

## PLD법에 의한 OLED 제작 공정 개발

김창교<sup>1</sup>, 노일호<sup>2</sup>, 장석원<sup>3</sup>, 홍진수<sup>2</sup>, 양성준<sup>3</sup>

순천향대학교 정보기술공학부<sup>1</sup>, 순천향대학교 수확정보물리학부<sup>2</sup>, 충남전략산업기획단<sup>3</sup>

### Development of OLED manufacturing process using PLD method

Chang Kyo Kim, Il-Ho Noh, Suk Won Jang, Chin Soo Hong<sup>2</sup> and Sung Jun Yang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University

<sup>2</sup>School of Mathematics and Information Physics, Soonchunhyang University

<sup>3</sup>Planning and Evaluation Team, Chungnam Regional Innovation Agency

#### Abstract

Organic light emitting diode panel was fabricated using pulsed laser deposition (PLD) method. Nd-YAG laser with Q-Switched and 355 nm pulse was used for the PLD. While TPD (N,N'-Di-[naphthaleny]-N, N'-diphenyl-benzidine) was used as a HTL(Hole transport layer), Alq<sub>3</sub> (8-Hydroxyquinoline, Aluminum Salt) was used as EML/ETL(Emitting Layer/Electron Transport Layer) Organic pellet was fabricated and employed for the PLD method. The absorbances of the organic films were investigated and the measured absorbance values of TPD and Alq<sub>3</sub> films was 362 nm and 399 nm, respectively. The turn-on voltage of the OLED panel was 7.5 V and its luminance was 90 cd/m<sup>2</sup>.

**Key Words** : OLED, PLD, Luminance

#### 1. 서 론

FPD(flat panel display)의 종류로는 LCD(liquid crystal display), PDP(plasma display panel), OLED(organic light emitting diode) 등이 개발되어 상용화가 이루어졌다[1]. 가장 보편적인 패널로는 LCD를 손꼽을 수 있다. LCD는 경량, 박형에 소비 전력 또한 적어 많은 분야에서 적용되고 있다. 하지만 별도의 광원이 필요한 수광 소자이며, 밝기, 시야각 등의 단점을 가지고 있다. 근래에는 넓은 시야각을 가진 LCD가 보급되고 있으나 아직은 CRT(Cathode Ray Tube)의 장점을 다 갖추지는 못하였다. 이러한 LCD의 단점을 보완할 수 있는 차세대 FPD로서 OLED가 각광 받고 있다. OLED는 저전압 구동, 경량, 박형, 자발광, 넓은 광시야각 및 빠른 응답 시간등의 장점을 가지고 있다. 이러한 OLED의 제작은 가장 보편 적으로 열증착기를 사용하고 있다. 그러나, 열증착기를 이용하여 유기물을 증착할 경우 챔버 내부의 온도 상승이 패널의 성능을 저하시킬 수 있다.

이러한 열에 의한 패널의 손실을 줄이고자 본 연구에서는 고출력 펄스 레이저를 사용하였는데 그 이유는 고출력 펄스 레이저는 공명기 내에 레이저 빔을 저장 하였다가 짧은 시간 동안 외부로 빔을 보내기 때문에 펄스당 광 에너지가 매우 커서 이러한 레이저 빔이 타겟 물체에 조사되면 물체의 온도는 순간적으로 높아지고, 진공 속에서 이런 현상이 발생하면 유기물의 오염 없고, 열에 의한 패널의 손실 없이 유기물을 증착 할 수 있기 때문이다[2]. 유기물을 PLD(pulsed laser deposition)로 증착 할 경우의 장점은 레이저 펄스의 개수로 두께를 조정할 수 있고, 레이저 파장과 플로언스를 변화시키면 다양한 필름을 얻을 수 있으며 그 구조가 수 nm 크기로 조정이 가능하며, 새로운 특성을 갖는 필름을 얻을 수도 있다는 것이다[2].

