

Two-Wavelength에 의한 백색 유기 발광 소자 제작

김중연*, 최성진*, 조재영*, 강명구**, 신선호***, 주성후***, 오환술*
건국대학교 전자공학부*, 극동정보대학**, 엘리아테크***

전화 : 031-710-5378/핸드폰 : 011-424-0646

The Fabrication of White Organic Light-Emitting Diodes using Two-Wavelength

Jung-yeoun Kim, Sung-jin Choi, Jae-young Cho, Meoung-gu Kang,
Seon-ho Shin, Sung-hoo Ju, Hwan-sool Oh
Dept. of Electronic Engineering, Konkuk University
E-mail : jungyun@sktelecom.com

Abstract

We have been fabricated white organic light emitting diode with two-wavelength are mixing blue emit in DPVBi (4,4-bis(2,2-diphenylvinyl)-1,1-biphenyl) layer and yellow emit in rubrene (5,6,11,12-tetraphenylanthracene) as emitting layer which are controlled with thickness. This device emits white light emitting in CIE (0.29, 0.33), 1000cd/m² at DC 18V.

발광층으로 사용하여 구동전압 18V에서 색좌표인 CIE 값이 (0.29, 0.33)인 비교적 안정한 값을 얻었고 휘도는 1000cd/m²인 two-wavelength 스펙트럼을 갖는 백색 발광 소자를 구현하였다.

II. 소자제작 및 실험

본 실험에서 사용된 소자의 구조는 그림 1에서와 같이 양극전극은 면저항과 막 두께가 각각 20Ω/□와 1200Å인 ITO를 사용하였고, 정공전송층으로 TPD

I. 서론

Tang과 Van Slyke가 1987년 유기전계 발광소자를 소개한 이후^[1], 차세대 평판 디스플레이 장치로서 유기발광 소자가 꾸준히 성장할 것으로 보인다. 백색 유기발광 소자는 이동통신 단말기 및 각종 휴대용 멀티미디어 장치의 LCD 컬러 디스플레이용 백라이트 소자로 유용하게 응용될 수 있으며, 본 실험에서는 청색 발광물질인 DPVBi와 적색계열의 도펀트 물질로 알려진 rubrene을

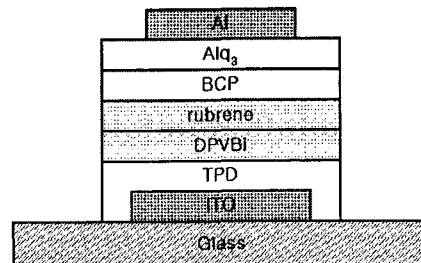


그림 3. 제작된 유기발광소자의 구조

(N,N-diphenyl-N,N-bis(3-methylphenyl)-1,1-diphenyl-4,4-diamine), 청색계열 발광층으로 DPVBi와 적색계열 발광층으로 주황색을 띤 rubrene을 사용하였으며 전자수송층으로는 Alq₃(Tris(8-hydroxy quinoline aluminum)를 사용하였다. 한편 DPVBi와 rubrene 발광층에서만 전자-정공의 재결합이 일어나도록 정공수송억제층으로 BCP (2, 9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline) 층을 삽입하였으며 각 유기물층들의 두께에 변화를 주어 안정된 백색광을 구현하였다. 음극전극으로 Al을 1.0 x 10⁻⁶ Torr에서 1000Å 두께로 진공증착하였다.

ITO 패턴을 만들기 위해 ITO가 코팅된 유리기판을 포토티브 AZ7220 감광액을 스펀코터를 사용하여 3500RPM으로 45초간 회전시켜 감광액의 두께를 2μm으로 도핑하고 90°C에서 30분간 소프트베이킹(softbake)하여 잔류용제를 제거하였고, 패턴 마스크를 씌워 수은램프로 12초간 자외선을 쬐어 노광(expose)하였다. 현상(development)은 AZ300 현상액으로 70초간 현상하였고 60°C에서 30분간 하드베이킹(hard bake)하였다. ITO 식각은 HCl:HNO₃:DI water를 10:1:2의 비율로 혼합한 용액에서 4분간 식각하였으며 감광액 제거는 감광액제거제 AZ700 용액 속에 30분간 담가 남아있는 감광액을 완전히 제거하였다. 일정한 패턴이 만들어진 ITO 기판을 25mm x 25mm 크기로 잘라 시편으로 사용하였다.

