펜타센TFT의 유기LED구동능력분석

류기성, 변현숙, 최기범, *김용규, 송정근
동아대학교 전자공학과, *부산기능대학
전화 : 051-200-6965 / 핸드폰 : 016-579-7905

Organic LED Current Driving ability Analysis of Pentacene TFT's

Gi Seong Ryu, Hyun Sook Byun, Ki Beom Choe, Yong Kyu Kim, Chung Kum Song
Dept. of Electronic&Electronics&Computer Eng., Dong-A University
E-mail : gsryu@donga.ac.kr

Abstract

In this paper we fabricated a test panel for AMOLED on glass and PET substrate. The test panel consisted of the various size of OTFTs and OLEDs and the current driving capability of OTFTs for OLEDs has been investigated. OTFTs were made of the inverted staggered structure and employed polyvinylphenol (PVP) as the gate insulator and pentacene thin film as the active layer. The OTFTs produced the filed effect mobility of 0.3 ㎠/V.sec and on/off current ratio of 10^5. OLEDs consisted of TPD for HTL and Alq3 for EML with 35nm thick, generating green monochrome light. We found that OTFT with channel length of 70㎛and channel width of over 3.5㎜ provided the sufficient current to OLED to generate the luminescence of 0.3Cd/㎡

I. 서론

오늘날 정보 통신의 발달은 디스플레이 시장을 급성장 시켰다. 성장된 디스플레이 시장에서의 우위를 점하기 위해 다양한 디스플레이들이 연구되고 있다. 그 중 Organic Light Emitting Diode (OLED)에 대한 관심이 매우 높다. OLED는 가볍고 얇으며, 낮은 소비전력과 높은 색순도를 가진다. 넓은 시야각과 빠른 응답속도, 소 면적에서 대 면적까지 쉽게 적용할 수 있다. 특히 낮은 공정온도는 플라스틱 기판의 사용을 가능하게 하므로 유연한 디스플레이의 구현이 쉽다. 디스플레이의 크기와 해상도가 높아지기 위해서는 pixel by pixel 구동의 AM이 적합하므로 AMOLED에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 현재 AMOLED에 사용되는 능도 소자로는 주로 poly-Si TFT와 a-Si:H TFT가 연구되고 있지만 CVD공정에 의한 높은 공정 온도는 플라스틱 기판의 사용을 제한하고 사용 장비의 호환성이 떨어지므로 제조 단가의 상승요인으로 작용한다. 이를 극복하기 위하여 우리는 능동소자로 Pentacene TFT(OTFT)를 제안하였다. AMOLED의 기본적인 픽셀의 구성요소로 2개의 Tr과 1개의 캐패시터가 필요하다.(그림1)[1]

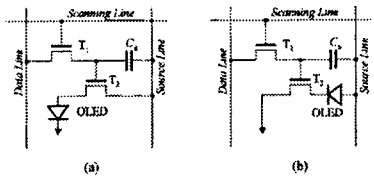

그림1. AMOLED addressing 설계(Two TFT)
(a) Source follower configuration
(b)Constant current configuration

현재 개발된 OTFT는 a-Si:H TFT와 유사한 이동도를 가지지만 적합한 게이트 절연물질에 대한 연구가 더욱 필요하다. 이러한 OTFT를 AMOLED에 적용하기 위해서는

순차적인 연구가 필요하다. 우리는 픽셀에서 요구되는 2개의 Tr.중 먼저 우수한 특성이 요구되는 Driving Tr.로서의 OTFT에 대하여 연구 분석하였다. 본 연구를 위해 필요한 소자를 유리와 플라스틱(PET)기판에 직접 제작하였으며, 먼저 OTFT와 OLED를 각각 제작 한 후 소자 별 특성을 분석하였다. 얻어진 자료를 바탕으로 OLED의 면적과 OTFT의 W/L비에 대하여 살펴본 후 Test Panel를 제작하여 단일 픽셀에서의 실제적인 구동을 확인 하였다. 차후 연구계획은 단일 픽셀을 Matrix 형태로 설계하여 제작과 구동에 대하여 살펴볼 것이다.

Ⅱ. 실험

1. OTFT

Pentancene TFT의 성능을 나타내는 K값은 아래의 (식1)과 같다. 여기서 Cox와 μ는 공정에 의한 변수이고 W/L은 설계에 의한 변수이다. Pentacene TFT의 W/L에 따른 OLED 구동능력을 보기 위하여 다음과 같이 Pentacene TFT channel의 Length(L)와 Width(W)를 설계하였다. Pentacene TFTs 의 분석을 위하여 사용된 마스크는 Test panel을 위해 설계된 마스크에서 TFT부분을 제작하여 측정하였다.(그림2) 하나의 게이트 전극위에 8개의 TFT가 있으며 동일한 L값을 가진다. 하지만 8개의 TFT는 0.5㎜에서4㎜까지 0.5㎜씩 변화된 W주어 설계되었다. L값은 50㎛, 60㎛, 70㎛이며 기판의 양옆에 대칭적으로 설계하였다.

