

## DESARROLLO DE UN SENSOR DE POSICIÓN BASADO EN EL FENÓMENO DEMAGNETOIMPEDANCIA GIGANTE

V.H. Valencia, A. Rosales-Rivera, M. Gómez, C. Pérez y D. Coral.

*Laboratorio de Magnetismo y Materiales Avanzados*

*Universidad Nacional de Colombia Sede Manizale*

*(Recibido 13 de Sep.2005; Aceptado 10 de Mar. 2006; Publicado 16 de Jun. 2006)*

### RESUMEN

Se presenta un prototipo de un sensor de campo magnético basado en el fenómeno de magnetoimpedancia gigante (MIG), adaptado para detectar la posición ó el movimiento de una pieza según la aplicación. Se utilizó para el desarrollo del sensor, una cinta amorfa de composición  $\text{Fe}_{67.5}\text{Cr}_8\text{Nb}_3\text{Cu}_1\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$  de 5 cm de largo por 2 mm de ancho como elemento MIG. Para obtener la respuesta de GMI y del voltaje AC respecto al campo magnético DC externo en el sensor, se utilizó un sistema para medir la Magnetoimpedancia desarrollado por el grupo de Magnetismo y Materiales Avanzados de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

**Palabras claves:** sensor, magnetoimpedancia gigante, implementación

### ABSTRACT

A prototype of a magnetic field sensor based on (GMI) giant magneto-impedance is presented, these is adapted to locate the position and the movement of a magnetic sample. An amorphous magnetic ribbon  $\text{Fe}_{67.5}\text{Cr}_8\text{Nb}_3\text{Cu}_1\text{Si}_{13.5}\text{B}_9$  of 5 cm long and 2 mm wide is used as a GMI element for the development of the system, to obtain GMI response and AC voltage respect to a external DC magnetic field, A magneto-impedance measure system developed by the GMMMA of the Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales is also used.

**Keywords:** sensor, giant magnetoimpedancia, implementation.

### 1. Introducción

En la última década los fenómenos de magneto transporte se han tornado un tópico de alto interés científico y tecnológico. Este interés surgió debido al descubrimiento de los fenómenos de magnetorresistencia gigante (MRG) en multicapas, magnetorresistencia colosal (MRC) en manganitas y la magnetoimpedancia gigante (MIG) en aleaciones magnéticamente blandas en forma de hilos, cintas, películas y multicapas, en el estado amorfo, nanocristalino y cristalino [1]. Existen diferentes aplicaciones tecnológicas, principalmente en el área de la sensórica y de grabación magnética basadas en los anteriores fenómenos [2].

En este trabajo se aplica el fenómeno de MIG en el desarrollo de un sensor de campo magnético; se consideran las características experimentales adecuadas para obtener una respuesta óptima del sensor, así como las posibles aplicaciones del dispositivo desarrollado en la industria.

### 2. Fundamento Teórico

El efecto de magneto-impedancia gigante, GMI, observado en materiales ferromagnéticos blandos, consiste en una gran variación de la impedancia alterna AC,  $Z = R + iX$  (donde R es la resistencia o parte real y X es la reactancia o parte imaginaria), cuando a través de una muestra del material se hace pasar una corriente eléctrica AC de magnitud ( $I_{ac}$ ) y frecuencia (f) en presencia de un campo magnético dc, H. Usualmente, la razón de cambio en la magneto-impedancia gigante, es definida de la siguiente manera [3]:

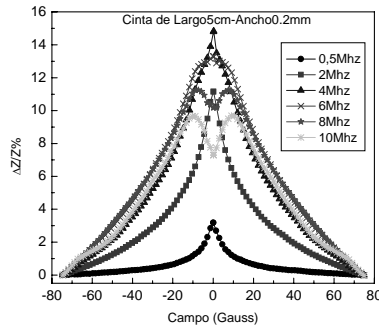
$$\frac{\Delta Z}{Z} = \frac{[Z(H) - Z(H_{max})]}{Z(H_{max})} \times 100 \tag{1}$$

donde  $|Z|$  es el módulo de la impedancia,  $|Z|^2 = R^2 + X^2$ , y  $H_{max}$  es el campo en el que el material se considera magnéticamente saturado. Se han reportado razones de cambio de hasta 600% a frecuencias alrededor de 1 MHz para campos máximos del orden de 100 Oe; además, sensibilidades de campo máximo hasta de 500% /Oe se han logrado en la región de campo bajo (típicamente menores que 5 Oe). Esto lleva a que los materiales que presentan GMI sean apropiados para aplicaciones en sensores.

