

## PECCP LB 박막을 발광층으로 사용한 유기 발광 다이오드의 특성

### Characteristics of Organic Light-Emitting Diodes using PECCP Langmuir-Blodgett(LB) Film as an Emissive Layer

Ho-Sik Lee<sup>a</sup>, Won-Jae Lee<sup>b</sup>, Jong-Wook Park<sup>c</sup>, Tae Wan Kim<sup>d</sup>, and Dou-Yol Kang<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Dept. of Control and Electrical Engineering, Hongik University, Korea

<sup>b</sup> Dept. of Electronics, Kyungwon College, Korea

<sup>c</sup> Dept. of Polymer Engineering, Chungju National University, Korea

<sup>d</sup> Dept. of Physics, Hongik University, Korea

#### Abstract

Electroluminescence(EL) devices based on organic thin films have been attracted lots of interests in large-area light-emitting display. In this study, an emissive layer was fabricated using Langmuir-Blodgett(LB) technique in organic light-emitting diodes(OLEDs). This emissive organic material was synthesized and named PECCP[poly(3,6-*N*-2-ethylhexyl carbazolyl cyanoterephthalidene)] which has a strong electron donor group and an electron acceptor group in main chain repeated unit. This material has good solubility in common organic solvents such as chloroform, THF, etc. and has a good stability in air. The Langmuir-Blodgett(LB) technique has the advantage of precise control of the thickness down to the molecular scale. In particular, by varying the film thickness it is possible to investigate the properties of the metal/polymer interface. Optimum conditions for the LB film deposition are usually determined by investigating a relationship between a surface pressure  $\pi$  and an effective area  $A$  occupied by one molecule on the subphase. The LB films were deposited on an indium-tin-oxide(ITO) glass at a surface pressure of 10 mN/m and dipping speed of 12 mm/min after spreading PECCP solution on distilled water surphase at room temperature. Cell structure was ITO/PECCP LB film/Alq<sub>3</sub>/Al. We considered PECCP as a hole-transport layer inserted between the emissive layer and ITO. We also used Alq<sub>3</sub> as an emissive layer and an electron transport layer. We measured current-voltage(*I-V*) characteristics, UV/visible absorption, PL spectrum, and EL spectrum of the OLEDs.

#### 1. 서론

반도체 소자의 발명으로 인하여 발전을 거듭한 현대 산업은 최근 초소형화, 고집적화에 노력을 집중하고 있으며, 또한 이를 위한 연구가 계속되고 있다. 이의 한가지 방법이 유기 분자 전자 소자의 개발이다. 따라서 유기 분자를 이용한 분자 소자의 제작과 제작한 분자 소자의 물성 평가는 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재 유기 분자를 이용한 분자 소자 제작 방법의 하나로서 분자, 새어와 두께 세

어가 간단하고 또한 분자 배향 등의 조절이 용이한 Langmuir-Blodgett(LB) 법이 있다. LB법이란 수면 상에 적당한 표면압을 가하여 단분자층(L막)을 형성하여 고체 기판 위에 단분자막을 한 층씩 누적하는 방법이다. 유기 박막을 제작하는 방법에는 PVD법, CVD법, self-assembly, spin-coating, 전해 증착법, Langmuir-Blodgett(LB)법 등 여러 가지의 방법이 있다<sup>1) 2)</sup>.

그 중 본 연구에서는 A급의 두께 조절이 가능한 LB법을 사용하였다. 특히 LB법을 사용함으로써 박

막의 두께를 변화시키면서 금속/유기물 (metal/organic film) 계면에 대한 특성을 연구하는 것이 가능해 졌다<sup>3) 4)</sup>.

본 연구에 사용한 PECCP[poly(3,6-N-2-ethylhexyl carbazolyli cyanoterephthalidene)] 시료는 본 연구팀에서 직접 유기 전기 발광 소자에 응용하고자 합성을 하였다. 따라서 이의 시료를 이용하여 Langmuir-Blodgett(LB) 초박막의 제작 가능성과 박막의 기초적인 물성들을 연구하고, 또한 LB법을 이용한 OLEDs의 응용 가능성을 알아보하고자 하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 성막 물질의 구조

그림 1은 본 실험에서 사용한 시료의 구조이다. 합성된 성막 물질은 주개(donor)와 받개(acceptor)를 동시에 갖고 있으며, C<sub>12</sub>H<sub>25</sub>의 ethylhexyl를 소수기로 갖고 있다. 분자량은 455.6이며, 용매는 클로르포름을 사용하였다.

