

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1982

IODURO MERCURICO COMO DETECTOR DE RADIACION NUCLEAR : CONSTRUCCION DE
UNA SONDA PARA RAYOS GAMMA DE BAJAS ENERGIAS

J. Saura
Centro Atómico Bariloche*
Instituto Balseiro#

I. Nüßmann
Centro Espacial San Miguel+

1. Introducción

Ioduro mercúrico rojo (tetragonal) es un material que posee interesantes propiedades para la detección de radiación gamma a temperatura ambiente. En efecto, el alto coeficiente de absorción combinado con una resistividad eléctrica permite el uso de detectores delgados operables a temperatura ambiente. Estas propiedades son debidas al alto número atómico de los componentes, 80 y 53, y al ancho de la zona de energías prohibidas, 2.1 ev, que posee este compuesto. Este último valor es mayor que los correspondientes a silicio y germanio que son respectivamente 1.1 y 0.68 ev y que poseen por este motivo una alta conductividad eléctrica que impide su uso a temperatura ambiente siendo necesario para su operación el uso de costosos y masivos sistemas criogénicos.

Desde el año 1971 en que se publicó un espectro de rayos gamma obtenido con ioduro mercúrico (1) se comenzó a trabajar en varios laboratorios con el objeto de obtener mejores detectores. Se ha tratado de purificar el material y crecer mejores cristales, se han probado diferentes posibilidades para realizar los contactos eléctricos y el corte y tratamiento previo de los detectores y se han caracterizado los cristales usando distintas técnicas (2-5).

2. Crecimiento de cristales

El compuesto es obtenido por reacción en la fase vapor de 99.9999% mercurio y 99.998% iodo. Después de realizar varias purificaciones por sublimación repetida en vacío en cápsulas de Pyrex, el material es utilizado para crecer los cristales. La técnica de crecimiento que hemos empleado es una modificación del método de Piper y Polich (6) que permite obtener cristales de tamaño y calidad adecuados para la fabricación de detectores. Estos tienen un espesor de algunos cientos de micrones y son obtenidos por clivaje en planos perpendiculares al eje c de la estructura tetragonal del ioduro mercúrico. Para disminuir los problemas que pueden

* Comisión Nacional de Energía Atómica.

Comisión Nacional de Energía Atómica y Universidad Nacional de Cuyo

+ Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales-Fuerza Aérea Argentina.

causar zonas dañadas cercanas a la superficie producidas por el clivaje o manipuleo, el espesor es reducido en unos cien micrones sumergiendo las plaquetas en una solución de yoduro de potasio.

3. Caracterización de los cristales

Las aplicaciones espectrométricas de los detectores nucleares de estado sólido requieren que los portadores libres producidos por la radiación incidente sean colectados por los electrodos con los cuales se aplica un campo eléctrico al cristal. La probabilidad de que un portador sea colectado aumenta con el valor del producto $\mu \tau$, donde μ es la movilidad del portador y τ es el tiempo medio que permanece libre antes de ser atrapado. En el caso de yoduro mercurico este producto es más grande para electrones (10^{-4} cm²/V) que para huecos (10^{-6} cm²/V). Para proyectar esta ventaja de los electrones sobre los huecos en relación con las propiedades de transporte se usa una geometría tal que la radiación se absorbe cerca del cátodo. Para rayos gamma de bajas energías estos se hacen incidir directamente sobre el electrodo negativo. De esta forma la contribución al pulso total proveniente de los electrones es mucho mayor que la de los huecos.

Cuando la energía de la radiación aumenta la absorción se produce en zonas más alejadas del cátodo con lo cual aumenta la contribución de los huecos con el consiguiente deterioro de los espectros. Por este motivo es de fundamental importancia el estudio de las trampas principalmente las que impiden la colección de huecos. Esto se realiza generalmente con el método de corriente térmicamente estimulada que consiste en enfriar la muestra, iluminarla para producir excitación de portadores en todo el volumen de la misma y calentarla a una velocidad constante mientras se mide la corriente producida por un campo externo constante. De este modo las trampas son llenadas a bajas temperaturas, normalmente 77 K, y vacías al producirse el calentamiento produciendo un máximo en la corriente a una temperatura que depende de la energía de activación de las trampas (la energía que la separa de la correspondiente banda). Con esta técnica se han podido determinar varios niveles de trampas para electrones y para huecos, pero el problema de saber cuales son las impurezas o defectos causantes de las mismas no ha sido aún resuelto. Es más, no se conocen las energías de activación de los niveles que efectivamente son los causantes de la baja resolución de algunos detectores. Con el valor del producto $\mu \tau$ para huecos mencionado anteriormente y un valor de la movilidad de 4 cm²/V-s, τ resulta igual a $2.5 \cdot 10^{-7}$ s. ¿Qué trampas pueden limitar este bajo valor de τ para huecos? En el caso de individualizarse estas trampas, existe algún método para disminuir su densidad en los cristales usados para detectores? Estas preguntas cruciales son las mismas que se planteaban hace algunos años, a pesar de los numerosos trabajos realizados en esta materia. Por nuestra parte creemos que los centros sensibilizantes para la fotoconductividad pueden ser causantes de importante atrapamiento de huecos a temperatura ambiente(7).

