

DOSIMETRÍA TERMOLUMINISCENTE Y DE LUMINISCENCIA ÓPTICAMENTE ESTIMULADA DE PELÍCULAS DE DIAMANTE CRECIDAS POR LA TÉCNICA DE DVQ EXPUESTAS A RADIACIÓN BETA

R. Meléndrez-Amavizca y M. Barboza-Flores

Centro de Investigación en Física, Universidad de Sonora,
A. P. 5-88. Hermosillo, Sonora, 83190 México

Resumen

Se realizó un estudio de las propiedades dosimétricas mediante las técnicas de termoluminiscencia (TL) y de luminiscencia ópticamente estimulada (LOE) en películas de diamante crecidas por la técnica de depósito de vapor químico (DVQ). Las películas bajo estudio tienen espesores de 6, 12, 180 y 500 micras. El rango de las dosis fue de 0 a 1.5 kGy, observándose para el caso de la dosimetría termoluminiscente un comportamiento lineal en el rango de 0-300 Gy y un efecto de supralinealidad en el rango de 300-1500 Gy. Para el caso de la dosimetría por medio de LOE, se observó un comportamiento lineal en el rango de (0-300 Gy) sin llegar a la saturación, aunque algunas muestras exhibieron un comportamiento lineal hasta bs 1500 Gy (6 micras). La irradiación se realizó con una fuente de Estroncio-90 de (40 mCi), y la fotoestimulación para realizar las medidas de la LOE se hicieron utilizando diodos emisores de luz láser (470 nm) que generan hasta 50 mW/cm². El pico de TL que utilizamos para realizar la dosimetría tanto de TL como de LOE fue el ubicado en alrededor de los 340 °C en la curva de brillo que presenta otros picos centrados alrededor de 110, 190 y 340 °C, dependiendo de la película. Realizamos un estudio de la caída de la señal de TL y observamos que después de las 3 horas la señal es estable alcanzando un decaimiento del 15 %. El análisis de la caída de la señal de la TL, inmediatamente después de irradiar y después de fotoestimular con la luz láser azul para observar la LOE, indicó que existe una caída de todos los picos de TL, decayendo en mayor proporción los de más baja temperatura.

Agradecemos a FOMES, PROMEP (Universidad de Sonora), DGICSA-SEP y al CONACYT Proyectos No. 489100-5-36521-E, 36521-E, 37641-E y 32069-E por el apoyo para llevar a cabo esta investigación.

Introducción

El diamante es un material muy importante y tiene aplicaciones medicas, debido principalmente a su equivalencia del tejido humano (tissue equivalent, $Z=6.0$) además de su estabilidad química y no toxicidad. Además posee el más alto coeficiente de dureza y modulo de Young. Estas propiedades han atraído la atención para ser usado en múltiples aplicaciones tecnológicas. Las aplicaciones más recientes tienen que ver con el uso de películas de diamante policristalino en detectores y dosímetros termoluminiscentes (TL) o corrientes térmicamente estimuladas (TSC) sometidos a una gran variedad de radiación ionizante como los rayos X, radiación alfa, beta y gama [1-7]. Sin embargo, la evaluación preliminar de estos trabajos para la aplicación de dosimetría termoluminiscente, principalmente con películas crecidas por la técnica de vapor depositado químicamente (CVD), han mostrado una variedad de efectos no deseados, como la aparición de picos de baja temperatura alrededor de los 373 K con un fuerte desvanecimiento. Por lo tanto requiere un blanqueo térmico de los picos de TL de baja temperatura antes de realizarse cualquier medida de dosimetría que se vaya a llevar a cabo. También la respuesta espectral de la TL es característica a las diferentes condiciones de crecimiento por la técnica de CVD de las películas de diamante, el comportamiento puede solo ser ciego a la luz solar, que es insensible al espectro solar UV o no sensible a exposiciones UV por encima de los 230 nm [4]. Es bien conocido que la longitud de onda de 225 nm corresponde al band gap de los cristales de diamantes crecidos por CVD. La dependencia de la longitud de onda de la TL pudiera ser atribuida a las diferencias en los defectos estructurales en la frontera de grano, el cual ensancha los estados band-tail, haciendo posible, la observación de la respuesta TL aún por encima de los 230 nm [8-10].

