**动态磁滞回线的测量**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 班级 | 18级软件6班 | 姓名 | 乔翱 | 学号 | 201811040809 |

**一、实验目的**

1.掌握磁滞、磁滞回线和磁化曲线的概念，加深对铁磁材料的主要物理量：矫顽力、剩磁和磁导率的理解。

2.学会用示波法测绘基本磁化曲线和磁滞回线。

3.根据磁滞回线确定磁性材料的饱和磁感应强度、剩磁和矫顽力的数值。

**二、实验原理**

**1.铁磁材料的磁滞性质**

铁磁材料除了具有高的磁导率外，另一重要的特点就是磁滞。当材料磁化时，磁感应强度B不仅与当时的磁场强度H有关，而且决定于磁化的历史情况，如图1所示。曲线OA表示铁磁材料从没有磁性开始磁化，磁感应强度B随H的增加而增加，称为磁化曲线。当H增加到某一值时，B几乎不再增加，说明磁化已达到饱和。材料磁化后，如使H减小，B将不沿原路返回，而是沿另一条曲线下降。当H从-增加时，B将沿曲线到达A，形成一闭合曲线称为磁滞回线，其中H=0时，|B|=, 称为剩余磁感应强度。要使磁感应强度B为零，就必须加一反向磁场-, 称为矫顽力。各种铁磁材料有不同的磁滞回线，主要区别在于矫顽力的大小，矫顽力大的称为硬磁材料，矫顽力小的称为软磁材料。

由于铁磁材料的磁滞特性，磁性材料所处的某一状态必然和它的历史有关。为了使样品的磁特性能重复出现，也就是指所测得的基本磁化曲线都是由原始状态(H=0,B=0)开始，在测量前必须进行退磁，以消除样品中的剩余磁性。

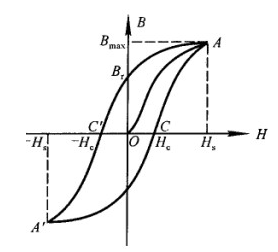


图1  B-H磁滞回线

**2.示波器测量磁滞回线的原理**

图2所示为示波器测动态磁滞回线的原理电路。将样品制成闭合的环形，然后均匀地绕以磁化线圈及副线圈，即所谓的罗兰环。交流电压u加在磁化线圈上，为取样电阻，其两端的电压加到示波器的x轴输入端上。副线圈与电阻和电容串联成一回路。电容C两端的电压u加到示波器的y输入端上。

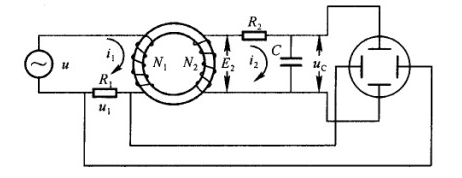


图2  用示波器测动态磁滞回线的原理图

(1) (x轴输入)与磁场强度H成正比

若样品的平均周长为*l*，磁化线圈的匝数为，磁化电流为i1(瞬时值)，根据安培环路定理，有*Hl*=,而，所以

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

由于式中、*ｌ*和皆为常数，因此，该式清楚地表明示波器荧光屏上电子束水平偏转的大小()与样品中的磁场强度(H)成正比。

(2) (y轴输入)在一定条件下与磁感应强度B成正比

设样品的截面积为S，根据电磁感应定律，在匝数为的副线圈中，感应电动势应为

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

此外，在副线圈回路中的电流为且电容C上的电量为q时，又有

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

考虑到副线圈匝数较小，因而自感电动势未加以考虑，同时，与C都做成足够大，使电容C上的电压降(=q/C)比起电阻上的电压降小到可以忽略不计。于是式(3)可以近似的改写为

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

将关系式代入式(4)，得

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

将上式与式(2)比较，不考虑其负号(在交流电中负号相当于相位差±π)时，应有

|  |
| --- |
|  |

将两式两边对时间积分，由于B和都是交变的，故积分常数为0。整理后得

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

由于、S、和C皆为常数，因此该式表明了示波器的荧光屏上竖直方向偏转的大小()与磁感强度(B)成正比。

由此可见，在磁化电流变化的一周期内，示波器的光点将描绘出一条完整的磁滞回线，并在以后每个周期都重复此过程，这样在示波器的荧光屏上将看到一稳定的磁滞回线图线。

(3) 测量标定

本实验不仅要求能用示波器显示出待测材料的动态磁滞回线，而且要能使用示波器定量观察和分析磁滞回线。因此，在实验中还需确定示波器荧光屏上x轴(即H轴)的每一小格实际代表多少磁场强度，y轴(即B轴)的每一小格实际代表多少磁感应强度，这就是测量标定问题。

