

霍尔效应测量磁场

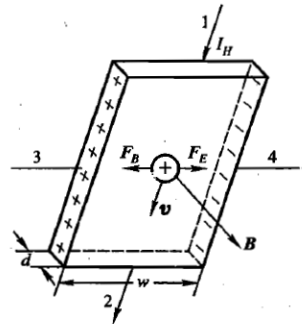


图 1

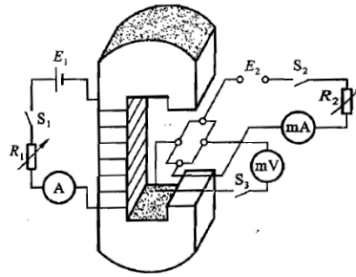


图 2

1、(1) 霍尔效应的主要现象：

将通有电流的导体置于磁场 B 之中，磁场 B （沿 z 轴）垂直于电流 I_H （沿 x 轴）的方向，如图 1 所示，则在导体中垂直于 B 和 I_H 的方向上会出现一个横向电位差 U_H ；

(2) 霍尔电压与哪些物理量有关？

经过理论推导得出霍尔电压的表达式为

$$U_H = K_H I_H B \quad (1)$$

其中 I_H 为霍尔电流， B 为磁感应强度， K_H 是元件的霍尔元件灵敏度

(3) 如何研究霍尔电压与这些量的关系？

采取控制变量法，每次只改变一个量的值，例如控制 K_H 和 B 不变，改变 I_H 的大小，测量霍尔电压随霍尔电流的变化关系；

2、霍尔元件的灵敏度如何定义？与哪些参数有关？如何提高霍尔元件的灵敏度？

霍尔元件的灵敏度定义为 $K_H = \frac{1}{p q d}$ ，其中 p 为载流子浓度， q 为载流子电荷， d 为样品厚度；若要提高霍尔元件的灵敏度，可以使用载流子浓度较高的材料制成的霍尔元件，或者使用厚度较小的霍尔元件；

3、(1) 如何利用霍尔效应测量磁场？

按照图 2 安排实验装置，从仪器说明上读取霍尔元件的灵敏度 K_H ，分别从毫安表和毫伏表上读出霍尔电流 I_H 和霍尔电压 U_H 的值，利用 (1) 式变形 $B = \frac{U_H}{K_H I_H}$ 即可计算出磁场的值；

(2) 如何用霍尔效应确定材料中的载流子浓度？

根据霍尔效应的公式可以得出 $K_H = \frac{U_H}{I_H B}$ ，所以通过测量 U_H 、 I_H 和 B 即可测量出霍尔元件灵敏度的大小，再根据灵敏度的定义式有载流子浓度为

$$p = \frac{1}{K_H q d}$$

其中 q 为载流子电荷，一般为元电荷， d 为霍尔元件厚度，可以利用千分尺测量；

(3) 如何用霍尔效应判断材料中的载流子类型？

安排实验装置使得霍尔电流沿 x 轴正方向，磁场 B 沿 z 轴正方向，测量霍尔电压：若霍尔电压的电场方向沿 y 轴正方向，则该霍尔元件的载流子为正电荷；若霍尔电压的电场方向沿 y 轴负方向，则该霍尔元件的载流子为电子；

4、霍尔效应实验中伴随哪些副效应？这些副效应分别依赖于哪些因素？是系统误差还是随机误差？如何消除？

(1) 不等位电势差 U_0 ：由于霍尔元件两端（图 1 中的3,4端）的电极不在同一等势面上导致的；属于系统误差；可以分别改变霍尔电流和磁场的方向测量四次，将得到的结果取平均值，即可消除此不等位电势差；

(2) 热磁效应：

①埃廷斯豪森效应：电流和磁场产生温度差，温度梯度产生温差电动势 U_E ；它与霍尔电流 I_H 、磁场方向 \mathbf{B} 有关；属于系统误差；由于 U_E 方向始终和霍尔电压 U_H 相同，所以不能通过换向法消除；但是由于温度差的建立需要较长时间，所以采用交流电可以使温度差来不及建立，从而减小测量误差；

②能斯特效应：由于霍尔片1,2端的接触电阻不同，产生沿霍尔电流方向的温度梯度，从而引起与热流和磁场方向垂直的电势差 U_N ；它与磁场 \mathbf{B} 和热流有关；属于系统误差；可以通过换向法消除；

③里吉-勒迪克效应：一个方向的电流外加磁场可以在与二者垂直的方向上产生温度梯度，从而又产生温差电动势 U_R ；它与磁场 \mathbf{B} 和热流有关；属于系统误差；可以通过换向法消除；