

HTL:EML(DPVBi:NPB)층의 조성비 변화에 따른 청색 유기 발광 소자 개발

이태성, 이병욱, 흥진수, 김창교

순천향대학교

Development of Blue Organic Light-Emitting Diodes(OLEDs) Due to Change in Mixed Ratio of

HTL:EML(DPVBi:NPB) Layers

Tae-Sung Lee, Byoung-Wook Lee, Chinsoo Hong, Chang-Kyo Kim

Soonchunhyang University

Abstract : The structure of OLEDs with conventional heterostructure consists of anode, hole injection layer, hole transport layer, light-emitting layer, electron transport layer, electron injection layer, and cathode. NPB used as a hole transport layer and DPVBi used as a blue light emitting layer were graded-mixed at selected ratio. Interface at heterojunction between the hole transport layer and the electron transport layer restricts device's stability. Mixing of the hole transport layer and the emitting layer removes abrupt interface between the hole transport layer and the electron transport layer. The stability of OLED with graded mixed-layer developed in this study was improved.

1. 서 론

일반적인 다층형 유기발광소자의 구조는 양극(anode), 정공 주입층(hole injection layer), 정공 전송층(hole transport layer), 발광층(emitting layer), 전자 전송층(electron transport layer), 전자 주입층(electron injection layer), 음극(cathode)으로 이루어져 있다. 이러한 일반적인 이종접합(HJ:heterojunction)소자는 물질 간 계면에서 이질 결합을 허용으로써 소자의 정확성을 제한한다[1,2].

따라서 본 연구에서는 유기발광소자의 구조를 청색 발광 재료인 [4'4'-bis(2,2'-diphenyl vinyl)-1,1'-biphenyl](DPVBi)와 정공 수송 재료로 사용되는 4,4bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-arnino]-biphenyl(NPB)를 일정 비율로 혼합하여 이질결합에 따른 불연속계면을 제거함으로써 계면의 전계와 출열을 감소시켜 유기 발광 소자의 안정성을 개선시키고자 하였으며, 이와 같은 혼합 구조를 적용하여 효율적인 유기발광소자 제작을 위한 구조적 최적화 및 공정 조건의 최적화를 제시하고자 한다.

2. 실 험

PVD법을 이용하여 유기발광소자를 제작하였고, 모든 증착 공정은 4×10^{-6} torr 이하의 고진공에서 수행되었다. 유기물 증착 시 속도는 약 0.3~1 Å/s 사이로 조절하였으며, Al 증착 시에는 챔버 내에 높은 열이 발생하기 때문에 열로 인한 유기물의 훼손이 있을 수 있다. 따라서 Al 증착은 유기물과 Al과의 접착력을 고려하여 약 100 Å 까지는 약 1~2 Å/s의 낮은 rate로 증착 사켰고, 이 후로는 5 Å/s 이상으로 빠르게 증착을 하였다.

제작된 해테로구조의 소자와 DPVBi와 NPB가 혼합된 소자의 적층 구조는 표 1과 같다.

표 1. Heterostructure와 Graded mixed의 구조.

Heterostructure 1	2-TNATA 150 Å / NPB 300 Å / DPVBi 150 Å / Alq3 300 Å / LiF 12 Å / Al 1500 Å
Heterostructure 2	2-TNATA 150 Å / NPB 300 Å / DPVBi 300 Å / Alq3 300 Å / LiF 12 Å / Al 1500 Å
Heterostructure 3	2-TNATA 150 Å / NPB 300 Å / DPVBi 300 Å / Alq3 300 Å / LiF 5 Å / Al 1500 Å
Heterostructure 4	2-TNATA 150 Å / NPB 300 Å / DPVBi 300 Å / Alq3 300 Å / LiF 20 Å / Al 1500 Å
Graded Mixed 1	2-TNATA 150 Å / NPB:DPVBi(5%) 300 Å / NPB:DPVBi(20%) 75 Å / NPB:DPVBi(35%) 75 Å / NPB:DPVBi(50%) 75 Å / DPVBi:NPB(10%) 180 Å / Alq3:NPB(10%) 260 Å / LiF 12 Å / Al 1500 Å
Graded Mixed 2	2-TNATA 150 Å / NPB:DPVBi(5%) 300 Å / NPB:DPVBi(20%) 75 Å / NPB:DPVBi(35%) 75 Å / DPVBi:NPB(10%) 180 Å / Alq3:NPB(10%) 260 Å / LiF 12 Å / Al 1500 Å

