

序号

北京理工大学
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY

时间: 年 11 月 / 日

上午 / 下午 / 晚上

实验报告

课程名称: 物理实验B 实验名称: 霍尔效应 实验日期: 2024 年 11 月 1 日
班 级: 6302318 教学班级: 07152301 学 号: 1120232535 姓 名: 汪隽宁

一、实验目的

- (1) 掌握用霍尔效应研究半导体性能的方法
- (2) 学习用“对称测量法”消除副效应影响的方法

二、实验仪器

霍尔效应实验组合仪, 霍尔效应测磁仪, 特斯拉计, 万用表...

三、原理

1. 霍尔效应

置于磁场中载流体, 若电流 \perp 磁场, 则在垂直于二者的方向会产生一附加横向电场, 称为霍尔效应。

如图8-1, 在半导体试样y方向通电流 I_s , z方向加磁场 B , 则在x方向产生电荷积累, 产生霍尔效应 U_H , E_H 为霍尔电场。设载流子浓度为 n , 则

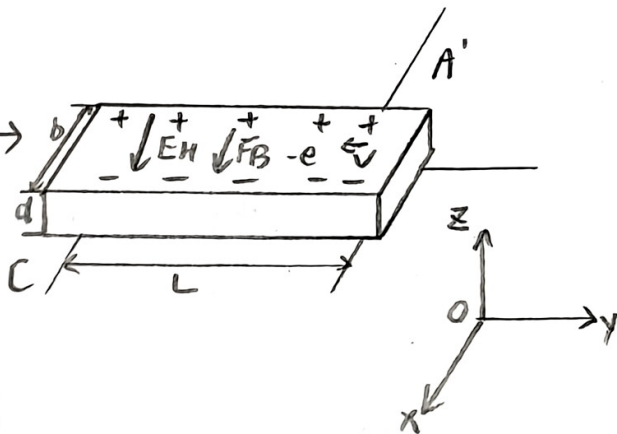


图8-1

$$U_H = \frac{I_s B}{ned} = R_H \frac{I_s B}{d} = K_H I_s B \quad (8-1)$$

其中, $R_H = \frac{1}{ne}$, R_H 为霍尔系数, 反应霍尔效应大小。

$K_H = \frac{R_H}{d} = \frac{1}{ned}$, 为霍尔元件灵敏度 $V/(A \cdot T)$ 。

根据 U_H 、 R_H 符号及 B 方向定导电类型, 分P、N2种。若 $U_H > 0$, R_H 正, P; $U_H < 0$, R_H 负, N。
元件 K_H 为定值, 越大越好。有 I_s 、 U_H 可求 B 。

$$\text{电导率 } \sigma = \frac{I_s L}{U_H A S} \quad (8-2) \quad \text{载流子迁移率: } \mu = |R_H| \sigma$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

2. 实验中的副效应及其消除法

可改变工作电流或 B 方向减小、消除误差。即在 $(+B, +I_s)$ 、 $(-B, +I_s)$ 、 $(+B, -I_s)$ 、 $(-B, -I_s)$ 下测量后取平均, 近似得:

$$U_H = \frac{1}{4} (|U_1| + |U_2| + |U_3| + |U_4|) \quad (8-4)$$

3. 一对共轴线圈耦合度

间距 a 等于 R 时, 构成“亥姆霍兹线圈”, 此时轴线上磁场强度均匀。 $a \neq R$ 时, H 不均匀。耦合度可用霍尔器件检测。

四. 实验内容

(1) 用特斯拉计测定电磁铁励磁曲线 (I_m-B 曲线)。

测电磁铁间隙中心处 B , 作 I_m-B 曲线。

(2) 固定 I_m , 测 U_H-I_s 曲线。

令 $I_m = 0.50 A$ 。调 I_s 后确定, 例: $I_s = 1.00 mA$, 用消副效应法得 U_H , 在 $I_s = 1.00 \sim 10.00 mA$ 每隔 $1.00 mA$ 测 U_H , 画 U_H-I_s 曲线。

(3) 固定 I_s , 测 U_H-I_m 曲线。

令 $I_s = 5 mA$ 。调 $I_m = 0.100 A, 0.200 A, \dots, 0.800 A$, 同理得 U_H , 作 U_H-I_m 曲线。

