

Conformación y evaluación de un sistema de análisis no destructivo basado en la emisión de rayos-X inducida por partículas alfa.

Reporte Preliminar

Eduardo Cunya*, Marco Munive, Paula Olivera

Dirección de Investigación y Desarrollo, Instituto Peruano de Energía Nuclear,
Casilla Postal 1687, Lima 41, Lima, Perú

Resumen

Se presenta el desarrollo y aplicación de una nueva herramienta de análisis de material arqueológico, basado en el uso de un haz de radiaciones de partículas cargadas, producido por el radionucleido Am-241 y cuya fuente es re-utilizada luego de su gestión en un repositorio de fuentes radiactivas. La técnica a desarrollar esta clasificada como de tipo superficial, pues permite analizar espesores de 5 a 10 micrones que la hacen muy eficiente en la detección de elementos en las capas superficiales de objetos en estudio. Otro aspecto considerado es la eficiencia de los detectores semiconductor de Si(Li) y Ge-planar enfriados con nitrógeno líquido empleados en este desarrollo.

Abstract

This report show a partial development and application of a new analysis tool to archaeological artefacts based on the use of charged particles beam (alpha particles) produced by Am-241 radionuclide whose source is re-used after management in a repository of radioactive sources. This technique is classified like superficial type it allow to analyze thickness of 5 to 10 microns turns it very efficient in detecting light elements (low Z). Another subject evaluated is the efficiency of Si-Li and Ge-planar semiconductor detectors used in this work.

1. Introducción

La caracterización y conservación de cierto material arqueológico considerado como patrimonio nacional, requiere métodos de análisis que no afecten su integridad, es por esta razón, la técnica que implementamos con este sistema es considerada como **no destructiva** [4]; además, debe ser portable para aquellos casos en los que el artefacto en estudio no pueda ser transportado de su ubicación o lugar de exhibición. La investigación intenta demostrar el uso de un campo de partículas cargadas (alfa) fácilmente absorbidas y atenuadas en unos pocos centímetros de un medio como el aire en la configuración de un sistema PIXE. La técnica PIXE-Alfa [2], (espectroscopía de Emisión de rayos-X Inducidos por Partículas) es una herramienta analítica, basada en la identificación y cuantificación de los rayos-X característicos que emiten los átomos de una muestra excitada por un haz de protones, y que en algunos arreglos experimentales, puede hacer uso de una fuente radiactiva (emisora de partículas alfa) de pequeña actividad. Esta técnica permite obtener una amplia descripción de la

composición química de la muestra [6], a través del análisis multielemental simultáneo con número atómico mayor de 11 (del Na en adelante). El haz de partículas es proveído por una fuente abierta de Am-241 de pequeña actividad.

2. Experimental

El sistema está compuesto por un detector de Si-Li refrigerado con Nitrógeno líquido con ventana de Be de 10 mm de diámetro y una resolución de 190 eV, para 5.9 KeV, los módulos de instrumentación: pre-amplificador, fuente de alto voltaje, Amplificador/Conformador de pulsos nucleares y un analizador multi-canal Nucleus® PCA-II. El arreglo instrumental corresponde con el instalado actualmente en el Laboratorio Fluorescencia de Rayos-X para análisis de materiales en el Centro Nuclear RACSO. La fuente de radiación usada para la excitación de la muestra es el radionucleído emisor de partículas alfa Am-241, con período de semi-desintegración

* Correspondencia autor: ecunya@ipen.gob.pe

de 432,2 años y cuya actividad global estimada es 1,92 mCi, ya que la presentación de la fuente está distribuida en tres láminas metálicas delgadas de aproximadamente 0,6 mCi de actividad cada una, alojadas en un soporte hecho de acrílico con geometría cónica para lograr la convergencia del flujo de partículas. Igualmente, se las dispuso de manera espaciada sobre dicho soporte, de modo tal que el plano de cada fuente forma un ángulo de 45° con el plano de la posición de muestra (Figura 1), de esta manera, se intenta obtener un haz de partículas alfa convergente en la zona central del soporte para acceder a la muestra. La energía media calculada para la posición de la muestra es de cerca de 1.0 MeV. Esto debido a que en 3 cm de distancia entre la fuente y la lugar de posición de muestra se pierde cerca de 4,5 MeV en el aire, según la gráfica Stopping power [8] (energía de frenado), véase figura 3. El soporte presenta en la parte superior, una ventana circular de 10mm de diámetro, sobre la cual se ubica la superficie de la muestra (Figura 1), la idea es simular las condiciones de uso de una fuente anular.

También está presente la emisión gamma de Am-241 de energía 59,5 KeV (36 % de probabilidad) y cuya atenuación se realiza a través de una funda de plomo de 2mm de espesor que cubre el detector con un orificio de 10mm de diámetro en la parte superior, de este modo, se intenta utilizar con mayor eficiencia la energía de las partículas alfa emitidas por las fuentes de 5,486 MeV (85,2% de intensidad) existiendo también, partículas alfa de 5,443 MeV (12,8%). Se observa que el arreglo descrito es para uso en laboratorio. El sistema puede ser convertido en una unidad portátil de tamaño pequeño y de poco peso si empleamos un detector de rayos X del tipo SDD (Silicio Difundido), enfriado por un dispositivo Peltier [1], logrando un análisis *in situ* y la detección de elementos que van desde Sodio hasta Uranio.

