



MX0000346

Dosimetría Termoluminiscente en un Difractómetro de Rayos X

***D. Mendoza-Anaya^(1,3), P. Gonzalez-Martínez⁽¹⁾,
T. Falcón-Bárceñas⁽¹⁾ y V. M. Castaño⁽²⁾***

*¹Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares,
A.P. 18-1027, México, D. F., México.*

*²Instituto de Física, UNAM, Laboratorio Juriquilla,
A.P.1-1010, C.P.76001, Querétaro, México.*

³Estudiante del Posgrado en Ingeniería. Facultad de Ingeniería, UAQ.

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la dosimetría realizada en un Difractómetro de Rayos X para polvos, de la marca Siemens D5000, utilizando la señal termoluminiscente generada por los rayos X en el dosímetro comercial TLD-100 de Harshaw, EUA. De acuerdo a los resultados obtenidos, la cantidad de radiación recibida por un material analizado en el difractómetro, será proporcional al tiempo de exposición y podrá variar desde unidades hasta decenas de grays. Estos resultados son muy relevantes cuando se analizan materiales cristalinos en un difractómetro, para conocer las fases cristalinas presentes, principalmente si éstos son altamente sensibles a la radiación ionizante, como es el caso de los materiales termoluminiscentes.

Introducción

El difractómetro de rayos X es un equipo ampliamente utilizado para la identificación de fases cristalinas presentes en los materiales. El principio físico de operación se basa en hacer incidir un haz de rayos X con una energía determinada, sobre la superficie del material y, según la ley de Bragg, estos rayos serán difractados a diferentes ángulos, de acuerdo a las distancias interplanares de las estructuras cristalinas presentes. Determinando los diferentes ángulos de difracción es posible determinar las fases cristalinas presentes, según la Ley de Bragg⁽¹⁾:

$$2sen\theta = n\lambda$$

donde θ es el ángulo de difracción y λ es la longitud de onda de la radiación incidente.

La información obtenida consiste en un patrón de difractograma con diferentes máximos de acuerdo a las diferentes distancias interplanares en la red cristalina del material. Como estas distancias interplanares son características del cristal, los ángulos de difracción también lo serán; por lo que cada material tendrá un patrón de difracción característico, con lo que es posible su identificación a partir de la generación de un banco de datos con cristales ya conocidos. Un equipo de difracción consta principalmente de una fuente emisora de rayos X, una rejilla para colimar el haz, un soporte para colocar la muestra y un detector. Generalmente la operación del equipo se realiza a través de una computadora personal.

Sin embargo, dado que los rayos X son radiación ionizante, producirán ionizaciones y excitaciones en el material y la dosis depositada en éste, dependerá de las condiciones de trabajo del equipo seleccionadas: voltaje, corriente y el tiempo de barrido. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la dosimetría termoluminiscente en un Difractómetro de rayos X, instalado en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, utilizando el dosímetro comercialmente conocido como TLD-100. A partir de estos resultados será posible conocer la dosis que recibe un material cuando se estudian sus características microestructurales en un difractómetro de este tipo.

Desarrollo experimental

a) Calibración de los dosímetros

Antes de la irradiación con rayos X, los dosímetros fueron calibrados con una fuente conocida de rayos gamma; los dosímetros TL (DTL), en polvo, usados en este trabajo fueron los comercialmente conocido como TLD-100 de Harshaw, EUA. La curva de calibración se realizó irradiando los DTL en un irradiador Vickrad que cuenta con una fuente de ^{60}Co (1.33 MeV). La irradiación se realizó a temperatura ambiente y en condiciones de equilibrio electrónico⁽²⁾. Las dosis cubrieron un intervalo entre 0.5 a 160 Gy. Se irradiaron cinco muestras, de 5 mg cada una por dosis, tomándose el promedio de las lecturas generadas por éstas.

