

# CARACTERIZACION TERMOLUMINISCENTE DE PELÍCULAS DELGADAS DE OXIDO DE ALUMINIO IRRADIADAS CON PARTICULAS BETA.

E. Villagrán\*, L. Escobar-Alarcón, E. Camps, P. R. González.

*Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Apdo. Postal 18-1027, México, DF, 11801, México.*

*\*Estudiante del programa de Maestría en Física Médica, UAEM-ININ.*

Por medio de la técnica de ablación láser se han depositado películas delgadas de óxido de aluminio sobre sustratos de kapton. Estas películas presentan respuesta termoluminiscente (TL) al ser expuestas a radiación beta de una fuente  $\text{Sr}^{90}\text{-Y}^{90}$  ( $E_{\text{max}} = 2.28 \text{ MeV}$ ). Las curvas de brillo muestran dos picos, uno en  $112^\circ\text{C}$  y otro en  $180^\circ\text{C}$ . El pico de baja temperatura se desvanece en algunas horas, mientras que el de alta temperatura es más estable, mostrando un desvanecimiento del orden del 15 % después de 3 días de la irradiación. Se determinaron los parámetros cinéticos TL utilizando el método de deconvolución computarizada de la curva de brillo (CGDC). Los resultados muestran que el pico de alta temperatura esta compuesto por cuatro picos que obedecen una cinética de segundo orden, con sus máximos situados en  $165.7$ ,  $188.1$ ,  $215.3$  y  $246.5^\circ\text{C}$ . La profundidad de las trampas (E) tienen valores en el intervalo entre  $1.4$  y  $2.0 \text{ eV}$ . El estudio de la relación dosis-respuesta, indica que el material presenta un comportamiento lineal en un intervalo de dosis desde  $150 \text{ mGy}$  hasta  $50 \text{ Gy}$ . Las películas delgadas de óxido de aluminio obtenidas, podrían ser una herramienta útil debido a sus aplicaciones potenciales en dosimetría clínica, en la determinación de distribuciones de dosis producidas por radiación débilmente penetrante, así como en dosimetría de interfaces.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la técnica denominada ablación láser ha sido ampliamente utilizada para producir materiales complejos en forma de película delgada debido a sus ventajas sobre otras técnicas de depósito. Entre otras, las ventajas que ofrece son; el uso de blancos pequeños, la conservación de la estequiometría de la película depositada bajo condiciones experimentales adecuadas, la simplicidad de la técnica, la posibilidad de usar plásticos como sustratos y la facilidad para controlar el espesor de la película depositada (Sankur and Hall, 1985; Chrisey and Hubler, 1994; Ponce et al., 1994).

Los materiales en forma de película delgada han recibido gran atención en los últimos años, debido principalmente a sus propiedades, las cuales pueden diferir significativamente de sus atributos en bulto, convirtiéndolos así, en materiales

atractivos para una amplia variedad de aplicaciones. Adicionalmente, las propiedades de las películas delgadas pueden variar mediante una apropiada selección de los parámetros de depósito, o bien a través de tratamientos posteriores al depósito. De esta forma, es posible crecer materiales con propiedades específicas para aplicaciones concretas. En particular, las propiedades termoluminiscentes (TL) de las películas delgadas tienen un amplio espectro de aplicaciones potenciales en dosimetría, tanto para radiación ionizante, como para radiación no ionizante. El interés para estudiar la respuesta TL de películas delgadas ha sido motivado por su importancia para realizar mediciones de dosis absorbida debida a radiación débilmente penetrante, así como en el estudio de distribuciones de dosis en interfases (Bilski et al., 1995 ; Bohm et al., Villarreal-Barajas et al 1999).

El objetivo del presente trabajo es reportar las principales propiedades TL de películas delgadas de óxido de aluminio con espesores del orden de los 300 nm y preparadas por ablación láser, al ser expuestas a radiación de partículas beta. Hasta donde sabemos, la respuesta TL de películas delgadas con espesor en el rango de las centenas de nanómetro no ha sido reportado.

