

班级\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 教师签字 方超  
实验日期 2024/9/26 预习成绩 2 总成绩\_\_\_\_\_

## 实验名称 巨磁阻效应与应用

### 一. 实验预习

#### 1. 什么是磁电阻效应?

在通有电流的金属或半导体上施加磁场时,其电阻值将发生明显变化,  
这种现象称为磁致电阻效应(MR)

#### 2. 巨磁阻效应产生的机制是什么?

巨磁阻效应(GMR)是指磁性材料的电阻率在有外磁场作用时较之无外磁场作用时  
存在巨大变化的现象。

这种效应产生于层状的磁性薄膜结构,由铁磁材料和非铁磁材料薄层交替  
叠合而成。当铁磁层的磁矩相互平行时,载流子与自旋有关的散射最小,  
材料的电阻最小;当铁磁层的磁矩反平行时,与自旋有关的散射最强,材  
料的电阻最大。

## 二. 实验现象及原始数据记录

## 1. GMR 模拟传感器的磁电转换特性测量

表 1 GMR 模拟传感器磁电转换特性的测量

电桥电压: 4V

磁感应强度 $B/\text{Gauss}$		输出电压 $U_{\text{out}}/\text{mV}$	
励磁电流 $I_M/\text{mA}$	磁感应强度 $B/\text{Gauss}$	减小磁场	增大磁场
100	30.16	240	239
90	27.14	239	237
80	24.13	236	233
70	21.11	229	222
60	18.10	212	204
50	15.08	186	177.0
40	12.06	152	146.7
30	9.05	115	97.3
20	6.03	73.5	60.9
10	3.02	25.5	23.9
5	1.51	8.1	4.8
0	0	-6.8	7.1
-5	-1.51	19.6	24.9
-10	-3.02	37.2	42.7
-20	-6.03	74.4	84.1
-30	-9.05	118.9	125.5
-40	-12.06	157.4	161.6
-50	-15.08	189.4	193.2
-60	-18.10	216	217
-70	-21.11	230	231
-80	-24.13	237	237
-90	-27.14	239	239
-100	-30.16	239	239

## 2. GMR 磁阻特性测量

表 2 GMR 磁阻特性的测量

磁阻两端电压: 4V

磁感应强度 $B/\text{Gauss}$		磁阻 $R/\Omega$			
		减小磁场		增大磁场	
励磁电流 $I_M/\text{mA}$	磁感应强度 $B/\text{Gauss}$	磁阻电流 $I_R/\text{mA}$	磁阻 $R/\Omega$	磁阻电流 $I_R/\text{mA}$	磁阻 $R/\Omega$
100	30.16	1.613	2479.85	1.613	2479.85
90	27.14	1.612	2481.39	1.613	2479.85
80	24.13	1.610	2484.67	1.608	2487.56
70	21.11	1.604	2493.76	1.599	2501.56
60	18.10	1.590	2515.72	1.582	2528.44
50	15.08	1.569	2549.39	1.558	2567.39
40	12.06	1.542	2594.03	1.529	2616.09
30	9.05	1.511	2647.25	1.500	2666.67
20	6.03	1.480	2702.70	1.469	2722.94
10	3.02	1.446	2766.25	1.441	2775.85
5	1.51	1.430	2797.20	1.423	2810.96
0	0	1.416	2824.85	1.426	2824.85
-5	-1.51	1.435	2787.46	1.439	2779.71
-10	-3.02	1.448	2762.43	1.454	2762.43
-20	-6.03	1.476	2710.03	1.486	2691.79
-30	-9.05	1.518	2635.05	1.516	2648.52
-40	-12.06	1.548	2583.98	1.550	2580.64
-50	-15.08	1.575	2539.68	1.575	2539.68
-60	-18.10	1.596	2506.27	1.595	2507.84
-70	-21.11	1.607	2489.11	1.607	2489.11
-80	-24.13	1.612	2481.39	1.611	2482.93
-90	-27.14	1.613	2479.85	1.613	2479.85
-100	-30.16	1.614	2478.31	1.614	2478.31

