

RECICLADO DE VIDRIO PARA LA FABRICACIÓN DE DOSÍMETROS USANDO LOS IONES Cu Y Ag COMO ACTIVADORES

Armas Zarate, Karla María Dolores (1); Bravo Alvarado, Cesar Daniel (2); Esparza Arellano, Edna Ahtza (3); Valle García, Luis Salvador (4); Vallejo Hernández, Miguel Ángel (5)

1 [Licenciatura en Ingeniería Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León] | [armasz2016@licifug.ugto.mx]

2 [Licenciatura en Ingeniería Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León] | [bravoac2016@licifug.ugto.mx]

3 [Licenciatura en Ingeniería Biomédica, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León] | [esparzaae2016@licifug.ugto.mx]

4 [Licenciatura en Ingeniería Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León] | [vallegl2016@licifug.ugto.mx]

5 [Departamento de Ingeniería Física, División de Ciencias e Ingenierías, Campus León] | [miguel.vallejo@ugto.mx]

Resumen

A base de botellas de vidrio reciclado se preparó una matriz base a la cual se le agregó diferentes cantidades de dopante, creando así dos familias, una siendo activada con Cu y otra con Ag. Estas muestras se caracterizan por contener el 15% de Na_2O_2 , 85%-X de vidrio en polvo finamente triturado y X cantidad de dopante ($X = 0.02\%$, 0.04% , 0.06% , 0.08% y 0.10%). Las matrices resultantes pasaron por un proceso de corte y el tamaño resultante fue de $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 1\text{mm}$ para poder ser sometidos a pruebas de termoluminiscencia (TL) y así, comparar los resultados obtenidos con los presentados en otros trabajos.

Abstract

Based on recycled glass bottles we prepared a matrix base in which we added different concentrations of dopant, creating two families of matrices, one being doped by Cu and another one by Ag. These samples are characterized by containing 15% of Na_2O_2 , 85%-X of finely crushed powdered glass and X quantity of dopant ($X = 0.02\%$, 0.04% , 0.06% , 0.08% y 0.10%). The resulting matrices went through a cutting process and the resulting size was of $3\text{mm} \times 3\text{mm} \times 1\text{mm}$, this was so they could be subjected to thermoluminescence tests (TL) and the given results compared to data that has been previously published.

Palabras Clave

Vidrios; Nanopartículas; Termoluminiscencia; Plata; Cobre

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Dosimetría

La dosimetría se encarga de medir y detectar la radiación absorbida por un material. Usualmente se usan materiales termoluminiscentes para llevar a cabo este procedimiento.

Termoluminiscencia

La termoluminiscencia (TL) es una propiedad de los materiales que consiste en la conversión de energía de radiación en energía de diferente longitud de onda (emisión de luz) cuando es estimulado térmicamente.

Cuando un TLD (dosímetro termoluminiscente) es expuesto a una radiación, ésta ocasiona que los electrones de las capas superiores sean excitados, y éstos pasan de estar en la banda de valencia a la banda de conducción; al hacer este cambio energético varios electrones caen en los niveles creados por las impurezas en el material y son “atrapados” hasta que se suministra energía (calor) para liberarlos. Al aplicar esta energía los electrones que se encuentran en la banda de conducción regresan a las bandas de valencia emitiendo un fotón de luz visible [1].

Trabajos anteriores

En 2015 un grupo de investigadores tailandeses logró realizar satisfactoriamente dosímetros termoluminiscentes a base de vidrio reciclado de ventana; se decidió replicar su trabajo sustituyendo dicho material por vidrio de botella [2].

En el trabajo mencionado se utilizaron iones de Cu como activadores y se tomó eso como base, de igual manera se utilizaron porcentajes similares para poder comparar los resultados obtenidos con los existentes y observar las variaciones entre ellos.

Materiales cristalinos y vítreos

Los materiales cristalinos tienen estructuras ordenadas de largo alcance mientras que los materiales vítreos tienen estructuras amorfas. Los cristales y vidrios se conforman mediante celdas

unitarias las cuales tienen diferentes patrones y se les conocen como Redes de Bravais.

Todas las estructuras, en particular los vidrios, cuentan con múltiples defectos en ellas (intersticiales, sustitucionales y vacancias), los cuales le brindan al material sus propiedades físicas características.

