

# PC 기판위에 성막한 IZO/Ag/IZO 박막의 특성과 이를 이용하여 제작한 플렉시블 유기발광다이오드의 특성 분석

조성우, 정진아, 배정혁, 문종민, 최광혁, 김한기  
국립금오공과대학교, 정보나노소재공학과

## Characteristics of flexible IZO/Ag/IZO anode on PC substrate for flexible organic light emitting diodes

Sung-Woo Cho, Jin-A Jeong, Jung-Hyeok Bae, Jong-Min Moon, Kwang-Hyuk Choi, and Han-Ki Kim

Dept. of Information and Nano Materials Engineering, Kumoh National Institute of Technology (KIT)

**Abstract** : IZO/Ag/IZO (IAI) anode films for flexible organic light emitting diodes (OLEDs) were grown on PC (polycarbonate) substrate using DC sputter (IZO) and thermal evaporator (Ag) systems as a function of Ag thickness. To investigate electrical and optical properties of IAI stacked films, 4-point probe and UV/Vis spectrometer were used, respectively. From a IAI stacked film with 12nm-thick Ag, sheet resistance of 6.9  $\Omega/\square$  and transmittance of above 82 % at a range of 500-550 nm wavelength were obtained. In addition, structural and surface properties of IAI stacked films were analyzed by XRD (X-ray diffraction) and SEM (scanning electron microscopy), respectively. Moreover, IAI stacked films showed dramatically improved mechanical properties when subjected to bending both as a function of number of cycles to a fixed radius. Finally, OLEDs fabricated on both flexible IAI stacked anode and conventional ITO/Glass were fabricated and, J-V-L characteristics of those OLEDs were compared by Keithley 2400.

**Key Words** : IZO/Ag/IZO, stacked film, flexible display, OLED, multi-layer,

### 1. 서 론

고품위 유기발광소자를 제작하기 위해선 우수한 전기적 전도성 및 높은 일함수를 가지는 고품위 애노드 전극의 개발을 통한 정공 주입 효율 향상이 필수적이다. 또한, 플렉시블 유기발광소자를 제작하기 위해선 PES, PET, PC와 같은 폴리머 및 플라스틱 기판을 이용해야하기 때문에 저온 성막공정을 통한 우수한 특성의 애노드 개발이 필요하다. 현재 평판디스플레이 및 플렉시블 디스플레이용 전극으로 사용되고 있는 ITO의 경우 우수한 특성의 전극을 형성하기 위해선 고온 공정이 필수적이며 낮은 일함수 및 낮은 비정질/결정질 천이 온도로 인해 플렉시블 유기발광소자로의 적용이 사실상 어렵다. ITO의 문제점을 극복하기 위하여 최근 ITO/Ag/ITO, IZO, IZTO, ZTO, IAZO 등과 같은 새로운 재료개발을 위한 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다[1-2].

이에 본 연구에서는 산화아연을 기반으로한 일함수가 높은 IZO 전극을 이용하여 Ag층의 두께를 변수로 IZO/Ag/IZO (IAI) 구조의 다층 박막을 형성하였으며 Ag층의 두께 변화에 따른 IAI 애노드 박막의 특성을 분석하였다. 또한, 최적화된 IAI 애노드를 이용하여 유기발광소자를 제작하고 전류-전압-휘도 특성을 상용화된 ITO/Glass 애노드를 이용하여 제작한 동일한 구조의 유기발광소자와 비교하였다.

### 2. 실험

ZnO (10wt%)가 도핑된 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (90wt%) 타겟이 장착된 DC스퍼터를 이용하여 PC 기판 상에 비정질 IZO 애노드를 성막 시켰다. 성막 공정 동안 DC 파워와 IZO 애노드 박막의 두께는 각각 100W, 30nm 로 고정 하였으며 성막된 IZO 상에 evaporator를 이용하여 Ag층의 두께를 변수 (6, 8, 10, 12nm)로 성막 하였다. 이때의 진공도는 2X10<sup>-6</sup> Torr 이하로 유지 했으며 증착율은 thickness monitor를 이용하여 0.25 Å/sec로 고정 시켜 Ag박막의 두께를 조절하였다. 이렇게 제작된 IZO/Ag 상에 IZO를 처음과 동일한 조건으로 성막하여 IAI 구조의 애노드 박막을 제작하였다. IAI 애노드 박막의 광학적, 구조적 특성을 분석하기 위해 UV/Vis spectrometer 와 XRD (X-ray diffraction)을 각각 이용 하였으며 전기적 특성을 분석하기 위해 4-Point probe를 이용하였다. 또한, AES (Auger electron spectroscopy) 와 SEM (Scanning electron microscopy) 분석을 통해 IAI 애노드 박막의 구조적 특성을 분석하였다. 이렇게 제작된 IAI 애노드 박막을 이용하여 Al/LiF/Alq<sub>3</sub>/BCP/Ir[ppy]<sub>3</sub> doped CBP/α-NPB/IZO/Ag/IZO/PC 구조의 플렉시블 유기발광소자를 제작하였으며 전류-전압-휘도 특성을 상용화된 ITO/Glass 애노드를 이용하여 제작한 동일한 구조의 유기발광소자와 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 플렉시블 PC 기판 상에 성막된 IAI 애노드 박막의 Ag 두께 변화에 따른 면저항을 나타낸다. Ag층의

두께가 증가할수록 면저항이 점점 감소함을 알 수 있으며 12nm 두께의 Ag층을 가진 IAI 애노드로부터 6.9Ω/□의 매우 낮은 면저항을 얻을 수 있었다. 이는 Ag층이 두꺼워 질수록 Ag박막의 표면이 섬 (island)구조로 형성되며 점점 더 두꺼워지면 섬구조로 형성된 Ag층의 표면에 채널 (channel)이 형성되기 때문인 것으로 사료된다. 일반적으로 고품위 유기발광소자를 제작하기 위해선 낮은 면저항을 가지는 전극의 형성을 통한 정공주입 효율의 향상이 필수적인데 IAI 애노드 박막의 경우 기존의 ITO 보다 우수한 전기적 특성을 가지는 전극을 형성할 수 있어 고품위 유기발광소자로서의 적용을 가능하게 한다.

