

## Estudio de la fotomodulación en películas de CdS crecidas por la técnica de erosión catódica magneto planar (sputtering)

J.N. Ximello-Quebras, A. Caballero-Rosas, C. Mejía-García, H. Hernández-Contreras, G. Contreras-Puente, M. Avendaño-Ibarra

Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional,  
Av. IPN, Edificio 9, UPALM Col. Lindavista C.P. 07738, México, D.F.

H. Pascher

Experimentalphysik I, Universität Bayreuth,  
D- 95440 Bayreuth, Germany

CdS thin films grown on conducting glasses ( $\text{SnO}_2\text{:F-7}$ ) with a Radio-Frequency Planar Magnetron Sputtering system were characterized by photomodulation at room temperature. We obtained the band gap energy of CdS thin films with optimal substrate temperature  $T_S$  at 250 °C and different deposition time between 20 and 60 min, these results are closed to those obtained by optical transmission.

Películas de CdS crecidas sobre vidrio conductor ( $\text{SnO}_2\text{:F-7}$ ) por la Técnica de Erosión Catódica Magneto Planar Sputtering fueron caracterizadas por fotomodulación a temperatura ambiente. Se obtuvo la energía de la brecha prohibida de las películas de CdS con optima temperatura del sustrato de 250 °C y diferentes tiempos de depósito entre 20 y 60 min., estos resultados están muy cercanos a aquellos obtenidos por transmisión óptica.

**Keywords:** CdS; Sputtering; Large area; Photomodulation; Band gap

### 1. Introducción

La fabricación de dispositivos fotovoltaicos de área grande representa un reto, debido a la optimización de los parámetros críticos de crecimiento, con los cuales se pueden alcanzar las calidades policristalinas deseadas de acuerdo a las características fotovoltaicas requeridas. Por medio de Sputtering se crecieron películas de CdS sobre vidrio conductor ( $\text{SnO}_2\text{:F-7}$ ) en área grande ( $450 \text{ cm}^2$ ), las películas han sido caracterizadas por medio de fotomodulación.

La técnica de fotomodulación es una técnica óptica de caracterización de materiales muy útil, ya que es no destructiva y no requiere contactos sobre la muestra. Además de que permite obtener con gran certidumbre las transiciones electrónicas de la banda de valencia a la banda de conducción en semiconductores, en particular la energía de la brecha prohibida ( $E_g$ ). Dicha técnica también puede darnos información sobre pozos cuánticos, campos

eléctricos internos, entre otros.

### 2. Desarrollo Experimental

Los detalles del procedimiento para el crecimiento de películas delgadas de CdS crecidas por Sputtering se reportan en [1]. Las películas delgadas de CdS, fueron crecidas sobre vidrio conductor ( $\text{SnO}_2\text{:F-7}$ ) bajo las condiciones siguientes, como se aprecia en la Tabla 1.

El sistema de Fotomodulación, consiste en una lámpara de Tungsteno como fuente de radiación, un láser de He-Ne para la modulación sobre la muestra, dos monocromadores modelo Triax320, con uno seleccionamos la longitud de onda deseada y el segundo se sincroniza al primero para mejorar la resolución de los espectros. Como sistema de detección, se utiliza un fotodetector de Si. de enfriado termoelectrico y un Lock-in modelo SR810. Las mediciones de R (Reflectancia) y  $\Delta R$  son obtenidas y registradas en una PC, por medio de una interfase IEEE Jovin-Yvon. El arreglo experimental del sistema a temperatura ambiente, se muestra en la Figura 1

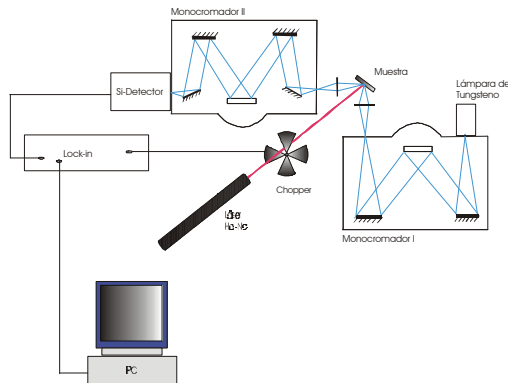


Figura 1. Diagrama en Bloques del Sistema de Fotomodulación.

Tabla 1. Parámetros de crecimiento de las películas de CdS.

Muestra	$T_S$ (°C)	$t_d$ (min.)	Potencia Plasma (W)	Flujo Ar (sccm)
VCS20	250	20	300	20
VCS30	250	30	300	20
VCS40	250	40	300	20
VCS50	250	50	300	20
VCS60	250	60	300	20

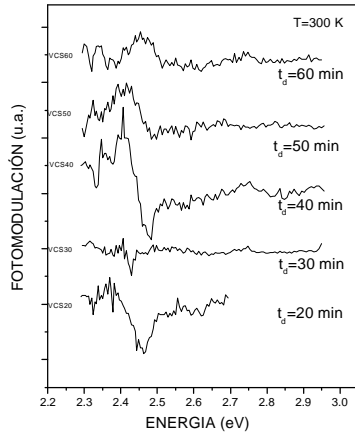


Figura 2. Espectro de fotomodulación de las películas delgadas de CdS a temperatura ambiente.

