

# Determinación de los parámetros de las trampas en dosímetros termoluminiscentes de ZrO<sub>2</sub>:Eu + PTFE

*B. Nieto Hernández, J. Azorín Nieto, T. Rivera Montalvo*

Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa

Departamento de Física

09340 México, D.F. México

## Resumen

En el presente trabajo se describe la elaboración de dosímetros en forma de pastillas de ZrO<sub>2</sub>:Eu + PTFE; posteriormente, después de ser expuestas a radiación UV (260nm), se generan las correspondientes curvas termoluminiscentes y en base a las propiedades de simetría de las curvas se determina el orden de la cinética utilizando los criterios de Chen y de Balarin.

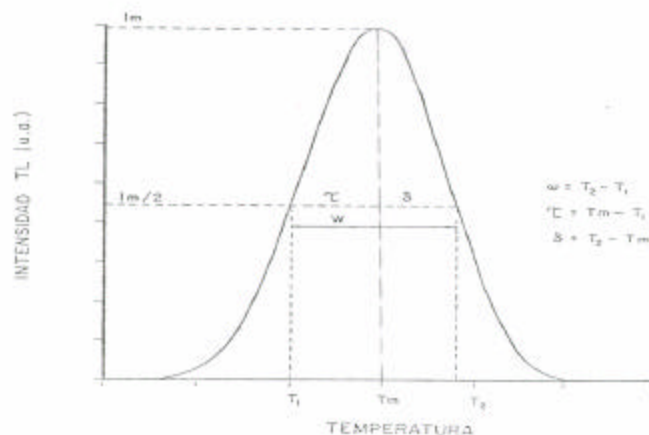
## Introducción

El método usado que nos permite determinar el orden de la cinética se basa en las propiedades de simetría de la curva termoluminiscente (TL), expresadas por el llamado factor de simetría  $\mu_g$  que depende de la temperatura del pico  $T_m$  y de dos temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  que se encuentran a ambos lados de  $T_m$  y que corresponden cada una a la mitad de la intensidad del pico. De tal manera que si definimos a  $\omega = T_2 - T_1$ ,  $\delta = T_2 - T_m$  y  $\tau = T_m - T_1$ , entonces para la caracterización de Chen [1]:

$$\mu_g = \frac{d}{w} = \{0.42 \text{ (cinética de 1er. orden) } \text{ ó } 0.52 \text{ (cinética de 2º orden)}\};$$

y para la caracterización de Balarin [3]:

$$\mu_g = \frac{d}{t} : 0.7 \leq \mu_g \leq 0.8 \text{ (cinética de 1er. orden) } \text{ ó } 1.05 \leq \mu_g \leq 1.2 \text{ (cinética de 2º orden)}.$$



**Fig. 1** Parámetros de la forma de la curva

## **Desarrollo Experimental**

Para facilitar su manejo, el material TL ( $\text{ZrO}_2\text{:Eu}$ ) en forma de polvo, se mezcló uniformemente con politetrafluoretileno (teflón) en una proporción de 1:2 ; parte de esta mezcla se colocó en un pequeño pistón de acero inoxidable al que se le aplicó una presión a temperatura ambiente para comprimir dicha mezcla y obtener cada una de las pastillas.

Posteriormente las pastillas fueron sometidas a un tratamiento térmico de sinterizado aumentando la temperatura hasta llegar a una ligeramente inferior a la de fusión del PTFE, lo cual tuvo una duración aproximada de 6 horas en una atmósfera de aire.

Se obtuvieron de este modo un total de 59 pastillas de aproximadamente 5 milímetros de diámetro, 1 milímetro de espesor, y con peso promedio de  $0.031902 \pm 0.00005$  g.

Del total de pastillas se seleccionaron aquéllas cuyos pesos tuvieran menos del 1% de desviación estándar, constituyendo así un lote de 12 pastillas.

Para investigar la respuesta TL de  $\text{ZrO}_2 : \text{Eu}$ , las muestras fueron expuestas individualmente a luz ultravioleta de una lámpara de Xe acoplada con un monocromador con el cual se seleccionó una longitud de onda de 260 nm.