- *Defectos intrínsecos*

Los defectos intrínsecos son aquellos que vienen por defecto en la matriz del material, estos defectos se conocen como Defecto Schottky y Defecto Frenkel; el primero aparece para mantener a la estructura de un cerámico eléctricamente neutra, se generan vacantes de iones de signo contrario para anularse de manera estequiométrica.

El Defecto Frenkel es un par de defectos intersticio-vacancia, un ion salta de un punto normal de la red a un punto intersticial, dejando una vacancia.

- *Defectos extrínsecos*

Los defectos extrínsecos son aquellos que se introducen en la matriz del material por el usuario para que adopte propiedades que se deseen. En varios casos, un defecto se provoca al introducir un átomo metálico en la matriz del material [3].

Radiación

La radiación va determinada por el espectro electromagnético, como una emisión de fotones a través de un sistema determinado por su longitud de onda.

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

El tipo de radiación se divide principalmente en dos grupos, ionizante y no ionizante. La radiación ionizante es capaz de arrancar electrones de los átomos produciendo radicales libres, mientras que la no ionizante no logra estos objetivos [4].

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se consiguió la materia prima, la cual fue vidrio reciclado de botellas. Se le dio un tratamiento que abarca varias

fases de triturado y purificación hasta que se obtuvo una mezcla finamente pulverizada y con la menor cantidad de impurezas.

Cada muestra realizada tenía una masa de 10g de los cuales el 15% fue de peróxido de sodio (Na_2O_2), el 85%-X fue de polvo finamente pulverizado y X es la cantidad de porcentaje en masa del dopante (CuCl_2 o AgNO_3).

Cada muestra estuvo 4 hrs. en la mufla a una temperatura de 1100° para luego ser vertida en moldes de aluminio previamente calentados durante 2 hrs. en una parrilla a 450° , en éstos duraron 3 hrs. antes de que la parrilla se apagara y se dejara enfriar a temperatura ambiente. Se debió dejar la puerta del laboratorio cerrada desde el momento en que se prendieron para evitar que éstas se enfriaran.

Al tener todas las muestras de la tabla 1, se esmerilaron, pulieron y cortaron en los respectivos talleres ópticos del CIO (Centro de Investigaciones en Óptica).

Tabla 1: Concentraciones de dopante en vidrios.

Símbolo	Dopante	Concentración (porcentaje masa)
A	-	-
B	CuCl_2	0.02%
C		0.04%
D		0.06%
E		0.08%
F		0.1%
G	AgNO_3	0.02%
H		0.04%
I		0.06%
J		0.08%
K		0.1%

Una vez que las muestras fueron cortadas y pulidas hasta obtener el tamaño y forma deseadas (en dimensiones de 3mmX3mmX1mm), pasaron

por un proceso donde fueron irradiados con luz UV a una intensidad de 400 Watts para luego medir su respuesta termoluminiscente en el HARSHAW TLD 3500.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los datos obtenidos de las respuestas termoluminiscentes se pudo observar una clara comparación entre los activadores utilizados. Las muestras con dopante de Ag tuvieron menor respuesta que la de la matriz base mientras que las con dopante de Cu la sobrepasan por una cantidad considerable.

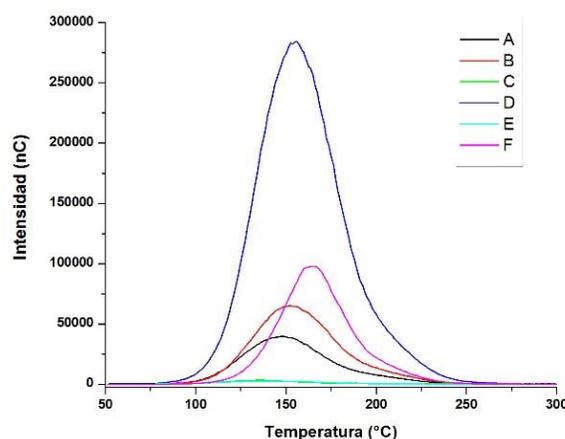


IMAGEN 1: Gráfica de Intensidad vs Temperatura de los vidrios dopados con CuCl_2

En la *imagen 1* se puede observar que mientras el porcentaje de CuCl_2 aumenta, la respuesta termoluminiscente tiene un comportamiento similar hasta que llega a un punto en que empieza el declive. Asimismo, se pudo observar que los picos de intensidad se dan alrededor de los 150° . Por lo que se deduce que este tipo de muestras tienen una gran reacción termoluminiscente.