#### 2. 실험

##### 2.1 OLED 패널의 제작 공정

간단한 OLED 패널의 구조는 holes 수송하는 HTL(hole transport layer) 층과 전자를 수송하는 ETL(electron transport layer) 층 그리고 정공과 전자가 결합하여 발광을 하는 EML(emission layer) 층으로 나눌 수 있다. 본 연구에서 제작한 OLED 패널의 경우 ETL 층과 EML 층을 Alq<sub>3</sub>를 이용하여 제작하여 ETL과 EML이 동일한 층이 되도록 하였다.

## 2.2 OLED 패널의 구조.

OLED 패널은 방광방향에 따라서 top emission 방식과 bottom emission 방식으로 구분할 수 있는데 본 연구에서는 bottom emission 방식으로 제작하였다.

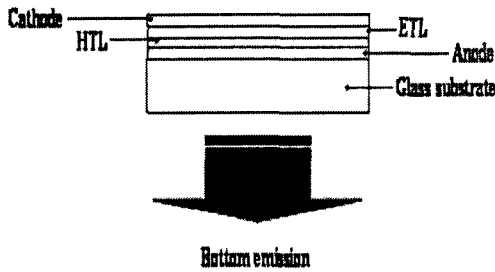


그림 1. Bottom emission panel.

## 2.3 Anode와 separator 공정

본 연구에서 사용된 ITO의 특성은 30 Ω/□의 저항, 170 nm의 두께, 450 nm - 650 nm에서 약 80%의 투과율을 갖는 것을 선택하였다[3]. ITO의 pattern을 위해서 Positive PR을 이용하여 photo lithography 공정을 하여 크기 1 mm의 pattern을 1 mm의 간격으로 제작 하였다. 이렇게 제작된 ITO pattern과 교차 되도록 separator를 negative PR을 이용하여 제작 하였다.

## 2.4 유기물 증착 공정

### 2.4.1 HTL 층 증착 공정

ITO가 패턴된 글라스 위에 PLD 법을 이용하여 TPD를 40nm 증착하였다. TPD 증착두께는 나노스펙 및 AFM을 이용하여 측정하였으며 증착면적은 1"로서 유효 발광 픽셀의 크기는 3×4 mm이었다. 표 1은 TPD 증착을 위한 조건을 보여주고 있다.

표 1. Condition of PLD for TPD deposition.

	TPD	TPD
AMP voltage	250	250
Fluence	7.5 mJ/cm <sup>2</sup>	7.5 mJ/cm <sup>2</sup>
Time	104 sec	128 sec
Thickness	40 nm	60 nm

그림 2는 PLD법으로 증착한 TPD의 표면 AFM 이미지이다. 전체 측정 범위는 10 μm 이며, 면적에 대한 RMS 값은 2.4 nm 이다.

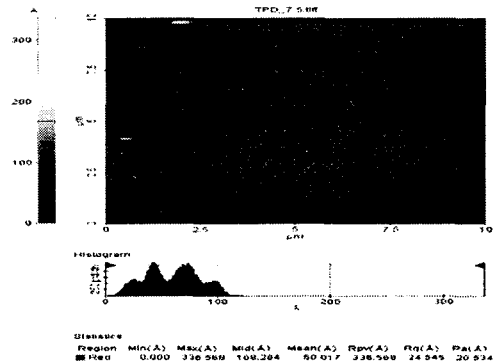


그림 2. AFM image of TPD surface.

## 2.4.2 EML/ETL (Emitting /Electron Transport Layer) 공정.

Alq<sub>3</sub>는 전자 친화성과 전자를 주입하는 cathode와의 접착성이 우수하다 표 2는 Alq<sub>3</sub>를 증착한 PLD 조건이다.

표 2. Condition of Alq<sub>3</sub> for TPD deposition.

	Alq <sub>3</sub>	Alq <sub>3</sub>
AMP voltage	430	430
Fluence	17.5 mJ/cm <sup>2</sup>	17.5 mJ/cm <sup>2</sup>
Time	144 sec	105 sec
Thickness	60 nm	40 nm

그림 3은 PLD법으로 증착한 Alq<sub>3</sub>의 표면 AFM 이미지이다. 전체 측정 범위는 30 μm 이며, 면적에 대한 RMS 값은 1.2 nm 이다.

