

EFFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD SUPERFICIAL EN LA RESOLUCION Y EFICIENCIA DE DETECTORES COAXIALES DE GERMANIO-LITIO

*

Guillermo Martí, Eduardo Caselli* y Alfredo Distéfano*
Lab. Detectores Semiconductores, Dpto. de Física, CNEA

R E S U M E N

Con un colimador de radiación gamma de 1 mm de diámetro que puede ser desplazado en un plano paralelo a las superficies de detectores coaxiales de Germanio-Litio y empleando fuentes de ^{241}Am ($E_\gamma = 60 \text{ keV}$), ^{57}Co ($E_\gamma = 120 \text{ keV}$) y ^{137}Cs ($E_\gamma = 662 \text{ keV}$) se determinó el tipo de conductividad superficial y su influencia en la resolución y eficiencia de algunos detectores fabricados en este laboratorio y de uno comercial.

En los detectores con conductividad superficial fuertemente p ó n se observaron zonas en las que los portadores no son bien recolectados.

La radiación absorbida en las mencionadas zonas producen pulsos de menor altura que contribuyen al fondo del espectro, lo que disminuye la eficiencia especialmente para energías menores que 600 keV.

I. INTRODUCCION

Uno de los factores que limita la resolución y eficiencia de los detectores semiconductores es la conductividad superficial (σ_s^{1-2}). Cuando σ_s difiere de la conductividad del volumen (aproximadamente intrínseca) no es posible aplicar una tensión de operación al cristal, tal que el campo eléctrico en cualquier parte de la zona sensible sea mayor que 1000 V/cm, un requisito para minimizar el ruido originado en la recolección de portadores. Para tensiones mayores que una cierta tensión V_R , denominada tensión de ruptura, la corriente es muy ruidosa, superando su contribución al ensanchamiento de los picos la disminución ocasionada por una mejora en la colección de huecos y electrones. Otra consecuencia indeseada de la discrepancia entre las conductividades de la superficie y del volumen es la disminución de la eficiencia, especialmente para energías menores que 600 keV³).

El acondicionamiento de la superficie mediante ataques químicos u otros procedimientos con el fin de que la conductividad superficial σ_s sea aproximadamente intrínseca ($\sigma_s = 0,022 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ a 20°C) es por lo tanto uno de los aspectos más importantes en la fabricación de detectores de Germanio-Litio. Hasta el presente no es posible indicar que procedimiento es el más adecuado. El más común es el ataque químico. De acuerdo a los resultados publicados solo es posible afirmar que el mejor ataque químico para detectores fabricados con "cristales buenos" es el efectuado con $\text{NO}_3\text{H} : \text{FH}$ (3:1) seguido de un lavado en agua deionizada y breves inmersiones en agua oxigenada y metanol. La expresión "cristales buenos" empleada en las publicaciones es un indicio del desconocimiento de las características que debe poseer un cristal (número y tipo de defectos cristalinos, impurezas presentes, etc) para que sea factible, mediante el ataque químico mencionado o algún otro, lograr que la conductividad superficial no afecte sensiblemente la resolución y la eficiencia. Otro problema serio lo constituye la no reproducibilidad de los resultados: un ataque que puede ser apropiado con un cristal no lo es con otro. Baste mencionar para subrayar lo expresado que también en ocasiones se obtienen resultados dispares

*) Facultad de Cs. Exactas y Naturales (U.B.A.)

con detectores contruidos con diversos trozos de una misma barra monocristalina⁴).

Es por lo tanto necesario, especialmente en el caso de no contar con cristales de buena calidad, investigar que tipo de conductividad superficial se obtiene luego de un ataque determinado y como el mismo afecta la resolución y eficiencia del detector. A partir de los resultados se puede entonces modificar los ataques adecuadamente para obtener una conductividad intrínseca, o de no ser posible, aquella que empeore en menor grado la resolución y eficiencia.

