

班级 自动化 7 班 学号 姓名 彭尚品 教师签字

实验日期 2024/4/20 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.

2. 巨磁阻效应产生的机制是什么?

巨磁阻效应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,它产生于层状的磁性薄膜结构.该结构是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,载流子的自旋有关的散射最小,材料有最小的电阻.当铁磁层的磁矩为反平行时,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 线圈密度 24000 匝/米

磁感应强度 B/Gauss		输出电压 U_{out}/mV	
励磁电流 I_M/mA	磁感应强度 B/Gauss	减小磁场	增大磁场
100	30.159264	257	255
90	27.1433376	256	254
80	24.1274112	255	251
70	21.1114848	250	246
60	18.0955584	238	225
50	15.079632	213	198
40	12.0637056	181	160
30	9.0477792	140	121
20	6.0318528	99	81
10	3.0159264	58	41
5	1.5079632	32	14
0	0	18	16
-5	-1.5079632	7	37
-10	-3.0159264	40	60
-20	-6.0318528	77	98
-30	-9.0477792	118	138
-40	-12.0637056	155	180
-50	-15.079632	198	215
-60	-18.0955584	220	236
-70	-21.1114848	248	249
-80	-24.1274112	253	253
-90	-27.1433376	255	255
-100	-30.159264	256	256

2. GMR 磁阻特性测量

表 2 GMR 磁阻特性的测量

磁感应强度 B/Gauss		磁阻 R/Ω			
磁阻两端电压: 4V		减小磁场		增大磁场	
励磁电流 I_M/mA	磁感应强度 B/Gauss	磁阻电流 I_R/mA	磁阻 R/Ω	磁阻电流 I_R/mA	磁阻 R/Ω
100	30.159264	1.740	1.74	1.739	1.739
90	27.1433376	1.740	1.74	1.738	1.738
80	24.1274112	1.739	1.739	1.736	1.736
70	21.1114848	1.735	1.735	1.733	1.733
60	18.0955584	1.726	1.726	1.715	1.715
50	15.079632	1.695	1.695	1.687	1.687
40	12.0637056	1.679	1.679	1.657	1.657
30	9.0477792	1.642	1.642	1.620	1.62
20	6.0318528	1.606	1.606	1.588	1.588
10	3.0159264	1.570	1.57	1.554	1.554
5	1.5079632	1.553	1.553	1.532	1.532
0	0	1.536	1.536	1.536	1.536
-5	-1.5079632	1.527	1.527	1.552	1.552
-10	-3.0159264	1.561	1.561	1.571	1.571
-20	-6.0318528	1.587	1.587	1.606	1.606
-30	-9.0477792	1.620	1.62	1.643	1.643
-40	-12.0637056	1.662	1.662	1.674	1.674
-50	-15.079632	1.688	1.688	1.703	1.703
-60	-18.0955584	1.714	1.714	1.727	1.727
-70	-21.1114848	1.733	1.733	1.734	1.734
-80	-24.1274112	1.736	1.736	1.738	1.738
-90	-27.1433376	1.738	1.738	1.739	1.739
-100	-30.159264	1.739	1.739	1.739	1.739

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=1V 低电平=-1V

减小磁场			增大磁场		
开关动作	励磁电流 I_M/mA	磁感应强度 B/Gauss	开关动作	励磁电流 I_M/mA	磁感应强度 B/Gauss
关	9.3	2.804812	关	-9.2	-2.774652
开	-13.9	-4.192138	开	13.6	4.101660

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/mA			300	200	100	0	-100	-200	-300
输出 电压 /mV	低磁偏置 (约 25mV)	减小电流	28.7	27.3	25.9	24.6	23.0	21.5	20.1
		增加电流	28.6	27.2	25.7	24.2	22.8	21.4	20.0
	适当磁偏置 (约 150mV)	减小电流	155.3	153.7	152.1	150.4	148.7	147.2	145.5
		增加电流	155.2	153.7	152.0	150.3	148.6	146.9	145.5

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	66	69	72	75	78	81	84	87	90	93	96	99	102	105	108	111	114
输出电压/mV	0.4	34.2	54.2	43.3	-11.5	-47.3	-57.0	-29.8	-1.5	27.6	51.4	34.3	-13.9	-40.0	-55.5	-39.2	-6.3

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	170							
二进制数字	1	0	1	0	1	0	1	0
磁卡区域号	1	2	3	4	5	6	7	8
读出电平/V	1.960	0.003	1.960	0.003	1.960	0.003	1.960	0.003

