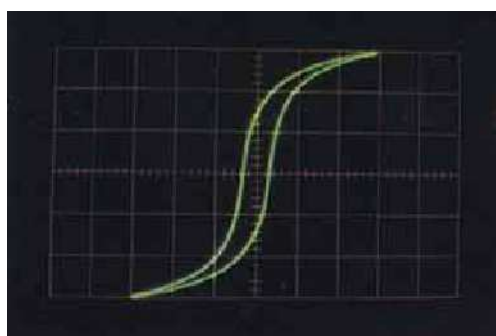


实验十七

铁磁材料的磁滞回线和基本磁化曲线



物理实验中心



实验目的

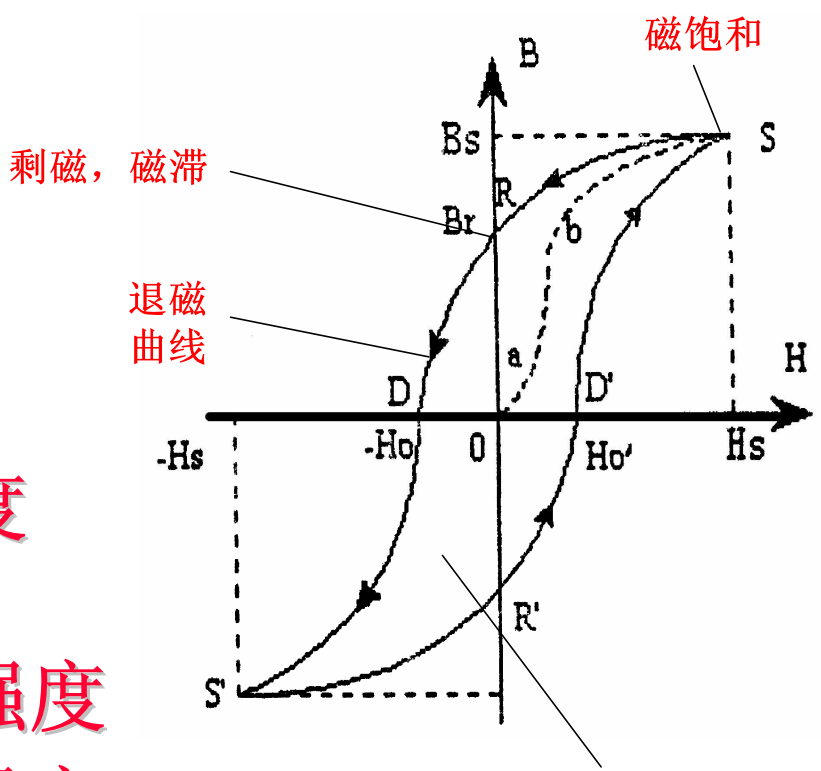
1. 认识铁磁物质的磁化规律，比较两种典型的铁磁物质的动态磁化特性。
2. 测绘样品的磁滞回线，比较其磁滞损耗大小。
3. 测定样品的 B_S 、 H_S 、 B_r 、 H_D 等参数。
4. 测定样品的基本磁化曲线，作 $B-H$ 、 $\mu-H$ 曲线。