En este trabajo se presentan resultados de películas de diamante crecidas por la técnica de CVD irradiadas con betas, procedentes de una fuente de estroncio 90, con una actividad de 40 mCi. Se realizan estudios de la dosimetría termoluminiscente y su respuesta de la luminiscencia óptimamente estimulada (OSL), los resultados preliminares nos permiten observar que existe un comportamiento lineal para bajas dosis de irradiación en el rango de (0-300 Grays) para todas las películas estudiadas con espesores de 6, 12, 180 y 500 micras, mientras que en el rango de (300-1500 Grays) se observa un efecto de saturación. El pico de TL que utilizamos para realizar la dosimetría tanto de TL como de LOE fue el ubicado en alrededor de los 340 °C en la curva de brillo que presenta otros picos centrados alrededor de 110, 190 y 340 °C, dependiendo de la película. Realizamos un estudio de la caída de la señal de TL y observamos que después de las 3 horas la señal es estable alcanzando un decaimiento del 15 %.

Desarrollo Experimental

Las películas de diamante fueron crecidas mediante dos técnicas, por filamento caliente y por plasma de microondas, los grosores a las películas de 6 y 12 micras, corresponden a la técnica crecida por plasma, mientras que los grosores asociados a 180 y 500 micras son por media de la técnica de filamento caliente. La película con el grosor de 500

micras no tiene un sustrato. El equipo que se utilizó para realizar las medidas de la termoluminiscencia y la luminiscencia ópticamente estimulada se llevó acabo en un sistema RISO TL/OSL modelo TL/OSL-DA-15, el cual tiene una fuente de estroncio 90 emisor de radiación beta, la actividad de la muestra es de 40 mCi. El rango de las dosis fue desde 0 a 1.5 KGy. Las curvas de termoluminiscencia se obtuvieron en un rango de 40 a 500 °C, con una razón de calentamiento de 5 °C/S. Además la excitación por medio de luz se realizó por medio de diodos emisores de luz azul (470 nm) que nos suministran una intensidad arriba de 50 mW/cm². El procedimiento para realizar los experimentos de TL y OSL fue el siguiente. Primero se realizaba un barrido de TL para borrar cualquier información que pudiera tener la muestra, se irradiaba con betas en distintos rangos de dosis (0.8, 2.5, 5, 25, 100, 300, 900 y 1500 Grays), se obtenía la curva de TL para tener una referencia a una dosis dada. Se irradiaba a la misma dosis y se obtenía la señal de la OSL irradiando con luz láser azul en un intervalo de 40 segundos. Después de esto, se obtenía la TL para compararla con la TL original y ver el decaimiento debido solo a la OSL comparado con el Fading natural de las muestras.

Resultados y Conclusiones

Las curvas típicas de termoluminiscencia obtenidas para distintas dosis de radiación en la película de diamante con un grosor de 500 micras se puede observar en la figura 1, existe un solo pico termoluminiscente ubicado alrededor de los 340 °C.

