

Determinación de las Propiedades Dosimétricas de $ZrO_2:Cu$ y su Empleo en la Dosimetría de la Radiación Ultravioleta

D. Molina-Pérez

*Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones
Apdo. Postal 6195. La Habana, Cuba
daniel@cphr.edu.cu*

L. Olvera-Tenorio, J. Azorín-Nieto, M. Barrera-Salgado, A. M. Soto-Estrada

*Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa
Av. San Rafael Atlixco 186, 09340 México D.F.
azorin@xanum.uam.mx*

T. Rivera-Montalvo

*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada,
Unidad Legaria del IPN
Av. Legaria 694. 11500 México D.F.
riveramt@hotmail.com*

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados experimentales de estudiar las características termoluminiscentes (TL) del óxido de zirconio dopado con cobre ($ZrO_2:Cu$) expuesto a luz ultravioleta de longitud de onda en el intervalo de 200-400 nm. El material en forma de polvo fue preparado utilizando el método sol-gel. Las características dosimétricas estudiadas incluyen la curva de emisión TL (curva TL), la respuesta termoluminiscente en función de la longitud de onda, la dosis mínima detectable y la linealidad de la respuesta. La respuesta TL del $ZrO_2:Cu$ en función de la longitud de onda presentó dos máximos, en 260 y 290 nm, respectivamente. La curva TL del $ZrO_2:Cu$ mostró dos picos, en 120 y 170 °C, respectivamente, siendo su forma similar para todas longitudes de onda estudiadas. La respuesta en función de la irradiancia espectral resultó ser lineal en el intervalo de 160 a 2300 mJ/cm². Los resultados obtenidos al estudiar la propiedades TL del $ZrO_2:Cu$ expuesto a la radiación ultravioleta muestran que reúne características dosimétricas prominentes para ser utilizado como un dosímetro de radiación ultravioleta.

1. INTRODUCCIÓN

Todos estamos expuestos a la radiación ultravioleta (UV), ya sea de forma natural a la que proviene del sol y de forma artificial a otras fuentes que son utilizadas en la medicina, la industria y otras esferas de la vida. La radiación UV en pequeñas cantidades es beneficiosa para las personas, siendo esencial para la producción de vitamina D. Sin embargo, la exposición prolongada a la radiación UV que proviene del sol puede ocasionar daños a la salud de las

personas, entre los posibles daños se encuentran el cáncer de piel, la inhibición del sistema inmunitario, cataratas y envejecimiento prematuro de la piel, sobre todo en las personas que pasan mucho tiempo al aire libre. Desde este punto de vista, la vida en la Tierra es posible gracias a la capa de ozono, situada en la estratosfera, que filtra la mayor parte de la radiación UV procedente de Sol.

La región UV cubre el rango de longitud de onda que va desde 100 a 400 nm y se divide en tres bandas: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm) [1]. Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera toda la UVC y la mayor parte la UVB es absorbida por la capa de ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono presente en ella. Por tanto, la luz solar que alcanza la superficie está compuesta mayormente por UVA y una pequeña fracción de UVB. Sin embargo, la UVB es la componente más perjudicial desde el punto de vista biológico debido a que produce quemaduras y otros efectos, por lo que es de interés para muchos investigadores determinar su incidencia y los posibles efectos en la vida humana.

Desde hace algunos años ha cobrado gran interés a nivel internacional el uso de materiales termoluminiscentes para el monitoreo de la radiación UV, debido a que reúnen varias propiedades que los hacen atractivos, entre las que se puede destacar: sencillez y rapidez del proceso de lectura, pequeñas dimensiones y linealidad de la respuesta. Actualmente existe un enorme interés en desarrollar nuevos materiales para detectar y medir campos de radiación ionizante y no ionizante, a través de la señal termoluminiscente. En este sentido, se han propuesto otros materiales, aparte de los que ya son utilizados como el clásico TLD-100, tales como perovskita, alumina y diamante [2-4]. En tanto, se siguen estudiando otros materiales con la finalidad de proponerlos como dosímetros para detectar y cuantificar campos de radiación [5,6]. Entre los materiales que aún siguen en estudio, se encuentra el óxido de zirconio (ZrO₂) cuyas dos principales fases cristalinas, tetragonal y monoclinica, presentan una importante señal termoluminiscente inducida por la radiación no ionizante (UV). En este trabajo se presenta un estudio de algunas propiedades dosimétricas del material óxido de zirconio dopado con cobre, en su fase monoclinica, obtenido por el método de sol-gel, al ser expuesto a la radiación UV.

