

알칼리 금속 전자 주입층을 사용한 유기 전기 발광 소자 (OLED)의 전기적 특성

이현구, 김준호*, 김영관**

홍익대학교 분자전자공학과, 홍익대학교 전자공학과*, 홍익대학교 화학공학과**

Electrical Characteristics of Organic Light Emitting Diodes (OLED) using the Alkali Metal Complex as New Electron Injection Layers

Hyun-Koo Lee, Jun-Ho Kim*, and Young-Kwan Kim**

Dept. Molecular Electronic Eng., Hongik Univ.,

Dept. Electronic Eng., Hongik Univ.*,

Dept. Chemical Eng., Hongik Univ.**

Abstract

We investigate the influence of the New Electron Injection Layers (EIL) on the performance of the Alkali Metal Complex vapor-deposited Organic Light Emitting Diodes(OLED). Two different Alkali Metal Complex were used: Lithium Quinolate (Liq), and Sodium Quinolate (Naq). In all cases, Alq₃ was the Electron Transporting Layer (ETL). We measure and compare the current density-voltage (J-V) and luminance-voltage (L-V) characteristics. We concluded that the turn-on voltage, and luminance efficiency are controlled by the type of EIL material used. We show the longer life-time OLED with Alkali Metal Complex EIL than OLED with LiF EIL. And we show the Optimized Alkali Metal Complex thickness is 3nm. Existent LiF to because is inorganic material, there is trouble to do epitaxy into thin layers but regulates the thickness in case of Alkali Metal Complex matter characteristic that is easy be. Alkali Metal Complex also appeared by sensitive thing in thickness than LiF. If utilize this material, It is thought much advantages may be at common use of OLED.

Key Words : Alkali Metal Complex, New Electron Injection Layers

1. 서 론

최근 몇 년간 새로운 디스플레이 기술인 OLED 기술에 대한 관심이 증폭되고 있다. OLED는 양극인 투명전극(ITO)와 음극 사이에 두께 100 ~ 200 nm 정도의 유기물을 적층하고, 양쪽 전극에 전압을 인가하여 전자와 정공을 주입하면 발광층 내에서 이들이 재결합을 하면서 빛을 내는 원리를 이용하는 것이다. 유기 물질의 경우 정공과 전자의 이동도의 차이가 크므로 정공 전달층(HTL)과 전자 전달층(ETL)을 사용하여 정공과 전자를 발광층(EML)에 효과적으로 전달되도록 한다. OLED의 성

능은 전자와 정공의 효율적인 주입에 달려 있다. 주입 장벽은 대개 전극과 유기물의 에너지 밴드 차이에 의해 결정된다. 대개 효과적인 전자 주입을 위하여 음극으로 Ca, Li, Mg 등과 같은 낮은 일함수의 금속을 사용해야 하나 낮은 일함수를 갖는 금속들은 산소 및 수분등과의 반응성 때문에 불안정하다. 그러나 Al은 높은 일함수임에도 불구하고 안정성 때문에 음극으로 많이 사용된다. 그러나, Al전극의 사용은 주입 장벽을 더욱 크게 하여 turn-on 전압을 높이기 때문에 OLED의 효율을 저하시킨다. 이란 문제를 극복하기 위해서 전자 전달층과 음극 금속 사이에 전자 주입층으로 LiF, MgO 또는 CsF

와 같은 절연물질을 얇게 삽입한다.

본 연구에서는 증착 온도가 높고 얇게 적층해야 하는 무기물 LiF보다 더욱 효과적인 전자 주입 물질을 찾자 상대적으로 증착 온도가 낮은 유기물을 사용하여 전기적, 광학적 및 수명특성에 대하여 연구하였다. 실험에 사용된 전자 주입 물질은 Lithium Quinolate (Liq), Sodium Quinolate (Naq)이다. Liq와 Naq의 최적화된 두께는 3 nm 정도였으며 AFM(Atomic Force Microscope)를 사용하여 박막상태를 확인한 결과 3 nm 일때의 박막이 최적상태로 나타났다.

