

**Medida de Magnetoresistencia en la Manganita  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$** **Measurement of magnetoresistance in manganite  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$** **Darío Fernando Fajardo Fajardo<sup>1</sup>, Jenny Alejandra Mera Córdoba<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Electrónica, Centro de Investigación en Materiales, Grupo de Instrumentación y Sistemas Inteligentes, Universidad de Nariño San Juan de Pasto

<sup>2</sup>Grupo de Materiales Cerámicos, Centro de Investigación en Materiales, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto

**Resumen**

Se describe la implementación del sistema de medida de magnetoresistencia con base en el método de cuatro puntas para determinar la resistividad eléctrica y su correspondiente variación ante la presencia de un campo magnético paralelo o antiparalelo al flujo de corriente, este campo es generado por un imán permanente controlando su intensidad mediante la distancia a la cual se acerca y la resistividad se registra mediante el multímetro DMM4065 para temperatura ambiente. Se analizan los efectos de los contactos, la rotación de los puntos de inyección de corriente y el registro de voltaje, el efecto de Lorentz provocado por el campo magnético terrestre y la precisión de las medidas. Se realiza la medida de magnetoresistencia en la manganita magnetorresistiva  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$ , describiendo además la preparación por el método sol-gel de este compuesto.

**Palabras claves:** magnetoresistencia, método de las cuatro puntas

**Abstract**

It describes the implementation of magnetoresistance measurement system base on the four-probe method to determine the electrical resistivity and a corresponding variation in the presence of a magnetic field parallel or anti-parallel to current flow, this magnetic field is generated with permanent magnet controlling its intensity by the distance at which the resistivity is close and is recorded by the DMM4065 multimeter at room temperature. We analyze the effects of the contacts, the rotations of the current injection and voltage recording, the effect Lorentz caused by Earth's magnetic field and accuracy of the measurements. The measure of magnetoresistance in manganite  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$  also describing the compound preparation by sol-gel method.

**Keywords:** magnetoresistance, four-probe method.

Para citar este artículo: Fajardo Fajardo DF, Mera Córdoba JA. Medida de Magnetoresistencia en la Manganita  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$ . Bistua. 2011;9(2):39-42

+Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de separatas: Darío Fernando Fajardo Fajardo, Universidad de Nariño, Ciudad Universitaria Torobajo [dario@udenar.edu.co](mailto:dario@udenar.edu.co).

Recibido: Septiembre 02 de 2010

Aceptado: Abril 30 de 2011

## Introducción

El fenómeno de magnetorresistencia es la dependencia de la resistividad eléctrica de un material ante la presencia de un campo magnético externo. Cuantitativamente la magnetorresistencia se define como la variación en porcentaje de la resistividad en presencia de un campo magnético  $H$  respecto a la resistividad en ausencia de campo  $H_0$  ( $H=0$ ).

$$MR(H) = \frac{\rho(H) - \rho(H_0)}{\rho(H_0)} \times 100\% \quad (1)$$

Esta propiedad ha sido de gran interés tecnológico por las aplicaciones reales que tienen estos materiales en sensores y dispositivos de grabación magnética (Pillai, 2008; Fajardo et al, 2005).

Inicialmente en este trabajo se desarrolla el sistema básico para medir la resistividad de un material mediante el método de las cuatro puntas de Van der Paw (Sanchez, 2001) el cual establece que la resistividad eléctrica  $\rho$  de un material en forma de lámina circular de espesor  $d$  y radio  $r$  (siendo  $d \ll r$ ) está dada por:

$$\rho = \frac{\pi d}{\ln 2} \times R_{MN,OP} \quad (2)$$

Donde  $R_{MN,OP}$  representa la resistencia equivalente al inyectar una corriente  $i$  por dos de los terminales o contactos M y N, ( $i_{MN}$ ) y medir la diferencia de potencial  $v$  en los dos terminales opuestos O y P ( $v_{OP}$ ) como se indica en la figura 1. Para reducir el error en la medida ocasionado por la asimetría de los contactos al centro de gravedad los contactos son alternados entre si en cuatro formas diferentes y luego sus medida es promediada (Fajardo et al, 2005; Obando, 2007).