## **2. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

### **2.1 Preparación de las películas delgadas**

Se utilizó un láser de Nd:YAG ( $\lambda = 1064$  nm, duración de pulso = 28ns) trabajando a una frecuencia de repetición de 20 Hz como fuente de energía para ablacionar el blanco. Este consiste en una pastilla de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (99.99% de pureza), de 2.5 cm de diámetro X 0.6 cm de espesor, obtenida de la Compañía Kurt J. Lesker. El blanco se mantuvo rotando durante el depósito con el fin de reducir el daño causado por el láser e incrementar el área irradiada. La presión de la cámara durante el depósito se mantuvo aproximadamente en  $1.5 \times 10^{-5}$  Torr. Las películas fueron depositadas sobre substratos de Kapton de  $2 \text{ cm}^2$  de superficie X 0.08 mm de espesor. Previo al depósito, los substratos fueron lavados con agua destilada. El blanco y el substrato se colocaron paralelos a una distancia entre ellos de 3 cm. La densidad de potencia utilizada fue de aproximadamente  $10^8 \text{ W/cm}^2$ . El tiempo de depósito se fijó en 20 min, resultando en películas con espesores aproximados de 300 nm. Todos los depósitos se realizaron a temperatura ambiente.

### **2.2 Caracterización de las películas delgadas**

Se llevó a cabo una serie de experimentos para investigar la respuesta TL de las películas delgadas depositadas, después de ser irradiadas con partículas beta de una fuente de  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$  ( $E_{\text{max}} = 2.28$  Mev). Todas las irradiaciones y lecturas TL se efectuaron a temperatura ambiente y bajo las mismas condiciones. Para el estudio de la relación dosis-respuesta, las muestras fueron leídas 5 minutos

después de haber sido irradiadas, en tanto que para el estudio del desvanecimiento, las muestras se mantuvieron en un lugar oscuro para evitar la influencia de los efectos de la luz. Las curvas de brillo se obtuvieron empleando un lector TL Harshaw 4000, usando un ciclo compuesto por un precalentado a 40°C durante 5 s, seguido por una adquisición desde 40 hasta 260°C a una razón de calentamiento de 2°Cs<sup>-1</sup>. Todas las lecturas TL se realizaron en una atmósfera de N<sub>2</sub>. Para la determinación de los parámetros TL, se obtuvieron curvas de brillo a la misma razón de calentamiento, integrando la señal TL desde 40 hasta 300°C.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron varias muestras con la finalidad de verificar la reproducibilidad de los resultados. Las películas presentaron espesores promedio de 300 nm. A todas las muestras se les realizó un ciclo inicial de lectura TL con el fin de borrar la respuesta intrínseca que presentaban y dejarlas en blanco para proceder a realizar los respectivos estudios. Con el fin de verificar que la señal TL observada de la muestra irradiada no proviniera del substrato de Kapton, se irradiaron piezas de este material sin depósito, bajo las mismas condiciones y no se observó respuesta TL.

En la figura 1 se presenta la curva de brillo característica del material, obtenida después de someter las muestras a diferentes dosis de radiación con partículas beta, como se observa muestra la presencia de dos picos, uno en 112°C y otro en 180°C. El pico de baja temperatura se desvanece en algunas horas, mientras que el de alta temperatura es más estable.

