

Laborator de Fizica

STUDIUL EFECTULUI HALL

I. Scopul Lucrării

1. Punerea în evidență a Efectului Hall
2. Măsurarea tensiunii Hall și determinarea constantei Hall.

II. Considerații teoretice

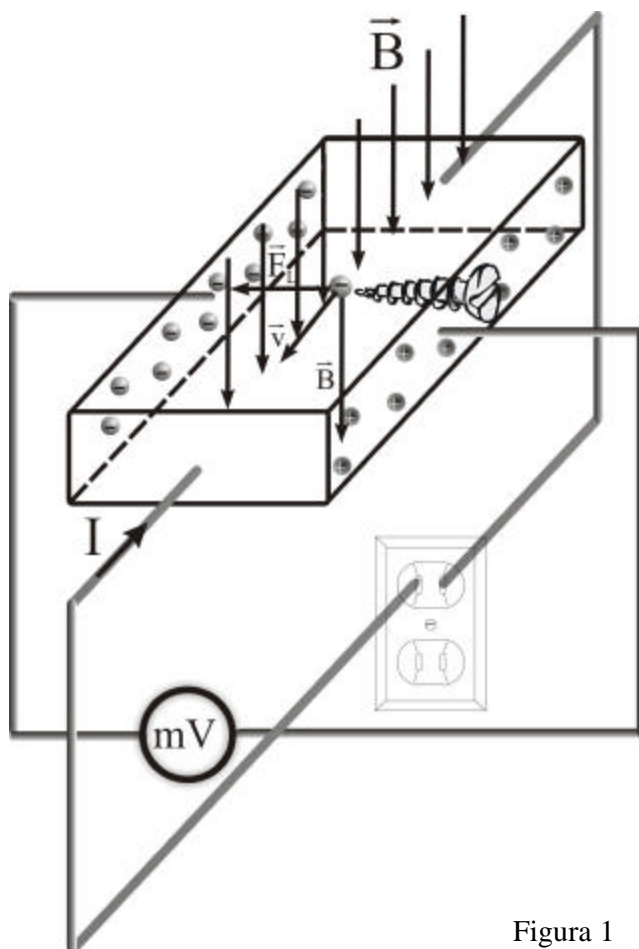


Figura 1

Efectul Hall constă în apariția unei diferențe de potențial pe laturile unei probe atunci când aceasta se găsește în câmp magnetic și este străbătută de curent electric. Efectul Hall se poate pune în evidență cu dispozitivul experimental prezentat în Figura 1. Placa metalică de dimensiuni a , b , c este plasată în câmpul magnetic \vec{B} , orientat în lungul direcției z și este parcursă în lungul ei (în direcția y) de un curent de intensitate I .

La trecerea curentului electric în sensul indicat în figura 1, datorită forței electrice electronii de conductibilitate circulă cu o viteză \vec{v} în lungul direcției y în sens opus câmpului electric. În plus se știe că asupra sarcinilor electrice aflate în mișcare în câmp magnetic, în cazul nostru electronii de conducție, acționează forța Lorentz care este orientată paralel cu axa x conform relației:

$$\vec{F}_L = e\vec{v} \times \vec{B}$$

(1)

Sub acțiunea acestei forțe, electronii negativi sunt deflexați spre stânga. Astfel, pe latura stângă a probei există un surplus de electroni, iar pe cea dreaptă un deficit de electroni. Ca urmare apare o diferență de potențial U_H , care conduce la apariția unui câmp electric \vec{E} , orientat și el în lungul direcției x :

$$E = \frac{U_H}{b}$$

(2)

Acesta are ca rezultat apariția forței electrice, $\vec{F}_E = e\vec{E}$ care acționează asupra purtătorilor de sarcină electrică și se opune deflexiei în continuare a electronilor datorită forței Lorentz până la stabilirea echilibrului între forțe. Diferența de potențial U crește până când cele două forțe F_L și F_E devin egale:

$$\frac{U_H}{b} e = evB$$

(3)

unde b este latimea placii).

Daca consideram concentratia electronilor, n ca numarul de electroni de conductibilitate din unitatea de volum, atunci intensitatea curentului electric se poate scrie ca:

$$I = e \cdot n \cdot v \cdot a \cdot b \quad (4)$$

Eliminând viteza din ecuatiile (3) si (4) se obtine tensiunea Hall:

$$U_H = \frac{1}{ne} \frac{IB}{a} = R_H \frac{IB}{a} \quad (5)$$

Această interpretare a fenomenului este aproximativă, valorile experimentale pentru R_H fiind deosebite de cele calculate cu formula (5). Explicatia nepotrivirilor constă în aceea că s-a considerat fluxul de electroni ce constituie curentul electric I ca fiind monocinetic, ceea ce nu e adevarat decât în cazul particular al metalelor si semiconductoarelor puternic degenerate. Printr-un calcul mai precis se poate determina valoarea lui $R_H = \frac{A}{n \cdot e}$ unde A este o constanta ce depinde în principal de mecanismul difuziei purtatorilor de sarcina. R_H poate fi negativ sau pozitiv dupa cum purtatorii de sarcină sunt electroni sau goluri:

$$R_H = \frac{A}{e} \frac{p\mu_p - n\mu_n}{(p\mu_p + n\mu_n)^2} \quad (6)$$

unde n si p sunt concentratiile purtatorilor de sarcina, electroni respectiv goluri iar μ_p si μ_n sunt mobilitatile corespunzatoare. Mobilitatea se defineste ca raportul dintre viteza medie dirijata a purtatorilor de sarcina sub actiunea unui câmp E si marimea câmpului exterior E .

