

Análisis de transmisión de neutrones en zafiro como parte del diseño del colimador del difractor Amauta

Marco Munive⁽¹⁾ mmunive@ipen.gob.pe; Oscar Baltuano⁽¹⁾ obaltuano@ipen.gob.pe

(1) IPEN, Dirección de Promoción y Desarrollo Tecnológico, Av. Canadá 1470, Lima 41, Perú

Resumen

Los neutrones rápidos de un espectro de neutrones emergentes de un reactor nuclear, no son realmente útiles para el análisis de muestra en la técnica de difracción, por ello se requiere el uso de filtros de neutrones rápidos como es el caso del Zafiro (Al_2O_3). Se estudia el efecto que causa espesores de zafiro en la región térmica del haz de neutrones a ser usado para el difractor Amauta, el análisis se realizó por medición de espectros transmitidos usando el espectrómetro por tiempo de vuelo.

1. Introducción

El espectro neutrónico de un reactor nuclear posee un amplio rango de energía, se puede detallar tres regiones en el mencionado espectro, térmica, epitérmica y rápida, esta última poco útil para el desarrollo de técnica de análisis por neutrones, pero que puede generar gran cantidad de tasas de dosis por neutrones en las inmediaciones de los equipos.

Para disminuir la contribución de estos neutrones energéticos se usa filtros o moderadores.

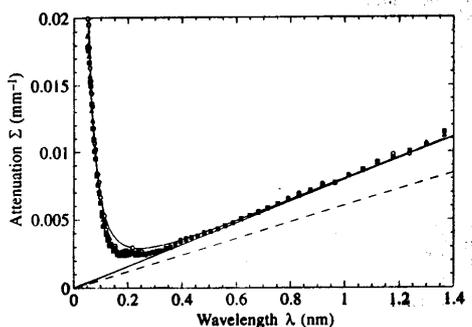


Figura 1. Atenuación en función de la longitud de onda [2].

La eficiencia de un filtro esta en función de la atenuación de los neutrones y esto se detalla en la sección eficaz de interacción, la cual depende del tipo de material y de la energía de los neutrones, la sección eficaz tiene contribuyente de absorción y de dispersión. Uno de estos materiales usados como filtros es el Zafiro (Al_2O_3).

2. Método Experimental

La obtención de espectros de transmisión de 10, 20 cm de espesor de cristales de zafiro se ha logrado medir mediante el espectrómetro por tiempo de vuelo, instalado en el conducto de irradiación No. 4 del reactor nuclear RP-10, la potencia térmica a la cual se realizaron las experiencias es fue de 350 kW de potencia, a dicha potencia se tiene un flujo de neutrones térmicos por el orden de $30 \times 10^6 \text{ n.cm}^{-1}.\text{s}^{-1}$ la longitud de vuelo utilizada fue de 5 m, se utilizó un detector de He3 con un voltaje de trabajo de 1300 voltios, la velocidad de giro del chopper fue de 1100 RPM. Asimismo, en la colección de espectro se detalla 512 canales con un ancho de canal de 20 μs .

Para lograr los espectros de transmisión de los diferentes espesores de zafiro se utilizó el siguiente esquema experimental (Figura 2).

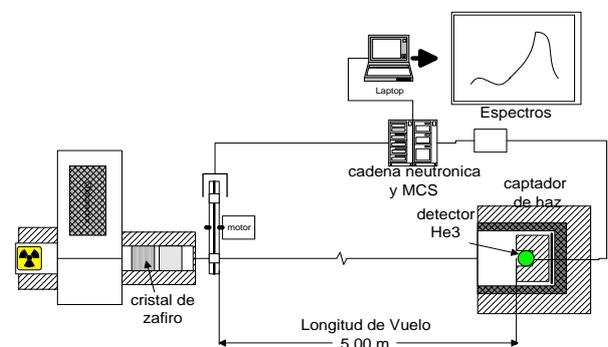


Figura 2. Esquema de colección de espectros de transmisión.

Se midió la tasa de dosis para neutrones térmicos y para fotones gamma, para cada espesor de zafiro, para lo cual se utilizó un monitor de neutrones térmicos marca Victoreen modelo 488A serie 548, calibrado en octubre del 2004 y para fotones gamma un Geiger Muller marca FAG.

Para el cálculo del coeficiente de transmisión del zafiro se usa la siguiente expresión:

$$\Sigma(\lambda) = -(1/x) \log[T(\lambda)] \quad (1)$$

Donde, Σ es el coeficiente de transmisión, T es la transmisión de neutrones, λ longitud de Onda de los neutrones, x espesor de medio transmisor.

