

TASA LOCAL DE CONTEO DE UN CRISTAL DE SI (LI) PARA RAYOS-X DE 6.4 KeV

Rodolfo Figueroa S. y Julio Valdés A.

Departamento de Ciencias Físicas,
Universidad de La Frontera,
Casilla 54-D, Temuco-Chile

Se determina la tasa local de conteo de un cristal de Silicio-Litio de 30 mm² de un detector Marca LINK, para rayos-X de 6.4 KeV provenientes de un haz colimado de una fuente de ⁵⁷Co. Se detectan notorias diferencias en las tasas de conteo en la superficie sensible del cristal, mostrando una mayor tasa en la zona central del cristal, con valores notoriamente inferiores en el entorno que no guardan simetría. El método empleado permite determinar la respuesta local de detección, la forma y tamaño del cristal.

I-INTRODUCCION

En muchos experimentos de Física relacionados con detección de radiación gamma o X y en muchas técnicas espectroscópicas, son utilizados detectores de estado sólido criogénicos. El volumen sensible de éstos, lo conforma un cristal semiconductor que puede ser Si o Ge.

Los cristales de Silicio dopados con Litio (Si (Li)) son los más populares y accesibles en cuanto a costo. La respuesta de estos cristales a una determinada radiación tiene que ver tanto con parámetros externos como internos, estos últimos, propios de la construcción y naturaleza del cristal.

En la mayoría de las unidades comerciales (Si (Li)) el cristal se encuentra dentro de una carcasa metálica al vacío, conectado a través de un dedo frío con un tanque con nitrógeno líquido; la superficie del cristal que enfrenta a la radiación incidente tiene una capa fina de oro, separada del medio exterior por una ventana delgada de Be en el frontis de la cabeza del detector.

Cuando un fotón interactúa con el volumen sensible de detección, se forman pares electrón-hueco, que emigran en sentidos opuestos debido al campo eléctrico aplicado al cristal. El principio de detección se basa en el efecto fotoeléctrico, el cual garantiza que la energía del fotón incidente detectado sea totalmente absorbida por el volumen sensible del detector. Este efecto depende de la energía y del número atómico Z, es mayor para bajas energías y altos Z.

La tasa de conteo de un detector de Si (Li), es la respuesta de todo el volumen sensible sometido a una determinada radiación incidente. Esta respuesta depende externamente de la energía, de la intensidad de la radiación, del campo eléctrico y de la temperatura; internamente, la respuesta depende del número atómico Z, de la movilidad electrónica, de las impurezas, del

tamaño y espesor del cristal^{1,2}.

En este trabajo se determina la respuesta local de la tasa de conteo, a través de la cual, se puede conocer la forma y tamaño de un cristal de Si (Li), considerando sólo radiación X de 6,4 KeV, emitida por una fuente de ⁵⁷Co, utilizando un colimador desplazable de 2 mm de diámetro.

II. METODOLOGIA

El montaje experimental considerado se muestra en la Fig.1 y está constituido por un desplazador milimétrico XYZ con una sensibilidad de .1 mm (1), una fuente puntual de ⁵⁷Co con una actividad de 130 µCi (al momento del experimento) (2), un detector de Si (Li) LINK Analytical M 6455 (3), un preamplificador LINK Pentafet (4), un amplificador TENNELEC TC-244 (5), una fuente de alta tensión TENNELEC TC-909 (6) y un analizador multicanal THE NUCLEUS PCA II 4000 (7).

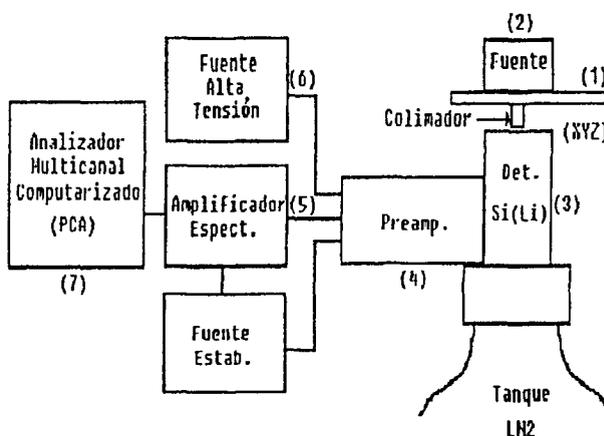


Fig. 1: Montaje experimental.