3. 결과 및 검토

그림 1은 균일하게 혼합된 소자의 CIE 색좌표와 EL 스펙트럼이다. 혼합구조의 스펙트럼은 449nm 파장으로 해테로구조의 446nm와 약간의 차이를 보였으며, 색좌표는 (0.163, 0.139)로 해테로구조 (0.162, 0.135)의 소자보다 약간 greenish-blue영역으로 color shift되었지만 해테로구조의 소자들과 큰 차이는 보이지 않았다.

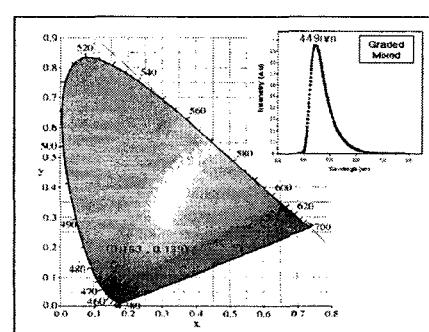


그림 1. 혼합된 소자의 CIE 색좌표와 EL 스펙트럼.

그림 2는 제작된 유기발광소자의 Current Density-Voltage 관계를 나타낸 그래프이다. 최적화된 혼합구조의 소자들은 10 mA에서 5.8 V~8 V 사이인 반면, 혼합구조 소자에서는 10 mA에서 4.9 V~5.6 V였으며, 100 mA에서는 혼합구조는 8.4 V~10.2 V였고, 혼합구조에서는 7.3 V~7.8 V로 전류밀도 차를 보였다.

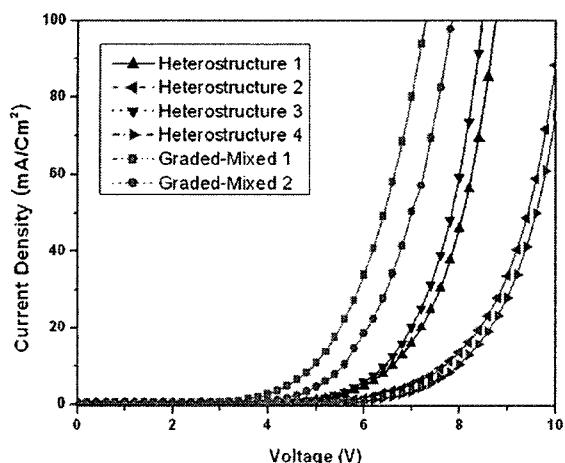


그림 2. 유기발광소자의 Current Density-Voltage 관계.

그림 3은 제작된 유기발광소자들의 Luminance-Voltage 관계를 나타낸 것이다. 혼합구조의 소자들에서 DPVBi 두께 증가는 DPVBi 층에서 형성된 여과자가 발광할 확률을 높이기에 충분한 공간 확보가 되어 청색 발광을 증가 시킬 것으로 예상하였으나 결과에서 보듯이 150 Å, 300 Å의 경우에서 약 8,000 cd/m²의 동일한 최대 휘도를 나타내고 있다. 전류효율 면에서는 DPVBi가 300 Å 일 때 3.5 cd/A, DPVBi가 150 Å 일 때 3.0 cd/A로 DPVBi의 두께가 300 Å 일 때 좋은 효율을 나타내었다.

NPB와 DPVBi가 일정하게 혼합된 Graded-mixed 1의 소자의 최대 휘도는 21,000cd/m²이고, 그림 7에서 보듯이 turn-on은 2.4V이고, 1cd/m² 기준동작개시전압은 2.8 V이며, 100cd/m²에서는 4.5V이고 1,000cd/m²에서는 6.3 V의 결과를 나타내었다.

