

# Estudio de películas delgadas de MoO<sub>3</sub> crecidas por evaporación láser como posible sensor de gases.

Lic. Margarita María Zuluaga Martínez, MSc Física  
 Docente: Universidad Piloto de Colombia, Universidad Militar Nueva Granada

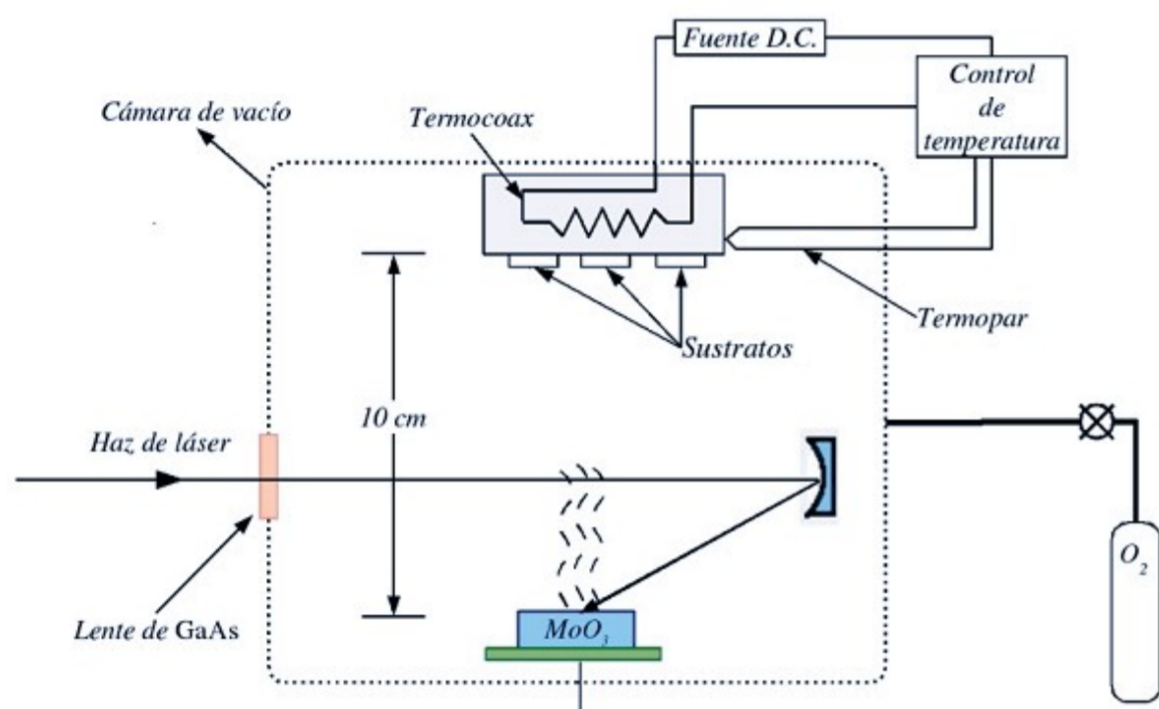
## Introducción

### Resumen

El MoO<sub>3</sub> (Trióxido de Molibdeno) es un material muy importante tecnológicamente debido a sus propiedades estructurales, ópticas y eléctricas. Una de sus más recientes aplicaciones es como sensor de gases y ventana inteligente. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el crecimiento de las películas delgadas de MoO<sub>3</sub>, que fueron depositadas sobre sustratos de vidrio común mediante la técnica de evaporación térmica, empleando como fuente un láser de CO<sub>2</sub> (10,6 μm) que emite en onda continua. La intensidad del láser, el tiempo de depósito y la presión parcial de oxígeno en la cámara de evaporación se mantuvieron constantes y se varió la temperatura del sustrato entre 100 °C y 350 °C. Se encontró que la estructura de las muestras crecidas sobre sustratos de vidrio depende fuertemente de la temperatura del sustrato. Esta variación incide en los valores del Gap hallados en las muestras y un crecimiento en el índice de refracción conforme aumentaba la temperatura de evaporación con la que se creció la muestra.

### Detalles experimentales

El presente trabajo propone el uso de la técnica de evaporación con láser de CO<sub>2</sub> funcionando en modo de onda continua.



