

연성소자용 투명산화물 박막의 기계적 특성 평가

Mechanical Properties Evaluation of the Transparent Oxide Thin Films for Flexible Devices

이성훈^{a*}, 윤정흠^a, 조상현^a, 정재혜^a, 정유정^a, 이진환^a

^{a*}재료연구소 융합공정연구본부 기능박막연구그룹 (E-mail:shlee@kims.re.kr)

초 록: 연성 기판을 기조로 하는 플렉서블 디스플레이 등의 연성 소자에 적용되는 TCO, 투습방지막의 기계적 특성을 시험하였다. 실제 사용 환경에서의 기계적 특성을 평가하기 위하여 굽힘시험과 인장시험을 적용하였다. PET기판위에 PE-CVD공정으로 성장된 실리콘 산화물(SiO_x) 박막과 그 위에 스퍼터링 공정으로 성장된 투명 전도성 산화물(TCO, Transparent Conducting Oxide) 박막의 시험 결과, 균열 생성 임계 변형량은 TCO 박막에 의해서 결정됨을 알 수 있었다. 따라서 향상된 기계적 특성을 얻기 위해서는 TCO 박막의 특성 제어가 필요하다.

1. 서론

디스플레이의 변천에 대해 많은 전문가들은 평판형 디스플레이 후에 출현하게 될 차세대 디스플레이로서 플렉서블 디스플레이를 꼽기를 주저하지 않는다. 플렉서블 디스플레이 구현을 위해서 아주 얇은 유리, 금속 호일, 플라스틱 필름이 고려되지만, 이 중 플라스틱 기판재료가 가장 유력한 기판 소재 물질로 받아들여지고 있다. 플라스틱 기판 재료의 사용을 위해서는 수분 및 산소의 침투를 방지하는 투명 보호막 물질과 투명 전도성 물질의 증착이 필수적이다. 이러한 목적을 위해 현재까지 개발되어 사용되고 있는 가장 우수한 특성은 산화물 박막들에서 발견된다. 알려진 사실과 같이 산화물 박막의 경우, 외력에 의한 기계적 변형이 발생하면 재료자체의 취약성 때문에 쉽게 균열 발생 및 전파가 일어나게 되게 종래에는 소자의 작동이 불가능하게 되는 상황에 이르게 된다. 따라서 연성 소자의 구현을 위한 플라스틱의 표면에 증착되는 산화물 박막의 기계적 특성 평가는 연성 소자의 구현을 위해 필수 불가결하다.

본 연구에서는 인장 및 굽힘 시험이 가능한 시험기를 사용하여 TCO 박막 및 보호막 개개의 기계적 특성 및 TCO/보호막/PET 조합에 대한 기계적 특성을 평가하고자 하였다.

2. 본론

본 연구에서는 TCO 박막으로서 인듐아연산화물(IZO, Indium Zinc Oxide)을 마그네트론 스퍼터링(MDS) 공정에서 증착하였다. 면적 15×100 mm, 두께 188 μm의 PET 기판상에 증착온도 100℃미만, 스퍼터 전력 RF 200 W, 작업 가스 Ar, 공정 압력 2 mTorr의 공정 조건을 적용하여 두께 135 nm에서 비저항 3.2×10⁴ Ω·cm, (면저항 25 Ω/□), 광투과도 85 %이상의 특성을 갖는 박막을 준비하였다. 투습 방지용 보호막으로서 HMDSO를 증착원료 물질로 사용하여 CCP타입 PECVD공정에서 실리콘 산화물(SiO_x)박막을 증착하였다. 동일한 PET 기판상에 증착온도 100℃미만, 인가되는 RF 전력 200 W조건에서 두께 30 ~ 300 nm 박막을 준비하였다. 보호막의 두께에 따른 기계적 특성의 변화 고찰과 함께 PET/보호막의 개면구조 개선에 따른 특성 변화를 살펴보기 위하여 중간층을 삽입한 조건에 대해서도 시험하였다. 시험 평가를 위한 시험편의 층구조를 그림 1에 모식적으로 나타내었다.

