

전면 유기 발광 소자의 유기물층과 반투명 전극의 두께 변화에 따른 광학적 특성

안희철, 주현우, 나수환, 한원근, 김태완, 이원재*, 정동회**
홍익대학교, 경원대학교*, 광운대학교**

Organic-layer and semitransparent electrode thickness dependent optical properties of top-emission organic light-emitting diodes

Hui Chul An, Hyun Woo Joo, Su Hwan Na, Wone Keun Han, Tae Wan Kim, Won Jea Lee*, and Dong Hoe Chung**
Hongik Univ., Kyungwon Univ.*, Kwangwoon Univ.**

Abstract : We have studied an organic layer and semitransparent Al electrode thickness dependent optical properties and microcavity effects for top-emission organic light-emitting diodes. Manufactured top-emission device structure is Al(100nm)/TPD(xnm)/Alq(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. Semitransparent Al cathode was varied from 20nm to 30nm for the device with an organic layer total thickness of 140nm. As the thickness of total organic layer increases, the emission spectra show a shift of peak wavelength from 490nm to 580nm, and the full width at half maxima from 90nm to 35nm. The emission spectra show a blue shift as the view angle increases. Emission spectra depending on a transmittance of semitransparent cathode show a shift of peak wavelength from 515nm to 593nm. At this time, the full width at half maximum was about to be a constant of 50nm. With this kind of microcavity effect, we were able to control the emission spectra from the top-emission organic light-emitting diodes.

Key Words : Alq₃, Top emission, Microcavity, View-angle dependent spectrum

1. 서론

1965년 Helfrich 등이 안트라센(anthracene) 단결정에서 형색 전계 발광 현상을 관측하면서 유기 발광 소자에 대한 연구가 시작되었다[1]. 1980년대 중반부터 코닥사의 Tang과 VanSlyke에 의해 본격적인 연구가 계속되어 오고 있으며, 현재는 소형 디스플레이에서 산업화가 진행 중이다[2][3]. 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 수명 향상을 위하여 전면 발광 방식을 선호한다[4]. 전면 발광 소자에서 발광 스펙트럼에 큰 영향을 미치는 요소 중에는 마이크로 캐비티 현상이 있다[5]. 마이크로 캐비티는 발광 쌍극자에서 진공 장 변동의 영향과 같은 전기역학의 기초적 문제를 명확히 설명하는 데 유용하게 사용되어 왔다. Cheung 등은 유기 발광 소자의 마이크로 캐비티 연구에서 두꺼울의 반사율과 투과율, 유기물층의 굴절률과 유전율을 통해 발광 파장을 분석하였다[6]. 우리는 전면 발광 소자에서 마이크로 캐비티 현상에 의해 발광 스펙트럼에 영향을 미치는 요소중 유기물층과 반투명 음전극에 의한 연구를 수행하였다.

2. 실험

본 실험에서는 전면 유기 발광 소자의 양전극으로 Al(100nm)를 사용하였고, 반투명 음전극으로는 LiF(0.5nm)/Al(25nm)을 사용하였다. 소자의 구조는 Al(100nm)/TPD(xnm)/Alq₃(ynm)/LiF(0.5nm)/Al(25nm)이며, 정공 수송층은 TPD [N,N'-diphenyl-N,N'-di(m-tolyl)-benzidine]를, 그리고 발광층은 Alq₃[tris-(8-hydroxyquinoline) aluminium]를 사용하였다. 첫 번째 실험에서 TPD와 Alq₃의 두께비는 2:3으로 하고, 유기물층의 총 두께를 85~165nm로 변화하여 소자를 제작하였다. 두 번째 실험에서 TPD와 Alq₃의 두께는 55nm와 85nm로 고정하고, 음전극의 Al 두께를 20~30nm로 변화하여 소자를 제작하였다. 유기물층의 두께를 변화하여 두 전극 사이의 거리를 변화시키고, 반투명 음전극의 투과도를 변화시켜 소자의 발광 스펙트럼을 분석하였다. 소자의 전압 구동은 Keithley 236(source-measure unit)을 이용하였고, 시야각 발광 스펙트럼은 OceanOptics USB 2000을 이용하여 측정하였다. 금속 전극의 연저항과 투과도 측정은 CMT-SR1000과 Agilent 8453 UV-Visible Spectrophotometer를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

유기물층의 두께 증가에 따라 발광면에 수직한 방향에서 발광 스펙트럼을 측정하였을 때, 발광 스펙트럼은 그림 1에서 보듯이 490nm부터 580nm까지 변화하였고, 반폭치

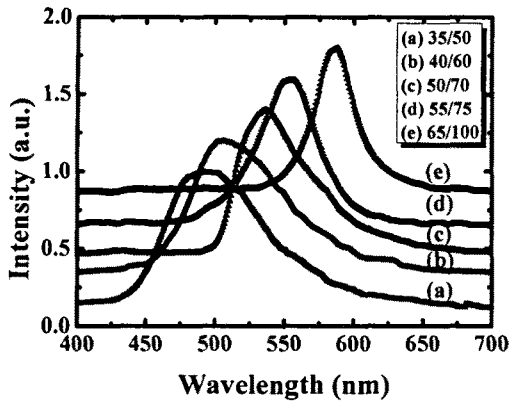


그림 1. 유기물층 두께에 따른 발광 스펙트럼.

