

# 유기발광소자에서 유전체 박막의 광학적 역할

## Optical role of dielectric layers of organic light emitting diodes

정부영, 황보창권  
 인하대학교 물리학과  
 owl91@hanmail.net

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<sup>(1)</sup>, 소자의 구조에 의해 외부 양자 효율이 변화될 수 있다. 유기 발광 소자에서 외부 양자 효율을 증가시키기 위해 미세공동 구조<sup>(2)</sup>를 이용하거나 capping layer를 이용하는 방법<sup>(3)</sup>, micro-lens array 방법<sup>(4)</sup> 및 photonic crystal 구조<sup>(5)</sup>를 이용하는 방법들이 연구되어지고 있다.

본 연구에서는 유기발광소자의 광학적 모델을 통해 소자의 재결합 위치를 최적화하여 유기발광 물질의 두께를 결정하고, 유기발광소자내에서 유전체 박막을 이용하여 간섭효과를 극대화하여, 소자를 제작하고, 광학적 특성을 연구하고자 한다. 그림 1과 같이 유기발광소자는 박막광학 이론을 적용한 광학적 모델을 통해 세 개의 층을 가지는 구조로 단순화할 수 있으며, 유기발광소자의 내부에서 발생한 빛이 다중반사를 거치며 방출되는 빛의 세기는 다음과 같이 나타낼 수 있다.<sup>(6)</sup>

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

여기서  $R_A$ 와  $R_B$ 는 각각 금속거울과 유전체 박막의 반사 스펙트럼이며,  $\Delta_{TBI}$ 와  $\Delta$ 는 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.

$$\lambda_1 = \frac{4\pi n z' \cos \theta}{\Phi_A - 2\pi m_1} \quad (2)$$

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

여기서  $\lambda_1$ 과  $\lambda_2$ 는 각각 미세공동구조에서의 최적조건과 dipole의 위치에 따른 최적조건을 의미하며, 자유공간에서 발광층의 물질로 사용되어지는 물질의 스펙트럼에서 최대세기 파장을  $\lambda_3$ 라고 하면  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3$ 인 조건이 최대 외부양자효율을 줄 수 있는 조건이 된다.

기판과 ITO 박막 사이에  $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  또는  $\text{TiO}_2$  유전체 층을 RF 스퍼터링법을 이용하여 증착하고, 유기물질은 식 (1)로부터 결정된 유기발광 물질의 두께에 맞게 ITO 박막위에 열증착법 이용하여 증착하였으며, 음 전극으로 Al을 순차적으로 증착하여 유전체 층에 의한 광학적 특성을 조사하였다. 또한

기관위에 양전극으로 Ni를 사용하고, 식 (1)을 이용하여 top 방식의 유기발광소자를 설계 제작하여 특성을 알아보려고 한다. 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, SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 유전체 다층 박막을 가지는 시료의 경우 계면 B에서의 반사율의 증가로 인해 스펙트럼의 폭이 감소하고, 특정 파장에서 세기가 증가하는 것을 관측되었다. 유전체 다층 박막 (SiO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>)을 사용한 소자의 경우 일반적인 소자에 비해 수직방향 측정 결과 radiometric적인 양과 photometric적인 양이 각각 1.43배와 1.67배 증가하는 결과를 얻었다.

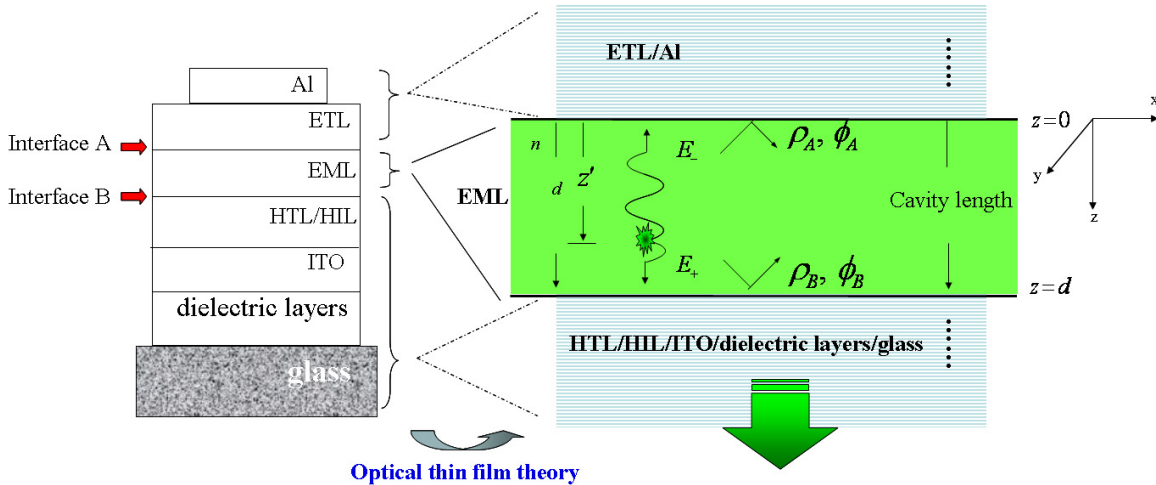


그림 1. 유기발광소자의 구조와 광학적 모델

### 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)
6. B.-Y. Jung *et al.*, *4th ICAMD*, PHO-P61 (2005), JKPS submitted (2005)