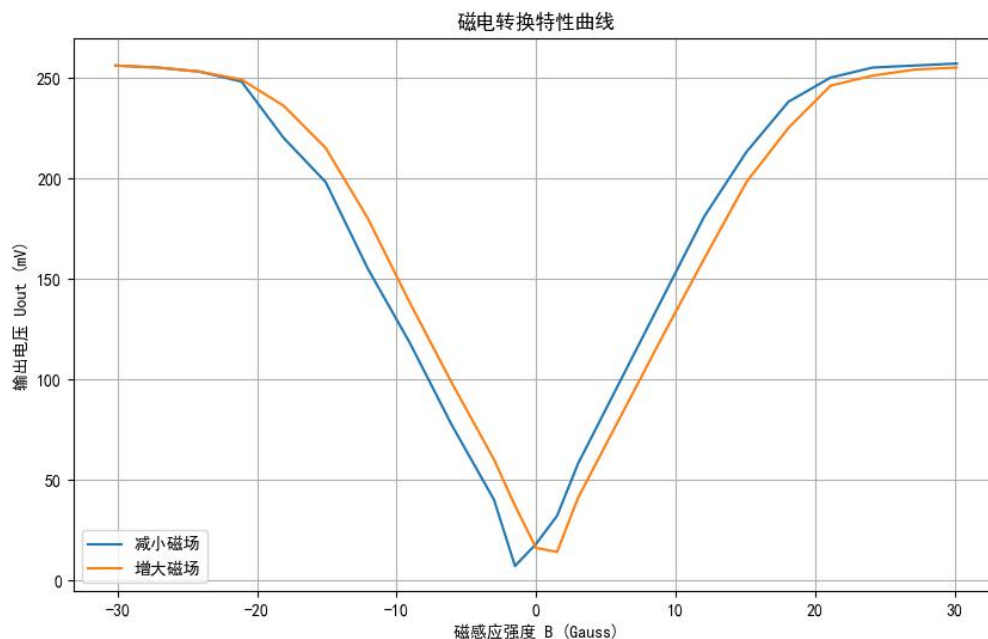
教师	姓名
签字	陈晓林

三. 数据处理

1. GMR 模拟传感器的磁电转换特性测量

根据螺线管上标明的线圈密度 24000 匝/m, 由 $B=\mu_0 nI$ 计算出螺线管内的磁感应强度 B 。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。

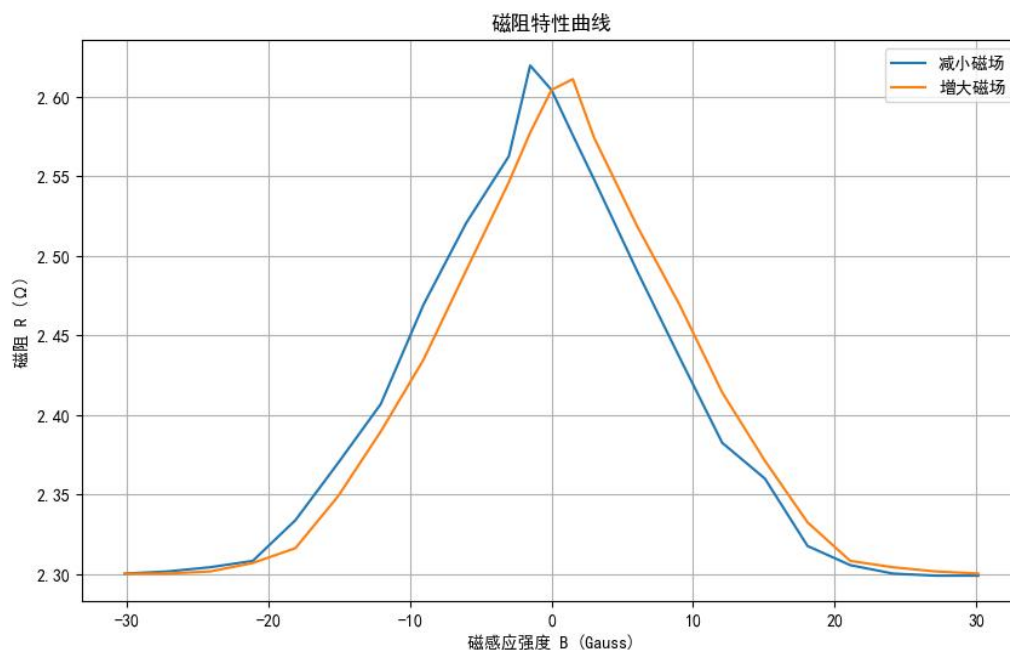
答: 磁感应强度 B 见上表, 曲线如图:



2. GMR 磁阻特性测量

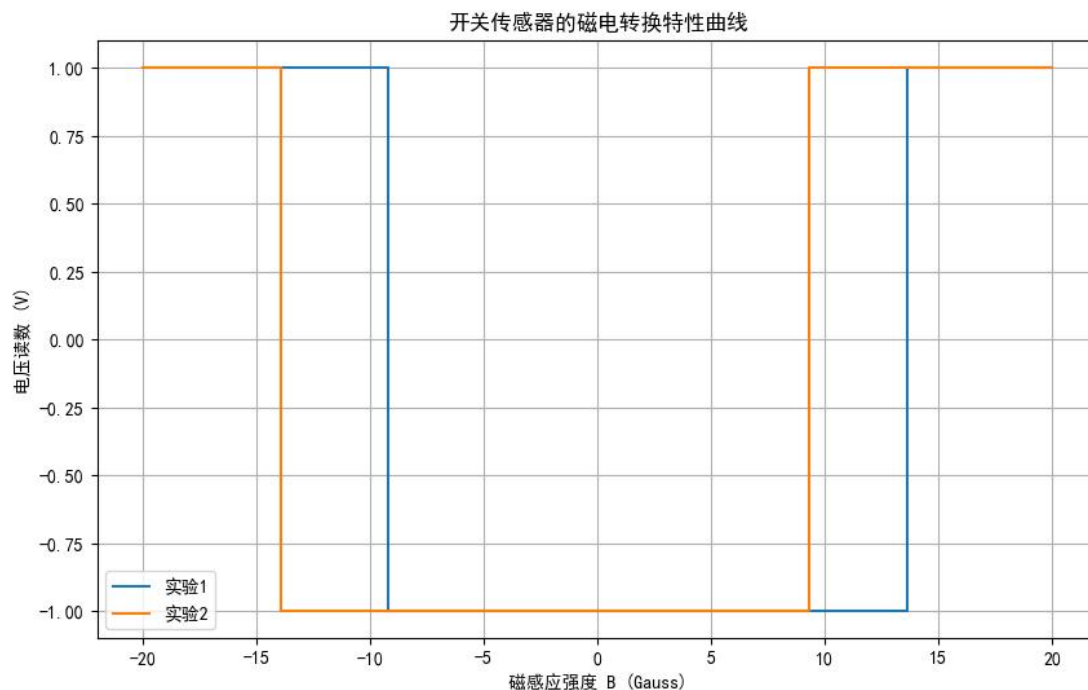
以磁感应强度 B 作横坐标, 磁阻为纵坐标作出磁阻特性曲线。

答: 磁感应强度 B 见上表, 曲线如图:



