

## Photoacryl을 게이트 절연층으로 사용한 유기 박막트랜지스터의 전기적 특성에 관한 연구

### A Study on the Electrical Characteristics of Organic Thin Film Transistor using Photoacryl as Gate Dielectric Layer

김윤명, 표상우, 김준호, 심재훈, 김영관, 김정수  
(Yun-Myoung Kim\*, Sang-Woo Pyo\*, Jun-Ho Kim\*, Jae-Hoon Shim\*\*,  
Young-Kwan Kim\*\*\*, and Jung-Soo Kim)

#### Abstract

Organic thin film transistors(OTFT) are of interest for use in broad area electronic applications. And recently organic electroluminescent devices(OELD) have been intensively investigated for using in full-color flat-panel display. We have fabricated inverted-staggered structure OTFTs at lower temperature using the fused-ring polycyclic aromatic hydrocarbon pentacene as the active electronic material and photoacryl as the organic gate insulator. The field effect mobility is  $0.039 \sim 0.17 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , on-off current ratio is  $10^6$ , and threshold voltage is  $-7 \text{ V}$ . And here we report the study of driving green emitting,  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ , phosphorescent OELD with all organic thin film transistor and investigated its electrical characteristics. The OELD with a structure of ITO/TPD/8%  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$  doped in BCP/BCP/Alq<sub>3</sub>/Li:Al/Al and OTFT with a structure of inverted-staggered Al(gate electrode)/photoacryl(gate insulator)/pentacene(p-type organic semiconductor)/Au(source-drain electrode) were fabricated on the ITO pattered glass substrate. The electrical characteristics are turn-on voltage of  $-10 \text{ V}$ , and maximum luminance of about  $90 \text{ cd/m}^2$ . Device characteristics were quite different with that of only OELD.

**Key Words** : Thin film transistor, Electroluminescent, Phosphorescent, Active matrix, Passive matrix

#### 1. 서 론

최근 유기물을 박막트랜지스터(thin film transistor ; 이하 TFT)와 발광다이오드 소자에 응용하기 위한 연구가 활발히 진행 중에 있으며 유기 ELD(electroluminescent device)를 능동구동방식

(active matrix)으로 사용하기 위한 TFT에 대한 다양한 연구가 진행 중에 있다. 현재 능동구동소자로는 수 소화된 비정질 실리콘 트랜지스터(amorphous silicon thin-film transistors ; a-Si:H TFT)나 다결정 실리콘 트랜지스터(polycrystalline silicon TFT)가 사용되고 있다[1,2]. 그러나 유기물을 이용하여 소자를 제작할 경우 고온 공정이 필요한 무기물 기반 TFT에서와는 달리 상온에서의 공정이 가능하기 때문에, 유연성(flexibility)이 있고 가벼운 플라스틱 기판(plastic substrate)의 사용이 가능해지고, 간단한 공정으로 소자를 제작할 수 있어서 소자 제작비용을 적게 할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 유기물을 이용한 연구 중에

\* : 홍익대학교 전기정보제어공학과  
(서울시 마포구 상수동 72-1,  
Fax: 02-320-1110  
E-mail : wflsz@hanmail.net)

2001년 10월 19일 접수, 2001년 11월 5일 1차 심사 완료,  
2001년 12월 18일 2차 심사 완료

pentacene은 현재 TFT소자에서의 활성층(active layer)으로서 많이 사용되고 있는 비정질 실리콘(amorphous silicon)과 비슷한 운반체 이동도를 가질 수 있는 것으로 알려져 있으며 최근 pentacene을 이용하여 운반체 이동도가  $2 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$  인 TFT의 제작이 보고되었다[3-6]. 본 연구에서는 pentacene을 활성층으로 사용하고 기존의 유기 TFT에서 게이트 절연층으로 사용되고 있는  $\text{SiO}_2$ 를 대신하여 유기물인 photoacryl(OPTMER PC403, JSR Co.)을 절연층으로 사용하여 TFT를 제작하였는데 이로써 소자의 전극부분을 제외한 모든 부분을 유기물화 하였다.

유기 EL은 TFT-LCD, PDP, FED 등의 다른 디스플레이 보다 낮은 구동 전압으로 구동할 수 있고, 자체 발광하기 때문에 TFT-LCD와는 달리 백라이트가 필요 없으므로 디스플레이의 두께를 얇게 할 수 있으며, LCD보다 응답속도가 빠르고 시야각이 넓기 때문에 차세대 디스플레이로서 주목받고 있다[7]. 유기 EL display 에 있어서 능동소자를 이용한 구동이 수동소자를 이용한 구동보다 많은 장점을 갖는다. 수동소자의 경우는 해상도가 높아지면 순간 발광 휘도가 높아져야 되고, 기생 캐패시터가 커지게 되어 발광에 불필요한 전력 소모가 커지게 된다. 또한 순간적으로 밝은 휘도의 빛을 발광하여야 하기 때문에 유기 EL 소자의 열화에 큰 영향을 미치게 된다. 능동소자를 이용한 구동을 할 경우는 한 화면 동안 화소에서 계속적으로 빛을 발하므로 낮은 전류로 구동이 가능하며, 수동소자와는 달리 능동소자에서는 기생 캐패시터가 적기 때문에 소비전력 면에서도 유리한 대면적 유기 EL display의 적용이 가능하게 된다.

