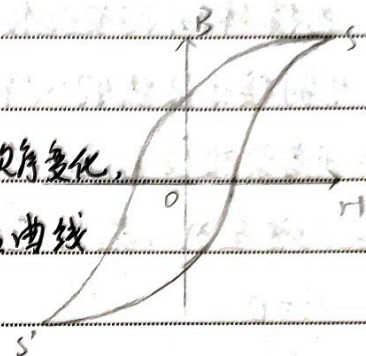


## 实验目的

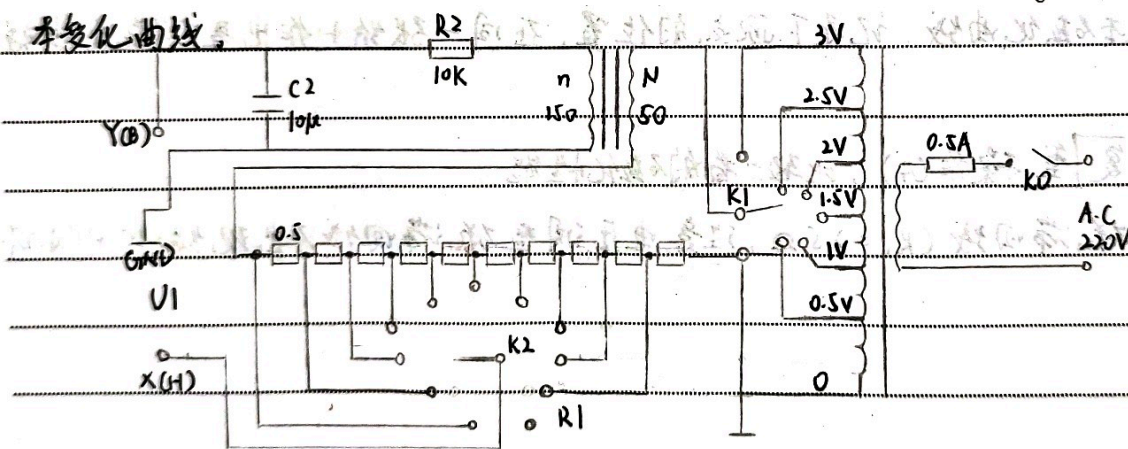
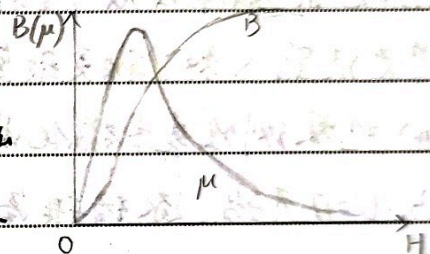
- (1) 了解铁磁物质的磁化规律和磁化特性。
- (2) 观察、测绘样品的基本磁化曲线和  $B(\mu) - H$  曲线
- (3) 测定样品的磁滞回线，并估算其磁滞损耗

## 实验原理

当磁场按右图所示  $H_0 \rightarrow 0 \rightarrow -H_0 \rightarrow 0 \rightarrow H_0 \rightarrow H_0$  次序变化，相应的磁感应强度  $B$  则沿闭合曲线  $S R D S' R' D' S$  变化，此闭合曲线称为磁滞回线



当初始状态  $H = B = 0$  的铁磁物质，在交变磁场由弱到强依次进行磁化，可以得到面积由小到大的系列一族磁滞回线，这些磁滞回线顶点的连线称为铁磁物质的基本磁化曲线。



观察和测量磁滞回线和基本磁化曲线的线路如上图所示

设通过  $N$  的电流激励磁电流为  $i_1$ ，根据安培环路定理，磁场强度为  $H = \frac{Ni_1}{L}$ ，式中  $L$  为样品的平均磁路长度， $i_1 = \frac{U_1}{R_1}$ ，所以  $H = \frac{NU_1}{LR_1}$ ，该式清楚地表示示波器荧光屏上电子束水平偏移大小 ( $U_1$ ) 为样品中的磁场强度  $H$  成正比。

由法拉第电磁感应定律，由于样品中的磁通量的变化，在测量线圈中产生的感生电动势的大小为： $\mathcal{E} = n \frac{d\Phi}{dt}$ ， $\Phi = \frac{1}{n} \int \epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ ， $B = \frac{\Phi}{S} = \frac{1}{nS} \int \epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$ ，若忽略自感电动势和电路损耗，则回路方程： $\mathcal{E} = i_2 R_2 + U_2$ ，所以  $\mathcal{E} = i_2 R_2 + \frac{Q}{C_2}$ ，取足够大的  $R_2$  和  $C_2$ ，则  $i_2 = \frac{dQ}{dt}$ ， $i_2 = C_2 \frac{dU_2}{dt}$ ，所以  $\mathcal{E} = C_2 R_2 \frac{dU_2}{dt}$ ，则  $B = \frac{C_2 R_2 U_2}{nS}$



