

## PROPIEDADES DE LAS HETEROJUNTURAS DE ZnSe/ZnTe CONSTRUIDAS POR EL METODO DE EVAPORACION DE VARIAS FUENTES DE ZnTe: Sb SOBRE MONOCRISTALES DE ZnSe.

N. Romeo Instituto de Física CNR, GNSM Parma  
D. Sorel Facultad Física Matemática Universidad de La Habana

### ABSTRACT

The heterojunctions of ZnSe/ZnTe have been principally prepared by two methods:

- a) Liquid phase epitaxy.
- b) Evaporation of ZnSe thin film on ZnTe single crystal. In this paper we describe a new method of preparation of this heterojunction in which Sb doped ZnTe is deposited by a multi-source apparatus on ZnSe single crystal.

We report the electrical and optical behaviour of this heterojunction.

### RESUMEN

Las heterojunturas de ZnSe/ZnTe han sido preparadas fundamentalmente por dos métodos:

- a) Epitaxial por fase líquida
- b) Evaporación de una capa delgada de ZnSe, sobre monocristal de ZnTe.

En el presente trabajo se prepara esta heterojuntura evaporando una capa de ZnTe: Sb sobre monocristal de ZnSe por el método de varias fuentes.

Se reportan las propiedades ópticas y eléctricas de estas heterojunturas.

### INTRODUCCION

El ZnSe y ZnTe son semiconductores con "gap" directo de 2.6 y 2.2 eV respectivamente lo que hace estos materiales muy interesantes para la construcción de dispositivos emisores de luz.

Desafortunadamente el ZnSe sólo se puede construir tipo n mientras que el ZnTe sólo tipo p, por lo que resulta imposible hacer heterojunturas con tales materiales. Por esta razón se han realizado varios intentos [1 - 5] de construir heterojunturas de ZnSe/ZnTe con el fin de obtener dispositivos eficientes en la emisión de la luz.

## ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y RESULTADOS.

Principalmente se han usado dos métodos:

Epitaxial por fase líquida [1 al 4] y evaporación de una capa delgada de ZnSe sobre un monocristal de ZnTe [5]. En este trabajo se describe un nuevo método de preparar esta heterojuntura el cual consiste en evaporar por el método de varias fuentes ZnTe: Sb sobre monocristales de ZnSe. El sustrato de ZnSe fue obtenido por el método de Bridgman a altas presiones. Luego se cortó paralelo al plano cristalográfico (111).

Después los cristales se purificaron en Zinc fundido por el método de Aven y Woodbury [6].

Antes de pasar los cristales a la cámara de vacío se realizó un pulido mecánico y luego un ataque químico en una solución caliente al 50% de NaOH.

La resistividad y movilidad de estos cristales es de  $10^{-1} \Omega \text{ cm}$  y  $5 \times 10^2 \text{ cm}^2 \text{ v}^{-1} \text{ s}^{-1}$  respectivamente.

Los contactos óhmicos sobre el ZnSe se hicieron por aleación de una gota de Indio en atmósfera de  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2$ .

La capa delgada de ZnTe se creó por el método de evaporación desde varias fuentes en el que ZnTe y Sb (como impureza) se evaporaron desde fuentes separadas [7]. La relación de evaporación de las fuentes se midió con un monitor de cuarzo y la temperatura con termopares de Pt/PtRh conectados a controles de temperaturas.

El sustrato se mantuvo a una temperatura de  $250^\circ\text{C}$ . La relación de evaporación entre el Zn y Te fue de 2 y el nivel de impurezas se mantuvo a un 2% con respecto al flujo total de Zn + Te. De esta forma se obtuvieron capas de tipo p con una resistividad entre  $10^{-1}$  y  $10^{-2} \Omega \text{ cm}$ . Los contactos óhmicos sobre el ZnTe se realizaron por evaporación de oro en alto vacío.

Los espectros de absorción de tales capas indican que el ZnTe crecido tiene una energía de banda prohibida de 2.2 eV muy cerca del valor obtenido por monocristales.