단분자 유기물의 진공증착은 국내에서 제작한 진공증착기(evaporator)를 사용하여 표 1에서와 같이 정공수송층

소자구분	TPD	DPVBi	rubrene	BCP	Alq ₃	
실험 I	Device 1	225	210	X	210	225
	Device 2	225	X	210	210	225
실험 II	Device 3	225	120	150	210	225
	Device 4	225	150	150	210	225
	Device 5	225	210	150	210	225
실험 III	Device 6	225	210	120	210	225
	Device 7	225	210	180	210	225
	Device 8	225	210	255	210	225

단위: Å

표 1. TPD/DPVBi/rubrene/BCP/Alq₃ 두께에 따른 유기발광소자 분류

인 TPD는 225Å, 전자수송층인 Alq₃는 225Å, 정공수송억제층인 BCP는 210Å으로 고정하고 청색 발광층인 DPVBi와 적색계열 발광층인 rubrene층의 두께비율을 변화시켜가면서 발광특성을 조사하였다.

III. 결과

본 실험은 표 1에서와 같이 세가지 경우로 분류하여 실험하였으며 실험 I은 DPVBi와 rubrene이 단독층으로 존재하는 각각의 경우에 대하여, 실험 II는 rubrene층을 고

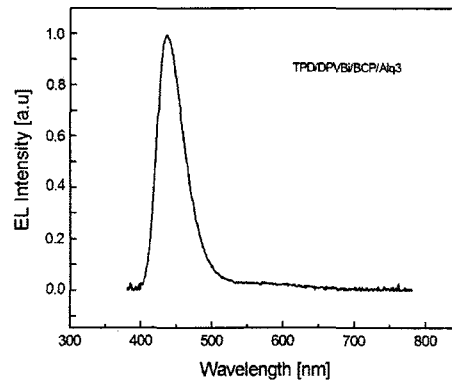


그림 2. DPVBi층의 EL 스펙트럼

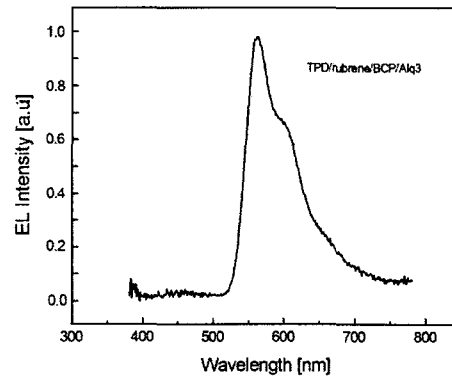


그림 3. rubrene층의 EL 스펙트럼

정하고 DPVBi층 두께를 변화시킨 경우에 대하여, 실험 III은 DPVBi층을 고정하고 rubrene층의 두께를 변화시킨 경우에 대해서 제작된 유기발광소자의 EL 스펙트럼을 Minolta CS-1000 spectroradiometer를 사용하여 측정하였다.

실험 I은 DPVBi와 rubrene의 EL 스펙트럼 특성을 분석하기 위하여 HTL과 ETL 사이에 발광층을 각각 삽입하고, 발광층과 ETL 사이에는 재결합 효율을 좋게 하기 위해 정공수송억제층인 BCP를 삽입하여 TPD/DPVBi/BCP/Alq₃과 TPD/rubrene/BCP/Alq₃ 구조로 하여 각각의 DPVBi와 rubrene 층의 EL 스펙트럼 특성을 측정하여, 그림 2에서와 같이 DPVBi의 최대발광파장은 436nm을 나타내었으며 색좌표는 x=0.22, y=0.23으로 순수한 청색광을 나타내었다. 그림 3은 rubrene의 EL스펙트럼을 측정하여, 최대발광파장이 560nm를 나타내었고 색좌표는 x=0.45, y=0.45인 yellow 광이