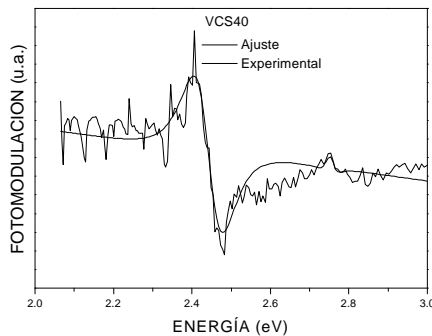


Figura 3. Espectro de fotomodulación y ajuste de la película delgadas de CdS VCS40.

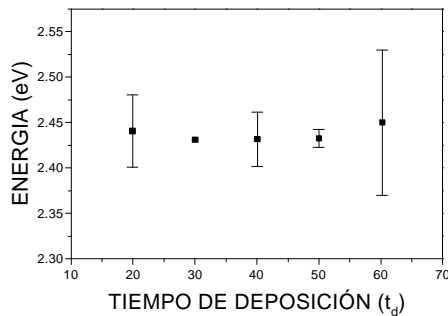


Figura 4. Gráfica del comportamiento de la energía de la banda prohibida con respecto al tiempo de depósito.

Tabla 2. Comparación de E<sub>g</sub> por Fotomodulación (FM) y Transmisión Óptica (TO).

Muestra	TO E <sub>g</sub> (eV)	FM E <sub>g</sub> (eV)	Δ <sub>dif</sub> (eV)
VCS20	2.41	2.45	0.04
VCS30	2.42	2.42	0
VSC40	2.41	2.44	0.03
VSC50	2.41	2.42	0.01
VSC60	2.39	2.47	0.08

### 3. Resultados

La Fig. 2 muestra los espectros de modulación de las películas de CdS obtenidos en el rango de 2.3 a 3 eV a temperatura ambiente. Se observa que la VCS40 muestra la mayor intensidad y la mejor forma de línea con respecto a las otras reflejando en ello una mejor cristalinidad. En tanto que la VCS30 muestra una intensidad débil. La energía de la banda prohibida (E<sub>g</sub>), se obtuvo del ajuste de la forma de línea de los espectros a la tercera derivada mediante la siguiente expresión matemática [2]:

$$\ddot{A}R / R = \text{Re} [C e^{i\theta} (E - E_g + i\Gamma)^{-5/2}] \quad (1)$$

donde C es la amplitud, θ es el ángulo de fase, E es la energía del electrón incidente, E<sub>g</sub> es la energía de la brecha prohibida y Γ es el parámetro de ensanchamiento.

La Fig. 3 muestra el espectro ajustado de la VCS40 de acuerdo a la ec. (1). En ella se observa que E<sub>g</sub> se localiza en 2.44 eV, se muestra también otra transición en 2.75 eV que podría ser asignada a un cambio de fase o a un nuevo compuesto.

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos de E<sub>g</sub> de acuerdo a la ec. (1), así como los resultados de transmisión óptica de ref. [3].

En la Tabla 2, se puede apreciar que hay una diferencia de E<sub>g</sub> en ambas técnicas del orden de centésimas de eV.

La Fig. 4 ilustra el comportamiento de E<sub>g</sub> con respecto a t<sub>d</sub>, observando que dentro de la barra de error se puede apreciar que para valores de t<sub>d</sub> intermedios, E<sub>g</sub> se acerca a los valores reportados en la literatura a temperatura ambiente, mientras que en los extremos no sucede así. Este hecho puede atribuirse a que el grado de policristalinidad de la película es mejor que para los puntos extremos, lo cuál se aprecia en los difractogramas de DR-X [4].

### 4. Conclusiones

Se obtuvieron valores de E<sub>g</sub> en películas delgadas policristalinas de CdS, crecidas por Sputtering sobre substratos de vidrio conductor igual a los reportados para este material a temperatura ambiente. Los resultados comparativos con la técnica de Transmisión Óptica se puede apreciar que difieren ligeramente, del orden de centésimas de eV.

### Agradecimientos

Parte de este proyecto fue apoyado parcialmente por el DAAD (Deutsche Akademische Austauschdienst) Alemania y por el CONACyT, Proyecto No. 34074-U. Agradecemos la colaboración de Werner Griesel (Universidad de Bayreuth) por el apoyo técnico en computación.

## Referencias

- [1] H. Hernández-Contreras, G. Contreras-Puente, J. Aguilar-Hernández, A. Morales-Acevedo, J. Vidal-Larramendi and O. Vigil-Galan, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* **668**, H8.5.1 (2001).
- [2] J. Huerta, M. López, O. Zelaya-Angel, *J. Vac. Sci. Technol. B.* **18**, 1716 (2000).
- [3] H. Hernández-Contreras, J.N. Ximello-Quiebras, R. Mendoza-Pérez, G. Contreras-Puente, J. Aguilar-Hernández, O. Vigil-Galan and F. Cruz-Gandarilla, 28th IEEE Photovoltaics Specialist Conference, Alaska, USA, September 3-5, 2000 Proceeding IEEE-PSC 28, p. 700 (2000).
- [4] H. Hernández-Contreras, G. Contreras-Puente, J. Aguilar-Hernández, A. Morales-Acevedo, J. Vidal-Larramendi, O. Vigil-Galan, *Thin Solid Films* **403-404**, 148(2002).