

UNA TECNICA DE PREPARACION DE DETECTORES DE ESTADO SOLIDO DE PARTICULAS NUCLEARES

A. Fernández G.*

Instituto de Física, Universidad Nacional de México

(Recibido: marzo 22 de 1965)

RESUMEN

El método descrito permite obtener detectores de estado sólido capaces de detectar, midiendo su energía, partículas cargadas de bajo poder de penetración. Estos detectores se han encontrado particularmente útiles para hacer espectroscopía de partículas α de mediana energía en la que poseen un alto poder resolutivo. El procedimiento de elaboración comprende desde el cortado del monocristal de Silicio hasta el montaje del detector terminado

INTRODUCCION

La necesidad de detectar partículas nucleares y medir su energía con la mayor precisión posible, ha estimulado la investigación fundamental y tecnológica

*Trabójo auspiciado por la Comisión Nacional de Energía Nuclear.

en el campo de detectores de Estado Sólido. El presente trabajo se realizó con el propósito de investigar una técnica sencilla que permita llevar a cabo la elaboración de detectores de silicio tipo N con oxígeno difundido.¹

Desde 1951² se están construyendo detectores de Estado Sólido empleando diversas técnicas que han ido mejorando las características de poder resolutivo y eficiencia. La técnica que aquí se describe ha dado por resultado, detectores que midiendo energías del orden de 5 MeV de partículas α se obtuvieron resoluciones de 4 en mil aproximadamente. La mayor parte de las operaciones descritas han sido el resultado de investigación experimental llevada a cabo en diversas condiciones, pero de ningún modo se considera el procedimiento óptimo. Sin embargo, los resultados obtenidos son bastante consistentes y las características de los reveladores son comparables a los mejores reportados por otros laboratorios.¹

I. METODO EXPERIMENTAL

El proceso de preparación se inicia, cortando rodajas de una barra monocristalina de silicio tipo N de la resistividad requerida, esta característica es importante ya que la profundidad de la zona de carga depende de la concentración de impurezas según la relación.

$$X = \frac{\epsilon V}{2\pi q N}^{\frac{1}{2}}$$

En la que X es el ancho de la zona de carga y por tanto la región sensible a partículas ionizantes, ϵ es la constante dieléctrica, V la diferencia de potencial aplicada, q la carga del electrón y N la concentración de impurezas. A su vez la conductividad del monocristal depende de la concentración de impurezas que contenga de acuerdo con:

$$\sigma = qN\mu$$

en la que μ es la movilidad de los transportadores de energía. Por lo tanto la resistividad será función de la máxima energía y de la naturaleza de las partículas que se intentan detectar.

El monocristal se corta con sierra de diamante y en presencia de refrigerante para evitar calentamiento por fricción. Conviene cortar los cristales en un plano perpendicular a la dirección cristalográfica [111] para favorecer la difusión a lo largo de dicha dirección y paralelamente a la superficie de la pastilla. Para determinar la dirección de corte, se cortó la primera rodaja del lingote monocristalino y se hirvió en una mezcla de :

Na	OH	1	parte.
Na	N ₃	1.5	"
H ₂	O	100	"

durante 30 minutos manteniendo el nivel constante agregando agua. En esta forma se disuelve preferencialmente la superficie del cristal, mostrando pirámides invertidas de base triangular, observables al microscopio con baja amplificación. La rodaja atacada, se reemplaza en la cortadora de diamante y se verifica la orientación cristalográfica con un haz luminoso muy fino y bien colimado, cuya dirección es perpendicular a la superficie de la sierra. El haz reflejado proyecta una imagen triangular proveniente de las caras de las pirámides, que al centrarse con respecto al haz incidente, coincide con la dirección [111]. Si la cortadora de sierra de diamante tiene una mesa de movimiento universal, es sencillo realizar este alineamiento, pero como en nuestro caso solo se cuenta con un movimiento de rotación y dos longitudinales a 90°, es necesario hacer el ajuste de la dirección variando la posición del cristal dentro de las mordazas de la mesa. Para facilitar esta operación y proteger el cristal, se encontró muy útil colar el monocristal dentro de un paralelepípedo de resina, el cual presenta caras apropiadas para ser sujetas por las mordazas, además la resina absorbe el trabajo de sujeción mientras se efectúan los cortes. Las rodajas cortadas se pulen por ambas caras en una rectificadora de abrasivo fino en suspensión acuosa, utilizando el

método común de desbastado en presencia de refrigerante.

