

“공액이중결합형 고분자의 전자특성”에 관한 연구분야의 우수한 연구업적



김정엽

1937. 5. 6	울산시 방어동 출생
1961. 3	서울공대 화공과 졸업
1966. 2	서울대 대학원 졸업
1971. 5	McGill대 대학원 이학박사(고분자)
1961. 3~1966. 9	국립공업연구소 연구원
1970. 12~1973. 8	Pulp and Paper Research Institute in Canada, Montreal, 연구원
1973. 9~1977. 9	인하대학교 고분자과 부교수
1977. 9~1980. 2	Univ. of Wisconsin, Madison Wisc., U.S.A., Project Associate
1980. 3~1981. 2	인하대학교 고분자과 교수
1981. 3~현재	한국과학기술연구원 책임연구원
1994. 7	International Conference on Synthetic Metals 공동조직위원장
1995. 1~1995. 12	한국고분자학회 회장
1995. 1~1997. 12	Pacific Polymer Federation 회장
1997. 10	5th Pacific Polymer Conference 조직위원장

김정엽 박사의 수상 연구업적은 “공액이중결합형 고분자의 전기전도성 및 발광성에 관한 연구”로서 유기 용매에 녹는 polypyrrole의 합성법을 개발하여 국제적으로 독창성을 인정받았으며 미국 및 일본에서 특허등록을 완료하였고 (U.S. Patent 5,795,953) fluorene계 교대공중합체 청색발광고분자를 설계 합성하여 미국 특허등록을 완료하였다(U.S. Patent 5,807,974). 이 두 고분자를 각각 정공수송 및 발광재료로 사용하고 전자수송재료를 설계 합성하여 이상적인 다층형 고분자 발광소자(LED)를 제작하면서 원천요소기술개발에 많은 업적을 쌓았다. 학술활동으로는 외국잡지에 게재된 62편을 포함하여 90편의 논문을 학술지에 게재하였다. 연구 결과의 대표적인 예는 다음과 같다.

용해성 Polypyrrole의 합성

1977년에 처음으로 polyacetylene이 전기전도성 고분자로 알려진 후 합성금속에 대한 연구는 약 15년간 세계적인 관심을 모았었다. 그러나 polyacetylene이 공기 중에서 불안정하고 용해성이 없어 학문적으로나 응용면에서 큰 제약을 받았었다. 공액이중결합을 가진 polyaniline과 polypyrrole은 높은 전기전도도와 안정성 때문에 전기화학적 방법으로 만들어진 필름에 대한 연구가 활발하였으나 두 물질 모두 나쁜 용해성 때문에 분자량 측정이 불가능하고 가공성이 떨어지는 단점을 보완하기는 어려워 전기전도성 고분자에 관한 연구가 전반적으로 크게 위축되었었다. 그러나 1992년과 1995년에 각각 polyaniline과 polypyrrole이¹ 유기용매에 녹는다는 사실이 알려지면서 이 재료들에 대한 연구가 다시 활발하게 진행되고 있다.

용해성 polypyrrole은 doping된 상태에서 chloroform이나 chlorobenzene에 녹으며 그림 1의 UV-Visible absorption spectrum에서 1,000 nm 이상의 파장에 대한 강한 흡수를 나타내며 전자가 공액이중결합으로 구성된 분자에 넓게 분포되어 있음을 나타내고 있다.²⁻⁴ 높은 분자간의 인력에도 불구하고 유기용매에 polypyrrole을 녹일 수 있는 것은 분자간의 가교를 최소화하고 분자간에 부피가 큰 dopant를 삽입하여 polypyrrole 분자간의 접촉을 최소화 하였기 때문이다.

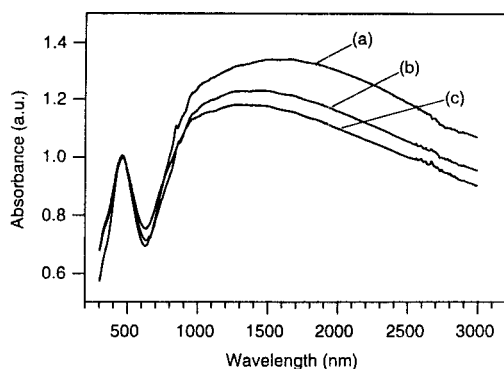


그림 1. UV-Vis-NIR spectra of soluble polypyrrole film cast from (a) chlorobenzene, (b) chloroform, and (c) tetrachloromethane solutions.

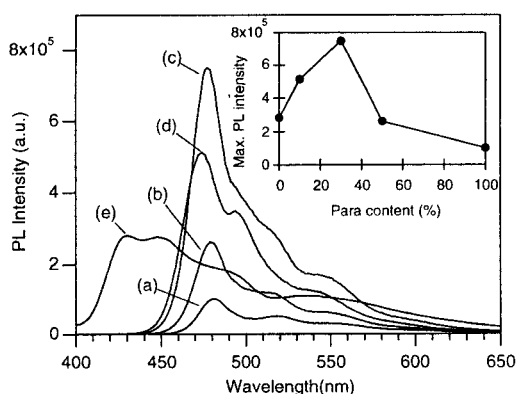


그림 2. PL spectra of the copolymers; para contents (a) 100, (b) 50, (c) 30, (d) 10, and (e) 0 %. Inset shows the maximum PL intensity vs the concentration of para content.

Chlorobenzene에 2% polypyrrole 용액을 만들어 유리기판 위에 spin casting을 하면 거울과 같은 표면을 얻을 수 있다는 것을 atomic force microscopy (AFM)로 증명할 수 있다. 전기전도도는 10 S/cm 가까이 되고 만들어진 film은 완전한 불용성을 나타내며 따라서 이 film 위에 또 다른 물질을 casting할 수 있게 한다. 합성금속용액으로부터 많은 전자 소자의 제작을 기대할 수 있다.

