

DCJTb를 Doping한 적색 유기 발광소자의 특성

Characteristics of the red organic electroluminescent devices doped with DCJTb

최완지, 임민수, 정득영, 이정구, 임기조

(W. J. Choi., M. S. Lim., D. Y. Jeong., J. G. Lee., K. J. Lim.)

Abstract

In this study, we fabricated red organic electroluminescent device with a doping material (DCJTb) and The cell structure used ITO:indium tin oxide [20%]/ CuPc:Hole injection layer 20nm/ NPB: Hole transfer layer 40nm/ Alq₃ (host) +DCJTb(1% or3%) (guest) Emitting layer 40nm/ Alq₃ : Electron transfer layer 30nm/ Al :Cathode layer 150nm. the luminescent layer consisted of a host material. 8-hydroxyquinoline aluminum (Alq₃), and DCJTb dye as the dopant. a stable red emission (chromaticity coordinates : x=0.64, y=0.36) was obtained in this cell with the luminance range of 100-600 cd/m². we study the electrical and optical properties of devices.

Key Words : OLEDs, doping material, DCJTb, Alq₃

1. 서 론

유기 EL 디스플레이는 TFT-LCD, PDP, FED 등의 다른 디스플레이 보다 낮은 구동 전압으로 구동할 수 있고, 자체 발광하기 때문에 TFT-LCD와는 달리 백라이트가 필요 없으므로 디스플레이의 두께를 얇게 할 수 있으며, LCD보다 응답속도가 빠르고 시야각이 넓기 때문에 차세대 디스플레이로서 주목받고 있다. 일반적으로 무기물 반도체로부터 얻어지는 light emitting diode (LED)는 정보산업용 display매체로서 성장 잠재력이 크고 발광 효율도 좋으나, 발광 색상이 제한되고 대면적 LED의 제조가 어렵고 가격이 비싼 단점이 있다. 그러나 최근에는 organic light emitting diode(OLED)라 불리는 유기물 발광소자가 차세대 디스플레이로서 새로이 각광을 받기 시작하였다. 유기물을 이용한 발광소자는 발광효율이 이미 기존의 무기물 반도체 LED를 능가하는 소자 특성

과 life-time을 얻을수 있으며 제조 공정이 간단하여 가격이 저렴하고, full color의 대면적화가 가능하다는 근본적인 장점이 있다. 또한 OLED는 고휘도 및 저전력의 장점을 가지고 있으며 높은 해상도를 구현할 수 있다. 저 분자량 유기물을 활용하는 OLED의 경우 녹색 발광을 위한 대표적인 발광물질은 Alq₃ [8-hydroxyquinoline - aluminum]로서 이 물질은 여러 가지의 유기물 색소를 도핑하여 다른 파장 영역의 발광물질로서도 활용되고 있다[1]. 유기 EL display 에 있어서 능동소자를 이용한 구동이 수동소자를 이용한 구동보다 많은 장점을 갖는다. 1987년, Tang과 VanSlyke에 의해 Alq₃ 유기물이 사용되었는데, Alq₃는 녹색영역(520nm)에서 빛을 발하며, 여러 가지 유기물 색소를 도핑함으로써 녹색에서 붉은색까지의 넓은 영역에서 빛을 낼 수 있다[2]. 또한, 색순도의 증가와 에너지 전이를 통한 발광효율의 증가를 가져올수 있다[3]. 적색 발광층의 경우 밴드갭이 작은 적색 발광의 특성상 다량의 녹색 발광물질에 적색발광 물질을 소량 도핑하여 사용한다. 그중, DCJTb와 같은 DCM류의 물질이 적색 발광 물질중 가장 높은 휘도를 나타내고 색순도 또한 NTSC 기준에

충북대학교 전기공학과
(청주시 흥덕구 개신동 산-48,
Fax: 043-261-3191
E-mail : kilim@trut.chungbuk.ac.kr)

근접하기 때문에 최근 주목받고 있다. 본 논문에서는 red 발광 유기소자에 DCJTB doping 비율을 각각 1%, 3% 로 하여, 전압-전류, 전압-휘도, EL 특성을 비교 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험 방법

