

Lichttechnisches Institut

Universität Karlsruhe (TH)

Prof. Dr. rer. nat. Uli Lemmer

Dipl.-Phys. Alexander Colsmann

Engesserstraße 13

76131 Karlsruhe

Festkörperelektronik

6. Übungsblatt, Teil 2

10. Juli 2008

Musterlösungen

38. Diffusionslänge (Ü)

In einem stark n-dotierten Halbleiter wird bei $T=300\text{ K}$ an der Stelle $x=0$ eine Überschussladungsträgerdichte p_0 aufrecht erhalten. Die Lebensdauer der überschüssigen Ladungsträger betrage τ_p . Die Ladungsträger seien entsprechend

$$p(x) = p_0 \exp\left(-\frac{x}{L_D}\right)$$

verteilt. Bestimmen Sie mittels der Kontinuitätsgleichung den Zusammenhang zwischen der Diffusionslänge L_D und der Diffusionskonstante D_p . Warum muß $p(x)$ die angegebene Form haben? Berechnen Sie die Diffusionslänge L_D bei einer Beweglichkeit $\mu = 10^3\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ und einer Lebensdauer $\tau_p = 10^{-6}\text{ s}$ (★★)

(1) Die Kontinuitätsgleichung lautet:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{1}{e} \nabla j - r_p \stackrel{1\text{-dim}}{=} -\frac{1}{e} \frac{\partial j}{\partial x} - r_p$$

(2) Der Diffusionsstrom j berechnet sich aus:

$$j = -eD_p \frac{\partial p}{\partial x} = -eD_p \frac{\partial}{\partial x} \left(p_0 \exp\left(-\frac{x}{L_D}\right) \right)$$

(3) Für die Rekombinationsrate r_p gilt:

$$r_p = \frac{p}{\tau_p}$$

(Wenn p Teilchen eine Lebensdauer von τ_p haben, dann „zerfallen“ p Teilchen in einer Zeitspanne τ_p .)

Da laut Aufgabenstellung die Ladungsträgerdichte erhalten wird, gilt:

$$\begin{aligned}\frac{\partial p}{\partial t} &= 0 \\ -\frac{1}{e} \frac{\partial j}{\partial x} - r_p &= 0 \\ -\frac{1}{e} \frac{\partial}{\partial x} \left(e D_p \frac{p_0}{L_D} \exp\left(-\frac{x}{L_D}\right) \right) - \frac{p_0}{\tau_p} \exp\left(-\frac{x}{L_D}\right) &= 0 \\ &= D_p \frac{p_0}{L_D^2} \exp\left(-\frac{x}{L_D}\right) - \frac{p_0}{\tau_p} \exp\left(-\frac{x}{L_D}\right) = 0 \\ &= \frac{D_p}{L_D^2} - \frac{1}{\tau_p} = 0 \\ \Rightarrow L_D &= \sqrt{D_p \tau_p}\end{aligned}$$