

DC 마그네트론 스퍼터링법으로 증착한 GZOB 박막의 기판온도에 따른 특성

이종환, 유현규, 이경천, 허원영, 이태용, 송준태
정보통신공학부, 성균관대학교

The Effect of the substrate temperature on the properties of GZOB films by DC magnetron sputtering

Jong-Hwan Lee, Hyun-Kyu Yu, Kyung-chun Lee, Won-Young Hur, Tae-Yong Lee, Joon-Tae Song
School of Information & Communication Engineering, SungKyunKwan Univ.

Abstract : In this study, We investigated the effects of substrate temperature on the electrical and optical properties of Ga-, B-codoped ZnO(GZOB) thin films. GZOB thin films were deposited on glass substrate with various substrate temperature in the range from R.T. to 500 °C by DC magnetron sputtering. In the result, GZOB films at 400 °C exhibited a low resistivity value of $8.67 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$, and a visible transmission of 80% with a thickness of 300 nm. This result indicated that the addition of Ga and B in ZnO films leads to the improvement of conductivity and transparent. From the result, we can confirm the possibility of the application as transparent conductive electrodes.

Key Words : GZOB, substrate temperature, DC magnetron sputtering

1. 서 론

ZnO는 II-VI족의 화합물 반도체로서 넓은 밴드갭(3.37 eV)과 400 nm에서 700 nm사이의 가시광 영역에서 80% 이상의 우수한 투과성을 지니고 있다[1]. 하지만 Undoped ZnO는 대기중에 장시간 노출되었을 경우 산소의 영향으로 Zn 와 산소의 정량비가 변함에 따라 전기적 성질의 변화가 발생하고 고온에서 안정하지 못한 단점으로 인해 III족의 원소 Al, Ga, B 등의 불순물 도핑을 하면 전기 전도도를 높이고 대기 중에서도 안정된 전기적 성질을 가진 ZnO 투명전도막에 관한 연구 결과들이 보고되고 있다. Ga-doped ZnO(GZO)의 경우 많이 보고되지 않고 있지만 몇 가지 장점을 가지고 있다. 그 중 하나는 Ga이 다른 3족 원소에 비해 내산화성이 우수하다는 것이고 다른 하나는 불순물 주입 시 격자결함을 최소화시켜 고품질의 박막을 얻을 수 있다는 것이다. 하지만 GZO의 경우 구조적인 결함이나 열적 안정성에 문제가 있어 Boron을 주입하면 향상된다는 연구가 보고되고 있다[2]. 본 연구에서는 유리 기판 위에 구조적, 전기적인 특성을 향상시키고자 Boron을 0.2 wt% 도핑한 GZO (GZOB)을 이용하여 기판 온도를 달리하여 투명전도막을 제작하였다. GZOB 박막의 증착은 투명 전도막의 박막의 조건에 따라 전기적, 광학적 특성에 관하여 연구하였다.

2. 실험

타겟으로는 Ga 2.0 wt%, B 0.2 wt% 도핑한 ZnO를 DC sputtering 방법을 이용하여 증착했다. 증착 중 기판의 변형을 방지하기 위하여 온도는 상온에서 증착하였으며 약 300 nm의 동일한 두께로 GZOB 박막을 100 W에서 기판

온도의 변화를 주며 제조하였다. 구체적인 증착조건은 표 1에 나타내었다.

기판 온도를 달리하여 제조한 박막의 c축 배향성과 결정학적 특성을 알아보기 위하여 X-선 회절 분석기를 사용하여 20~60° 구간을 스캔하였다. 전기적 특성은 four point probe system을 이용하였다. 또한 GZOB 박막의 광투과도와 표면현상은 각각 UV-visible spectrophotometer (carry5000)와 ESEM (Philips XL30 ESEM-FEG)을 이용하여 분석하였다.

표 1. GZOB 박막의 증착 조건

Parameter	Value
Target	Ga, B co-doped ZnO (Ga ₂ O ₃ 2wt%, B ₂ O ₃ 0.2wt%)
Substrate	corning glass 7059
Substrate distance	70 mm
Base pressure	1.0×10 ⁻⁶ Torr
Working pressure	4×10 ⁻² Torr
Sputtering Gas	Ar - 6 sccm
Power	100 W
Substrate temperature	R.T, 200, 300, 400, 500 °C
Film thickness	300 nm

3. 결과 및 고찰

그림 1에서 보듯이 증착된 GZOB 시편 모두에서 34° 부근에서 (002) 피크가 관찰되었으며, 온도가 증가함에 따라 (002)면에 대한 c-축 결정 배향성이 증가하는 것을 알 수 있다. 특히 300°C에서 가장 큰 피크를 나타냈는데 이 결과는 Ga, B 원자가 독립적인 상으로 존재 하지 않

고 ZnO 격자에 치환되어 혼합상으로 존재하기 때문인 것으로 판단된다.