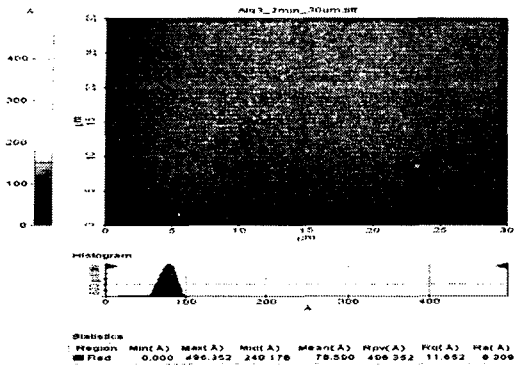


그림 3. AFM image of TPD surface.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 PL/Absorbance of organic pellet

OLED에 이용되는 저분자 재료들은 고체 상태에서의 형광 양자수율이 커야하고, 전자와 정공의 이동도가 높아야 한다. 또 증착시 쉽게 분해되지 않아야 하며, 증착된 표면이 균일한 박막을 이루고 있어야 한다[4]. PLD법을 이용하여 증착한 유기 박막의 경우 증착 표면의 RMS가 수 nm 이하로서 이는 열증착기와 비교하여도 매우 우수한 값이다.

##### 3.1.1 정공 수송층

일반적으로 방향족 amine 계열의 유도체가 사용되는데 본 연구에서는 TPD를 사용하였는데, PLD법을 이용하여 제작된 TPD 필름의 경우 PL 측정과 UV/VIS 흡수 측정을 통하여 열증착 방식과 같은 파장을 갖음을 증명하였다. 그림 4는 PLD법으로 제작된 TPD 필름의 PL 흡수 그래프로서 Target과 열증착 방식 필름과의 PL intensity가 같음을 보여주고 있고, 그림 5는 UV/VIS 흡수가 같은 영역에서 이루어지고 있음을 보여 주고 있다. PL의 경우 410 nm, UV/VIS 흡수의 경우 362 nm의 파장이 나타나고 있다.

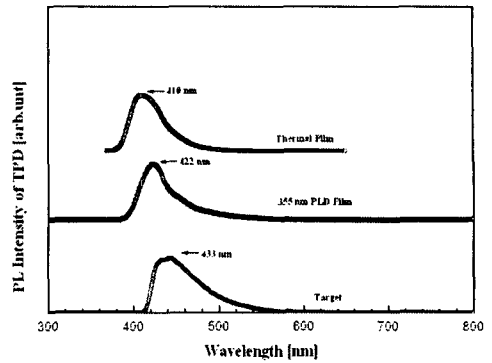


그림 4. PL Intensity of TPD using PLD.

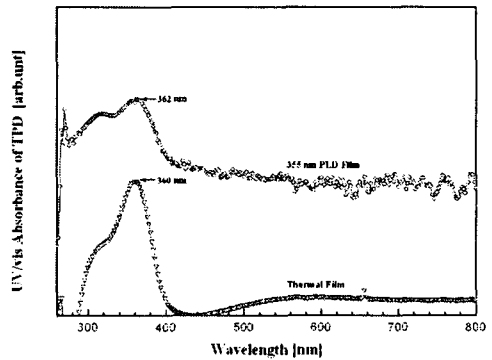


그림 5. UV/VIS Absorbance of TPD using PLD.

