

**Para-sexiphenyl 유기 전기발광소자의 배향 처리 효과**

이윤수, 이재혁, 박재훈, 최중선  
홍익대학교 전기제어공학과

**Molecular alignment effect of para-sexiphenyl organic electroluminescent devices**

Yong-Soo Lee, Jae-hyuk Lee, Jae-Hoon Park, and Jong-Sun Choi  
Department of Electrical and Control Engineering, Hongik University

**Abstract** - The high mobilitie sallow larger current to be reached under operation in the space charge limited conduction region, hence facilitate access to higher luminance as required for passive matrix panel. In this work, we have investigated the molecular alignment control effect of organic electroluminescent devices. we aligned the *p*-sexiphenyl(6p) using a simple rubbnig treatment. We studied the anisotropic optical properties and electrical characteristics.

**2. 실험 방법 및 측정**

그림 1은 본 연구에서 사용된 *p*-sexiphenyl(6p)(Tokyo Chemical Industry)이다. 패턴이 형성된 indium tin oxide(ITO :  $< 20 \Omega/\square$ , 두께 : 약 100nm) 기판을 양극으로 사용하였으며, 양극 위에 6p를 진공 증착하였다. 증착시 진공도는 약  $1 \times 10^{-6}$  Torr 이하로 하였으며, 기판은 상온을 유지하였다. 유기 박막의 두께는 약 60nm로 증착하였고, 박막의 두께는 ellipsometry(Plasmos, SD-2100)를 이용하여 확인하였다. 음극으로는 알루미늄을 증착하였으며, 증착시 두께는 약 100nm로 하였다. 소자의 발광 면적은 양극과 음극이 겹치는 부분으로 결정되며, 약  $0.09\text{cm}^2$ 로 하였다. 전류 밀도-전압 특성은 Keithley 236 electrometer를 사용하였으며, 전압에 따른 정전용량 특성은 HP 4192A LF impedance analyzer를 이용하여 측정하였다. UV/visible 흡광도는 HP 8452 diode array type spectrophotometer를 이용하였고, photoluminescence(PL)와 electroluminescence(EL)는 Perkin-Elmer Limited LS50B를 이용하여 측정하였다. Polarizer는 Melles-Griot Glan-Thompson polarizer를 이용하였다. 분자 배향 처리 방법은 먼저 10nm 이하의 6p 박막을 배향 유도층으로서 증착한 후 일정 방향으로 러빙을 하고 다시 약 60nm의 6p를 증착하였다(그림 2). 이러한 배향 처리 공정을 통하여 재증착된 6p 분자가 얇은 배향 유도층의 러빙 방향에 따라 배열될 수 있다 [3-7].

**1. 서 론**

최근까지 정보 표시용 디스플레이 소자는 CRT (Cathode Ray Tube)가 주도하여 왔으나 점차 기존의 CRT 보다 얇고 가벼우며 대면적, 고휘도, 고해상도, 낮은 소비전력의 디스플레이 개발이 절실히 요구되고 있다. 정보 표시용 디스플레이에는 여러 가지 종류가 있지만 전기발광소자는 액정 디스플레이와 같은 비발광형의 디스플레이와는 달리 자체 발광을 하고 응답 속도가 빠르다는 장점 때문에 최근 들어 많은 연구가 진행되고 있다. 저분자 또는 고분자와 같은 유기 재료를 이용한 유기 전기발광소자는 저전압 구동, 박막 형성의 용이성, 발광하는 빛의 균일성 등의 장점으로 인해 많은 관심이 모아지고 있다.

최근 들어 유기 전기발광소자에서 발광층의 분자 배열을 조정함으로써 나타나는 발광특성의 변화에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그리고 oligothiophene과 같이 분자가 평평하고 herringbone 형태로 서로 수평하게 배열하고 있는 경우 분자의 장축 방향에 수직한 방향으로 전하가 이동할 때 전하 이동도가 향상되는 것으로 보고되고 있다. 전하 이동도의 향상은 다양한 전기 전자소자의 특성 향상에 기여할 수 있다. 유기 전기발광 소자의 경우 높은 전하 이동도는 space charge limited conduction 영역에서 구동될 때 전류 밀도 상승의 원인이 되며, passive matrix 형태의 유기 전기 발광소자 panel을 제작할 때 더 향상된 휘도 특성을 나타낼 수 있다. Redecker 연구진은 액정상을 가지며 청색 발광하는 polyfluorene을 이용하여 일정 방향으로 분자 배향을 이룬 후 time of flight 기법을 이용하여 hole의 전하이동도 향상을 관측하였다[1][2]. 또한 분자 배향 효과로서 Era 연구진은 러빙을 통하여 소중합체가 수평 방향으로 분자 배열을 이루었을 때 러빙 방향에 따라 편광된 빛이 나타남을 확인하였고[3][4]. Videlot 연구진은 oligothiophene의 분자 배향에 관한 연구를 통하여 분자를 수평 방향으로 배향시켰을 때 나타나는 이방성의 광전자 특성을 연구하였다[5-9].