### Parámetros de crecimiento

#### Fijos:

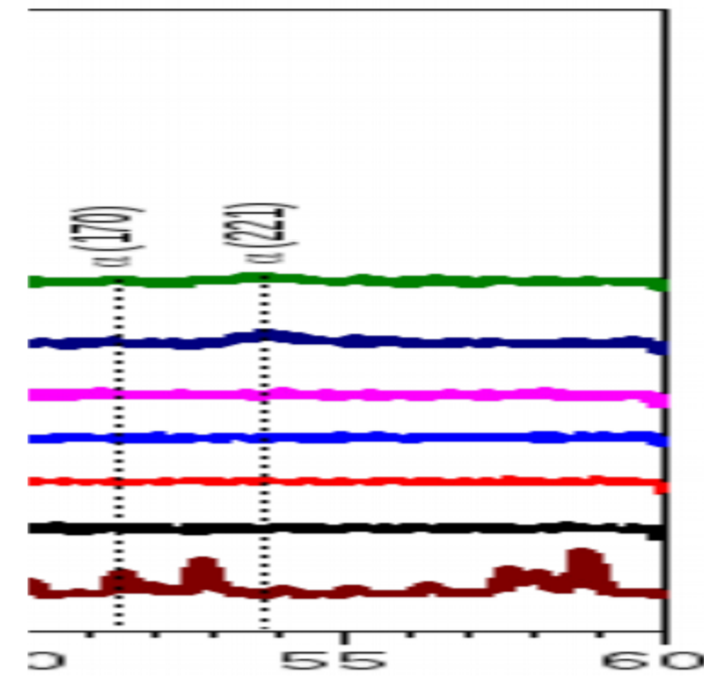
Intensidad del láser: 3.5 W/mm<sup>2</sup>  
 Tiempo de depósito: 40 minutos  
 Presión base: 6x10<sup>-5</sup> mbar  
 Presión parcial de oxígeno: 6x10<sup>-3</sup> mbar

#### Variado:

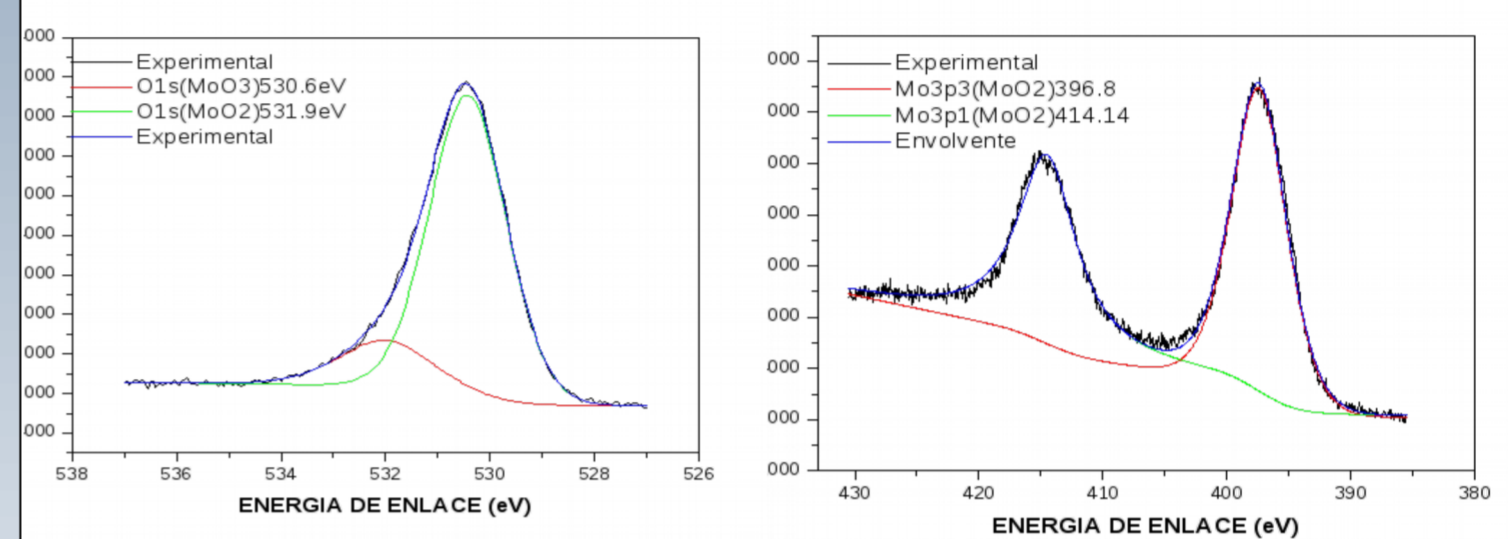
Temperatura del sustrato: entre 100 °C y 350 °C con intervalos de 50 °C.