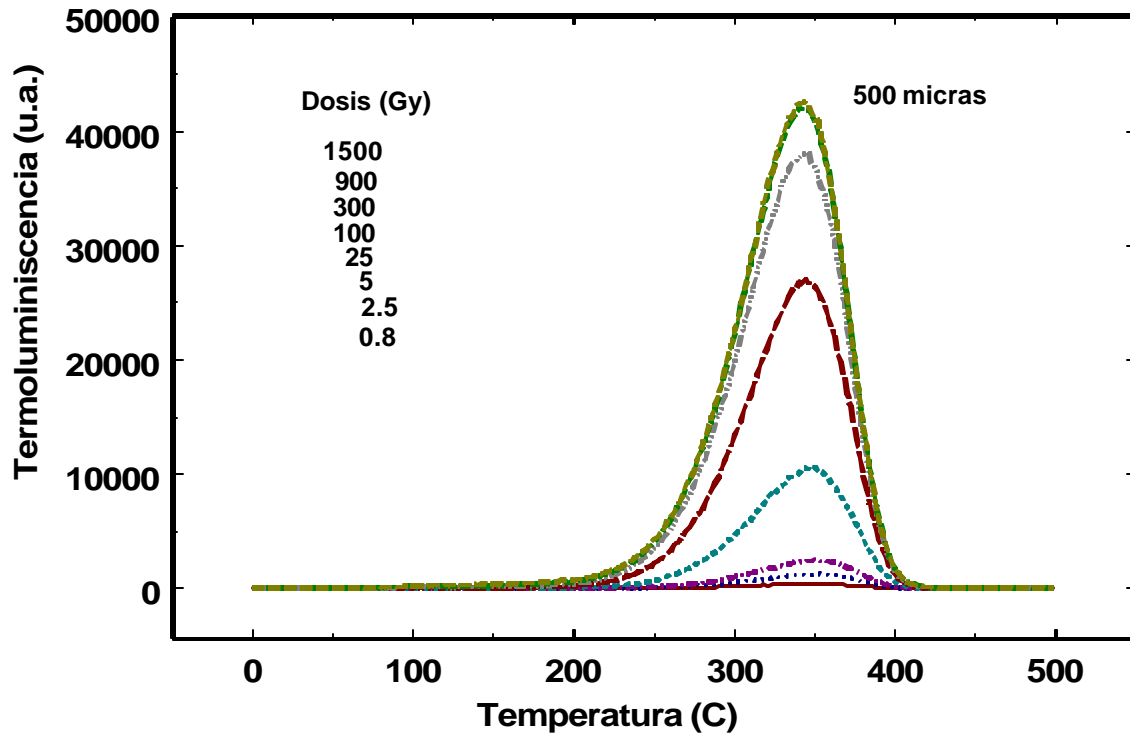


Figura 1.- Curvas de TL características, para las películas de diamante con un grosor de 500 micras, irradiadas batas a distintas dosis.

Las curvas de TL de las muestras con un grosor de 180 micras tienen un solo pico termoluminiscente centrado alrededor de los 190 °C, al irradiarlo a distintas dosis. Calculando el área bajo la curva de la TL, podemos apreciar el comportamiento dosimétrico en relación a la dosis. Se puede observar en la figura 2, los comportamientos disimétricos de las distintas películas de diamante expuestas a la radiación beta. Se puede notar que existe para algunos casos el comportamiento lineal hasta los 300 Gy, mientras que después de esta dosis comienza un efecto de saturación, que es evidente para la muestra de 500 micras.