### 3. Detalles Experimentales

Para el desarrollo del sensor, se utilizó una cinta amorfa de composición  $Fe_{67.5}Cr_8Nb_3Cu_1Si_{13.5}B_9$  de 5 cm de largo por 2 mm de ancho como elemento MIG.

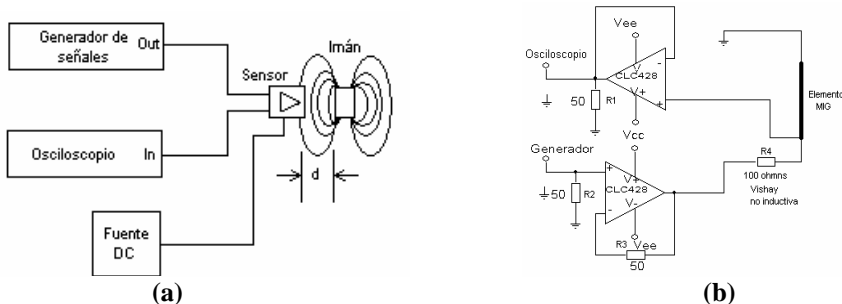
Se fabricaron varias cintas por el método de “melt spinnig” variando la concentración de Fe y Cr. Para todas las mediciones se aplicó a la muestra una corriente a campo  $H_0 = 0$  de  $I_{RMS} \approx 1mA$  en un rango de frecuencia de 0.5 - 20 MHz. Para seleccionar la cinta que mejor responde al fenómeno se realizaron medidas de la impedancia total ( $\Delta Z/Z$ ) de la cinta cuando esta es sometida a un campo magnético [4], ver figura 1.



**Figura No.1** Medidas de ( $\Delta Z/Z$ ) a diferentes frecuencias y campos para la cinta  $Fe_{67.5}Cr_8Nb_3Cu_1Si_{13.5}B_9$

Los contactos se realizaron con soldadura de estaño, limpiados antes con acetona. Para obtener la respuesta de MIG y de la variación del voltaje AC respecto al campo magnético DC externo en el sensor, se generó una corriente AC a lo largo de la cinta (aproximadamente entre 10 y 20 mA rms dependiendo de la impedancia del elemento MIG), con este propósito se usó un generador de señales Stanford Research Systems modelo DS345. Las medidas de voltaje en la muestra se hicieron por medio del osciloscopio Fluke 192, el campo magnético aplicado en la

cinta se generó utilizando cinco imanes permanentes de NdFeB en forma de disco de 5 mm de diámetro por 2 mm de ancho y con un campo de 300 G a  $d = 0$  cms, y para medir la distancia se utilizó una regla métrica plástica convencional. En la figura 2a se presenta el diagrama del sistema.



**Figura No. 2.** (a) Diagrama del sistema de medida desarrollado para hacer las pruebas al sensor de posición, (b) Diagrama electrónico del sensor de posición

En la figura 2b se ilustra el diagrama electrónico del sensor de posición implementado basado en el efecto de MIG. Los amplificadores operacionales National Instruments CLC428 utilizados, se configuraron en modo de retroalimentación no inversora de voltaje y un factor de amplificación de 1, y se usan para el acople de impedancias con el generador de señales y el osciloscopio. La resistencia Vishay/Dale PTF56 de 100  $\Omega$  a 1/8 W, no inductiva y con una tolerancia de precisión del 0.05 %, es utilizada para formar un circuito serie con la cinta (elemento MIG), y así poder medir las variaciones de voltaje en la cinta, producto del cambio de la impedancia en la cinta por efecto de un campo magnético DC externo.

