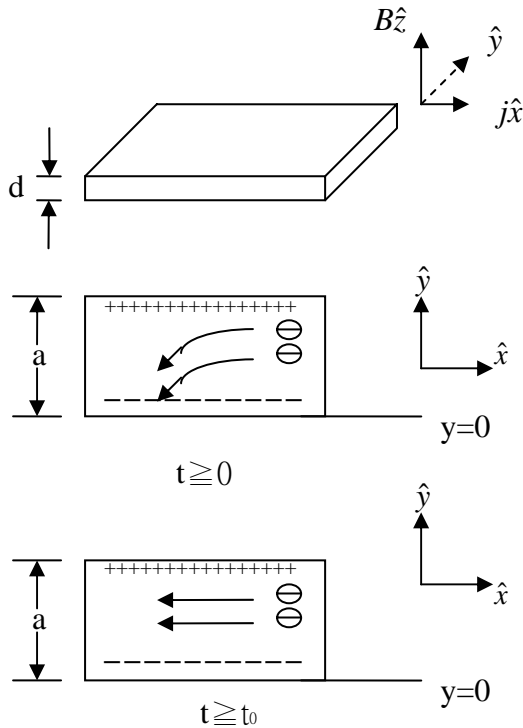


Hall Effect---導體中載子之傳導行為

- 一、目的：證明 Hall 電場 E_H (或 Hall 電壓 U_H) 與外加磁場之正比關係，從而決定導體中，載子之正負電性及載子濃度。

二、原理：



電流密度 $\tilde{j} = j\hat{x}$

外加磁場 $\tilde{B} = B\hat{z}$

則由 Lorentz ' s force

$$m\left(\frac{d}{dt} + \frac{1}{\tau}\right)V_x = -e\left(E_x + \frac{B}{C}V_y\right)$$

$$m\left(\frac{d}{dt} + \frac{1}{\tau}\right)V_y = -e\left(E_x - \frac{B}{C}V_x\right)$$

在穩態飄移狀態下 ($\frac{d\vec{V}}{dt} = 0$) \rightarrow

$$V_x = -\frac{e\tau}{m}E_x - \omega_c \tau V_y$$

$$V_y = -\frac{e\tau}{m}E_y - \omega_c \tau V_x$$

在左列情況中， $t = t_0$ 時， $V_y = 0 \rightarrow$

$$E_y = -\omega_c \tau E_x = -\frac{eB\tau}{mc}E_x$$

又由

$$\vec{E}_{Hall} = \vec{R}_{Hj} \times \vec{B} = E_y \hat{y}$$

$$= R_{Hj} B (-\hat{y}) = E_y (-\hat{y})$$

$$\rightarrow R_H = \frac{E_y}{jB} = \frac{E_y}{\sigma E_x B} = \frac{mE_y}{ne^2 \tau E_x B} = \frac{-1}{nec}$$

- ※ 機制說明：當電流密度 \tilde{j} 受到外加磁場 \tilde{B} 的 Lorentz's force 作用時，電子行進（假設每個電子具有相等的費米速度），即

$$R_H = \frac{-\langle \tau^2 \rangle}{\langle \tau \rangle^2 n_0 ec} \equiv \frac{-r}{n_0 ec}, \quad r \equiv \frac{\langle \tau^2 \rangle}{\langle \tau \rangle^2}, \quad \tau \text{ 為每次碰撞所需時間, 則 } r=1)$$

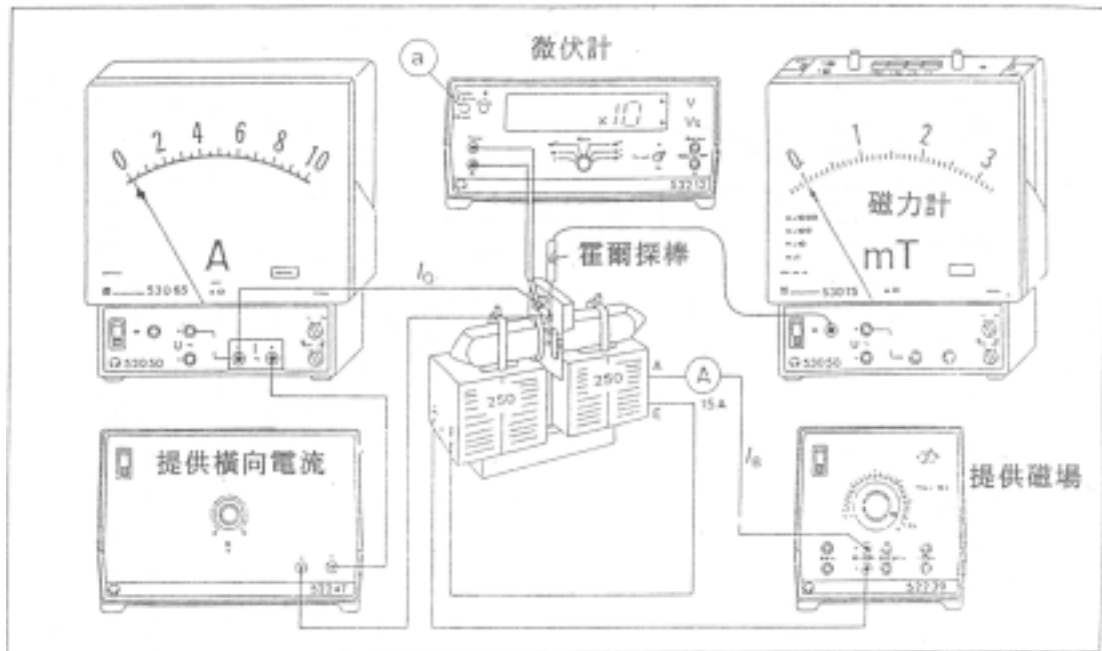
時向 $-\hat{y}$ 方向偏折，於是在 $y=0$ 與 $y=d$ 處各堆積了負電荷與正電荷，因而對後來的偏折電子產生庫倫斥力，當時間大於或等於某個平衡所需時間 t_0 後，電子不再偏折，此時呈穩態飄移態。

