

Aufgabe 2.1.1

Nach (2.1) kann die Leitfähigkeit κ für Eigenleitung und Zimmertemperatur (300 °K) aus den Angaben der obigen Tabelle berechnet werden.

Frage 1: Wie groß wird κ von Ge, Si, GaAs und zum Vergleich Cu?

Frage 2: Welcher Strom fließt durch ein Bauelement von 0,1 mm Dicke und 0,1·0,1 mm² Fläche bei einer Spannung von 5 V für diese Materialien?

Zusatzaufgabe: Diskutiere die Ergebnisse!

Zu 1:

Die Berechnung von κ erfolgt nach Formel $\kappa = q_0(b_n n + b_p p)$

Elementarladung $q_0 = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

Die Tabelle der Kennwerte der Halbleitermaterialien war:

Kennwerte bei 300 °K		ΔW	b_n	b_p	n, p (Eigenleitung)
Germanium	Ge	0,67 eV	3900 cm ² /Vs	1900 cm ² /Vs	2,33 · 10 ¹³ cm ⁻³
Silizium	Si	1,12 eV	1500 cm ² /Vs	600 cm ² /Vs	1,6 · 10 ¹⁰ cm ⁻³
Galliumarsenid	GaAs	1,43 eV	8500 cm ² /Vs	400 cm ² /Vs	1,3 · 10 ⁶ cm ⁻³
Kupfer	Cu	-	40,6 cm ² /Vs	-	8,4 · 10 ²² cm ⁻³

Germanium (Ge):

$$\kappa = q_0(b_n n + b_p p) = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \left(3900 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \cdot 2,33 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3} + 1900 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \cdot 2,33 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-3} \right)$$

$$\kappa = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 1,3514 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-1} \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1} = 21,65 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{cm} \cdot \Omega}$$

Silizium (Si):

$$\kappa = q_0(b_n n + b_p p) = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \left[\left(1500 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} + 600 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \right) \cdot 1,6 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3} \right] = 5,38 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{cm} \cdot \Omega}$$

Galliumarsenid (GaAs):

$$\kappa = q_0(b_n n + b_p p) = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \left[\left(8500 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} + 400 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \right) \cdot 1,3 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3} \right] = 1,85 \cdot 10^{-9} \frac{1}{\text{cm} \cdot \Omega}$$

Kupfer (Cu):

$$\kappa = q_0(b_n n + b_p p) = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \left[40,6 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}} \cdot 8,4 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3} \right] = 546,3 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{cm} \cdot \Omega}$$

Zu 2:

Es folgt mit

$$R = \frac{l}{\kappa \cdot A} \quad \text{und} \quad I = \frac{U}{R} = \frac{U \cdot \kappa \cdot A}{l}$$

Germanium (Ge):

$$I = \kappa \cdot U \cdot \frac{A}{l} = 21,65 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 5V \cdot \frac{0,1^2 \cdot \text{mm}^2}{0,1\text{mm}} = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ A} \approx 1\text{mA}$$

Silizium (Si):

$$I = \kappa \cdot U \cdot \frac{A}{l} = 5,38 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 5V \cdot \frac{0,1^2 \cdot \text{mm}^2}{0,1\text{mm}} = 2,69 \cdot 10^{-7} \text{ A} \approx 300\text{nA}$$

Galliumarsenid (GaAs):

$$I = \kappa \cdot U \cdot \frac{A}{l} = 1,85 \cdot 10^{-9} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 5V \cdot \frac{0,1^2 \cdot \text{mm}^2}{0,1\text{mm}} = 9,25 \cdot 10^{-11} \text{ A} \approx 100\text{pA}$$

Kupfer (Cu):

$$I = \kappa \cdot U \cdot \frac{A}{l} = 546,3 \cdot 10^3 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 5V \cdot \frac{0,1^2 \cdot \text{mm}^2}{0,1\text{mm}} = 2,7 \cdot 10^2 \text{ A} = 270\text{A}$$

Zusatzaufgabe:

Das entspricht etwa den Sperrströmen einer Diode dieser Materialien. Bei Kupfer würde das kleine Teil natürlich sofort wegschmelzen.