유기 전기 발광 소자에서 α-septithiophene을 이용한 buffer layer의 영향

The effects of buffer layer using α-septithiophene on the organic light emitting diode

이기욱, 임성택, 신동명, 박종욱, 박호철
(Ki-Wook Yi, Sung-Taek Lim, Dong-Myung Shin, Jong-Wook Park, Ho-Cheol Park)

Abstract

The effect of α-septithiophene(α-7T) layers on the organic light emitting diode(OLED) was studied. The α-7T was used for a buffer layer in OLED. Hole injection was investigated and improved emission efficiency. The OLEDs structure can be described as indium tin oxide(ITO)/ buffer layer / hole transporting layer / emitting layer / electron transporting layer / LiF / Al. The hole transporting layer were composed of N,N-diphenyl-N,N-di(3-methylphenyl)-1,1-biphenyl-4,4-diamine(TPD), and N,N-di(naphthalene-1-ly)-N,N-diphenyl-benzidine(α-NPD). The emitting layer, and electron transporting layer consist of tris(8-hydroxyquinolinato) aluminum(Alq_3). All organic layer were deposited at a background pressure of less than 10^{-6} torr using ultra high vacuum (UHV) system. The α-7T layer can substitute the hole blocking layer, and improve hole injection properties.

Key Words : organic light emitting diode(OLED), α-septithiophene(α-7T), buffer layer

1. 서 론[1]

유기 전기 발광 소자는 디스플레이 영역의 응용 가능성 때문에 많은 흥미를 유발시키고 있다. 유기 전기 발광 소자는 낮은 구동 전압과 자체 발광, 유연성과 발광 물질의 선택에 따라 다양한 색상을 구현할 수 있다. 1987년 Tang과 Van Slyke가 유기 전기 발광 소자를 구현한 이래, 높은 효율과 견고한 내구성을 지닌 발광 소자를 얻고자 많은 분야에서 연구가 진행되어 왔다.

이러한 유기 전기 발광 소자에서 빛이 나오는 기본 원리는 양극으로부터 정공(hole)이 그리고 음극으로부터는 전자(electron)가 각각 주입되어, 주입된 정공과 전자가 발광층에서 재결합하여 발광을 하게 된다. 이들 운반자의 재결합은 들뜬 분자나 엑시톤(exciton)을 형성하여 발광되거나 열적으로 비활성화 된다. 이와 같이 소자의 효율은 발광 물질 내에 전하들의 재결합에 크게 의존한다. 즉 양쪽 전극에서 주입된 운반자들의 밸런스가 유기 전기 발광 소자의 효율에 크게 작용한다.

유기 전기 발광 소자의 효율을 향상시키기 위해서 몇 가지 유기물이 ITO 전극과 유기물층 사이에 삽입되어 버퍼층(buffer layer)로 사용되고 있다. 대표적으로 Copper phthalocyanine(CuPc), Poly(3,4-ethylene dioxythiophene:poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS), starburst amines 그리고 polyaniline(PANI) 등이 정공 주입 버퍼층으로 사용되는 물질들이다. 버퍼층으로 사용되는 물질들은 유기물과 유기물, 유기물과 전극 사이에서 물질 간

홍익대학교 화학공학과
(서울특별시 마포구 상수동 72-1)
Fax : 02-320-1129
E-mail : pooh7162@hanmail.net

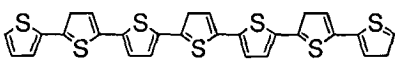
의 계면 접촉의 향상과 에너지 장벽의 조절 역할을 한다.

본 연구에서는 α-7T를 합성하여 버퍼층으로 이용하였다. 더불어 α-7T의 두께에 따른 유기 전기 발광 소자의 전압과 전류밀도, 그리고 휘도에 따른 특성에 관하여 연구하였다.

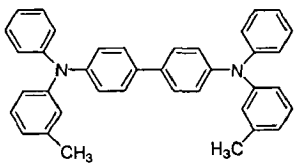
2. 실 험

본 실험에서는 버퍼층으로 α-7T, 정공 전달층(hole transport layer)으로 TPD와 α-NPD를 각각 사용하였다. 발광층(emission layer)과 전자 전달층(electron transport layer)으로는 녹색 발광을 하는 Alq_3를 이용하였다. 그리고 LiF와 Al을 음극으로 사용한 소자를 제작하였다. 버퍼물질인 α-7T는 각각 50Å와 100Å로 두께를 조정하였고, 정공 전달층은 400Å, 발광층과 전자 전달층은 600Å의 두께로 성막시켰다. 음극에 쓰인 금속은 LiF를 5Å 그리고 Al을 2000Å의 두께로 증착시켰다.

