

광학적 미세공동 구조를 이용한 유기발광물질에서의 자발방출
Spontaneous emission of organic light emitting material
using an optical-microcavity structure

정부영, 김남영, 이창희, 이석목, 황보창권*, 설 창**

인하대학교 물리학과, **섬유공학과

*hwangbo@dragon.inha.ac.kr

1987년에 Tang과 VanSlyke가 유기발광물질중의 하나인 8-hydroxyquinoline aluminum(Alq₃)을 사용하여 유기발광소자의 특성[1]을 발표하였으며, 1990년에 영국의 Cambridge대학 Cavendish 연구소는 Poly(p-phenylene vinylene)[2]를 이용한 고분자 발광소자의 특성을 보고하였다. 저분자와 고분자를 이용한 이 두 편의 논문은 낮은 인가전압, 높은 형광효율, 반도체의 성격을 보고하고 있다. 이와 같은 특성들은 실질적인 전기 발광소자에 대한 적용 가능성 및 대형 디스플레이에 대한 개발 잠재력[3]을 시사하고 있다. 특히 본 연구에 사용된 Fabry-Perot 공진기 형태의 광학적 미세공동구조는[4,5] 발광과장을 조절할 수 있을 뿐만 아니라 에너지 재분포로 인해 발광세기를 향상시킬 수 있다는 점에서 다른 EL소자들이 가지는 일반적인 구조와 대조되는 장점을 가지고 있다.

광학적 미세공동 구조에서 공진과장 λ_m 은

$$\lambda_m = \frac{4\pi n d \cos \theta}{\Phi_a + \Phi_b - 2\pi m} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots) \quad (1)$$

과 같이 주어진다.

공동에서의 광학적 길이가 반과장의 정수배에 해당하는 빛만이 패브리-페로 공진기를 통해 방출되게 된다. 특히 본 논문의 반사경으로 은을 사용한 경우 물리적 두께는 약 100 nm 정도이므로, 기준과장 510 nm에 대해서 물리적 두께를 고려할 때 공진이 일어나기 위해서는 광학적 두께가 최소 반과장이 되어야 하며, 이때 공동물질의 굴절률은 대략 2.5가 되어야 한다. 하지만 본 논문에 공동 물질로 사용한 Alq₃의 굴절률은 대략 1.74이다. 굴절률이 낮음에도 불구하고 공진이 일어날 수 있는 것은 공동의 광학적 두께 뿐만 아니라 반사경에서의 반사위상도 관련이 있다는 것을 의미한다. 즉, 공진과장은 반사위상과 공동의 위상의 함수가 되며 수식 (1)과 같다. 반사경으로 은을 사용하였을 경우, 반사위상이 0이나 π 가 아닌 그 중간의 값을 가지므로 그에 해당하는 양만큼 공동의 물리적 두께가 감소하게 된 것이다. 이와 같은 이유로 공진과장은 다음과 같은 두 가지로 조절할 수 있다. 첫째, 공동의 길이를 조절하는 것이다. 반사경과 출력경사 사이의 거리를 조절하는 물리적 변화방법과 공동내에 액정을 삽입한 후에 인가 전기장의 세기를 조절하여 굴절률을 변화시키는 광학적 방법이 사용되고 있다. 둘째, 반사경의 위상을 조절하는 것이다. 반사경의 두께와 입사각을 조절하는 두 가지의 경우가 있다. 특히 반사경으로 은을 사용할 경우에 과장에 따른 반사 위상의 변화폭이 크게 변하지 않기 때문에 미세 공진과장의 조절이 용이하다.

본 연구에 사용한 미세공동 구조는 세가지의 type이 있으며, 공동을 형성하는 양쪽 면의 반사경의 중

류에 따라 다음과 같이 구분하였다; type A는 [공기|Ag|Alq₃|Ag|유리], type B는 [공기|(LH)⁶|Alq₃|(LH)⁶|유리], 그리고 type C는 [공기|Ag|Alq₃|(LH)ⁿ|유리]이다.(n=5,6) 공동의 두께와 반사경의 물리적 두께를 변화시키며 시료들을 제작, 투과율과 PL 측정을 통해 광학적 미세공동 구조의 특성을 연구하였다. 제작된 시료의 투과율과 PL 측정은 Varian Corp.의 Cary500 spectrophotometer과 Shimadzu Corp.의 spectrofluorophotometer를 각각 이용하였다. 분광형광광도계를 이용한 형광선폭 측정실험에서 여기광원으로 Xe 램프를 사용하였으며, [공기|Alq₃|유리]의 경우 510nm의 근처에서 약 80nm(FWHM)의 넓은 형광선폭을 측정하였다. 각 type들의 투과율 특성으로 인해 여기파장은 최대의 양자효율을 줄 수 있는 여기파장을 선택하여 PL을 측정하였다.

