

유기물 색소에 따른 적색 유기 발광 소자의 제작 및 특성 분석

최상진, 이무상, 노병규, 오환술
건국대학교 전자·정보통신 공학과
전화 : 02-450-3494/ 핸드폰 : 011-211-7729

The Fabrication and an Analysis on the characteristics of Red OLED by various Organic Dyes

Sang Gun Choi, Moo Sang Lee, Byeong Gyu Roh, Hwan Sool Oh
Dept. of Electronics, Information & Communication Engineering of KonKuk University
E-mail : ch25x@hanmail.net

Abstract

Organic electroluminescent(EL) devices have been expected to be useful in novel-type flat-panel displays. This paper has fabricated and analyzed a red organic EL device with the use of organic dyes, such as DCM1 and Nile Red. In this paper, the light emitting layer consists of tris-(8-hydroxyquiniline) aluminum(Alq₃) doped with organic dyes.

I. 서론

디스플레이 소자의 종류에는 유기물을 사용하는 것으로 근래에 가장 상용화가 잘 되어 있는 액정 디스플레이(liquid crystal display, LCD)가 있으며, 무기물을 사용하는 것으로는 형광체로부터의 PL(photoluminescence)을 이용하는 플라즈마 디스플레이 패널(plasma display panel, PDP), 전계방출 디스플레이(field emission display, FED), 유기 전계발광 디스플레이(organic electro-luminescent display, OLED)가 있다. 그 중에서 차세대 디스플레이 소자로 각광을 받기 시작하는 것이 유기 ELD이다. 유기 전계발광 소자는 디스플레이 소자로서의 형광성 유기화합물을 전기적으로 여기시켜 형광물질의 고유파장에 해당하는 광을 발하

는 자체 발광형 소자이다. 이 소자는 유기 발광재료를 포함한 유기재료가 전극(양극과 음극)사이에 놓여있는 샌드위치형 구조로 되어 있다. 저전압 구동, 박막형, 발광 빛의 균일성, 용이한 패턴형성, 다른 발광 소자에 견줄 만한 발광효율, 가시영역에서의 모든 색상 발광 가능, 자기발광에 의한 고인식성 등의 장점을 갖고 있으며, 또한 광시야각, 빠른 응답속도, 제조비용 등 LCD에서 문제로 지적되고 있는 결점을 해결할 수 있어 차세대 디스플레이 소자의 후보로서 주목받고 있다 [1,2]. 본 논문에서는 적색 발광 유기 발광소자를 구현하기 위하여 유기물 색소(DCM1, Nile Red)를 발광층(Alq₃)에 도핑하고 첨가한 도핑양에 따른 유기 전계 발광소자의 전기적, 광학적 특성을 조사하고자 한다.

II. 적색 유기 전계 발광 소자의 구조

1. 기본구조

유기 EL 소자의 기본적인 구조는 전자를 주입해 주는 음극전극과 정공을 주입해주는 양극전극 사이에 유기재료가 놓여있는 샌드위치형 구조로 되어있다. 이러한 유기 EL 소자의 양쪽 전극에 전계를 가하면, 음극에서는 전자가 양극에서는 정공이 주입되어 유기물 층 내에서 재결합하는 것을 경유하여 발광한다.