$$\begin{aligned} \rightarrow \bar{E}_H &= R_{Hj} B(-\hat{y}) = \frac{-1}{nec} jB(-\hat{y}) \\ &= \frac{1}{nec} jB\hat{y} \\ &= \frac{1}{nec} \cdot \frac{I_Q}{ad} \cdot B\hat{y} \\ \rightarrow U_H &= \bar{E}_H \cdot a\hat{y} = \frac{1}{nec} \cdot \frac{I_Q}{ad} B \cdot a = \frac{1}{nec} \cdot \frac{B \cdot I_Q}{d} \end{aligned}$$

三、儀器

數量	儀器
1	霍爾裝置板（銀）
1	霍爾裝置板（鎢）
2	三用電表(2H-LH)
1	磁力計(包含磁力探棒及萬用底座)
1	微電壓計(方型銀幕顯示板)
1	交流電源供應器
1	雙線圈電磁鐵
1	直流電源供應器
1	零件箱（含四個金屬片、兩根固定軸、四孔底座、校正磁鐵 Shunt resistor）

四、儀器配置：



五、步驟：

一、1. 確定各電流表的接線和檔位 (15 A) 都正確。兩個電源供應器的旋鈕都皆以歸 0。

2. 打開微伏計的電源將 gain 的檔位放在 10^5 的位置，暖機 10 分鐘後按下 @ 鈕 10 秒鐘，以便補償歸零。

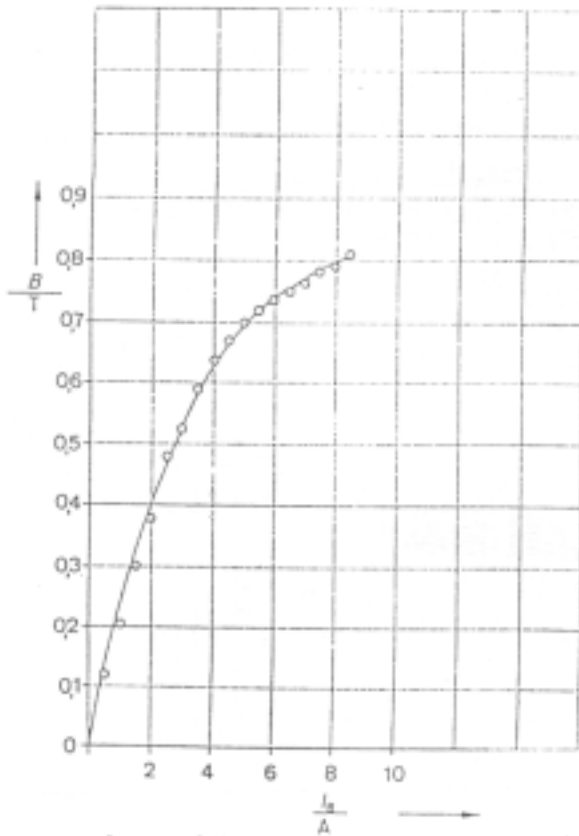
3. 注意，磁場線圈上的電流不能超過 5 A 太久的時間。

二、測量，並繪出 I_B -B 圖

1. 將磁場電源供應器的輸出改到交流電，施以約 5 A，便於去磁 (時間約 5 秒)

2. 將霍爾探棒插入兩磁極間 (注意方向) 磁場電源供應器的輸出改回直流電。

3. 每隔 0.5 A 記錄磁力計上的讀數 B，並將其繪成 I_B -B 圖 (I_B 最大部可超過 10A)。



I in A	B in T
0	0
0,5	0,118
1	0,200
1,5	0,295
2	0,374
2,5	0,455
3	0,520
3,5	0,585
4	0,630
4,5	0,665
5	0,695
5,5	0,715
6	0,735
6,5	0,748
7	0,760
7,5	0,780
8	0,790
8,5	0,800
9	0,810

