Revista Cubana de Física Vol. 1 No. 2, 1981

OBTENCIÓN DE LA CELDA SOLAR $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$ — pGaAs — nGaAs PARA TRABAJO BAJO LUZ CONCENTRADA

T. Prutskij
E. Purón
J. A. Rodríguez
R. Romero
S. de Roux

Laboratorio de Investigaciones en Electrónica del Estado Sólido
Universidad de La Habana

ABSTRACT

The technological procedure involved in the processing of $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$- pGaAs- nGaAs solar cells by forced cooling LPE is discussed.

Electrical contacts are electroplated from acid baths of

Au and Ni, followed by annealing.

1,4 A/cm^2 short circuit current densities and 1 V open circuit voltages are measured at 7 W/cm^2 incident radiation.

RESUMEN

Se describe la tecnología de obtención por epitaxia líquida con enfriamiento forzado de celdas solares del tipo $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$- pGaAs- nGaAs.

Los contactos eléctricos empleados fueron obtenidos por deposición electrolítica de Au y Ni, a partir de baños ácidos, y seguidos de un tratamiento térmico.

Valores de corriente de corto circuito de 1,4 A/cm^2 y voltaje de circuito abierto de 1 V son obtenidos bajo una intensidad incidente próxima a los 7 W/cm^2.

INTRODUCCIÓN

La heterojuntura $Al_xGa_{1-x}As$- GaAs ha encontrado una amplia aplicación en la fabricación de dispositivos optoelectrónicos. Eficiencias de 24,7% (1) y densidades de corriente de 40 A/cm^2 (2) han sido reportados en celdas solares elaboradas sobre la base de este sistema.

El método más difundido para la obtención de tales heteroestructuras es la epitaxia líquida. Se utilizan diversas variantes del método que se diferencian entre sí por el método de establecimiento del sobrenfriamiento requerido para el crecimiento. No obstante, la epitaxia líquida con enfriamiento forzado (3) es la metódica más difundida por la repetibilidad de sus resultados y relativa sencillez.

En un trabajo anterior (4) se informó de las características de la celda $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$- pGaAs- nGaAs obtenida por epitaxia líquida y sus perspectivas de explotación en latitudes tropicales de elevada insolación. El propósito del presente artículo es centrar la atención en diversos aspectos de la tecnología de fabricación de estas celdas y presentar algunos resultados obtenidos en la caracterización de dispositivos donde los contactos eléctricos, tradicionalmente evaporados, han sido sustituidos por contactos electrolíticos.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Una vista de la estructura obtenida se presenta en la fig. 1. Sobre un sustrato de nGaAs (Te 3.10^{17}, (100)) se difunde Zn hasta una profundidad de 3 micrones, obteniéndose una capa pGaAs de concentración semejante a la del sustrato. Encima se crece una capa epitaxial de 20 micrones de $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$, que a la par de actuar como ventana, reduce la velocidad de recombinación de portadores en la interfase y la resistencia en serie del dispositivo.

El bote de crecimiento se describe esquemáticamente en la fig. 2. . Un primer fundido de Ga + GaAs, saturado a la temperatura de trabajo, garantiza la buena mojadura del sustrato. Posteriormente el fundido II, que contiene Al, se mezcla con el anterior y sirve de fuente de difusión de Zn, además de suministrar el Al requerido para el crecimiento de la ven

tana epitaxial. El bote dispone además de facilidades para el procesamiento simultáneo de dos muestras con cuatro fundidos cada una; empleo de una fuente de GaAs para la saturación de los fundidos; y desplazamiento de los sustratos.

La temperatura de procesamiento es de 800 C con una difusión de 90 minutos y un enfriamiento posterior de 100 C a 1,5 C/min. El ciclograma del crecimiento se muestra en la fig. 3.

La calidad de la estructura crecida es particularmente sensible a la preparación del sustrato. Previo a la carga del bote, el sustrato es enjugado en baños sucesivos de acetona hirviente y etanol a temperatura ambiente. Inmediatamente se oxida anódicamente la superficie pulida a la tensión de 50 V en una solución de AGW. Esta capa de óxido se elimina en HCl inmediatamente previo a la colocación del sustrato en el bote.

El bote cargado se introduce en el reactor frío y el crecimiento ocurre en hidrógeno.