유기발광소자의 발광원리는 소자에 전압을 가해 주면 양극과 음극으로부터 각각 정공과 전자가 유기물질 안으로 주입되고, 이렇게 주입된 캐리어들은 유기물질 내부의 한 지점에서 서로 결합하여 들뜬 상태의 엑시톤(exciton)을 만든 후 바닥 상태로 발광 천이 하게 된다. 대부분의 분자의 바닥 상태는 스핀 단일항 상태이므로 양자역학적 선택률(selection rule)에 의하면 단일항 엑시톤은 바닥 상태로 발광 천이(radiative transition)가 허용되는데 이것을 형광(fluorescence)이라 한다. 한편 삼중항 엑시톤이 단일항인 바닥상태로 빛을 내며 천이하는 것은 금지되는데, 스핀-궤도 결합(spin-orbit coupling)과 같은 섭동에 의해 삼중항 엑시톤도 빛을 내며 천이 할 수 있고, 이것을 인광(phosphorescence)이라 한다. 하지만 이 확률은 아주

낮으므로 삼중항 엑시톤은 긴 수명을 갖고 있어, 비발광 재결합(nonradiative recombination)을 할 확률이 높다. 그러므로 일반적인 유기물질을 이용한 EL display의 내부 양자 효율은 25%를 넘지 못한다는 한계를 가지고 있었는데, 스핀-궤도 결합이 큰 무거운 원자를 갖고있는 인광성 색소를 이용하여 일중항과 삼중항의 엑시톤이 모두 인광을 내며 천이하게하는 인광물질을 이용한 유기 EL 소자가 발표되어 기존의 형광물질을 이용한 유기 EL 소자에 비하여 그 효율면에서 큰 증가를 보였다[8,9]. 현재 유기 전기발광소자를 능동구동방식으로 사용하기 위한 박막트랜지스터(thin film transistor; TFT)에 대한 다양한 연구가 진행중에 있으며, 본 연구에서도 이러한 유기 인광발광소자를 유기 TFT로 구동하는 소자를 제작하고 전기적 특성을 살펴보았다.

## 2. 실험

### 2.1 유기TFT의 제작

본 연구에서는 TFT소자에서 채널을 형성하는 활성층으로 진공 증착이 가능한 pentacene을 사용하였다. 불순물의 영향을 줄이기 위하여 미리 구입한 pentacene(Aldrich Chemical Co., >97 % purity)을 다시 한 번 vacuum gradient sublimation 방법으로 정제하여 사용하였다. 증착시 진공도는  $10^{-7}$  torr, 증착율은  $0.2 \sim 0.3 \text{ \AA/s}$  이었다. Pentacene을 증착할 때 결정화를 좋게 하기 위해 기판에 온도를 높여주는 연구도 진행중이지만 이번 연구에서는 기판온도는 주지 않았다[10]. Pentacene은 p형 반도체의 특성을 나타내며 박막 형태로 만들어졌을 때 매우 높은 이동도를 가지는 전기적 특성이 우수한 유기물이다[11]. 하나의 pentacene 분자는 5개의 방향족 탄화수소(aromatic hydrocarbon)가 연결되어 한 분자를 이룬다. Pentacene 박막의 물리적 현상을 관측하기 위하여 광학적 분석법을 통해 에너지 밴드 갭을 측정하였으며, AFM(atomic force microscopy, PSI Autoprobe LS) 표면 형상을 분석함으로써 성막되어진 막의 표면 특성을 조사하였다. Pentacene 박막을 150 nm의 두께로 석영기판위에 성막하였고, UV/visible 흡광도 스펙트럼으로 측정하였다. 성막한 pentacene 박막의 자외선/가시 스펙트럼 측정결과와 분자구조, 에너지 갭의 크기 계산에 사용한 수식을 그림 1에 나타내었다. 스펙트럼에서 알 수 있듯이 250~800 nm 사이에 여러 peak가 나타났는

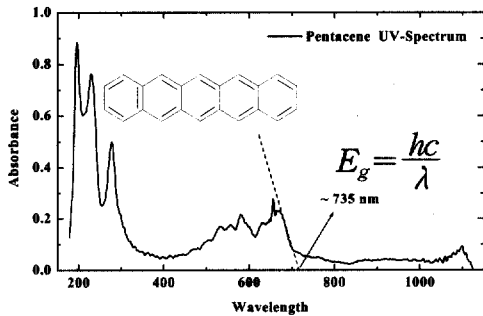


그림 1. Pentacene 박막의 UV/visible 스펙트럼.  
 Fig. 1. UV/visible spectrum of pentacene thin film.