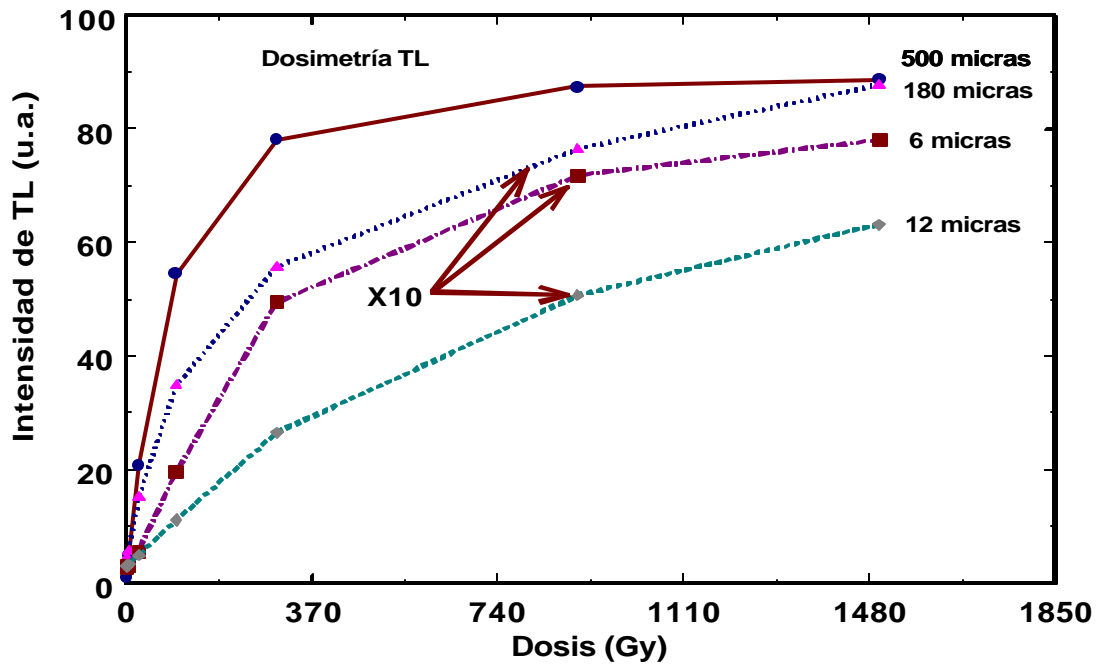


Figura 2.- Comportamiento dosimétrico de las películas de diamante irradiadas con betas en el rango de 0 a 1500 Grays.

En la Figura 3, podemos observar las curvas de la luminiscencia ópticamente estimulada de la película de diamante de 180 micras, irradiando a distintas dosis de betas y realizando la recombinación de los defectos mediante la estimulación por un arreglo de diodos emisores de luz en el azul (470 nm). Las curvas de la luminiscencia ópticamente estimulada para las demás películas de diamante son muy similares y lo que se puede observar es que solo existe un cambio en la intensidad de dichas curvas de la OSL. En la figura 4 está el comportamiento disimétrico de las curvas de la OSL para las distintas películas de diamante. Poniendo atención a la muestra de 6 micras, observamos que tiene un comportamiento lineal en todo el rango de la dosis (0 a 1500 Gy), y en general se observa que no se observa saturación de las curvas. Este resultado preliminar es agradable porque mediante la técnica de la OSL podríamos monitorear un rango mayor en la dosis que la técnica de TL.