En este trabajo se presentan los resultados conseguidos con dos tipos de ataques empleados con detectores contruidos en este laboratorio, junto con los correspondientes a dos detectores comerciales.

II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El método experimental empleado para la determinación del tipo de conductividad superficial consiste en la obtención de los diferentes espectros del ^{241}Am ($E_\gamma = 59,6 \text{ keV}$), que resultan de irradiar el detector coaxial en distintas posiciones entre las regiones p y n con radiación colimada ($\emptyset = 1 \text{ mm}$) paralela al eje de simetría del cristal.

Supongamos tener un detector con una superficie tipo n (canal n). Cuando se aplica la tensión de operación, las dimensiones del canal se reducen por efecto de campo, como se ve en la Fig. 1. Con AA', BB' y CC' se indican tres direcciones diferentes de irradiación. En la Fig. 2 están representados los correspondientes espectros. Irradiando cerca del contacto n (dirección AA') se obtiene un único pico, como es de esperar para el espectro γ del ^{241}Am . Cuando el detector se irradia en una zona más alejada (por ejemplo la dirección BB') se observa la presencia de dos picos: uno en la posición del pico que se observa al irradiar según la dirección AA', sólo que su área es menor, y otro ubicado en canales inferiores. Al primer pico lo llamaremos pico principal y al otro, pico secundario. Si el detector se irradia en una zona más próxima a la región p, como la CC', se observa que el pico secundario se corre a canales inferiores y se ensancha tanto que aparenta ser un fondo, mientras que el área del pico principal disminuye. Si se compara en cada uno de los tres casos el número total de cuentas para el rango de energías entre 0 y 60 keV se comprueba que difieren en un porcentaje muy pequeño, lo que indica que el pico secundario es debido a cargas producidas por absorción fotoeléctrica de la radiación de 59,6 keV que son mal recolectadas. Malm y Dinger³) investigaron la causa de la mala recolección y encontraron que era debida al fuerte atrapamiento de los portadores mayoritarios en un canal. Si consideramos la irradiación según BB', la radiación absorbida en el punto más próximo a la superficie indicado en la Fig. 1 contribuye al pico secundario, mientras que la radiación absorbida en el punto más lejano, al pico principal. Por lo tanto, cuando el detector es irradiado con radiación no colimada, los picos secundarios originados cerca del contacto n producen un ensanchamiento del fotopico, mientras que los originados en zonas más alejadas, contribuyen al fondo del espectro, lo que disminuye la eficiencia. Resultados análogos se obtienen si el detector tiene un canal p.

Para constatar que los resultados obtenidos son debidos a un canal superficial se irradia el detector con ^{57}Co ($E = 122 \text{ y } 136 \text{ keV}$) y ^{137}Cs ($E = 661 \text{ keV}$). Como para energías mayores el coeficiente de absorción disminuye, el porcentaje de radiación absorbida en la superficie es menor, siendo el efecto de la conductividad superficial sobre los espectros tanto menor cuanto mayor es la ener-

gía de la radiación gamma.

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los detectores contruidos en este laboratorio se identifican con las siglas 5B, 11A y 11D. Los dos últimos se fabricaron de la misma barra monocristalina adquirida, al igual que la empleada para el detector 5B, a la firma Hoboken de Bélgica. Los detectores comerciales son de la firma Ortec, uno identificado por la fábrica con los números 8201-0523 y el otro por la sigla y el número VIP-1021.

El detector 5B fué atacado con $\text{NO}_3\text{H:FH}$ (3:1) durante cinco minutos, siendo luego inmerso en metanol (1 minuto), H_2O_2 (20 segundos) y nuevamente en metanol (1 minuto). Con el detector 11A se utilizó el mismo procedimiento, siendo los tiempos: 4 minutos, 1 minuto, 25 segundos y 1 minuto, respectivamente. Con el detector 11D se utilizó un ataque modificado, consistiendo la diferencia en el agregado a la mezcla de $\text{NO}_3\text{H:FH}$ (3:1) de nítrico fumante en una proporción del 6 % en volumen. Los tiempos fueron: 3 minutos, 1 minuto, 30 segundos y 1 minuto. La superficie del detector Ortec 8201-0523 fué acondicionada en varias oportunidades mediante un "warm-up", que consiste en hacer circular por el detector una corriente inversa de aproximadamente 40 mA durante 1 hora.

