



Efecto del Contenido de Oxígeno en el Comportamiento Magnetorresistivo de Películas Delgadas de Óxidos de Vanadio

A. Guerrero¹, G. Bolaños¹, S. Gaona J.², J. Heiras³

¹ Grupo de Física de Bajas Temperaturas, Universidad del Cauca, Calle 5 No 4-70 Popayán, Colombia

² Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos, Universidad del Cauca, Calle 5 No 4-70 Popayán, Colombia

³ Centro de Ciencias de la Materia Condensada, Universidad Nacional Autónoma de México, c.p. 22860 Ensenada, Baja California.

Recibido 22 de Oct. 2007; Aceptado 3 de Mar. 2008; Publicado en línea 15 de Abr. 2008

Resumen

Se encontró magnetorresistencia positiva (PMR) en películas delgadas de óxidos de vanadio fabricadas mediante la técnica magnetron sputtering r.f. en una atmósfera de argón y oxígeno. El porcentaje de magnetorresistencia se incrementa con la disminución del flujo de oxígeno utilizado durante su fabricación, siendo máxima, alrededor del 16%, para la muestra crecida con menor flujo de oxígeno (0.3 sccm de O₂), cuando un campo magnético de 1.2 T es aplicado longitudinalmente y la muestra es medida a una temperatura de 50 K.

Palabras claves: magnetorresistencia positiva, óxidos de vanadio, magnetron sputtering r.f., películas delgadas.

Abstract

We have found positive magnetoresistance (PMR) in vanadium oxides thin films deposited by magnetron sputtering r.f. in an argon and oxygen atmosphere. The relative change in magnetoresistance increases as the oxygen flow decreases in the films deposition process. It reaches a maximum value around 16% when it is measured with a longitudinal applied magnetic field of 1.2 T and at a temperature of 50 K, in the thin film sample deposited with the lowest oxygen flow (0.3 sccm of O₂).

Key Words: positive magnetoresistance, vanadium oxides, magnetron sputtering r.f., thin films.

© 2008 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

Estudios realizados en los últimos años sobre el comportamiento magnético de diferentes materiales han revelado la existencia de muchos materiales que cambian su resistencia eléctrica con la presencia de campos magnéticos. Este fenómeno, conocido como magnetorresistencia, cuya aplicación tecnológica ha llevado a que el estudio e investigación alrededor de óxidos metálicos adquiera una gran importancia. Por otro lado, varios fenómenos físicos presentados por estos óxidos metálicos, entre los que se cuenta la transición metal – aislante, la superconductividad a alta temperatura y la magnetorresistencia colosal, hacen vigente su estudio e investigación. Es además interesante el hecho

de que pequeños cambios en parámetros tales como composición química y temperatura pueden modificar dramáticamente las propiedades físicas de estos compuestos. Un tipo de óxido metálico que presenta propiedades singulares, así como cambios drásticos en ellas, cuando se varían los parámetros mencionados, es la familia de los óxidos de vanadio. Por ejemplo, se ha encontrado que una pequeña variación en la cantidad de oxígeno en óxido de vanadio dispara sus efectos magnetorresistivos [1]. A la fecha son muy pocos los reportes que se tienen de magnetorresistencia en películas delgadas de óxidos de vanadio (V-O).

En este artículo se reporta una magnetorresistencia positiva en películas delgadas de óxidos de vanadio crecidas sobre

sustratos de vidrio. Las películas se crecieron a diferentes flujos de O_2 mediante la técnica magnetron sputtering r.f.

2. Metodología experimental

Películas delgadas de óxidos de vanadio se depositaron sobre sustratos de vidrio mediante la técnica magnetron sputtering r.f. empleando un blanco de vanadio puro. La presión de la cámara, la temperatura del sustrato y el tiempo de crecimiento permanecieron constantes a 9×10^{-3} mbar, $470^\circ C$ y 1 hora respectivamente. El flujo de oxígeno para el depósito de cada muestra se mantuvo constante. Sin embargo, para obtener varias muestras en diferentes ambientes de oxígeno, el flujo de este gas se varió desde 0.3 hasta 0.7 sccm (centímetro cúbico estandar por minuto). Las fases de las películas delgadas de óxidos de vanadio fueron determinadas usando difracción de rayos X.

