

유기 박막 트랜지스터의 문턱전압 변화를 보상하기 위한 새로운 구조의 AMOLED 화소 회로에 관한 연구

최종찬, 신아람, 이재인, 윤봉노, 성만영*

고려대학교 전기공학과 반도체 및 CAD 연구실 (*semicad@korea.ac.kr)

A New AMOLED Pixel Circuit Compensating for Threshold Voltage Shift of OTFT

Jongchan Choi, Aram Shin, Jae-In Lee, Bongno Yoon, Man Young Sung*

Semiconductor & CAD Lab., Dept. of Electrical Engineering, Korea University (*semicad@korea.ac.kr)

Abstract : A new voltage-driven pixel circuit using soluble-processed organic thin film transistors (OTFTs) for an active matrix organic light emitting diode (AMOLED) is proposed. The proposed circuit is composed of four switching TFTs, one driving TFT and one storage capacitor. The proposed circuit can compensate for the degradation of OLED current caused by the threshold voltage shift of the OTFT. The simulation results show that the variation of OLED current corresponding to a 3V threshold voltage shift is decreased by 30% compared to the conventional 2T1C structure.

Key Words : Active matrix organic light emitting diode (AMOLED), organic thin film transistor (OTFT), threshold voltage shift, HSPICE simulation.

1. 서 론

능동형 유기발광 다이오드(AMOLED) 디스플레이는 LCD에 비해 빠른 응답속도, 낮은 소모전력 등의 많은 장점이 있어 차세대 디스플레이로 주목받고 있으며 활발히 연구가 진행되고 있다 [1],[2]. AMOLED는 각 화소에 OLED 구동을 위해 박막 트랜지스터(TFT)를 배치하게 되는데, 일반적으로 수소화된 비정질 실리콘(a-Si:H) TFT나 다결정 실리콘(poly-Si) TFT를 주로 사용해왔다 [1].

최근에는 저가로 대량생산이 가능하고, 저온 공정, flexible 디스플레이 구현 측면에서 큰 가능성을 지닌 유기 박막 트랜지스터(OTFT)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 용해되는 유기물을 이용한 OTFT는 진공 증착을 통해 제작된 펜타센 OTFT에 비해 취약한 전기적인 특성을 갖고 있음에도 불구하고, 훨씬 낮은 비용으로 대량 생산이 가능하기 때문에 연구가 진행되고 있다 [5].

이미 여러 논문을 통해 펜타센 기반의 OTFT는 a-Si TFT와 견줄만한 이동도와 on-off 특성을 갖는다는 것이 보고되었다 [3]. 그러나 a-Si:H TFT와 마찬가지로, 지속적으로 OTFT 게이트에 가해지는 바이어스는 문턱전압(V_{th})의 변화를 초래하여 OLED 전류의 열화현상이 발생한다 [4]. 따라서 화면의 균일성을 얻기 위해서는 V_{th} 의 변화를 보상할 수 있는 화소 구조와 timing diagram이 요구 된다.

본 논문의 목적은 용해되는 유기 물질을 이용한 OTFT를 이용하여 OLED 전류의 열화현상을 보상할 수 있는 새로운 구조의 화소 회로를 제안하고 시뮬레이션을 통해 검증해 보는 것이다. 제안된 회로는 저장용 축전지의 커플링 현상을 이용함으로써 OTFT의 V_{th} 변화를 보상하여 효과적으로 OLED 전류의 열화현상을 줄일 수 있다.

2. 본 론

제안한 새로운 화소 구조는 5개의 OTFT와 1개의 축전

자로 구성되어 있으며, 그림 1에 회로와 timing diagram을 도시하였다. TFT를 전압강하가 없는 이상적인 스위치로 가정할 경우, 각 단계의 동작은 다음과 같다.

