



廈門大學  
XIAMEN UNIVERSITY

85

ADD: FULFAN XIAMEN CABLE: 0633 P.C: 361005

## 实验十六 应用霍尔效应测量磁场

宋强, 22320182201366

E 海洋科学

2019年9月29日

### 一. 实验目的

1. 了解霍尔效应测量磁场的基本原理及霍尔元件的性能, 学习用“换向法”消除系统误差, 测量霍尔元件的  $U_H-I_S$  特性曲线
2. 测量电磁铁的  $B-I_m$  励磁特性曲线.
3. 测量电磁铁气隙间的  $B-X$  磁场分布曲线.

### 二. 实验仪器

#### 1. 仪器用量

霍尔效应实验仪、霍尔效应测试仪、导线若干.

#### 2. 仪器描述

本实验的实验装置由霍尔效应实验仪和霍尔效应测试仪两部分组成.

(1) 霍尔效应实验仪包括电磁铁场测量装置、霍尔元件样品和样品架.

(2) 霍尔效应测试仪

霍尔效应测试仪由两组直流恒流源和一组直流数字毫伏表组成, 可以独立使用. 其面板如图3-16-3所示. 提供霍尔元件的控制电流  $I_S$  在  $1.50-10.00\text{mA}$  范围内持续可调, 提供电磁铁的励磁电流  $I_m$  在  $0-1\text{A}$  范围内连续可调, 它们分别由面板上相应的接线端钮输出. 待测霍尔电压由面板上的霍尔电压输入端输入, 测量范围为  $\pm 199.9\text{mV}$ , 输出电流值  $I_S$  和  $I_m$  以及测量的电压均由数码管显示

### 三. 实验原理

#### 1. 霍尔效应及其测量磁场的原理

霍尔效应是一种磁电效应, 从本质上讲, 它是带电粒子在磁场中受洛伦兹力作用后运动发生偏转而形成的一种效应.

将一块半导体薄片放在垂直于它的恒定磁场  $B$  中, 在薄片的四个侧面  $A$ 、 $A'$ 、 $D$  和  $D'$  分别引出两对电极. 当  $AA'$  方向通过电流  $I_S$  时, 薄片内定向移动的载流子 (图中假设为电子) 将受到洛伦兹力  $f_b$  作用. 若  $q$  为载流子的电荷,  $v$  为载流子的定向移动速率, 则  $f_b$  的大小  $f_b = qvB$ ,  $f_b$  指向薄片的侧面  $D'$ , 它使载流子向侧面  $D'$  偏转, 形成电荷的积累, 结果在薄片  $DD'$  方向形成电场  $E_H$ , 这个电场又给载流子一个电场力  $f_E$ ,  $f_E$  的方向与  $f_b$  的方向相反, 它阻碍载流子继续向侧面  $D'$  偏转. 当两力大小相等时, 电荷积累达到动态平衡, 这时在薄片  $D$ 、 $D'$  侧面之间所建立的电场  $E_H$  为霍尔电场, 相应的电压  $U_{DD'}$  称为霍尔电压, 记为  $U_H$ . 这样的现象称为霍尔效应. 而根据霍尔效应制成的磁电交换的器件称为霍尔元件.



扫描全能王 创建





# 厦 门 大 学

## XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FUJIAN XIAMEN

CABLE: 0633 P.C: 361005

霍尔电压  $U_H$  大小除了与磁感应强度  $B$ 、控制电流  $I_s$  大小有关外,还与霍尔片材料结构有关。设霍尔片宽度为  $b$ , 则  $f_E = qE_H = q \frac{U_H}{b}$ , 动态平衡时, 电场力与洛伦兹力大小相等, 故由上式和  $f_B = qVB$  可得  $q \frac{U_H}{b} = qVB$ , 即  $U_H = bVB$ , 若霍尔片中载流子浓度为  $n$ , 霍尔片厚度为  $d$ , 则电流  $I_s$  与载流子速率  $v$  关系为  $I_s = bdqvn$  或者  $v = \frac{I_s}{bdqn}$ , 将上式代入  $U_H = bVB$ , 得  $U_H = \frac{1}{nq} \frac{I_s B}{d}$  令  $R = \frac{1}{nq}$ , 则  $U_H = \frac{1}{nq} \frac{I_s B}{d}$  可写成  $U_H = R \frac{I_s B}{d}$ ,  $R$  称为霍尔系数。在应用中, 常将霍尔电压表示为  $U_H = K_H B I_s$ ,  $K_H = \frac{R}{d} = \frac{1}{nqod}$  称为霍尔元件灵敏度, 它大小与材料性质及薄片厚度有关。若  $I_s$  单位用  $mA$ ,  $U_H$  单位用  $mV$ ,  $B$  单位用  $T$ , 则  $K_H$  单位为  $mV/(mA \cdot T)$ 。作为磁电传感器 (将磁量转换为电量), 一般要求霍尔元件灵敏度要高。由于  $K_H$  与载流子浓度  $n$  成反比, 而半导体载流子浓度又远比金属载流子浓度小, 所以用半导体材料做霍尔元件, 灵敏度比较高。  $K_H$  还与霍尔片厚度  $d$  成反比, 所以霍尔片都做得很薄, 一般厚度只有  $0.1mm$ , 由半导体材料制成。