La resistencia y la magnetorresistencia fueron medidas por el método estándar de “cuatro puntas”, utilizando como electrodos contactos de indio y empleando un sistema de adquisición de datos automático que permite incrementar la temperatura desde 50 K hasta 360 K y barrer el campo magnético aplicado desde 1.2 T hasta -1.2 T. Para las medidas de magnetorresistencia el campo magnético se aplicó en el plano de la película.

3. Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos por la técnica de difracción de rayos X muestran que a medida que disminuye el flujo de oxígeno en la fabricación de las películas delgadas desde 0.7 sccm hasta 0.5 sccm, se presenta un cambio en su composición química de la siguiente forma: $VO_2 \rightarrow VO_2 + V_2O_3 \rightarrow V_2O_3$. Vale la pena señalar que los resultados experimentales apuntan hacia el hecho de que a menor flujo de oxígeno se puede también hablar de menor contenido de oxígeno en las películas. En las muestras con 0.4 y 0.3 sccm de oxígeno sólo se observa V_2O_3 , como se puede ver en la Fig 1.

En la Fig. 2 se muestran medidas de magnetorresistencia (resistencia eléctrica en función del campo magnético aplicado) para muestras crecidas con diferentes flujos de oxígeno tomadas a una temperatura de 50 K. El porcentaje de cambio en la resistencia eléctrica debido a la aplicación de un campo magnético se calcula mediante la expresión [2]:

$$MR = \frac{R(H) - R_0}{R_0} * 100\% \quad (1)$$

En donde MR, $R(H)$ y R_0 representan el porcentaje de magnetorresistencia, la resistencia eléctrica a un campo magnético H dado y a campo cero, respectivamente. El porcentaje de magnetorresistencia es positivo cuando la resistencia eléctrica aumenta con el campo magnético,

razón por la que se le conoce como magnetorresistencia positiva (PMR). PMR ha sido observada en películas delgadas de Bi [3] y en calcogenidas de plata no estequiométricas [4].

En la Fig. 2 se observa una fuerte dependencia del porcentaje de magnetorresistencia con el contenido de oxígeno de las muestras, siendo mayor su efecto en la muestra con menor contenido de oxígeno (0.3 sccm de O_2), que alcanza un valor de magnetorresistencia de aproximadamente 16% a un campo magnético de 1.2 T aplicado longitudinalmente, de acuerdo con reportes de medidas de magnetorresistencia en monocristales de V_2O_3 [5,6].

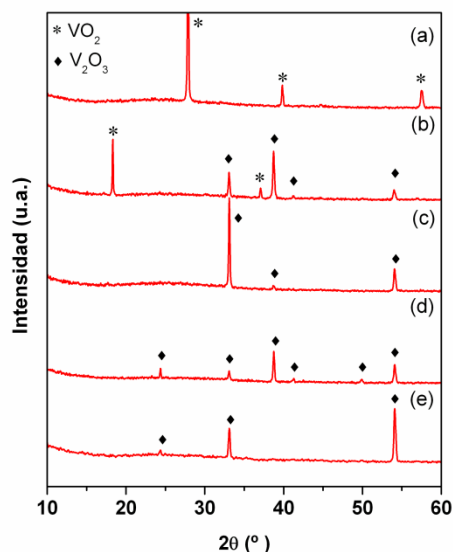


Fig.1 Patrones de difracción de rayos X para películas delgadas de óxidos de vanadio crecidas con diferentes flujos de O_2 (a) 0.7 sccm, (b) 0.6 sccm, (c) 0.5 sccm, (d) 0.4 sccm y (e) 0.3 sccm.

Para las muestras con mayor contenido de oxígeno, el porcentaje de magnetorresistencia va disminuyendo, alcanzando un valor de 1.2% para películas delgadas con 0.6 sccm de O_2 y es inobservable (menor que 0.01%) para aquellas crecidas con un flujo de 0.7 sccm de O_2 .

En las Fig. 2 y 3 se presenta el comportamiento de la magnetorresistencia en función del campo magnético aplicado para diferentes muestras correspondientes a diferentes flujos de O_2 así como para una muestra medida a diferentes temperaturas. En ambas figuras se observa un comportamiento simétrico de la magnetorresistencia tanto para campos magnéticos en dirección positiva como en dirección negativa desde 0 hasta 1.2T. Para las medidas del porcentaje de magnetorresistencia a diferentes temperaturas se encontró que con la disminución de la temperatura el porcentaje de magnetorresistencia aumenta, como se observa en la Fig. 3, para una muestra crecida con flujo de O_2 de 0.3 sccm y un campo longitudinal máximo de 1.2 T. Estas medidas también se realizaron en las muestras crecidas con

flujos de 0.4, 0.5 y 0.6 sccm de O_2 y se encontró que seguían un comportamiento similar al de la muestra con crecida con 0.3 sccm de O_2 .

