

Aufgabe 34: Ladungsträgerkonzentrationen in Halbleitern

Bandlücke E_g sowie effektive Massen von Elektronen m_{zn} und Löchern m_{zp} haben bei 300 K folgende Werte:

	E_g in eV	m_{zn}/m_e	m_{zp}/m_e
Ge	0,66	0,56	0,29
Si	1,12	1,08	0,55
GaAs	1,42	0,067	0,47

Das Produkt der Ladungsträgerkonzentrationen von Elektronen n und Löchern p eines nichtentarteten Halbleiters bei der Temperatur T ergibt sich zu

$$n p = 4(m_{zn} m_{zp})^{3/2} (k_B T / 2\pi\hbar^2)^3 \exp(-E_g / k_B T)$$

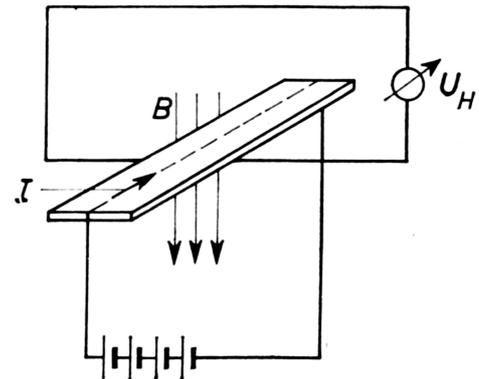
Berechnen Sie die intrinsische Ladungsträgerkonzentration von Silizium bei den Temperaturen $T = 200$ K, 300 K, 400 K. Si hat bei diesen Temperaturen eine Bandlücke von $E_g = 1,15$ eV, 1,12 eV, 1,10 eV.

Vergleichen Sie die intrinsischen Ladungsträgerkonzentrationen der o.g. Halbleiter bei Raumtemperatur.

Aufgabe 35: Hall-Effekt und Ohmsches Gesetz

Durch eine Kupferplatte fließt ein elektrischer Strom der Dichte $j = 5$ A/mm². Um die Driftgeschwindigkeit v sowie die Konzentration freier Ladungsträger zu messen, wird senkrecht zur Stromrichtung und zur Cu-Platte ein magnetisches Feld mit der Flussdichte $B = 1$ Vs/m² angelegt. Zwischen den Endflächen der 50 mm breiten Platte stellt man dabei eine Hall-Spannung von $U_H = 12,4$ μ V fest.

- Welche Richtung hat die Hall-Feldstärke E_H ?
- Bestimmen Sie die Beweglichkeit μ der freien Elektronen im Kupfer, ihre Konzentration N und deren Driftgeschwindigkeit v infolge des angelegten Feldes.
- Wie groß ist die mittlere Stoßzeit τ , das heißt die Zeit zwischen zwei Stößen eines Elektrons?



Für Cu gilt: spez. Leitfähigkeit $\sigma = 64,5 \cdot 10^6$ Ω m⁻¹, eff. Masse gegeben durch $m_e/m^* = 0,67$.

Aufgabe 36: Zyklotron-Resonanz in Germanium

In einem statischen Magnetfeld bewegen sich Ladungsträger auf geschlossenen Kreisbahnen in der Ebene senkrecht zu B . Wird eine Probe mit einem Laser bestrahlt, dessen Frequenz gerade der Kreisumlauf Frequenz ω_c entspricht, so tritt Absorption auf. In sogenannten Zyklotron-Resonanz-Experimenten wird die Reflexion der Strahlung in Abhängigkeit vom äußeren Magnetfeld gemessen. Im Spektrum treten mehrere Minima auf, die Absorptionslinien entsprechen. Da die effektive Masse m^* in die Definition der Zyklotronfrequenz eingeht, entspricht jeder Peak einer anderen Sorte von Ladungsträgern (z.B. Elektronen, leichte Löcher, schwere Löcher).

Für ein Experiment, das bei Raumtemperatur durchgeführt wird, stehen eine p-Typ Ge-Probe mit Mobilität $\mu = 1800$ cm²/Vs (bei 300 K), ein Laser mit Wellenlänge $\lambda = 337$ nm und ein Magnetfeld $B \leq 15$ T zur Verfügung. Die erwartete effektive Masse der schweren Löcher in

Germanium ist $m_{hh} \approx 0.3 m_0$.

- a) Ist die Resonanz mit den gegebenen experimentellen Parametern zu beobachten?
- b) Warum ist die Resonanz bei tiefen Temperaturen deutlich stärker ausgeprägt?
- c) Wie könnte man Elektronen und Löcher in einem solchen Experiment unterscheiden, wenn man keinerlei Angaben über die erwarteten effektiven Massen hat?