

# 实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 霍尔效应 实验日期: 2024 年 9 月 18 日 下午  
班 级: 07112304 教学班级: 学 号: 117023321 姓 名: 隋曼菲

## 实验: 霍尔效应及其参数测定

### 一、实验目的

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

### 二、实验仪器

霍尔效应实验仪, 霍尔效应实验组合仪, 霍尔效应测试仪, 特斯拉计, 万用表等

### 三、实验原理

#### 1. 霍尔效应

置于磁场中的载流体, 如果电流方向与磁场垂直, 则在垂直于电流和磁场方向会产生一附加的横向电场, 这一现象叫做霍尔效应。

如图8-1所示, 在半导体试样的y方向通电流  $I_s$ , z方向加磁场  $B$ , 则在x方向产生电荷的积累, 从而产生霍尔电压  $U_H$ , 该电势差引起的电场  $E_H$  称为霍尔电场。设载流子浓度为  $n$ , 则霍尔电压  $U_H$  与磁感应强度  $B$  及载流子浓度等量间的关系为

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

式中:  $R_H = 1/ne$ ,  $R_H$  称为霍尔系数, 它是反映材料霍尔效应大小的重要参数;  $K_H = R_H/d = 1/ned$ ,  $K_H$  为霍尔元件的灵敏度, 单位为  $V/(A \cdot T)$ 。

根据霍尔电压的正负 (或  $R_H$  的符号) 及磁场的方向可以判断样品的导电类型, 半导体材料有P型 (空穴型) 和N型 (电子型) 两种。由图可看出, 若测得的  $U_H > 0$ , 则  $R_H$  为正, 样品为P型。若  $U_H < 0$ , 则  $R_H$  为负, 样品为N型。

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: \_\_\_\_\_

对于确定的霍尔元件,灵敏度 $K_H$ 是一个常数,一般要求越大越好。若测得霍尔电流 $I_s$ 和相应的霍尔电压 $U_H$ 值,则可求得磁感应强度 $B$ 的大小,这就是利用霍尔效应测磁场的原理。

半导体的电导率 $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{I_s L}{U_{CA} S} \quad (8-2)$$

载流子迁移率 $\mu$ :电导率 $\sigma$ 与载流子浓度 $n$ 及迁移率 $\mu$ 之间有如下关系

$$\mu = |R_H| \sigma \quad (8-3)$$

## 2. 实验中的副效应及其消除法

在霍尔效应产生的同时,会伴随着多种副效应,这些副效应产生的电压叠加在霍尔电压上,对霍尔效应的测量带来了误差。这些副效应均可通过改变工作电流或磁场的方向来减小或消除。即依次改变电流方向、磁场方向,在 $(+B, +I_s)$ 、 $(-B, +I_s)$ 、 $(+B, -I_s)$ 、 $(-B, -I_s)$ 四种条件下进行测量,取各测量值的平均值。近似可得:

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

## 3. 一对共轴线圈的耦合度

当一对共轴线圈的间距 $a$ 等于线圈的半径 $R$ 时,构成所谓的“亥姆霍兹线圈”,此时轴线上的磁场强度 $H$ 分布是均匀的。当 $a \neq R$ 时,其轴线上的 $H$ 将是不均匀的,会出现欠耦合、过耦合状态。两线圈耦合度可以通过霍尔器件来检测。

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: \_\_\_\_\_ 教学班别: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

## 四、实验内容

(1) 用特斯拉计测定电磁铁励磁曲线, 即  $I_m-B$  曲线。

特斯拉计是利用霍尔效应原理制成用来测量磁感应强度的仪器。测定电磁铁间隙中心处的磁感应强度  $B$ , 作出  $I_m-B$  曲线。

注意: 霍尔探头是由极薄的半导体材料制成的, 很脆, 易碎, 使用必须小心! 不用时应即用套盒保护好。

(2) 固定  $I_m$ , 测定  $U_H-I_s$  曲线。

令  $I_m=0.50A$ 。调节  $I_s$ , 使  $I_s$  为某一值, 例如  $I_s=1.00mA$ , 然后按照消除副效应的方法得到一个  $U_H$ , 在  $I_s=1.00 \sim 10.00mA$  的范围, 每间隔  $1.00mA$  分别测出所对应的  $U_H$ , 并画出  $U_H-I_s$  关系曲线。

