

班级 土木一班 学号 190410102 姓名 方尧 教师签字 实验日期 7.10 组号 C1 预习成绩 总成绩

实验（七）霍尔效应

一. 实验目的

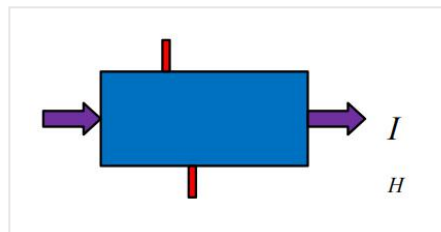
1. 用“对称测量法”测量 $U_H - I_H$ 曲线，计算霍尔元件灵敏度；
2. 用“对称测量法”测量 $U_H - I_M$ 曲线，计算霍尔元件灵敏度；
3. 测量电磁铁气隙中磁感应强度 B 的大小和分布。

二. 实验原理

霍尔电压测量的副效应误差及其消除方法

（1）电极不等势误差

电流 I_H 流过霍尔片时，垂直于 I_H 的平面称为等势面，如果测量 U_H 的两个电极不在同一个等势面就会存在一个附加电压。误差电压 $U_0 = I_H r$ ， r 为两电极对应



等势面间的电阻。 U_0 的方向取决于 I_H ，与 B 无关，用对称测量法可以消除此误差。

（2）爱廷斯豪森（Ettingshausen）效应

载流子的速度具有统计分布，霍尔电场 E_H 的大小取决于载流子的平均速度 v ，如果速度为 v 的载流子刚好平衡后，则速度大于和小于 v 的载流子则会各自向对立面偏转。从而在 y 方向产生温差并引起温差电动势 U_E ，其方向取决于 I_H 和 B ，因此不能用对称测量法消除。

（3）里吉-勒迪克（Righi-Leduc）效应

如果在霍尔片 X 方向有温度梯度，则 X 方向会有一个扩散流 I_d 。其在 Y 方向将引起类似于

爱廷斯豪森效应的温差电动势 U_{RL} ，其方向与 B 有关，但与 I_H 无关。

（4）能斯特（Nernst）效应

上述扩散流在洛伦兹力作用下将直接产生附加电动势 U_N ，其方向与 B 有关，但与 I_H 无关。

U_{RL} 和 U_N 可以通过改变 I_H 方向用对称测量法消除。在非大电流、非强磁场下可忽略 U_E 。

通过改变 I_H 和 B 方向，可以测得 4 个霍尔电压值，将其绝对值求平均-就消除了副效应的误差。

三. 数据处理

1、测量霍尔元件灵敏度 K_H —— $U_H - I_H$ 曲线

$$I_M = 0.3A; C = 0.2661T \cdot A^{-1}; d = 0.0003m$$

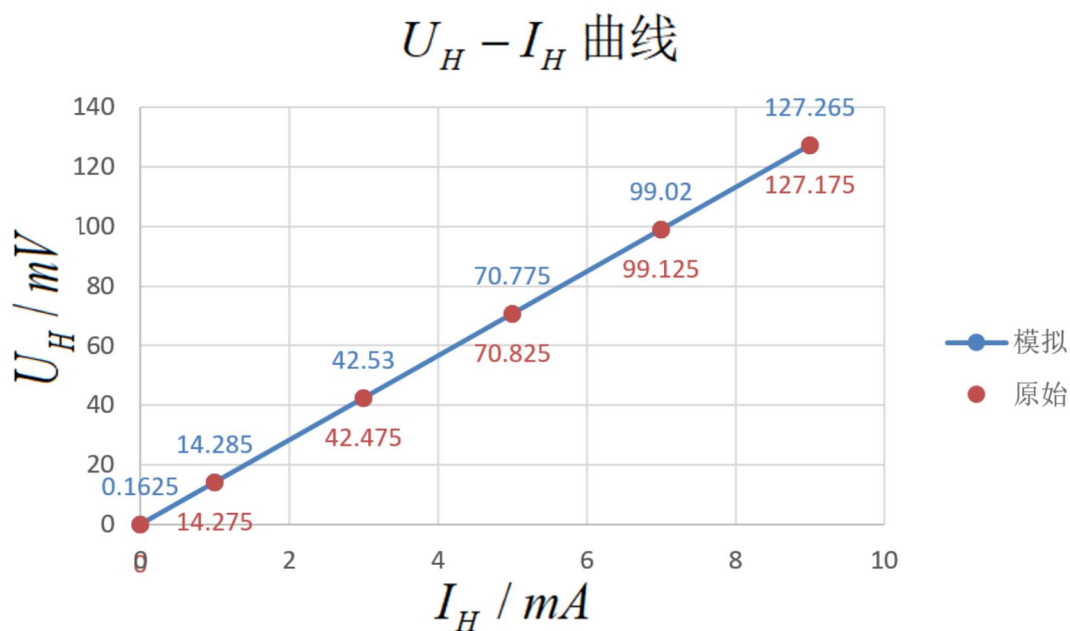
$$U_{Hi} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 U_{ij} \quad (i=1,2,3,4,5); \text{ 将数据带入公式:}$$