(4) 在 $B=0$ 时, $I_s=0.20 mA$ 时, 测 U_{CA}

(5) 算 K_H, R_H, n , 求 $\bar{K}_H, \bar{R}_H, \bar{n}$

(6) 算 σ, μ ($b=4 mm, L=3 mm, d=0.5 mm$)

(7) 由 U_H 判断 P, N 型。

(8) 观察一对共轴线圈耦合度。

联系方式: _____

指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: 实验名称: 实验日期: 年 月 日
班 级: 教学班级: 学 号: 1120232535 姓 名: 汪海宁

(1) 用特斯拉计测电磁铁励磁曲线

表1: 测定磁感应强度.

$I_m(A)$	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100
$B(mT)$	375	327	280	232	189	141	94	47

(2) 固定 $I_m=0.35A$, 利用消除副效应方法测定 U_H-I_S 曲线

表2: 测量 U_H-I_S 关系数据 ($I_m=0.35A$).

$I_S(mA)$	$V_1(mV)$ ($+I_S, +I_m$)	$V_2(mV)$ ($+I_S, -I_m$)	$V_3(mV)$ ($-I_S, +I_m$)	$V_4(mV)$ ($-I_S, -I_m$)	$U_H = \frac{ V_1-V_2 + V_3-V_4 }{4} (mV).$
1.00	1.90	-1.83	1.79	-1.93	1.8625
2.00	3.80	-3.64	3.61	-3.83	3.72
3.00	5.74	-5.47	5.42	-5.74	5.5925
4.00	7.64	-7.28	7.24	-7.64	7.45
5.00	9.57	-9.10	9.05	-9.55	9.3175
6.00	11.49	-10.92	10.86	-11.45	11.18
7.00	13.41	-12.72	12.69	-13.35	13.0425
8.00	15.33	-14.54	14.50	-15.25	14.905
9.00	17.25	-16.35	16.32	-17.16	16.77
9.50	18.22	-17.26	17.25	-18.12	17.7125

(3) 在零磁场下 ($B=0$), $I_S=0.20mA$, 测出 U_{CA} 值

表3: 测定 U_{CA} (V_o) 数值

$I_S(mA)$	$V_1(mV)$ ($+I_S, 0$)	$V_2(mV)$ ($-I_S, 0$)	$U_{CA} = \frac{ V_1-V_2 }{2} (mV).$
0.20	12.8	-12.8	12.8

联系方式: 指导教师签字:



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

(b) 测量亥姆霍兹线圈中磁感应强度B的分布

$R = 110\text{mm}$, $N = 500$ 匝
 $I_s = 3.50\text{mA}$, $I_m = 0.5\text{A}$, $K_H = 159\text{mV/mA}$

$X(\text{mm})$	$V_1(\text{mV})$ ($+I_s, +I_m$)	$V_2(\text{mV})$ ($+I_s, -I_m$)	$V_3(\text{mV})$ ($-I_s, +I_m$)	$V_4(\text{mV})$ ($-I_s, -I_m$)	$U_H =$ $\frac{ V_1 - V_2 + V_3 - V_4 }{4}(\text{mV})$	$B = \frac{U_H}{K_H I_s}(\text{mT})$
120	0.63	-0.88	0.89	-0.63	0.7575	0.00 1.361
110	0.72	-0.97	0.98	-0.72	0.8475	1.523
100	0.81	-1.07	1.08	-0.82	0.945	1.698
90	0.91	-1.16	1.17	-0.91	1.0375	1.864
80	1.00	-1.25	1.26	-1.00	1.1275	2.026
70	1.08	-1.33	1.34	-1.08	1.2075	2.170
60	1.13	-1.39	1.40	-1.13	1.2625	2.269
50	1.17	-1.42	1.43	-1.17	1.2975	2.332
40	1.19	-1.45	1.45	-1.19	1.32	2.372
30	1.20	-1.45	1.46	-1.20	1.3275	2.385
20	1.20	-1.45	1.46	-1.20	1.3275	2.385
10	1.20	-1.45	1.46	-1.20	1.3275	2.385
0	1.20	-1.45	1.46	-1.20	1.3275	2.385

