



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

- Nennen Sie die Ursachen des Drift- und des Diffusionsstroms.
- Erläutern Sie die Kontinuitätsgleichung im Sinne einer Bilanz der Ladungsträger. Welche Beziehung besteht zwischen Elektronen- und Löcher-Strom im stationären Fall?
- Berechnen Sie die Diffusionskonstante für Löcher und für Elektronen in einem **Si**, **Ge** und **GaAs**-Halbleiter, der mit einer Dotierungsdichte von $N = 1 \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{cm}^3}$ dotiert wurde. Der Halbleiter befindet sich bei 300 K.

Aufgabe 2) *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 $Y = 107 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ und der Atommasse $m_a = 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$.

Aufgabe 3) *Netto-Rekombinationsrate.*

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

- Immer, wenn sich der Halbleiter in thermodynamischem Gleichgewicht befindet.
- Immer, wenn der Halbleiter von einem Strom durchflossen wird.
- Immer bei zeitlicher Änderung der Ladungsträgerdichte.
- Immer, wenn die Nettorekombinationsrate der Löcher $\neq 0$ ist.

Aufgabe 4) *Rekombinationsmechanismen, Netto-Rekombinationsrate.*

- Wodurch unterscheidet sich Auger- und SRH-Rekombination?
- Zeigen Sie, dass Gl. (2.168) gilt:

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

Aufgabe 5) *Relaxation, Rekombination, Drift-Diffusions-Modell.*

Ein mit As dotierter Si-Halbleiter bei Raumtemperatur befindet sich zum Zeitpunkt $t = 0$ gemäß des Verlaufs

$$\begin{aligned}\Delta p(x, 0) &= 10^8 \text{ cm}^{-4} \cdot x, \\ \Delta n(x, 0) &= 0\end{aligned}$$

außerhalb des thermodynamischen Gleichgewichts. An den Halbleiter ist ein äußeres elektrisches Feld mit einer Feldstärke von $100 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ angelegt. Es gilt Störstellenerschöpfung, $N_D = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$.

- a) Nach welcher Zeit ist die Raumladungsdichte $\rho(x, t)$ durch Relaxation auf $\frac{1}{100}$ ihres ursprünglichen Werts gesunken?
- b) Nach welcher Zeit kann aufgrund von Rekombination an der Position $x = 1 \text{ mm}$ der Diffusionsstrom der Minoritätsladungsträger gegenüber dem Driftstrom der Minoritätsladungsträger als vernachlässigbar (d.h. $\leq 10\%$) angesehen werden? Es gilt: $\tau_p = 10^{-5} \text{ s}$.
- c) Wann ist der Diffusionsstrom der Majoritätsträger gegenüber dem Driftstrom der Majoritätsladungsträger vernachlässigbar?

Besprechung des Blatts: 14.01.2020.