

ZTO/Ag/ZTO 다층 박막의 기계적 유연성에 대한 연구

Study for mechanical flexibility of ZTO/Ag/ZTO multilayer

*은경태¹, #좌성훈¹, 오세인¹, 이미경², 김한기³, 임종욱³, 강신비³

*K. T. Eun,[#]S. -H. Choa(shchoa@seoultech.ac.kr)¹, S. I. Oh¹, M. K. Lee¹,

H. -K. Kim², J. W. Lim², S. B. Kang²

¹서울과학기술대학교 NID 융합기술대학원, ²서울과학기술대학교 기계시스템디자인학과

³경희대학교 신소재 공학과

Key words : Transparent conducting oxide, R2R sputtering, Multilayer thin film, Bendability, Reliability

1. 서론

현재 박막형 태양전지, e-paper, display, organic light emitting diodes(OLEDs)등과 같은 기기들은 transparent conducting oxide(TCO)가 반드시 필요하다. TCO 로 가장 많이 활용되고 있는 indium tin oxide(ITO) 박막은 투과도 및 전기적 특성은 우수하나, 공정 온도의 제약, indium 고갈에 따른 높은 비용, brittle 한 특성으로 인한 유연성 확보에 문제가 있다. 또한 최근에는 대면적 및 연속공정을 목적으로 하는 roll-to-roll (R2R) 공정을 활용한 유연소자 개발이 시도되면서 소자 및 TCO 전극의 유연성 확보에 대한 문제가 대두되고 있다. 이러한 유연성 문제를 해결하고자 bending 과 같은 유연성 시험 방법이 수행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 ITO 박막[1]의 유연성을 개선하기 위하여 R2R sputtering 공정을 통해 Zinc-Sn-Oxide/silver/Zinc-Tin-Oxide (ZTO/Ag/ZTO) 의 다층 박막을 제작 하였으며, outer/inner bending 시험을 통해 다층박막의 기계적 유연성에 대한 연구를 진행하였다.

2. ZTO/Ag/ZTO 다층박막 제작

본 논문에서는 R2R sputtering 공정을 활용하여 ZTO/Ag/ZTO 다층 박막을 제작 하였다. ZTO 박막의 제작은 50 wt.% ZnO 와 50 wt.% SnO 의 조성의 target 을 사용하였고, 사전 실험을 통해 100 W 의 RF power 와 3 mTorr 의 working pressure 를 공정조건으로 설정하였다. R2R sputtering 공정을 이용하여 PET 기판 위에 박막의 크기는 10 x 10 mm², 두께는 bottom ZTO 35 nm, Ag 12 nm, top ZTO 35 nm 순서로

상온에서 증착 되었다. Fig. 1 은 R2R 공정을 이용하여 제작된 ZTO/Ag/ZTO 다층박막을 보여주고 있다. R2R sputtering 공정을 이용하여 제작된 ZTO/Ag/ZTO 다층박막의 가시광선 영역에서의 투과도는 약 80 % 이며, 비저항은 약 5.66 x 10⁻⁵Ω·cm 로 측정되었다. 보통의 ITO 박막에 비해 낮은 비저항을 나타냈다.

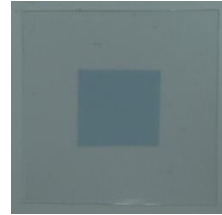


Fig. 1 ZTO/Ag/ZTO multilayer deposited on PET substrate using R2R sputtering system

3. ZTO/Ag/ZTO 다층박막의 bendability

Fig. 2 는 ZTO/Ag/ZTO 다층박막의 기계적 유연성 시험 방법을 나타내고 있으며, 각각 (a) outer bending 과 (b) inner bending 시험 방법의 개념도를 나타내고 있다.

