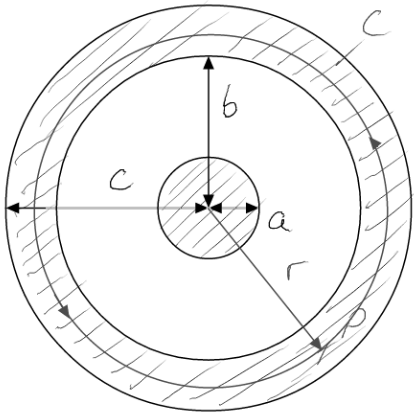
Experimentalphysik II – Übung 7

Markus Pawellek – 144645 Übung: Dienstag 10 – 12

Aufgabe 19



Querschnitt des Koaxialkabal

Ampèresches Gesetz:

$$\oint_C \vec{B}\, d\vec{r} = B \cdot 2\pi r = \mu_0 \iint_{A(r)} \vec{j}(r)\, d\vec{A}$$

$$= 2\pi\mu_0 \int_0^r j(r')\, r'\, dr'$$

$$= 2\pi\mu_0 \left[\int_0^a j(r')\, r'\, dr' + \int_b^r j(r')\, r'\, dr' \right]$$

$$= \underbrace{2\pi\mu_0 \int_0^a j(r')\, r'\, dr'}_{=\mu_0 I} + 2\pi\mu_0 \int_b^r \underset{= \text{konst}}{j(r')}\, r'\, dr'$$

Annahme: im äußeren Kabel herrscht konstante Stromdichte in negative Richtung und parallel zu $\vec{A}$

$$A = \pi c^2 - \pi b^2 = \pi(c^2 - b^2)$$

$$\Rightarrow \quad j = \frac{-I}{\pi(c^2-b^2)} = \text{konst.}$$

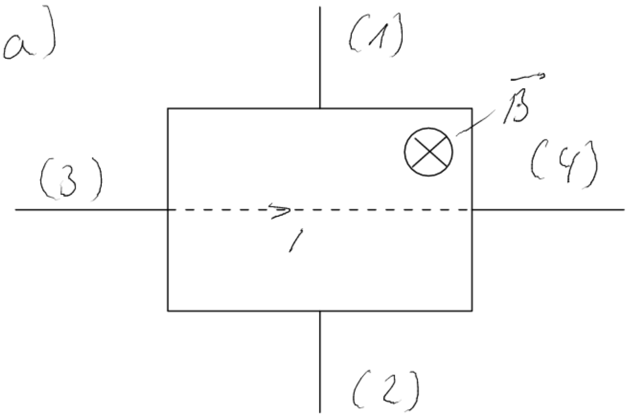
$$\Rightarrow \quad 2\pi r \cdot B = \mu_0 I - 2\pi\mu_0 \frac{I}{\pi(c^2-b^2)} \int_b^r r'\, dr'$$

$$= \mu_0 I - \frac{2\mu_0 I}{c^2-b^2}\left(\frac{r^2}{2} - \frac{b^2}{2}\right) = \mu_0 I - \mu_0 I \frac{r^2-b^2}{c^2-b^2}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}\left(\frac{c^2-r^2}{c^2-b^2}\right)}$$ Magnetfeld im Punkt P

Aufgabe 20

a)



- fließt von (3) nach (4) ein Strom, so muss in einem Magnetfeld auch eine Lorentzkraft auf die Ladungsträger (hier Elektronen) wirken

$\Rightarrow$ damit (1) negativ wird, müssen die Elektronen also nach oben abgelenkt werden

$\Rightarrow$ nach Kreuzprodukt $d\vec{F_L} = I\, d\vec{s} \times \vec{B}$ muss das $\vec{B}$-Feld senkrecht in die Ebene hinein gerichtet sein

b) - durch Ladungstrennung zwischen (1) und (2) entsteht $\vec{E}$-Feld.

$\Rightarrow$ Kraft wirkt entgegengesetzt zu $\vec{F_L}$

$\Rightarrow$ maximale Spannung erreicht, wenn $\vec{F_C} + \vec{F_L} = 0$ weil dann keine resultierende Kraft mehr auf die Ladungsträger wirkt.

