

# 불규칙하게 배열된 마이크로렌즈를 가진 microcavity OLED의 특성

## Microcavity Organic Light-Emitting Devices with irregular microlens array

임종선, 박병주\*

한국화학연구원 화학소재연구단, \*광운대학교 전자물리학과  
jslim@kriect.re.kr

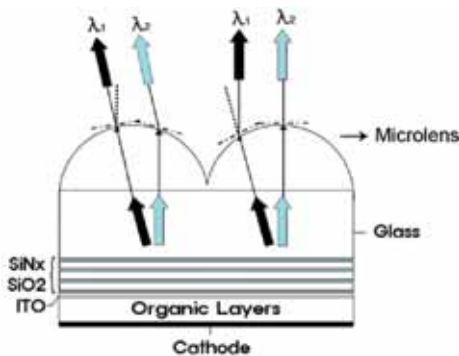
유기 발광 다이오드(OLED)<sup>(1)</sup>에서, 고굴절율층의 전반사 및 광도파 효과 때문에, 내부에서 발생하는 총 광자의 적은 분수만을 사용할 수 있다. 보통, OLED의 광 추출 효율은, 일반적으로 내부 발광 효율의 20%미만이다. OLED장치로부터의 광 추출 효율의 증가시키기 위하여, 마이크로 렌즈<sup>(2)</sup>, microcavity<sup>(3)</sup>, 이산화 규소 에로겔<sup>(4)</sup>, 형성된 메이사 기관<sup>(5)</sup>과 같은 새로운 외부 결합(out-coupling) 구조에 의해 시도되었다. 이산화 규소 에로겔<sup>(4)</sup>과 형성된 메이사 기관<sup>(5)</sup>는 외부 결합 효율이 약 1.8배로 증가한다. 그러나 그것들은 중대한 결점, 예를 들면 제조 과정의 복잡함 및 어려움을 가지고 있다. 반면에, 마이크로 렌즈 혹은 microcavity 구조는 제조에 있어서 단순하다. 이 보고에서 마이크로 렌즈와 microcavity구조가 결합된 OLED의 구조를 제안한다. 이 방법은 시야각에 따른 발광 스펙트럼 변화를 줄이고 외부 결합 효율을 약 1.8배 향상시킨다.

불규칙적인 마이크로 렌즈 배열을 가진 microcavity OLED의 구조는 그림 1과 같다. 투명한 기관 위에, 일차원의 광결정(PC)의 4-stack은 540 nm에서 공진 공명 모드를 얻기 위하여 SiO<sub>2</sub>층과 SiNx층을 교대로 적층하여 형성하였다. 그 위에 투명한 ITO층이 OLED의 양극으로서 형성되었다. ITO 위에, 정공주입층(60 nm)/정공수송층(20 nm)/발광층(35 nm)/전자수송층(20 nm)/LiF(0.7 nm)/Al(150 nm)의 순서로 유기층이 열증착에 의하여 적층되었다. 지름이 5 μm의 반구의 렌즈를 180 μm의 polyethyleneterephthalate (PET)필름에 soft molding방법에 의하여 형성하였다. 불규칙한 배열은 몬테카를로법으로 계산하였다. 마지막으로 이 마이크로 렌즈-필름을 OLED의 투명한 기관에 점착하였다. 이 연구에 있어서, 3종류의 OLED가 제작되었다; 마이크로렌즈의 없는 microcavity OLED(장치A), 마이크로렌즈를 가진 microcavity OLED(장치B) 및 microcavity 및 마이크로렌즈의 없는 종래의 OLED(장치C).

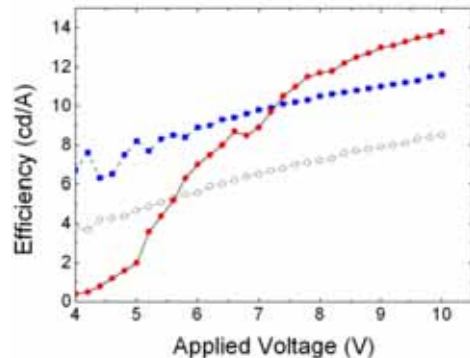
그림 2 (a)와 2 (b)에서 보여진 것 같이 시야각에 따라 장치A와 장치B의 EL스펙트럼을 관찰하였다. 장치B의 EL스펙트럼의 폭이 비교적 넓은 반면에(FWHM~ 30 nm, 그림 2(b)), 장치A의 EL스펙트럼의 폭은 상대적으로 좁게 측정되었다(FWHM~ 12 nm, 그림 2 (a)). 장치C는 더 넓은 EL스펙트럼의 폭(FWHM~ 50 nm)을 가짐을 관측하였다. 이 장치들의 EL스펙트럼의 비교하여, 공명 공진 조건에 의한 시야각에 따른 스펙트럼의 변화가 마이크로렌즈-시스템에 의해 억제된다는 것을 알 수 있다. 또한 시야각에 따른 색변화를 측정하였다(그림 2(c)). 그림 2(c)에서 보여진 것 처럼, 장치A에 대한 색변화가 종래

