

Espectro de Radiación Electromagnético de Esmeraldas Colombianas bajo radiación Neutrónica.

José Antonio Sarta Fuentes

RESUMEN

En la actualidad existen diversas técnicas diferentes a las convencionales, que permiten modificar propiedades físicas de gemas preciosas. Dichas técnicas, requieren de procedimientos que involucran elementos de alta tecnología, tales como fuentes intensas de irradiación gamma, aceleradores de electrones y reactores nucleares. La irradiación de topacios y zafiros, utilizando radiación gamma, aceleradores y reactores nucleares, han sido objeto de investigaciones durante la última década. En este artículo se presentan resultados de investigaciones recientes adelantadas con esmeraldas colombianas, que han sido irradiadas con neutrones en un reactor nuclear de Investigación.

Palabras Clave: gema, reactor nuclear, flujo neutrónico, espectro de transmisión.

ELECTROMAGNETIC RADIATION SPECTRUM OF COLUMBIAN EMERALDS UNDER NEUTRONIC IRRADIATION.

ABSTRACT

Actually there are several methods which are different to traditionally established, which can modify physical properties to gem stones. These techniques require procedure which need equipment of high technology such as gamma sources with high level of irradiation, accelerators of electrons and nuclear reactors. Recently some laboratories in the world have been researched different kind of gems. This paper shows some results of recently researches using Columbian emeralds, which have been irradiated with neutrons into a nuclear research reactor.

Key words: Gem, Nuclear Reactor, neutron flux, transmission spectrum.

INTRODUCCIÓN

Son distintas las técnicas de laboratorio, empleadas para activar centros de color o colorear cristales, ya sea por la introducción de impurezas químicas, por la introducción en exceso de iones metálicos, por electrolisis o por irradiación [1].

Son varios los reportes técnicos que registran información sobre las modificaciones físicas realizadas en materiales sometidos a irradiación neutrónica [2,3,4,5]. En particular, la activación de centros de color electrón-hueco, despierta un particular interés debido al rendimiento económico que se puede obtener a partir del uso de esta técnica, como lo reporta Sylvia O'Dy en su artículo de la Revista L'Express [6].

La estructura de la esmeralda ha sido estudiada y se encuentra actualmente bien definida [7]. En especial la esmeralda colombiana, ha sido sometida durante mucho tiempo a tratamientos artificiales con el fin de mejorar su calidad.

IRRADIACIÓN

Con el fin de estudiar el cambio de las propiedades físicas de las esmeraldas colombianas sometidas a la acción de neutrones rápidos, se adelantaron investigaciones en el Reactor Nuclear TRIGA MarkII de Austria [8].

Antes y después de una irradiación, cada una de las muestras fue sometida a un análisis del espectro de transmisión; lo anterior con el fin de analizar los cambios presentados en el color de cada una de las esmeraldas.

El parámetro principal de estudio, inicialmente considerado, fue la eventual incidencia de la energía de los neutrones en el espectro electromagnético de transmisión en las esmeraldas.

Puesto que en un Reactor Nuclear, el espectro energético de los neutrones es muy amplio, el

La activación de centros de color electrón-hueco, despierta un particular interés debido al rendimiento económico que se puede obtener a partir del uso de esta técnica

estudio se adelantó inicialmente con neutrones rápidos.

Dadas las características de la sección eficaz de absorción para neutrones térmicos del Boro y el Cadmio, antes de introducir la esmeralda en el Reactor Nuclear, éstas fueron cubiertas con Boro o Cadmio [9].

Boro

La figura 1, ilustra el espectro electromagnético de transmisión característico de una esmeralda colombiana, antes de ser llevada al interior del reactor nuclear. El máximo del espectro, que se encuentra alrededor de la longitud de onda de 500 nm, corresponde al color verde de la esmeralda. El color exhibido por la esmeralda, se debe fundamentalmente a las transiciones electrónicas o vibracionales fuertes en la región del espectro visible (360 nm a 740 nm: 3.5 eV a 1.7 eV), las cuales aparecen reflejadas en el espectro de transmisión de la figura, a través de los dos máximos.

