

Fisica della Materia Condensata.
Prof. Paola Gallo.
Prova del III appello di esame 12 Giugno 2024

1 Esercizio 1

Un solido monoatomico che cristallizza in una struttura cubica a facce centrate con lato del cubo $a = 2.3 \text{ \AA}$ viene irraggiato da un fascio di raggi X monocromatici di lunghezza d'onda $\lambda = 1.25 \text{ \AA}$.

1. Determinare l'angolo al quale si osservano i primi quattro picchi di Bragg. (2.5 punti)
2. Determinare la velocità del suono se la temperatura di Debye del solido vale $T_D = 270 \text{ K}$. (2.5 punti)
3. Determinare il valore del calore specifico a $T = 15 \text{ K}$. (2.5 punti)
4. Determinare il valore del calore specifico a $T = 1500 \text{ K}$ nel caso di cristallo monoatomico e biatomico? (2.5 punto)

2 Esercizio 2

Sia data una catena monoatomica lineare disposta lungo l'asse \hat{x} di passo reticolare $a = 2 \text{ \AA}$. Su ogni nodo è disposto un atomo bivalente.

1. Scrivere la forma esplicita delle bande $E_s(\vec{k})$ e $E_{p_x}(\vec{k})$ in approssimazione a tight binding per interazione a primi vicini da funzioni di tipo s e p_x . Siano $E_{0,s} = 1.2 \text{ eV}$, $E_{0,p_x} = 4.5 \text{ eV}$, $|\gamma_s| = 0.2 \text{ eV}$, $|\gamma_{p_x}| = 0.3 \text{ eV}$. Si trascurino tutti gli altri integrali di sovrapposizione. (4 punti)
2. Disegnare le bande di energia, determinare quanto vale l'energia di gap a bordo e centro zona e l'energia di Fermi. Specificare se il materiale si comporta da isolante o da conduttore. (3 punti)
3. Scrivere l'espressione della banda derivante da orbitali s nell'approssimazione a secondi vicini. L'integrale di sovrapposizione tra secondi vicini vale $\gamma_{s,2} = 0.15 \text{ eV}$. (3 punti)

3 Esercizio 3

Si consideri un semiconduttore drogato con atomi accettori in concentrazione $N_A = 4.5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$. L'energia della gap vale $\epsilon_g = 1 \text{ eV}$. Le masse efficaci di elettroni e lacune siano considerate uguali tra loro ed indipendenti dalla temperatura. Siano noti il tempo medio di scattering delle lacune $\tau_h = 1 \cdot 10^{-12} \text{ s}$, la loro mobilità $\mu_h = 0.7 \text{ m}^2/\text{Vs}$ e la costante di Hall $R_H = 22 \text{ m}^3/\text{C}$ a $T = 20 \text{ K}$.

1. Calcolare il valore dell'energia di legame ϵ_a . (4 punti)
2. Determinare la conducibilità a $T = 20 \text{ K}$. (3 punti)
3. Determinare in che regime si trova il semiconduttore e quale sia la sua conducibilità elettrica a $T = 500 \text{ K}$ sapendo che a questa temperatura $\tau_e = 2.3 \cdot \tau_h = 0.7 \cdot 10^{-13} \text{ s}$. (3 punti)

$1 \text{ u.m.a.} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$, $K_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8.62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$, $\hbar = 1.054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 6.58 \cdot 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$