

Electrical and Optical Properties of Al, Si, and Ti-doped ZnO films for transparent conductive oxides(TCOs)

배 강, 서 성보, 지 승훈, 류 성원*, 손 선영, 김 화민
 대구가톨릭대학교 전자공학과

Electrical and Optical Properties of Al, Si, and Ti-doped ZnO films for transparent conductive oxides(TCOs)

Kang Bae, Sung-Bo Seo, Seong Hun Ji Sung-Won Ryu*, Sun Young Sohn, Hwa-Min Kim
 Department of Electronics Engineering, Catholic University of Daegu

Abstract : 본 연구는 투명전도성전극(TCO)인 ITO를 대체하기 위해 ZnO에 Al₂O₃, SiO₂, TiO₂의 불순물을 도핑하여 박막의 전기적 및 광학적 특성에 관한 연구를 하였다. 불순물 도핑은 2wt.%로 진행 하였고, 동일한 전압과 두께로 그 특성을 비교 하였으며, 특성으로는 UV-Vis를 이용한 광투과율 측정과 광투과율을 이용한 박막의 광학적 밴드갭과 굴절율을 계산 하였다. 전기적 특성으로는 4-Point Probe로 면저항과 비저항값을 측정하였다.

Key Words : TCO, ZnO, Al₂O₃, SiO₂, TiO₂

1. 서 론

현재, TCO 박막으로는 sputtering 방법에 의해 제작된 ITO 박막이 널리 사용되고 있다. 하지만 박막의 많은 특성 개선이 요구 되고 있다. ITO 박막은 높은 광투과율과 낮은 비저항 값을 갖기 위해서는 300℃ 이상의 고온에서 성막되어 다결정 구조를 가지기 때문에 전기적 특성은 뛰어나지만 식각 특성이 열악하고, 표면이 거칠어 소자의 수명에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 그러나 ITO 박막이 저온에서 성막 될 경우, 전기전도도와 광투과율이 현저하게 떨어지는 문제점 있다. 이런 개선점을 바탕으로 새로운 대체산화물로서 ZnO가 주목을 받고 있다. ZnO의 특성으로는 적외선 및 가시광선 영역에서의 투과성 및 전도성과 수소 플라즈마에 대한 내구성이 우수하다. 그러나 ZnO물질은 단일 물질일 경우 대기 중 시간의 경과에 따라 Zn과 O의 금속 환원 반응을 일으키는 문제점과 높은 비저항을 나타내므로 환원반응과 전기전도도를 개선할 필요가 있다. [1,2,3,4] 본 연구에서는 ZnO에 불순물 첨가하여 상온에서 박막을 증착하여 광학적 및 전기적 특성을 조사하였다.

2. 실험

본 실험에서는 ZnO에 불순물을 도핑한 타겟을 제작하였으며, 타겟은 ZnO(99.99%) : Al₂O₃(99.99%, AZO), TiO₂(99.99%, TZO), SiO₂(99.99%, SZO)의 순도를 가진 파우더를 사용하여 압착하였고, 고밀도의 타겟 제작을 위해 1100℃에서 소결 하였다. 박막 제작을 위한 공정으로는 RF Magnetron Sputtering System을 이용하여 TCO박막을 증착하였다. TCO박막의 Target제작 조건을 (표1)에서 나타내었다. TCO 박막을 증착하는 동안 초기 진공도

와 공정 진공도는 1.5x10⁻⁹ Torr와 3.0x10⁻³Torr로 유지 하였으며, Ar량은 25sccm을 유지 하였고, 기판사이의 거리는 60mm로 고정하고 인가전압은 60W로 일정하게 하였다. TCO 박막은 UV-Vis Spectrophotometer(Shimadzu Co.)를 이용하여 광 투율을 측정하였고 광 투과율을 이용하여 광학적 밴드갭과 굴절율을 계산하였다. 표면 분석으로는 AFM을 이용하여 5x5 um 영역의 표면 거칠기를 측정하였으며, TCO 박막의 전기적 특성을 측정하기 위하여 Loreata - EP장치(Mitsubishi - Chemical Co.)를 이용한 4 - Point Probe방법에 의해 면저항 및 비저항 값을 측정하였다.

표 1. TCO박막 제작조건

Deposition parameter	Conditions
Targets	ZnO(5N)
	ZnO:Al ₂ O ₃ (Al ₂ O ₃ :2wt%)
	ZnO:TiO ₂ (TiO ₂ :2wt%)
	ZnO:SiO ₂ (SiO ₂ :2wt%)
Substrate	Glass
Base pressure	1.5x10 ⁻⁵ Torr
Working gas pressure	3.0x10 ⁻³ Torr
Sputtering power	60 W
Film thickness	100nm - 500nm

3. 결과 및 고찰

모든 TCO박막은 상온에서 동일한 조건으로 제작 되었으며, 불순물의 도핑량은 2wt %로 동일하게 이루어 졌다. 그림 1.은 TCO 박막의 두께 500nm에서의 광 투과율 및 밴드갭 에너지를 구한 것이다. 광 투과 특성은 80%이상 을 나타내고 있으며 밴드갭 에너지는 500nm에서 AZO :

3.5eV, TZO : 3.4eV, SZO : 3.35eV로 측정되었다. 그림 2는 두께 500nm에서의 SZO, TZO, AZO박막의 굴절율을 나타낸다.

