

새로운 발광물질인 PRL-401, 403을 사용한 EL소자의 특성분석

김주호, 이상필, 이광섭, 김영관, 김정수  
 홍익대학교 전기제어공학과, 홍익대학교 화학공학과, 한남대학교 화학공학과

The characteristics of the electroluminescent devices using new organic materials, PRL-401, 403

Jun-Ho Kim, Sang-Pil Lee, Kwang-Sup Lee, Young-Kwan Kim, Jung-Soo Kim  
 Dept. of Electrical and control Eng. Hongik Univ., Dept. of Chemical Eng. Hongik Univ.,  
 Dept. of Chemical Eng. Hannam Univ.

**Abstract** - Organic materials have been considered for the fabrication of practical electroluminescent (EL) devices because a large number of organic materials are known to have extremely high fluorescence quantum efficiencies in the visible spectrum. In this study, electroluminescent devices are constructed using novel organic materials PRL-401, PRL-403 as the emitting elements. The devices have a triple-layer structure of organic thin films, prepared by vacuum vapor deposition. Greenish yellow electroluminescent emission is observed. The maximum luminances are over 1000 cd/m<sup>2</sup> and the turn-on voltages are about 13 V.

1. 서 론

현재 가장 널리 보급된 CRT는 향후 전력소비가 적고, 유대가 용이하며 대형화면화가 가능한 평판표시기로 대체 되어질 것이다. 유기 발광소자도(electroluminescent device)도 이들 중의 하나로 청색에서 자색까지의 거의 모든 색이 발광하며 발광 휘도 면에서도 다른 소자와 비교하여 손색이 없을 정도이다. 유기 발광소자는 재료적인 측면에서 크게 유기 단분자와 유기 고분자 물질을 이용한 소자로 분류할 수 있다. 유기 단분자를 이용한 전기발광소자는 1960년대에 안트라센의 발광현상의 발견으로 시작되었으며, 1987년 Kodak사의 Tang에 의해 적층형 유기 EL소자가 발표된 후 본격적으로 연구되기 시작하였다[1][2]. 고분자를 이용한 전기발광소자에 대한 연구는 1990년 π-공역계 고분자인 PPV로부터 EL이 관찰된 후부터 활발히 이루어지고 있다. 낮은 직류 구동 전압, 박막 형태 가능, 발광 빛의 균일성, 용이한 패던 형성, 구부릴 수 있는 형태의 소자 제작가능, 대량 생산 가능 등의 장점에도 불구하고, 유기물 또는 고분자 전기발광소자는 안정성, 발광 효율 등 여러 성능에 있어서 아직도 해결해야 할 과제가 많이 있으며, 특히 실용적인 디스플레이 소자로의 활용성이 검증되어야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 새로이 합성한 유기 발광물질을 이용하여 제작한 박막 EL 소자의 전기적·광학적 특성을 연구·분석하여 디스플레이 소자에 적용할 수 있는 가능성을 알고자 함에 목적이 있다.

2. 본 론

2.1 성막 물질

본 연구에서는 새로이 합성한 유기물질인 PRL-401, PRL-403을 발광 물질로 사용하여 삼층구조로 소자를 제작하였으며 정공 수송 물질과 전자 수송 물질로 각각 Alq<sub>3</sub> 와 TPD를 사용하였다. 그림 1은 본 연구에서 사용된 물질들의 분자구조를 나타내었다.

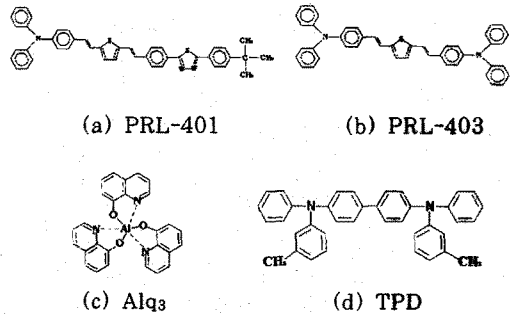


그림 1. 본 연구에서 사용된 시료의 분자구조.

