Übungsblatt 14

Abgabe bearbeiteter Übungszettel bis Freitag, 26. Januar, 12 Uhr!

Aufgabe 1: Halbleiter-Laser und räumlicher Einschluss

Der III-V Volumenhalbleiter GaAs besitzt eine Energielücke von 1,43 eV bei Raumtemperatur. Heutzutage können Nanostrukturen hergestellt werden, mit denen die Bandlücke aufgrund des räumlichen Einschlusses der Ladungsträger (quantum confinement) variiert werden kann. Nun soll ein Laser hergestellt werden, dessen Emission im roten Spektralbereich bei 1,62 eV liegt. Nehmen Sie dazu an, dass der räumliche Einschluss in z-Richtung durch zwei unendlich hohe Potentialbarrieren mit Abstand L erfolgt und es sich bei dem Laser-Übergang um einen elektronischen Übergang aus einem Elektronenzustand im Leitungsband ($m_\mathrm{e}^* = 0{,}07\, m_0$) in einen schweren Lochzustand ($m_\mathrm{hh}^* = 0{,}68\, m_0$) im Valenzband handelt. Wie groß muss die Breite L des Quantentopfs sein?

Aufgabe 2: Exzitonen

Exzitonen sind gebundene Elektron-Loch-Paare, die üblicherweise in Halbleitern beobachtet werden. Nehmen Sie an, dass das Leitungs- und Valenzband über $E = \pm\sqrt{\frac{\hbar^2 k^2}{m_0} + \Delta^2}$ beschrieben werden. Hier sei $\Delta = 1\,\mathrm{eV}$. Schätzen Sie die Bindungsenergie des Exzitons ab, die Dielektrizitätskonstante sei $\varepsilon = 16$! Bei welchen Temperaturen können die Exzitonen beobachtet werden?

Aufgabe 3: Metalle und Licht

Leiten Sie für ein freies Elektronengas mit Dichte n den Ausdruck $\varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega_\mathrm{p}^2}{\omega^2}$, $\omega_\mathrm{p}^2 = \frac{ne^2}{\varepsilon_0 m_0}$, der dielektrischen Konstante als Funktion der Frequenz ω her! ε_0 ist die Dielektrizitätskonstante des Vakuums und ω_p die Plasmafrequenz. Zeigen Sie anschließend, dass Metalle für Licht mit $\omega < \omega_\mathrm{p}$ undurchlässig sind!

Aufgabe 4: Burstein-Moss-Verschiebung

Betrachten Sie die Absorptionskante (für k-erhaltende optische Übergänge zwischen Valenz- und Leitungsband) als Funktion der Dotierung bei kleinen Temperaturen. Zeigen Sie, dass sich die Absorptionskante mit der Elektronendichte n wie $\Delta E = n^{2/3} \frac{h^2}{8 m_\mathrm{e}^*} \left(\frac{3}{\pi}\right)^{2/3} \left(1 + \frac{m_\mathrm{e}^*}{m_\mathrm{h}^*}\right)$ verschiebt! Suchen Sie hierfür zunächst den k-Vektor, der dem höchsten besetzten Zustand entspricht, und berechnen Sie dann n für diese Füllung. In guter Näherung kann angenommen werden, dass $\sim 4 k_\mathrm{B} T$ unterhalb des Fermi-Niveaus alle Zustände im Leitungsband besetzt sind.

technische universität
dortmund