

# COMPORTAMIENTO TERMOLUMINISCENTE DE PELÍCULAS DELGADAS DE DIAMANTE EXPUESTAS A RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

M. Barboza-Flores<sup>1</sup>, S. Gastélum<sup>1</sup>, R. Meléndrez<sup>1</sup>, V. Chernov<sup>1</sup>, R. Bernal<sup>1</sup>, C. Cruz-Vázquez<sup>2</sup>  
and F. Brown<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Investigación en Física de la Universidad de Sonora, Apdo. Postal 5-088, Hermosillo, Sonora, 83190 México*

<sup>2</sup>*Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales de la Universidad de Sonora, Apdo. Postal 130, Hermosillo, Sonora, 83000 México*

## RESUMEN

En el presente trabajo se discuten las propiedades termoluminiscentes de películas delgadas de diamante crecidas mediante el método de vapor químico expuestas a radiación ultravioleta de 200–280 nm. Las películas, de espesores 3, 6, 9, 12, 180 y 500 micras fueron crecidas utilizando un gas precursor formado de  $H_2-CH_4-CO$ , excitado mediante energía de microondas o filamento caliente. La estructura y morfología de las películas fueron examinadas mediante microscopía electrónica de barrido, indicando la formación de diferentes estructuras policristalinas de diamante las cuales dependen del tipo de calentamiento del gas precursor utilizado, así como también de las dimensiones de la película. En general, la curva de brillo depende de la muestra y de la longitud de onda de luz ultravioleta de irradiación, sin embargo presenta claramente bandas de termoluminiscencia en 148, 160, 272, 304, 320 y 324 °C. El máximo de eficiencia termoluminiscente se obtiene para el caso de exposición de las muestras con luz de 214 nm, siendo la muestra de 500 micras la que exhibe mayor eficiencia termoluminiscente de las muestras estudiadas. El comportamiento termoluminiscente en función de la dosis de radiación presenta regiones de linealidad y supralinealidad, para dosis pequeñas y altas, respectivamente. El desvanecimiento de la señal termoluminiscente depende de las características de las películas y puede alcanzar hasta un 30% de pérdida antes de alcanzar la estabilidad.

Agradecimientos. Investigación apoyada por FOMES, PROMEP (Universidad de Sonora), DGICSA-SEP y CONACYT Proyectos No. 489100-5-36521-E, 37641-E y 32069-E.

## INTRODUCCIÓN

El diamante es un material con características idóneas para aplicaciones tecnológicas como detectores de partículas, transistores, diodos, dispositivos electrónicos y optoelectrónicos. Posee importantes propiedades tales como su extrema dureza, bajo coeficiente de dilatación, además de ser inerte y resistente a la radiación. Sin embargo, la propiedad más importante desde el punto de vista de aplicaciones en el área de dosimetría termoluminiscente (TL), es que es biológicamente compatible y no tóxico. El crecimiento de películas delgadas de diamante por el método de depósito de vapor químico (DVQ), asistido por filamento caliente o plasma de microondas, es un método eficaz para la fabricación de películas delgadas de diamante con propiedades termoluminiscentes. El método de DVQ permite obtener películas de diamante con diferentes características cristalinas que dependen de la composición y temperatura del gas precursor, así como también de las características del sustrato utilizado.

En este trabajo se presentan resultados sobre la caracterización termoluminiscente de cinco películas de diamante crecidas por el método DVQ y expuestas a radiación ultravioleta en el rango de 180-260 nm a temperatura ambiente. Las curvas de brillo obtenidas para las muestras dependen de la longitud de onda de excitación, del espesor y el tipo de crecimiento de la película policristalina. Se investigó la respuesta de la señal de TL con el tiempo de irradiación siendo ésta lineal para dosis de exposición tanto bajas como altas.