2. 실험

본 연구에 사용된 기판은 Indium-Tin-Oxide (ITO)가 코팅된 glass로 삼성전자사에서 제작하였다. 가로, 세로 크기가 각각 20 x 20 mm인 glass의 두께는 0.5 mm, 코팅된 ITO의 두께는 80 nm, 표면 저항은 30 Ω/□, 평균거칠기는 (root mean square) 2 nm이었다. 기판의 표면 상태는 증착된 박막의 특성에 커다란 영향을 미친다.

본 연구에 사용된 유기 물질은 정공 수송층으로 4,4-bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-amino]biphenyl (Chemfront社 1급, NPB), 발광층 및 전자 전달층에 tirs(8-quinolinolato)-aluminum (Chemfront社 1급, Alq₃)을 사용하였다. NPB는 흰색 분말로 정공 전달 특성이 좋은 물질이며 T_g가 96°C로 기존의 TPD 보다 내열성이 강하다. Alq₃는 가장 많이 알려져 있는 녹색 발광 재료인 동시에 전자 전달 재료로 훌륭한 역할을 하고 있다.²⁰⁾

전자주입층으로 8-hydroxyquinolinololithium (Liq)와 8-hydroxyquinolinolatosodium (Naq)를 사용하였으며 Gracel Display Ins.에서 합성하여 제공받았다. 본 연구에 사용된 유기 물질의 구조는 그림 1과 같다.

본 연구에서는 정공 수송층으로 NPB 40 nm, 녹색 발광 물질인 Alq₃를 발광층 50 nm를 증착하였고, 전자 주입층으로 LiF, Liq, Naq의 두께를 각각 1 ~ 4 nm까지 바꾸면서 전기적, 광학적 특성을 조사하였다.

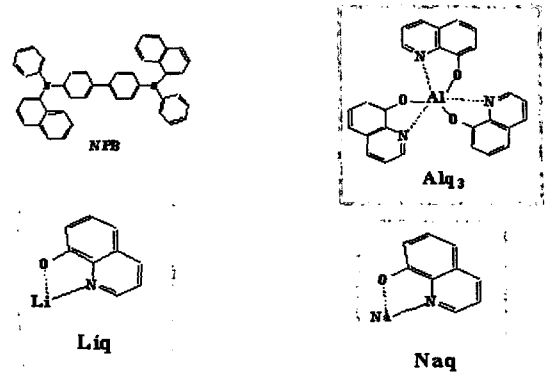


그림 1. OLED의 유기물의 구조.

3. 결과 및 고찰

3.1 전자 주입층 Liq를 이용한 유기 발광 소자

3.1.1 전류(I)-전압(V)-휘도(L) 특성

전자 주입층 두께에 따른 소자 최적화를 위하여 정공 수송층으로 NPB 40 nm, 발광층 및 전자 수송층으로 Alq₃ 50 nm 적층한 후 Liq의 두께를 2 nm를 먼저 측정된 후에 다시 3 nm로 바꿔서 측정을 하였다. 그 다음 그 결과에 따라 1 nm과 4 nm를 선택적으로 실험하였다. 그러므로 하나의 물질에 따라 각각 3개의 소자를 제작하였으며, 그 다음 재연성 실험을 실시하였다. 그림 2는 Liq 두께에 따른 전류 밀도 값을 나타내고 있다. Liq 3 nm를 증착한 소자가 가장 좋은 전류밀도를 나타내는 것을 볼 수 있다. 2 nm와 4 nm를 증착한 소자들은 LiF 2 nm를 증착한 소자보다도 낮은 전류밀도와 휘도를 가지고 있었다. 이것은 Liq 2 nm를 증착한 소자는 완전히 박막이 생기지 않아 전자 주입시 장애가 생긴 것으로 생각되며 Liq 4 nm를 증착한 소자는 너무 많은 양으로 인하여 박막 표면 굴곡도가 증가하여 유기물층과 전극의 접촉상태를 나쁘게 만들어 전자 주입에 장애를 만드는 것으로 생각된다. 일반적으로 전류밀도를 로그(log)-로그 스케일로 나타내고 전류특성을 보면 2개의 직선으로 나타나게 된다. 그림 2를 살펴보면 전자주입층을 간 소자들은 약 2V로 전자 주입 층이 없을 때 3.5V 보다 1.5V가 낮다. 그림 3에서는 Liq 3 nm를 증착시킨 소자가 전자 주입층이 없을 때보다 약 5배 정도 높은 휘도를 나타내었다.