$$\bar{I}_H = 0.005A; \bar{U}_H = 0.070775V; \sum_{i=1}^5 (I_{Hi} \cdot U_{Hi}) = 0.00233428A \cdot V; \sum_{i=1}^5 I_{Hi}^2 = 1.65 \times 10^{-4} A^2;$$

$$\text{设 } U_H = \hat{a}_1 + \hat{b}_1 I_H$$

$$K_1 = \hat{b}_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 (I_{Hi} \cdot U_{Hi}) - 5 \cdot \bar{I}_H \cdot \bar{U}_H}{\sum_{i=1}^5 I_{Hi}^2 - 5 \cdot \bar{I}_H^2} = 14.1225; \hat{a}_1 = \bar{U}_H - \hat{b}_1 \cdot \bar{I}_H = 1.625 \times 10^{-4};$$

$$\text{即 } U_H = 1.625 \times 10^{-4} + 14.1225 I_H \quad (\text{SI})$$



根据 $U_H = K_{H1} \cdot I_H B$, 知斜率 $\hat{b}_1 = K_{H1} B = K_{H1} \cdot I_M \cdot C$

$$\text{得到 } K_{H1} = \frac{\hat{b}_1}{I_M \cdot C} = 176.91 m^2 \cdot C^{-1}$$

2、测量霍尔元件灵敏度 K_H —— $U_H - I_M$ 曲线

$$I_H = 0.003 A; C = 0.2661 T \cdot A^{-1}; d = 0.0003 m$$

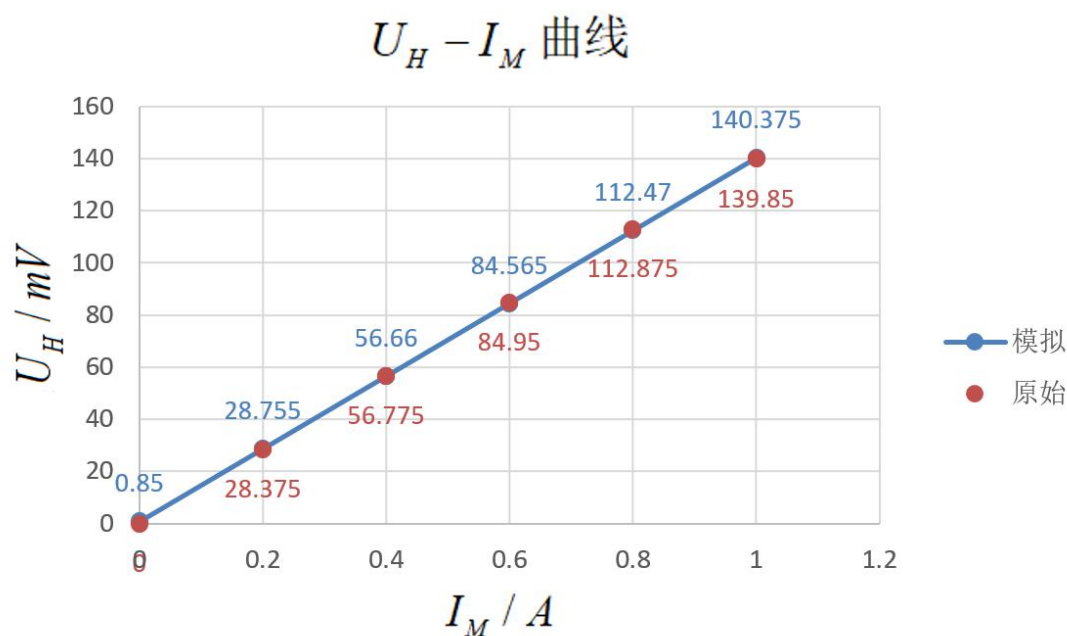
$$U_{Hi} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 U_{ij} \quad (i = 1, 2, 3, 4, 5); \text{将数据带入公式:}$$