联系方式: _____

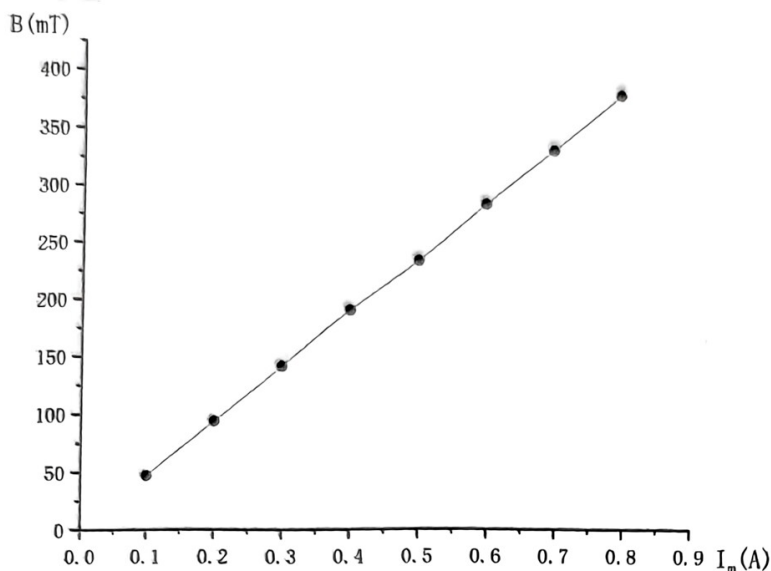
指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

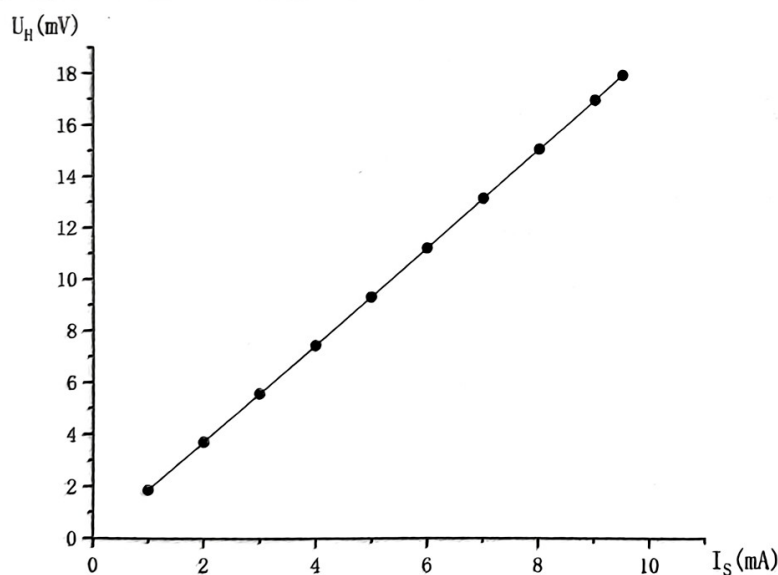
(1) 用特斯拉计测定电磁铁励磁曲线 I_m-B 曲线



作图人: 汪势宁
作图日期: 2024. 11. 3

图1 电磁铁励磁曲线 I_m-B 关系曲线

(2) 固定 $I_m=0.35A$, 用消除副效应方法测定 U_H-I_S 曲线



作图人: 汪势宁
作图日期: 2024. 11. 3

图2 用消除副效应方法测得的 U_H-I_S 曲线

联系方式: _____

指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

(3) 在零磁场($B=0T$)下, $I_s=0.2mA$ 时, 测 U_{CA} .

$$U_{CA} = \frac{|U_1 - U_2|}{2} = \frac{|12.8 - (-12.8)|}{2} = 12.8 mV.$$

(4) 计算霍尔灵敏度 K_H , 霍尔系数 R_H 及载流子密度 n , 求 \bar{K}_H , \bar{R}_H , \bar{n}

表4: 霍尔灵敏度 K_H , 霍尔系数 R_H 及载流子浓度 n 数据.

