

# CALIDAD CRISTALINA DEL CdZnTe

U. Gilabert\*, A. B. Trigubó, N. E. Walsøe de Reca\*\*

Programa de Investigaciones en Sólidos (PRINSO), Zufriategui 4380, (1603) Villa Martelli.

Se han empleado distintos reactivos para la obtención de figuras de corrosión por ataque químico y para hallar, en consecuencia, la densidad de dislocaciones y la desorientación entre subgranos contiguos en sustratos de CdZnTe, caras  $(111)_{\text{Cd}}$  y  $(111)_{\text{Te}}$ . Estos sustratos se emplean para el crecimiento epitaxial de  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  (MCT) ( $x \cong 0,2$ ), el cual constituye un excelente detector de infrarrojos. Se presentan y comparan los resultados micrográficos obtenidos con los diferentes reactivos.

Different reagents were employed to obtain etch pits to evaluate by chemical etching the dislocation density and the misorientation between adjacent subgrains on single crystalline CdZnTe  $(111)_{\text{Cd}}$  and  $(111)_{\text{Te}}$  faces. These substrates are employed to grow  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  (MCT) ( $x \cong 0,2$ ) by vapor phase epitaxy (VPE). Micrographic results, which were obtained with the different reagents, are presented and compared among them.

## I. INTRODUCCIÓN

El  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$  (MCT) constituye hasta el presente el mejor detector de infrarrojos conocido debido a su amplio rango de sensibilidad, el cual permite su empleo en la primera (3-5  $\mu\text{m}$ ) y la segunda (8-14  $\mu\text{m}$ ) ventanas atmosféricas. La causa de su amplio rango de sensibilidad se debe a la posibilidad de variar su ancho de banda prohibida ( $E_g$ ) con la concentración ( $x$ ), permitiendo así seleccionar determinadas longitudes de onda de corte ( $\lambda_c$ ) controlando la composición del MCT. La obtención de este material en monocristales (tan libres de defectos como sea posible) no es sencilla y se efectúa por crecimiento en lingotes (método de Bridgman) y en dos dimensiones por crecimiento epitaxial en fases vapor o líquida. Ambos tipos de crecimiento se realizan en el PRINSO. En el segundo de los casos se crecen películas epitaxiales de MCT ( $x \cong 0,2$ ) en fase vapor sobre sustratos monocristalinos de CdTe, con diferentes orientaciones cristalinas y sobre CdTe aleado con 3% de Zn o 4% de Se. El objeto de agregar estas pequeñas cantidades de Zn o Se, estriba en la obtención de materiales de base con menor cantidad de dislocaciones (que las que habitualmente tiene el CdTe puro) y en la mejora de las propiedades mecánicas. El CdTe y el MCT ( $x \cong 0,2$ ) presenta una diferencia de parámetro de red de 0,3% pero esto no evita la formación de una cantidad considerable de dislocaciones de "misfit" (desajuste) en la interfase sustrato/crecimiento debido a los diferentes coeficientes térmicos de expansión del CdTe y del MCT. Para obtener películas epitaxiales con la menor cantidad de defectos posibles se preparan los sustratos con un pulido mecánico-químico, se estudia la densidad y distri-

bución de las dislocaciones (ya que estos defectos de base siempre se propagan a los crecimientos) por ataque químico.

El objeto de este trabajo es presentar los resultados del "etching" para revelar dislocaciones en CdZnTe sobre las caras  $(111)_{\text{Cd}}$  y  $(111)_{\text{Te}}$  con diferentes reactivos y estimar las ventajas comparativas. Se determina la densidad de dislocaciones ( $\delta\perp$ ) y el ángulo de desorientación ( $\Phi$ ) entre subgranos contiguos.

## II. PARTE EXPERIMENTAL

El CdTe, así como sus aleaciones con Zn o Se, presentan estructura diamante tipo blenda de cinc con polaridad cristalográfica a lo largo de los ejes  $\langle 111 \rangle$ . Por esta razón, se ha estudiado el ataque químico sobre las dos caras  $(111)_{\text{Cd}}$  y  $(111)_{\text{Te}}$  del CdZnTe debido a su diferente reactividad química.

Se emplearon distintos reactivos, la Tabla I resume las referencias, la composición química de los reactivos y las caras reveladas.

Referencia	Composición química	Cara revelada
Hähnert[1]	1 {HF:CrO <sub>3</sub> 50% m/V : 1 HNO <sub>3</sub> }: 20 H <sub>2</sub> O	$(111)_{\text{Cd}}$
Nakagawa[2]	3 HF:2 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : 2 H <sub>2</sub> O	$(111)_{\text{Cd}}$
Wermke[3]	a) 1HF:3HNO <sub>3</sub> :4AgNO <sub>3</sub> 1% m/V	$(111)_{\text{Cd}}$ $(111)_{\text{Te}}$
	b) 1HF:3HNO <sub>3</sub> :5AgNO <sub>3</sub> 0.5% m/V	$(111)_{\text{Te}}$
EAg-1 [4]	H <sub>2</sub> O 20 ml:K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> 4g:HNO <sub>3</sub> 10 ml: :AgNO <sub>3</sub> 1 mg	$(111)_{\text{Cd}}$ $(111)_{\text{Te}}$

Tabla I. Reactivos utilizados para los ataques químicos.

