

11. Übung (Abgabe Di. 23. Januar 2007 zu Beginn der Übung bzw. Vorlesung)**40. Zyklotronresonanz-Messung**

Die Äqui-Energiefläche im Leitungsband von Germanium (siehe Folien 21, Blatt 4) zeigt entlang der [111]-Richtung. Ihre sphäroidale Form (= Rotationsellipsoid) kann im lokalen x - y - z -Koordinatensystem folgendermaßen beschrieben werden:

$$E(\vec{k}) = \hbar^2 \left(\frac{k_x^2 + k_y^2}{2m_t} + \frac{k_z^2}{2m_l} \right)$$

- (a) Zeigen Sie mit Hilfe der Bewegungsgleichung, dass für ein statisches Magnetfeld \vec{B} in der lokalen x - y -Ebene die Zyklotronresonanz gegeben ist durch: $\omega_c = e|\vec{B}|/\sqrt{m_l m_t}$.
- (b) Bestimmen Sie nun aus der Messung (siehe Folien 21, Blatt 4) die longitudinale effektive Masse m_l sowie die transversale Masse m_t . (*Hinweis: Evaluieren Sie die Messung für spezielle Magnetfeldrichtungen.*)

(3 Punkte)

41. Chemisches Potential

Die effektive Masse von Elektronen m_e^* im Minimum des Leitungsbandes eines intrinsischen Halbleiters sei dreimal größer als die effektive Masse von Löchern m_h^* im Maximum des Valenzbandes. Die Bandlücke sei $E_g = 0.6$ eV. Bei welcher Temperatur liegt das chemische Potential μ gerade bei $1/3 E_g$?

(2 Punkte)

42. Dotierung von Halbleitern

In der Vorlesung wurde gesagt, dass die Leitfähigkeit eines Halbleiters bei Raumtemperatur um den Faktor 10^3 ansteigt, wenn nur jedes 10^5 -te Atom durch ein Fremdatom ersetzt wird. Prüfen Sie diese Behauptung für Silizium mit Phosphor-Dotierung nach!

Hinweis: Die kubische Gitterkonstante von Si beträgt $a_{Si} = 5.43$ Å, die Energielücke $E_g = 1.1$ eV, die mittlere effektive Masse der Elektronen sei $m_e^ = 0.32 m_e$, die der Löcher $m_h^* = 0.34 m_e$. Das Donator-Niveau von P ist 45 meV.*

(2 Punkte)

43. Ionisation von Donatoren

Ein Halbleiter sei n -dotiert mit einer Donator-Konzentration von $N_D = 10^{13}$ cm⁻³. Das Donator-Niveau befindet sich 1 meV unterhalb des Leitungsbandminimums E_c und die effektive Masse der Elektronen sei $m_e^* = 0.01 m_e$.

- (a) Zeigen Sie, dass der Halbleiter bei $T = 4$ K im Bereich der Störstellenreserve liegt.
- (b) Berechnen Sie die Leitungselektronen-Konzentration $n(T)$ bei $T = 4$ K.
- (c) Bestimmen Sie die Temperatur, bei welcher der Halbleiter in den Bereich der Störstellener-schöpfung kommt (*Hinweis: Aufgabe (c) kann nur numerisch oder grafisch gelöst werden.*)

(3 Punkte)