

Co-doping을 이용한 OLED의 발광 효율 향상

박영욱, 김영민, 최진환, 주병권
고려대학교

Improving electroluminescent efficiency of organic light emitting diodes by co-doping

Young-wook Park, Young-min Kim, Jin-hwan Choi, Byeong-kwon Ju
Korea Univ.

Abstract : Doping is a well-known method for improving electroluminescent (EL) efficiency of organic light emitting diodes. In our study, doping with 2 materials simultaneously, we could achieve improved EL efficiency. The emission layer was tris-(8-hydroxyquinoline) aluminum, and the 2 dopants were N,N'-dimethyl-quinacridone (DMQA) and 10-(2-Benzothiazolyl)-2, 3, 6, 7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl 1-1H, 5H, 11H-[1] benzopyrano [6,7,8-ij]quinolizin-11-one (C-545T). The EL intensity of co-doped device was nearly flat, it shows that co-doping technique could be a effective way to improve the EL efficiency. EL efficiency of Single-doped device based on DMQA and C-545T were ~6.47Cd/A and ~7.45Cd/A, respectively. Co-doped device showed higher EL efficiency of ~8.30Cd/A.

Key Words : OLEDs, EML doping, C-545T, DMQA

1. 서 론

Doping은 organic light emitting diodes(OLEDs)의 전자주입층(EIL), 전자수송층(ETL), 발광층(EML), 정공수송층(HTL), 정공주입층(HIL)의 모든 영역을 대상으로 소자의 발광 효율 향상을 목적으로 이용되고 있다. Doping은 host-guest 물질간의 효과적인 에너지 전달에 의해 전자, 전공의 재결합 확률을 높임으로써 발광층에서 빛의 여기확률을 높여주게 된다. 그 중에서도 특히 발광층에의 doping은 고효율, 고휘도 OLEDs 제작을 위해 필수적인 선택이 되고 있다.

발광층에의 doping은 발광 메커니즘에 따라 형광 dopant와 인광 dopant의 사용으로 나뉘고, 발광되는 빛의 파장 영역에 따라서 red, green, blue로 분류된다. 형광 dopant와 인광 dopant는 각각의 발광메커니즘에 따라 서로 다른 최적 doping 농도를 갖는다. 다른 연구그룹의 연구 결과에 따르면 형광 dopant는 0.5%~1%(v%)의 조건을 가지고 인광 dopant는 10%~15%(v%)의 조건을 갖는다고 한다.

두 개 이상의 dopant를 한 층에 동시 doping하는 co-doping은 보다 효율적인 에너지 전달을 가능케 하고, 백색유기발광소자의 제작에 사용된다.

본 연구에서는 녹색 가시광선 영역의 빛을 내보내는 dopant로서, 많은 연구 그룹에 의해 폭넓게 사용되고 있는 물질인 N,N'-dimethyl-quinacridone(DMQA)와 10-(2-Benzothiazolyl)-2,3,6,7-tetrahydro-1,1,7,7-tetramethyl-1H,5H,11H-[1]benzopyrano[6,7,8-ij]quinolizin-11-one(C-545T)를 사용하여 EML에의 co-doping을 통해 발광 특성 향상을 확인하였다.

2. 실험

실험에 사용된 소자의 구조와 재료의 분자구조는 그림 1, 그림 2 와 같다. EIL, ETL, EML에는 tris-(8-hydroxyquinol

ine) aluminum (Alq3)이 사용되었고 HIL, HTL에는 N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)benzidine(alpha-NPB)가 사용되었다. 음극으로는 aluminum(Al)이 사용되었다. lithium-fluoride(LiF)박막이 음극과 EIL사이에 증착되었다. 위의 유기 재료들은 열-증착 공법을 통해 증착되었다. 양극은 유리에 sputtering으로 입혀진 indium-tin-oxide(ITO)박막을 사용하였다.

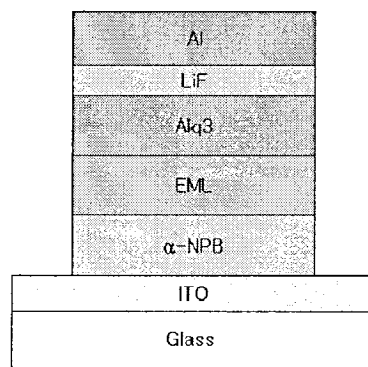


그림 1. 제조된 소자의 구조.

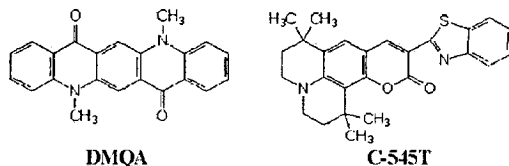


그림 2. DMQA와 C-545T의 분자 구조.

양극 패턴의 형성을 위해서, Photo-Lithography 공정을 이용하였다. ITO를 식각하기 위해서 photo-resist(pr)을 코팅한 후, 자외선을 조사하여 pr를 patterning하고, ITO-etchant

를 이용, ITO를 식각하였다. 음극-양극간의 단락을 방지하기 위해 pr를 절연체로 사용, 절연체 패턴을 형성하였다.