Otro de los fenómenos importantes que afectan el funcionamiento de los detectores es el de polarización que se produce con el tiempo después de haber aplicado un campo eléctrico. También en este caso tienen importancia las trampas y las barreras de potencial que se forman al colocar los contactos. Estos suelen ser de grafito coloidal ("aquadag") o paladio habiéndose obtenido buenos detectores con ambos materiales.

La mayor o menor polarización depende de las características del cristal, que puede contener mayor o menor cantidad de impurezas o defectos. En particular, parecer ser que la carencia de iodo que se produciría por las sublimaciones sucesivas a que se somete el compuesto para purificarlo, podría ser causante de la gran polarización de algunos cristales. Sin embargo hemos observado que cristales crecidos con material sometido a diez sublimaciones en vacío permiten obtener buenos espectros. Después de mencionar la caracterización de los cristales por medio de la corriente térmicamente estimulada y algunos problemas importantes que son objeto de estudio, podemos agregar otras técnicas como la microscopía óptica para observar precipitados y dislocaciones, mediciones del producto μr con partículas alfa o gamma de baja energía, fotoconductividad y luminiscencia excitadas con luz visible o con rayos X, etc. (8).

4. Montaje de las sondas y espectros obtenidos

Las plaquetas obtenidas por clivaje y atacadas químicamente en una solución de ioduro de potasio como mencionamos anteriormente son cortadas en planos paralelos al eje c con ayuda de una sierra de hilo diamantado. El diámetro del hilo es de 200 micrones usando agua como refrigerante. La plaqueta, de forma octogonal y con un diámetro máximo de unos 4 mm es montada en el extremo de un tubo de acero inoxidable con ayuda de un disco que posee un agujero cónico por el cual se recibe la radiación (fig.). El contacto interior se realiza con grafito coloidal y un hilo de oro de 50 micrones de diámetro. El exterior, también con grafito, se conecta al disco que lo conecta al tubo exterior que hace de blindaje. La fijación de la plaqueta al disco se efectúa con un cemento que no reaccione con el ioduro mercurico. Hemos usado glyptal o GE 7031. Para darle más estabilidad con el tiempo y aislación eléctrica para evitar el arco con el tubo externo o el disco se protege el cristal con aislante acrílico en aerosol.

En la fig. a, b, c, se muestran espectros obtenidos con una sonda del ^{241}Am , ^{109}Cd y ^{129}I respectivamente. Debemos destacar que plaquetas clivadas del mismo cristal pero montadas en otros soportes que no necesitan el manipuleo extra de los montajes tipo sonda producen espectros de mejor calidad, análogos a los que se muestran en la fig. d, e, f. Sin duda extremando los cuidados en la etapa de montaje se podrá mejorar la resolución.

Para dar una idea de la eficiencia de detección por efecto fotoeléctrico digamos que para 1 mm de espesor es del 100% por debajo de 45 Kev, 80 % para 80 Kev y 87% para 100 Kev.

Las posibles aplicaciones de los detectores de ioduro mercurico incluyen determinaciones espectrales de rayos X característicos de varios elementos, aplicaciones de fluorescencia de rayos X por ejemplo de mineral de uranio excitado con ^{109}Cd y aplicaciones de seguridad radiológica (Protección humana).

Agradecemos a la Gerencia de Protección Radiológica y Seguridad de la C.N.E.A. por el préstamo de instrumental para la obtención de los espectros.