磁滞回线

- H_s — 饱和磁场强度
- H_D — (矫) 顽力
- B_r — 剩余磁感应强度
- B_s — 饱和磁感应强度

磁滞现象： B 滞后于 H 的变化



面积大小代表磁滞损耗大小

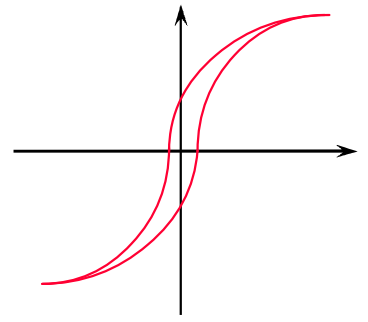


磁性材料分类

软磁材料

特点：磁导率大，矫顽力小，磁滞回线窄。

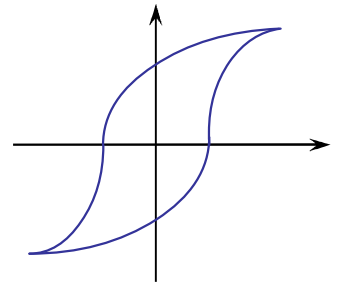
应用：硅钢片，作变压器的铁芯。铁氧体（非金属）作高频线圈的磁芯材料。



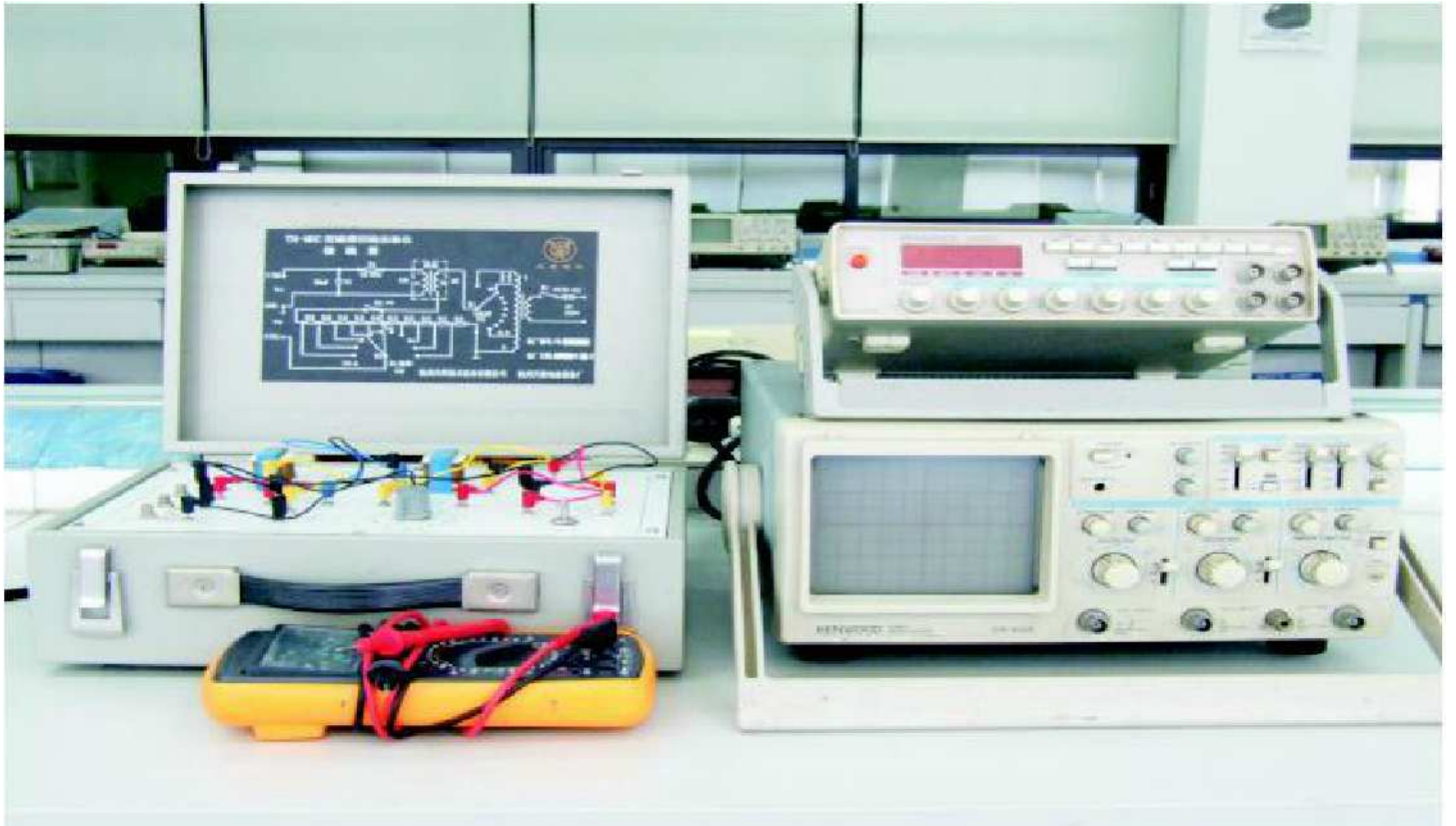
硬磁材料

特点：剩余磁感应强度大，矫顽力大，磁滞回线宽。

应用：作永久磁铁，永磁喇叭

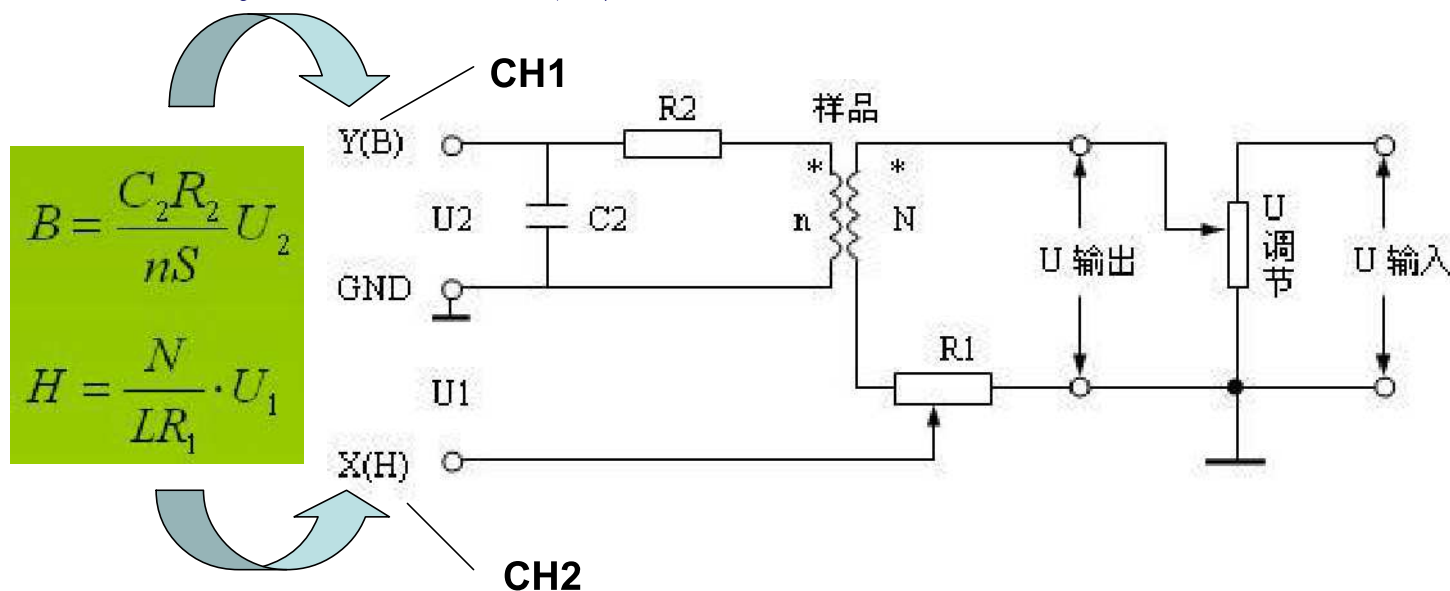


实验仪器



实验设计思想:

如果希望在示波器上显示出被测铁磁材料的磁滞回线，必须使输入到示波器X偏转板上的电压 U_x 与磁场强度 H 成正比，同时使输入到示波器y偏转板上的电压 U_y 与铁磁材料中的磁感应强度 B 成正比。