## 实验仪器

示波器、组合式磁滞回线实验仪

## 实验步骤与数据记录

- (1) 选择样品1按实验仪上所给电路图连接,并令  $R_1 = 2.5\Omega$ , "U"选择置于零位,  $U_h$  和  $U_b$  分别接示波器的 "X" 输入和 "Y" 输入
- (2) 开启实验仪电源,对试样进行退磁,即顺时针方向转动 "U" 选择旋钮,令  $U$  从 0 增至 3V,然后逆时针转动旋钮将  $U$  从最大值降为 0,其目的是确保样品的  $B = H = 0$
- (3) 观察磁滞回线,令光点位于坐标网格中心,令电压调至最大不交叉电压,并分别调节示波器 X 和 Y 轴灵敏度,使显示屏上出现图形大小合适的磁滞曲线
- (4) 观察测绘基本磁化曲线,测绘  $B(\mu) - H$  曲线,按步骤 (2) 对样品 1 进行退磁,从  $U = 0$  开始,逐级提高励磁电压,观察磁滞回线,这些磁滞回线顶点的连线就是样品的基本磁化曲线,记录下顶点的位置,在同一张纸上作出基本磁化曲线及  $B(\mu) - H$  曲线
- (5) 选择样品 2,重复操作 (4),比较二者的磁化性能
- (6) 测定硬磁的磁滞回线 ( $R_1 = 2.5\Omega$ , 注意电压调至磁滞回线不出现狭长小环的最大值)

不同电压下  $B(\mu) - H$  曲线数据记录图

(单位: V)

		0.5	1	1.2	1.5	1.8	2	2.2
样品一	UH	0.098995	0.183848	0.212132	0.282843	0.381838	0.410122	0.424264
	H/T	32.99832	61.28259	70.71068	94.2809	127.2792	136.7073	141.4214
	UB	0.028284	0.049497	0.056569	0.074246	0.091924	0.098995	0.10253
	B/T	0.235702	0.412479	0.471405	0.618718	0.766032	0.824958	0.854421
	$\mu$							
样品二	UH	0.084853	0.141421	0.159099	0.19799	0.205061	0.233345	0.240416
	H/T	32.99832	61.28259	70.71068	94.2809	127.2792	136.7073	141.4214
	UB	0.035355	0.056569	0.058336	0.06364	0.06364	0.070711	0.074246
	B/T	0.294628	0.471405	0.486136	0.53033	0.53033	0.589256	0.618718
	$\mu$	0.008929	0.007692	0.006875	0.005625	0.004167	0.00431	0.004375



# 实验数据处理

$N=50$     $n=150$     $L=60\text{ mm}$     $S=80\text{ mm}^2$     $C_1=10\text{ }\mu\text{F}$     $R_2=10\text{ k}\Omega$

① 样品一

电源电压	0.5	1	1.2	1.5	1.8	2	2.2
$U_H = \frac{U_{HPP}}{2\sqrt{2}} = \frac{0.28}{2\sqrt{2}} = 0.098995$	同理得	0.183848	0.212132	0.282843	0.381838	0.41022	0.42426
$H = \frac{NU_1}{R_1L} = \frac{50 \times 0.098995}{1.5 \times 0.06} = 32.99832$	同理得	61.28259	71.71068	94.2809	127.2792	136.7073	141.4214
$U_B = \frac{U_{BPP}}{2\sqrt{2}} = \frac{0.08}{2\sqrt{2}} = 0.028284$	同理得	0.049497	0.056569	0.074246	0.099924	0.098995	0.10253
$B = \frac{C_2 R_2}{nS} U_B = 0.235702$	同理得	0.412479	0.471405	0.618718	0.766032	0.824958	0.85442
$\mu = \frac{B}{H} = \frac{0.235702}{32.99832} = 0.007143$	同理得	0.006731	0.006667	0.006563	0.006098	0.006034	0.006042

② 样品二

电源电压	0.5	1	1.2	1.5	1.8	2	2.2
$U_H = \frac{U_{HPP}}{2\sqrt{2}} = \frac{0.24}{2\sqrt{2}} = 0.084853$	同理	0.141421	0.159099	0.19779	0.205061	0.233345	0.240416
$U_B = \frac{U_{BPP}}{2\sqrt{2}} = \frac{0.1}{2\sqrt{2}} = 0.035355$	同理	0.056569	0.058336	0.06364	0.06364	0.070711	0.074246
$B = \frac{C_2 R_2}{nS} U_B = 0.294628$	同理	0.471405	0.486136	0.53033	0.53033	0.58596	0.618718
$\mu = \frac{B}{H} = \frac{0.294628}{32.99832} = 0.008929$	同理	0.007692	0.006875	0.005625	0.004167	0.00431	0.004375