Todas las exposiciones de cada una de las pastillas se realizó durante 3 minutos y entre cada exposición se hizo un borrado térmico a  $300^\circ\text{C}$  durante 40 minutos. Este procedimiento se realizó 6 veces. Posteriormente se escogieron para cada dosímetro los dos valores de dosis más parecidos (tabla 1).

Las lecturas termoluminiscentes fueron hechas en un analizador Harshaw 4000 conectado a una PC para grabar y procesar los datos y así obtener la curva de brillo aumentando la temperatura hasta  $300^\circ\text{C}$  con una temperatura de precalentamiento de  $50^\circ\text{C}$  y un ritmo de  $10^\circ\text{C/s}$ . Para reducir el ruido térmico de la plancheta de calentamiento del lector TL, las mediciones fueron hechas en una atmósfera de nitrógeno.

## **Descripción y análisis de resultados**

Todas las curvas TL presentaron dos picos, a  $100^\circ\text{C}$  y  $170^\circ\text{C}$  respectivamente siendo este último el correspondiente a la mayor intensidad (fig. 2).

En la tabla 1 se observan los valores de  $\mu\text{g}$  obtenidos con los criterios de Chen y Balarin para el segundo pico.

**PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL ORDEN DE LA CINÉTICA  
CORRESPONDIENTES AL PICO DE MAYOR INTENSIDAD (2° PICO)  
DE LOS DOSÍMETROS IRRADIADOS DURANTE 3 MINUTOS CON 260 nm Y 120 W**

