

SiO₂/PES/SiO₂ 기판에 상온에서 성장시킨 플렉서블 디스플레이용 IZO 애노드 박막의 특성

배정혁, 문종민, 김한기, 이성호*
금오공과대학교, *구미전자기술연구소

Characteristics of IZO anode films grown on SiO₂/PES/SiO₂ substrate at room temperature for flexible displays

Jung-Hyeok Bae, Jong-Min Moon, Han-Ki Kim, S. -H. Lee*

Kumoh National Institute of Technology (KIT), *Gumi Institute of Electronics Technology (GIET).

Abstract : Electrical, optical, surface, and structural properties of amorphous indium zinc oxide (IZO) films grown on SiO₂/PES/SiO₂ substrate by a RF sputtering in pure Ar ambient at room temperature were investigated. A sheet resistance of 13.5 Ω/□, average transmittance above 85 % in 550 nm, and root mean square roughness of 10.5 Å were obtained even in the IZO layers grown at room temperature in pure Ar ambient. Without addition of oxygen gas during IZO sputtering process, we can obtain high quality IZO anode films from the specially synthesized oxygen rich IZO target. XRD result shows that the IZO films grown at room temperature is completely amorphous structure due to low substrate temperature. In addition, the electrical and optical properties of the flexible OLED fabricated on IZO/SiO₂/PES/SiO₂ is critically influenced by the electrical properties of a IZO anode. This findings indicate that the IZO/SiO₂/PES/SiO₂ is a promising anode/substrate scheme for realizing organic based flexible displays.

Key Words : IZO, RF sputtering, PES, OLED, ITO, flexible displays

1. 서 론

최근 정보통신 기기의 급격한 발전과, 전자 페이퍼, 금속과 유사한 전도성을 띄는 고분자 물질의 발견으로 인하여 가볍고, 휘어지면서도 소자의 특성을 그대로 유지할 수 있는 플렉서블 디스플레이에 대한 관심이 날로 증대되고 있다. 이러한 요구에 부합하는 소자로써 차세대 디스플레이로 각광받고 있는 유기발광소자를 (Organic Light Emitting Diode) 플렉서블 디스플레이로 응용하기 위해선 낮은 저항, 높은 투과율, 낮은 표면 거칠기, 외부 변형에 대한 안정된 기계적 특성, 그리고 높은 일함수를 갖는 애노드 박막의 개발이 필요하다. 유기발광소자의 애노드로 많이 사용되는 ITO의 경우 낮은 저항과 높은 투과도를 확보하기 위해 고온 공정을 통해 다결정의 박막을 성장시키기 때문에 폴리머 기판을 사용하는 플렉서블 디스플레이로의 적용이 어렵게 된다. 그러나 IZO 박막의 경우 비정질 구조에서도 매우 우수한 전기적, 광학적, 표면 특성을 가지고 있어 플렉서블 디스플레이 제작에 매우 적합한 재료로 보고되고 있다 [1,2]. 또한 산소 가스의 첨가 없이 아르곤 가스만으로도 우수한 특성의 IZO 박막을 스퍼터링 방식으로 얻을 수 있는 장점을 가지고 있어 많은 연구가 진행되고 있다 [3]. 이에 본 그룹은 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 SiO₂ 박막이 양면에 보호막으로 코팅이 된 플렉서블 PES 기판에 아르곤 가스만을 이용하여 IZO 애노드 박막을 성막하고 박막의 전기적, 구조적, 광학적, 그리고 표면 특성을 연구하였다. 또한 비정질 IZO 애노드 상에 저분자 유기물 박막을 이용한 플렉서블 디스플레이

를 제작하여 플렉서블 디스플레이의 전기적, 광학적 특성에 미치는 IZO 애노드 특성을 분석하였다.