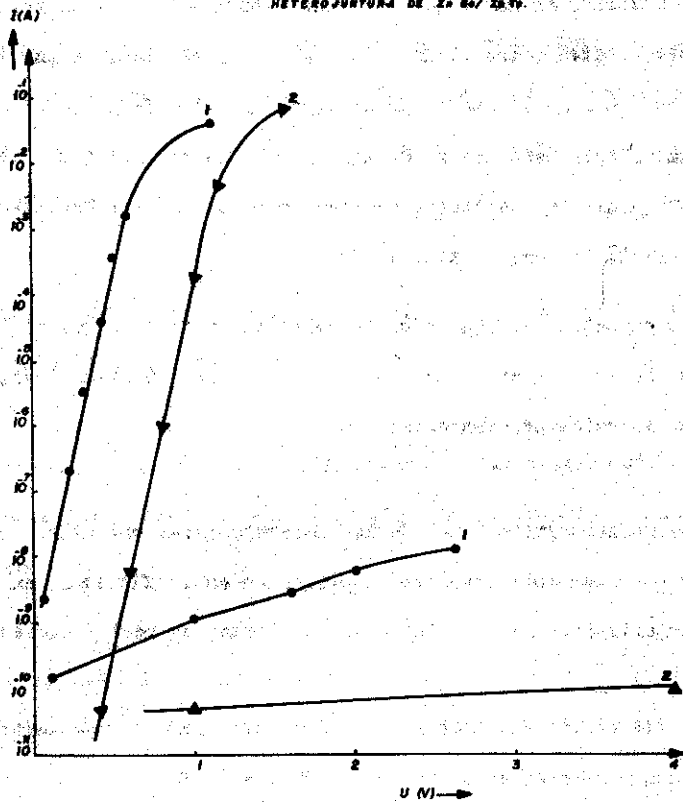
Las características I-V de las heterojunturas obtenidas por el método anteriormente descrito se presentan en la figura 1, en dichas características se puede apreciar un factor de rectificación de  $10^4$ .

Varias características I-V se han realizado teniendo la temperatura como parámetro en el rango de 300 K a 77 K.

De las curvas obtenidas, se observa que:

- a) La pendiente de la curva I vs V se mantiene constante, independiente de la temperatura.

FIG. 1. CARACTERÍSTICA I-U A TEMP. AMBIENTE (0.1)  
Y A TEMP. DE NITRÓGENO LÍQ. (0.2) DE LA  
HETEROJUNTURA DE Zn 80/Zn 79.



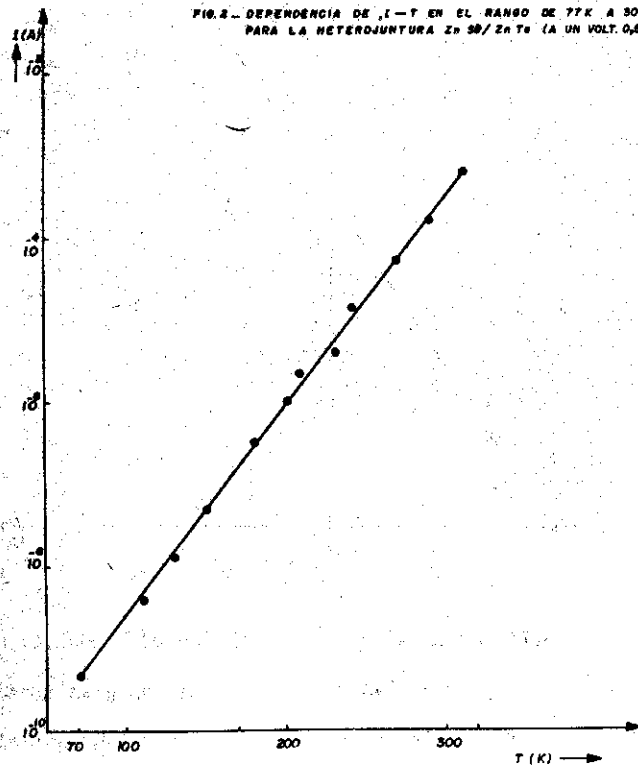
De la figura 2 se puede apreciar que la dependencia de la corriente con la temperatura es exponencial.