데, 이러한 peak들은  $\pi-\pi^*$  결합에 의한 것들이다 [12,13]. 이 peak들의 가장 낮은 에너지는 680 nm 근처에서 형성되었으며, 680 nm peak의 edge의 연장선의 값은 약 735 nm이었다. 이것은 가전자대역에서 전도대역으로 전자가 여기 될 수 있는 확률을 가지는 최소한의 에너지 값을 나타내며, pentacene 박막의 에너지 갭의 크기가 된다. 광자 에너지와 파장과의 관계는  $E=hc/\lambda$ 로 주어지며,  $h$ 는 플랑크 상수( $4 \times 10^{-15}$  eVs),  $v$ 는 주파수,  $c$ 는 빛의 속도( $3 \times 10^8$  m/s)이며,  $\lambda$ 는 광원의 파장대를 나타낸다. 수식에 의하여 계산한 결과 pentacene 박막의 에너지 갭의 크기는 약 1.67 eV 이었다.

본 연구에서는 유리 기판 위에 유기 TFT를 제작하였다. 소자 제작시 기판의 표면 상태는 그 위에 올려질 박막의 특성에 커다란 영향을 미친다. 따라서 기판의 표면 처리에 있어서는 무엇보다도 청결성이 중요하다. 기판의 세척은 트리클로로에틸렌(trichloroethylene), 아세톤(acetone), 이소-프로필 알코올(iso-propyl alcohol), 증류수에 각각 초음파 세척을 실시한 후 소자 제작 공정에 들어가기 전 까지 에탄올에 보관하였다. 이러한 방법은 일반적으로 사용되는 기판의 세척 방법으로 유리 기판에 묻어 있는 유기 물질, 이온 물질, 금속 물질 등의 불순물 자국뿐만 아니라 표면에 존재하는 미립 물질을 제거하기 위해서 화학적으로 세척하는 것이다.

각 전극은 웨도우 마스크를 사용하여 패턴을 형성하였는데 게이트 전극으로는 알루미늄을 소스-

드레인 전극으로는 금을 사용하여 열진공증착법으로 성막하였다. 유기TFT의 절연층으로는 기존에 사용하던  $SiO_2$  대신에 유기물인 photoacryl을 사용하였다. photoacryl은 스펀코팅법으로 막을 형성하였고 220 °C에서 1시간동안 열처리하여 게이트 절연층을 형성하였다. Photoacryl은 주로 층간 절연막으로 사용되는 positive photoresist이다. 절연 특성이 좋고, photoresist이기 때문에 패턴 형성이 용이하다는 장점 때문에 본 연구에서는 게이트 절연층으로 사용하였다. Photoacryl은 열을 가하면 화학적 반응을 일으켜 열적, 화학적 내구성이 향상된다. 절연층으로 사용한 photoacryl의 유전율은 3.6, 커패시턴스 값은  $2.656 \text{ nF/cm}^2$  ( $f=100 \text{ kHz}$ )이고  $1.6 \times 10^{15} \Omega \text{cm}$ 의 저항값을 가진다. 유기물의 두께 측정은 Ellipsometer(Plasmos SD-2100), 전극 및 절연층의 두께 측정은 표면 단차 측정기(a-step profilometer)를 사용하였다. MIM(metal-insulator-metal)소자를 제작하여 photoacryl의 절연특성을 살펴보았는데, photoacryl의 두께는 약 0.6  $\mu\text{m}$  이었으며 전압이 높아짐에 따라 전류가 급격히 증가하여 절연특성이 상실되는 특성은 보이지 않았다. 본 연구에서 사용된 유기 TFT의 동작전압 영역에서 게이트 절연층으로서 사용하기에 적합하였다. 제작된 소자의 구조는 staggered inverted top-contact 구조의 Al(게이트전극)/photoacryl(게이트절연층)/pentacene(활성층)/Au(소스-드레인 전극)이다.

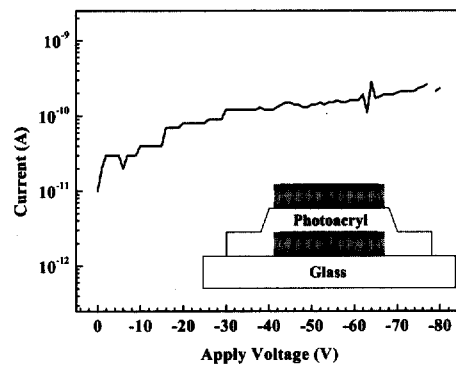


그림 2. 절연층으로 사용한 photoacryl의 MIM구조 전기적 특성.

Fig. 2. The electrical characteristic of photoacryl MIM structure.

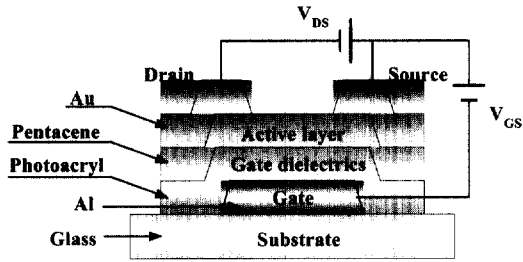
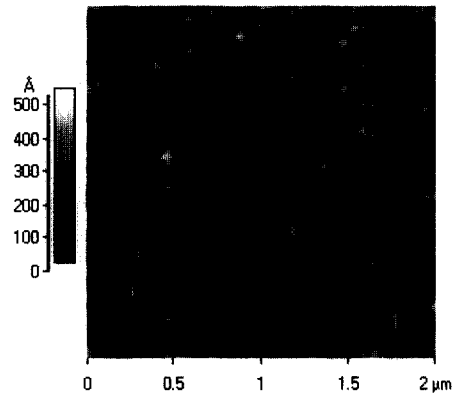


그림 3. 유기 TFT의 소자구조.  
Fig. 3. Device structure of OTFT.