实验线路图

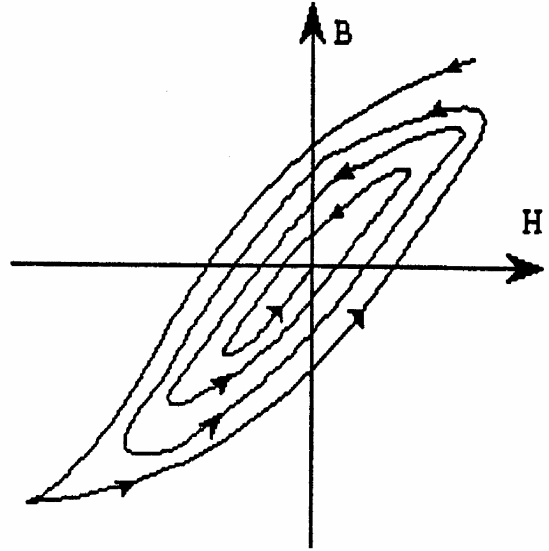


实验步骤

1. 线路连接（根据实验电路图接线）

2. 样品退磁：

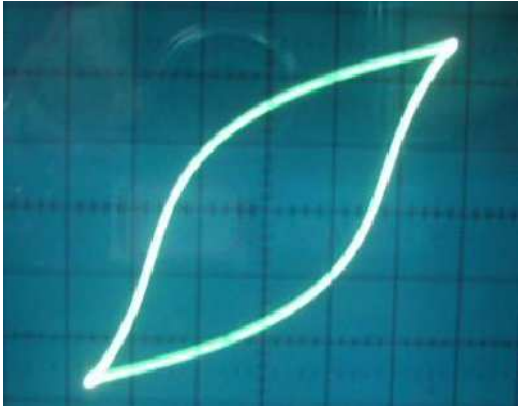
使 U 从 0 增到最大，
再将 U 从最大值降为 0，
其目的是消除剩磁。



退磁示意图

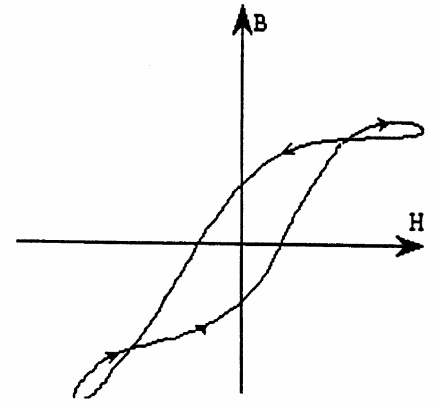


3.观察样品磁滞回线



正常的磁滞回线

使“U输出”最大，并分别调节示波器X和Y轴的灵敏度，使显示屏上出现图形大小合适的磁滞回线



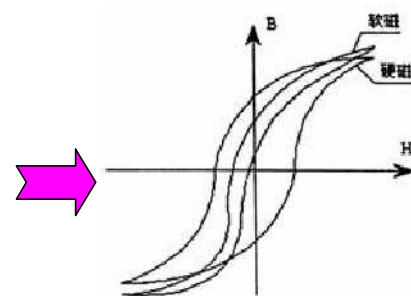
畸变的磁滞回线

可调节信号源输出信号的频率及幅值予以消除



4. 取 $U_1 \approx 200\text{mV}$, $R_1 = 2.5 \Omega$, 在示波器的荧光屏上调整出适合观察的样品1、2的磁滞回线, 分别测定并计算有关数据计入表17.1中以备绘图之用。

| | 样品1 | 样品2 |
|-------------------------|--|--|
| 示波器灵敏度 | $S_Y =$ ■ mV/div | $S_Y =$ ■ mV/div |
| X轴格数 L_x | | |
| X轴格数 L_D | | |
| Y轴格数 E_x | | |
| Y轴格数 E_y | | |
| 电压 U_{1s} / mV | | |
| 电压 U_{1D} / mV | | |
| 电压 U_{2s} / mV | | |
| 电压 U_{2r} / mV | | |
| $H / (\text{A/m})$ | | |
| $H_D / (\text{A/m})$ | | |
| $B_s / (\text{T})$ | | |
| $B_r / (\text{T})$ | | |
| 比较样品1和样品2磁滞损耗的大小 | 样品1 | 样品2 |



不同铁磁材料的磁滞回线



注意事项

- ◆ 样品1和样品2为尺寸（平均磁路长度和截面积 S ）相同而磁性不同的两只EI型铁芯，两者的励磁绕组匝数 N 和磁感应强度 B 的测量绕组匝数 n 亦相同。

相关参数如下：

$$N = 50, n = 150, L = 60 \text{ mm}, S = 80 \text{ mm}^2, \\ R_2 = 10.0 \text{ K}\Omega, C_2 = 20 \text{ }\mu\text{F}$$

- ◆ 为了方便比较，应取两样品 U_1 的大小相同，但电压频率可以不同。



◆用万用表测电压时，应同时用示波器监测磁滞回线，以保证 U 较大时图形不出现畸变，但为得到较完整的磁化曲线， U 又不宜太小。因此，为了取得满意的实验效果，首先应取一个合适的信号电压 U ，可采用以下方法：

- （1）先使屏幕上显示出大小合适的磁滞回线图形；
- （2）使“ U 输入”及“ U 输出”最大，即调信号源幅值旋钮“AMPLITUDE”使“ U 输入”为最大及调实验仪“ U 调节”旋钮使“ U 输出”为最大；
- （3）调信号源频率调节“FREQUENCY”旋钮，减小频率使图形出现扭曲，再增加频率使图形扭曲现象刚好消失。



实验教学大纲

平时成绩**70%**，考试成绩**30%**

平时成绩：

1. 考勤和预习**10%**
2. 课堂操作**40%**（包括仪器收拾，值日）
3. 实验报告**50%**（认真程度**30%**，数据处理**10%**，问题讨论及创新**10%**）