Todo esto sugiere que la corriente puede ser expresada de la forma siguiente: (8).

$$I = I_{00} \exp \left( \frac{T}{T_0} \right) \exp \left( \frac{V}{V_0} \right)$$

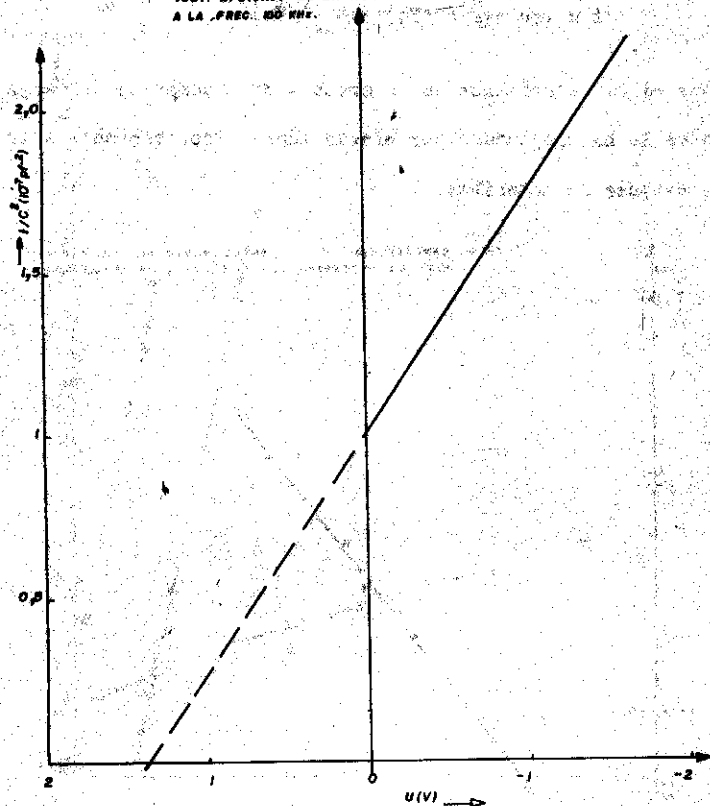
Lo que es característico de un proceso de transporte de carga a través de la heterojuntura por efecto túnel. Probablemente a través de los estados de interfase.

FIG. 2. DEPENDENCIA DE I-T EN EL RANGO DE 77K A 300 K PARA LA HETEROJUNTURA Zn 80/Zn 79 (A UN VOLT. 0.5V.)



El gráfico de  $1/C^2$  en función del voltaje inverse se presentaron en la figura 3 dando un voltaje de difusión de 1,4 volt valer éste muy próximo al reportado en [3] para una heterojuntura abrupta creada por el método epitaxial de fase líquida.

FIG. 3. GRÁFICO DE  $1/C^2$  DONDE C ES LA CAPAC. EN FUNCIÓN DEL VOLT. APLICADO EN LA HETEROJUNTURA DE ZnSe/ZnTe A LA FREQ. 100 KHz.

