

Alq<sub>3</sub>의 증착속도에 따른 유기발광소자의 발광특성

김원중, 이영환, 양재훈, 심낙순\*, 김태원\*\*, 홍진웅  
 광운대학교 전기공학과, \*삼척대학교 전기공학과, \*\*홍익대학교 물리학과

Luminous Properties in Organic Light-Emitting Diodes Depending on the deposition rate of Alq<sub>3</sub>

Weon-Jong Kim, Young-Hwan Lee, Jae-Hoon Yang, Nak-Soon Shim, Tae-Wan Kim\* and Jin-Woong Hong  
 Kwangwoon University, \*Samcheok National University, \*\* Hongik University

**Abstract** - In the device structure of ITO/tris (8-hydroxyquinoline) aluminum(Alq<sub>3</sub>)/Al, we investigated the Organic Light-Emitting Diodes (OLEDs) properties as a function of the deposition rate of the Alq<sub>3</sub>. The deposition rate was from 0.5 to 2.0 [Å/s] in a base pressure of 5×10<sup>-6</sup> [Torr]. It was found that a Alq<sub>3</sub> deposition rate of around 1.5 [Å/s] is the optimum for the maximum luminous properties. The optimum deposition rate of Alq<sub>3</sub> is 1.5 [Å/s].

1. 서 론

21세기에 들어오면서 기술의 디지털 화, 소비의 고급 화에 따라 LCD, PDP등 평판 디스플레이를 중심으로 세계 수요가 급팽창하고 있다. 또 디스플레이는 세계시장 확보를 위한 기술 개발 및 업체간 전략적 제휴 등 경쟁이 격화되고 있는 분야이다. 이에 따라 유기EL은 선명한 색상, 넓은 시야각, 빠른 응답속도, 경량 박형, 저 소비전력이라는 장점 때문에 기존의 기술을 대체할 차세대 디스플레이 기술에 부합하는 미래형 디스플레이 기술의 하나로 여겨지고 있다[1-2]. 유기발광소자는 1987년 Tang과 VanSlyke가 Alq<sub>3</sub>를 이용하여 낮은 전압에서 녹색발광을 처음으로 구현한 이래, 높은 효율과 견고한 내구성을 지닌 발광 소자를 얻고자 많은 분야에서 연구가 진행되어 왔으며[3], 그 후 1990년대는 캠브리지 대학교 Friend가 Poly(phenylene-vinylene) (PPV) 를 이용하여 고분자 녹색발광을 처음으로 얻었다[4]. OLEDs는 flat-panel 디스플레이에 있어서 응용 가능성 때문에 광범위하게 연구되어왔다[5-9]. 그러나, 디스플레이 기술에 있어서 OLEDs 장치의 상업적인 응용에 연구 결과들이 각별히 전달하기 위한 것을 해결될 수 있는 몇몇 문제점들 여전히 있다. 짧은 OLEDs 수명, 낮은 캐리어 이동 및 높은 계면 장벽들은 재료들의 변수와 제작 과정을 최고로 활용되는 과정이 개선되어야만 한다. 일반적으로 소자 성능은 유기물질의 열 증착 속도에 의해 영향을 받는다. Cheng 등은 정공수송층위에 Alq<sub>3</sub>를 0.05~1.3 [Å/s] 증착율을 증가시켰고[10], 그 구조의 발광효율이 개선됨을 보고되었다. 증착속도가 2.0 [Å/s] 이상이 되면 전자 이동도가 떨어지고 따라서 소자효율이 감소된다. 본 논문에서 ITO(anode)위에 직접적으로 Alq<sub>3</sub>층을 열적으로 증착한 후 우리는 OLEDs 소자에 증착속도의 효과를 연구하였다. 소자의 성능방법은 (I-V), (L-I)관계 의해서 연구를 하였다.

2. 실험

양(+) 전극으로는 삼성 코닝사의 ~15 [Ω/□]의 표면 저항과 170 [nm] 두께의 인듐-주석-산화물(Indium-Tin-Oxide:ITO) 기판을 다음 설명과 같이 patterning하여 사용하였다. 폭이 5 [mm]인 ITO 전극은 실온에서 열

