

## ESTRUCTURA Y MORFOLOGÍA DE LÁMINAS DELGADAS DE MoO<sub>3</sub> PREPARADAS POR ABLACIÓN LÁSER

[\*]J. E. Alfonso, F. Fajardo, J. Torres, y L. D. López-Carreño  
Grupo de Física de la Materia Condensada, Departamento de Física  
Universidad Nacional de Colombia – Santafé de Bogotá

### RESUMEN

En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos en el crecimiento de MoO<sub>3</sub> en forma de lámina delgada sobre sustratos de vidrio y Si (001) calentados a diferentes temperaturas, mediante la técnica de ablación con láser. Básicamente, se discute el carácter estructural y morfológico de las láminas obtenidas, a través de los resultados de difracción de rayos X y estudios de microscopía electrónica de barrido (SEM).

### INTRODUCCIÓN

Debido a sus diferentes propiedades físico-químicas los óxidos de metales de transición son un grupo de materiales que han sido investigados ampliamente tanto en sus características estructurales y morfológicas como en su comportamiento eléctrico y óptico. Los resultados de los estudios realizados muestran que algunos de estos óxidos metálicos presentan efectos electro-ópticos que dependen fuertemente del método de preparación del material[1].

Las técnicas que han sido usadas para depositar películas delgadas de trióxido de molibdeno (MoO<sub>3</sub>), con mayor frecuencia son: Deposito químico en fase vapor (CVD); pulverización rf (Sputtering rf) [2]. en medio reactivo[3]. y evaporación por descarga eléctrica (flash-evaporated) [4]. y con cañón de electrones[5]. Sin embargo, en nuestro conocimiento, no existen publicaciones sobre crecimiento de MoO<sub>3</sub> en forma de lámina delgada mediante la técnica de ablación con láser.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la preparación y caracterización estructural y morfológica de láminas delgadas de MoO<sub>3</sub> crecidas sobre sustratos de vidrio y silicio (001), mediante la técnica de ablación con láser, teniendo como parámetro del estudio la temperatura del sustrato.

### TÉCNICAS EXPERIMENTALES

Las láminas de MoO<sub>3</sub> obtenidas en este trabajo han sido depositadas con un láser de CO<sub>2</sub> que tiene una longitud de onda de 1060 nm, una potencia nominal de 40 vatios emitiendo en onda continua. La radiación láser ha sido focalizada sobre un espejo de cobre, ubicado en el interior de una cámara de vacío, con el que se logra hacer incidir una densidad de energía del orden de hasta 10<sup>6</sup> vatios/m<sup>2</sup> con lo que se logra fundir el MoO<sub>3</sub>. Una vez el material ha sido evaporado interactúa con la radiación láser formando un plasma que se deposita sobre

---

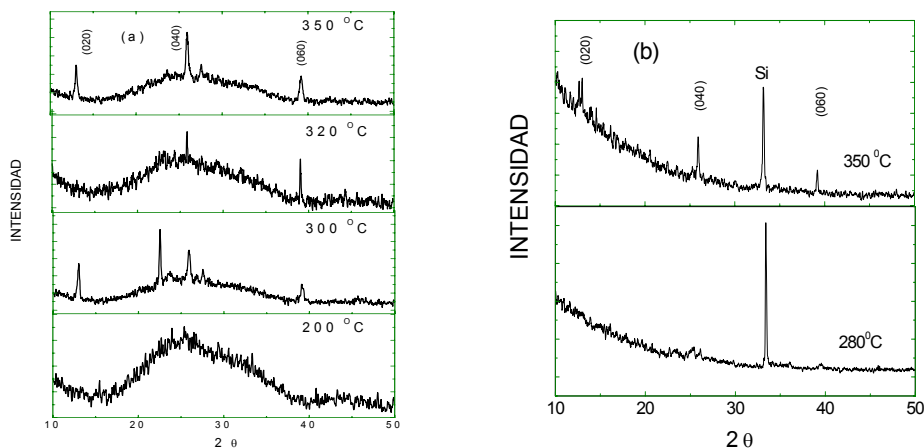
[\*] Autor correspondiente: J.E. Alfonso, Dpto. Física, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490, Bogotá, DC,  
FAX: 1-316 5135, Tel. 1-316 5000 Ext. 13057, e-mail: jeao@ciencias.unal.edu.co

