

유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자의 연구

Organic Electrophosphorescent Device driven by Organic Thin-Film Transistor

김윤명*, 표상우*, 김준호*, 심재훈**, 정태형***, 김영관****, 김정수*
(Yun-Myoung KIM*, Sang-Woo Pyo*, Jun-Ho Kim*, Jae-Hoon Shim**,
Tae-Hyung Zyung***, Young-Kwan Kim****, Jung-Soo Kim*)

Abstract

Recently organic electroluminescent devices have been intensively investigated for using in full-color flat-panel display. Since the quantum efficiency of electrophosphorescent device decrease rapidly as the luminance increase, it is desirable to operate the electrophosphorescent display with active matrix rather than passive matrix. Here we report the study of driving electrophosphorescent diode with all organic thin film transistor(OTFT). The structure of electrophosphorescent diode is ITO/TPD/BCP:Ir(ppy)₃/BCP/Alq₃/Li:Al/Al. In OTFT, polymer is used as an insulator and pentacene as an active layer. Detailed performance of the integrated device will be discussed.

Key Words : electroluminescent device, active matrix, passive matrix, thin film transistor

1. 서론

최근 유기물을 이용하여 전기발광 소자나 박막 트랜지스터를 만들기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 유기 전기발광소자를 능동구동방식으로 사용하기 위한 박막트랜지스터(thin film transistor; TFT)에 대한 다양한 연구가 진행중에 있다. 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 두께

를 얇게 할 수 있으며, LCD보다 응답속도가 빠르고 시야각이 넓기 때문에 차세대 디스플레이로서 주목받고 있다[1]. 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 캐리어들

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

은 유기물질 내부의 한 지점에서 서로 결합하여 들뜬 상태를 만든 후 바닥 상태로 발광 전이 하게 된다. 이때 들뜬 상태의 여기자를 exciton 이라고 하는데 spin-symmetric 한 일중항과, spin-antisymmetric 한 삼중항이 1 : 3의 비율로 생성되어진다. 바닥상태가 일중항 상태이므로 일중항의 exciton은 발광전이를 하게되는데 이를 형광이라 한다. 한편 삼중항 상태의 exciton은 그 spin 방향을 바꾸는데 많은 에너지가 필요하기 때문에 대부분 비발광소멸을 하게된다. 하지만 이러한 스피인에 어떠한 섭동이 가해지면 삼중항 상태에서 발광이 일어나게 되는데 이를 인광이라고 한다[2].

본 연구에서는 이러한 유기 인광발광소자를 유기 TFT로 구동하는 소자를 제작하고 전기적 특성을 살펴보았다.

2. 실험

2.1 성막 물질

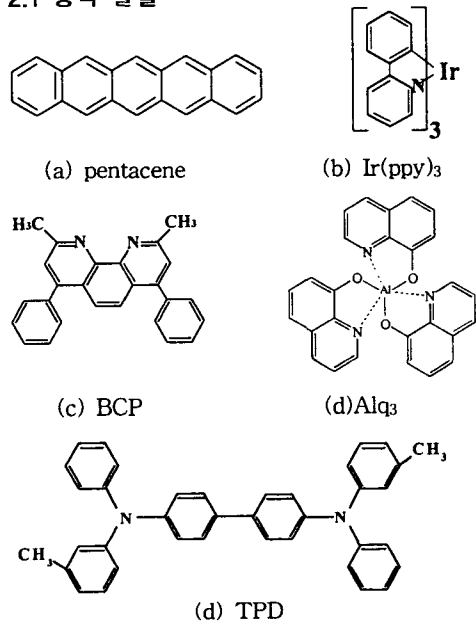


그림 1. 소자에 사용된 유기물질의 분자구조.

Fig. 1. Molecular structures.

그림 1에 본 연구에서 소자제작에 사용된 유기물질의 구조를 나타내었다. pentacene(Aldrich Chemical Co., > 97 % purity)은 p형 반도체의 특성을 나타내며 박막 형태로 만들어졌을 때 매우

높은 이동도를 가지고 있어 전기적으로 특성이 우수한 유기물로 유기 TFT의 활성층으로 사용하였다[3]. 본교에서 직접 합성한 녹색 인광 색소인 Ir(ppy)₃를 발광층으로 사용하고 BCP를 host 물질로 사용하였다. Alq₃는 전자수송물질(ETM), TPD는 정공수송물질(HTM)로 사용하였다.

