

전면 유기 발광 다이오드의 각도에 따른 발광 패턴 연구

주현우, 목량균, 김태완, 장경욱*, 송민중**, 이호식***
 홍익대학교, *경원대학교, **광주보건대학, ***동신대학교

Angular dependence of emission pattern in top-emission organic light-emitting diodes

Hyun Woo Joo, Hui Chul An, Su Hwan Na, Tae Wan Kim, Kyung Wook Jang*, Min Jong Song**, Ho Shik Lee***
 Hongik Univ. *Kyungwon Univ. **Kwangju Health College Univ. ***Dongshin Univ.

Abstract : We have studied an angular dependence of emission pattern of top-emission organic light-emitting diodes (TEOLED). Device structure is Al(100nm)/TPD(40nm)/Alq₃(60nm)/LiF(0.5nm)/Al(2nm)/Ag(30nm). N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)-benzidine (TPD) and tris-(8-hydroxyquinoline) aluminium (Alq₃) were used as a hole transport layer and emission layer, respectively. Organic layers and cathode were thermally evaporated at 2×10^{-5} torr. The evaporation rate of the organic material was maintained to be 1.5~2.0 Å/s, and that of metal layer to be 0.5~5 Å/s. A transmittance of a cathode electrode(Al/Ag) in visible region is about 25~30%. In order to measure view-angle dependent intensity, electroluminescence spectra of the device at each angle were integrated. Angle dependent emission spectra of the device do not show blue shift. Emission intensity of the device that the going straight characteristic is stronger the bottom-emission organic light-emitting diodes is shown.

Key Words : OLED, Top emission, emission pattern

1. 서론

평판 디스플레이가 개발된 이래 LCD, PDP, OLED 등이 경량, 박형 등의 장점으로 CRT를 대체해 나가고 있다. 특히 정보화 시대가 가속되면서 휴대용 디스플레이의 보급이 많이 되는데, OLED의 자발광 특성과 경량 초박형의 장점으로 소형 디스플레이에서 두각을 나타내고 있다. 1965년 Helfrich 등은 안트라센(anthracene) 단결정에서 청색 전계 발광 현상을 발견하였다.[1] 1980년대 후반 Kodak의 Tang과 VanSlyke의 선구적인 유기 발광 소자의 업적 이후 본격적인 연구가 계속되어 오고 있다[2]. 유기 발광 소자는 발광 방식에 따라 배면 발광과 전면 발광으로 구분되며, 구동 방식에 따라 능동형과 수동형으로 나눌 수 있다. 능동형의 경우 디스플레이의 효율적인 구동을 위해 각 화소를 제어하는 트랜지스터를 사용하며 개구율의 확보와 소자의 수명을 위한 전면 발광 방식을 선호한다. 전면 발광 소자에서 발광 스펙트럼에 가장 큰 영향을 미치는 현상 중에는 마이크로 캐비티 현상을 생각해볼 수 있다. 마이크로 캐비티는 선폭이 작은 특정 파장의 스펙트럼 선별 뿐만 아니라 소자의 효율 향상을 가져온다[3]. Friend 그룹은 배면 유기 발광 소자에서 굴절률을 고려하여 발광 스펙트럼을 분석하고, 시야각에 따른 발광 스펙트럼을 연구하였다[4]. 우리는 전면 유기 발광 소자에서 시야각에 따른 발광 스펙트럼을 분석하였다.

2. 실험

본 실험에서 반사 전극으로는 Al(100nm)을 사용하고 반

투명 음전극은 LiF/Al/Ag를 사용하였다. 소자의 구조는 Al(100nm)/TPD(40nm)/Alq₃(60nm)/LiF(0.5nm)/Al(2nm)/Ag(30nm)이며, 정공 수송층으로는 N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)-benzidine (TPD)를, 그리고 발광층으로는 tris-(8-hydroxyquinoline) aluminium (Alq₃)를 사용하였다. TPD와 Alq₃는 열 증착하였다. 반투명 전극인 Al(2nm)/Ag(30nm)는 가시광선 영역에서의 투과율이 25~30%이며 열 증착하였다. 증착 조건은 2×10^{-5} torr의 진공도에서 열 증착하였으며, 유기물의 증착 속도는 1.5~2.0 Å/s로 유지시켰다. 시야각에 따른 파장은 Ocean Optics USB 2000을 사용하였고, 측정된 스펙트럼은 시야각에 따라 청색 천이 현상이 일어나므로 적분하여 극좌표로 나타내었다. 금속 전극의 투과도는 Agilent 8453 UV-visible spectrophotometer를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Ag 30nm 단일 박막의 투과율은 그림 1에서 보듯이, 단 파장에서 장파장으로 갈수록 60%에서 20%로 감소하였다. 소자의 정면에서 얻은 스펙트럼의 봉우리 파장은 490nm로서, Alq₃의 PL 스펙트럼(520nm)에 비해 많은 차이를 보였다. 완성된 소자를 시야각에 따라 발광 세기를 측정할 결과, 그림 2에서처럼 각도가 증가함에 따라 세기가 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이전에 전면 유기 발광 소자의 경우 마이크로 캐비티 효과로 인하여 각도에 따라 청색 천이 현상이 일어나는데, 이번에 측정했던 소자는 많은 이동이 없는 것으로 보아 마이크로 캐비티 효과가 많이 일어나지 않은 것으로 보인다. 그림 3은 시야각에 따른 발광 스펙트럼을 400~600nm까지 적분하여 이의 세기를

