



巨磁阻效应实验



- 了解GMR效应的原理，掌握GMR传感器原理及其特性
- 学习GMR传感器的定标方法并测量其灵敏度
- 测量GMR传感器灵敏度系数随磁场方向、工作电压之间的变化规律



- 1988年 法国科学家**阿尔贝·费尔**和德国科学家**彼得·格林贝格尔**各自独立发现巨磁电阻效应
- 1994年，IMB公司研制成功了巨磁阻效应的读出磁头将磁盘记录密度提高了**17**倍
- 1995年，IMB公司宣布制成了每平方英寸**3 GB**硬盘面密度所用的读出头，创下世界纪录
- 2007年，阿尔贝·费尔和彼得·格林贝格尔共同获得该年度的**诺贝尔**

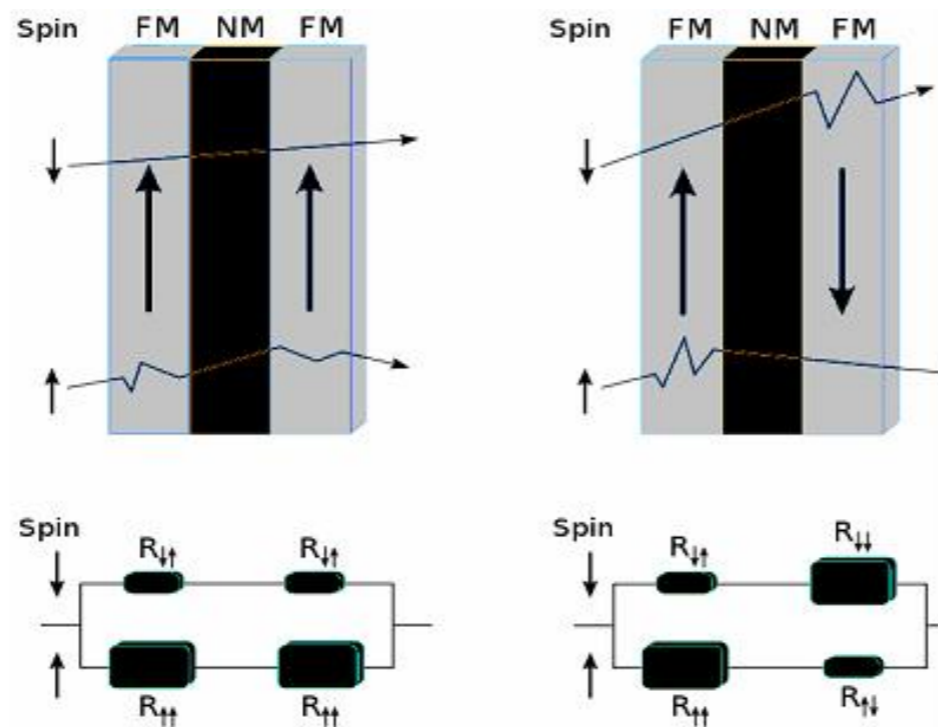
物理学奖

诺贝尔奖委员会说明：“这是一次好心导致的发现，但其随后的应用却是革命性的，因为它使计算机硬盘的容量从几百兆，几千兆，一跃而提高几百倍，达到几百G乃至上千G。”