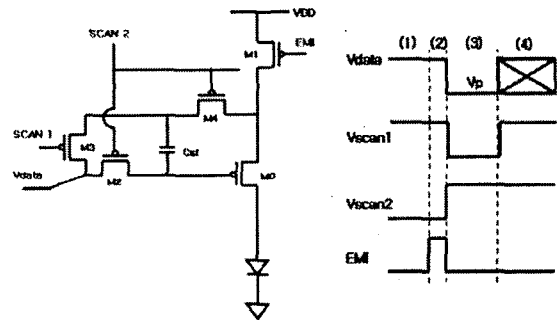


그림1. 제안된 5T1C 화소 회로와 timing diagram

구간 (1)에서 M3만 off 되므로 M0의 게이트는 Vdata, 소스는 VDD로 초기화된다. 구간 (2)에서 M1이 off되므로 Cst에 충전된 전하가 방전되면서 OLED로 전류가 흐르며, M0의 게이트-소스 사이의 전압이 V_{th} 까지 떨어지므로, 저장용 축전지 양단에 V_{th} 가 유지된다. 구간 (3)에서는 M3가 on되고 이를 통해 Cst 위쪽 노드에 V_p 가 전달된다. 이때 Cst의 커플링으로 인해 M0의 게이트 전압은 $V_p - V_{th}$ 가 된다. 구간 (4)에서 M1이 on되고 VDD가 M0의 소스에 인가되면 다음 식과 같은 OLED 전류가 흐르게 된다.

$$I_{OLED} = K(V_{GS} - V_{th})^2 = K(V_{DD} - V_p + V_{th} - V_{th})^2 = K(V_{DD} - V_p)^2$$

따라서 OLED 전류는 V_{th} 에 독립적인 항수가 되어, V_{th} shift에 의한 열화현상이 억제되는 효과를 볼 수 있다.

제안된 회로를 시뮬레이션하기 위해 HP4156B를 이용하여 OTFT의 전압-전류 특성 곡선 및 소자 파라미터를

측정하였으며, 측정값을 기준으로 화소 회로에 사용될 전압-전류 특성 곡선을 SPICE level 61 RPI a-Si TFT model을 사용하여 모델링하였다. OTFT의 파라미터는 표1에 제시하였고 그림 2에 전압-전류 특성 곡선의 측정값과 모델링 값을 도시하였다.

<표1> OTFT 소자 파라미터

Parameters	Value
Mobility	0.2 cm ² /Vs
Threshold Voltage	-5V
Sub-threshold Slope	2.28 V/dec
On-off ratio	1.03E05
Gate Dielectric thickness	100nm

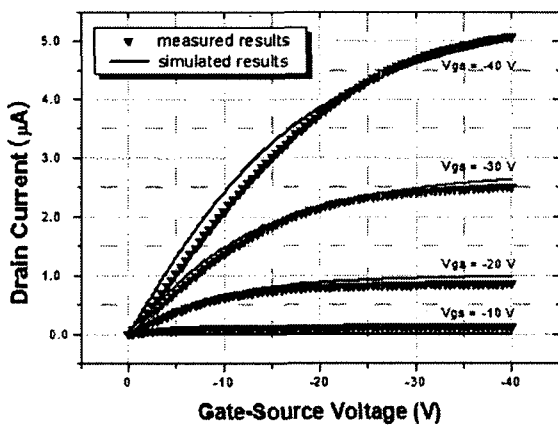


그림2. 용해되는 물질을 이용한 OTFT의 전압-전류 특성 곡선의 측정 결과와 시뮬레이션 결과

모델링 된 OTFT를 이용하여 제안한 화소 구조를 시뮬레이션 하였다. QVGA(320x240) 해상도에서 60Hz의 프레임율을 적용하면 약 70µs의 스캔 시간이 계산된다 [2]. 계산된 스캔 시간을 적용하고, -5V의 data전압에서 구동 OTFT (그림1의 M0)의 Vth를 단계적으로 3V만큼 변화시키면서 시뮬레이션을 실시하였으며, 결과를 그림 3에 제시하였다.

