




班级  学号  姓名  教师签字 韩建巴
 实验日期 2024.9.27 T5709 预习成绩 2 总成绩 _____

实验名称 用示波器观测磁滞回线

一. 实验目的

1. 认识并掌握磁滞、磁滞回线和磁化曲线的概念；
2. 学会用示波器测绘基本磁化曲线和磁滞回线；
3. 研究不同材料的动态磁滞回线的区别，并确定特定频率下各个材料的剩磁和矫顽力。

二. 实验预习

1. 剩磁、矫顽力、基本磁化曲线、动态磁滞回线的定义。

剩磁：对一个在磁场中的材料，在撤消外磁场后其表现出的磁感应强度。

矫顽力：使已经磁化的铁磁质再次失去磁性而必须施加的外磁场的磁场强度。

基本磁化曲线：由一系列稳定的磁滞回线的顶点所连成的曲线。

动态磁滞回线：铁磁质在交变磁场的磁化下所得到的 $B-H$ 关系曲线。

2. 示波器测量的 X 轴信号 U_x 是谁的电压？和磁场强度 H 是什么关系（写出公式）？示波器

测量的 Y 轴信号 U_y 是谁的电压？和磁感应强度 B 是什么关系（写出公式）？

示波器测量的 X 轴信号 U_x 是电阻 R 两端的电压，且有

$$H = \frac{N_1}{L R_1} U_x$$

示波器测量的 Y 轴信号 U_y 是电容 C 两端的电压，且有

$$B = \frac{R_2 C}{N_2 S} U_y$$

对 H 与 U_x 关系的推导如下：

$$U_x = R_1 i_1 = \frac{L R_1 H}{N_1}$$

故有

$$H = \frac{N_1}{L R_1} U_x$$

对 B 与 U_y 关系的推导如下：

$$\mathcal{E}(t) = -N S \frac{dB(t)}{dt}$$

$$\int \mathcal{E}(t) dt = -N S \int \frac{dB(t)}{dt} dt$$

$$B(t) = -\frac{1}{N S} \int_0^t \mathcal{E}(t) dt$$

$$\mathcal{E}_2 = N_2 S \frac{dB}{dt} = R_2 i_2$$

而

$$i_2 = C \frac{dU_c}{dt}$$

故

$$dB = \frac{R_2 C}{N_2 S} dU_c, \quad B = \frac{R_2 C}{N_2 S} U_c, \quad U_c \text{ 即 } U_y.$$

三、实验现象及数据记录

样品 1：饱和磁滞回线

频率	R_1	R_2	C	/mV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
50 Hz	5.5 Ω	45k Ω	4.0 μ F	U_X	373	223	140	70.0	20.0	-36.7	-76.7	-113	-167	-233	-287	-367 (上半)	
				U_Y	33.2	31.6	29.2	25.6	20.8	10.4	0.00	-10.0	-20.4	-27.2	-30.0	-32.4	
				/mV	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
				U_X	-220	-130	-53.3	13.3	53.3	90.0	127	170	223	283	367	(下半)	
				U_Y	-30.8	-28.4	-24.0	-15.2	-7.60	3.20	12.4	20.4	27.2	30.4	33.2		

样品 1：基本磁滞回线

频率	R_1	R_2	C	/mV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
50 Hz	5.5 Ω	45k Ω	4.0 μ F	U_X	73.3	83.3	93.3	107	120	140	163	190	243	330	373
				U_Y	8.40	10.8	12.8	14.4	16.4	20.0	22.4	25.6	29.2	32.4	33.2

样品 2：饱和磁滞回线

频率	R_1	R_2	C	/mV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
50 Hz	1.6 Ω	55k Ω	5.5 μ F	U_X	733	447	233	46.7	-53.3	-107	-147	-180	-227	-280	-380	-500	-607	
				U_Y	67.2	63.2	57.6	49.6	40.8	30.4	11.2	-8.00	-28.8	-42.4	-51.2	-57.6	-61.6	(上半)
				/mV	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
				U_X	-733	-500	-333	-100	80.0	147	180	240	340	473	607	733	(下半)	
				U_Y	-67.2	-64.0	-60.0	-52.0	-38.4	-17.6	2.40	31.2	48.0	56.8	62.4	68.0		