2. EXPERIMENTAL

La preparación del óxido de zirconio se realizó por el método sol-gel, utilizándose propóxido de zirconia como precursor, isopropanol como policondensador y agua. Los reactivos utilizados fueron en forma de nitrato de cobre (II) (Cu(NO₃)₂) a una concentración de 0.5%. La relación molar es de 1:646.37:2608 de Zr(OR₄) e isopropanol. La síntesis se realizó mezclando el precursor con el policondensador y agua, manteniéndose en agitación constante la mezcla durante 5 minutos. Posteriormente se deja que continúe la gelación hasta la formación de monolitos. Finalmente las muestras obtenidas fueron sometidas a un tratamiento térmico de 1000 °C, obteniéndose las muestras en forma de polvo.

El análisis por difracción de rayos X (DRX) fue realizado en un difractómetro para polvos marca Siemens D5000, operado a 30 keV y 25 mA, con un barrido de 15° a 85°, en la escala de 2-theta. De esta manera se observó la fase monoclinica cristalina presente de las muestras del oxido de zirconio.

Antes de exponerlas a la radiación, las muestras fueron sometidas a un tratamiento térmico de

borrado consistente en calentar las muestras a 300 °C durante 10 min.

Para la exposición a la radiación UV se empleó una lámpara comercial de Xenón de 40 W de potencia, acoplada un monocromador para seleccionar la longitud de onda de exposición.

Las lecturas de la señal TL se realizaron utilizando un analizador termoluminiscente HARSHAW 4000, acoplado a una PC para almacenar y analizar la curva de emisión. La integración de la señal se consideró entre 50 y 350 °C, con una tasa de calentamiento de 10 °C/s. Todas las lecturas se realizaron en una atmósfera de nitrógeno para evitar señales espurias.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los difractogramas obtenidos para cada una de las muestras estudiadas. De acuerdo a la posición de los picos de difracción, fue posible identificar la fase monoclinica del óxido de zirconio.

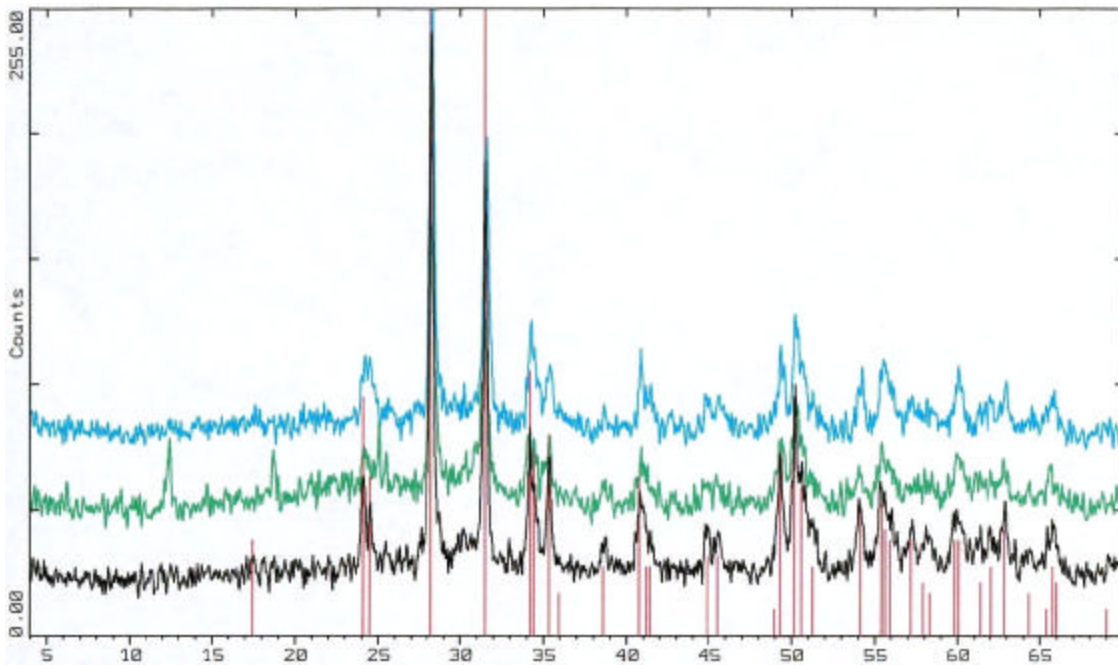


Figura 1. Difractograma de rayos-X de las muestras ZrO₂:Cu. Se puede observar la presencia de la fase monoclinica del óxido de zirconio, en todas las muestras estudiadas.