(3) 固定  $I_s$ , 测定  $U_H-I_m$  曲线。

令  $I_s=5mA$ 。调节  $I_m$ , 使  $I_m=0.100A, 0.200A, \dots, 0.500A$ , 按照消除副效应方法分别测出各  $U_H$  值, 画出  $U_H-I_m$  关系曲线。

(4) 在零磁场下 ( $B=0$ ),  $I_s=0.20mA$  时, 测出  $U_{CE}$  值。

(5) 根据公式计算霍尔系数和载流子的迁移率。  $b=4mm$   $L=3mm$   $d=0.5mm$

(5) 根据公式计算霍尔灵敏度  $K_H$ , 霍尔系数  $R_H$  及载流子浓度  $n$ , 最后求出  $K_H$ ,  $R_H$ ,  $n$

(7) 由霍尔电压的正负判断样品的导电类型, 是  $N$  型还是  $P$  型。

(8) 观察一对对称线圈的磁路长度。

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 霍尔效应实验报告表格

(1) 用特斯拉计测定电磁铁的励磁曲线

表 1:  $I_M-B$  关系数据

$I_M(A)$	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100
$B(mT)$	340	293	258	213	168	125	80	39

(2) 固定  $I_m$ , 测定  $U_H-I_S$  曲线 表 2:  $U_H-I_S$  关系数据  $I_m = 0.350A$

$I_S(mA)$	$V_1(mV)$	$V_2(mV)$	$V_3(mV)$	$V_4(mV)$	$V_H = \frac{ V_1 - V_2  +  V_3 - V_4 }{4}$ (mV)
	$+I_S, +I_M$	$+I_S, -I_M$	$-I_S, -I_M$	$-I_S, +I_M$	
1.00	1.50	-1.43	1.38	-1.56	1.47
2.00	2.99	-2.81	2.74	-3.05	2.90
3.00	4.49	-4.19	4.13	-4.55	4.34
4.00	6.00	-5.59	5.52	-6.07	5.80
5.00	7.51	-6.98	6.91	-7.58	7.25
6.00	9.02	-8.37	8.30	-9.09	8.70
7.00	10.53	-9.76	9.69	-10.61	10.15
8.00	12.04	-11.16	11.08	-12.12	11.60
9.00	13.56	-12.54	12.47	-13.64	13.05
10.00	15.06	-13.96	13.87	-15.15	14.51

(3) 在零磁场下 ( $B = 0$ ),  $I_S = 0.20mA$ , 测出  $V_{CA}$  值 (仪器上是  $V_{\sigma}$ ) 表格 3:

$I_S(mA)$	$V_1(mV)$	$V_2(mV)$	$V_{C(mV)} = \frac{ V_1 - V_2 }{2}$
	$+I_S, 0$	$-I_S, 0$	
0.20	-11.90	12.00	11.95

(4) 根据公式计算霍尔灵敏度  $K_H$ , 霍尔系数  $R_H$  及载流子浓度  $n$  表格 4:

$I_m = 0.35A$  时,  $B = 146.4524mT$ .

$I_S(mA)$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
$U_H(mV)$	1.47	2.90	4.34	5.80	7.25	8.70	10.15	11.60	13.05	14.51
$K_H$	0.01002	0.00989	0.00988	0.00989	0.00989	0.00990	0.00990	0.00990	0.00990	0.00991
$R_H$	0.00501	0.00495	0.00494	0.00495	0.00495	0.00495	0.00495	0.00495	0.00495	0.00495
$n$	$1.25 \times 10^{21}$	$1.26 \times 10^{21}$	$1.27 \times 10^{21}$	$1.24 \times 10^{21}$	$1.26 \times 10^{21}$	$1.26 \times 10^{21}$	$1.24 \times 10^{21}$	$1.26 \times 10^{21}$	$1.26 \times 10^{21}$	$1.26 \times 10^{21}$