由  $U_H = K_H B I_s$  可以看出, 如果知道了霍尔元件灵敏度  $K_H$ , 用仪器测出控制电流  $I_s$  和霍尔电压  $U_H$ , 就可以算出霍尔片所在磁感应强度  $B$  大小。这就是霍尔效应测量磁场的原理。霍尔片由于尺寸大小, 可以近视为一个几何点, 因此可以用它测量任何磁场中某点的磁感应强度。

由于建立稳定的霍尔电场的时间极短, 约为  $10^{-12} - 10^{-14}s$ , 因此霍尔元件也可以在有频的交流电下工作, 产生交流霍尔电压。若交流控制电流为  $i = I_s \sin \omega t$ , 则交流霍尔电压为  $U_H = K_H B i = K_H B I_s \sin \omega t$ 。显然, 在使用交流控制电流的情况下, 式  $U_H = K_H B I_s$  仍然适用, 只是式中  $I_s$  和  $U_H$  应理解为有效值。

## 2. 霍尔元件的副效应及其影响的消除方法

霍尔元件在产生霍尔电压  $U_H$  的同时, 还伴随一些副效应。副效应产生的附加电压叠加在霍尔电压上, 造成测量系统误差, 从而影响磁感应强度  $B$  的测量准确度。为此, 需要用实验方法予以消除。

影响测量结果的副效应主要有不等电位电势差、能斯托效应、爱廷豪森效应、里纪—勒杜克效应等。

### (1) 不等电位电势差 $U_0$

当给霍尔片通以电流时, 在其内部要形成等势面。由于制造上的困难及材料的不均匀性, 霍尔片上下两侧的电极很难做到在同等位面上。即使不加磁场也会产生附加电压  $U_0 = I_s r$ , 其中  $r$  为  $D-D'$  电极所在两个等位面之间的电阻。  $U_0$  方向只与电流  $I_s$  方向有关, 而与外磁场  $B$  方向无关。