样品 2：基本磁滞回线

频率	R_1	R_2	C	/mV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
50 Hz	1.6 Ω	55k Ω	5.5 μ F	U_X	66.7	73.3	100	127	153	193	273	393	533	653	727
				U_Y	11.2	17.6	24.0	31.2	36.8	43.2	50.4	56.8	61.6	64.8	67.2

教师	姓名
签字	韩建巴

四. 数据处理及作图

利用实验预习部分推导出的关系式

$$H=\frac{N_1}{LR_1}U_x$$

$$B=\frac{R_2C}{N_2S}U_y$$

可求得两个样品在不同的 U_x 及 U_y 的值所对应的 H 和 B 的值，并作出对应的图像。

(一)

表 1 样品 1 饱和磁滞回线测量数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H (A/m)	78.25	46.78	29.37	14.69	4.20	-7.70	-16.09	-23.71	-35.03	-48.88	-60.21	-76.99
B (T)	0.32	0.31	0.28	0.25	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.26	-0.29	-0.31
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
H (A/m)	-46.15	-27.27	-11.18	2.79	11.18	18.88	26.64	35.66	46.78	59.37	76.99	
B (T)	-0.30	-0.27	-0.23	-0.15	-0.07	0.03	0.12	0.20	0.26	0.29	0.32	

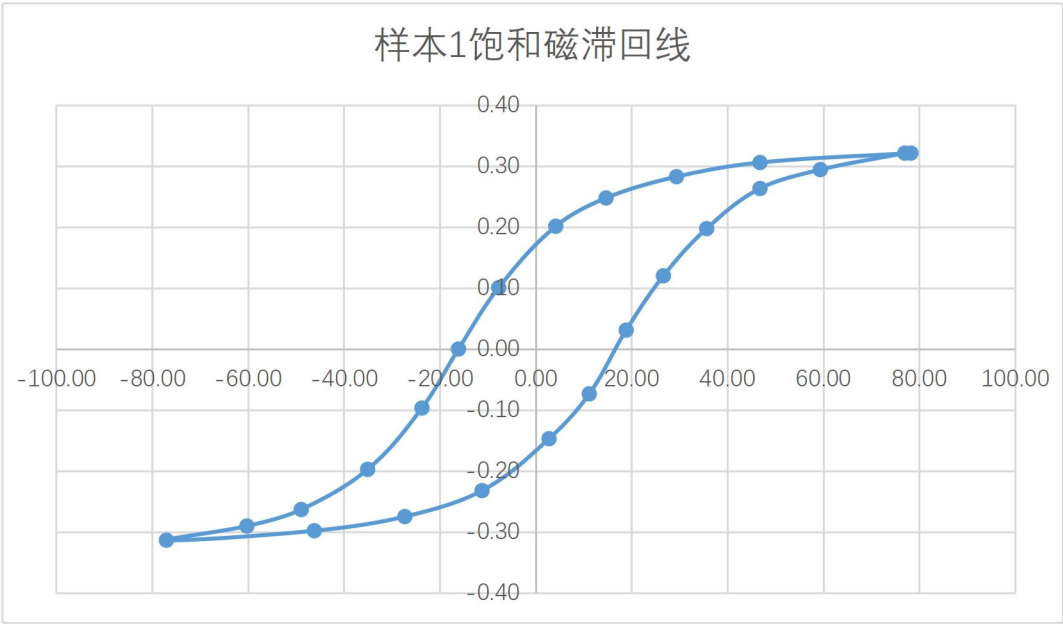


图 1 样品 1 饱和磁滞回线

通过读取磁滞回线与坐标轴的交点，可得样品 1 的剩磁 $B_r=0.17T$ ，矫顽力 $H_c=16.09A/m$ 。

(二)

表2 样品1 基本磁滞回线测量数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$H\text{ (A/m)}$	15.38	17.48	19.57	22.45	25.17	29.37	34.20	39.86	50.98	69.23	78.25
$B\text{ (T)}$	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.32

