

새로운 정공주입층을 이용한 OLEDs의 특성에 관한 연구

심혜연, 정지훈*, 김준호**, 김영관*

홍익대학교 분자전자공학과, 홍익대학교 화학공학과*, 홍익대학교 전자공학과**

A Study on the Characteristics of OLEDs Using a New Hole Injection Layer

Hye-Yeon Shim, Ji-Hoon Jeong*, Jun-Ho Kim**, Young-Kwan Kim*

Dept. Molecular Electronic Eng., Hongik Univ.,

Dept. Chemical Eng., Hongik Univ.*

Dept. Electronic Eng., Hongik Univ.**

Abstract

The improvement in OLEDs performance is correlated with the surface chemical composition, hole injection and electron injection. In this study, a new hole injection material, HIL202(NPB derivatives), was synthesized and the devices with the structure of ITO/HIL202/NPB/Alq₃/Liq/Al were fabricated. The devices with a new hole injection material showed the improved current density, luminance and life time then the NPB or conventional hole injection material based OLEDs, due to the improved adhesion morphology between ITO surface and hole injection material.

Key Words : OLEDs, hole injection material

1. 서 론

새로운 평판 디스플레이 중의 하나인 OLEDs (organic light-emitting diodes)는 고휘도에 고효율의 성능을 가지며 빠른 응답속도 등의 장점 때문에 최근에 그 실용화를 위한 연구가 많이 행해지고 있다. 그러나 아직까지 긴 수명을 가지는 발광재료의 개발과 유기박막 성막 방법의 개선, 봉지방법의 기술개발, 구동회로의 개발 등 개선해야 할 과제가 많이 남아있다. 다양한 방법을 이용하여 OLEDs의 효율을 높이려는 노력이 진행되고 있는데 그러한 노력으로 ITO의 전처리를 통해 주입에너지의 장벽을 낮추거나 양전극과 정공 수송층 사이에 정공 주입층을 삽입하거나, 음전극과 전자 수송층 사이에 전자 주입층을 삽입하여 정공과 전자를 보다 효과적으로 주입하려는 시도가 행해지고 있다.

본 연구에서는 보다 나은 정공 주입을 위하여

친수성인 새로운 NPB유도체를 정공 주입층으로 사용하여 다층구조(multi-layer)의 OLEDs를 제작하여 각각의 전기적 광학적 특성을 연구하였고, 이를 기존의 정공 수송층으로 사용된 물질로 제작된 소자와의 비교를 통해서 성능 향상을 확인하였다.

2. 실험

본 연구에서는 정공 수송층(HTL)인 NPB와 정공 주입층(HIL)인 NPB유도체의 두께를 500Å으로 고정한 후 두께를 각각 HIL(100 Å)/HTL(400 Å), HIL(200 Å)/HTL(300 Å), HIL(300 Å)/HTL(200 Å), HIL(400 Å)/HTL(100 Å)로 변화시켜 소자를 제작하였으며 여기에서 전자 수송층으로는 Alq₃[tris(8-quinolinolato)-aluminum](500 Å)를 사용하고 전자 주입층으로 Liq(Lithium quinolate)(10 Å)를 각각 사용하여 소자의 특성을 알아보았다. 또한 정공 주입물질인 NPB유도체를 사용하지

않고 제작한 소자와 그 특성을 비교하고 기존의 정공 주입물질로 널리 알려져 있는 CuPc (Copper-phthalocyanine)를 사용하여 새로운 정공 주입 물질과의 성능을 비교하였다.

ITO 기판은 그 표면상태에 따라 증착된 박막의 특성에 커다란 영향을 미치므로 세척이 중요하다. ITO 기판은 증류수로 세척한 후 아세톤으로 다시 세척하고, Trichloroethylene에 넣고 끓인 후 식힌 다음, 아세톤에 넣은 후 15분 초음파 세척을 하고 이소프로필알콜에 넣고 다시 15분간 초음파세척을 한 후 마지막으로 증류수로 세척하고 이소프로필알콜에 넣어 보관하였다.