발광고분자

1990년 공액이중결합형 고분자인 polyvinylphenylene으로부터 고분자 LED가 최초로 조립된 것은 획기적인 발명으로써 차세대 평판 display나 고분자 laser 등 많은 분야에 발광고분자를 응용하는 연구가 활발히 진행중이다. Prototype으로 소개되고 있는 고분자 LED는 녹색과 적색발광을 이미 해결하였음을 증명하고 3원색 중 나머지 청색발광에 대한 재료개발에 많은 노력이 현재 경주되고 있다.

청색 발광고분자는 2.6 eV근방의 에너지를 가진 빛을 내야 하며 발광효율이 높고 안정하며 높은 가공성도 요구된다. 본 연구실에서는 위의 조건을 만족시키는 재료를 공중합체로 얻을 수 있었다.⁵⁻⁸ 핵심 구조는 공중합체 분자가 **Scheme 1**과 같이 donor와 acceptor로 구성되어 있으며 **그림 2**와 같이 donor-acceptor 비율이 7 : 3일 때가 발광효율이 가장 좋다.^{9,10}

고분자 LED는 anode와 cathode의 work function과 발광고분자의 HOMO 및 LUMO가 조화를 이룰 때 발광효율이

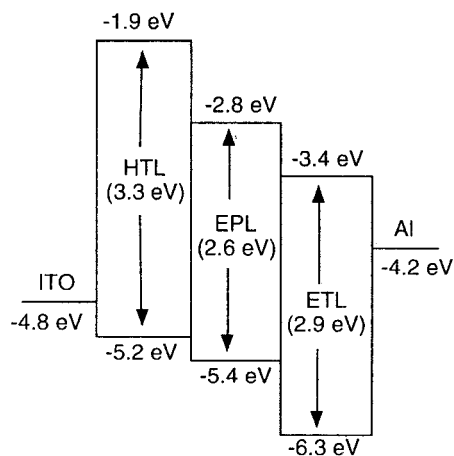
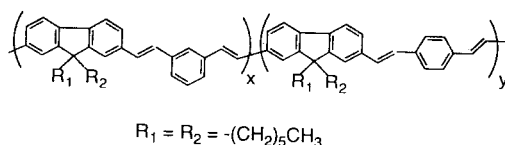


그림 3. Energy level diagram of materials used.



Scheme 1. The chemical structure of a copolymer.

향상된다. 또한 발광전압이 낮을수록 발광소자 사용이 간편해진다. 이와 같은 조건을 만족시키기 위해 전공 및 전자의 투입 및 수송층을 전극과 발광층 사이에 넣으므로써 해결할 수 있다. 이와 같은 특성을 가진 LED의 energy level diagram은 그림 3과 같다.

LED의 전극사이에 전압이 걸렸을 때 ITO에 투입된 전공은 hole injection layer (HIL)와 발광층(EPL)을 통과하여 높은 ionization potential을 가진 electron transporting layer (ETL)와 접한 발광층 (EPL)에 축적이 되고 ETL에서 투입된 전자가 EPL의 전공과 결합하여 exciton을 형성하여 발광하게 된다. 이 때 HIL 로서는 용해성 polypyrrole을 사용하였고¹¹ ETL로는 pyridine계 공중합체를 설계 합성하여 사용하였다. 현재 얻어진 결과 중에는 발광효율이 0.4%이고 발광휘도가 2,000 cd/m²인 것이 가장 우수하였다. 앞으로는 고분자 LED의 수명을 5만시간 이상으로 하기 위해 발광재료의 개선, 전하 수송층과의 조화 및 LED 제작공정상의 문제들을 해결하는 것이 숙제로 남았다.

참 고 문 헌

1. J. Y. Lee, D. Y. Kim, and C. Y. Kim, *Synth. Met.*, **74**, 103-106 (1995).
2. J. Y. Lee, D. Y. Kim, K. T. Song, S. Y. Kim, and C. Y. Kim, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **280**, 135-144 (1996).
3. J. Y. Lee, D. Y. Kim, K. T. Song, S. Y. Kim, and C. Y. Kim, *Proceedings ANTEC '96*, 1422-1426 (1996).
4. J. Y. Lee, K. T. Song, S. Y. Kim, Y. C. Kim, D. Y. Kim, and C. Y. Kim, *Synth. Met.*, **84**, 137-140 (1997).
5. J. K. Kim, S. I. Hong, H. N. Cho, D. Y. Kim, and C. Y. Kim, *Polym. Bull.*, **38**, 169-176 (1997).
6. H. N. Cho, D. Y. Kim, Y. C. Kim, J. Y. Lee, and C. Y. Kim, *Adv. Mater.*, **9**, 326-328 (1997).
7. H. N. Cho, J. K. Kim, D. Y. Kim, and C. Y. Kim, *Macromol. Symp.*, **125**, 133-142 (1997).
8. H. N. Cho, D. Y. Kim, Y. C. Kim, J. Y. Lee, and C. Y. Kim, *J. SID*, **6**, 39 (1998).
9. D. Y. Kim, J. K. Kim, H. N. Cho, and C. Y. Kim, *Proc. SPIE*, **3148**, 151-158 (1997).
10. H. N. Cho, D. Y. Kim, J. K. Kim, and C. Y. Kim, *Synth. Met.*, **91**, 293-296 (1997).
11. J. Gao, A. J. Heeger, J. Y. Lee, and C. Y. Kim, *Synth. Met.*, **82**, 221-223 (1996).