

## 폴리우레탄을 이용한 3원색 고분자 발광 다이오드

### Full color polymer light emitting diodes with polyurethane

김진영, 김희주, 이성은\*, 노지영\*, 이규현\*, 차명식\*\*, 하창식\*\*\*, 서홍석\*, 이광희  
 부산대학교 물리학과, \*부산대학교 화학과, \*\*부산대학교 유전체물성연구소, \*\*\*부산대학교 고분자공학과  
 jyoukim@hyowon.pusan.cc.ac.kr

1963년 Pope 등에 의해 anthracene 단결정에서 전기 발광(Electroluminescence, EL)이 처음 발견되었지만 실용성의 문제로 크게 각광을 받지 못했다. 그후로 진공 증착 방법이 고안되고, 1987년 Tang 등에 의해 8-hydroxyquinoline aluminium(Alq<sub>3</sub>)이라는 색소를 승화시켜 발광층으로 하는 박막 형태의 소자가 개발되면서 유기물로 만들어진 발광다이오드(LED)에 대한 연구가 활발해 졌다. 또한, 1990년 영국의 케임브리지 대학에서 공액고분자인 poly(p-phenylenevinylene)(PPV)를 이용해서 만든 LED가 개발된 이후, 고분자 LED에 대한 연구가 활발히 진행되어오고 있다.<sup>(1)</sup>

본 연구에서는 공액고분자를 이용한 소자와는 달리, 폴리우레탄(PU) 주사슬(main chain)에 옆사슬(side chain)로서 chromophore 혹은 pendant를 달아서 발광 할 수 있게 했다.<sup>(2)</sup> 공액고분자에서는  $\pi$ -전자들이 결합사슬을 따라 비교적 자유롭게 움직일 수 있고, 이 전자들이  $\pi$ -밴드,  $\pi^*$ -밴드를 형성하게 되는데, 이들 밴드의 에너지 차이만큼 EL이 나온다. 그에 비해서 폴리우레탄을 주사슬로 하고 유기 발광체인 옆사슬을 붙인 PU 유도체들은, 주사슬에  $\pi$  전자들은 없지만 발광체들 자체에  $\pi$  전자들이 있어 완전한 밴드를 이루지는 못하더라도 HOMO-LUMO 사이의 갭을 가지며, 이 에너지 차이만큼 역시 발광되는 것이다. 그러나 발광되는 영역이 주사슬이 아니고 옆사슬이므로 효율은 낮아지는 단점이 있지만, 이들 옆사슬 양단에 붙어 있는 전자 주게(N)-받게(CN, CF<sub>3</sub>)에 의해 옆사슬의 HOMO-LUMO 사이의 에너지 차이가 바뀔 것을 예측할 수 있고, 이를 기반으로 해서 다양한 색깔을 낼 수 있는 장점이 있다.

PU-DCM, PU-CN, PU-CF<sub>3</sub>를 용매인 DMF에 각각 4, 5, 5 wt.%로 섞어서 syringe filter(0.45 $\mu$ m)로 여과하여 용액을 만들었다. 이 용액들을 ITO로 코팅된 유리기판 위에서 3000rpm으로 2분 동안 스핀코팅을 해서 100nm정도의 고분자 박막을 얻을 수 있었다. 이렇게 만들어진 고분자박막에  $2.4 \times 10^{-5}$  Torr에서 알루미늄을 진공 증착하여 LED를 만들었다. 이 소자를 가지고 K-MAC SpectraView 2000을 이용하여 photoluminescence(PL) 스펙트럼을 측정하고, KEITHLEY 6517과 PMT를 이용하여 I-V, EL-V 특성곡선을 측정하였다. 그림1에는 각각 물질들의 화학 구조와 PL 스펙트럼, I-V 및 I-EL 특성곡선이 나타나 있다. PL은 각각 620(적색), 520(녹색), 480nm(청색) 정도에서 보이고, I-V, I-EL 특성곡선에서는 각각의 turn on voltage가 10, 12, 15V 정도 됨을 알 수 있다. 그림 2에 발광 소자의 구조가 나와 있다.

실험 결과에서 보듯이, PU-CN과 PU-CF<sub>3</sub>의 경우, 같은 stilbene기를 옆사슬로 가지는 데 전자 받게 능력이 큰 CF<sub>3</sub>가 CN보다 dipole 모멘트가 더 커서 단파장으로 갈 것으로 기대된 것과 같은 결과가 나왔다. 또한, DCM의 경우 stilbene 내에 산소(O)가 전자를 효율적으로 이동 시켜주어 함께 사용된 다른 물질들보다 발광효율이 더 좋다고 볼 수 있다. 그러나 PL 스펙트럼에서 CF<sub>3</sub>의 최대 피크가 순수한 청색 보다는 장파장인 것을 감안하여, 이것보다 전자 주게 능력이 더 큰 플루오르(F)를 stilbene의 말단에 붙인 새로운 청색 발광물질을 합성해서 소자를 만들면 파장이 단파장으로 옮겨갈 것이고, 효율도 높아질 것이 기대되어 계속 연구 중이다.

