

实验题目: 用霍尔元件测量磁场

学号: []

姓名: []

班级: [] 201

成绩: []

同组人

实验日期、时

22日 三 时

教师签名: []

一、实验目的与要求

- (1) 了解霍尔效应的产生机制, 掌握其测量磁场B的原理。
- (2) 学会用霍尔元件测量磁场B的基本方法, 测量磁场和励磁电流关系B-I_m曲线。
- (3) 了解霍尔元件的四种副效应产生机制, 了解霍尔效应霍尔元件的一些应用。

二、实验仪器

霍尔元件实验仪、双筒滑线变阻器、双刀双掷开关、电磁铁、电势差计、安培表A、毫安表mA、检流计G、电源、万用表等。

三、实验原理(用自己语言组织)

在一块长为 l 、宽为 b 、厚度为 d 的N型半导体薄片的左右端面上分别焊接上金属平面电极, 在上、下端面上对称地引出两个点电极。如果在左右两端面上稳定电压, 就有恒定的电流 I_y 通过薄片, 电流 I_y 可以表示成

$$I_y = nevbd$$

式中, e 为载流子(电子)的电量(是负值), v 为作漂移运动的电子的平均速度, n 为薄片内自由电子的浓度。

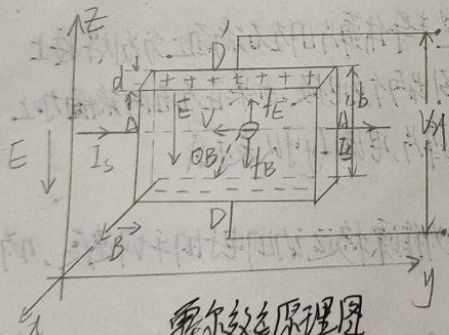
如果第三个方向上加恒定的匀强磁场 B_x , 以平均速度 v 运动的电子就受到洛伦兹力 $f_B = evB_x$ 的作用, 在这些 f_B 的作用下, 薄片内部电子的定向运动方向发生偏转, 使下端平面上有多余电子聚集, 上端平面上会聚集多余的正电荷, 这样形成一个上正下负的电场 E_H , 使上下两端面间具有电势差 V_H , 这个

现象是霍尔效应。所以称为霍尔电动势或霍尔电压。

E_y 形成后,自由电子在受到洛伦兹力的同时还受到静电力
 $f_E = eE_y = eV_H/b$ 的作用 f_E 的方向与 f_B 的方向相反,达到平衡动态平衡
 时, $f_E = f_B$, 电流将继续像原来一样流动, 这时 $e\frac{V_H}{b} = evB_x$ 。

利用 $I_y = nevbd$ 得到 $V_H = b v B_x = \frac{1}{en d} I_y B_x = \frac{K_H I_y}{d} B_x = K_H B_x$
 式中 $K_H = \frac{R_H}{d} = \frac{1}{en d}$ 为霍尔元件的灵敏度。由于半导体材料载流子的浓度
 比导体小很多, 因此都采用半导体薄片做霍尔元件。由上式得

$$B_x = \frac{V_H}{K_H}$$



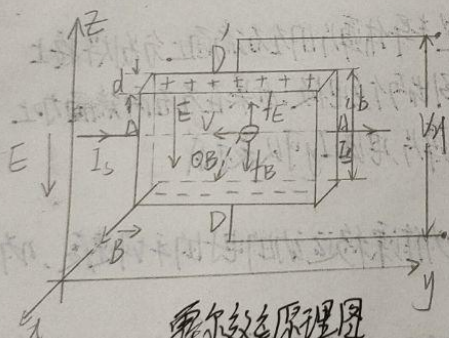
霍尔效应原理图

现象是霍尔效应。所以称为霍尔电动势或霍尔电压。

E_H 形成后,自由电子在受到洛伦兹力的同时还受到静电场力 $F_E = eE_H = eV_H/b$ 的作用 F_E 的方向与 F_B 的方向相反,达到平衡动态平衡时, $F_E = F_B$, 电流将继续像原来一样流动,这时 $e\frac{V_H}{b} = evB_x$ 。

