

Vastestoffysica

1 Theorie

1. Thermionische emissie

- Leg thermionische emissie uit aan de hand van een bandenschema voor een metaal-vacuüm overgang. Geef ook de toestandsdichtheid en de bezettingswaarschijnlijkheid weer. Welke invloed heeft de temperatuur hierop?
- Leid een uitdrukking af voor de thermionische emissiestroom.

2. Interactie tussen een elektromagnetische golf en trillingen in het materiaal

- Beschouw een gebonden elektron waar de volgende krachten op inwerken:

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_1 &= -K_s \mathbf{r} = -m_0 \omega_0^2 \mathbf{r} & (\omega_0 = \sqrt{\frac{K_s}{m_0}}) \\ \mathbf{F}_2 &= -m_0 \gamma \frac{d\mathbf{r}}{dt} \\ \mathbf{F}_3 &= -eE\end{aligned}$$

- Stel de bewegingsvergelijking op voor $x(t)$ en breng deze in verband met een dipoolmoment $p(t) = -ex(t)$.
- Ervan uit gaande dat er N van deze dipoolmomenten zijn per volume, geef dan een uitdrukking voor de totale polarisatie van het materiaal.
- Geef nu ook een uitdrukking voor de diëlektrische constante ϵ_r van het materiaal en leg uit wat de bijdrage is van de achtergrondpolarisatie P_{back} en wanneer die van belang is.
- Schets de reële component ϵ_1 en de imaginaire component ϵ_2 van ϵ_r .
- Leg uit wat er optisch verwacht wordt in functie van de dwangfrequentie ω .
- Wat gebeurt er als $\epsilon_1 < 0$?

Nog enkele nuttige formules uit hoofdstuk 12:

$$\begin{aligned}\epsilon_1 &= n^2 - \kappa^2 \\ \epsilon_2 &= 2n\kappa \\ n &= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\epsilon_1 + \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}} \\ \kappa &= \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{-\epsilon_1 + \sqrt{\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2}} \\ \alpha &= 2\kappa \frac{\omega}{c} \\ T &= (1 - R)^2 e^{-\alpha L}\end{aligned}$$

2 Oefening

In Ge zijn dopanten aangebracht met $N_D = 5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$, $E_D = E_C - 0.045 \text{ eV}$ en $g_D = \frac{1}{2}$. Dit vormt een n-type halfgeleider. Reken tijdens de hele oefening bij een temperatuur van $-79 \text{ }^\circ\text{C}$, de temperatuur van droog ijs. Voor Ge gelden de volgende waarden bij 300 K: $N_C(300 \text{ K}) = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $N_V(300 \text{ K}) = 6 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ en de temperatuursafhankelijkheid van E_G is $E_G(\text{eV}) = 0.742 - \frac{4.8 \cdot 10^{-4} T^2}{T + 235}$. Bij deze temperatuur zijn

$$N_C(194 \text{ K}) = 5.2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3} \quad (1)$$

$$N_V(194 \text{ K}) = 3.12 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3} \quad (2)$$

$$E_G(194 \text{ K}) = 0.702 \text{ eV} \quad (3)$$

Om de resistiviteit te verhogen wordt een diepe acceptor toegevoegd, met $E_A = E_C - 0.28 \text{ eV}$ en $g_A = 1$. Gegeven zijn ook nog de constanten $k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$ en $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

1. Bereken de resistiviteit vóór het toevoegen van de diepe acceptor.
2. Bereken de concentratie N_A van de diepe acceptor die nodig is om de resistiviteit met een factor 1000 te laten toenemen, waarbij het type behouden blijft.
3. Bepaal het type en de resistiviteit van het materiaal als de concentratie van de diepe acceptor $N_A = 5 \cdot 10^{17}$ is. Maak hierbij gebruik van een grafische analyse.