

INVESTIGACIÓN

Análisis Estructural por DRX Ne Películas Delgadas de Dióxido de Vanadio Crecidas en Diferentes Substratos por Magnetron Sputtering R.F.

J. J. Morales, G. Bolaños

Grupo FISBATEM, Departamento de Física, Universidad del Cauca, Calle 5No4-70 Popayán, Colombia

Recibido: 9 de Noviembre de 2007; Revisado: 15 de Enero de 2008; Aceptado: 27 de Mayo de 2008

Resumen— Se crecieron películas delgadas de Dióxido de Vanadio VO₂ utilizando un sistema Magnetron Sputtering R.F. a 13.56 MHz, sobre substratos de Zafiro c(0001), SrTiO₃ (100), Si (100) y vidrio. La temperatura del substrato durante el crecimiento se mantuvo constante a 480 °C. Las películas fueron fabricadas en atmósfera de Argón y Oxígeno a 9x10⁻³ mbar. Se observa el efecto del substrato sobre las propiedades eléctricas mediante medidas de resistencia eléctrica en función de la temperatura. Las películas presentan una transición de fase aislante-metal y una variación de la resistencia de 3 órdenes de magnitud a 68 °C. Por análisis DRX se encontró que las muestras depositadas sobre substratos de zafiro presentan mejor orientación en el crecimiento.

Palabras Clave: Resistencia eléctrica, películas delgadas, transiciones de fase y magnetron sputtering R.F.

Abstract— We have grown VO₂ thin films by R.F Magnetron Sputtering at 13.56MHz on Sapphire c(0001), SrTiO₃ (100), Si (100) and glass substrates. The substrate temperature was kept at 480°C during the deposition process. The films were grown in argon and oxygen atmosphere at 9x10⁻³ mbar. Electrical resistance as a function of temperature measurements, shows the substrate effects on electrical properties and a semiconductor to metallic phase transition with electrical resistance changes as large as 10³ at 68 °C. By XRD analysis was found that the deposited samples on sapphire's substrates present better orientation in the growth.

Keywords: : Electrical resistance, thin films, phase transition and magnetron sputtering R.F.

I. INTRODUCCIÓN

L Aunque el Dióxido de Vanadio fue descubierto hace más de 50 años[1], aun no se ha encontrado una teoría que permita entender completamente su comportamiento, especialmente la transición aislante-metal (MIT), la cual se evidencia en cambios abruptos en la resistividad eléctrica y la transmitancia IR, experimentada a una temperatura crítica (T_c) alrededor de 68 °C. La teoría se hace más compleja debido a que el comportamiento eléctrico y óptico de las películas delgadas de VO₂ depende fuertemente del material sobre el cual se depositan debido a la cristalinidad, ordenamiento, adherencia y tensiones mecánicas en la interfase.

La estequiometría y la cristalinidad de las películas dependen fuertemente de los parámetros de crecimiento: presión, potencia, temperatura del substrato, porcentajes de Oxígeno, distancia blanco-

substrato .Un pequeño cambio en las condiciones de crecimiento puede provocar una gran variación en las propiedades físicas, estructurales y morfológicas finales de las películas.[2]

El estudio del efecto del substrato sobre las propiedades físicas, estructurales y morfológicas de las películas delgadas de VO₂ toma una gran importancia desde el punto de vista ingenieril, puesto que la comprensión de este efecto es fundamental para la fabricación de dispositivos electro-ópticos, que están dentro de los nuevos intereses tecnológicos.

En este trabajo se presenta el crecimiento y caracterización eléctrica de películas delgadas de VO₂ depositadas sobre substratos de Zafiro c(0001), SrTiO₃ (100), Si (100) y vidrio utilizando la técnica de Magnetron Sputtering. Se presenta la caracterización eléctrica mediante medidas de resistencia en función de la temperatura y análisis estructural mediante medidas de DRX.

II. FABRICACIÓN DE PELÍCULAS DELGADAS DE VO₂.

A. Metodología Experimental

Películas delgadas de Dióxido de Vanadio (VO₂) se crecieron por el método de Magnetron Sputtering a 13.56 MHz a partir de un blanco de Vanadio metálico sobre substratos de Zafiro c(0001), SrTiO₃ (100), Si (100) y vidrio. El blanco se coloca en el cañón de radio frecuencia, a una potencia de 55 Watts, una distancia 2.8 cm del blanco sobre un soporte, donde se encuentra un horno, que permite controlar la temperatura del substrato desde la temperatura ambiente hasta 1000 °C.

El crecimiento se realizó en una atmósfera compuesta por una mezcla de Argón y Oxígeno con una proporción en flujo de masa de 80 % y 20 % respectivamente, a una presión total en la cámara de 9 x 10⁻³ mbar, el substrato se mantuvo a una temperatura de 480 °C durante una hora de de crecimiento, posteriormente se realizó un recocido *in situ* durante 15 minutos conservando la temperatura del substrato, la mezcla de gases y la presión en la cámara.