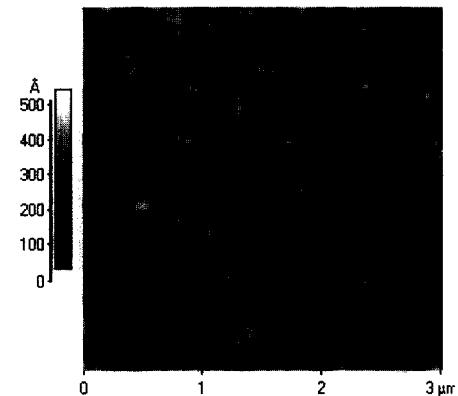
AFM(atomic force microscopy, PSI Autoprobe LS)을 이용하여 80nm 두께로 성막한 pentacene의 표면형상을 관찰하였으며 그림 4에 나타내었다. Pentacene을 glass기판 위에 성막한 것과 photoacryl 위에 성막한 것, 그리고 PECVD(physical enhancement chemical vapor deposition)로 증착된 SiO<sub>2</sub>위에 성막한 것을 각각 비교하였는데 그레인(grain)을 형성하는 모양과 크기가 각각 다르다는 것을 알 수 있었다. 이것은 pentacene이 올려질 기판의 표면성질에 따른 차이 때문으로 photoacryl위에 성막된 pentacene막의 그레인의 크기가 훨씬 더 크다는 것을 알 수 있었다.그레인 크기가 크다는 것은 결정화가 잘 되었다는 것을 의미하며, 전기적 특성은 그레인 크기가 클수록 우수하다. 전기적 특성은 이동도나 전기 전도도 등을 말하며, 보통 그레인의 경계에서 산란 등이 일어나 운반체의 이동을 방해함으로써 전기적 특성을 떨어뜨린다[11].

2.2 유기TFT로 구동한 인광발광소자의 제작

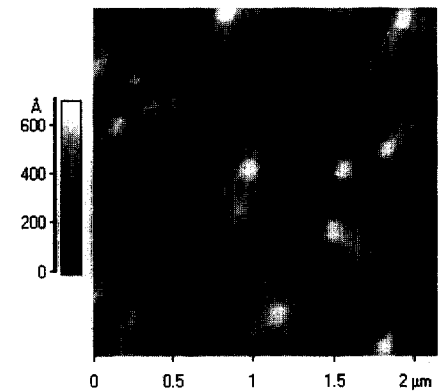
그림 5에 유기 인광발광소자에 사용된 유기물질의 구조를 나타내었다. 본고에서 직접 합성한 녹색 인광 색소인 Ir(ppy)<sub>3</sub>를 발광층으로 사용하고 BCP를 host 물질로 사용하였다. Alq<sub>3</sub>는 전자수송물질(ETM), TPD는 정공수송물질(HTM)로 사용하였다. 소자는 먼저 유기 인광발광소자의 양극으로 사용될 ITO가 패터닝된 glass기판에 유기 TFT를 제작하고 이어서 유기 인광발광소자의 제작이 시작되는데 증착순서는 패터닝된 ITO 위에 정공수송층으로 TPD를 증착하였으며, 발광층으로는 host 물질과 Ir(ppy)<sub>3</sub>를 8 % 도핑하여 증착하였으며, BCP를 정공블록층으로, 그리고 Alq<sub>3</sub>를 전자수송층으로 증착한 후 Li:Al, Al 순서로 금속을 증착하였다. 이렇게 제작된 소자의 구조는 ITO/TPD/BCP에 8



(a) on glass



(b) on SiO<sub>2</sub>



(c) on photoacryl

그림 4. Glass (a), SiO<sub>2</sub> (b), photoacryl (c) 위에 각각 성막한 pentacene 박막의 AFM 이미지.

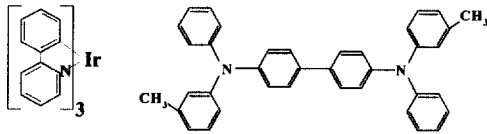
Fig. 4. AFM images of pentacene on glass (a), SiO<sub>2</sub> (b), and photoacryl (c).

% 도핑된 Ir(ppy)<sub>3</sub>/BCP/Alq<sub>3</sub>/Li:Al/Al이다(그림 6)[14].