모든 유기물은 진공 챔버 안에서 열증착 하였으며 이때의 진공 챔버 내의 진공도는 5×10^{-7} torr 이하였다. 음전극으로는 Al을 사용하였으며 PVD (Physical Vapor Deposition)법을 사용해 서서히 낮은 전압에서 증착하여 균일한 전극을 형성시켰다. 이렇게 제작된 소자를 N_2 기체로 채워져 있는 글로브 박스에서 접착용 테이프로 격벽을 형성한 후 수분 등을 제거 할 수 있는 흡습제인 BaO를 넣고 뚜껑으로 투명한 유리판을 붙여 봉지하였다.

제작된 소자의 특성 측정은 Keithley 236을 이용하여 전압을 인가해 전류를 검출한 다음 전류-전압 곡선을 얻었다. 휘도는 전류-전압 특성 측정시 발생하는 빛을 chroma meter CS-100를 통해 측정하여 전압에 대한 휘도곡선을 얻어냈다. 또한 시간에 대한 휘도값으로 소자의 수명을 측정하였다.

그림 1은 실험에 사용된 유기물의 구조이다.

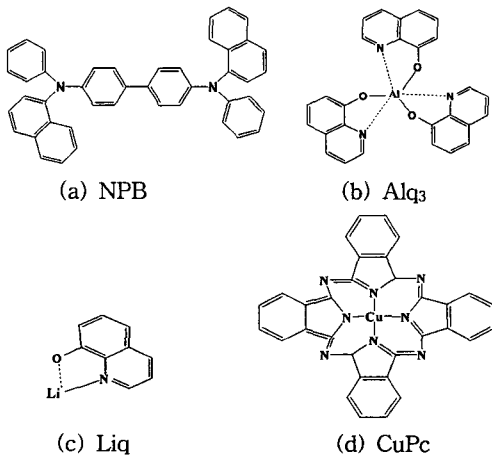


그림 1. 유기물의 구조.

3. 결과 및 고찰

3.1 정공 주입층으로서의 특성

NPB유도체를 정공 주입층으로 사용한 소자의 특성을 그림 2, 그림 3, 그림 4에 나타내었다.

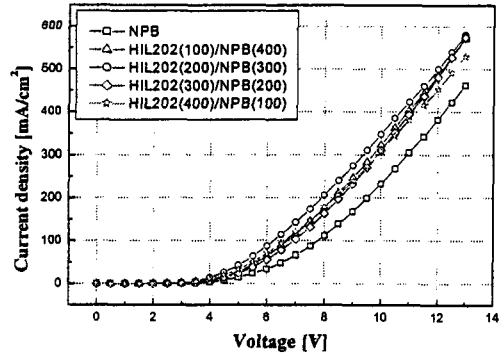


그림 2. NPB유도체를 HIL로 사용한 소자의 전류-전압 특성.

그림 2에 나타나는 것으로 볼 때 정공 주입층으로 NPB유도체를 사용한 소자는 두께를 변화시켜도, 정공 주입층을 사용하지 않은 소자에 비해 전류흐름이 향상되고, turn-on voltage도 향상되는 것을 볼 수 있다. 이는 정공 주입층으로서의 NPB 유도체가 정공 주입시 ITO 전극과의 에너지 장벽을 낮추어 낮은 turn-on voltage에서 보다 효과적인 정공의 주입이 가능하게 하는 역할을 하기 때문이다.

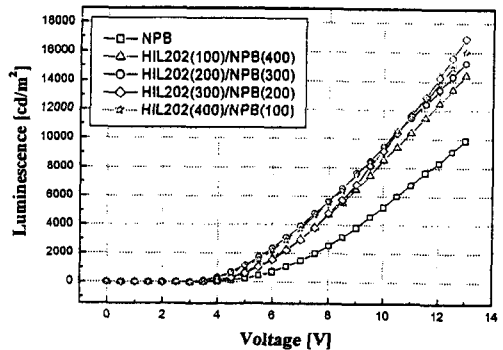


그림 3. NPB유도체를 HIL로 사용한 소자의 휘도-전압 특성.