La respuesta termoluminiscente (TL) de las muestras de ZrO₂:Cu en forma de polvo expuestas a radiación UV en función de la longitud de onda se muestra en la Figura 2. Se puede observar que presentó tres máximos: 230, 260 y 290 nm. El espectro obtenido indica que el ZrO₂:Cu tiene una mayor sensibilidad a una longitud de onda de 290 nm, por lo que se puede inferir que el material es útil para monitorear la radiación UV en esa longitud de onda.

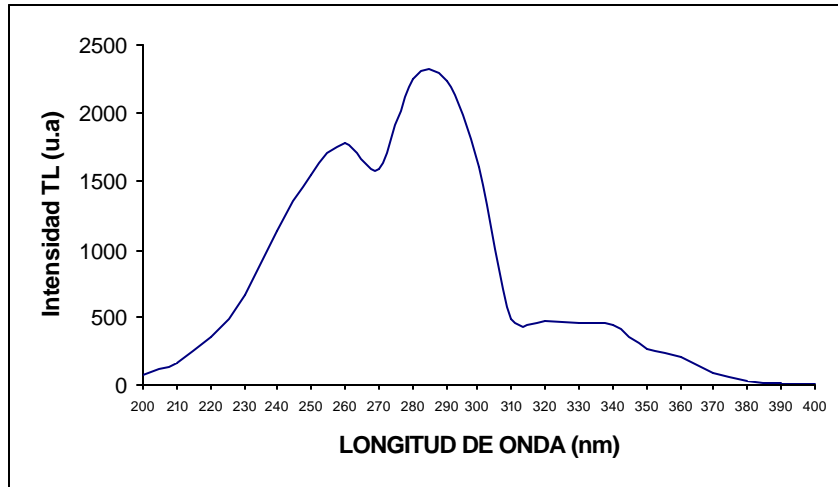


Figura 2. Respuesta TL del $ZrO_2:Cu$ en función de la longitud de onda.

En la Figura 3 se presenta la curva TL obtenida al irradiar el $ZrO_2:Cu$ con radiación UV de 260 nm de longitud de onda. Se puede apreciar que la curva TL presenta 2 picos, ubicados en 120 y 170 °C, respectivamente. El primer pico se desvanece completamente a temperatura ambiente en 24 horas, mientras el segundo, al cual corresponde la máxima intensidad, permanece estable.

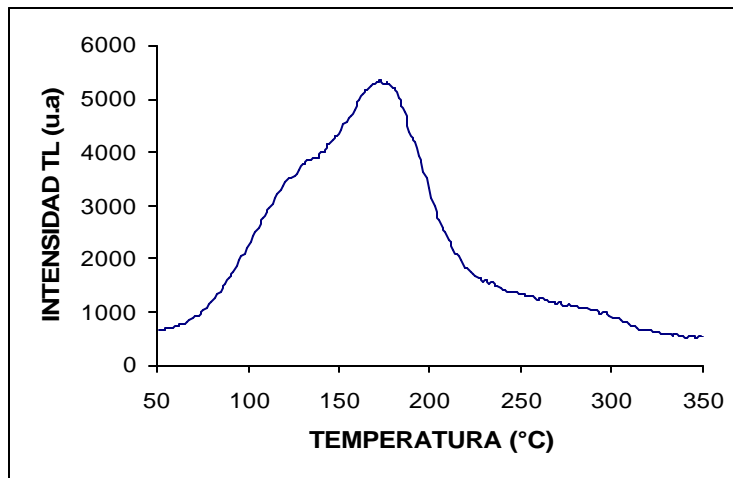


Figura 3. Respuesta TL del $ZrO_2:Cu$ expuesto a 260 nm de longitud de onda.

En la Figura 4 se presenta la respuesta TL del $ZrO_2:Cu$ en función de la irradiancia espectral, obtenida irradiando las muestras con radiación U.V de 260 nm. Como se aprecia dicha respuesta tiene un comportamiento lineal en el intervalo de 160 a 2300 mJ/cm^2 . Este estudio permitió constatar además que la forma de la curva TL del material se mantiene igual al aumentar el tiempo de exposición a la radiación UV.