##### 3.1.2 발광층/전자수송층

전자 수송층으로는 Alq<sub>3</sub>가 전자 친화성과 전자를 주입하는 음극 전극과 접촉성도 우수해 가장 널리 사용되고 있다. Alq<sub>3</sub> 이외에도 1,3,4-oxadiazole 유도체와 1,2,4-triazole(TAZ) 유도체가 전자 수송층으로 사용된다. 특히 TAZ는 이온화 에너지가 5.9 eV로 높고 정공 주입을 막는 기능이 강해 주목을 받고 있다. 그림 6은 Alq<sub>3</sub>의 PL 측정 그래프이며, 그림 7는 UV/VIS 흡수 파장을 보여주고 있다. TPD 필름과 마찬가지로 Alq<sub>3</sub> 필름 또한 Target 및 열증착 방식과 동일한 파장을 보여주고 있다. 이로써 PLD법을 이용한 유기물의 증착이 열증착 방식과 같이 유기물 분자의 재결합이 이루어짐을 알 수 있고, 열적 인자가 없기 때문에 더 안정화될 수 있다고 본다.

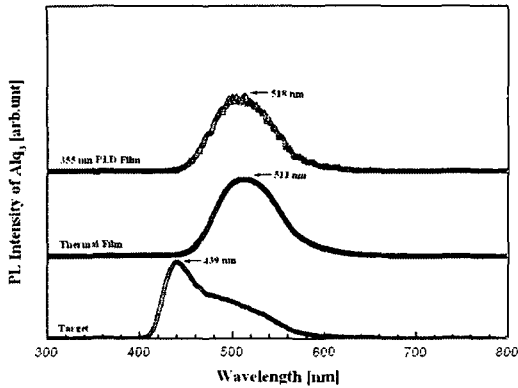


그림 6. PL Intensity of Alq<sub>3</sub> using PLD.

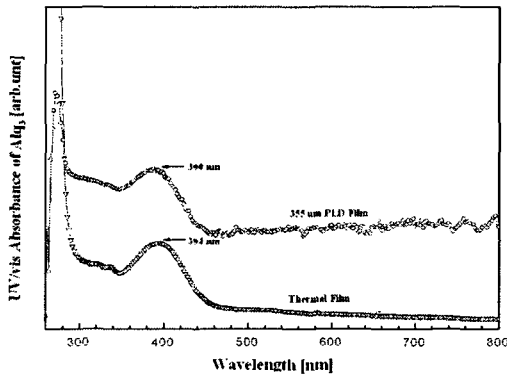


그림 7. UV/VIS Absorbance of Alq<sub>3</sub> using PLD

### 3.2 Current-Voltage-Luminance Characteristics.

그림 8은 전류 밀도와 구동 전압의 그래프이다. 구동 전압은 7.5 V 이다. 최대 인가 전압은 10 V 이며, 이때의 최대 전류밀도는 140 mA/cm<sup>2</sup> 이었다.

KEITHLEY사의 236 Source Measure Unit을 이용하여 I-V 특성을 HAMAMATSU사의 Si-Pin photodiode를 이용하여 Luminance-Voltage 특성을 측정하였다. Si-Pin photodiode의 보정을 위하여 Minolta사의 LS-100 luminance meter를 사용하였다. 측정된 결과 OLED 패널의 구동 전압은 7.5 V 였고, 측정된 luminance는 90 cd/m<sup>2</sup> 이었다. 초기 패널의 구동 전 패널내의 trap을 채우기기 위하여 SCLC(Space Charge Limited Current) 과정을 거쳤다[3]. SCLC 과정의 반복을 통하여 패널의 구동 중 채워지지 못하는 trap이 없도록 방지를 하였다. 그림 9는 발광된 패널을 보여주고 있다.

