

Bias를 인가한 DC magnetron sputtering 법으로 증착된 ZnO:Al 박막의 구조적 특성과 RTP의 annealing에 따른 영향

박경석*, 이규석*, 이성욱*, 박민우, 곽동주*, 임동건**

경성대학교 신소재공학과, 경성대학교 전기전자공학과*, 충주대학교 전자공학과**

Effects of rapid thermal annealing and bias sputtering on the structure and properties of ZnO:Al films deposited by DC magnetron sputtering

Kyeong-Seok Park^a, Kyu-Seok Lee, Sung-Wook Lee, Min-Woo Park, Dong-Joo Kwak, Dong-Gun Lim^{*}
KyungSung University, ChungJu University^{*}

Abstract : Aluminum doped zinc oxide films (ZnO:Al) were deposited on glass substrate by DC magnetron sputtering from a ZnO target mixed with 2 wt% Al₂O₃. The effects of substrate bias on the electrical properties and film structure were studied. Films deposited with positive bias have been annealed at 600°C using rapid thermal anneal (RTA) process. The effects of RTA on the evolution of film microstructure are to be also studied using X-ray diffraction, transmission electron microscopy, and atomic force microscopy. Positive bias sputtering may induce lattice defects caused by electron bombardments during deposition. The as-deposited film microstructure evolves from the film with high defect density to more stable film condition. The electrical properties of the films after RTA process were also studied and the results were correlated with the evolution of film microstructures.

Key Words : zinc oxide, rapid thermal anneal, bias sputtering, microstructural evolution

1. 서 론

Indium Tin Oxide(ITO)는 투명 산화물 전도체로서 널리 사용되고 있다. 반면 ITO의 우수한 물리적 특성에 비하여 원료물질인 Indium의 가격이 높은 단점과, 플라즈마에 노출되는 경우 열화로 인한 특성변화가 문제점으로 야기되고 있다. ITO의 대체 물질로서 많은 연구대상이 되고 있는 ZnO의 경우, 400nm~800nm 파장의 가시광 영역에서 투광성이 높고 플라즈마 및 환원성 분위기에서의 내성이 우수하며, 공정경비 및 생산단가가 낮은 장점이 있다.

ZnO박막은 chemical vapor deposition, ion plating, sputtering 등을 이용하여 증착된다. sputtering 법은 대형화 공정이 용이하고, 내오염성이 우수하며 치밀하고 부착력이 강한 박막을 얻을 수 있다. 높은 증착율의 sputtering법으로 증착된 ZnO박막은 많은 결정결함을 함유한 준 안정상의 결정체이다.[1] 특히 기판에 bias 전압을 인가할 경우 입자의 충돌로 인한 에너지가 기판 미세구조에 많은 변화를 줄 수 있다. 따라서 이들 다결정체 내의 많은 결정결함은 박막내 전자의 이동에 있어 grain boundary scattering 이나 이온화된 불순물이 scattering source를 제공하며 이는 전자의 이동도를 감소시켜 전기전도율에 많은 영향을 줄 수 있다.

본 연구에서는 ZnO:Al 박막을 sputtering 방법으로 증착한 후 RTP 열처리를 하여 미세구조의 변화를 연구하였다. 결정입도 변화, 배향성, 표면 거칠기 등의 변화가 전기적 특성에 미치는 상관관계 등을 고찰하였다.

2. 실험

표 1. 스퍼터링 및 열처리 조건

Target	ZnO:Al(98:2wt%)
Substrate	Corning glass 1737 (10×20×0.5mm)
Temp.	400°C
Working pressure	1mtorr
Bias voltage	10~40V
Annealing temp.	600~700°C
Annealing time	30sec

증착할 기판은 corning glass 1737(10mm×20mm×0.5mm)로 유기세척법으로 세척 후 DC magnetron sputter장치에 넣어서 표 1의 조건으로 증착하였다.[2]

증착된 시편을 RTP(Rapid Thermal Process) 장비로 annealing 한 후 ZnO:Al 박막을 4-point probe(CMT-ST1000), α -step(DEKTAK3030), X-ray diffractometer (Rigaku Co., D/max 2100H, Japan), UV spectrophotometer (Hitachi co. U-3000, Japan) 등의 장비를 사용하여 각각의 특성을 측정하고 평가하였다. α -step을 사용하여 박막의 두께를 측정하고, X-ray diffractometer로 결정성 및 결정방향을 조사하기 위하여 20°~80°의 범위의 회절각(2 θ)에서 X선 회절분석을 하였다. 4-point probe를 사용하여 면저항을 측정하고 α -step의 데이터를 이용하여 저항값을 산출한다. UV

spectrophotometer로 가시광선 파장값(400nm~800nm) 부근영역에서 투과율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 시편기판에 bias 전압을 가하여 증착한 후 RTA 열처리를 한 시편의 X-ray 회절패턴을 보여준다. 2θ 값이 34°부근인 (002)면의 회절에서 Intensity가 가장 크며, ZnO의 standard crystal의 (002)면 회절각 34.2°와 거의 일치함을 보인다. 증착된 직 후의 시편과 비교하면 열처리에 의해 주 배향면으로 원자의 배열이 향상된 것으로 보여진다.[3]