Las manganitas  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  son conocidas por presentar el efecto magnetorresistivo cercano a temperatura ambiente, su estudio es muy amplio y son de interés científico y tecnológico actualmente (Wen et al, 2005, Xinde, 2007).

## 2. Detalles Experimentales

En la síntesis de  $La_{1-x}Sr_xMnO_3$  ( $x=0.35$ ) por el método de Pechini (Coffman et al, 1994) inicialmente se somete a agitación la mezcla de ácido cítrico y etilenglicol en la proporción 4: 1 y agua a 80°C por 30 minutos. Posteriormente se adicionan los precursores en forma de nitratos así:  $Sr(NO_3)_2$  Sigma Aldrich 99%,  $Mn(NO_3)_2 \cdot 4 H_2O$  Merck 98.5% y  $La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$  Sigma Aldrich 99.99% en la proporción 1:1 (citrato: catión) creándose una fuerte ebullición debido a la generación de  $NO_2$  y agua. Seguidamente se lleva el pH a 5 con la adición de amoníaco. Una vez obtenida la esterificación a 140°C en mufla y la eliminación total del agua la solución se seca a 180°C eliminándose el exceso de etilenglicol liberado en las etapas de polimerización y

oligomerización. El sólido obtenido es molido y calcinado a 250°C. Posteriormente la calcinación a 650°C permite estabilizar el sólido. Se realizó la difracción de rayos X para comprobar la correcta preparación del material en forma de polvo.

Este compuesto en forma de polvo es sometido a 6000psi de presión en un pastillero para que adopte la forma lámina circular de unos pocos milímetros de espesor y radio 0.5cm, sometiéndose durante 12 horas a 880°C. En puntos equidistantes entre sí y simétricos al origen (figura 1) se conectan los cuatro contactos M, N, O y P haciendo uso de tintura de plata conductora de baja resistividad (0.02~0.1 ohm/cm<sup>2</sup>). La corriente constante inyectada en los terminales M y N es de 1mA, esperando un tiempo de relajación de 500ms es registrada la diferencia de potencial en los terminales O y P, la inyección y el registro se hace mediante el multímetro NI-DMM4065, la lectura registrada por este instrumento corresponde a la resistencia equivalente  $R_{MN,OP}$  determinada por el cociente entre el voltaje medido y la corriente inyectada ( $R_{MN,OP} = v_{OP} / i_{MN}$ ), su resolución es de 100μΩ. Luego se adapta el montaje para observar el comportamiento de la resistividad eléctrica de este material en presencia de un campo magnético de intensidad cambiante. El campo magnético es aplicado paralela o antiparalelamente al flujo de corriente en la muestra (Terminales M y N) para eliminar cualquier efecto presente por la fuerza de Lorentz  $v \times B$  que lleve al registro de el efecto Hall (FAJARDO et al, 2005). La dirección de la corriente se selecciona en forma paralela al campo magnético terrestre para evitar el efecto de éste en la medida de resistividad, factor influyente en muestras con comportamiento metálico. La intensidad del campo magnético es modificada al variar la distancia de un magneto compuesto de Neodimio que se acerca a la muestra. Esta variación se logra mediante el acercamiento del rotor en forma tornillo sin fin de un motor paso a paso bipolar controlado por la tarjeta NI-USB6008 y el driver de potencia L293D con una resolución 0.107mm por paso aproximadamente. Este esquema se indica en la figura 2, sus componentes sin incluir los instrumentos de control y medida no superan las dimensiones de 15cm de altura, 5cm de ancho y 2cm de profundidad. La calibración del sistema se hace con el sensor de intensidad de campo magnético UGN3503 de uso comercial y resolución 1.3mV/G.

## 3. Resultados y Discusión

El difractograma del material en polvo (figura 6) muestra una correspondencia con la estructura de la manganita  $La_{0.65}Ca_{0.35}MnO_3$ .

41

El registro de la resistividad eléctrica a temperatura ambiente (23°C) de la muestra de prueba  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$  de forma cilíndrica, espesor 1mm y radio 1cm ante la presencia de un campo magnético externo variable se indica en la figura 3.

