

物理实验

预习报告

(2020 - 2021 学年度 春季学期)

实验名称 用单色仪测定介质的吸收曲线

姓名	<u>刘祖炎</u>
学号	<u>2019010485</u>
院系	<u>自动化系</u>
教师	<u>梁昌林</u>
时间	<u>2021 年 5 月 13 日</u>

目录

1	实验目的	1
2	实验原理	1
2.1	霍尔效应	1
2.2	霍尔效应的副效应	1
2.3	磁电阻效应原理	2
3	实验仪器	2
4	实验步骤及注意事项	2
4.1	实验步骤	2
4.2	注意事项	3
5	实验数据表格	4
5.1	测定 U_H 和 I 的关系	4
5.2	标定励磁电流 I_M 与磁极间磁场关系	4
5.3	磁电阻效应测量	5
5.4	磁极间隙水平方向磁场分布	5
5.5	测量 μ	5

1. 实验目的

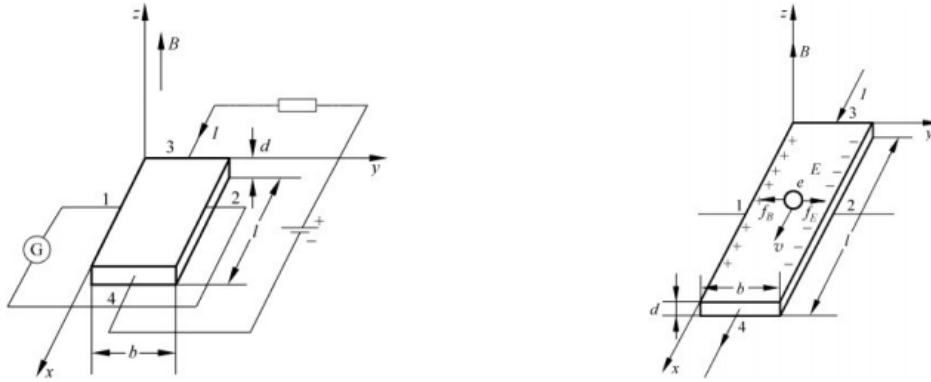
- 了解霍尔效应的产生原理以及副效应的产生原理；
- 掌握霍尔系数的测量方法，学习消除霍尔副效应的实验方法；
- 研究半导体的电阻值随磁场的变化规律。

2. 实验原理

2.1 霍尔效应

霍尔效应原理如图1所示。

图 1: 霍尔效应原理示意图



如图1左所示。沿 x 轴正方向通以电流 I ，并在 z 方向加以磁场 B ，则 1、2 两点之间将产生电位差，且满足：

$$U_H = R_H \frac{IB}{d} = K_H IB \quad (1)$$

其中， U_H 为霍尔电压， R_H 为霍尔系数， $K_H = R_H/d$ 为霍尔片的灵敏度。

公式1可用洛伦兹力的原理加以说明。如图1右所示，考虑正电荷空穴型载流子，电荷为 e ，平均迁移速度为 v ，根据公式 $f_B = evB$, $f_E = eE$ ，平衡状态时， $f_B = f_E$ ，可解得 $U_H = vbB$ 。由于 $I = nevbd$ ，可得：

$$U_H = \frac{IB}{ned}$$

与式1比较可得， $R_H = 1/ne$ ， $K_H = \frac{R_H}{d}$ 。

2.2 霍尔效应的副效应

实际情况下，霍尔效应的副效应将使霍尔电压的测量产生误差，主要包括以下几种效应：

- 厄廷好森 (Etinghausen) 效应：由于不等于平均速度的载流子在洛伦兹力和霍尔电场力的共同作用下，向 y 轴的正向或反向两侧偏转，其动能在霍尔片两侧转化为热能，从而在 1、2 点之间产生温差电动势 U_e 。

- 能斯脱 (Nerset) 效应：由于焦耳效应，使得 3、4 两点的温度不同，从而引起载流子在 x 方向运动产生热流，在磁场作用下在 1、2 两点间产生电位差 U_N 。
- 里纪-勒杜克 (Righi-Leduc) 效应：上述热流中的载流子速度各不相同，同样会在 1、2 两点间产生温差电动势 U_R 。
- 不等位效应：由于制作工艺限制，1、2 两点不处于同一等位线上，因此在磁场 B 不存在时，1、2 两点间也存在电位差 U_0 。
- 其他：由于仪表调整的状态、仪器电压受杂散电磁场和电源地线的影响而产生的附加电压 U_S 。

I, B 确定时，霍尔片的输出电压为上述几项代数和，即： $U = f(U_H, U_E, U_N, U_R, U_0, U_S)$ 。

通过改变工作电流 I 和外加磁场 B 的方向的不同组合来消除或减少 U_N, U_R, U_0 的影响。 U_E 不可通过上述方法消除，但其大小在实验精度下可忽略。因此，消除副效应的重点是消除不等位效应 U_0 。

