

## 고효율 유기발광다이오드의 제작공정과 특성

공수철\*, 장호정\*, 백인재\*, 유재혁\*

\* 단국대학교 전자컴퓨터공학부

### 초 록

차세대 디스플레이로서 각광을 받고 있는 OLED는 현재 많은 기업과 대학 연구소에서 연구가 활발히 진행 중이다. 현재 12인치 이하에서 양산이 되고 있는 저분자OLED에 비해 고분자OLED는 공정이 간단하고 대화면, flexible 디스플레이가 가능하다는 많은 장점을 가지고 있지만 소자의 신뢰성과 안정성에 문제를 갖고 있다. 본 논문에서는 ITO/PEDOT:PSS/MEH-PPV/Al 구조를 갖는 유기발광다이오드를 제작하여 전기광학적 특성을 조사하였다. 제작된 소자의 구조를 최적화 시키기 위하여 ITO 기판의 열처리 효과와 패터닝에 따른 면저항을 측정하고, 발광효율을 극대화시키기 위하여 다층구조로서 정공수송층인 PEDOT:PSS를 첨가시켜 박막의 표면상태를 향상시켜 ITO기판에서 발광층인 MEH-PPV로의 정공수송을 원활하여 효율을 증대시키려 하였다. 이렇게 형성된 소자에 발광물질인 MEH-PPV의 농도를 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.5wt%로 변화시켜 박막을 형성하고  $3 \times 10^{-6}$ Torr 상태의 고진공에서 Al 전극을 증착시켜 제작된 소자의 전기·광학적 특성을 측정, 비교하였다.

### 1. 서론

21 세기 정보화 사회에서의 디스플레이 산업의 비중은 점차 증가되어가고 있고 이와 발맞추어 디스플레이의 개발 동향 또한 바뀌어 가고 있다. 정보표시 매체로서 기존의 CRT(Cathode Ray Tube)는 이동성에 많은 어려움이 있어 휴대하기 어려울 뿐만 아니라 무게, 부피, 고소비전력등의 단점으로 인하여 최근에는 LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display panel)등으로 대변되는 FPD(Flat Panel Display)로 대체되었다. 그러나 차세대 디스플레이를 구현하기 위해서는 현재의 디스플레이가 갖춘 고품질, 초경량화, 대형화와 더불어 초박막화라는 어려운 과제를 수행하여야 한다. 전계발광을 이용하는 OLED 는 저 전압에서 동작하는 저 전력 소자이며, 자발광 형태로 LCD 와 같은 수발광 형태의 소자에 비해 응답속도가 빠르고, 시야각이 넓다는 장점을 갖고 있으며, 컬러필터나 백라이트, 편광판과 같은 별도의 장치가 필요 없기 때문에 제조 공정상의 이점을 갖고 있다. 또한 그러한 별도의 구성물이 필요 없기에 초경량, 초박막 형태의 디스플레이를 구현할 수 있을 뿐 아니라 유기물이란 특성 때문에 플라스틱 기판의 사용이

가능하여 플렉서블 디스플레이 응용에 매우 유리한 장점을 가지고 있어 현재의 LCD, PDP 를 대체할 차세대 디스플레이 소자로서 활발한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 고분자 화합물을 이용한 유기발광다이오드를 제작할시 최적의 전기·광학적 조건을 찾고자 Anode 전극을 열처리 및 패턴 폭에 변화를 주어 최적의 Anode 전극을 설계하였고 또한 정공수송층을 첨가한 다층막 구조의 소자를 제작하여 소자의 전기 광학적 특성을 개선하고자 하였다. 또한 전기 광학적으로 가장 우수한 발광물질의 농도를 찾기 위하여 발광용매를 제작할 시 농도를 다르게 하여 용매를 제조한 후 모든 동일한 조건에서 전기 광학적 특성을 조사하여 가장 우수한 발광농도를 제시하였다.

## 2. 실험 방법

아래 그림 1은 OLED의 제작 공정도이다. 공정은 크게 Anode 공정과 Thin film 공정으로 나뉜다. Anode 공정에서는 세정된 8Ω /□의 ITO 기판을 Ink-jet printing 법으로 제작된 패턴마스크를 통하여 non□pattern, 3mm, 2mm, 1mm, 0.3mm 로 각각 Photolithograph 공정을 통하여 패턴닝 하였다. Thin film 공정에서는 유기박막과 금속전극을 증착한다. 유기물인 PEDOT:PSS 와 MEH-PPV 의 균등한 박막을 제작하기 위하여 2step 으로 spin-coating 하여 진공오븐에서 각각 100℃/2hr 70℃/4hr 동안 열처리하였다. 금속전극은 3× 10<sup>-6</sup>Torr 의 고 진공상에서 증착하였다.

