



Olimpíadas de Física 2019

Problema Experimental 2

Magnetoressistência Gigante



Magnetoressistência Gigante (10 pontos)

Material:

- fonte de alimentação
- bobina com 400 espiras
- sensor magnetoressistivo
- 2 multímetros
- fios de ligação
- bússola
- pilha de 9 V
- suporte para pilhas de 1,5V
- 4 pilhas de 1,5 V
- régua
- papel milimétrico

Descrição

A magnetoressistência é a dependência da resistência elétrica de um condutor da intensidade do campo magnético aplicado. A magnetoressistência é dada pela seguinte expressão

$$\delta(B) = \frac{R(B) - R(0)}{R(0)} \quad (1)$$

onde $R(B)$ é a resistência do condutor num campo magnético de intensidade B e $R(0)$ a sua resistência em campo nulo. A maior parte dos bons condutores, como os metais, apresentam uma magnetoressistência pequena, ou seja, a sua resistência varia pouco com o campo magnético. No entanto, nalguns materiais especiais a magnetoressistência pode tomar valores muito elevados, dando-se a este fenómeno o nome de *magnetoressistência gigante* (Giant Magnetoresistance, GMR), descoberta realizada pelos Físicos Albert Fert e Peter Grünberg que foram, por isso, agraciados com o prémio Nobel da Física em 2007.

Uma das aplicações da GMR é em sensores magnéticos como o indicado na fig. 1. Tipicamente estes sensores consistem em 4 elementos magnetoressistivos semelhantes ligados numa configuração de ponte de Wheatstone, como mostra a fig 1.b). Nesta figura os elementos magnetoressistivos são indicados pelas letras a , b , c e d . Destes 4 elementos, dois estão blindados por forma a não serem influenciados pelo campo magnético. A ponte é alimentada pelos contactos 4 e 8, e o sinal do sensor é a diferença de potencial medida entre os pinos 1 e 5. Na ausência de campo magnético, as resistências dos 4 elementos são semelhantes e a ponte está praticamente equilibrada, resultando num sinal nulo ou muito pequeno aos terminais 1,5. Quando se aplica o campo magnético, os dois elementos magnetoressistivos que não estão blindados alteram a sua resistência e a ponte fica desequilibrada, resultando numa diferença de potencial entre os contactos 1,5.

O objetivo desta experiência é o de caracterizar um sensor GMR comercial, usando como fonte de campo magnético uma bobina circular.

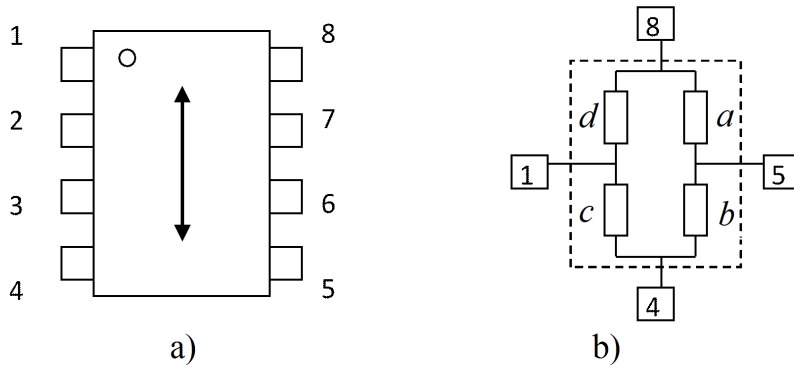


Figure 1: Sensor magnetoresistivo. a) O sensor está encapsulado num *chip* com 8 pinos, sendo a alimentação efetuada por uma tensão contínua entre os pinos 4 e 8. O sinal (tensão) é medido entre os pinos 1 e 5. Os outros pinos estão desativados. b) Esquema interno do sensor, onde se mostra a configuração em ponte de Wheatstone dos elementos magnetoresistivos *a*, *b*, *c* e *d*. A resistência de cada um dos quatro elementos é semelhante em campo nulo e dois deles estão blindados da ação do campo magnético, pelo que a sua resistência não varia sob a ação do campo magnético. A dupla seta indicada em a) representa a direção de sensibilidade máxima do sensor, que deverá ser paralela ao campo magnético que se pretende medir.