## 3. GMR 开关（数字）传感器的磁电转换特性曲线测量

表 3 GMR 开关传感器的磁电转换特性测量

高电平= 1 V 低电平= -1 V

减小磁场			增大磁场		
开关动作	励磁电流 $I_M/\text{mA}$	磁感应强度 $B/\text{Gauss}$	开关动作	励磁电流 $I_M/\text{mA}$	磁感应强度 $B/\text{Gauss}$
关	13.4	4.041	关	-11.7	-3.529
开	-13.9	-4.192	开	17.6	5.308

## 4. 用 GMR 传感器测量电流

表 4 用 GMR 模拟传感器测量电流

待测电流 $I/\text{mA}$			300	200	100	0	-100	-200	-300
输出 电压 /mV	低磁偏置 (约 25mV)	减小电流	27.4	26.8	26.1	25.4	24.6	23.9	23.0
		增加电流	27.0	26.3	25.7	25.0	24.3	23.7	23.0
	适当磁偏置 (约 150mV)	减小电流	151.0	150.3	149.6	148.9	148.3	147.4	146.7
		增加电流	151.2	150.4	149.6	148.9	148.2	147.4	146.7

## 5. GMR 梯度传感器的特性及应用

表 5 齿轮角位移的测量

转动角度/度	65	68	71	74	77	80	83	86	89	92	95	98	101	104	107	110	113
输出电压/mV	0.5	346	47.2	29.5	-5.6	-38.8	-48.3	-35.1	-7.1	22.6	42.6	42.9	13.2	-25.4	-47.9	-42.5	-7.3

## 6. 磁记录与读出

表 6 二进制数字的写入与读出

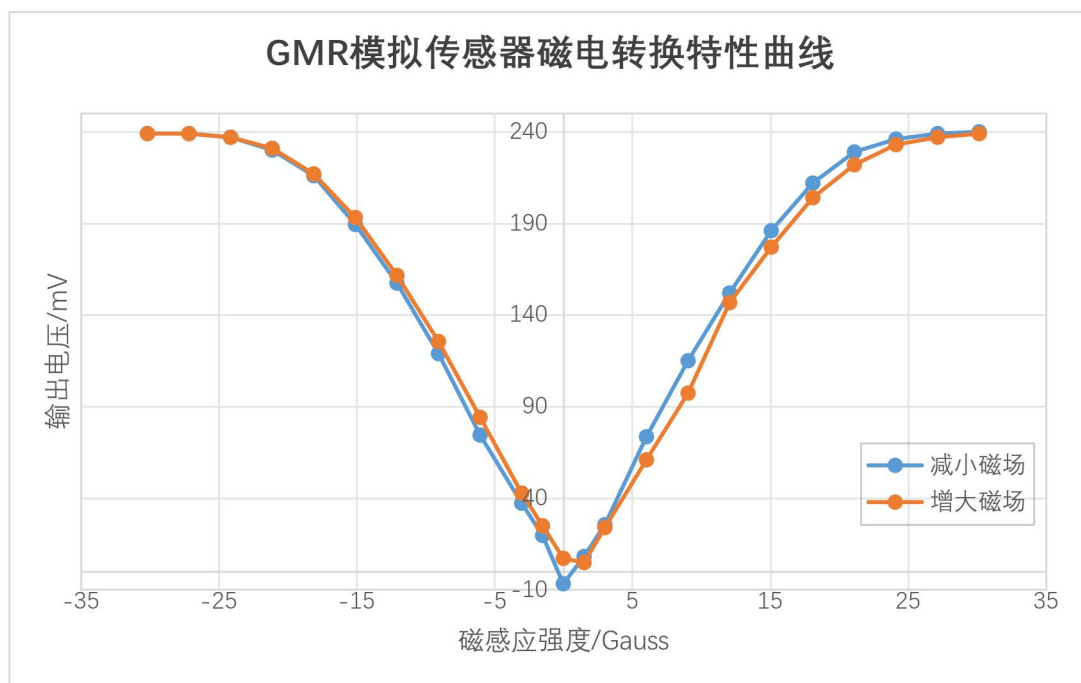
十进制数字	75							
二进制数字	0	1	0	0	1	0	1	1
磁卡区域号	1	2	3	4	5	6	7	8
读出电平	0.003	1.926	0.003	0.003	1.926	0.004	1.927	1.927

