

RF sputter로 증착된 ZnO:Al 박막의 Rapid Thermal Annealing 처리에 따른 구조개선 및 전기적 특성

박경석^a, 이규석^a, 이성욱^a, 박민우, 곽동주^a, 임동건^{**}

경성대학교 신소재공학과, 경성대학교 전기전자공학과^a, 충주대학교 전자공학과^{**}

Structural evolution and electrical property of RF sputter-deposited ZnO:Al film by rapid thermal annealing process.

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

Abstract : Al doped zinc oxide films (ZnO:Al) were deposited on glass substrate by RF magnetron sputtering from a ZnO target mixed with 2 wt% Al₂O₃. The as-deposited ZnO:Al films were rapid-thermal annealed. Electrical properties and structural evolution of the films, as annealed by rapid thermal process (RTP), were studied and compared with the films annealed by conventional annealing process. RTP, the (002) peak intensity increases and the electrical resistivity decreases by 20%, after RT annealing. The effects of RT annealing on the structural evolution and electrical properties of RF sputtered films were further discussed and compared also with the films deposited by DC magnetron sputtering

Key Words : ZnO:Al, rapid thermal anneal, RF sputtering, microstructure

1. 서 론

ZnO 투명 산화물 전도막은 태양전지, 가스센스 및 flat panel display 등의 전극으로 다양한 분야에서 응용이 가능하다. 그러나 기존의 재료인 Indium Tin Oxide(ITO)를 대체하기 위해서는 ZnO 박막은 낮은 저항률($10^{-3} \sim 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$)과, 우수한 광투과율(80~90%)을 보여야 한다. 물론 ITO의 경우 우수한 전기적 특성과 광투과율로 광기전성 장치, flat panel display를 비롯한 여러 디스플레이 장치 등에 많이 쓰이고는 있지만, 높은 생산비용과 단가 및 화학적, 물리적 안정성이 낮다는 단점을 가지고 있다. 반면 ZnO의 경우 이중 환원성 분위기에 대한 내성, 가시광 영역에서의 높은 광투과율과 저렴한 생산비용으로 주목받고 있다. 특히 Al을 doping한 ZnO:Al 박막은 저항값이 현저히 감소하여 ITO에 상당히 근접하고 있다.

ZnO 박막은 sol-gel법, pulsed laser deposition (PLD), chemical vapor deposition (CVD), magnetron sputtering 방법으로 증착되며 RF sputtering의 경우 낮은 온도에서의 증착, 낮은 working pressure, 낮은 표면거칠기의 장점이 있다.[1]

본 연구에서는 RF(radio frequency) Sputtering법으로 ZnO 투명전도막을 증착한 후 RTP로 열처리함으로써 빠른 속도로 증착된 준안정상의 박막시편의 미세구조의 변화를 연구하였다. RTP는 Halogen lamp에서 생기는 발광에너지를 이용해 짧은 시간에 많은 열을 가하는 공정으로서 [2] 열처리된 박막의 미세구조의 변화는 박막의 전기전도도

및 물리적 변화에 많은 영향을 줄 수 있다. 박막 결정성, 전기적, 광학적 특성의 변화를 고찰하여 annealing에 따른 박막의 특성을 연구하였다.

2. 실험 방법

RF sputtering 장치에서 초기진공을 약 1×10^{-6} 까지 배기하고 MFC(mass flow controller)로 working pressure를 1mm torr 로 corning glass(10mm×20mm×0.5mm)에 ZnO:Al(2w%)를 타겟으로 하여 증착시켰다. chamber 내부의 온도는 400℃, 분위기는 Ar로 전극거리는 50mm로 유지하였다.[3]

위와 같이 제작된 ZnO:Al 박막을 RTP장비에 넣어서 초기진공을 약 1.0×10^{-6} 까지 배기 후 열처리한다. 열처리 조건은 승온시에 19℃/sec로 600℃에서 30sec 간 열처리한다. 열처리된 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 저항 값을 산출한다. UV spectrophotometer로 가시광선 파장영역에서 투과율을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 열처리 전·후의 XRD 분석결과를 보여준다. ZnO standard crystal (002)면의 회절 2θ값인 34.45° 와