La caracterización eléctrica se realizó por el método de las cuatro puntas utilizando como electrodos de contacto indio y la muestra fue colocada en un porta muestras en un horno que permite variar la temperatura desde temperatura ambiente hasta 100°C. Los datos son adquiridos automáticamente por el computador mediante tarjeta GPIB utilizando un programa realizado en Labview. Mediante medidas de difracción de rayos X se analizó el crecimiento estructural de las muestras.

III. RESULTADOS

La figura 1 muestra la caracterización eléctrica mediante medidas de resistencia en función de la temperatura (calentando y enfriando) para películas delgadas de Dióxido de Vanadio crecidas sobre substratos de vidrio, silicio (100), Zafiro c(0001) y SrTiO₃ (100). Se observa que hay un cambio abrupto en la resistencia eléctrica pasando de un estado aislante a un estado metálico cerca de los 68 °C., excepto en la muestra crecida en SrTiO₃ (100) en cuyo caso no se presenta la transición, posiblemente porque con los parámetros de crecimiento establecidos no favorece la formación de la fase VO₂.

Se observa también que el ancho de la histéresis es menor en las muestras depositadas sobre zafiro, presentando un mayor cambio en la resistencia pasando desde 1.7x10⁴Ω hasta 8,4Ω. Esto indica que hay un mejor acoplamiento de los parámetros de red de la película de dióxido de vanadio y el substrato. En todas las muestras se observa que la temperatura de transición (*T_c*) está alrededor de 340K.

En la tabla 1 se resumen el ancho de histéresis (AH) y la relación de resistencia (RR) de las muestras fabricadas.

En la figura 2,3 y 4 se presentan los difractogramas de rayos X para películas delgadas crecidas sobre zafiro c(0001), silicio (100) y vidrio. En los tres casos se observa la presencia predominante de VO₂, siendo mayor para la muestra crecida sobre zafiro, donde se observa un crecimiento epitaxial, con un alto nivel de ordenamiento en una dirección preferencial con planos paralelos (0*l*0). Esto indica que los parámetros de red del dióxido de vanadio y del zafiro son muy compatibles, favoreciendo el crecimiento de una película uniforme y continua con buenas propiedades eléctricas. Se observa un pico característico de V₆O₁₃, en los patrones de difracción, con las condiciones de crecimiento establecidas en nuestro proceso.

A. Tablas

TABLA I
UNIDADES PARA PROPIEDADES MAGNÉTICAS

Substrato	Ancho De Histéresis(K)	RR
Vidrio	15	57.78
Si (100)	12	30.45
Zafiro c(0001)	3	2023.81
SrTiO ₃ (100)	-	-

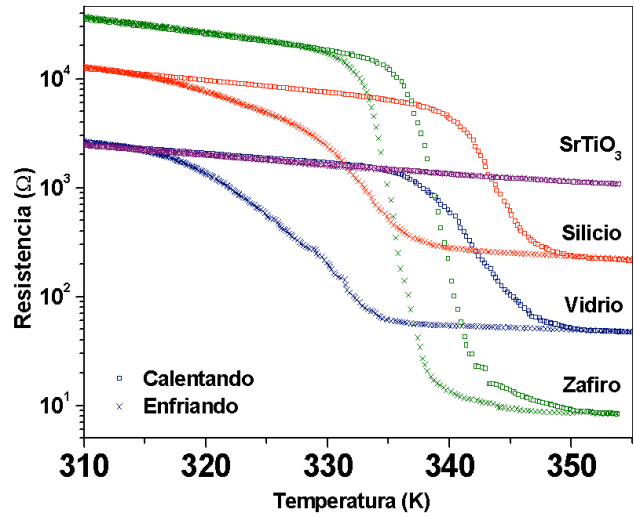


Fig. 1 Resistencia como función de la temperatura para películas de VO₂ crecida sobre substrato de Zafiro, Silicio, Titanáto de Estroncio y Vidrio.

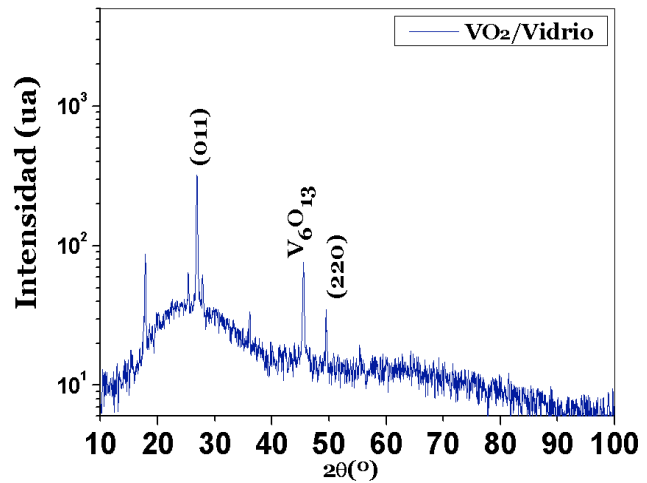


Fig.2 Patrón de difracción de rayos X para una película delgada de VO₂ crecida sobre un substrato de vidrio.