극좌표로 나타내었다. 극좌표는 안에 파랑 삼각형은 적분 하지 않은 발광 세기이고 검은색 사각형은 적분 했을 때의 발광 세기 값을 나타내었다. 완성된 소자는 좌우가 같은 발광 세기를 가지고 있고 배면 유기 발광 소자보다 직진성이 높은 것으로 보인다. 마지막으로 그림 4는 각도에

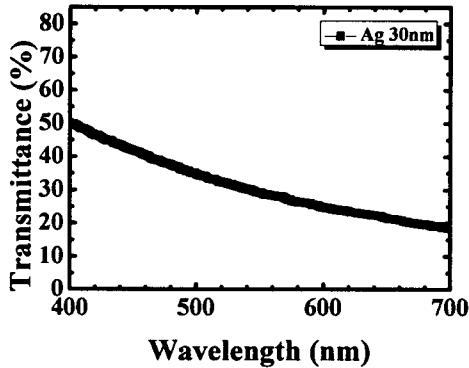


그림 1. Ag(30nm) 박막의 가시광선 영역 투과도.

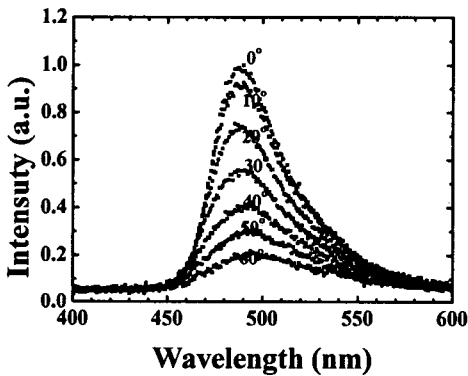


그림 2. 시야각에 따른 발광 스펙트럼.

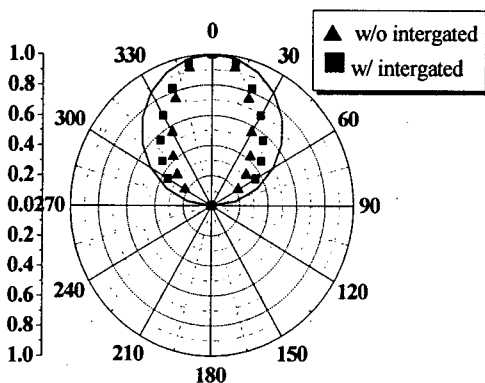


그림 3. 시야각에 따른 발광스펙트럼의 세기를 극좌표로 나타낸 그림.

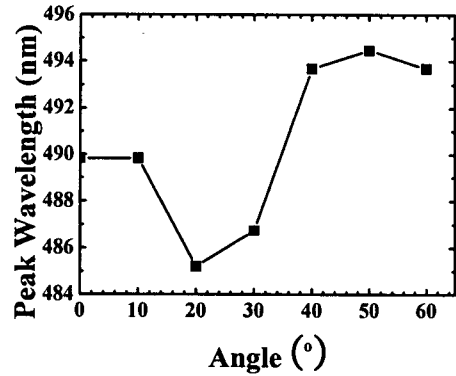


그림 4. 각도에 따른 최대 스펙트럼.

따른 발광 스펙트럼의 봉우리 파장 값이다. 각도에 따라 486~494nm까지의 작은 변화를 보여 색변화가 거의 일어나지 않는 소자임을 알 수 있다.

4. 결론

Al/Ag의 음전극에 따른 소자의 발광 스펙트럼은 490nm에서 약 30%의 투과율을 가진다. 시야각에 따라 청색 천이 현상이 일어날 것으로 예상했지만, 발광 스펙트럼의 봉우리 파장은 490nm 부분에서 일정하게 나타나는 것을 확인 할 수 있었으며, 이는 유기물 두께 100nm로는 마이크로 캐비티 효과의 관찰이 미미한 것으로 판단된다. 극좌표는 안에 파랑 삼각형은 적분하지 않은 발광 세기이고 검은색 사각형은 적분 했을 때의 발광 세기 값을 나타내었다. 적분하여 나타나는 극좌표는 각 시야각에서 나오는 발광 세기의 합을 뜻하고, 원래의 값보다는 세기가 더 커지는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2009학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

- [1] W. Helfrich and W. G. Schneider, *Phys. Rev. Lett.* 14, 7(1965).
- [2] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, *Appl. Phys. Lett.* 51, 913 (1987).
- [3] H. Yokoyama, *Science*. 256, 5053 (1992).
- [4] Neil C. Greenham, Richard H. Friend, and Donal D. C. Bradley, *Adv. Mater.* 6, 6 (1994).