

## Rubrene의 도핑량과 NPB층의 두께변화에 따른 백색 유기전계발광소자 제작 및 분석

조재영, 김중연, 최성진, \*강명구, \*\*신신호, \*\*주성후, 오환술  
건국대학교 전자공학부, \*극동정보대학, \*\*(주)엘리아테크  
전화 : 02-450-3494 / 핸드폰 : 011-694-2209

### The Fabrication and Analysis of the White Organic Electroluminescent Devices by varying the Doping Concentrations of Rubrene and the Thickness of NPB layer

Jae-Young Cho, Jung-Yeoun Kim, Sung-Jin Choi, Meoung-Gu Kang,  
Seon-Ho Shin, Sung-Hoo Ju, Hwan-Sool Oh  
Dept. of Electronic Engineering, Konkuk University  
E-mail : jycho@konkuk.ac.kr

#### Abstract

We have been fabricated the white organic electroluminescent devices using vacuum evaporation method. The structure of the white OLED is Glass/ITO/NPB/DPVBi/Alq<sub>3</sub>:Rubrene/BCP/Alq<sub>3</sub>/Al.

We have got the white emission with two-wavelength that is mixing blue emission in DPVBi layer and orange emission in Alq<sub>3</sub>:Rubrene layer by varying the doping concentrations of Rubrene and the thickness of NPB layer

#### I. 서론

1987년 Kodak사의 Tang에 의해 적층형 유기전계발광소자(유기EL 소자)가 발표[1]된 후 연구가 계속 진행되어 실용화의 단계에 도달하였다. 유기EL 소자는 카드형 휴대전화, 벽걸이 TV, personal data assistant (PDA), car navigation system(CNS) 등 경량, 박형의 멀티미디어 제품에 적용이 가능하다.

유기EL 소자의 full color display 구현은 R·G·B 삼원색의 독립발광에 의한 삼색발광법, 청색발광과 색변환층에 의한 색변환법, 백색광과 칼라필터에 의한 백색법 등으로 가능하다. 백색법은 기존의 LCD 공정을 그대로 이용가능하고, 백색광을 디스플레이 이외의 광원으로 응용될 수 있는 큰 장점이 있다. 그러나, 지금까지는 주로 R·G·B 삼원색(3-wave 방식)의 발광을 통하여 백색광을 구현[2]하였는데 적색물질의 낮은 효율과 안정성의 문제를 들어내고 있다. 청색과 적색[3] 또는 오렌지색[4]의 2-wave 방식은 3-wave 방식보다 색 간섭이 적고 백색광을 얻기 위한 캐리어 재결합 영역의 조절이 용이하여 색 조절이 쉽다. 또한 제어 인자가 감소함에 따라 디스플레이 제작 공정을 줄일 수 있어 경제성이 매우 뛰어나다. 더욱이 2-wave 방식에 발광물질로 사용되는 greenish blue 와 orange 발광물질은 높은 안정성과 효율을 가지고 있어 우수한 성능을 가진 디스플레이의 제작에 적합하다.

본 논문은 청색과 오렌지색의 발광에 의한 2-wave 방식의 백색 유기전계발광소자를 제작하고자 한다. 청색계열의 발광재료 DPVBi로부터 청색발광을 구현하고 Alq<sub>3</sub>에 형광색소 Rubrene을 도핑농도(중량비 wt%)변화에 따라 도핑함으로써 오렌지색발광을 구현하여 백색광을 얻고자 한다.

## II. 실험

시료는 면저항  $10\Omega/\square$ 와 두께 1200Å의 ITO가 코팅된 유리 기판을 사용하였으며 유기물 진공증착에 앞서 ITO 패턴을 만들기 위하여 먼저 중성세제를 이용하여 세척한 후 초음파 세척기를 이용하여 탈이온수 속에서 10분간 세척하고 메탄올과 에탄올로 세척한 후 공기방울세척기에서 3분 동안 초기 세척을 하고 나서 질소가스로 건조시켰다. 감광액과 ITO의 접착력을 향상시키기 위해 먼저 HMDS를 도포하고 스펀코터를 사용하여 3800RPM으로 45초간 회전시켜 두께  $2\mu\text{m}$ 로 포지티브 AZ7220 감광액을 도포하였다. 소프트베이크는  $60^\circ\text{C}$ 에서 30분간 실시하여 잔류용제를 제거하였고 노광은 수은램프를 이용한 자외선을 12초 동안 쬐어 주었다. 현상은 AZ300 100% 현상액으로 70초 동안 현상하였고 하드베이크는  $90^\circ\text{C}$ 에서 30분간 실시하였다. ITO의 식각은 HCl:HNO<sub>3</sub>:D.I.Water를 10:1:2의 비율로 혼합한 용액에서 4분간 하였으며 감광액의 제거는 감광액제거제인 AZ700 액속에서 30분간 담궈 완전히 제거하였다. 유기물 정공수송층 NPB, 청색계열의 발광재료 DPVBi, 오렌지색의 발광을 위하여 host물질 Alq<sub>3</sub>에 guest물질로 형광색소 Rubrene을 도핑하고, 발광층에서만 전자-정공의 재결합이 일어나도록 정공방지층 BCP를 삽입하고 전자수송층 Alq<sub>3</sub>, 음극전극 Al을 진공도  $10^{-7}\text{torr}$ 에서 다단계 진공증착법으로 소자를 제작하였다. 그림1은 제작된 소자의 기본 구조로 Glass/ITO/NPB/DPVBi/Alq<sub>3</sub>:Rubrene/BCP/Alq<sub>3</sub>/Al의 구조이다.