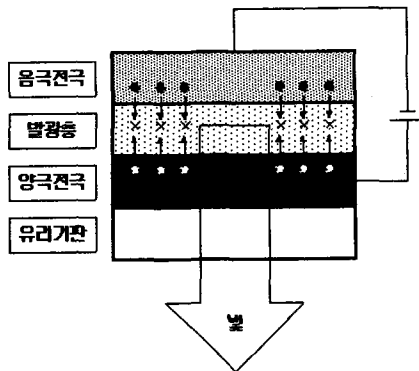


그림 1. 유기 EL소자의 기본구조

2. Doping

유기 EL의 발광효율을 높이기 위한 방법으로는 형광 양자수율이 높은 발광재료를 사용하는 것이다. 일반적으로 단일 재료로 발광층을 형성할 때 필요한 특징은 양호한 성막성, 높은 유리전이 온도, 높은 형광양자수율, 적당한 HOMO, LUMO 준위 그리고 캐리어 수송성이 높아야 한다. 그러나 하나의 재료로서 모든 조건을 동시에 만족한다는 것은 곤란한 문제이다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 수단은 발광층의 가운데 별개의 도핑 재료(dopant)를 분산시켜 주입하는 것이다. 도핑 재료는 발광효율의 향상뿐 아니라, 소자의 안정성에 큰 영향을 주는 중요한 재료이다. 도핑 재료를 이용하는 경우에는 호스트(host) 분자로부터 도펀트의 에너지 이동에 의한 발광 또는 도펀트 자체내 발광의 두가지 경우가 있다. 호스트 분자에서 도펀트의 에너지 전이(전자와 정공이 만나 일중항여기자가 형성되고 이것으로부터 도펀트로 에너지가 전이된 후 도펀트가 발광하는 과정을 거친다.[3,4] 도펀트의 에너지 이동 과정에서 손실이 적고 광변환 효율이 높은 도펀트를 쓰는 경우 발광 효율은 매우 높게 된다. 제각기 다른 색을 내는 발광 물질과 도펀트를 분산시켜 사용하는 경우 백색광을 얻을 수도 있다. 본 논문에서는 적색 발광을 위한 방법으로 양자효율이 좋은 Alq₃를 발광층으로 사용하고, 발광층에 도펀트로 DCM과 Nile Red를 도펀트로 첨가하였다. 투명한 양극전극으로 ITO(Indium-Tin-Oxide)를 사용하였으며 음극전극으로는 Al을 사용하였다. 양극전극으로부터의 발광층으로의 원활한 정공 수송을 위한 정공수송층으로는 TPD층을 사용하였다. 그림 2에 도펀트로 Nile red를 사용한 소자의 에너지 대역도를 나타내었다.

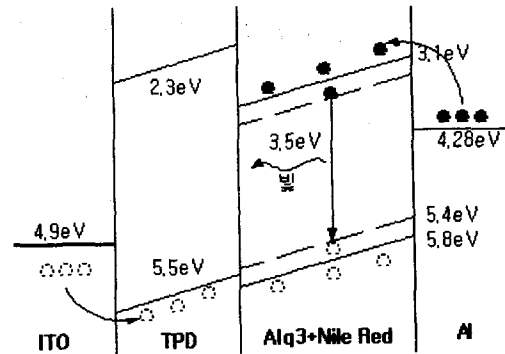


그림 2. 도펀트를 사용한 소자의 에너지 대역도

III. 적색 유기 발광 소자의 제작

제작된 소자에서 양극전극은 유리기판위에 코팅된 ITO를 식각 공정을 거쳐 사용하였으며, 사용된 양극전극의 두께는 $1200\text{Å} \pm 10\%$ 이고 면저항은 $20\Omega/\square$ 이다. 전자수송층, 발광층, 음극전극은 모두 진공증착기(evaporator)로 증착하여 제작하였다. 사용된 진공증착기의 진공도는 10^{-7} Torr이다. 발광층의 경우 host물질인 Alq₃와 dopant 물질들을 동시 증착하였고, 실제 발광 면적이 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 가 되도록 마스크를 제작하였다. 제작된 소자의 정공수송층의 두께는 $250\text{Å} \pm 10\%$, 발광층의 경우 도펀트를 첨가하지 않은 Alq₃ 단독층의 두께가 $500\text{Å} \pm 7\%$, 음극전극으로 사용한 알루미늄층의 두께는 $1300\text{Å} \pm 8\%$ 였다. 발광층에 도핑하는 도펀트의 양에 따라 소자의 전기적, 광학적 특성을 조사하기 위해 첨가하는 도펀트의 양을 mol%로 조절하여 주었다. 표 1에 제작한 소자들을 구분하여 나타내었다.

| | 소자구분 | DCM | Nile Red |
|---------|------------|-------------|-------------|
| Type I | device I | 0.01 mol % | × |
| | device II | 0.025 mol % | |
| | device III | 0.04 mol % | |
| | device IV | 0.08 mol % | |
| Type II | device I | × | 0.005 mol % |
| | device II | | 0.015 mol % |
| | device III | | 0.025 mol % |
| | device IV | | 0.05 mol % |

