

班号 自动化51 学号 190320517 姓名 高旭 教师签字 韩建卫
 实验日期 9.29 组号 B4 预习成绩 _____ 总成绩 _____

实验(四) 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 为两电极间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消除。

(3) 里吉-勒迪克效应

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) 能斯特效应

上述扩散流在洛伦兹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 方向可测得四个霍尔电压值, 将其绝对值求平均, 就消除了副效应的误差。

三. 数据处理

$$1. I_H = 1.19 \text{ mA} \quad U_H = \frac{32.1 + 32.0 + 32.2 + 32.0}{4} = 32.075 \text{ mV}$$

$$I_H = 2.90 \text{ mA} \quad U_H = \frac{78.3 + 77.7 + 78.3 + 77.7}{4} = 78.00 \text{ mV}$$

$$I_H = 5.04 \text{ mA} \quad U_H = (136 + 135.1 + 136 + 135.1)/4 = 135.55 \text{ mV}$$

$$I_H = 7.01 \text{ mA} \quad U_H = (188.9 + 187.5 + 188.8 + 187.5)/4 = 188.175 \text{ mV}$$

$$I_H = 3.63 \text{ mA} \quad U_H = (97.8 + 97.2 + 97.9 + 97.2)/4 = 97.525 \text{ mV}$$

$$U_H = k_H I_H B \quad B = C \cdot I_m = 157.42 \text{ mT}$$

由最小二乘法. $k = \frac{\bar{I}_H \bar{U}_H - \overline{I_H U_H}}{(\bar{I}_H)^2 - \bar{I}_H^2}$ $\bar{I}_H = 3.954$ $\bar{U}_H = 106.265$

$$\overline{I_H U_H} = 52.4.133 \quad \bar{I}_H^2 = 19.51$$

~~$b = \frac{\bar{U}_H - k \bar{I}_H}{1}$~~ 得 $k = 26.83 = B k_H$ $k_H = \frac{k}{B} = 0.17$

$$2. I_m = 148 \text{ mA} \quad U_H = (32.4 + 31 + 32 + 31)/4 = 31.6 \text{ mV}$$

$$I_m = 297 \text{ mA} \quad U_H = (63.5 + 62.7 + 63.6 + 62.7)/4 = 63.125 \text{ mV}$$

$$I_m = 410 \text{ mA} \quad U_H = (87.3 + 86.6 + 87.3 + 86.5)/4 = 86.925 \text{ mV}$$

$$I_m = 605 \text{ mA} \quad U_H = (128.8 + 127.9 + 128.8 + 127.7)/4 = 128.3 \text{ mV}$$

$$I_m = 710 \text{ mA} \quad U_H = (150.9 + 150 + 150.9 + 150)/4 = 150.45 \text{ mV}$$

$$U_H = k_H I_H I_m C \quad \text{同上由最小二乘法}$$

$$k = \frac{\bar{I}_m \bar{U}_H - \overline{I_m U_H}}{(\bar{I}_m)^2 - \bar{I}_m^2} \quad \bar{I}_m = 434 \text{ mA} \quad \bar{U}_H = 92.08$$

$$\overline{I_m U_H} = 48701.035 \quad \bar{I}_m^2 = 229667.6$$

$$k = 0.21 = k_H I_H C$$

$$k_H = \frac{0.21 \times 10^3}{I_H \cdot C} = \frac{210}{1.19 \times 157.42} = 0.169 \approx 0.17$$