산(HCl)과 질산(HNO<sub>3</sub>)을 3:1의 부피비로 섞은 용액의 증기에 약 10~20분 정도 노출시켜 삭한다. 이때, ITO와 용액과의 거리는 약 2 [cm]이며, patterning된 ITO를 흐르는 물에 세척한다. 그 후 ITO 기판의 세척 과정은 다음과 같다. 먼저 아세톤이나 클로로포름으로 50 [°C]에서 약 20분 정도 초음파 세척한다. 그런 후에 과산화수소수:암모니아수:2차 증류수를 부피비로 1:1:5의 비율로 섞은 용액 속에 기판을 넣고 약 80 [°C]의 온도에서 1시간 정도 가열하고, 다시 아세톤이나 클로로포름에 기판을 넣고 50 [°C]에서 약 20분간 초음파 세척을 한다. 그리고 마지막으로 1차 증류수에서 약 20분 정도 초음파 세척을 한 후, 질소 가스로 건조시킨다. 유기 물질인 Alq<sub>3</sub>은 열 증착법을 이용하여 약 0.5, 1.0, 1.5, 1.0 [Å/s]의 비율로 약 5×10<sup>-6</sup> [Torr] 정도의 진공도에서 박막을 제작하였으며, 음전극도 5×10<sup>-6</sup> [Torr]의 진공도에서 두께 150 [nm]를 연속적으로 증착하였다. 소자의 박막구조와 표면형태의 특성을 관찰하기 위하여 AFM(Atomic force microscope)사용했으며, 전압-전류-휘도 특성은 Keithley 236 source-measure unit, 617 electrometer 그리고 Si-photodiode를 이용하여 측정하였다. 그림 1은 발광물질인 Alq<sub>3</sub>의 분자구조이다.

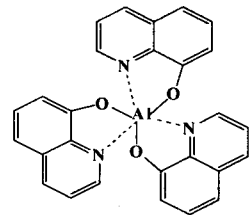


그림 1. Alq<sub>3</sub>의 분자구조  
 Fig. 1 Molecular structure of Alq<sub>3</sub>

3. 실험결과 및 고찰

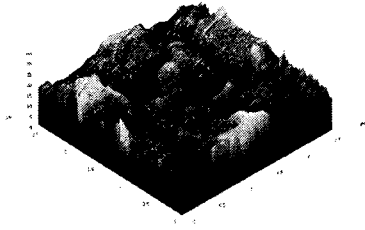
그림 2는 발광물질인 Alq<sub>3</sub>를 ITO 전극위에 증착속도에 따라 증착한 후 박막을 구조와 표면형태를 측정 한 그림이고 표 1은 증착속도에 따른 Maximum Roughness 값을 나타내었다.

증착속도가 증가할수록 표면의 roughness 감소함을 확인하였고, 특히 증착속도가 1.5 [Å/s]일 때 roughness가 10.6248 [Å/s] 가장 감소하였다. 그러나 증착속도가 2.0 [Å/s]일 때 표면의 roughness가 13.7004 [Å/s]로 다시 증가하여 효율이 감소함을 확인하였다. 이것은 증착속도가 증가할수록 유기물질사이의 접촉계면을 향상시켜서 전체의 집중에 의한 박막 파괴를 줄일 수 있으며 소자 내에 보다 많은 전하가 주입되어 소자의 특성을 향상될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서

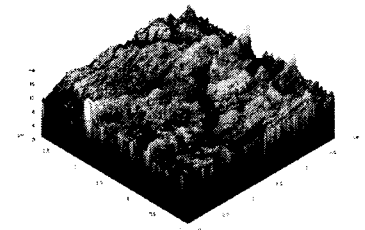
표 1. 증착속도에 따른 Maximum Roughness

Table 1 Maximum Roughness with the deposition rate

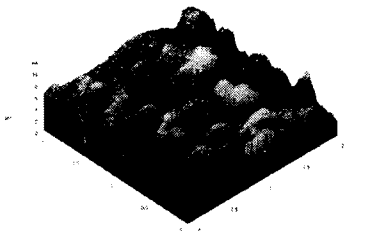
	0.5 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]	1.0 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]	1.5 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]	2.0 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]
Maximum Roughness	30.5696	18.8264	10.6248	13.7004



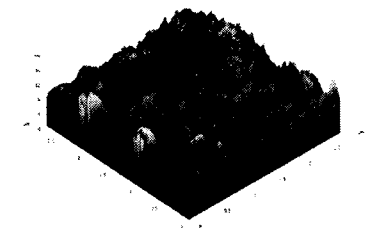
(a) Alq<sub>3</sub> 증착속도 0.5 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]



(b) Alq<sub>3</sub> 증착속도 1.0 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]



(c) Alq<sub>3</sub> 증착속도 1.5 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]



(d) Alq<sub>3</sub> 증착속도 2.0 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]

그림 2. 증착속도에 따른 Alq<sub>3</sub>의 표면형태

Fig. Surface morphology of Alq<sub>3</sub> with the deposition rate

적절한 증착속도만이 좋은 소자의 특성을 나타낼 수 있다. 그림 3은 Alq<sub>3</sub>를 증착속도에 따른 전압과 전류특성을 나타낸 그림이다. 전압이 증가함에 따라 증착속도에 의한 전류밀도는 급격히 증가하다가 약 3 [v]정도에 이르르면 거의 변함이 없음을 확인하였다.

이것은 Alq<sub>3</sub>가 단층으로 사용했기 때문에 전하이동이 쉬워짐을 확인하였으며 증착속도가 1.5 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]일 때, 전류밀도가 가장 우수함을 확인하였다. 그러나 증착속도가 2.0 [ $\text{\AA}/\text{s}$ ]되면 오히려 전류밀도는 감소함을 확인하였다. 그림 4는 Alq<sub>3</sub>를 증착속도에 따른 전압과 휘도특성을 나타낸 그림이다. 전압이 증가함에 따라 거의 변함이 없다가 5 [v]정도에 이르러 휘도특성이 나타남을 확인하였다.