(5) 根据公式计算电导率和载流子的迁移率

$$\sigma = \frac{I_S L}{U_{CA} S} \quad \mu = |R_H| \sigma \quad b = 4mm, L = 3mm, d = 0.5mm$$



# (6) 共轴线圈轴线上的磁场分布

注意：① 测量前先记录所用仪器的  $K_H$  值！② 实验报告要求画出  $B(X)$  关系曲线

霍尔灵敏度： $K_H = 15.3 \text{ mV}/(\text{mA} \cdot \text{T})$

亥姆霍兹线圈有效半径：110mm 两线圈中心间距：110mm

线圈匝数：500 匝

线圈中心磁感应强度：

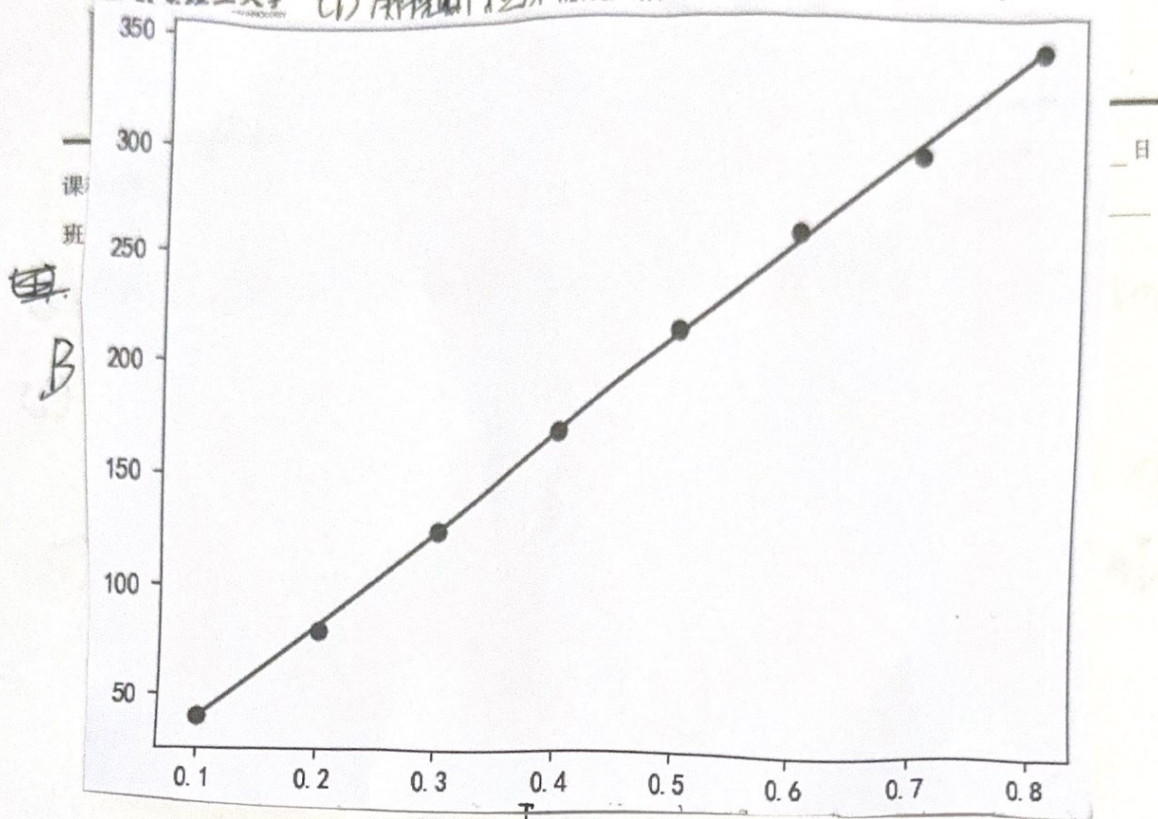
$$B_0 = \frac{\mu_0 N I}{R} \times \frac{8}{5^{3/2}} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 500 \times 0.5}{0.11} \times \frac{8}{5^{3/2}} = 2.04 \text{ mT}$$

$$K_H = \frac{V_H}{I_S B_0} \quad I_S = 3.50 \text{ mA}, \quad I_M = 0.500 \text{ A}$$