En la Fig. 3 está graficado el número de cuentas del pico principal en función de la posición entre las regiones p y n para cuatro detectores.

Para los detectores 5B y 11D el número de cuentas disminuye según la zona irradiada se halle más alejada del contacto p, lo que indica la presencia de un canal p.

En el caso del detector Ortec VIP-1021 no se observa una variación significativa del número de cuentas con la posición, siendo por lo tanto la conductividad casi intrínseca.

La curva correspondiente al detector Ortec 8201-0523 muestra una buena colección de portadores en la cercanía de ambos contactos. Para determinar el tipo de conductividad basta observar en que región aparece el pico secundario. De la Fig. 4, en la que se muestran espectros en función de la posición, se infiere que el canal es n.

En los trabajos publicados hasta la fecha no aparecen resultados como el obtenido con el detector Ortec 8201-0523. Una buena recolección de los portadores cerca del contacto p es sólo posible si el campo eléctrico aleja a los electrones de la superficie. Para que ésto sea así, debe ser el diámetro de la zona p en el interior del cristal menor que sobre la superficie. Para comprobar lo afirmado fué irradiado el detector en $\lambda = 0$ y $\lambda = 0,2$ con ^{137}Cs , obteniéndose en ambos casos aproximadamente el mismo número de cuentas, lo que confirma nuestra hipótesis.

El detector 11A muestra resultados similares a los del detector Ortec 8201-0523, siendo por lo tanto del tipo n la conductividad superficial.

Comparando los resultados de los ataques efectuados a los detectores contruidos con la barra 11, se observa que, en el caso en el que se empleó nítrico fumante, el canal obtenido fué p (11D), mientras que en el otro caso fué n (11A). Como el efecto de agregar nítrico fumante es acelerar la velocidad del ataque solamente, se concluye que con los cristales de la barra 11 hubiese sido conveniente prolongar el tiempo de inmersión en $\text{NO}_3\text{H:FH}$ (3:1) o disminuirlo al emplear $\text{NO}_3\text{H:FH}$ (3:1) con nítrico fumante al 6 %.

Los detectores 11A y 5B fueron tratados con el mismo ataque, teniendo el

primero un canal n, mientras que el segundo, que estuvo inmerso 1 minuto más en la mezcla, un canal p.

Los resultados indicarían que el control del tiempo de inmersión del cristal en la mezcla de nítrico y fluorhídrico es un factor decisivo en la obtención de una superficie intrínseca. Algunos de los próximos trabajos de este laboratorio estarán orientados a verificar la validez de estos resultados preliminares.

BIBLIOGRAFIA

- ¹) E.Baldinger y E.Haller; Helv.Phys. Acta 43 (1970) 833.
- ²) R.Dinger; Helv.Phys. Acta 47 (1974) 220.
- ³) H.L.Malm y R.J.Dinger; IEEE Trans.on Nucl.Sci., Vol. NS-23 (1976) 76.
- ⁴) G.A.Armantrout; UCRL-12245, SM-61/33 (1965).

