

01.76.19

DETECCION DE RADIACION GAMMA CON MONOCRISTALES DE HgI_2

J.Saura y J.A.Albisu*

C. N. E. A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

Nº

1

AÑO

1976

Centro Atómico Bariloche
Comisión Nacional de Energía Atómica

RESUMEN

En el presente trabajo se describen diferentes métodos de purificación, crecimiento y evaluación de monocristales de HgI_2 y su relación con la posibilidad de utilizarlos como detectores de radiación gamma.

Se obtuvieron cristales sensibles a la radiación gamma con resistividades de hasta 10^{13} ohm/cm. Se midió el coeficiente de atenuación del p_{lo}mo con estos detectores concordando los resultados obtenidos con los disponibles en la literatura.

Se concluye que la fusión zonal puede utilizarse en combinación con el crecimiento y purificación en repetidas sublimaciones a efectos de reducir el número de ciclos necesarios para obtener material con grado de detección.

Introducción

Las propiedades opto-electrónicas del HgI_2 fueron principalmente investigadas por R.H.Bube⁽¹⁾ en 1957.

En nuestro país J.Saura y otros comunicaron por este mismo medio distintos trabajos en este material.

El interés en el HgI_2 ha crecido considerablemente desde entonces y fundamentalmente a partir del Simposio Internacional sobre Te Cd (Strasbourg 1971) en el que Willing y Roth⁽²⁾ señalaban sus promisorias propiedades como detector de radiación nuclear.

El gran band gap (2,13 ev) abre la posibilidad de obtener bajas corrientes de oscuridad, bajo ruido y un tiempo de relajación grande, aún a temperatura ambiente.

La baja energía de creación de pares electrón-agujero (= 4,3 ev)⁽³⁾ permite pensar en obtener espectrómetros de buena resolución y el alto Z de los componentes (80,53) sugiere la posibilidad de fabricar dispositivos de muy pequeñas dimensiones.

* Dirección actual: Grupo de Física del Estado Sólido - CITEFA - Zufriategui y Varela - Villa Martelli - Pcia. de Buenos Aires.

Desde el punto de vista de su utilización como detector y más aún como espectrómetro la figura de mérito más útil es la longitud media para drift de electrones y agujeros que debe compararse con la longitud del detector (LD) debiendo ser mucho mayor que ésta a efectos de obtener una buena colección de la carga generada⁽⁴⁾. Esta longitud, en el caso del Ge a 77°K, es de 100 metros, tanto para electrones como para agujeros frente a 2 cms de LD. La principal limitación que existe actualmente en el caso del HgI₂, es el bajo valor de esta figura de mérito que es de 1,0 y 0,1 cm para electrones y agujero respectivamente frente a 0,1 de LD.

Este factor 10 de diferencia entre las propiedades de transporte de electrones y agujeros junto a su bajo valor tiene como principal consecuencia que la altura del pulso inducido en los electrodos depende no sólo de la energía del fotón incidente sino también de la posición en que este es absorbido limitando así su resolución como espectrómetro⁽⁵⁾.

Síntesis, crecimientos y purificaciones

El HgI₂ utilizado se obtuvo mediante la reacción en fase vapor de yodo bisublimado y mercurio bidestilado, de origen nacional.

Se crecieron monocristales mediante la evaporación de una solución sobresaturada de HgI₂ en acetona a temperatura ambiente regulando la velocidad de evaporación principalmente mediante el control de la relación del diámetro a la longitud de la probeta que la contiene.

De esta manera se obtuvieron en 2 semanas cristales de aproximadamente 2 x 2 x 2 mm³.

Los cristales obtenidos por este método tienen buen aspecto exterior y es relativamente posible clivarlos por planos perpendiculares al eje "C" pero no se obtuvieron resultados positivos con ninguno de los dispositivos contruidos con estos cristales.

Se crecieron también por sublimación en vacío obteniéndose ejemplares hasta de 2 cms.

El HgI₂ es estable a temperatura ambiente en la fase roja que tiene simetría tetragonal y tiene a 127°C un cambio a una fase ortorómbica que es amarilla.