제작된 OTFT는 전류 특성이 좋은 inverted staggered 구조로 제작하였다.(그림2)[2]

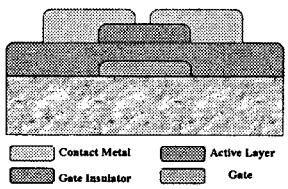

그림2. Inverted staggered 구조(TFT)

사용된 기판은 ITO가 코팅된 유리와 플라스틱기판(PET)을 사용하였다. 첫 번째 공정으로 게이트 전극을 다음과 같이 형성하였다. 우선 Wet Etch 방법으로 ITO를 형상화 한 후 전도성을 높이기 위하여 Al을 한 번 더 증착하였다. 두 번째 공정으로 게이트 절연막을 형성하였다. 사용된 게이트 절연막은 PGMEA(propylene glycol monomethyl ether acetate)에 PVP (poly 4 vinylphenol)와 poly(melamine-co-formalde hyde)를 용해시켜 스핀코팅공정으로 도포하였다.[3][4] 형상화를 위하여 리소공정후 O_2플라즈마를 이용하였다. 다음공정으로 활성층을 형성하였다. 활성층은 Pentacene을 OMBD (Organic Molecular Beam Deposition)로 증착하였으며, 증착 시 기판은 80℃로 가열하였다. Contact metal로는 Au를 사용하였고Evaporator장비를 이용했으며, 쉐도우 마스크를 사용하여 하였다. 제작된 OTFTs는 이동도가 약 0.3㎠/V.sec, 점멸비가 약 10^5 정도로 나타났다. (그림3,4)

$$K = \frac{C_{ox}\mu}{2} \cdot \frac{W}{L} \qquad \text{(식 1)}$$

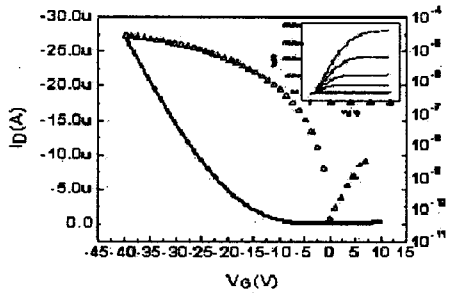

그림3. Pentacene TFT의 전달 특성과 출력 특성 그래프

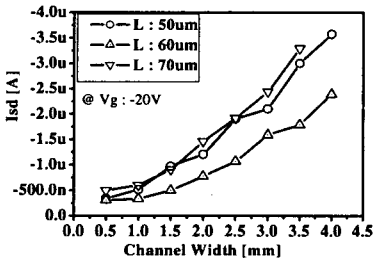

그림4. Pentacene TFT의 W-L-I 특성 그래프

2. OLED

OLED는 안정적인 발광을 얻기 위하여 HIL와 EML의 2층 구조로 하였다. 소자의 제작은 형상화된 ITO를 anode로 사용하였고, HIL층으로는 TPD를 진공 증착하였고, 연속적으로 EML층인 Alq3를 증착하였다. 유기물의 두께는 각각 35㎚로 제어하였으며, 음극의 형성은 쉐도우 마스크를 이용하여 Al을 진공 증착하였다. 제작된 OLED의 특성은 그래프와 같이 나타났으며, I-V특성은 전형적인 다이오드 특성을 보이고 전류

에 비례하여 휘도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. (그림5) 빛은 530nm 정도의 파장을 가지며 전형적인 녹색발광을 보였다.(그림6)

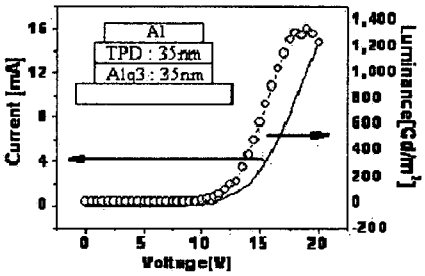

그림5. OLED의 I-V-L 특성 그래프

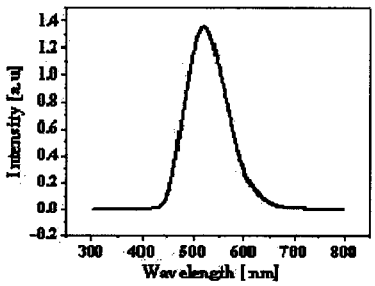

그림6. OLED의 발광 파장 그래프

특히 약 5V (1.35μA/mm^2 in glass substrate, 1.93μA /mm^2 in plastic substrate)정도에서 육안으로 빛을 관측할 수 있었다. 이것은 OTFTs에서 요구되는 출력 전류 값으로 사용하였다.