Después de la descarga del bote, las muestras son nuevamente oxidadas para proteger el AlGaAs de la acción del medio y crear una capa antireflectante en la superficie libre del dispositivo.

Los contactos a la ventana se hacen en forma de retículo radial de 15 líneas/cm. Cada línea radial posee, además, filamentos en forma de segmentos circulares, que aumenta el área efectiva de recolección de portadores.

El contacto al sustrato es continuo. En ambos casos la composición del contacto es de Au + Ni depositados a partir de electrolitos ácidos y tratados térmicamente, al vacío, a 500 C durante 2 min.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las celdas construidas son círculos de 4 mm de diámetro con un área sombreada de 18%.

Mediciones de la característica volt-ampérica de las celdas fueron realizadas a diferentes niveles de iluminación bajo una lámpara de filamento de W. La temperatura en todos los casos se mantuvo constante e igual a la ambiente, gracias a enfriamiento por agua. Los mejores resultados obtenidos para celdas crecidas en el laboratorio, a un nivel de iluminación, próximo a los 7 W/cm^2 se presentan en la tabla 1, donde también aparecen, a modo de comparación, los valores reportados en (4) para un dispositivo semejante en estructura, pero poseedor de contactos evaporados de Au-Zn y Au-Ge.

Como se observa, la diferencia más significativa se presenta en la resistencia en serie del dispositivo, que se atribuye a una elevada resistencia del contacto electrolítico. Como es lógico, este valor limita la potencia efectiva entregada por el dispositivo a través de la reducción del FILL FACTOR y, en menor medida, a través de la reducción de la corriente de corto circuito y el voltaje a circuito abierto. Mediciones de la característica oscura indican que la perfección de la juntura es adecuada (A = 1,0).

La respuesta espectral de la celda (fig. 4) es característica del tipo de estructura crecida. El corte en la región de las longitudes de ondas largas corresponde a la absorción del GaAs, mientras que en la región de las bajas longitudes de onda, la absorción de la ventana gruesa reduce rápidamente la recolección de portadores.

Es interesante destacar que, como regla, al mejorar la respuesta espectral en la región de las altas energías, empeora la resistencia en serie del dispositivo. Esto indica que el contacto electrolítico es mejor en la medida en que la superficie posee menos Al. Así, el crecimiento de una capa superficial de GaAs para la elaboración de los contactos parece aconsejable.

CONCLUSIONES

Fueron crecidas celdas solares del tipo $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$- pGaAs- nGaAs por el método de la epitaxia líquida con enfriamiento forzado del fundido. Se describen las particularidades del método de obtención, a saber, el bote empleado, la preparación del sustrato y el régimen de crecimiento.

Los contactos electrolíticos representan una perspectiva en el camino de la simplificación del proceso de fabricación de celdas de AlGaAs- GaAs, aunque hasta el momento su resistencia de contacto es mayor que la que se logra con contactos similares evaporados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al programa de colaboración Universidad de la Habana-Instituto Físico-Técnico "A. F. Ioffe" de Leningrado. Se agradece el constante apoyo y estímulo del Académico Zh. I. Alferov y el Dr. V. M. Andreev.

BIBLIOGRAFÍA

1 R. Sahai, D. D. Edwall, J. S. Harris Jr. Appl. Phys. Lett. 34, 147 (1979).

2 Zh. I. Alferov, V. M. Andreev, D. Z. Garbuzov, V. R. Larionov, V. D. Rumiantsev Pisma v J. T. F. 3, 1090 (1977).

3 V. M. Andreev, M. B. Kagan, T. L. Liubashevskaya, T. N. Muller, D. N. Tretiakov Fizika i Tejnika Poluprovodnikov 7, 2289 (1973).

4 P. Díaz, L. Hernández, J. A. Rodríguez, R. Romero. Trabajo presentado en la Primera Conferencia de la Sociedad Cubana de Física, Habana. enero 1981.

Jcc (A/cm	Vca (volt)	FF	Rs (Ω)	Ao
1,40	1,0	0,67	0,80	1,0
1,52	1,1	0,83	0,05	1,0

Tabla 1 - Datos comparativos de corriente de corto circuito (J_{cc}); voltaje a circuito abierto (V_{ca}); fill factor (FF); resistencia en serie (R_s); y factor de perfección de la juntura (A) de una celda con contactos evaporados (abajo) y los mejores valores obtenidos en celdas con contactos electrolíticos (arriba).