b) Irradiación de los dosímetros con rayos X

El equipo utilizado para la irradiación de las muestras con rayos X fue un difractómetro de Rayos X para polvos marca Siemens, modelo D5000, el cual tiene un tubo de cobre y los rayos X emitidos corresponden a la banda $K\alpha$ del cobre (8.054 KeV). Las rejillas utilizadas para colimar el haz fueron de 2.0X2.0 mm² de superficie y 0.2 mm de espesor. Se realizó un barrido de 2 a 70° en la escala de 2θ , variándose los pasos de barrido, por lo que se cubrió un intervalo de tiempo de exposición desde 2.5 hasta 90 minutos.

c) Lectura de la señal termoluminiscente

La señal TL se obtuvo utilizando un analizador de termoluminiscencia HARSHAW 4000, acoplado a una PC. La integración de la señal se consideró entre 373 y 573 K, con una razón de calentamiento constante de 10 K/s. Las lecturas se realizaron inmediatamente después de irradiación en atmósfera de nitrógeno.

Resultados

Los dosímetros irradiados con radiación gamma del ^{60}Co mostraron un incremento de la señal TL en forma proporcional con la dosis recibida, como se puede apreciar en la Fig. 1. En la Tabla 1 se presenta el intervalo de dosis recibida por el detector y la señal TL generada por éstos, así como la dispersión porcentual del valor promedio. En tanto que en la Fig. 2 se presenta gráficamente la intensidad de la señal TL en función de la dosis, ambos ejes coordinados en escala logarítmica. Como se puede observar en ésta, existe un comportamiento lineal, por lo que utilizando el método de mínimos cuadrados, se le puede asociar una ecuación de tipo potencial.

Dosis(Gy)	Intensidad TL Promedio (u.a.)	% Dispersión
0.5	235.97	7.8
1	593.27	7.6
2.5	1260.73	6.4
5	3001.48	5.49
10	6373.44	6.81
20	14666.48	5.44
40	37384.58	3.39
80	97928.81	1.04
160	243148.3	3.62

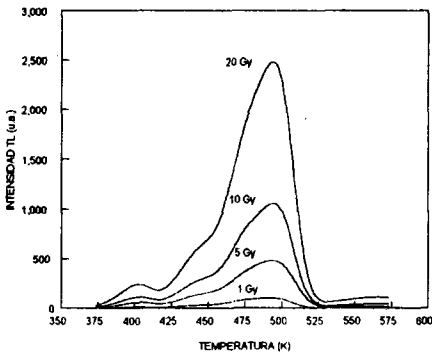


Figura 1.- Señal termoluminiscente inducida por la radiación gamma en el TLD-100.

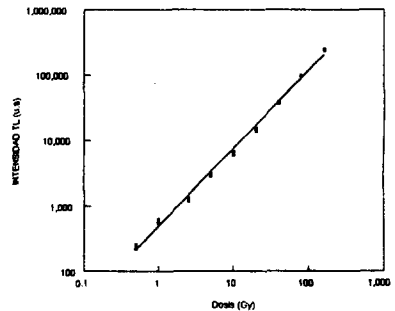


Figura 2. Intensidad de la señal TL en función de la dosis de radiación gamma de ^{60}Co en el TLD-100.

En este caso, la forma de la ecuación es la siguiente:

$$I = 484.48 D^{1.19} \quad (1)$$

Donde I es la intensidad de la señal TL y D es la dosis recibida en Gy.

Respecto de la irradiación con rayos X en el difratómetro, también se observó que la señal TL inducida aumenta proporcionalmente con el tiempo de exposición, según se observa en la Tabla 2 y en la Fig. 3. En la Fig. 4 se presenta gráficamente la intensidad TL en función del tiempo de irradiación, ambos en escala logarítmica.

