

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN



Diseño, crecimiento, caracterización y fabricación de
detectores de luz ultravioleta y visible basados en
pozos cuánticos de nitruros del grupo *III*

TESIS DOCTORAL

Juan Pereiro Viterbo
Licenciado en C.C. Físicas

2009

TESIS DOCTORAL: Diseño, crecimiento, caracterización y fabricación de detectores de luz ultravioleta y visible basados en pozos cuánticos de nitruros del grupo III

AUTOR: D. Juan Pereiro Viterbo

DIRECTOR: Prof. Elías Muñoz Merino

El tribunal nombrado por el Mgfc. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día 20 de ~~NOVIEMBRE~~ de 2009, para juzgar la Tesis arriba indicada, compuesto por los siguientes doctores:

Dr. ~~FERNANDO CALLE GÓMEZ~~..... (PRESIDENTE)
Dr. ~~OSCAR MARTÍNEZ SACRISTÁN~~..... (VOCAL)
Dr. ~~JOSE LUIS PAU VIZCAINO~~..... (VOCAL)
Dr. ~~ARNAUD WILK~~..... (VOCAL)
Dr. ~~MIGUEL ANGEL SANCHEZ GARZA~~..... (SECRETARIO)

Realizado el acto de lectura y defensa de la Tesis el día 11 de ~~DICIEMBRE~~ de 2009 en ~~MADRID~~..... acuerda otorgarle la calificación de: **SOBRESALIENTE CUM LAUDE**

El Presidente :

El Secretario :

Los Vocales :

TCG
[Signature]
[Signature] *[Signature]* *[Signature]*

Resumen

Esta tesis doctoral tiene como objetivo final, el diseño, crecimiento, fabricación y caracterización de fotodetectores de luz visible y UV basados en pozos cuánticos de semiconductores III-N. La memoria recoge el trabajo realizado en torno al crecimiento de los semiconductores (Al,In,Ga)N y estructuras basadas en pozos cuánticos de GaN con barreras de AlGa_xN, así como de InGa_xN con barreras de GaN por epitaxia de haces moleculares asistida por plasma. La investigación llevada a cabo sobre el crecimiento del ternario InGa_xN se ha visto culminada con la elaboración de un diagrama que describe los modos de crecimiento y la composición del material en función de las condiciones de crecimiento utilizadas (Flujo de In, flujo de N y temperatura del sustrato).

Se ha llevado a cabo una completa caracterización del compuesto InGa_xN, con el fin de entender los problemas asociados a esta aleación y proponer las mejores soluciones de cara a la fabricación de dispositivos fotodetectores. Fenómenos como la separación de fases, la acumulación de electrones en superficie, la localización o la descomposición de los enlaces In-N, han sido objeto de estudio. Se ha analizado el comportamiento de estas propiedades en función del contenido de In, se ha indagado en el origen de cada una de ellas y se ha comparado su incidencia utilizando diferentes técnicas de crecimiento.

Estas características intrínsecas del InGa_xN afectan de forma perjudicial al funcionamiento de los dispositivos fotodetectores. Para superar estos inconvenientes se han diseñado estructuras concretas; en este sentido, la memoria recoge el trabajo realizado en torno a la fabricación y caracterización de fotodetectores basados en estructuras metal-aislante-semiconductor sobre muestras de InGa_xN, metal-semiconductor a partir de muestras de InGa_xN tipo p dopado con Mg y de fotodetectores basados en pozos cuánticos de InGa_xN / GaN, que se diseñaron para mejorar, entre otras cosas, la rectificación de los contactos fabricados sobre el material, de cara a aumentar la respuesta del dispositivo en régimen fotovoltaico.

Este trabajo se ha enfrentado al bajo nivel de desarrollo que presentaban los detectores basados en pozos cuánticos antes del comienzo del mismo, lo que ha provocado que a lo largo de esta investigación haya habido que solucionar un gran número de

inconvenientes relacionados con el diseño de los dispositivos. Se demuestra que en el caso de materiales ternarios, y especialmente en el caso del InGaN, los dispositivos basados en pozos cuánticos resuelven, en gran medida, los problemas, anteriormente mencionados, asociados al material. Se presentan los resultados obtenidos en torno a la optimización del rendimiento de los dispositivos fotodetectores de luz UV basados en pozos cuánticos de GaN/AlGaIn, y de luz visible basados en pozos cuánticos de InGaN con barreras de GaN. Las modificaciones introducidas en la estructura dan lugar a mejoras en la responsividad de los dispositivos de hasta 3 órdenes de magnitud, asimismo este trabajo permite a los diodos basados en pozos cuánticos de InGaN / GaN superar en rendimiento a los fotodiodos basados en Si a temperaturas superiores a 130 °C. Por último, se demuestra que el correcto diseño de la estructura posibilita el aprovechamiento de los campos de polarización para mejorar el rendimiento del fotodetector, como por ejemplo, aumentar la eficiencia de colección de los portadores fotogenerados en los pozos cuánticos, u obtener fotorrespuesta en régimen fotovoltaico de dispositivos aparentemente simétricos.

Como aplicación final de los fotodetectores, y en el marco del proyecto europeo *GaNano* y del proyecto, financiado por la Comunidad Autónoma de Madrid, *Futursen*, tanto los dispositivos basados en pozos cuánticos de InGaN con barreras de GaN, como los diodos Schottky basados en muestras de InGaN:Mg, han sido utilizados para la fabricación de sensores integrados de fluorescencia. Este trabajo demuestra la viabilidad de la utilización de los fotodetectores basados en InGaN para la realización de experimentos de fluorescencia utilizando marcadores comunes, utilizados para la detección de ácidos nucleicos o proteínas, como el *Alexa Fluor* o el *Pacific blue*.