

적록청의 기본색을 이용한 백색 Organic Light-Emitting Devices (OLEDs)의 발광 특성

김동일, 한정환
세종대학교 전자공학과

Abstract

적록청(Red, Green, Blue : RGB)의 세 기본 염료 (primary dyes)를 사용하여 백색 유기전계발광소자 (White Organic Light Emitting Devices : WOLEDs)을 유기물 분자선 증착(Organic Molecular Beam Deposition)방법에 의해서 제작하였다. 소자의 구조는 ITO/a-NPD(40nm) / DPVBi(6nm) / Alq₃(12nm) / Alq₃ : DCJTB(7nm,3%) or DPVBi : DCJTB(7nm,3%) / Alq₃(35nm) / MgAg(150nm)으로, red 발광층의 host 물질을 Alq₃ 또는 DPVBi의 두 종류를 사용하여 소자를 제작하였다. 이들 소자들은 전류밀도가 증가함에 따라 스펙트럼 곡선의 변화가 거의 보이지 않았으며, 색좌표는 전류밀도 20mA/cm²에서 (0.34,0.34)이고 100mA/cm²에서 (0.32,0.33)으로 비교적 안정적이었다. Alq₃을 red 발광층의 host로 사용한 소자는 10mA/cm² (~6V)에서 luminance yield가 1.87cd/A 또는 100cd/m² (~5.5V)에서는 발광효율 1.2lm/W으로, DPVBi을 red 발광층의 host로 사용한 소자보다 약 20%의 효율향상을 보였다. 그러나 전류밀도 30mA/cm² 이상에서는 발광효율이 반전되어 나타났다. 이런 현상은 DPVBi을 red 발광층의 host로 사용한 소자가 Alq₃을 red 발광층의 host로 사용한 소자보다 발광 소광 현상이 적게 일어난 것에 기인하였다고 생각된다. 두 소자 모두 40mA/cm² 에서 이상적인 화이트 발란스와 같은 (0.33,0.33)의 색좌표를 보였다.

Key Words : WOLEDs,

1. 서론

OLED는 공정의 용이성, 빠른 응답속도, 넓은 표시야각, 저소비전력 등의 장점으로 인해 차세대 디스플레이로서 많은 관심이 주어지고 집중적인 연구가 진행되고 있다.[1]

일반적으로 full-color OLED는 shadow mask을 이용한 진공증착이나 ink-jet printing 방법 등을 이용하여 RGB를 패턴화하여 제작된다. 또한 blue을 green이나 red로 변환시키는 색변환방식을 사용하거나, color filter을 이용한 백색 OLED등을 사용하여 full-color을 구현한다. 특히, shadow mask을 이용한 진공 증착 방법은 pixel의 정확한 정렬이 힘들다. 이런 점에서 color filter을 이용한 백색 OLED는 shadow mask을 이용한 full-color화의 단점을 극복할 수 있는 장점이 있다.

백색 OLED는 LCD의 백라이트나 디스플레이 소자로서 이용될 수 있다. 그러나 color filter을 통한 발광이기 때문에 흡수된 빛의 효율 저하는 큰 단점

이라 할 수 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 높은 휘도와 효율 등의 개발이 반드시 필요하다.

백색 OLED에 대한 다양한 구조들이 많이 소개되었지만, 일반적인 백색 OLED에서 백색광 얻기 위한 방법은 두 보색 관계의 색을 혼합하거나, RGB 세 가지 기본색을 혼합하는 방법 등이 있다.[2-7]

우리 실험실에서는 color 필터를 통해 색을 가장 잘 표현 할 수 있는 RGB 기본색을 이용한 백색 OLED에 대한 실험을 수행하였다. 즉, 전류밀도에 따라 색 안정성이 우수한 백색 OLED을 소개 할 것이다. 또한, Alq₃ 을 red 발광층의 host로 사용한 소자와 DPVBi 을 red 발광층의 host로 사용한 소자를 비교하여, 안정적인 소자 구조를 가지는 백색 OLED을 소개 하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서 사용된 ITO 기판은 삼성전자에서

제공받은 것으로 두께 1500Å, 면저항은 ~15(□/Ω)이다. 이 기판은 왕수(HNO₃:HCL=1:3)증기를 이용하여 에칭(etching)하였다. 에칭 된 ITO기판은 온도 60°C의 용매(solvent)들로 반도체용(semiconductor grade) trichlorethylene(TCE), 아세톤(acetone), 에탄올(ethanol) 순으로 각각 5분동안 초음파 세척기를 사용하여 기판 표면의 유기물 등을 제거하였다.

