

# 유기발광 다이오드의 물성에 미치는 증착속도의 영향

이영환, 차기호, 김원종, 이종용, 김귀열\*, 홍진웅  
광운대학교, 한국기술교육대학\*

## The Effects of Deposition Rate on the Physical Characteristics of OLEDs

Young-Hwan Lee, Ki-Ho Cha, Weon-jong Kim, Jong-Yong Lee, Gwi-Yeol Kim\* and Jin-Woong Hong  
Kwangwoon University, Korea University of Technology and Education\*

**Abstract :** Organic light-emitting diodes(OLEDs) are attractive because of possible application in display with low operating voltage, low power consumption, self-emission and capability of multicolor emission by the selection of emissive material. We investigated the effects of deposition rate on the electrical characteristics, physical characteristics and optical characteristics of OLEDs in the ITO(indium-tin-oxide)/N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine(TPD)/tris(8-hydroxyquinoline)aluminum(Alq<sub>3</sub>)/Al device. We measured current density, luminous flux and luminance characteristics of devices with varying deposition rates of TPD and Alq<sub>3</sub>. It has been found that optimal deposition rate of TPD and Alq<sub>3</sub> were respectively 1.5 Å/s from the device structure. An AFM measurement results, surface roughness of the deposited film was the lowest when deposition rate was 1.5 Å/s.

**Key Words :** OLEDs, Deposition Rate, Luminance, Current Density, Roughness

### 1. 서론

유기발광 다이오드는 구동 전압이 낮고, 박막으로 형성되어 가볍고, 응답속도가 빠르고, 낮은 소비전력과 자체 발광, 넓은 시야각, 다양한 색상의 구현이 가능하여 많은 관심을 받고 있다[1,2]. OLED에 관한 최초의 보고서는 1963년에 안트라센이라는 단결정을 가지고 Pope 등에 의해서 발표되었다[3]. 그 후 1987년에 Kodak사의 Tang 박사와 VanSlyke는 다층 구조로 적합한 소자를 보고하여 OLED의 연구에 획기적인 장을 열게 되었다[4]. 그리고 1990년에 Cambridge 대학의 Friend 등은 고분자화합물을 이용한 연구를 하였다[5]. 이후 각 분야에서 저분자 및 고분자를 이용한 많은 연구가 진행되고 있다[6-8].

하지만 증착 속도에 대한 연구는 미흡한 실정이기 때문에 본 논문에서는 증착 속도 변화에 따라 보다 효율적인 특성을 얻기 위하여 발광층과 정공 수송층의 증착속도를 변화시켜서 시료를 제작하고 이들의 물리적 특성과 전기적 특성 및 광학적 특성에 대해 조사하였다.

### 2. 실험

본 실험에서 양(+극)으로는 표면저항이 약 15 [Ω/□]이고, 두께가 약 170 [nm]인 ITO 기판을 사용하였다. 시료의 양극은 염산(HCl)과 질산(HNO<sub>3</sub>)을 3:1의 부피 비율로 혼합하여 5 [mm]의 active area를 제외한 부분을 식각하여 사용하였다. 그 후 ITO를 클로로포름으로 세척하고 과산화수소, 암모니아, 증류수를 1:1:5의 비율로 섞은 용액 속에 기판을 넣고 70~80 [°C]의 온도에서 1시간 동안 가열한 후 다시 클로로포름, 메틸알코올, 증류수의 순

서로 약 50 [°C]의 온도에서 20분 동안 초음파세척을 하였다. 실험에는 정공 수송층으로는 TPD, 전자수송 및 발광 층은 Alq<sub>3</sub>를 각각 사용하였다.

Chamber의 진공도를 5×10<sup>-6</sup> [Torr] 이하로 유지하고 유기물의 증착속도를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 [Å/s]로 변화시키며 증착하였고, Al은 5 [Å/s]~10 [Å/s]의 속도로 증착시켜 시료를 제작하였다. 제작된 소자는 LabView 프로그램을 이용하여 Keithley 2750과 Keithley 6517 electro-meter로 전류 및 휘도를 측정 하였다. 또한, 표면 상태는 원자현미경(AFM : Atomic Forced Microscope)을 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Alq<sub>3</sub>의 증착속도 변화에 따라 제작된 소자의 표면 거칠기(roughness)를 측정된 결과 Alq<sub>3</sub>의 증착속도가 1.5 [Å/s]일 때 거칠기가 가장 작게 나타났다. TPD의 경우에도 증착속도가 1.5 [Å/s]일 때 거칠기는 작게 나타났다. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도가 각각 1.5 [Å/s]일 때 거칠기가 작아져서 균일한 증착이 되고, 전자와 정공의 이동에 필요한 공간도 균일하게 나타나는 것으로 사료된다.

그림 1 (a)는 시료의 TPD의 증착 속도에 따른 표면을 AFM으로 조사한 사진들이다. 증착속도 1.5 [Å/s] 시료의 거칠기가 다른 시료에 비해 요철의 분포가 고르고 거칠기가 작게 나타남을 확인할 수 있었다.

그림 1 (b)에서는 Alq<sub>3</sub>의 증착 속도에 따른 표면 상태를 조사한 사진으로 규칙적인 요철이 존재하고 첨예도(sharpness)가 낮았고 증착속도 1.5 [Å/s]일 때 요철의 분포가 고르게 나타났다.