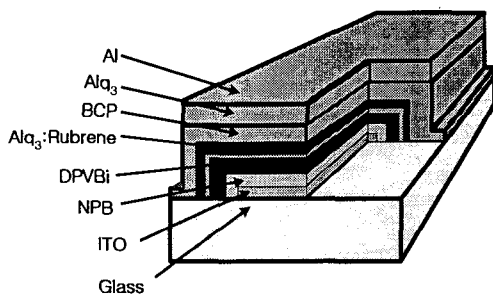


그림 3. 제작된 백색 유기전계발광소자의 구조

host물질 Alq<sub>3</sub>에 guest물질로 형광색소 Rubrene의 도핑량의 변화를 주어 발광특성을 조사하였다.

## III. 결과 및 고찰

첫 번째 실험은 청색발광재료 DPVBi에 의해 청색발광을 구현하고, 오렌지색의 발광을 위하여 host물질 Alq<sub>3</sub>에 guest물질로 형광색소 Rubrene의 중량비(wt%)를 0.5, 1.0, 1.5, 5.0wt% 등으로 변화를 주어 도핑하여 발광특성을 조사하였다.

그림2는 Rubrene의 도핑농도변화에 따른 정규화된 EL 스펙트럼이다.

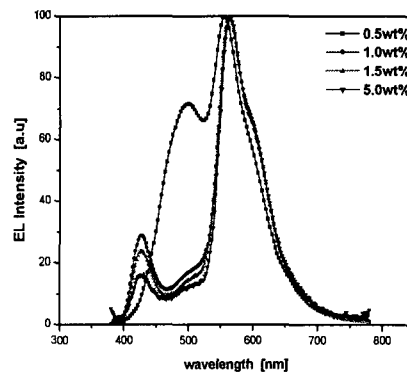


그림 2. Rubrene의 도핑농도변화에 따른 EL 스펙트럼

Rubrene의 도핑 농도가 1.0, 1.5, 5.0wt%인 경우의 EL 최대발광파장은 565nm, 427nm로 orange yellow광을 발하고 있다. 도핑 농도의 변화에 대하여 EL 최대발광파장은 거의 변화가 없으나, 청색계열의 EL 강도는 도핑농도가 감소할수록 커지는 결과를 나타내고 있다. 이는 도핑 농도가 감소함으로써 Alq<sub>3</sub>:Rubrene 층에서 Rubrene 내의 재결합사이트가 빨리 채워져서 오렌지계열의 발광이 줄어들고 Alq<sub>3</sub> 내의 재결합사이트에서 녹색계열의 발광이 증가하며 NPB/DPVBi 층에서 청색계열의 발광이 향상됐기 때문으로 사료된다. Rubrene의 도핑 농도가 0.5wt%인 경우 첫 번째 EL 최대발광파장은 565nm이고, 두 번째 EL 최대발광파장은 청색계열의 발광과 녹색계열의 발광이 혼합되어 500nm로 greenish white광을 발하고 있다. 이도 역시 Rubrene의 적은 도핑량에 의하여 Rubrene 내의 재결합사이트가 빨리 채워져서 Alq<sub>3</sub>의 녹색발광과 NPB/DPVBi 층에서 청색계열의 발광이 향상됐기 때문으로 사료된다. 이 때의 색좌표는 그림3에서 보듯이 (0.334, 0.441)로

적색 영역 33.4%, 녹색 영역 44.1%, 청색 영역 22.5%이며 청색이 다소 약한 백색광을 얻었다.

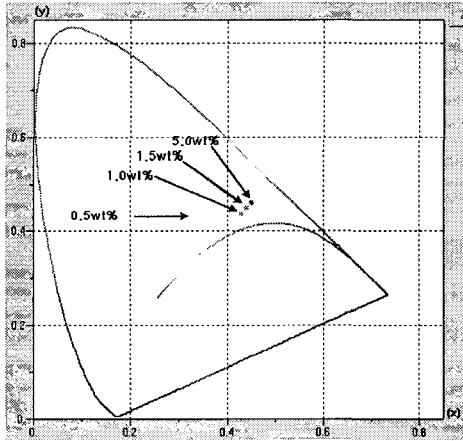


그림 5. Rubrene의 도핑농도변화에 따른 색좌표

두 번째 실험은 백색광을 얻어내기 위해 Rubrene의 도핑 농도가 1.0wt%인 경우의 EL 스펙트럼으로부터 청색계열의 EL 강도를 향상시키기 위하여 정공수송층 NPB의 두께를 증가시킴으로써 발광특성을 조사하였다.

