

전자 수송층에 따른 유기 발광 다이오드 소자의 전기적 특성

이석재¹, 박정현¹, 서지현¹, 이금희², 윤승수², 김영관^{1,*}

¹홍익대학교, 정보디스플레이공학과

²성균관대학교, 화학과

Properties of Organic light-emitting Diodes with various Electron-transporting layers

Seok-Jae Lee¹, Jung-hyun Park¹, Ji-hyun Seo¹, Kum-Hee Lee², Seung-Soo Yoon², and Young-kwan Kim^{1,*}

¹Hongik Univ., Dept. Information Display

²Sungkyunkwan Univ., Dept. Chemistry

Abstract : Organic light-emitting diodes (OLEDs) were fabricated with the electron dominant complex, 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (Bphen) into the traditional electron transporting material of tris (8-hydroxyquinoline) aluminum (Alq₃), neat Alq₃ and Bphen as electron-transporting layers (ETLs), respectively. Use of the Bphen material results in efficient electron injection and transport, allowing for high luminous efficiency devices. The devices with neat Alq₃(Device1), 1:1 mixed Alq₃ : Bphen(Device2), and Bphen(Device3) have efficiency of 15.3 cd/A, 16.9 cd/A, 20.9 cd/A, respectively, at 20 mA/cm². The efficiency characteristic of device with Bphen is best, but the device that is satisfied high efficiency and stability at once is observed in Device2.

Key Words : OLEDs, Electron-transporting layer, Alq₃, Bphen

1. 서 론

정보화 사회에 있어서 평판 디스플레이가 관심을 끌게 됨에 따라 유기 발광 소자 (OLEDs) 에 대한 관심이 높아지고 있으며, 최근의 디스플레이는 모바일 기기와 대형 텔레비전의 요구 조건을 충족시킬 수 있는 빠른 응답 속도, 낮은 소비 전력 및 넓은 시야각을 요구하고 있다.[1] 이에 가장 적합한 차세대 디스플레이는 자발광의 유기 발광 다이오드 소자 (OLED: Organic Light-emitting Diodes)로써 응답 속도가 LCD (Liquid Crystal Display) 대비 천 배 이상 빠르고, 백라이트가 필요 없으며 시야각이 우수하다. 그러나 아직도 기존의 디스플레이 장치에 비해 수명과 신뢰성을 확보하는데 부족하므로 소자의 물리적, 화학적 및 전자적 성질을 규명하여 고효율 및 장시간 유기 발광 특성을 갖는 제작 기술은 대단히 중요하다.[2] 최근 고효율과 장수명 및 소자의 안정성을 개선하기 위해 전자 주입 및 수송층에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.[3]

2. 실험

유기 발광 다이오드 소자를 제작하기 위하여 유리 위에 하부전극인 ITO (indium tin oxide)가 코팅된 기판을 사용하였다. 제작된 유리 기판은 20 × 20 mm이고 두께는 0.5 mm 이며, 1000 Å으로 코팅된 ITO는 30 Ω / square의 면 저항을 가지고 있다. 이 유리 기판은 유기물 증착에 앞서 아세톤 (Acetone), 메틸 알코올 (Methyl Alcohol), 2차 증류수 (Secondary Distilled Water)에서 각각 15분 동안 초

음파 세척을 하였고, 이후에 이소-프로필 알코올 (Iso-propyl Alcohol)에 보관하였다.[4] 건조된 유리 기판은 높은 일함수 값과 고른 ITO 표면을 위하여 2 × 10⁻² Torr. 에서 125 W로 2분 동안 산소 플라즈마 (O₂ Plasma) 처리를 하였다. 유기 발광 다이오드 소자의 제작은 열 진공 증착으로 1 × 10⁻⁶ Torr. 이하의 진공 상태에서 유기물과 금속을 증착하였다.

Al(1000 Å)	Al(1000 Å)	Al(1000 Å)
Liq(20 Å)	Liq(20 Å)	Liq(20 Å)
Alq ₃ (200 Å)	Alq ₃ : Bphen(1 : 1)(200 Å)	Bphen(200 Å)
BCP(100 Å)	BCP(100 Å)	BCP(100 Å)
CBP:Ir(Pq) ₂ (acac) (300 Å)	CBP:Ir(Pq) ₂ (acac) (300 Å)	CBP:Ir(Pq) ₂ (acac) (300 Å)
NPB(200 Å)	NPB(200 Å)	NPB(200 Å)
2-TNATA(600 Å)	2-TNATA(600 Å)	2-TNATA(600 Å)
ITO	ITO	ITO
Device 1	Device 2	Device 3

그림 1. 유기 발광 다이오드 소자의 구조.

그림 1에서 보듯이, 소자의 구조는 ITO / 4,4',4"-Tris (N-(2-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine (2-TNATA, 600 Å) / N,N'-diphenyl-N,N'-(2-naphthyl)-(1,1'-phenyl)-4,4'-diamine (NPB, 200 Å) / 4,4'-N, N'-dicarbazole-biphenyl (CBP) : Ir(pq)₂(acac) (8%, 300 Å) / Bathocuproine (BCP, 100 Å) / ETL (200 Å) / lithum quinolate (Liq, 20 Å) / Al (1000 Å)의 순서로 증착하였다. 여기서 ITO는 양극으