### 3. 결과 및 고찰

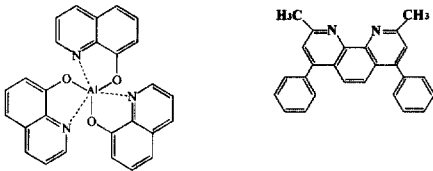
#### 3.1 유기TFT의 전기적 특성

소자의 전기적 특성을 알아보기 위하여 소자의 전달 특성(transfer characteristic)과 출력 특성(output characteristic)을 각각 측정하였다. Pentacene은 p형 반도체 특성을 가지기 때문에 다수캐리어(majority carrier)는 정공(hole)이 되고, 유기 박막 트랜지스터는 축적 모드(accumulation mode)에서 동작하기 때문에 소스 전극을 공통 전극으로 하고 게이트 전극과 드레인 전극에 음의 전압을 인가하여 전기적 특성을 측정하였다. 소자의 전기적 특성은 Keithley 238, 617 source measurement unit을 사용하여 이루어졌다. 출력 특성 곡선에서 각 게이트 전압에 대해서 드레인 전압이 증가함에 따라 드레인 전류가 증가하고, 포화되는 특성을 얻을 수 있었다. 전계 효과 이동도는 다음과 같은 수식들을 이용하여 얻어질 수 있다. 식 (1)은 선형 영역(linear region)에서 드레인 전류를 나타내고, 식 (2)는 포화 영역(saturation region)에서 드레인 전류를 각각 나타낸다[15].



(a) Ir(ppy)<sub>3</sub>

(b) TPD



(c) Alq<sub>3</sub>

(d) BCP

그림 5. 유기 인광발광소자에 사용된 유기물의 분자구조.

Fig. 5. Organic molecular structures of materials used in organic electrophosphorescent device.

$$I_d = \frac{W}{L} C_i \mu \left[ (V_g - V_t) V_d - \frac{V_d^2}{2} \right] \quad (1)$$

$$I_d = \frac{W}{2L} C_i \mu (V_g - V_t)^2 \quad (2)$$

수식에서  $\mu$  는 전계 효과 이동도이고  $W$  는 채널의 폭,  $L$  은 채널의 길이를 나타낸다. 또한  $C_i$  는 단위 면적당 절연체의 캐패시턴스 성분이며  $V_t$  는 문턱전압,  $V_g$  는 게이트 전압,  $V_d$  는 드레인 전압을 각각 나타낸다.

본 연구에서 제작한 pentacene 활성층의 두께가 약 150 nm 이고 photoacryl 게이트 절연층의 두께가 약 1.2 $\mu$ m 인 유기 TFT의 전계효과 이동도는 0.039 cm<sup>2</sup>V<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>, on-off current ratio 는 10<sup>6</sup>, 문턱전압값은 약 -8 V 였다(그림 7). Pentacene은 약 10<sup>14</sup>  $\Omega$ cm의 저항 성분을 가지기 때문에 본 연구에서 사용된 소자구조에서는 채널 형성층에서 소스-드레인 전극까지의 거리인 pentacene의 두께는 캐리어들의 이동을 방해하여 소자의 전기적 특성을 저하시키는 요인이 된다. 따라서 pentacene의 두께를 줄이면 그 만큼의 저항성분을 줄여 소자의 전기적 특성을 향상시킬 수 있고, 또한 게이트 절연층의 두께를 낮추게 되면 더 낮은 게이트 전압

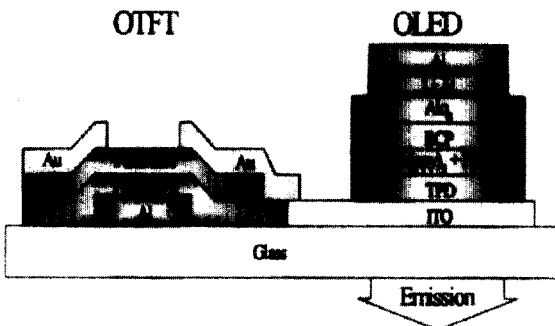
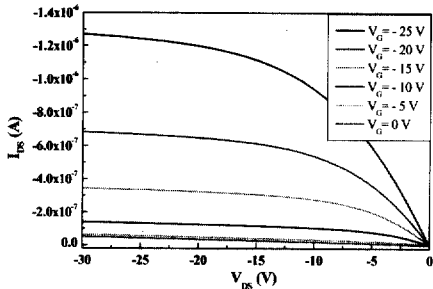


그림 6. 유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자.

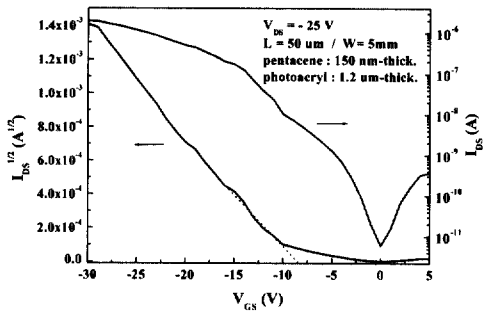
Fig. 6. Device structure of OLED driven by OTFT.

으로 채널형성층에 전하를 축적 할 수 있기 때문에 소자의 특성을 향상시킬 수 있게된다.

