

NUEVA APROXIMACIÓN DE SUPERREDES DE SISTEMAS GaAs(Sb)(N) PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS DE ALTA EFICIENCIA: CONTRIBUCIÓN AL CONTROL DE LA DISTRIBUCIÓN DE COMPOSICIONES.

Ben-Fernández.T, Braza-Blanco. V, Fernández-de-los-Reyes. D, González-Robledo. D.  
Equipo de investigación Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Instituto IMEYMAT, Universidad de Cádiz.

El presente proyecto de investigación ha tenido como objetivo el análisis estructural, mediante técnicas convencionales y avanzadas de microscopía electrónica, de nuevos sistemas nanoestructurados a partir de las potenciales aleaciones GaAs(Sb)(N). La relación de estos análisis con las propiedades de estos materiales, permitirá estudiar la viabilidad de su implementación en células solares de alta eficiencia.

A pesar de los momentáneos pero importantes retrocesos en investigación, transferencia e inversión en energías renovables en España, la producción de energía fotovoltaica en Andalucía ha experimentado un incremento del 25% durante la anterior década, llegando además a superar incluso en un 20% a cualquier renovable en los últimos años. De hecho la participación de empresas españolas como agentes destacados en las pujas energéticas de Europa evidencia un nuevo impulso en energía fotovoltaica. Como operación estratégica de crecimiento, estos agentes están aportando avales en las subastas energéticas del gobierno de España para construir plantas con una capacidad total de 23.500 MW. De hecho, incluso ya existen operadores que han puesto en marcha proyectos de plantas fotovoltaicas sin subvenciones públicas. Un ejemplo, entre otros, lo tenemos en la empresa BayWa Renewable Energy que a principios del 2018 ha puesto en marcha la construcción de la

planta de 175 MW denominada Don Rodrigo en Alcalá de Guadaira (Sevilla).

El aumento de la eficiencia de las células solares significa un costo menor para la electricidad que se produce. Si bien en los años 50 esta eficiencia era de sólo del 5%, las previsiones indican que su ritmo de crecimiento ya no es lineal. En este sentido, las células solares (SC) de tercera generación, y más concretamente las llamadas células multiunión (MJSC), se presentan como firmes candidatas para superar los máximos teóricos de eficiencia energética asociadas a celdas simples de banda prohibida. De hecho, desde 1995 mantienen el record de conversión energética del 46%, muy superior al de cualquier otra tecnología fotovoltaica, en particular al 27,6% que se puede alcanzar en células solares de unión simple de silicio. Las MJSCs están fabricadas a partir de capas de materiales semiconductores III-V de diferente ancho de banda prohibida apiladas verticalmente con el fin de absorber de forma colectiva más del 95% del espectro solar incidente. Aunque las celdas multiunión ya existen comercialmente, presentan todavía un gran potencial de desarrollo. Uno de los problemas a abordar para su total aprovechamiento es la falta de materiales y nanoestructuras con las propiedades funcionales y los niveles de bandas energéticas de valencia (BV) y de conducción (BC) requeridos. En ese sentido las aleaciones semiconductoras de GaAsSbN, fabricadas sobre un sustrato GaAs, pueden

“estas redes podrían incorporarse en celdas solares MJSCs de alta eficiencia con tecnología de concentración”

ser claramente uno de los materiales más prometedores para aplicaciones fotónicas. Este material se puede crecer sin defectos y tiene una banda prohibida de energía entre la BV y BC más pequeña y además sintonizable independientemente según el contenido de Sb y N, respectivamente. Por lo tanto, es un candidato ideal para el desarrollo de una ingeniería para el control de las bandas y de las tensiones-deformaciones a experimentar por la red reticular de las aleaciones implicadas. Durante la fabricación de aleaciones cuaternarias tan complejas pueden aparecer problemas inherentes del proceso, por ejemplo, defectos estructurales o separación en fases diferentes al de la aleación deseada. En general se requiere un exhaustivo control de la composición con el fin de evitar la formación de acumulaciones de composición o fenómenos de segregación.

Estos problemas pueden superarse al generar superredes de capas alternas con aleaciones ternarias GaAsSb/GaAsN ajustadas reticularmente al sustrato. Estas redes podrían incorporarse en celdas solares MJSCs de alta eficiencia con tecnología de concentración, actuando como subcélulas para la absorción específica del rango de espectro solar de 1,0 o 1,15 eV.