$I_s (mA)$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	9.50
$U_H (mV)$	1.8625	3.72	5.5925	7.45	9.3175	11.18	13.0425	14.905	16.77	17.7125
$K_H (V \cdot A^{-1} \cdot T^{-1})$	11.32	11.31	11.33	11.32	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33	11.33
$R_H (m \cdot V \cdot A^{-1} \cdot T^{-1})$	5.66×10^{-3}	5.655×10^{-3}	5.665×10^{-3}	5.66×10^{-3}	5.665×10^{-3}	5.665×10^{-3}	5.665×10^{-3}	5.665×10^{-3}	5.665×10^{-3}	5.665×10^{-3}
$n (/m^3)$	1.10×10^{21}	1.104×10^{21}	1.102×10^{21}	1.10×10^{21}	1.102×10^{21}	1.102×10^{21}	1.102×10^{21}	1.102×10^{21}	1.102×10^{21}	1.102×10^{21}

$$K_H = \frac{U_H}{I_s B}, \quad R_H = K_H d, \quad n = \frac{1}{R_H q}$$

$d = 0.5 mm$

$$\bar{K}_H = 11.326 V \cdot A^{-1} \cdot T^{-1}$$

$$\bar{R}_H = 5.663 \times 10^{-3} m \cdot V \cdot A^{-1} \cdot T^{-1}$$

$$\bar{n} = 1.1024 \times 10^{21} /m^3.$$

(5) 计算电导率 σ 和载流子迁移率 μ ($b=4mm, L=3mm, d=0.5mm$).

$$\sigma = \frac{I_s L}{U_{CA} S} = \frac{I_s L}{U_{CA} \cdot b \cdot d} = \frac{0.20 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3}}{12.8 \times 4 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 10^{-3}} = 23.44 S/m$$

$$\mu = |R_H| \sigma = 5.663 \times 10^{-3} \times 23.44 = 0.133 m^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$$

联系方式: _____

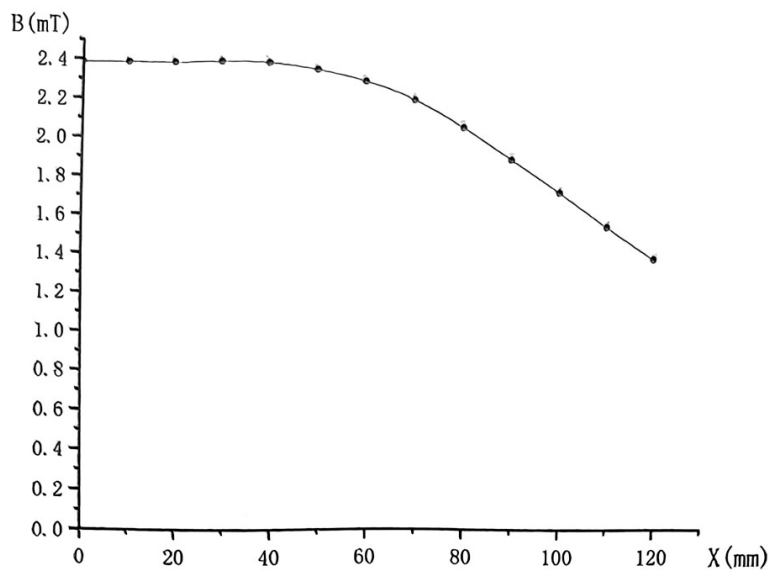
指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

(6) 测量亥姆霍兹线圈中磁感应强度 B 的分布, 作 B - X 曲线



作图人: 汪隽宁
作图日期: 2024. 11. 3

图3 亥姆霍兹线圈中磁感应强度的 B - X 曲线

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

思考题

1. 用特斯拉计测量磁场时要注意什么?

- ① 特斯拉计探头易碎, 应小心使用, 轻拿轻放, 用后套上保护套
- ② 保证探头内霍尔元件法线方向与磁场方向一致, 二者夹角越大误差越大
- ③ 保持伸入磁体的深度尽量一致.
- ④ 避免用手触碰探头, 造成探头温度变化.

2. 对制造霍尔片的材料有何要求?

- ① 要使霍尔元件灵敏度较高, 要有较高的载流子迁移率 μ , 并且要均匀稳定
- ② 电导率适当。过高会导致霍尔电压较低, 影响信号输出; 过低则导致电阻过大, 增加能耗且降低探测性能.
- ③ 温度敏感性低, 以增加稳定性和精度.
- ④ 易于加工.

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088

