

用示波器观测动态磁滞回线

雷逸鸣

1 100Hz 下铁氧体饱和磁滞回线的测量结果

各元件参数取为：

$$R_1 = 2\Omega, R_2 = 50k\Omega, C = 10.0\mu F, f = 100Hz$$

1.1 测量数据

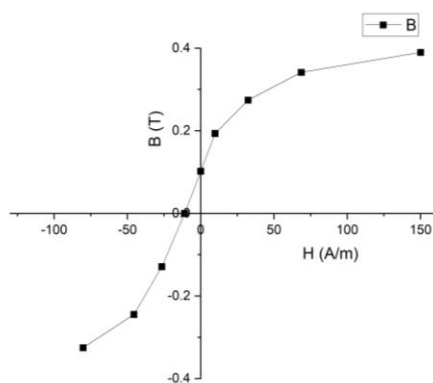
电路图及各物理量命名同教材图 30-3

表 1 磁滞回线数据

u_x/mV	u_y/mV	$H/(A/m)$	B/T
260	14.5	150	0.390
119	12.7	68.7	0.341
56	10.2	32.3	0.274
17	7.20	9.81	0.194
0	3.80	0.00	0.102
-19	0.00	-11.0	0.000
-46	-4.80	-26.5	-0.129
-79	-9.10	-45.6	-0.245
-139	-12.1	-80.2	-0.325

绘成折线图如图 1 所示：

图 1 饱和磁滞回线



此时，饱和磁感应强度为：

$$B_s = \frac{R_2 C}{N_2 S} u_s = 0.390T$$

剩余磁感应强度为：

$$B_r = \frac{R_2 C}{N_2 S} u_r = 0.102T$$

矫顽力为：

$$H_C = \frac{N_1}{l R_1} u_C = 11.0A/m$$

1.2 其他频率下各量数值

1.2.1 取 $f = 50Hz$ 时

剩余磁感应强度为：

$$B_r = \frac{R_2 C}{N_2 S} u_r = 0.0941T$$

矫顽力为：

$$H_C = \frac{N_1}{l R_1} u_C = 9.81A/m$$

误差计算公式：

$$\frac{\sigma_{B_r}}{B_r} = \frac{\sigma_{u_r}}{u_r}$$

测量误差： $\sigma_{u_{r1}} = 2\% \times 3.5 + 0.3\% \times 5 \times 8 = 0.19mV$

读数误差： $\sigma_{u_{r2}} = 0.05mV$

误差合成： $\sigma_{u_r} = \sqrt{\sigma_{u_{r1}}^2 + \sigma_{u_{r2}}^2} = 0.2mV$

故：

$$\sigma_{B_r} = 0.005T$$

$$B_r = 0.094 \pm 0.005T$$

同理矫顽力的误差：

$$\frac{\sigma_{H_C}}{H_C} = \frac{\sigma_{u_C}}{u_C}$$

测量误差： $\sigma_{u_{r1}} = 2\% \times 17 + 0.3\% \times 100 \times 10 = 3.3mV$

读数误差： $\sigma_{u_{r2}} = 1mV$

误差合成： $\sigma_{u_r} = \sqrt{\sigma_{u_{r1}}^2 + \sigma_{u_{r2}}^2} = 3.4mV$

故：

$$\sigma_{H_C} = 2.0A/m$$

$$H_C = 9.8 \pm 2.0A/m$$

1.2.2 取 $f = 150Hz$ 时

剩余磁感应强度为：

$$B_r = \frac{R_2 C}{N_2 S} u_r = 0.105T$$

矫顽力为：

$$H_C = \frac{N_1}{l R_1} u_C = 11.5A/m$$

误差计算公式：

$$\frac{\sigma_{B_r}}{B_r} = \frac{\sigma_{u_r}}{u_r}$$

测量误差： $\sigma_{u_{r1}} = 2\% \times 3.9 + 0.3\% \times 5 \times 8 = 0.20mV$

读数误差: $\sigma_{u_{r2}} = 0.05\text{mV}$

误差合成: $\sigma_{u_r} = \sqrt{\sigma_{u_{r1}}^2 + \sigma_{u_{r2}}^2} = 0.21\text{mV}$

故:

$$\sigma_{B_r} = 0.006\text{T}$$

$$B_r = 0.105 \pm 0.006\text{T}$$

同理矫顽力的误差:

$$\frac{\sigma_{H_C}}{H_C} = \frac{\sigma_{u_C}}{u_C}$$

测量误差: $\sigma_{u_{r1}} = 2\% \times 20 + 0.3\% \times 100 \times 10 = 3.4\text{mV}$