| dosímetro      | dosis (nC) | int máx | tm    | int máx/2 | t1    | t2    | área pic(pA) | d    | w    | t    | mg (Chen)  | mg (Balarín) | D          |
|----------------|------------|---------|-------|-----------|-------|-------|--------------|------|------|------|------------|--------------|------------|
| 1, lectura 1   | 358.19     | 32335   | 164   | 16167.5   | 132.5 | 194   | 1507551      | 30   | 61.5 | 31.5 | 0.48780488 | 0.952381     | -0.0356098 |
| 1, lectura 2   | 400.4      | 36402   | 171.5 | 18201     | 137   | 197   | 1696163      | 25.5 | 60   | 34.5 | 0.425      | 0.7391304    | 0.09       |
| 2, lectura 1   | 454.28     | 44492   | 161   | 22246     | 126.5 | 189.5 | 2049536      | 28.5 | 63   | 34.5 | 0.45238095 | 0.826087     | 0.0352381  |
| 2, lectura 2   | 424.61     | 35722   | 170   | 17861     | 135.5 | 197   | 1652137      | 27   | 61.5 | 34.5 | 0.43902439 | 0.7826087    | 0.0619512  |
| 3, lectura 1   | 383.01     | 35258   | 165.5 | 17629     | 132.5 | 191   | 1603982      | 25.5 | 58.5 | 33   | 0.43589744 | 0.7727273    | 0.0682051  |
| 3, lectura 2   | 362.17     | 32296   | 167   | 16148     | 135.5 | 194   | 1471069      | 27   | 58.5 | 31.5 | 0.46153846 | 0.8571429    | 0.0169231  |
| 4, lectura 1   | 301.74     | 27313   | 167   | 13656.5   | 134   | 194   | 1277368      | 27   | 60   | 33   | 0.45       | 0.8181818    | 0.04       |
| 4, lectura 2   | 489.79     | 45790   | 170   | 22895     | 137   | 197   | 2064391      | 27   | 60   | 33   | 0.45       | 0.8181818    | 0.04       |
| 5, lectura 1   | 252.85     | 22034   | 165.5 | 11017     | 132.5 | 192.5 | 1041405      | 27   | 60   | 33   | 0.45       | 0.8181818    | 0.04       |
| 5, lectura 2   | 255.31     | 21451   | 168.5 | 10725.5   | 135.5 | 194   | 996787       | 25.5 | 58.5 | 33   | 0.43589744 | 0.7727273    | 0.0682051  |
| 6, lectura 1   | 376.57     | 32915   | 168.5 | 16457.5   | 137   | 197   | 1525936      | 28.5 | 60   | 31.5 | 0.475      | 0.9047619    | -0.01      |
| 6, lectura 2   | 362.33     | 30336   | 174.5 | 15168     | 140   | 201.5 | 1418656      | 27   | 61.5 | 34.5 | 0.43902439 | 0.7826087    | 0.0619512  |
| 7, lectura 1   | 364.75     | 30859   | 173   | 15429.5   | 140   | 200   | 1457500      | 27   | 60   | 33   | 0.45       | 0.8181818    | 0.04       |
| 7, lectura 2   | 309.79     | 26053   | 173   | 13026.5   | 143   | 201.5 | 1225189      | 28.5 | 58.5 | 30   | 0.48717949 | 0.95         | -0.034359  |
| 8, lectura 1   | 421.52     | 39056   | 165.5 | 19528     | 134   | 191   | 1734965      | 25.5 | 57   | 31.5 | 0.44736842 | 0.8095238    | 0.0452632  |
| 8, lectura 2   | 472.17     | 42406   | 167   | 21203     | 134   | 195.5 | 1957761      | 28.5 | 61.5 | 33   | 0.46341463 | 0.8636364    | 0.0131707  |
| 9, lectura 1   | 359.14     | 31046   | 165.5 | 15523     | 134   | 192.5 | 1420102      | 27   | 58.5 | 31.5 | 0.46153846 | 0.8571429    | 0.0169231  |
| 9, lectura 2   | 360.04     | 30635   | 170   | 15317.5   | 134   | 197   | 1432093      | 27   | 63   | 36   | 0.42857143 | 0.75         | 0.0828571  |
| 10, lectura 1  | 361.82     | 30685   | 171.5 | 15342.5   | 140   | 200   | 1461210      | 28.5 | 60   | 31.5 | 0.475      | 0.9047619    | -0.01      |
| 10, lectura 2  | 328.54     | 29456   | 168.5 | 14728     | 138.5 | 197   | 1347453      | 28.5 | 58.5 | 30   | 0.48717949 | 0.95         | -0.034359  |
| 11, lectura 1  | 466.97     | 42475   | 167   | 21237.5   | 134   | 192.5 | 1922234      | 25.5 | 58.5 | 33   | 0.43589744 | 0.7727273    | 0.0682051  |
| 11, lectura 2  | 365.67     | 32733   | 171.5 | 16366.5   | 140   | 201.5 | 1554241      | 30   | 61.5 | 31.5 | 0.48780488 | 0.952381     | -0.0356098 |
| 12, lectura 1  | 444.28     | 39236   | 168.5 | 19618     | 134   | 195.5 | 1819834      | 27   | 61.5 | 34.5 | 0.43902439 | 0.7826087    | 0.0619512  |
| 12, lectura 2  | 350.8      | 27692   | 168.5 | 13846     | 137   | 197   | 1275204      | 28.5 | 60   | 31.5 | 0.475      | 0.9047619    | -0.01      |
| Desv Estandar  | 61.4167    | 6371    | 3.107 |           |       |       | 280730.727   |      |      |      | 0.01956581 | 0.0670656    |            |
| %D. E.resp med | 16.32927   | 19.14   | 1.844 |           |       |       | 18.2525939   |      |      |      | 4.2924946  | 7.9838211    |            |

**Tabla 1.**

Para determinar el orden de la cinética con el criterio de Chen se estableció a cuál de los dos valores 0.42 ó 0.52, están más próximos los  $\mu_g$  obtenidos:

$$\text{Sea } \Delta = |\mu_g - 0.52| - |\mu_g - 0.42|.$$

Con  $\Delta > 0$  podemos considerar que la cinética es de 1er. orden y con  $\Delta < 0$  la cinética es de 2º orden.

En la tabla 1 se observa que 17 de los 24 valores de  $\Delta$  son positivos.

Calculados con el criterio de Balarin, 16 de los 24 valores de  $\mu_g$  caen fuera del rango correspondiente a cinética de 1er. orden y 12 de estos 16 valores están por debajo de 0.925, siendo esta cantidad la media entre el máximo del rango correspondiente al primer orden y el mínimo del rango correspondiente al 2º orden. Además ninguno de los 24 valores caen dentro del rango correspondiente a la cinética de 2º orden.

