

FYS 1120: Oblig 3 – Hall-effekt

Hall-effekten ble oppdaget av amerikaneren Hall i 1879. Den viser seg ved at det i en strømløder i et magnetfelt oppstår en spenning (potensialforskjell) i lederen normalt på strømretningen og normalt på magnetfeltet. Den kan observeres i alle typer ledere. Vi vil undersøke og måle Hall-effekten i en halvleder i form av en tynn plate.

Fig.1 viser en halvlederkrystall med bredde b , lengde L og tykkelse d i retning vinkelrett på papirets plan. En strøm I sendes gjennom den som vist på figuren. Halvlederen plasseres i et magnetfelt slik at flukstettheten B står vinkelrett på papirets plan.

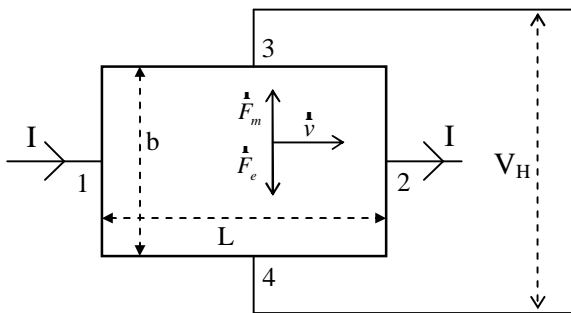


Fig1: Halvlederkrystall med parametre for beregning av Hall-spenningen.

La oss anta at strømmen I forårsakes av ladningsbærere med ladning q og gjennomsnittlig driftshastighet \vec{v} . En ladningsbærer vil da være påvirket av en kraft \vec{F}_m på tvers av strømretningen

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Antar vi at denne kraften er rettet oppover som vist på figuren, vil ladningsbærerne derfor konsentreres mot øvre kant av halvlederen.

Denne ladningskonsentrasjonen er årsak til et elektrisk felt \vec{E}_H (Hall-feltet), slik at ladningen q blir påvirket av en elektrisk kraft $\vec{F}_e = q\vec{E}_H$ som vist på figuren. Ved likevekt vil $\vec{F}_e + \vec{F}_m = 0$ eller

$$\vec{E}_H = -\vec{v} \times \vec{B} \quad (1)$$

Hall-feltet \vec{E}_H bestemmer man ved å måle den tilsvarende Hall-spenningen V_H som vist på Fig.1.

La oss anta at det bare er én type ladningsbærere med konsentrasjon N i krystallen. Vi antar som på figuren at \vec{v} står vinkelrett på \vec{B} og ser bort fra fortegn. Da er $\left| \vec{v} \times \vec{B} \right|$ i likn. (1) lik vB . Videre er strømmen I proporsjonal med tverrsnittet bd , med konsentrasjonen N , med ladningen q og med hastigheten v .

$$I = b d N q v$$

Dette gir for Hall-spenningen:

$$V_H = b E_H = b v B = \frac{I B}{N q d} \quad (2)$$

En ser således at Hall-spenningen er proporsjonal med flukstettheten B . Hall-effekten kan altså benyttes til å lage et instrument for måling av magnetisk flukstetthet.

En størrelse som ofte benyttes er Hall-koeffisienten R_H . Med betegnelser som ovenfor er definisjonen $R_H = \frac{V_H d}{I B}$.

Av likn. (2) får vi derfor

$$R_H = \frac{1}{N q} \quad (3)$$

For en ekstrinsisk leder med bare én type ladningsbærere kan en beregne konsentrasjon N når U_H eller R_H er kjent.

Materialets konduktivitet er definert ved likningen

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

der strømtettheten er gitt ved

$$\vec{j} = \frac{I}{b d}$$

og det elektriske felt

$$E = \frac{V_0}{L}$$

der V_0 er spenningsfallet langs krystallen.

Ladningsbærernes mobilitet μ er definert ved likningen

$$\vec{v} = \mu \vec{E}$$

Hall-koeffisienten, konduktiviteten og mobiliteten er knyttet sammen ved relasjonen

$$m = R_H \sigma$$

Oppgave 1. Hall-effekt på p-Ge

Bestem retningen til \vec{B} og retningen til strømmen gjennom prøven. Lag en skisse som viser Hall-spenningens polaritet. Mål V_H som funksjon av B ved konstant I (Veilederen stiller potmeteret slik at $V_H = 0$ når $B = 0$. Potmeterets innstilling er avhengig av I).

NB! $I_{\max} = 30 \text{ mA}$!

Beregn R_H (vha. stigningstallet for V_H vs. B) og N . Mål V_0 og beregn σ og μ .

Oppgave 2. Hall-effekt på n-Ge

Oppgave 1 Da capo!