扫描全能王 创建





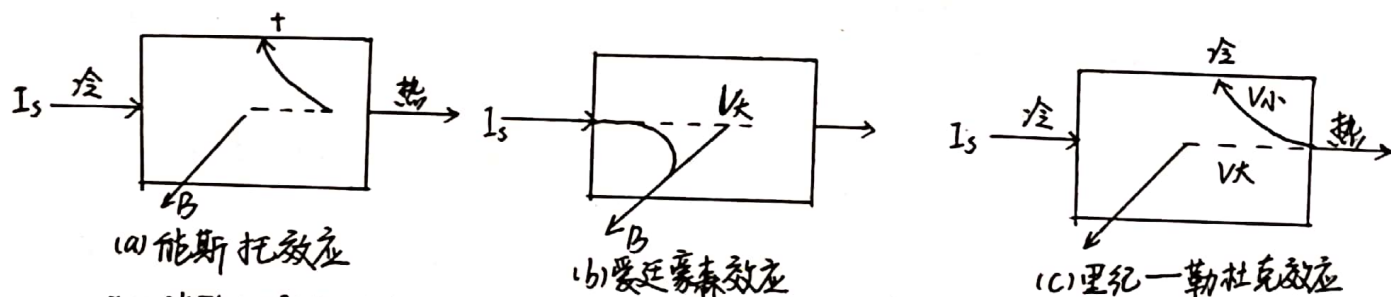
# 厦 门 大 学

## XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FULI FAN JIAXIEN

CABLE: 0633 P.C: 361005

- (2) 能斯托效应: 通电流  $I_m$  电极在 A-A' 侧面上  $I_m$  接触电阻不可能完全相同, 因此当电流  $I_s$  通过不同接触电阻时, 会产生不同  $I_m$  焦耳热, 并因温差而产生热电子热。这附加  $I_m$  热电子流也受磁场作用而在上下两侧产生附加  $I_m$  电压  $U_N$ ,  $U_N$  的方向与控制电流  $I_s$  方向无关, 只与磁场  $B$  方向有关
- (3) 爱廷豪森效应是一种温度梯度效应, 由于半导体内载流子的迁移速度不相等, 它们在磁场作用下, 对速度大载流子, 洛伦兹力起主导作用, 对速度小  $I_m$  载流子, 霍尔电场力起主导作用。这样, 速度大  $I_m$  载流子和速度小的载流子将分别向两端偏转, 偏转  $I_m$  载流子  $I_m$  动能将转化为热能, 使得两端  $I_m$  温升不同, 即慢载流子  $I_m$  能量比快  $I_m$  载流子  $I_m$  的能量小, 它们偏向的那边比对边冷些。两端面之间由于温差而出现温差电压  $U_E$ 。由此产生  $I_m$  温差电动势, 叠加在霍尔电压上, 如同霍尔效应一样, 由此产生  $I_m$  电位差  $U_E$  与磁场  $B$ 、电流  $I_s$  方向都有关系, 而且始终与霍尔效应同向, 而与霍尔电压分开, 一般情况  $U_E \ll U_H$ , 可以忽略不计。
- (4) 里纪——勒杜克效应在基础上, 热扩散载流子  $I_m$  速率不同, 于是又如同爱廷豪森效应一样, 慢载流子受磁场偏转的那边冷些, 这样又产生温差电动势  $U_{RL}$ 。由此在霍尔片上、下两侧产生  $I_m$  电位差  $U_{RL}$  只与  $B$  方向有关, 与控制电流  $I_s$  方向无关一般  $U_{RL} \ll U_H$ 。



为了消除副效应电压  $U_0$ ,  $U_N$  和  $U_{RL}$  的影响, 实际测量时, 运用“换向法”分别改变控制电流  $I_s$  方向和磁场  $B$  方向, 测量以下四种情况时的电压, 然后取平均值。具体方法, 当  $B$  为正 (电磁励磁电流  $I_m$  为正),  $I_s$  为正时, 测得  $I_m$  电压为  $U_1$ , 此时, 令各种电压均为正, 则有  $U_1 = U_H + U_0 + U_N + U_{RL}$ ,  $B$  仍为正,  $I_s$  换为负, 此时  $U_H$  和  $U_0$  换向, 而  $U_N$  和  $U_{RL}$  不换向, 测得电压为  $U_2 = -U_H - U_0 + U_N + U_{RL}$ ,  $B$  换为负,  $I_s$  仍为负, 此时  $U_H$  又换成正,  $U_0$  仍为负, 而  $U_N$  和  $U_{RL}$  换为负, 测得  $I_m$  电压  $U_3 = +U_H - U_0 - U_N - U_{RL}$ ,  $B$  仍为负,  $I_s$  再换成正, 此时  $U_H$  为负,  $U_0$  为正, 而  $U_N$  和  $U_{RL}$  仍为负, 测得  $I_m$  电压为  $U_4 = -U_H + U_0 - U_N - U_{RL}$ 。联立四式, 可得  $U_1 - U_2 + U_3 - U_4 = 4U_H$ , 即  $U_H = \frac{1}{4}(U_1 - U_2 + U_3 - U_4)$ 。

上式即为经过“换向法”后得到的霍尔电压表达式。除了爱廷豪森效应以外, 其他副效应的影响都可以通过“换向法”消除掉。

本实验测量的电磁铁气隙中心  $I_m$  磁场, 在忽略漏磁效应的情况下, 可用磁路定理推导得出以下公式  $B = \frac{U_0 N I_m}{\frac{L}{\mu} + l_2} = K_m I_m$ , 式中  $I_m$  励磁电流,  $L$  为 U 形电磁铁  $I_m$  平均周长,  $l_2$  为气



扫描全能王 创建





隙宽度,  $N$  为线圈匝数,  $M$  是磁化电流为  $I_m$  时磁铁  $m$  相对磁导率,  $\mu_0$  为真空磁导率,  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ ,  $K_m$  为该电磁铁  $m$  励磁系数, 单位为特斯拉/安培 (T/A)  
 电磁铁  $m$  励磁电流  $I_m$ , 霍尔元件  $m$  控制电流  $I_s$  分别由“霍尔效应测试仪”的两组电流源提供。双向双掷开关  $K$ , 用于改变励磁电流  $I_m$  方向, 从而改变电磁气隙磁场  $B_m$  方向。双向双掷开关  $K_s$  用于改变霍尔元件控制电流  $I_s$  方向。霍尔电压  $U_H$  由“霍尔效应测试仪”的直流数字毫伏表测量, 由于  $B$  或  $I_s$  方向改变时,  $U_H$  极性也改变, 其正负极性由直流数字毫伏表显示。