Terminado el trabajo mecánico se hierven las pastillas en ácido nítrico durante tres minutos y se lavan en agua bidestilada y deionizada para remover las impurezas superficiales. En seguida se protege una cara con cera de vacío Apiezon y se ataca con una mezcla llamada CP4 A que está hecha de:

Acido Nítrico Fumante	2 partes	
Acido Fluorídrico 40%	1 "	a 0° C
Acido Acético Glacial	1 "	

El ataque se realizó en tres baños sucesivos de 10, 7 y 5 minutos respectivamente, al final de lo cual se lavaron varias veces en agua bidestilada y deionizada hasta que el Ph del último baño, permaneció neutro. Naturalmente los contenedores del CP4 A y el instrumental usado, no puede ser vidrio o metal por los ingredientes usados; se han empleado vasos de polietileno y pinzas de teflon, con buenos resultados.

Terminado el pulido, se lavan las pastillas en tricloruro de etileno para remover la protección de cera; ya limpias, se enmascaran con mica dejando libre la región no atacada y se deposita una capa gruesa de oro (A, fig. 1). El depósito se realiza por evaporación en vacío. Un bombardeo iónico intenso en esta región inmediatamente antes del dorado, contribuye a lograr un buen contacto ohmico.

Se sabe³ que una región en la que la red cristalina presenta mayor cantidad de niveles de potencial es más propicia para establecer el contacto ohmico de base. En este caso se partió de una superficie recién rectificada, la cual por el trabajo mecánico que se le aplica, posee una fuerte sub-estructura de grano y otras imperfecciones en la región próxima a dicha superficie. Para aumentar el número de irregularidades finas se introdujo al evaporador, argón a una presión de 50mm de Hg y desde un electrodo B en forma de aro, se estableció una diferencia de potencial de 3 KV manteniendo el aro negativo. El campo aplicado produjo