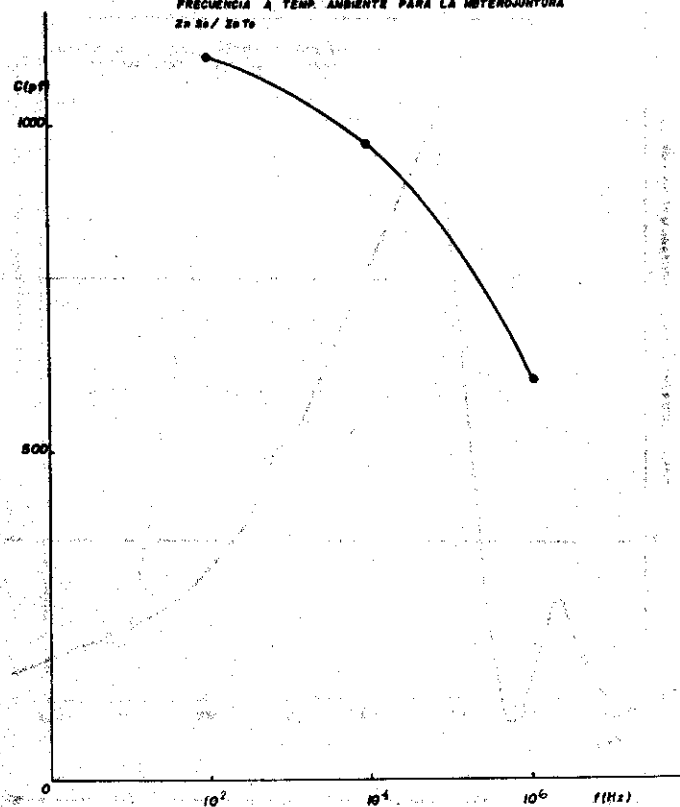


Del estudio realizado en  $C(f)$  se encontró una dependencia de C con la frecuencia típica de las heterojunturas con gran cantidad de estados de interfase fig. 4. Esto se puede explicar por el he-

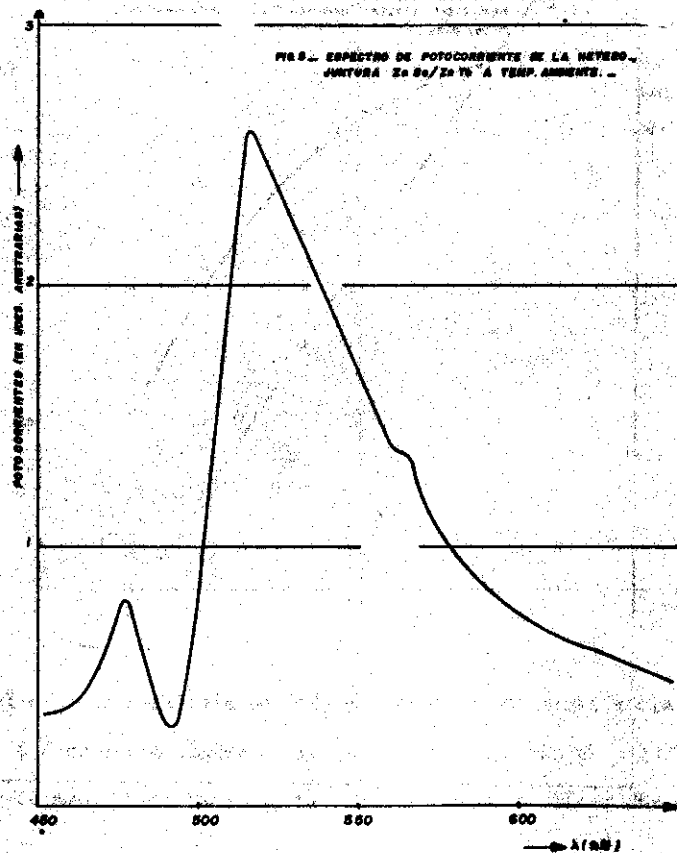
cho de que para altas frecuencias estos estados no son capaces de responder a la señal de prueba y la capacidad disminuye bruscamente. Resultado similar fue reportado por [3].

La heterojuntura se expuso a la luz solar de aproximadamente 70  $mW/cm^2$  y se midió un fotovoltaje a circuito abierto de 0,45v y una fotocorriente a corte circuito de  $10^{-2} mA/cm^2$ .