2.2 Device 구조

그림 2는 전기적 특성분석을 위한 EL 소자의 구조이다. 발광물질로는 PRL-401과 403을 사용하였으며, 효율을 향상시키기 위하여 정공과 전자의 주입을 원활하게 해주는 수송층을 사용하였다. 정공 수송층으로는 TPD를 그리고 전자 수송층으로는 Alq<sub>3</sub>를 사용하였는데 TPD와 Alq<sub>3</sub>는 정공, 전자 수송특성이 우수한 물질로서 널리 사용되어지는 유기물질이다[3]. 각 물질의 두께는 정공 수송층은 40 nm, 전자 수송층은 50 nm, 그리고 발광층은 30 nm를 진공 증착하였다.

하부전극은 ITO(indium-tin-oxide : sheet resistance : 30Ω/sq) 기판을 사용하였고 모든 유기물과 Al은 동일한 조건에서 5×10<sup>-6</sup> Torr의 진공도에서 진공 증착을 하였으며 소자의 면적은 25 mm<sup>2</sup> 이다. 모든 측정은 DC 전압 조건하에서 상온에서 측정하였다.

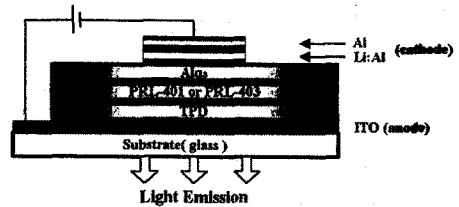
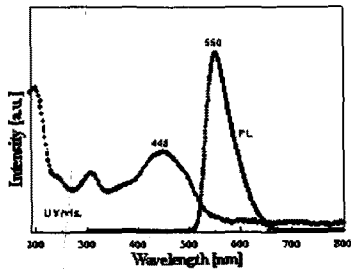


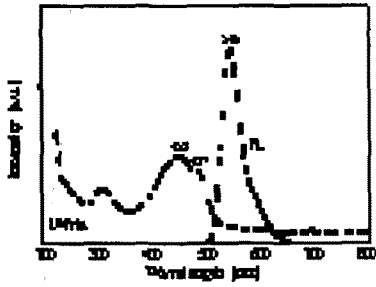
그림 2. 본 연구에서 제작된 EL 소자의 구조.

2.3 EL 소자의 전기적·광학적 특성

그림 3은 발광물질인 PRL-401과 PRL-403을 석영 기판에 증착 한 후 UV/vis. 흡광도와 PL spectrum을 측정한 그래프이다. 각각의 PL peak는 550 nm와 546 nm로써 두 물질 모두 greenish-yellow를 발광하는 물질임을 알 수 있었다.

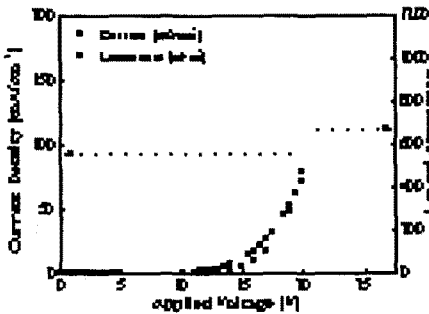


(a) PRL-401

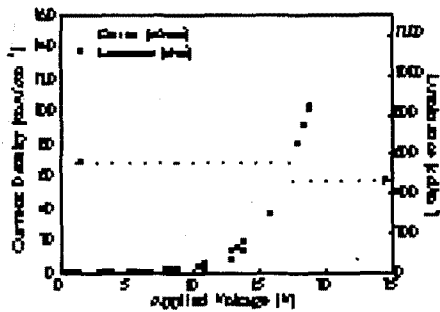


(b) PRL-403

그림 3. UV/vis. 흡광도 스펙트럼과 PL 스펙트럼.