Para mejorar la resolución de las líneas espectrales de rayos X, característicos de los elementos presentes en la muestra se instala un detector semiconductor de Ge-planar con ventana de Be de 12mm de diámetro y 155eV de resolución para una energía de 5,9KeV. En este caso, el programa de adquisición de espectros es el Maestro®II asociado al analizador multicanal Spectrum MASTER de EG&G Ortec.



Figura 1: Soporte de fuente Am-241 sobre detector Si-Li.

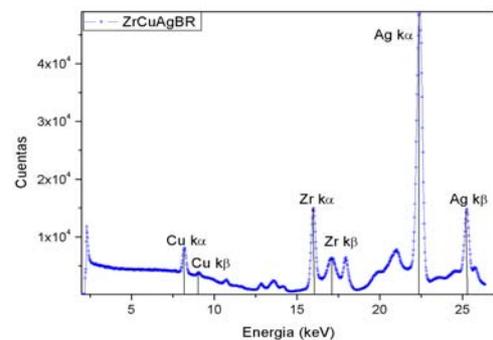


Figura 2: Espectro de R-X característicos de Cu, Zr y Ag.

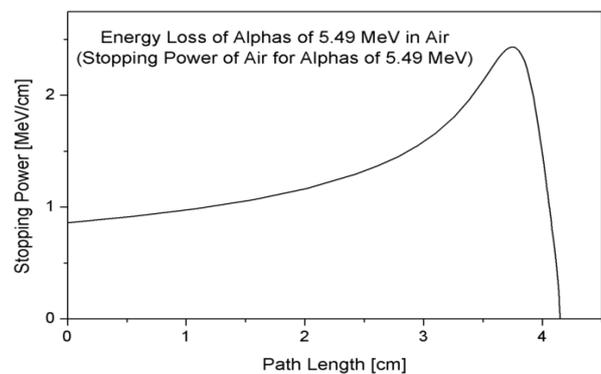


Figura 3: Energía perdida en aire para partículas α de 5,49 MeV

3. Resultados y Discusión

Durante los ensayos iniciales se han obtenido, almacenado y tratado espectros de Rayos X característicos de los elementos Cu, Zr y Ag (Figura 2), por medio del programa de adquisición PCAII. Los ensayos muestran que es posible implementar un sistema PIXE mínimo re-utilizando algunas fuentes emisoras de partículas alfa (Am-241, Ra-

216). El desarrollo de la técnica se hace en ambientes a temperatura y presiones normales, no requieren condiciones especiales. Presenta una muy buena sensibilidad para los elementos metálicos [7][5] complementándose con el análisis por FRX. La intensidad de las partículas alfa incidentes se puede incrementar si modificamos la geometría del soporte disminuyendo la distancia fuente-muestra.

4. Conclusiones

Dado que se emplea partículas alfa para la excitación de los átomos a nivel superficial de la muestra, la interacción producida resulta útil para el estudio de pigmentos o colorantes que la recubren, también permite observar productos resultantes de algunas reacciones en la superficie de muestras metálicas por efecto del medio ambiente [3]. Se espera obtener más conclusiones al término del estudio.

5. Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud a Walter Cruz, oficial de radioprotección de la Planta de Gestión de Residuos Radiactivos por proporcionarnos la fuente de Am-241. También al personal del Área de Mantenimiento Mecánico de la Dirección de Investigación y Desarrollo. Finalmente, al Dr. Erich Saettone por su valiosa asesoría y sugerencias en la conservación de material arqueológico.

6. Bibliografía

- [1] Pappalardo L, Romano FP, Garrafo S. The improved LNS PIXE-Alfa portable system: Archaeometric Applications. *Archaeometry*. 2003; 45(2):333-339.
- [2] Constantinescu B, Cojocaru V, Bugoi R, Sasianu A. Materials analysis in archaeometrical studies at Bucharest Particle Accelerators. *Proceedings of EPAC; 2000; Vienna: Austria*.
- [3] Demortier G, Ruvalcaba-Sil JL. Diferential PIXE analysis of mesoamerican jewelry items. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*. 1996; 118: 352-358.
- [4] Tabacniks MH. Análise de Filmes Finos por PIXE e RBS. Instituto de Física,

Universidade de São Paulo. CP 66318, 05315-970, São Paulo, SP, Brasil.

[5] Demortier G, Morciaux Y, Dozot D. PIXE, XRF and GRT of ancient gold artefacts. *Nuclear Instruments and Methods of Physics Research B*. 1999; 150: 640-644.

[6] Lamm L. Applications for PIXE and other Ion Beam Analysis (IBA). PIXE-PAN Summer Science Program, University of Notre Dame, June, 2007. The Joint Institute for Nuclear Astrophysics. [serie en Internet]. Disponible en: <http://www.JINAweb.org>

[7] Pappalardo G, Bicchieri M, Nardone M, Pappalardo L, Romano FP, Russo PA, Sodo A. The contribution of the LNS portable PIXE system for the examination of gold preparations in the miniatures of the 492 code (Pontificale) preserved at the Museo Diocesano in Salerno. Corresponding author, e-mail: pappalardo@lns.infn.it

[8] Helmut P. Bragg. Curve of 5,49 MeV alphas in air. [serie en Internet]. May 2006. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Bragg_Curve_for_Alphas_in_Air.png