

고효율 청색유기발광소자의 제작 및 특성연구

Fabrication and characterization of high efficiency blue organic light emitting diodes

정부영, 정성구, 황보창권, 강기욱*, 김선웅*, 고영욱*
 인하대학교 물리학과, KDT Co., LTD.
 owl91@hanmail.net

유기발광디스플레이와 백색유기발광소자의 제작을 위하여 고효율의 청색유기발광소자의 개발이 활발히 진행되고 있다. 유기발광소자의 양쪽 전극으로부터 주입된 정공과 전자는 발광층(EML)과 정공수송층(HTL)의 에너지 장벽의 차이에 의해 EML/HTL의 경계면에 축적(accumulation)되며, 정공과 전자에 의해 생성된 여기자(exiton)의 재결합과정에서 생성된 빛은 유기발광소자의 내부에서 다중반사를 거치며 소자의 밖으로 방출되게 된다. 이로 인해 방출 스펙트럼은 유기 발광 소자의 구조적 특성에 의한 간섭 효과의 영향을 받게 된다. 즉, 방출 스펙트럼은 발광층, 정공 수송층, 투명 전극(ITO)의 두께, 엑시톤의 생성 위치에 따라 달라지게 되며⁽¹⁾, 소자의 구조에 의해 외부양자효율이 변화될 수 있다. 따라서 고효율의 청색유기발광물질 개발도 중요하지만 간섭효과를 극대화하여 구조적으로 최적의 조건을 가지게 하는 소자를 설계, 제작하는 것도 무엇보다 중요하며 본 연구에서는 간섭효과를 최적화하여 최적의 청색유기발광소자를 제작하고자 한다.

선행 연구에서 우리는 박막광학이론을 적용하여 여러층의 유기발광소자는 발광층과 발광층을 중심으로 양쪽에 두개의 경계면을 가지는 간단한 구조로 재구성할 수 있는 유기발광소자의 광학적 모델을 제시하였으며, 분광복사휘도는 식 (1)과 같이 Fabry-Perot 다중빔 간섭향, 이중빔 간섭향, 발광층의 자발방출에 의한 항으로 구성된다⁽²⁾.

$$I_{ext}(\theta, \lambda, z) = \left[\frac{T_B}{(1 - \sqrt{R_A R_B})^2} \frac{1}{(1 + F_{FP} \sin^2 \frac{\Delta_{FP}}{2})} \right] \times [(1 + R_A)(1 + F_{TBI} \cos \Delta_{TBI})] \times I_{int}(\theta, \lambda) \quad (1)$$

여기서 $F_{FP} = \frac{4\sqrt{R_A R_B}}{(1 - R_A R_B)^2}$ 와 $F_{TBI} = \frac{2\sqrt{R_A}}{1 + R_A}$ 이며, 각각 방출 스펙트럼의 예리도와

대조비를 나타내는 항이며, $\Delta_{FP} = \phi_A + \phi_B - \frac{4\pi nd}{\lambda} \cos \theta_e$ 와 $\Delta_{TBI} = \phi_A - \frac{4\pi n z'}{\lambda} \cos \theta_e$ 는

Fabry-Perot 다중빔 간섭향과 이중빔 간섭향의 위상을 나타낸다. R_A 와 R_B 는 각각 경계면 A와 경계면 B에서의 반사율이며, T_B 는 경계면 B에서의 투과율을 의미한다. 식 (1)로부터 유기발광소자의 외부양자효율이 최적화되기 위한 조건은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

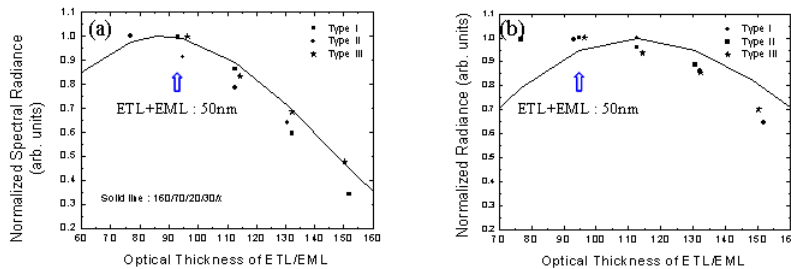
$$\lambda_1 = \frac{4\pi n_2' \cos\theta}{\phi_A - 2\pi m_1} \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \frac{4\pi n d \cos\theta}{\phi_A + \phi_B - 2\pi m_2} \quad (3)$$

여기서 λ_1 과 λ_2 는 각각 이중빔에 의한 간섭으로 dipole의 위치(재결합 위치)에 따른 최적 조건과 Fabry-Perot 미세공동구조에서의 최적조건을 의미하며, 자유공간에서 발광층의 물질로 사용되어지는 물질의 스펙트럼에서 최대세기 파장을 λ_3 라고 하면 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$ 인 조건이 최대 외부양자효율을 줄 수 있는 조건이 된다. 일반적으로 재결합 영역이 발광층과 정공수송층의 경계면(경계면 B)이기 때문에 이중빔 간섭항은 전자수송층과 발광층의 두께에 의해서 영향을 받게 된다. 또한 Fabry-Perot 다중빔 간섭항은 전자수송층과 발광층의 두께가 고정되어 있을 경우에 정공수송층과 정공주입층의 두께에 의해 의존하기 때문에 청색발광소자에서 전자수송층과 발광층의 두께 변화에 따른 소자를 제작하여 이중빔 간섭항의 효과를 고찰하였으며, Fabry-Perot 다중빔 간섭항의 영향을 조사하기 위하여 정공수송층과 정공주입층의 두께 변화에 따른 소자를 제작하여 전산시뮬된 결과와 비교 분석하였다(그림 1).

결과적으로 전자수송층과 발광층의 두께가 총 50 nm의 경우 이중빔 간섭항의 최적 조건이었으며, 정공수송층과 정공주입층의 두께가 약 80 nm일 때 Fabry-Perot 다중빔 간섭항이 최적의 조건이 되는 것을 실험과 전산시뮬을 통해 확인할 수 있었다.

Two-beam interference effect



Fabry-Perot multiple beam interference effect

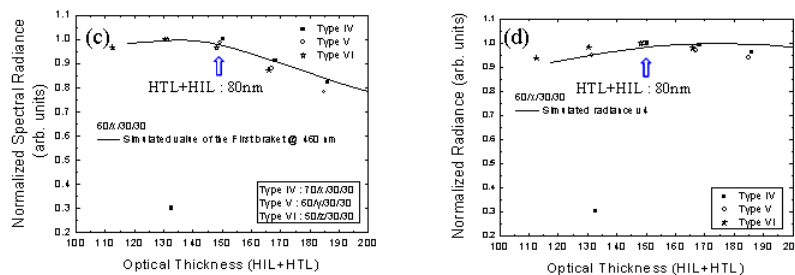


그림 1. 이중빔 간섭항과 Fabry-Perot 다중빔 간섭항에 의한 측정결과와 전산시뮬(실선)결과

참고문헌

1. S. K. So *et al.*, Appl. Phys. Lett., **74**, 1939 (1999)
2. B.-Y. Jung *et al.*, *4th ICAMD*, PHO-P61 (2005), JKPS 06 in press (2006)