El espectro transmitido se colectó en períodos de 10 minutos luego del cual se procede a medir la tasa de dosis por neutrones y la tasa de fotones gamma, la operación se repite para cada espesor de zafiro.

Cabe señalar que la colección de los espectros se hace en tiempo, realizando una conversión de los datos colectados se representa en longitud de onda.

3. Resultados

La tasa de conteje para cada espesor de zafiro fue de 451 cts/s a 10 cm y 297 cts/s a 20 cm, la tasa de dosis de neutrones en el haz es de 279 mrem/h y 37 mrem/h a 10 y 20 cm respectivamente y la tasa de dosis para fotones gamma fue de 50 mrem/h y 20 mrem/h a 10 y 20 cm respectivamente.

Se colectó tres espectros el primero sin medio transmisor, el segundo con 10 cm de zafiro y el último con 20 cm de cristal de zafiro, los datos detallan la relación del coeficiente de atenuación con la longitud de onda de los neutrones transmitidos (Figura 3).

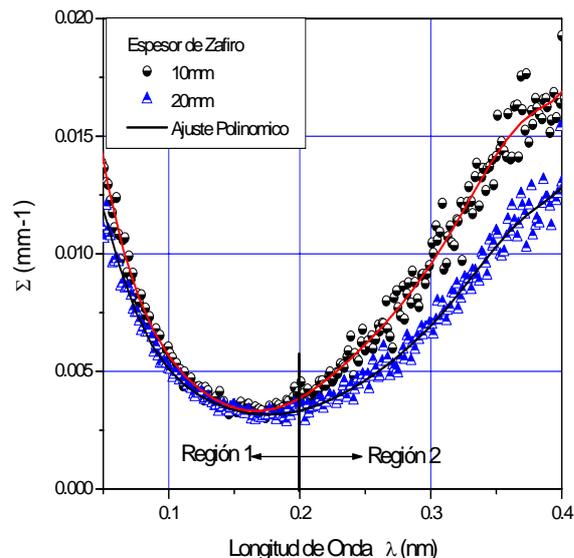


Figura 3. Coeficiente de atenuación en función de la longitud de onda, para cada espesor de zafiro.

4. Discusión

En relación a la tasa de dosis medida tanto para neutrones como para fotones gamma en relación a los espesores de zafiro, se puede notar que el cristal de zafiro es un buen atenuador de neutrones ya que en 10 cm de espesor disminuye la tasa de dosis en casi 7.5 veces, mientras que para fotones gamma la mismo espesor solo se disminuye en 2.5 veces la tasa de dosis.

En la figura 3 se representa el cálculo del coeficiente de atenuación, el valor logrado es igual para dos diferentes espesores en el rango de 0.05 nm a 0.2 nm de longitud de onda de los neutrones valor que se aproximan en 8.3 %, mientras que a mayor longitud de onda, entre 0.2 nm y 0.4 nm se aprecia una diferencia marcada, indicándonos que a mayor espesor de zafiro hay menor coeficiente de transmisión. El valor de aproximación promedio entre las dos graficas en el mencionado rango es de 24 %, esto se debe a que la ecuación 1 no contempla el factor de acumulamiento que se debe disminuir cuando los espesores de material son muy grandes, debido a que el detector podría no registrar algunos neutrones transmitidos de baja energía que hayan sido ligeramente desviados al lograr atravesar espesores pronunciados de material.

5. Conclusiones

En la presente experiencia queda detallado claramente la eficiencia de atenuador de neutrones del zafiro y que su uso nos disminuye la energía efectiva de los neutrones térmicos, es decir aumenta el número de neutrones lentos con longitudes de onda superiores a 0.3 nm. Esto se refleja en el cálculo del coeficiente de atenuación y en la tasa de dosis de neutrones.

Se recomienda entonces tener un filtro de zafiro en cada una de las facilidades del reactor con espesor de 10 cm.

Bibliografía

1. Munive M., Baltuano O., Soto C. Ravello Y. First records of thermal neutrons with the spectrometer for time of flight (TOF) in the RP-10 Nuclear Reactor. Nucleotécnica No. 36 diciembre 2002, pag.111-116.
2. Milder D., Lamaze G. Neutron transmission of Singel-Crystal Sapphire. J. Appl. Cryst 31 (1998) p. 835-840.