Referencias

- 1.- W. R. Willig y S. Roth, Proc. Int. Symp. on Cadmiun telluride (eds. A. Cornet, P. Siffert, Strassbourg, 1971)
- 2.- L. van den Berg y R.C. Whited, I.E.E.E. Trans. Nucl. Sci NS - 25, 1, (1978).
- 3.- M. Slapa, G.C. Huth y W. Seibt, I.E.E.E. Trans. Nucl. Sci NS - 23 1, (1976).
- 4.- M. Schieber, I. Beinglass, G. Dishow, A. Holzer y G. Yaron, Nucl. Instr. y Methods 150 p. 71 (1978).
- 5.- V. Gelbart, Y. Yacoby, I. Beinglass y A. Holzer, I.E.E.E. Trans on Nucl. Sci NS - 24, 1, (1977).
- 6.- J. Saura, J.L. Regolini, J. Crystal Growth 15, p. 30 (1972).
- 7.- J. Saura, N.P. Tognetti, Phys. Stat. Sol. (a) 31, K 125 (1975).
- 8.- M. Schieber, Nucl. Instr. and Methods 144, p. 469 (1977)

ESQUEMA DE UNA SONDA

423

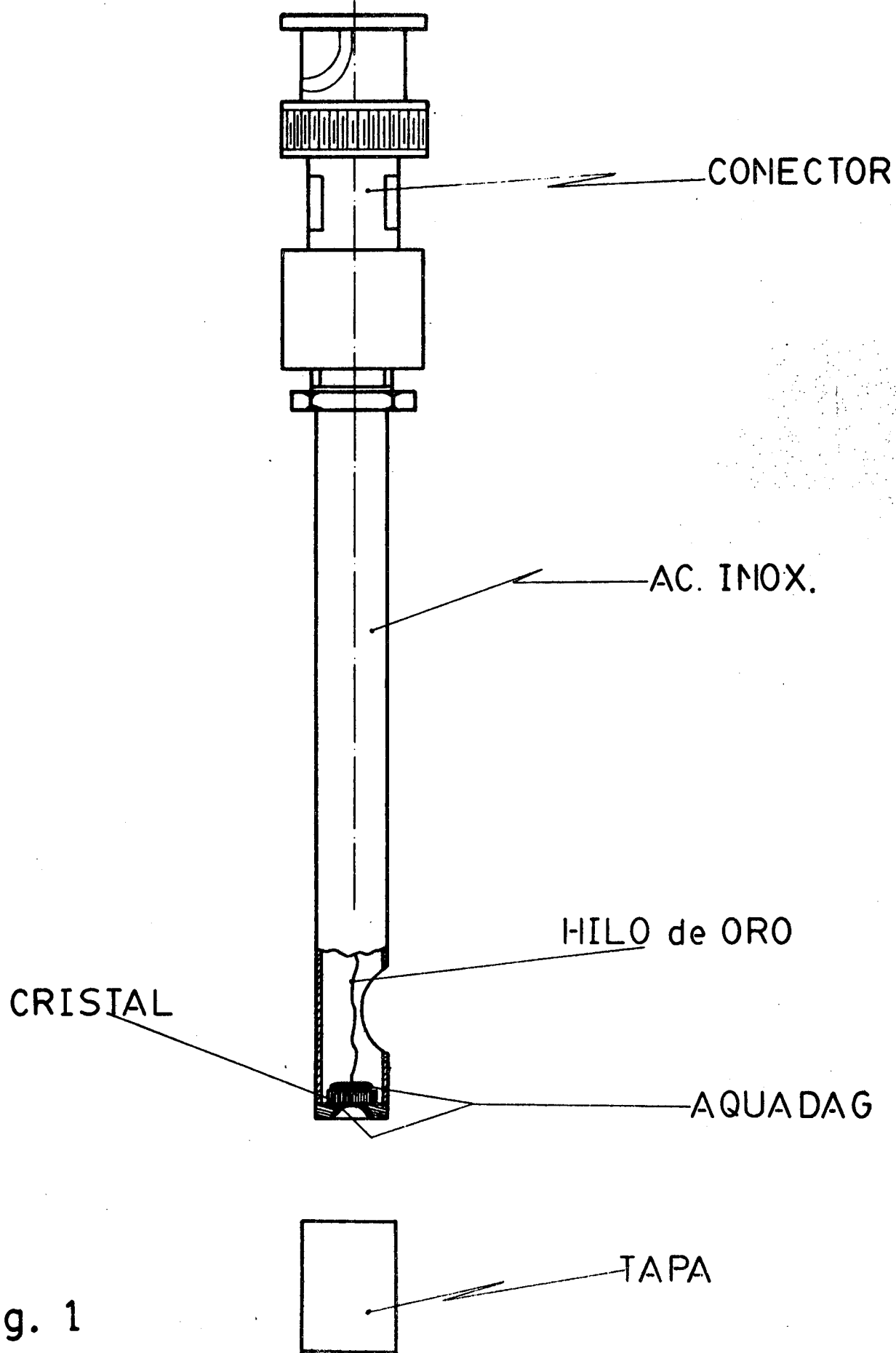
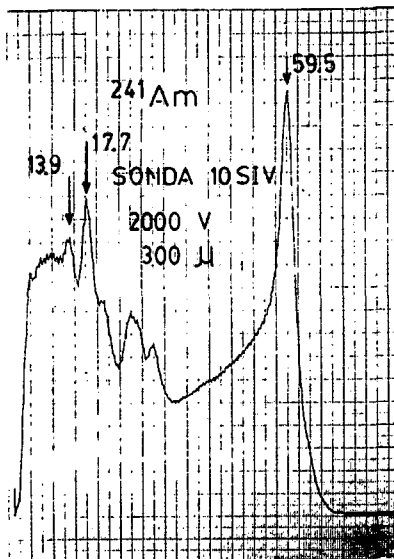
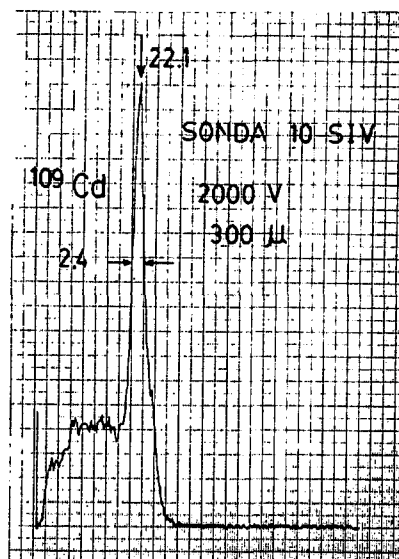


