

유기발광물질을 이용한 microcavity 구조에서의 자발방출의 광학적 특성

Optical property of spotaneous emission in microcavity structure using organic light emitting material

정부영, 이창희, 황보창권, 설 창*
 인하대학교 물리학과, *섬유공학과
 hwangbo@inha.ac.kr

유기물질들은 높은 형광효율과 반도체의 성격을 가지고 있기 때문에 실질적인 전기발광소자에 대한 적용이 기대되어져 왔다. 1987년에 Tang과 VanSlyke가 유기발광물질중의 하나인 8-hydroxyquinoline aluminum(Alq₃)을 사용한 낮은 인가전압의 유기발광소자의 특성⁽¹⁾과 1990년에 영국의 Cambridge대학 Cavendish연구소에서 Poly(p-phenylene vinylene)를 이용한 고분자 발광소자의 특성이 보고⁽²⁾되면서 대형 display의 개발쪽으로서의 잠재력으로 인해⁽³⁾세계적으로 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 본 연구에서 사용한 microcavity 구조는 발광과장을 조절할 수 있을 뿐만 아니라 에너지 재분포로 인해 발광세기를 향상시킬수 있다는 점에서 다른 EL소자들이 가지는 일반적인 구조와 대조되는 장점을 가지고 있다.

본 연구의 목적은 유기물을 이용한 microcavity laser의 구현이며, 선행 연구로써 Alq₃를 microcavity 구조의 spacer층(공기/반사경/Alq₃/반사경/유리)으로 넣어 Alq₃만의 형광과장과 microcavity의 공진조건이 일치하도록 설계하였다.[그림1] 본 연구에 사용한 microcavity 구조는 세가지의 type이 있으며 cavity를 형성하는 양쪽 면의 반사경의 종류에 따라 다음과 같이 구분하였다; type A는 공기/Ag/Alq₃/Ag/유리, type B는 공기/(HL)⁶/Alq₃/(LH)⁶/유리, 그리고 type C는 공기/Ag/Alq₃/(LH)ⁿ/유리이다.(n=5,6) Type B와 C에서 사용한 고굴절율(H)과 저굴절율(L) 물질은 각각 TiO₂와 SiO₂이었으며 electron-beam을 이용하여 기본진공 5 × 10⁻⁶ Torr 이하에서 증착하였다. 또한 Ag과 Alq₃는 각각 W boat 와 alumina coated tungsten boat를 사용하여 열저항법으로 증착하였다. bottom mirror와 top mirror 증착시에 기판온도는 각각 290 ± 10°C와 90 ± 10°C이었다. 증착율과 두께측정은 Edwards사의 FTM5와 Leybold사의 XTC/2 quartz thickness monitor를 이용하여 실시간으로 측정하였으며, 증착율은 1~2 Å/s이었다. TiO₂ 증착시에는 산소분위기(10sccm)에서 실시하였으며, 이때 진공도는 대략 5 × 10⁻⁵ Torr였다. 제작된 시료의 투과율과 PL 측정은 Varian Corp.의 Cary500 spectrophotometer과 Shimadzu Corp.의 spectrofluorophotometer를 각각 이용하였다. 분광형광광도계를 이용한 형광선폭 측정실험

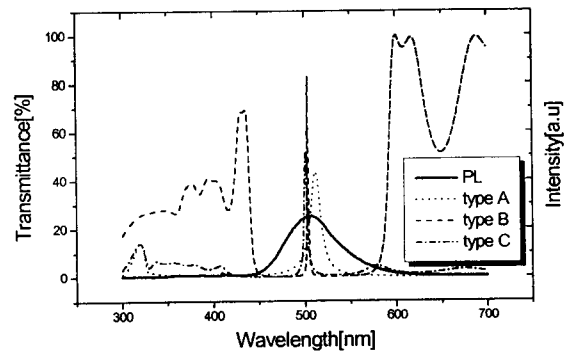


그림 1. Alq₃의 PL과 각 type들의 투과율 스펙트럼

에서 여기광원으로 Xe 램프를 사용하였으며 320~400nm까지 변화시키며 조사한 결과 여기파장으로 가장 좋은 파장은 390nm이었음을 알았는데 이는 Alq₃만의 최대흡수파장과 잘 일치하였으며, 이 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.