본 연구에서는 소중합체로서 청색 발광하는 *para*-sexiphenyl을 이용하여 소자를 제작한 후 분자 배향에 따른 광학적 및 전기적 특성을 연구하였다. 배향 처리 방법은 기존의 액정 디스플레이 공정에서 많이 사용하는 러빙을 이용하였다.

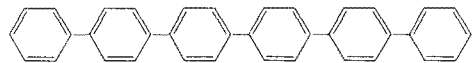


그림 1. 6p의 분자구조.

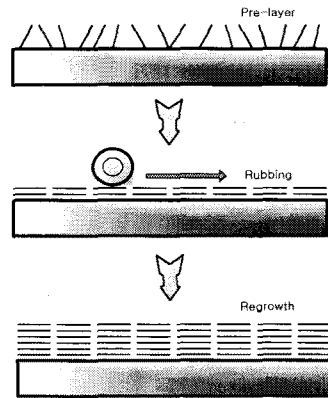


그림 2. 러빙을 이용한 배향 처리 방법.

### 3. 실험 결과 및 고찰

그림 3은 6p 박막의 UV/visible 흡광도와 PL 스펙트럼이다. 약 320nm에서 흡수가 일어남을 확인할 수 있고, 이때 PL 스펙트럼의 peak는 약 375nm, 403nm, 435nm에서 각각 나타나며, 청색 발광함을 확인할 수 있었다.

그림 4는 러빙을 이용하여 배향한 6p 박막의 polarized UV/visible 흡광도이다. 그림 4(a)는 러빙을 하지 않은 박막의 스펙트럼으로서 편광 방향에 따른 흡수도의 변화가 관측되지 않는 것으로 보아 6p 분자가 특정 방향 없이 무질서한 형태로 존재하는 것으로 생각되며, 그림 4(b)는 러빙 방향에 대해 0° 및 90°로 편광 시킨 스펙트럼으로서 러빙 방향에 평행한 성분은 흡수도가 증가함을 확인할 수 있었고, 이는 6p 분자들이 러빙 방향에 따라 배열하고 있는 것으로 생각된다. 이때 이색도는 약 2.5로 나타났다.

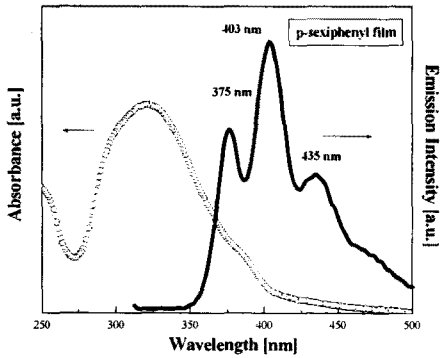
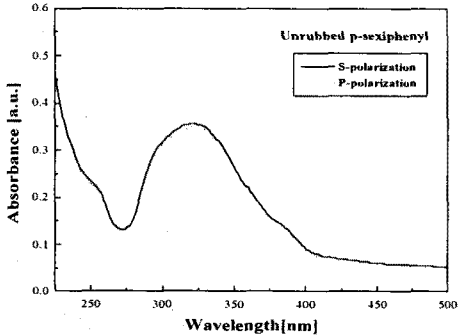
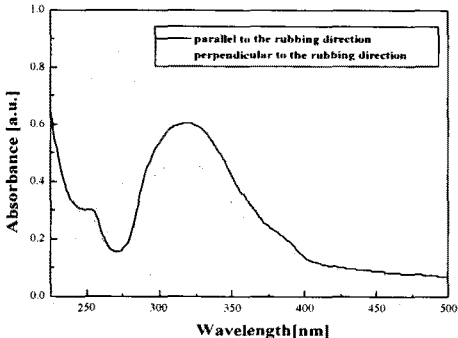


그림 3. 6p 박막의 UV/visible 흡광도 및 PL 스펙트럼



(a) 러빙하지 않은 6p 박막의 polarized UV/visible 흡광도.