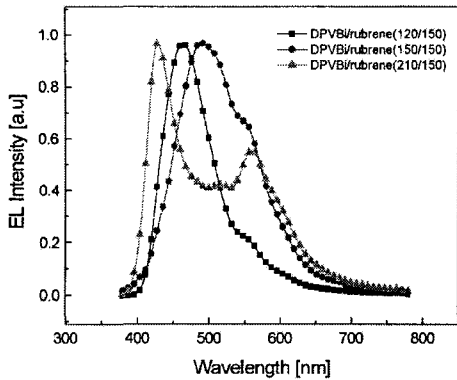


그림 4. rubrene층을 고정하고 DPVBi층에 변화를 주었을 때의 EL 스펙트럼

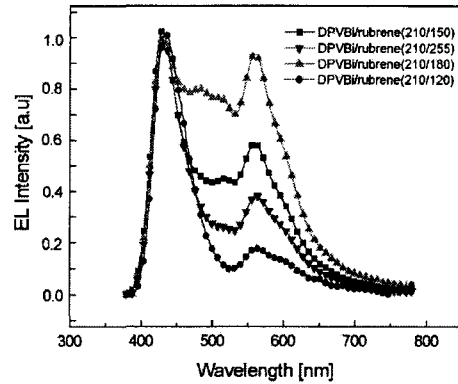


그림 6. DPVBi층을 고정하고 rubrene층에 변화를 주었을 때의 EL 스펙트럼

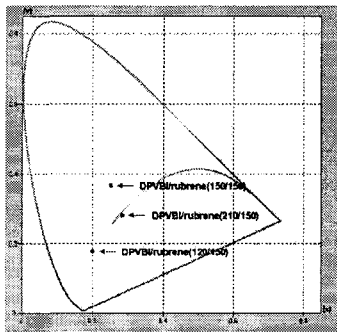


그림 5. rubrene층을 고정하고 DPVBi층에 변화를 주었을 때의 유기발광소자의 색좌표 비교

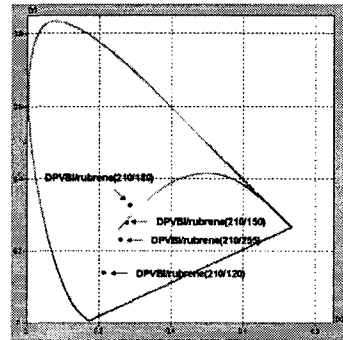


그림 7. DPVBi층을 고정하고 rubrene층에 변화를 주었을 때의 유기발광소자의 색좌표 비교

나는 발광특성을 나타내었다.

실험 II는 430nm과 560nm의 EL 발광특성을 가진 DPVBi와 rubrene의 발광층을 같이 접촉하였을 때의 특성을 분석하기 위하여 표 1에서와 같이 TPD는 225Å, Alq₃는 225Å, BCP는 210Å, rubrene층의 두께는 150Å으로 고정하고 DPVBi층을 각각 120Å, 150Å, 210Å 두께로 변화를 주어 진공증착하였을 경우, 유기발광소자의 EL스펙트럼을 normalize하여 비교하였다. 그림 4에서와 같이 DPVBi층의 두께가 120Å인 경우, DPVBi층의 최대 발광파장이 464nm 쪽으로 이동하면서 DPVBi과형의 하단부에 rubrene의 발광파장이 약하게 겹쳐진 모습을 나타내었으며 색좌표는 그림 5에서와 같이 x=0.18, y=0.20으로 청색영역이 62%인 밝은 청색광을 나타내었다. 다음에 DPVBi층의 두께를 150Å로 증가시키면 DPVBi의 청색과 rubrene의 주황색 EL 스펙트럼이 겹쳐지면서 최대발광파장은 491nm 쪽으로 이동하였고 색좌표는 그림