(a) PRL-401

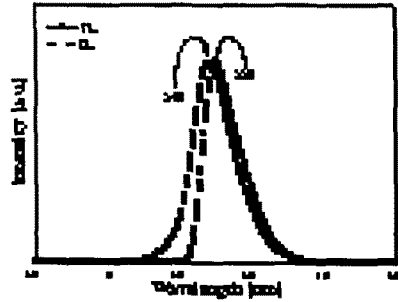


(b) PRL-403

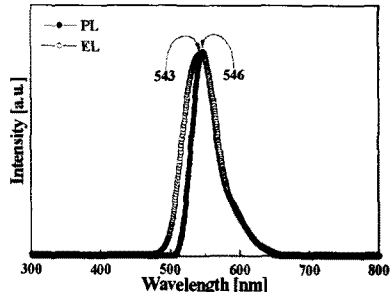
그림 4. 전류밀도-전압-휘도(J-V-L) 특성 곡선.

그림 4는 제작한 소자를 Keithley 238을 이용하여 측정한 J-V특성과 L-V특성을 나타낸 그래프이다. PRL-401은 23 V에서 최대 휘도 1024  $\text{cd/m}^2$ 를 나타내었고, 100  $\text{cd/m}^2$ 에서 20  $\text{mA/cm}^2$ 의 전류밀도와 17 V의 전압을 나타내었으며, Turn-on voltage는 약 13 V이었다. PRL-403은 20 V에서 최대 휘도 1028  $\text{cd/m}^2$ 를 나타내었

고, 100  $\text{cd/m}^2$ 에서 12  $\text{mA/cm}^2$ 의 전류밀도와 14 V의 전압을 나타내었으며, 12 V에서 turn-on되었다. PRL-403이 PRL-401에 비하여 전압-전류 특성과 휘도 특성에 있어서 조금씩 우수한 것을 알 수 있다.



(a) PRL-401



(b) PRL-403

그림 5. EL-PL 스펙트럼.

그림 5는 두 물질을 발광층으로 하여 제작한 소자의 EL특성을 각각의 PL특성과 비교한 그래프이다. PRL-401과 PRL-403의 PL스펙트럼이 각각 550 nm와 546 nm를 나타내었고, 박막으로 제작한 소자의 EL스펙트럼도 각각 540 nm로 543 nm로 PL스펙트럼과 거의 동일하게 나타남을 알 수 있었다. 이것으로 대부분의 발광이 모두 발광층인 PRL-401과 PRL-403에서 일어난다는 것을 알 수 있었다. EL이 PL에 비하여 조금 왼쪽으로 이동한 것은 발광층 내부에서의 발광이 전자 수송층과의 계면에서 발생하여 전자 수송층인 Alq3에서 약간의 발광이 일어나기 때문이다.

그림 6에서는 PRL-401과 PRL-403의 전류밀도-휘도(J-L)특성을 보여주고 있다. 그래프에 나타났듯이 PRL-403이 같은 전류밀도에서 PRL-401에 비하여 휘도가 더 높게 나타남을 알 수 있다. 이것으로 PRL-401에 비하여 PRL-403의 형광성이 더욱 뛰어나다는 것을 알 수 있었다. 소자의 특성을 더욱 향상시키기 위하여 PRL-403에 일함수가 낮은 Li:Al을 음극으로 사용하여 소자를 제작하여 그 소자의 J-V특성과 J-L특성을 관측하였다[4][5].

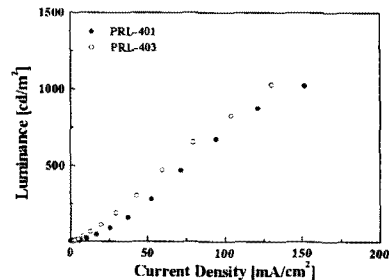
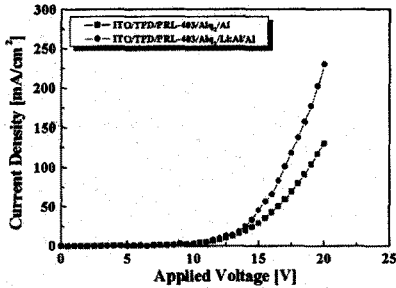
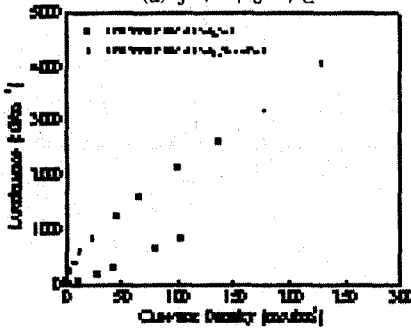