利用 $I_y = nevbd$ 得到 $V_H = b v B_x = \frac{1}{en d} I_y B_x = \frac{K_H I_y}{d} B_x = K_H B_x$
 式中 $K_H = \frac{R_H}{d} = \frac{1}{en d}$ 为霍尔元件的灵敏度。由于半导体材料载流子的浓度比导体小很多,因此都采用半导体薄片做霍尔元件。由上式得

$$B_x = \frac{V_H}{K_H}$$



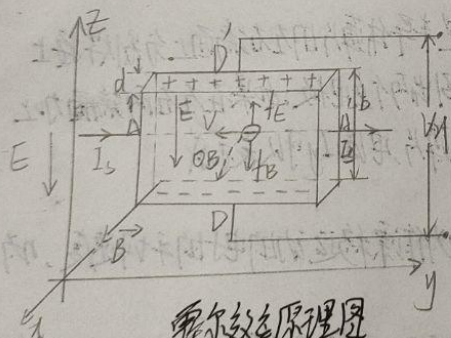
霍尔效应原理图

现象是霍尔效应。称为霍尔电动势或霍尔电压。

E_H 形成后,自由电子在受到洛伦兹力的同时还受到静电场力
 $f_E = eE_H = eV_H/b$ 的作用 f_E 的方向与 f_B 的方向相反,达到平衡动态平衡
 时, $f_E = f_B$, 电流将继续像原来一样流动, 这时 $e\frac{V_H}{b} = evB_x$ 。

利用 $I_y = nevbd$ 得到 $V_H = b v B_x = \frac{1}{en d} I_y B_x = \frac{K_H I_y}{d} B_x = K_H B_x$
 式中 $K_H = \frac{R_H}{d} = \frac{1}{en d}$ 为霍尔元件的灵敏度。由于半导体材料载流子的浓度
 比导体小很多, 因此都采用半导体薄片做霍尔元件。由上式得

$$B_x = \frac{V_H}{K_H}$$



霍尔效应原理图

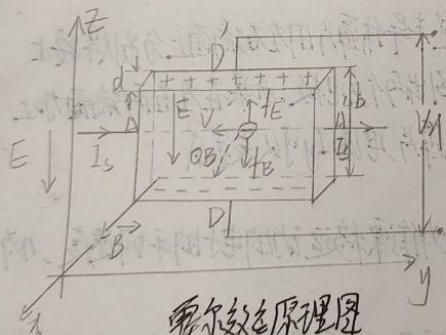
现象是霍尔效应。所以称为霍尔电动势或霍尔电压。

E_H 形成后,自由电子在受到洛伦兹力的同时还受到静电力

$f_E = eE_H = ev_H/b$ 的作用。 f_E 的方向与 f_B 的方向相反,达到平衡动态平衡时, $f_E = f_B$,电流将继续像原来一样流动,这时 $e\frac{v_H}{b} = evB_x$ 。

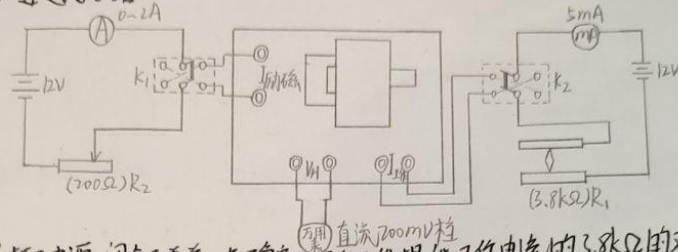
利用 $I_y = nevbd$ 得到 $v_H = b v B_x = \frac{1}{enb} I_y B_x = \frac{k_H I_y}{d} B_x = k_H B_x$
 其中 $k_H = \frac{R_H}{d} = \frac{1}{enb}$ 为霍尔元件的灵敏度。由于半导体材料载流子的浓度比导体小很多,因此都采用半导体薄片做霍尔元件。由上式得

$$B_x = \frac{v_H}{k_H}$$



四、实验内容与步骤

①如图连接电路



②在打开电源, 闭合开关前, 应确定为霍尔元件提供工作电流的 $3.8k\Omega$ 的双端滑动变阻器滑至最大, 以防止大电流损坏霍尔元件。

③改变 R_1 的阻值, 使工作电流为 $5mA$ 。

④改变 R_2 的阻值, 使电磁铁的电流表随表格的示值变化。

注: 为消除由四种负载产生的影响, 在每个电压值处花 $+B$ 、 $+I$ 和 $-B$ 、 $-I$ 时各测一次 (即将 K_1 、 K_2 同时反向)。

五、数据记录 (数据表格自拟)

