

## 고휘도 유기발광소자 제작 및 특성

### Characteristics and fabrications of high brightness organic light emitting diode(OLED)

장윤기\*, 이준호\*, 남효덕\*, 박진호\*\*  
(Yoonkee Jang\*, Junho Lee\*, Hyoduk Nam\*, Chinho Park\*\*)

#### Abstract

Organic light emitting diodes(OLEDs) with a hole injection layer inserted between Indium-Tin-Oxide(ITO) anode and hole transport layer were fabricated. The effect of plasma treatment on the surface properties of Indium-Tin-Oxide(ITO) anode were studied. The electrical and optical characteristics of the fabricated organic light emitting diodes(OLEDs) were also studied. The diode including of plasma treated ITO substrate and the hole injection layer, which showed the luminance of 5280 cd/m<sup>2</sup> at 8 V

**Key Words** : Organic light emitting diodes(OLEDs), hole injection layer, plasma, Indium-Tin-Oxide(ITO)

#### 1. 서 론

오늘날 정보화시대에 있어서 인간과 컴퓨터 기기와 인터페이스로서 정보디스플레이 소자는 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 지금까지의 정보디스플레이는 cathode-ray tube(CRT) 위주였으나, 이는 고전압에서 작동하고 크기 및 무게 등의 제약을 받으므로 향후 전력소모가 적고, 휴대가 용이하며 대형화면화가 가능한 Flat panel display(FPD)로 급속히 대체되고 있다. FPD로는 liquid crystal display(LCD), plasma display panel(PDP), field emission display(FED), vacuum fluorescent display(VFD) 등을 들 수 있다. 강한 형광을 이용한 발광소자도 이들 중의 하나로 무기형광체를 발광 중심으로 사용하는 무기물 반도체

발광 소자와 유기물을 고분자 매트릭스에 분산시켜 제작하는 유기물 반도체 발광소자가 있다. 일반적으로 무기물 반도체로부터 얻어지는 light emitting diode(LED)는 정보산업용 display매체로서 성장 잠재력이 크고 발광 효율도 좋으나, 발광 색상이 제한되고 대면적 LED의 제조가 어렵고 가격이 비싼 단점이 있다. 그러나 최근에는 organic light emitting diode(OLED)라 불리는 유기물 발광소자가 차세대 디스플레이로서 새로이 각광을 받기 시작하였다. 유기물을 이용한 발광소자는 발광효율이 이미 기존의 무기물 반도체 LED를 능가하는 소자 특성과 lifetime<sup>[1],[2],[3]</sup>을 얻을 수 있으며 제조 공정이 간단하여 가격이 저렴하고, full color의 대면적화가 가능하다는 근본적인 장점이 있다. 또한 OLED는 고휘도 및 저전력의 장점을 가지고 있으며 높은 해상도를 구현할 수 있다.

저 분자량 유기물을 활용하는 OLED의 경우 녹색 발광을 위한 대표적인 발광물질은 Alq<sub>3</sub>[8-hydroxyquinoline-aluminum]<sup>[4]</sup>로서 이 물질은 여러 가지의 유기물 색소를 도핑하여 다른 파

\* : 영남대학교 전자공학과  
\*\* : 영남대학교 응용화학공학과  
(경상북도 경산시 대동 214-1,  
Fax : 053-814-8790  
E-mail : yoonkeej@hanmir.com)

장 영역의 발광물질로서도 활용되고 있다 [5],[6],[7],[8],[9]. OLED는 정공 주입 전극으로서 투명전극인 Indium-Tin-Oxide(ITO)를 사용하고 그 위에 유기물 정공 주입층, 정공 수송층, 전자 수송층을 차례로 적층한 후 전자 주입 전극인 금속전극을 진공증착하여 제작한다. 이 때 금속전극으로서는 Mg:Ag나 Ca, 혹은 Al:Li<sup>[10]</sup> 등의 일함수가 비교적 작은 금속이 활용된다.

본 연구에서는 고휘도로 발광하는 유기발광소자 제작에 있어서 정공 이동층과 ITO 금속사이의 다양한 정공 주입층들의 효과 따른 전류-전압 특성 및 ITO 표면처리에 관한 연구를 수행하였다. 세척된 ITO 표면은 매우 거칠기 때문에 표면에 TPD와 같은 얇은 박막의 유기물이 진공 증착하게 되는 경우 피복성이 좋지 않기 때문에 정공 주입층을 진공 증착하거나, ITO 기판의 표면처리를 통하여 ITO 표면의 피복성을 향상시켜 고휘도의 유기발광소자를 얻을 수 있었다.

## 2. 실험

8 Ω/□의 면저항 및 1850 Å의 두께를 가지는 ITO가 코팅된 유리를 2 cm×2 cm의 크기로 자른 후, 필요한 형상을 구현하기 위해 염산 증기를 사용하여 습식식각을 수행한 후 탈이온수와 TCE, 아세톤, 그리고 메탄올을 사용하여 초음파 세정기로 각각 10 분간 cleaning하였다. Cleaning 공정은 ITO-glass에 부착된 먼지, 기름, 지문 등의 이물질을 제거하여 ITO glass 위에 도포 하려는 유기물과 contact을 좋게 하여 박리되는 것을 방지하는 공정이다. 그림 1은 ITO coated glass의 세정공정을 보인 것이다.