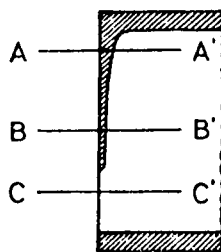


Fig. 1: Detector con canal n

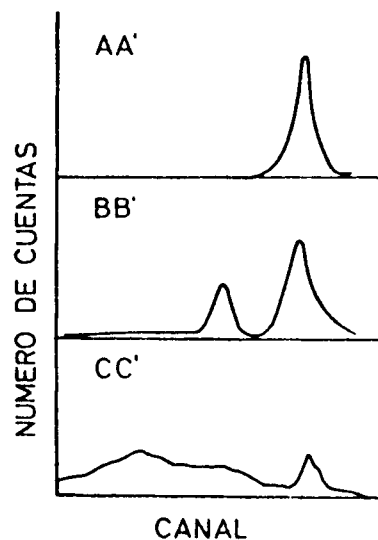


Fig. 2: Espectros obtenidos con radiación colimada en las direcciones AA', BB', y CC'.

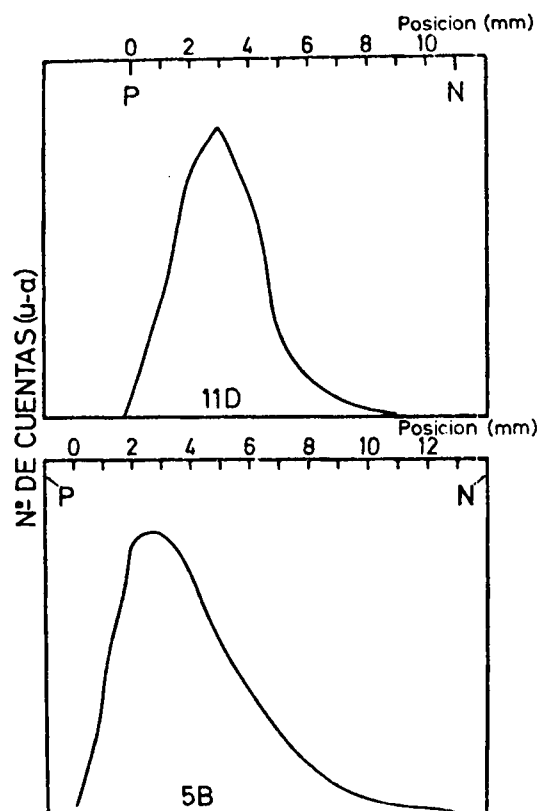
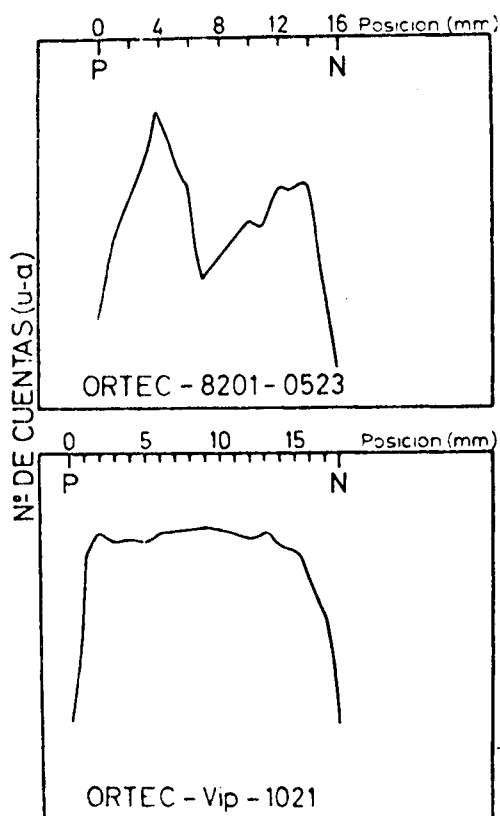


Fig. 3: Número de cuentas en función de la posición para la línea de 57,6 keV del ^{241}Am . La posición está indicada en mm a partir del contacto p.