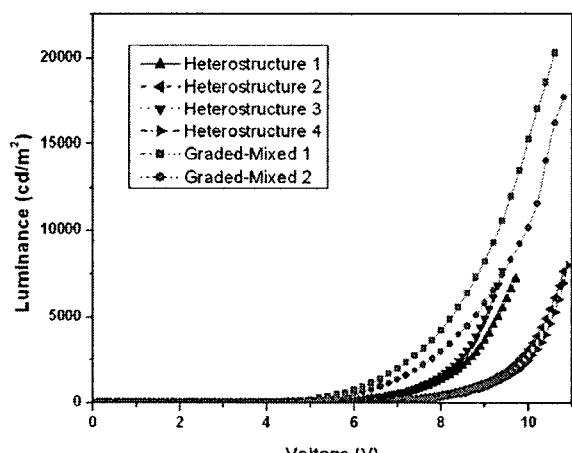


그림 3. 유기발광소자의 Luminance-Voltage 관계.

NPB:DPVBi(50%) 층을 제거시킨 Graded-mixed 2소자의 최대 휘도는 17,700 cd/m²이며, 동작개시전압은 Graded-mixed 1보다 0.6V 높은 3.4V (@1 cd/m²)으로 나타났으며, 100 cd/m²에서 4.9 V, 1000 cd/m²에서 6.7 V로 각각 Graded-mixed 1소자 보다 휘도특성이 다소 떨어지지만 혼합구조의 소자들보다 더욱 좋은 특성을 나타내는 것을 볼 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 유기발광소자의 구조를 청색 발광 재료인 [4'4-bis(2,2'-diphenyl vinyl)-1,1'-biphe-nyl](DPVBi)와 정공수송층 재료로 사용되는 4,4bis[N-(1-naphthyl)-N-phenyl-arnino]-biphenyl(NPB)를 발광 층까지 일정 비율로 혼합하여 정공 수송층과 발광층 사이의 불연속 계면을 제거하여 유기발광소자의 안정성을 개선시키고자 하였다. 혼합구조의 소자와 비교하여 EL 스펙트럼은 450 nm 파장대로 비슷한 결과를 나타내었으며, CIE 색좌표는 혼합구조 (0.162, 0.135)와 혼합구조의 소자 (0.163, 0.139)와 비교해 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 혼합구조 소자들에서는 100 cd/m²에서 5.7~6.6 V이고 1,000 cd/m²에서 7.6~8.8 V의 특성을 보인 반면 최적화된 혼합구조(graded mixed 1)의 소자에서는 100 cd/m²에서 4.5 V, 그리고 1,000 cd/m²에서 6.3 V로 혼합구조 소자보다 전압대비 높은 휘도 특성을 나타내었다. 또한 최적화된 혼합구조 소자들의 최대 휘도 값은 7,655 cd/m²인 반면, 최적화된 혼합구조의 소자의 최대 휘도는 21,000 cd/m²으로 약 2배 이상 증가함을 보였다. 혼합구조 소자는 10 mA에서 5.8 V, 혼합구조의 소자에서는 10 mA에서 4.9 V의 전류밀도 차를 보였고, 또한 혼합구조 소자들에서의 동작개시전압은 1 cd/m² 기준으로 약 3.8 V~4.5 V사이인 반면 혼합구조의 소자에서의 동작 개시전압은 1 cd/m² 기준으로 2.8 V의 저전압 구동을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI04-01-02) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Bardsley J.N, "International OLED Technology Roadmap", IEEE Journalof Selected Topics in Quantum Electronics, Vol.10, pp.3-9, 2004.
- [2] Anna B. Chwang, Raymond C. Kwong and Julie J. Brown "Gradedmixed-layer organic light emitting device", Applied Physics Letters, Vol.80, pp.725-727, 2002.