OLED 제작은 EPI사의 effusion cell들과 각각의 shutter들이 장착된 분자선 증착(Organic molecular beam deposition:OMBD)장치에 의해 제작되었다. 분자선 증착 장치의 기본 압력은 ~10⁻¹⁰torr으로, ~10⁻⁶torr 정도의 증착기로 증착된 박막에 비하여 수분이나 산소 또는 탄소의 오염이 적으며 박막도 더 균일할 것으로 기대된다. 또한 선속(beam)의 형태로 분사되는 연료를 셔터에 의해 조절하기 때문에 각 층의 계면이 비교적 분명할 것이라 생각된다. 증착율은 DCJTb 도펀트를 제외하고 모두 1Å/s이다. 이러한 일정한 증착율은 Eurotherm temperature와 power controller system으로 effusion cell들의 온도 조절을 통해서 이루어졌으며, Quartz crystal thickness monitor로 각 cell의 온도를 관찰할 수 있다.

EL spectrum은 Acton사의 spectroscopy system에 의해 측정하였다. 또한 OLED에 흐르는 I-V특성을 측정하기 위하여 광 다이오드(photodiode: Oriol Instruments사의 UV-enhanced Silicon Detector (Model 71608))을 이용하며, Kiethly사의 model 236 source measure unit와 model485 autoranging picoammeter을 이용하여 데이터를 얻었다. 모든 측정은 대기 중의 room temperature에서 측정되었다.

3. 결과와 고찰

소자의 구조는 ITO/α-NPD(40nm)/DPVBi(6nm)/Alq₃(12nm)/Alq₃:DCJTb(7nm,3%)or DPVBi:DCJTb(7nm,3%)/Alq₃(35nm)/MgAg(150nm)으로, red 발광층의 host 물질을 달리하여 두 소자를 제작하였다. 그림1은 red 발광층의 host 물질로 Alq₃을 사용한 구조와 red 발광층의 host 물질로 DPVBi를 사용한 구조와 에너지 밴드 다이어그램을 나타낸다.

그림2(a),(b)는 제작된 두 백색 OLED의 전류밀도에

에 따라 최고 peak를 기준으로 하여 표준화한 EL 스펙트럼을 나타낸다. 세 가지 EL peak는 각각 470nm(DPVBi), 520nm(Alq₃), 610nm(DCJTb)에서 나타났다. 각각의 RGB 기본색의 EL스펙트럼의 분포면적을 알아보면 37.159(DPVBi):79.809(Alq₃):14.207(DCJTb)로 대략 3:6:1의 비율을 보였다. 이 비율은 본 실험에서 백색을 내기 위한 세 가지 기본색의 스펙트럼 분포 면적비로 나타났다. 그림 2(a),(b)에서 알 수 있듯이 두 소자 모두 EL 스펙트럼은 전류밀도의 변화에 따라 크게 변하지 않는 것을 알 수 있다.