표 1. 제작한 소자들의 분류표

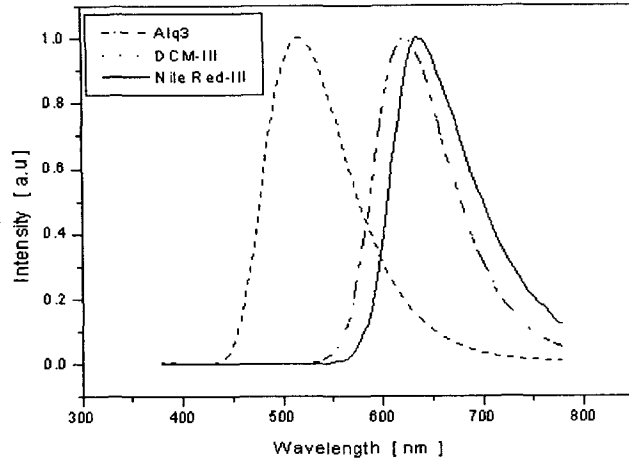


그림 3. 제작한 소자들의 EL 스펙트럼

IV. 측정 결과

1. EL 스펙트럼

전계 발광(EL)은 발광체에 전계가 인가되었을 때 광이 방출되는 현상이다. 즉 제작한 소자에 전압을 인가해 주었을 때, 발광하는 빛의 강도와 파장대를 측정할 수 있었고 측정 장비로는 Minolta社의 CS-1000을 사용하였다. 먼저 도펀트를 첨가하지 않은 상태에서, 즉 Alq₃ 단독으로 발광층으로 사용한 경우를 측정한 다음 도펀트를 사용하였을 때 도펀트의 양에 따라 변화되는 전계 발광을 측정하였다. 그림 3에 Alq₃ 단독으로 발광층을 사용한 경우와 발광층에 도펀트를 첨가한 소자의 EL 스펙트럼을 나타내었다. Alq₃ 단독으로 발광층을 사용한 소자의 경우 나타나는 파장은 517nm이었으나, 도펀트로 DCM1을 사용한 소자는 첨가해준 양에 따라서 605~623nm의 파장을 나타내었으며 Nile Red를 첨가해준 소자는 621~637nm의 파장을 나타내었다.

2. 색좌표

일반적으로 평판 디스플레이 소자에 있어서 발광하는 색상에 대한 평가는 주로 CIE 색좌표(chromaticity) 그래프에 의해 이루어진다. 색재현 범위는 디스플레이 소자에서 보여 줄 감의 범위를 나타내는 것으로 특히 green과 red의 색좌표가 중요한 요소이다. 국제조명학

회(CIE)의 색좌표에 의해 판단을 하는데, red의 X값이 0.630이상, green의 Y값이 0.600이상이면 자연색에 가까운 색재현력을 나타낸다. Type I의 device III가 type II의 device II,III가 자연색에 가까운 적색 발광을 나타내었다.

3. 전류-전압 특성 곡선

그림 4에 DCM1을 도펀트로 사용한 type I 소자들의 전류-전압 특성 곡선을 나타내었다. Device I, II, III의 경우 약 6V의 인가전압에서 소자가 발광을 나타내기 시작하였으나 호스트 물질인 Alq₃에 비해 첨가한 도펀트의 양이 다른 소자들에 비해 상대적으로 많은 device IV의 경우 발광이 시작되는 지점이 12V 이상을 나타내었다. 초기 소자에 전류가 흐르기 시작하는 동작전압(turn-on voltage)은 device I, II, III가 약 4V 근처로 비슷하였으나 인가전압이 증가할수록 DCM1의 첨가량이 0.025mol%인 device II가 가장 우수한 특성을 나타내었다. Nile Red를 도펀트로 사용한 type II 소자들의 경우 type I 소자와 비교하였을 때, 소자에 전류가 흐르기 시작하는 전압이 device I, II의 경우 약 4V로 비슷하였지만, device III의 경우 8V, device IV의 경우 10V로 도펀트의 양이 증가할수록 더 높은