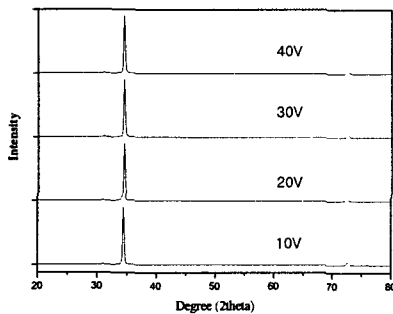


그림 1. RTA 후의 X-ray 회절패턴

그림 2는 열처리 전후의 Bias전압에 따른 저항률의 변화를 보여준다. 열처리 전·후를 비교하여 보면 열처리 후에 저항률이 평균 21.6% 감소하였음을 알 수 있다. 저항률의 감소현상은 RTA 열처리에 의해 박막의 제작과정 중 생긴 전반적인 결정결함의 감소로 인한 결과로 보인다.

그림 3은 열처리 후의 Bias전압에 따른 광투과성을 보여준다. 실제 우리가 볼 수 있는 빛의 파장범위인 가시광선 영역 부근에서 400nm~800nm 사이에서 투과도가 90.93%로 우수한 투과율을 보였다. 그리고 자외선 영역에서의 optical edge가 유사하게 나타났다.[4]

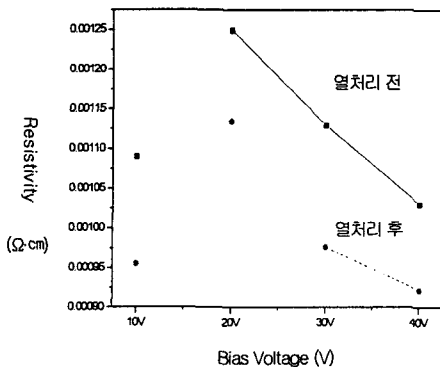


그림 2. 열처리 전·후의 Bias 전압에 따른 저항

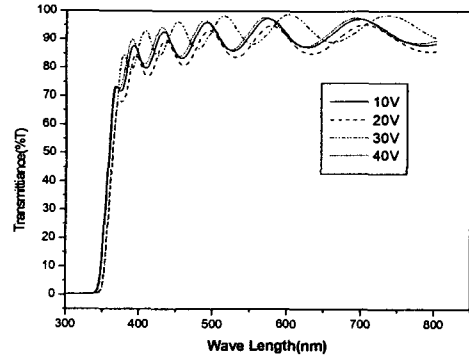


그림 3. 파장에 따른 광투과율 측정

4. 결론

ZnO:Al 박막을 Bias를 인가한 DC magnetron sputtering법으로 증착한 후 RTA 열처리를 하여 결정성, 전기적 및 광학적 특성을 연구하였다.

- 1) ZnO:Al 박막의 회절분석결과 (002)방향으로의 성장이 우수하였다.
- 2) 열처리 전·후를 비교할 때 구조적 특성의 향상으로 열처리후의 전도도가 향상되었다.
- 3) 가시광 영역에서의 광투과율은 열처리 전·후를 비교하여 볼 때 평균 90%이상의 높은 투과율을 보였고, 이는 투명전극으로 사용으로서의 응용이 가능함을 나타낸다.

감사의 글

본 연구는 과학재단(R01-2002-00000342-0) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1]C.V.Thompson, "Structure evolution during processing of polycrystalline films", Annual review materials science 2000.30:159-190
- [2]K.I. Park, B.S. Kim, D.G. Lim and D.J. Kwak, "Properties of ZnO:Al transparent conducting films for PDP", Proceeding of the KIEE Summer Annual Conference 2003, C, p. 1430, 2003.
- [3] Hyungduk Ko, Weon-Pil Tai, Ki-Chul Kim, Sang-Hyeob Kim, Su-Jeong Suh and Young-Sung Kim, "Growth of Al-doped ZnO thin films by pulsed DC magnetron sputtering" ,Journal of Crystal Growth, Volume 277, Issues 1-4, 15 April 2005, Pages 352-358
- [4]Woon-Jo Jeong, Gye-Choon Park, "Electrical and optical properties of ZnO thin film as a function of deposition parameters", Solar Energy Material & Solar Cells, 65, 37-45, 2001