Pentacene 활성층의 두께를 약 80 nm, photoacryl 게이트 절연층의 두께를 약 0.6  $\mu\text{m}$  으로 낮추어 제작한 유기 TFT의 전계효과 이동도는  $0.075 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ , on-off current ratio 는  $10^6$  문턱 전압값은 약 -6 V로 소자의 전기적 특성이 향상되었음을 알 수 있었다(그림 8).



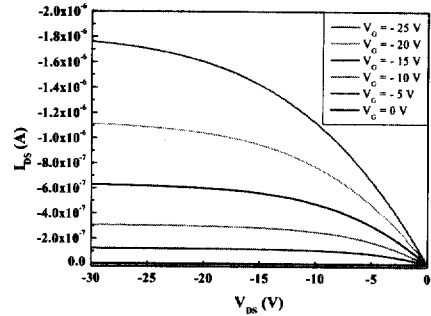
(a)



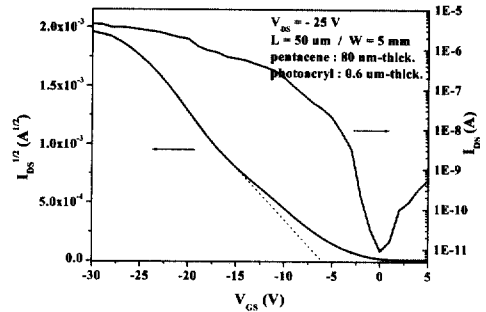
(b)

그림 7. 채널 L = 5  $\mu\text{m}$  / W = 5 mm, 게이트절연층 (photoacryl)  $\sim 1.2 \mu\text{m}$  두께인 유기 TFT의  $I_{DS}-V_{DS}$  (a),  $I_{DS}^{1/2}-V_G$ ,  $\log_{10}(I_{DS})-V_{GS}$  특성 (b).

Fig. 7.  $I_{DS}$  versus  $V_{DS}$  (a),  $I_{DS}^{1/2}$  versus  $V_{GS}$  and  $\log_{10}(I_{DS})$  versus  $V_{GS}$  (b) characteristics of OTFT with channel length and width of 50  $\mu\text{m}$  and 5 mm, and 1.2  $\mu\text{m}$  photoacryl gate dielectric thickness.



(a)



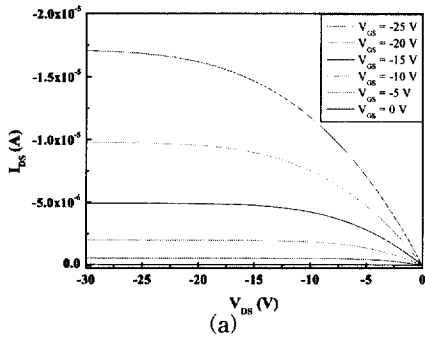
(b)

그림 8. 채널 L = 5  $\mu\text{m}$  / W = 5 mm, 게이트절연층 (photoacryl)  $\sim 0.6 \mu\text{m}$  두께인 유기 TFT의  $I_{DS}-V_{DS}$  (a),  $I_{DS}^{1/2}-V_G$ ,  $\log_{10}(I_{DS})-V_{GS}$  특성 (b).

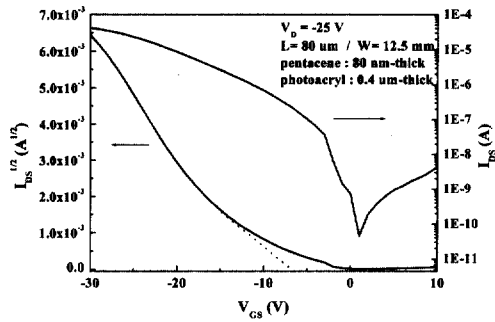
Fig. 8.  $I_{DS}$  versus  $V_{DS}$  (a),  $I_{DS}^{1/2}$  versus  $V_{GS}$  and  $\log_{10}(I_{DS})$  versus  $V_{GS}$  (b) characteristics of OTFT with channel length and width of 50  $\mu\text{m}$  and 5 mm, and 0.6  $\mu\text{m}$  photoacryl gate dielectric thickness.

### 3.2 유기TFT로 구동한 유기 인광발광소자의 전기적 특성

유기 인광발광소자 구동에 사용된 유기 TFT의 전기적 특성을 그림 10에 나타내었다. 게이트전압에 따라 드레인 전류값이 변하고 또한 포화되는 특성을 나타낸다. 유기 인광발광소자를 구동하기 위한 높은 드레인 출력 전류값을 얻기 위해서 게이트 절연층의 두께를 낮추고 채널길이(L)와 폭(W)을 각각 80  $\mu\text{m}$ , 12.5 mm로 제작한 유기 TFT의 전계효과이동도는  $0.17 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ , on-off ratio는  $10^6$ , 그리고 threshold voltage는 -7 V 이었다.



(a)



(b)

그림 9. 구동소자로 사용된 유기 TFT의 전기적 특성.

Fig. 9. The electrical characteristics of OTFT.