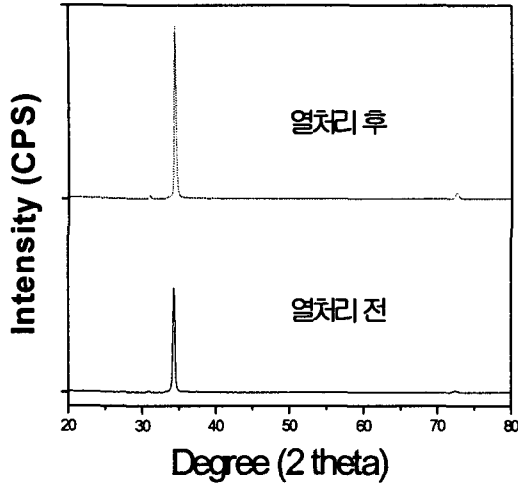


그림 1. Annealing 에 따른 X선 회절패턴

비교, 2θ = 34.2~34.4°에서 가장 큰 Intensity를 보이고

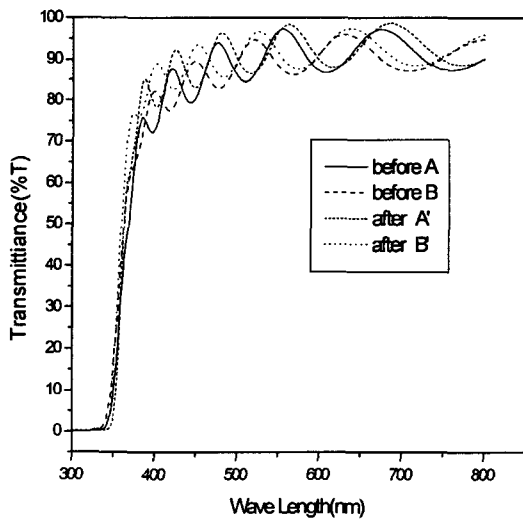


그림 2. 파장에 따른 광투과율

있으므로 이는 (002)면의 우선 배향성을 알 수 있다.[4] 열처리 전·후를 비교하여 보면 회절피크의 강도가 상당히 증가함을 볼 수 있는데 이것은 열처리에 의한 높은 배향성 및 결정화가 증가됨을 알 수 있다.

그림 2는 U-3000 분광분석계로 광투과율을 측정한 데이터인데 그림에서 알 수 있듯이 가시광선 영역 즉 400nm~800nm 사이에서는 그 투과율이 90.93%로 높은 투

과율을 보였고 380nm이하인 자외선 구간에선 투과율이 급격히 낮아짐을 볼 수 있다.[5] 그리고 열처리 전후의 투과율을 비교하여 본 결과 열처리에 따른 투과율의 변화는 거의 없음이 보여진다.

4. 결론

본 실험의 목적은 RTP에 의한 열처리가 박막 미세구조와 물리적 특성에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 실험에 따른 주요한 결과는 다음과 같다.

- 1) ZnO:Al(98:2wt%) 투명전도막은 저항률 및 광투과율을 측정할 결과, PDP 등의 투명전도막으로 사용하기에 적합함을 알 수 있었다.
- 2) 열처리 전·후를 비교하여, 열처리에 의한 (002) 배향성 향상을 X선 회절분석을 통하여 확인하였다.
- 3) 광투과율은 박막의 두께가 두꺼워 질수록 감소하지만, 다른 증착조건에는 크게 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다. 실험에서도 열처리에 따른 투과율의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] S.J. Jung, Y.H. Han, B.M. Koo, J.J. Lee and J.H. Joo, "Low temperature deposition of Al-doped zinc oxide films by ICP-assisted reactive DC magnetron sputtering", Thin Solid Films, Volume 475, Issues 1-2, 22 March 2005, Pages 275-278
- [2] Caizhong Tiana, Takao Fujiib, "Nonlinear system tification of rapid thermal processing", Control Engineering Practice, Volume 13, Issue 6, June 2005, P. 681-687
- [3] 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.
- [4] Yasuhiro Igasaki and Hirokazu Kunma, "Argon gaspressure dependence of the properties of transparent conducting ZnO:Al films deposited on glass substrates", Applied Surface Science, 169-170, p. 509, 2001.
- [5] 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