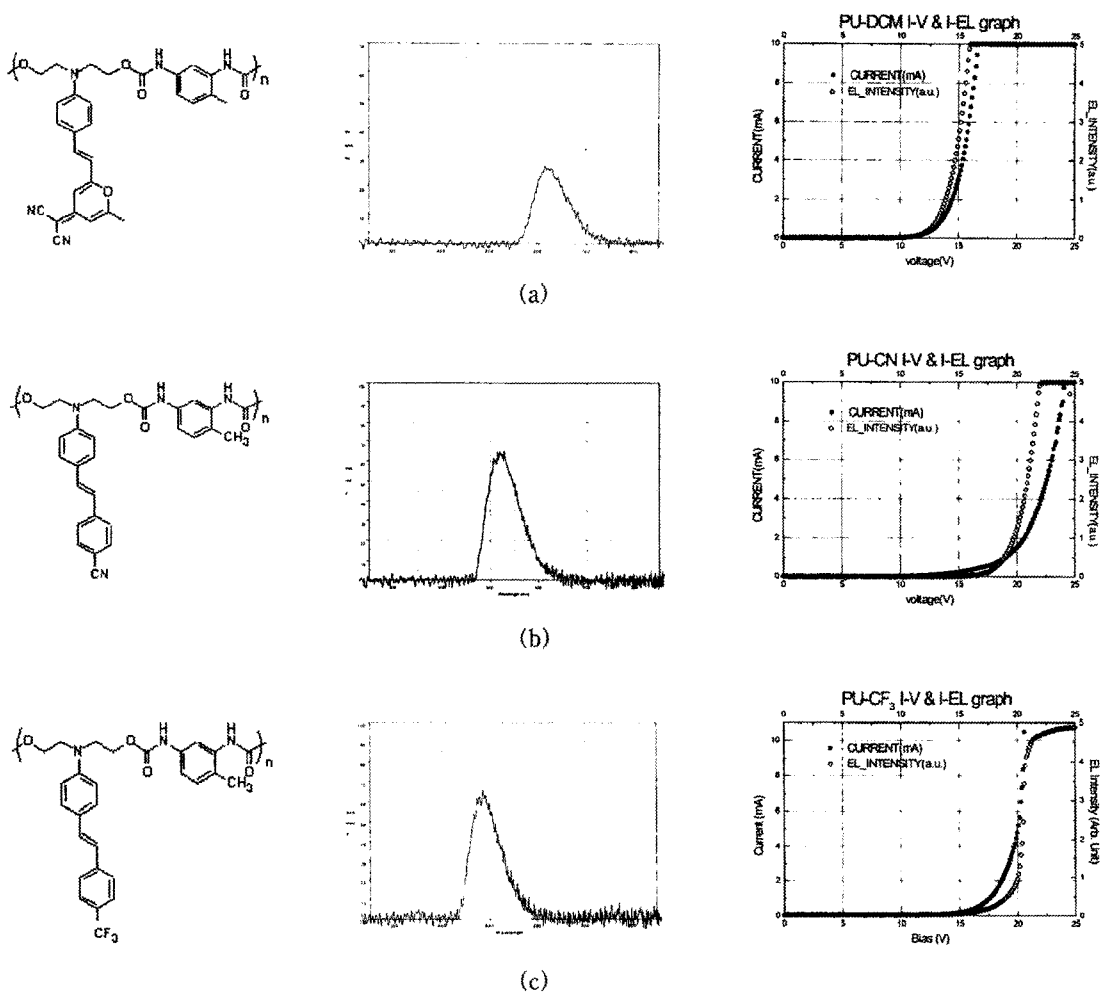


그림 1. (a) PU-DCM (b) PU-CN (c) PU-CF<sub>3</sub>의 화학 구조와 PL 스펙트럼, I-V 및 I-EL 특성곡선.

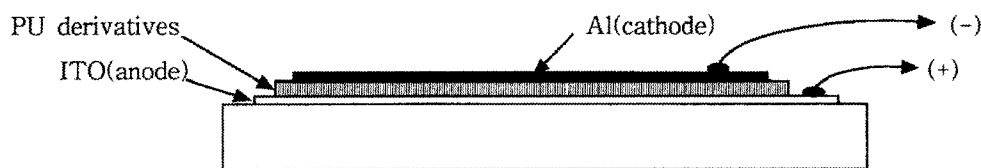


그림 2. 고분자 LED의 소자구조

참고문헌

1. R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C. Taliani, D. D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. Bredas, M. Logdlund, and W. R. Salaneck, *Nature* **397**, 121-128 (1999)
2. M. Aguiar, F. E. Karasz, and L. Akcelrud, *Macromolecules*, **28**, 4598 (1995)