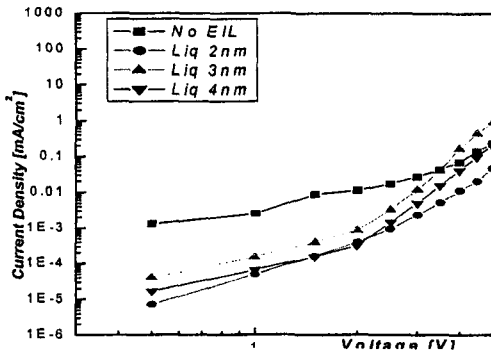


그림 2. 다양한 두께의 Liq를 적층한 전류밀도 vs 구동전압.

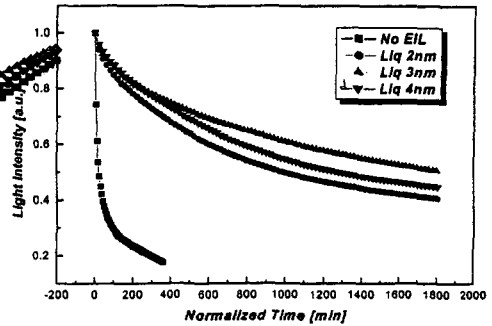


그림 4. 다양한 두께의 Liq를 적층한 빛의 세기 vs 소자의 수명.

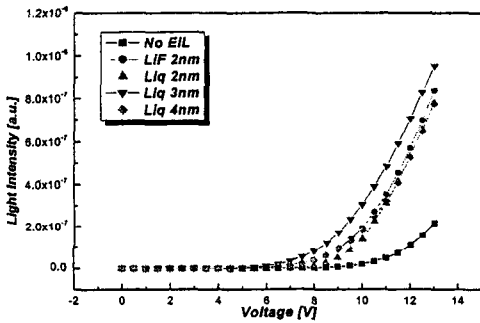


그림 3. 다양한 두께의 Liq를 적층한 빛의 세기 vs 구동전압.

3.1.2 수명 특성

그림 4는 Liq 각 두께에 따라 증착후 소자를 봉지하여 수명을 측정한 결과이다. 가장 좋은 수명은 마찬가지로 Liq의 두께가 3 nm일때이며 그 때의 수명은 1500분이었다.

이 수명 테스트를 보면 전류밀도와 휘도가 2nm 보다 좋지 않았던 3 nm와 4 nm의 두께로 증착된 소자가 더 좋은 수명을 나타내는 것으로 나타났다. 이것은 2nm 소자는 완전한 막이 형성되지 않아 Liq 절연효과에 의해서 전류밀도는 상승하지만 소자의 안정성은 감소하여 수명이 감소하는 것으로 생각된다.

3.2 전자 주입층 Naq를 이용한 유기 발광 소자

3.2.1 전류(I)-전압(V)-휘도(L) 특성

Naq 또한 앞의 Liq와 같은 방법으로 측정을 하였다. Naq의 경우 두께가 2 nm와 3 nm의 차이가 거의 없었다. 전류특성도 약 2 V 정도로 Liq보다도 낮은 전압을 보이고 있다. 그림 6은 전압에 따른 빛의 세기를 나타내고 있는데 두께가 2 nm이거나 3 nm 일 때도 거의 같은 휘도를 나타내고 있다. 여기에서 알 수 있듯이 Liq와는 다르게 Naq는 두께에 덜 민감한 것으로 확인되었다. 유기 전기 발광 소자를 상용화 하기 위해서는 두께의 영향에 덜 민감한 재료들이 필요하다. 그러한 측면에서는 이 Naq가 좋은 재료라고 말할 수 있다. 또한 두께가 어느 정도 두꺼워져도 전류값과 휘도에 영향을 미치지 않는다면 소자의 안정적인 면에서 얇은 층보다는 어느 정도 두껍게 증착하는 것이 더 좋다.