#### 四. 实验内容

按照 3-16-2 连接电路

将霍尔效应测试仪的  $I_m$ ,  $I_s$ ,  $U_H$  连线端分别与霍尔效应实验仪上的“励磁电流”、“工作电流”、“霍尔电压”接线柱对应相连接, 不允许接错! 线路接完后, 经老师检查允许, 方可通电进行以下测量。

##### 1. 测量霍尔片 $m$ $U_H$ - $I_s$ 特性曲线

(1) 将霍尔片置于电磁铁气隙中心处 (磁场最大处)

(2) 固定电磁铁  $m$  励磁电流  $I_m$ , 取  $I_m = 600 \text{mA}$

(3) 改变霍尔元件  $m$  控制电流  $I_s$ , 分别取  $I_s = 0.00 \text{mA}$ ,  $1.00 \text{mA}$ ,  $2.00 \text{mA}$ ,  $3.00 \text{mA}$ ,  $4.00 \text{mA}$ ,  $5.00 \text{mA}$ ,  $6.00 \text{mA}$ ,  $7.00 \text{mA}$ ,  $8.00 \text{mA}$ 。用换向法测出对应于每一  $I_s$  值的霍尔电压  $U_H$ 。为了消除副效应的影响, 测量每个电流对应的霍尔电压时, 都应交叉改变  $I_s$  和  $I_m$  方向, 读出四个相应的电压值  $U_1, U_2, U_3, U_4$ , 再由式 (3-16-9) 算出  $U_H$ 。

##### 2. 测量电磁铁 $m$ $B$ - $I_m$ 励磁特性曲线

(1) 将霍尔片置于电磁铁气隙  $m$  中心处。

(2) 固定霍尔元件  $m$  控制电流  $I_s$ , 取  $I_s = 5.00 \text{mA}$ 。

(3) 改变励磁电流值, 取  $I_m = 0 \text{mA}$ ,  $100 \text{mA}$ ,  $200 \text{mA}$ ,  $300 \text{mA}$ ,  $400 \text{mA}$ ,  $500 \text{mA}$ ,  $600 \text{mA}$ ,  $700 \text{mA}$ ,  $800 \text{mA}$ , 测出对应于每个电流的霍尔电压  $U_H$ 。

##### 3. 测量电磁铁气隙间 $m$ $B$ - $X$ 磁场分布曲线

(1) 固定霍尔元件控制电流  $I_s$  和电磁励磁电流  $I_m$ , 可取  $I_s = 5.00 \text{mA}$ ,  $I_m = 600 \text{mA}$

(2) 调节  $X$  位移螺旋钮, 使霍尔片从标尺一端到另一端, 用换向法测出各个位置的霍尔电压  $U_H$ , 共测 35 个左右实验点, 在气隙边缘磁场变化较大, 实验点应取密些。

#### 五. 数据处理

由所读得电压值  $U_1, U_2, U_3, U_4$ , 代入  $U_H = \frac{1}{4}(U_1 - U_2 + U_3 - U_4)$  计算得出霍尔电压  $U_H$ , 将得到的数据列表表示。实验的数据处理方法如下:

1. 由上式 (3-16-9) 计算出相应的霍尔电压  $U_H$ , 以  $I_s$  为横轴,  $U_H$  为纵轴, 作霍尔电压与控制电流关系  $m$   $U_H$ - $I_s$  特性曲线, 求得曲线斜率, 再根据该曲线斜率及霍尔元件灵敏度  $K_H$ , 由式 (3-16-4) 计算





# 厦 门 大 学

## XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FULFAN XIAMEN

CABLE:0633 P.C:361005

出气隙中心 $m$ 磁感应强度 $B$ , 求出励磁系数 $K_m$ .

2. 由式(3-16-4)算出相应 $m$ 磁感应强度 $B$ , 以 $I_m$ 为横轴,  $B$ 为纵轴, 作电磁铁气隙间 $m$   $B$ - $x$ 磁场分布曲线.

### 六. 注意事项

1. 霍尔片又薄又脆, 切勿受意外机械损伤, 不宜用手抚弄
2. 霍尔片允许通过 $m$ 电流较小, 本实验条件取 $I_s \leq 10.00mA$ , 不允许超过.
3. 电磁铁通电时间太长, 线圈热量会影响测量结果
4. 实验后要将 $I_s$ 、 $I_m$ 值调至最小

### 七. 数据表格 $K = 23$

$I_s(mA) \backslash U_H(mV)$	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
$U_1$	0.0	<del>3.988</del> 35.039	<del>7.3</del> 70.6	11.2	14.7	17.6	21.6	24.6	27.8
$U_2$	0.0	<del>15.9</del> 25.039	<del>7.3</del> -4.3	-11.3	-14.1	-17.8	-20.9	-24.4	-27.6
$U_3$	0.0	<del>12.039</del> 3.40	<del>7.4</del> 14.6	11.1	13.9	17.5	20.4	23.9	27.2
$U_4$	0.0	<del>3.4</del> -10.4	<del>7.1</del> -10.5	-10.6	-13.7	-17.4	-20.4	-24.5	-27.5