\* CONICET

\*\* CONICET-CITEFA

Previamente al ataque químico, todas las muestras son pulidas mecánico-químicamente con solución de  $\text{Br}_2$  (1% v/v) en etilenglicol. La densidad de dislocaciones ( $\delta_L$ ) se mide por conteo de las figuras de corrosión sobre micrografías ópticas obtenidas con un microscopio Unión Versamet con un aumento de 400x.

Para determinar la desorientación entre subgranos contiguos ( $\Phi$ ) se empleó la aproximación de Schockley-Read<sup>5</sup> debido a que los límites de subgrano son de "tilt".

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla II se refiere a los resultados promedio del ataque químico sobre diferentes zonas de la cara  $(111)_{\text{Cd}}$ . En la misma se ordenan las referencias, densidad de dislocaciones ( $\delta_L$ ) en  $[\text{cm}^{-2}]$  y la desorientación angular ( $\Phi$ ) en [segundos de arco] y el número de las figuras correspondientes.

Referencia	$\delta_L$ [ $\text{cm}^{-2}$ ]	$(\Phi)''$	Figura N°
Hähnert(1)	$1,0 \times 10^6$	27	1
Nakagawa(2)	$1,1 \times 10^6$	28	2
Wermke(3)	$9,0 \times 10^5$	24	3
EAg-1 (4)	$8,0 \times 10^5$	22	4

Tabla II. Resultados sobre  $(111)_{\text{Cd}}$

La Tabla III ordena los resultados del ataque químico correspondientes a la cara  $(111)_{\text{Te}}$ .

$\text{CdZnTe}(111)_{\text{Cd}}$

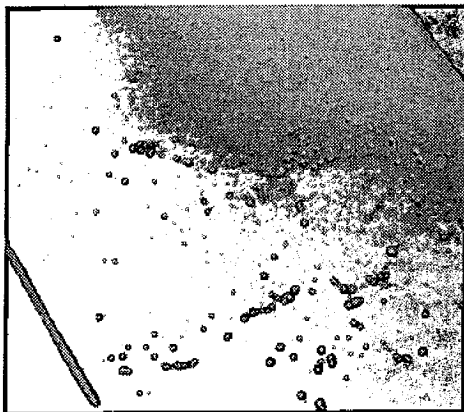


Fig. 1. 300x



Fig. 2. 300x

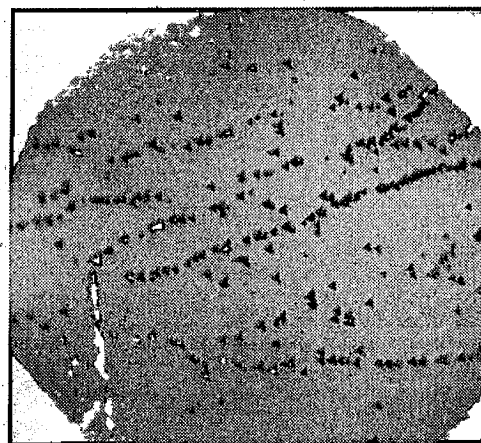


Fig. 3. 300x

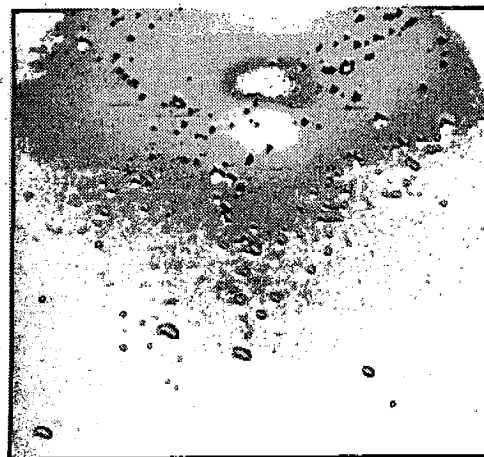


Fig. 4. 300x

Referencia	$\delta_L$ [ $\text{cm}^{-2}$ ]	$(\Phi)''$	Figura N°
Wermke(3)	a) $2,1 \times 10^6$	32	5
	b) $9,4 \times 10^5$	41	6
EAg-1 (4)	$1,1 \times 10^6$	25	7