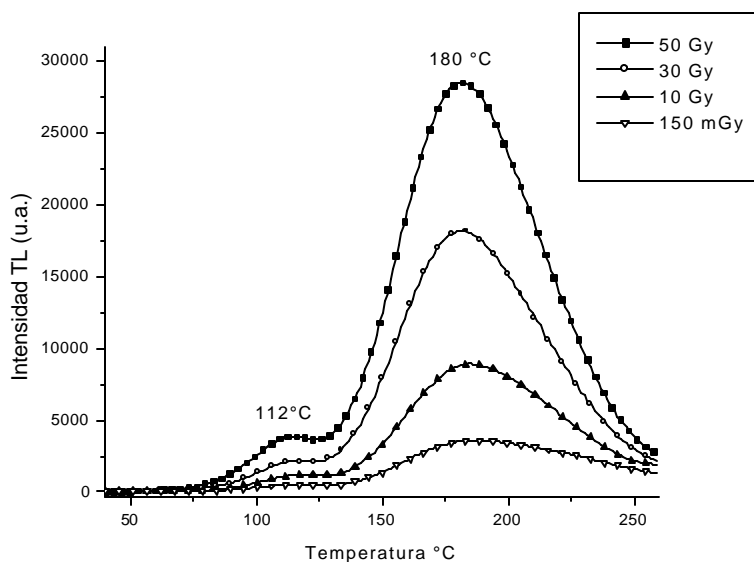


Figura 1. Curvas de brillo de películas delgadas irradiadas con partículas beta, obtenidas a una razón de calentamiento de 2°Cs<sup>-1</sup>

Los resultados del estudio de la relación dosis-respuesta, se muestran en la figura 2. Estos indican que el material presenta un comportamiento lineal en dos intervalos de dosis, de 150 mGy hasta 10 Gy el material muestra una sensibilidad mayor que en el intervalo entre 10 Gy y 50 Gy. Cabe señalar que los resultados mostrados aquí están normalizados a la masa del material depositado. Esto puede ser debido a que a medida que las dosis comienzan a ser altas, tiene lugar un proceso de saturación de las trampas.

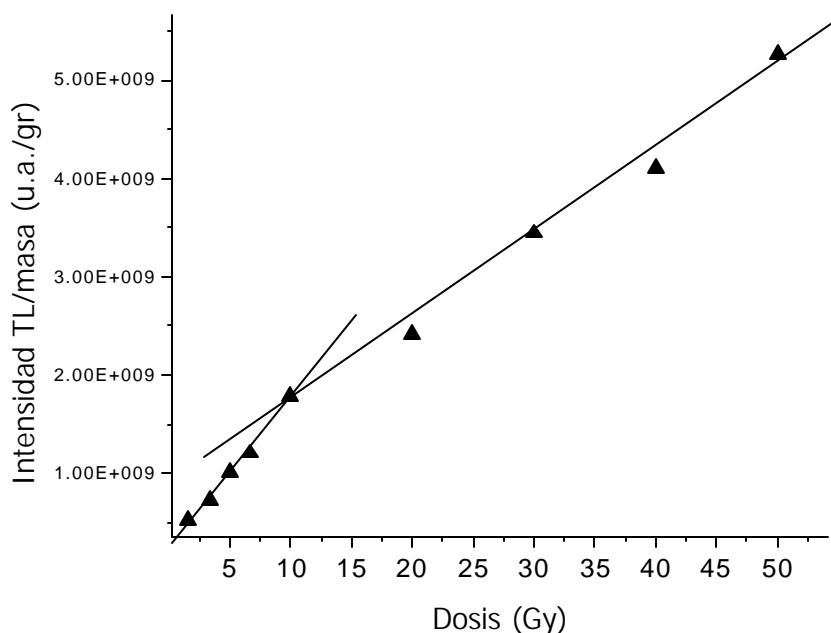


Figura 2. Respuesta TL como función de la dosis de películas delgadas irradiadas con partículas beta.

Se determinaron los parámetros cinéticos TL del material, utilizando el método de deconvolución computarizada de la curva de brillo (CGDC). Los resultados muestran que el pico de alta temperatura está compuesto por cuatro picos como se muestra en la figura 4, con sus máximos situados en 165.7, 188.1, 215.3, 246.5°C. A los cuales le corresponden profundidades de trampa (E) de 1.4, 1.6, 1.8 y 2.0 eV. Mientras que la profundidad de la trampa del pico de baja temperatura (112 °C) es de 1.2 eV. Adicionalmente el análisis muestra que los picos de alta temperatura obedecen una cinética de segundo orden.