(b) 러빙 처리한 6p 박막의 polarized UV/visible 흡광도.  
그림 4. 6p 박막의 polarized UV/visible 흡광도.

그림 6은 6p 박막의 전기적 특성이다. 발광층인 6p의 배향 특성을 확인하기 위하여 ITO/6p(60nm)/Al의 일층 소자를 제작하였으며, 러빙 횟수에 따른 특성을 비교하기 위하여 함께 나타내었다. Turn-on 전압은 약 5V로 나타났으며, 이는 음극인 알루미늄을 천천히 증착하였을 때 turn-on 전압이 감소하는 Koch 연구진의 연구 결과와 유사하다[10]. 동일 전압에서 러빙을 한 소자의 경우 더 높은 전류 밀도 특성이 나타남을 확인할 수 있었으며, 20회 러빙하였을 때 더 높은 전류 밀도가 나타남을 알 수 있었다. 이는 러빙에 의하여 6p 분자가 기판에 대해 수평하게 배향됨에 따라 주입된 전하가 분자의 장축 방향에 수직으로 이동하면서 나타나는 현상으로 생각된다[5]. 20회 이상 러빙을 할 경우 너무 많은 scratch로 인하여 배향 유도층이 손상되는 것으로 생각된다.

그림 7은 ITO/6p(60nm)/Al 소자의 전압에 따른 정전용량 특성이다. 발광이 시작되는 약 8V부터 정전용량이 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 유기물 내에 주입된 전자와 정공이 재결합(recombination)으로 인하여 방전되는 현상과 비슷하기 때문에 나타나는 것으로 생각된다. 러빙 처리를 한 소자의 경우 정전용량이 감소하는 것을 확인할 수 있었고, 이로 인해 보다 원활한 전하 이동이 가능한 것으로 보인다.

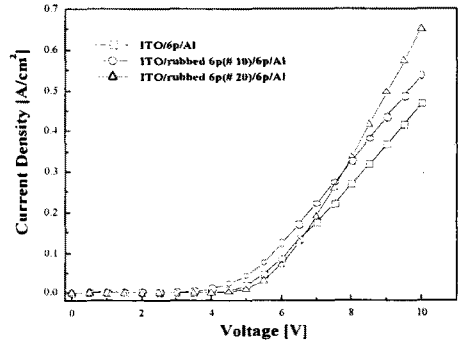


그림 6. ITO/6p(60nm)/Al 소자의 전류 밀도-전압 관

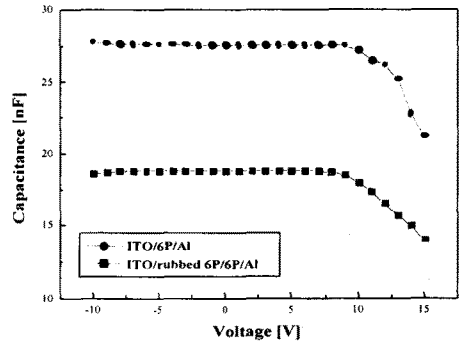


그림 7. ITO/6p(60nm)/Al 소자의 정전용량-전압 특성

그림 8은 6p 소자의 EL 스펙트럼이다. 10V를 인가하였을 때의 결과이며, 러빙 처리하지 않은 소자와 10회 러빙한 소자의 경우 큰 차이가 나타나지 않았으나 20회 러빙한 소자의 경우 EL intensity가 약 2배정도 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Era 연구진에 의하면 ITO/6p/oxadiazole derivative(OXD7)/Al 소자의 EL 스펙트럼의 경우 러빙 처리한 소자와 러빙 처리하지 않은 소자의 경우 편광된 EL을 측정할 수 있었지만 EL intensity 및 효율 등에 있어서는 두 소자가 특성 차이

를 보이지 않는 것으로 보고하고 있다[3]. 이는 소자의 구조에 있어서 차이가 있기 때문인 것으로 보이며, 전자 전달층으로 사용된 OXD7의 영향도 관련되어 있는 것으로 보인다. 이 부분은 보다 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구되었음. (KRF-99-E00169)