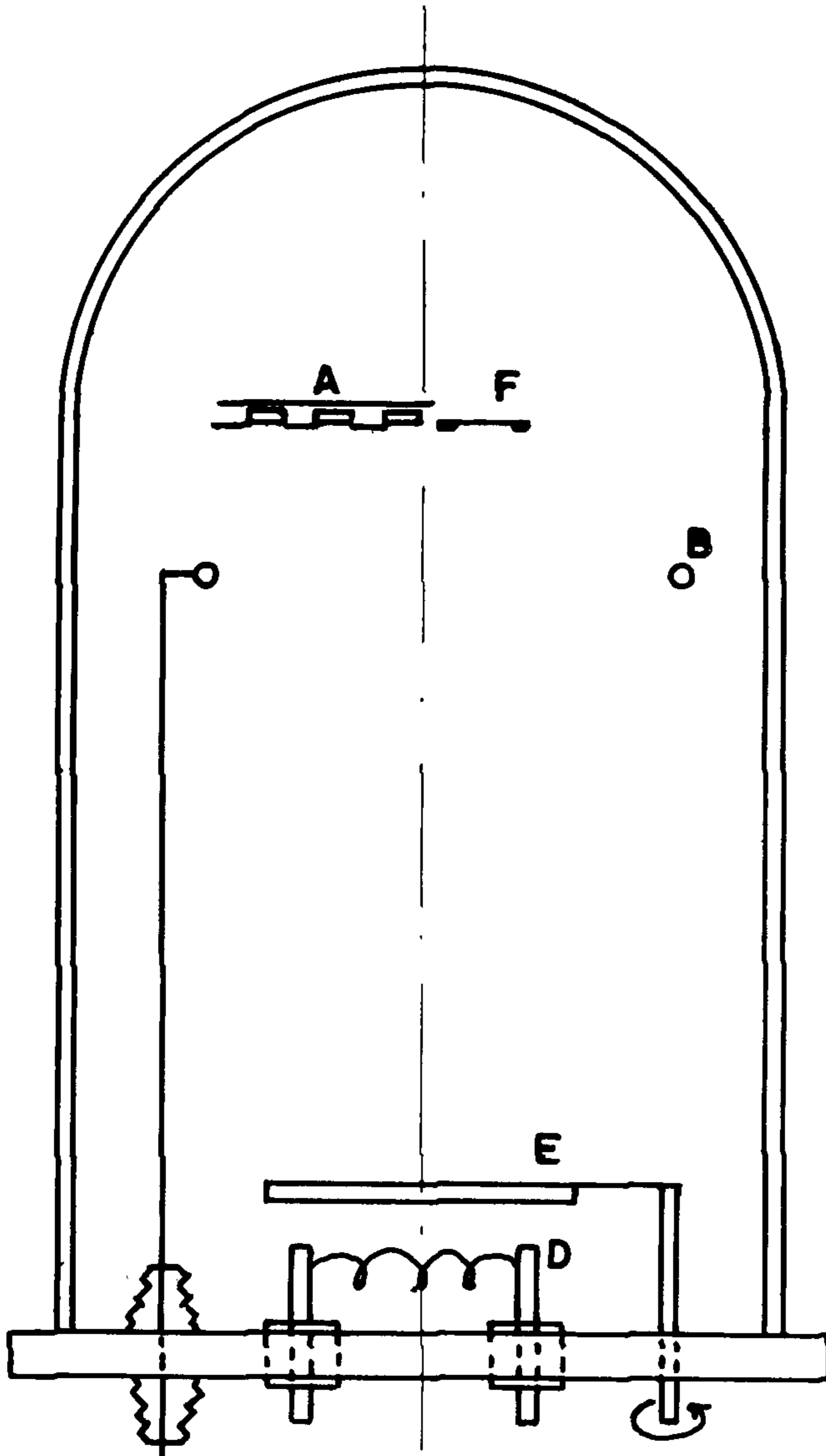


Fig. 1.- Disposición en corte de los elementos dentro del evaporador siendo D, el filamento de Molibdeno, E, la placa protectora movible, B, el anillo de alto voltaje, A, los reveladores protegidos con la máscara de mica y F, la resistencia para controlar el espesor de la capa evaporada.

ionización en el argón, el cual golpea la superficie expuesta del detector y aumenta las desviaciones en la regularidad de la red cristalina.

Sobre la región dada se pega con cemento de plata⁴ el contacto de base con una terminal de cobre (Fig. 3).

Con objeto de tener lo más limpio que sea posible la zona sensible del detector, es conveniente volver a pulirla químicamente antes de terminarla. Para ésto se protegió el contacto de base con un tubo de plástico⁵ resistente al ataque de CP4 A. Haciendo vacío por dicho tubo se logra un buen contacto entre el extremo de éste y la cara de base del detector de manera que el CP4 A no moja el cemento de plata ni la terminal de cobre, así se le dieron 3 baños de 5, 3 y 2 minutos respectivamente, la técnica empleada fué idéntica a la del primer pulido (Fig. 2).

Inmediatamente después se enmascara con mica la cara limpia dejando libre un círculo central de las dimensiones que se desee la región sensible y una pequeña región lateral donde se hará el contacto.

Se procedió a evaporar una delgada capa de oro para establecer el campo eléctrico. Para realizar esta evaporación se toman precauciones especiales con objeto de asegurar máxima homogeneidad y pureza de la capa depositada.

Se utilizó oro espectral en alambre, para evaporar desde un filamento de Molibdeno previamente pulido y lavado (D, Fig. 1). Sobre el filamento se colocó una placa movable E que se mantiene en esa posición hasta que el oro funde, con objeto de atrapar cualquier impureza con punto de evaporación menor de 1200° C aproximadamente. Ya líquido el oro se retiró la placa para evaporar sobre el revelador y sobre una hoja delgada de mica (F) colocada a un lado de ésta y a la misma distancia del filamento. Dicha hoja de mica tiene por objeto controlar la cantidad de oro evaporado midiendo continuamente la resistencia entre dos electrodos pintados con suspensión de plata. Haciendo una calibración previa de resistencia contra espesor medido con un microscopio de interferencia y calculado por los métodos de evaporación total de material de masa conocida y por el de resistividad, se puede conocer el espesor de oro evaporado. Dicho espesor es un compromiso entre una capa suficientemente gruesa para proveer una superficie equipotencial, aún con variaciones rápidas de la carga presente en la capacitancia.

