

음전극 변화에 따른 전면 유기 발광 소자의 광학적 특성

주현우, 안희철, 나수환, 김태완, 장경욱*, 오현석**, 오용철***
 홍익대학교, *경원대학교, **홍익대학교 과학기술연구소, ***광운대학교

Optical properties of top-emission organic light-emitting diodes due to a change of cathode electrode.

Hyun Woo Joo, Hui Chul An, Su Hwan Na, Tae Wan Kim, Kyung Wook Jang*, Hyun Suk Oh**, Yong Chul Oh***
 Hongik Univ. *Kyungwon Univ. **Research Institute in Hongik Univ. ***Kwangwoon Univ.

Abstract : We have studied an emission spectra of top-emission organic light-emitting diodes (TEOLED) due to a change of cathode and organic layer thickness. Device structure is Al(100nm)/TPD(xnm)/Alq₃(ynm)/LiF(0.5nm)/cathode. And two different types of cathode were used; one is LiF(0.5nm)/Al(25nm) and the other is LiF(0.5nm)/Al(2nm)/Ag(30nm). While a thickness of hole-transport layer of TPD was varied from 35 to 65nm, an emissive layer thickness of Alq₃ was varied from 50 to 100nm for two devices. A ratio of those two layer was kept to be about 2:3. Al and Al/Ag double layer cathode devices show that the emission spectra were changed from 490nm to 560nm and from 490nm to 560nm, respectively, when the total organic layer increase. Full width at half maximum was changed from 67nm to 49nm and from 90nm to 35nm as the organic layer thickness increases. All devices show that view angle dependent emission spectra show a blue shift. Blue shift is strong when the organic layer thickness is more than 140nm. Device with Al/Ag double layer cathode is more vivid.

Key Words : OLED, Top emission, transmittance

1. 서 론

1965년에 Helfrich 등은안트라센(Anthracene) 단결정에서 청색 전계 발광 현상을 발견하였다.[1] 1980년대 후반부터 Kodak의 Tang과 VanSlyke에 의해 유기 발광 소자에 대한 본격적인 연구가 계속되어 오고 있으며[2], 현재는 소형 디스플레이에서 TV 시장으로 진입이 진행 중이다. 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 사용하여 개구율의 확보와 소자의 수명을 위한 전면 발광 방식을 선호한다. 전면 발광 소자에서 발광 스펙트럼에 가장 큰 영향을 미치는 현상 중에는 마이크로 캐비티 현상을 꼽을 수 있다. 마이크로 캐비티는 선풍이 작은 특정 파장의 스펙트럼 선별 뿐만 아니라 소자의 효율 향상을 가져온다[3]. Cheung 그룹은 유기 발광 소자의 마이크로 캐비티 연구에서 음전극과 양전극 사이의 반사율과 유기물층의 굴절률, 투과율과 유전율을 통해 발광 파장을 분석하였다[4]. 마이크로 캐비티 현상은 전면 유기 발광 소자에서 발광 스펙트럼을 변화하는 중요한 요소이다. 우리는 전면 발광 소자에서 마이크로 캐비티 현상에 의해 발광 스펙트럼에 영향을 미치는 여러 가지 요소 중 유기물층과 반투명 전극에 의한 연구를 수행하였다. 유기물층의 두께를 변화하여 양 전극 사이의 거리를 변화시키고, 반투명 양전극의 투과도를 변화하여 소자의 발광 스펙트럼을 분석하였다.

2. 실험

본 실험에서 반사 전극으로는 Al(100nm)을 사용하고 반투명 음전극은 LiF/Al과 LiF/Al/Ag를 사용하였다. 소자의 구조는 Al/TPD/Alq₃/LiF/Al과 Al/TPD/Alq₃/LiF/Al/Ag이며, 정공 수송층 TPD[N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)-benzidine]를 발광층은 Alq₃[tris-(8-hydroxyquinoline)aluminium]를 사용하였다. TPD는 35nm에서 65nm로 Alq₃는 50nm에서 100nm로 변화시키며 소자를 제작하였고, 이때 TPD와 Alq₃의 비율은 2:3을 유지하며 열 증착하였다. Al과 Ag는 가시광선 영역 560nm에서의 투과율이 25~30%인 25nm와 30nm의 두께를 열 증착하였다. 증착 조건은 2×10⁻⁵Torr의 진공도에서 열 증착하였으며 유기물의 증착 속도는 1.5~2.0 Å/s로 유지시켰다. 측정 장비로 시야각에 따른 파장은 Ocean Optics USB 2000을 사용하였고, 발광 스펙트럼은 색좌표로 계산하여 표현하였다. 금속 전극의 투과도는 UV-visible spectrophotometer를 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Al과 Ag 단일 박막의 투과도는 그림 1에서 보듯이, 25nm Al 박막의 경우 투과율이 30% 정도로 일정한 반면, 30nm Ag 박막의 경우는 투과율이 단파장에서 장파장으로 갈수록 투과율 60% 에서 20%로 감소하였다. Al과 Al/Ag의 반투명 전극에 따른 소자의 발광 스펙트럼은 유기물층의 두께가 증가함에 따라 발광 파장이 그림 2에서 처럼,