## EXPERIMENTAL

Las películas delgadas de diamante identificadas como ps21, ps22, y ps24, tienen espesores de 3, 6, y 12 micras, respectivamente. Estas fueron crecidas sobre un sustrato de silicio usando el método de DVQ asistido por plasma de microondas a 670 °C. La fuente de gas precursor utilizada fue H<sub>2</sub>(400 sccm)-CH<sub>4</sub>(5 sccm)-CO(10 sccm) y la presión en la mezcla de gases fue de 35 torr, siendo la potencia en el plasma de 1300 W. Otras películas de 500 y 180 micras, identificadas como hf01 y hf02, se crecieron utilizando un filamento caliente de tungsteno. La irradiación ultravioleta se llevó a cabo mediante una fuente de luz UV de deuterio, Oriel modelo 77250 de 30 W y aproximadamente 0.1 μW/cm<sup>2</sup>. Las mediciones de las curvas de brillo se realizaron en un sistema TLD Harshaw modelo 4000 utilizando una razón de calentamiento de 5 °C/s.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las curvas de termoluminiscencia de las películas de diamante ps21, ps22, ps24, hf01 y hf02 irradiadas con luz monocromática ultravioleta. Se utilizó una longitud de onda de excitación correspondiente al máximo de eficiencia TL. La intensidad de emisión de luz termoluminiscente es distinta y depende de la longitud de onda de excitación, la dosis de irradiación y sobre todo del espesor de la película. La curva de brillo de la Figura 1 está compuesta de varias componentes de TL traslapadas cuyos máximos de temperatura se localizan en el rango de 100-400 °C. La muestra ps21 presenta dos bandas de TL situadas en alrededor de 148 °C y 272 °C, ésta última de

mayor respuesta termoluminiscente. Las muestras ps22, ps24, hf01 y hf02 exhiben bandas de TL en 304, 320, 324 y 160 °C, respectivamente.

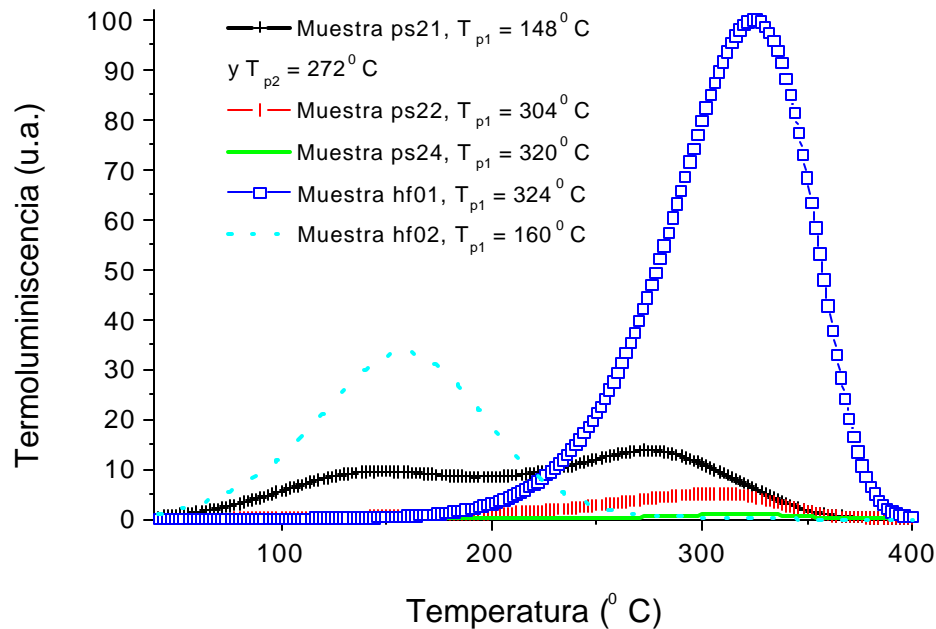


Figura 1. Curva de termoluminiscencia de diamante irradiadas cinco minutos con luz UV en el rango de 204-215 nm.