$I_m = 600mA$

$I_m(mA) \backslash U_H(mV)$	0	100	200	300	400	500	600	700	800
$U_1$	0.3	3.2	6.1	8.9	11.8	14.7	17.5	20.3	23.2
$U_2$	-0.3	-3.2	-6.0	-8.8	-11.7	-14.5	-17.3	-20.2	-23.0
$U_3$	+0.2	2.7	5.6	8.4	11.4	14.2	17.0	19.9	22.7
$U_4$	-0.2	-2.7	-5.6	-8.4	-11.3	-14.2	-17.0	-19.9	-22.9

$I_s = 5.00mA$



扫描全能王 创建





# 厦 门 大 学

## XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FUJIAN XIAMEN CABLE:0633 P.C:361005

霍尔元件 位置(mm)	电压(mV)			
	$U_1$ ( $+I_m, +I_s$ )	$U_2$ ( $+I_m, -I_s$ )	$U_3$ ( $-I_m, -I_s$ )	$U_4$ ( $-I_m, +I_s$ )
-28.0	8.2	-8.2	7.8	-7.6
-27.0	9.3	-9.2	8.9	-8.8
-26.0	10.7	-10.7	10.3	-10.3
-25.0	11.9	-11.9	11.5	-11.5
-23.0	15.2	-15.1	14.8	-14.7
-21.0	16.9	-16.8	16.5	-16.4
-20.0	17.2	-17.2	16.9	-16.9
-18.0	17.6	-17.6	17.2	-17.2
-16.0	17.7	-17.8	17.4	-17.3
-14.0	17.5	-17.4	17.1	-17.0
-12.0	17.5	-17.4	17.1	-17.1
-10.0	17.5	-17.5	17.2	-17.2
-7.0	17.4	-17.3	16.9	-16.9
-4.0	17.6	-16.9 -17.5	16.6 17.2	-16.5 -17.2
-2.0	17.6 16.2	-16.2 -17.5	15.8 17.2	-15.8 -17.1
0.0	14.7 17.7	-14.0 -17.5	13.7 17.3	-13.7 -17.4
2.0	11.4 18.0	-11.3 -17.7	11.0 17.4	-11.0 -17.2
+4.0	9.1 17.6	-9.0 -17.5	8.6 17.2	-8.6 -17.3
+5.0	7.8 17.7	-7.8 -17.4	7.4 17.1	-7.4 -17.0
+7.0	6.6 17.8	-17.4 -6.5 -6.6	6.2 17.0	-6.2 -17.0
+9.0	5.7 17.4	-5.7 -17.4	5.3 17.1	-5.3 -17.5
11.0	5.0 17.9	-5.0 -17.4	4.6 17.0	-4.6 -17.4
13.0	4.6 17.7	-4.5 -17.2	4.2 16.8	-4.1 -16.8
14.0	4.5 17.0	-4.5 -16.9	4.1 16.6	-4.1 -17.0
16.0	16.3	-15.7	15.3	-15.3
17.0	14.5	-14.5	14.1	-14.1
18.0	13.2	-13.2	12.8	-12.8
19.0	11.4	-11.3	10.9	-10.9
20.0	10.3	-10.2	9.8	-9.8
21.0	9.0	-8.9	8.6	-8.7
22.0	8.2	-8.0	7.7	-7.6
24.0	6.7	-6.7	6.3	-6.3
26.0	5.9 6.4	-6.3	5.9	-5.9
28.0	5.5	-5.5	5.1	-5.0
30.0	5.0	-5.0	4.6	-5.2

$I_s = 5.00 \text{ mA}, I_m = 600 \text{ mA}$

2019.9.29



扫描全能王 创建



# 厦 门 大 学

## XIAMEN UNIVERSITY

ADD: 福建省厦门市 CABLE: 0633 P.C: 361005

### 八. 数据处理:

1.  $U_H - I_s$  特性曲线 ( $K_H = 23 \text{ mV}(\text{mA} \cdot \text{T})^{-1}$ ,  $I_m = 600 \text{ mA}$ )

