

Trasporto in Semiconduttori - Testi degli esercizi

Fisica della Materia Condensata

Dipartimento di Matematica e Fisica

Università degli Studi Roma Tre

A.A. 2019/2020

ESERCIZIO 2.

In un semiconduttore intrinseco, la concentrazione degli elettroni $n(T)$ a 500K e a 600K sia;

$$n(500K) = 2.5 \cdot 10^{20} \text{ m}^{-3}$$

$$n(600K) = 2 \cdot 10^{21} \text{ m}^{-3}$$

e la conducibilità sia $\sigma(500K) = 4 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$

Sapendo che in tale semiconduttore il potenziale chimico μ_i si trova sempre a metà della gap di energia e ipotizzando che le mobilità degli elettroni e delle lacune siano indipendenti dalla temperatura tra 500K e 600K, e $\mu_n = 4 \mu_p$, determinare;

- La energia della gap
- La massa efficace dei portatori
- I tempi di rilassamento per elettroni e lacune.

FORMULE UTILI

Conducibilità: $\sigma = ne\mu_n + pe\mu_p$ (1)

Potenziale chimico intrinseco:

$$\mu_i(T) = \frac{1}{2} (E_v + E_c) + \frac{3}{4} k_B T \ln \left(\frac{m_v^*}{m_c^*} \right) \quad (2)$$

Densità intrinseca di elettroni:

$$n_i(T) = \frac{1}{4} \left(\frac{2k_B T}{\pi \hbar^2} \right)^{3/2} (m_c^* m_v^*)^{3/4} e^{-E_g/2k_B T} \quad (3)$$

Si abbia un semiconduttore intrinseco di cui siano note a $T = \text{ambiente}$ la conducibilità, il coefficiente di Hall e la mobilità degli elettroni:

$$\sigma(300\text{K}) = 4.5 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$$

$$R_H(300\text{K}) = -2.35 \cdot 10^2 \text{m}^3\text{C}^{-1}$$

$$\mu_n(300\text{K}) = 0.15 \text{m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$$

Inoltre si conoscano a 600K , la mobilità di elettroni e lacune e la conducibilità:

$$\mu_n(600\text{K}) = 0.042 \text{m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$\mu_p(600\text{K}) = 0.01 \text{m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$$

$$\sigma(600\text{K}) = 83 \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$$

Si determini:

- 1) La concentrazione dei portatori intrinseci a $T = 300\text{K}$
- 2) L'energia della gap che è supposta indipendente dalla Temperatura tra 300K e 600K .

FORMULE UTILI

Conducibilità: $\sigma = n e \mu_n + p e \mu_p$

Costante di Hall: $R_H = \frac{1}{e} \frac{p \mu_p^2 - n \mu_n^2}{(p \mu_p + n \mu_n)^2}$

ESERCIZIO 4

In un semiconduttore intrinseco la concentrazione dei portatori liberi a due temperature è data da:

$$n_i(200K) = 7.6 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-3}, \quad n_i(300K) = 8.7 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$$

Mentre la gap interbanda varia con la Temperatura

$$\text{secondo la legge } E_g(T)/k_B = E_0 - \frac{AT^2}{T+53K}$$

- 1) Si determini il valore della gap a 400K sapendo che la densità efficace di elettroni è
- come vale:
- $$N_c(T) = 1.68 \cdot 10^{13} T^{3/2} \text{ K}^{2/3} \text{ cm}^{-3}$$
- $$N_v(T) = 1.27 \cdot 10^{15} T^{3/2} \text{ K}^{2/3} \text{ cm}^{-3}$$

FORMULE UTILI:

Concentrazione intrinseca di elettroni e buche:

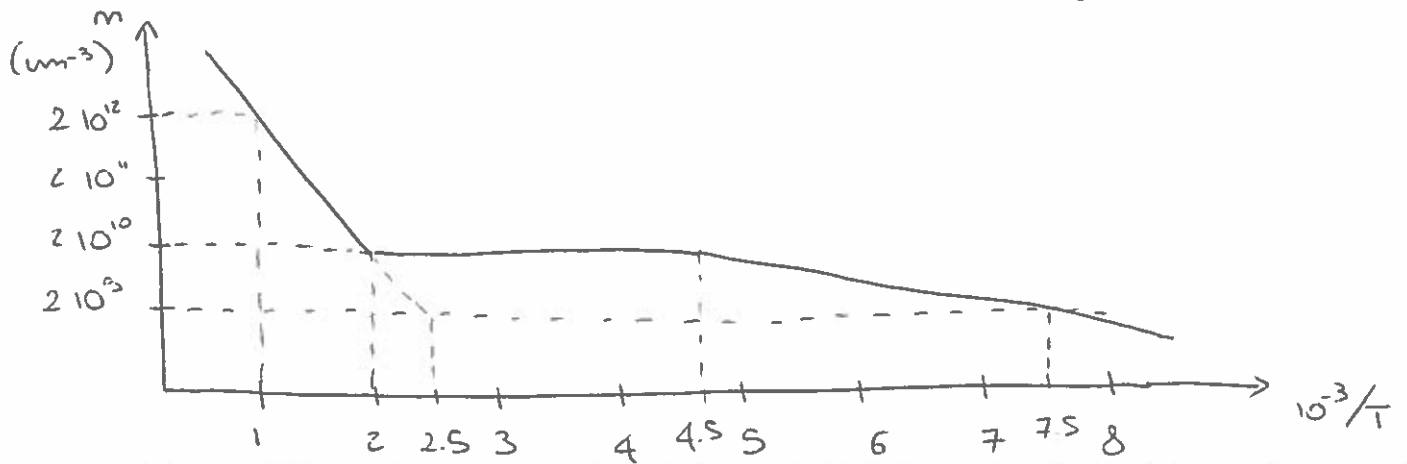
$$n_i(T) = p_i(T) = \sqrt{N_c(T) N_v(T)} e^{-E_g/2k_B T}$$

In un semiconduttore puro di acetone la banda di conduzione $\vec{E}$ è descritta dalla relazione:

$$E(\vec{k}) = E_g + A [\sin^2(ak_x) + \sin^2(ak_y) + \sin^2(ak_z)]$$

con $a = 0.3 \text{ nm}$ e $A = 5 \text{ eV}$.

La densità di elettroni n è riportata in figura in scala semilogaritmica verso $1/T$ e il tempo medio τ tra due urti è $\tau = 10^{-13} \text{ s}$.



- Commentare il grafico
- Trovare l'energia della gap, E_g
- Dimostrare che a $T = 400 \text{ K}$ $n \gg p$
- Trovare la conducibilità G e il cammino libero medio degli elettroni a $T = 400 \text{ K}$.

ESERCIZIO 7

23

a) Stimare la resistività di un semiconduttore intrinseco a $T = 290K$ sapendo che

$$E_g = 1.4 eV ; N_c = 4 \cdot 10^{23} m^{-3}, N_v = 8.4 \cdot 10^{24} m^{-3}$$

$$\mu_e = 8500 cm^2 V^{-1} s^{-1}, \mu_p = 400 cm^2 V^{-1} s^{-1}, p = \frac{1}{6}$$

b) Se il ~~semiconduttore~~ semiconduttore è drogato n, con concentrazione di impurezza $N_d = 10^{14} cm^{-3}$ ed energia di ionizzazione delle impurezza $E_d = 0.01 meV$ tale che tutte le impurezza sono ionizzate a $T = 290K$ si chiede di:

b₁) scrivere l'equazione di neutralità di carica

b₂) determinare la posizione del potenziale chimico,

sapendo che per un semiconduttore di tipo n, in approssimazione di non degenerazione,

$$n = N_c e^{\frac{\mu - E_c}{k_B T}}, \text{ e volutare } n \text{ a } T = 290K \text{ vale l'approssimazione di non degenerazione.}$$

b₃) Calcolare il nuovo valore della resistività, assumendo che la mobilità dei portatori non sia cambiata. Determinare prima se il comportamento è intrinseco o estrinseco.

b₄) Tracciare un grafico approssimato di $\ln n(T)$ vs $1/k_B T$ per il semiconduttore drogato, specificando la pendenza e la temperatura che segna il passaggio da alte T a T intermedie.