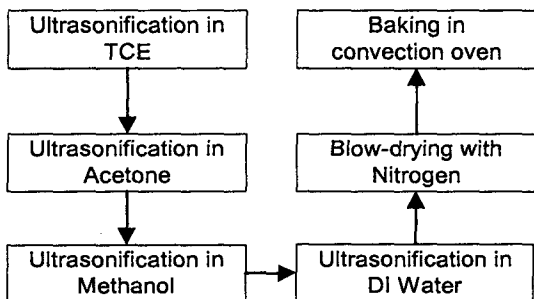


그림 1. ITO coated glass 세정공정  
Fig. 1. Cleaning process of ITO coated glass

정공 주입층 물질로는 m-MTDATA [4,4',4"-tris(3-methylphenylphenylamino) triphenylamine] 또는 CuPc [copper (II) phthalocyanine]를 사용하였고, 정공 이동층 물질로는 TPD [N,N'-diphenyl-N,N'-4,4'-bis(3-methylphenyl)-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine]를 사용하였으며, 발광층 및 전자 수송층 물질로는 Alq<sub>3</sub> [tri(8-quinolinolato) aluminium (III)]를 사용하였다. 그리고 금속 전극으로는 AlLi 합금을 사용하였다. 이는 모두 2 × 10<sup>-6</sup> torr에서 etching한 ITO 금속 위에 m-MTDATA 또는 CuPc, TPD, Alq<sub>3</sub> 순으로 shadow mask를 써서 thermal evaporation을 통해 진공 증착하였다. 금속 전극인 Al:Li alloy도 thermal evaporation을 통해 진공 증착하였다.

## 3. 결과 및 토의

그림 2는 양극으로서 ITO 기판만을 사용한 경우와 정공 주입층으로서 m-MTDATA를 동시에 사용한 경우에 유기발광소자의 성능을 비교한 그래프이다. 정공 주입층이 삽입된 경우 유기발광소자의 성능이 크게 향상되는 것을 관찰할 수 있다.

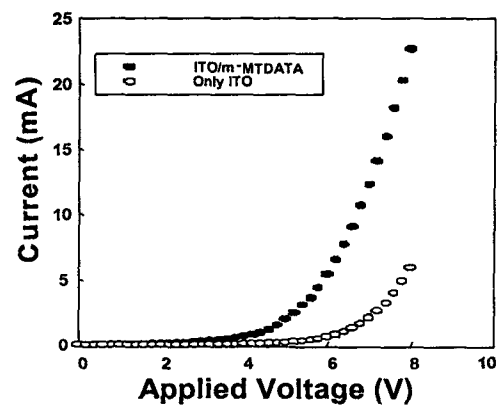


그림 2 유기발광소자의 성능에 정공 주입층이 미치는 영향  
Fig. 2 Effect of hole injection layer on the organic light emitting diode

표면저항이 더욱 낮고 표면 거칠기도 낮은 ITO 기판 위에 정공수송층으로의 정공의 주입을 더욱

용이하게 하기 위해서 정공 주입층을 사용하는 것이 유리한 것으로 알려져 있다. 주로 활용되는 정공 주입층은 PEDOT, m-MTDATA, CuPc 등이며 본 연구에서 이 정공 주입층을 ITO 기판 위에 증착한 후의 표면 거칠기의 변화를 AFM을 통하여 분석하였다. 각각의 정공 주입층을 도포한 후의 rms(root mean square) 거칠기(roughness)는 각각 CuPc 2.591 nm, PEDOT 1.118 nm, m-MTDATA 1.0966 nm 로서 ITO 표면의 거칠기인 2.737 nm 보다 상당히 감소했음을 알 수 있다. 이 결과를 그림 3에 나타내었다.