La dirección de la corriente es paralela a la dirección del campo externo.

La curva de calibración registrada con el sensor UGN3503 de sensibilidad 1.3mv/G y la muestra se indican en la parte superior e inferior respectivamente de la figura 4.

El registro de la curva de magnetorresistencia al aplicar la ecuación 1 se muestra en la figura 5, alcanzando su máxima variación de -0.27% a 70G a temperatura ambiente.

### Conclusiones y Recomendaciones

La magnetorresistencia de la manganita preparada  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$  es útil para aplicaciones tecnológicas a temperatura ambiente ante la presencia de no muy alta intensidad de un campo magnético.

El sistema desarrollado permite medir el efecto de la magnetorresistencia con buena resolución y de forma confiable. Sus dimensiones y su fácil implementación permiten a este instrumento ser sometido en ambientes controlados de temperatura para observar su efecto sobre la medida de la magnetorresistencia.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Nariño, la financiación de este proyecto.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Coffman P. R. and S. K. Dey. J. of Sol-Gel Science and Technology, vol: 1, 1994. P. 1019-1022.

Fajardo Darío, Fabián Jurado, Andrés Rosales. Implementación de la Técnica de Crecimiento de Materiales por Reacción de Estado Sólido. Manizales, 2005. Trabajo de grado (Magister en Ingeniería Automatización Industrial). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Electricidad, Electrónica y Computación.

Magnetotransport and magnetoresistive anisotropy in perovskite manganites PhD Tesis Department of Physics, University of Alberta, Alberta Canadá, Fall 2009

Obando Germán, Luis Torres, Omar Paredes. Caracterización y automatización de un electroiman según Weiss para la medida de magnetorresistencia en manganitas LSMO. San Juan de Pasto, 2007. Trabajo de grado (Ingeniero Electrónico).

Bistua 2011 Vol 9(2):39-42. Fajardo Fajardo DF et al. Medida de Magnetorresistencia en la Manganita  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$

Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería. Departamento de Electrónica.

Pillai S.Savitha, Structure, Magnetotransport Properties of Some Perovskite Manganites and Ruthenates. PhD Tesis Department of Physics, Indian Institute of Technology Madras, Chennai India, Mayo de 2008.

Sanchez Jorge, Sistema de Medida de la Resistividad a altas Temperaturas y su Aplicación a los Compuestos  $\text{U}_{1-x}\text{La}_x\text{Pt}$ . Trabajo para optar el título de Licenciado en Física. Universidad de Cantabria, Santander España, Marzo de 2001. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada.

Wen Duo-Yang, Shu-Hui Huang, Yen Hwei-Chang. Microstructure, magnetoresistance and electrical properties of  $\text{La}_{0.67}\text{Sr}_{0.33}\text{MnO}_3$  films synthesized from citric acid and ethylene glycol. Elsevier: Thin Solid Films. Vol. 478 (2005). Recibido enero 2004; Páginas 42-45.

Xinde Zhu, Shengli Li, Xiaojie Yang, Jie Qiu. Microstructures and electrical properties of  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$  films synthesized by sol-gel method. Elsevier: Applied Surface Science. Vol 254 (2007). Recibido enero 2007; Páginas 532-537.

