

RF 마그네트론 스퍼터링 법으로 저온 증착한 GZO박막의 특성

권순일, 강교성, 양계준, 박재환, 임동건, 임승우*
 충주대학교 전자공학과

Properties of GZO Thin Films Prepared by RF Magnetron Sputtering at low temperature

Soon-il Kwon, Gyo-sung Kang, Kea-joon Yang, Jea-hwan Park, Dong-gun Lim, Seung-woo Lim*
 Department of Electronic Engineering, Chungju national University

Abstract : In this paper we report upon an investigation into the effect of sputter pressure and RF power on the electrical properties of Gallium doped zinc oxide (GZO) film. GZO films were deposited on glass substrate without substrate temperature by RF magnetron sputtering from a ZnO target mixed with 5 wt% Ga₂O₃. Argon gas pressure and RF power were in the range of 1~11 mTorr, and 50~100 W, respectively. However, the resistivity of the film was strongly influenced by the sputter pressure and RF power. We were able to achieve as low as $1.5 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$, without substrate temperature.

Key Words : RF magnetron sputtering, GZO films, Electrical properties

1. 서 론

ITO(indium tin oxide)는 가시광선 영역에서 높은 투과도(~90% at 550 nm),와 높은 일함수(~4.8 eV), 낮은 비저항($\sim 2 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$)을 가지는 장점을 가지고 있어 태양전지 등에 쓰이는 투명전극과 같은 광전자 소자와 평판 디스플레이 소자에 널리 사용된다[1]. 그러나 원료 물질인 In의 희소성으로 인한 고가격과 플라즈마에 노출되면 열화로 인한 특성 변화가 문제점으로 지적되고 있다[2]. 불순물을 도핑한 ZnO는 낮은 온도에서 공정이 가능하고 원료의 가격이 저렴하다. 순수 ZnO는 원천적으로 산소 공공, 아연 침입형 등의 비화학양론적 결함으로 인한 반도체 거동을 보이지만, 대기중에 장시간 노출 시켰을 때 표면층의 산소의 재결합으로 인한 절연체로 변하게 된다. 이러한 특성 때문에 ZnO를 소자로 사용하기 위하여 3족 원소(Al, Ga, In) 불순물을 도핑시켜 안정적인 n형 ZnO박막을 얻어야 한다. 이때 사용하는 3족 원소 중 Ga 원자는 Zn과 원자 반경이 비슷하여 불순물 주입 시 격자 결함을 최소화시켜 고품질 박막을 얻을 수 있고, Al보다 내산화성이 더 높으며, In이나 Al에 비해 상대적으로 연구결과가 많이 보고되지 않고 있다[3]. 본 연구에서는 ZnO의 n형 도펀트로 Ga를 선택하여 기판온도를 가열하지 않은 상태에서 RF magnetron sputter법으로 증착함에 있어 공정압력과 RF 전력의 변화에 따른 GZO 박막의 전기적 특성을 조사하였다.

2. 실험

4인치의 GZO(ZnO: 95 wt%, Ga₂O₃: 5 wt%)의 타겟을 사용하여 RF sputtering법으로 유리기판(Corning glass 1737) 위에 GZO 박막을 성장시켰다. 이때 타겟과 기판 사이의 거리는 5 cm였다. 박막증착 전 기판을 초음파 세척기를

사용하여 아세톤과 메탄올로 각각 15분 동안 세정하고 DI water 로 헹군 후 질소가스로 건조시켰다. 기저진공은 10^{-7} Torr, 가스 유량은 20 sccm으로 고정하였다. 공정은 기판 가열을 하지 않고 실시하였으며 공정을 하기 전 기판의 이물질 제거를 위해 10분간 pre-sputtering을 실시하였다. 전력은 50~100 W까지 압력은 1~11 mTorr까지 변화하였으며, X-ray 회절 (XRD:RIGAKU RINT2000)을 이용하여 결정성을 분석하였고, SEM (JSM-6700)을 이용하여 GZO박막의 미세구조를 관찰하였으며, 증착된 박막의 두께는 α -step (ET-3000i)을 이용하여 측정하였으며, 모든 박막의 두께는 500nm로 고정하였다. 4point-probe (SR1000)을 이용하여 비저항을 측정 하였으며, UV/VIS 분광기를 이용하여 GZO박막의 광학적 특성을 측정하였다.

