

투명 박막 트랜지스터 응용을 위한 RF Magnetron Sputtering으로 증착된 ZnO:Ga 박막의 특성

이석진, 권순일, 박승범, 정태환, 임동건, 박재환, 양계준*
충주대학교 전자공학과

RF Magnetron Sputtering deposited by ZnO:Ga thin film characterization for a transparent thin film transistor an application.

Seok-jin Lee, Soon-il Kwon, Seung-beum Park, Tae-hwan Jung, Dong-gun Lim, Jea-hwan Park, Kea-joon Yang*
Department of Electronic Engineering, Chungju National University.

Abstract : In this paper we report upon an investigation into the effect of sputter RF power on the electrical properties of Gallium doped zinc oxide (ZnO:Ga) film. Structural, electrical and optical properties of the ZnO:Ga films were investigation in terms of the sputtering power. Working pressure fixed in 5 mtorr and RF powers the variable did with 50~100 W. The result, We were able to without substrate temperature obtain resistivity of $9.3 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ and optical transmittance of 90%.

Key Words : ZnO:Ga film, RF magnetron sputtering, TFT

1. 서 론

투명 박막 트랜지스터는 넓은 밴드 갭 에너지를 갖는 산화물 반도체를 이용하며 이들은 비정질 실리콘이나 유기 물질을 이용한 박막 트랜지스터에 비하여 높은 이동도를 가질 뿐만 아니라, 광학적으로도 투명한 특성을 갖는다. 따라서 기존의 비정질 실리콘이 가진 낮은 이동도와 광학적 불투명성, 그리고 유기물을 바탕으로 한 트랜지스터의 낮은 내구성과 신뢰성의 문제점들을 해결할 수 있으며 상온에서 증착이 가능하기 때문에 낮은 증착 온도와 높은 이동도를 필요로 하는 OLED 나 flexible display와 같은 차세대 디스플레이에 매우 적합하다. 뿐만 아니라, 넓은 밴드 갭 에너지를 갖기 때문에 디바이스 자체의 투명성을 확보할 수 있어, 고효율의 디스플레이 구현이 가능하다[1]. 이에 따라 다결정 ZnO를 이용한 박막 트랜지스터에 관한 연구가 진행되고 있다. ZnO는 II-VI족 화합물 반도체로 상온에서 3.3 eV의 밴드 갭을 가지며 육방조밀 형태의 wurtzite 결정 구조를 가진다[2]. 투명 전도막으로 사용되는 재료는 낮은 비저항 값 ($10^{-3} \sim 10^{-4}$)과 가시광선 영역에서의 높은 광 투과율 (~90%)을 가져야 하며, 또한 소자의 제조 공정 중에 열에 의한 특성 변화가 적어야 한다[3]. 지금까지 가장 널리 사용된 TCO 재료는 ITO로 광학적, 전기적 특성이 매우 우수 하지만 원료 물질인 In의 희소성으로 인한 고가격, 열화로 인한 변화 문제 때문에 이를 대체하기 위해 Al, Ga, B와 같은 3족 원소를 도펀트로 사용하는 불순물을 도핑한 ZnO에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[4-5]. 본 연구에서는 ZnO에 Ga이 5 wt% 도핑된 타겟을 이용하여 RF magnetron sputtering법으로 증착함에 따라 RF Power 변화에 따른 ZnO:Ga 박막의 특성을 분석하였다.

