

TCNQ를 사용한 유기 발광 소자의 특성 변화

나수환, 이원재*, 홍진웅**, 정동희, 한원근, 김태완
 홍익대학교, *경원대학교, **광운대학교

Property change of organic light-emitting diodes using a TCNQ

Su Hwan Na, Won Jae Lee*, Jin Woong Hong**, Dong Hoe Chung, Wone Keun Han, Tae Wan Kim
 Hongik Univ. *Kyungwon Univ. **Kwangwoon Univ.

Abstract : We have studied physical properties of organic light-emitting diodes (OLEDs) in a device with 7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane (TCNQ). Since the TCNQ has a high electron affinity, it is widely used for a charge-transport and injection layer. And the TCNQ-derivatives have also been used to control the conductivity of the materials. It is known that a charge injection and transport in OLEDs with a TCNQ-derivative enhances a performance of the devices such as operating voltage and efficiency. To see how the TCNQ affects on the device performance, we have made a reference device in a structure of ITO(170nm)/TPD(40nm)/Alq₃(60nm)/LiF(0.5nm)/Al(100nm). And several type of devices were manufactured by doping TCNQ either in TPD or Alq₃ layer. The TCNQ layer was also formed in between the organic layers. N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)-benzidine (TPD), tri(8-hydroxy quinoline) aluminium (Alq₃), and TCNQ layers were formed by thermal evaporation at a pressure of 10⁻⁶torr. The deposition rate was 1.0~1.5 Å/s for TPD, and 1.0~1.5 Å for Alq₃. The LiF was thermally evaporated at a deposition rate of 0.2 Å/s successively. The device with TCNQ-derivative improved the turn-on voltage compared to the one without TCNQ-derivative.

Key Words : Organic light-emitting diodes, TCNQ

1. 서 론

유기 발광 소자에 있어서 구동 전압, 소비 전력, 발광 효율은 중요한 특성들이다. 특히 낮은 구동 전압과 소비 전력을 위해서는 양극, 음극 각 전극에서 전하 주입층으로의 원활한 전하 주입과 전송층에서의 전도도가 향상되어야 한다[1]. 따라서 전하 주입과 이동은 전체 소자 성능에 큰 영향을 미치게 되어 적절한 제어를 통해 효율적인 유기 발광 소자 설계가 가능해진다. 현재까지 전하 주입과 이동을 향상시킨 다양한 구조 및 재료들이 제안되고 있다. 하지만 유기 물질 자체가 지닌 낮은 전도도와 낮은 전하 이동도 특성 때문에, 높은 발광 효율을 얻기 위해서는 높은 구동 전압을 필요로 하였다. 따라서 유기 발광 소자의 구동 전압을 낮추어 소자의 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 알아보려고 한다.

본 연구에서는 구동 전압을 낮추고 고효율 소자를 제작하기 위해 정공 수송층으로 널리 사용되는 N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methyl-phenyl)-1,1-biphenyl-4,4'-diamine (TPD)에 전자 친화 특성이 강한 7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane (TCNQ) 도핑하거나 박막형태로 삽입시키려고 한다. 또한 발광층과 전자 수송층으로 쓰이는 tris-(8-hydroxy-quinoline) aluminium (Alq₃)를 같은 방식으로 적용해 보고자 한다[1]. 그림1은 TCNQ의 분자 구조를 보여주고 있다. 이 물질은 강한 전자 끌개 특성을 가지고 있으며, 이는 방향족기인 시아노기(cyano group :

CN)와 결합함으로써 나타난 특성이라 할 수 있겠다. 이렇게 제작한 유기 발광 소자의 전기적 특성을 측정하였다.

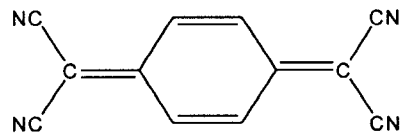


그림 1. TCNQ 분자 구조.

2. 실험

본 실험에서는 강한 전자 친화도를 가진 TCNQ를 정공 수송층 또는 발광층에 도핑하거나 삽입하여 소자를 제작하였다. 제작된 소자는 전압에 따른 전류 밀도, 전류 효율, 발광 세기 등을 측정하여 각각의 소자의 구동 전압을 비교하였다. 소자 크기는 20mmx20mm이며, 음전극으로는 LiF(0.5nm)/Al(100nm)을 사용하였다[2]. 소자의 발광 면적은 3mm x5mm이다. ITO 위에 정공 수송층은 TPD를 그리고 발광층은 Alq₃를 2x10⁻⁵Torr의 진공도에서 1Å/s의 속도로 열 증착하였다. 소자의 기본 구조는 ITO(170nm)/TPD (40nm)/Alq₃ (60nm)/LiF (0.5nm)/Al(100nm)이다. 소자의 전압-전류 특성은 Keithley236 (source-measureunit)과 Keithley 617 (electrometer)을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