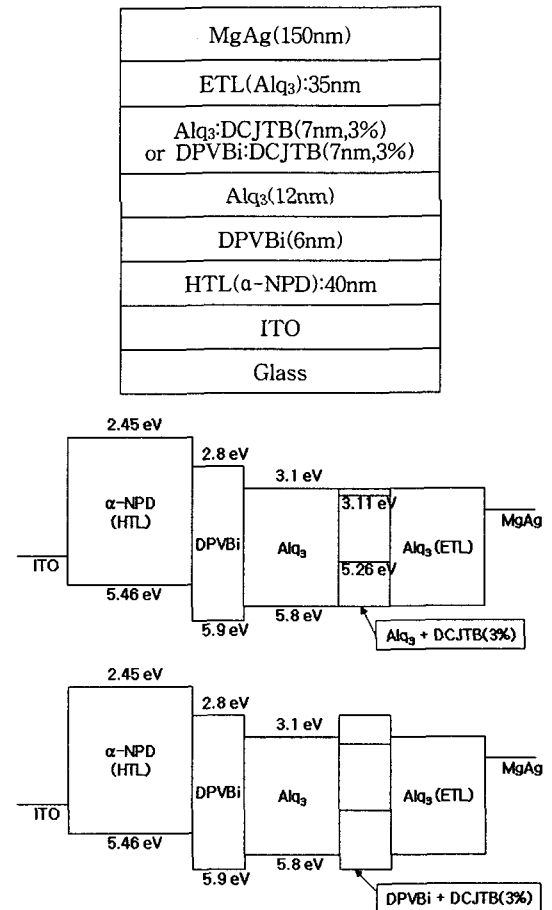


그림 1. WOLED 소자의 구조와 에너지 밴드 다이어그램.

표 1. 두 소자의 색 좌표.

	Alq ₃ :DCJTb (7nm,3%)		DPVBi:DCJTb (7nm,3%)	
	x	y	x	y
20mA/cm ²	0.344	0.341	0.344	0.344
40mA/cm ²	0.333	0.335	0.330	0.331
80mA/cm ²	0.324	0.331	0.320	0.328
100mA/cm ²	0.320	0.332	0.321	0.329

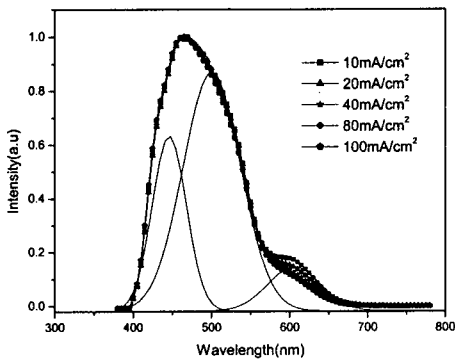


그림 2-a. ITO / α-NPD(40nm) / DPVBi(6nm) / Alq₃(12nm) / Alq₃:DCJTb(7nm,3%) / Alq₃(35nm) / MgAg(150nm) 소자의 최고 peak 에서 표준화된 EL스펙트럼.

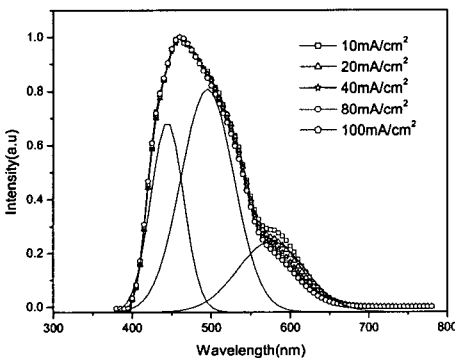


그림 2-b. ITO / α-NPD(40nm) / DPVBi(6nm) / Alq₃(12nm) / DPVBi:DCJTb(7nm,3%) / Alq₃(35nm) / MgAg(150nm) 소자의 최고 peak 에서 표준화된 EL스펙트럼.

표1은 두 소자의 색 좌표를 나타낸다. 두 소자 모두 (0.34,0.34) @20mA/cm² 에서 (0.32,0.33) @100 mA/cm² 으로 전류밀도가 커짐에 큰 변화 없이 안정적인 색 좌표를 보였다. 또한, 40mA/cm² 에서 이상적인 백색 좌표와 같은 (0.33,0.33)의 색 좌표를 얻을 수 있었다.