그림 6. PRL-401과 PRL-403의 J-L특성.

그림 7에서와 같이 Li:Al을 사용하여 제작한 소자는 그 특성이 Li:Al을 사용하지 않았을 때 보다 현저하게 좋아지는 것을 알 수 있었다. 이는 일함수가 낮은 Li:Al cathode가 전자 수송층과의 장벽높이를 낮춰 주는 역할을 함으로써 전자의 주입을 보다 원활하게 하여주기 때문에 발광층에서 낮은 전압에서 보다 많은 여기자를 생성할 수 있기 때문이다. 이 때 최대 휘도는 4000 cd/m<sup>2</sup> 가 넘고 높은 전류밀도에서도 안정적으로 소자가 구동되는 것을 보여주고 있다.



(a) J-V 특성 곡선



(b) J-L 특성 곡선

그림 7. Li:Al을 사용하여 만든 PRL-403 박막 소자의 특성 곡선.

(참고 문헌)

- [1] C. W. Tang, S. A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", *Appl. Phys. Lett.* 51 913(1987).
- [2] C. W. Tang, S. A. VanSlyke, and C. H. Chen, "Electroluminescence of doped organic thin films", *J. Appl. Phys.* 65 3610(1989).
- [3] Ananth Dodabalapur, "Organic Light Emitting Diodes", *Solid State Communications*, 102 259(1997).
- [4] T. Mori, H. Fujikawa, S. Tokito, and Y. Taga, "El structure of 8-hydroxyquinoline aluminum/L interface for organic electroluminescent device by ultraviolet photoelectron spectroscopy", *Appl. Lett.* 73 2763(1998).
- [5] Ghassean E. Jabbour, Jia-Fu Wang, Bernard K and Nasser Peyghambarian, "Sharp Red Or Light-Emitting Devices With Enhanced Efficiency", *Jpn. J. Appl. Phys.* 38 1553(1999).

3. 결 론

본 연구에서는 새로이 합성한 유기 발광물질인 PRL-401과 PRL-403을 진공 증착법을 이용하여 박막 소자를 제작하여 그 소자의 전기적·광학적 특성을 관측·연구하였다. 진공 증착법에 의해 삼층구조로 소자를 제작하였을 때 PRL-401은 550 nm에서 PL을, 그리고 546 nm에서 EL스펙트럼을 나타내었으며, 100 cd/m<sup>2</sup>의 밝기에서 17 V의 전압과 20 mA/cm<sup>2</sup>의 전류밀도를 나타내었다. PRL-403은 546 nm에서 PL스펙트럼을 나타내었고, 543 nm에서 EL스펙트럼을 나타내었으며, 100 cd/m<sup>2</sup>에서 14 V의 전압과 12 mA/cm<sup>2</sup>의 전류밀도를 나타내었다. Turn-on voltage는 각각 13 V와 12 V이었다. PRL-403의 경우 전자의 주입을 원활하게 해주기 위해서 Li:Al층을 Alq3와 Al사이에 증착하여 전자 주입층으로 사용하면 그 특성이 더욱 향상됨을 알았다. PRL-401과 PRL-403은 정확한 green영역이 아니기 때문에 full-color 디스플레이 소자에 적용하기는 부적합하지만, 단순한 back light나 mono-color 디스플레이 소자에는 적용할 수 있을 것으로 생각되어진다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단(한·독 국제공동연구과제)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.