type A의 경우 PL에 대해서는 입사각이 45도이므로 s파와 p파의 두 선폭을 얻었으며 s파의 세기가 p파에 비해 상대적으로 매우 작은 값이 측정된 관계로 analyzer를 사용하여 p파만을 측정하였다. spacer의 두께가 고정되어 있을 때 Ag의 두께가 증가하면 blue shift되고 Ag의 두께가 고정되어 있고 spacer의 두께가 증가하면 red shift됨을 볼 수 있었다. 반사경으로 반투명 금속박막인 Ag를 사용하였을 때보다 유전체의 다층박막을 사용하게 되면 금속 거울보다 손실이 작고, 반사율을 높일 수 있어 투과율을 증가시키고 반치폭을 줄일 수 있다. 이런 이유로 type B를 제작하였다. type B에서 두 번째 다층박막층(반사경)을 증착시에 기판온도를 300도로 유지하게 되면 발광물질인 Alq₃는 재승화되어 사라지게 된다. 또한 그 보다 낮은 온도일지라도 유기물질들은 열을 받으면 결정화가 이루어지고 EL소자에서는 joule 열에 의하여 dark spot이 증가하게 되며 이로 인해 발광효율이 저하된다고 보고되어지고 있다.⁽⁴⁾ 이와 같은 이유 때문에 Alq₃만을 유리기판 위에 증착한 후 열처리를 하고, PL특성을 조사해보았다. 제작된 세 개의 sample중에 하나는 진공중에서 6시간 열처리를 하였고 나머지 시료들은 진공과 대기중에서 각각 열처리없이 같은 시간동안 보관하였으며 그 후에 곧바로 투과율과 흡수율 그리고 PL을 측정하였다. 투과율과 흡수율의 측정결과에서는 변화가 없었지만 PL측정에 있어서 대기중에 보관했던 시료가 가장 큰 degradation을 보였으며 진공중에서 열처리 없이 보관한 시료보다 열처리한 시료가 더 적은 degradation을 보였다. 이와 같은 결과는 열처리로 인한 물성변화보다도 시간 경과에 따라 O₂나 H₂O가 Alq₃와 반응⁽⁵⁾하면서 나타나는 현상으로 생각되어진다. 앞의 결과를 토대로 두 번째 반사경의 증착시에 기판온도를 낮추어 증착을 하게 되었다. type B의 경우 type A를 이용할 때보다 390nm 근처의 여기파장을 이용할 수 있는 장점을 가지고 있어 보다 더 높은 외부양자효율을 얻을 수 있다. 또한 반사경으로 Ag과 유전체 박막을 혼합시킨 type C의 경우에 유전체 박막의 층이 두층 더 늘어나면서 반사율이 증가하고 이로 인해 red shift 되고 공진파장 주변에 투과율이 현저히 낮아지는 것을 볼 수 있는데 이로 인해 PL의 공진파장에서의 intensity가 더 증가함을 볼 수 있었다. 특히 이와 같은 구조는 반사경 다음에 ITO를 부재층으로 입혀서 전극(anode)을 만들어 주면 EL소자로도 활용할 수 있을 것으로 기대되어진다.

결과적으로 우리는 반치폭이 약 80nm인 Alq₃의 넓은 형광선폭을 microcavity의 구조를 이용하여 줄일 수 있었으며 각 type에 따른 반치폭은 다음과 같다; type A, B, C의 구조에서 반치폭은 각각 15~20nm, 5~10nm, 그리고 12~13 nm이었다. 또한 microcavity가 갖는 특성으로 인해 방출파장이 각에 의존하는 것도 확인할 수 있었다.

[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. K. Higginson, X. Zhang, and F. Papadimitrakopoulos, Chem. Mater. **10**, 1017 (1998)
5. H. Aziz, Z. Popovic, S. Xie, A. M. Hor, N. X. Hu, C. Tripp, and G. Xu, Appl. Phys. Lett, **72**, 756 (1998)