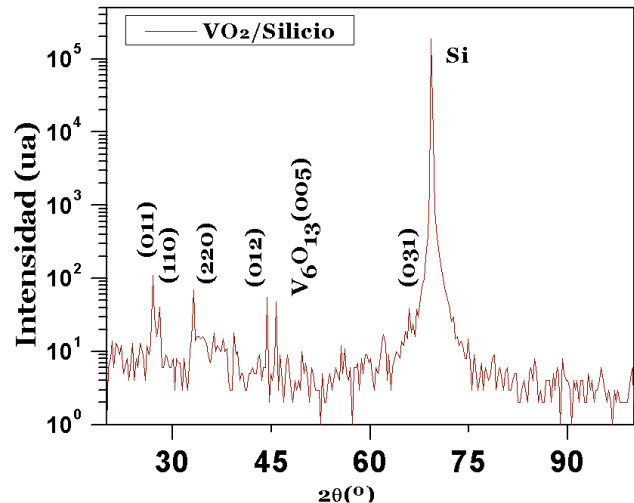


Fig.3 Patrón de difracción de rayos X para una película delgada de VO₂ crecida sobre un substrato de silicio.

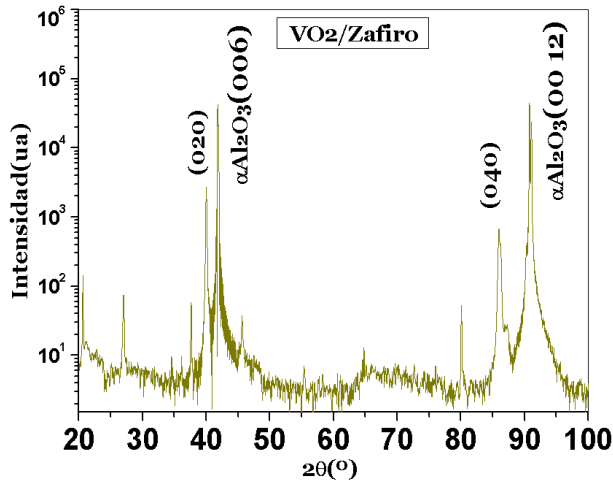


Fig.4 Patrón de difracción de rayos X para una película delgada de VO₂ crecida sobre un sustrato de zafiro.

IV. CONCLUSIONES

Se crecieron de manera reproducible películas delgadas de VO₂ sobre sustratos de Vidrio, Silicio y Zafiro. En todas las muestras predomina la presencia de dióxido de vanadio, con un muy bajo porcentaje de V₆O₁₃. Los cambios en la resistencia eléctrica debidos a la MIT son diferentes y característicos de cada sustrato. Estas diferencias se atribuyen a los tipos de red, los parámetros de red y la histéresis al desacople en la red de las películas delgadas. En todas las muestras se observa que la temperatura de transición (T_c) está alrededor de 340K.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con le apoyo parcial de Conciencias dentro del proyecto “Fabricación y caracterización de películas delgadas de VO₂” código 1103-05-13646 y el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales CENM, contrato No 0043-2005

REFERENCIAS

- [1] F. J. Morin. Phys. Rev. Lett. 3 (1959) 34.
- [2] Volker. Eyert. The Metal-insulator transitions of VO₂: A Band theoretical approach. Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg, Germany
- [3] C. H. Koo, J. S. Lee, M. W. Kim, Y. J. Chang, T. Noh, Optical investigations on electronic structure changes related to the metal-insulator transition in VO₂ film. Research Center for Oxide Electronics and School of Physics and Seoul National, Seoul, Korea.

Juan José Morales Chaves: Ingeniero Físico, Universidad del Cauca, Miembro adjunto de la Sociedad Colombiana de Física. Investigador del Grupo Física de Bajas Temperaturas, integrante del Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, apoyado por Colciencias. Miembro adjunto de la Sociedad Colombiana de Física.

Gilberto Bolaños Pantoja Ph. D.: Director del Grupo de Física de Bajas Temperaturas, integrante del Centro de Excelencia en Nuevos Materiales, apoyado por Conciencias. Miembro Número de la Sociedad Colombiana de física,