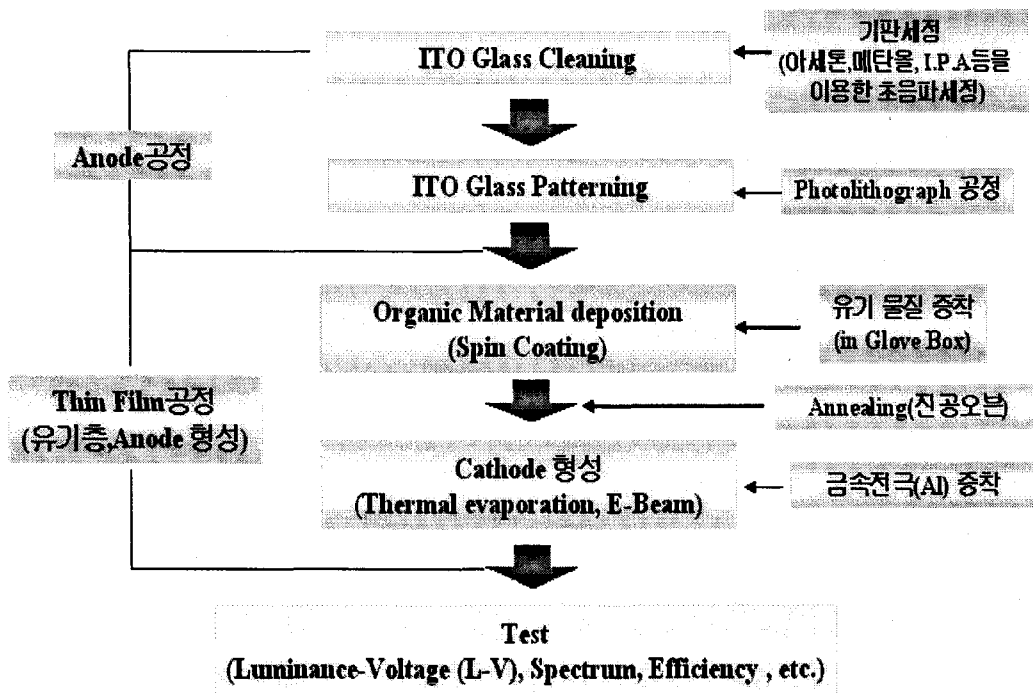


그림 1. Fabrication process of the organic light emitting diode

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 2 는 열처리 온도와 패턴폭에 따른 ITO 기판의 면저항을 보여준다. ITO 기판의 면 저항은 열처리를 했을 경우 40℃, 8.5Ω /□에서 200℃, 12Ω /□로 약간 상승하였다. 그러나 패턴폭을 2mm 에서 0.3mm 로 변화 시켰을 경우 면저항이 0.3mm 의 경우 50Ω /□로 크게 증가함을 알 수 있다 또한 이때 흐르는 전류량도 감소한다. 그러나 그림 3 에서 보듯이 0.3mm 의 경우 면저항은 크게 증가하고 전류값이 감소하더라도 전류밀도가 크게 향상됨을 알 수 있다. 전류밀도가 증가하면 저전압에서 저전력 구동이 가능하고 높은 발광효율을 갖는 OLED 소자를 제작할 수 있다.