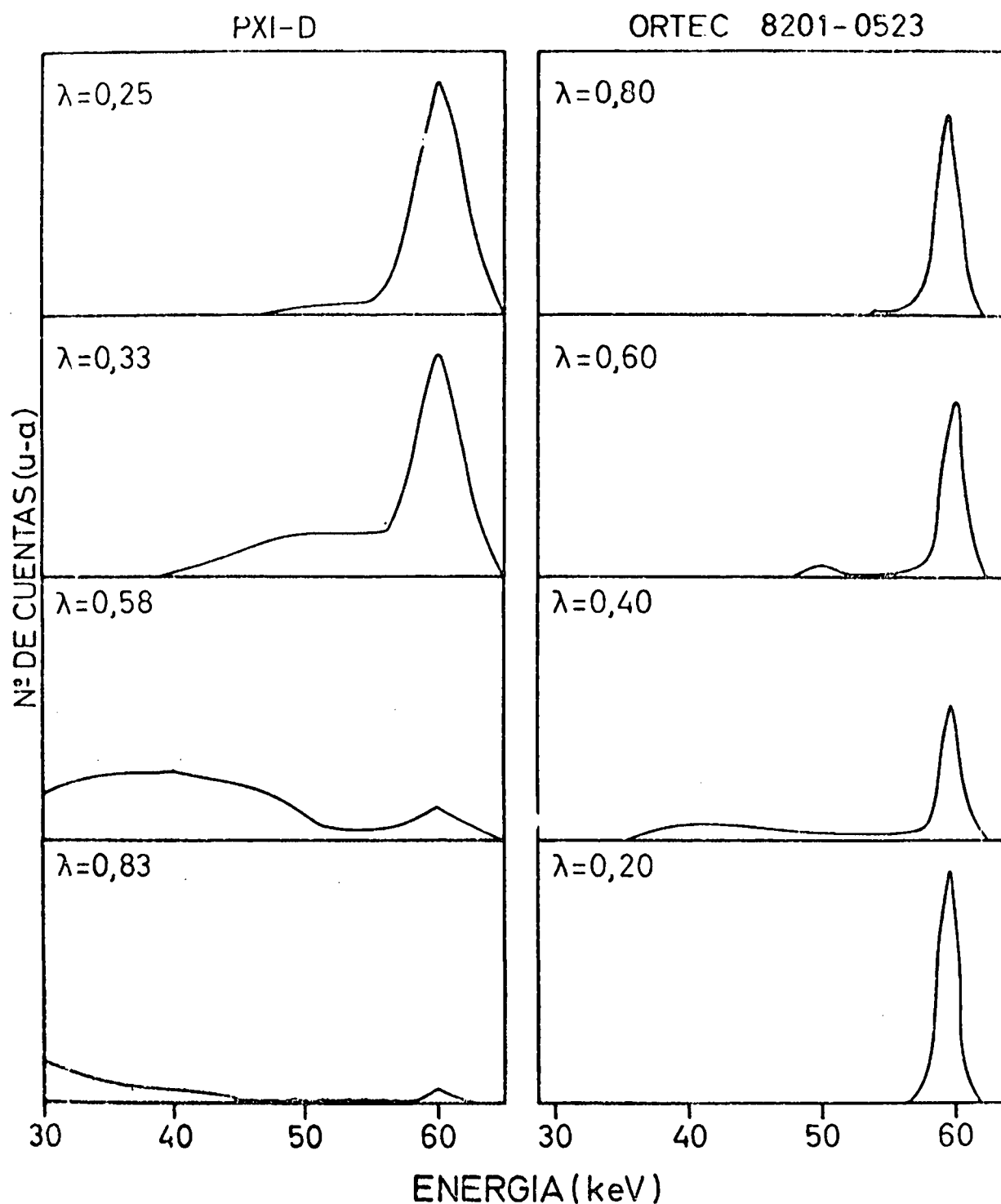


Fig. 4: Espectros del ^{241}Am obtenidos con los detectores 11D y Ortec 8201-0523 con radiación colimada paralela al eje de los cristales para diferentes posiciones de irradiación. La posición de irradiación λ es igual a la distancia al contacto p dividido la distancia entre las zonas P y N.