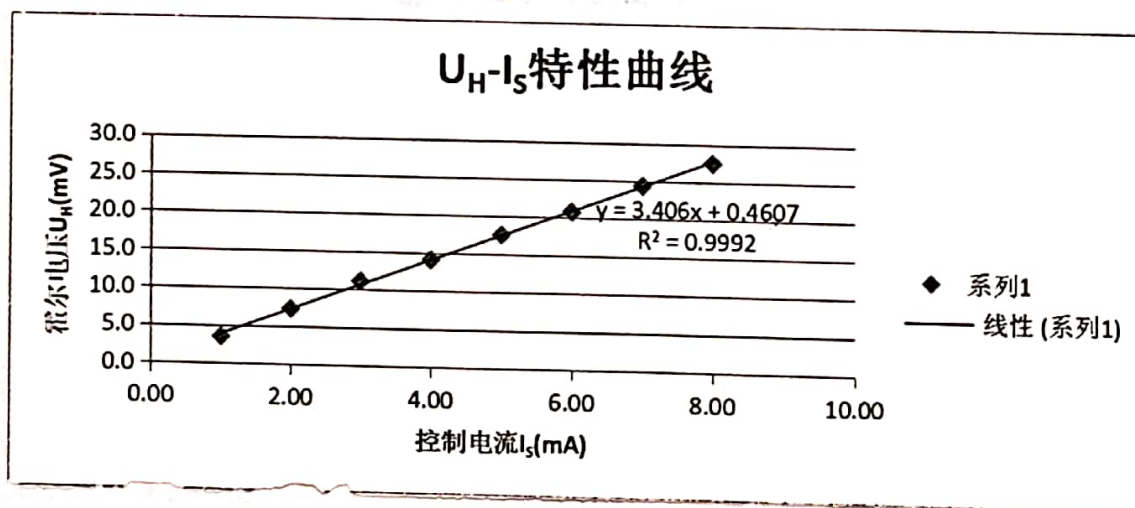
$I_s(\text{mA}) \backslash U(\text{mV})$	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
$U_1$	0.0	3.5	7.3	11.2	14.7	17.6	21.6	24.6	27.8
$U_2$	0.0	-3.5	-7.3	-11.3	-14.1	-17.8	-20.9	-24.4	-27.6
$U_3$	0.0	3.4	7.4	11.1	13.9	17.5	20.4	23.9	27.2
$U_4$	0.0	-3.4	-7.1	-10.6	-13.7	-17.4	-20.4	-24.5	-27.5
$U_H$	0.0	3.5	7.3	11.1	14.1	17.6	20.8	24.4	27.5

$I_s = 1.00 \text{ mA}$  时,  $U_H = \frac{1}{4}(U_1 - U_2 + U_3 - U_4) = \frac{1}{4}[3.5 - (-3.5) + 3.4 - (-3.4)] = 3.45 \text{ mV} \approx 3.5 \text{ mV}$

$$B = \frac{U_H}{K_H I_s} = \frac{3.5}{23 \times 1.00} = 0.15 (\text{T})$$

$$K_m = \frac{B}{I_m} = \frac{0.15}{0.600} = 0.25 (\text{T/A})$$

同理, 也可由其他  $I_s$  来求得  $K_m$ .



通式:  $U_H = k I_s + b$

(1)  $\Delta U_H = 27.5 - 0.0 = 27.5 \text{ mV}$ , 有3位有效数字  $\Delta I_s = 8.00 - 0.00 = 8.00 \text{ mA}$ , 有3位有效数字

$$k = \frac{\Delta U_H}{\Delta I_s} = \frac{27.5}{8.00} = 3.4375 \text{ mV/mA} \approx 3.44 \text{ mV/mA}$$

由乘除法,  $k$  取3位有效数字

(2) 因为  $b$  与  $U_H$  为加减关系, 由有效数字运算规则中加减法则, 得  $b$  与  $U_H$  有相同的末位数量级

$$b = 0.3 \text{ mV}$$

(3)  $\therefore$  正确方程式为  $U_H = 3.44 I_s + 0.3$

$$B = \frac{U_H}{I_s} \times \frac{1}{K_H} \approx 0.15 \text{ T} \quad K_m = \frac{B}{I_m} = \frac{0.15}{0.6} = 0.25 \text{ T/A}$$