Sobre el sistema de desplazamiento milimétrico XYZ se fija la fuente radiactiva, la radiación de la fuente se dirige sobre la ventana del detector mediante un colimador de 2 mm de diámetro y 1.5 cm de longitud. La fuente se centra ópticamente sobre la ventana del detector, permaneciendo el extremo del colimador a una altura constante de aproximadamente 1 mm sobre la ventana (Fig. 2).

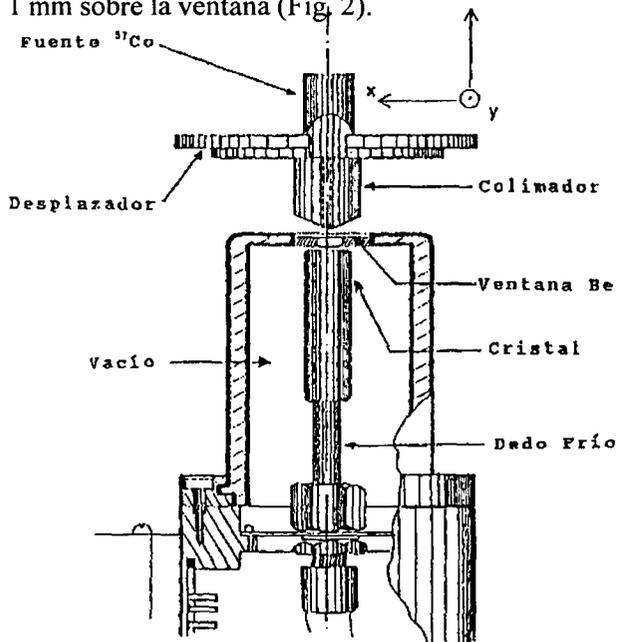


Fig. 2: Corte de la cabeza del detector Si (li) y ubicación de la fuente.

Una vez centrada la fuente y nivelado horizontalmente el desplazador milimétrico, se procede a toma de espectros en el modo de altura de pulsos (PHA), para 41 puntos ubicados axialmente de acuerdo al diagrama de la Figura 3; de este modo, se determinan puntos ubicados en la parte central y periférica del cristal Si (li). Cada espectro fue adquirido en un tiempo de conteo de 500 s. Luego de completado los puntos de interés se procede a determinar las áreas neta correspondientes a la línea K del Fe.

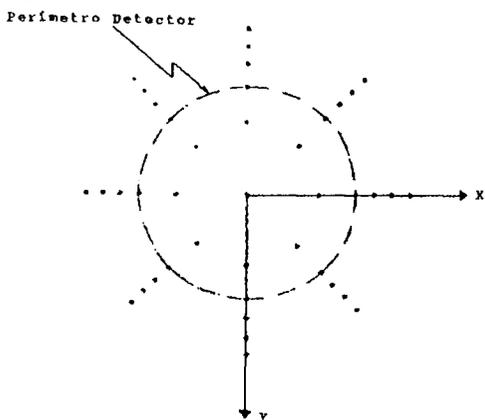


Fig. 3: Diagrama XY de los puntos muestreados.

III. RESULTADOS

En la Fig. 4 (Vista 1), se muestra la distribución de las cuentas en el plano de detección, durante 500 s. En la Fig. 5 (Vista 2), se muestra la misma distribución anterior desde un punto de vista rotado en 180° en torno al eje Z. En ambas figuras se observa una asimetría notoria en la distribución espacial de las cuentas, presentándose un número mayor de cuentas hacia los valores negativos de las coordenadas X e Y. Esta asimetría, permite inferir que el detector no se encuentra centrado en el eje de la ventana, sino que se haya desplazado 15mm de éste.

En la Fig. 6, se muestra la proyección ortogonal sobre el plano XY de la distribución espacial de cuentas mostradas en la Fig. 4, señalándose las curvas de nivel cada trescientas cuentas. La zona central presenta una tasa de conteo del orden de 15 cuentas/s en 3.14 mm² para rayos X de 6.4 KeV. En relación al tamaño efectivo del detector, se le determina un diámetro aproximado de 6 mm lo cual está de acuerdo con lo informado por el fabricante³.

