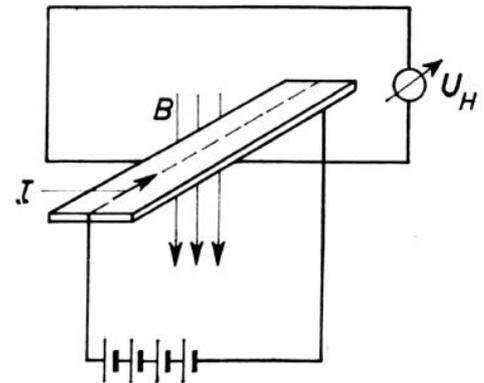


Aufgabe 36: Hall-Effekt und Ohmsches Gesetz

Durch eine Kupferplatte fließt ein elektrischer Strom der Dichte $j = 5 \text{ A/mm}^2$. 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 $B = 1 \text{ Vs/m}^2$ angelegt. Zwischen den Endflächen der 50 mm breiten Platte stellt man dabei eine Hall-Spannung von $U_H = 12,4 \text{ } \mu\text{V}$ 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 $\sigma = 64,5 \cdot 10^6 \text{ } \Omega\text{m}^{-1}$, eff. Masse gegeben durch $m_e/m^* = 0,67$.

Aufgabe 37: 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 $\mu = 1800 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (bei 300 K), ein Laser mit Wellenlänge $\lambda = 337 \text{ nm}$ und ein Magnetfeld $B \leq 15 \text{ T}$ 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?

Aufgabe 38: Oberflächenplasmonen:

Gegeben ist ein Plasma, das sich auf der positiven Seite der Ebene $z=0$ ins Unendliche erstreckt. a) Zeigen Sie, dass $\varphi_{\pm}(x, z) = A \cos(kx) \exp(\pm kz)$ Lösungen der Poisson-Gleichung $\nabla^2 \varphi = 0$ sind und daraus für die elektrischen Felder auf der Plasmaseite gilt: $E_{z,-} = kA \cos(kx) \exp(-kz)$ und $E_{x,-} = kA \sin(kx) \exp(-kz)$. b) Betrachten Sie jetzt auch φ_+ auf der Vakuumseite und zeigen Sie, dass die Tangentialkomponenten der elektrischen Felder $E_{x,\pm}$ bei $z=0$ stetig verlaufen. c) Berücksichtigen Sie, dass im Plasma $\vec{D} = \varepsilon(\omega) \varepsilon_0 \vec{E}$ und im

Vakuum $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$ ist und zeigen Sie, dass für die Randbedingung, dass die Normalkomponente von \vec{D} an der Grenzfläche stetig ist, erforderlich ist, dass $\epsilon(\omega) = -1$. d) Zeigen Sie jetzt, dass mit der allgemeinen Lösung von $\epsilon(\omega)$ im Plasma aus diesem Ergebnis für die Oberflächen-Plasmaschwingung folgt: $\omega^2 = 1/2 \cdot \omega_p^2$, wobei ω_p die Volumenplasmafrequenz ist.

Beispiel: Anregung durch Elektron mit 2020 eV Primärenergie
 Anregung von Oberflächen- und Volumenplasmonen
 von 10,3 eV bzw. 15,3 eV bei Al-Metall,
 von 7,1 eV bzw. 10,6 eV bei Mg-Metall