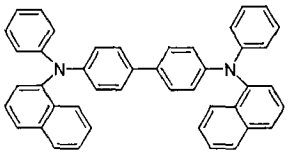
그림 1은 유기 전기 발광 소자에 사용된 유기물들의 분자 구조이다.



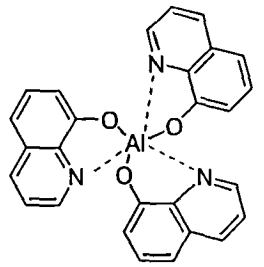
(a) α-7T



(b) TPD



(c) α-NPD



(d) Alq_3

그림 1. 물질의 분자 구조.
Fig 1. Molecular structures of materials.

그림 2는 소자의 구조를 나타낸 그림이다.

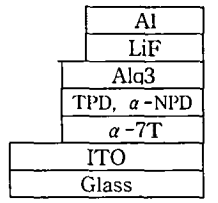


그림 2. 소자의 구조.
Fig 2. Structures of device.

본 실험에서의 모든 증착 과정은 5×10^{-6} torr의 진공하에서 열 증착법(thermal evaporation)으로 진행되었다. 증착되는 유기물의 두께는 quartz crystal microbalance(QCM)을 이용하여 측정된다. LiF와 Al과 같은 무기물의 증착 역시 동일한 방법을 이용한다. 증착 속도는 0.5 ~ 1.5Å/sec로 제어했다.

제작된 소자의 전기적 특성은 Kiethly 236을 이용하여 측정하였다. 제작된 소자의 전기 발광 스펙트럼은 Perkin-Elmer사의 LS50B를 이용하여 측정하였고 모든 측정은 상온, 대기하에서 수행하였다. Minolta CS-100 휘도계를 사용하여 휘도와 색순도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 α-7T를 삽입하지 않은 소자의 I-V 특성을 나타낸 그림이다.

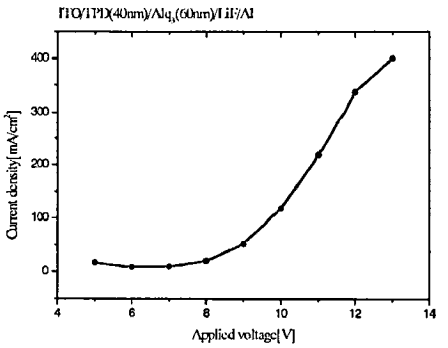


그림 3. α-7T를 삽입하지 않은 I-V 특성.
Fig. 3. I-V characterisitcs without α-7T.

그림 4는 버퍼층으로 α-7T를 이용한 소자의 I-V 특성을 나타낸 그림이다.

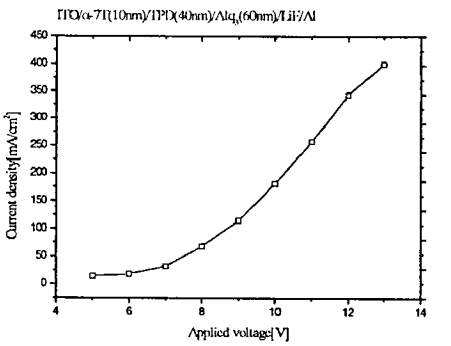


그림 4. α-7T를 삽입한 소자의 I-V 특성.
Fig. 4. I-V characterisitcs with α-7T.

위의 그림 3과 그림 4를 비교해보면 α-7T를 버퍼층으로 사용한 소자의 경우가 더 낮은 전압을 갖는 등 전반적으로 더 우수한 성능을 보였다.

그림 5와 그림 6은 α-NPD의 경우를 나타내는 그래프이다.

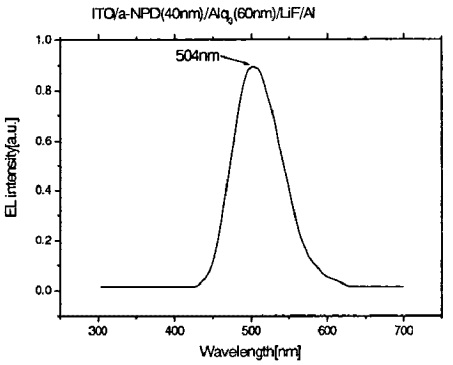


그림 5. α-7T를 삽입하지 않은 EL 특성.
Fig. 5. EL characterisitcs without α-7T.

