

비정질 IZO 애노드 박막을 이용한 플렉서블 유기발광소자 특성

문종민, 배정혁, 정순욱, 김한기, 강재욱*
 금오공과대학교, 서울대학교 OLED센터*

Characteristics of amorphous IZO anode based flexible organic light emitting diodes

Jong-Min Moon, Jung-Hyeok Bae, Soon-Wook Jeong, Han-Ki Kim, Jae-Wook Kang*
 Kumoh National Institute of Technology (KIT), *OLED center Seoul National University

Abstract : We report on the fabrication of organic-based flexible display using an amorphous IZO anode grown at room temperature. The IZO anode films were grown by a conventional DC reactive sputtering on polycarbonate (PC) substrate at room temperature using a synthesized IZO target in a Ar/O₂ ambient. X-ray diffraction examination results show that the IZO anode film grown at room temperature is complete amorphous structure due to low substrate temperature. It is shown that the Ir(ppy)₃ doped flexible organic light emitting diode (OLED) fabricated on the IZO anode exhibit comparable current-voltage-luminance characteristics to OLED fabricated on conventional ITO/glass substrate. These findings indicate that the IZO anode film grown on PC substrate is a promising anode materials for the fabrication of organic based flexible displays.

Key Words : Flexible display, amorphous IZO, anode, polycarbonate (PC), OLED

1. 서 론

유기발광소자(Organic Light Emitting Device)는 유기물이 가지는 유연한 성질로 인해 차세대 디스플레이로 알려진 플렉서블 디스플레이로 응용이 가능하여 현재 많은 연구가 진행되고 있다[1,2]. 플렉서블 디스플레이에 사용되는 고분자 기판은 보통 150°C이하의 온도에서 공정이 가능하기 때문에 저온 공정에도 우수한 전기적, 광학적 특성을 가지는 애노드가 필요하다. 현재 유기발광소자의 애노드 재료로써 ITO(Sn doped In₂O₃)애노드 박막을 사용하고 있으나 ITO의 박막의 낮은 저항과 높은 투과도를 확보하기 위해 대부분 200°C이상의 고온공정을 사용하고 있을 뿐만 아니라 결정성으로 인해 습식 식각공정이 어렵고 화학적 불안정성으로 인해 ITO 박막의 품질이 쉽게 저하되는 특징을 가지고 있다[3]. 이로 인해 최근 IZO (Zn doped In₂O₃) 애노드가 ITO를 대체할 수 있는 새로운 플렉서블 디스플레이용 애노드 물질로 주목 받고 있다[4]. IZO는 상온공정에서도 낮은 저항과 높은 투과도를 가지는 비정질의 박막을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 화학적 안정성으로 인해 아르곤 가스만으로 투명전도막을 구현할 수 있는 장점으로 인해 ITO를 대체할 수 있는 가장 유망한 재료로 많은 연구가 진행되고 있다[5]. 그러나 IZO 박막의 우수한 특성에도 불구하고 조성의 최적화 작업이 어려워 아직 많은 보고가 되어있지 않고 있으며 IZO를 이용한 플렉서블 디스플레이의 연구 역시 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 Polycarbonate(PC)기판 위에 DC 스퍼터를 이용하여 상온에서 성장시킨 IZO애노드의 구조적, 전기적, 광학적, 표면 특성을 분석하고 최적의 조건에 성장시킨 IZO애노드를 이용하여 플렉서블 인광 유기발광소자를 제작하여 그 특성을 상용화된 ITO/유리기판에 제작된 인광 유기발광소

자와 비교하여 IZO박막의 우수성을 입증하였다.