3.TestPanel

OTFT에 의한 OLED의 구동능력을 확인하기 위하여 Test panel을 제작하였다. Test panel은 L이 50μm, 60μm, 70μm로 변화함에 따라 W가 0.5mm에서 4mm까지 0.5mm씩 변화하도록 설계되었다.(그림7.8)

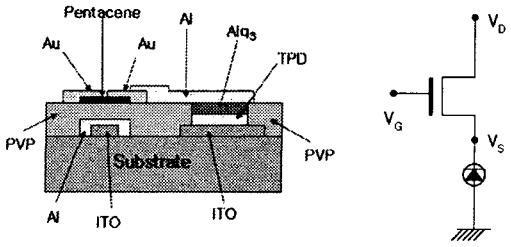

그림7. Test panel의 단면도 및 등가회로

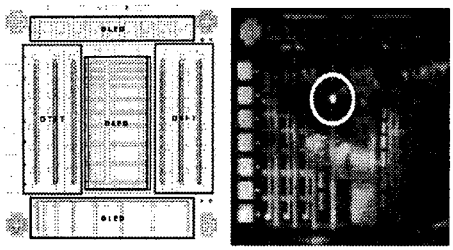

그림8. Test panel의 Layout 및 실제 픽셀 구동

그리고 panel의 상부에는 1mm × 1mm 크기의 OLEDs가 직렬로 연결되어 있고panel의 가운데 부분과 아래 부분은 1mm × 1mm부터 여러 가지 면적을 갖는 OLEDs가 구성되어 있다. 각각의 OLED는 각각의 OTFT에 의한 동작을 확인할 수 있다. 공정은 먼저 OTFTs의 게이트 전극과 OLEDs의 anode인 ITO를 형상화를 하고 게이트 절연막으로 크로스 링커 된 PVP를 도포한 후 O_2 플라즈마로 형상화 하였다. OMBD를 이용하여 OTFTs의 활성층인 pentacene 을 증착하였으며, OTFTs의 contact metal(Au)은 쉐도우 마스크를 이용하여 열 증착하였다. 그 후 OLEDs의 유기물을 적층하였으며, Evaporator를 이용하여 OLEDs cathode, OTFTs 와 OLEDs의 inter-connect metal인 Al을 열 증착하였다. 제작 공정에 있어 OTFT의 활성층의 형성 시 80℃의 기판가열이 필요하고, OLEDs에 적층되는 유기물보정성이 뛰어나므로 OTFTs를 형성 후 OLEDs를 공정을 수행 하였다. 제작된 소자를 이용하여 아래 그림 9와 같이 구동을 확인 할 수 있었다.

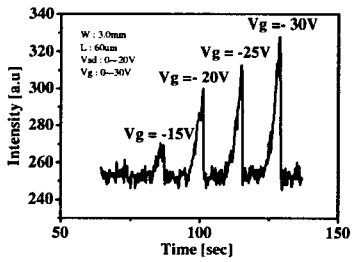

그림9. 게이트 전압에 따른 픽셀의 휘도 변화

Ⅲ. 결론

OTFT는 inverted staggered 구조로 제작되었다. 전류 점멸 비는10^5 정도이며, 이동도는 약 0.3cm^2 /

V • sec이다. OLED의 픽셀 크기는 1㎜ × 1㎜ 이며, 암실에서는 약 1μA이하의 전류에서 육안으로 빛을 관측 할 수 있었으며, 게이트 전압이 증가함에 따라 빛의 밝기도 밝아짐이 관측되었다. 관측된 빛의 파장은 약 530nm 정도이고 이것은 일반적인 Alq3 물질에서 얻을 수 있는 특성이다. 단일소자에서 얻어진 전류값을 바탕으로 Test Panel을 제작하여 동작을 확인하였다. 비록 정확한 수치적인 값은 얻을 수는 없었지만 OTFT에 의한 OLED의 실제 구동을 확인하였고 특정 면적의 OLED를 동작시키기 위한 OTFT의 W/L을 확인 할 수 있었다. 또한 게이트 전압의 변화에 따른 휘도의 변화를 확인할 수 있었다.(그림9) 앞으로 실험방향은 하나의 OTFT와 OLED의 픽셀을 이용하여 display pnael 을 제작하여 구동을 분석할 것이다.

Acknowledgment

이 연구(논문)는 과학기술부의 21세기 프론티어연구개발사업인 차세대 정보디스플레이 기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

References

[1] A.Kumar, K.Sakariya, P.Servati, Alexander, D.Striakhilev, K.S.Karim, A.Nathan,M.Hack, E.Williams, G.E.Jabbour "Design considera -tions for active matrix organic light emitting diode arrays" IEE Proc,-Circuits Devices Syst., Vol.150 322 (2003)

[2] 이명원, 김광현 송정근 "펜타센 박막의 두께와 전극 위치가 펜타센TFT 성능에 미치는 영향", 전자공학회논문집. 39권.12호. pp.1001, (2002)

[3] Hagen Klauk, M. Haik, U. Zschieschang, G. Schmid and W. Radlik "High-mobility polymer gate dielectric pentacene thin film transistors", *J. Appl. Phys.*, **Vol.92**. pp.5259, (2002)

[4] Hagen Klauk, M. Haik, U. Zschieschang, G. Schmid and W. Radlik "High-mobility polymer gate dielectric pentacene thin film transistors", *J. Appl. Phys.*, **Vol.92**. pp.5259, (2002)