준비된 박막의 기계적 특성은 인장 및 굽힘이 가능한 시험기를 자체제작 하여 인장 및 굽힘 모드에서 주어진 외력에 의한 변형과 변형에 따른 박막의 파괴거동을 관찰하였다. 자체 제작된 시험기를 그림 2에 나타내었다. 굽힘 또는 인장 시험중 외력에 의한 파괴 거동을 관찰하기 위하여 광학현미경으로 실시간 표면 형상 관찰을 하였고 이에 부가하여 표면에서의 전기적 변화를 실시간 측정하였다. 투습 방지용 보호막은 전기 전도성을 가지지 못하므로 기계적 특성 평가를 위하여 10 nm IZO를 증착하여 시험하였다.

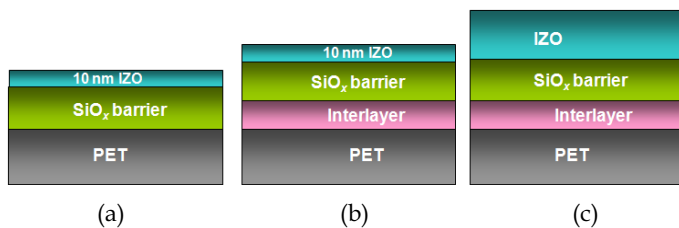


Fig. 1. Layer structure of the samples

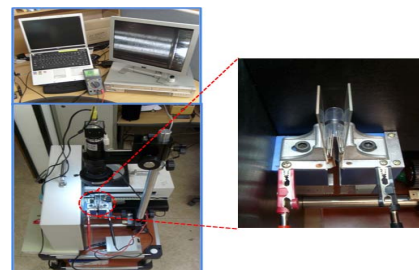


Fig. 2. Test system for mechanical properties evaluation of flexible films.

3. 결론

굽힘 시험에 의한 기계적 특성 평가 결과를 그림 3에 나타내었다. 변형에 따른 박막 특성의 열화 정도는 균열 생성 및 전파에 의한 것이므로 전기 전도 특성의 변화에 의해 모니터링 될 수 있다. 초기 저항(R_0)에 대한 변형에 따라 변화된 저항(ΔR)을 각각 측정하여 도달하면 충분히 균열이 발전한 것으로 판단하였다.

135 nm 두께 IZO 박막은 굽힘 반경 19 mm 근방에서 $\Delta R/R_0$ 값이 10%에 도달 하였으나 135 nm IZO/ 300 nm SiO_x /중간층 시편의 경우 17 mm 근방에서 $\Delta R/R_0$ 값이 10%에 도달하였다. 더욱이 135 nm IZO/ 90 nm SiO_x /중간층 시편의 경우 14 mm 근방까지 전기적 특성의 변화가 감지되지 않았다.

상기 결과로부터 균열 생성 임계 변형량은 TCO 박막에 의해서 결정될 것이라 판단 할 수 있다. 따라서 향상된 기계적 특성을 얻기 위해서는 TCO 박막의 특성 제어가 필요하다.

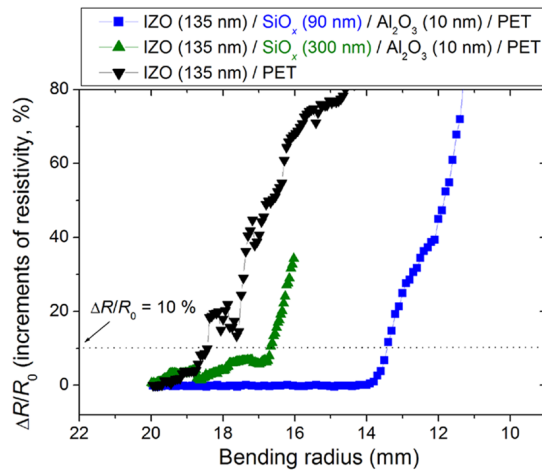


Fig. 3. Results of mechanical properties evaluation of flexible films.