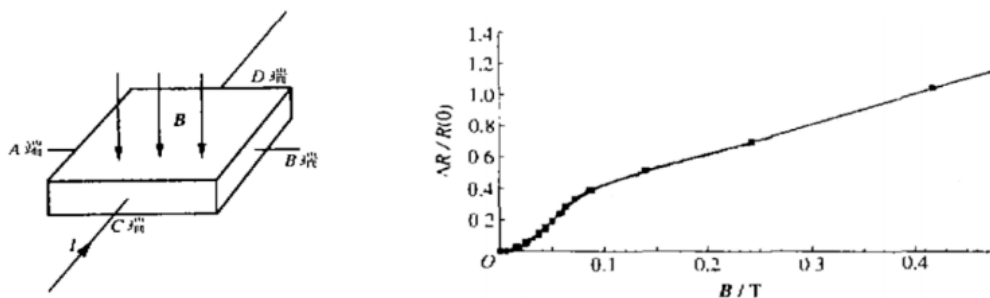
2.3 磁电阻效应原理

一定条件下，导电材料的电阻值 R 随磁感应强度 B 的变化规律为磁电阻效应。正常磁电阻情况下，半导体内载流子受洛伦兹力作用，发生偏转，形成霍尔电场。若霍尔电场作用于某一速度的载流子受到的洛伦兹力作用抵消，那么不等于该速度的载流子将发生偏转，沿电场方向运动的载流子数目减小，电阻增大，此即横向磁电阻效应。

设磁阻器件在零磁场时电阻及电阻率为 $R(0), \rho(0)$ ，磁场为 B 时电阻及电阻率为 $R(B), \rho(B)$ ， $\Delta\rho = \rho(B) - \rho(0)$ ， $\Delta R = R(B) - R(0)$ 。以电阻率相对该变量 $\Delta\rho/\rho(0)$ 表示磁阻。分析可得，磁场较弱时， $\Delta R/R(0) \propto B^2$ ；磁场较强时， $\Delta R/R(0) \propto B$ ，如图2右所示。

由于 $\Delta R/R(0)$ 与电流输入端 C、D 的状态以及 A、B 输出端短路或开路有关，因此实验结果应注明工作条件。

图 2: 磁电阻效应示意图



3. 实验仪器

- 万用表
- 霍尔元件磁阻元件及电磁铁
- 电流源

4. 实验步骤及注意事项

4.1 实验步骤

- 设计电路，画出完整电路图。安装实验电路，使用位置调整机构使霍尔片位于磁隙中心位置后开始实

验。

- 测量霍尔片输出电压 U_H 与输入电流 I 的关系曲线。其中，电流源的工作电流 I_S 的变化范围为 $2mA \sim 8mA$, 测量点间隔 $1mA$, 每次均测量 $U_1(+B, +I_H)$ 、 $U_2(+B, -I_H)$ 、 $U_3(-B, -I_H)$ 、 $U_4(-B, +I_H)$ 四组数据。
- 标定激励电流 I_M 与磁极间磁场 B 的关系。
- 测量磁阻元件的磁阻特性曲线，即 $\Delta R/R(0)$ 随磁场的变化规律。
- 测定磁极间隙水平方向磁场的分布曲线 $B \sim x$ 。 ($I_M = 500mA$, $I_S = 4.00mA$)
- 判断霍尔片载流子的类型。
- 测量霍尔片中载流子的迁移率 μ 。

4.2 注意事项

- 避免挤压、碰撞霍尔元件及二维移动标尺。实验前检查二者及电磁铁是否松动、移位并加以调整。
- 实验前应将霍尔元件移至电磁铁气隙中心，调整霍尔元件方位，使其在 I_M 、 I 固定时，输出 U_H 达到最大。
- 除在测量有关数据时通励磁电流 I_M 外，其余时间最好断开励磁电流。
- 仪器不应在强光照射下，高温、强磁场、有腐蚀气体的环境下工作和存放。

5. 实验数据表格

5.1 测定 U_H 和 I 的关系

表 1: $U_H \sim I$ 数据表格

I/mA	U_1/mV	U_2/mV	U_3/mV	U_4/mV	U_H/mV	$R_H(m^3/C)$
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						

5.2 标定励磁电流 I_M 与磁极间磁场关系

表 2: $B \sim I_M$ 数据表格

I_M/mA	U_1/mV	U_2/mV	U_3/mV	U_4/mV	U_H/mV	B/mT
0						
100						
200						
300						
400						
500						
600						
700						
800						

5.3 磁电阻效应测量

表 3: 磁电阻效应数据表格

I_M/mA	0	50	100	150	200	250	300	350
U/V								
I_M/mA	400	500	600	700	800	900	1000	
U/V								

5.4 磁极间隙水平方向磁场分布

表 4: 水平方向磁场分布数据表格

x/mm	U_1/mV	U_2/mV	U_3/mV	U_4/mV	U_H/mV	B/mT

5.5 测量 μ

表 5: 测量 μ 数据表格

I_S/mA	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
U/V							