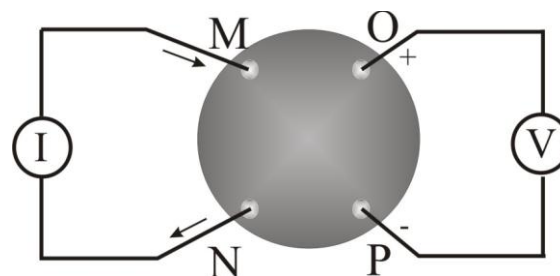
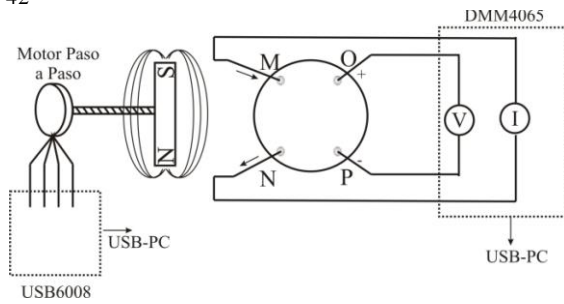
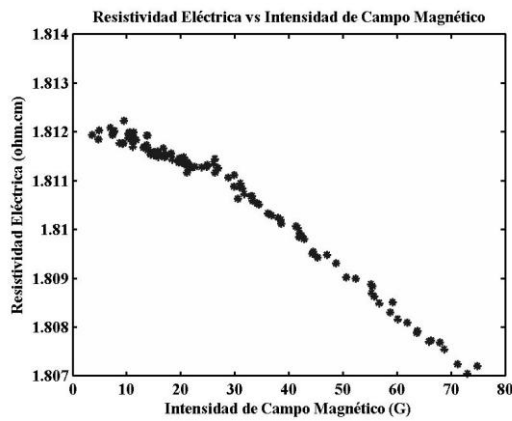


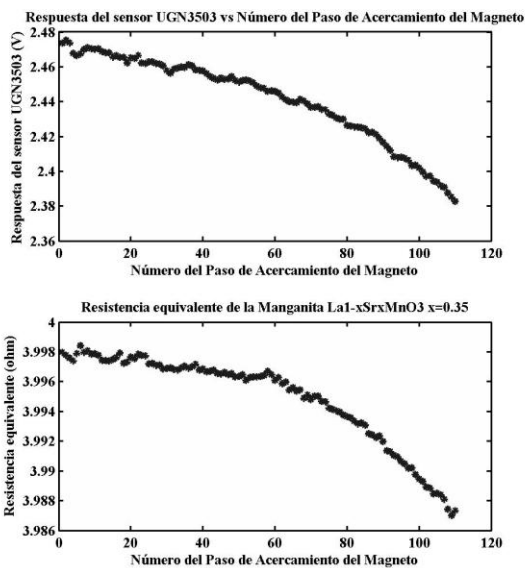
Fig. 1. Esquema del circuito para la medida de resistividad mediante el método de las cuatro puntas.



**Fig. 2.** Sistema de medida de la resistividad ante la presencia de un campo magnético paralelo externo.

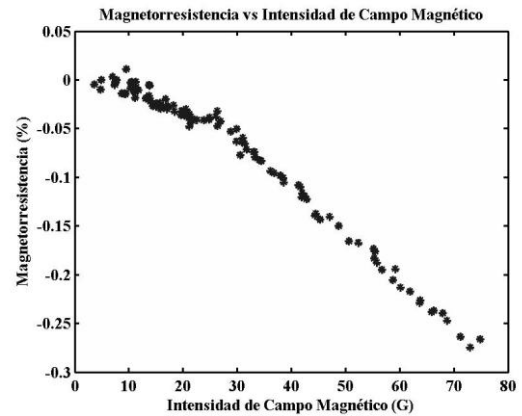


**Fig. 3.** Medida de la resistividad eléctrica ante la presencia de un campo magnético paralelo externo del compuesto  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$ , espesor 1 mm, radio 0.5cm.

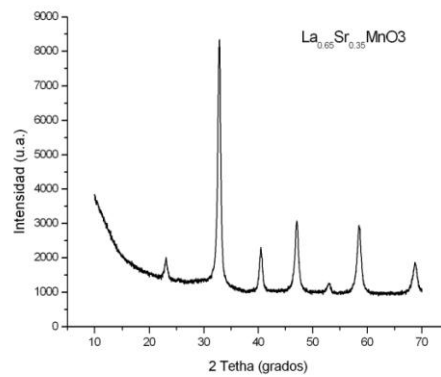


**Fig. 4.** Respuesta del sensor UGN3503 (arriba) y Resistencia equivalente RMNOP del compuesto

$\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$ , espesor 1 mm (abajo), ante la presencia de un campo magnético.



**Fig. 5.** Magnetorresistencia de la manganita  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$  de espesor 1mm vs Intensidad de campo magnético.



**Fig. 6.** DRX de la manganita  $\text{La}_{0.65}\text{Sr}_{0.35}\text{MnO}_3$