RESPUESTA ESPACIAL (Vista 1)

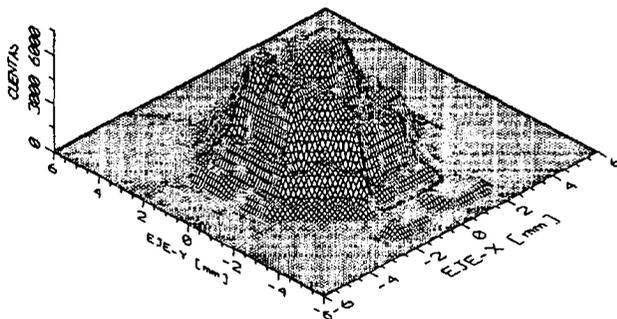


Fig. 4: Ver texto

RESPUESTA ESPACIAL (Vista 2)

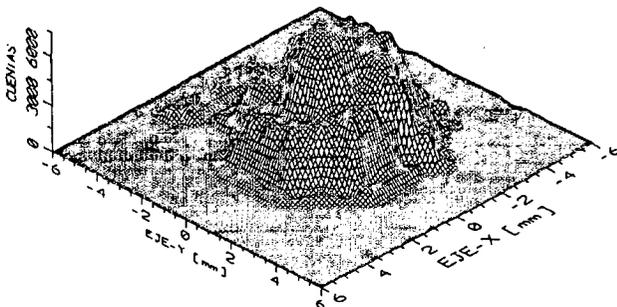


Fig. 5: Ver texto

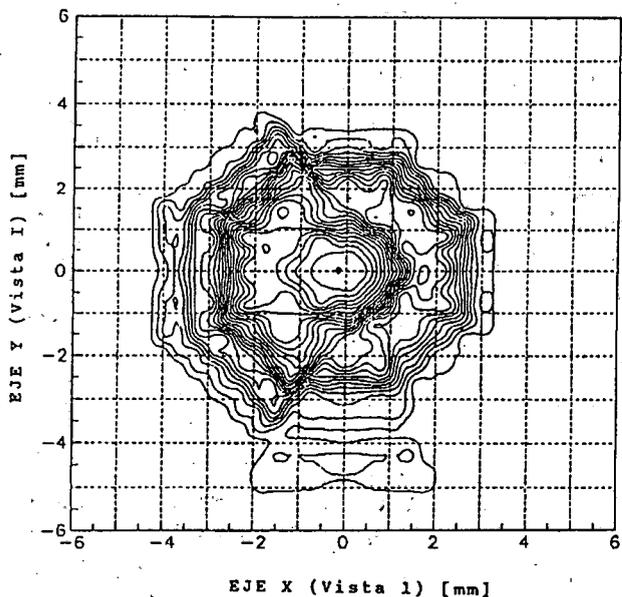


Fig. 6: Ver texto.

IV CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten detectar de un modo indirecto, defectos en la fabricación del cristal de un detector Si (Li), que se originan en inhomogeneidades de los elementos y capas, constituyentes del detector.

El método prueba que teniendo una zona de conteo de 3.14 mm^2 (2 mm de \varnothing), mayor que el desplazamiento mínimo de barrido, es posible lograr una mejor resolución espacial cercana a 1 mm . Por otra parte, este método permite conocer la forma y tamaño del cristal del detector, a través de un conteo punto a punto de una determinada línea de radiación X de baja energía, constituyéndose de este modo, en un método simple de control de calidad, que permite conocer mejor estos delicados y costosos aparatos de detección.

Los autores agradecen la colaboración de la Prof. M. Inés Dinator del Laboratorio de Física Nuclear de la Universidad de Chile.

REFERENCIAS

1. Glenn F. Knoll. *Radiation Detection and Measurement* (John Wiley and Sons, New York, 1979).
2. Klaus Debertin and Richard G. Helmer. *Gamma and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors* (North-Holland, Amsterdam, 1988).
3. Detector Information Manual LINK Analytical para detector Si (Li) modelo 6544.