그림3은 제작된 백색 OLED의 효율 그래프이다. Alq₃ 을 red 발광층의 host로 사용한 소자는 10mA/cm² (~6V)에서 1.87cd/A이고, 100cd/m² (~5.5V)에서 1.2lm/W의 효율을 가진다. 이것은 DPVBi 을 red 발광층의 host로 사용한 소자보다 약 20%의 효율향상을 보인 것이다. 그러나 전류밀도 30mA/cm²을 기준으로 효율은 반전되는 것을 알 수 있다. 이를 통해, Alq₃ 을 red 발광층의 host로 사용한 소자는 전류밀도가 증가함에 따라 점점 발광 소광 현상이 나타남을 알 수 있다.

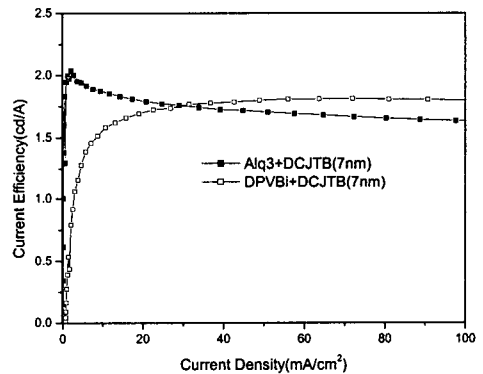


그림 3. 전류밀도에 따른 효율(cd/A)의 그래프.

그러나 DPVBi을 red 발광층의 host로 사용한 소자는 전류밀도가 증가함에 따라 효율에 큰 저하가 일어나지 않는 것으로 보였다. 이를 통해 우리는 DPVBi을 red 발광층의 host로 사용한 소자가 좀 더 소자 안정성 차원에서 우수함을 알 수 있었다. 두 소자 모두 대략 5.9V의 turn on 전압 (@100cd/cm²)을 가진다. 그리고, Alq₃ 을 red 발광층의 host로 사용한 소자는 최대 밝기가 7280cd/cm²(~17V), DPVBi 을 red 발광층의 host로 사용한 소자는 최대 밝기가 8190cd/cm²(~16.4V)로 나타났다.

4. 결 론

RGB 기본색을 이용한 백색 OLED을 OMBD 시스템에 의해 초고진공($\sim 10^{-10}$ torr)하에서 제작하였다. Red 발광층의 host 물질을 Alq₃ 와 DPVBi로 달리 하여 제작된 두 백색 OLED는 색 안정성이 우수하며, 이상적인 백색좌표와 같은 (0.33,0.33)의 색 좌표를 나타내었다. Alq₃ 을 red 발광층의 host로 사용한 소자는 10mA/cm² ($\sim 6V$)에서 1.87cd/A, 100cd/m² ($\sim 5.5V$)에서 1.2lm/W의 효율을 가졌다. 그러나, 30mA/cm² 을 기준으로 효율은 DPVBi 을 red 발광층의 host로 사용한 소자가 좋게 나타났다. 이런 현상은 DPVBi 을 red 발광층의 host로 사용한 소자가 Alq₃ 을 red 발광층의 host로 사용한 소자보다 발광 소광 현상이 작게 일어났기 때문이라 생각된다.

감사의 글

본 과제는 정보통신부 대학 IT 연구 센터 지원사업으로 수행된 결과입니다.

참고 문헌

- [1] J. Kido, "Organic Electroluminescent Materials and Devices", Ed., S. Miyata and H. S. Nalwa (Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam, 1997), p.335
- [2] K. Seki and G. Ishii, Synthetic metals 91,139(1997).
- [3] H. Ishii, K.Sugiyama, D. Yoshimura, E. Ito, Y. Ouchi and K. Seki, IEEE Journals of Selected Topics in Quantum Electronics, 4, 28 (1998).
- [4] Y. Kijima, N. Asia and S. Tamura, Jpn. J. Appl. Phys. 38, 5274 (1999).
- [5] V. Bulovic, P.E. Burrows, and S.R. Forrest, Electroluiminescence(I), 64, 262 (2000).
- [6] G. Li and J .Shinar, Appl. Phys. Lett. 83 ,26 (2003).
- [7] R .S. Deshpande, V. Bulovic, and S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett. 57, 7 (1999).