그림 3 에서 보면 정공 주입층을 사용하지 않은 소자의 최대 휘도(9890 cd/m^2)에 비해 NPB유도체를 정공 주입층으로 사용한 소자의 최대 휘도(16950 cd/m^2)는 월등히 높은 것으로 나타났다. 이 역시도 정공 주입이 보다 원활하여 주입된 정공이 여기자(exciton)의 생성에 기여하기 때문에 발광이 증가하는 것으로 보인다.

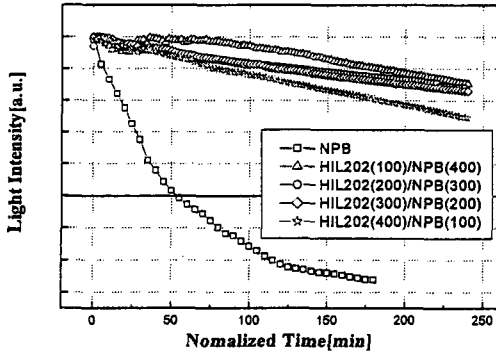


그림 4. NPB유도체를 HIL로 사용한 소자의 수명.

그림 4 에서는 NPB유도체를 HIL로 사용한 경우에 월등한 소자의 수명 개선효과가 있음을 보여준다. 그 중에서도 HIL의 두께가 100 Å일 경우가 가장 긴 수명특성을 보여준다. 효율은 두께가 증가할수록 증가하지만 수명은 그 반대의 특성을 보인다. 이는 HIL로 쓰인 HIL202의 물질의 안정성이 HTL로 쓰인 NPB에 비해 떨어지기 때문에 HIL의 두께가 두꺼워 질수록 전체 소자의 안정성이 떨어지기 때문이다.

3.2 다른 정공 주입층을 사용한 소자에서의 특성

그림 5, 그림 6, 그림 7은 기존의 정공 주입물질로 널리 알려져 있는 CuPc를 정공 주입층으로 사용하여 새로 합성한 NPB유도체와 정공 주입층으로서의 그 특성을 비교하였다. CuPc는 T_g (glass transition temperature)가 높아 소자의 안정성 면에서는 탁월하나 물질 자체가 붉은색 영역에서 흡수를 보여 full-color display의 적용에는 문제점을 보이고 있다.

그림 5와 그림 6을 보면 NPB 유도체를 사용한 경우 전류밀도와 휘도특성이 CuPc를 정공 주입층으로 사용하였을 때보다 향상되었지만 CuPc를 정공 주입층으로 사용하였을 때는 아무것도 사용하

지 않은 경우와 비교해 전류 밀도와 휘도특성에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 기존의 CuPc보다 새로 합성한 NPB유도체의 친수 작용기가 친수기인 ITO 전극과의 계면을 좋게 하기 때문에 ITO 전극과의 adhesion morphology가 좋고 ITO 전극과의 에너지 장벽이 낮아 정공의 주입 능력이 기존의 정공 주입물질에 비해서 뛰어나기 때문에 CuPc를 사용한 소자에 비해서 더 좋은 성능을 나타내는 것이다. 따라서 새롭게 합성된 NPB유도체가 full-color display 적용에 문제점을 가진 CuPc를 대신하여 정공 주입층으로서 OLEDs 제작에 적용될 수 있다.

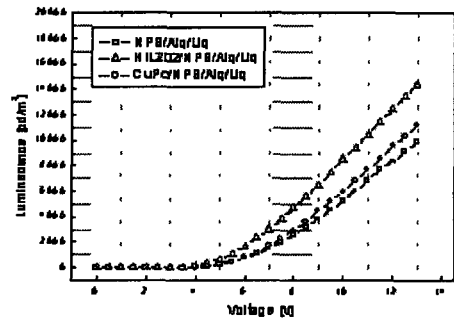


그림 5. HIL 물질에 따른 전류-전압 특성.