2.1.1 성막물질

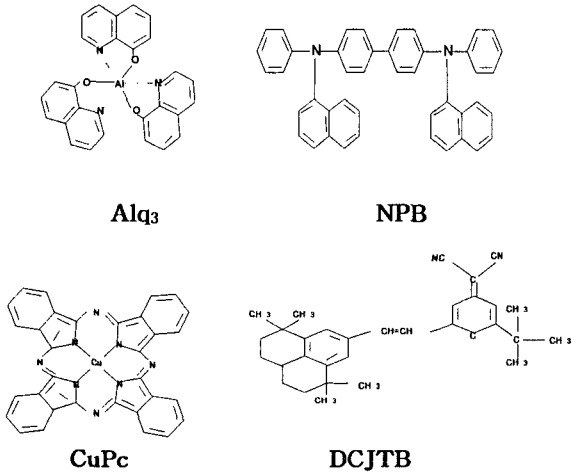


그림. 1 사용된 재료들의 분자구조들
Fig. 1 Molecular structures of materials

그림.1은 정공 주입층(HIL)으로서 Cu-Pc: Copper (II) phthalocyanine를 사용했고, 정공 수송층(HTL)으로서 NPB : N,N'Di (naphthalenyl) -N, N'diphenyl-benzi-dine를 사용했다. 그리고 ,DCJTB:[4-dicyanomethylene-6-cpyulolidinost-ryryl -2-tertbutyl-4H-pyran 는 doping 물질로써 Alq₃와 함께 발광층(EML)으로 쓰이고, 전자수송층(ETL)으로써 Alq₃ 가 사용된다.

2.1.2 소자 제작

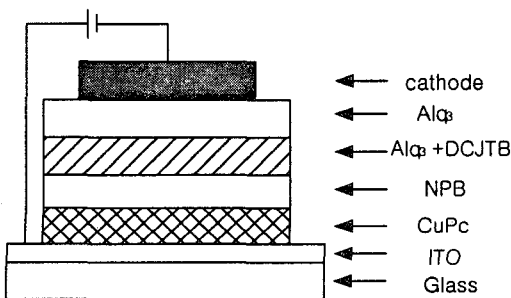


그림. 2 EL 소자 구조

Fig. 2 Configuration of an EL cell

양극으로 ITO와 (20Ω/□)코팅된 유리기판을 아세톤과 알콜을 사용해 초음파 세척기에 의해 1시간씩 세척하여 사용하였으며, 유기 재료는 모두 10⁻⁶ Torr의 진공도에서 진공 증착법에 의해 적층되었다. 음극으로 사용한 Al은 10~15Å/s로 유기물과 동일한 진공범위에서 150nm의 두께로 증착하였다. 소자의 발광면적은 1×1cm² 이고, 모든 측정은 DC 전압에서 행하여 졌다.PL 측정은 Tsunami사의 Ti:sapphire Laser로서 375nm 의 Laser 파장에서 측정했다. 그리고 EL 측정은 Mcpherson사의 35 Meter Scanning Monocromator과 스펙트럼 분석 프로그램을 사용했다. 휘도계는 미놀타 cs-100을 이용했고 암실에서 측정했다. 전류계는 Keithley 195A Digital Multimeter를가지고 측정했다. 그림. 2는 실험에서 제작한 소자의 구조이다. 발광특성을 비교하기 위해서 ITO/CuPc 20nm/ NPB 40nm/ Alq₃ +DCJTB (1%) 40nm/ Alq₃ 30nm/ Al 150nm 의 구조와 CuPc 20nm/ NPB 40nm/ Alq₃ +DCJTB (3%) 40nm/ Alq₃ 30nm/ Al 150nm의 구조로 소자를 제작하였다.

3. 실험 결과 및 검토

3.1 소자의 발광특성

적색 발광층의 경우 밴드갭이 작은 적색발광의 특성상 다량의 녹색 발광물질에 적색발광 물질을 소량 도핑하여 사용한다. 그중, DCJTB와 같은 DCM류의 물질이 적색 발광 물질중 가장 높은 휘도를 나타내고 색순도 또한 NTSC 기준에 근접하기 때문에 최근 주목받고 있다[4].

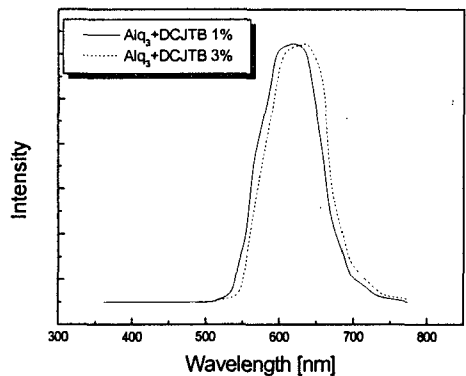


그림 3. 제작된 소자들의 EL 스펙트럼 분석
Fig. 3. EL spectrum of tested devices

그림. 3은 다른 농도에서 Alq₃에 도핑된 DCJTb의 소자들의 EL 스펙트럼을 나타낸다. DCJTb를 1%첨가한 소자는 최대 620nm 피크의 발광특성을 나타냈고, 3% 첨가한 소자는 최대 642nm의 발광 피크값을 나타냈다. 오른쪽으로 22nm가 이동한 발광 특성을 알수 있다. 비록, 스펙트럼이 모양과 넓이가 doping 농도에 의해 각기 크게 변화하지 않지만, 발광색이 orange에서 red로 변한다.