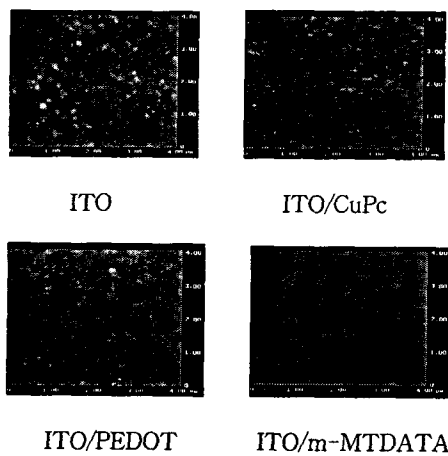
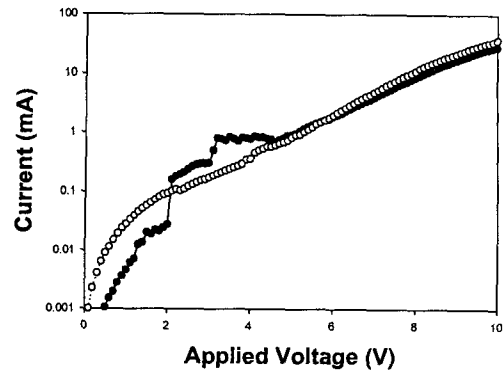
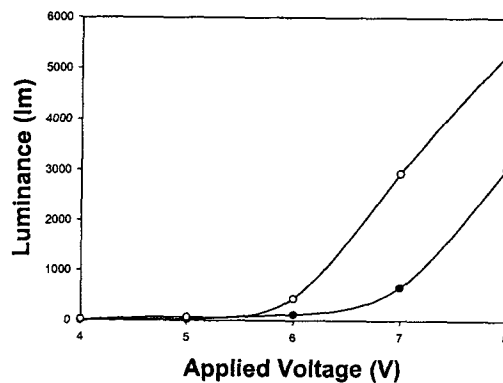


그림 3. 정공 주입층이 도포된 ITO 기판 표면의 AFM 사진  
Fig. 3. AFM image of ITO substrate surface coated hole injection layer

그림 4는 O<sub>2</sub> 플라즈마 처리 유무에 따른 ITO/m-MTDATA/TPD/Alq<sub>3</sub>/Al:Li 구조를 가진 OLED 소자의 I-V 특성 및 L-V 특성을 비교 분석한 그래프이다. O<sub>2</sub> 플라즈마 처리는 ITO 금속의 일 함수 값을 증가시켜 ITO 기판과 유기물과의 전위 장벽을 낮추어 주어 정공 주입을 원활히 하여 OLED 소자의 성능을 증가시킨다., 그리고 ITO 표면의 유기물을 제거하여 주는 효과도 있다. OLED 소자의 I-V 특성은 플라즈마 처리 유무에 관계없이 거의 같은 turn-on voltage를 나타내고 있다. 그러나 플라즈마 처리를 한 OLED 소자는 8 V에서 5280 cd/m<sup>2</sup> 로 같은 voltage에서 플라즈마 처리를 하지 않은 OLED 소자의 3020 cd/m<sup>2</sup> 보다 luminance가 약 1.5배 증가하였다.



(a)



(b)

그림 4. OLED 소자의 I-V 및 L-V 특성(o: plasma treated; •: untreated) (a) I-V curve (b) L-V curve

Fig. 4. Electrical (I-V) and optical (L-V) characteristics of fabricated OLEDs (o: plasma treated; •: untreated) (a) I-V curve (b) L-V curve

#### 4. 결론

본 논문에서는 고 휘도 유기발광소자를 제작하기 위하여 ITO 표면처리를 통한 다양한 정공 주입층을 삽입하여 소자의 전기적 특성 및 광학적 특성을 설명하였으며, 그 특성을 비교 분석하였다. ITO 기판 위에 정공 주입층을 삽입하면 소자의 발광 휘도 및 발광 효율이 증가하였다. 그리고 ITO 기판을 O<sub>2</sub> 플라즈마 처리를 함으로써 소자의 발광 휘도가 5280 cd/m<sup>2</sup> 로 플라즈마 처리를 하지 않은

소자에 비해 약 1.5 배 증가하였으며, 발광 효율도 증가하는 것으로 나타났다. 이상의 실험을 저전압에서 높은 휘도의 정류특성을 가진 유기발광소자를 개발하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 1999년도 과학재단 특정연구과제 분야(과제번호: 1999-1-307-003-3)지원 연구비에 의하여 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

#### 참고문헌

- [1] T. Wakimoto, Y. Yonemoto, J. Fanaki, M. Tsuchida, R. Murayama, H. Nakada, H. Matsumoto, S. Yantamura, and M. Nomura, Synth. Met. 91, 15 (1997).
- [2] H. Tokailin, M. Matsuura, H. Higashi, C. Hosokawa, and T. Kusumoto, Proc. SPIE 1910, 38 (1993).
- [3] Y. Hamada, T. Sano, K. Shibata, and K. Kuroki, Jpn. J. Appl. Phys., Part2 34, L824 (1995).
- [4] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett.51, 913 (1987).
- [5] C. Adachi, S. Tokito, T. Tsutsui and S. Saito, Jan. J. Appl. Phys., 27, L713 (1988)
- [6] C. Adachi, T. Tsutsui and S. Saito, Appl. Phys. Lett., 55, 1489 (1989)
- [7] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett.65, 3610 (1989)
- [8] C. Adachi, T. Tsutsui and S. Saito, Appl. Phys. Lett., 56, 799 (1990)
- [9] C. Adachi, T. Tsutsui and S. Saito, Appl. Phys. Lett., 57, 531 (1990)
- [10] A. Gyoutoku, S. Hara, T. Komatsu, M. Shirinashihama, H. Iwanaga, K. Saka noue, Synth. Met., 91, 73 (1997)