

투명 PI 기판 위에 증착된 유연 IZTO 박막의 굽힘 신뢰성 The bending reliability of flexible and transparent IZTO thin film deposited on the transparent PI film

*황우진¹, #좌성훈¹, 은경태¹, 김용성¹

*W. J. Hwang¹, #S. H. Choa(shchoa@snu.ac.kr)¹, K. T. Eun¹, Y. S. Kim¹

¹서울산업대학교 NID 융합대학원

Key words : IZTO, ITO, Bending, Flexibility, Transparent, Mechanical reliability, Plastic substrate

1. 서론

투명 전극 중의 하나인 ITO 박막은 OLED, 터치패널, 박막 태양전지 등 디스플레이 산업 전반에 걸쳐 광전자 소자의 투명전극으로써 다양하게 사용되고 있다[1]. 최근 유연 소재에 대한 관심이 증대되면서 ITO 박막을 유연 기판에 적용하려는 다양한 시도가 이루어지고 있다. 그러나 ITO 박막은 상전이 온도가 낮아 그 박막이 좋은 특성을 갖기 위해서는 300 °C 이상의 공정 온도가 필요하기 때문에 PET, PI 필름과 같은 고온에 약한 플라스틱 기판에 증착할 경우 소자의 신뢰성 확보가 어렵다. 따라서 저온공정이 가능한 새로운 재료가 필요하다. 이에 따라 공정 온도를 낮출 수 있는 새로운 투명전극으로써 In-Zn-Sn-O(IZTO) [2]에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 이러한 새로운 TCO 박막에 대한 연구에서 굽힘, 굽힘 피로와 같은 기계적 신뢰성을 분석한 연구는 매우 제한적이다.

따라서 본 연구에서는 IZTO 단일 타겟을 이용한 비정질 구조를 갖는 IZTO 박막을 산소 분압법에 의한 산소의 양을 1-3 % 로 조절하여 상온에서 투명 PI 기판 위에 각각 증착한 후 기계적 신뢰성에 대한 연구를 진행하였다.

2. 시편준비 및 실험조건

200 nm 두께의 IZTO 박막을 pulsed DC magnetron sputtering 방식으로 70 wt.% In₂O₃, 15 wt.% ZnO, 15 wt.% SnO₂의 조성비율을 갖는 2 인치 타겟을 사용하여 125 μm 두께의 투명 PI 기판(25×25 mm, Mitsubishi Co., LTD) 위에 상온에서 증착하였다. 예비 실험을 통해

최적의 플라즈마 파워(125W)와 증착 압력(6 mTorr)을 얻었다. 그 값으로 파워와 증착 압력을 고정하였고, 플라즈마 발생기체인 Ar 과 반응성 기체인 O₂ 의 비율 (O₂/Ar+O₂)을 1-3 % 로 조절하여 IZTO 박막을 증착하였다. IZTO 박막의 기계적 신뢰성 측정을 위하여 컴퓨터 컨트롤이 가능한 자체 제작한 굽힘 머신을 사용하였다. 실험 시 IZTO 박막의 전기적 특성 변화를 감지하기 위하여 4-point probe station 을 이용하였고, 광학 현미경을 이용하여 굽힘 시 발생하는 크랙을 관찰하였다.

3. 결과 및 토의

Fig. 1 은 투명 PI 기판 위에 상온에서 증착된 IZTO 박막의 XRD 패턴을 보여주고 있다. 상온에서 증착된 IZTO 박막의 결정 구조는 산소의 함량에 상관없이 회절면에 어떤 peak 도 나타내지 않는 비정질 구조를 나타내고 있다.