$$3. X = 2 \text{ mm} \quad U_H = 107.35 \text{ mV}$$

$$3 \text{ mm} \quad 123.75 \text{ mV}$$

$$4 \text{ mm} \quad 136.55 \text{ mV}$$

$$5 \text{ mm} \quad 145.6 \text{ mV}$$

$$10 \text{ mm} \quad 157.7 \text{ mV}$$

$$15 \text{ mm} \quad 158.4 \text{ mV}$$

$$20 \text{ mm} \quad 158.625 \text{ mV}$$

$$25 \text{ mm} \quad 158.475 \text{ mV}$$

$$30 \text{ mm} \quad 158.25 \text{ mV}$$

$$32.3 \text{ mm} \quad 158.175 \text{ mV}$$

$$35 \text{ mm} \quad 158.05 \text{ mV}$$

$$40 \text{ mm} \quad 156.45 \text{ mV}$$

$$X = 43 \text{ mm} \quad 141.875 \text{ mV}$$

$$45 \text{ mm} \quad 114.025 \text{ mV}$$

$$46 \text{ mm} \quad 97.825 \text{ mV}$$

$$47 \text{ mm} \quad 84.925 \text{ mV}$$

$$48 \text{ mm} \quad 73.425 \text{ mV}$$

$$50 \text{ mm} \quad 58.35 \text{ mV}$$

$$B = \frac{U_H}{k_H I_H} \quad k_H = 0.17, I_H = 5.39$$

$$X = 2 \quad B = 117.156 \quad X = 20 \quad B = 173.115 \quad X = 43 \quad B = 154.835$$

$$3 \quad 135.054 \quad 25 \quad 172.951 \quad 2 \quad 45 \quad 124.441$$

$$4 \quad 149.023 \quad 30 \quad 172.705 \quad 46 \quad 106.761$$

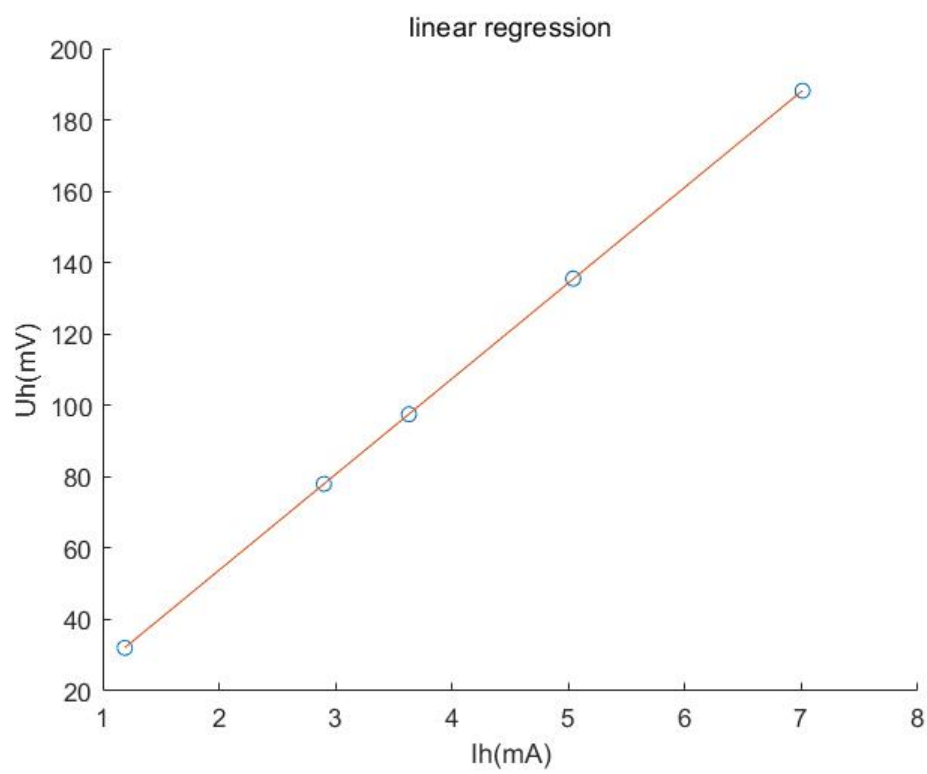
$$5 \quad 158.9 \quad 32.3 \quad 172.624 \quad 47 \quad 92.6825$$