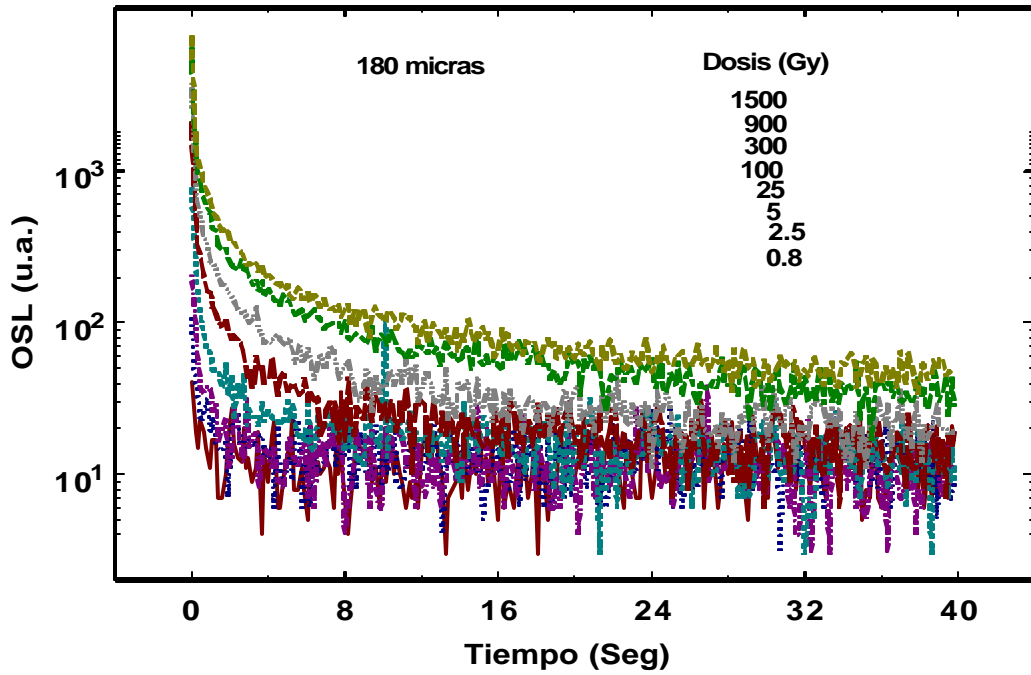


Figura 3.- Curvas de la emisión de la luminiscencia ópticamente estimulada de una película de diamante con un grosor de 180 micras, irradiada con betas y foto estimulada con luz azul de 470 nm.

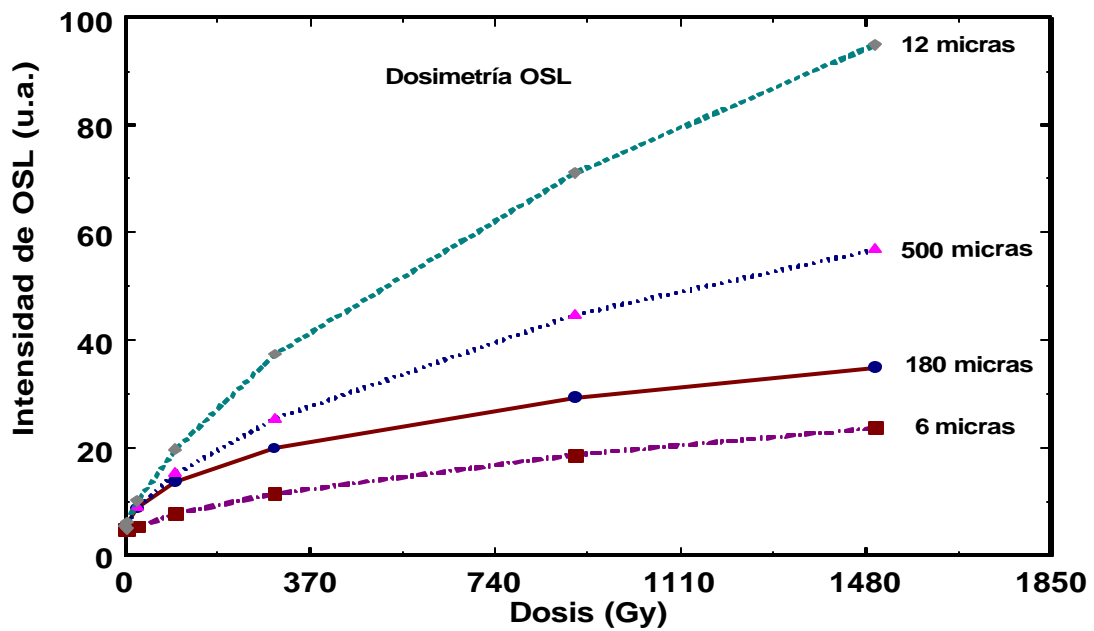


Figura 4.- Comportamiento dosimétrico de las películas de diamante irradiadas con betas y fotoestimuladas con luz azul de 470 nm.

Por otro lado, el fading de las muestras de diamante es muy poco después transcurrir 3 horas de haberse dado la irradiación. Así lo muestra la figura 5, donde la señal de TL es estable después de ese tiempo de espera. Además en la figura 6, se puede observar como se van desvaneciendo las curvas de TL para esta misma película.