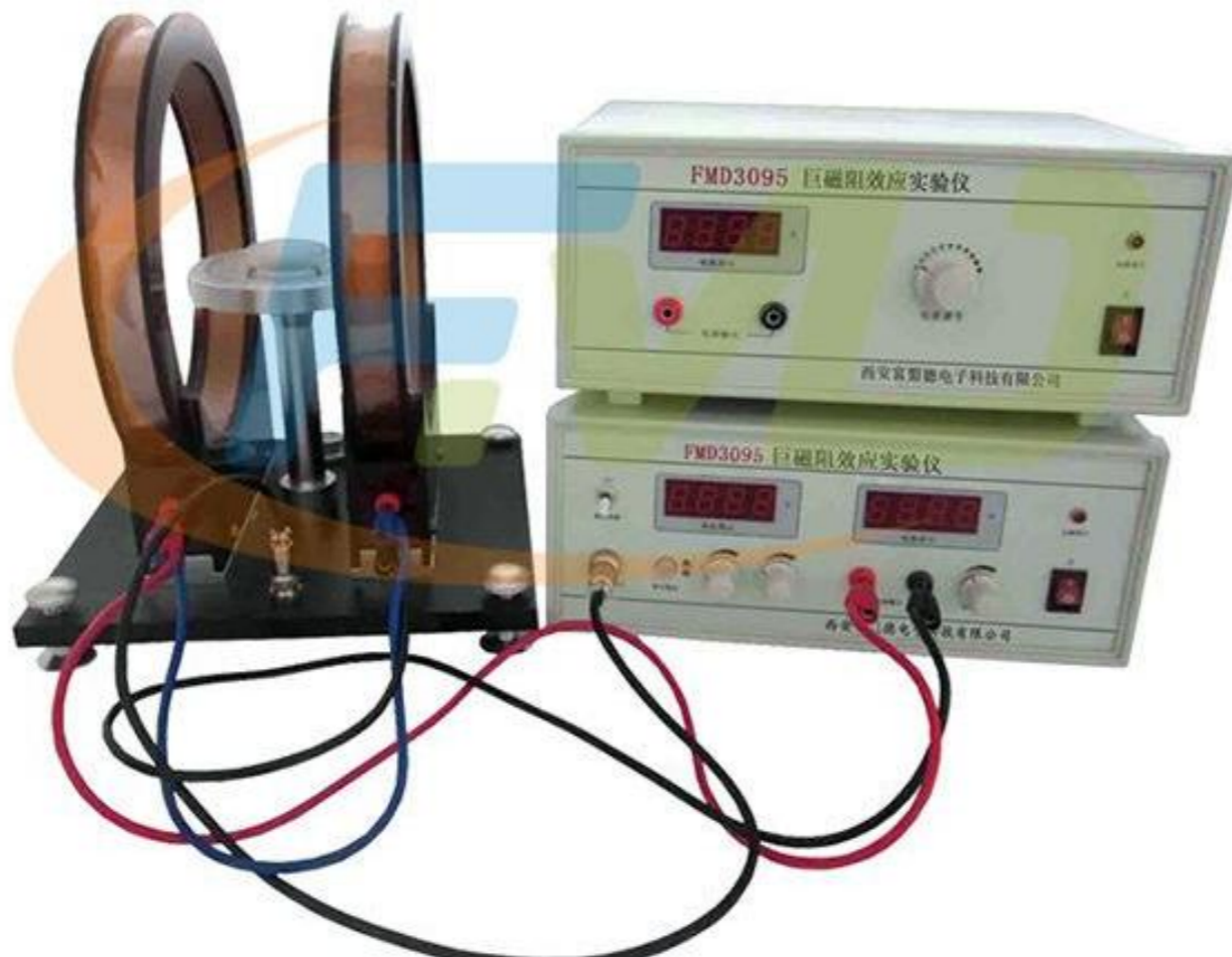


- 巨磁阻效应 (Giant Magnetoresistance) 是指磁性材料的电阻率在有外磁场作用时较之无外磁场作用时存在**巨大变化**的现象。
- 巨磁阻是一种**量子力学效应**，它产生于层状的磁性薄膜结构这种结构是由**铁磁材料**和**非铁磁材料**薄层交替叠合而成。
- 当铁磁层的磁矩相互平行时，载流子与自旋有关的散射最小材料有最小的电阻
- 当铁磁层的磁矩为反平行时，与自旋有关的散射最强，材料的电阻最大

