



MX0500409

VIII Conferencia Internacional/XVIII Congreso Nacional sobre Dosimetría de Estado Sólido
7-9 Septiembre de 2005, Zacatecas, Zac. México

DOSIMETRÍA TERMOLUMINISCENTE DE RADIACIONES BETA DE $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ USANDO $\text{ZrO}_2:\text{Eu}$

Leticia Olvera Tenorio¹, Juan Azorín Nieto¹, Teodoro Rivera Montalvo²,
Miroslava Barrera Salgado³ y Ana María Soto Estrada³

¹Departamento de Física, UAM-Iztapalapa

Av. San Rafael Atlixco 186. 09340, México D.F.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada-Legaria IPN

Av. Legaria 694. 11500, México D.F.

³Departamento de Química, UAM-Iztapalapa

Av. San Rafael Atlixco 186. 09340, México D.F.

azorin@xanum.uam.mx , trivera@ipn.mx

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de estudiar las propiedades termoluminiscentes (TL) del óxido de zirconio dopado con europio ($\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$) ante radiaciones beta de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Los polvos de $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ fueron obtenidos mediante la técnica sol-gel y fueron caracterizados por medio de análisis térmicos y por difracción de rayos-X. Los polvos de $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$, previamente irradiados con partículas beta de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, presentaron una curva termoluminiscente con dos picos a 204 y 292°C respectivamente. La respuesta TL del $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ como función de la dosis absorbida fue lineal desde 2 Gy hasta 90 Gy. El desvanecimiento de la información del $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ fue de 10% las primeras 2 horas permaneciendo casi constante la información por los siguientes 30 días. El ZrO_2 dopado con el ion (Eu^{3+}) fue encontrado más sensible a la radiación beta que el óxido de zirconio sin dopar (ZrO_2) obtenido por el mismo método. Las características estudiadas permiten proponer al óxido de zirconio dopado con europio como dosímetro termoluminiscente para la detección de la radiación beta.

1. INTRODUCCIÓN

La dosimetría de las radiaciones ionizantes empleando el fenómeno de termoluminiscencia (TL) ha demostrado ser una técnica eficaz en diferentes aplicaciones dosimétricas [1-4]. La dosimetría de distintos tipos de radiación ionizante, es de importancia fundamental tanto en disciplinas científicas como en cualquier otro ámbito en el que se requiera utilizar las radiaciones en forma adecuada y segura; tal es el caso de las aplicaciones médicas. Adicionalmente, ante la diversidad de fuentes de radiación existentes, es necesario que la dosimetría cubra diversos tipos de radiación y varios intervalos de dosis, lo que

hace necesario la búsqueda de nuevos materiales más sensibles que los existentes.

Esta ha propiciado que grupos de investigación de ciencias básicas y aplicadas tengan interés en producir materiales y llevar a cabo su caracterización. Nuestro grupo tiene interés en sintetizar y caracterizar materiales utilizando métodos de obtención cada vez más sencillos. Recientemente, se ha propuesto el uso de precursores del grupo de óxidos metálicos para la obtención de materiales termoluminiscentes utilizando la técnica de sol-gel. Varios procedimientos bien establecidos para la síntesis de nuevos materiales de importancia tecnológica son posibles mediante el uso de este método. Por mucho tiempo, la aplicación de este procedimiento estuvo centrada casi exclusivamente en los óxidos inorgánicos [5,6]. Una característica importante del proceso sol-gel, es que usa precursores metalo-orgánicos, solventes orgánicos y procesos de bajas temperaturas [8]. De esta manera la preparación de óxidos metálicos no requiere de altas temperaturas. A partir de este método de síntesis, se puede controlar el tamaño de las partículas del sólido, se pueden obtener nanopartículas de óxidos metálicos, las cuales son importantes en muchas aplicaciones, como en catálisis y en la conversión de energía solar.

El ZrO_2 se ha usado en muchas aplicaciones, debido a sus características estructurales y propiedades electrónicas; ya que presenta un alto punto de fusión y baja conductividad térmica a altas temperaturas. Una de las aplicaciones más recientes de estos materiales es la función como detector de radiaciones ionizantes y no ionizantes [9 - 11]

El objetivo de este trabajo es investigar las propiedades termoluminiscentes del $ZrO_2:Eu^{3+}$ calcinado a $1000^\circ C$ por 12 hrs para la detección de las radiaciones beta de $^{90}Sr/^{90}Y$ y su propuesta para usarlo como detector de partículas beta.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

El cloruro de europio (99.99%), propóxido de zirconio y propanol fueron usados sin purificación. Tomando en consideración la siguiente reacción: sales de cloruro de zirconio fueron disueltos en agua deionizada doblemente destilada. Cloruro de europio disuelto en agua fue añadido a la solución de zirconio. La reacción fue agitada por 5 minutos y posteriormente fue colocada en un lugar oscuro por 30 días para su evaporación a condiciones normales. Al final de este periodo fue obtenido un vidrio transparente. Finalmente, las muestras fueron sometidas a un tratamiento térmico a $1000^\circ C$ durante 12 hrs.