I_B -B calibrating curve; pole piece

distance the same as the thickness of the support plate

I_B : Coil current

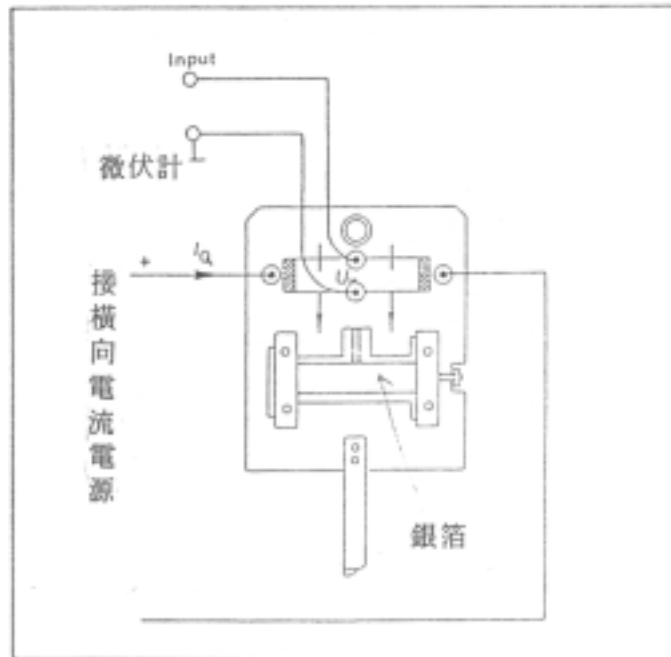
B: Magnetic flux density of the field produced by I_B . Saturation at large

field currents.

三、對固定橫向電流 I_Q ，作 B- U_H 圖

1. 確定銀薄的接線如下圖：

Electrical connections of the pole effect apparatus; I_Q : transverse current.



- 2.將橫向電源供應器旋鈕歸 0 後再 power on。
- 3.注意此時微伏計上的讀數，若不是 0 則按下@鍵約 5 秒來補償歸 0。
- 4.慢慢增加橫向電流至 10 A (指 I_Q)。
- 5.每隔 0.5A(指 I_B)，增加磁場強度記錄相對應的霍爾電壓差 (U_H)(由 micro Voltmeter 上讀得)。
6. I_B 最大做到 10 A 為止。
- 7.將 I_Q 降到 5 A，重複 5、6 兩步驟
- 8.繪出 $B-U_H$ 圖，圖中的直線分別為對 $I_Q=20A$ 和 $I_Q=5A$ 所作，因我們的 I_Q 電表最大到 10 A，故我們只作 $I_Q=10A$ 和 $I_Q=5A$ 的直線。

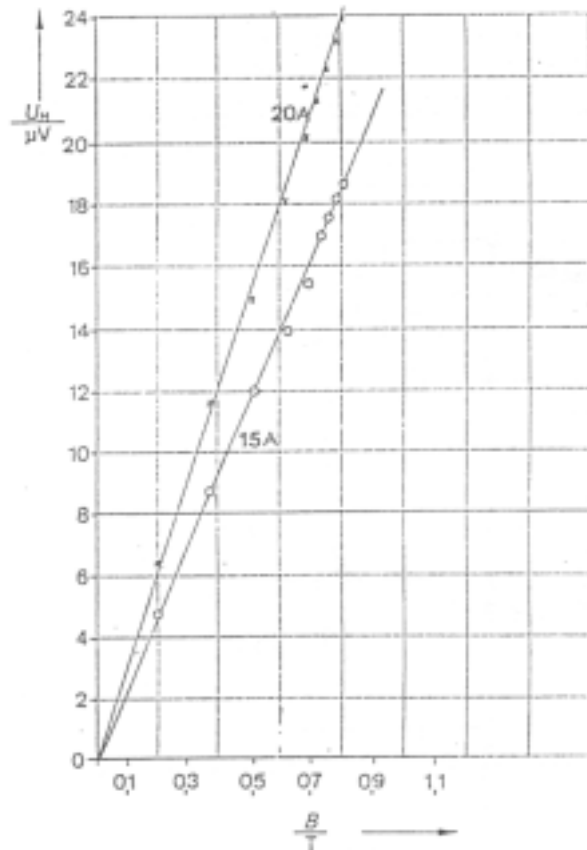


Fig. 4: U_H as a function of B ; parameter I_Q
 B in accordance with calibrating curve in Fig. 3 from I_B ;
 Hall foil made of silver.

四、決定霍爾電壓差載子的極性—右手定則，若將 I_Q 的方向反向，則發現微幅計上的讀直為負值，可知載子的極性。

五、決定霍爾電位差載子的濃度和霍爾常數 R_H 值。

1. 由 $\rightarrow U_H = R_H \cdot \frac{B \cdot I_Q}{d}$ ，可知 R_H 值，其中 $R_H = \frac{1}{n \cdot e}$ ，又可得 n 之值。

B 為磁場強度

I_Q 為橫向電流

d 為銀箔的厚度

e 為電子電荷

n 為載子濃度

R_H 為霍爾常數

U_H 為霍爾電壓差

2. 理論值

$$R_H = 8.9 \times 10^{-11} \text{m}^3 \text{C}^{-1}$$

$$n = 6.6 \times 10^{28} \text{m}^{-3}$$