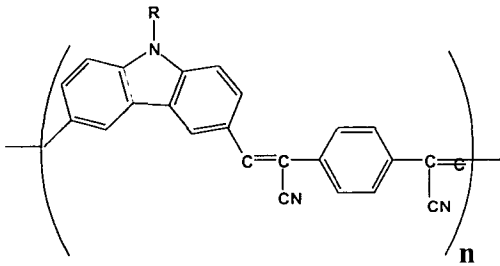


그림 1. PECCP의 분자 구조.

### 2-2. 표면압-면적 등온선( $\pi$ -A isotherms)

위의 성막 물질을 LB막으로 누적하기 위하여, 먼저 수면 상에서의 표면압-면적 관계를 압축 속력에 따라서 측정하였다. 표면압-면적( $\pi$ -A)의 측정은 NIMA 610(Kuhn type) 누적 장치를 이용하였다. 분산 용매는 클로르포름을 사용하였으며, 몰농도는 10<sup>-3</sup> mol/l, 압축속력은 50, 100, 150, 200 cm<sup>2</sup>/min로 하였다. 그림 2는 위의 조건에 따라 측정된 PECCP의  $\pi$ -A isotherms이다. 한 분자당 극한 면적은 약 80Å<sup>2</sup>으로 관측되었으며, 적정 누적 표면압은 약 10mN/m로 관측되었다.

## 3. 결과 및 검토

### 3-1. LB막의 UV/visible 및 PL 스펙트럼 측정

분자내의 전자 전이를 알아보기 위해서 물질에 대한 UV/vis. 스펙트럼을 HP 8452A를 이용하여 측정하였으며, PL 스펙트럼은 Perkin Elmer Limited

LS50B를 이용하여 측정하였다. 그림 3은 성막 물질에 대한 UV/visible 흡광도와 PL 스펙트럼을 측정 한 그림이다.

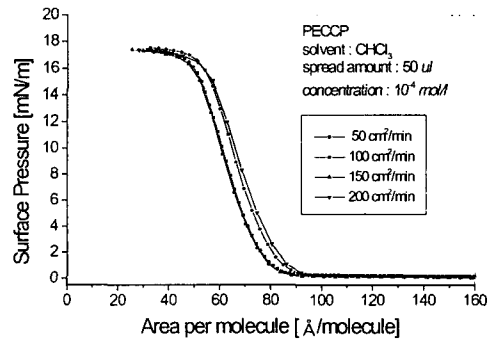
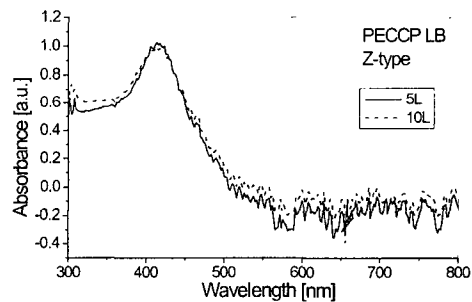
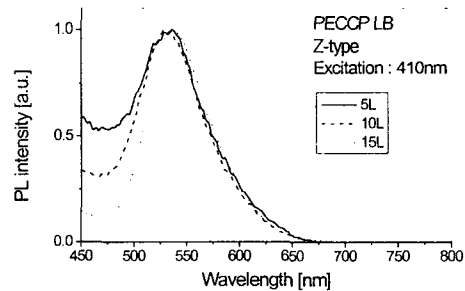


그림 2. PECCP의 압축 속력에 따른  $\pi$ -A isotherms.

흡수 파장은 5층과 10층의 LB 박막의 경우 약 410nm의 파장에서 보이고 있으며, PL 스펙트럼은 5층과 10층의 LB막에서는 약 528nm에서, 그리고 15층의 LB막에서는 약 538nm에서 관측이 되었다.



(a) PECCP LB막의 UV/Visible 흡광도.



(b) PECCP의 PL 스펙트럼.