2. 실험

Coning glass 1737 기판 위에 4인치 ZnO:Ga (ZnO: 95 wt%, Ga₂O₃: 5 wt%)의 타겟을 사용하여 RF magnetron sputtering법으로 ZnO:Ga 박막을 증착 시켰다. 이때 타겟과 기판 사이의 거리는 50 mm이다. 박막 증착 전 기판을 초음파 세척기를 통해 아세톤, 메탈, DI Water 로 각각 10 분 씩 세척을 하고 질소 가스를 이용하여 건조시켰다. 공정 중 기판 가열은 실시하지 않았으며, 공정을 실시하기 전에 챔버나 기판에 이물질 제거하기 위해 10 분 동안 pre-sputtering을 실시하였다. RF 파워는 50 W~100 W 까지 가변하였고, 공정 압력은 5 mtorr로 고정하였다. 제작된 시편들에 대한 ZnO:Ga 박막 특성 분석으로는 SEM (JSM-6700)을 이용하여 박막의 미세구조를 관찰 하였으며, 결정성 분석을 위해 X-ray 회절 (XRD:RIGAKU RINT2000)을 이용하여 분석하였다. 박막의 두께는 500 nm로 고정하여 증착을 하였고 박막의 두께는 a-step (ET-3000i)을 이용하여 측정하였다. Hall Effect Measurement (HMS-3000)를 이용하여 전기적 특성을 측정 하였으며, UV/VIS 분광기 (HP 8453)를 이용하여 ZnO:Ga 박막의 광학적 특성을 측정 하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 RF 전력에 따른 XRD 패턴을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 시편의 34° 부근에서 ZnO:Ga 박막이 (002)방향을 따라 높게 c-축으로 우선 배향성이 강해졌음을 알 수 있었고, 90 W에서 가장 큰 피크 값을 얻을 수 있었다. 일반적으로 결정성은 (002)피크의 FWHM (Full Width at Half Maximum)을 측정한다[6]. XRD 결과를 통해 가장 적은 FWHM을 가지므로 90 W에