Finalmente el estudio del desvanecimiento a corto plazo es del orden del 15% 3 días después de la irradiación para el pico de 180 °C.

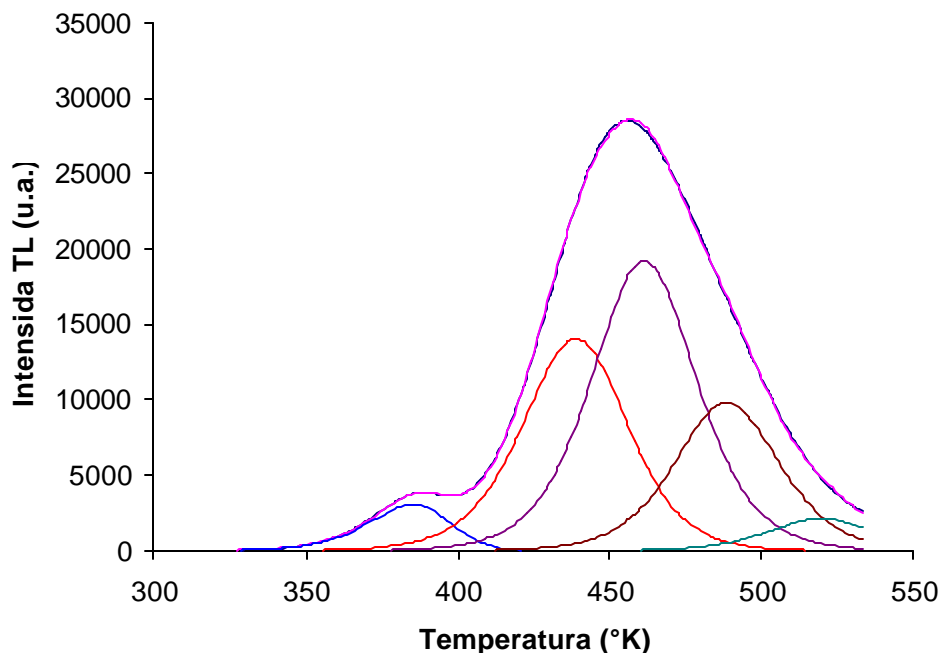


Figura 3. Deconvolución computarizada de la curva de brillo, que muestra que el pico de alta temperatura está compuesto por cuatro picos.

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo muestran que es posible obtener materiales en forma de películas delgadas con espesores del orden de 300 nm, los cuales exhiben respuesta TL al ser sometidos a radiación de partículas beta. Estos resultados sugieren que el pico de 180°C puede ser usado como pico dosimétrico. La relación lineal entre dosis y respuesta TL para radiación de partículas beta hace que las películas delgadas de óxido de aluminio sean potencialmente atractivos para usarse como dosímetros ultra-delgados para radiación de partículas beta.

#### Referencias

- Bilski, P., Olko, P., Burgkhardt, B., Piesch, E., 1995. *Radiat. Meas.* **24**, 445-448.
- Bhom, J. et al, 1998. *Dosimetry of weakly penetrating radiation*. PTB-Dos-30, Braunschweig.
- Chrisey, D.B., Hubler, G.K. (Eds.). Wiley, New York. (1994).
- Ponce, L., Fernández-Guasti, M., Jiménez, E., Haro-Poniatowski, E. *Rev. Méx. Fís.* **40**, 789-804. (1994).
- Sankur, H., Hall, R., *Appl. Opt.* **24**, 3343-3347. (1985).
- Villarreal-Barajas, J.E., Darley, J.P., Charles, M.W., *Radiat. Prot. Dosim.* **85**, 507-512. (1999).