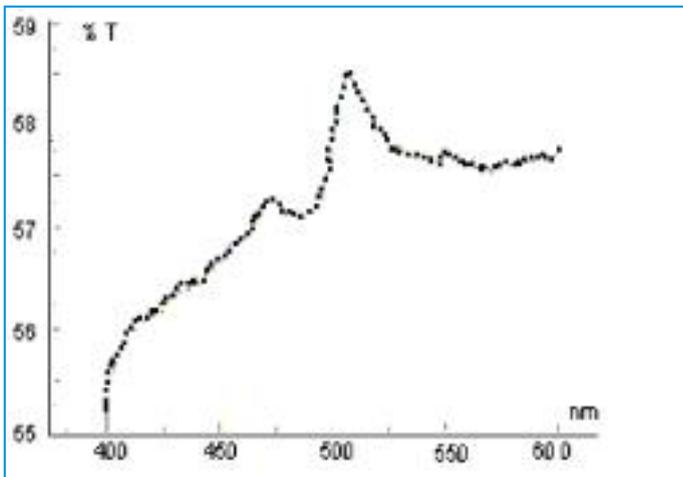


Figura 1. Espectro electromagnético de transmisión de una esmeralda natural colombiana.

La muestra de la figura 1, fue previamente recubierta en Boro con el fin de garantizar irradiación con neutrones rápidos, debido a su alta sección eficaz de absorción para neutrones térmicos, 4000 Barns. La esmeralda recubierta con Boro, fue sometida durante un tiempo de ocho horas continuas a un flujo neutrónico de 1.7×10^{12} n/cm² s. El espectro de transmisión después de la irradiación, se encuentra representado en la figura 2.

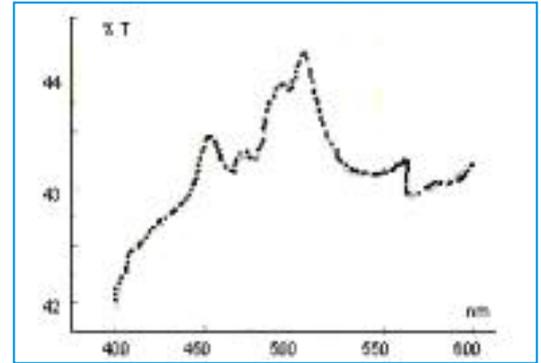


Figura 2. Espectro electromagnético de transmisión, una vez irradiada la esmeralda de la figura 1.

El espectro de transmisión después de la irradiación muestra las siguientes características importantes.

El porcentaje de transmisión asociado al máximo del espectro se ve disminuido en un factor del 24.4 %. Al lado izquierdo de cada uno de los fotopicos del espectro de la figura 1, aparecen dos fotopicos adicionales, centrados cada uno alrededor de 450nm y 490nm. Igualmente en el mismo espectro de la figura 2, se puede apreciar una disminución apreciable del área bajo la curva en la región de las altas longitudes de onda.

Cadmio

El cadmio, cuya sección eficaz de absorción para neutrones térmicos es de 2550 barns, fue empleado como otro elemento para recubrir una segunda esmeralda.

Los respectivos espectros de transmisión, antes y después de la irradiación se encuentran representados en las figuras 3 y 4, respectivamente. En esta nueva irradiación, el sitio de irradiación y las condiciones de operación del Reactor Nuclear, fueron exactamente las mismas que las consideradas para la obtención del espectro de la figura 2.

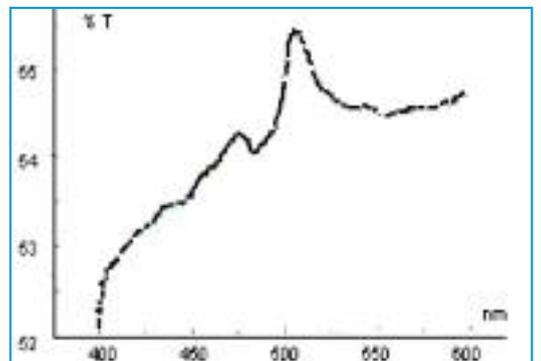


Figura 3. Espectro electromagnético de transmisión, tomado a la segunda esmeralda colombiana en condiciones naturales.

Al comparar los respectivos espectros de las figuras 1 y 3, se observa, la equivalencia del espectro correspondiente a dos esmeraldas colombianas distintas, al igual que la diferencia en los valores de la transmisión, debida a la diferencia en el tamaño de las dos muestras.

