

유기 능동 소자 제작을 위한 신소재 연구

이성재, 임성택, 신동명, 최종선*, 이후성**, 김영관, 손병철

홍익대학교 화학공학과

*홍익대학교 전기전자공학과

**서강대 화학과

(2000년 8월 18일 접수 ; 2000년 9월 30일 채택)

A Study on New Materials for Organic Active Devices

Sung-Jae Lee · Sung-Taek Lim · Dong-Myung Shin · Jong Sun Choi*
Hoo-Sung Lee** · Young-Kwan Kim · Byoung-Chung Sohn

Dept. of Chemical Engineering, Hong-Ik University

*School of Electrical & Electronic Engineering, Hong-Ik University

**Dept. of Chemistry, Sokang University

(Received August 18, 2000 ; Accepted September 30, 2000)

Abstract : The effect of a-sexithiophene(α -6T) layers on the light emitting diode (LED) were studied. The α -6T was used for a buffer layer in electroluminescent (EL) devices. Enhanced carrier (hole) injection and improved emission efficiency were observed. Carrier injection characteristics were investigated as a function of α -6T layer thickness. The efficiency of the electroluminescence was proportional to the thickness of α -6T layer. The highest efficiency was observed at 600 Å of α -6T layer, which was about 1.5 times higher than that of device without α -6T layer. The device with α -6T showed an operating voltage lowered by 2V. The α -6T layer can substitute hole blocking layer, and control charge injecting properties.

Keywords : electroluminescence, buffer layer, excess carrier, oligothiophene.

1. 서론

1987년 미국의 Eastman Kodak사의 C. W. Tang 이 정공 운송 재료와 발광 재료를 이용한 다층형 유기 발광소자에 대하여 발표한 후 소자효율의 향상을 위한 다양한 방법들이 연구되고 있다.¹⁻⁴⁾

소자 효율은 전극과 유기물 표면사이에서의 운반체 주입 과정과 운반체 재결합 효율은 발광 효율에 많은 영향을 미치는 중요한 요소가 된다.⁵⁾ 그러나 운반체 주입과 전달의 향상이 소자 효율을 확실히 개선시키는 것은 아니다. 전기 발광 효율은 두 전극(음극과 양극)으로부터의 균형있는 운반체 주입과 발광영역에서 운반체의 효과적인 재결합에 크게 의존한다. 전극과 유기물층 사이에 전도성 유기물층을 삽입하여 소자 효율을 향상시킨 소자가 보고되고 있다. 그러나 완충물질이 전극과 유기물층 사

이에 삽입되면 정공의 에너지 장벽이 낮아지게 되며 이로 인하여 완충층에 의한 과잉 운반체 주입이 일어나게 되고 이는 발광 효율을 감소시키는 효과도 보고되고 있다. 이 같은 현상은 ITO(Indium-Tin-Oxide) / 전도성 유기물층 / 발광층(전자전달층) / 음극으로 구성된 전기 발광 소자구조에서 주로 관찰된다.⁶⁾ 운반체 과잉, 특히 정공의 과잉을 막기 위해서 정공 차단층 같은 첨가층을 전도성 유기물층과 발광층(전자전달층)사이에 넣을 수 있다.²⁾ 이 경우에 발광 지역이 변화하여 발광효율의 감소가 일어날 수 있다.⁷⁾

본 연구에서는 α -6T를 완충물질로 사용하여 운반체 주입의 향상을 유도하였고 완충층의 두께를 조절하여 과잉 운반체에 의한 효율 감소 현상을 피할 수 있다는 것을 입증해 보았다.

2. 실험

Fig. 1은 유기 물질의 분자 구조식과 이 연구에 사용된 유기 전기 발광소자의 도식적인 구조를 나타낸 것이다. 소자는 ITO 기판 위에 완충층으로 α -6T를, 정공 수송층으로 N,N'-diphenyl-N,N'-(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine(TPD)을 400 Å, 발광층으로 8-hydroxy quinoline aluminum(Alq₃)를 600 Å, aluminium을 전극으로 사용하였다. α -6T의 두께는 200 Å씩 변화를 주어 0 Å부터 800 Å까지 각각 5가지 종류의 소자를 만들어 비교 분석하였다. 모든 유기물층은 초고진공을 사용하여 10⁻⁷ torr 이하의 압력에서 증착시켰고 전압-전류 특성은 Keithley 236 electrometer 장비, 전기 발광과 PL 스펙트럼은 LS50B(Perkin Elmer) 장비를 사용하여 측정하였다. 모든 측정은 대기압과 상온에서 실행되었다.