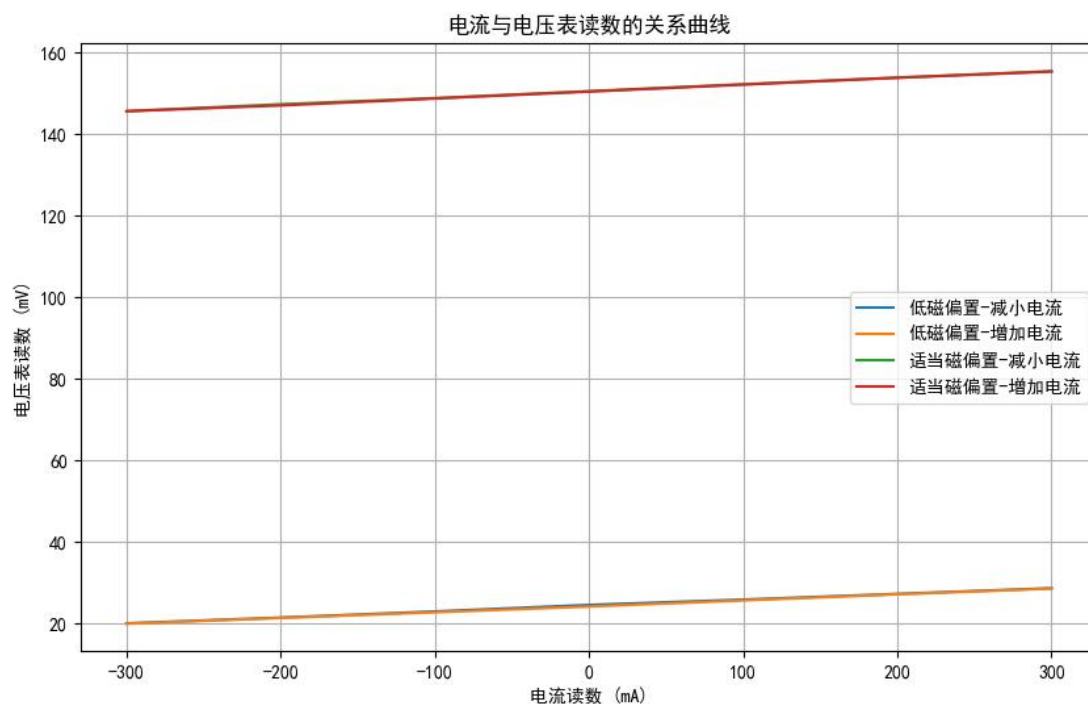
3. GMR 开关（数字）传感器的磁电转换特性曲线测量

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。



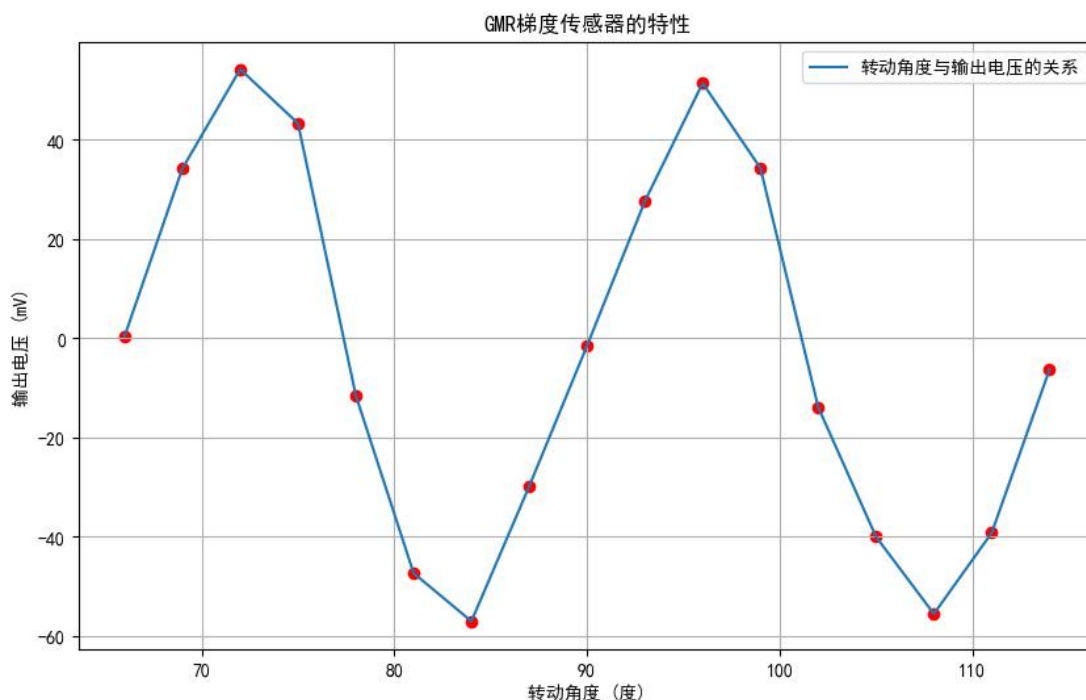
4. 用 GMR 模拟传感器测量电流

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。



可见周期性：转动 48 度齿轮转过 2 齿，输出电压变化 2 个周期。

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

答：（1）在 GMR 模拟传感器的磁电转换特性测量实验中，可以观察到当外磁场改变时，R1、R2 的阻值也会随之改变，导致输出电压发生变化。通过图表，可以看出在一定范围内外磁场强度的绝对值增大时，输出电压会增大。

（2）在 GMR 磁阻特性测量中，可以看到当磁场强度改变时，回路中的电流大小也会发生变化，进而可以计算出磁阻。通过图表，可以看出在一定范围内磁感应强度的绝对值越大，磁阻越小。

（3）在 GMR 开关（数字）传感器的磁电转换特性曲线测量中，可以看到当磁场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）在用 GMR 模拟传感器测量电流的实验中，可以看到当待测电流改变时，输出电压也会发生变化。通过图表，可以看出电流与输出电压之间的线性关系。

（5）在 GMR 梯度传感器的特性及应用中，可以看到当磁场存在一定的梯度时，各 GMR

电阻感受到的磁场不同，磁阻变化不一样，就会有信号输出。通过转动齿轮，可以看到输出电压的变化情况及其周期性，转动 48 度齿轮转过 2 齿，输出电压变化 2 个周期。

(6) 在磁记录与读出的实验中，可以看到在写入数据后，通过读出数据，可以得到与写入数据相对应的电压。

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？

2. 不同磁偏置影响电流测量灵敏度的原因是什么？

答：1、在磁阻特性测量实验中，增加磁场和减小磁场获得的曲线不重合的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。