

TE-OLED의 유기물층과 반투명 음전극의 반사도에 따른 마이크로 캐비티 특성

안 희 철, 나 수 환, 주 현 우, 목 랑 균, 정 경 서, 최 성 재, 김 태 완
홍익대학교, 경원대학교

Organic-layer and reflectivity of transparent electrode dependent microcavity effect of top-emission organic light-emitting diodes

Hui Chul An, Su Hwan Na, Hyun Woo Joo, Mok Rang Kyun, Jung Kyung Seo, Chio Seong Jea, and Tae Wan Kim
Hongik Univ, Kyungwon Univ.

Abstract : We have studied an organic layer and semitransparent Al cathode thickness dependent optical properties for top-emission organic light-emitting diodes. Device structure is ITO(170nm)/TPD(xnm)/Alq₃(ynm)/LiF(0.5nm)/Al(100nm) and Al(100nm)/TPD(xnm)/Alq₃(ynm)/LiF(0.5nm)/Al(25nm). While a thickness of total organic layer was varied from 85nm to 165nm, a ratio of those two layers was kept to be about 2:3. Then it was compared with that of bottom devices. And a thickness of semitransparent Al cathode was varied from 20nm to 30nm for the device with an organic layer thickness of 140nm. We were able to control the emission spectra from the top-emission organic light-emitting diodes.

Key Words : Alq₃, spectrum, microcavity, reflectivity

1. 서 론

현대 사회는 정보통신 기술이 고도로 발달한 유비쿼터스 시대이다. 인간과 관련되어 급격히 변화하는 많은 정보를 시간과 장소에 제한 없이 통신이 가능한 디스플레이의 중요성이 증대되고 있다. 차세대 디스플레이로 주목받는 유기 발광 소자는 경량 박형의 고화질을 구현하는 장점을 가지고 있다. 유기 발광 소자는 1965년 Helfrich 등이 청색 전계 발광 현상 관측을 시작으로 1980년대 중반부터 코닥사의 Tang과 Van Slyke에 의해 본격적인 연구가 계속되어 오고 있다[1]. 고해상도와 소자의 수명 향상을 위하여 TFT 사용과 개구율 확보가 가능한 능동형의 전면 발광 방식을 선호한다[2]. 전면 발광 소자의 발광 특성은 마이크로 캐비티 현상과 밀접한 관련이 있다[3]. 마이크로 캐비티는 발광 쌍극자에서 진공 장 변동의 영향과 같은 전기역학의 기초적 문제를 명확히 설명하는 데 유용하다[4]. 우리는 전면 유기 발광 소자에서 유기물층과 반투명 음전극의 반사도에 따른 마이크로 캐비티 현상이 소자 특성에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실험

본 실험에서 사용한 전면 유기 발광 소자의 구조는 Al(100nm)/TPD(xnm)/Alq₃(ynm)/LiF(0.5nm)/Al(25nm)이며, 정공수 송층은 TPD[N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)-benzidine]를 35~65 nm로 그리고 발광층은 Alq₃[tris-(8-hydroxyquinoline) aluminium]를 50~100nm로 두께 변화하여 소자를 제작하였다. 이때 두 유기물층의 두께 비는 2:3으로 유지하였다. 또한 동일한 유기물층 구조의 배면 발광 소자와 스펙트럼을 비교하였다. 비교 소자의 양전극은

ITO, 음전극은 Al(100nm)을 사용하였다. 다음으로 전면 발광 소자에서 TPD와 Alq₃의 총 두께는 140nm로 고정하고, 음전극의 Al 두께를 20, 25, 30nm으로 변화하여 소자를 제작하였다. 유기물층과 반투명 음전극의 두께를 변화하여 소자의 발광 스펙트럼을 분석하였다. 소자의 전압 구동은 Keithley 236(source-measure unit)을 이용하였고, 시야각 발광 스펙트럼은 Ocean Optics USB 2000을 이용하여 측정하였다. 금속 전극의 투과도 측정은 Agilent 8453 UV-Visible Spectrophotometer를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 유기물층 두께 변화에 따른 배면 발광 소자의 발광 스펙트럼이다. 각 소자들의 피크 파장은 522nm부터 529nm까지 증가하였고 반폭치 값은 99nm부터 89nm까지 감소하였다. 이와는 대조적으로 캐비티 구조인 전면 발광 소자의 발광 스펙트럼은 유기물층의 두께가 증가함에 따라 그림 2에서처럼 490nm로부터 587nm로 증가하였다. 이때 반폭치 값은 91nm에서 35nm로 감소하였다. 그림 1과 2의 비교에서 유기물층의 두께 변화에 따른 발광 스펙트럼은 캐비티 구조의 소자가 상대적으로 스펙트럼이 큰 폭으로 변화하였다. 이것은 배면 발광 소자의 경우 빛의 간섭 효과가 약하기 때문이며, 캐비티 구조 소자의 경우는 유기물층의 두께 증가로 양 거울 사이의 거리가 멀어지고 발광 쌍극자의 위치로부터 거울 사이의 거리도 멀어져 빛의 강한 간섭이 발광 파장을 큰 폭으로 변화시킨다고 판단된다. 또한 유기물층의 두께 증가에 따라 음전극 Al의 반사도는 72%부터 81%까지 증가하였다. 마이크로 캐비티의 이러한 간섭 효과는 발광 피크와 반폭치 값에도 영향을 줄뿐만 아니라 발광 소자의 시야각 스펙트

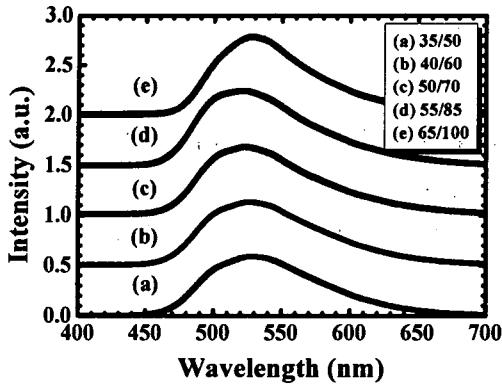


그림 1. 유기물층 두께에 따른 스펙트럼(배면발광).