그림 3. PECCP LB막의 UV/visible 흡광도와 PL 스펙트럼.

### 3-2. LB막의 전류-전압 특성

그림 4는 누적된 박막의 전류-전압( $I-V$ ) 측정을 위한 소자의 구조를 나타낸 것이다. 먼저 ITO-Glass 위에 LB막을 Z-type으로 누적한 후 그 위에 상부 전극으로 Al을 진공 증착하였다. 전류-전압 관계는 Keithley 236 source-measurement unit를 이용하여 측정하였다.

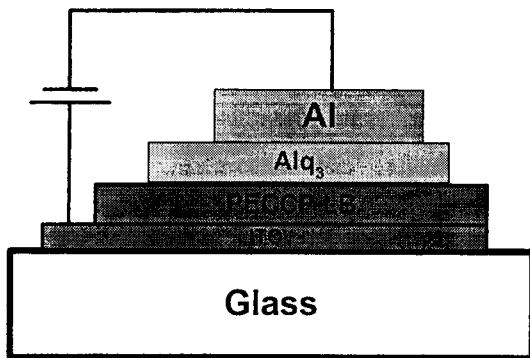


그림 4. 전기 발광 다이오드의 구조.

그림 5는 PECCP LB막의 전류-전압 특성을 나타낸 그림이다. 이 소자의 구동 전압은 약 8V이며, spin-coating법으로 제작한 전기 발광 소자에서의 구동 전압인 13V보다 낮은 곳에서부터 발광이 시작되고 있음을 알 수 있다.

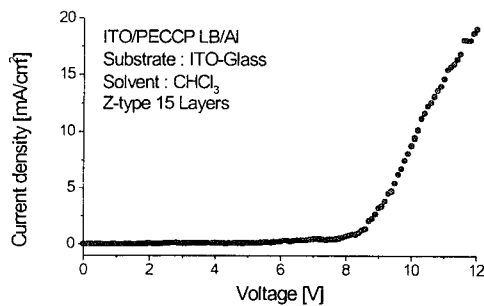


그림 5. PECCP LB막의 전류-전압 특성 곡선.

그림 6은 PECCP LB 박막을 발광층으로 사용한 EL 다이오드의 발광 특성을 확인하기 위하여 EL 스펙트럼을 측정된 그림이다. 측정 결과 약 530nm의 파장에서 발광 특성을 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 PL 스펙트럼에서의 결과와 비교적 일치한다.

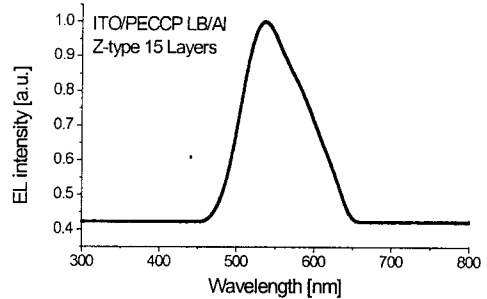


그림 6. PECCP EL 다이오드의 EL 스펙트럼.

이는 본 연구에 사용한 PECCP 물질을 LB법으로 발광 소자를 제작하여도 발광이 잘 되며, 발광 파장에도 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다. 휘도를 측정할 결과 수  $\text{cd}/\text{cm}^2$  정도의 약한 발광을 보이고 있다.

따라서 본 연구에서 사용한 PECCP 물질을 발광층이 아닌 정공 전달층으로 사용하여 실험을 하였으며, 전자 전달 물질이며 발광층으로는  $\text{Alq}_3$ (tris-8-hydroxyquinolate aluminum)를 사용하였다.

PECCP 물질을 정공 전달층으로 하여 LB법으로 막을 제작하였으며, 발광층인  $\text{Alq}_3$ 는 진공 증착법으로 막을 형성하였다.

그림 7은 PECCP 물질을 정공 전달층으로 사용하고,  $\text{Alq}_3$ 를 발광층으로 사용한 소자의 전류-전압 특성이다.

