

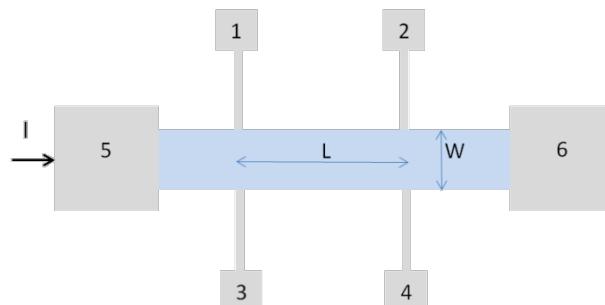
Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik SS14

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

Aufgaben zur 12. Übung – Besprechung am 10.07.14



41. Halleffekt



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

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 $p_n = n_i^2$, daß der Hall-Koeffizient eines nichtentarteten Halbleiters als Funktion von $x = p/n$ eine Nullstelle und zwei Extrema aufweist. Berechnen Sie die Lage der Nullstelle und der beiden Extrema für die Halbleiter Si, GaAs und AlSb.

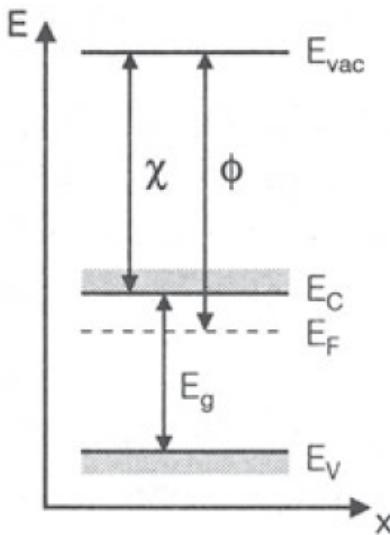
- c) Läßt ein negatives bzw. positives Vorzeichen des Hall-Koeffizienten R_H eines Halbleiters mit Sicherheit darauf schließen, dass ein n-Typ bzw. p-Typ-Halbleiter vorliegt? Betrachten Sie zur Beantwortung dieser Frage sowohl den typischen Fall $\mu_n > \mu_p$ als auch den Fall $\mu_n < \mu_p$, der 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 $U_H = 12.4 \mu\text{V}$.

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 $m^* = 1,5 m_e$.

44. Halbleitergrenzflächen



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

Konstruieren Sie für die beiden Halbleiter GaAs ($Eg = 1.42 \text{ eV}$, $\chi = 4.07 \text{ eV}$) und ZnSe ($Eg = 2.67 \text{ eV}$, $\chi = 4.09 \text{ eV}$) 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)

