

AMOLED(active matrix organic light emitting diode) 의 문턱전압 보상과 화소구조에 대한 연구

김정민, 광계달, 신흥재, 최성욱
한양대학교, 반도체 연구실
전화번호:02-2290-0357/핸드폰:011-9708-9598

Threshold voltage influence reduction and Wide Aperture ratio in Active Matrix Orgnic Light Emitting Diode Display

jeong-min kim, kae-dal kwack, hong-jea shin, sung-wook choi
Hanyang University
E-mail : 4u2pa@hanmail.net

Abstract

This paper describes the pixel of AMOLED(active matrix organic light emitting diode) driving circuit by poly-si technology. The area per pixel is 278um×278um in 120×160(2.2 inch). Driving the OLEDs with active matrix leads to the lower voltage operation, the lower peak pixel currents and the display with much greater efficiency and brightness. The role of the active matrix is to provide a constant current throughout the entire frame time and is eliminating the high currents encountered in the passive matrix approach. This design can support the high resolutions expected by the consumer because the current variation specification is more stricted. The pixel has been designed driving TFT threshold voltage cancellation circuit and wide aperture ratio circuit that communizes 4 pixel. The test simulation results and layout are ±1% per threshold-current variation and 12.5% the aperture ratio of increase.

1. 서론

현재 차세대 디스플레이로 각광 받고 있는 유기 EL은 TFT LCD보다 응답속도가 빠르고 자체 발광으로 두께면에서 더 얇다는 장점이 있다. 그러므로, 현재 기업에서 핸드폰이나 PDA를 목표로 개발 중이다. 그리고 Passive matrix방식으로 구동되는 유기 EL은 여러 회사에서 양산 단계까지 와 있는 상태이다. 하지만 현재 Passive matrix구동 방식의 가장 큰 문제점은 대화면으로 갈수록, Row line의 scanning 시간의 단축으로 인해서 같은 밝기를 유지하기 위하여 source line에서 data의 전압이 상승되어야 한다는 문제가 있다. 그러므로 대화면으로 갈수록 Active matrix 구동방식이 유리하다. 그러나, a-si과 poly-si의 위치에 따른 문턱전압의 변화를 회로적으로 보상해야 한다는 문제점을 안고 있다.

본 논문은 전압으로 문턱전압보상을 하며 TFT수의 증가에 따라 감소하는 개구율을 높이는 화소를 제안하였다. 특히 논문에서는 대화면 구동에 적합한 Active matrix 방식으로 구동되는 화소를 중점으로 연구하였으며, 현재 가장 문제로 제기되는 문턱전압에 대한 보상을 기본 바탕으로 어떻게 하면 좀 더 개구율을 높일 것인가에 착안하여 화소를 설계하였으며 simulation하였다.

II. 기존의 AMOLED구조

기존의 AMOLED(active matrix organic light emitting diode)의 구동회로는 그림 1과 같은 구조이며 Scan TFT와 Driving TFT가 gate-source 전압에 따라 동작하게 된다. 회로구동동작에 대해 살펴보면 Scan line의 전압이 high에서 low로 변하면 T1이 on이 된다. 그때 data가 V_{DATA} line에서 들어오게 된다. 그러면 C1에 전압이 충전되며 T1이 꺼진 후에서 one frame 동안 C1의 전압에 따라 T2는 계속 같은 전류를 OLED에 공급하게 된다. 그러므로, 화소수가 증가해도 data의 전압이 증가 할 필요가 없다.

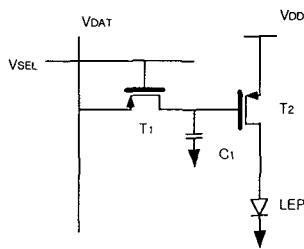


그림 1. 기본적인 AMOLED의 화소구조

이에 대한 전류식은 식 1과 같다. 여기서 보

$$I = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} (V_{gs} - |V_{th}|)^2 \quad <1>$$

듯이 식 1은 V_{th}를 포함하고 있으며 이로인해 a-si와 poly-si의 위치에 따른 문턱전압의 변화로 위치에 따라 전류가 변하게 된다. 이것으로 인해 밝기가 균일하지 못하게 된다. 그러므로 문턱전압의 보상이 필요하다.