La estructura del compuesto fue confirmada estudiando el patrón de difracción de rayos X usando un Siemens D-500 el cual emite una radiación de λ 0.15406nm.

Previo a la determinación de las características dosimétricas las muestras fueron sometidas a un tratamiento térmico de borrado a 300°C durante 10 minutos para eliminar cualquier información remanente. Las características dosimétricas estudiadas fueron: curva TL, sensibilidad, linealidad y desvanecimiento. Para investigar las características termoluminiscentes de $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$, dichas muestras fueron expuestas a radiación beta de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. La sensibilidad fue determinada irradiando las muestras de $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ y de ZrO_2 sin dopar a una dosis de 30 Gy de radiación beta. Para investigar la respuestas TL del $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ como función de la dosis absorbida, éstas fueron expuestas variando la dosis. El desvanecimiento fue determinado exponiendo muestras a irradiación beta y guardadas en un lugar oscuro a temperatura ambiente.

Las lecturas TL se realizaron utilizando un equipo lector TL Harshaw (Modelo 3500) conectado a una PC. La señal TL fue integrada desde temperatura ambiente hasta 350°C usando una rapidez de calentamiento de $10^\circ\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$. Todas las lecturas fueron hechas en una atmósfera de nitrógeno.

3. RESULTADOS

El difractograma de la estructura cristalina del polvo de óxido de zirconio dopado con europio ($\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$) se muestra en la figura 1. Esta figura muestra los patrones de difracción del $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ obtenido por el método de sol-gel y sometido a una temperatura de 1000°C por 12 horas.

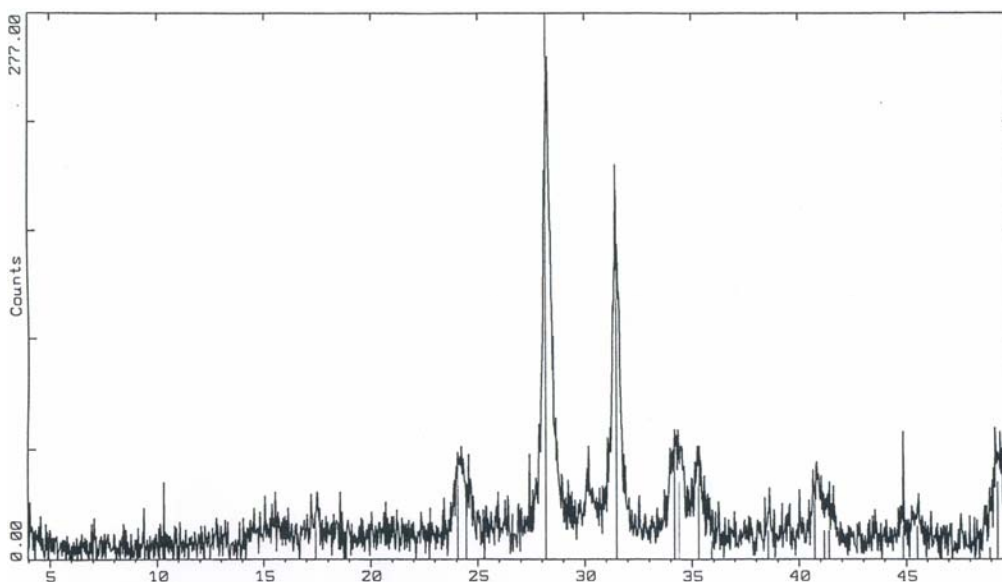


Figura 1. Difracción de rayos X del $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ calcinado a 1000°C

Los patrones de difracción sugieren que el $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ presenta una estructura monoclinica. La figura 2 muestra la curva típica del $\text{ZrO}_2:\text{Eu}^{3+}$ expuesta a radiación

beta a una dosis absorbida de 30 Gy. La curva TL exhibe 2 picos, los cuales presentan sus máximos en 204 y 292°C respectivamente.

