4.21 巨磁阻效应及其应用

一、实验目的

（1）了解GMR效应的原理。

（2）测量GMR的磁阻特性曲线。

二、实验仪器

ZKY-JCZ巨磁电阻效应及应用实验仪、ZKY-JCZ-S1基本特性组件、ZKY-JCZ-S2磁读写组件、ZKY-JCZ-S3电流测量组件、ZKY-JCZ-S4角位移测量组件。0

三、实验原理

物质在磁场中电阻发生变化的现象，称为磁阻效应。磁性金属和合金材料一般都有这种现象。一般情况下，物质的电阻在磁场中仅发生微小的变化。在某种条件下，电阻值变动的幅度相当大，比通常情况下高十余倍，称为巨磁阻（Giant magneto resistance, 简称GMR）效应。

1988年，德国尤利西研究中心的彼得·格林贝格尔和巴黎第十一大学的艾尔伯·费尔分别独立发现了巨磁阻效应，他们因此共同获得2007年诺贝尔物理学奖。巨磁阻效应是一种量子力学效应，它产生于层状的磁性薄膜结构。这种结构是由铁磁材料和非铁磁材料薄层交替叠合而成。当铁磁层的磁矩相互平行时，载流子与自旋有关的散射最小，材料有最小的电阻；当铁磁层的磁矩相互反平行时，与自旋有关的散射最强，材料的电阻最大。其原理可用两电流模型解释。

根据导电的微观机理，电子在导电时并不是沿电场直线前进，而是不断和晶格中的原子发生碰撞（又称散射），每次散射后电子都会改变运动方向，总的运动是电场对电子的定向加速与这种无规则散射运动的叠加。电子在两次散射之间走过的平均路程称为电子的平均自由程。电子散射概率小，则平均自由程长，电阻率低。一般把电阻定律R=ρl/S中的电阻率ρ视为与材料的几何尺度无关的常数，这是因为通常材料的几何尺度远大于电子的平均自由程（例如铜中电子的平均自由程约为34nm），可以忽略边界效应。当材料的几何尺度小到纳米量级，只有几个原子的厚度时（例如，铜原子的直径约为0.3nm），电子在边界上的散射概率大大增加，可以明显观察到厚度减小电阻率增加的现象。电子除携带电荷外，还具有自旋特性。自旋磁矩有平行和反平行于外磁场两种取向。早在1936年， 英国物理学家诺贝尔奖获得者N.F.Mott指出，在过渡金属中，自旋磁矩与材料的磁场方向平行的电子，所受散射概率远小于自旋磁矩与材料的磁场方向反平行的电子。总电流是两类自旋电流之和，总电阻是两类自旋电流的并联电阻，这就是所谓的两电流模型。

四、实验内容与主要步骤

1.将GMR模拟传感器置于螺线管磁场中，功能切换按钮切换为“巨磁阻测量”。

2.实验仪的4伏电压源串连电流表后接至基本特性组件“巨磁电阻供电”，恒流源接至“螺线管电流输入”。

3.按表1调节励磁电流，使螺线管中的磁场强度逐渐减小，记录相应的磁阻电流于表1的“减小磁场”列中。由于恒流源本身不能提供负向电流，当励磁电流减至0后，交换恒流输出接线的极性，使电流反向。再次增大电流，此时流经螺线管的电流与磁感应强度的方向为负，从上到下记录相应的磁阻电流。

电流至-100mA后，逐渐减小负向电流，电流到0时同样需要交换恒流输出接线的极性。从下到上记录磁阻电流于“增大磁场”列中。

五、数据记录及处理

表1 GMR磁阻特性的测量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 磁感应强度/高斯 | 磁阻/Ω | |
| 减小磁场 | 增大磁场 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 励磁电流/mA | 磁感应强度/Gs | 磁阻电流/mA | 磁阻/Ω | 磁阻电流/mA | 磁阻/Ω |
| 100 | 30.16 | 2.13 | 1.88×10³ | 2.13 | 1.88×10³ |
| 90 | 27.14 | 2.13 | 1.88×10³ | 2.13 | 1.88×10³ |
| 80 | 24.13 | 2.13 | 1.88×10³ | 2.13 | 1.88×10³ |
| 70 | 21.11 | 2.13 | 1.88×10³ | 2.12 | 1.89×10³ |
| 60 | 18.10 | 2.11 | 1.90×10³ | 2.10 | 1.90×10³ |
| 50 | 15.08 | 2.08 | 1.92×10³ | 2.05 | 1.95×10³ |
| 40 | 12.06 | 2.04 | 1.96×10³ | 2.01 | 1.99×10³ |
| 30 | 9.05 | 2.00 | 2.00×10³ | 1.97 | 2.03×10³ |
| 20 | 6.03 | 1.96 | 2.04×10³ | 1.94 | 2.06×10³ |
| 10 | 3.02 | 1.92 | 2.08×10³ | 1.90 | 2.10×10³ |
| 5 | 1.51 | 1.90 | 2.10×10³ | 1.89 | 2.12×10³ |
| 0 | 0 | 1.88 | 2.12×10³ | 1.89 | 2.12×10³ |
| -5 | -1.51 | 1.90 | 2.10×10³ | 1.91 | 2.09×10³ |
| -10 | -3.02 | 1.91 | 2.09×10³ | 1.93 | 2.07×10³ |
| -20 | -6.03 | 1.95 | 2.05×10³ | 1.96 | 2.04×10³ |
| -30 | -9.05 | 1.98 | 2.02×10³ | 2.00 | 2.00×10³ |
| -40 | -12.06 | 2.02 | 1.98×10³ | 2.05 | 1.95×10³ |
| -50 | -15.08 | 2.06 | 1.94×10³ | 2.09 | 1.91×10³ |
| -60 | -18.10 | 2.10 | 1.90×10³ | 2.12 | 1.89×10³ |
| -70 | -21.11 | 2.12 | 1.89×10³ | 2.13 | 1.88×10³ |
| -80 | -24.13 | 2.13 | 1.88×10³ | 2.13 | 1.88×10³ |
| -90 | -27.14 | 2.13 | 1.88×10³ | 2.13 | 1.88×10³ |
| -100 | -30.16 | 2.13 | 1.88×10³ | 2.13 | 1.88×10³ |

1.根据螺线管上标明的线圈密度，由公式计算出螺线管内的磁感应强度B。

2.由欧姆定律 R=U/I 计算磁阻。

3.以磁感应强度B作横坐标，磁阻R为纵坐标作出磁阻特性曲线。