教师	姓名
签字	王超

### 三. 数据处理

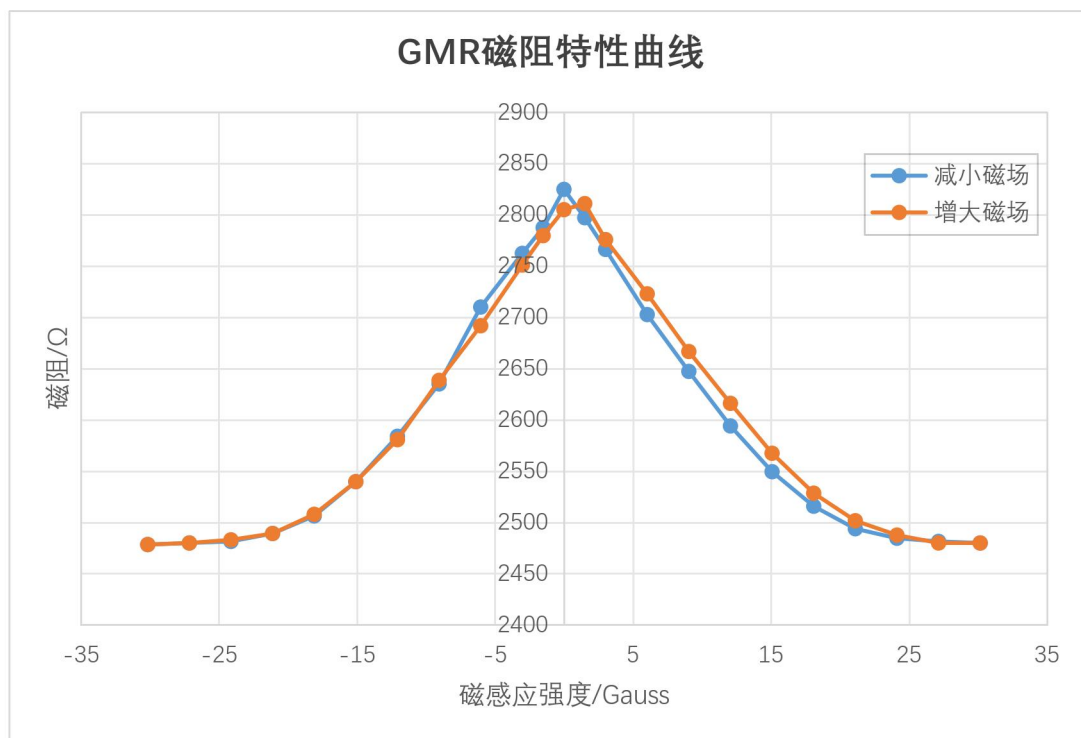
#### 1. GMR 模拟传感器的磁电转换特性测量

以磁感应强度作横坐标，电压表的读数为纵坐标做出磁电转换特性曲线。



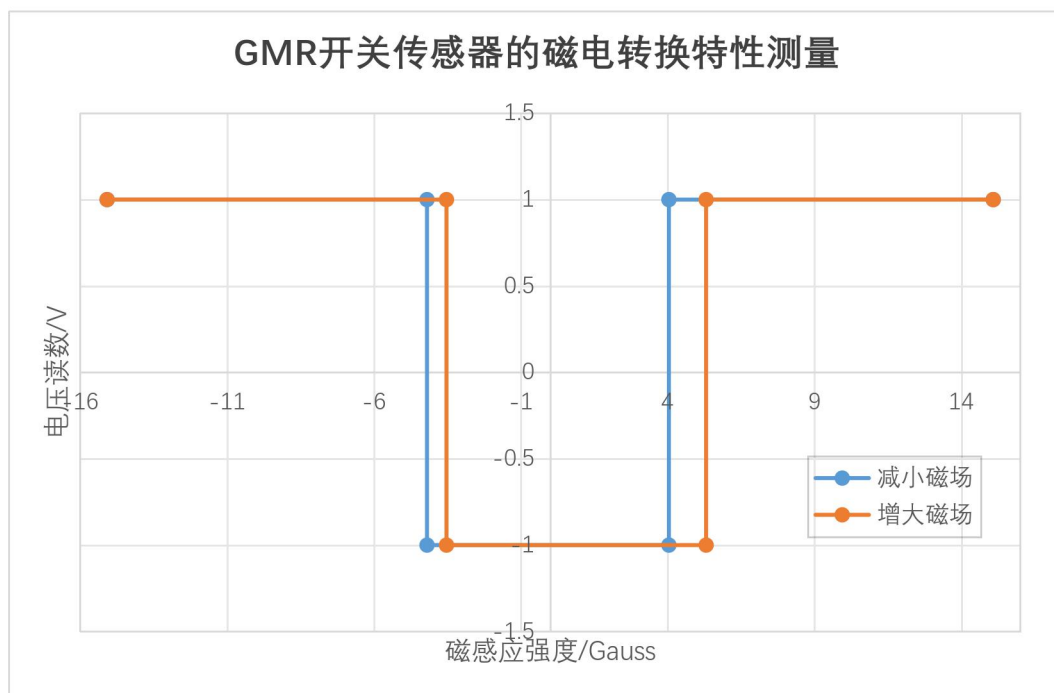
#### 2. GMR 磁阻特性测量

以磁感应强度  $B$  作横坐标，磁阻为纵坐标作出磁阻特性曲线。



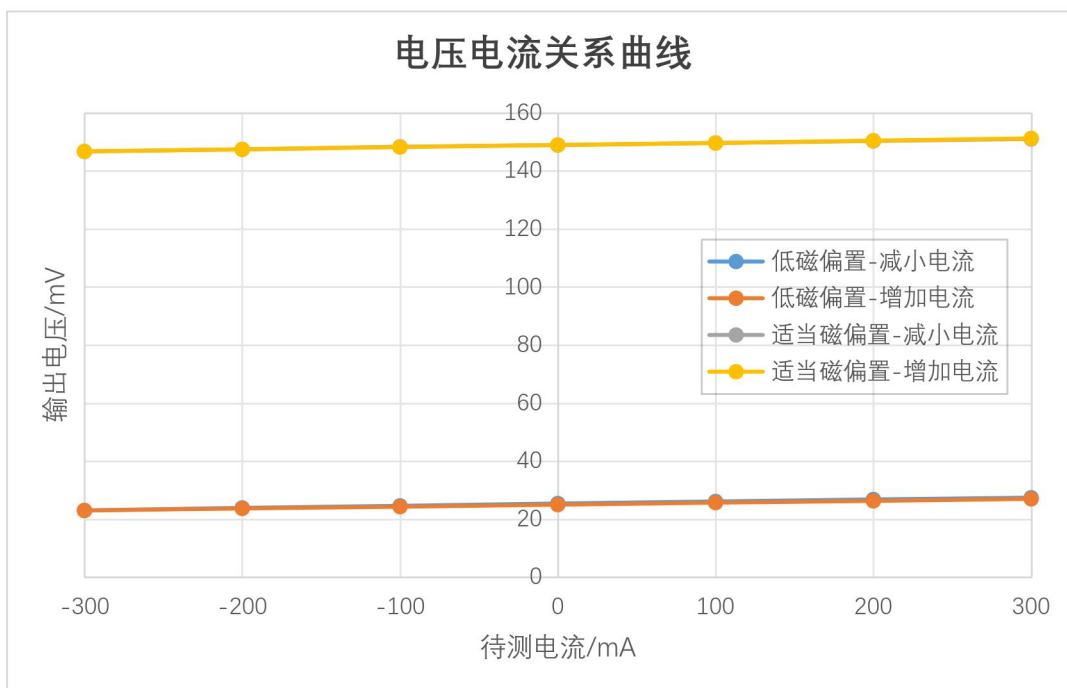
### 3.GMR 开关（数字）传感器的磁电转换特性曲线测量

以磁感应强度  $B$  作横坐标，电压读数为纵坐标做出开关传感器的磁电转换特性曲线。



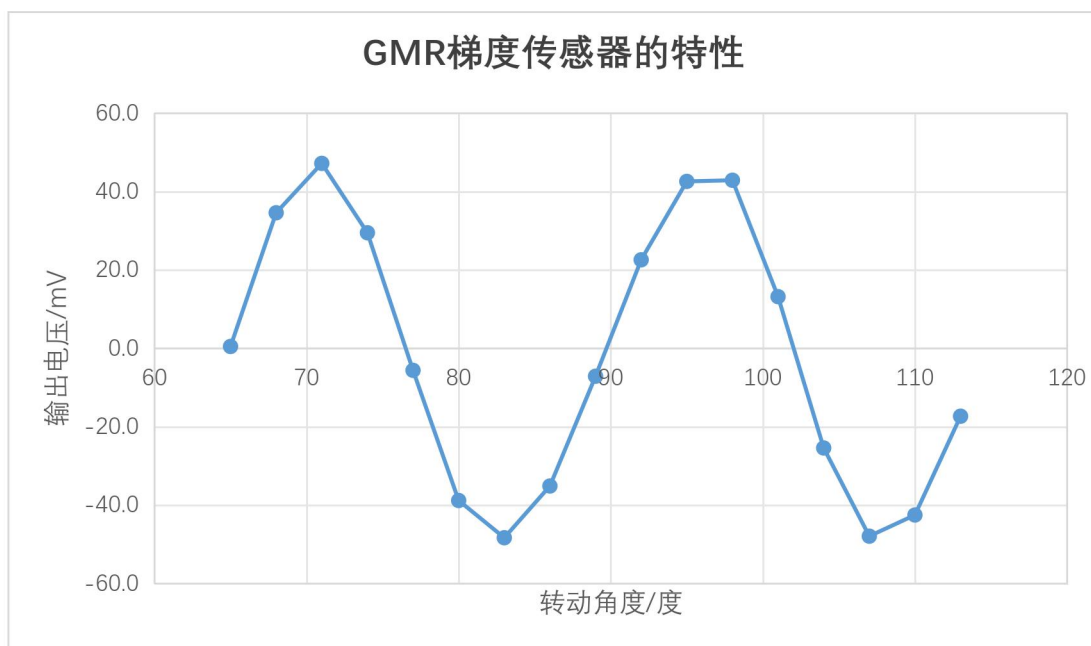
### 4.用 GMR 模拟传感器测量电流

以电流读数作横坐标，电压表的读数为纵坐标作图，分别做出低磁偏置和适当磁偏置条件下电流增大和减小的关系曲线（4条）。



