



MX0300167

Obtención de eficiencias termoluminiscentes mediante irradiación de dosímetros TLD-100 con haces de protones, helios y carbón

Ávila Olga¹, Rodríguez-Villafuerte Mercedes², Avilés Patricia³, Gamboa de Buen Isabel⁴, Buenfil Ana Elena², Ruiz-Trejo César² y Brandon María Ester²

1. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

2. Instituto de Física, UNAM

3. Facultad de Ciencias, UNAM

4. Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM

Introducción

Este trabajo se enmarca dentro de un proyecto más amplio que ha venido estudiando la respuesta termoluminiscente (TL) de LiF:Mg,Ti ante distintas radiaciones y cuyo esfuerzo ha producido a la fecha un acervo significativo de información [1-6] respecto del comportamiento de este material que no sólo es el que más exhaustivamente ha sido estudiado sino también el más utilizado en diversas aplicaciones dosimétricas.

Conviene recordar brevemente que la termoluminiscencia consiste de la emisión de luz que se observa al calentar un material previamente irradiado.

Uno de los aspectos de interés a investigar se refiere a las medidas de eficiencia termoluminiscente a partículas cargadas pesadas (PCP) que son esenciales en la realización de dosimetría asociada a aplicaciones médicas. Recordemos que las PCP depositan su energía en el medio irradiado de manera localizada y de acuerdo al comportamiento del poder de frenado de iones en sólidos teniendo que este aumenta conforme la energía del ión disminuye hasta alcanzar un máximo en el pico de Bragg. Esto permite, al usar terapia médica con iones pesados, escoger la energía incidente del ión de modo de tener el pico de Bragg justo en la zona cancerosa optimizando así la dosis al tumor y minimizando al mismo tiempo la dosis a los tejidos sanos circundantes.

En este trabajo se reportan los avances de una serie de medidas realizadas de eficiencia TL relativa de PCP respecto de radiación gamma para TLD-100 (dosímetros de LiF:Mg,Ti fabricados por la compañía Harshaw-Bicron).

Objetivo

El objetivo de este trabajo consiste en la medición de eficiencias TL relativas de algunas PCP respecto de radiación gamma. La eficiencia TL relativa (η) de partícula cargada pesada respecto de radiación gamma está dada por:

$$\eta = \frac{\left(\frac{RTL}{D}\right)_{PCP}}{\left(\frac{RTL}{D}\right)_{\gamma}} \quad (1)$$

Donde el numerador es la respuesta por unidad de dosis ante irradiación de PCP y el denominador es respuesta TL por unidad de dosis ante radiación gamma.

Estas medidas deben realizarse a dosis bajas donde la respuesta del TLD-100 es lineal en función de la dosis.

Método experimental

Se conoce la dependencia de la eficiencia TL ante factores experimentales por lo que este trabajo se realizó siguiendo un protocolo cuidadoso e idéntico tanto para obtener el numerador como el denominador de la ecuación 1.

El protocolo establecido se describe en la referencia 3.

Para todas las mediciones que se reportan aquí se utilizaron dosímetros TLD-100 nuevos de dimensiones 3 x 3 x .9 mm³ pertenecientes al mismo lote.

Las medidas ante radiación gamma se han llevado a cabo utilizando el irradiador Vickrad del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares a dosis de 1.663 Gy.

Las medidas que se reportan aquí de protones, helios y carbón se realizaron utilizando el acelerador Peletrón del Instituto de Física de la UNAM. Los dosímetros se colocan en un dispositivo en forma de arco que subtiende distintos ángulos respecto de un blanco de oro al que inciden las PCP perpendicularmente. La fluencia recibida por cada dosímetro a distinto ángulo se obtiene indirectamente a partir de las cuentas en el pico elástico medidas en un detector de barrera superficial y haciendo uso de la fórmula de dispersión de Rutherford. El método se describe más detalladamente en la referencia 3. Los haces y energías utilizados en este trabajo fueron protones de 1.5, 3 y 4.5 MeV, helios de 1.5 y 6.5 MeV y carbonos de 10 y 13 MeV. Las irradiaciones fueron realizadas a fluencias entre 1×10^7 y 3×10^9 p/cm² en la zona de respuesta TL lineal en función de la fluencia. Una vez transcurrido el tiempo establecido por el protocolo la lectura de los dosímetros se realiza en una atmósfera de nitrógeno a una tasa de calentamiento de 1°C. El equipo lector proporciona la señal termoluminiscente en forma de una curva de brillo característica de este material en el que se observan una serie de picos que corresponden a las trampas en profundidad que emitieron luz cuando se liberan electrones mediante el calentamiento del dosímetro. Se realizó análisis de deconvolución de las curvas de brillo separando en picos 3, 4, 5, 6a, 6b, 7, 8 y 9 de acuerdo con lo reportado en la referencia 3. De este modo se tiene la integral para la señal total y cada uno de los picos.

En este trabajo se reportan las eficiencias para la señal total, el pico 5 y el pico 7.

Resultados

Las PCP pierden energía al atravesar tanto el blanco de oro como una película de mylar colocada delante de los dosímetros. Calculando estas pérdidas se tiene que las energías finales (en MeV) con que las PCP llegan a los dosímetros fueron de 1.4, 2.94, 4.37 para protones, 0.7 y 5.6 para helios y 7.34 y 10 para carbonos.

Como se mencionó previamente la eficiencia debe ser medida en la zona de dosis bajas donde la respuesta es lineal en función de la dosis. Para las medidas con PCP la dosis se obtiene a partir de la fluencia. Hacemos uso de la función supralinealidad que esta dada por:

$$f(n) = \frac{F(n)/n}{F(n_0)/n_0} \quad (2)$$

Esta función esta dada por el cociente de la respuesta TL por unidad de fluencia sobre la respuesta TL por uni-

dad de fluencia a una fluencia baja donde la respuesta es lineal.