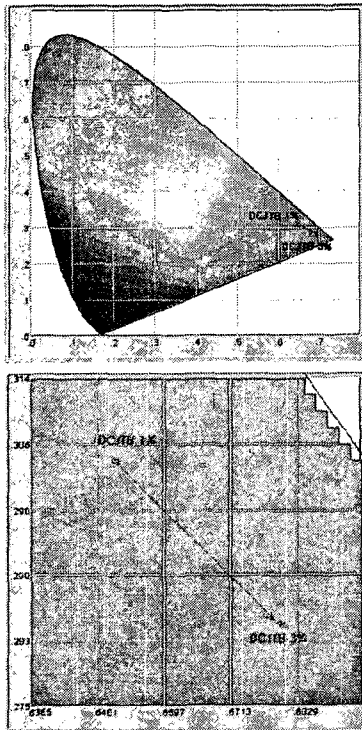


그림. 4. DCJTb의 도핑에 따른 CIE 색좌표계
Fig. 4. CIE coordinate of doping the DCJTb

그림. 4는 DCJTb의 doping 비율에 따른 CIE 색좌표계를 나타낸 그림이다. 1%에서 3%로 doping 비율이 올라갔을 때 색순도가 좋아짐을 알수 있었다. red는 넓은 발광대역으로 인한 색순도가 저하하는 경향이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 π -전자의 공액길이의 연장과 분자간 상호작용이 최소화되는 재료의 개발이 선행 되어야 하겠다[5]. 특히, Host/Dopant간의 에너지 전이를 이용한 발광재료에서 단독 발광물질을 사용하면 분자간 상호작용에 의한 excimer를 형성하여 색순도 저하 및 효율이 감소하고, host/dopant를 사용하면 색순도가 증가하고 에너지 전이를 통한 발광효율이 증가하는 경향을 나타낸다[6].

3.2 DCJTb로 doping 된 영향

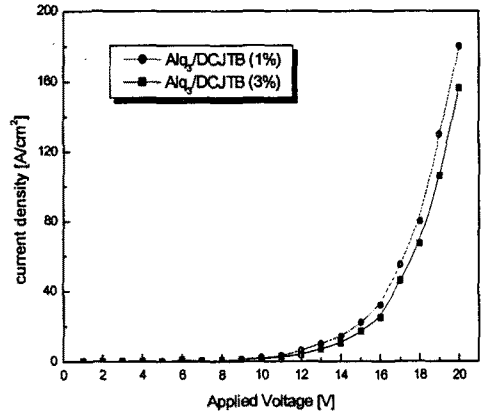


그림. 5. 전류밀도 - 전압 특성곡선
Fig. 5. Current density-Voltage characteristics

그림. 5는 인가전압에 따른 소자의 전류밀도를 나타내었다. DCJTb가 Alq₃에 1% 도핑된 소자는 이것이 3% 도핑된 소자보다 단위 전압당 전류밀도가 더 높았다. 그림 4에서 DCJTb 도핑 비율이 3%일때가 1%일때 보다 더 좋은 red색 순도를 나타냈지만, DCJTb의 농도 소광의 작용에 의해 전류밀도가 더 낮게 나타났다[7]. 주로 dopant를 사용해서 발광을 할때 doping rate를 적당하게 맞춰야 concentration quenching(농도 소광)을 줄이면서, 좋은 색순도 및 보다 나은 효율을 가질수 있다. 여기서, Alq₃층은 전자 수송층으로서 작용하면서 터널효과에 의해 전자를 Alq₃+DCJTb의 발광층 계면으로 이동시키는 것이다[8]. 적색 발광재료는 본질적으로 낮은 발광효율을 가지고 있고, 분자간 상호작용에 의한 발광감쇄 (quenching)효과가 고농도 일때 발생하고 넓은 발광대역으로 인한 색순도가 저하되고, 높은 전압시 적색 발광재료에서의 trapping 효과가 증가해서 효율이 감소하게 된다.

그림. 6은 인가전압에 따른 휘도값을 나타낸 그래프이다. 여기서도 DCJTb가 1%일때 concentration quenching이 적게 일어나서 휘도가 더 큰 값을 가지게 되었다. 또한, 전류밀도가 계속 증가해도 20[V]이상에서는 휘도가 포화되는 상태가 된다. 그것은 농도 소광 현상에 의해 전자가 포획되어 전자의 흐름을 감소시키는 경향이 있기 때문이다.

