



## Preparación de Cristales Semiconductores para Dispositivos Sensibles al Infrarrojo

Y. E. Bravo-García<sup>1</sup>, J. Mendoza-Álvarez<sup>2</sup> y M. Zapata-Torres<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional  
Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

<sup>2</sup>Departamento de Física, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN  
Av. Instituto Politécnico Nacional 2508 Sn. Pedro Zacatenco, 07360 México D. F.

### Resumen

La detección de contaminantes atmosféricos generados de la combustión de combustibles fósiles como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH's) es importante porque algunos de sus componentes son altamente cancerígenos. Los PAH's son gases con grupos funcionales que contienen anillos aromáticos que absorben radiación en la región infrarroja (IR), alrededor de 3  $\mu$ . En este trabajo mostramos el proceso de preparación de películas cristalinas semiconductoras de la aleación semiconductor InAsSb crecidas sobre GaSb. Con la composición adecuada esta película puede absorber luz en el rango de 0.8 a 4.3  $\mu$ ; lo que nos permitirá desarrollar un detector semiconductor de IR y a partir del examen de un espectro de absorción identificar los PAH's. Las películas fueron crecidas por la técnica de epitaxia en fase líquida (LPE) a una temperatura alrededor de 570 °C. Para caracterizar sus propiedades ópticas, estructurales y la calidad de la interfase entre la película y el sustrato se emplearon las técnicas de espectroscopía de difracción de rayos X, y Raman, microscopía electrónica de barrido (SEM) así como fotoacústica (PA).

### Introducción

Los PAH's son contaminantes atmosféricos ampliamente estudiados en las últimas décadas porque algunos componentes son altamente cancerígenos o mutágenos [1,2]. Se sabe que los anillos bencénicos de los PAH's absorben radiación en el IR medio en la región de 3.2 a 3.5  $\mu$ m. Las aleaciones semiconductoras de InAs<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub> son uno de los materiales con mayor futuro para el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos de emisión y detección de radiación en el rango medio del IR [3]. En este trabajo reportamos el desarrollo de capas epitaxiales de InAs<sub>1-x</sub>Sb<sub>x</sub> sobre sustratos de GaSb en particular en las películas de composición InAs<sub>0.91</sub>Sb<sub>0.09</sub>.

### Procedimiento Experimental

Trabajamos con soluciones ricas en Sb, los precursores para las soluciones fueron Sb, In e InAs de 7N. El crecimiento se realiza en un reactor en ambiente de hidrógeno de alta pureza. Las soluciones de crecimiento fueron calculadas a partir de un diagrama de fase considerando una temperatura de equilibrio entre 568-572 °C. Usamos el método de superenfriamiento con una variación entre 2-4 °C. Las soluciones de crecimiento se enfriaron a una razón de 0.3 °C/min.

### Resultados y Análisis

En la figura 1 mostramos las fotografías del crecimiento CE193, realizado en un minuto a una T=571 °C, a la izquierda mostramos la superficie de la película y a la derecha un corte transversal donde se observa que se presentan ondulaciones y regiones limpias. Al aumentar el grado de supersaturación se obtienen superficies planas, brillantes con acabado espejo, como se muestra en la figura 2, que fue crecida a una T=568 °C.

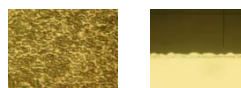


Figura 1. Fotografías del crecimiento CE193



Figura 2. Fotografías del crecimiento CE196

La composición química se determinó por SEM EDS, para CE196 la composición obtenida fue de InAs<sub>0.91</sub>Sb<sub>0.09</sub>. Espectros de difracción Raman fueron obtenidos a T ambiente, (figura 3). Observamos que todas las muestras presentan tres regiones. El pico más intenso es del tipo LO InAs (225 cm<sup>-1</sup>) y hay un pico muy débil del tipo TO InAs (233 cm<sup>-1</sup>). También se observa un pico del tipo LO del InSb (183 cm<sup>-1</sup>), que corresponde a un modo TO prohibido que se presenta por distorsiones de la red [4].

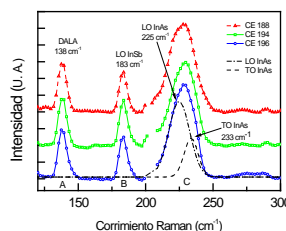


Figura 3. Espectros Raman de CE188, CE194 y CE196

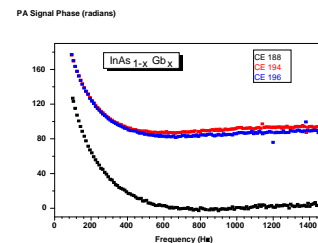


Figura 4. Dependencia con la frecuencia de la luz incidente, de la fase de la señal PA para CE188, CE194 y CE196.

Para la caracterización de la calidad de la interfase entre la película y el sustrato, InAsSb/GaSb usamos la técnica de PA. En la figura 4 mostramos el cambio de fase de la señal PA en función de la frecuencia, de acuerdo con [5], se deduce cualitativamente que la muestra CE188 tiene la mejor calidad de interfase.

### Conclusiones

Creimos por LPE películas epitaxiales de InAsSb sobre sustratos de GaSb. Estudiamos diferentes composiciones y temperatura de crecimiento para optimizar la calidad de la interfase película-sustrato. Mediante la caracterización de SEM-EDS se observó que las muestras presentan la composición buscada para las aplicaciones al fotodetector de IR. Se identificaron mediante caracterización Raman los modos LO y TO en nuestras muestras. Con las mediciones de PA, cualitativamente se deduce que muestra tiene una mejor calidad cristalina.

### Referencias

- 1) B. Finlanson-Pitts & J. N. Pitts. Sci. Vol. 276, 1045 (1997)
- 2) K. Ravindra et al. Atmospheric Environment, Vol. 40, (2006)
- 3) X. Zhang et al. J. of Crystal Growth, Vol 251 (1), 782 (2003)
- 4) Y. T. Cherng et al. Appl. Phys. Lett., Vol. 53 (10) 1988
- 5) I. Riech et al. J. Appl. Phys 86, 6222 (1999).