2. 실험

RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 SiO₂ 박막이 양면에 보호막으로 코팅된 PES 기판 위에 100~200 nm 두께의 IZO 박막을 상온에서 성막하였다. 산소 가스의 주입 없이 아르곤 가스만을 이용하여 IZO 박막을 성막하기 위해 타겟 내 산소의 조성이 높은 IZO 타겟을 직접 제작하였다. 이렇게 제작된 IZO 타겟을 이용하여 상온에서 IZO 박막을 여러 가지 변수에 따라 성막하였다. 이때 아르곤 가스를 20 sccm, 타겟과 기판간 거리는 10 cm로 고정하였다. RF 파워, 기판온도, 및 작업 압력을 성막 변수로 하여 IZO 박막을 SiO₂/PES/SiO₂ 기판과 Si기판 상에 동시에 성막 하였으며 성막 후 α-스텝을 이용하여 박막의 두께를 측정하여 성막 속도를 계산하였다. UV/VIS spectrometry를 이용하여 각 샘플들의 변수에 따른 투과도를 측정하였으며, XRD와 TEM 분석을 통해 IZO 박막의 구조적 특성을 분석하였다. 또한 SEM과 AFM 분석을 이용하여 변수에 따른 IZO 표면의 변화를 관찰하였으며, 4-point probe 장비를 이용하여 전기적 특성을 분석하였다. 이렇게 제작된 IZO 애노드 상에 인광물질인 Ir(ppy)₃를 이용하여 NPB (HIL)/CBP+6 wt% Ir(ppy)₃ (EML)/BCP (HBL)/Alq₃ (ETL)/LiF (EIL)/AI의 구조를 가지는 플렉서블 유기발광소자를 제작하였다. 이렇게 제작된 유기 발광 소

자를 Keithely 2400 과 Si 포토다이오드를 이용해 전류-전압-휘도 특성을 분석 하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 플렉서블 SiO₂/PES/SiO₂ 기판 위에 성막된 IZO 애노드 박막의 RF 파워와 작업 압력의 증가에 따른 표면 저항을(Sheet resistance) 나타내고 있다.

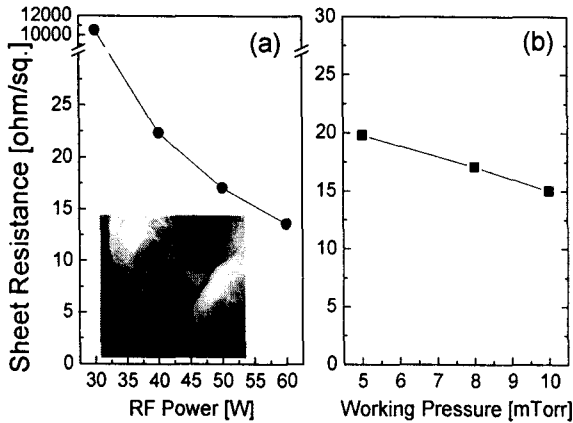


그림 1. 아르곤 가스를 이용해 SiO₂/PES/SiO₂ 기판 상에 성막한 IZO 박막의 (a) RF 파워 증가 및 (b) 작업압력 증가에 따른 표면 저항과 휘어진 상태에서의 사진.

RF 파워가 증가할수록 IZO 박막의 밀도가 증가하게 되어 표면저항이 감소하는 경향을 보이고 있으며, 작업 압력에 증가에 따라서도 표면 저항이 감소하는 경향을 보이고 있다. 그림 1에서 알 수 있듯이 아르곤 가스를 이용해서 성장시킨 IZO 애노드는 상온에서 성막 했음에도 불구하고 기존의 ITO 박막의 전기적 특성과 유사한 표면 저항을 나타내었다. 일반적으로 유기발광소자용 애노드 박막의 경우 최소 10 Ω/□ 이하의 표면 저항이 요구되는데 그림 1에 나타낸 바와 같이 플렉서블 PES 기판 상에 성막한 IZO 애노드의 경우 낮은 성막 온도에서도 최소 13 Ω/□의 표면 저항을 나타내었다.