## Resultados

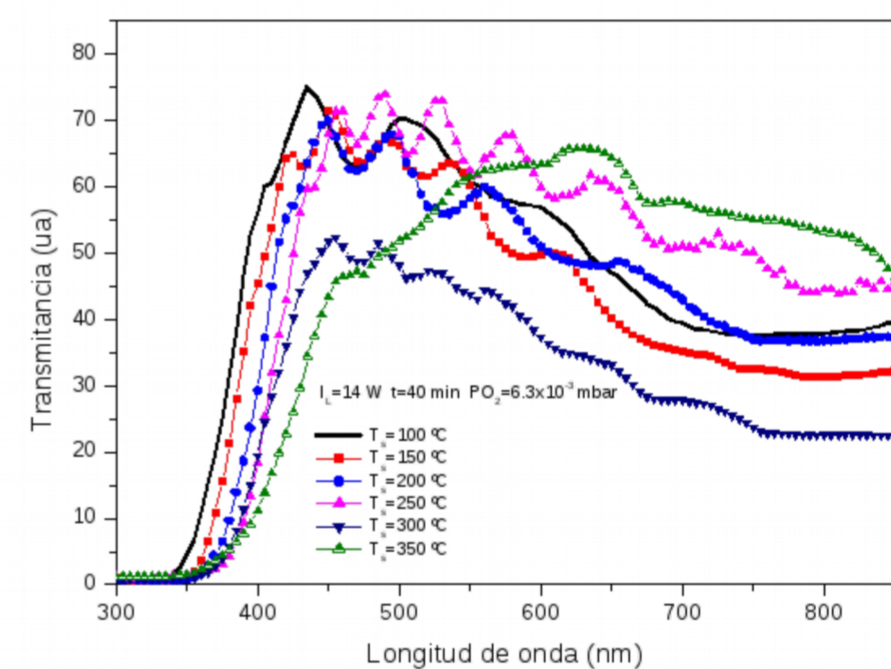
Patrones de difracción de rayos X para películas delgadas de MoO<sub>3</sub> depositadas a: PL=3.5 W/mm<sup>2</sup>, t=40 min y PO<sub>2</sub>=6.3x10<sup>-3</sup> mbar.



Espectro angosto de XPS de la muestra de MoO<sub>3</sub> crecida a 250 °C



Espectros de transmitancia para películas delgadas de MoO<sub>3</sub> crecidas en función de la temperatura del sustrato.



## Técnicas de caracterización

### DRX

Las técnicas de difracción de rayos X sirven para determinar la estructura microscópica detallada de un material.

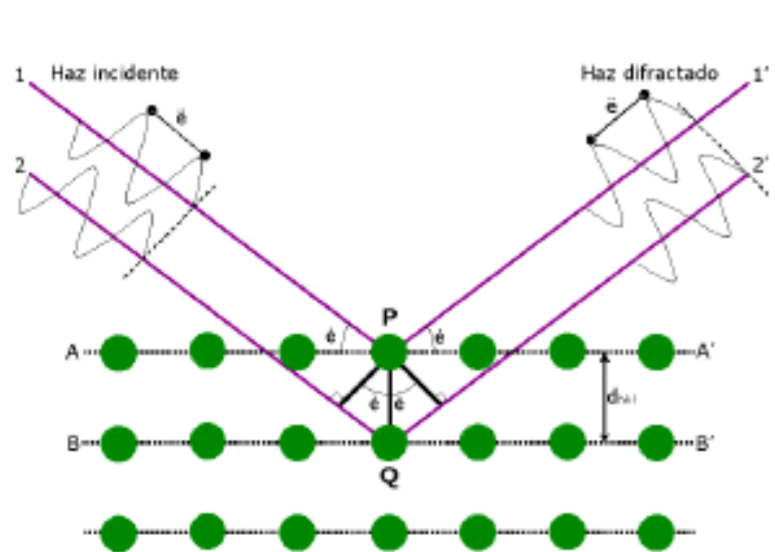
### XPS

Esta técnica identifica los elementos que constituyen las primeras capas atómicas y determina que compuestos químicos forman. Se basa en el análisis de las energías de los electrones emitidos por una sustancia al ser irradiada con rayos X.

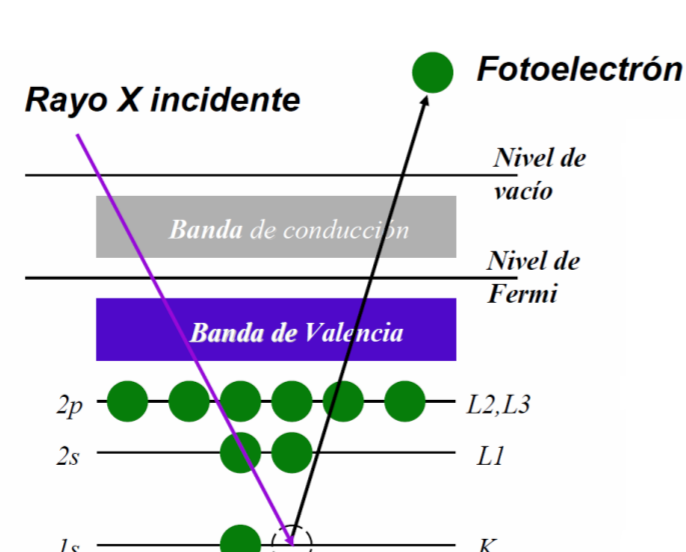
### Transmitancia

En la técnica la luz proveniente de una lámpara de mercurio se enfoca sobre un monocromador. Este descompone la radiación incidente en sus longitudes de onda fundamentales y esta luz monocromática se hace incidir perpendicularmente sobre la superficie de la muestra. Un tubo fotomultiplicador detecta la luz que deja pasar la muestra. Este proceso se realiza hasta que todo el espectro de análisis sea enviado sobre la muestra.