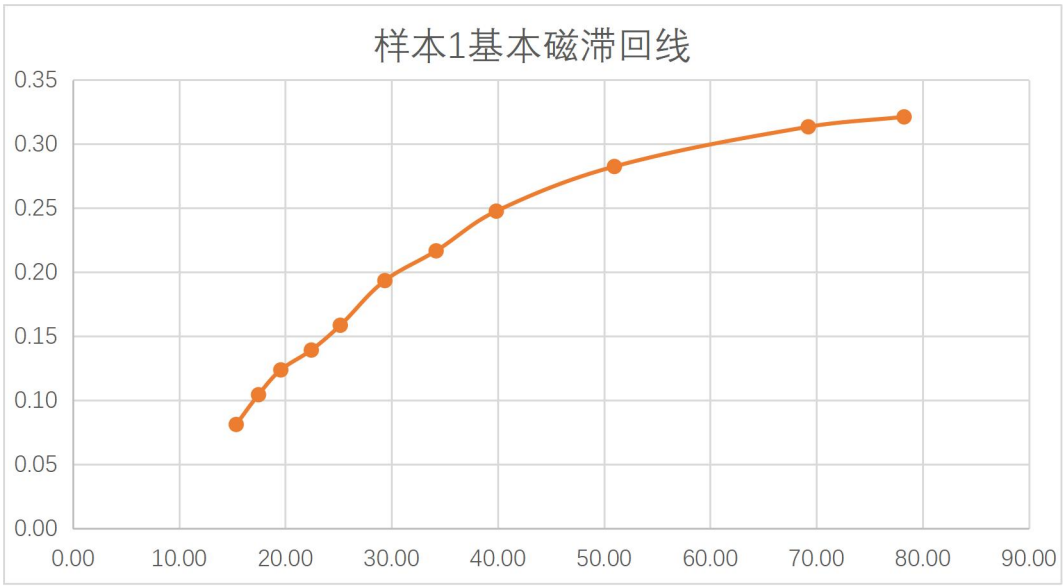


图2 样品1 基本磁滞回线

(三)

表3 样品2 饱和磁滞回线测量数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$H\text{ (A/m)}$	916.25	558.75	291.25	58.38	-66.63	-133.75	-183.75	-225.00	-283.75	-350.00	-475.00	-625.00	-758.75
$B\text{ (T)}$	1.13	1.06	0.97	0.83	0.69	0.51	0.19	-0.13	-0.48	-0.71	-0.86	-0.97	-1.04
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
$H\text{ (A/m)}$	-916.25	-625.00	-416.25	-125.00	100.00	183.75	225.00	300.00	425.00	591.25	758.75	916.25	
$B\text{ (T)}$	-1.13	-1.08	-1.01	-0.87	-0.65	-0.30	0.04	0.52	0.81	0.95	1.05	1.14	

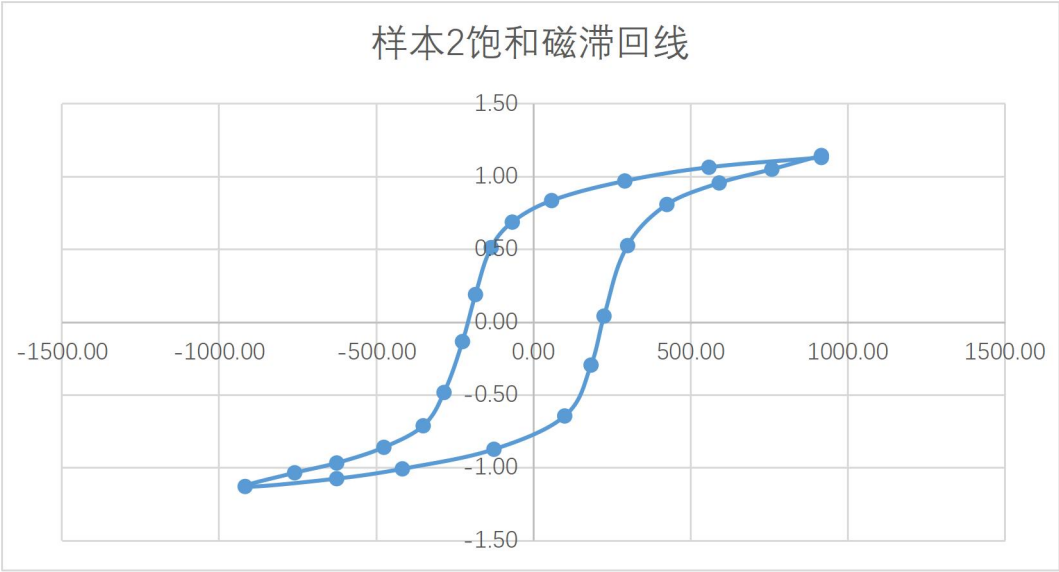


图 3 样品 2 饱和磁滞回线

通过读取磁滞回线与坐标轴的交点，可得样品 2 的剩磁 $B_r=0.76\text{T}$ ，矫顽力 $H_c=221.25\text{A/m}$ 。

(四)