Tiempo de exposición (min.)	Intensidad TL promedio (u.a.)	% Dispersión	Dosis (Gy)
2.5	6702.71	3.75	9.64±0.36
6	27383.31	7.71	27.56±2.12
10	51771.30	3.75	50.87±1.91
15	92904.82	6.86	82.75±5.68
30	285765.46	4.79	190.13±9.11
46	354281.81	6.23	317.55±19.78
62	687773.01	2.56	454.33±11.63
90	1224604.50	8.06	710.55±57.27

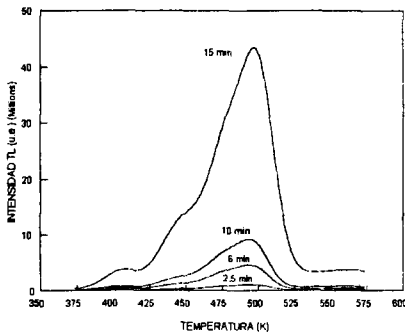


Figura 3.- Señal termoluminiscente inducida por los rayos X en el TLD-100.

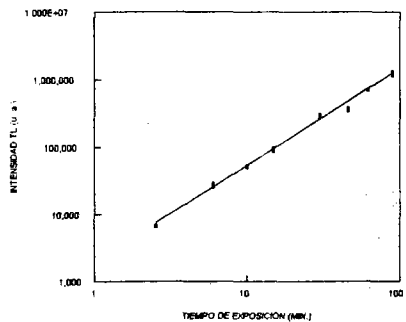


Figura 4. Intensidad de la señal TL en función de la dosis de radiación X en el TLD-100.

Se puede observar un comportamiento similar que en la irradiación con rayos gamma. Al hacer un ajuste por mínimos cuadrados para encontrar la ecuación matemática que representa este comportamiento, se encuentra que tiene la misma forma, cambiando solo las constantes:

$$I = 1945.54 T^{1.43} \quad (2)$$

En este caso T aparece como variable independiente y representa el tiempo de exposición del material en el difractor de rayos X.

Analizando la señal TL inducida por los rayos gamma y los rayos X en el dosímetro TLD-100, se encuentra que en ambos casos el pico dosimétrico principal aparece en alrededor de 485 K, como se reporta en la literatura⁽²⁾. Además la curva de crecimiento de la señal es similar en ambos casos, según se aprecia en la fig. 2 y fig. 4. De acuerdo con estas similitudes se puede hacer una correlación entre las ecuaciones (1) y (2) para determinar la dosis (D) depositada por los rayos X, con energías de 8.054 KeV, en función del tiempo de exposición en el difractor de rayos X, con las condiciones en que se realizó el experimento. La relación matemática estará dada por:

$$D = 3.21T^{1.2} \quad (3)$$

Donde D, en grays, es la dosis absorbida por el material y T, en minutos, es el tiempo de exposición en el difractor de rayos X. De acuerdo con esta ecuación, en la última columna de la Tabla 2 se presenta la dosis absorbida por los detectores en el difractor de rayos X.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el difractor de rayos X si induce una señal termoluminiscente en el dosímetro TLD y esta señal se incrementa con el tiempo de exposición, siguiendo una ley de tipo potencial, similar a la inducida por los rayos gamma emitidos por el ⁶⁰Co. Se observa una diferencia en el incremento de la señal, la cual se debe a la razón de dosis de ambas fuentes. Sin embargo, el tipo de señal no se ve afectado. Esto indica que el dosímetro TLD-100 puede ser utilizado para cuantificar la cantidad de dosis recibida en el difractor de rayos X, cuando se analizan las diferentes fases cristalinas presentes en un material. Se debe mencionar que aunque las dosis medidas fueron relativamente altas, no representan algún riesgo para el operador del equipo, debido principalmente a que el haz esta bien colimado y dirigido al portamuestra y el operador no esta en expuesto ni próximo al haz.

Referencias

- (1) Donald R. Askeland. *La Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. University of Missouri-Rolla, Grupo Editorial Iberoamericano, 1987, México.
- (2) Cameron I. R., Sintharalingam N. and Kerney G. N. *THERMOLUMINESCENCE Dosimetry*. The University of Wisconsin Press, 1968.
- (3) Juan Azorín Nieto. *Luminescence Dosimetry. Theory and Applications*. Ediciones Técnico Científicas, S. A. de C. V. 1990.
- (4) *Manual de difractor de rayos X, marca Siemens, modelo D5000*.