EML 증착시, Alq3, DMQA, C-545T의 deposition rate를 각각 100:2:2로 control하여 reference와 비교실험 하였다.

3. 결과 및 검토

그림 3은 제작된 소자의 Luminance-Voltage 특성 그래프이다. Co-doping된 소자가 가장 좋은 특성을 나타낸다. 최대 휘도는 16V에서 34,000Cd/m²을 나타내었다.

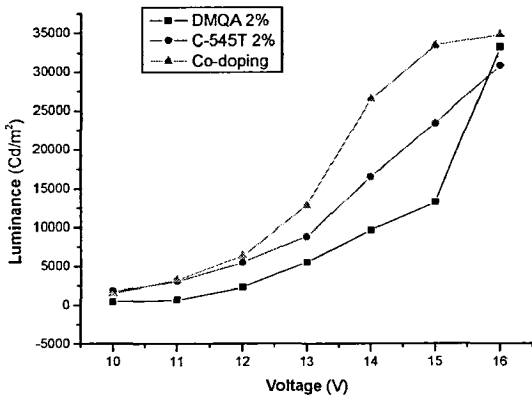


그림 3. Luminance-Voltage characteristic of the OLEDs

그림 4는 Luminous efficiency 특성이다. DMQA 기반 소자의 최대 효율은 6.68Cd/A을, C-545T 기반 소자의 최대 효율은 7.70Cd/A를, Co-doping된 소자의 최대 효율은 8.86Cd/A 였다. Co-doping된 소자는 DMQA, C-545T만을 각각 주입한 소자에 비해 32%, 15% 향상된 특성을 갖는다.

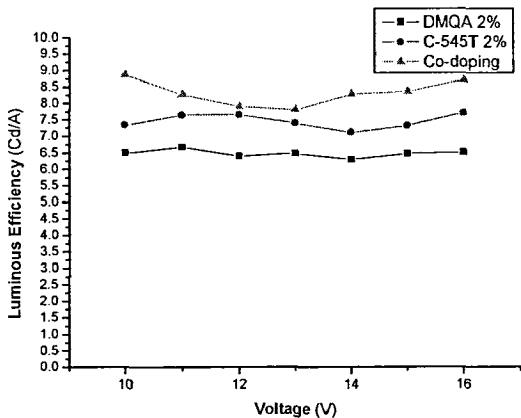


그림 4. Luminous Efficiency characteristic

그림 5는 Power Efficiency 특성이다. Co-doping된 소자가 향상된 특성을 보여준다. 표 1은 제작된 소자의 요약된 특성이다.

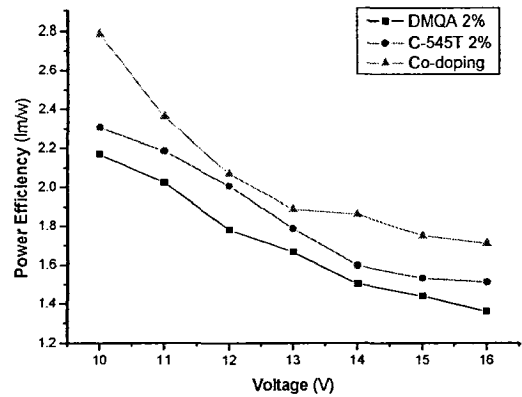


그림 5. Power Efficiency characteristic

| | DMQA 2% | | C-545T 2% | | Co-doping | |
|---------------------|---------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | 평균 | 최대 | 평균 | 최대 | 평균 | 최대 |
| Luminous efficiency | 6.48 | 6.68 | 7.45 | 7.70 | 8.30 | 8.86 |
| Power efficiency | 1.70 | 2.16 | 1.84 | 2.30 | 2.05 | 2.78 |
| Luminance | 6530 | 32000 | 7599 | 30800 | 13270 | 34800 |
| 향상치 | 103% | 9% | 74% | 12% | X | |

표 1. 요약 특성

4. 결론

Co-doping된 소자를 제작, co-doping에 의한 OLEDs소자의 특성향상을 확인하였다. 단일 불순물이 첨가된 경우에 비해 향상된 특성을 나타내었다. 불순물 주입 농도 변화와 최적 농도에 관해서는 후에 좀더 자세히 다루고자 한다.

감사의 글

이 연구(논문)는 산업자원부의 21세기 프론티어기술개발사업인 차세대정보디스플레이기술개발사업단의 기술개발비(F0004041)지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] G. Sakamoto, C. Adachi, T. Koyama, Y. Taniguchi, C. D. Merritt, H. Murata, and Z. H. Kafafi, Appl. Phys. Lett. 75, 766, 1999.
- [2] M. A. Baldo, D. F. O'Brien, Y. You, A. Shoustiko, S. Sibley, M. E. Thompson, and S. T. Forrest, Nature (London) 359, 151, 1998.
- [3] C. H. Chen and C. W. Tang, Appl. Phys. Lett. 79, 3711, 2001
- [4] Y. Hamada, H. Kanno, T. Tsujioka, H. Takahashi, and T. Usuki, Appl. Phys. Lett. 75, 1682, 1999
- [5] Y. Jawamura, S. Yanagida, and S. R. Forrest, J. Appl. Phys. 92, 87, 2002