课程编号 1800450037

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **得分** | **教师签名** | **批改日期** |
|  |  |  |

**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课程名称：­ 大学物理实验（二）**

**实验名称： 霍尔效应及其应用**

**学 院： 电子与信息工程学院**

**指导教师： 李颖贞**

**报告人： 蔡岱南 组号： 17**

**学号 2022280376 实验地点 致原楼214**

**实验时间： 2023 年 10 月 10 日**

**提交时间： 2023 年 10 月 17 日**

|  |
| --- |
| **一、实验目的**  1、了解产生霍尔效应的物理过程；  2、学习用霍尔元件测量长直螺线管的轴向磁场分布；  3、学习“对称测量法”消除副效应的影响。 |
| 1. **实验原理**   **1、霍尔效应**  **（1）霍尔效应原理**  如图1所示，一块长为*l*、宽为*b*、厚度为*d*的半导体薄片置于磁场中，磁感应强度***B***垂直于半导体薄片，在半导体薄片的横向上加载工作电流*IS*，在薄片的纵向两侧会出现一个电压*UH*，这种现象叫霍尔效应，*UH*称为霍尔电压。实验表明：在磁场不太强时， *UH*与*IS*、***B***成正比，与薄片厚度*d*成反比，即  式中*RH*叫霍尔系数。   |  | | --- | |  | | 图1 霍尔效应原理图 |   霍尔效应可用洛仑兹力来解释。  设半导体薄片内载流子的定向漂移速率为*v*，那么载流子所受洛仑兹力为  在洛仑兹力的作用下，电子向*A’*一侧漂移，结果在*A*、*A’*两侧分别聚集了正负电荷，在*A*、*A’*之间建立了静电场，形成电势差。静电场会阻碍电子的继续漂移，当静电场力和洛仑兹力达到平衡时，电子不再侧向漂移，电势差达到恒定状态，此吋  设载流子浓度为*n*，则电流*IS*和载流子定向漂移速率*v*的关系为  将式(4)代入式(3)得  对比式(1)和式(5)，可知霍尔系数为  式(6)表明，霍尔系数和载流子浓度有关。半导体的载流子浓度比金属导体的载流子浓度小得多。因而半导体的霍尔系数比导体大得多，半导体的霍尔效应较为显著，而导体几乎观察不到该效应。通过测量材料的霍尔系数可以确定材料的载流子浓度，因此霍尔效应是研究载流子浓度的一个重要方法。  由式（5）还可看出，半导体薄片的厚度*d*越小，霍尔效应越显著，所以霍尔器件通常做得很薄。  式(5)中的叫霍尔器件的灵敏度，用表示：  则式(5)可写成  若己知*KH*（—般由仪器生产厂家给出），通过测量霍尔电压*UH*和工作电流*IS*可以求出磁感应强度的大小，这就是霍尔片测磁场的原理。  半导体的载流子有正有负，*A*、*A'*之间的电势差（即霍尔电压）*UH*与载流子的正负有关。与载流子是正（空穴导电——P型半导体）时，载流子定向漂移的速度方向与电流方向相同，洛仑兹力使它向上偏转，结果是*A’*端电势髙于*A*端，如图2(a)所示；当载流子是负（电子导电——N型半导体）时，载流子定向漂移的速度方向与电流方向相反，洛仑兹力使电子向上偏转，结果是*A*端电势高于*A'*端，如图2(b)所示。所以根据霍尔系 数的正负可以判断半导体的导电类型。   |  | | --- | |  | | 图2 霍尔电压与载流子正负之间的关系 |   **（2）霍尔器件的重要参数**  霍尔器件的電要参数包括：  a. 霍尔系数：  b. 霍尔器件的灵敏度：  c. 迁移率、电导率：  在低电场下载流子平均漂移速度*v*和场强***E***成正比，即。比例系数称为迁移率。  场强***E***与电流密度***J***成正比，即，比例系数称为电阻率，电阻率的倒数称为电导率，即。又因为电流密度的大小可得电导率和迁移率之间的关系为 ，进而可得  测出电导率，即可求出迁移率。  **2、对称测量法与附加电动势**  **（1）附加电动势**  将载流半导体薄片置于磁场中，除了会产生霍尔效应外，还会有其他的副效应产生。实际测量霍尔片两侧的电压时，得到的不只是*UH*，还包括副效应产生的附加电动势(如图3所示)。   |  | | --- | |  | | 图3 霍尔效应的附加电动势 |   副效应主要有以下4种：  **a.