Advertências

1. O sensor que vai utilizar é um elemento frágil. Manipule-o com cuidado.
2. É seguro aplicar qualquer tensão a qualquer dos pinos (em qualquer polaridade) desde que não se exceda o valor de $\pm 9\text{ V}$.
3. Afaste da experiência qualquer objeto sensível a campos magnéticos tais como cartões bancários ou outros com informação codificada em faixas magnéticas.
4. Tenha cuidado na manipulação da fonte de alimentação de modo a não exceder a corrente máxima suportada pelos multímetros.

Execução

Caracterização da bobina

Monte a experiência de acordo com a descrição acima e a figura 1, tendo o cuidado de orientar a bobina por forma a que o seu eixo esteja orientado na direção Oeste-Este, para minimizar o efeito do campo magnético terrestre sobre o sensor. Coloque o sensor magnetoresistivo no centro da bobina, com o eixo de maior sensibilidade magnética paralelo ao eixo da bobina. Use um pouco de plasticina para fixar o sensor ao suporte plástico que passa pelo centro da bobina.

- | | |
|---|--------------|
| <p>A. O campo magnético no centro de uma bobina circular de raio r pode ser escrito na forma $B = k(r)I$, onde I é a intensidade da corrente na bobina. Determine $k(r)$ e o seu valor numérico para a bobina usada nesta prova.</p> | <p>0.5pt</p> |
|---|--------------|

**Caracterização dos elementos magnetoresistivos**

B.	Esboce num diagrama um método para determinar as resistências dos elementos a , b , c e d em campo nulo. Realize as medidas necessárias e os cálculos que conduzem aos valores das resistências a partir das medidas que efetuou.	1.0pt
C.	Repita o item anterior, mas com a corrente $I = 1,0 A$, de modo a ter o sensor sob a ação de um campo magnético intenso.	0.5pt
D.	Identifique quais dos elementos resistivos do sensor, a , b , c e d , são sensíveis ao campo magnético.	0.5pt
E.	Escolha um desses elementos resistivos e faça medidas que lhe permitam determinar a magnetoresistência $\delta(B)$ desse elemento para um conjunto de valores desde $B = 0$ até ao campo máximo ($I = 1,0A$). Represente os dados num gráfico.	1.5pt
F.	Determine o coeficiente $\alpha = \frac{\Delta\delta(B)}{\Delta B}$ para o elemento resistivo que estudou, na região onde $\delta(B)$ depende fortemente do campo.	1.0pt

Estudo do sensor magnético GMR

Aplice aos pinos 8 e 4 uma tensão de alimentação de 6 V (use o conjunto de 4 pilhas de 1,5 V). Ligue os pinos de saída do sensor 1,5 a um multímetro no modo de voltímetro.

G.	Meça o sinal do sensor em função do campo magnético. Para o efeito comece por colocar a corrente máxima (1,0 A) na bobina e reduza gradualmente o valor da corrente até zero, registando numa tabela os pares de valores (I, V_s), onde V_s é o sinal do sensor medido no voltímetro. Quando atingir a corrente zero, inverta a polaridade da alimentação da bobina, e faça medidas desde $I = 0$ até $I = -1,0 A$. Volte a diminuir a corrente até ao zero, realizando medidas. Inverta de novo a polaridade, e meça valores até atingir a corrente máxima. No final coloque a corrente a zero.	1.5pt
H.	Represente os resultados num gráfico. Indique nesse gráfico as regiões onde a sinal do sensor varia linearmente com o campo, e as regiões onde o sinal do sensor já não varia com o campo (saturação).	1.5pt
I.	Mostre que o sensor apresenta alguma histerese e determine a coercividade do sensor (campo magnético que é necessário aplicar ao sensor, depois de ele estar sujeito a um campo intenso, para dar um sinal nulo).	1.0pt
J.	Determine a sensibilidade do sensor, $\beta = \frac{\Delta V_s}{\Delta B}$, na região linear.	1.0pt