Este cambio de fase es importante porque en el ciclo ROJO-AMARILLO-ROJO, los cristales sufren un daño importante por lo que deben crecerse a temperaturas inferior a 127°C.

El crecimiento se realizó en ampollas de vidrio Pyrex selladas en un vacío mejor de 10⁻⁵ y la característica más significativa de la probeta, Fig.1, es un dedo de vidrio que además de localizar las condiciones de crecimiento permite el escape de las impurezas volátiles hacia la parte superior.

El crecimiento de pequeños cristales de color ocre en la parte superior de la probeta evidenció la utilidad de este diseño.

Este proceso de crecimiento y purificación por sublimación se repitió tres veces consecutivas con el mismo material, evaluándose los cristales en cada ciclo sin obtenerse material con grado de detección hasta la tercera sublimación.

Como procedimiento de purificación se utilizó también la fusión zonal obteniéndose el grado de detección con sólo una sublimación cuando el polvo de partida había sido sometida previamente a 20 ciclos de fusión zonal.

Caracterización y evaluaciones

El carácter monocristalino de las muestras obtenidas se controló mediante el silicio con Rayos X por el método de Laue.

Las constantes de red se midieron con un difractómetro de Rayos X obteniéndose los siguientes valores: $a = 4.357 \text{ \AA}$ y $c = 12,36 \text{ \AA}$.

Se levantaron curvas de corriente térmicamente estimuladas (T.S.T.) de muestras obtenidas por los distintos métodos mencionados, siendo de desacar la ausencia de trampas más profundas que 0,3 ev.

Un sistema de trampas con una energía de activación de aproximadamente 0,26 ev está presente en todas las muestras estudiadas independientemente del método de crecimiento.

Este valor se obtuvo mediante el ajuste por computadora de los parámetros intervinientes en la dependencia de la conductividad con la temperatura calculada por Haering y Adams⁽⁶⁾ (Método de velocidad de calentamiento) y utilizando la técnica conocida como limpieza térmica.

Los valores obtenidos con distintas curvas de la misma muestra, con distintas muestras y aún suponiendo distintas condiciones de reatrapamiento se encuentran entre 0,24 y 0,28 ev.

Todos los cristales útiles como detectores tuvieron resistividades mayores que 10^9 ohm/cm y se obtuvieron muestras de 10^{13} ohm/cm .

Los contactos obtenidos se realizaron con acuadag habiéndose probado también la evaporación de oro en vacío con resultados comparables.

Con dispositivos contruídos con cristales de tercera sublimación y de primera sublimación de material previamente purificado por fusión zonal se intentó con éxito la detección de radiación gamma del ^{60}Co y ^{137}Cs .

La electrónica utilizada es la convencional consistente en un preamplificador sensible a la carga, un amplificador lineal, discriminador y escalímetro.

Se midió el coeficiente de atenuación del plomo para la radiación gamma del ^{137}Cs con los dispositivos construidos concordando los valores obtenidos con los disponibles en la literatura.