Esta función es igual a uno cuando la respuesta es lineal.

Como se mencionó anteriormente, los dosímetros estaban colocados a distintos ángulos donde cada uno recibía distinta fluencia. Del análisis de deconvolución de la curva de brillo se obtiene la integral de la señal total y de los picos 5 y 7 para cada fluencia medida. Estos valores se insertan en la ecuación 2 y se obtienen los puntos de la función supralinealidad $f(n)$. En la figura 1 se muestra esta función para el pico 5. Se observa que los valores mostrados son cercanos a uno estableciéndose claramente que se encuentran en la zona lineal de respuesta TL y por lo tanto pueden ser usados para la evaluación de la eficiencia. Se obtienen valores similares para la señal total y el pico 7 por lo que se procede a evaluar las eficiencias.

Antes de evaluar el numerador de la ecuación 1 se debe calcular la dosis que recibe cada dosímetro a partir de la fluencia. La dosis está dada por:

$$D = \frac{1.602 \times 10^{-10} nE}{R\rho} \quad (3)$$

donde n es la fluencia (p/cm²), E la energía incidente en MeV en el dosímetro, R el alcance del ión en cm y ρ la densidad del LiF en g/cm³.

El numerador de la ecuación 1 es el promedio de los valores obtenidos para cada dosímetro siendo cada uno igual a la integral del pico 5 dividida por la dosis en ese dosímetro y dividido por la masa irradiada que se determina a partir del alcance de la PCP.

El denominador de la ecuación 1 se refiere a la irradiación gamma. En este caso se usaron dos dosímetros y se promedió el valor de cada una de las integrales tanto de la señal total como de los picos 5 y 7 y se dividió entre la dosis que fue igual a 1.663 Gy y entre la masa irradiada que en este caso es la masa total del dosímetro ya que los rayos gammas lo atraviesan.

Los valores obtenidos para la eficiencia TL relativa de partícula cargada pesada respecto de radiación gamma para la señal total y los picos 5 y 7 se grafican en la figura 2 en función de la transferencia lineal de energía en agua.

Conclusiones

Comparando los resultados para distintos haces se observa que la eficiencia TL disminuye al aumentar Z

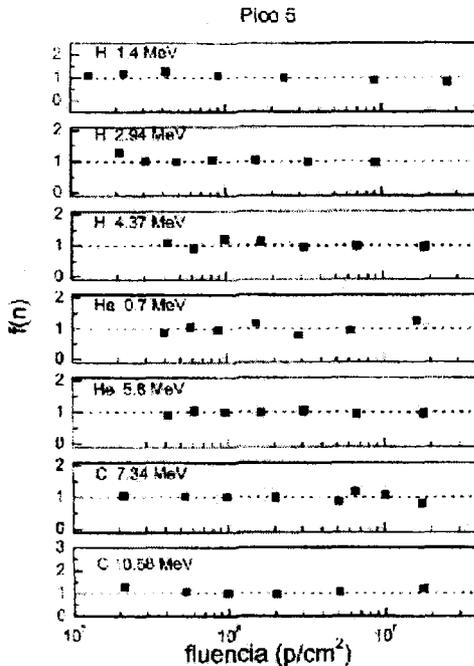


Figura 1. Función $f(n)$ en función de la fluencia para el pico 5.

Para cada grupo de valores correspondientes al mismo ión la eficiencia disminuye conforme el valor de LET aumenta.

De manera general la eficiencia TL relativa de PCP respecto de gamma es mayor para el pico 7 que para la señal total y ésta última es mayor que la del pico 5.

Se continúa trabajando para completar la sistemática con otros iones.

Referencias

- 1.- Gamboa-deBuen I, Buenfil AE, Rodríguez-Villafuerte M, Ruiz CG, Zarate-Morales A. and brandan ME., 1996, Supralinearity in the response of TLD-100 to 5.3 MeV alpha particles, *Radiat.Prot.Dosim.*, 65, 13-16
- 2.- Gamboa de Buen I, Ruiz CG, liver A., López K and brandan ME, 1998, Measurement of the thermoluminescent response (supralinearity and efficiency) of LiFMg,Ti exposed to 0.7 MeV protons, *Nucl.Instr.Meth in Phys Res: B134*, 136-148
- 3.- Avilés P., Gamboa de Buen I, Rodríguez-Villafuerte M, BuenfilAE, Ruiz-Trejo CG, López K and Brandan ME, 199, Thermoluminescence response of TLD-100 to low energy protons, *Radiat.Prot.Dosim.*, 84, 1-4, 83-86
- 4.- Rodríguez-Villafuerte M, Buenfil A.E., Gamboa deBuen I, Ruiz-Trejo C, Brandan M.E., Yossian D., Satinger D. and horowitz YS, 2000, Study of the TL response of LiF:Mg,Ti to 3 and 7.5 MeV He ions: measurements and interpretation in terms of the track interaction model, *Nucl.nstr.Meth in Phys Res B160*, 377-386
- 5.- Gamboa de Buen I, buenfil AE, Ruiz CG, Rodríguez-Villafuerte M, Flores A and Brandan ME., Thermoluminescent response and relative efficiency of TLD-100 exposed to low energy X-rays, *Phys.MedBiol.*, 43, 2073-2083
- 6.- Gamboa deBuen I, Avilés P, Rodríguez-Villafuerte M, Buenfil AE, Ruiz-Trejo CG and Brandan ME, Supralinear response and efficiency of LiF:Mg,Ti to 0.7, 1.5 and 3 Me protons, 2001, *Nucl. Instr and Meth Phys Res B 183*, 487-496