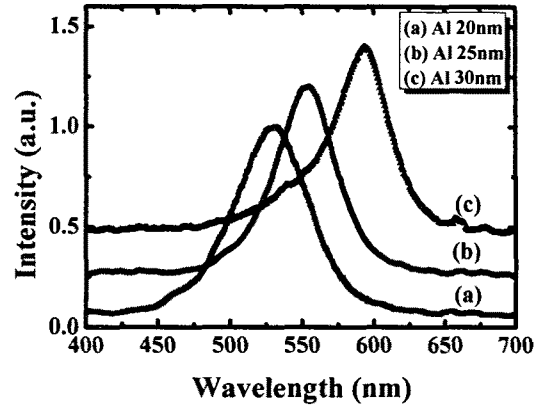


그림 3. Al 음전극의 두께 변화에 따른 발광 스펙트럼.

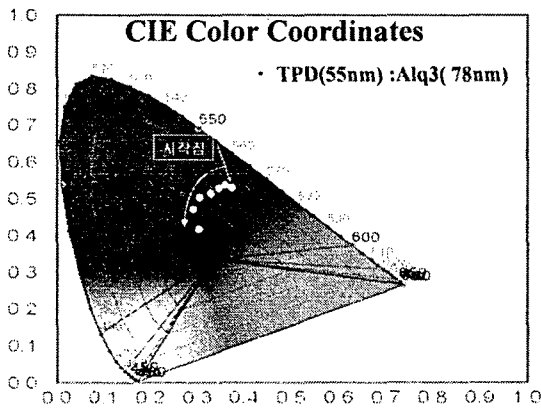


그림 2. 전면 발광 소자의 시각각에 따른 스펙트럼 색좌표.

값은 90nm부터 35nm까지 감소하였다. 이는 두 전극 사이의 거리가 멀어지면, 피크 파장이 장파장으로 이동하고 반폭치 값이 작은 발광 스펙트럼이 형성됨을 알 수 있다. 그림 2는 시각각에 따른 발광 스펙트럼을 색좌표로 계산하여 표현하였다. 측정 각도가 증가할수록 피크 파장이 청색 천이함을 확인하였으며, 특히 유기물층의 두께가 140nm 이상부터 강하게 나타났다. 이때 시각각에 따른 청색 천이의 정도는 발광면에 수직한 방향으로부터 60도 까지 변화시켰을 때 40nm 만큼 청색 천이하였다.

단일 Al 박막의 두께가 20nm, 25nm, 30nm일 때, 각각의 면저항 값은 35ohm/sq, 8ohm/sq, 3ohm/sq 이었고, 이때의 투과도는 25%, 7%, 2.5%였다. 이를 소자의 반투명 음전극에 적용해 보면 그림 3에서처럼 반투명 음전극 시의 두께 변화에 따라 발광 스펙트럼이 발광면의 수직한 방향에서 측정시 525nm부터 593nm로 변화하였다. 이때 반폭치 값은 50nm로 일정하였고, Al 반투명 음전극이 두꺼워질수록 즉 투과도가 적어질수록 소자의 발광 스펙트럼은 장파장으로 이동하는 것을 알 수 있었으며, 반투명 음전극의 이러한 변화는 반폭치 값에는 영향이 적음을 알 수 있었다.

4. 결론

전면 유기 발광 소자에서 유기물층 두께가 증가할수록 즉 두 거울 사이의 거리가 늘어날수록 발광 피크의 위치가 장파장으로 이동하며, 반폭치 값은 점차 감소함을 알 수 있었다. 또한 유기물층의 두께가 특정 이상의 두께부터 시각각에 따른 청색 천이 현상이 강해짐을 알 수 있었다. 그리고 반투명 음전극의 두께 증가, 즉 투과도와 반사도의 변화는 반폭치 값에는 영향을 주지 않으며, 발광 파장은 장파장으로 이동함을 알 수 있었다. 이러한 마이크로 캐비티 현상을 통해 전면 유기 발광 소자에서 발광 스펙트럼을 변화할 수 있었으며, 강하게 선택된 특정 파장의 빛을 만드는 것이 가능함을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2008학년도 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] L. S. Hung, C. W. Tang, and M. G. Mason, *Appl. Phys. Lett.* 70, 152, 1997.
- [4] L. S. Hung, C. W. Tang, M. G. Mason, P. Raychaudhuri, and J. Madathil, *Appl. Phys. Lett.* 78, 544, 2001.
- [5] H. Yokoyama, *Science*. 256, 5053, 1992.
- [6] 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.