



EFEECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LOS DEFECTOS CRISTALINOS EN PELÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC CO-DOPADAS CON NITRÓGENO Y ALUMÍNIO

L. Zamora Peredo^{(1)*}, A. Martínez Juan⁽¹⁾, J. Hernández Torres⁽¹⁾, L. García González⁽¹⁾, L. Domratcheva Lvova⁽²⁾, N. Flores Ramírez⁽²⁾, S. Vásquez García⁽²⁾.

⁽¹⁾ Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Adolfo Ruiz Cortines 455, C.P. 91000, Boca del Río, Veracruz, México.

⁽²⁾ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Gral. Francisco J. Múgica S/N, Felicitas del Río, 58030, Morelia, Michoacán, México.

*Correo Electrónico (autor de contacto): luiszamora@uv.mx

RESUMEN

El óxido de zinc (ZnO) es un semiconductor con especial interés debido a sus valores altos de energía de banda prohibida (3.36 eV) y energía de enlace excitónica (60 meV), lo que le permite ser ampliamente utilizado en la fabricación de dispositivos opto-electrónicos. Uno de sus retos más importantes es el control del dopaje tipo p, ya que la presencia de defectos puntuales nativos como el zinc intersticial (Zn_i) y las vacancias de oxígeno (V_O) actúan como un dopaje tipo n, lo que genera un fenómeno conocido como auto-compensación [1]. En este trabajo, estudiamos el efecto del recocido en las propiedades estructurales de películas de ZnO co-dopadas con aluminio y nitrógeno mediante las técnicas de microscopía Raman y difracción de rayo X. Las películas se depositaron mediante la técnica de erosión catódica sobre sustratos de silicio, a concentración de Aluminio constante y el flujo de nitrógeno se varió a 6, 12 y 15 sccm. En las muestras sin recocido, los espectros Raman presentan dos modos de vibración, en 581 y 275 cm^{-1} , los cuales son asociados al modo E_1 y B_1 del ZnO. El modo en 275 ha sido asociado a la incorporación de nitrógeno y defectos como Zn_i [2-4]. Las intensidades de ambos modos, I_{275} y I_{581} , decrecen cuando el flujo de nitrógeno aumenta, sugiriendo que el incremento del flujo de nitrógeno mitiga la formación de defectos. Después del recocido, se observó que I_{275} al inicio incrementa con la temperatura, alcanza un máximo alrededor de 500 °C y disminuye a temperaturas superiores. Este comportamiento es explicado por un efecto combinado entre la disminución de defectos y el incremento del dopaje con nitrógeno. Mediciones de difracción de rayos X muestran que durante el recocido de las muestras los esfuerzos de tensión disminuyen y la calidad cristalina mejora.

ABSTRACT

Zinc oxide (ZnO) is a semiconductor with special interest because it has a wide band gap (3.36 eV) and large exciton binding energy (60 meV), which allows it to be widely used in the manufacture of optoelectronic devices. The control of p-type doping is the biggest challenge, due to its high activation energy and the low solubility of acceptor dopants. Another feature not favorable is the presence of native point defects such as interstitial zinc (Zn_i) and oxygen vacancies (V_O) acting as an n-type doping, generating a phenomenon known as self-compensation [1]. In this paper, we present the influence of annealing on the structural properties of Al:N co-doped ZnO films by Raman microscopy and X-ray diffraction techniques. films were deposited by sputtering technique on silicon substrates, Al-concentration was kept constant and the nitrogen flow was changed to 6, 12 and 15 sccm. In samples without annealing, Raman spectra show two vibration modes: one located at 581 cm^{-1} associated with the E_1 mode of ZnO and another at 275 cm^{-1} which has been related to the incorporation nitrogen and the presence of point defects as Zn_i [2-4]. Raman intensities of both modes (I_{275} and I_{581}) decreases when the nitrogen flow increases from 6 to 15 sccm,

suggesting that the increase of nitrogen flow mitigate the formation of point defects. After annealing, in the Raman spectra it was observed that I_{275} increases as the temperature, reaches a maximum around 500 °C and decreases at higher temperatures. This behavior may be caused by combined effect between point defects and vacancies density. X-ray diffraction measurements after annealing show that the tensile stresses have decreased and therefore the crystalline quality has improved.

REFERENCIAS

1. A. F. Kohan, G. Ceder, D. Morgan, and C. G. Van de Walle, "First-principles study of native point defects in ZnO," *Physical Review B*, Vol. 61, No. 22 (2000) p. 15019–15027.
2. Mingming Chen, Yuan Zhu, Xu Ji, Anqi Chen, Longxing Su, Zhen Shen, Chunlei Yang, Rong Xiang, Xuchun Gui, Feng Huang, Zikang Tang, "The role of Be incorporation in the modulation of the N doping ZnO" *Journal of Alloys and Compounds* Vol. 622 (2015) p. 719.
3. B. Y. Zhang, B. Yao, Y. F. Li1, Z. Z. Zhang, B. H. Li1, C. X. Shan, D. X. Zhao and D. Z. Shen, "Investigation on the formation mechanism of p-type Li–N dual-doped ZnO", *Appl. Phys. Lett.* Vol. 97 (2010) p. 222101.
4. Keyue Wu, Qingqing Fang, M. Allan Thomas, and Jingbiao Cui, "On the origin of an additional Raman mode at 275 cm⁻¹ in N-doped ZnO thin films" *J. Appl. Phys.* Vol. 111 (2012) p. 063530.

TÓPICO DEL CONGRESO O SIMPOSIO: *T19*

PRESENTACIÓN (ORAL O PÓSTER): *O (Oral)*