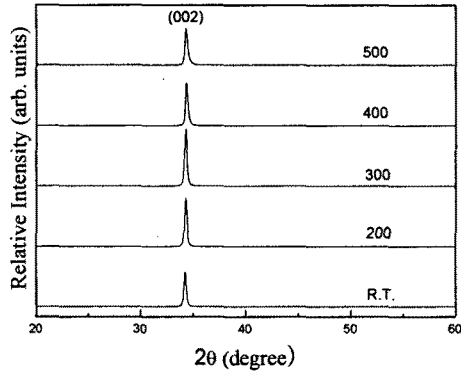


그림 1. 기판 온도에 따른 GZOB XRD 박막의 패턴

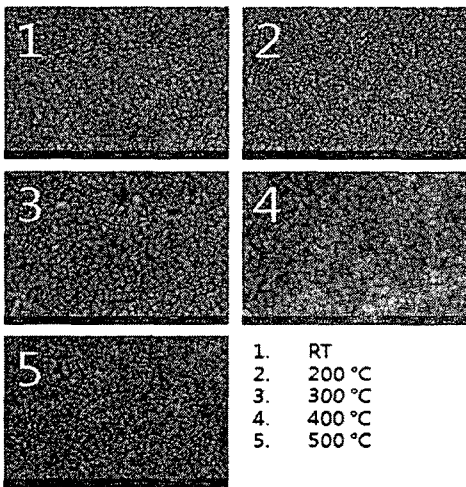


그림 2. 기판 온도에 따른 GZOB XRD 박막의 SEM 이미지

그림 2는 기판 온도 변화에 따른 박막의 결정표면을 나타내었다. 온도가 증가함에 따라 표면의 입자들이 점차 결정화되어 400°C에서는 300°C와 비교하였을 때 보다 균일하고 큰 결정 구조를 보였다. 하지만 500°C로 넘어감에 따라 역확산의 영향으로 결정립의 성장에 영향을 미쳐 비교적 미세한 결정립을 형성하였고 이는 전기적, 광학적 특성에 악영향을 미친 것으로 판단된다.

GZOB 박막의 기판 온도 변화에 따른 비저항 특성을 그림 3에 나타내었다. 실온부터 500°C까지 기판온도를 증가하며 증착시킨 박막의 특성 결과를 살펴보면, 증착 공정 온도가 400°C에서 GZOB 박막이 가장 낮은 비저항 값 $8.67 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$ 을 가졌다.

그림 4는 GZOB 박막의 증착온도 변화에 따른 광투과도를 나타내었다. 기판은 모두 흡수단인 380 nm부터 800 nm 까지 광투과율이 80% 이상을 보여주고 있다. 300°C 이상에서 제작된 박막은 광투과도가 90% 이상인 것을 알 수 있다.

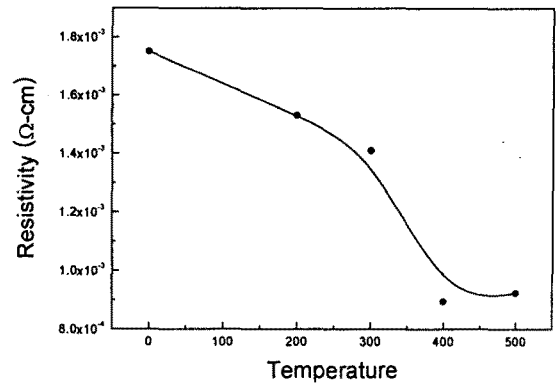


그림 3. 기판 온도에 따른 GZOB XRD 비저항 특성

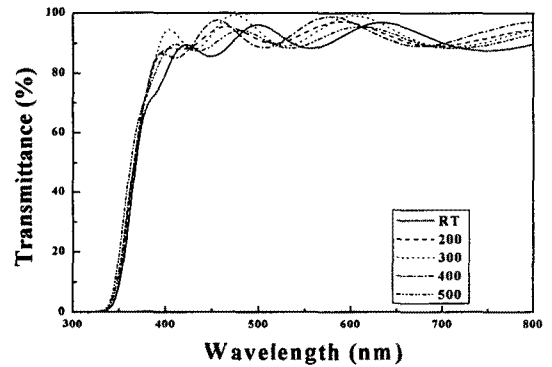


그림 4. 기판 온도에 따른 GZOB XRD 박막의 투과도

4. 결론

DC 마그네트론 스퍼터링 방법으로 기판의 온도 변화에 따른 GZOB 박막을 증착시킨 결과 400°C에서 증착한 박막에서 $8.67 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$ 비저항과 90%가 넘는 투과율의 가장 좋은 결과를 나타내었다.

감사의 글

이 논문 또는 저서는 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2008-313-D00328)

참고 문헌

- [1] H. L. Hartnagel, A. L. Dawar, A. K. Jain, and C. Jagadish, "Semiconducting Transparent Thin Films", Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, PA, p. 152, 1995.
- [2] 이종환, 유현규, 이규일, 이태용, 강원일, 김응권, 송준태, "전력비 변화에 따른 Au Multilayer 위에 증착한 GZOB 박막의 특성", 한국전기전자재료학회, Vol. 21, No. 11, p. 977, 2008