扫描全能王 创建





# 厦 门 大 学

## XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FULFAN XIAMEN CABLE:0633 P.C:361005

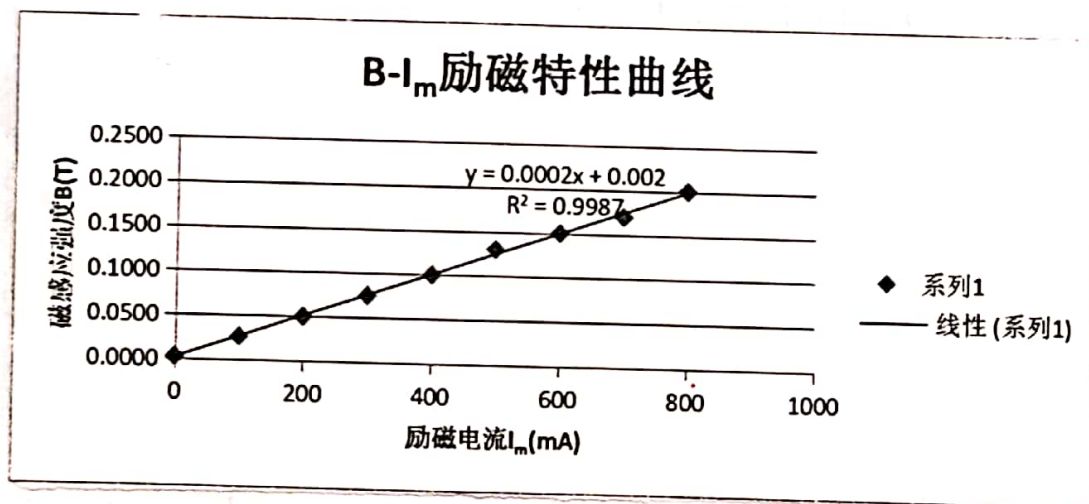
2.  $B-I_m$  励磁特性曲线 ( $k_H = 23 \text{ mV} / (\text{mA} \cdot \text{T})^{-1}$ ,  $I_s = 5.00 \text{ mA}$ )

$I_m (\text{mA})$	0	100	200	300	400	500	600	700	800
$U_1 (\text{mV})$	0.3	3.2	6.1	8.9	11.8	14.7	17.5	20.3	23.2
$U_2 (\text{mV})$	-0.3	-3.2	-6.0	-8.8	-11.7	-14.5	-17.3	-20.2	-23.0
$U_3 (\text{mV})$	0.2	2.7	5.6	8.4	11.4	14.2	17.0	19.9	22.7
$U_4 (\text{mV})$	-0.2	-2.7	-5.6	-8.4	-11.3	-14.2	-17.0	-19.9	-22.9
$U_H (\text{mV})$	0.3	3.0	5.8	8.6	11.6	14.4	17.2	20.1	23.0
$B$	0.0026	0.026	0.050	0.075	0.10	0.13	0.15	0.17	0.20

$I_m = 100 \text{ mA}$  时,  $U_H = \frac{1}{4}(U_1 - U_2 + U_3 - U_4) = \frac{1}{4}[3.2 - (-3.2) + 2.7 - (-2.7)] = 2.95 \text{ mV} \approx 3.0 \text{ mV}$

$B = \frac{U_H}{k_H I_s} = \frac{3.0}{23 \times 5.00} = 0.026 (\text{T})$

同理, 可由其他  $I_m$  情况求得  $B$ . → 根据斜率计算.



通式  $B = k I_m + b$

(1)  $\Delta B = 0.20 - 0.0026 = 0.1974 \text{ T} \approx 0.20 \text{ T}$ , 有2位有效数字 ✓

$\Delta I_m = 800 - 0 = 800 \text{ mA}$ , 有3位有效数字 ✓

$k = \frac{\Delta B}{\Delta I_m} = \frac{0.20}{800} \approx 0.00025 \text{ T/A}$ , 由乘除法,  $k$  取2位有效数字 ✓