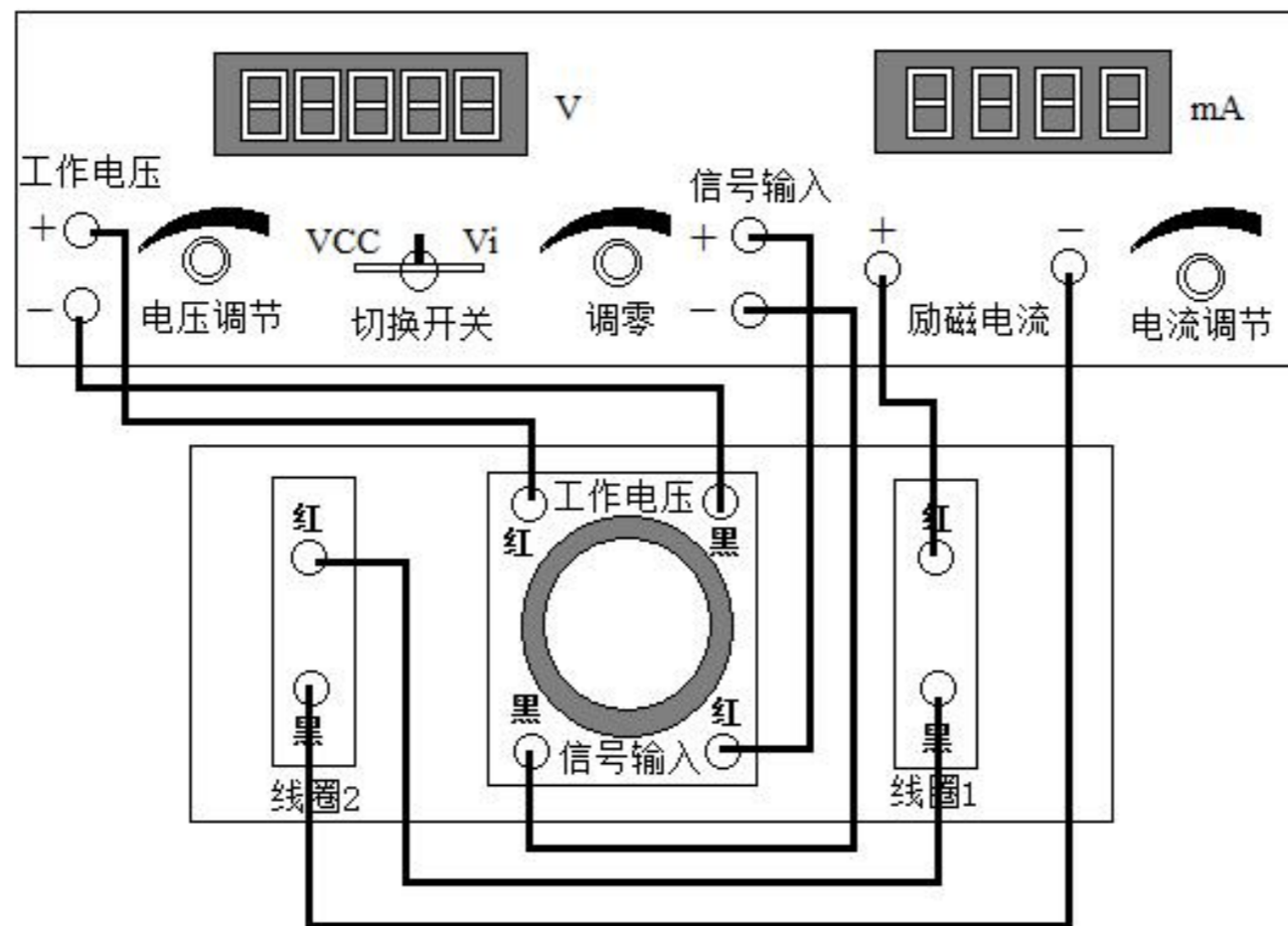


注：FM（灰色）表示磁性材料，NM（黑色）表示非磁性材料。磁性材料中的箭头表示磁化方向；Spin的箭头表示通过的电子的自旋方向；R为电阻，较小表示电阻值小，较大表示电阻值大

巨磁阻效应原理结构图



巨磁阻效应实验仪，亥姆霍兹线圈（ $R=110\text{mm}$ ， $N=500$ 匝），导线等。



巨磁阻效应实验仪结构示意图



1. 如图所示，将所有旋钮按照面板上的方向标示调到最小位置。将可移动线圈2移动并固定在110mm (R) 处后，按照面板标示连接所有的信号线。检查无误后，再开启电源。
2. 将传感器转盘的角度刻度转到 0° 。将“切换开关”放置在工作电压“ V_{cc} ”处，调节“电压调节”旋钮，将传感器的“工作电压”调到5.000V，将“励磁电流”调至300mA。
3. 静置3分钟后，先将“励磁电流”调节到0mA，再将“输入信号”调零。
注：由于磁敏电阻存在磁滞效应，如果在测量之前没有将传感器的磁敏电阻单方向磁化，它的零磁场电势会随着磁场的变化而产生漂移，但漂移到一定值会饱和。此时在零磁场调零，在单方向磁场测量就不会再漂移了。
4. 将“切换开关”放置在“ V_i ”端。调节并记录“励磁电流”，从0mA调节到300mA（间隔10mA）的过程中传感器的所有电压输出值。



