

Übungsblatt 2

Assistentin: Sara Freund (Büro 3.04, sara.freund@unibas.ch)

Abgabe: Freitag, 2. Oktober 2015, 12:00 Uhr (Büro 3.04).

Aufgabe 1 (*Verständnisfragen*)

(2 Pt)

- Welche Gruppen des Periodensystems werden zum n- respektive p-Typ Dotieren von Silizium verwendet?
- Was versteht man unter einem entarteten Halbleiter (degenerate semiconductor)?
- Wo liegt das Fermi-Level in einem p- respektive in einem n-dotierten Halbleiter? Wo liegen die Energieniveaus der Donatoren und Akzeptoren (Skizze)?
- Was passiert mit dem Fermi-Level in einer Si-Solarzelle wenn diese beleuchtet wird? Ist das Massenwirkungsgesetz unter diesen Umständen noch gültig?

Aufgabe 2 (*Dotierung und Exzitonen*)

(2 Pt)

Wieviele Siliziumatome befinden sich in einem cm^3 ? Die Dichte von Silizium betrage $\rho = 2.3 \text{ g cm}^{-3}$. Das Atomgewicht von Silizium ist 28.1 u. Die Dotierungsdichte sei nun $n = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Wie gross ist der Anteil der Donatoren? Angenommen das zusätzliche Donorelektron würde sphärisch delokalisiert. Wobei der Radius dieser Kugel durch den Bindungsradius

$$r = \frac{\epsilon_{Si} h^2}{\pi m_e^* q^2}$$

gegeben sei ($\epsilon_{Si} = 11.9 \cdot \epsilon_0$, $m_e^* = 1.08 m_e$). Wieviele Atome befinden sich in diesem Volumen?

Aufgabe 3 (*Massenwirkungsgesetz und quasi Fermi-Niveaus*)

(3 Pt)

Gegeben sei eine Silizium Solarzelle ($E_g = 1.12 \text{ eV}$) mit einer Dotierung von $p_0 = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Wie gross sind N_C und N_V ($m_e^* = 1.08 m_e$ und $m_h^* = 0.55 m_e$)? Berechnen Sie n_0 mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes für $T = 20^\circ\text{C}$ und 100°C . Unter Beleuchtung werden $\Delta p = \Delta n = 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ zusätzliche freie Ladungsträger generiert. Nehmen Sie an, dass die Separation der quasi Fermi-Niveaus gerade der Zellspannung entspricht und zeigen Sie, dass die offene Klemmspannung durch folgenden Ausdruck gegeben ist.

$$V_{oc} = \frac{k_B T}{q} \ln \left(\frac{n_0 + \Delta n}{n_0} \cdot \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \right)$$

Werten Sie diesen Ausdruck für $T = 20^\circ\text{C}$ und 100°C aus.

Aufgabe 4 (*Ladungsträgerdichte*)

(Pt 3)

Leiten Sie die Formel für die Dichte der freien Elektronen im Leitungsband n

$$n = 2 \left(\frac{2\pi k_B T m_e^*}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left\{ -\frac{E_c - E_{Fn}}{k_B T} \right\}$$

her. Verwenden Sie hierzu, dass $E - E_{Fn} \gg k_B T$ ist. Folgende Formeln sind für die Berechnung hilfreich:

$$\int_0^{\infty} \frac{x^k}{e^{ax}} dx = \frac{\Gamma(k+1)}{a^{k+1}} \qquad \Gamma\left(n + \frac{1}{2}\right) = \frac{(2n)!}{n!4^n} \sqrt{\pi}$$