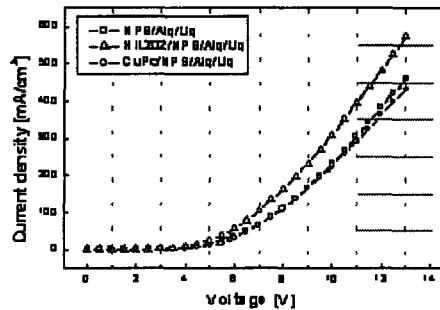


그림 6. HIL 물질에 따른 휘도-전압 특성.

그림 7 에서는 각 소자의 수명 특성을 비교하였다. NPB유도체를 정공 주입층으로 사용한 소자의 경우에 CuPc와 거의 비슷하지만 약간 향상된 수명 특성을 보였으며 정공 주입층을 사용하지 않은 소자와 비교해서 매우 큰 수명의 향상을 보여주고 있다.

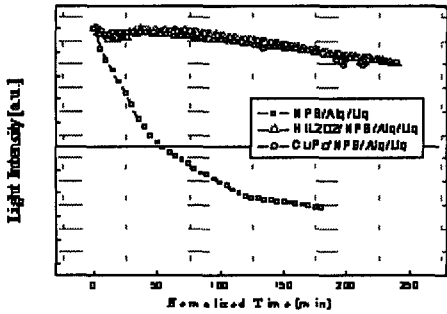


그림 7. HIL물질에 따른 소자의 수명.

4. 결론

본 연구에서는 정공 수송층으로 새롭게 합성한 NPB유도체를 사용하였다. 새로운 NPB유도체는 유기물의 소수성질에 친수 작용기를 더함으로써 친수기인 ITO와의 계면을 좋게 하기 때문에 ITO와의 adhesion morphology가 좋고 ITO전극과의 에너지 장벽이 낮아 정공의 주입 능력이 기존의 정공 주입물질에 비해서 뛰어난 장점을 가지고 있었다. NPB유도체(HIL202)를 정공 주입물질로 이용하여 소자를 제작해 사용한 결과 정공 주입층이 없는 소자에 비해 전류밀도나 휘도 면에서 그리고 효율과 수명에서 월등한 성능 향상을 보였다. 이는 정공 주입층의 두께가 변함에 따라 약간의 변화가 있었다. 그리고 기존의 CuPc를 정공 주입층으로 사용한 소자에 비해서도 더 좋은 전류밀도와 휘도 값을 가져 더 좋은 성능을 보였다. 그러나 정공 주입층으로 NPB유도체를 사용한 소자에서 정공 주입이 향상되어도 그에 대응되는 전자의 주입이 향상되지 못한다면 그이상의 효율은 증가되지는 않는다. 앞으로 더 뛰어난 전자 주입 물질이 개발된다면 효율은 더욱 증가할 것으로 보인다.

참고 문헌

[1] C. W. Tang, "An Overview of Organic Electroluminescent Materials and Devices", SID 96 DIGEST, (1996).
 [2] Murray A. Lambert and Peter Mark, "Current Injection In Solids" Academic Press., (1970)
 [3] R.H.Parmenter and W.Ruppel, J. Appl. Phys.,

30, 1548 (1959)
 [4] D.J.Milliron, I.G.Hill, C.Shen, A.Kahn, and J.Schwartz, J. Appl.Phys., 87, 572 (2000)
 [5] I-Min Chan, Weng-Cheng, and Franklin C.Hong, Asia Display '01, 1483 (2001)
 [6] Weber, et al., "Asia Display 98 Digest", 15 (1998)
 [7] K.Sugiyama, H.Ishii, Y.Ouchi, and K.Seki, J. Appl. Phys., 87, 295 (2000)
 [8] Sano, Y., et al., "SID 98 Digest", 275 (1998)