** 厄廷豪森(Etinghausen)效应引起的电势差*UE*。由于电子实际上并非以同一速度*v*沿*y*轴负向运动，速度大的电子回转半径大，能较快地到达接点3的侧面.从而导致3侧面较4侧面集中了较多能量高的电子，结果3、4侧面出现温差，产生温差电动势*EE*。可以证明，容易理解*EE*的正负与*I*和***B***的方向有关。  **b.** 能斯特(Nernst)效应引起的电势差*UN*。焊点1、2间的接触电阻可能不同，通电发热程度不同，故1、2两点间的温度可能不同，于是引起热扩散电流。与霍耳效应类似，该热扩散电流也会在3、4点间形成电势差*UN*。若只考虑接触电阻的差异，则*UN*的方向仅与***B***的方向有关。  c. 里纪-勒杜克(Righi-Leduc)效应产生的电势差*U*RL。上述热扩散电流的载流子由于速度不同，根据厄廷豪森效应同样的理由，又会在3、4点间形成温差电动势*E*RL。*E*RL的正负仅与***B***的方向有关，而与*I*的方向无关。  d. 不等电位效应引起的电势差*U*0。由于制造上的困难及材料的不均匀性，3、4两点实际上不可能在同一条等势线上，因而只要有电流，即使没有磁场***B***，3、4两点间也会出现电势差*U*0。*U*0的正负只与电流*I*的方向有关，而与***B***的方向无关。  **（2）对称测量法消除附加电动势**  上述副效应产生的附加电动势叠加在霍尔电压上，在测量中形成系统误差。由于副效应与磁感应强度***B***和电流*I*的方向有关，测量时可采用“对称测量法”，即通过改变电流*I*和磁感应强度***B***的方向基本可以消除附加电动势。具体操作如下(测4组数据)：  *+ B*，*+ I*S： *U*1 *= U*H *+ E*E *+ U*N *+ E*RL *+ U*0  *+ B*，- *I*S： *U*2 *= - U*H *- E*E *+ U*N *+ E*RL *- U*0  *- B*，*- I*S： *U*3 *= U*H *+ E*E *- U*N *- E*RL *- U*0  *- B*，*+ I*S： *U*4 *= - U*H *- E*E *- U*N *- E*RL *+ U*0  由四组数据可得：  *EE*比*UH*小得多，可略去不计，于是霍尔电压为  **3、长直螺线管的磁场分布**  如图4所示，一密绕螺线管，管内是真空，管长l，半径为R，单位长度匝数为n，当通以电流I时，则在管内外产生磁场，根据毕奥-萨伐尔定律 可求得密绕螺线管内部轴线上磁感应强度为  其中 是真空磁导率。   |  | | --- | |  | | 图4 长直螺线管的磁场分布 |   当l >> R时，螺线管称为长直螺线管。在远离端点的螺线管内部，近似地认为式(11)中,，则，即在远离端点的螺线管内部的轴线上可视为均匀磁场，而在长直螺线管的端点处。 |
| 1. **实验仪器**   **TH—H霍尔效应实验测试仪、TH—H霍尔效应实验组合仪** |
| **四、实验内容与步骤**  **１、测量试样的*VH* -*IS*和*VH* -*IＭ* 曲线，确定材料的霍尔系数**  （1）实验仪双刀开关倒向“*VH*”，测试仪功能选择置于“*VH*”，保持*IM*=0.5A不变,测绘*VH*—*IS*曲线。  （2）保持*IS*的值不变（*IS**=*3.00mA），确定材料的霍尔系数*RH*。记录电磁铁规格数值*k,*单位为高斯(Gs/A)或特斯拉(T/A, 10kGs/A) 。  **２、测量螺线管轴线上磁场分布（*IM*=0.500A， *IS*=3.00mA)**  注意纪录线圈的霍尔灵敏度*K*H，单位mV/ (mA T) |
| **五、数据处理**  （注:需从原始数据记录表整理数据到此栏，再进行数据处理） |
| **六、结果陈述** |
| **七、思考题** |
| **指导教师批阅意见** |
| **成绩评定**     |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 预习  （20分） | 操作及记录  （40分） | 数据处理与结果陈述（30分） | 思考题  （10分） | 报告整体  印 象 | 总分 | |  |  |  |  |  |  | |

注：正文统一用5号字，标题可大一号，图表名可小一号；

原始数据记录表需单独起页（表格自拟，作为预习报告评分的一部分），提交报告时附在最后；