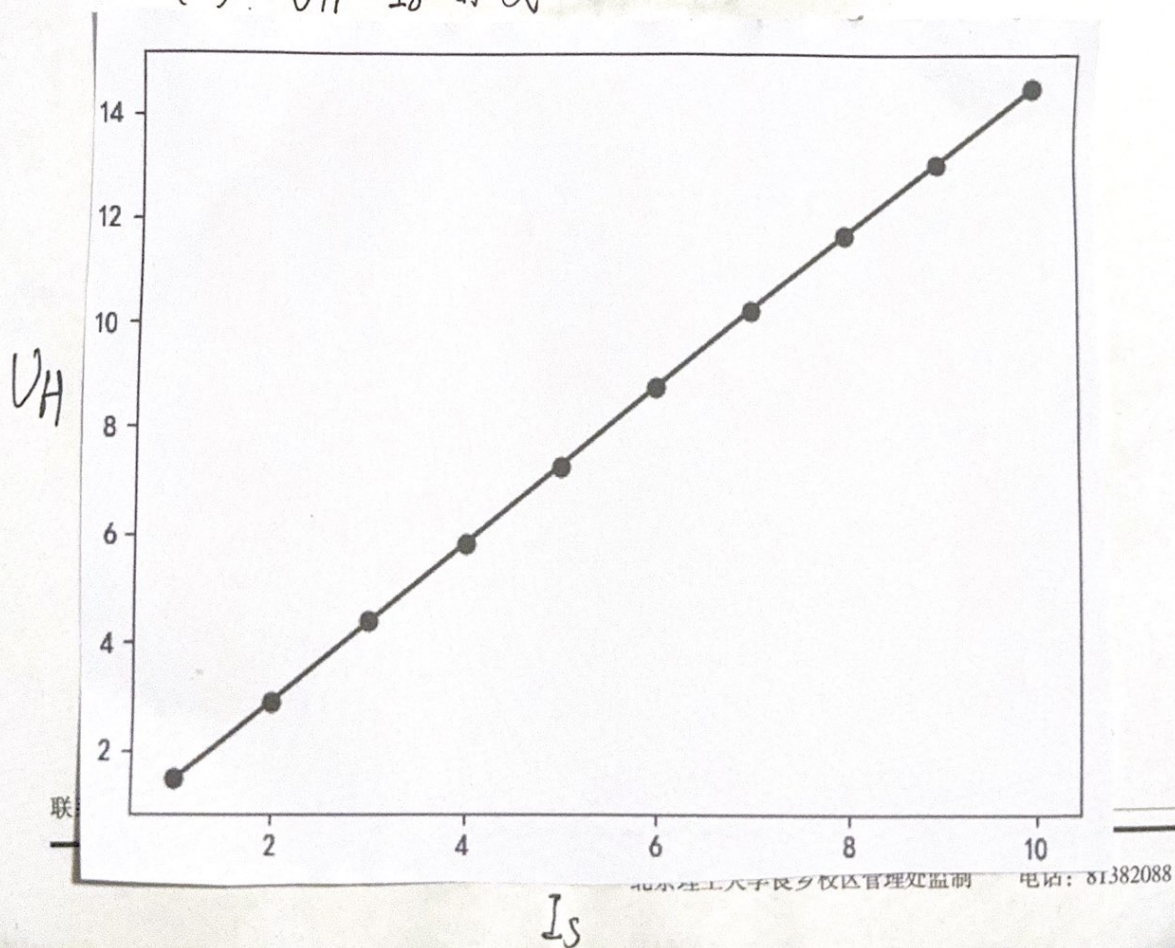
$X$ (mm)	$V_1(\text{mV})$	$V_2(\text{mV})$	$V_3(\text{mV})$	$V_4(\text{mV})$	$V_H = \frac{ V_1 - V_2  +  V_3 - V_4 }{4}$ (mV)	$B = \frac{V_H}{K_H I_S}$ (mT)
	$+I_S, +I_M$	$+I_S, -I_M$	$-I_S, -I_M$	$-I_S, +I_M$		
$\pm 120$	-0.39	0.75	-0.75	0.40	0.5725	$1.06 \times 10^{-3}$
$\pm 110$	-0.47	0.83	-0.82	0.47	0.6475	$1.21 \times 10^{-3}$
$\pm 100$	-0.55	0.9	-0.9	0.55	0.7250	$1.35 \times 10^{-3}$
$\pm 90$	-0.63	0.98	-0.98	0.62	0.8025	$1.50 \times 10^{-3}$
$\pm 80$	-0.70	1.06	-1.06	0.70	0.8800	$1.64 \times 10^{-3}$
$\pm 70$	-0.77	1.13	-1.13	0.77	0.9500	$1.77 \times 10^{-3}$
$\pm 60$	-0.83	1.19	-1.19	0.83	1.0100	$1.87 \times 10^{-3}$
$\pm 50$	-0.88	1.23	-1.23	0.88	1.0550	$1.97 \times 10^{-3}$
$\pm 40$	-0.91	1.26	-1.26	0.91	1.0850	$2.03 \times 10^{-3}$
$\pm 30$	-0.93	1.28	-1.28	0.93	1.1050	$2.06 \times 10^{-3}$
$\pm 20$	-0.93	1.28	-1.28	0.93	1.1050	$2.06 \times 10^{-3}$
$\pm 10$	-0.93	1.29	-1.28	0.94	1.1100	$2.07 \times 10^{-3}$
0	-0.93	1.29	-1.28	0.94	1.1100	$2.07 \times 10^{-3}$