2. 실험

In₂O₃:ZnO (90:10wt%) 타겟이 장착된 DC스퍼터를 이용하여 PC 기판 상에 비정질 IZO 애노드를 성막하였다. 진공도를 2×10⁻⁶Torr이하로 유지하고, 기판과 타겟과의 거리를 80mm로 유지하였다. 성막 시 작업압력은 5mTorr로 유지하였으며 1kW의 DC파워를 인가하고 Ar/O₂ 비를 0.04로 유지하였다. 기판의 온도는 50°C로 유지하였으며 성막시간을 조절하여 IZO의 두께를 조절하였다. XRD와 HREM 분석을 통하여 IZO 박막의 구조적 분석을 진행하였고 SEM과 AFM 분석을 통해 표면 특성을 관찰하였다. 또한 UV-visible spectrophotometer를 이용하여 PC상에 성막한 비정질 IZO 애노드의 투과도를 측정하였다. 가장 낮은 표면 저항을 가지는 IZO 애노드 상에 인광물질인 Ir(ppy)₃를 이용하여 PC/a-IZO/NPB/CBP+6 wt% Ir(ppy)₃/BCP/Alq₃/LiF/Al의 구조를 가지는 플렉서블 유기발광소자를 제작하였다. 특성 비교를 위해 상용화된 ITO/glass 기판을 이용하여 동일한 구조의 플렉서블 유기발광소자를 제작하였으며 Keithly2400과 Si포토다이오드를 이용하여 소자의 전류-전압-휘도 특성을 비교 분석하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 DC 스퍼터로 상온에서 PC기판 상에 성막시킨 IZO 애노드의 XRD 분석결과이다. 전체적으로 방향성이 없는 비정질의 구조를 나타내고 있으며 이는 성막 시 기판의 온도가 낮게 유지됨을 말해준다. 고온 공정이 필요한 ITO와 달리 IZO 애노드는 저온 공정에서도 낮은 표면 저항과(~25 Ω/□) 높은 투과율(~88% at 550 nm) 얻

을 수 있어 플렉서블 디스플레이로의 응용에 유리한 장점을 가지고 있다. 그림1의 사진은 PC 기판 상에 비정질 IZO 박막을 성막한 후 휘어진 상태에서도 안정한 특성을 보이는 사진이다.

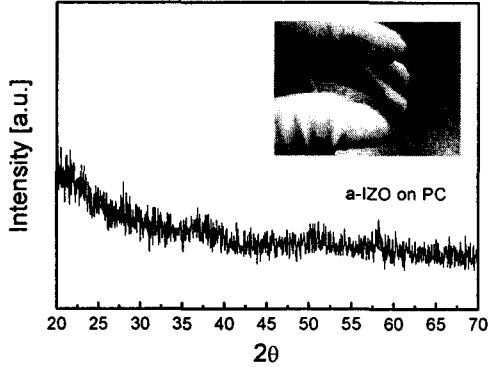


그림 1. DC스퍼터를 이용하여 상온에서 PC기판 상에 성막한 IZO 박막의 XRD 결과와 휘어진 기판 사진

그림 2는 IZO/PC기판 상에 제작한 플렉서블 유기발광소자와 ITO/glass 기판에 제작한 유기발광소자의 전압-전류-휘도 특성이다. 두 소자가 초기 전압에서 일정한 전류밀도를 보이다가 3V부근에서 급격히 증가하는 전류 특성을 나타내었다. 비정질 IZO 애노드를 사용하여 제작한 소자의 경우 10V에서 20.7 mA/cm²의 전류밀도를 나타내었고 ITO/Glass를 이용하여 제작한 소자의 전류밀도는 19.8 mA/cm²으로 유사한 전류밀도 특성을 확인할 수 있었다.