读数误差: $\sigma_{u_{r2}} = 1\text{mV}$

误差合成: $\sigma_{u_r} = \sqrt{\sigma_{u_{r1}}^2 + \sigma_{u_{r2}}^2} = 3.5\text{mV}$

故:

$$\sigma_{H_C} = 2.1\text{A/m}$$

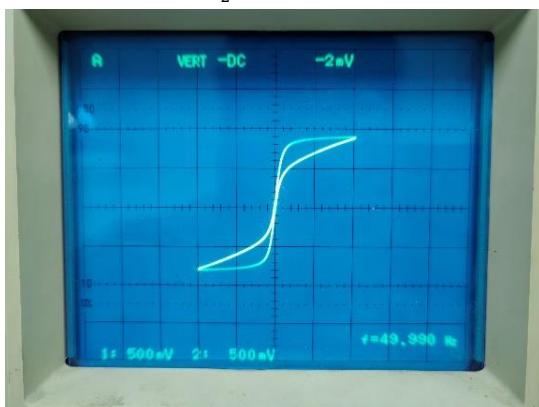
$$H_C = 11.5 \pm 2.1\text{A/m}$$

1.3 不同时间常数下的李萨如图

*取定: $I_m = 0.2\text{A}$.

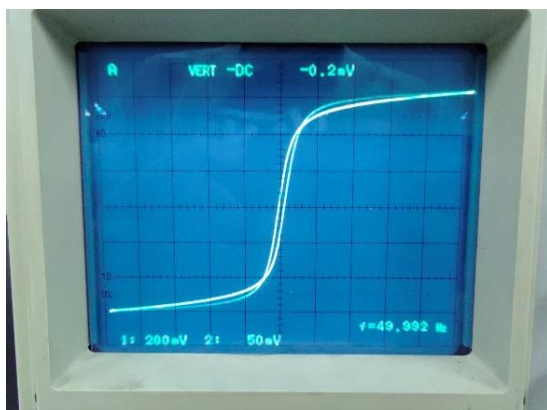
1.3.1 取 $R_2C = 0.01\text{s}$ 时

图2 取 $R_2C = 0.01\text{s}$ 的李萨如图



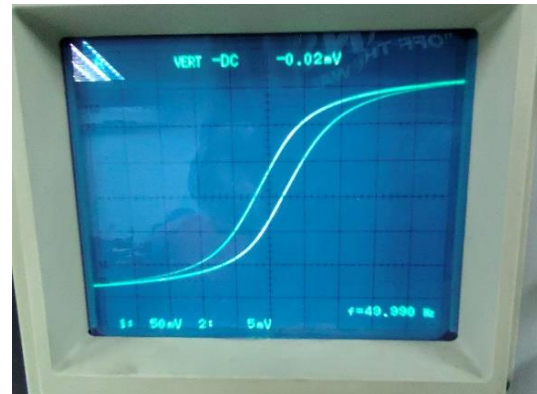
1.3.2 取 $R_2C = 0.05\text{s}$ 时

图3 取 $R_2C = 0.05\text{s}$ 的李萨如图



1.3.3 取 $R_2C = 0.5\text{s}$ 时

图4 取 $R_2C = 0.5\text{s}$ 的李萨如图



2 样品1基本磁化曲线

各元件参数取为:

$$R_1 = 2\Omega, R_2 = 50\text{k}\Omega, C = 10.0\mu\text{F}, f = 100\text{Hz}$$

2.1 测量数据

电路图及各物理量命名同教材图 30-3

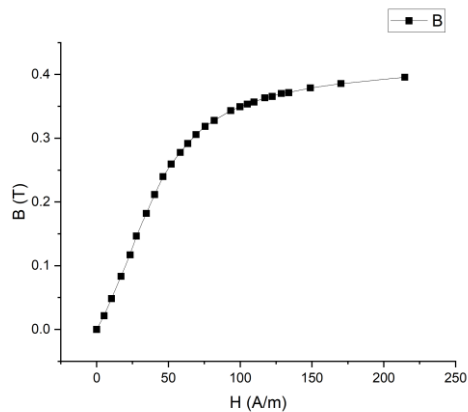
表2 动态磁化曲线数据

u_x/mV	u_y/mV	$H/(\text{A/m})$	B/T
0	0	0	0
9	0.8	5.19	0.0215
18	1.8	10.4	0.0484
29.5	3.1	17.0	0.0833
40.5	4.35	23.4	0.117
48	5.45	27.7	0.147
60	6.77	34.6	0.182
70	7.87	40.4	0.212
80.1	8.92	46.2	0.240
90	9.65	51.9	0.259
101	10.33	58.3	0.278
110	10.85	63.5	0.292
120	11.37	69.2	0.306
131	11.85	75.6	0.319
142	12.20	81.9	0.328
162	12.77	93.5	0.343
173	13.00	99.8	0.349
182	13.15	105	0.353
190	13.27	110	0.357
203	13.52	117	0.363
212	13.60	122	0.366
223	13.77	129	0.370

232	13.82	134	0.372
258	14.10	149	0.379
295	14.35	170	0.386
372	14.72	215	0.396

绘图如图 5 所示:

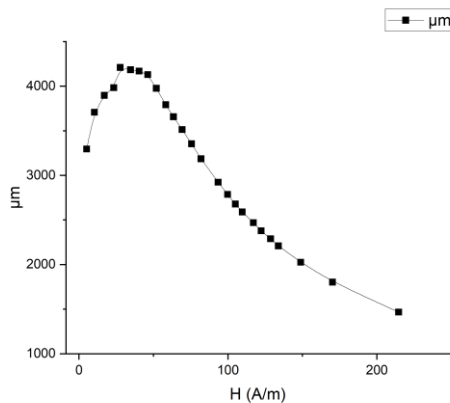
图 5 动态磁化曲线



2.2 μ_m 随 H 变化关系

利用表 2 数据计算 μ_m 随 H 变化关系如图 6 所示:

图 6 μ_m 随 H 变化关系



3 样品 1 在不同直流 H 下的可逆磁导率 μ_r

*样品 1 的起始磁导率 μ_i 看作在 $H = 0$ 时的 μ_r .

各元件参数取为:

$$R_1 = 2\Omega, R_2 = 20k\Omega, C = 2.0\mu F, f = 100Hz$$

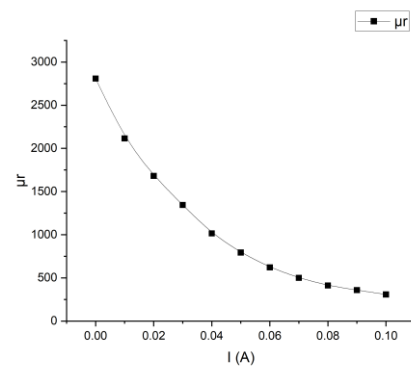
3.1 测量数据

记线圈 3 内电流强度为 I , u_1, u_2 定义同上。

表 3 可逆磁导率与 I 关系测量数据

I/A	u_x/mV	u_y/mV
0.00	7.50	7.10
0.01	5.75	4.10
0.02	7.50	4.25
0.03	9.60	4.35
0.04	12.85	4.40
0.05	15.70	4.20
0.06	17.90	3.75
0.07	18.85	3.18
0.08	19.10	2.65
0.09	19.00	2.30
0.10	18.60	1.93

图 7 可逆磁导率 μ_r 与 I 关系



4 样品 2 在 $H_m = 400A/m$ 下的磁滞回线

各元件参数取为:

$$R_1 = 2\Omega, R_2 = 50k\Omega, C = 10.0\mu F$$

测得数据为:

表 4 样品 2 测试数据

f/Hz	u_{2m}/mV	u_{2r}/mV	u_{1c}/mV
20	25.0	17.0	86
40	24.6	18.6	101
60	24.4	18.0	115

代入公式计算得:

表 5 样品 2 参数随频率变化关系

f/Hz	B_m/T	B_r/T	$H_c/(A/m)$
20	0.694	0.472	86
40	0.683	0.517	101
60	0.678	0.500	115

1. 观测样品 1 的饱和磁滞回线

$$\textcircled{1} R_1 = 2\Omega \quad R_2 = 50k\Omega \quad C = 10.0\mu F \quad f = 100Hz$$

$$B_s = \frac{R_2 C}{N_2 S} U_{cs}$$

$$U_{cs} = \cancel{10.4mV} \quad 14.5mV$$

$$U_2 \sim U_c$$

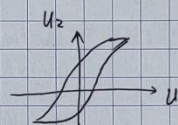
$$U_1 \sim R R_1$$

$$B_r = \frac{R_2 C}{N_2 S} U_{cr}$$

$$U_{cr} = \cancel{2.6mV} \quad 3.8mV$$

$$H_c = \frac{N_1}{2R_1} U_{rc}$$

$$U_{rc} = \cancel{2.6mV} \quad 19mV$$



上半支 9 个点:

U_1	0.261V	0.19V	56mV	$\frac{17mV}{26mV}$	0mV	$\frac{-19mV}{-26mV}$
U_2	14.5mV	12.7mV	10.2mV	7.2mV	$\frac{3.8mV}{3.8mV}$	0mV

U_1	-46mV	-79mV	-0.139V
U_2	-4.8mV	-9.05mV	-12.05mV
		-9.1mV	-12.1mV

② 不同频率对应的 B_r 和 H_c

$$1) f = 50Hz \quad U_{cr} = 3.5mV \quad U_{rc} = -17mV$$

$$2) f = 150Hz \quad U_{cr} = 3.9mV \quad U_{rc} = -20mV$$

③ 照照片

姓名 _____ 学号 _____

星期 _____ 第 _____ 组

页码 /

$$2. \quad R_1 = 2.5\Omega \quad R_2 = 50k\Omega \quad C = 10.0\mu F \quad f = 100Hz.$$

动态活化曲线

$$H_m \rightarrow U_1 / mV \quad 0 \quad 9 \quad 18 \quad 27.5 \quad 40.5 \quad 48 \quad 60 \quad 70$$

$$B_m \rightarrow U_2 / mV \quad 0 \quad 0.8 \quad 1.8 \quad 3.1 \quad 4.35 \quad 5.45 \quad 6.77 \quad 7.87$$

$$U_1 / mV \quad 80.1 \quad 90 \quad 101 \quad 110 \quad 120 \quad 131 \quad 142 \quad 152$$

$$U_2 / mV \quad 8.92 \quad 9.65 \quad 10.33 \quad 10.85 \quad 11.37 \quad 11.85 \quad 12.2 \quad 12.52$$

$$U_1 / mV \quad 162 \quad 173 \quad 182 \quad 190 \quad 203 \quad 212 \quad 223$$

$$U_2 / mV \quad 12.77 \quad 13.00 \quad 13.15 \quad 13.27 \quad 13.52 \quad 13.60 \quad 13.77$$

$$U_1 / mV \quad 232 \quad 258 \quad 295 \quad 372$$

$$U_2 / mV \quad 13.82 \quad 14.10 \quad 14.25 \quad 14.72$$

3. 样品 1. 起始磁导率 μ_i 和不同直流 H 下可逆磁导率 μ_r

$$R_1 = 2.5\Omega \quad R_2 = 20k\Omega \quad C = 2.0\mu F \quad f = 100Hz.$$

$$\mu_i: \quad \Delta U_1 = 7.5mV$$

$$\Delta U_2 = 7.1mV$$

加 H :

$$\text{电流 } I/A: \quad 0.010 \quad 0.020 \quad 0.030 \quad 0.040 \quad 0.050 \quad 0.060$$

$$\Delta U_1 / mV: \quad 5.75 \quad 7.50 \quad 9.60 \quad 12.85 \quad 15.70 \quad 17.90$$

$$\Delta U_2 / mV: \quad 4.10 \quad 4.25 \quad 4.35 \quad 4.40 \quad 4.20 \quad 3.75$$

$$\text{电流 } I/A: \quad 0.070 \quad 0.080 \quad 0.090 \quad 0.100$$

$$\Delta U_1 / mV: \quad 18.85 \quad 19.10 \quad 19.00 \quad 18.6$$

$$\Delta U_2 / mV: \quad 3.18 \quad 2.65 \quad 2.30 \quad 1.93$$

姓名 雷逸鸣 学号 2200011454星期 一 第 5 组页码 02/

$$f = 20 \text{ Hz} : \quad U_{2m} = 25 \text{ mV} \quad U_{2r} = 17.0 \text{ mV} \quad U_{1c} = 86.0 \text{ mV}$$

$$f = 40 \text{ Hz} : \quad U_{2m} = 24.6 \text{ mV} \quad U_{2r} = 18.6 \text{ mV} \quad U_{1c} = 101.0 \text{ mV}$$

$$f = 60 \text{ Hz} : \quad U_{2m} = 24.4 \text{ mV} \quad U_{2r} = 18.0 \text{ mV} \quad U_{1c} = 115 \text{ mV}$$

— King
10.16