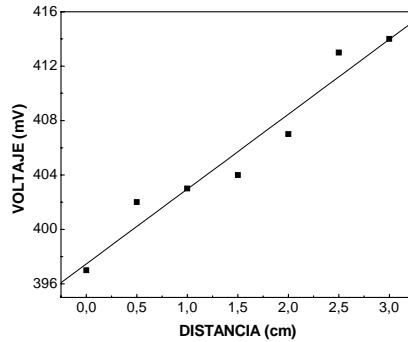
#### 4. Resultados y Discusiones

En la figura 3 se ilustra el comportamiento de  $V$  vs  $H_0$  de la cinta utilizada en el sensor de posición, la cual fue sometida a una corriente AC a campo de  $H_0 = 0G$  de 20 mA y 20 mVrms. Cinco imanes permanentes que generan un campo de 300 G fueron posicionados cerca del sensor y el voltaje de respuesta  $V$  fue monitoreado como una función de la distancia entre el elemento MIG y el imán permanente.

Las medidas se tomaron cada 0.5cm desde 0cm hasta 3cm, los imanes se desplazaron esa distancia y para cada punto se anotó el valor del voltaje entregado por el osciloscopio (voltaje AC que recorre la cinta). Debido a la dispersión de las medidas se usó el método de mínimos cuadrados para lograr una mejor aproximación. La ecuación de la recta es:

$$V = 5.5X + 397.46 \quad (2)$$

La anterior ecuación nos permite concluir que el error cometido al realizar las medidas es de 0.26% debido principalmente al tipo de contacto de la cinta con los terminales del circuito amplificador.



**Figura No. 3.** Comportamiento de la cinta magnética de composición  $Fe_{67,5}Cr_8Nb_3Cu_1Si_{13,5}B_9$  al ser sometida a un campo magnético DC de 300G a diferentes distancias.

### 5. Conclusiones

La aplicación de un campo magnético DC produjo un cambio significativo en el voltaje que pasa por la cinta, lo cual permite observar el fenómeno de magnetoimpedancia gigante (MIG), y aplicar este principio al desarrollo del sensor de posición.

La variación del voltaje en la cinta debida a la presencia de un campo magnético DC, varia linealmente con la distancia, a campo 0G el valor de voltaje que recorre la cinta es máximo (419mV) y a un campo de 300G a 0cm el voltaje mínimo (397mV). Este comportamiento lineal permite analizar un cambio de voltaje entre 419 mV y 397 mV como un cambio de posición del objeto; el objeto se aleja o se acerca al sensor.

El porcentaje de error del 0.26% significa que el sistema es confiable, con las mejoras en los contactos y utilizando aparatos de medición con mas precisión se esperaría que este porcentaje baje y lograr ya no un sensor de posición si no un sensor de precisión.

**Agradecimientos.** Los autores agradecen a la Dirección de Investigaciones de Manizales *DI-MA*, de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Manizales, al Dr. M. Vázquez del ICMM, Madrid, España, por el apoyo brindado a nuestro grupo.

### Referencias

- [1] F. L. Machado. *Magnetoimpedancia Gigante*. III Escola Brasileira de Magnetismo Jorge André Swieca, Porto Alegre (2001), p. 24-1.
- [2] H. Hauser, L. Graus and P. Ripka. *IEEE Instrumentation and Measurement Magazine*. June 2001, p. 28 - 32.
- [3] M. Vázquez, J. Magn. Magn. Matter; 226-230 (2001) 693-699; M. Knobel, M. Vázquez, and L. Kraus, "Giant Magnetoimpedance" en prensa.
- [4] V.H Valencia. *Estudio del Efecto de Magnetoimpedancia Gigante MIG, en Cintas Amorfas de Composición  $Fe_{73,5-x}Cr_xNb_3Cu_1Si_{13,5}B_9$ , con  $0 \leq x \leq 10$* , Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 2004.