Tabla III. Resultados sobre  $(111)_{\text{Te}}$

## CdZnTe(111)<sub>Te</sub>

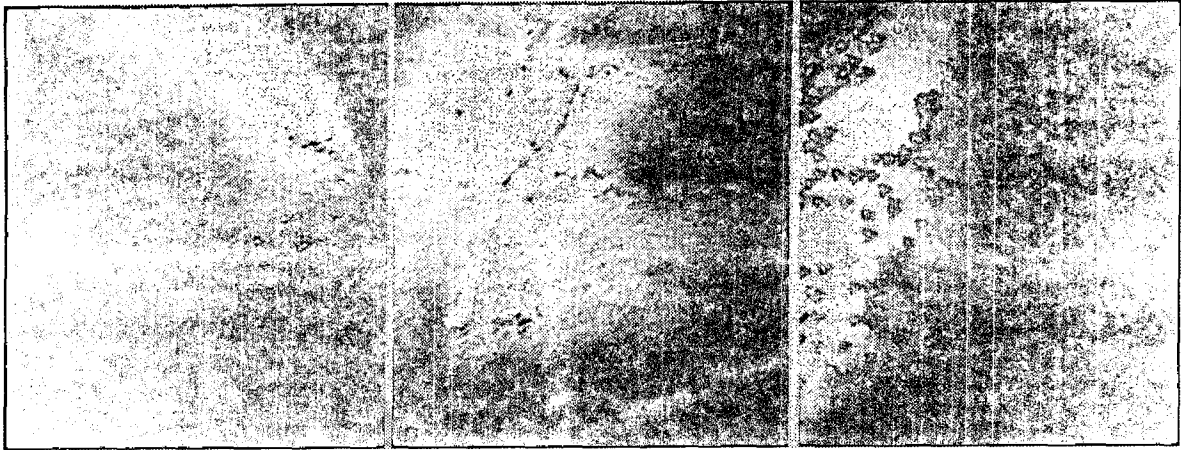


Fig. 5: 300x

Fig. 6: 300x

Fig. 7: 300x

La comparación de las  $\delta_{\perp}$  [ $\text{cm}^{-2}$ ] y de los  $(\Phi)''$ , medidas en las diferentes zonas atacadas con los distintos reactivos: Tabla II/(111)<sub>Cd</sub> y Tabla III/(111)<sub>Te</sub> demuestra que las diferencias entre estos datos están dados como máximo por un factor 2, lo cual se explica por el hecho de que las mediciones se han realizado sobre diferentes zonas del cristal a distintas profundidades por pulidos sucesivos.

Lu *et.al.*,<sup>6</sup> han manifestado que el reactivo EA $\text{g}-1^4$  no revela el total de las dislocaciones presentes. Los resultados obtenidos en este trabajo contradicen esas aseveraciones, como puede apreciarse de los datos de las Tablas II y III.

Sobre la cara (111)<sub>Cd</sub> se encontró en este trabajo que el reactivo de Nakagawa<sup>2</sup> resulta el más práctico debido a la posibilidad de ajustar fácilmente los tiempos de revelado para obtener ataques repetitivos.

Para la cara (111)<sub>Te</sub>, de los reactivos empleados, el que se halló como el más conveniente es el de Wermke (a)<sup>3</sup>, por las mismas razones. En ambos casos, es necesario emplear reactivos frescos, ya que el envejecimiento en el reactivo de Nakagawa se produce por la descomposición del  $\text{H}_2\text{O}_2$  y en el de Wermke por la reducción del catión  $\text{Ag}^+$  presente.

La comparación de la densidad de dislocaciones en el CdZnTe:  $\delta_{\perp} = 7,8 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$  con respecto a la correspondiente al CdTe puro:  $\delta_{\perp} = 5,0 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ , siendo ambos materiales del mismo origen (II-

VI Inc.), demuestra que la  $\delta_{\perp}$  de base de la aleación es considerablemente menor que la del CdTe puro, debido a la reducción de dislocaciones que produce el agregado de un elemento isoelectrónico en el CdTe<sup>7-8</sup>. Si se considera que son las dislocaciones propias del sustrato las que pasan (threading dislocations) al crecimiento de MCT y que el CdZnTe contribuye además a disminuir las dislocaciones de "misfit", los resultados demuestran las ventajas de emplear este sustrato para el crecimiento epitaxial del MCT.

### REFERENCIAS

1. Hähner I. y Schenk M., J. Cryst. Growth, **101**, 251 (1990).
2. Nakagawa K., Maeda K. y Takeuchi S., Appl. Phys. Lett., **34**, 9, 574 (1979).
3. Wermke B. y Muhlberg N., Cryst. Res. Technol., **24**, 4, 365 (1989).
4. Inoue M., Tramoto I., Takayanagi S., J. Appl. Phys. **33**, 8, 2578 (1962).
5. Hirth H.P. y Lothe J., "Theory of Dislocations", Mc Graw-Hill Book Company (1968).
6. Lu Y. C., Route D., Elwell D. y Feigelson R. S., J. Vac. Sci. Technol., A (3) **1**, 264 (1985).
7. Sher A. Chen B. y Spicer W. F., Appl. Phys. Lett., **46**, 1, 54 (1985).
- (8) Walukiewicz W., Appl. Phys. Lett., **54**, 2009 (1989).