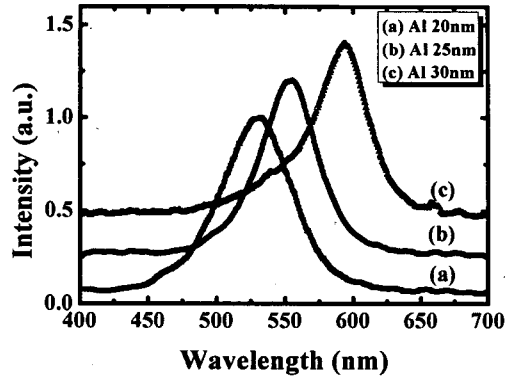


그림 3. Al 음전극의 두께에 따른 발광 스펙트럼.

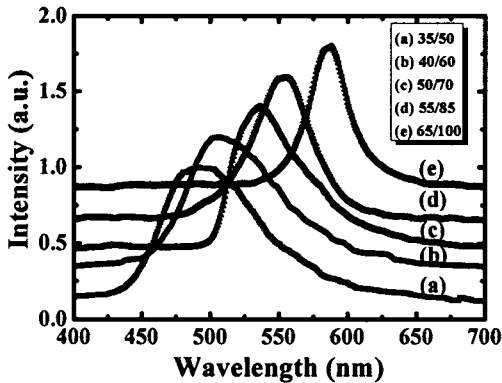


그림 2. 유기물층 두께에 따른 스펙트럼(전면발광).

럼에도 영향을 준다. 서로 다른 구조의 소자에서 스펙트럼 분석이 가장 잘된 유기물층의 총 두께가 140nm인 소자의 시야각 스펙트럼을 측정하였다. 배면 발광 소자의 경우 시야각에 따른 발광 스펙트럼의 피크 파장이 525nm로 안정적임을 보였다. 반면 캐비티 구조인 전면 발광 소자는 유기물층의 두께가 증가함에 따라 발광 스펙트럼이 장파장대로 이동하였다. 이때 시야각에 따른 피크 파장이 35nm 만큼 청색 천이하였다. 이를 통하여 우리는 배면 발광 소자와 캐비티 구조인 전면 발광 소자에서 유기물층의 두께를 변화하여 생기는 마이크로 캐비티의 영향을 실험적으로 확인할 수 있었다. 단일 Al 박막의 두께가 20nm, 25nm, 30nm일 때, 각각의 투과도는 25%, 7%, 2.5%였다. 이를 전면 발광 소자의 음전극으로 제작한 결과, 그림 3에서처럼 반투명 음전극 Al의 두께 변화에 따라 발광 스펙트럼이 발광면과 수직한 방향에서 측정시 532nm부터 593nm로 변화하였다. 이때 반폭치 값은 63~66nm로 비교적 일정하였고 음전극의 반사도는 73%, 75%, 그리고 78%였다. Al 반투명 음전극이 두꺼워질수록 소자의 발광 스펙트럼은 장파장으로 이동하며 반폭치 값에는 영향이 적음을 알 수 있었다.

4. 결론

비캐비티 구조의 배면 발광 소자는 유기물층의 두께 증가에 따른 발광 파장의 변화 폭이 작았으며 시야각에 따른 발광 파장이 매우 안정적이다. 이것은 빛의 간섭 현상이 적음으로 인한 결과로 판단되고, 이와는 달리 캐비티 구조인 전면 발광 소자에서 유기물층 두께가 증가할수록 발광 피크의 위치가 장파장으로 이동하며, 반폭치 값은 점차 감소함을 알 수 있었다. 또한 유기물층의 두께가 특정 이상의 두께부터 시야각에 따른 청색 천이 현상이 강해짐을 알 수 있었다. 마이크로 캐비티 구조의 소자는 양 전극 사이의 거리 변화가 발광 스펙트럼의 피크값과 반폭치 값 그리고 시야각에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 캐비티 구조인 전면 발광 소자에서 반투명 음전극의 두께 증가, 즉 투과도의 변화는 반폭치 값에는 영향을 주지 않으며 발광 스펙트럼을 장파장으로 이동하게 한다. 이러한 마이크로 캐비티 현상을 통해 유기 발광 소자에서 발광 스펙트럼의 피크 파장, 반폭치 값 그리고 시야각특성을 변화할 수 있었으며, 강하게 선택된 특정 파장의 빛을 만드는 것이 가능함을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2009학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

- [1]. W. Helfrich and W. G. Schneider, *Phy. Rev. Lett.* 14, 7, (1965).
- [2]. L. S. Hung, C. W. Tang, M. G. Mason, P. Raychaudhuri, and J. Madathil, *Appl. Phys. Lett.* 78, 544, (2001).
- [3]. H. Yokoyama, *Science.* 256, 5053, (1992).
- [4]. A. Dodabalapur, L. J. Rothberg, and T. M. Miller, *Appl. Phys. Lett.* 65, 18, (1994).