表 4 样品 2 基本磁滞回线测量数据

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$H(\text{A/m})$	83.38	91.63	125.00	158.75	191.25	241.25	341.25	491.25	666.25	816.25	908.75
$B(\text{T})$	0.19	0.30	0.40	0.52	0.62	0.73	0.85	0.95	1.04	1.09	1.13

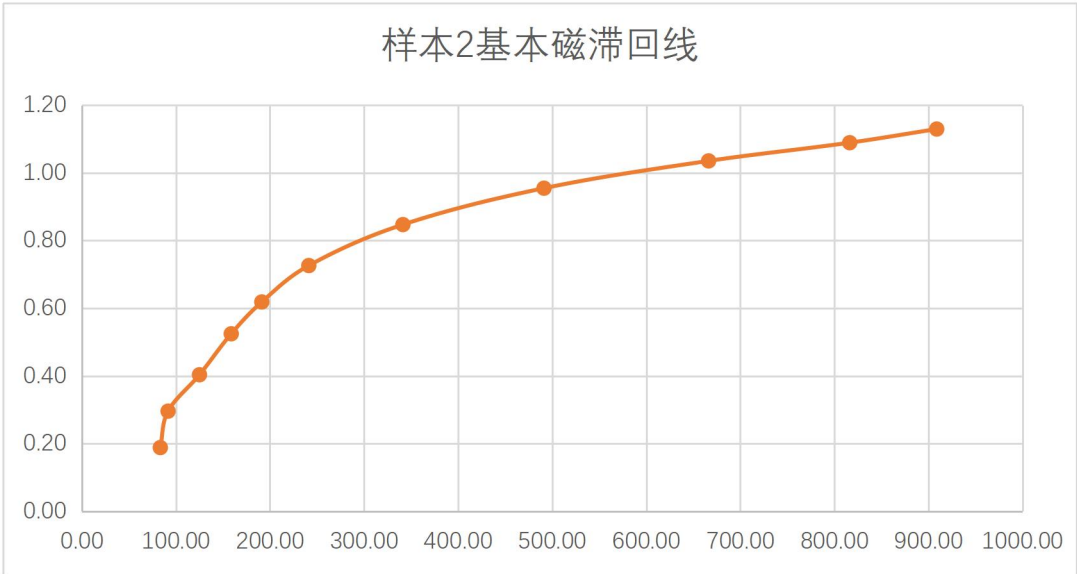


图 4 样品 2 基本磁滞回线

五. 实验结论及现象分析

结论及分析：根据实验现象及图像可知，随着电压的增大， H 与 B 均增大，但 H 先于 B 变化，当电压增大到一定值时 B 会饱和。同时，根据实验数据及图像可知，样品1的剩磁 $B_r=0.17\text{T}$ ，矫顽力 $H_c=16.09\text{A/m}$ ，磁滞回线较窄，属于软磁材料；样品2的剩磁 $B_r=0.76\text{T}$ ，矫顽力 $H_c=221.25\text{A/m}$ ，磁滞回线较宽，属于硬磁材料。

六. 讨论问题

1. 某两种材料的磁滞回线，一个很宽，一个很窄，它们各属于哪种磁性材料？分别可以应用于什么场合？

答：磁滞回线窄的为软磁材料，磁滞回线宽的为硬磁材料。软磁材料的剩磁和矫顽力小，易于磁化，也易于退磁，可以用于电工设备和电子设备，比如变压器、电动机和发电机的铁芯，无线电天线线圈、无线电中频变压器等。硬磁材料的剩磁和矫顽力大，常用来制作各种永久磁铁、扬声器的磁钢和电路中的记忆元件等。

2. 一钢制部件不慎被磁化，请设计一种退磁方案。

答：通过外加反向磁场，使外加磁场强度达到部件的矫顽力，即可实现退磁。