2.2 소자 제작

본 연구에서 제작한 소자를 그림2에 나타내었다. 소자는 크게 유기 TFT와 유기 인광발광소자의 두 부분으로 나뉘어진다. 유기 TFT 소자제작 과정은 유기 인광발광소자의 양극으로 사용될 ITO가 패터닝된 glass기판에 게이트 전극을 세도우 마스크를 사용하여 알루미늄으로 증착하였다. photoacryl을 스피코팅하고 220℃에서 1시간동안 열처리하여 게이트 절연층을 형성하였다. 활성층으로 pentacene을 증착하였는데 진공도는 5×10^{-7} Torr, 증착속도는 0.5Å/s 이었다. 마지막으로 소스-드레인 전극을 세도우 마스크를 사용하여 금으로 증착하면서 유기 TFT 소자의 제작이 끝난다. 제작된 소자의 구조는 staggered inverted top-contact 구조의 Al(게이트전극)/photoacryl(게이트절연층)/pentacene(활성층)/Au(소스-드레인 전극)이다 [4]. 이어서 유기 인광발광소자의 제작이 시작되는데 증착순서는 패터닝된 ITO 위에 정공수송층으로 TPD를 증착하였으며, 발광층으로는 host 물질과 Ir(ppy)₃를 8% 도핑하여 증착하였으며, BCP를 정공블록층으로, 그리고 Alq₃를 전자수송층으로 증착한 후 Li:Al, Al 순서로 금속을 증착하였다. 이렇게 제작된 소자의 구조는 ITO/TPD/BCP에 8% 도핑된 Ir(ppy)₃/BCP/Alq₃/Li:Al/Al이다[5].

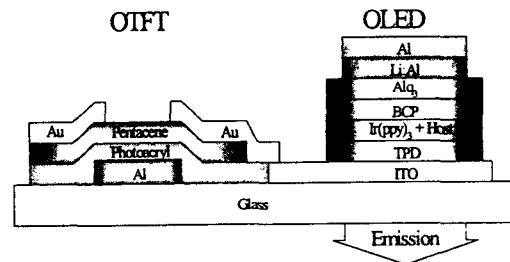


그림 2. 본 연구에서 제작한 소자구조.

Fig. 2. Device structure.

3. 결과 및 고찰

그림 3에 인광발광소자 구동에 사용된 유기

TFT의 출력 특성을 나타내었다. 게이트전압에 따라 드레인 전류값이 변하고 또한 포화되는 특성을 나타낸다. 채널길이(L)와 폭(W)이 각각 $80\mu\text{m}$, 12.5mm 인 유기 TFT의 전계효과이동도는 $0.13\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, on-off ratio는 10^6 , 그리고 threshold voltage는 -7V 이다.

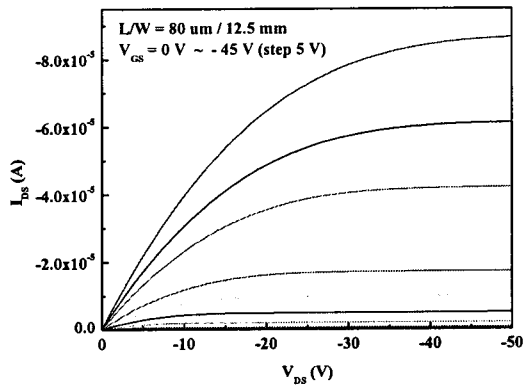


그림 3. 유기 TFT의 출력특성.
Fig. 3. The electrical output characteristics of OTFT.

유기TFT의 절연층으로는 기존에 사용하던 SiO_2 대신에 유기물인 photoacryl을 사용하였다. MIM(metal-insulator-metal)소자를 제작하여 photoacryl의 절연특성을 살펴보았는데, photoacryl의 두께는 약 $0.6\mu\text{m}$ 이었으며 본 연구에서 사용된 유기 TFT의 동작전압 영역에서 게이트 절연층으로서 사용하기에 적합하였다.

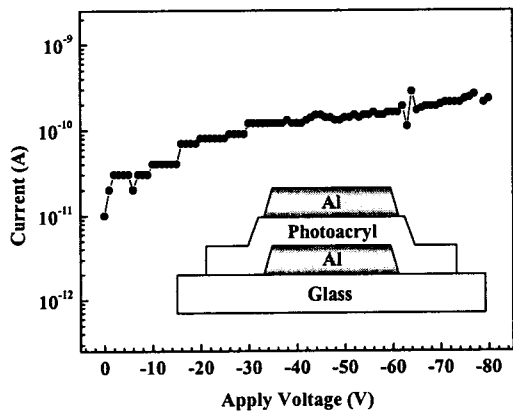


그림 4. 절연층으로 사용한 Photoacryl의 MIM구조 전기적 특성.
Fig. 4. The electrical characteristic of photoacryl MIM structure.

그림 5는 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 6에 나타내었다. I_{photo} 는 발광할 때 나오는 빛을 받아들여 전류로 변환하는 photodiode로 측정된 전류이다. $I_{\text{photo}} \propto I_K$ 인 그래프 특성으로 보아 유기 인광발광소자에서 발광하는 빛은 유기 인광발광소자로 흐르게 되는 전류의 크기에 비례함을 알 수 있다.