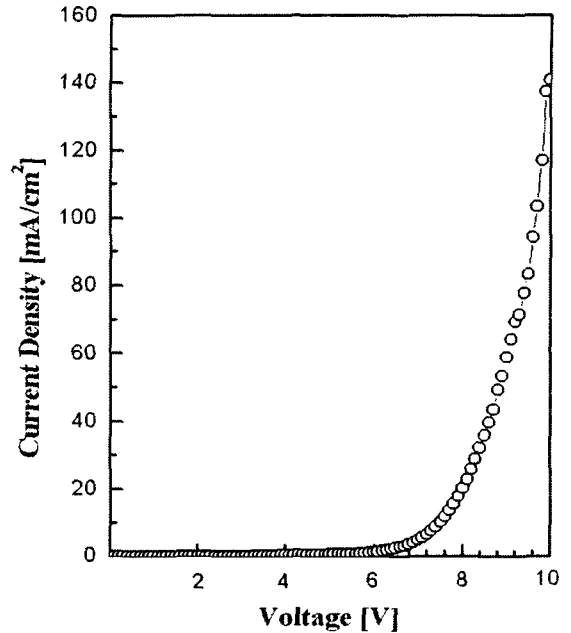


그림 8. Current density-Voltage characteristics.

그림 9는 L-V 특성 곡선으로 최대 luminance는 90 cd/m<sup>2</sup> 이다. 최대 인가 전압은 10 V 이다.

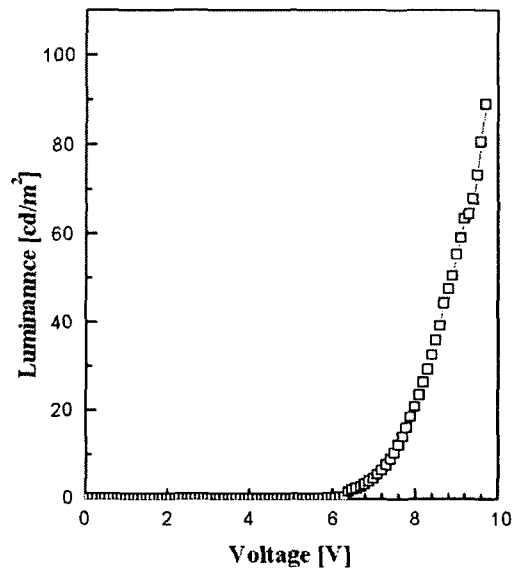


그림 9. Luminance-Voltage characteristics.

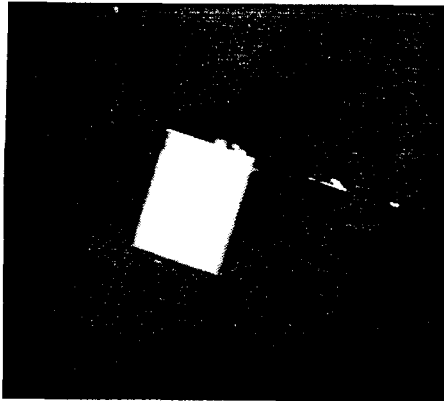


그림 9. Emitting of OLED panel.

#### 4. 결 론

PLD 법에 의해 OLED 패널을 제작하였다. TPD가 HTL층으로 이용되었고 Alq3층은 EML/ETL층으로 사용되었다. 유기 팻릿을 제작하여 PLD 타겟으로 사용하였다. TPD의 흡수계수는 362nm이었고 Alq3에 대한 흡수계수는 399nm이었다. 제작된 OLED 패널의 turn-on 전압은 7.5 V이었고 luminance는 90cd/m<sup>2</sup>이었다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부에 의해서 지원되는 충남 디스플레이 R&D 클러스터 구축사업에 의해 수행되었음을 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] Xinju yang, Yongxin Tand, Ming Yu, Qizong Ain, "Pulsed laser depositon of aluminum tirs-8-hydroxyquinline thin films", Thin Solid Films, 358, 187-190, 2000.
- [2] L.D. Wang, HS. Kwok, "Pulsed laser depositoin of organic thin films", ThinSolid Films, 363, 58-60, 2000
- [3] A. Heep, N. von Malrn, R. Schrnechel, H. von Seggern, "Effects of process

parameters on trap distributions in organic semiconductors", Synthetic Metals, 138, 201-207, 2003.

- [4] E. Gyorgy, I.N Mihailescu, M. Kompitsas, A. Giannoudakos, "Deposition of particulate-free thin films by two synchronised laser sources; effects of ambient gas pressure and laser fluence", Thin Solid Films, 446, 178-183, 2004