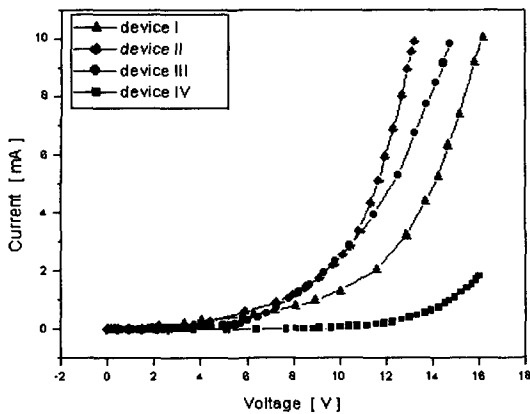


그림 4. Type I 소자들의 전류-전압 특성

인가전압에서 소자가 동작하기 시작하였다. Device I의 경우 6V, device II의 경우 8V, device III, IV의 경우 11V 이상에서 소자가 적색 발광을 나타내기 시작하였다. Type II 소자들의 경우 첨가한 도펀트의 양이 증가할수록 type I 소자와 마찬가지로 발광과장은 장파장으로 이동하였지만, 전류-전압 특성 곡선은 첨가한 도펀트의 양이 증가할수록 동작 전압이 높아지는 특성을 나타내었다.

V. 결론

본 논문에서는 발광층으로 저분자 유기물인 Alq₃를 사용하고 적색 발광을 위한 도펀트로 DCM1과 Nile Red를 사용하였으며 정공수송층으로 정공수송 능력이 뛰어난 TPD를 사용하였다. 제작한 소자의 발광과장은 첨가한 도펀트의 종류와 양에 따라 605~637nm를 나타내었다. DCM1을 도펀트로 사용한 type I 소자의 경우 0.04 mol%를 첨가한 device III에서 623nm의 발광을 나타내었으며, Nile red를 도펀트로 첨가한 type II 소자의 경우 0.025 mol%를 첨가한 device III에서 637nm의 발광과장을 나타내었다. 도펀트의 양을 증가할수록 나타내는 발광과장은 장파장을 나타내었지만 소자의 동작 전압이나 발광이 시작되는 전압은 도핑양이 증가할수록 전반적으로 높아짐을 알 수 있었다. DCM1을 사용한 소자의 경우 전류가 흐르기 시작하는 동작 전압이 4V이고 발광이 시작되는 전압이 6V인데

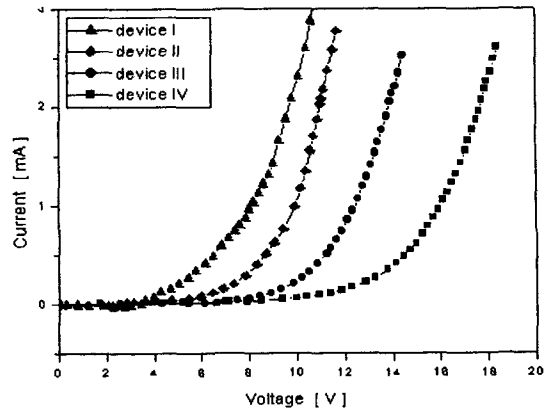


그림 5 Type II 소자들의 전류-전압 특성

반해 Nile red를 도펀트로 사용한 소자의 경우 동작 전압이 4~10V, 발광이 시작되는 전압이 6~11V로 DCM1을 도펀트로 사용한 소자가 좀 더 낮은 구동전압을 필요로 함을 알 수 있다. 그러나 Nile red를 도펀트로 사용한 소자의 경우 DCM1을 사용한 경우보다 장파장의 발광을 나타내었으며 색좌표에서 관찰하였을 때 좀 더 자연색에 가까운 적색 발광을 나타냄을 알 수 있다.

여러 가지 소자의 특성을 종합하였을 때 DCM1을 첨가한 소자들의 경우 도펀트 양이 0.04 mol%인 device III이, Nile Red의 경우 0.005 mol%인 device II가 가장 우수한 적색 발광 특성을 나타내었다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] P. E. Burrows, G. Gu, V. Bulovic, Z. Shen, S. R. Forrest, and M. E. Thompson., IEEE Transactions on Electron Device., Vol. 44, No. 8, p. 1188
- [2] Koji Itano, Toshimitsu Tsuzuki, Hiromitsu Ogawa, Susan Appleyard, Martin R. Wills, and Yasuhiko Shirota, IEEE Transactions on Electron Device., Vol. 44, No. 8, pp. 1218
- [3] Sumio Tokita., 月刊 디스플레이 別冊., pp. 45 ~ 50, 1998. 10
- [4] Tassuo Mori, Kiyokazu Miyachi, and Teruyoshi Mizutani., J. Phys. D:Appl. Phys, Vol. 28, pp.1461 ~ 1467, 1995