

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.

Viteza de deriva a electronilor (v_d) poate fi exprimată prin relația:

$$v_d = \mu \cdot E$$

unde:

- v_d este viteza de deriva a electronilor,
- μ este mobilitatea electronilor,
- E este câmpul electric aplicat.

Viteza de deriva/ de transport

$$E = \frac{U}{L} = \frac{220}{10^3} = 0,22 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$\Rightarrow v_d = \mu E = 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 220 \cdot 10^{-3} = 990 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Timpul necesar pentru ca un electron să parcurgă un conductor poate fi calculat utilizând formula:

$$t = \frac{L}{v_d}$$

unde:

- t este timpul necesar pentru a parcurge conductorul,
- L este lungimea conductorului,
- v_d este viteza de deriva a electronilor în conductor.

$$t = \frac{10^3}{990 \cdot 10^{-6}} = 11,7 \text{ zile}$$

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.

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

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

- σ este conductivitatea electrică,
- n este concentrația de electroni,
- p este concentrația de goluri,
- e este încărcarea elementară a electronului,
- μ_n este mobilitatea electronilor,
- μ_p este mobilitatea golurilor.

Concentrația intrinsecă :

$$n_i = \frac{1}{e\rho(\mu_n + \mu_p)} = \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,47 (0,38 + 0,18)} = 2,37 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$$

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:

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

34. 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 $T = 290 \text{ K}$. 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 $P = 80 \text{ mW}$.

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

- I este curentul total generat de celulă,
- I_L este curentul de lumină sau curentul generat de lumină,
- I_0 este curentul de saturație (curentul invers de polarizare) al diodei interne din structura celulei,
- e este încărcarea elementară a electronului, $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- V este tensiunea la bornele celulei,
- k este constanta Boltzmann, $\rightarrow 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
- T este temperatura în Kelvin.

$$1 + \frac{J + J_L}{J_s} = e^{\frac{eU}{k_B T}}$$

$$\Rightarrow U = \frac{k_B T}{e} \ln \frac{J + J_s + J_L}{J_s}$$

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:

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

$$b) U_{\text{gol}} \rightarrow J = 0$$

$$\Rightarrow U_{\text{gol}} = \frac{k_B T}{e} \ln \left(1 + \frac{J_L}{J_s} \right)$$

$$c) V_m = \frac{kT}{e} \ln \frac{R_0}{R_m} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290}{1,6 \cdot 10^{-19}} \ln \frac{2,5 \cdot 10^4}{5} =$$

$$= 250,125 \cdot 10^{-4} \cdot 8,51 = 2130,36 \cdot 10^{-4} V$$

d)

d) Randamentul celulei este dat de relația:

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

unde

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

$$I_L \rightarrow 50 \text{ mA} ?$$

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 $E_g = 1,1 \text{ eV}$?

$$\lambda = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\varepsilon = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

h - ct. lui Planck

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \text{ luminii în vid}$$

$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{19,878 \cdot 10^{-26}}{10^{-6}} = 19,878 \cdot 10^{-20}$$

$$= 1,9878 \cdot 10^{-19} = 1,24 \text{ eV}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$$

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:

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

- R este rezistența electrică,
- L este lungimea conductorului,
- σ este conductivitatea electrică,
- s este secțiunea transversală a conductorului.

e - încărcarea elementară
 N_d - concentrația de donori

μ_n - mobilitatea electronilor

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{e N_d \mu_n}$$

6. O celulă solară are un curent de saturație $I_s = 10^{-1} \mu\text{A}$ și produce un curent de scurtcircuit la iluminare $I_{sc} = I_L = -$ la temperatura $T = 300 \text{ K}$.

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

Rezolvare:

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

pt cel $I = 0$

$$U = \frac{kT}{e} \ln \frac{I + I_s + I_L}{I_s} \Rightarrow U = \frac{kT}{e} \ln \left(1 + \frac{I_L}{I_s} \right)$$