



**Anmerkung:** Die nächste Übung findet am 13.01.2011 von 13:00h - 14:30h statt.  
Bis dahin wünsch ich Euch erholsame Feiertage und einen guten Start ins neue Jahr!

**Aufgabe 1)** *Beweglichkeit, Drift- und Diffusionsstrom.*

- Nennen Sie die Ursachen des Drift- und des Diffusionsstroms.
- Erläutern Sie anschaulich, wie die Beweglichkeit von Ladungsträgern in Halbleitern von der Temperatur und der Masse der Ladungsträger abhängt.
- Erläutern Sie die Kontinuitätsgleichung im Sinne einer Bilanz der Ladungsträger. Welche Beziehung besteht zwischen Elektronen- und Löcher-Strom im stationären Fall?

**Aufgabe 2)** *Diffusionskonstante, Temperaturabhängigkeit der Beweglichkeit.*

Berechnen Sie die Diffusionskonstante für Löcher und für Elektronen in einem **Si**, **Ge** und **GaAs**-Halbleiter, der mit einer Dotierungsdichte von  $N = 10^{16}$  dotiert wurde. Der Halbleiter befindet sich bei 300 K.

- Es wird beobachtet, dass  $\mu$  mit steigender Temperatur abnimmt. Begründen Sie dies anschaulich.
- Was erwarten Sie bezüglich der Beweglichkeit  $\mu$  wenn die Dotierung vergrößert wird und die Temperatur konstant bleibt?

**Aufgabe 3)** *Ergodizität, mittlere Stoßzeit, Nettoeinfangrate.*

- Was versteht man unter „Ergodizität“? Nennen Sie Beispiele!
- Nennen und erklären Sie die Definition der mittleren Stoßzeit  $\tau_c$  anhand eines Diagrammes.
- In einem Halbleiter ist die Nettoeinfangrate für Elektronen größer als die Nettoeinfangrate für Löcher. Was folgt daraus für die Besetzung von Energieniveaus innerhalb der Bandlücke?

**Aufgabe 4) Dotierung.**

Ein homogen dotierter **Si**-Halbleiter soll eine Leitfähigkeit von  $0,05 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$  bei 300 K haben. Zur Auswahl steht **As** und **B**. Welche Dotierung und welches Material wählt man, um das geforderte Ergebnis zu erhalten?

**Aufgabe 5) Energie und Impuls von Photonen/Phononen.**

Berechnen Sie Näherungswerte für Energie und Impuls von Phononen und Photonen. Geben Sie die Ergebnisse bezogen auf die jeweiligen Werte eines Elektrons an. Verwenden Sie zur Abschätzung folgende Annahmen:

Photonen mit Wellenlänge  $\lambda = 0,6 \mu\text{m}$ , Kristall mit Gitterkonstante  $a_0 \approx 0,5 \text{ nm}$ , dem Elastizitätsmodul  $Y = 107 \cdot 10^9 \text{ N m}^{-2}$  und der Atommasse  $m_a = 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$ .

**Aufgabe 6) Rekombinationsmechanismen, Netto-Rekombinationsrate.**

a) Wodurch unterscheidet sich Auger- und SRH-Rekombination?

b) Zeigen Sie, dass Gl. (2.168) gilt:

$$n_1 \cdot p_1 = n_i^2.$$

c) In welchen Fällen ist die Netto-Rekombinationsrate der Elektronen unter den in der Vorlesung gemachten Annahmen in einem Halbleiter ungleich Null?

- (a) immer, wenn sich der Halbleiter in thermodynamischem Gleichgewicht befindet. ....
- (b) immer, wenn der Halbleiter von einem Strom durchflossen wird. ....
- (c) immer bei zeitlicher Änderung der Ladungsträgerdichte. ....
- (d) immer, wenn die Nettorekombinationsrate der Löcher  $\neq 0$  ist. ....

**Aufgabe 7) Ladungsträgerdichten.**

Die beiden rechten Ausdrücke der Gl. (2.160) und Gl. (2.161)

$$c_{tc} = c_{ct} \cdot e^{-\frac{w_c - w_t}{kT}},$$

$$c_{tv} = c_{vt} \cdot e^{-\frac{w_t - w_v}{kT}}$$

ergeben sich nach kurzer Rechnung. Vollziehen Sie diese nach.

(**Hinweis:** zu verwenden sind Gl. (2.152) sowie Gl. (2.23) und (2.26)).