### DRX



### XPS



### Transmitancia

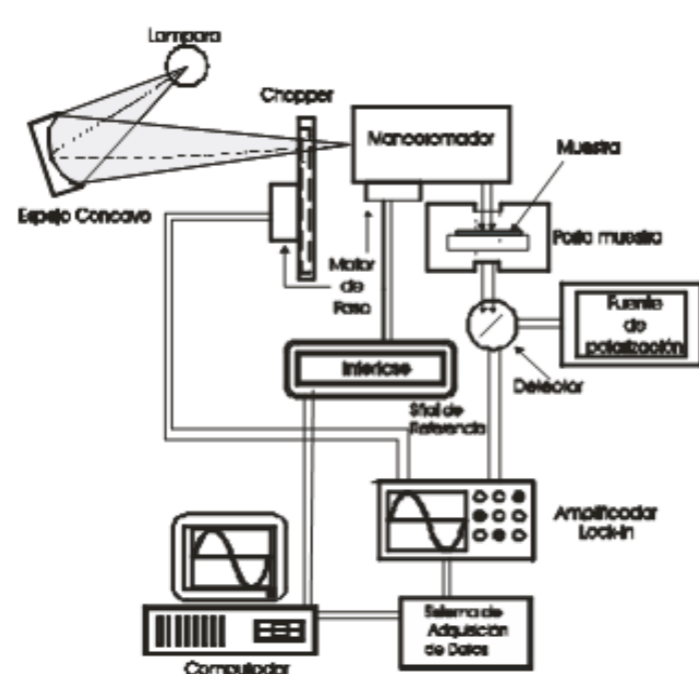


Tabla No.1 Índice de refracción y gap óptico para películas delgadas de MoO<sub>3</sub> crecidas a diferentes temperaturas de sustrato.

Temperatura [°C]	100	150	200	250	300	350
Índice de refracción a 570 nm	1.90	1.89	1.81	1.79	1.72	1.70
Gap [eV]	3.95	3.93	3.85	3.86	3.93	3.89
Espesor [nm]	550	560	600	900	800	850

## Conclusiones

- En este trabajo se encontró que la estructura de las muestras de MoO<sub>3</sub> crecidas sobre sustratos de vidrio dependen fuertemente de la temperatura del sustrato. Las muestras preparadas a bajas temperaturas de sustrato presentaron espectros característicos de un material amorfo. A partir de una temperatura de sustrato de 200°C las muestras empiezan a tener una cristalinidad de baja dimensión presentando mezcla de las fases monoclinica y ortorrómbica del MoO<sub>3</sub>.
- Los análisis de XPS en diferentes muestras de MoO<sub>3</sub> elaboradas a diferentes temperaturas de sustrato corroboraron la existencia del compuesto MoO<sub>3</sub> en las películas, pero no se observó una variación apreciable de la composición con la temperatura del sustrato.
- La temperatura del sustrato afecta considerablemente el gap del material, este valor aumenta al disminuir la temperatura del sustrato, se obtuvieron valores de gap del material entre 3.6 y 3.9 eV.

## Bibliografía

- Hussain, O.M., Rao, K.S.: Characterization of activated reactive evaporated MoO<sub>3</sub> thin films for gas sensor applications. Mater. Chem. Phys. **80**, 368–646 (2003).
- Cárdenas, R., Torres, J., Alfonso, E.: Optical characterization of MoO<sub>3</sub> thin films produced by continuous wave CO<sub>2</sub> laser-assisted evaporation. Thin Solid Films **478**, 146–151 (2005).
- Zuluaga M., A. Pardo, Torres J., Alfonso J.E., Influence of the laser power on the optical properties of MoO<sub>3</sub> thin films prepared by CO<sub>2</sub> laser evaporation, Microelectronics Journal, Volume 39, Issue 11, November 2008, Pages 1264–1265.
- A. Arfaoui, B. Ouni, S. Touihri, A. Mhamdi, A. Labidi, T. Manoubi Effect of annealing in a various oxygen atmosphere on structural, optical, electrical and gas sensing properties of MoxOy thin films. Optical Materials **45** (2015) 109–120.