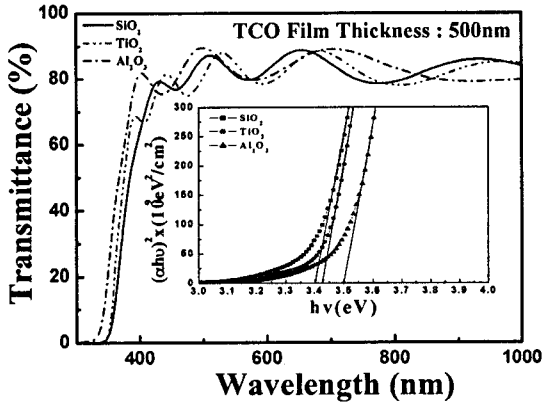


그림 1. TCO 광 투과도 및 밴드갭 에너지

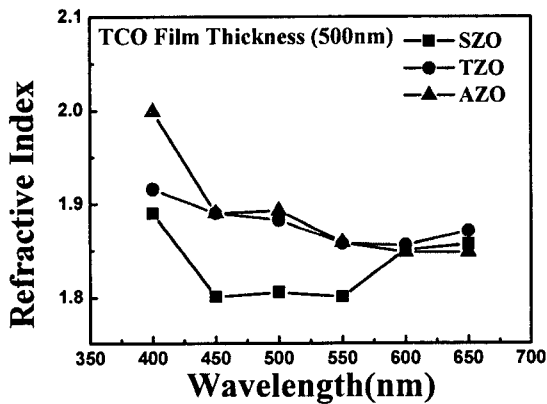


그림 2. 두께 500nm에서 TCO박막의 굴절율

표 2. TCO 박막의 두께별 면저항

	TiO ₂
1000 Å	550Ω/□
2000 Å	103Ω/□
3000 Å	45Ω/□
4000 Å	30Ω/□
5000 Å	22Ω/□

면저항 측정에 따른 두께 500nm에서 가장 좋은 특성을 보이는 TiO₂ 도핑된 박막의 Mobility에 따른 비저항 값을 나타내었으며, 박막의 두께가 두꺼워 질수록 Mobility의 값이 증가함으로 인해 비저항 값은 감소하여 두께 500nm에서는 $1.0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 의 비저항 값을 측정 하였다.[5]

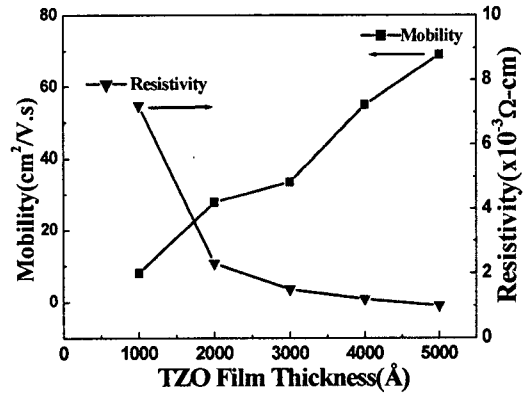


그림 3. TZO 박막의 Mobility에 따른 비저항 변화

4. 결론

ZnO에 불순물을 도핑한 여러 박막에 관한 광학적 전기적 구조적 특성에 관한 연구로서 광학적 특성은 박막의 두께를 500nm로 하여 광투과율을 측정하여 80%정도의 결과를 얻을 수 있었고 밴드갭 에너지는 SZO : 3.35eV, TZO : 3.4eV, AZO : 3.5eV, 의 결과를 얻었고, 두께 500nm의 TiO₂가 Doping된 박막에서 투과도 80%, 면저항 22Ω/□ 비저항 : 1.0×10^{-3} 의 값을 측정할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임,
본 연구는 교육인적자원부가 지원하는 제2단계BK21 사업의 재정지원을 받은것임.

참고 문헌

- [1] 김규형, 박승환, 김중재, 김화민, 새물리, Vol. 46, No. 4, p.213, 2003.
- [2] 채홍철, 홍주화, Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 20, No. 4, p. 367, 2007.
- [3] J-L Chung, J-C Chen, C-J Tseng, Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol. 69, p. 535, 2008.
- [4] 김봉석, 김응권, 강현일, 이규일, 이태용, 송준태, Journal of the Korean Vacuum Society, Vol.16, No. 2, p. 105, 2007.
- [5] 최시영, 마대영, 박옥동, 최규만, 김기와, 박막 공학의 기초 Chap. 6. p. 208, 2001.