

Übungsblatt 5

Aufgabe 1) Generation und Rekombination

Gegeben ist ein mit einer Donatorendichte von $n_d = 5 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ dotierter Silizium-Halbleiter bei $T = 300 \text{ K}$ mit der Eigenleitungsträgerdichte $n_i = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$. Die Ladungsträgerbeweglichkeiten sind $\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, $\mu_p = 600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Durch Lichteinstrahlung werden räumlich homogen Trägerpaare erzeugt mit einer Generationsrate

$$g = \begin{cases} g_L / 3 & \text{für } t < 0 \\ g_L & \text{für } t > 0 \end{cases},$$

wobei $g_L = 1 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$ ist. Spontane Prozesse dominieren die Ladungsträgerrekombination. Im Falle von schwacher Injektion weisen die Minoritätsträger eine Lebensdauer von $\tau_{\text{min}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ s}$ auf.

- Stellen Sie die Differentialgleichung für den zeitlichen Verlauf der Überschusskonzentrationen n' und p' für den Fall auf, dass schwache Injektion vorliegt. Schätzen Sie ab, ob unter den gegebenen Beleuchtungsbedingungen die Annahme schwacher Injektion tatsächlich gerechtfertigt ist.
- Berechnen Sie die stationären Überschusskonzentrationen für die oben angegebene Beleuchtungsstärke für $t < 0$ und $t > 0$.
- Bei angelegter äußerer Spannung wird der Strom durch den Halbleiter gemessen. Handelt es sich bei diesem gemessenen Strom um einen Driftstrom, einen Diffusionsstrom oder eine Kombination aus beiden? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Berechnen Sie das Verhältnis aus Dunkelstrom ($g_L = 0$) und stationärem Strom bei $g = g_L$?

Aufgabe 2) Diffusion im stationären Zustand

Eine p-dotierte GaAs-Probe ($n_A = 1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$) wird von links mit Licht der Photonenenergie 2 eV und konstanter Intensität bestrahlt. Die Beweglichkeiten für Elektronen und Löcher betragen $\mu_n = 8000 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$, $\mu_p = 400 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$. Die Minoritätsträgerlebensdauer beträgt $\tau_n = 5 \text{ ns}$. Die elektrische Permittivität von GaAs beträgt $\epsilon_r = 12,9$.

- Schätzen Sie mit Hilfe des Absorptionskoeffizienten α von GaAs ab (siehe Vorlesungsfolie), ob starke oder schwache Absorption vorliegt.
- Berechnen Sie die Diffusionslänge L_n der Minoritätsträger im Halbleiter.
- Durch die Bestrahlung wird am linken Rand ($x = 0$) eine lokale Minoritätsträgerüberschussdichte von $n_p'(0) = 1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ erzeugt. Berechnen und skizzieren Sie die stationäre Überschusssträgerdichte $n_p'(x)$. Gehen Sie davon aus, dass die Länge L der Probe sehr viel größer ist als die Diffusionslänge der in b) berechneten Minoritätsträger.
- Welcher stationäre Majoritätsträgerüberschuss $p_p'(x)$ stellt sich ein? Begründen Sie Ihre Antwort vor dem Hintergrund dielektrischer Relaxationsprozesse.

Bitte wenden!

- e) Berechnen Sie die Diffusionsströme von Minoritäts- und Majoritätsladungsträgern unter Annahme der in b) und c) erhaltenen Verteilungsprofile. Im stationären Zustand verschwindet der Gesamtstrom. Berechnen Sie den Feldstrom der Majoritätsträger unter der Annahme, dass der Feldstrom der Minoritätsträger vernachlässigbar ist.
- f) Berechnen Sie das elektrische Feld aus dem Feldstrom in der Probe und die zugehörige Raumladungsdichte ρ . Vergleichen Sie die Größe ρ/e mit den Überschussdichten der Minoritäts- bzw. Majoritätsträger. Überprüfen Sie daraufhin Ihre Vorgehensweise in Teilaufgabe c).