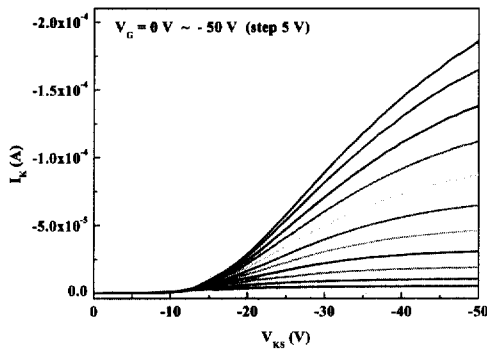


그림 10. 유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자의  $I_K$ - $V_{KS}$  특성.

Fig. 10.  $I_K$  versus  $V_{KS}$  characteristics of OLED driven by OTFT.

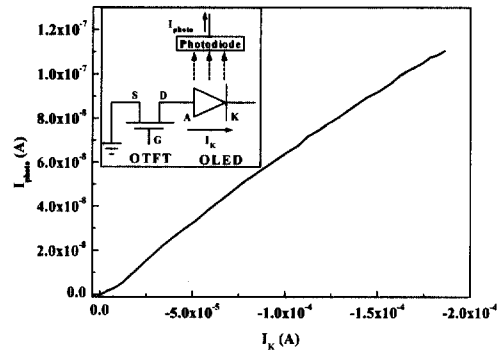
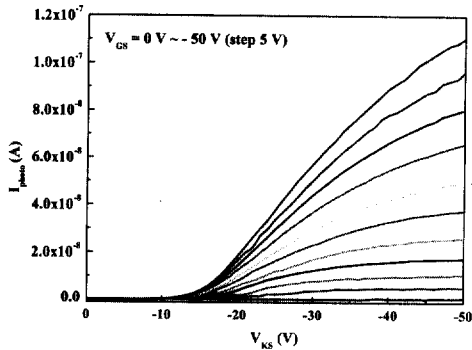


그림 11. 유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자의  $I_K$ - $I_{photo}$  특성과 소자의 등가회로 모델.

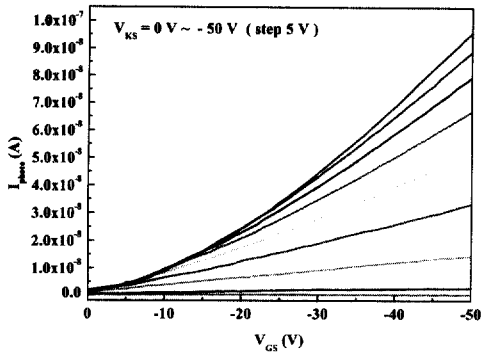
Fig. 11.  $I_K$  versus  $I_{photo}$  characteristic of OLED and equivalent circuit model of device driven by OTFT.

그림 10은  $I_K$ - $V_{KS}$  특성을 나타내는데 이것은 구동소자인 유기 TFT의 게이트 전압,  $V_{GS}$ , 을 증가 시킴에 따라 유기 인광발광소자에 흐르게 되는 전류,  $I_K$ , 특성을 나타낸 것이다. 유기 TFT의 출력특성에서 게이트 전압을 증가시키면 드레인 전류가 증가하는 것을 알 수 있다. 게이트 전압을 변화시킴에 따라 유기 인광발광소자로 흐르게 되는 전류를 제어할 수 있고 결과적으로 유기 인광발광소자에서 발광하는 빛의 세기를 조절할 수 있게된다. 이와 같은 특성을 그림 11에 나타내었다.  $I_{photo}$ 는 발광할 때 나오는 빛을 받아들여 전류로 변환하는 photodiode로 측정된 전류이다.  $I_{photo} \propto I_K$ 인 그래프 특성으로 보아 유기 인광발광소자에서 발광하는 빛은 유기 인광발광소자로 흐르게 되는 전류의 크기에 비례함을 알 수 있다.

그림 12에 소자에 걸어주는 바이어스 전압에 따라 유기 인광발광소자에서 발광하는 빛의 특성을 나타내었다. 그림 12(a)의 특성곡선을 보면 약 10 V 부분에서 발광되는 것을 알 수 있는데 소자가 발광하기 위해서 K-S 양단에 공급해야 할 최소한의 바이어스 전압을 나타낸다. 또한 발광이 포화되는 특성이 나타나는데 이것은 유기 TFT에서 발광소자로 공급하는 전류가 포화되기 때문이다. 그림 12(b)는 유기 TFT의 게이트 전압에 따른 발광특성을 나타내는데 게이트 전압이 커질수록 발광소자에 공급하는 전류값이 높아지므로 그림 12(a)와 같이 포화되는 특성은 나타나지 않는다.



(a)



(b)

그림 12. 유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자의  $I_{photo}-V_{KS}$  특성 (a)과  $I_{photo}-V_{GS}$  특성 (b).

Fig. 12.  $I_{photo}$  vs.  $V_{KS}$  (a) and  $I_{photo}$  vs.  $V_{GS}$  (b) characteristics of OLED driven by OTFT.