결론적으로 우리는 반치폭이 약 80 nm인 Alq₃의 넓은 형광선폭을 미세공동 구조를 이용하여 줄일 수 있었으며, 각 type에 따른 반치폭은 다음과 같다; type A, B, C의 구조에서 반치폭은 각각 p파에 대해 15~20 nm, s파에 대해 5~10 nm, 그리고 p파에 대해 12~13 nm이었다. 또한 미세공동 구조가 갖는 특성으로 인해 방출파장이 각에 의존하는 것도 확인할 수 있었다. 측정각이 수직이 아닌 경우 PL 스펙트럼은 s파와 p파로 구별되는 두 개의 공진파장을 얻었는데, 이는 입사각이 존재할 경우 두파의 반사위상이 틀려지기 때문이며, 이를 반사위상을 통해 설명하였다.(그림1) 또한 F-B 관계식[6]과 포락선 방법으로 부터 구한 각 물질의 굴절률을 통해 제작된 세가지 type에서의 측정된 투과율과 전산시뮬된 투과율을 비교 설명하여 미세공동 구조가 갖는 특성을 기술하였다.

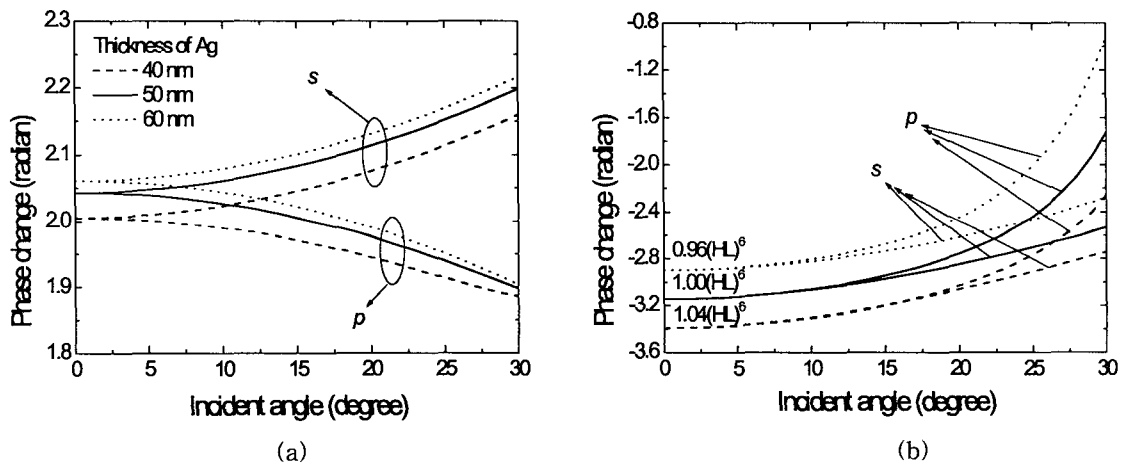


그림1] (a) [Alq₃|Ag|공기] (b)[Alq₃|(HL)⁶|공기]에서 입사각에 따른 반사위상의 변화

[참고문헌]

1. C. W. Tang and S. A. van Slyke, *Appl. Phys. Lett.* **51**, 913 (1987)
2. J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Mackay, R. H. Friend, P. L. Burn, and A. B. Holmes, *Nature*, **347**, 539 (1990)
3. J. R. Sheats, H. Antoniadis, M. Hueschen, W. Leonard, J. Miller, R. Moon, D. Roitman, and A. Stocking, *Science* **273**, 884 (1996)
4. H. Becker and R. H. Friend, *Appl. Phys. Lett.*, **72**, 1266 (1998)
5. B. Masenelli, A. Gagnaire, L. Berthelot, J. Tardy, and J. Joseph, *J. Appl. Phys.*, **85**, 6, 3032 (1999)
6. A. R. Frouhi and I. Bloomer, *Phys. Rev. B*, **38**, 1865 (1988)