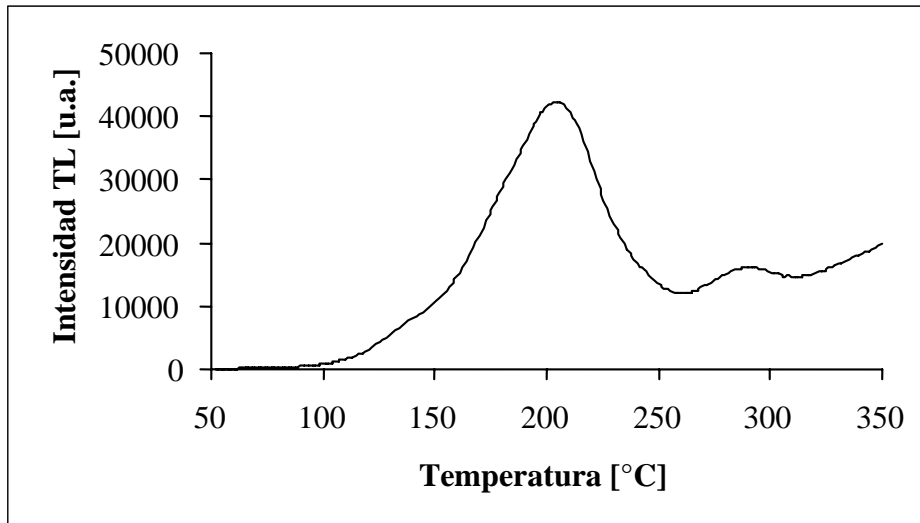


Figura 2. Curva TL de $ZrO_2:Eu^{3+}$ expuesta a radiación beta de $^{90}Sr/^{90}Y$

La forma de la curva no varía para exposiciones desde 2 hasta 90Gy pero sí en la intensidad de los picos como función de la dosis absorbida. La respuesta TL como función de la dosis absorbida es representada en la figura 3, en la que se puede observar que presenta una respuesta lineal en el intervalo estudiado.

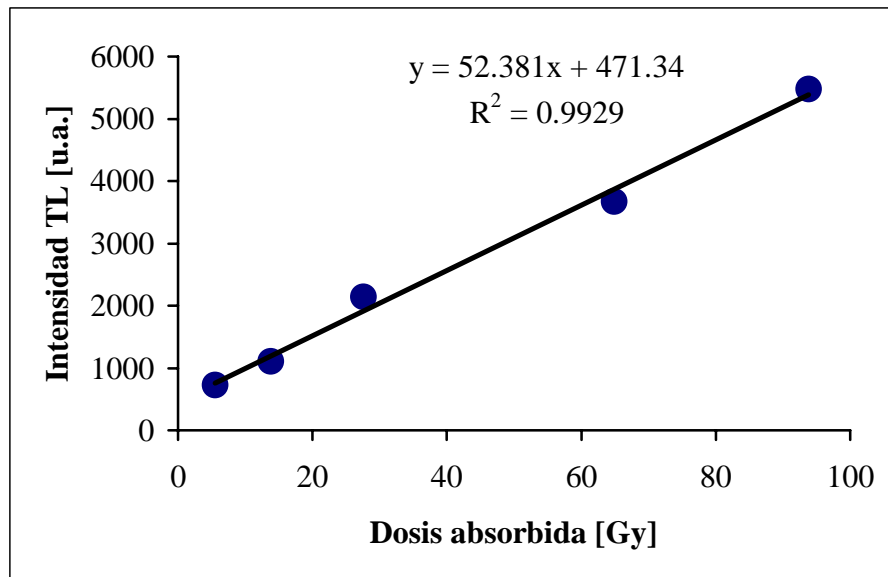


Figura 3. Respuesta TL del $ZrO_2:Eu^{3+}$ como función de la dosis absorbida de radiación beta

En la figura 4 se presenta una comparación entre la curva de $ZrO_2:Eu^{3+}$ y de ZrO_2 , expuestas a 30 Gy de radiación beta. Se puede ver que el $ZrO_2:Eu^{3+}$ es 1.9 veces

más sensible a la radiación beta que el ZrO_2 , cuando son sometidas bajo tratamientos de calcinación de $1000^\circ C$ durante 12 horas.