(2)  $b$  与  $\Delta B$  具有相同末位数量级,  $b = 0.00$  ✓

(3)  $B = 0.00025 I_m + 0.00$  ✓

$K_m = K = 0.00025 \text{ T/mA} = 0.25 \text{ T/A}$



扫描全能王 创建



$$I_m = 600 \text{ mA}$$

$$I_s = 5.00 \text{ mA}$$

$$K_H = 23 \text{ mV}(\text{mA} \cdot \text{T})^{-1}$$

位置 X (mm)	U <sub>1</sub> (mV)	U <sub>2</sub> (mV)	U <sub>3</sub> (mV)	U <sub>4</sub> (mV)	U <sub>H</sub> (mV)	B (T)
-28.0	8.2	-8.2	7.8	-7.6	8.0	0.069
-27.0	9.3	-9.2	8.9	-8.8	9.1	0.079
-26.0	10.7	-10.7	10.3	-10.3	10.5	0.091
-25.0	11.9	-11.9	11.5	-11.5	11.7	0.102
-23.0	15.2	-15.1	14.8	-14.7	15.0	0.130
-21.0	16.9	-16.8	16.5	-16.4	16.7	0.145
-20.0	17.2	-17.2	16.9	-16.9	17.1	0.148
-18.0	17.6	-17.6	17.2	-17.2	17.4	0.151
-16.0	17.7	-17.8	17.4	-17.3	17.6	0.153
-14.0	17.5	-17.4	17.1	-17.0	17.3	0.150
-12.0	17.5	-17.4	17.1	-17.1	17.3	0.150
-10.0	17.5	-17.5	17.2	-17.2	17.4	0.151
-7.0	17.4	-17.3	16.9	-16.9	17.1	0.149
-4.0	17.6	-17.5	17.2	-17.2	17.4	0.151
-2.0	17.6	-17.5	17.2	-17.1	17.4	0.151
0.0	17.7	-17.5	17.3	-17.4	17.5	0.152
2.0	18.0	-17.7	17.4	-17.2	17.6	0.153
4.0	17.6	-17.5	17.2	-17.3	17.4	0.151
5.0	17.7	-17.4	17.1	-17.0	17.3	0.150
7.0	17.5	-17.4	17.0	-17.0	17.2	0.150
9.0	17.4	-17.4	17.1	-17.5	17.4	0.151
11.0	17.9	-17.4	17.0	-17.4	17.4	0.152
13.0	17.7	-17.2	16.8	-16.8	17.1	0.149
14.0	17.0	-16.9	16.6	-17.0	16.9	0.147
16.0	16.3	-15.7	15.3	-15.3	15.7	0.136
17.0	14.5	-14.5	14.1	-14.1	14.3	0.124
18.0	13.2	-13.2	12.8	-12.8	13.0	0.113
19.0	11.4	-11.3	10.9	-10.9	11.1	0.097
20.0	10.3	-10.2	9.8	-9.8	10.0	0.087
21.0	9.0	-8.9	8.6	-8.7	8.8	0.077
22.0	8.2	-8.0	7.7	-7.6	7.9	0.068
24.0	6.7	-6.7	6.3	-6.3	6.5	0.057
26.0	6.4	-6.3	5.9	-5.9	6.1	0.053
28.0	5.5	-5.5	5.1	-5.0	5.3	0.046
30.0	5.0	-5.0	4.6	-5.2	5.0	0.043

3位有效数字

3位有效数字

$$X = -28.0 \text{ mm}: U_H = \frac{1}{4} (U_1 - U_2 + U_3 - U_4) = \frac{1}{4} [8.2 - (-8.2) + 7.8 - (-7.6)] \approx 8.0 \text{ mV} (\text{取2位有效数字})$$

$$B = \frac{U_H}{K_H I_s} = \frac{8.0}{23 \times 5.00} \approx 0.07 \text{ T} (\text{取2位有效数字})$$

同理可求得其他 X 情况的  $U_H$  和 B



扫描全能王 创建



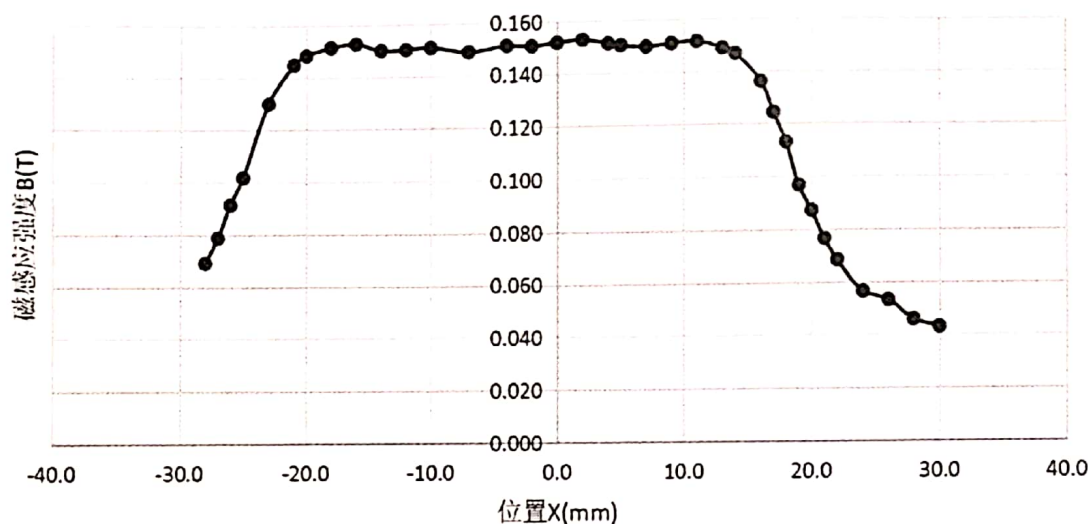
廈門大學

XIAMEN UNIVERSITY

ADD: FUJIAN XIAMEN

CABLE:0633 P.C:361005

B-X磁场分布曲线



九. 误差分析:

电流表和电磁铁通电时间过长, 温度升高影响实验结果,

王名强

2019.10.11 申

实验总结



扫描全能王 创建