3.결과 및 검토

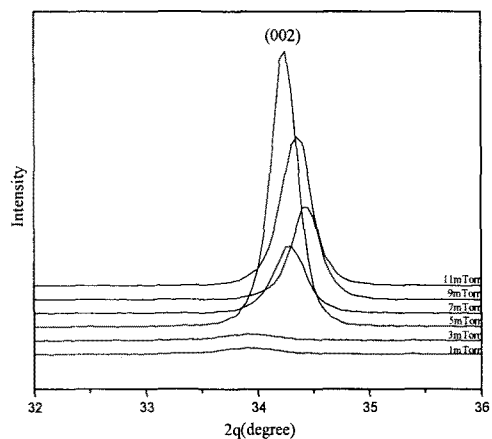


그림 1. 압력 변화에 따른 XRD 결과

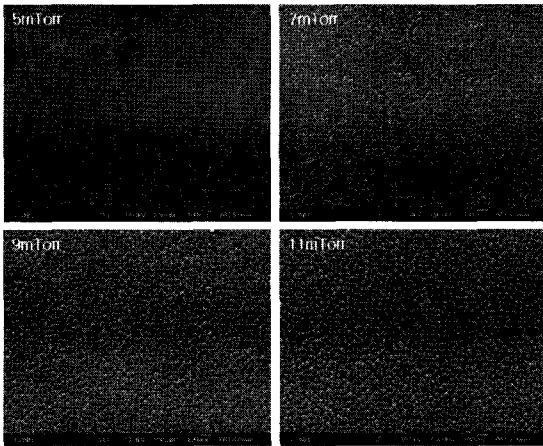


그림 2. 압력변화에 따른 박막의 표면 SEM이미지

그림 1의 XRD패턴에서 GZO박막이 (002) 방향을 따라 높게 c-축으로 우선배향성이 강해졌음을 알 수 있다. 일반적으로 결정성은 (002)피크의 반가폭(FWHM: Full width at half maximum)을 측정하여 평가하며[4], XRD 결과로부터 가장 우수한 결정성을 가지는 것이 5 mTorr인 것을 확인할 수 있다. 그림 2와 그림 3은 공정압력과 RF전력의 변화에 따른 GZO 박막의 SEM 이미지이다. 그림에서 알 수 있듯이 5 mTorr의 공정압력과 90 W의 RF전력에서 표면의 우수한 결정립을 관찰 할 수 있다. 결정립과 비저항의 관계는 그림 4에 압력과 전력의 변화에 따른 GZO 박막의 비저항의 변화 그래프에서 확인 할 수 있는데 가장 낮은 비저항의 값을 가지는 조건은 5 mTorr와 90 W이다. 이것은 앞서 XRD와 SEM으로 확인 한 가장 우수한 박막 결정성을 갖는 결과이다. 비저항이 감소하는 하는 것은 결정립의 크기가 증가하고 우수한 결정성으로 인한 이동도가 증가하기 때문인데[5], RF전력 90 W와 공정압력 5 mTorr에서 최저 값인 $1.5 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 을 나타내고 있으며, 이에 따라 비저항은 GZO 박막의 결정성 향상과 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

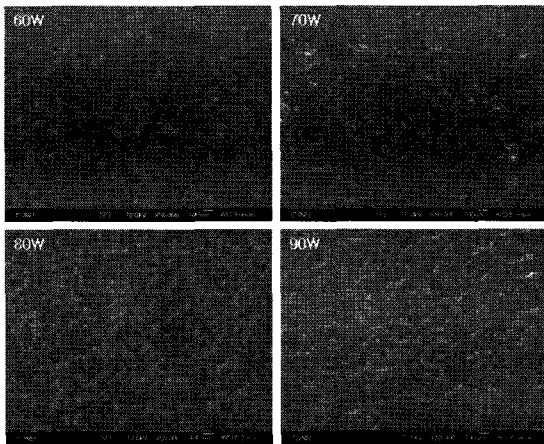


그림 3. RF 전력변화에 따른 박막의 표면 SEM이미지

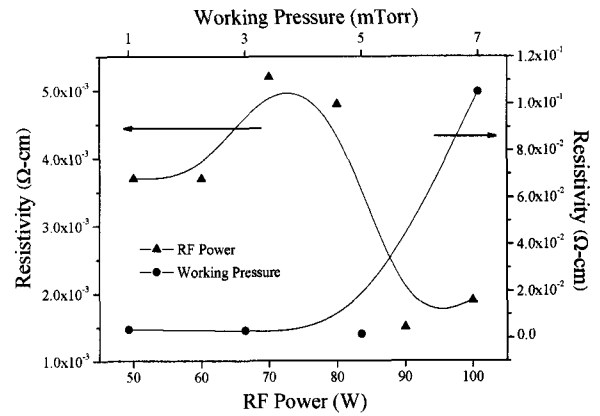


그림 4. 공정 압력과 전력에 따른 비저항의 변화.

4. 결론

본 연구는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 박막 증착 시 압력변화에 따른 GZO 박막의 구조 및 전기적 특성을 조사하였다. 기판을 가열하지 않는 상태에서 5 mTorr의 공정압력과 90 W RF전력에서 가장 낮은 $1.5 \times 10^{-3} \Omega\text{cm}$ 의 비저항을 얻었다. 이는 XRD와 SEM으로 관찰한 결과와 같이 결정립의 크기가 커지고, 결정성이 좋아짐으로 캐리어의 이동도가 향상되어 보다 낮은 비저항 값을 보이는 결과로 해석되어진다.

참고 문헌

- [1] H. L. hartnagel, A. L. Dawar, A.K. Jain, and C. Jagadish, *Semiconducting Transparent Thi. Fil. Ins. of Phy. Pub.* (1995) 152-155
- [2] T. minami, H. Sato, H. Nato, S. Takata, *Jpn. J. App. Phy.* 24 (1985) L781
- [3] J. Narayan, K. Dovidenko, A. K. Shamara, S. Oktyabsky, *J. App. Phy.* 84 (1998) 2597
- [4] S.J Kim, J.H Jeon C.H Lee, *J. Kor. Ins. Met. Mat* 44 (2006) 9
- [5] X. Yu, J. Ma, F. Ji, Y. Wang, X. Zhang, C. Cheng, H. Ma, *Appl. Sur. Sci.* 239 (2005) 222-226