En la *imagen 2* se puede observar que todas las muestras dopadas con AgNO_3 tienen una respuesta termoluminiscente menor que la matriz pura, esto se puede deber a que las imperfecciones intrínsecas del material coinciden con las

extrínsecas que agregamos con el dopante por lo que las trampas en cada uno de los materiales compiten por ocupar el mismo lugar.

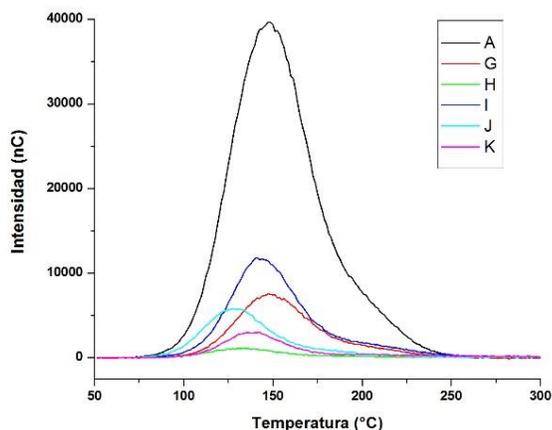


IMAGEN 2: Gráfica de Intensidad vs Temperatura de los vidrios dopados con AgNO_3

Al igual que lo observado en la imagen 1, los picos de mayor intensidad se encuentran alrededor de los 150° .

CONCLUSIONES

Uno de los retos principales de la ciencia en la actualidad es el encontrar alternativas para evitar dañar al medio ambiente, debido a esto se decidió que utilizar materiales reciclados para la fabricación de dosímetros ayudaría a este propósito.

Los vidrios reciclados tienen en su estructura muchos defectos intrínsecos, por lo que a lo largo de las pruebas realizadas se pudo observar que tienen una buena respuesta termoluminiscente al estar por sí solos (matriz base).

Al dopar con CuCl_2 esta respuesta mejoró, especialmente para la matriz D (0.06%) lo que muestra una mayor respuesta comparándola a todas las demás matrices.

En el caso de los vidrios dopados con AgNO_3 se puede pensar que los defectos extrínsecos y los defectos propios del material tienden a anularse y esto es lo que provoca su poca respuesta termoluminiscente.

Los vidrios dopados con CuCl_2 al 0.06% pueden ser utilizados como dosímetros y podrían ser vendidos al mercado por un precio menor al de uno comercial, lo cual representaría un gran ahorro en la creación de los dosímetros.

Este trabajo podría considerarse el inicio de un nuevo tipo de dosímetros a base de vidrio reciclado, aunque todavía falta mucho camino por recorrer, lo cual hace necesario el seguimiento de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Dr. Miguel Vallejo, al Dr. Modesto Sosa, al Dr. Pablo Cerón, a la Mta. Angélica Hernández Rayas, al Mto. Esteban Rivera Pérez y a Janet Elías Ángel por apoyarnos en la realización de este trabajo.

A los Drs. Alejandro, Alfredo, Raúl y Luis, encargados de los talleres de esmerilado, pulido y cortado óptico del CIO por instruirnos en las técnicas necesarias para lograr nuestro objetivo.

A todos nuestros compañeros de verano, Arizbeth, Víctor, Cristian, Edgardo, por soportar el calor del laboratorio y darnos ánimos cuando lo necesitábamos.

REFERENCIAS

- [1] Furetta, C. & Weng, P. (1998). *Operational Thermoluminescence Dosimetry* (1ª ed.). Singapur: World Scientific Publishing.
- [2] Thumsa-ard, T., Laopaiboon, R. & Laopaiboon, J. (2017). Performance of Cu_2O -doped recycled window glass as a thermoluminescence dosimeter. *Journal of Luminescence* 181 (2017) 286-290.
- [3] Askeland, D. R. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. (3ª ed.). México: International Thomson Editores.
- [4] Chang, R. (2010). *Química* (10ª ed), México: McGraw-Hill.