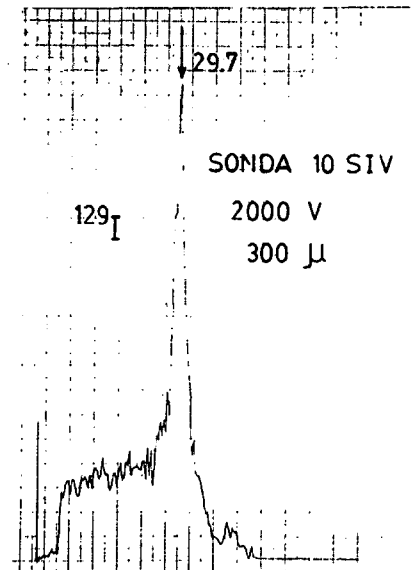
Fig. 1



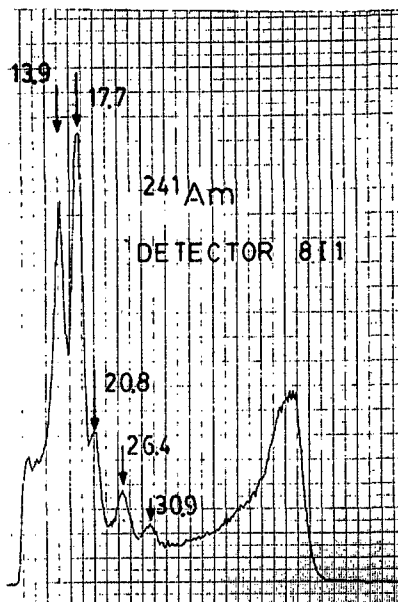
(a)



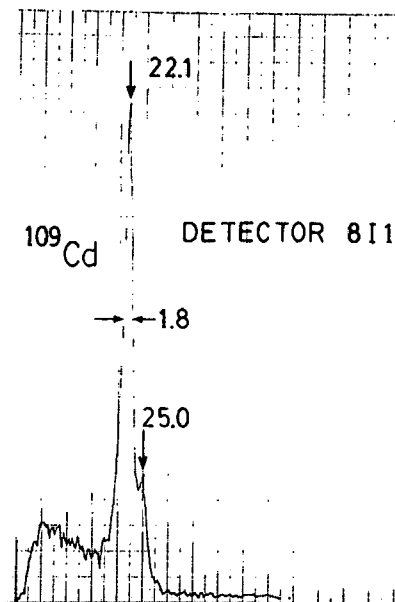
(b)



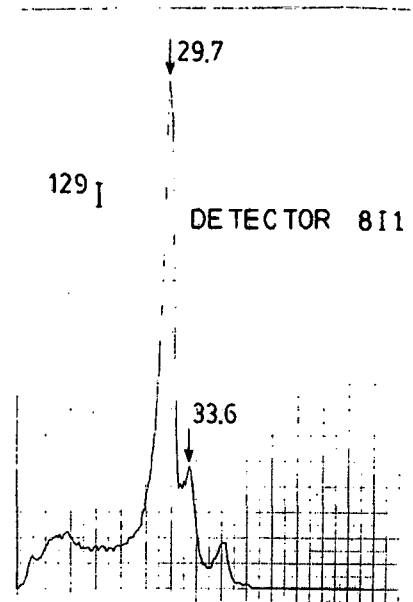
(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 2