

## Übungsaufgaben zur Vorlesung

**Physik der Kondensierten Materie II**  
SS 2018**10 Halbleiterphysik****10.1 Hall-Effekt und elektrische Leitfähigkeit von Halbleitern**

Durch die Messung der elektrischen Leitfähigkeit und des Hall-Effekts als Funktion der Temperatur lassen sich zahlreiche charakteristische Parameter von Halbleitern bestimmen.

Da der Ladungstransport in Halbleitern sowohl durch die Elektronen im Leitungsband als auch die Löcher im Valenzband erfolgt, muss für den Hall-Koeffizienten der Zweiband-Ausdruck

$$R_H = \frac{\sigma_h \mu_h - \sigma_e \mu_e}{(\sigma_e + \sigma_h)^2} .$$

verwendet werden, wobei  $\tau_{e,h}$  und  $m_{e,h}^*$  die Streuzeiten und effektiven Massen der beiden Ladungsträgersorten (Elektronen und Löcher) und  $\sigma_e = n_c e^2 \tau_e / m_e^*$  bzw.  $\sigma_h = p_v e^2 \tau_h / m_h^*$  die mit den beiden Ladungsträgertypen verbundenen elektrischen Leitfähigkeiten sind.

- Leiten Sie den Ausdruck für  $R_H$  her und drücken Sie den Hall-Koeffizienten als Funktion der Beweglichkeiten und der Ladungsträgerdichten aus.
- Leiten Sie Ausdrücke für den Hall-Koeffizienten eines Halbleiters bei reiner Eigenleitung und bei reiner Störstellenleitung (für  $n$ - und  $p$ -Halbleiter) ab und diskutieren Sie das Vorzeichen des Hall-Koeffizienten.
- Wie lassen sich durch Messung der Temperaturabhängigkeit des Hall-Koeffizienten die Energielücke  $E_g$  eines Halbleiters sowie bei einem  $n$ -Typ Halbleiter der Abstand  $E_d$  des Donatorniveaus von der Leitungsbandkante bzw. bei einem  $p$ -Typ Halbleiter der Abstand  $E_a$  des Akzeptorniveaus von der Valenzbandkante bestimmen?
- Lässt sich durch Messung des Hall-Effekts die Dichte  $n_D$  der Donatoren in einem  $n$ -Typ Halbleiter bzw. die Dichte  $n_A$  der Akzeptoren in einem  $p$ -Typ Halbleiter bestimmen? Wenn ja, in welchem Temperaturbereich muss die Messung stattfinden?

- (e) Wie kann man durch Messung der Hall-Konstanten und der elektrischen Leitfähigkeit die Beweglichkeiten  $\mu_e$  und  $\mu_h$  im Fall reiner Störstellenleitung und im Fall reiner Eigenleitung bestimmen?

Hinweis: Nehmen Sie an, dass Sie die effektiven Massen  $m_e^*$  bzw.  $m_h^*$  durch Messung der Zyklotronresonanz bestimmt haben.

## 10.2 p-n Übergang

Wir betrachten eine Siliziumdiode mit einer Dotierung von  $n_D = 2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  und  $n_A = 2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$  und einer Fläche von  $1 \text{mm}^2$ . Berechnen Sie die Kapazität der Raumladungszone dieser  $p$ - $n$  Diode ( $\epsilon_{\text{Si}} = 11.7$ ). Wie ändert sich die Kapazität unter dem Einfluss einer angelegten Spannung?

## 10.3 Solarzelle

Wir betrachten eine Silizium-Solarzelle, in deren Raumladungszone 0.01 Ladungsträger pro Sekunde und Si-Atom erzeugt werden.

- (a) Berechnen Sie den Kurzschlussstrom und die Leerlaufspannung.
- (b) Berechnen Sie die optimale Arbeitsspannung bei einer Temperatur von  $20^\circ\text{C}$ .

Nehmen Sie dazu an, dass die Dicke  $d$  der Raumladungszone  $100 \mu\text{m}$  ist und, dass keine Rekombinationsverluste auftreten.