

Solarzelle

- a) Skizzieren Sie das Bandschema eines Metalls, eines Halbleiters und eines Isolators und stellen Sie in der Skizze das Fermi-Niveau E_F für alle drei Bandschemata dar. Markieren Sie für den Halbleiter die Positionen der Valenzbandkante E_V und der Leitungsbandkante E_L und skizzieren Sie die Bandlücke E_g . **(2 Punkte)**
- b) Skizzieren Sie für einen intrinsischen Halbleiter die Fermi-Verteilung der Elektronen bei Raumtemperatur und zeichnen Sie in der Skizze die Lage von E_F und qualitativ die Lage von E_V und E_L ein. Geben Sie das der Fermi-Verteilung zu Grunde liegende Prinzip an. **(3 Punkte)**

Für intrinsische Halbleiter ergibt sich für die Dichte n der Leitungsbandelektronen und für die Dichte p der Valenzbandlücken

$$n = n_L \cdot e^{-\frac{E_L - E_F}{kT}} \quad p = p_V \cdot e^{-\frac{E_F - E_V}{kT}}$$

wobei die effektiven Zustandsdichten

$$n_L = 2 \cdot \left(\frac{m_n^* kT}{2\pi \hbar^2} \right)^{3/2} \quad \text{und} \quad p_V = 2 \cdot \left(\frac{m_p^* kT}{2\pi \hbar^2} \right)^{3/2}$$

von den effektiven Massen m_n^* und m_p^* der Elektronen und Löcher abhängen.

- c) Betrachten Sie den intrinsischen Halbleiter Galliumarsenid (GaAs) bei einer Temperatur von 300 K mit einer Ladungsträgerkonzentration von $c = 2,1 \cdot 10^{12} \text{ 1/m}^3$, $m_n^* = 0,067 m_e$ und $m_p^* = 0,45 m_e$ wobei m_e die Elektronenmasse ist. Berechnen Sie daraus die Größe der Bandlücke des Halbleiters in Einheiten von Elektronenvolt. **(4 Punkte)**
- d) Zeigen Sie rechnerisch, dass für einen intrinsischen Halbleiter das Fermi-Niveau bei einer Temperatur von 0 K genau in der Mitte der Bandlücke liegt. Berechnen Sie, in welcher Richtung sich das Fermi-Niveau von GaAs mit ansteigender Temperatur verschiebt. **(4 Punkte)**

Betrachten Sie nun eine als Solarzelle eingesetzte Diode, die aus einem dotierten p-n-Übergang des Halbleiters Silizium besteht. Die Strom-Spannungs-Kennlinie der Diode kann durch die folgende Gleichung beschrieben werden:

$$I = I_S \cdot \left(e^{\frac{eU}{kT}} - 1 \right)$$

Der Sperrstrom der Diode betrage $I_S = 5 \cdot 10^{-11} \text{ A}$ und die Temperatur betrage 295 K . Die Dichte von Silizium betrage $5 \cdot 10^{28} \text{ Atome/m}^3$. Bei Bestrahlung mit Licht ausreichend hoher Photonenenergie werden in der Raumladungszone der Dicke $0,3\ \mu$ pro Sekunde $0,1$ Ladungsträger pro Siliziumatom generiert. Die aktive Fläche der Diode bzw. der Solarzelle betrage 1 cm^2 .

- e) Berechnen Sie den resultierenden Photostrom I_L der beleuchteten Solarzelle (Ersatzlösung $I_L = 20\text{ mA}$). Geben Sie die Formel für die Strom-Spannungs-Kennlinie der beleuchteten Solarzelle an und skizzieren Sie die Kennlinie. Markieren Sie auf der Kennlinie die ungefähre Position des Punktes, an dem die Solarzelle die maximale Leistung besitzt. **(3 Punkte)**
- f) Zeigen Sie, dass die maximale Leistung P der Solarzelle im Bereich einer Arbeitsspannung $0,4\text{ V} < U < 0,5\text{ V}$ liegt. Hinweis: Betrachten Sie die Ableitung dP/dU . **(4 Punkte)**