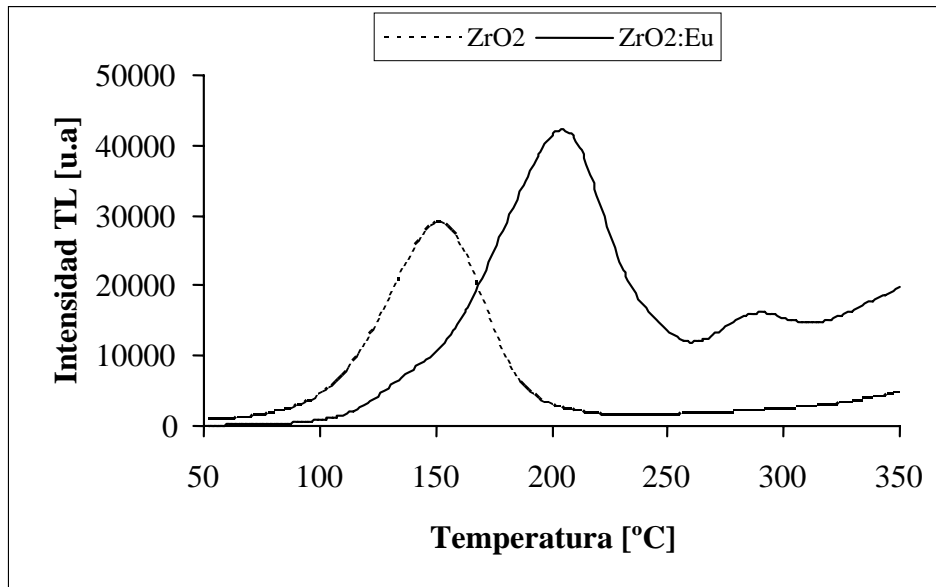


Figura 4. Comparación de las curvas TL del (a) $ZrO_2:Eu^{3+}$ y (b) ZrO_2 , ambos expuestos a una dosis de 30 Gy de radiación beta.

La repuesta termoluminiscente del $ZrO_2:Eu^{3+}$ como función de la dosis absorbida de radiación beta fue lineal en el intervalo de 2 a 90 Gy. El desvanecimiento del $ZrO_2:Eu^{3+}$ fue del 10% en las dos primeras horas. Después de este periodo, el $ZrO_2:Eu^{3+}$ irradiado con beta pierde el 3% en el rango de 0.09 a 30 días.

4. CONCLUSIONES

El óxido de zirconio dopado con europio Eu^{3+} fue obtenido por el método de sol-gel y sus características luminiscentes muestran que el Eu^{3+} se incorpora en la matriz como un centro atómico. Los patrones de difracción sugieren una estructura monoclinica, haciendo evidente la presencia de la fase monoclinica correspondiente al ZrO_2 . La sensibilidad del $ZrO_2:Eu^{3+}$ fue 1.9 veces más alta que el ZrO_2 sin dopar. El bajo desvanecimiento del segundo pico hace a este material apropiado para dosimetría de radiación beta. De los resultados presentados se concluye que el ion Eu^{3+} actúa como centro de recombinación el cual contribuye la respuesta TL del material ZrO_2 . Tomando en consideración los resultados anteriormente mencionados, además su obtención a bajo costo se puede concluir que los dosímetros TL de $ZrO_2:Eu^{3+}$ son promisorios para usarlos como dosímetros de radiación beta.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo apoyado por CONACYT mediante los proyectos 42473 y 48200 y también parcialmente por el proyecto CGPI-IPN 20050146.

REFERENCIAS

- [1] S.W.S. *Thermoluminescence of Solids*. Cambridge University Press (1985)
- [2] C. Furetta. *Handbook of Thermoluminescence*. World Scientific (2003)
- [3] Juan Azorín N. *Luminescence Dosimetry. Theory and Applications*. Ediciones Técnico-Científicas, México (1990)
- [4] S.W.S. McKeever, M. Moskovitch, P.D. Townsend, *Thermoluminescence Dosimetry Materials: Properties and Uses*. Nuclear Technology Publishing (1995)
- [5] Brinker, C. J.; Scherer, G.; *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*, Academic Press: San Diego, 1990.
- [6] C. J. Brinker, and G. Sherrer, *Sol-Gel Chemistry, the Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*, Academic Press, San Diego, 1989
- [7] N.V. Gaponenko *Synthetic Metals* Vol. **124** p.125 (2001)
- [8] M.M.Yang, T.M. Reith and C.J. Lin. *J. Vac. Sci. Technol. A* **8** p. 3925 (2000)
- [9] T. Rivera, J. Azorín, C. Falcony, E. Martínez y M. García, "Termoluminescent Response of ZrO₂+PTFE prepared in Mexico to ⁹⁰Sr/⁹⁰Y beta particles ", *Radiation Protection Dosimetry*, **100**, p. 317-319 (2002).
- [10] Rivera T., Azorín J., Martínez E. y García M. " Termoluminiscencia inducida por la luz ultravioleta y visible en ZrO₂:TR". *Revista Mexicana de Fisica*. **44 S 3** 240-243 (1998).
- [11] J. Azorín, T. Rivera, E. Martínez and M García. "Thermoluminescence of Eu-doped Zr₂O thin films to Ultraviolet and Visible Light". *Radiation Measurements*. Vol **29** (3-4) 315-317 (1998).