Para el total de los 24 valores reportados en la tabla se tiene que para sus  $\mu_g$  de Chen y Balarin las desviaciones estándar respecto de la media son de 4.29% y 7.98% respectivamente, no obstante que para los valores de la dosis su desviación estándar respecto de la media es de 16.33%.

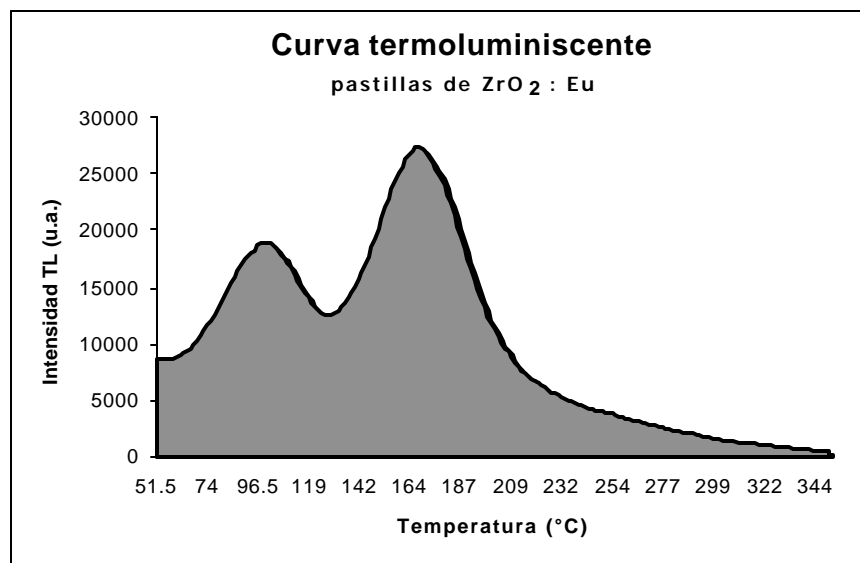


Fig. 2 Curva representativa de los dosímetros irradiados (260nm y 120w).

## Conclusiones

De los resultados obtenidos podemos determinar que la cinética del  $ZrO_2 : Eu$  es de primer orden.

Considerando la hipótesis de que la luz total obtenida en el equipo lector se debe principalmente a la cantidad de electrones liberados de las trampas en el estado metaestable en el modelo de bandas de energía [4], tenemos entonces que la recombinación es el proceso dominante sobre el reatrapamiento por lo que el número de electrones excitados tiene una probabilidad constante de disminuir [1].

Lo anterior se pone de manifiesto en la asimetría de la curva TL, con los valores de  $\mu_g$ , en la que se obtiene un área mayor a temperaturas correspondientes al lado izquierdo de la temperatura máxima.

## Referencias

- [1] Azorín Nieto J. (1990) *Luminiscence Dosimetry*, Ediciones Técnico Científicas, México.
- [2] J. Azorín, T. Rivera, E. Martínez, and, M. García. (1998) *Thermoluminescence of Eu-doped Zr O<sub>2</sub> thin films exposed to ultraviolet and visible light*, Radiation Measurements, vol. 29, no. 3-4, Pergamon.
- [3] Balarin M. (1975) *Direct Evaluation of Activation energy from Half-Width of Glow Peaks and a Special Nomogram*, phys. Stat. Sol. (a) 31, K111.
- [4] T. Rivera Montalvo, J. Azorín Nieto, C. Falcony Guajardo, E. Martínez Sánchez y M. García Hipólito. (2000) *Influencia de las trampas profundas en la respuesta TL de Zr O<sub>2</sub> + PTFE* En Memorias de la III Conferencia Internacional y el XIII Congreso Nacional sobre Dosimetría del Estado Sólido, México, pp 43-50.
- [5] T. Rivera, J. Azorín, C. Falcony, E. Martínez, y M. García. (2001) *Determination of thermoluminescence kinetic parameters of terbium-doped zirconium oxide*, Radiation Physics and Chemistry, 61, pp 421-423.