El espectro de excitación termoluminiscente a temperatura ambiente de las muestras, ilustrado en la Figura 2, se obtuvo irradiando cinco minutos con luz ultravioleta en el rango de 200-260 nm. El espectro de excitación exhibe un máximo en la eficiencia de generación de termoluminiscencia para una longitud de onda de 200-215 nm, dependiendo de la muestra utilizada. Se puede observar que la muestra hf01 es la que tiene mayor eficiencia TL.

El comportamiento dosimétrico de las películas de diamante se ilustra en la Figura 3. Cada muestra fue irradiada con luz de una longitud correspondiente al máximo de eficiencia TL; 204, 208, 210, 214 y 210 nm, para las muestras ps21, ps22, ps24, hf01 y hf02, respectivamente. La película de diamante hf01 es la que presenta mayor respuesta en la señal de TL como función de la dosis de exposición y presenta una dependencia lineal en distintas fases de irradiación. La región de linealidad se extiende hasta exposiciones del orden de 30 minutos y la supralinealidad se observa en tiempos de irradiación de una hora. Existe un fuerte decaimiento en la señal TL para todas las muestras y es del orden del 30% en los primeros minutos estabilizándose después de 3 horas de finalizada la exposición a la radiación.

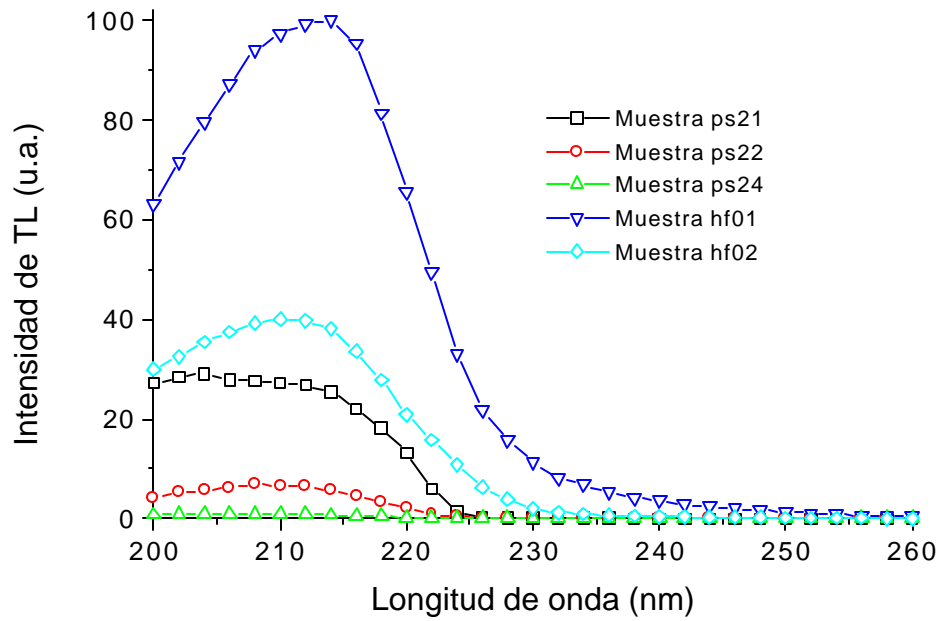


Figura 2. Espectro de excitación de TL de películas de diamante.