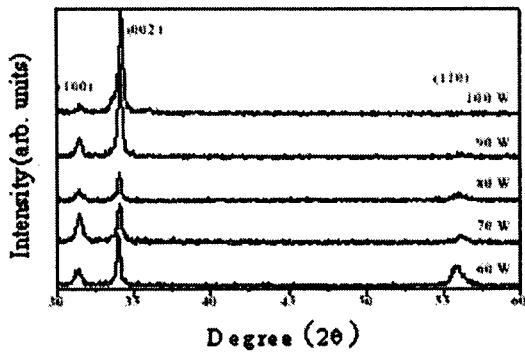


그림 1. RF 전력에 따른 XRD 변화

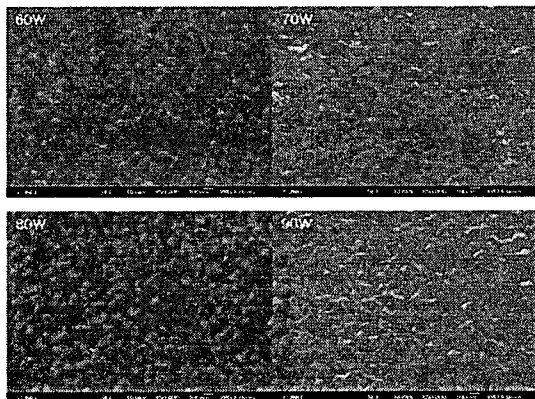


그림 2. RF 전력변화에 따른 ZnO:Ga 박막 SEM 이미지

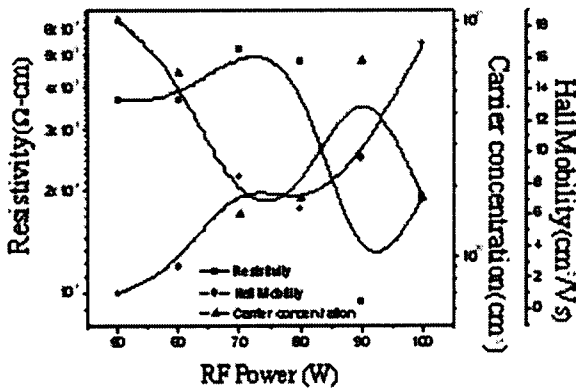


그림 3. RF 전력변화에 따른 전기적 특성

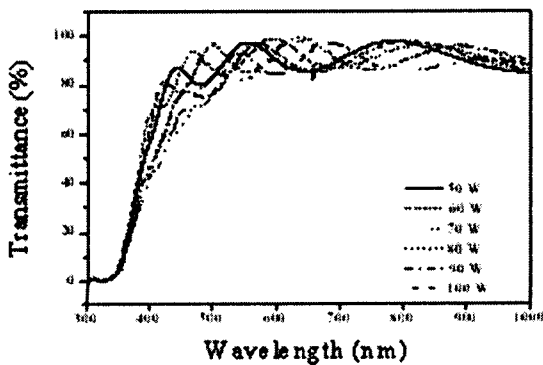


그림 4. RF 전력에 따른 투과도 변화

서 가장 우수한 결정성을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 그림 2와 그림 3은 RF 전력의 변화에 따른 SEM 이미지와 전기적 특성의 변화를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 RF 전력이 증가함에 따라 결정립의 크기가 증가하며 전력이 90 W 일 때 표면에 우수한 결정립을 관찰할 수 있다. 비저항이 감소하는 것은 결정립의 크기가 증가하고 우수한 결정성으로 인한 이동도가 증가하기 때문이며 [7], RF 전력이 90 W 일 때, 비저항의 값은 $9.3 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ 으로 가장 낮은 값을 보였고, 이는 비저항이 ZnO:Ga 박막의 결정성 향상과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 그림 4는 ZnO:Ga 박막의 투과도를 나타낸 그림이다. 300 nm 이하의 자외선 영역에서는 뛰어난 광 차단 효과를 가지고 있음을 알 수 있었으며, 가시광선 영역의 파장(400 nm ~700 nm)에서 증착된 시편들이 90% 이상의 높은 광 투과율을 나타내고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 RF Magnetron Sputtering 법으로 RF 전력 변화에 따른 ZnO:Ga 박막의 전기적, 구조적 및 광 투과 특성을 조사 하였다. XRD와 SEM의 분석결과 RF 전력이 90 W 일 때 표면에 우수한 결정립을 관찰 할 수 있었으며 비저항은 $9.3 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ 로 가장 낮게 측정되었다. 이는 결정립의 크기가 증가함에 따라 우수한 결정성으로 인해 이동도가 증가하기 때문에 비저항이 낮게 측정된다고 해석되어 진다. 또한 가시광선 영역대의 파장에서 광 투과율이 90%를 나타내고 있어 투명 박막 트랜지스터에 필요한 가시광선 영역에서 투명하고 비저항이 낮은 전기적 특성을 만족하며, 기존 투명전극에 비하여 저가의 제조가 가능해 앞으로 다양한 소자에 투명 전극으로 활발한 연구가 진행될 것이라 예상된다.

참고 문헌

- [1] E. M. C. Fortunato et al., Adv. Mater. 17, 590 2005.
- [2] C. Kligshirn, "The luminescence of ZnO under high one- and two- quantum excitation", Phys. Status. Solidi B, Vol. 71, No.2, p. 547, 1975.
- [3] M. Hiramatsu, K. Imaeda, N. Horio, and T Goto, J. Vac. Sci. Technol. A 16, 669 1998
- [4] M. Chen, Z. L. Pei, C. Sun, J. Gong, R.F. Huang, and L. S. Wen, Mat. Sci. and Eng. B85 , 212 2001.
- [5] T. Minami, H. Sato, and H. Nato, S. Takata, Jpn. J. Appl. phy. 24, L781 1985
- [6] S.J Kim, J.H Jeon, C.H Lee. J. Kor. Inst. Met. Mat Vol. 44, No. 9 2006
- [7] X. Yu, J. Ma, F. Ji, Y. Wang, X. Zhang, C. Cheng, H. Ma, Appl. Surf. Sci. Vol. 239, p. 222-226, 2005