

## VDer Hall Effekt

- Die Ladungsträger in einer  $b=15\text{mm}$  breiten Hallsonde bewegen sich durch eine angelegte Spannungsquelle mit einer mittleren konstanten Geschwindigkeit von  $v=0,25\text{mm/s}$ .  
Ein die Hallsonde senkrecht durchsetzendes Magnetfeld erzeugt eine Hallspannung von  $U_H=0,12\mu\text{V}$ .
  - Berechnen Sie die magnetische Flussdichte  $B$ .
  - Welche Hallspannung misst man mit der gleichen Sonde, wenn das Feld eine Stärke von  $B=1,5\text{T}$  besitzt?
  - Bei  $B=0,5\text{T}$  wurde eine Hallspannung von  $U_H=0,8\mu\text{V}$  gemessen.  
Wie groß ist die Geschwindigkeit der Ladungsträger?
  - Wodurch wird die Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger bestimmt?
- Eine Hallsonde aus Silber ( $R_H=8,9\cdot 10^{-11}\text{m}^3/\text{C}$ ) hat eine Länge von  $l=0,5\text{cm}$ , die Breite  $b=3\text{mm}$  und die Dicke  $d=0,5\text{mm}$ . Sie befindet sich in einem Magnetfeld senkrecht zu den Feldlinien.
  - Bei einer Stromstärke von  $I=0,5\text{A}$  wird eine Hallspannung von  $U_H=4,5\cdot 10^{-8}\text{V}$  gemessen.  
Berechnen Sie die magnetische Flussdichte.
  - Bestimmen Sie die Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger bei dieser Stromstärke.
  - Welche Hallspannung kann man mit dieser Sonde bei  $I=1\text{A}$  in einem Feld mit  $B=675\text{mT}$  messen?
  - Ermitteln Sie die Anzahl  $N$  der freien Ladungsträger (Elektronen) in dieser Hallsonde und geben Sie die Ladungsträgerdichte  $n$  an.
- Halbleiter besitzen im Vergleich zu Metallen eine größere Hallkonstante.
  - Treffen Sie eine Aussage zur Anzahl der freien Ladungsträger in Halbleitern.
  - Welcher Vorteil ergibt sich beim Bau einer Hallsonde aus Halbleitern?
  - Berechnen Sie den Betrag der Hallspannung an einer  $0,5\text{mm}$  dicken und  $3\text{mm}$  breiten HL-Sonde ( $R_H=2,4\cdot 10^{-4}\text{m}^3/\text{C}$ ) in einem Feld mit  $B=250\text{mT}$  und einer Stromstärke von  $I=0,1\text{A}$ .
  - Wie groß ist die Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger in diesem Halbleiter bei  $I=0,1\text{A}$ ?
- Die Ladungsträgerdichte von Germanium beträgt  $n=9,6\cdot 10^{20}\text{m}^{-3}$ . Eine Hallsonde aus diesem Material hat eine Breite von  $b=1,2\text{cm}$ , eine Dicke von  $d=1\text{mm}$  und wird von einer Stromstärke  $I=30\text{mA}$  durchflossen.
  - Wie groß ist die erzeugte Hallspannung in einem senkrechten Magnetfeld der Stärke  $B=106\text{mT}$ .
  - Geben Sie die Hallkonstante an.
  - Berechnen Sie die Driftgeschwindigkeit der Ladungsträger bei dieser Stromstärke.

### Lösungen:

- $B = \frac{U_H}{b \cdot v} = \frac{0,12 \cdot 10^{-6}\text{V}}{15 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 0,25 \cdot 10^{-3}\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,032\text{T}$
  - $U_H = B \cdot b \cdot v = 1,5\text{T} \cdot 15 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 0,25 \cdot 10^{-3}\frac{\text{m}}{\text{s}} = 5,6\mu\text{V}$
  - $v = \frac{U_H}{b \cdot B} = \frac{0,8 \cdot 10^{-6}\text{V}}{15 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 0,5\text{T}} = 1,07 \cdot 10^{-4}\frac{\text{m}}{\text{s}}$
  - Die Driftgeschwindigkeit wird durch die Stärke des von außen an den Leiter angeschlossenen elektrischen Feld (Spannung) bestimmt. Sie beeinflusst die **Stromstärke**.  
Die Stromstärke in einem Leiter wird darüber hinaus durch die Anzahl der freien Ladungsträger und der Struktur des Atomgitters des Stoffes bestimmt.
- $B = \frac{U_H \cdot d}{R_H \cdot I} = \frac{4,5 \cdot 10^{-8}\text{V} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}\text{m}}{8,9 \cdot 10^{-11}\text{m}^3/\text{C} \cdot 0,5\text{A}} = 0,5\text{T}$
  - $v = \frac{U_H}{B \cdot b} = \frac{4,5 \cdot 10^{-8}\text{V}}{0,5\text{T} \cdot 3 \cdot 10^{-3}\text{m}} = 3 \cdot 10^{-5}\frac{\text{m}}{\text{s}}$
  - $U_H = \frac{R_H \cdot B \cdot I}{d} = \frac{8,9 \cdot 10^{-11}\text{m}^3/\text{C} \cdot 0,675\text{T} \cdot 1\text{A}}{0,5 \cdot 10^{-3}\text{m}} = 1,2 \cdot 10^{-7}\text{V}$
  - Ladungsträgerdichte:  $n = \frac{B \cdot I}{U_H \cdot d \cdot e} = \frac{0,675\text{T} \cdot 1\text{A}}{1,2 \cdot 10^{-7}\text{V} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}\text{C}} = 7,02 \cdot 10^{28}/\text{m}^3$   
Ladungsträgeranzahl:  $N = n \cdot V = 7,02 \cdot \frac{10^{28}}{\text{m}^3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-2}\text{m} \cdot 3 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}\text{m} = 5,27 \cdot 10^{20}$
- $Q \sim \frac{1}{R_H}$  Die (freien) Ladungen in einem Halbleiter sind geringer.
  - Die gemessene Hallspannung ist bei gleichem Bau der Sonde und gleicher Stromstärke größer
  - $U_H = \frac{R_H \cdot B \cdot I}{d} = \frac{2,4 \cdot 10^{-4}\text{m}^3/\text{C} \cdot 0,25\text{T} \cdot 0,1\text{A}}{0,5 \cdot 10^{-3}\text{m}} = 0,0125\text{V}$
  - $v = \frac{U_H}{B \cdot b} = \frac{0,0125\text{V}}{0,25\text{T} \cdot 3 \cdot 10^{-3}\text{m}} = 16,7\text{m/s}$
- $U_H = \frac{B \cdot I}{d \cdot n \cdot e} = \frac{0,106\text{T} \cdot 0,03\text{A}}{1 \cdot 10^{-3}\text{m} \cdot 9,6 \cdot 10^{20}/\text{m}^3 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19}\text{C}} = 0,02\text{V}$
  - $R_H = \frac{U_H \cdot d}{B \cdot I} = \frac{0,02\text{V} \cdot 1 \cdot 10^{-3}\text{m}}{0,106\text{T} \cdot 0,03\text{A}} = 6,29 \cdot 10^{-3}\frac{\text{m}^3}{\text{C}}$
  - $v = \frac{U_H}{B \cdot b} = \frac{0,02\text{V}}{0,106\text{T} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2}\text{m}} = 15,7\text{m/s}$