$$10 \quad 172.105 \quad 35 \quad 172.487 \quad 48 \quad 80.1321$$

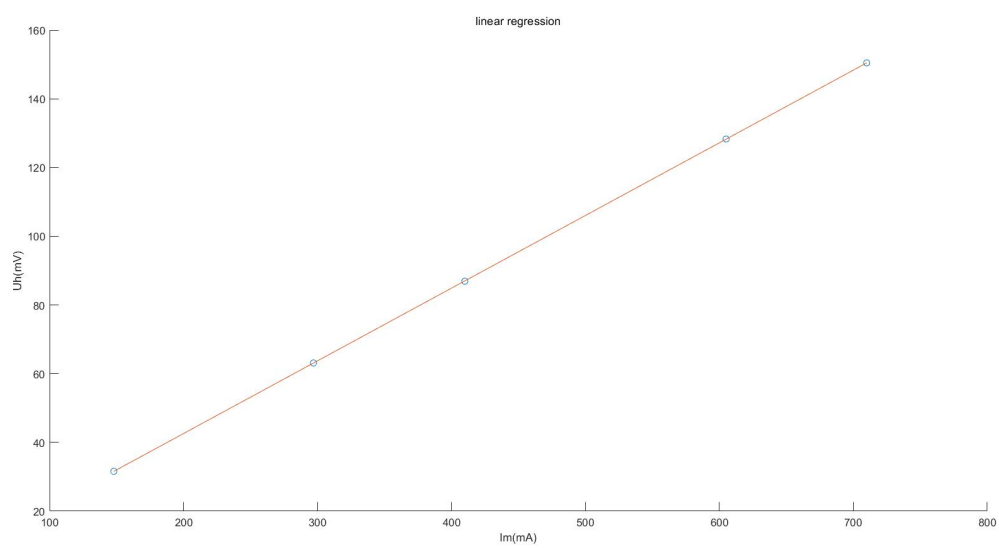
$$15 \quad 172.689 \quad 40 \quad 170.741 \quad 50 \quad 63.68$$

X从0到50 mm,
磁场先变强
后逐渐变弱

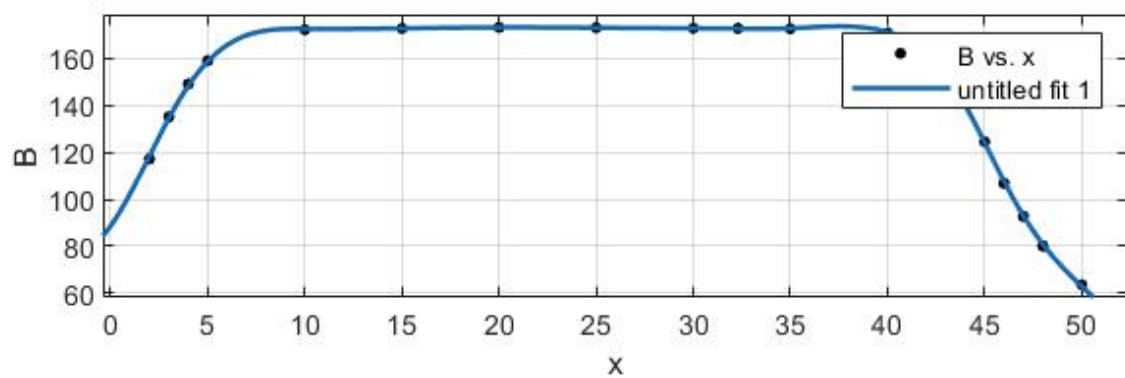
U_h与I_h关系图象



U_h与I_m关系图象



用cftool拟合的B-x图象 (smoothing spline)