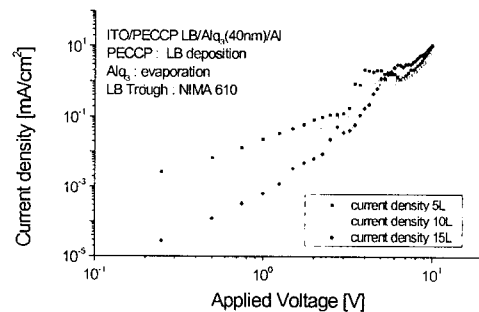


그림 7. ITO/PECCP LB/ $\text{Alq}_3$ /Al 구조에서의 전류 전압 특성.

발광은 약 6V에서 시작되며, 전류 밀도는 PECCP LB 박막을 발광층으로 사용한 소자에서와 같이 적은 양이 흐르는 것으로 확인되었다.

휘도는 약 수십  $\text{cd}/\text{cm}^2$ 의 이었다. 이러한 결과는 PECCP LB막이 정공 전달층으로서 잘 활용되고 있

음을 보여준다. 또한 PECCP를 정공 전달 층으로 사용함으로써 초박막의 새로운 전공 전달 물질로서의 활용이 크게 기대된다.

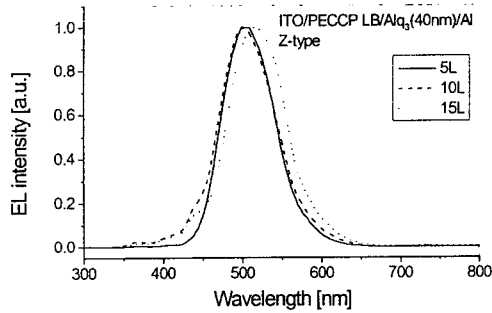


그림 8. ITO/PECCP LB/Alq<sub>3</sub>/AI구조의 EL 다이오드의 EL 스펙트럼.

그림 8은 PECCP LB 박막을 정공 전달 물질로 사용하고 발광층으로 Alq<sub>3</sub>를 사용한 소자의 EL 스펙트럼이다. 측정 결과 5층과 10층의 LB막에서는 약 500nm의 파장에서 발광 특성을 보이고 있으며, 15층의 LB막에서는 약 515nm의 파장에서 발광 특성을 보이고 있다. 이는 PECCP LB막 층에서 발광이 되는 것이 아니라 Alq<sub>3</sub>의 층에서 발광이 되고 있음을 의미한다. 층수가 많아짐에 따라 PECCP LB막이 점점 두꺼워지면서 PECCP LB막과 Alq<sub>3</sub>의 경계면에서 발광을 이루어지는 것으로 생각이 된다.

#### 4. 결 론

본 실험에서는 유기 전기 발광 다이오드에 적용하고자 새로운 유기 발광 물질을 합성하여 기초적인 광학적 특성과 전기적 특성을 알아보았다. 유기 전기 발광 다이오드를 LB 법을 이용하여 제작하고, 이의 전기 발광 특성을 측정한 결과,

1. LB막으로의 막 누적이 가능하였으며, 적정 표면압은 10mN/m로 나타났다.
2. LB막의 UV/visible 흡수 스펙트럼에서 피크는 약 410nm 이었으며, 발광 특성을 확인 한 결과 약 530nm에서 PL 스펙트럼과 EL 스펙트럼피크가 관측되었다.
3. 전기 발광 소자의 전류-전압( $I-V$ ) 특성으로부터 약 8V에서 구동이 시작되어 저전압 구동의 가능성을 보았다.
4. PECCP LB를 정공 전달층으로 사용한 결과 PECCP가 정공 전달 물질로도 잘 사용될 수 있음을 알았다.

#### Acknowledgment

We gratefully acknowledge support of this work by the Korea Research Foundation (Project No.: 1998 - 017 - D00002).

#### Reference

1. A. Ulman, An introduction to Ultrathin Organic Films, Academic Press, Boston, pp. 101-102, 1991.
2. C. W. Tang, *Appl. Phys. Lett.* **51**, 913, 1987.
3. A. Chowdhury, J. Chowdhury, P. Pal and A. J. Pal, *Solid State Commun.*, **107**, 12, pp. 725-729, 1998.
4. A. Bolognesi, C. Botta, G. Bajo, R. Osterbacka, T. Ostergard, H. Stubb, *Synth. Met.*, **98**, pp. 123-127, 1998.