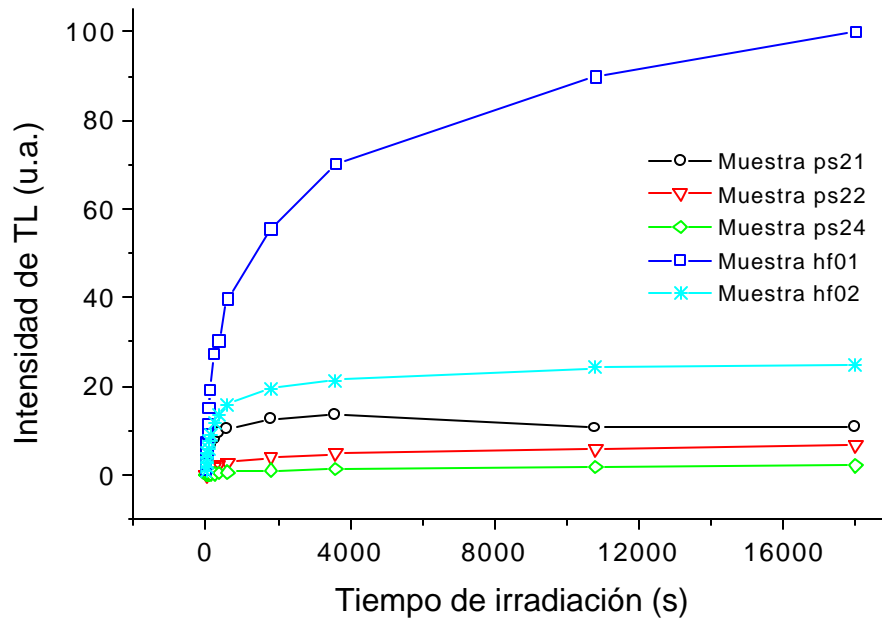


Figura 3. Respuesta de la señal de TL de películas de diamante irradiadas con luz ultravioleta

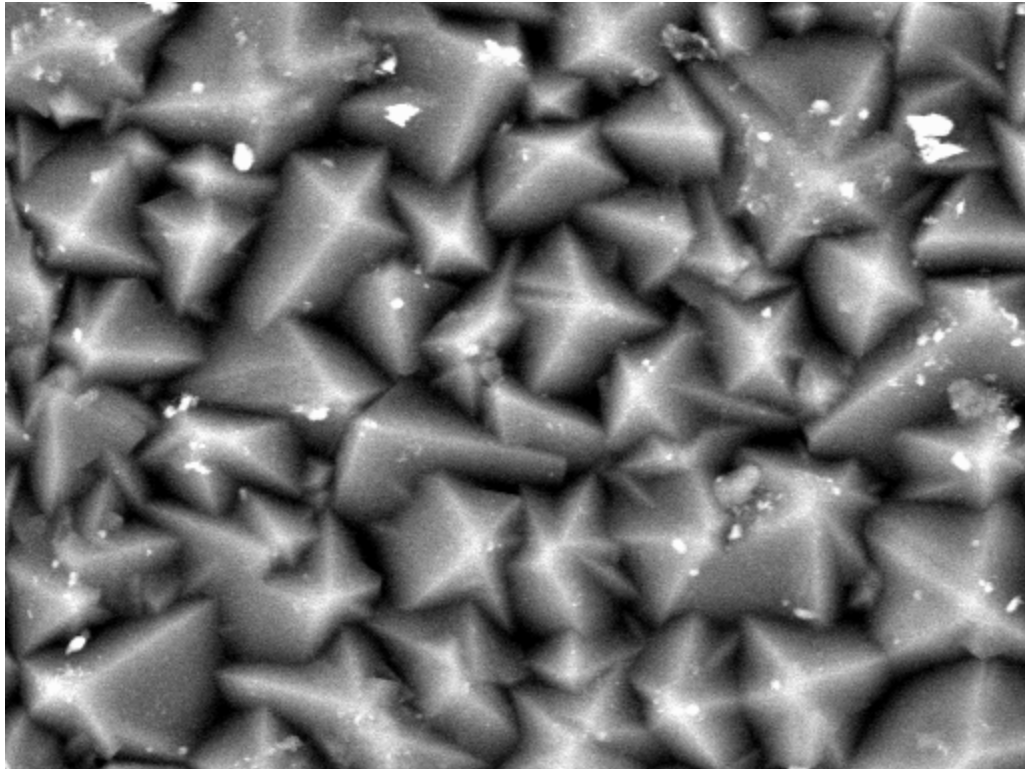


Figura 4. Película de diamante hf02 vista en el microscopio electrónico de barrido.

Las propiedades termoluminiscentes dependen en gran medida de la estructura y morfología de la película de diamante depositada en el sustrato. El diamante depositado puede nuclearse en una estructura cristalina y en un determinado plano cristalográfico, dependiendo de muchos factores. En la Figura 4 se puede observar la estructura y morfología de la muestra hf02 que evidentemente indica la formación de microcristales de diamante.