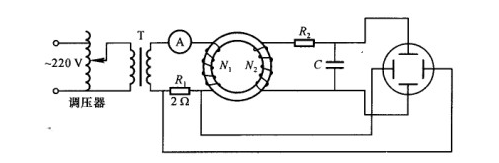


图3   测动态磁滞回线的实际线路图

1) x轴(H轴)标定

x轴标定操作的目的是标定H。具体而言就是确定示波器荧光屏x轴(即H轴)的每一小格实际代表多少磁场强度。由式(1)可见，若设法测出光点沿x轴偏转的大小与电压的关系，就可确定H。具体标定H的线路图如图4所示。其中交流电表A用于测量 (请注意A的指示是的有效值)。调节I0使荧光屏上水平线长度为格，它对应于且为峰峰值，即，因此，每一小格所代表的的值为。这样由式(1)就可知荧光屏每一小格所代表的磁场强度*H*是

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

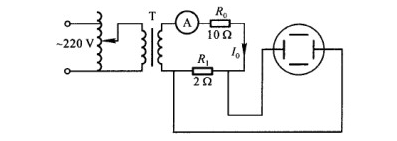


图4   x轴(H)轴标定线路图

值得注意的是，标定线路中应将被测样品去掉，而代之以一个纯电阻。这主要是因为被测样品是铁磁材料，它的B和H的关系是非线性的，从而使电路中的电流产生非正弦形畸变。起限流作用，标定操作中应使不超过允许的电流。

2) y轴(B轴)标定

y轴标定操作的目的是标定B，具体而言就是确定y轴(B轴)的每一小格实际代表多少磁感应强度。具体标定B的线路如图5所示。图中*M*是一个标准互感器。

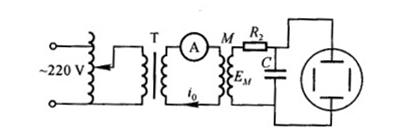


图5  y轴(B轴)标定线路图

流经互感器原边的瞬时电流为，则互感器副边中的感应电动势为

|  |
| --- |
|  |

类似于式(5)，又有

|  |
| --- |
|  |

对上式两边积分，可得

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

由于A测出的是的有效值，所以对应于的有效值，有

|  |
| --- |
|  |

而相应的峰峰值为。

若此时对应峰峰值的垂直线总长主度为，则根据(6)可得，y轴每一小格所代表的磁感应强度为

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

应注意实验中，不要使超过互感器所允许的额定电流值。

**三、实验内容**

1．示波器的校准

打开示波器窗体，点击开关按钮，打开示波器电源。调节辉度旋钮、聚焦旋钮，并将校准信号接入示波器，分别对示波器CH1通道和CH2通道进行校准。详细操作过程见仿真实验中实验指导和在线演示。

2．仪器的调节

(1)按图3所示线路接线，调节示波器，使光点调至荧光屏正中心。示波器的x轴增益置“50mV”档，y轴增益置“0.1V” 档，可适当调整x、y的增幅，使荧光屏上得到大小适中的磁滞回线。调节可调隔离变压器，从零开始逐步增大磁化电流，使磁滞回线上的B值能达到饱和。

(2)样品的退磁：缓慢调节调压器的输出电压，使励磁电流从最大值每次减小20mA左右，直至调为零，重新增大励磁电流使样品达到磁滞饱和，若磁滞回线闭合则样品被完全退磁，否则重复退磁操作，直至退磁完成。