로, 2-TNATA는 정공 주입층으로, CBP 호스트 물질에 적색 도판트 물질 $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$ 를 도핑하여 적색 인광 발광층으로, BCP는 정공 저지층으로, tris (8-hydroxyquinoline) aluminum (Alq_3), 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (Bphen), Alq_3 : Bphen 을 1 : 1 비율로 혼합하여 각각 전자 수송층 (ETL)으로, Liq는 전자 주입층으로 그리고 Si 은 음극으로 각각 사용하였다. 유기물의 증착 속도는 0.5 ~ 1.0 Å/s로 조절하였고, 금속의 증착 속도는 유기물 내 금속 입자의 확산을 방지하기 위해 ~100 Å 두께까지 0.5~1.0 Å/s의 증착 속도로 박막을 형성하다가 100 Å ~ 1000 Å의 두께 범위 내에서는 10 Å/s의 증착 속도로 박막을 형성하였다. 제작된 유기 발광 다이오드 소자는 질소 상태의 글로브 박스에서 흡습제인 barium-oxide 분말을 첨가하고, 봉지와정을 거쳤다. 소자의 I-V-L 값은 Keithley 236 소스미터와 Minolta사의 CS-100A 분광방사휘도계를 이용하여 측정하였고, EL 스펙트럼은 JBS International사의 IVL 2000으로 측정 하였다.

3. 결과 및 검토

그림 2는 전압과 전류 밀도에 따른 유기 발광 소자의 휘도를 나타낸 것이다. Device1, Device2, Device3는 각각 200 mA/cm^2 에서 21600 cd/m^2 , 24100 cd/m^2 , 29700 cd/m^2 의 휘도를 보이며, 그중 Device3가 가장 높은 휘도를 나타내었다. 이는 전자 이동도가 좋은 Bphen 물질을 전자 수송층으로 사용함으로써 발광층에서 정공과 전자가 균형을 이루어 보다 많은 엑시톤이 형성되었기 때문이다.[3]

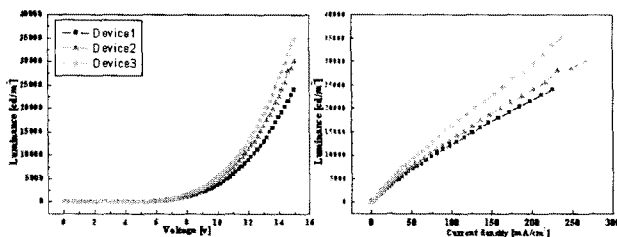


그림 2. 유기 발광 다이오드 소자의 전압과 전류 밀도에 따른 휘도

그림 3은 전류 밀도에 따른 각 소자의 발광 효율을 나타낸 것이다. 전자의 이동도가 가장 좋은 Bphen 물질을 사용해 제작한 Device3가 가장 좋은 발광 효율을 나타내고 있다. 하지만 전류 밀도가 증가함에 따라 발광 효율이 급속히 감소하는 것을 보면, Device3 소자의 구동 안정성이 Device1과 Device2 소자보다 좋지 않음을 알 수 있다. 이것은 소자를 구동할 때, Bphen의 불안정한 화학적 특성 때문이다.[5] 반면, Alq_3 와 Bphen이 1:1 혼합된 Device2는 Device1보다 비교적 높은 효율을 나타내며, Device3보다 훨씬 우수한 열화 특성을 보이고 있다.

각 소자의 EL 스펙트럼은 다양한 전자 수송층의 구성에 따라 변화하는 전기적 특성과 상관없이 605 nm의 동일한 파장을 나타내었다.

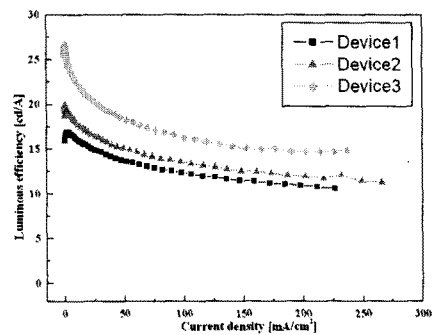


그림 3. 유기 발광 다이오드 소자의 전류 밀도에 따른 발광 효율

4. 결론

본 연구는 전자 수송층이 유기 발광 다이오드 소자의 전기적 특성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고, 고효율 또는 고휘도 소자의 구현을 위해 제작하였다. Device1,2,3 중 Bphen만을 전자 수송층에 사용한 소자가 Bphen의 높은 전자 이동도에 기인하여 가장 좋은 휘도와 효율을 나타낸 것을 확인할 수 있었다. 하지만 Bphen을 사용한 소자는 구동 중 높은 열화 특성을 나타내었다. 따라서, 본 연구에서는 Alq_3 와 Bphen을 1:1로 혼합함으로써 Alq_3 의 높은 구동 안정성과 Bphen의 고효율을 동시에 만족시키는 소자를 구현 할 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 서울시 산학연 협력사업의 연구비에 의하여 지원되었음 (10555).

참고 문헌

- [1] J. Kido, M. Kimura, and K. Nagai, Science Vol. 267, P. 1332, 1995.
- [2] H. K. Lee, J. H. Seo, J. H. Kim, J. R. Koo, K. H. Lee, S. S. Yoon and Y. K. Kim, J. Kor. Phys. Soc. Vol. 49, P. 1052, 2006.
- [3] H. H. Fong, Wallace C. H. Choy, K. N. Hui, and Y. J. Liang, "Organic light-emitting diodes based on a cohost electron transepporting composite", APL, Vol. 88, P. 113510(2006)
- [4] T. P. Nguyen, L. P. Rendu, and N. N. Dinh, "Thermal and chemical treatment of ITO substrates for improvement of OLED performance", Synth. Met., Vol 138, P. 229, 2003
- [5] Kevin P. Klubek and Denis Y. Kondakov, "Improving Operating Lifetime of Blue OLEDs with Phenanthroline-Based Electron-Transport Materials", Society of Information Display 2007, workshop 36-3.