

ÜBUNGSBLATT 8

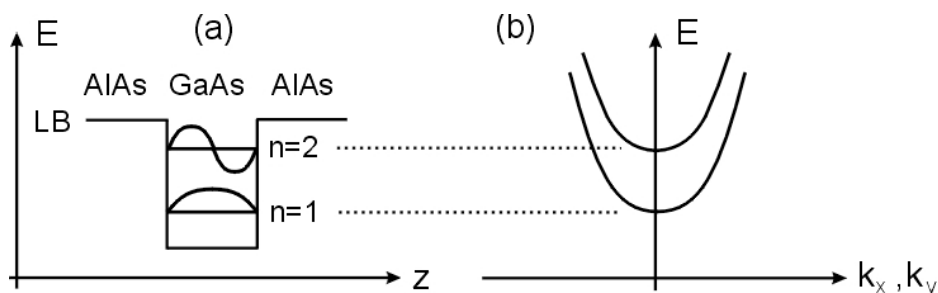
Beispiel 29 (2D Zustandsdichte): - ohne Unterlagen

Berechnen Sie die Zustandsdichte

$$Z_{2D}(E) = \frac{1}{L_x L_y} \frac{dN(E)}{dE}$$

für ein zwei-dimensionales Elektronengas (parabolisches Energieband).

Beispiel 30 (Halbleiter-Quantentopf):



Wird eine dünne Schicht GaAs (Dicke $a = 10 \text{ nm}$, effektive Elektronenmasse $m^* = 0.067 \cdot m_0$) zwischen zwei Schichten AlAs gewachsen, dann entsteht ein sog.

Halbleiter-Quantentopf. Den Verlauf der Leitungsbandkante (LB) zeigt Abb.

(a).

(a) Verwenden Sie für die Wellenfunktionen im Topf den Ansatz $\Psi_n(x, y, z) = A \exp\{i(k_x x + k_y y)\} \varphi_n(z)$ und berechnen Sie die Subbänder $E_n(k_x, k_y)$ (Abbildung (b)). Verwenden Sie dabei die Näherung des unendlich tiefen Quantentopfes. Interpretieren Sie das Ergebnis.

(a) Geben Sie einen Ausdruck für die Zustandsdichte $Z_{2D}(E)$ im Topf an

Hinweis: Verwenden Sie das Ergebnis von Aufgabe 29.

(c) Im Quantentopf befinden sich $n_S = 5 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ Elektronen. Berechnen Sie das Fermi-Niveau bei $T = 0 \text{ K}$.

Beispiel 31 (Ladungsträgerkonzentration):

- (a) Leiten Sie aus der Bedingung der Ladungsneutralität und dem Massenwirkungsgesetz einen Ausdruck für die Elektronen- bzw. Löcherkonzentration in einem undotierten und einem n-dotierten Halbleiter her.
- (b) Eine Si-Probe ist mit $5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ Boratomen dotiert.
Wie groß ist die Elektronen- und Löcherkonzentration bei $T=300\text{K}$?
Wie groß ist die Elektronen- und Löcherkonzentration bei $T=300^\circ\text{C}$?

Beispiel 32 (Zyklotronresonanz):

Die Energiedispersion eines Halbleiters sei: $E(\vec{k}) = \frac{\hbar^2}{2} \left(\frac{k_x^2}{m_T} + \frac{k_y^2}{m_T} + \frac{k_z^2}{m_L} \right)$,

m_T = transversale Masse und m_L = longitudinale Masse.

- (a) Berechnen Sie den inversen Massentensor $\left(\frac{1}{m^*} \right)$

Zur Bestimmung des effektiven Massentensors wird ein Zyklotronresonanz-Experiment durchgeführt. Dabei wird die Halbleiterprobe in ein variables statisches Magnetfeld $\vec{B} = B(\sin \theta, 0, \cos \theta)^T$ gebracht und in Abhängigkeit von B und θ die Absorption eines Mikrowellenfeldes mit der festen Frequenz ω gemessen.

- (b) Zeigen Sie, dass man mit dem Ansatz $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \exp(i\omega t)$ und der Bewegungsgleichung für ein freies Elektron im Magnetfeld $\frac{d\vec{v}}{dt} = -e \left(\frac{1}{m^*} \right) (\vec{v} \times \vec{B})$, folgenden Ausdruck für die sog. Zyklotronmasse $m_e \equiv eB / \omega$ erhält:

$$m_e = \sqrt{\frac{m_T^2 m_L}{m_T \sin^2 \theta + m_L \cos^2 \theta}}$$

Hinweis: Der inverse Massentensor ist mathematisch wie eine Matrix zu behandeln.

- (c) Zur Bestimmung von m_T und m_L werden zwei Messungen durchgeführt:

Messung #1: $\theta = 0^\circ$, $\omega/(2\pi) = 24 \text{ GHz} \rightarrow$ Absorption bei $B = 0.18 \text{ T}$

Messung #2: $\theta = 90^\circ$, $\omega/(2\pi) = 24 \text{ GHz} \rightarrow$ Absorption bei $B = 0.31 \text{ T}$

Wie groß sind m_T und m_L ?