### 5.GMR 梯度传感器的特性及应用

测量转动角度和输出电压的关系曲线。



### 6.磁记录与读出

记录二进制数字的写入与读出表。

## 四. 实验结论及现象分析

- ①在实验一中，当外磁场改变时， $R_1$ 、 $R_2$  的阻值也会随之改变，进而使输出电压改变。在一定范围内输出电压随着外磁感应强度的绝对值增大而增大。
- ②在实验二中，当磁感应强度改变时，回路中的电流大小也会发生变化，进而可以计算出磁阻。在一定范围内磁阻随着磁感应强度的绝对值增大而减小。
- ③在实验三中，当磁感应强度的绝对值从低增加到一定值时，开关打开，输出高电平；当磁场强度的绝对值从高减小到一定值时，开关关闭，输出低电平。
- ④在实验四中，待测电流与输出电压近似成线性关系。
- ⑤在实验五中，当磁场存在梯度时，各 GMR 电阻感受到的磁场不同，磁阻变化不同，产生电压信号输出。通过转动齿轮，得到输出电压的变化情况，由图表得角度改变 24 度，电压变化一个周期。
- ⑥在实验六中，写入数据后，读出数据，可以得到与写入数据相对应的高低电平。

## 五. 讨论题

1. 在磁阻特性测量实验中, 为什么增加磁场和减小磁场获得的曲线不重合?

主要原因是磁滞现象。磁滞现象是指材料的磁化强度在磁场增大和减小时不沿同一路径变化的现象。磁性材料在磁场作用下的磁化过程并非即时反应, 而是存在一定的滞后性。当磁场增大时, 磁性颗粒的磁化方向需要一定的时间才能与磁场方向对齐; 同样, 当磁场减小时, 磁性颗粒的磁化方向也需要一定的时间才能回到原来的状态。因此, 增加磁场和减小磁场时得到的磁阻曲线不会完全重合。

2. 不同磁偏置影响电流测量灵敏度的原因是什么?

主要是因为GMR模拟传感器在一定的磁场范围内, 其输出电压与磁场强度成线性关系。磁偏置就是在测量前给传感器预先施加一个固定已知的磁场。适当的磁偏置可以使GMR传感器工作在其最佳线性区, 从而提高测量精度和灵敏度。如果磁偏置过大或过小, 可能会使GMR传感器偏离其最佳线性区, 导致测量精度和灵敏度降低。