Al 소자의 경우 490nm로부터 560nm로 이동하고, 그림 3에서 보듯이 Al/Ag 소자의 경우 490nm로부터 650nm로 이동함을 알 수 있다. 반쪽치 값은 유기물층의 두께가 증가함에 따라 Al 소자의 경우 67nm에서 49nm로, Al/Ag 소자는 90nm에서 35nm로 감소하였다. 그림 4는 Alq₃의 스펙트럼 분석이 가장 잘된 유기물층의 두께가 TPD(55nm)/Alq₃(85nm)로 된 소자에서의 스펙트럼을 색좌표로 나타냈다. 모든 소자가 시야각이 커짐에 따라서 청색 천이 현상함을 알 수 있다.

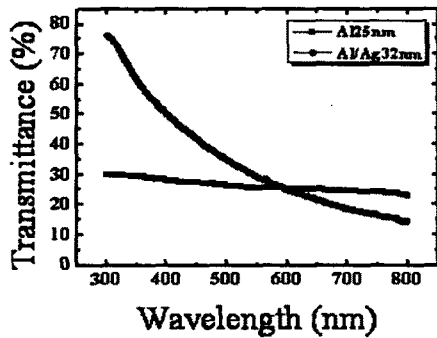


그림 1. Al과 Al/Ag의 두께에 따른 투과도.

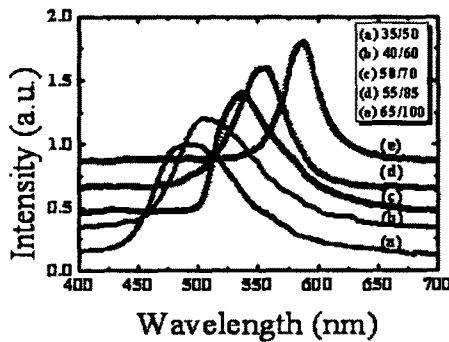


그림 2. Al 전극 소자에서 유기물층의 두께에 따른 파장 특성.

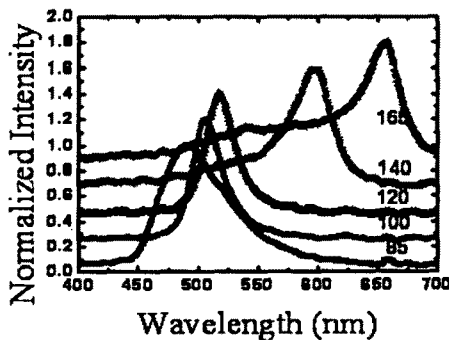


그림 3. Al/Ag 전극 소자에서 유기물층의 두께에 따른 파장 특성.

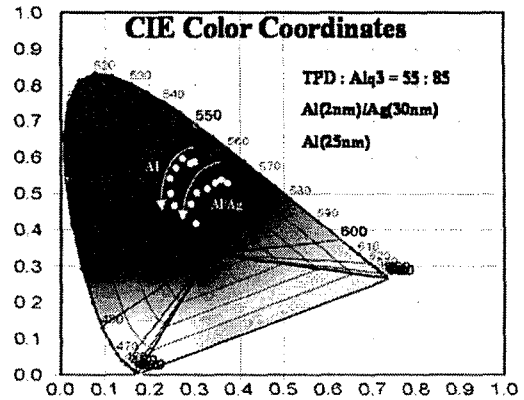


그림 4. Al과 Al/Ag 음전극 소자에서의 다른 시야각 색좌표.

4. 결론

Al과 Al/Ag의 음전극에 따른 소자의 발광 파장은 유기물층의 두께가 증가함에 따라 발광 파장이 장파장대로 이동하는 것을 알 수 있었다. 시야각에 따른 피크 파장의 청색 천이 현상에서, 파장의 천이는 유기물층의 두께가 140nm 이상에서 강하게 나타났으며, Al보다 Al/Ag를 사용한 소자의 경우가 더욱 강하게 나타났다. 이는 Al/Ag의 스펙트럼에 대한 투과도의 영향으로 판단된다. 이러한 마이크로 캐비티 현상을 통해 우리는 전면 유기 발광 소자에서 스펙트럼 변화를 관찰할 수 있었으며, 위의 조건을 이용하여 강하게 선택된 특정 파장의 빛을 만드는 것이 가능하다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2008학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

- [1] W. Helfrich and W. G. Schneider, *Phy. Rev. Lett.* 14, 7(1965)
- [2] C. W. Tang and S. A. VanSilkye, *Appl. Phys. Lett.* 51, 913 (1987).
- [3] H. Yokoyama, *Science.* 256, 5053 (1992).
- [4] C. H. Cheung, A. B. Djuricic, C. Y. Kwong, H. L. Tam, K. W. Cheah, Z. T. Liu, W. K. Chan, P. C. Chui, J. Chan, and A. D. Rakic, *Appl. Phys. Lett.* 85, 2944 (2004).