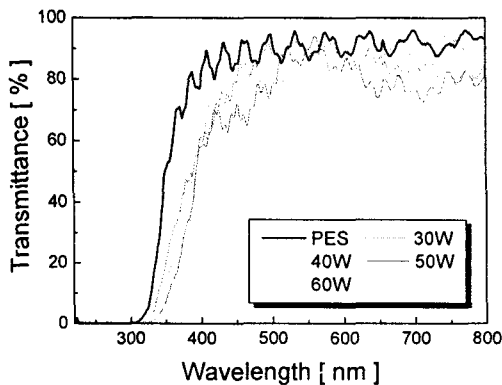


그림 2. RF 스퍼터를 이용하여 플렉서블 SiO₂/PES/SiO₂ 기판 상에 성막한 IZO 박막의 투과도.

그림 2는 플렉서블 SiO₂/PES/SiO₂상에 증착된 IZO 박막의 RF 파워 증가에 따른 투과도를 나타낸다. 산소를 넣지 않고 아르곤 가스만을 사용했음에도 불구하고 가시광선 영역에서 전체적으로 80 % 이상의 투과율을 나타내고 있으며 특히, 550 nm 파장대 에서 85 % 이상의 높은 투과율을 나타내고 있다. 그림 3은 플렉서블 SiO₂/PES/SiO₂ 기판 위에 성막 한 IZO 애노드를 이용해 만든 플렉서블 유기발광소자의 전류-전압-휘도 특성을 나타낸다. IZO 박막의 표면저항 증가에 따라 전류밀도와 휘도가 감소하여 이는 IZO의 저항 증가에 따른 출구입 효율의 감소에 기인한다. 따라서 고품위 플렉서블 디스플레이를 구현하기 위해선 낮은 저항을 가지는 애노드 박막의 제작이 매우 중요하다.

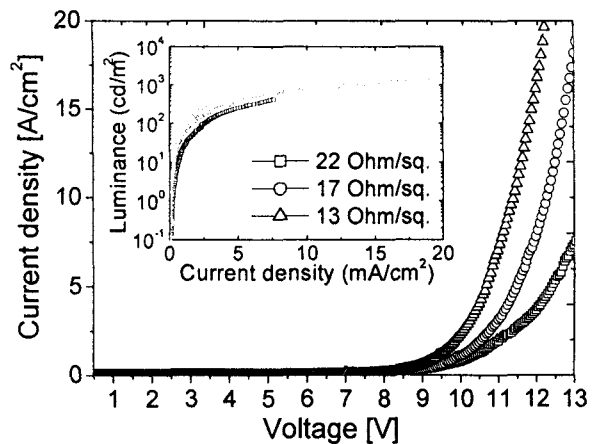


그림 3. 표면 저항이 다른 IZO 애노드를 이용하여 제작한 플렉서블 인광 유기발광소자의 전류-전압-휘도 특성

4. 결론

RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 플렉서블 SiO₂/PES/SiO₂ 기판 상에 IZO 박막을 아르곤 가스만을 이용하여 성막 하였다. 직접 제작한 IZO 타겟을 이용하여 산소 주입 없이 상온에서 IZO 박막을 성막 했음에도 불구하고 가시광선 영역에서 높은 투과도와 낮은 표면 저항, 낮은 표면 거칠기를 나타내었다. 또한 조건에 따라 각기 다른 저항을 가진 IZO 애노드를 이용하여 제작한 플렉서블 유기발광소자의 전류-전압-휘도 특성은 IZO의 표면 저항에 영향을 받음을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Han-Ki Kim, K.-S. Lee, and J. H. Kwon, *Apl. Phys. Lett.* Vol. 88, p. 012103, 2006.
- [2] Han-Ki Kim, Kim, K.-S. Lee, and H.-A. Kang J. *Electrochem. Soc.* Vol. 153, p. H29-H33, 2006.
- [3] Gregory P. Crawford, *Flexible flat panel displays*, John Wiley & Sons, England, 2005.