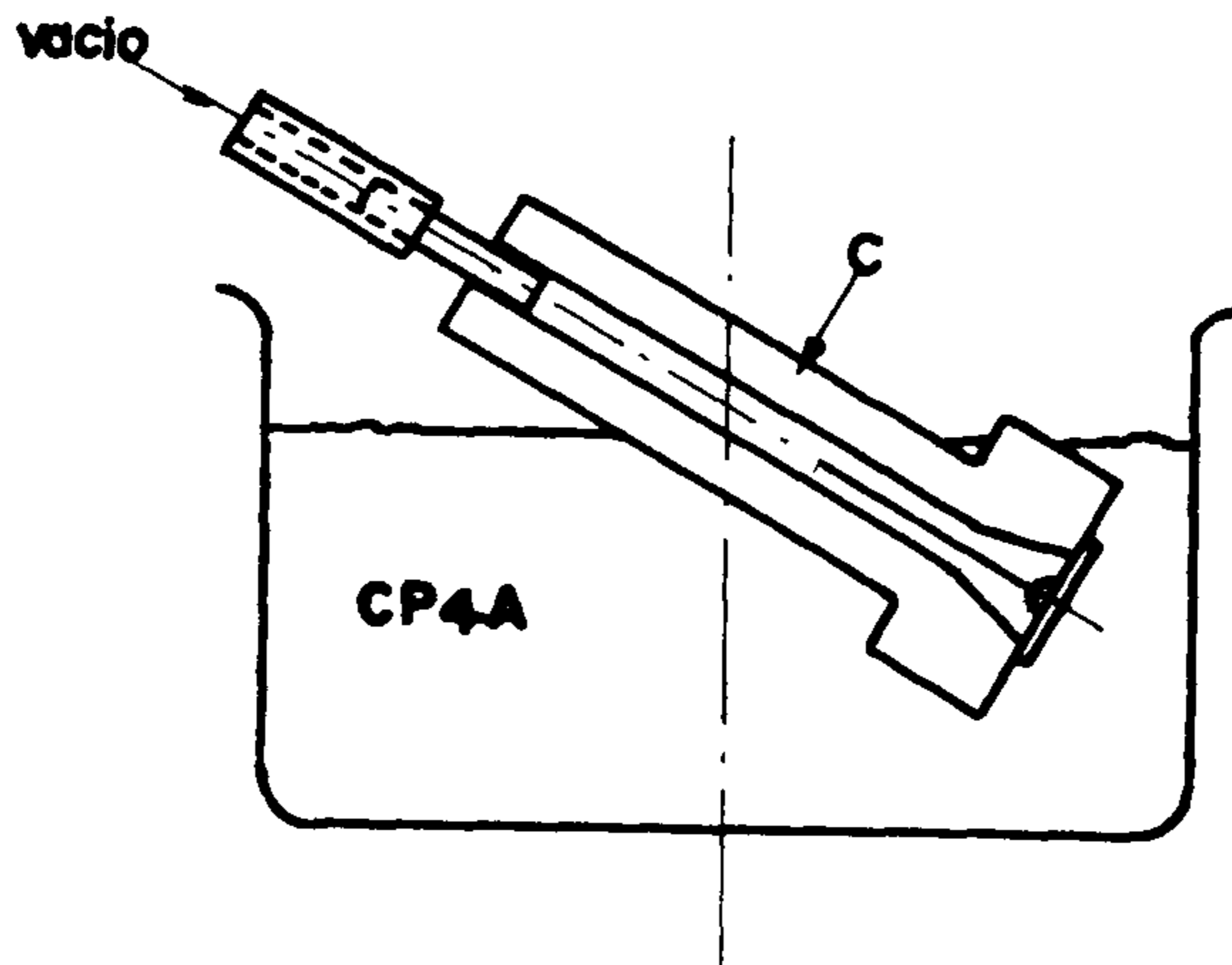


Fig. 2.- Dispositivo para dar el pulido químico final a la cara sensible de los reveladores. El soporte C, tiene el ajuste apropiado en uno de sus extremos para mantener el vacío en contacto con el revelador, además, debe resistir la acción de los ácidos empleados.

