

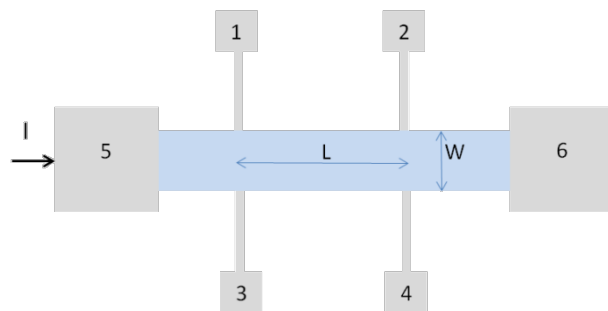
Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik SS14

Vorlesung: Prof. S.F. Fischer; Übungen: Dr. R. Mitdank, S. Weidemann

Aufgaben zur 12. Übung – Besprechung am 10.07.14



41. Halleffekt



$I_x = 1 \mu\text{A}$
 $B_z = 0,2 \text{ T}$
 $L = 100 \mu\text{m}$
 $W = 50 \mu\text{m}$
 $U_{21}(B_z = 0 \text{ T}) = 0,54 \text{ mV}$
 $U_{24}(B_z = 0,2 \text{ T}) = 0,13 \text{ mV}$

Hallbarstruktur für Vierpunktmessungen von Leitfähigkeit und Hallspannung (x-y-Ebene)

Berechnen Sie

- den Widerstand $R_{xx}(B_z = 0)$,
- den Hallkoeffizient R_H ,
- die Ladungsträgerdichte (Flächendichte in cm^{-2}) und
- die Hallbeweglichkeit.
- Welchen Vorteil haben Vierpunkt- gegenüber Zweipunktmessungen?
- Vergleichen Sie die Vor- und Nachteile der Hallgeometrie mit dem van der Pauw-Verfahren.

42. Leitfähigkeit und Hallkoeffizient nichtentarteter Halbleiter

In der nebenstehenden Tabelle sind die Hallbeweglichkeiten für einige wichtige Halbleiter aufgeführt: (Quelle: Lux-Steiner, Aufgabensammlung zur Festkörperphysik)

Halbleiter	$\frac{\mu_n}{\text{cm}^2/\text{Vs}}$	$\frac{\mu_p}{\text{cm}^2/\text{Vs}}$
Si	1500	450
GaAs	8500	400
AlSb	200	420

a) Zeigen Sie mit Hilfe der Relation $pn = n_i^2$ (n_i : intrinsische Ladungsträgerkonzentration), dass die elektrische Leitfähigkeit $\sigma = e(n\mu_n + p\mu_p)$ eines nichtentarteten Halbleiters als Funktion der Größe $x = p/n_i$ ein Minimum durchläuft. Skizzieren Sie den Verlauf von σ in Abhängigkeit von x für die Halbleiter Si, GaAs und AlSb. Das Verhältnis der Hall-Beweglichkeiten $b = \mu_n/\mu_p$ für die betreffenden Halbleiter kann der Tabelle entnommen werden.

b) In erster Näherung wird der Hall-Koeffizient R_H eines nichtentarteten Halbleiters gegeben durch

$$R_H = \frac{r_H}{e} \frac{p\mu_p^2 - n\mu_n^2}{(p\mu_p + n\mu_n)^2}$$

Der Faktor r_H , welcher durch den dominierenden Streuprozess bestimmt wird, ist sowohl für Elektronen als auch für Löcher in der Größenordnung von Eins; beispielsweise ist $r_H = 1.18$ bei Streuung an akustischen Phononen und $r_H = 1.93$ bei Streuung an ionisierten Störstellen. Zeigen Sie mit Hilfe von $pn = n_i^2$, daß der Hall-Koeffizient eines nichtentarteten Halbleiters als Funktion von $x = p/n_i$ eine Nullstelle und zwei Extrema aufweist. Berechnen Sie die Lage der Nullstelle und der beiden Extrema für die Halbleiter Si, GaAs und AlSb.

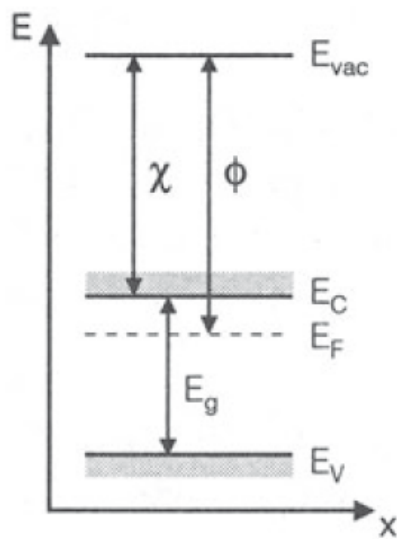
c) Lässt ein negatives bzw. positives Vorzeichen des Hall-Koeffizienten R_H eines Halbleiters mit Sicherheit darauf schließen, dass ein n-Typ bzw. p-Typ-Halbleiter vorliegt? Betrachten Sie zur Beantwortung dieser Frage sowohl den typischen Fall $\mu_n > \mu_p$ als auch den Fall $\mu_n < \mu_p$, der in der Praxis vergleichsweise selten auftritt.

43. Halleffekt in Kupfer

Durch eine Kupferplatte fließt ein Strom mit einer Stromdichte $j_x = 5 \text{ A/mm}^2$. Das angelegte Magnetfeld beträgt $B_z = 1 \text{ T}$. Über die Endflächen der 50 mm breiten Platte in y -Richtung misst man eine Hallspannung von $U_H = 12,4 \text{ } \mu\text{V}$.

Bestimmen Sie die Beweglichkeit μ der freien Elektronen, ihre Konzentration n und die Driftgeschwindigkeit v_D . Wie groß ist im Mittel die Zeit τ zwischen zwei Stößen eines Elektrons und die mittlere freie Weglänge $\Lambda = v_D \tau$? Die spezifische Leitfähigkeit für Kupfer beträgt $\sigma = 64,5 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Die effektive Masse $m^* = 1,5 m_0$.

44. Halbleitergrenzflächen



Die Abbildung zeigt (vereinfacht) das Bandschema eines Halbleiters (χ - Elektronenaffinität, Φ - Austrittsarbeit).

Konstruieren Sie für die beiden Halbleiter GaAs ($E_g = 1.42 \text{ eV}$, $\chi = 4.07 \text{ eV}$) und ZnSe ($E_g = 2.67 \text{ eV}$, $\chi = 4.09 \text{ eV}$) die Bandschemata der Übergänge n-GaAs/n-ZnSe, p-GaAs/p-ZnSe, p-GaAs/n-ZnSe und n-GaAs/p-ZnSe, ohne die unterschiedlichen Breiten der Raumladungszonen im Detail zu betrachten. Die Fermienergie der Halbleiter soll dazu als 400 meV unterhalb der Leitungsbandunterkante bzw. oberhalb der Valenzbandoberkante liegend angenommen werden.

(Quelle: Lux-Steiner, Aufgabensammlung zur Festkörperphysik)

