = \mu_p E.$$

Raportul dintre cele două viteze este:

$$\frac{v_n}{v_p} = \frac{\mu_n}{\mu_p} = 2,11.$$

4. O celulă solară are curentul de saturație $I_s = 1 \mu\text{A}$, iar la iluminare curentul de scurtcircuit este $I_{sc} = -50 \text{ mA}$ la temperatura $T = 290$ K. Să se afle: a) rezistența internă a celulei solare când iluminarea tinde la zero; b) tensiunea în gol pe celula solară, în condițiile de iluminare date; c) tensiunea U_m de pe rezistența de sarcină $R_m = 5 \Omega$, care corespunde regimului de putere maximă; d) randamentul celulei solare, dacă puterea incidentă este $P = 80 \text{ mW}$.

Rezolvare:

a) Caracteristica curent – tensiune a celulei solare este:

$$I = I_s \left(e^{\frac{eU}{kT}} - 1 \right) - I_L,$$

sau

$$1 + \frac{I + I_L}{I_s} = e^{\frac{eU}{kT}}.$$

Prin logaritmare se obține:

$$U = \frac{kT}{e} \ln \frac{I + I_s + I_L}{I_s}.$$

Rezistența internă a celulei este dată de relația:

$$R = \frac{dU}{dI} = \frac{kT}{e} \cdot \frac{1}{I + I_s + I_L}.$$

În absența iluminării $I = I_L = 0$ și deci rezistența internă a celulei este:

$$R_0 = \frac{dU}{dI} = \frac{kT}{e} \cdot \frac{1}{I_s} = 2,5 \cdot 10^4 \Omega.$$

b) Pentru a afla tensiunea în gol se pune condiția $I = 0$ în ecuația caracteristicii curent – tensiune.

Rezultă:

$$U = \frac{kT}{e} \ln \left(1 + \frac{I_L}{I_s} \right) = 270 \text{ mV}.$$

c) U se poate exprima sub forma echivalentă:

$$U = \frac{kT}{e} \ln \frac{R_0}{R}.$$

Deci în regim de putere maximă:

$$U_m = \frac{kT}{e} \ln \frac{R_0}{R_m} = 213 \text{ mV}.$$

d) Randamentul celulei este dat de relația:

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_{inc}} = \frac{|U_m I_m|}{P},$$

unde

$$I_m = I_s \left(\frac{R_0}{R_m} - 1 \right) - I_L = -45 \text{ mA}.$$

$$\eta = 0,119 \cong 12\%.$$

4. Se consideră un cristal intrinsec de Si iradiat cu o radiație monocromatică de lungime de undă $\lambda = 1 \mu\text{m}$. Ce se va întâmpla cu conductivitatea electrică a cristalului dacă lărgimea benzii interzise a Si este $E_g = 1,1 \text{ eV}$?

Rezolvare:

Energia fotonului incident este $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = 1,24 \text{ eV}$

$\varepsilon > E_g$ astfel, conductivitatea va crește.

5. Concentrația donurilor într-un cristal de Ge cu lungimea $L = 1 \text{ cm}$ și secțiunea $s = 3 \text{ mm}^2$ este $N_d = 10^{20} \text{ m}^{-3}$. Considerând toți donorii ionizați și neglijând conducția intrinsecă, sa se afle rezistența electrică a cristalului. Pentru Ge mobilitatea electronilor este $\mu_n = 0,38 \text{ m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$.

Rezolvare:

$$R = \frac{\rho L}{s} = \frac{L}{\sigma s} = \frac{1}{e N_d \mu_n} \cdot \frac{L}{s} = 548,2 \Omega.$$

6. O celulă solară are un curent de saturație $I_s = 10^{-1} \mu\text{A}$ și produce un curent de scurtcircuit la iluminare $I_{sc} = I_L = -20 \text{ mA}$. Să se calculeze tensiunea U de mers în gol pe diodă la temperatura $T = 300 \text{ K}$.

Rezolvare:

$$U = \frac{kT}{e} \ln \left(1 + \frac{I_L}{I_s} \right) = 0,316 \text{ V}.$$

Referințe bibliografice:

[1]. LUMINOSU, NICOLINA POP, V. CHIRITOIU, M. COSTACHE , *Fizica - Teorie, Probleme, Teste*, Editura Politehnica, Timișoara, 2010