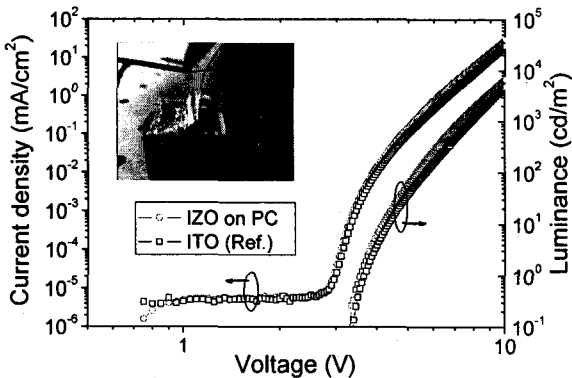


그림 2. IZO/PC 기판 상에 제작한 플렉서블 유기발광소자의 전압-전류-휘도 특성과 휘어진 소자의 발광 이미지

또한 소자의 휘도 특성은 3 V부근에서 부터 급격히 증가하는 현상을 나타내었다. 10 V의 인가전압에서 ITO/Glass를 이용한 소자는 4000 cd/m²의 휘도를 나타내었으나 비정질 IZO/PC를 이용하여 제작한 소자의 경우 6000 cd/m²의 휘도 특성을 나타내었다. 휘어진 소자에서의 발광 이미지를 그림 2의 삽입된 사진에 나타내었다. 캐소드(AI)층을 제외한 모든 요소들의 구조가 비정질 상태로 이루어져 있어 외부의 힘에 의한 변형에도 안정된 상태의 발광 모습을 보이고 있다.

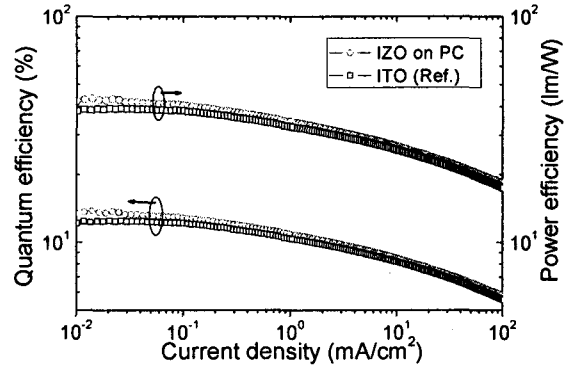


그림 3. IZO/PC 기판 상에 제작한 플렉서블 유기발광소자의 외부양자효율 및 전력효율

그림 3은 IZO/PC 기판 상에 제작한 플렉서블 유기발광소자와 ITO/glass 기판에 제작한 유기발광소자의 외부양자효율 및 전력효율 특성이다. IZO/PC 상에 제작한 소자의 경우 최대 14 %의 양자효율과 약 35 lm/W의 전력효율을 나타내며 ITO/Glass 상에 제작한 소자의 경우 최대 12 %대의 양자효율과 약 30 lm/W의 전력효율을 나타내었다. 이와 같이 비정질 IZO 애노드는 상온에서 성막했음에도 불구하고 상용화된 ITO와 유사한 전류-전압-휘도 특성과 향상된 효율 특성을 나타내는데 이는 비정질 IZO의 우수성과 ITO의 대체 가능성을 말해준다.

4. 결론

DC 스퍼터를 사용하여 상온에서 성막한 IZO 애노드의 전기적, 구조적, 광학적, 표면적 특성을 분석하고 인광재료를 이용한 플렉서블 유기발광소자를 제작하여 전류-전압-휘도 특성을 분석하였다. IZO 애노드는 PC 기판 상에서 성막하여 완전한 비정질의 구조를 나타내었으며 이를 이용하여 제작한 플렉서블 유기발광소자의 특성은 상용화된 ITO/Glass 기판 상에 제작한 유기발광소자와 유사한 전류-전압-휘도 특성과 향상된 양자효율 및 전력효율 특성을 나타내었다. 이는 IZO애노드가 차세대 플렉서블 디스플레이에 적합한 애노드 재료임을 보여준다.

참고 문헌

- [1] 김한기, "유기 EL 디스플레이", 한국 소성가공학회지, Vol.14(9), p. 731-740, 2005.
- [2] 키도 준지, "유기 EL", 청문각, p. 34, 2004.
- [3] X. Jiang, F. L. Wong, M. K. Fung, and S. T. Lee, Appl. Phys. Lett. 83, 1875, 2003.
- [4] Tadatsugu Minami, "New n-Type Transparent Conducting Oxides.", MRS bulletin/August 2000.
- [5] J. -J. Ho and C. -Y. Chen, "Power effects in indium-zinc oxide thin films for OLEDs on flexible applications", J. Electrochem. Soc. Vol. 153, p. H29-H33, 2006.