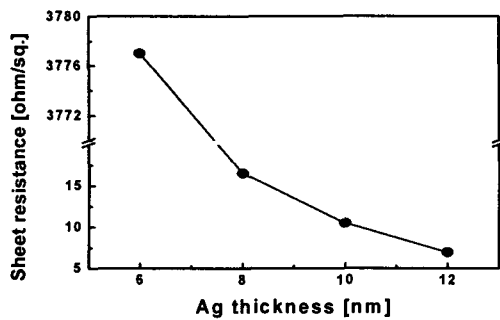


그림1. IZO/Ag/IZO 애노드 박막의 Ag층 두께 변화에 따른 면저항.

그림2는 플렉시블 PC 기판 상에 성막된 IZO/Ag/IZO 애노드 박막의 Ag 두께 변화에 따른 투과도 결과이다. 12nm 두께의 Ag층을 가진 IAI 애노드 박막으로부터 550 nm의 파장대 에서 82% 이상의 높은 투과율을 얻을 수 있었으며, Ag층의 두께가 증가할수록 투과도가 점점 향상됨을 확인 할 수 있었다. 이는 Ag층의 표면이 채널형으로 형성됨으로 인해 빛의 산란, 굴절 및 반사현상이 줄어들었기 때문으로 사료된다.

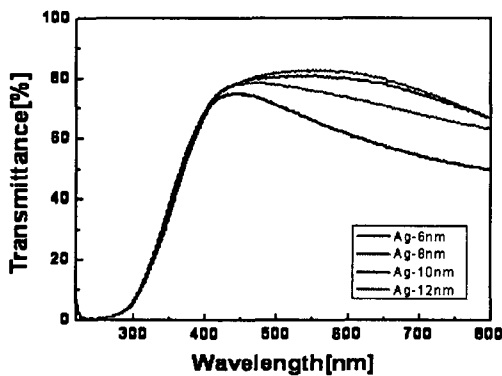


그림2. IZO/Ag/IZO 애노드 박막의 Ag층 두께 변화에 따른 투과도.

12 nm 두께의 Ag층을 가진 플렉시블 IAI 애노드 박막과 상용화된 ITO/Glass 애노드 박막을 이용하여

Al/LiF/Alq<sub>3</sub>/BCP/Ir[ppy]<sub>3</sub> doped CBP/α-NPB/anode/PC 구조의 유기발광소자를 제작하였으며 전류-전압-휘도 특성을 그림 3에 나타내었다. 동일한 전압에서 IAI 애노드를 이용하여 제작한 플렉시블 유기발광소자의 전류밀도가 상용화된 ITO/Glass 애노드를 이용하여 제작한 유기발광소자의 전류밀도 보다 높음에도 불구하고 누설전류로 인한 정공 효율감소로 유사한 휘도특성을 나타내었다. 이는 IAI 애노드 제작시 인라인 형태의 장비를 이용한 연속 공정이 아니었기 때문에 외부 공기의 불순물에 의한 기판 오염에 기인되는 것으로 사료되며 공정의 최적화를 통해 기판의 오염을 최소화 한다면 더욱 우수한 특성의 플렉시블 유기발광소자를 제작 할 수 있을 것이라 기대된다.

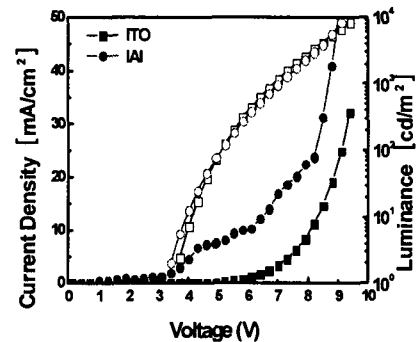


그림3. IZO/Ag/IZO 애노드와 상용화된 ITO/Galss 애노드를 이용하여 제작한 유기발광소자의 전류-전압-휘도 특성 비교.

#### 4. 결론

DC 스퍼터 시스템 (IZO) 과 thermal evaporator (Ag)를 이용하여 IAI 구조의 애노드 박막을 성막 하였다. 12 nm 두께를 가진 IAI 애노드로부터 6.9 Ω/□의 매우 낮은 면저항을 얻을 수 있었으며 Ag층의 두께가 두꺼워짐에 따라 투과도가 향상됨을 확인 할 수 있었다. 또한 IAI 애노드를 이용하여 제작한 플렉시블 유기발광 소자의 전류-전압-휘도 특성으로부터 IAI 애노드 박막이 플렉시블 유기발광소자용 애노드로서의 적용에 유망한 후보군중의 하나임을 확인 할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] J. Lewis, S. Grego, B. Chalamala, E. Vick, and D. Temple, "Highly flexible transparent electrodes for organic light-emitting diode-based displays", Appl.Phys. Lett. Vol 80, No. 16, 18 October 2004.
- [2] H.-K. Kim, K.-S. Lee, and J.H. Kwon, "Transparent indium zinc oxide top cathode prepared by plasma damage-free sputtering for top-emitting organic light-emitting diodes", Appl. Phys. Lett. 88, 012103 (2005).