

유전체 박막을 이용한 유기발광소자의 광학적 특성

Optical properties of organic light emitting devices using dielectric layers

정부영, 황보창권, 이남현*, 강기욱*, 고영욱*

인하대학교 물리학과, *KDT Co., LTD

owl91@hanmail.net

유기 발광 소자의 내부에서 생성된 빛은 유기 발광 소자의 구조적 특성에 의한 간섭 효과에 의해 소자의 밖으로 방출되게 된다. 방출 스펙트럼은 발광층, 정공 수송층, 투명 전극(ITO)의 두께, 엑시톤의 생성 위치에 따라 달라지게 되며⁽¹⁾, 소자의 구조에 의해 외부 양자 효율이 변화될 수 있다. 유기 발광 소자에서 외부 양자 효율을 증가시키기 위해 미세공동 구조⁽²⁾를 이용하거나 capping layer를 이용하는 방법⁽³⁾, micro-lens array 방법⁽⁴⁾ 및 photonic crystal 구조⁽⁵⁾를 이용하는 방법들이 연구되어지고 있다. 본 연구에서는 유전체 박막을 이용한 미세공동구조의 유기발광소자를 전산시뮬하여 최적의 구조를 결정하고 소자를 제작하여 광학적 특성을 연구하고자 한다.

Dipole에 의해 발생하는 wavepacket이 미세공동 구조 내에서 다중반사를 거치면서(그림 1) 미세공동 밖으로 방출될 때의 스펙트럼을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_{ext}(\lambda) = \frac{(1-R_d)}{(1-\sqrt{R_m R_d})^2} \frac{1}{(1+F \sin^2 \frac{\Delta_{total}}{2})} (1+\sqrt{R_m})^2 (1-F \sin^2 \frac{\Delta_{mo}}{2}) I_{int}(\lambda) \quad (1)$$

여기서 R_m 과 R_d 은 각각 금속거울과 유전체 박막의 반사 스펙트럼이며, Δ_{mo} 와 Δ_{total} 은 각각 미세공동구조에 의한 위상과 dipole의 위치에 의해서 나타나는 위상을 의미한다. 또한 $I_{int}(\lambda)$ 는 자유공간(free space)에서 발광물질의 자발 방출 스펙트럼을 나타낸다. 식 (1)로부터 유기발광소자의 외부양자효율이 최적화되기 위한 조건은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda_1 = \frac{4\pi(n_{org}d_{org} + n_{ITO}d_{ITO})}{\Phi_m + \Phi_d - 2\pi m_1} \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \frac{4\pi n_{org} z}{\Phi_d - 2\pi m_2} \quad (3)$$

여기서 λ_1 과 λ_2 는 각각 미세공동구조에서의 최적조건과 dipole의 위치에 따른 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.

RF 스퍼터링법을 이용하여 그림 1과 같은 구조로 ITO와 TiO_2 와 SiO_2 유전체 박막을 순서대로 증착하였으며, 그 위에 열증착법 이용하여 유기발광 물질과 음 전극으로 Al을 순차적으로 증착하였으며, 미세공동 구조를 가지는 유기발광 소자를 제작하였다([air|Al|Alq₃|TPD|ITO|(SiO₂/TiO₂)|glass]). 또한 유전체 박막이 없는 convention type의 유기발광소자([air|Al|Alq₃|TPD|ITO||glass])를 동시에 제작하여, 동일한 인가전압으로 EL 스펙트럼을 측정하였으며, 유전체 박막에 따른 광학적 특성을 조사하였다. 제작

된 박막의 구조는 각각 다음과 같다. 제작된 유전체 박막과 유기물 박막은 각각 포락선 방법과 타원법을 이용하여 광학상수와 두께를 결정하였다.

일반 소자의 경우 반치폭이 약 100 nm 인 넓은 EL 스펙트럼을 관측할 수 있었으나 유전체 다층 박막을 가지는 시료의 경우 거울에서의 반사율의 증가로 인해 스펙트럼의 폭이 감소하고 특정 파장에서 cavity mode selection에 의해 증가된 세기가 관측되었다. 그림 2와 3은 전산시뮬된 결과와 측정 스펙트럼을 나타낸 것이며, 전산시뮬한 결과가 측정결과와 잘 일치하는 것을 확인하였다. 유전체 박막을 사용한 소자의 경우 일반적인 소자에 비해 수직방향 측정 결과 radiometric적인 양과 photometric적인 양이 각각 1.43배와 1.67배 증가하는 결과를 얻었다.

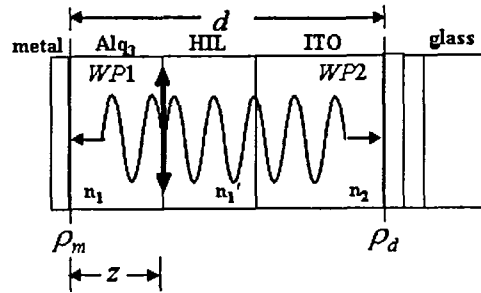


그림 1. 유기발광소자의 구조

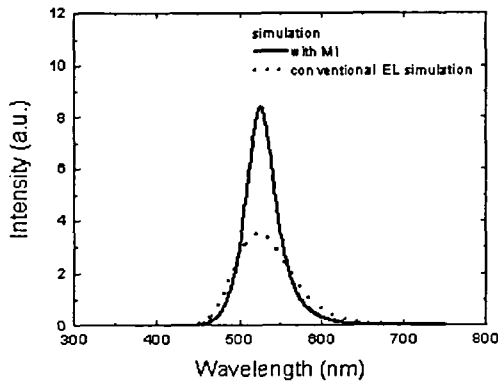


그림 2. 전산시뮬 결과

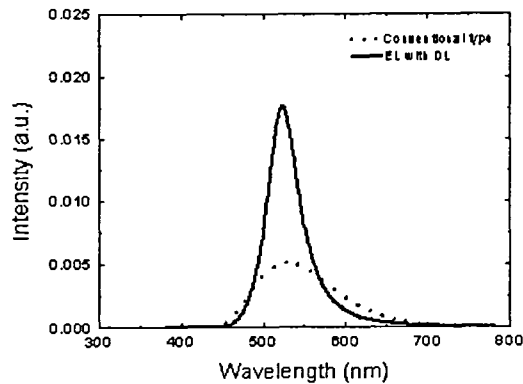


그림 3. 측정결과

참고문헌

- [1] S. K. So *et al.*, Appl. Phys. Lett., 74, 1939 (1999)
- [2] G. J. Lee *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 41, 5241 (2002)
- [3] H. Riel *et al.*, J. Appl. Phys. 94, 5290 (2003)
- [4] S. Moller *et al.*, J. Appl. Phys., 91, 3324 (2002)
- [5] Y.-J Lee *et al.*, Appl. Phys. Lett., 82, 3779-3781 (2003)

T
D