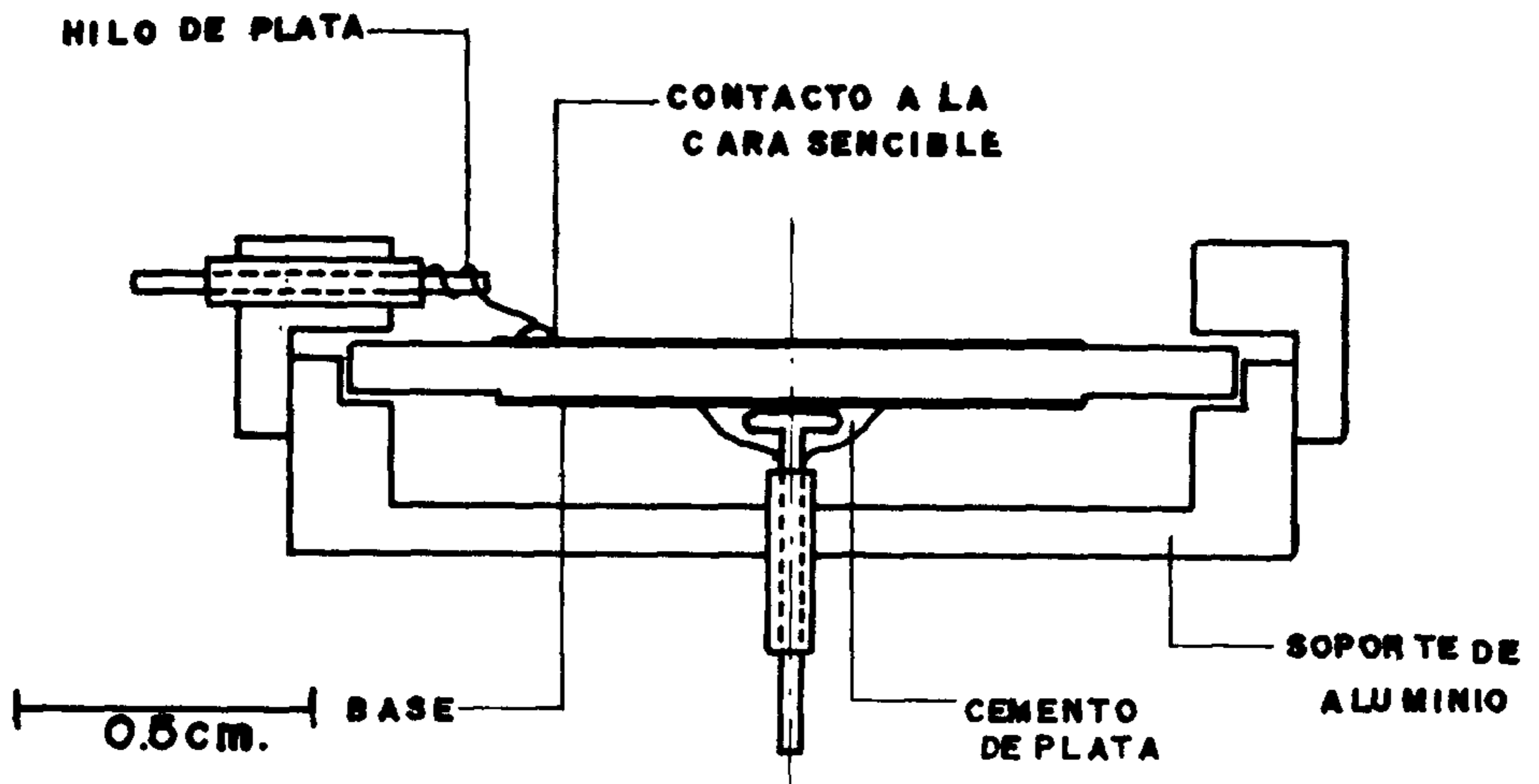


Fig. 3.- Corte del ensamble final de un revelador.

cia que forma el detector y lo bastante delgada para que las partículas incidentes pierdan el mínimo de energía en ella. Naturalmente dicha energía perdida en el oro no es medida por el sistema.

Para hacer el contacto eléctrico de este electrodos se enmascaró nuevamente la superficie sensible con una hoja de mica muy tersa y limpia, con un pequeño orificio colocado tangencialmente a la región cubierta por oro, sobre este orificio de aproximadamente 2 mm de diámetro se depositó una capa gruesa de oro siguiendo la técnica descrita en la evaporación de la cara sensible.

El contacto al exterior se hizo con un alambre delgado de plata (equivalente al 30 B & S), dicho alambre se pegó con cemento de plata a la región gruesa de oro de la cara sensible. El dispositivo se montó en una caja de aluminio con atravesadores aislados para bajos voltajes y corriente; muy alta resistencia y mínima capacidad entre ellos y con respecto a la caja, para establecer los contactos con el circuito exterior, (Fig. 3)

Se están estudiando las características de respuesta de los detectores así elaborados, sometiéndolas a la acción de partículas α y protones. En este caso particular se utilizó silicio tipo N de $1000 \Omega \text{ cm}$, de 12 mm de diámetro y 0.7 mm de espesor.⁶

Este trabajo se inició en el Instituto de Física "A. Righi" de la Universidad de Bologna, Italia.

REFERENCIAS

1. **Semiconductor Particle Detectors (Capítulos, 5 y 6)**
J.M. Taylor, Butterworths 1963.
2. **K.G. McKay, Phys. Rev. 84, 829 (1951).**
3. **Transistor Technology, (Capítulo 14).**
H.E. Bridgers, J.H. Scaff, J.N. Shive, Van Nostrand Co. 1958.
4. **Silver Preparation. Electronic Grade 4817, DuPont.**
5. **Silicon Resin. General Electric R T V 11.**
6. **Hyper Pure Silicon. Single Crystals. Dow Corning.**

Esta página está intencionalmente en blanco