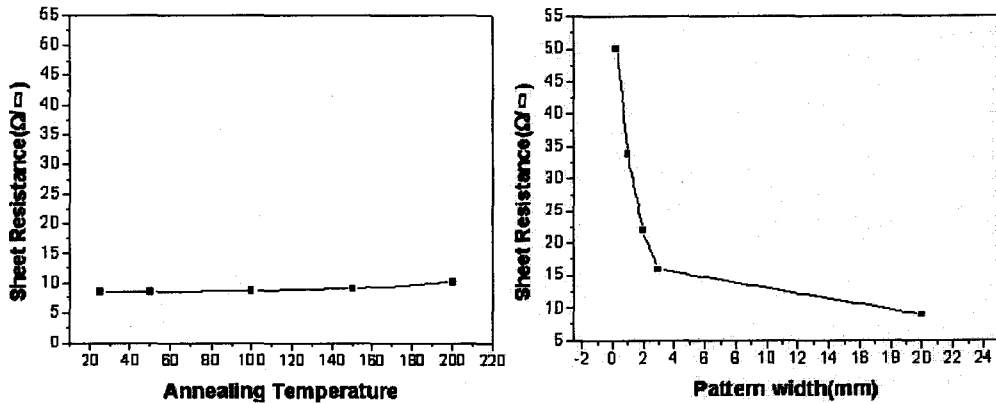


그림 2. Sheet resistance of heat treatment and various pattern width on the ITO

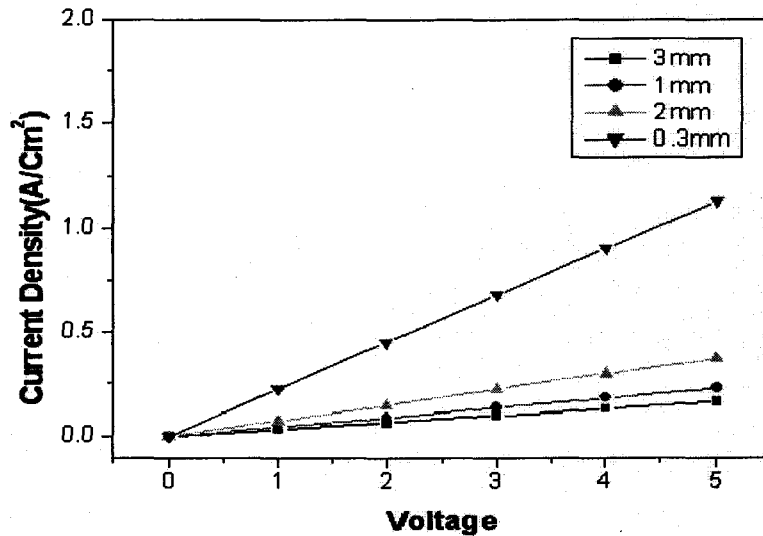


그림 3. Current density-voltage of the characteristic of various ITO pattern width

그림 4, 5 는 ITO/PEDOT:PSS/MEH-PPV/Al 구조의 OLED 소자의 MEH-PPV 농도에 따른 전압-전류, 휘도-전압특성곡선이다. 그림 4 에서 MEH-PPV 의 농도가 증가할수록 전압에 따른 전류는 증가한다 그러나 다이오드(diode)의 전압-전류 특성처럼 전류의 증가가 선형적이지 못한 것은 박막 형성과정에서 완전하게 이물질 제거가 되지 않고, 금속전극의 산화에 의한 불순물 주입과 Encapsulation 을 하지 않아 유기박막이 대기중에 노출되었을 때 수분과 산소의 침투로 인한 loss 라고 판단된다. 그림 5 에서 0.5-0.9wt%일 때 전체적으로 균일한 휘도 특성을 보인다.

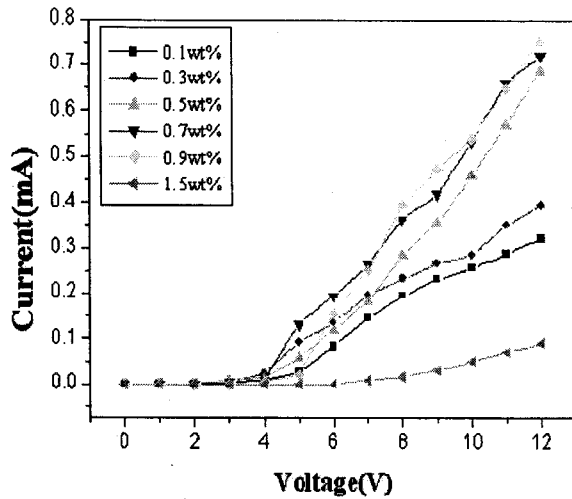


그림 4. Current-Voltage characteristics of organic light emitting diode at various MEH-PPV reagent.

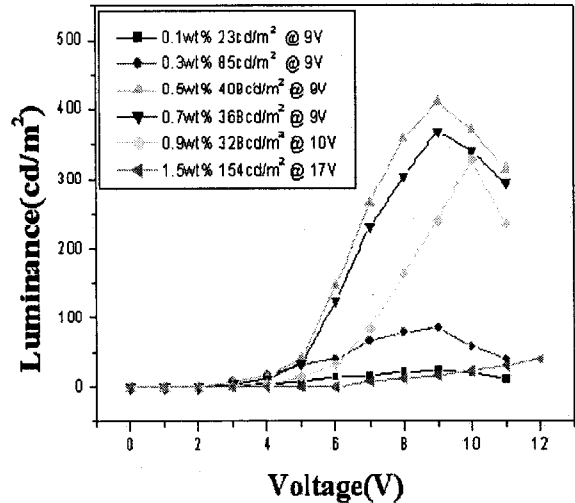


그림 5. Luminance-Voltage characteristics of organic light emitting diodes at Various MEH-PPV reagent.