$$\mu = \frac{v}{E} \quad (7)$$

In functie de mobilitate, conductibilitatea electrică este:

$$\sigma = en \left(\mu_n + \mu_p \right) \quad (8)$$

Valorile lui R_H sunt cuprinse între 10^{-11} si 10^{-10} Vm/AT, in cazul majoritarii metalelor, acestea sunt mult mai mari pentru semiconductoare ($10^{-4} - 10^2$ Vm/AT).

Cunoscând valoarea si semnul constantei Hall se pot obtine informatii privind concentratia, mobilitatea si tipul purtatorilor de sarcină. Din semnul lui R_H se determină tipul purtatorilor de sarcină, cunoscând $R_H = \frac{A}{n \cdot e}$ se determină concentratia n .

Pentru materialele cu un singur tip de purtatori, din $\sigma = n e \mu$; $n = \frac{A}{R_H e}$ rezultă $R_H \sigma = A$ u, de unde se determină mobilitatea μ .

Pentru semiconductoarele cu ambele tipuri de purtatori (4) întrucât cunoscute sunt n , p , μ_n si μ_p pentru determinarea concentratiei si mobilitatii este insuficientă determinarea constantei Hall.

Efectul Hall are numeroase aplicatii fiind utilizat în:

- a) domeniul masuratorilor electrotehnice la masurarea câmpului magnetic si inductiei magnetice, la masurarea pierderilor în fier, a curentilor continuu foarte intensi, la masurarea puterii în retelele de curent continuu si alternativ a defazajului si a factorului de putere.
- b) domeniul calculatoarelor electronice si automată prin folosirea dispozitivului Hall ca multiplicator în calculatoare numerice, de asemenea este folosit pentru protectia automata a instalatiilor de scurtcircuit, comutatori fara contact, stabilizator de curent etc.

III. Metodica experimentală

- a) Descrierea aparaturii



Figura 2

conectat la o sursă de 12 V potentiometrul R (fig.2a).

Placa semiconductoare de germaniu ce se studiaza, introdusă între polii electromagnetului, este alimentată de la un redresor static cu un curent I de comandă măsurat miliampermetrul mA (fig.2b). Curentul maxim admis prin placuta este 10 mA.

Tensiunea Hall se masoara între punctele 3 si 4 ale placutei de germaniu (fig.2b).

- b) Modul de lucru

1. Se conecteaza circuitul electromagnetului la 12 V si circuitul în care se gaseste proba la redresorul stabilizat – 3-4 Volti.
2. Se citeste valoarea diferentei de potential între punctele 3 si 4 în absenta câmpului magnetic (intensitatea curentului de alimentare a electromagnetilor $I = 0$). Existenta unei diferente de potential se datoreaza asimetriei contactelor 3 si 4 față de axa orizontala a placii semiconductoare si este egala cu caderea de tensiune pe placă între punctele 3 si 4.
3. Se fixeaza cu ajutorul reostatului R valoarea curentului în electromagneti $I = 1,5$ A. Se modifica curentul de comandă I prin proba de studiat din 2 mA în 2mA pâna la 8 mA citindu-se valoarea

tensiunii între punctele 3 și 4. Se ține seama că tensiunea indicată de voltmetru este suma tensiunii de asimetrie și a tensiunii Hall. Din graficul de etalonare al voltmetrului se scot valorile tensiunii (în mV) în funcție de valorile citite (în diviziuni).

4. Se repetă măsurătorile pentru alte două valori ale curentului din electromagnet $I_B = 2\text{ A}$ și $I_B = 2,5\text{ A}$.

IV. Prelucrarea datelor experimentale

a) Determinarea marimilor fizice și trasarea graficelor

1. Cunoșcând valoarea curentului I_B din electromagnet din graficul de etalonare $B = f(I_B)$ se determină valoarea inducției B .
2. Pentru fiecare din cele 12 valori experimentale ale lui U_H obținute pentru un anumit câmp B și un anumit curent de comandă I se calculează $\frac{I \cdot B}{a}$

I_B [A]	B [T]	I [mA]	$\frac{IB}{a}$ [AT/m]	U [div.]	U_H [mV]	R_H [Vm/AT]	n [e/m ³]	σ [Ωm] ⁻¹	μ [m ² /Vs]
1.5	0.20	2							
		4							
		6							
		8							
2	0.25	2							
		4							
		6							
		8							
2.5	0.28	2							
		4							
		6							
		8							