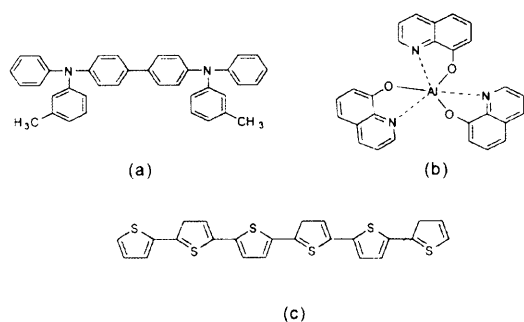


Fig. 1. Molecular structure of (a)TPD, (b)Alq₃, (c) α -6T and EL device structure.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2에서 완충층으로 α -6T층을 사용한 소자는 이를 사용하지 않은 소자와 비교해 보았을 때 같은 전류 밀도를 얻기 위한 인가전압이 낮아짐을 볼 수 있다. 향상된 전류 밀도는 α -6T의 낮은 이온화 에너지(5.2eV)와 높은 이동도(0.03cm²/Vs)에 기인하는 것으로 생각할 수 있다.^{8,9)}

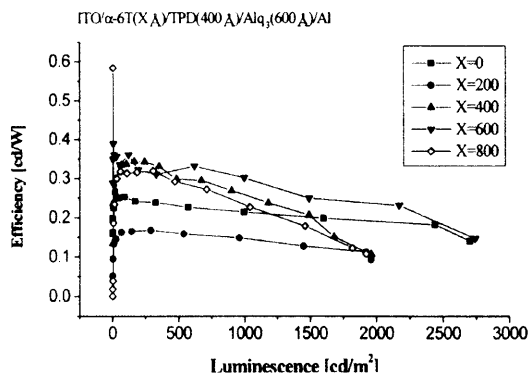


Fig. 2. Applied voltage-current density characteristics of EL devices with various thickness of α -6T layer

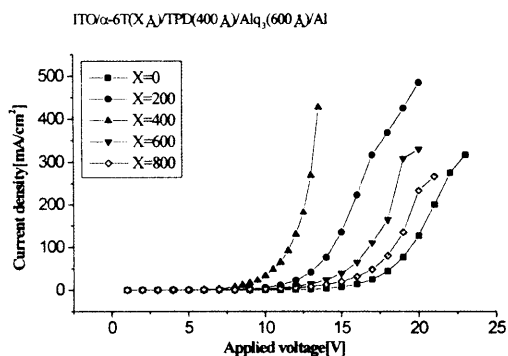


Fig. 3. Luminescence-current density characteristics of EL devices with various thickness of α -6T.

한편 Fig. 3에서 일정 전류 밀도(150mA/cm²)에서 α -6T층의 두께가 X=600 Å인 경우에서 가장 높은 밝기를 나타내었다. 전류밀도-전압, 휘도-전류밀도의 관계에서 관찰된 바와 같이 전류밀도의 향상이 소자효율의 향상을 나타내는 것은 아니다.

Fig. 4에서는 발광에 따른 외부 전력 효율을 나타내고 있는 데 1500cd/m²이상의 휘도에서는 α -6T층의 두께가 600 Å일때 최대효율이 관찰되었다.⁶⁾ 이는 앞에서 언급한 과잉 운반체에 의한 현상으로 설명이 가능하다. α -6T층의 두께가 600 Å이하인 경우에는 전류밀도의 증가와 이로 인한 과잉 운반체의 발생으로 소자효율이 감소하고 600 Å 이상일 경우에는 반대로 두께에 기인하는 전류밀도의 감소가 발생하여 소자효율이 감소하는 것으로 해석되었다.

전자 주입과 관련된 과잉의 정공 주입은 운반체 재결합 효율을 낮추는 원인이 될 수 있다. 비록

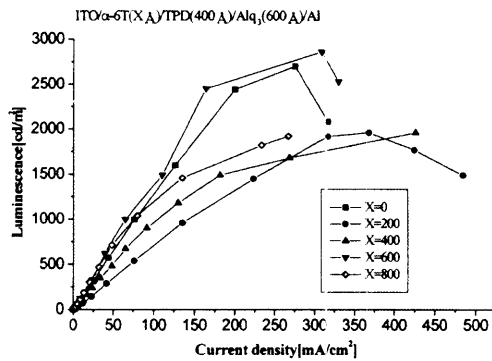


Fig. 4. External power efficiency characteristics vs. Luminescence.