四. 实验结论及现象分析

利用 $U_H = k_H I_H I_m C$, 当固定 I_H, C 或 I_m, C 时求得的 k_H 约为 0.17。

移动物体时 B 随 x 分布规律为靠近中心位置磁场强度大且随位置变化慢, 在靠近边缘位置磁场强度小且随位置变化快。

五. 讨论问题

1. 根据 B, I_H 和 U_H 方向判断本实验霍尔片的导电类型(N型或P型)。

当 B, I_H, U_H 均为正时, 如图所示。

若为正离子, $q\vec{v} \times \vec{B}$ 指向右侧, 电场力指向右侧, 矛盾。

\therefore ~~导电类型为P型~~ 载流子为电子

\therefore 导电类型为N型。

2. 估算霍尔片载流子密度

$$\text{因为 } k_H = \frac{-1}{ned} \quad \therefore n = \frac{-1}{k_H ed} = \frac{-1}{0.17 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 260 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore \text{载流子密度为 } 1.414 \times 10^{23} \quad = 1.414 \times 10^{23}$$

实验现象观察与原始数据记录

1. $U_H - I_H$. 测 k_{H1} 262.8 $I_m = 599 \text{ mA}$, $C = \cancel{260.6} \text{ mT/A}$ $d = 260 \mu\text{m}$

$I_H (\text{mA})$	$U_1 (\text{mV})$ $+I_m, +I_H$	$U_2 (\text{mV})$ $-I_m, +I_H$	$U_3 (\text{mV})$ $+I_m, -I_H$	$U_4 (\text{mV})$ $-I_m, -I_H$	I_H
1.19	32.1	32.0	32.2	32.0	

2.90	78.3	-77.7	-78.3	77.7	
------	------	-------	-------	------	--

5.04	136.0	-135.1	-136.0	135.1	
------	-------	--------	--------	-------	--

7.01	188.9	-187.5	-188.8	187.5	
------	-------	--------	--------	-------	--

3.63	97.8	-97.2	-97.9	97.2	
------	------	-------	-------	------	--

2. $U_H - I_m$ 测 k_{H2} $I_H = 4.73 \text{ mA}$ $C = 262.8 \text{ mT/A}$ $d = 260 \mu\text{m}$

I_m	U_1	U_2	U_3	U_4
148	32.4	-31.0	-32.0	31.0

297	63.5	-62.7	-63.6	62.7
-----	------	-------	-------	------

410	87.3	-86.6	-87.3	86.5	710	150.9	-150.0	-150.9	150.0
-----	------	-------	-------	------	-----	-------	--------	--------	-------

605	128.8	-127.9	-128.8	127.7
-----	-------	--------	--------	-------

3. $I_m = \cancel{658} \text{ mA}$ $I_H = \cancel{5.39} \text{ mA}$ $C = 262.8 \text{ mT/A}$

$X (\text{mm})$	U_1	U_2	U_3	U_4
0	84.5	83.4	84.2	83.4

2.0	84.3	83.5	84.3	83.5
-----	------	------	------	------

5.5	84.3	83.6	84.3	83.6
-----	------	------	------	------

7.9

X	U_1	U_2	U_3	U_4	I_H	U_1	U_2	U_3	U_4
5.0	145.7	-143.3	-146.2	145.2	50.0	59.7	-56.7	-59.0	57.0
10.0	158.1	-157.3	-158.2	157.2	47.0	84.8	-84.1	-84.7	83.7
15.0	158.8	-158.0	-158.9	157.9	43.0	142.8	-142.4	-141.6	140.7
20.0	159.0	-158.2	-159.1	158.2	38.0	158.5	-157.8	-158.7	157.7
25.0	158.8	-158.1	-159.0	158.0	32.3	96.6	-98.0	-98.8	97.9
30.0	158.6	-157.9	-158.7	157.8	28.0	73.4	-73.2	-74.0	73.1
35.0	158.4	-157.7	-158.5	157.8					
40.0	156.8	-156.2	-156.9	155.9					
45.0	114.6	-113.1	-114.7	113.7					

学生	姓名	学号	日期
签字	高旭	190320517	9.29

教师	姓名
签字	李书建

2.0	107.8	-107.8	-106.9	106.9	4
3.0	124.2	-124.2	-123.3	123.3	
4.0	137.0	-137.0	-136.1	136.1	