## CONCLUSIONES

Los resultados experimentales obtenidos, relacionados con la irradiación de las películas de diamante con luz monocromática ultravioleta en el rango de 200-260nm, indican que es posible la fabricación de películas de diamante mediante el método de DVQ y que posean además propiedades termoluminiscentes. Las propiedades termoluminiscentes dependen de la longitud de onda de excitación y de las características propias de la película, siendo el espesor de la misma un factor importante. Las curvas de brillo de las películas exhiben bandas de TL localizadas en 148, 160, 272, 304 y 324 °C; siendo la banda de TL en 324 °C, característica de la muestra hf01, la que presentó mayor eficiencia TL. El espectro de excitación de TL está compuesto de una banda ancha de TL que se extiende en el rango de excitación de 200-250 nm, con máximos en la eficiencia

de generación de TL para longitudes de onda en 204-215 nm, El comportamiento de la señal de TL total integrada como función de la dosis de exposición, para la muestra hf01, es lineal para un tiempo de exposición de media hora, alcanzando la región de supralinealidad para dosis superiores a una hora de irradiación. El comportamiento dosimétrico, para las muestras ps21, ps22, ps24 y hf02 es distinto al de hf01, existiendo la región de linealidad para tiempos de irradiación del orden de minutos. La preparación de películas de diamante con el método de DVQ, en cuanto al comportamiento termoluminiscente, éste es distinto dependiendo del método de calentamiento del gas precursor.

## REFERENCIAS

1. Furetta, C., Kitis, G., Brambilla, A., Jany, C., Bergonzo, P. and Foulon, F. *Thermoluminescence Characteristics of a New Production of Chemical Vapour Deposition Diamond*. Radiat. Prot. Dosim. **84**(1-4), 201-205 (1999).
2. Borchi, E., Furetta, C., Kitis, G., Leroy, C., Sussmann, R. S. and Whitehead, A. J. *Assessment of CVD Diamond as a Thermoluminescence Dosemeter Material*. Radiat. Prot. Dosim. **65**(1-4), 291-295 (1996).
3. Borchi, E., Bruzzi, M., Bucciolini, M., Guasti, A., Mazzocchi, S., Pirollo, S. and Sciortino, S. *TSC Response of Irradiated CVD Diamond Films*. Nucl. Instr. and Meth. A **426**, 181-184 (1999).
4. Benabdesselman, M., Iacconi, P., Briand, D., Lapraz, D. and Butler, J. E. *Selected Thermoluminescence Properties of CVD Diamond Films*. Radiat. Prot. Dosim. **84**(1-4), 257-260 (1999).
5. Tromson, D., Bergonzo, P., Brambilla, A., Mer, C. and Foulon, F. *Thermally Stimulated Current Investigations on Diamond X-ray Detectors*. J. Appl. Phys. **87**(7), 3360-3364 (2000).
6. Vittone, E., Manfredotti, C., Fizzotti, F., Lo Giudice, A., Polsello, P. and Ralchenko, V. *Thermoluminescence in CVD Diamond Films: Application to Radiation Dosimetry*. Diamond Relat. Mat. **8**, 1234-1239 (1999).
7. Mumford, J. W., Apátiga, L. M., Golzarri, J. I., Castaño, V. M. *Stability of Polycrystalline Diamond Films as UV Thermoluminescent Dosimeters*. Materials Letters **37**, 330-333 (1998).
8. Apátiga, L. M., Castaño, V. M., Golzarri, J. I., García M. J., Alba, F. *Thermoluminescence Behaviour of Diamond Films Subjected to UV Radiation*. Mat. Res. Innovat. **3**, 156-159 (1999).
9. Bizzarri, A., Bogani, F., Bruzzi, M. and Sciortino, S. *Luminescence and Conductivity Studies on CVD Diamond Exposed to UV Light*. Nucl. Instr. and Meth. A **426**, 169-172 (1999).