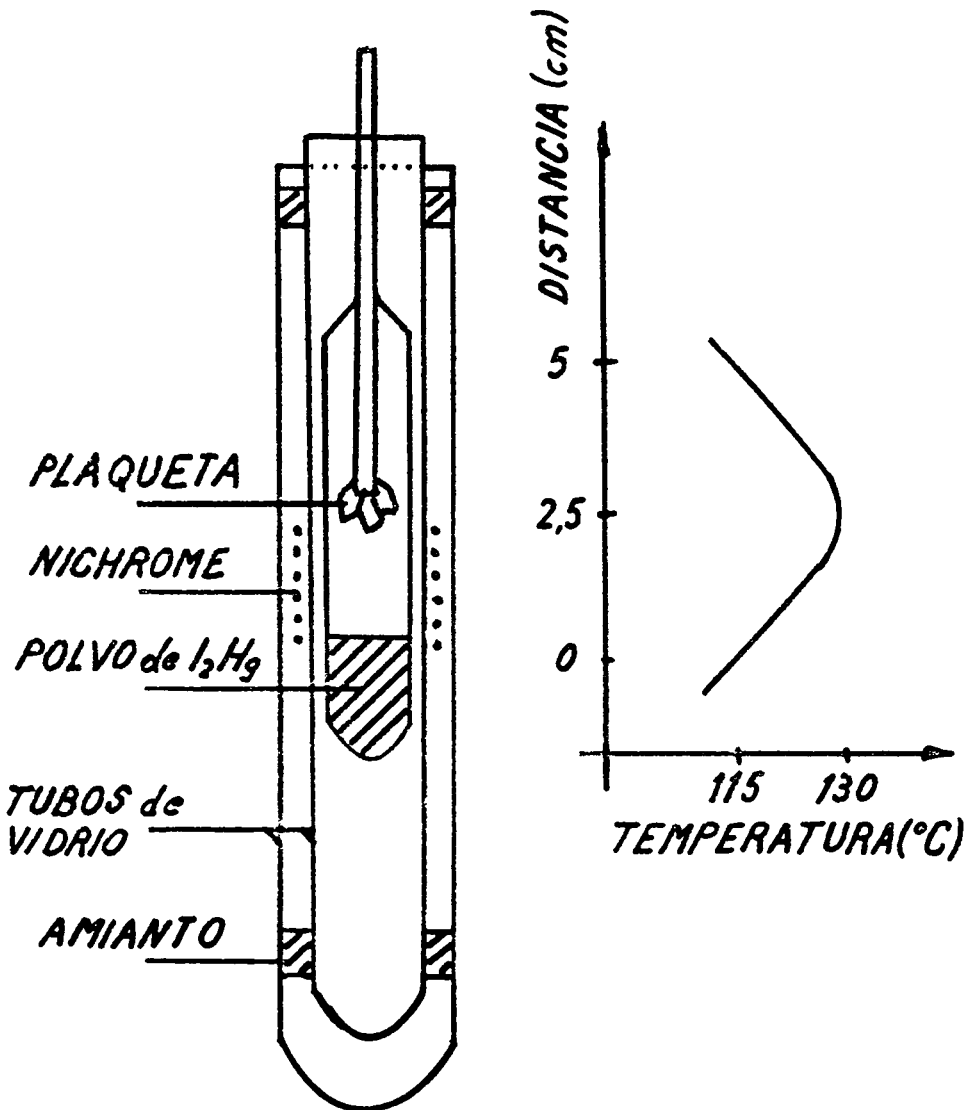
Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas del presente trabajo son las siguientes:

- 1) El crecimiento por sublimación en fase gaseosa es el único que ha dado resultados satisfactorios.
- 2) La fusión zonal puede ser utilizada con éxito para la purificación de HgI_2 y permite reducir el número de sublimaciones necesarias.
- 3) La observación visual (transparencia, ausencia de inclusiones y maclas) y la resistividad (mayor que 10^9 ohm/cm) son las evaluaciones más simples y directamente relacionadas con la utilización de estos cristales como detectores de radiación nuclear.
- 4) La comparación de estos resultados con los obtenidos en otros centros de investigación, teniendo en cuenta los materiales de partida utilizados permite pensar que es posible desarrollar en el país espectrómetros de HgI_2 y deberían centrarse los esfuerzos en la obtención de iodo y mercurio de alta pureza.

REFERENCIAS

1. R.H.Bube, Phys. Rev. 106, N° 4 (1957) 703
2. W.R.Willing and S.Roth, Proceeding of the International Symposium on Cadmium Telluride-A, Cornet, P. Siffert editors, Strasbourg (1971)
3. J.P.Ponpon, R.Stuck, P.Siffert, B.Meyer and C.Schwab. IEEE Trans. on Nucl.Sci. NS-22, february (1975)
4. R.B.Day, G.Dearnaley and J.M.Palms, IEEE Trans. on Nucl.Sci. NS-14, N° 1 487 (1967)
5. S.P.Swierkowsky and G.A.Armantrout, IEEE Trans. on Nucl.Sci. NS-22 february (1975)
6. Haering and Adams, Phys.Rev. 117 (1960) 451



Esquema de horno y ampolla para crecimiento por sublimación de HgI_2 en fase roja