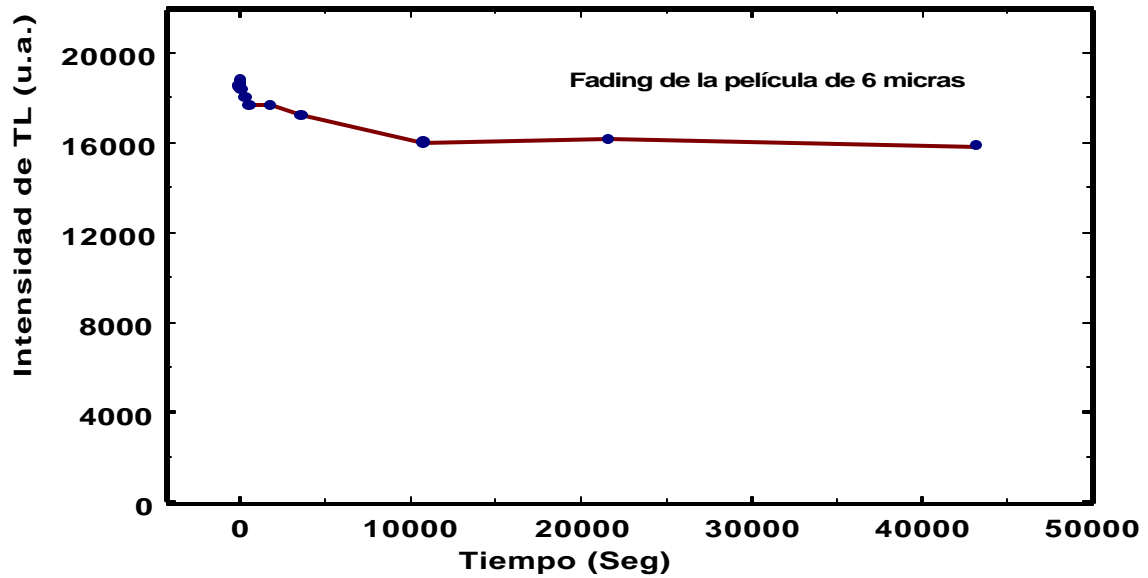


Figura 5.- Desvanecimiento de la señal de TL para una película de diamante de 6 micras de espesor, irradiada con betas por un período de 10 minutos.

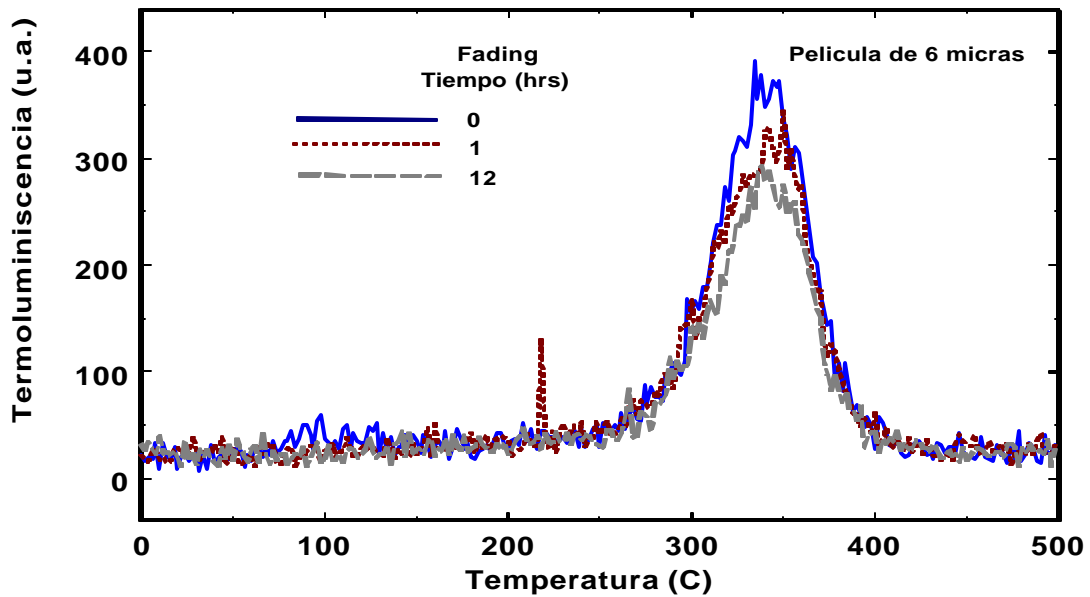


Figura 6.- Comportamiento de las curvas de brillo en el tiempo de guardado de la película de diamante de 6 micras, se observa un pico de TL alrededor de los 340 °C.