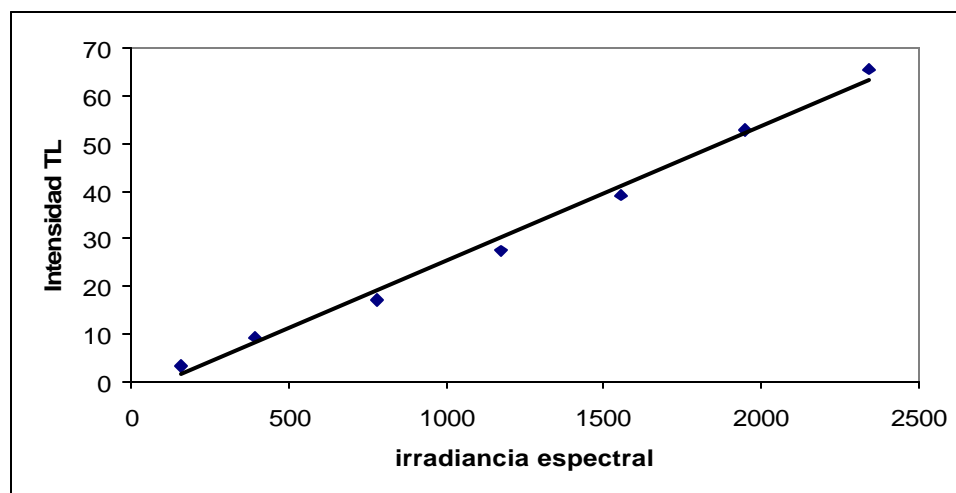


Figura 4. Respuesta TL del $ZrO_2:Cu$ en función de la irradiancia espectral.

4. CONCLUSIONES

Se han estudiado algunas propiedades dosimétricas del material $ZrO_2:Cu$ en forma de polvo, obtenido por el método sol-gel. La sensibilidad del material es mayor para radiación UV de 290 nm, que se corresponde con la banda UVB que es la de mayor interés desde el punto de vista biológico. La respuesta TL del material en función de la dosis de radiación UV es lineal en un amplio rango. Los resultados obtenidos indican que el $ZrO_2:Cu$ reúne propiedades prometedoras para ser considerado como un dosímetro TL de radiación UV.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al CITMA y CONACYT por el apoyo brindado para la realización del proyecto de colaboración dentro del cual se desarrolló esta investigación.

REFERENCIAS

1. Commission International de l'Eclairage (International Commission on Illumination). "International Lighting Vocabulary", 4th edn, Pub. CIE. No. 17 (E-1,1). Viena, CIE, (1987).
2. F. Sepúlveda Martínez, J. Azorín Nieto, T. Rivera Montalvo, C. Furetta, C. Sanipoli. "Parámetros Cinéticos Termoluminiscentes de la Perovskita, $KMgF_3$, Activada con Lantano". *Memorias del XVII Congreso Nacional sobre Dosimetría de Estado Sólido*, Edit. por Innovación Editorial Lagares, ISBN: 970-773-023-4, p.167-174. (2004).
3. C. Sallé, F. Ferey, P. Grosseau, et.al. "Detection of Foreign Phases in Doped α -Alumina Powders by Thermoluminescence". *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. **73**, No. 1, p. 25-33, (2003).
4. R. Meléndez, M. Pedroza-Montero, B. Castañeda, et.al. "Dosimetría TL y OSL de Películas de Diamante CVD Puras e Impurificadas con Boro-Carbono". *Memorias del XVII Congreso Nacional sobre Dosimetría de Estado Sólido*, Edit. por Innovación Editorial Lagares, ISBN: 970-773-023-4, p. 73-80, (2004).

5. C. Cruz-Vázquez, S.E. Burrel-Ibarra, H. Grijalva-Monteverde, M. Barbosa-Flores, R. Bernal. “Dosimetría Termoluminiscente de nuevos Fósforos de ZnO Expuestos a la Radiación Beta”. *Memorias del XVII Congreso Nacional sobre Dosimetría de Estado Sólido*, Edit. por Innovación Editorial Lagares, ISBN: 970-773-023-4, p. 67-72, (2004).