

# 11. Übungsblatt zur "Einführung in die Festkörperphysik" WS 05/06

M. Wolf/W. Theis/I. Torrente

Ausgabe: 23. 1. 06

Abgabe: Dienstag, 31. 1. 06, bis 17 Uhr  
Postfach Torrente, bei Raum 0.3.18  
Postfach Theis, bei Raum 0.3.18

---

## 1. Störstellenband (6 P)

Ein Donator-Atom im Halbleiter lässt sich vereinfacht als Wasserstoffatom eingebettet in ein dielektrisches Kontinuum auffassen. Dabei wird die Abschirmung des Halbleiters durch dessen Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$  ausgedrückt. Im Halbleiter Indiumantimonid (InSb) ist  $\epsilon = 17$  und die effektive Masse der Elektronen beträgt  $m_e^* = 0,014 m_0$ .

Berechnen Sie für n-dotiertes InSb:

- die Ionisierungsenergie der Donatoren;
- den Bahnradius für den Grundzustand;
- In Analogie zur Beschreibung elektronischer Bänder im Tight-Binding-Bild kann der Überlapp der Donatorzustände benachbarter Fremdatome zu einem 'Störstellenband' führen, in dem elektrische Leitung durch Tunneln der Donatorelektronen von einer Störstelle zu nächsten stattfindet. Dieser Prozess führt zu einer endlichen Leitfähigkeit auch bei sehr tiefen Temperaturen. Berechnen Sie hierzu die Donatorkonzentration oberhalb der die Elektronenradien der Donatorgrundzustände benachbarter Fremdatome überlappen.

## 2. Ladungsträgerdichte in p-dotierten Halbleitern (10 P)

Ein Halbleiter mit einer Bandlücke  $E_g = 1$  eV und effektiven Massen der Elektronen  $m_e^* = 0.5 m_0$  bzw. Löcher  $m_h^* = m_0$  (mit freier Elektronenmasse  $m_0$ ) sei p-dotiert mit einer Akzeptorkonzentration  $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ . Die Bindungsenergie der Akzeptoren liegt 0.2 eV über der Valenzbandkante  $E_{VB}$ .

- Zeigen Sie, dass die intrinsische Leitfähigkeit bei Raumtemperatur (300 K) vernachlässigt werden kann.
- Berechnen Sie die Leitfähigkeit  $\sigma$  des Materials bei 300 K für eine Mobilität der Löcher  $\mu_h = 100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ .
- Skizzieren Sie den logarithmischen Verlauf der Konzentration der Löcher ( $\ln p$ ) als Funktion der reziproken Temperatur ( $1/T$ ) im Bereich von 100 bis 1000 K und geben Sie den funktionalen Verlauf in den jeweiligen Temperaturabschnitten an.
- Geben Sie die Lage des Fermi-Niveaus  $E_F$  im Grenzfall tiefer bzw. hoher Temperaturen an und skizzieren den Verlauf von  $E_F$  in der Bandlücke als Funktion der reziproken Temperatur.