6. 以亥姆霍兹线圈磁感应强度 $B \rightarrow$ (励磁电流为 $0 \sim 300\text{mA}$)横坐标, 传感器输出电压 V_i 为纵坐标, 在坐标纸上绘制传感器的磁场电压输出曲线。

7. 根据所绘画曲线, 利用图解法分别计算在正向磁场和反向磁场的作用下, 在传递函数的线性范围内的传感器的灵敏度 S 。注: 在本实验中的巨磁电阻的传递函数处于的线性范围区间时, 磁感应强度应为励磁电流为 $0 \sim 200\text{mA}$ 时的磁感应强度。

$$S_{\text{正向}} = (\Delta U_{\text{输出}}) / (\Delta B \times V_{\text{CC}}) \times 100\% = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Gauss}^{-1})$$

$$S_{\text{反向}} = (\Delta U_{\text{输出}}) / (\Delta B \times V_{\text{CC}}) \times 100\% = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Gauss}^{-1})$$

实验内容和步骤



正向磁场			反向磁场		
励磁电流/mA	磁感应强度/Guss	输出电压 V_i	励磁电流/mA	磁感应强度/Guss	输出电压 V_i
0			0		
10			10		
20			20		
30			30		
40			40		
50			50		
60			60		
70			70		
80			80		
90			90		
100			100		
110			110		
120			120		
130			130		
140			140		
150			150		
160			160		
170			170		
180			180		
190			190		
200			200		
210			210		
220			220		
230			230		
240			240		
250			250		
260			260		
270			270		
280			280		
290			290		
300			300		



1. 将传感器转盘的角度刻度转到 0° 。将“切换开关”放置在工作电压“ V_{CC} ”处，调节“电压调节”旋钮，将传感器的“工作电压”调到5.000V，将“励磁电流”调至300mA。
2. 静置3分钟后，将“励磁电流”调节到0mA，再将“输入信号”调零。
3. 将“励磁电流”调节到100mA。顺时针旋转巨磁阻元件，间隔 10° ，分别记录在 15° 、 30° …… 90° 时，传感器的输出电压值。
4. 用灵敏度系数的定义 $S = (\Delta U_{\text{输出}}) / (\Delta B \times V_{CC}) \times 100\%$ 和理论公式 $S(\theta) = S(0) \cos \theta$ 两种方法，分别计算出不同角度所对应的传感器的灵敏度，分析两种结论之间的相对误差。

转动角度/度	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
输出电压/mV									
$S = \frac{\Delta U_{\text{输出}}}{\Delta B \times V_{CC}} \times 100\%$									
$S(\theta) = S(0) \cos \theta$									



1. 将传感器转盘的角度刻度转到 0° 。将“切换开关”放置在“V_{cc}”处，调节“电压调节”旋钮，将传感器的“工作电压”调到5.000V，将“励磁电流”调至300mA。
2. 静置3分钟后，将“励磁电流”调节到0mA，再将“输入信号”调零。
3. 将“励磁电流”调节到100mA。自拟表格，依次记录“工作电压”为5.000V、6.000V、…、9.000V时，传感器的输出电压。（注意：每次改变巨磁阻工作电压后，传感器输出要重新调零）
4. 计算出传感器在不同工作电压下的灵敏度，并绘制“灵敏度与工作电压的关系曲线”，分析数据并得出结论。



使用磁性传感器时，应尽量避免铁质材料和可疑产生磁性的材料在传感器附近出现。

我们的实验是自己产生磁场并进行测量，注意相互间距离，即仪器之间的磁串扰。



- 1、磁阻效应是怎样产生的？
- 2、不同的磁场强度时，磁阻传感器的电阻值与磁感应强度关系有何变化？
- 3、磁阻传感器的电阻值与磁场的极性和方向有何关系？
- 4、你能解释在低频交流磁场激励下，励磁信号和磁阻传感器输出信号构成的李萨如图形如“蝴蝶”的原因吗？