El decaimiento de la señal de TL es alrededor del 15% de su intensidad inicial después de las 3 horas. Comparando este decaimiento de TL con respecto al decaimiento debido a la OSL que se realiza en un período de 40 segundos, la intensidad de TL después de la OSL es 55% más baja que la intensidad inicial. Por esta razón podemos afirmar que se está observando OSL en las películas de diamante.

También se realizaron pruebas con OSL utilizando una unidad de diodo láser en infrarrojo (830 nm) de la cual obteníamos una intensidad de luz superior a los 400 mW/cm² pero casi no se observó la luminiscencia ópticamente estimulada.

Como conclusión de este trabajo, podemos comentar que las películas de diamante crecidas por la técnica de CVD tanto por filamento caliente (películas de 180 y 500 micras) como por plasma de microondas (películas de 6 y 12 micras) son buenos dosímetros tanto por la técnica termoluminiscentes como por la de luminiscencia ópticamente estimulada.

Además, se deben de realizar una mayor cantidad de estudios para poder argumentar más sobre los cambios de la intensidad de las curvas de TL con distintas muestras y las comparaciones de la TL con la OSL, que posiblemente estén relacionados con el tamaño de grano del diamante que se forma, o la técnica CVD que se aplica para crecer las películas mediante ya sea por filamento caliente o por plasma. Así como también los tipos de defectos que están involucrados que en cada proceso.

Agradecimientos

Agradecemos a FOMES, PROMEP (Universidad de Sonora), DGICSA-SEP y al CONACYT Proyectos No. 489100-5-36521-E, 36521-E, 37641-E y 32069-E por el apoyo para llevar a cabo esta investigación.

Referencias

- 1.- C. Furetta, G. Kivis, A. Brambilla, C. Jany, P. Bergonzo, F. Foulon, *Radiat. Prot. Dosim.* **84** (1999) 201.
- 2.- E. Borchì, C. Fureta, G. Kitis, C. Leroy, R.S. Sussmann, A.J. Whitehead, *RAdiat. Prot. Dosim.* **65** (1996) 291.
- 3.- E. Borchì, M. Bruzzi, M. Bucciolini, A. Guasti, S. Mazzocchi, S. Pirollo, S. Sciortino, *Nucl. Instr. and Meth. A* **426** (1999) 181.
- 4.- M. Benabdesselman, P. Iacconi, D. Briand, D. Lapraz, J.E. Butler, *radiat. Prot. Dosim.* **84** (1999) 257.
- 5.- D. Tromson, P. Bergonzo, F. Foulon, et al. *J. Appl. Phys.* **87** (2000) 3360.
- 6.- L.M. Apática, J.I. Golarri, J. Mumford, F. Alba, V.M. Castaño, *RAdiat. Phys. Chem.* **54** (1999) 223.
- 7.- E. Vittone, C. Manfredotti, F. Fizzotti, A. Lo Giudice, P. Polsello, V. Ralchenko, *Diamond Relat. Mater.* **8** (1999) 1234.
- 8.- B. Fiegl, R. Kuhnert, M. Ben-Corin, F. Koch, *Appl. Phys. Lett.* **65** (1994) 371.
- 9.- H. Yoneda, K. Ueda, Y. Aikawa, et. al., *J. Appl. Phys.* **83** (1998) 1730.
- 10.- M. Plano, S. Zhao, C.F. Gardinier, M. I. Landstrass, D. R. Kania, H. Kagan, K. K. Gan, R. Kass, L.S. Pan, S. Han, S. Schnetzer, R. Stone, *Appl. Phys. Lett.* **64** (1994) 193