项目 \ $I_{电磁}/A$	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60
$U/mV(+B, +I)$	6.46	8.68	11.36	13.80	16.60	18.86	21.91
$U/mV(-B, -I)$	4.73	7.43	10.38	12.79	14.92	17.50	20.42
U_H/mV	5.595	8.055	10.870	13.295	15.760	18.180	21.165
B/T	0.059	0.085	0.114	0.140	0.166	0.191	0.223

$$k = 19mV/(mA \cdot T) \quad I_{工作} = 5mA$$

七、实验分析

- ① 连接好电路后, 在保证双筒滑线变阻器滑至最大, 以防烧坏霍尔元件及电表, 保证右侧电路滑线变阻器开始处于适当位置
- ② 为消除副效应产生的影响, 在每个电压值在 $+B$, $+I_H$ 和 $-B$, $-I_H$ 时各测一次
- ③ 灵敏电流计不必保证开关反向下后均为正值, 取值为其示数的绝对值。

思考题与思维拓展:

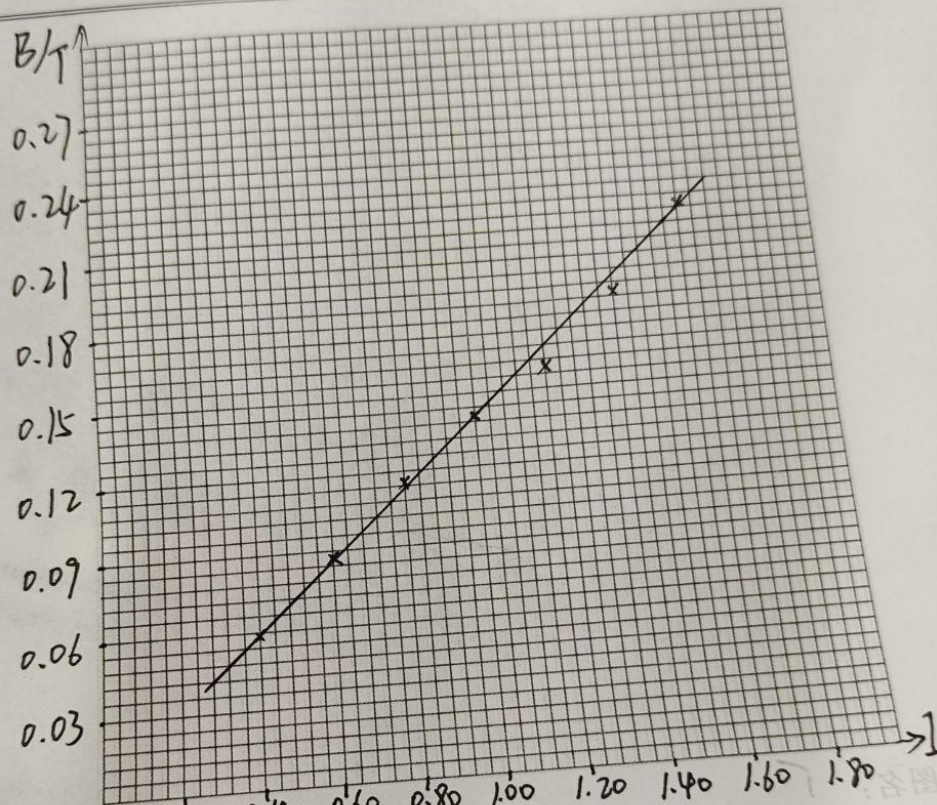
1. 载流子受洛伦兹力的作用, 朝垂直于 B 和 I_H 的方向偏转。随电荷的累积产生附加电场增大电荷受电场力增大, 当洛伦兹力与电场力平衡时, 电荷不再偏转, 霍尔电压达到稳定值。
2. 同时换向以消除副效应产生的影响, 在每个电压值的 $+B$, $+I_H$ 和 $-B$, $-I_H$ 时各测一次 (同时换向), 这样载流子的偏转方向不变, 原有霍尔电压不变。
3. 可以用霍尔元件的线性区测量
4. 误差数 u_{H1} , u_{H2} 的偶然误差
② 实验中所使用仪器的系统误差

$$k = 19 \text{ mV} / (\text{mA} \cdot \text{T}), \quad I_{W/2} = 5 \text{ mA}$$

Ag. n.

厚度为d的

物理实验报告



图名: 霍尔元件阻磁均 $B \sim I$ 图

相