$\Rightarrow \quad F_C = F_L$ mit $F_L = q v B$ und $F_C = qE = q\,\frac{U_H}{b}$

$\Rightarrow \quad q v B = q\,\frac{U_H}{b} \quad \Rightarrow \quad \boxed{U_H = v \cdot b \cdot B}$ Hallspannung

mit $v = \frac{I}{\varsigma A}$ (Driftgeschwindigkeit) ς... Ladungsträgerdichte
A... Querschnitt

c) $\Rightarrow \quad v = \frac{I}{\varsigma \cdot b \cdot d} \quad \Rightarrow \quad U_H = \frac{I}{\varsigma \cdot b \cdot d}\, b \cdot B$

$\Rightarrow \quad \boxed{U_H = \frac{1}{\varsigma} \cdot \frac{I \cdot B}{d}} \quad \Rightarrow \quad R_H = \frac{1}{\varsigma}$ (Hallkonstante)

$\Rightarrow$ R_H entspricht Kehrwert der Ladungsträgerdichte

- dotierte Halbleiter besitzen sehr viel geringere Ladungsträgerdichte als ein normales Metall

$\Longrightarrow$ Hallkonstante für dotierte Halbleite ist sehr viel größer
$\Longrightarrow$ es kann im Allgemeinen eine sehr viel größere Hallspannung erreicht werden, sollte ein B-Feld angelegt werden

$\Longrightarrow$ genauere Messung von B-Feldern bzw. auch Messung geringer B-Felder möglich

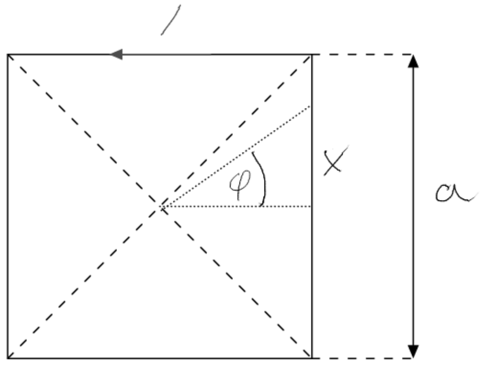
d) – im Silber befinden sich als frei bewegliche Ladungsträger Elektronen $\Rightarrow$ negative Ladungsträger
– im p-dotierten Halbleiter befinden sich im Allgemeinen sogenannte positive Löcher als frei bewegliche Ladungsträger $\Longrightarrow$ positive Ladungsträger

$\Longrightarrow$ Ladung der Ladungsträger wechselt von positiv zu negativ, aber Stromrichtung bleibt konstant
$\Longrightarrow$ gleiche Lorentzkraft wirkt

$\Longrightarrow$ (1) muss nun positiv gegenüber (2) werden

$\Longrightarrow$ Spannung U_H kehrt sich um und wird vom Betrag her größer

Aufgabe 21



– aufgrund der Symmetrie muss jede Kante gleichen Betrag zum B-Feld beisteuern

$\Longrightarrow$ ausreichend eine Kante zu berechnen

$\Longrightarrow$ Anwendung Biot-Savart-Gesetz:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot d\vec{s} \times \frac{\vec{r} - \vec{r}_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}$$

– Leiterquadrat befindet sich in xy-Ebene (o.E.)
$\Rightarrow$ $\vec{B}$-Feld nur in z-Richtung

– außerdem o.E.: $\vec{r} = 0$
– für eine Kante zeigt $d\vec{s}$ nur in x-Richtung

$$\Longrightarrow \quad dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{dx \cdot y}{s^3} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{a}{2} \quad \frac{dx}{s^3}$$

$$\tan\varphi = \frac{2x}{a} \quad \Longrightarrow \quad dx = \frac{a}{2} \cdot \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}$$

$$\cos\varphi = \frac{a}{2s} \quad \Longrightarrow \quad s = \frac{a}{2\cos\varphi}$$

$$\Longrightarrow \quad dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{8}{a^3} \cdot \cos^3\varphi \cdot \frac{a}{2} \frac{d\varphi}{\cos^2\varphi}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot I \cdot \frac{2}{a} \cos\varphi \, d\varphi$$

$$\Longrightarrow \quad B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi a} \int_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}} \cos\varphi \, d\varphi = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \left(-\sin\varphi\right)\Big|_{-\frac{\pi}{4}}^{\frac{\pi}{4}}$$

$$= \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \left(-\sin\frac{\pi}{4} + \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right)\right) = -\frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\mu_0 I}{\pi a}$$

$\Longrightarrow$ Leiterquadrat: $B' = 4 \cdot B = -2\sqrt{2} \cdot \frac{\mu_0 I}{\pi a}$

$\Longrightarrow$ Betrag des B-Feldes: $\boxed{B_\square = 8\sqrt{2} \cdot \frac{\mu_0 I}{4\pi a}}$

– zeigt aus Ebene heraus

$B_\square = 8{,}5 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{T}$