(1) 用物理法估计磁路的磁阻曲线



(2)  $V_H - I_s$  曲线



# 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)  $I_s = 0.20 \text{ mA}$ ,  $\beta = 0$  时, 得  $U_{CA} = \frac{|U_1 - U_2|}{2} = 11.95 \text{ mV}$

(4).  $I_m = 0.35 \text{ A}$  时, 由 (1) 得,  $\beta = 146.4524 \text{ m}$

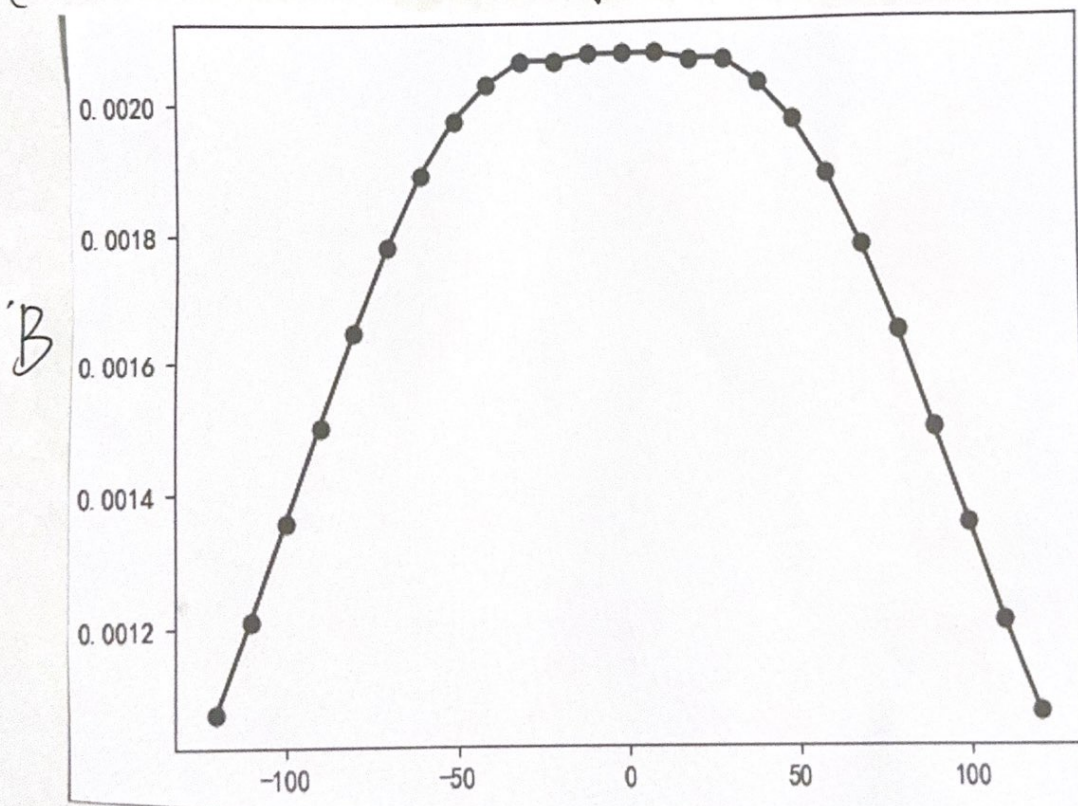
- 计算得  $\overline{K_H} = 0.00991$   $\overline{R_H} = 0.00495$   $\overline{n} = 1.26 \times 10^{21}$

