

EFFECTO DEL SUBSTRATO EN LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE PELÍCULAS DELGADAS DE DIÓXIDO DE VANADIO CECIDAS POR MAGNETRON SPUTTERING R.F.

J. Morales, J. Arias, J. Garcés, A. Guerrero, L. Salazar, G. Bolaños,
jjmorales@unicauca.edu.co, jarias@unicauca.edu.co, jgarces@unicauca.edu.co,
aiguerrero@unicauca.edu.co, lsalazar@unicauca.edu.co, gbolanos@unicauca.edu.co.
*Universidad del Cauca, Departamento de Física, Grupo FISBATEM, Calle 5No4-70 Popayán,
Colombia*
(Recibido 13 de Oct.2006)

RESUMEN

Se crecieron películas delgadas de Dióxido de Vanadio VO₂ utilizando un sistema Magnetron Sputtering R.F. a 13.56 MHz, sobre sustratos de Zafiro c(0001), SrTiO₃ (100), Si (100) y vidrio. La temperatura del sustrato 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 sustrato 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.

Palabras claves: 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, show the substrate effects on electrical properties and a semiconductor to metallic phase transition with electrical resistance changes as large as 10³ at 68 °C.

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

1. Introduccion

Aunque el Dióxido de Vanadio fue descubierto hace mas 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 sustrato, porcentajes de Oxígeno, distancia blanco-sustrato. Un pequeño cambio en las condiciones de crecimiento puede provocar una gran variación en las propiedades finales de las películas.[2]

El estudio del efecto del sustrato sobre las propiedades de las películas delgadas de VO_2 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 VO_2 , sobre sustratos de Zafiro c(0001), SrTiO_3 (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

2. Metodología experimental

Películas delgadas de Dióxido de Vanadio (VO_2) se crecieron por el método de Magnetron Sputtering a 13.56 MHz a partir de un blanco de Vanadio metálico puro sobre sustratos de Zafiro c(0001), SrTiO_3 (100), Si (100) y vidrio. El blanco se coloca en el cañón de radio frecuencia, donde se genera el plasma, y los sustratos están a una distancia 2.8 cm del blanco sobre un soporte, donde se encuentra un horno, que permite controlar la temperatura del sustrato.

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 9×10^{-3} mbar, el sustrato se mantuvo a 480 °C durante una hora, tiempo en el cual se mantuvo encendido el plasma con una potencia de 55 Watts, posteriormente se realizó un recocido *in situ* durante 15 minutos conservando la temperatura del sustrato, 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 contactos de Indio y empleando un horno que permite variar la temperatura desde temperatura ambiente hasta 100°C. los datos son adquiridos automáticamente por el computador mediante una tarjeta GPIB utilizando un programa realizado en Labview.

3. Resultados y discusión

La figura 1 muestra las curvas de resistencia eléctrica en función de la temperatura (calentando y enfriando) para películas delgadas de Dióxido de Vanadio crecidas sobre sustratos de vidrio, silicio (100), Zafiro c(0001) y SrTiO_3 (100) en una atmósfera de Argón y Oxígeno a una

presión de cámara de 9×10^{-3} con una potencia R.F. de 55 Watts. 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.

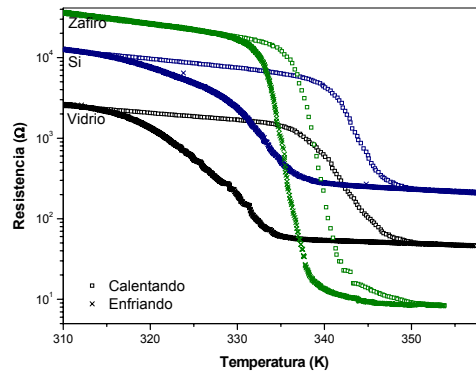


Fig.1 Resistencia como función de la temperatura para películas de VO₂ depositada sobre sustrato de Zafiro, Silicio y Vidrio.

Como se observa en la fig. 1 el ancho de la histéresis es menor en las muestras depositadas sobre zafiro, presentando un mayor cambio en la resistencia pasando desde $1.7 \times 10^4 \Omega$ hasta $8,4 \Omega$. Esto indica que hay un mejor acoplamiento de los parámetros de red de la película de dióxido de vanadio y el sustrato de zafiro. En todas las muestras se observa que el sustrato no afecta la temperatura de transición aislante – metal alrededor de 340K.

En la tabla 1 se resumen el ancho de histéresis y el radio de resistencia de las muestras fabricadas.

Tabla No.1 Ancho de histéresis y razón de resistencia

| Substrato | ANCHO DE HISTÉRESIS(K) | RR |
|--------------------------|------------------------|---------|
| Vidrio | 15 | 57.78 |
| Si (100) | 12 | 30.45 |
| Zafiro (0001) | 3 | 2023.81 |
| SrTiO ₃ (100) | - | - |

En la Fig. 2 se observa que la película de dióxido de vanadio crecidas sobre SrTiO₃ no presenta la transición aislante – metal, posiblemente porque no hay un acople de red con el sustrato.

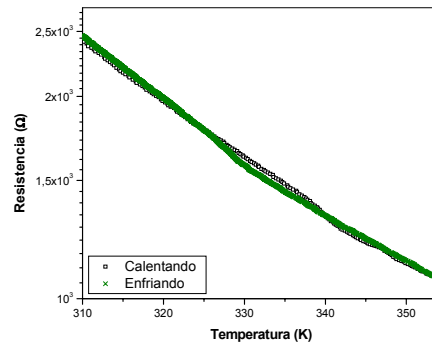


Fig.1 Resistencia como función de la temperatura para películas de VO₂ depositada sobre sustrato de SrTiO₃.

CONCLUSIONES

Se crecieron de manera reproducible películas delgadas de VO₂ sobre sustratos de Vidrio, Silicio, Titanato de Estroncio y Zafiro.

En todas las muestras se observa que el sustrato no afecta la temperatura de transición aislante – metal alrededor de 340K.

Los cambios en la resistencia eléctrica debidos a la transición aislante-metal son diferentes y característicos de cada sustrato. Estas diferencias se atribuyen a los tipos de red, los parámetros de red y la histeresis al desacople en la red de las películas delgadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por COLCIENCIAS, bajo el proyecto: “Fabricación y caracterización de películas delgadas de VO₂”, contrato 1103-05-13646 y el centro de excelencia en nuevos materiales CENM, contrato No. 043-2005.

REFERENCIAS

- [1] F. J. Morin. Phys. Rev. Lett. 3 (1959) 34.
- [2] gVolker. Eyert. The Metal-insulator transitions of VO₂: A Band theoretical approach. Institut für Physik, Universtät 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.