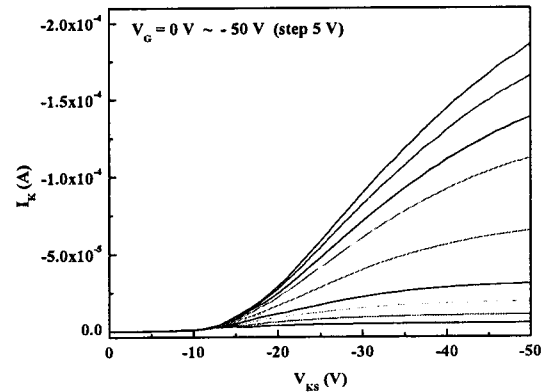


그림 5. 소자의 I_K-V_{KS} 특성.
Fig. 5. I_K-V_{KS} characteristics of device.

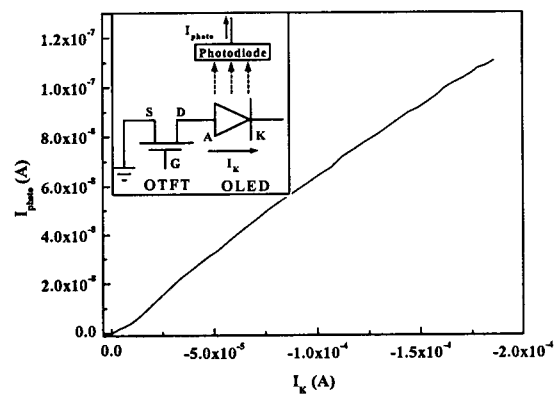


그림 6. 유기 인광발광소자의 I_K-I_{photo} 특성과 소자의 등가회로 모델.
Fig. 6. I_K-I_{photo} characteristic of OLED and equivalent circuit model of device.

4. 결론

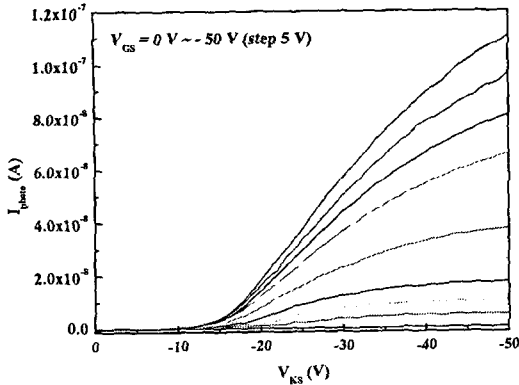
본 연구에서는 유기 인광발광소자를 구동하는데 유기 TFT를 이용하였다. 유기 TFT를 구동소자로 한 유기인광발광소자를 제작하고 전기적 특성을 살펴본 것은 처음 이루어진 연구였다. 이번 연구에서 제작된 유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자는 약 10V에서 turn-on 되었고 최고 휘도는 90cd/m^2 이었고, 그리고 EL peak는 515nm에서 나타났다. 구동소자로 사용된 유기 TFT의 전기적 특성은 전계효과 이동도가 $0.13\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$, on-off ratio는 10^6 , 그리고 threshold voltage는 -7V 이었다. 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

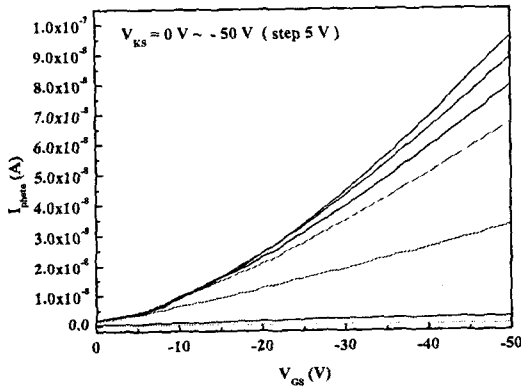
본 연구는 한국전자통신연구원의 국내위탁연구 과제(2001년도)에 의하여 수행되었음.

참고 문헌

- [1] C. W. Tang and S. A. Van Slyke, *Appl. Phys. Lett.*, **51**, 913 (1987).
- [2] M. A. Baldo, D. F. O'Brien, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, *Phys. Rev.*, **B60**, 1442 (1990).
- [3] A. Dodabalapur, L. Torsi, and H. E. Katz, *Science*, **268**, 270 (1995)
- [4] 김영관, 손병청, 김윤명, 표상우, *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, **18**, 3, 25 (2001).
- [5] 김영관, 손병청, 김준호, *J. of Korean Oil Chemists' Soc.*, **18**, 3, 20 (2001).



(a)



(b)

그림 7. 유기 TFT로 구동한 유기 인광발광소자의 $I_{\text{photo}}-V_{\text{KS}}$ 특성(a)과 $I_{\text{photo}}-V_{\text{GS}}$ (b) 특성.

Fig. 7. $I_{\text{photo}}-V_{\text{KS}}$ (a) and $I_{\text{photo}}-V_{\text{GS}}$ (b) characteristics of OLED driven by OTFT.

그림 7에 소자에 걸어주는 바이어스 전압에 따라 유기 인광발광소자에서 발광하는 빛의 특성을 나타내었다. 그림 7(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 7(b)는 유기 TFT의 게이트 전압에 따른 발광특성을 나타내는데 게이트 전압이 커질수록 발광소자에 공급하는 전류값이 높아지므로 그림 7(a)와 같이 포화되는 특성은 나타나지 않는다.