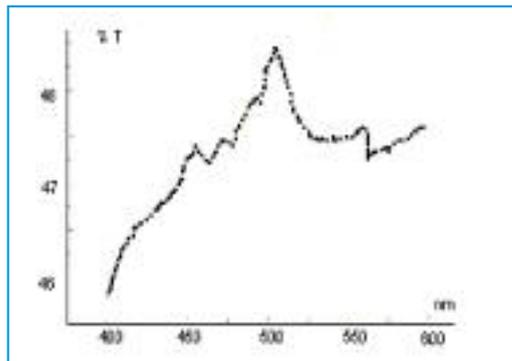


Figura 4. Espectro electromagnético de transmisión para la muestra de la figura 2, una vez irradiada.

Al comparar las figuras 2 y 4, se observa que el comportamiento del espectro después de irradiadas las muestras, es similar. La gran diferencia radica en los valores de los porcentajes de transmisión, puesto que en esta segunda irradiación, el máximo del espectro experimentó una variación del 12.6%, comparada con 24.4 % del primer caso.

RESULTADOS

La acción de irradiar esmeraldas colombianas con neutrones rápidos, en un reactor nuclear de investigación, inducen en las muestras, considerables cambios en su espectro electromagnético de transmisión. Los cambios presentados en el espectro de las muestras irradiadas, permiten considerar excitaciones de centros de color que se encuentran localizados en las regiones de las bajas longitudes de onda del espectro electromagnético.

La activación de centros de color en la región de bajas longitudes de onda, permite que las muestras se vuelvan ópticamente activas en esta región del espectro, es decir, que una vez irradiadas las muestras, existe una mayor contribución al espectro de esta parte del espectro, lo que finalmente se traduce en una mayor emisión, por parte de las muestras, de los colores correspondientes a esta región del espectro.

Contraria a la respuesta obtenida a bajas longitudes de onda, para longitudes de onda por encima de 500nm, las muestras irradiadas presentan una reducción en la emisión de los colores correspondientes a esta región del espectro. Una vez irradiadas las muestras, las esmeraldas adquieren un color verde grisáceo que

no corresponde con el color natural de la misma

CONCLUSIONES

Las causas posibles de las variaciones del espectro, debidas a la irradiación con neutrones rápidos, que fueron medidas y son reportadas en este informe, deberán ser objeto de estudios teóricos en las cuales se verifiquen la forma mediante la cual los neutrones rápidos inducen nuevas transiciones electrónicas dipolares o cuadrupolares en la región visible del espectro electromagnético de las esmeraldas colombianas. No es posible optimizar el color verde en las esmeraldas colombianas, mediante la irradiación de éstas con neutrones rápidos en un Reactor Nuclear. La acción de un recubrimiento en las esmeraldas colombianas, con un material de boro, resulta tener mayor efecto en el espectro, que cuando se recubren con cadmio, y éstas se someten a la acción de neutrones en un Reactor Nuclear.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kittel C., *Introduction to Solid State Physics*, 2d ed. (John Wiley & Sons, Inc., New York, 1957), pp. 537-538.
- [2] Mann F.M., *Calculation of Displacement Cross Sections, in Damage Analysis and Fundamental Studies, Prog. Rep.*, Washington, D.C. 20545, 1985, 198, 45.
- [3] Dupont C., et al "Neutron Spectra Calculation in material in order to Compute Irradiation Damage. TECDOC-263, IAEA, Vienna, 1982, 147.
- [4] Greenwood L.R., Smither R.K., *Displacement Damage Calculations with ENDF/B-V*, TECDOC-263, IAEA, Vienna, 1982, 185.
- [5] Csikai J., *Handbook of Fast Neutron Generators. Volume I and II*, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. USA. 1987.
- [6] Sylvia O'Dy., *Alerte aux vraies fausses pierres précieuses. L'Express* 2/9/99., pp 62-65.
- [7] Quarles G.J., *Laser Spectroscopic Studies of Europium-doped Glasses and Emerald.* Oklahoma State University USA. 1987.
- [8] Sarta J.A., *Technical Report. Austria Vienna. April 1987.*
- [9] *Commissariat a l'Energie Atomique. Dictionnaire des Sciences et Techniques Nucléaires. Paris 1964.*

La acción de irradiar esmeraldas colombianas con neutrones rápidos, en un reactor nuclear de investigación, inducen en las muestras, considerables cambios en su espectro electromagnético de transmisión.

José Antonio Sarta Fuentes

Físico U. Nacional de Colombia. Investigador Científico en el Instituto del Instituto de Asuntos Nucleares IAN, e Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA). Profesor Facultad de Ingeniería Universidad Distrital.