5에서와 같이 x=0.25, y=0.37으로 녹색과 청색영역이 각각 37%, 38%이고 적색영역이 약간 부족한 greenish-white 광을 나타내었다. 한편 DPVBi층의 두께를 210Å으로 증가시킬 경우, 최대발광파장이 429nm으로 이동하면서 색좌표는 그림 5에서와 같이 x=0.27, y=0.28으로 청색영역이 45%인 bluish-white광을 나타내었다. 실험 II의 결과에서 DPVBi층의 두께가 210Å 이상이 되면 그림 2에서와 같이 DPVBi의 EL스펙트럼 파형이 430nm 근처에 위치함을 알 수 있었으며 실험 II를 근거로 하여 DPVBi 층의 두께를 210Å으로 고정하고 rubrene 층의 두께를 각각 120Å, 150Å, 180Å, 255Å 두께로 변화를 주어 백색유기발광소자의 최적치를 구하고자 하였다.

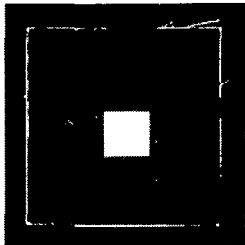
실험 III에서는 rubrene층의 두께를 변화시켜도 DPVBi층의 두께를 변화시켰을 경우와는 달리 최대발광파장은 거의 변동이 없는 430nm 영역에서 최대발광파장을 나타

내었고 rubrene의 EL스펙트럼인 560nm 영역에서 진폭만 변화됨을 알 수 있었다. 그림 6에서와 같이 rubrene층의 두께가 120Å일 경우 DPVBi의 청색영역이 강하고 rubrene의 파형이 약하게 올라온 모습을 나타내고 있으며 색좌표는 그림 7에서와 같이 $x=0.21$, $y=0.14$ 으로 강한 청색에 적색이 약하게 혼합된 purple 광을 나타내었다. rubrene층의 두께를 180Å으로 증가시킨 경우, DPVBi의 청색영역과 rubrene의 주황색 영역이 균형있게 나타난 모습을 보이고 있으며 색좌표는 그림 7에서와 같이 $x=0.29$, $y=0.33$ 으로 백색광에 가장 가까운 값을 나타내었다. 한편 rubrene층을 255Å으로 DPVBi층의 두께보다 두껍게 증착할 경우에는, rubrene층이 150Å인 경우보다 오히려 rubrene의 EL스펙트럼의 강도가 낮아져서 순수한 백색광을 얻을 수 없었다.

실험 III에서 제작된 유기백색발광소자의 발광면적은 5mm x 5mm이며 그림 8은 18V에서의 백색광을 올림푸스 C-3040Z 디지털 카메라로 찍은 사진이다.

그림 8. DPVBi/rubrene층의 두께비율이 210Å/180Å일 때의 백색광

IV. 결론



two-wavelength에 의한 유기백색광을 구현하기 위해 청색휘도가 매우 큰 DPVBi와 황색특성이 우수한 rubrene물질을 사용하였고 정공전송을 차단하기 위해 BCP층을 삽입하여 전자-정공의 재결합 효율을 높였으며 각각의 유기물층에 대한 두께를 최적화함으로써 구동전압 18V에서 1000cd/m^2 휘도와 CIE(0.29, 0.33)를 얻었고 이는 순수한 백색광에 가까운 값이며 전압변화에서도 매우 안정한 유기백색발광을 소자를 구현하였다. 특히 소자의 구조를 단순화하여 이동통신 단말기 및 휴대용 멀티미디어 장치의 LCD 컬러 디스플레이용 백라이트 소자로 유용하게 응용될 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

- [1] C.W. Tang, S.A. Van Slyke, App. Phys. Lett.51, 913, 1987
- [2] E.I. Haskal, Synthetic Metals 91, 187, 1997
- [3] IEICE TRANS. ELECTRON, VOL. E81 C. No.7, 1034, 1998
- [4] Horst Vestweber, Synthetic Metals 91, 181, 1997
- [5] D.J. Fatemi, Synthetic Metals 85, 1225, 1997