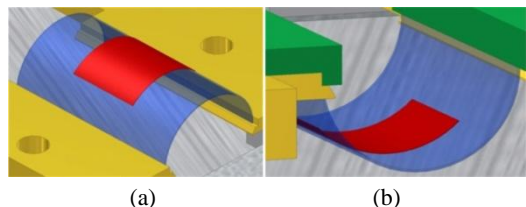


Fig. 2 Schematic of (a) outer bending, (b) inner bending

Fig. 2 에 제시한 개념도와 같은 기계적 유연성 시험을 진행하기 위하여 기계적 유연성

시험 장비를 자체 제작 하였다. 시험 장비의 bending radius 정의는 식 (1)을 이용하였다. 또한 박막의 crack 관찰 및 저항 측정은 광학 현미경과 4 - probe station 을 이용하여 실시간으로 측정하였다.

$$\text{Bending radius} = \frac{L}{2\pi\sqrt{\frac{L}{dL} - \frac{\pi^2 h_s^2}{12L^2}}} \quad (1)$$

4. ZTO/Ag/ZTO 다층박막의 기계적 유연성 평가

Fig. 3(a) 는 ZTO/Ag/ZTO 다층박막의 outer bending 시험 결과를 보여주고 있다. Outer bending 시험 결과 bending radius 3 mm 일 때 박막 표면에 crack 발생과 동시에 저항이 급상승 하였다. Fig. 3(b) 는 outer bending 시 발생한 crack 사진을 제시하고 있다. Crack 의 형상을 살펴보면, crack 은 직선의 형태로 여러 개로 발생된 모습을 알 수 있다.

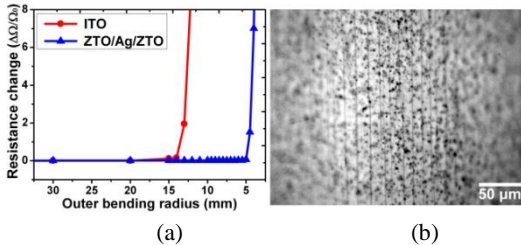


Fig. 3 (a) resistance change of ZTO/Ag/ZTO when the outer bending, (b) crack image of ZTO/Ag/ZTO

Fig. 4(a) 는 ZTO/Ag/ZTO 다층박막의 inner bending 시험 결과를 나타내고 있다. Inner bending 시험 결과 bending radius 4.5 mm 에서 약간의 저항 변화가 발생하였다. Fig. 4(b) 는 inner bending 시 발생한 crack 을 광학현미경으로 관찰한 모습이다. Outer bending 의 crack 형상과 비교해 보면, crack 의 boundary 가 매끄럽지 못한 모습을 보인다. 또한 inner bending 시 crack 발생 시점의 저항 변화량은 outer bending 변화량에 비해 크지 않다. 이는 inner bending 시 박막에 작용하는 compressive stress 때문으로 판단된다. 박막에 crack 이 발생되어도 electrical conduction path 는

유지가 되어 저항변화가 크지 않은 것으로 판단된다.

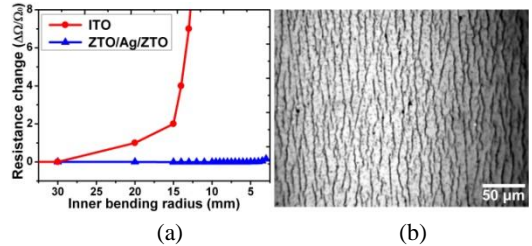


Fig. 4 (a) resistance change of ZTO/Ag/ZTO when the inner bending, (b) crack image of ZTO/Ag/ZTO

5. 결론

본 연구에서는 R2R sputtering 공정을 이용하여 상온에서 PET 기판 위에 제작된 ZTO/Ag/ZTO 다층박막의 기계적 유연성에 대한 연구를 수행하였다. Outer/inner bending 시험 결과 ZTO/Ag/ZTO 다층박막이 ITO 박막보다 기계적 유연성이 매우 우수하였음을 알 수 있었다. ITO 박막보다 전기 전도도 및 기계적 유연성이 우수한 ZTO/Ag/ZTO 다층박막은 ITO 박막을 대체 할 수 있는 TCO 로써 매우 적합하다고 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부, 산업 원천 기술 개발 산업의 일환인 “유연 실리콘 메모리용 접촉 제어 및 생산 공정 기술 개발”의 지원 및 산업기술연구회 협동연구사업의 “나노잉크를 이용한 박막형 슈퍼캐패시터 연속 생산 공정 및 시스템 개발”의 지원에 의한 것 입니다.

참고문헌

1. Y.Z.-N et al., “The electrical stabilities of flexible ITO thin films on buffer layer coated PET, Optical Fiber Communication & Optoelectronic Exposition & Conference, AOE 2008.
2. S. -I. Park et al., “Theoretical and Experimental Studies of Bending of Inorganic Electronic Materials on Plastic Substrates, Adv. Funct. Mater. 18, 2673-2684, 2009.