(5)  $\delta = bd = 0.2 \text{ mm}^2$   $I_s = 0.20 \text{ mA}$   $U_{CA} = 11.95 \text{ mV}$

$L = 3 \text{ mm}$ .  $\phi = \frac{I_s L}{U_{CA} \delta} = 0.25$

$\mu = |R_H| \phi = 0.00124$

(6). B-X 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: \_\_\_\_\_

(1) 用特斯拉计测量磁场时要注意什么?

- ① 选择合适的探头 ② 确保正确的方向 ③ 避免温度变化
- ④ 靠近磁体表面 ⑤ 测量前校准仪器 ⑥ 避免外部磁场干扰

(2) 对制造霍尔片的材料有什么要求?

- ① 高霍尔系数 ② 适当的载流子浓度 ③ 高电子迁移率
- ④ 温度稳定性高 ⑤ 机械强度和加工性能好 ⑥ 化学稳定性好
- ⑦ 成本效益高

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: \_\_\_\_\_

K

$I_s/mA$	$V_1$ $+I_s + I_m$	$V_2$ $+I_s - I_m$	$V_3$ $-I_s - I_m$	$V_4$ $-I_s + I_m$	$V_H$
10	13.06	-13.96	13.87	-15.15	
9	13.56	12.54	12.47	-13.64	
8	12.04	-11.16	11.08	-12.12	
7	10.53	-9.76	9.69	-10.61	
6	9.02	-8.37	8.30	-9.09	
5	7.51	-6.98	6.91	-7.58	
4	6.00	-5.59	5.52	-6.07	
3	4.49	-4.19	4.13	-4.53	
2	2.99	-2.81	2.74	-3.05	
1	1.50	-1.43	1.38	-1.56	

$I_s/mA$	$U_1/mV$ $+I_s \quad 0$	$U_2/mV$ $-I_s \quad 0$	$U_{CE}$
0.20	-11.9	12.0	

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: \_\_\_\_\_

$K_H: 15.3 \text{ mV/mA} \cdot T$

$X$	$V_1/\text{mV}$	$V_2/\text{mV}$	$V_3/\text{mV}$	$V_4/\text{mV}$	$U_H$
	$+I_S + I_M$	$+I_S - I_M$	$-I_S - I_M$	$-I_S + I_M$	
$\pm 120$	-0.39	0.75	-0.75	0.40	
110	-0.47	0.83	-0.82	0.47	
100	-0.55	0.90	-0.90	0.50	
90	-0.63	0.98	-0.98	0.62	
80	-0.70	1.06	-1.06	0.70	
70	-0.77	1.13	-1.13	0.77	
60	-0.84	1.19	-1.19	0.83	
50	-0.88	1.23	-1.23	0.88	
40	-0.91	1.26	-1.26	0.91	
30	-0.93	1.28	-1.28	0.93	
20	-0.93	1.28	-1.28	0.93	
10	-0.93	1.28	-1.28	0.93	
0	-0.93	1.29	-1.28	0.94	

$I_S = 3 \text{ mA}$   
 $I_M = 0.1 \text{ A}$

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_