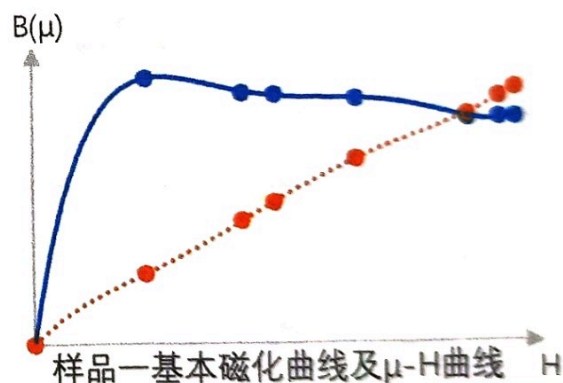
饱和磁感应强度  $S$  (600 mV, 145 mV)

$R$  (0, 100 mV)

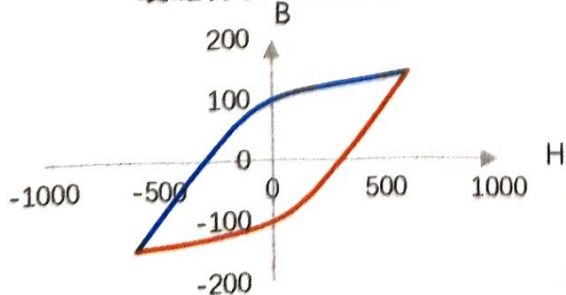
$D$  (300 mV, 0)

方格数: 7格    $CH_1 \rightarrow 200\text{ mV}$     $CH_2 \rightarrow 100\text{ mV}$

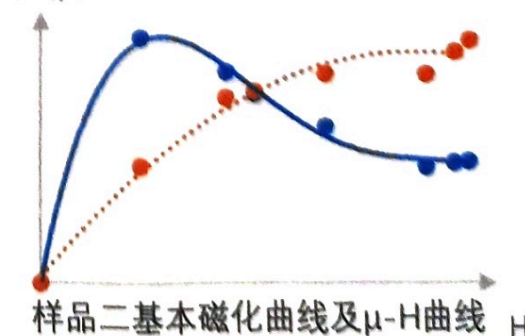
估算磁滞损耗:  $2 \times 0.2 \times 7 = 0.14\text{ J/m}^3$



硬磁物质磁滞回线



样品二基本磁化曲线及 $\mu$ -H曲线





## 实验结论

- (1) 掌握了样品的基本磁化曲线和  $B(H)$ - $H$  曲线画法
- (2) 测定了样品的磁滞回线并估算了其磁滞损耗为  $0.14 \text{ J/m}^3$
- (3) 了解铁磁物质的磁化规律和磁化特性

## 实验讨论

① 示波器显示的是将  $B$ - $H$  转换成电压量而形成的图，但因为  $H$  与  $X$  轴电压成线性关系， $B$  与  $Y$  轴电压成线性关系，所以可以用之描绘磁滞曲线。

### ② 实验误差来源：

1. 在示波器上读数时会有效大误差
2. 没有完全退磁会对曲线有影响
3. 中心光点不在坐标轴的正中央，也会产生误差
4. 数格子时出现误差

③ 铁磁材料的磁化是不可逆过程，从其起始磁化曲线和磁滞回线可以看到，外加磁场强度  $H_m$  减小到 0 时的退磁曲线与磁场从 0 开始增加到  $H_m$  时的起始化曲线不重合，说明退磁过程不能重复起始磁化过程的每一个状态。

## 思考题

(1) 实验前为什么要对样品消磁? 如何消磁?

答: 原因: 因为测磁滞回线是样品磁性随外磁场变化而变化的过程, 若样品开始有磁性, 则磁滞回线就不是从零点开始

方法: 开启实验仪电源, 顺时针转动“U”选择旋钮, 令U从0增至3V, 然后逆时针转动旋钮将U从最大值降为0

(2) 什么是磁滞损耗? 磁滞损耗与磁滞回线面积有什么关系?

答: 定义: 当铁磁材料处于交变磁场中时, 将沿磁滞回线反复被磁化—去磁—反向磁化—反向去磁, 在此过程中要消耗额外的能量, 并以热的形式从铁磁材料中释放, 该损耗为磁滞损耗。

关系: 成正比关系

(3) 什么是区分硬磁和软磁的重要指标?

答: 矫顽力



# 原始记录

不同电压  $T_B(\mu)$  -  $H$  曲线数据记录表

电源电压	0.5	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2
$U_H/V$	0.28	0.52	0.6	0.8	1.08	1.16	1.2
$H/T$	0.08	0.14	0.16	0.21	0.26	0.28	0.29

$U_0/V$

$B/T$

$\mu$

$U_H/V$	0.24	0.4	0.45	0.56	0.58	0.66	0.68
$H/T$	0.1	0.16	0.165	0.18	0.18	0.2	0.21

$U_0/V$

$B/T$

$\mu$

$Z_1$

$S$

$R$

$D$

$U_H$

(0.6, 0.145)

(0, 0.1)

(0.3, 0)

$U_B$

(-0.6, -0.145)

(0, -0.1)

(0.3, 0)

$\mu$

$\mu$

10.28