FIG. 4. CARACTERÍSTICA DE LA CAPAC. EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA A TEMP. AMBIENTE PARA LA HETEROJUNTURA ZnSe/ZnTe

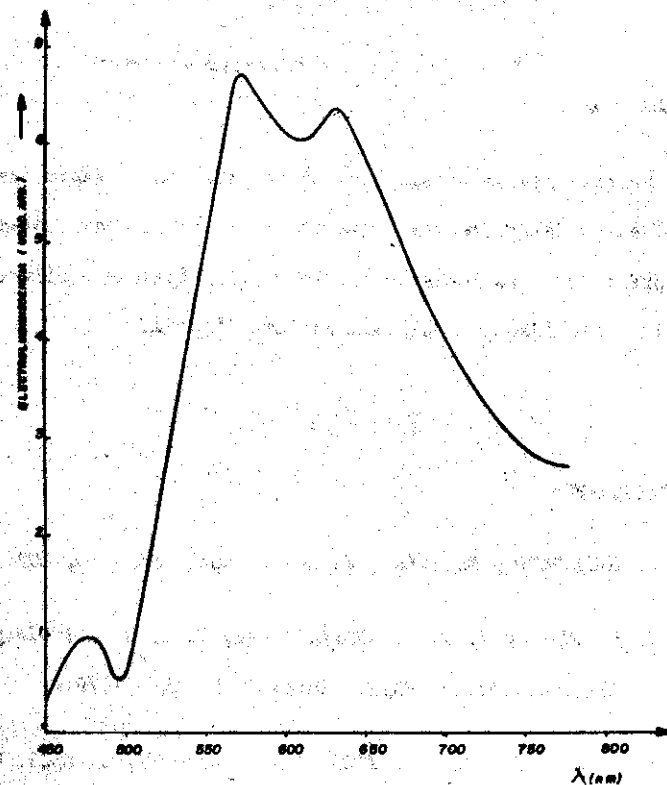


El espectro de fotocorriente se muestra en la figura 5, en el que se puede apreciar 3 picos de energía 2,6; 2,4 y 2,2 eV correspondientes a los valores de energía del "gap" de ZnSe a niveles aceptores en ZnSe y al valor de energía del "gap" del ZnTe respectivamente. Si a la temperatura de Nitrógeno líquido se polariza la heterojuntura en directa ésta emite luz visible observable a simple vista. El espectro de tal emisión se muestra en la figura 6. En el mismo se observan tres picos de energía de 2,6; 2,17 y



1,96 eV. Un espectro similar fue reportado [3] para la heterojuntura preparada por epitaxia en fase líquida y fue atribuida a la inyección de huecos en el ZnSe.

FIG. 6. ESPECTRO DE ELECTROLUMINENCIA DE ZnSe/ZnTe A TEMP. DE NITROGENO LIQUIDO.



La eficiencia externa de esta heterojuntura es del orden de  $10^{-3}$  incluso a la temperatura de nitrógeno líquido.

Este es debido probablemente, a la alta densidad de estados de interfase debido al alto desacople entre los parámetros reticulares.

Un modelo de banda que intente explicar nuestro resultado experimental puede ser el que se sugiere en [3] para una heterojuntura abrupta.

#### CONCLUSIONES

Las heterojunturas preparadas por evaporación al vacío desde varias fuentes de Zn, Te y Sb como impurezas sobre monocristales de ZnSe presentan características eléctricas y ópticas similares a aquellas obtenidas por epitaxia en fase líquida.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Y. TSUJIMOTO y M. FUKAI, Japón. J. appl. Phys. 6, 1024 (1967)
2. K. K. DUNENSKII, A. V. RUMYANTSEVA, Y. U. S. RYZHKIN y V. O. TRAPEZNIKOV, Soviet Phys.- Solid State, 12, 845 (1970).
3. S. FUJITA, S. ARAI, F. ITOH, y T. SAKAGUCHI, J. appl. Phys 46 3070 (1975).

4. H. J. LOZYKOWSKI, H. L. GOSKOWSKI, y F. FIRST, J. Lum. 11, 75 (1975).

5. Y. LE FLOCH y H. AONOUK, Solid State Electronics 16, 941 (1973).

6. H. AVEN y H. H. WOODBURY, Appl. Phys. Letters 1, 53 (1962).

7. N. BOMBO, G. SERREVEOLIERI, L. TORRICONE, J. VIDAL y A. WOJ-TOWICZ, phys. stat. sol. (a) 47, 371 (1978).

8. P. C. Newman Electronic Letters 1 265 (1968).