$$\bar{I}_M = 0.6 A; \bar{U}_H = 0.084565 V; \sum_{i=1}^5 (I_{Mi} \cdot U_{Hi}) = 0.309505 A \cdot V; \sum_{i=1}^5 I_{Mi}^2 = 2.2 A^2;$$

$$\text{设 } U_H = \hat{a}_2 + \hat{b}_2 I_M$$

$$K_2 = \hat{b}_2 = \frac{\sum_{i=1}^5 (I_{Mi} \cdot U_{Hi}) - 5 \cdot \bar{I}_M \cdot \bar{U}_H}{\sum_{i=1}^5 I_{Mi}^2 - 5 \cdot \bar{I}_M^2} = 0.1395; \hat{a}_2 = \bar{U}_H - \hat{b}_1 \cdot \bar{I}_M = 0.00085;$$

$$\text{即 } U_H = 0.00085 + 0.1395 I_M \quad (SI)$$



根据 $U_H = K_{H2} \cdot I_H B = K_{H2} I_H C \cdot I_M$, 知斜率 $\hat{b}_2 = K_{H2} \cdot I_H \cdot C$

$$\text{得到 } K_{H2} = \frac{\hat{b}_2}{I_H \cdot C} = 174.78 m^2 \cdot C^{-1}$$

3、测量电磁铁气隙中磁感应强度 B 的大小和分布

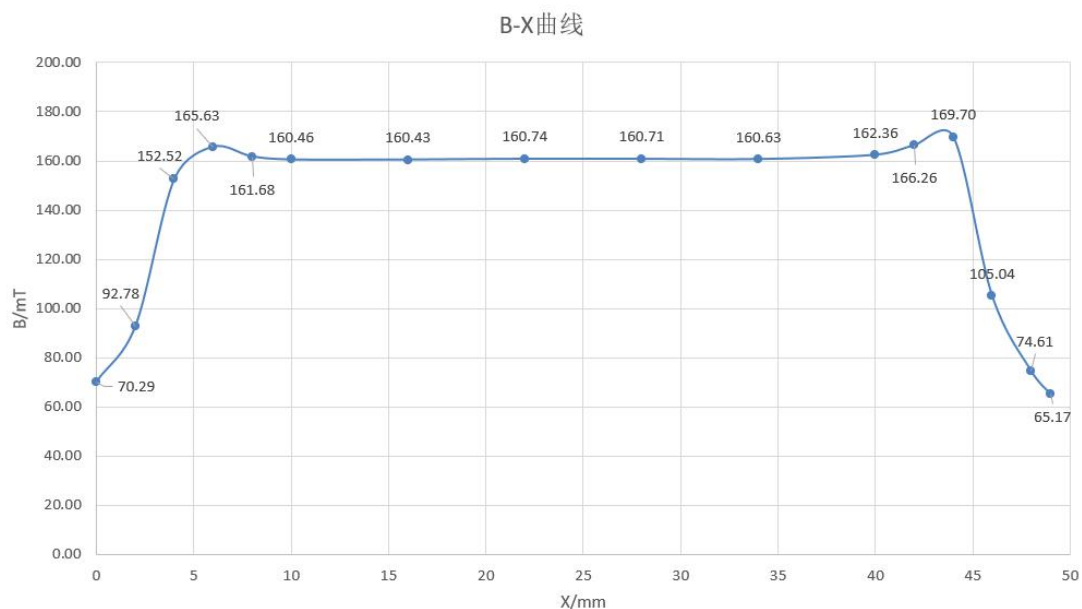
$$\text{取 } K_H = \frac{K_{H1} + K_{H2}}{2} = 175.84 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^{-1};$$

$$I_H = 0.003 \text{ A}; C = 0.2661 \text{ T} \cdot \text{A}^{-1}; d = 0.0003 \text{ m};$$

$$U_{Hi} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 U_{ij} \quad (i=1,2,\dots,15);$$

$$\text{由 } U_H = K_H I_H B \text{ 得到 } B = \frac{U_H}{K_H \cdot I_H} \text{ 带入得:}$$

x/mm	0	2	4	6	8	10	16	22
B/mT	70.29	92.78	152.52	165.63	161.68	160.46	160.43	160.74
x/mm	28	34	40	42	44	46	48	49
B/mT	160.71	160.63	162.36	166.26	169.70	105.04	74.61	65.17



四. 实验结论及现象分析

$U_H - I_H$ 曲线如上所示;

斜率 $K_1 = 14.1225; K_{H1} = 176.91 m^2 \cdot C^{-1}$

$U_H - I_H$ 曲线如上所示;