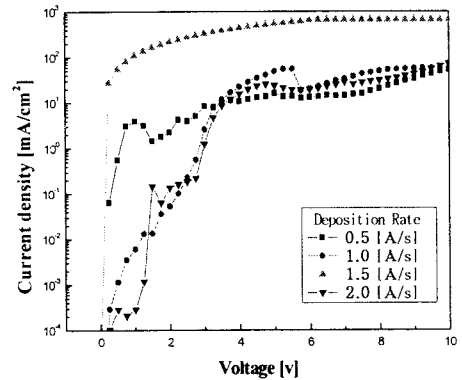


그림 3. 증착속도에 따른 Alq<sub>3</sub>의 J-V

Fig. 3 Current density-voltage of Alq<sub>3</sub> with the deposition rate

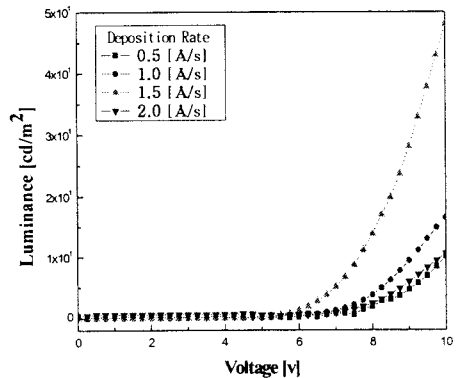


그림 4. 증착속도에 따른 Alq<sub>3</sub>의 L-V

Fig. 4 Luminance-voltage of Alq<sub>3</sub> with the deposition rate

증착속도가 증가할수록 휘도도 증가하였으며 증착속도가 1.5 [Å/s]일 때 가장 우수함을 확인하였다. 그러나 증착속도가 2.0 [Å/s]증가하면 오히려 휘도특성은 감소함을 확인하였다. 따라서 적절한 증착속도만이 소자의 효율 향상될 수 있는 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 발광재료인 Alq<sub>3</sub>의 증착속도에 따른 유기발광소자의 특성을 미치는 영향을 조사하기 위하여 ITO 표면위에 Alq<sub>3</sub>를 각각 0.5~2.0 [Å/s]증착시킨 후 특성변화를 조사하였다. Alq<sub>3</sub>의 증착속도가 증가할수록 AFM 측정에서 roughness 점점 감소하다가 1.5 [Å/s]일 때 가장 감소하였다. 그러나 2.0 [Å/s]이상이 되면 오히려 roughness가 증가하였고 증착속도가 증가할수록 유기물사이의 접촉계면을 향상시켜서 전계의 집중에 의한 박막 파괴를 줄일 수 있다. 전류밀도와 휘도는 전압이 증가함에 따라 증착속도에 따른 유기발광소자특성은 1.5 [Å/s]일 때 가장 우수한 특성이 나타났으며 2.0 [Å/s]이상이 되면 오히려 감소함을 확인하였다. 따라서 적절한 증착속도만이 소자의 효율 향상될 수 있는 것으로 판단된다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] G. B. Blanchet, Y. L. Loo, J. A. Rogers, F. Gao, C. R. Fincher, "Large area, high resolution, dry printing of conducting polymers for organic electronics", *Applied Physics Letters*, 82, p. 463, 2003.
- [2] H. E. A. Huitema, G. H. Gelinck, J. B. P. H. Vander, K. M. Hart, Eugenio Cantatore, D. M. de Leeuw, "Active-Matrix Displays Driven by Solution Processed Polymeric Transistors", *Advanced Materials*, 14, p. 201, 2002.
- [3] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, *Appl. Phys. Lett.*, 51, 913, 1987.
- [4] R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C. Taliani, D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. Bredas, M. Logdlund, and W. R. Salaneck "Electroluminescence in conjugated polymer", *Nature*, Vol. 397, pp. 121-128, 1999.
- [5] I.-Min Chan, W.C. Cheng, F.C. Hong, *Appl. Phys. Lett.* 80, 13, 2002.
- [6] I.-M. Chan, T.Y. Hsu, F.C. Hong, *Appl. Phys. Lett.* 81, 1899, 2002.
- [7] A. Uddin, C.B. Lee, X. Hu, T.K.S. Wong, *Appl. Phys. A* 78, 401, 2004.
- [8] S.J. Kang, D.S. Park, S.Y. Kim, C.N. Whang, K. Jeong, S. Im, *Appl. Phys. Lett.* 81, 2581, 2002.
- [9] T. Shimada, K. Hamaguchi, A. Koma, F.S. Ohuchi, *Appl. Phys. Lett.* 72, 1860, 1998.
- [10] L.F. Cheng, L.S. Liao, W.Y. Lai, X.H. Sun, N.B. Wong, C.S. Lee, S.T. Lee, *Chem. Phys. Lett.* 319, 418-422, 2000