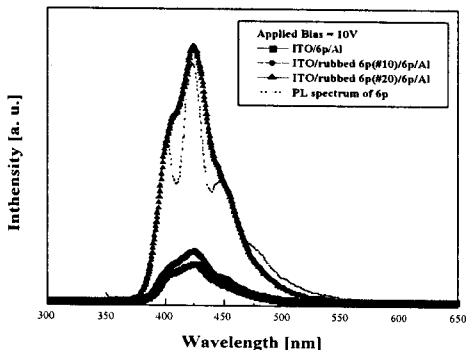


그림 8. ITO/6p(60nm)/Al 소자의 EL 스펙트럼.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 소중합체이며 청색 발광하는 *p*-sexi-phenyl을 러빙을 통하여 배향 처리한 유기 전기발광소자를 제작하여 광학적 특성 및 전기적 특성을 연구하였다. 러빙을 통한 6p 박막의 배향 특성 측정 결과, 러빙 방향에 대해 평행한 방향의 흡수 성분이 증가함을 확인할 수 있었으며, 이 때 이색도는 약 2.5로 나타났다. ITO/6p/Al 구조와 ITO/rubbed 6p/6p/Al 구조의 소자를 제작하여 전기적 특성을 측정한 결과 러빙 처리를 행한 소자의 경우 동일 전압에서 더 높은 전류 밀도 특성이 나타남을 확인할 수 있었으며, 정전용량-전압 특성 측정 결과 러빙한 소자의 정전용량이 감소함을 확인할 수 있었다. 소자의 EL 스펙트럼을 측정한 결과 20회 러빙한 경우 더 높은 EL intensity가 나타났다. 소자의 효율을 향상시키기 위하여 적절한 전자 전달층과 적절한 일함수를 갖는 음극을 사용하여 특성 연구를 해야 할 것으로 보이며, 정확한 carrier의 전기 전도 특성을 확인하기 위하여 single carrier 소자를 제작하여 전기적 특성을 연구하는 등 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] M. Redecker, D. D. C. Bradley, M. Inbasekaran and E.P. Woo, "Mobility enhancement through homogeneous nematic alignment of a liquid-crystalline polyfluorene", *Applied Physics Letters*, **74**(10), 1400, 1999.
- [2] M. Redecker, D. D. C. Bradley, M. Inbasekaran and E.P. Woo, "Nondispersive hole transport in an electroluminescent polyfluorene", *Applied Physics Letters*, **73**(11), 1565, 1998.
- [3] M. Era, T. Tsutsui and Saito, "Polarized electroluminescence from oriented *p*-sexi-phenyl vacuum-deposited film", *Applied physics Letters*, **67**(17), 2436, 1995.
- [4] H. Tokuhisa, M. Era and T. Tsutsui, "Polarized electroluminescence from smectic mesophase", *Applied Physics Letters*, **72**(21), 2639, 1998.
- [5] C. Videlot and D. Fichou, "Influence of omolecular orientation on the photovoltaic properties of octithiophene", *Synthetic Metals*, **102**, 885, 1999.
- [6] M. Grell, D. D. C. Bradley, M. Inbasekaran and E. P.Woo, "A glass-forming conjugated main-chain liquid crystal polymer for polarized electroluminescence applications", *Advanced Materials*, **9**(10), 798, 1997.
- [7] M. Hamaguchi and K. Yoshino, "Polarized electroluminescence from rubbing-aligned poly(2,5-dinonyloxy-1,4-phenylenevinylene) films", *Applied Physics Letters*, **67**(23), 3381, 1995.
- [8] M. Funahashi and J. Hanna, "Fast hole transport in a new calamitic liquid crystal of 2-(4'-heptyloxyphenyl)-6-dodecylthiobenzothiazole", *Physical Review Letters*, **78**(11), 2184, 1997.
- [9] M. Funahashi and J. Hanna, "Fast ambipolar carrier transport in smectic phases of phenyl-naphthalene liquid crystal", *Applied Physics Letters*, **71**(5), 602, 1997.
- [10] N. Koch, A. Pogantsch, E. J. W. List, G. Leising, R. I.R. Blyth, M. G. Ramsey and F. P. Netzer, "Low-onset organic blue light emitting devices obtained by better interface control *Applied Physics Letters*, **74**(20), 2909, 1999.