考试内容，班级抽签决定



磁介质及其分类

磁介质：磁场和实物物质间总存在着相互作用，我们通常把与磁场有相互作用从而影响原磁场的物质称为磁介质。在此意义下，所有的物质都可称为磁介质。



磁介质的磁化：磁场对磁场中的物质的作用称为磁化。当有外磁场存在时，由于磁场与磁介质的相互作用，磁介质内的分子磁矩沿着磁场（或相反方向）取向，从而产生一附加磁场，叠加在原磁场上。

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' = \mu_r \vec{B}_0$$



式中， μ_r 叫磁介质的**相对磁导率**，它随磁介质的种类和状态的不同而不同。对真空， $\mu_r=1$ 。



磁介质的分类:

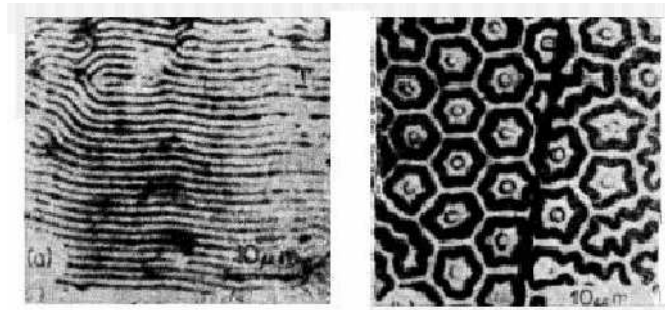
| | |
|-----|--|
| 磁介质 | 顺磁质 (锰、铬、铂、氧、氮等) |
| | \vec{B}' 与 \vec{B}_0 同向, $B > B_0$, $\mu_r > 1$ |
| | 抗磁质 (铜、铋、硫、氢、银等) |
| | \vec{B}' 与 \vec{B}_0 反向, $B < B_0$, $\mu_r < 1$ |
| | 铁磁质 (铁、钴、镍等) |
| | \vec{B}' 与 \vec{B}_0 同向, $B \gg B_0$, $\mu_r \gg 1$ |

本实验研究研究对象是铁磁质。



实验原理

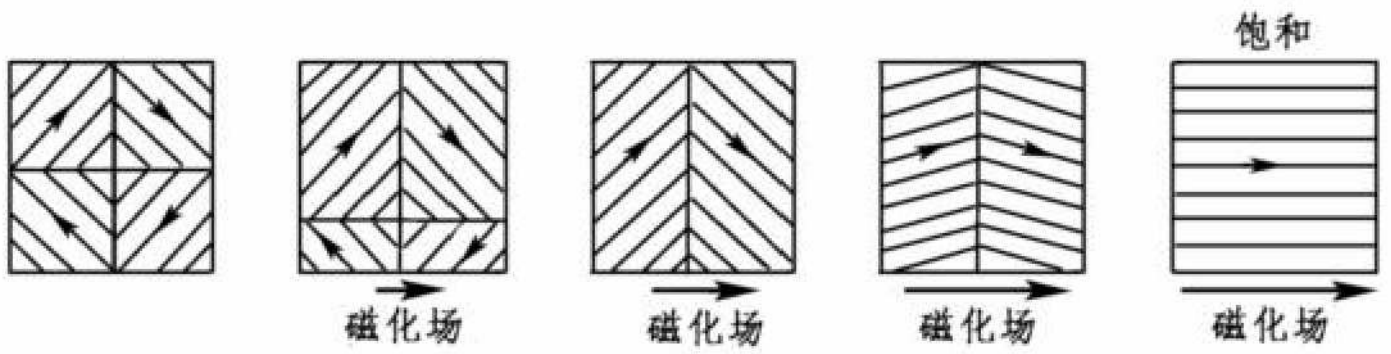
近代科学实验证明，铁磁质的磁性主要来源于电子自旋磁矩。在没有外磁场的条件下铁磁质中电子自旋磁矩可以在小范围内“自发地”排列起来，形成一个个小的“自发磁化区”——磁畴。磁畴的大小、形状不一，大致说来，每个磁畴约含 10^{15} 个原子。每个磁畴都有一定的磁矩。



a 片形畴

b 蜂窝畴





铁磁物质磁化过程示意图



铁磁质的特性：

1. **非线性** \mathbf{B} 和 \mathbf{H} 不是线性关系。 $\bar{B} = \mu\bar{H}$ 不成立，磁导率 μ 不是一个常量，它的值不仅决定于外磁场的强度，还决定于铁磁质样品磁化的历史。
2. **高 μ 值** 有很大的磁导率。放入线圈中时可以使磁场增强 $10^2 \sim 10^4$ 倍。
3. **磁滞** 有剩磁、磁饱和及磁滞现象。