TCNQ 물질의 적용 방법에 따른 I-V 특성을 그림 2부터 그림 5까지 나타내었다. 그림 2는 전자 수송층 및 발광층으로 사용된 Alq₃에 TCNQ를 도핑한 소자의 전류-전압 특성을 나타내었다. 도핑한 소자는 도핑하지 않은 소자에 비해 발광 세기는 좋지 않았으나 전류는 잘 흘렀다. 그림 3과 그림 4는 정공 수송층과 발광층 사이에 TCNQ층을 삽입하여 제작하였으며, 0.5/1/3/5/10nm의 두께로 제작하였다. TCNQ의 두께가 3nm 이상이 되면 소자의 구동 전압이 낮아짐을 보였다. 그림 5는 발광층으로 사용된 Alq₃층 위에 전자 주입층으로 사용되는 LiF 대신 TCNQ를 삽입하여 소자를 제작하였으며, 제작한 소자는 LiF층을 사용한 소자 및 사용하지 않은 소자의 특성과 비교하여 나타내었다. LiF를 사용한 소자에 비해 발광 특성이 많이 떨어졌으나, 전자 주입층을 사용하지 않은 소자에 비해서는 구동 전압이 낮아짐을 알 수 있었다.

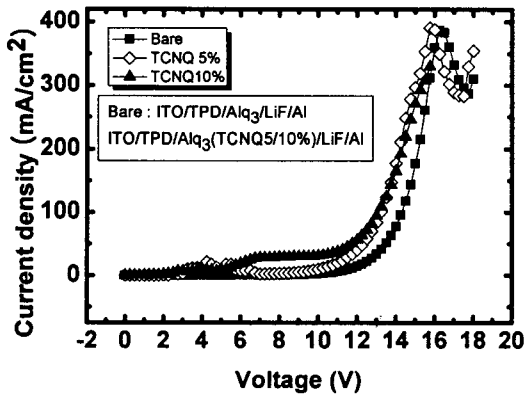


그림 2. 전압에 따른 전류 밀도.

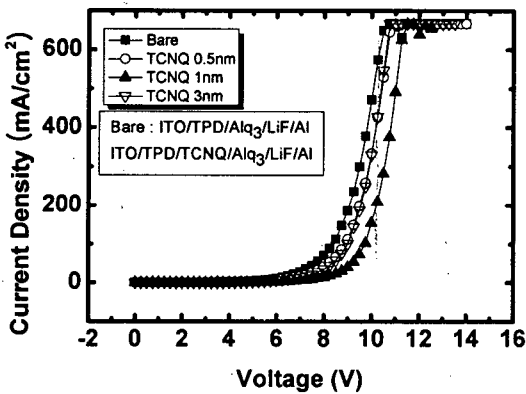


그림 3. 전압에 따른 전류 밀도.

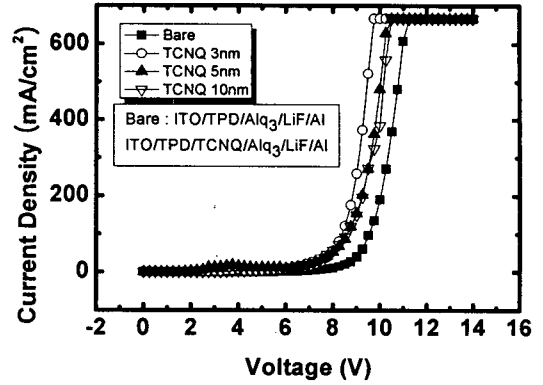


그림 4. 전압에 따른 전류 밀도.

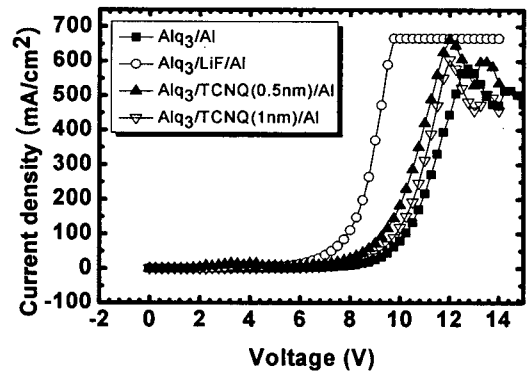


그림 5. 전압에 따른 전류 밀도.

4. 결론

TCNQ는 전자 친화 특성이 강한 물질로써 전하 수송층에 도핑하거나 삽입함으로써 전하의 주입과 이동을 효율적으로 제어할 수 있다[1]. 본 실험에서는 정공 수송층인 TPD와 발광층 또는 전자 수송층으로 사용되는 Alq₃에 도핑하거나 박막층을 삽입해보았다. 도핑 농도 및 박막 두께 또는 박막의 삽입 위치를 변경하여 소자를 제작한 후 전기적 특성을 측정하였다. TCNQ 유도체를 도핑하거나 삽입하여 제작된 소자의 발광세기는 TCNQ를 사용하지 않은 소자에 비해 감소하였다. 그러나 전류는 잘 흐르는 것으로 나타났다.

감사의 글

이 논문은 2009학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

- [1] M A Khan, Wei Xu, Khizar-ul-Haq, Yu Bai, X Y Jiang, Z L Zhang, and W Q Zau *Semicond. Sci. Technol.* 23, 055014, 2008.
- [2] M. K. Fung, K. M. Lau, S. L. Lai, C. W. Law, M. Y. Chan, C. S. Lee, and S. T. Lee, *J. Appl. Phys.* 104, 034509, 2008.