완충층으로 α -6T층을 사용하여 전류 밀도가 높아진다고 하더라도 작동 전압을 감소시키고 발광효율이 향상됨을 알 수 있다. 이 현상은 음극, 양극으로부터 운반체 주입과 발광지역에서 효과적인 운반체 재결합 때문일 것이다. 다른 한편으로는 α -6T의 두께 변화에서 최대 외부 전력 효율이 존재함으로 소자 효율 향상은 완충층으로 조절 가능하다는 것을 보이고 있다. Fig. 5는 Electroluminescent spectrum이다. Fig. 5에 의하면 α -6T를 정공 전달층으로 사용한 Hosokawa 등의 논문에서는 구동 전압이 α -6T의 여러 두께에서 1V보다 더 작은 값으로 줄어 들었다.⁹⁾ 이 경우에는 정공 차단층의 첨가가 필요하고 완충층으로 사용된 무기물질은 10V 이상으로 구동 전압을 증가시켰다.¹⁰⁾ 본 연구에서 제작된 소자의 구동 전압은 Hosokawa의 결과에 비해 대략 2V 낮았다. Fig. 2, 3 이로부터 α -6T층은 정공 차단층을

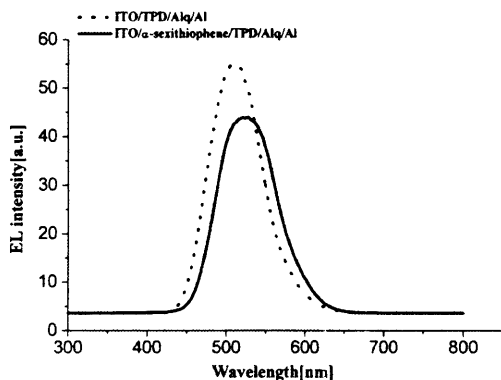


Fig. 5. EL spectrum of (solid line) device with α -6T layer as buffer layer and (dot line) device without α -6T layer.

필요로 하지 않고 전하 주입 특성을 조절할 수 있다는 특징을 보여 주었다.

4. 결론

ITO / 완충층 / 정공 전달층 / 발광층 / 음극의 구조를 갖는 소자의 전기 발광특성을 측정하였다. 완충층의 여러 다른 두께 조건으로 측정해 본 결과 완충층으로 α -6T를 사용하여 실험하였을 경우 발광 효율 향상과 대략 2V정도 구동 전압이 낮아짐을 알 수 있었다. α -6T는 ITO에서 정공 전달층으로의 정공 주입, 전달성을 향상시켰고, 그로 인해 늘어난 과잉 운반체는 α -6T의 두께를 조절함으로 정공 주입 속도를 변화시켜 효율을 향상시킬 수 있었다. α -6T의 두께가 600Å에서 소자의 최대 발광 효율이 관찰되었다. 결론적으로 완충층으로써의 α -6T층은 그 두께 변화를 통해서 ELD효율을 조절할 수 있음을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 교육부 학술연구조성비(신소재 분야)에 의하여 수행되었음.

참고문헌

1. C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett., **51**, 913(1987).
2. C. Hosokawa, H. Higashi, H. Nakamura, and T. Kusumoto, Appl. Phys. Lett., **67**, 3853(1995).
3. T. Shimada, K. Hamaguchi, and A. Koma, Appl. Phys. Lett., **72**, 1866(1998).
4. G. Parthasarathy, P. E. Burrows, V. Khalfin, G. G. Kozlov, and S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., **72**, 2138(1998).
5. J. Pommerehne, H. Vestweber, Y. H. Tak, and H. Bassler, Synthetic Metals, **76**, 67(1996).
6. J. Kido and Y. Izumi, Appl. Phys. Lett., **73**, 2721(1998).
7. P. Jolinat, R. Clergereaux, J. Farenc, and P. Destruel, J. Phys. D: Appl Phys., **31**, 1257(1998).
8. A. Dodabalapur, L. Torsi, and H. E. Katz,

- Science, **268**, 270(1995).
9. C. Hosokawa, H. Higashi, and T. Kusumoto, Appl. Phys. Lett., **62**, 3238(1993).
10. Y. Jorosaka, N. Tada, Y. Ohmori, and K. Yshino, Jpn. J. Appl. Phys., **37**, 538(1998).