4. Conclusiones

Se observó una magnetorresistencia positiva máxima del 16% medida a 50 K para un campo magnético longitudinal aplicado de 1.2 T en películas delgadas de óxidos de vanadio crecidas sobre vidrio mediante la técnica magnetron sputtering r.f. La magnetorresistencia depende fuertemente del flujo de oxígeno utilizado durante el crecimiento de la película, siendo máxima en las muestras con menor flujo de oxígeno, en donde se espera que los electrones tengan una mayor movilidad y así sean más susceptibles a sufrir el efecto del campo magnético externo. Además, el porcentaje de magnetorresistencia es mayor con la disminución de la temperatura ya que a bajas temperaturas los espines de los electrones están más ordenados de tal forma que al aplicar el campo magnético, éstos serán colectivamente más afectados por éste y por tanto el efecto magnetorresistivo aumenta.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Eloísa Aparicio del CCMC-UNAM por su apoyo en la caracterización estructural. Este trabajo fue financiado parcialmente por COLCIENCIAS bajo el proyecto "Fabricación y caracterización de películas delgadas de VO_2 ", con código 1103-05-13646 y el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales. Se agradece el apoyo otorgado por DGAPA-UNAM Proy. IN114207.

Referencias

- [1] Phys. Rev. B 68, 220403R (2003).
- [2] Sci. and Technol. of Adv. Mat. 6, 833 (2005).
- [3] Science 284, 1335 (1999).
- [4] J. Appl. Phys 96, 5619 (2004).
- [5] Physica B 230-232, 992 (1997).
- [6] Physica B 259-261, 851 (1999).

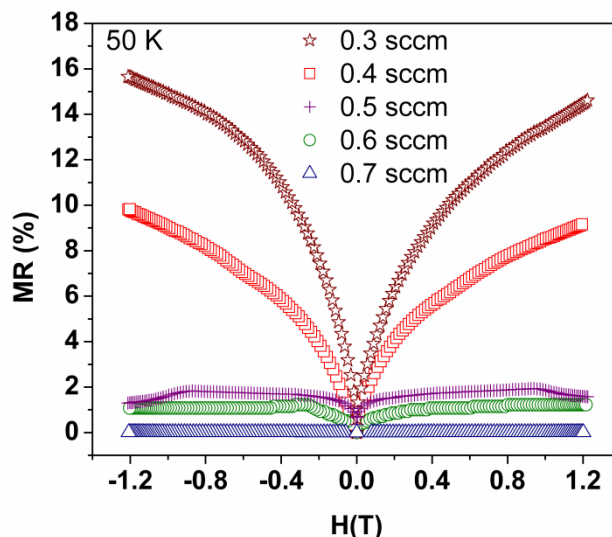


Fig.2 Magnetorresistencia de películas delgadas de V-O crecidas con diferentes flujos de oxígeno y medidas a una temperatura de 50 K.

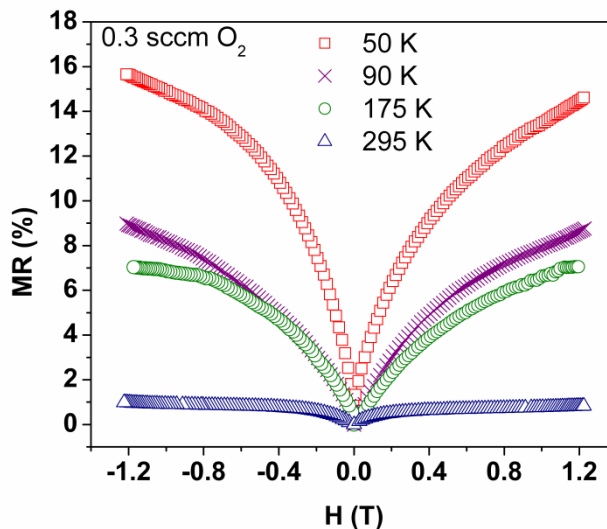


Fig.3 Magnetorresistencia a diferentes temperaturas de una película de V-O crecida con un flujo de 0.3 sccm de O_2 .