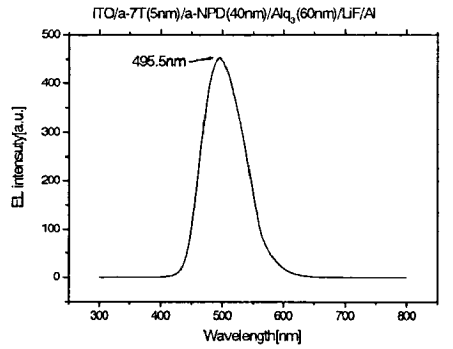


그림 6. α-7T(5nm)를 삽입한 EL 특성.
Fig. 6. EL characterisitcs with α-7T(5nm).

그림 5는 버퍼층인 α-7T를 삽입하지 않은 소자의 EL 특성을 나타낸 그래프이다. 그림 6과 그림 7은 버퍼층으로 α-7T를 각각 50Å, 100Å을 증착시킨 소자의 EL 특성을 나타낸 그래프이다.

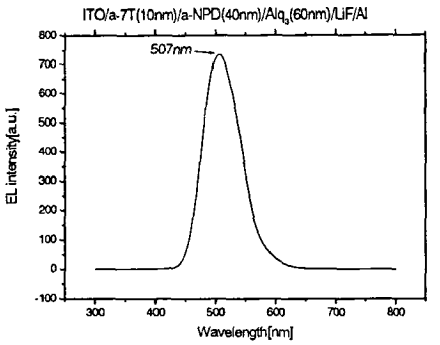


그림 7. α-7T(10nm)를 삽입한 EL 특성.
Fig. 7. EL characterisitcs with α-7T(10nm).

위의 결과로만 본다면 α-7T를 10nm 삽입한 소자의 경우가 삽입하지 않은 소자의 경우보다 pure green에 가까운 509nm의 파장을 갖는 것을 알 수 있다. 하지만 휘도의 경우에서는 반대의 결과가 나왔다. α-7T를 삽입하지 않은 소자의 경우 13V에서 7090cd의 빛을 얻었다. 그리고 α-7T를 10nm 삽입한 소자의 경우는 전혀 삽입하지 않은 소자보다 더 높은 12700cd의 빛을 얻을 수 있었다. 하지만 EL 그래프에서는 5nm의 α-7T를 삽입한 소자가 pure green에는 못 미쳤지만 휘도에서는 가장 뛰어난 14400cd의 빛을 보였다.

4. 결 론

버퍼층으로 α-7T를 사용하고 정공 전달층으로 각각 TPD와 α-NPD를 사용하였다. 그리고 발광층 및 전자 전달층으로 Alq_3를 이용하여 소자를 제작하고 그에 따른 특성을 측정하였다.

버퍼층을 사용하지 않았을 경우보다는 α-7T를 버퍼층으로 삽입하였을 때의 소자가 더 우수한 성능을 갖음을 알 수 있었다. 그리고 α-7T의 두께가 얇을때가 더 높은 휘도를 보였지만 pure green을 갖지는 못했다. 앞으로 여러 두께 별로 소자를 더 제작하여 버퍼층이 유기 전기 발광 소자에 어떠한 영향을 미치며, 그에 따른 소자의 효율 및 특성의 차이에 대하여 더 연구할 예정이다.

참고 문헌

[1] C. W. Tang and S. A. Van Slyke, Appl. Phys. Lett., 51, 913, 1987.
[2] Y. Yang and A. J. Heeger, Appl. Phys. Lett., 64, 1245, 1994.
[3] S. Karg, J. C. Scott, J. R. Salem, and Angelopoulos, Synth. Met., 80, 111, 1996.
[4] J. C. Carter, I. G갹카, S. K. Jeeks, D. J. Lacey, S. G. Latham, P. G. May, O. R. Panos, K. Pichler, C. R. Towns, and H. F. Wittmann, Appl. Phys. Lett., 71, 34, 1997
[5] T. Shimada, K. Hamaguchi, A. Koma, Appl. Phys. Lett., 72, 15, 1998.