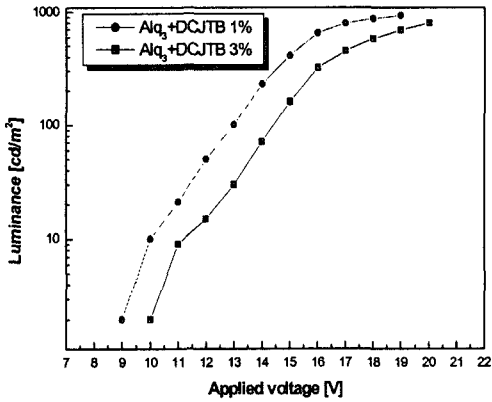


그림. 6. 인가전압에 따른 휘도특성곡선
Fig. 6. Luminance-Voltage characteristics

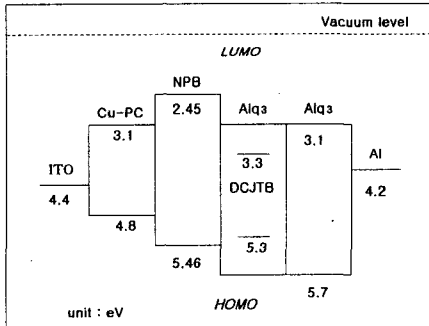


그림. 7. 제작한 유기 EL 소자의 에너지 간격
Fig. 7. Energy level diagram of the OLED

그림. 7은 유기 EL 소자의 에너지 밴 다이어그램을 나타낸다. 정공 주입층으로 CuPc를 적층한 것은 ITO의 일함수하고 정공 수송층인 NPB사이의 에너지 간격 사이에 완충작용으로 정공이 더 쉽게 이동할수 있게 하는 기능을 첨가한 것이다. 또한 발광층에서 Dopant로 사용한 DCJTb는 Host 재료인 Alq₃의 에너지 밴드갭 사이에 존재해서 Alq₃에서 여기된 에너지를 받고 red 발광을 하게 된다. 소자 제작시 에너지 밴드갭을 고려하면서 기능별 재료의 선택을 하면 효율 및 특성개선을 얻을 수 있다.

4. 결 론

위 실험 결과를 통해 DCJTb를 doping 물질로

사용한 적색 유기 전계 발광소자의 전기적, 광학적 특성을 살펴보았다. DCJTb를 1% doping한 소자는 최대 620nm 피크의 발광특성을 나타냈고, 3% doping한 소자는 최대 642nm의 발광 피크값을 나타냈다. DCJTb로 dopant를 사용해서 발광을 할 때 doping rate를 적당하게 맞춰야 concentration quenching(농도 소광)을 줄이면서, 좋은 색순도 및 보다 나은 효율을 가질수 있다. DCJTb가 Alq₃에 1% 도핑된 소자는 이것이 3% 도핑된 소자보다 단위 전압당 전류밀도가 더 높았다. 그림 4에서 DCJTb 도핑 비율이 3%일때가 1%일때 보다 더 좋은 red색 순도를 나타냈지만, DCJTb의 농도 소광의 작용에 의해 전류밀도가 더 낮게 나타났다. 주로 dopant를 사용한 유기 발광재료를 이용할때는 doping rate를 적당하게 맞춰야 concentration quenching(농도 소광)을 줄이면서, 좋은 색순도 및 보다 나은 효율을 가질수 있다. 앞으로 적절한 Dopant 재료의 개발과 개선된 적색 발광 소자 구현에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. Van Slyke, APL, 51, 913, 1987
- [2] Seung Jun Jung, Soo Gil Park, "The luminance characteristics of organic ELD based on Znq2 and TPD"
- [3] T. K. Hatwar, G. Rajeswaran, J. Shi, Y.Hamada, H. Kanno, and H. Takahashi, "Red emitting Organic Electroluminescent Devices with Improved stability", Proc, the 10th international Workshop on Inorganic and Organic Electroluminescence (EL'00), p.31, 2000
- [4] Martin Pope, Charlese, Swenberg, "Electronic Processes in Organic Crystals and Polymers", second edition, oxford science publications, p.1194~p.1199
- [5] Kim. J. S, Friend R. H. and Cacialli. F. Appl. Phys.Lett. 74. 3084. 1999
- [6] Noda. T, Ogawa. H. and Shirota. Y. Adv. Mater. 11. 283, 1999.
- [7] Burrows. P. E, Forrest. S. R, Sibley. S. P. and Thompson. M. E. Appl. Phys. Lett. 69. 2959, 1996..
- [8] Sakakibara. Y, Okutsu. S, Enokida. T and Tani. T. Appl. Phys. Lett. 74. 2587. 1999.