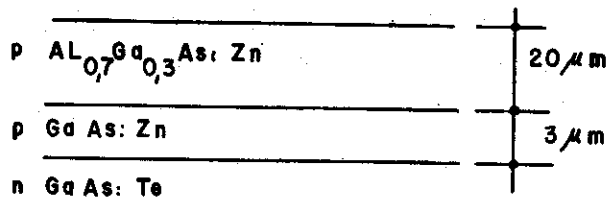

Figura 1 - Estructura de la celda solar $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$- pGaAs- nGaAs.

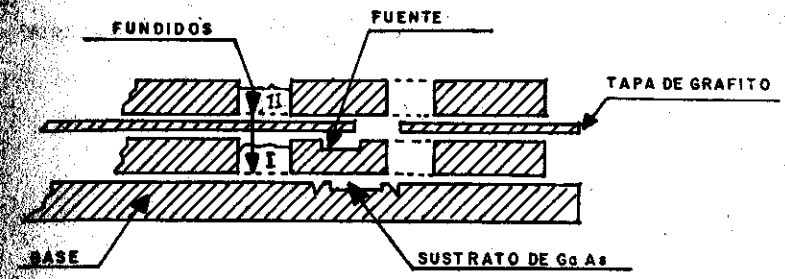

Figura 2 - Bote de crecimiento para epitaxia líquida con enfriamiento forzado.

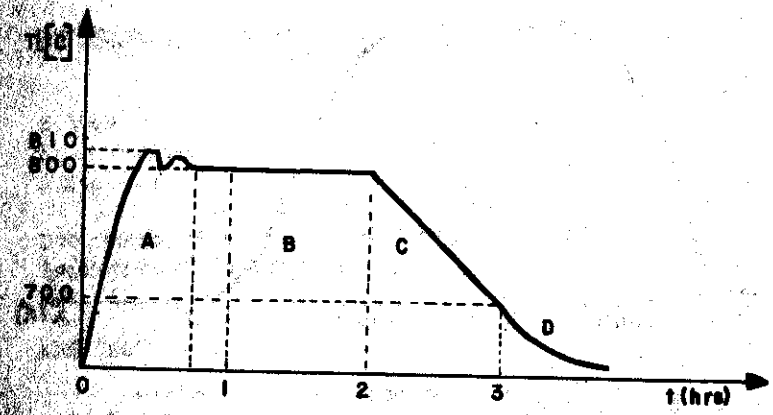

Figura 3 - Ciclograma del crecimiento de la heteroestructura $pAl_{0,7}Ga_{0,3}As$- pGaAs-nGaAs. A: homogenización de los fundidos; B: difusión; C: enfriamiento controlado del sistema; D: enfriamiento pasivo.

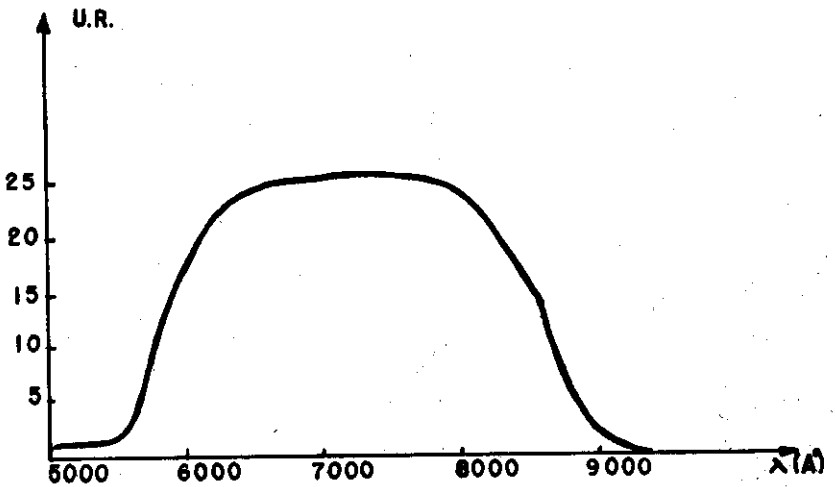

Figura 4 - Respuesta espectral de la celda.