斜率 $K_2 = 0.1395; K_{H2} = 174.78 m^2 \cdot C^{-1}$

$B - X$ 图如上所示;

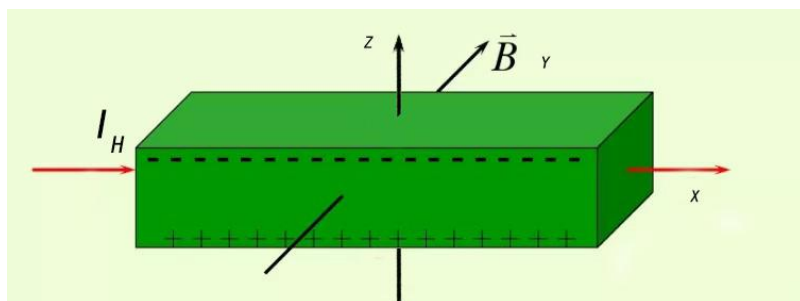
在 $0-10mm$, 急剧增大, 在 $6mm$ 左右达到峰值, 后减小, 趋于水平;

在 $10-40mm$, 变化较慢, 几乎一直保持在同一 B 值;

在 $40-50mm$, 间变化较快, 先缓慢增大, 到 $44mm$ 左右达到峰值, 后急剧减小。

五. 讨论问题

问题 1:



如图所示, I_H 为正, B 为正时,

若为正离子, 即 P 型半导体: 即载流子速度 v 向 X 正方向, 洛仑磁力沿 Z 轴正向, 载流子向上板聚集, 故 U_H 应当向 Z 轴负向, U_H 为负;

若为负离子, 即 N 型半导体: 即载流子速度 v 向 X 负方向, 洛仑磁力沿 Z 轴正向, 载流子向上板聚集, 故 U_H 应当向 Z 轴正向, U_H 为正;

知 U_1 为正, 故为 N 型半导体。

问题二:

$$\text{知 } K_H = \frac{1}{ned};$$

$$\text{故 } n = \frac{1}{K_H \cdot ed} = 1.183 \times 10^{20} \text{ 个}/m^3$$

实验现象观察与原始数据记录

实验现象观察与原始数据记录

 $I_M = 300 \text{ mA}$; $C = 266.1 \text{ mT/A}$, $d = 0.3 \text{ mm}$

$I_H (\text{mA})$	$U_1 (\text{mV})$	$U_2 (\text{mV})$	$U_3 (\text{mV})$	$U_4 (\text{mV})$
1	14.4	-14.2	-14.4	14.1
3	42.7	-42.3	-42.7	42.2
5	71.2	-70.5	-71.2	70.4
7	99.7	-98.6	-99.6	98.6
9	127.9	-126.5	-127.8	126.5

 $I_H = 3.0 \text{ mA}$; $C = 266.1 \text{ mT/A}$, $d = 0.3 \text{ mm}$

$I_M (\text{mA})$	$U_1 (\text{mV})$	$U_2 (\text{mV})$	$U_3 (\text{mV})$	$U_4 (\text{mV})$
200	28.6	-28.2	-28.6	28.1
400	57.0	-56.6	-57.0	56.5
600	85.0	-84.8	-85.2	84.8
800	112.9	-112.8	-113.1	112.7
1000	139.9	-139.8	-140.0	139.7

 $I_H = 5.0 \text{ mA}$; $I_M = 600 \text{ mA}$; $C = 266.1 \text{ mT/A}$

$X (\text{mm})$	$U_1 (\text{mV})$	$U_2 (\text{mV})$	$U_3 (\text{mV})$	$U_4 (\text{mV})$
0	62.5	-61.4	-62.0	61.3
2	81.7	-81.3	-82.0	81.3
4	134.5	-133.8	-134.4	133.7
6	146.0	-145.3	-145.9	145.3
8	142.5	-141.8	-142.5	141.8
10	141.3	-140.8	-141.4	140.8
16	141.3	-140.8	-141.4	140.7
22	141.6	-141.1	-141.6	141.0
28	141.6	-141.0	-141.6	141.0
34	141.5	-140.9	-141.5	141.0
40	143.0	-142.5	-143.1	142.4
42	146.4	-145.9	-146.5	145.9
44	149.4	-148.8	-149.6	149.0
46	92.7	-92.1	-92.6	92.0
48	65.9	-65.3	-65.9	65.3
49	57.5	-57.1	-57.6	57.0

方尧 190410102 7.10

学生	姓名	学号	日期
签字	方尧	190410102	7.10

教师	姓名
签字	