Dentro de la línea de investigación “Ingeniería de aleaciones semiconductoras GaAsSbN para aplicaciones en celdas solares y fotodetectores de alto rendimiento” desarrollado por miembros del grupo de investigación Ciencia e Ingeniería de los Materiales, y en colaboración con investigadores del Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología de la Universidad Politécnica de Madrid, se ha cubierto una completa caracterización estructural y de composiciones de superredes de aleaciones de GaAsSb(N)/GaAs(N) con bajos contenidos de N y Sb. Gracias a la puesta en marcha de técnicas básicas y avanzadas de microscopía electrónica se obtuvieron imágenes de alta resolución de la estructura, forma, intercaras o estados de tensión de las heteroestructuras semiconductoras, así como mapas de la distribución de composiciones con alta resolución espacial y energética. Todo ello, junto con simulaciones de posibles perfiles de segregación del Sb a lo largo de la superred, ha permitido correlacionar el comportamiento óptico de estos dispositivos y factores como el contenido de N y/o Sb depositado en las capas o el periodo de esa superred. De hecho se ha contribuido a la estabilización de la segregación y a la formación de aglomeraciones de Sb y/o N, estableciendo una periodicidad y un sistema de capas óptimo. En general la información aportada por los resultados ayudará al desarrollo de nuevas reglas de diseño para mejorar su funcionalidad y así poder acercarnos a la comercialización de este tipo de sistemas de alta eficiencia, lo cual supondría una revolución en el campo de la fotovoltaica de concentración al hacerlos accesibles no solo en aplicaciones aeroespaciales sino otras muy diversas aplicaciones del sector andaluz.

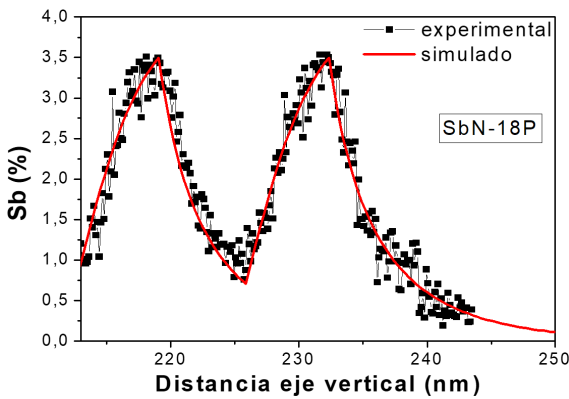


Figura 2. Perfil experimental y simulado de la segregación de Sb a lo largo de capas específicas de la superred.

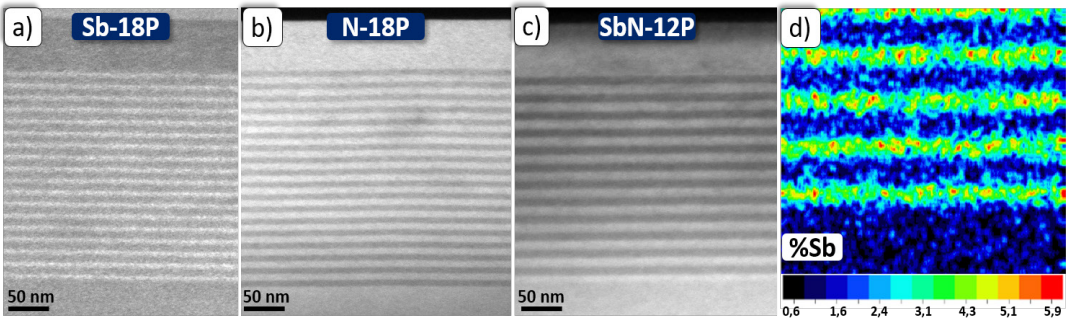


Figura 1. (a-c) Imágenes de microscopía de muestras de superredes de GaAsSb/GaAs o GaAsN/GaAs y GaAsSbN/GaAs con diferentes periodos, indicados en los nombres de la imagen. d) Mapa de la distribución del contenido de Sb obtenido a través de espectroscopia de energía dispersiva de rayos X en capas GaAsSb/GaAsN.



La Dra. Teresa Ben Fernández es Licenciada en Física por la Universidad de Sevilla, se doctoró en 2006 en la Universidad de Cádiz con una Tesis Doctoral que recibió en 2007 el Premio a la Mejor Tesis en Ciencia de los Materiales que concede la Sociedad Española de Microscopía. Desempeñó la labor de personal técnico en la puesta en marcha y el uso avanzado de la estación Focused Ion Beam (FIB) del Instituto IMEYMAT y en 2011, recibió la beca “José Castillejo” para trabajar con el grupo STEM en el LPS (Francia). Desde 2017 es Profesora Titular de Universidad.