

원자층 증착법을 이용한 ZnO:Al 박막의 특성

Characteristics of Atomic Layer-Controlled ZnO:Al Films by Atomic Layer Deposition

오병윤^{*,**}, 백성호^{*}, 김재현^{**}, 이희준^{**}, 강영구^{**}, 서대식^{**}

Byeong-Yun Oh^{*,**}, Seong-Ho Baek^{*}, Jae Hyun Kim^{**}, Hee-Jun Lee^{**}, Young-Gu Kang^{**}, Dae-Shik Seo^{**}

^{*}대구경북과학기술원, ^{**}연세대학교

^{*}Daegu-Gyeongbuk Institute of Science and Technology, ^{**}Yonsei University

Abstract : Structural, electrical, and optical properties of atomic layer-controlled Al-doped ZnO (ZnO:Al) films grown on glass by atomic layer deposition (ALD) were characterized with various Al₂O₃ film contents for use as transparent electrodes. Unlike films made using sputtering methods, the diffraction peak position of the films grown by ALD based on alternate self-limiting surface chemical reactions moved progressively to a wider angle (red shift) with increasing Al₂O₃ film content, which seems to be evidence of Zn substitution in the film by layer-by-layer growth. By adjusting the Al₂O₃ film content, the electrical resistivity of ZnO:Al film with the Al₂O₃ film content of 2.96% reached the lowest electrical resistivity of $9.80 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$, in which the carrier mobility, carrier concentration, and optical transmittance were $11.20 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$, $5.69 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, and 94.23%, respectively. Moreover, the estimated figure of merit value for the transparent conductive oxide applications from our best sample was $7.7 \text{ m}\Omega^{-1}$.

Key Words : Zinc oxide II-VI semiconductors, Atomic layer deposition, Electrical and optical properties

1. 서 론

최근, 나노와이어와 나노막대 구조를 이용하여 태양광 소자의 특성향상을 위한 연구가 활발히 연구되고 있다 [1]. 높은 종횡비(aspect ratio)를 갖는 나노구조의 응용을 있어 전기적 신호를 전달해 주는 전극의 형성은 필수요소이다. 전극형성 물질은 Indium Tin Oxide가 상업적으로 널리 사용되지만, 경제적인 측면에서 물순물을 도핑한 ZnO 물질이 각광을 받고 있다. ZnO는 넓은 밴드갭을 갖는 직접천이형 II-VI 화합물로서 광전자 소자, 투명전극, 태양전지, 센서, 디스플레이 소자등에 널리 연구되고 있다 [2]. 기존의 물리적 증착법인 스퍼터링방법과 화학적 방법인 졸겔법은 나노구조체의 전극을 형성하기에 한계를 지니고 있다. 이를 개선하기 위해 원자층 증착법(Atomic layer deposition)을 이용하여 전극 또는 투명전극을 증착하는 방법이 연구되고 있다 [3]. 원자층 증착법은 원자수준의 정확한 두께제어가 가능하며, 단차피복성(step coverage)이 우수하기 때문에 높은 종횡비를 갖는 구조에 균일한 전극형성이 유리하다. 따라서, 본 연구에서는 원자층 증착법을 이용하여 ZnO 화합물에 Al을 도핑하여 전기광학적 특성이 우수한 박막을 유리기판위에 증착하는 실험을 진행하였다.

2. 결과 및 토의

본 연구에서는 전기적 특성이 우수한 박막을 성장시키기 위해서 ZnO 박막과 Al₂O₃ 박막의 비율 조절함으로써 Al의 농도 제어를 하였다. Al₂O₃ 박막의 비가 증가함에 따라 Al 도핑농도가 증가함으로써 박막의 전기적 특성은 향상되었고, ZnO 박막과 Al₂O₃ 박막의 비가 19:1일 때 가장 우수한 전기적 특성을 갖는 박막을 얻을 수 있었다. Al이 도핑된 ZnO 박막은 다결정구조를 보였으며, Al 도핑농도가 증가할수록 회절피크의 위치가 점차적으로 높은 각도로 이동함을 알 수 있었다. 이것은 Al 원자들이 Zn 원자들의 위치를 치환한 결과로 볼 수 있다. 이로 인해 전기적 신호를 전달해 주는 여분의 전하들이 생성됨으로써 전기적 특성이 향상되었다. Al 농도함량이 2.5 wt.%에서 $9.80 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 의 가장 낮은 비저항을 얻을 수 있었으며, Al 도핑농도가 증가함에 따라 박막의 투과도와 밴드갭에너지가 향상됨을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0082820).

참고 문헌

- [1] B. Tian, X. Zheng, T. J. Kempa, Y. Fang, N. Yu, G. Yu, J. Huang and C. M. Leiber, Nature Vol. 449, No. 18, p. 885, 2007.
- [2] K. W. Liu, B. Liu, S. J. Wang, Z. P. Wei, T. Wu, C. X. Cong, Z. X. Shen, X. W. Sun and H. D. Sun, J. Appl. Phys. Vol. 106, No. 8, p. 083110, 2009.
- [3] B. H. Kong, M. K. Choi, H. K. Cho, J. H. Kim, S. H. Baek and J. H. Lee, Electrochem. Solid-State Lett. Vol. 13, No. 2, K12, 2010.

† 교신저자) 김재현, e-mail: jaehyun@dgist.ac.kr, Tel: 053-430-8431
주소: 대구광역시 달서구 공단로2길 75번지 대구경북과학기술원