sustratos de vidrio y silicio (001) que fueron calentados, con un horno resistivo, hasta alcanzar temperaturas de 200 a 400 °C. Las temperaturas fueron medidas con una termocupla tipo K pegada mecánicamente al porta sustratos. Los sustratos fueron ubicados perpendicularmente al blanco a una distancia de 5 cm. La presión de trabajo alcanzada por el sistema de vacío fue de  $10^{-5}$  mbar. A fin de garantizar la estequiometría y características ópticas del  $\text{MoO}_3$  en la lámina, se introdujo oxígeno a la cámara de vacío hasta obtener una presión de  $3 \times 10^{-3}$  mbar.

La caracterización estructural de las láminas crecidas por ablación con láser fueron hechas mediante medidas de difracción de rayos X usando un difractómetro Philips con la línea monocromática  $K\alpha$  del Cobre ( $\lambda=0.15405\text{nm}$ ). La corriente a través del tubo fue de 30 mA a una diferencia de potencia de 40 kilovoltios. En el estudio morfológico se utilizó un microscopio Cambridge, Sterscan 240 equipado con un analizador de EDX que incorpora detectores de Si(Li) y un equipo de procesamiento de espectros An 1000.

### RESULTADOS EXPERIMENTALES

Las figuras 1 (a) y 1 (b) muestran los difractogramas  $2\theta$  de las láminas de  $\text{MoO}_3$  crecidas sobre sustratos de vidrio y Si (001) respectivamente, teniendo como parámetro de estudio la temperatura del sustrato.

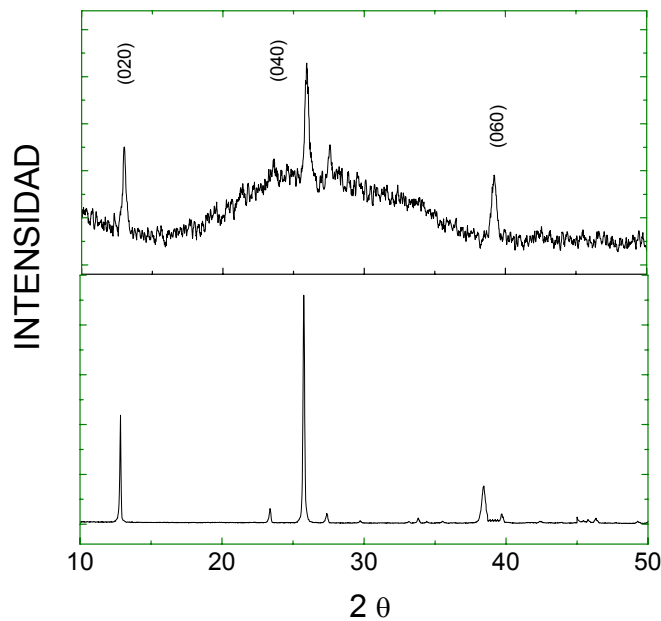


**Figura 1.** (a) Difractogramas de las láminas de  $\text{MoO}_3$  crecidas sobre sustratos de vidrio a diferentes temperaturas, (b) Difractogramas de las láminas de  $\text{MoO}_3$  crecidas sobre sustratos de Si(001). Presión de oxígeno de  $3 \times 10^{-3}$  mbar y depositadas en tiempos de una hora.

En la figura 1(a) se aprecia claramente la evolución estructural de la lámina en función de la temperatura. A una temperatura de 200 °C se observa que la lámina es completamente amorfa y a una temperatura de 350 °C se logra una alta orientación en la familia de