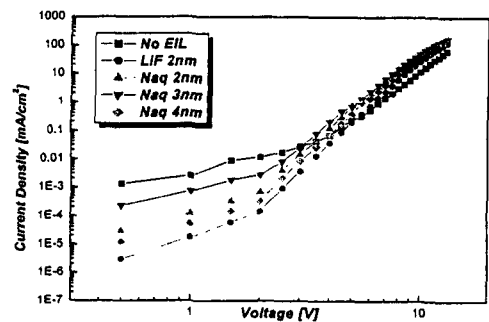


그림 5. 다양한 두께의 Naq를 적층한 전류 밀도 vs 구동전압.

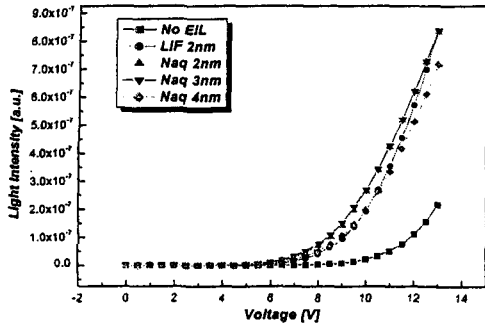


그림 6. 다양한 두께의 Naq를 적층한 빛의 세기 vs 구동전압

3.1.2 수명 특성

수명을 측정할 결과에서 전류밀도와 휘도에서 가장 나쁜 결과를 나타냈던 Naq 4 nm가 가장 좋은 성능을 보인 Naq 3 nm와 비슷한 결과를 나타내고 있는 것으로 나타났다. 앞에서 언급한 것과 같이 두께가 어느 정도 두꺼워져도 전류값과 휘도에 영향을 미치지 않는다면 소자의 안정적인 면에서 얇은 층보다는 어느 정도 두껍게 증착하는 것이 더 좋다는 것을 증명하는 것이라 볼 수 있다.

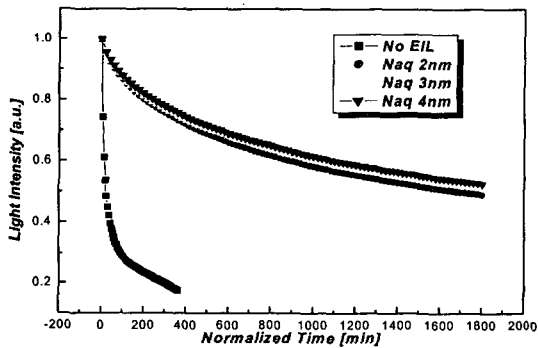


그림 7. 다양한 두께의 Naq를 적층한 빛의 세기 vs 소자의 수명.

4. 결론

본 연구에서는 기존의 전자 주입 물질인 LiF를 사용한 유기 발광 소자보다 전기적, 광학적, 효율 및 수명 면에서 향상된 전자 주입 물질을 찾고자

하였다. 알칼리 금속 전자 주입층인 Liq와 Naq는 turn-on voltage, 발광 효율 및 수명에서 LiF에 비해 좋은 특성을 보여 주고 있다. 특히 Naq의 경우 두께가 4 nm까지 두꺼워져도 전류와 휘도가 일정하였다. 무기물인 기존의 LiF는 얇게 증착시 두께 조절의 어려움이 있지만 Naq의 경우 두께 조절이 용이하여 소자의 안정화를 이룰 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 삼성 전자에 의해 지원되었음을 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] A. Bernanose and M. Conye, *J. Chem. Phys.*, 50, 64 (1953).
- [2] W. Helfrich, and W. G. Schneider, *Phys. Rev. Lett.* 14, 229 (1965).
- [3] K. E. Ziemelis, A. T. Hussaim, D. D. C. Bradley, A. R. Marks, and G. Wegner, *Phys. Rev. Lett.*, 66, 2231 (1991).
- [4] J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, and A. B. Holmes, *Nature (London)*, 347, 539 (1990).
- [5] S. Chichibu, T. Azuhata, and S. Nakamura, *Appl. Phys. Lett.*, 69, 4188 (1993).
- [6] P. M. Kallmann, and H. Magnante, *J. Chem. Phys.*, 38, 2042 (1963).
- [7] G. G. Roberts, M. M. M. McGinnity, and P. S. Vincett, *Solid State Commun.*, 32, 683, (1979).