그림4는 정공수송재료인 NPB층의 두께변화에 따른 정규화된 EL 스펙트럼으로 소자의 기본 구조는 Glass/ITO/NPB/DPVBi/Alq<sub>3</sub>:Rubrene(1.0wt%)/BCP/Alq<sub>3</sub>/Al 이다.

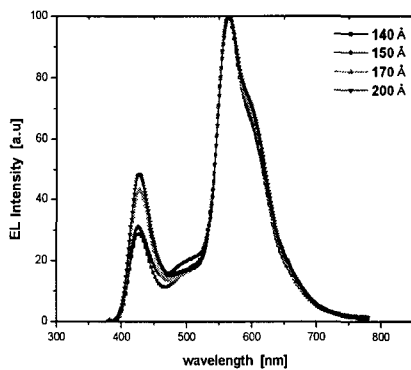


그림 4. NPB층의 두께변화에 따른 EL 스펙트럼

정공수송층 NPB층의 두께가 증가함에 따라 EL 최대

발광파장은 거의 변화가 없으나, 청색계열의 EL 강도가 증가함을 확인할 수 있다. 이는 NPB층의 두께 증가에 따른 NPB 내의 재결합사이트의 영역이 넓어져 청색계열의 발광이 향상됐기 때문으로 사료된다. NPB층의 두께가 200Å인 경우 색좌표는 그림5에서 보듯이 (0.400, 0.400)으로 적색 영역 40.0%, 녹색 영역 40.0%, 청색 영역 20.0%로 다소 청색이 부족한 yellowish white광을 발하고 있다.

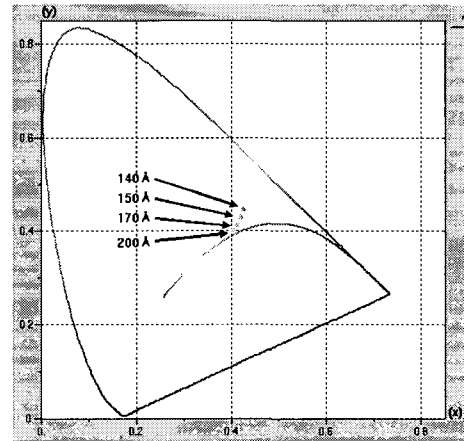


그림 7. NPB층의 두께 변화에 따른 색좌표

#### IV. 결론

2-wave 방식의 백색발광을 위하여 치밀한 박막 형성이 가능하고 휘도가 높은 청색발광재료 DPVBi를 사용하여 청색발광을 구현하고 형광색소 Rubrene을 Alq<sub>3</sub>에 도핑함으로써 오렌지색을 구현하여 백색광을 얻고자 하였다. Rubrene의 도핑농도 변화에 대하여 도핑량이 0.5wt%인 경우 색좌표 (0.334, 0.441)로 적색 영역 33.4%, 녹색 영역 44.1%, 청색 영역 22.5%로 청색이 다소 약한 백색광을 얻었으며, Rubrene의 도핑 농도를 1.0wt%로 고정하고 정공수송층 NPB층의 두께 변화에 대하여 두께가 200Å인 경우 색좌표 (0.400, 0.400)으로 적색 영역 40.0%, 녹색 영역 40.0%, 청색 영역 20.0%로 다소 청색이 부족한 yellowish white광을 얻었다. 위 연구 결과를 바탕으로 적색 영역과 녹색 영역을 줄이고 청색 영역을 향상시키기 위한 NPB층과 DPVBi층의 두께를 적절히 조절하는 등의 추가적인 실험을 통하여 순수한 백색에 가까운 백색광을 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 본 논문에서 제작된 청색과 오렌지색의 발광에 의한 2-wave 방식의 백색 유기전계발광

소자는 R·G·B 삼원색의 발광에 의한 3-wave 방식보다 제조단가와 구조적 장점을 갖고 있다. 이런 장점들을 바탕으로 LCD 대체 멀티미디어 제품과 다양한 분야에 적용이 가능할 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- [1] C.W. Tang and S.A. VanSlyke, "Organic electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett., Vol.51, No.12, pp.913-915, 1987
- [2] 노병규, 강명구, 오환술, "다층구조 백색유기발광소자의 제작 및 특성 분석에 관한 연구", 한국전기전자재료학회, Vol.15, No.5, pp.429-434, 2002
- [3] R.S. Deshpande, V.Bulovic, and S.R. Forrest, "White-light-emitting organic electroluminescent devices based on interlayer sequential energy transfer", Appl. Phys. Lett., Vol.75, No.7, pp.888-890, 1999
- [4] Zhang Zhilin, Jiang Xueyin, Xu Shaohong, "Energy transfer and white emitting organic thin film electroluminescence", Thin Solid Films, 363, pp.61-63, 2000