(3)退磁完成后，重新调节可调隔离变压器电压为80V，使荧光屏上得到大小适中的磁滞回线，并记录饱和磁化电流I的大小。

3. 测量动态磁滞回线以及基本磁化曲线

(1)将电源电压从0V逐渐调节到100V，以每小格为单位测若干组B、H的坐标值。并记录电压为80V时饱和磁滞回线的顶点(A)、剩磁()、矫顽力()三个点的读数。

(2)测量基本磁化曲线，将电源电压从0V逐渐调节到100.0V，每隔10V记录当前电流值以及磁滞回线的顶点坐标值，并将各个磁滞回线的顶点进行连接即可得到基本磁化曲线。

(3)标定H，按图4接线，依次逐渐增大线路中的电流值分别为0.02mA、0.04 mA、0.06 mA、0.08mA、0.10 mA、0.12 mA，并记录下不同电流时示波器对应的格数，根据公式求出示波器单位每小格表示的磁场强度。

4.标定B，按图5接线，依次逐渐增大线路中的电流值分别为0.05mA、0.10 mA、0.15 mA、0.20 mA、0.25 mA、0.30 mA，记录下不同电流时示波器对应的格数，并根据公式求出示波器单位每小格表示的磁感应强度。

5.将标定的结果带入测基本磁化曲线数据表格，求出对应不同电压时的、以及相对磁导率。

**四、实验数据记录**

1.测饱和磁滞回线。

80V的电流（A）＝ 0.61

表1　饱和磁滞回线的Hm、Bm、剩磁Br和矫顽力Hc

主要仪器：可调隔离变压器，示波器 精度：1个小格 实验台号：无

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量量 | Hm | Bm | Hc | Br |
| 格数（小格） | 12.2 | 11.0 | 5.0 | 7.5 |

2.测基本磁化曲线。

表2　磁滞回线的顶点坐标值Bm和Hm

主要仪器：可调隔离变压器、示波器、交流电流表 精度：1个小格 实验台号：无

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电压（V） | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Ux（小格） | 2.8 | 3.7 | 4.0 | 4.9 | 6.0 | 7.5 | 9.8 | 12.0 | 15.1 | 19.0 |
| Uy（小格） | 1.5 | 3.0 | 4.7 | 6.0 | 7.2 | 8.5 | 10.0 | 11.1 | 12.0 | 12.5 |
| Hm(A/m) | 24.74 | 32.69 | 35.34 | 43.30 | 53.02 | 66.27 | 86.59 | 106.03 | 133.42 | 167.88 |
| Bm（T） | 0.0326 | 0.0651 | 0.1020 | 0.1302 | 0.1562 | 0.1844 | 0.2170 | 0.2409 | 0.2604 | 0.2712 |
| 磁导率μ | 1046.9 | 1584.6 | 2296.3 | 2293.0 | 2345.2 | 2214.9 | 1994.2 | 1807.7 | 1553.1 | 1285.7 |

3.标定磁场强度H。

表3　标定磁场强度数据表格

主要仪器：可调隔离变压器、示波器、交流电流表 精度：1小格 实验台号：无

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电流值（A） | ０.０２ | ０.０４ | ０.０６ | ０.０８ | ０.１０ | ０.１２ |
| Mx（小格） | 8.0 | 15.6 | 24.0 | 33.0 | 40.0 | 48.0 |
| H0（A/m） | 9.00 | 9.23 | 9.00 | 8.73 | 9.00 | 9.00 |

50mV档位每小格对应的磁场强度H0（A/m）＝ 8.996

4.标定磁感应强度Ｂ。

表4　标定磁感应强度数据表格。

主要仪器：可调隔离变压器、示波器、交流电流表 精度：1小格 实验台号：无

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 电流值（Ａ） | ０.０５ | ０.１０ | ０.１５ | ０.２０ | ０.２５ | ０.３０ |
| My（小格） | 6.2 | 13.8 | 20.0 | 26.2 | 32.6 | 40.0 |
| B0（T） | 0.0229 | 0.0206 | 0.0213 | 0.0217 | 0.0218 | 0.0213 |

0.1V档位每小格对应的磁感应强度B0（T）＝ 0.02160

1. **数据处理**

**1、标定磁场强度H**

1. **2、标定磁感应强度B**



**3、测量基本磁化曲线**



**误差分析：**

1. 仪器精度产生的误差。
2. 环境因素造成的误差，例如：光照、温度等。
3. 仪器磨损、老化造成的误差。