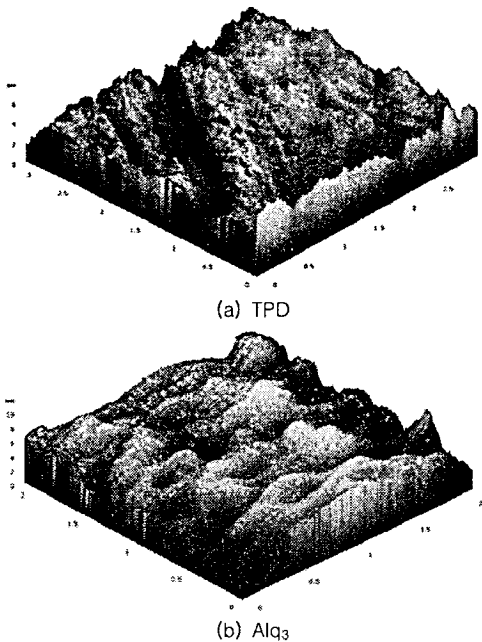


그림 1. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 표면 사진  
Fig.1 Surface photograph of TPD and Alq<sub>3</sub>

그림 2에는 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도 변화에 따른 전류밀도를 나타냈다. 인가전압이 약 2 [V]에서 전류밀도가 증가하다가 다시 감소하였으며, 6[V] 이상에서 매우 크게 증가하였다. 또한, 같은 전압에서는 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도가 각각 1.5 [Å/s]일 때 높은 전류밀도 값을 가짐을 알 수 있었다. 이것은 증착속도가 1.5 [Å/s]일 때 접연도가 낮아져서 정공수송층과 발광층으로 정공 및 전자 수송이 원활하게 이동되기 때문이라고 생각된다.

증착속도별로 보면 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도가 각각 1.5 [Å/s]일 때 가장 우수한 휘도 특성을 나타냈다. 이것은 계면(interface)에서 접촉면(contact surface)의 증가로 정공주입이 잘되기 때문이라고 생각한다.

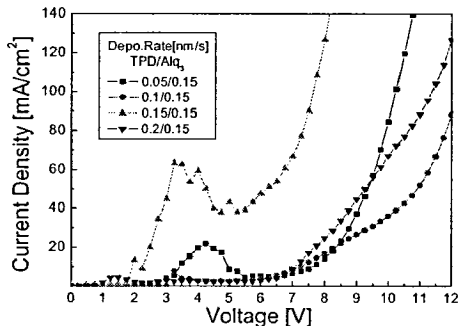


그림 2. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도에 따른 전류밀도 특성  
Fig. 2 Current density characteristics with the variation of TPD and Alq<sub>3</sub> deposition rate

그림 3에 나타난 것은 TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도에 따른 휘도 특성이다. 증착속도와 무관하게 공통적으로 인가전압 5 [V]정도에서 발광이 시작되고, 인가전압의 증가에 따라 휘도가 급격히 증가하였다.

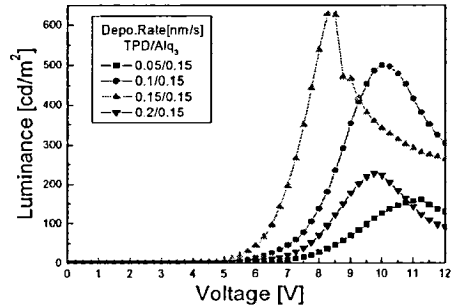


그림 3. TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도에 따른 휘도 특성  
Fig. 3 Luminance characteristics with the variation of TPD and Alq<sub>3</sub> deposition rate

#### 4. 결론

유기 발광 소자의 정공 수송층과 발광층의 증착 속도를 변화시켜 물성의 변화를 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착속도가 각각 1.5 [Å/s]일 때 거칠기가 작았으며, 전자와 정공의 이동에 필요한 통로도 균일하게 나타나는 것으로 사료된다.
- (2) TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착 속도 변화에 따른 휘도 특성에서는 증착 속도가 1.5 [Å/s]일 때 우수함을 확인하였다.
- (3) TPD와 Alq<sub>3</sub>의 증착 속도 변화에 따른 전류밀도의 특성은 증착 속도가 각각 1.5 [Å/s]일 때 우수한 특성을 확인하였다.

#### 참고 문헌

- [1] G. B. Blanchet, Y. L. Loo, J. A. Rogers, F. Gao, C. R. Fincher, *Appl. Phys. Lett.* **82**, 463, 2003.
- [2] H.E.A. Huitema, G. H. Gelinck, J. B. P.H. Putten, K. E. Kuijk, K. M. Hart, E. Cantatore, D. M. Leeuw, *Adv. Mater.* **14**, 1201, 2002.
- [3] M. Pope, H. P. Kallmann and P. Magnante, *J. Chem.Phys.*, **38**, 2042, 1963.
- [4] C. W. Tang, S. A. VanSlyke, *Appl. Phys. Lett.*, **51**, 913, 1987.
- [5] R.H. Friend et. al., *Nature*, **347**, 539, 1990.
- [6] K. Kuro, *Curr. Appl. Phys.*, **5**, 337, 2005.
- [7] C. Jiang, W. Yang, J. Peng, S. Xiao, Y. Cao, *Adv. Mater.* **16**, 537, 2004.
- [8] H. S. Lee, W. J. Lee, K. W. Jang, M. K. Choi, S. I. Lee, T. W. Kim, M. Iwamoto, J. U. Lee, *J. of the KIEEME*, **17**, 196, 2004.