

Wymagana znajomość i rozumienie następujących zagadnień: pojemność, przewodnictwo elektryczne.

$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

Miedź: gęstość  $d = 8,89 \text{ g/cm}^3$ , masa molowa  $\mu = 63,5 \text{ g/mol}$ , opór właściwy  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

Krzem:  $d = 2,33 \text{ g/cm}^3$ ,  $\mu = 28,1 \text{ g/mol}$ ; Liczba Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$

1. Koncentryczny kabel o promieniach wewnętrznego walca  $r_1 = 4 \text{ mm}$  i zewnętrznego  $r_2 = 8 \text{ mm}$ , ma długość  $L = 10 \text{ km}$ . Dielektryk wypełniający kabel ma oporność właściwą  $\rho = 10^9 \Omega \cdot \text{m}$ , **względna** przenikalność dielektryczną  $\epsilon_r = 2,2$  a napięcie między przewodem zewnętrznym i wewnętrznym wynosi  $600 \text{ V}$ . Obliczyć:
  - a) Pojemność kabla koncentrycznego;
  - b) Ładunek zawarty w jednostkowej długości kabla (np. o dł.  $x$ );
  - c) Natężenie pola elektrycznego w odległości  $r$  pomiędzy kablami;
  - d) Korzystając z definicji gęstości prądu i zależności  $j(E)$ , wyznaczyć prąd upływu przepływający pomiędzy współśrodkowymi, walcowymi przewodami;
  - e) Rezystancję dielektryka.
2. Przez przewód miedziany o średnicy  $3,2 \text{ mm}$  płynie prąd o natężeniu  $5 \text{ A}$ . Oblicz:
  - a) ile swobodnych elektronów znajduje się w  $1 \text{ mm}^3$  jednowartościowej miedzi oraz porównaj z koncentracją elektronów przewodnictwa w krzemie  $n_{Si} = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$  i germanie  $n_{Ge} = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$ ,
  - b) gęstość prądu,
  - c) prędkość unoszenia (dryfu) elektronów,
  - d) przyjmując, że elektrony swobodne tworzą gaz doskonały, oblicz prędkość termiczną ruchu elektronów oraz wyciągnij wnioski z porównania prędkości termicznej z prędkością dryfu,
  - e) oblicz natężenie pola elektrycznego w tym przewodniku. Opór właściwy Cu  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
  - f) oblicz ile wynosi średni czas swobodny  $\tau$  pomiędzy zderzeniami elektronów przewodnictwa,
  - g) oblicz średnią drogę swobodną  $\lambda$  elektronów przewodnictwa.
3. Ponieważ koncentracja elektronów w czystym krzemie jest mała (patrz zad.2.), domieszkuje się go np. jednowartościowym fosforem. Oblicz jaką ilość atomów krzemu w  $1 \text{ mm}^3$  trzeba zastąpić atomami fosforu, aby koncentracja elektronów wzrosła milion razy.
4. Z domieszkowanego fosforem krzemu (z poprzedniego zadania) wycięto prostokątny pasek o szerokości  $s = 3,2 \text{ mm}$  i grubości  $h = 250 \mu\text{m}$ , przez który przepuszczono prąd elektryczny o natężeniu  $I = 5,2 \text{ mA}$ . Oblicz gęstość prądu w tym pasku i prędkość unoszenia nośników. Przyjmij koncentrację nośników w pasku Si/P  $n_{SiP} = 1,5 \cdot 10^{22} \text{ m}^{-3}$  i porównaj z prędkością unoszenia w miedzi równą  $4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  ( $n_{Cu} = 8,4 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$ ). Wyjaśnij przyczynę różnicy.