의 OLED인 장치C의 색변화보다 상당히 크다. 반면에, 장치B의 색변화는 대단히 억제되었고 장치C의 색변화와 비교하여 큰 차이가 없다. 그림 3은 인가 전압에 따른 장치의 절대 효율을 나타낸다. 장치B의 효율은 인가 전압 7V 이상에서, 다른 2개의 장치A와 C보다 크다. 예를 들면, 10 V에서 장치A, B, C의 효율은, 각각 11.23 cd/A, 13.35 cd/A, 7.53 cd/A이다. 이 측정 값은 장치A와 B의 외부 결합 효율이 종래의 OLED장치(장치C)의 약 1.5배, 1.8배임을 의미한다. 이 결과로부터 마이크로렌즈 및 microcavity의 결합은 색변화 없이 넓은 시야각에 대하여 외부 광 추출 효율이 향상함을 있을 수 있다.

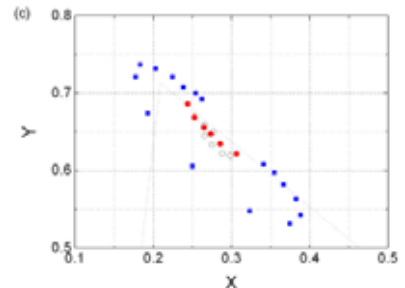
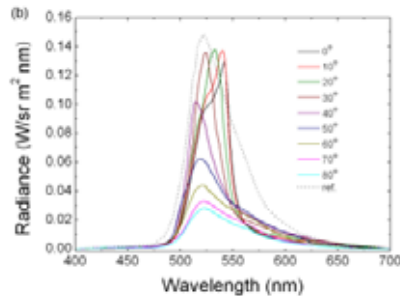
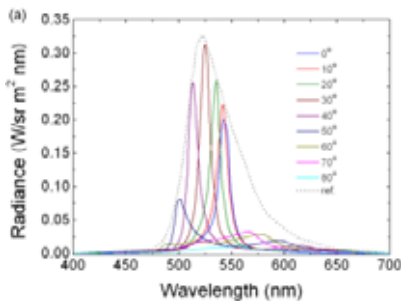
1. C. W. Tang and S. A. Van Slyke, "Organic electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett. **51**, 913 (1987).
2. S. Möller and S. R. Forrest, "Improved light out-coupling in organic light emitting diodes employing ordered microlens arrays", J. Appl. Phys. **91**, 3324 (2002).
3. R. H. Jordan, A. Dodabalapur, and R. E. Slusher, "Efficiency enhancement of microcavity organic light emitting diodes", Appl. Phys. Lett. **69**, 1997 (1996).
4. T. Tsutsui, M. Yahiro, H. Yokogawa, K. Kawano, M. Yokoyama, "Doubling Coupling-Out Efficiency in Organic Light-Emitting Devices Using a Thin Silica Aerogel Layer", Adv. Mater. **13**, 1149 (2001).
5. G. Gu, D. Z. Garbuzov, P. E. Burrows, S. Venkatesh, S. R. Forrest, M. E. Thompson, "High-external-quantum-efficiency organic light-emitting devices", Opt. Lett. **22**, 396 (1997).



[그림 1] 불규칙적으로 배열된 마이크로렌즈를 가진 microcavity OLED



[그림 3] 장치A(청색 사각형), B(적색 원)와 C(흰색 원)의 인가전압에 따른 효율



[그림 2] 시야각에 따라 OLED 장치 A (a)와 B (b)의 EL스펙트럼. 점선은 종래의 OLED(장치C). (c) 장치A(청색 사각형), B(적색 원)과 C(흰색 원)의 CIE 색좌표