

3. Übung (Abgabe Di. 15. November 2011 zu Beginn der Vorlesung oder spätestens bis 16:00 im Briefkasten im Sekretariat bei Frau Badow)

9. Zyklotronresonanz-Messung

Die Äquienergieflächen im Leitungsband von Germanium (siehe Folien 05 vom 01.11.2011, Seite 1) liegen entlang der [111]-Richtung. Ihre sphäroidale Form (= Rotationsellipsoid) kann im lokalen x - y - z -Koordinatensystem (d.h. z -Achse entlang [111]-Richtung) 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 05 vom 01.11.2011, Seite 2) die longitudinale effektive Masse m_l sowie die transversale Masse m_t .

Hinweis: Evaluieren Sie die Messung für spezielle Magnetfeldrichtungen.

(4 Punkte)

10. Chemisches Potential

Die effektive Masse von Elektronen m_e^* im Minimum des Leitungsbandes eines intrinsischen direkten Halbleiters sei dreimal kleiner 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 $\mu(T)$ gerade bei einer Energie, die um $E_g/3$ unterhalb der Leitungsbandkante liegt?

(4 Punkte)

11. Dotierung von Halbleitern

In der Vorlesung wurde gesagt, dass die Leitfähigkeit eines Halbleiters bei Raumtemperatur um mehr als 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! 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 $m_h^* = 0.34 m_e$ und das Donator-Niveau von P sei 45 meV; weiter soll gelten, dass sich die Beweglichkeit μ durch das Dotieren nicht ändere.

(4 Punkte)

12. Bedingung für Störstellenband in n -dotiertem InSb

InSb hat eine Bandlücke von $E_g = 0,23$ eV und eine statische Dielektrizitätskonstante $\epsilon = 18$. Die Elektronen haben im Leitungsband eine effektive Masse $m_e^*/m_e = 0.015$.

- (a) Berechnen Sie die Anregungsenergie und den Bahnradius von Donator-Zuständen.
- (b) Bei welcher kritischen Dotierung können Überlappeffekte zwischen benachbarten Elektronenbahnen der Donator-Atome nicht mehr vernachlässigt werden? Dieser Überlapp führt in der Regel zu einem Störstellenband, durch das ein zusätzlicher Beitrag zur Leitfähigkeit entsteht, wobei sich die Elektronen durch einen *Hopping*-Mechanismus (*hopping* = hüpfen) von einer Störstelle zur benachbarten bewegen können.

(4 Punkte)