

12. Übung zur Festkörperphysik WS 2016/17

Ausgabe: 20.01.2017
Abgabe: bis 27.01.2017 12:00 Uhr
Briefkästen: 247-249

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: Halbleiter in 2D

2 Punkte

Die Zustandsdichte für das Leitungsband eines zweidimensionalen intrinsischen Halbleiters sei konstant. Die Energielücke zwischen Leitungs- und Valenzband beträgt $E_G = E_L - E_V$. Es gelte die Boltzmann-Näherung.

- Leiten sie einen Ausdruck für die Elektronendichte n im Leitungsband her.
- Bestimmen Sie das Produkt np aus Löcher- und Elektronendichte.
- Bestimmen Sie das chemische Potential μ im thermischen Gleichgewicht.

Aufgabe 2: GaAs-Halbleiter

3 Punkte

Gegeben sei ein Halbleiter mit den Energieniveaus E_V für das Valenzband, E_L für das Leitungsband und μ für das Fermi-niveau. Die Bandlücke sei definiert als $E_G = E_L - E_V$.

- Skizzieren und erläutern Sie die Bandstruktur eines direkten und eines indirekten Halbleiters.
- Berechnen Sie die Elektronenkonzentration n und die Löcherkonzentration p von undotiertem Germanium bei $T = 300$ K ($E_G = 0.66$ eV, $m_n^* = 0.56m_e$, $m_p^* = 0.29m_e$).
- Wie hoch müsste die Temperatur von GaAs sein, damit die Ladungsträgerkonzentration der von Aufgabenteil b) entspricht? Erläutern Sie das Ergebnis. (Zum Vergleich GaAs: bei $T = 300$ K: $E_G = 1.42$ eV, $m_n^* = 0.067m_e$, $m_p^* = 0.46m_e$)
- Gegeben sei nun ein idealer, undotierter, dreidimensionaler Halbleiter mit einer Bandlücke $E_G = 1.5$ eV. Berechnen Sie die Lage des chemischen Potentials und die Elektronendichte bei $T = 1000$ K. Für die effektiven Massen gilt $m_p = 0.1m_e$ und $m_n = 0.2m_e$.

Aufgabe 3: Photonen Absorption in InSb

3 Punkte

Ein InSb-Kristall (Halbleiter, Bandlücke $E_G = 0.23$ eV) wird mit Photonen bestrahlt ($\hbar\omega = 0.50$ eV). Dabei werden Elektronen-Loch-Paare durch direkte Übergänge in der Nähe der Brillouin-Zonen-Mitte erzeugt.

- Berechnen Sie die Energie E (gemessen von der Bandkante) und Impulse $\hbar k$ für angeregte Elektronen und Löcher. In der Mitte der Brillouinzone sind die Bänder in guter Näherung parabolisch, d.h. $E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m^*}$ wobei m^* die effektive Masse der Teilchen ist. Für die Elektronen im Leitungsband ist $m_{el}^* = 0.014m_e$ und für die Löcher im Valenzband ist $m_L^* = 0.40m_e$.
- Berechnen Sie die Zyklotronfrequenzen für die angeregten Elektronen und Löcher in einem Magnetfeld von 0.50 T. Da beide Bänder in der Zonenmitte eine parabolische Dispersion haben, ist die effektive Zyklotronmasse gleich der effektiven Bandmasse.

Aufgabe 4: Unterschied zwischen Isolatoren und Halbleitern

2 Punkte

- a) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Isolatoren und Halbleitern in Hinblick auf das Bändermodell.
- b) Recherchieren und erläutern Sie die Begriffe Interband- und Intraband-Übergang. Welche Übergänge sind für Isolatoren, welche für Halbleiter möglich?