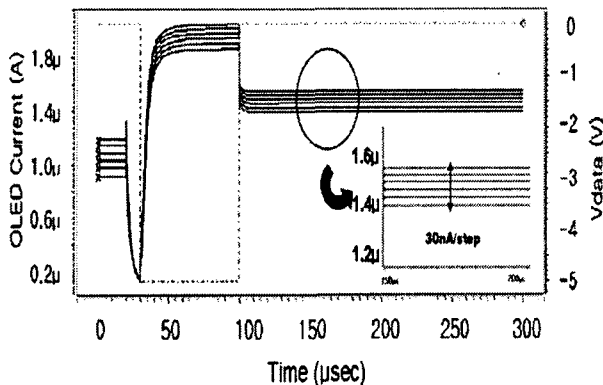


그림3. 제안된 화소회로의 data전압 및 OLED 전류

· 시뮬레이션 결과, Vth가 0.6V 증가할 때, 약 30nA의 OLED 전류의 감소가 있음을 확인할 수 있었다. Vth 변화

에 따른 화소 전류의 변화량을 계산하여 일반적인 2T1C 구조와 비교하였다. 그림 4를 통해 2T1C 구조에 비해 제안된 구조에서 OLED 전류의 오차율이 개선됨을 확인할 수 있다.

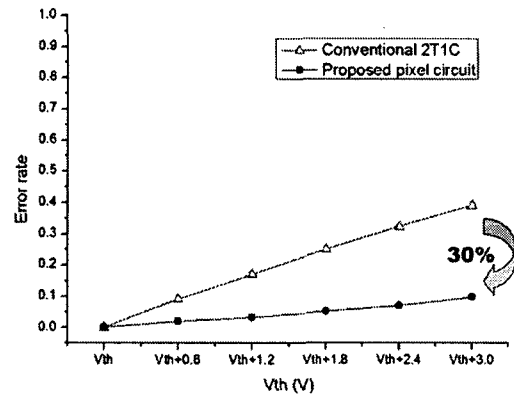


그림4. 제안된 구조와 2T1C 구조의 오차율 비교

3. 결론

용해되는 유기물을 이용한 OTFT를 AMOLED 화소 구동에 이용할 때 생기는 전류 레벨의 열화현상을 억제하기 위해 5T1C 구조의 화소 회로를 제안하였다. 시뮬레이션을 통해, 제안된 회로는 입력된 데이터 전압을 통해 저장용 축전지의 커플링을 발생시켜서 Vth의 변화에 의한 전류의 열화현상을 보상할 수 있다는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 고려대학교-LG Display 산학협력프로그램에 의해 지원되었으며, 관련 기관에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] Arokia Nathan, Reza Chaji, and Shahin J. Ashtiani. "Driving Schemes for a-Si and LTPS AMOLED Displays", Journal of Display Technology. vol.1, no.2, 2005.12, invited paper
- [2] Sang Jun Hwang, Aram Shin, Yohan Kim, Man Young Sung, "A New Organic TFT based Current Programmed Pixel Circuit for Driving Active Matrix OLEDs", Proceedings of Asia Display 2007, vol.2, pp.1499-1503
- [3] DJ Gundlach, CC Kuo, S. F. Nelson, and T. N. Jackson, "Organic Thin Film Transistors with Field Effect Mobility > 2 cm²N^{-s}", Device Research Conference Digest, 1999 57th Annual, 1999, pp.164-165
- [4] C Pannemann, T Diekmann, U Hilleringmann "Degradation of organic field-effect transistors made of pentacene", Journal of Materials Research, 2004, vol.19, no.7 pp.1999-2004
- [5] Nack-Bong Choi, Dae-Won Kim, Hyun-Sik Seo, Chang-Dong Kim, Hochul Kang, Min-Joo Kim, and In-Jae Chung, "Fine-Patterned Organic Thin Film Transistors using Solution Organic Semiconductor Materials", Japanese Journal of Applied Physics, vol.46, no.3B, 2007, pp.1333-1336