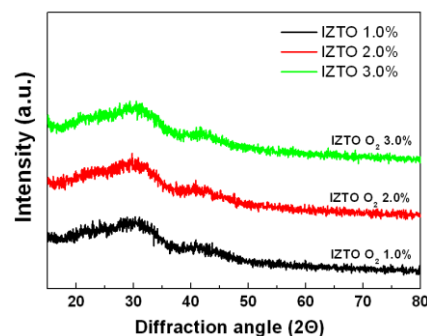


Fig. 1. XRD patterns of the IZTO films

Fig. 2 는 산소 분압에 따른 IZTO 박막의 인장 굽힘 실험 결과를 나타내고 있다. 굽힘 실험 결과 곡률 반경이 감소함에 따라 IZTO

박막의 저항 변화는 초기에는 발생하지 않았으나, 특정 구간에서부터 발생하기 시작하였다. IZTO 박막의 굽힘 신뢰성은 산소 분압별로 각각 다른 결과를 보였다. 산소의 양이 1% 일 때 IZTO 박막의 굽힘 가능 반경은 10 mm, strain 0.625% 로 측정되었다. 산소의 양이 3% 일 때 굽힘 가능 반경은 7.5 mm, strain 0.833% 로 측정되었다. 즉 IZTO 박막은 매우 높은 굽힘 신뢰성을 보였고, 또한 산소의 양이 증가할수록 굽힘 신뢰성이 향상됨을 확인할 수 있었다. 곡률 반경이 계속 작아짐에 따라 발생한 크랙의 수가 증가하였고, 크랙의 증가에 따라 저항 변화율의 기울기가 점점 커지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 IZTO 박막의 곡률 반경이 작아짐에 따라 IZTO 박막에 가해지는 tensile strain 이 증가하기 때문이다. 파괴응력 이상으로 strain 이 가해 지면서 크랙이 발생하게 되고, 지속적인 strain 의 증가는 박막상의 크랙 밀도를 증가시키게 되는데, 이는 저항 변화율이 급격하게 상승하게 된 원인으로 판단된다.

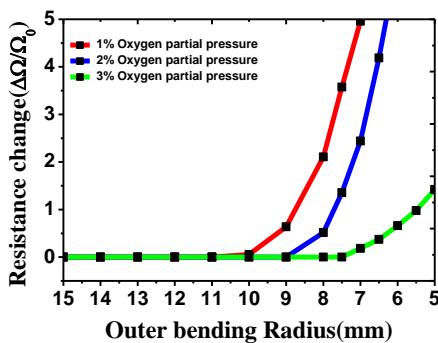


Fig. 2. Bending reliabilities of the IZTO films

Fig. 3 은 IZTO 박막의 피로 실험 결과를 나타내고 있다. 박막을 굽히지 않은 초기 상태에서 굽힘 곡률 반경을 15 mm, strain 0.417% 로 굽혔다가 다시 초기 상태로 오는 것을 한 회로 하여 총 2000 회 동안 굽힘 속도를 0.5 Hz 로 하여 실험을 진행하였다. Fig. 3 의 inset 에서 나타내는 것처럼 y 축의 저항 변화율을 확대하여 살펴본 결과 총 2000 회의 피로실험에서 IZTO 박막의 저항 변화율은 약 1% 이하로 나타났다. IZTO 박막은 굽힘 피로에서 매우 우수한 굽힘 신뢰성을 보였다.

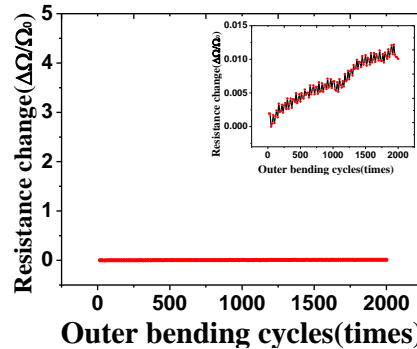


Fig. 3. Bending fatigue reliability of the IZTO film

4. 결론

비정질 구조를 갖는 IZTO 박막을 DC magnetron sputtering 방식을 이용하여 상온에서 투명 PI 기판 위에 증착하였다. 굽힘 실험 결과 증착 시 조절된 산소량의 증가에 따라 IZTO 박막의 기계적 특성이 향상되었으며, 산소의 함량이 3% 일 때 곡률 반경이 7.5mm 로 가장 우수한 특성을 나타내었다. 피로 실험 결과 IZTO 박막의 저항 변화가 거의 없는 매우 우수한 내구성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. IZTO 박막의 기계적 신뢰성은 유연 디스플레이 소자에 응용 가능한 투명 전극으로써 매우 우수한 기계적 신뢰성을 보였다.

후기

본 연구는 지식경제부, 산업원천기술개발 산업의 일환인 "3 차원 멀티스케일 구조물 제작기술 개발"의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [2] F.L. Wong et al., Flexible organic light-emitting device based on magnetron sputtered indium-tin-oxide on plastic substrate, Thin Solid Films, 466, 225-230, 2004
- D.Y. Lee et al., Study on In-Zn-Sn-O and In-Sn-Zn-O films deposited on PET substrate by magnetron co-sputtering system, Surface & Coatings Technology, 202, 5718-5723, 2008