또한 MEH-PPV 의 농도가 증가할수록 최대 휘도전압이 증가한다. 0.1~0.3wt%의 경우 발광층내에서 MEH-PPV 분자간의 약한 결합, 전극으로부터의 불순물 주입의 영향이 휘도 저하의 원인으로 판단된다. 1.5wt%의 경우 시료의 점도가 크게 증가하여 열처리 과정에서 유기층내의 용매가 완전히 건조되지 않고 불순물로 남아 확산되면서 전자, 정공의 결합을 저하시키고, 유기박막과 금속, 기판과의 접착력이 떨어져 원활한 전자와 정공 수송이 이루어지지 않기 때문이라고 판단한다. 그림 6 은 발광효율-전압 특성을 보여준다. 발광효율은 모든 소자에서

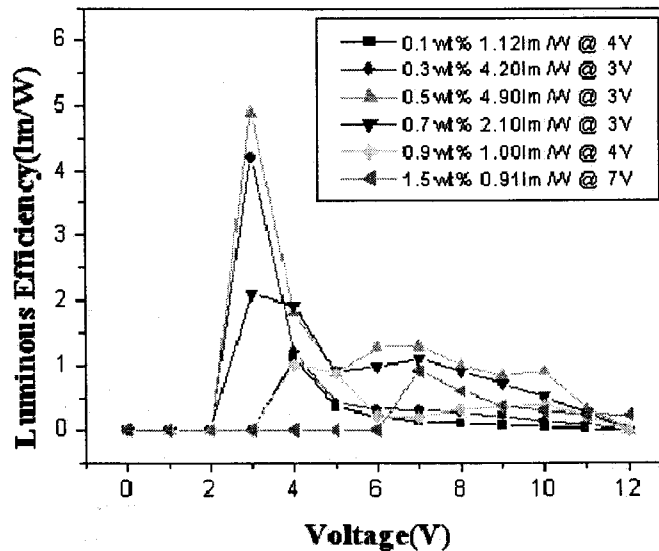


그림 6. Luminance efficiency versus input voltage for the organic light emitting diodes at various MEH-PPV reagent

발광개시전압에서 가장 높게 나왔다. 그 이유는 발광개시전압에서는 아주 극소량의 전류만 흐르기 때문이다. 발광효율은 0.3-0.5wt%에서 가장 우수하게 나왔으며 MEH-PPV 의 농도가 증가할수록 발광효율은 떨어진다. 이는 전압에 대한 휘도의 증가보다 전류의 증가가 더 크기 때문이다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 고효율의 유기발광다이오드를 제작하기 위한 공정을 수행하였다. 저 소비전력으로 고효율의 유기 발광다이오드를 제작하기 위해서는 전극의 전류밀도를 향상시켜야 하고 사용되는 재료의 특성을 파악하여 가장 적합한 성분비로 박막을 제작하였을 때 효율적인 측면과 경제적인 측면에서도 우수한 소자를 제작할 수 있다. 또한 고효율의 발광다이오드를 제작하기 위해서는 인광재료와 같은 고효율의 신소재 개발과 다층구조의 발광메커니즘 확립이 필요하다. 소자의 광학적인 loss 를 최소화하고 내부양자효율을 극대화하기 위해 정공주입억제와 광반사 효과가 우수한 black buffer layer 의 개발 등 발광메커니즘이 확립되어야하여 소자의 수명향상을 위한 Encapsulation 공정의 확립이 이루어져야만 고효율 유기발광다이오드의 안정성과 신뢰성이 확립될 것이다.

#### 참고문헌

- [1] Joseph Shinar, "Organic Light-Emitting Devices" Springer, AIP press, pp, 103-124, 2004
- [2] 강원호, 조태환, 장호정, "Electronic Display", 성안당, 1998
- [3] 신동찬, "OLED 소자의 광학특성 향상기술", 인포메이션 디스플레이, 제5권, 제4호, pp13-17, 2004
- [4] S. H. Kim, C. Hsu et al, "Degradation of PLEDs and way to Improve Device Performances", Asia Display/IMID'04 DIGEST, pp 183-187, 2004
- [5] M. K. Kim, D. I. Kim et al, "The Investigation of Photolithographic Patterning Method for Polymer Light Emitting Diode", Asia Display/IMID'04 DIGEST, pp 592-594, 2004
- [6] T. P. Nguyen, P. Le Rendu, P. D. Long, S. A. De Vos, "Chemical and thermal treatment of PEDOT:PSS thin films for use in organic light emitting diodes", Surface and Coating Technology, 180-181, pp646-649, 2004
- [7] Kyung kon Kim, Dong won Lee, Jung-il Jin, "Electroluminescence properties of MEH-PPV, Alq3 two-layer devices", Synthetic Metals, 114, pp 49-56, 2000
- [8] Mi Yeon Song, Kang-Jin Kim, Dong Young Kim, "Enhancement of photovoltaic characteristics using a PEDOT interlayer in TiO2/MEHPPV heterojunction devices", Solar Energy Materials and Solar Cells, 85, pp31-39, 2005