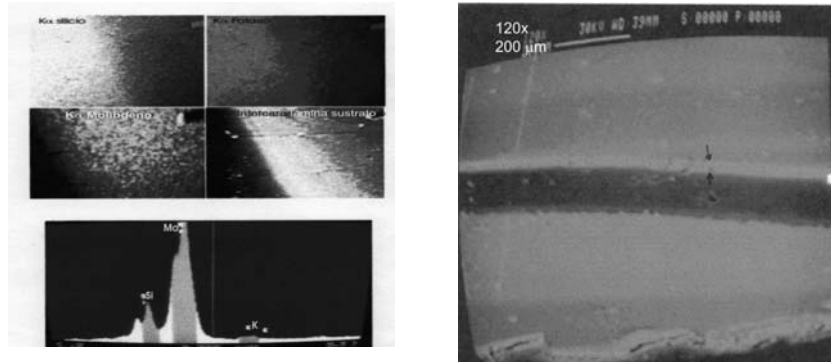
direcciones  $\langle 0k0 \rangle$ . En silicio, a temperatura 280 °C se obtuvo una lámina en la que aparecen los picos del  $\text{MoO}_3$  en forma poco resuelta. A una temperatura de 350°C, se observa un crecimiento de lámina bien orientada en los planos antes logrados en el vidrio.

A fin de establecer una comparación, en la figura 2, se presenta el difracto grama del el  $\text{MoO}_3$  en polvo y las películas crecidas en las mejores condiciones de temperatura. De la grafica se puede establecer que existe un buen ajuste entre los picos de difracción del material en polvo y los que se observan en el difracto grama obtenido en la lámina crecida mediante la técnica que se presenta en este trabajo.



**Figura 2.** Difractograma del  $\text{MoO}_3$  en polvo y láminas crecidas a 350 °C. Presión de oxígeno de  $3 \times 10^{-3}$  mbar, depositadas en tiempos de una hora.

Los estudios de composición y morfología de las láminas crecidas sobre sustratos de vidrio en las mejores condiciones de temperatura de sustrato y presión de oxígeno se muestran en la micrografía de la figura 3. En esta figura, se pueden observar en la parte superior izquierda la composición de la lámina y el sustrato. En la parte inferior se muestran los resultados de EDX; en la parte derecha de la figura se observa las características topográficas de las láminas obtenidas sobre sustratos de vidrio.



**Figura 3.** Estudios de composición mediante EDX y morfología de las láminas de MoO<sub>3</sub> crecidas a 350 °C y presión de oxígeno de 3x10<sup>-3</sup> mbar, distancia blanco sustrato 5cm y tiempos de deposito de una hora.

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados estructurales obtenidos de los difractogramas de rayos X se puede establecer que las condiciones experimentales bajo las que se consigue obtener láminas delgadas reproduciendo la estructura en polvo del MoO<sub>3</sub> en sustratos de vidrio y silicio, mediante la técnica discutida en este trabajo, están fuertemente influenciadas por la temperatura del sustrato, como lo indican las figuras 1(a) y 1(b) en las que se puede apreciar que la temperatura en la cual se logran obtener láminas con una alta orientación sobre los sustratos esta en la región comprendida entre 300 a 350 °C.

Los resultados de composición obtenidos a través de ED (Figura 3 parte inferior izquierda) de las láminas obtenidas en condiciones favorables de deposito, muestran un pico de Mo de intensidad relativa que se resuelve bastante bien con respecto a los picos que muestran la composición del sustrato (Si y K). Esto indica, que hay una cantidad significativa de material depositado sobre el sustrato. Por otra parte, la micrografía muestra que la lámina tiene una superficie con un buen grado de homogeneidad, lo que implica que la lámina crecida tiene buenas características de composición y morfología.

### CONCLUSIONES

Los anteriores resultados permiten establecer de manera suficientemente clara, que es posible obtener láminas delgadas de MoO<sub>3</sub> de propiedades cristalográficas y morfológicas de gran calidad, haciendo uso de la técnica de ablación con láser.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por DIB y la DINAIM de la Universidad Nacional de Colombia. Y Colciencias.

### REFERENCIAS

- [1] C. M. Lampert, Sol. Energy Mater, 11,1984.
- [2] A. Donnadieu et al, Thin solid films, 164, 1988
- [3] P. F. Carcia et al, Thin solid films, 155, 1987
- [4] C. Julien et al, Journal of Cristal Growth, 156, 1995
- [5] T. C. Arnoldussen, Journal Electrochem, Soc. 123, 1976