#### 4. 결론

본 연구의 목적은 유기물을 게이트 절연층으로 이용하여 전극을 제외한 부분을 모두 유기물로 하여 TFT를 제작하는 것이다. 유기 TFT를 제작하기에 앞서 활성층으로 이용한 pentacene의 UV/vis. 흡수 스펙트럼을 측정하여 밴드갭 에너지가 1.67 eV 임을 확인하였고, 유기물 게이트 절연층인 photoacryl 위에 pentacene을 증착하여 AFM을 통해 표면 특성을 알아보았다. 유기 TFT는 Inverted staggered 구조로 제작하였으며, 채널길이와 폭이 각각  $L = 80 \mu\text{m}$ ,  $W = 12.5 \mu\text{m}$ , 전계효과 이동도는  $0.17 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ , on-off current

ratio는  $10^6$ , 문턱 전압은  $-7 \text{ V}$  였다. 유기 인광발광소자를 구동하는데 유기 TFT를 이용하였으며 유기 TFT를 구동소자로 한 유기 인광발광소자를 제작하고 전기적 특성을 살펴본 것은 처음 이루어진 연구였다. 이번 연구에서 제작된 유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자는 약 10 V에서 turn-on 되었고 최고 휘도는  $90 \text{ cd/m}^2$  이었고, 그리고 EL peak는 515 nm에서 나타났기 때문에 본 소자에서 사용한 인광색소( $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ , 녹색발광)에서 발광하는 빛임을 알 수 있었다[14].  $5 \times 5 \text{ mm}^2$  픽셀 사이즈의 단일 유기 인광발광소자에서 전압이 10 V 이고 전류밀도가  $0.42 \text{ mA/cm}^2$  일 때  $100 \text{ cd/m}^2$ 의 휘도를 나타냈었는데, 이때 유기 TFT는 최소한 0.1 mA 이상의 전류를 유기 인광발광소자에 공급해야 한다. 앞으로 더 향상된 소자 성능을 기대하기 위해서 구동소자로 사용된 유기TFT의 전계효과 이동도, 저전압 영역에서의 동작, 그리고 드레인 출력 전류값 등의 전기적 특성을 향상시키는 연구가 이루어져야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 중점연구소 지원 사업 연구비(과제번호 KRF-99-005-E00019)에 의하여 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] 김남덕, 홍문표, "TFT-LCD 기술동향", 전기전자재료, 14권, 1호, p. 35, 2001.
- [2] 이인찬, 김정규, 마대영, "드레인오프셋 다결정실리콘 박막트랜지스터의 누설전류 해석", 전기전자재료학회논문지, 14권, 2호, p. 111, 2001.
- [3] G. Horowitz, R. Hajlaoui, R. Bourguiga, and M. Hajlaoui, "Theory of the organic field-effect transistor", Synthetic Metals, Vol. 101, p. 401, 1999.
- [4] A. Dodabalapur, L. Torsi, and H. E. Katz, "Organic transistors: Two-dimensional transport and improved electrical characteristics.", Science, Vol. 268, p. 270, 1995.
- [5] Y.-Y. Lin, D. J. Gundlach, S. F. Nelson, and T. N. Jackson, "Pentacene-based organic thin-film transistors", IEEE Trans. electron

Devices, Vol. 44, No. 8, p. 1325, 1997.

- [6] D. J. Gundlach, C.-C. Kuo, S. F. Nelson, and T. N. Jackson, "Organic thin film transistors with field effect mobility  $>2\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ", Center for Thin Film Devices and Electronic Materials and Processing Research Laboratory, The Pennsylvania State University, 1999.
- [7] C. W. Tang and S. A. Van Slyke, "Organic electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett., Vol. 51, p. 913, 1987.
- [8] M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, "Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence", Appl. Phys. Lett., Vol. 75, p. 4, 1999.
- [9] D. F. O'Brien, M. A. Baldo, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, "Improved energy transfer in electroluminescent devices", Appl. Phys. Lett., Vol. 74, p. 442, 1999.
- [10] Y.-Y. Lin, D. J. Gundlach, S. F. Nelson, and T. N. Jackson, "Stacked pentacene layer organic thin-film transistors with improved characteristics", IEEE Electron Device Lett., Vol. 18, No. 12, p. 606, 1997.
- [11] D. J. Gundlach, Y. Y. Lin, and T. N. Jackson, "Pentacene organic thin film transistors-Molecular ordering and mobility.", IEEE Electron Device Lett., Vol. 18, p. 87, 1997.
- [12] H. S. Nalwa, "Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers", Vol. 2, p. 2, 1997.
- [13] 이경민, 최병수, "청색 발광 가용성 PPV 공중합체의 합성 및 특성", 전기전자재료학회논문지, 14권, 2호, p. 145, 2001.
- [14] 김영관, 손병청, 김준호, "인광을 이용한 유기 EL 소자 특성 연구", 한국유화학회지, 18권, 3호, p. 20, 2001.
- [15] G. Horowitz, M. E. Hajlaoui, and R. Hajlaoui, "Temperature and gate voltage dependence of hole mobility in polycrystalline oligothiophene thin film transistors.", J. Appl. Phys., Vol. 87, No. 9, p. 4456, 2000.