III. 제안한 화소의 기본구조

본 논문에서는 전압보상을 기본으로 하여 설계하였다. 제안한 화소의 메카니즘은 그림 2와 같다. 그림 2

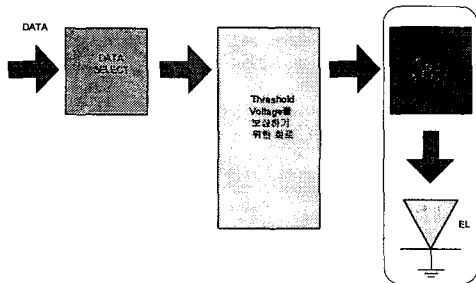


그림 2. AMOLED 화소의 블럭다이어그램

는 각 기능 별로 3부분으로 나누고 있다. 데이터를 선택하는 DATA SELECT 부분과 문턱전압을 보상하는 Threshold voltage를 보상하기 위한 회로와 저장된 charge로 one frame동안 전류를 OLED에 흘려주는 OLED DRIVING 부분으로 나눌 수 있다. 이것을 회로로 나타낸 것이 그림 3이다. 그림 3을 살펴보면 데이터를 선택하는 P1과 문턱전압을 보상하기 위한 TFT P4와 P5로 구성되어 있으며 one frame동안 구동 할 TFT P2로 되어 있다.

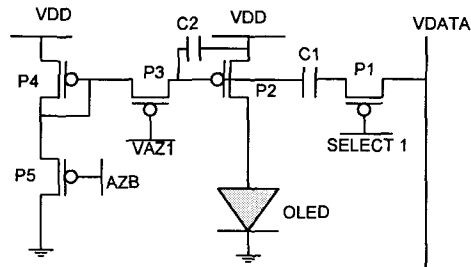


그림 3. 제안한 AMOLED 화소구조

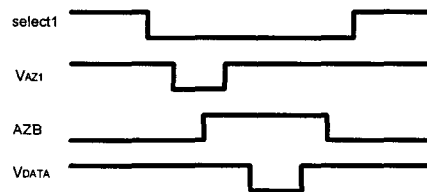


그림 4. 그림 3의 PWM방식의 구동신호

그림 3의 회로를 구동하기 위한 신호는 그림 4와 같이 PWM방식의 구동신호를 사용하며 이를 이용하여 그림 3의 구조적인 조건은 P4의 문턱전압이 P2와 같아야 한다. 그러므로 layout시 P2와 P4를 붙여서 설계해야 한다. 그리고 C1은 C2보다 10배정도 커야 한다. 구동 방식을 살펴보면 SELECT1전압이 low가 되어서 P1이 on이 되면 data는 high를 유지한다. 그때 VAZ1이 low가 되고 AZB도 low를 유지하면서 C2의 precharge를 없앤다. 그런후 VAZB가 high가 되면서 P5의 source 전압을 상승시킨다. P5의 source의 전압이 VDD-V_{th}가 될 때까지 상승되다가 멈춘다. 이 전압으로 인해 C1이 V_{th}가 충전된다. 그런후 VAZ1이 high를 갖게 되어 P3가 off된다. 이로인해 문턱전압보상부분과 끊기게 되며 C1은 V_{th}가 계속 충전되어 있고 이 때 원하는 data를 인가해 주면 C2에 전압이 충전된다. 그런 다음 SELECT1에 high를 인가하여 P1을 off 시킨다. 이렇게 하면 one

frame 동안 C2의 전압으로 P2에 전류가 흐르게 되고 그 전류가 OLED에 흐르게된다. P2의 전류식은 식3과 같다.

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} (V_{DD} - V_{DATA} + V_{th} - V_{th})^2 \quad <2>$$

$$= \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} \frac{W}{L} (V_{DD} - V_{DATA})^2 \quad <3>$$

식3에서 보듯이 그림 3은 Vth에 무관하게 동작한다. 이로써 문턱전압은 보상되었다.

IV. 개구율을 높인 화소구조

제안된 화소는 다른 화소구조보다 TFT와 Capacitance 수가 많다. 그러므로 다른 구조보다 개구율이 좋지 않다. 이를 보완하기 위하여 제안된 구조가 그림 5이다.

그림 5는 4개의 화소를 연결하여 각 화소의 TFT의 수를 최소화하였다. 화소 4개를 연결하여 문턱전압을 보상하였기 때문에 P1과 driving TFT인 P4,P7,P10와 P13은 근접해야 한다는 조건을 가지고 있다. 윗 line 스캔 동안은 위 두 화소가 구동하고 그 다음 line 스캔 동안 밑의 화소 열이 구동하게 된다. 구동 방식을 설명하면 data가 high인 상태를 유지하면서 P5와 P11이 on 되고 P9과 P3가 on 상태로 유지하면서 P2가 on이 되면서 전에 충전된 전하가 reset 된다. 그런 다음 P2가 off가 되면서 P2의 source 전압을 VDD-Vth 까지 상승시킨다. 이 전압은 C7과 C5에 저장되고나서 스위치 P3와 P9을 off시킨다. 이 때 원하는 data를 집어넣으면 C1과 C3에 VDD-VDATA+Vth 만큼의 전하가 충전된다. 마지막으로 SELECT 전압을 high로 유지하면 C1과 C3의 전압에 의해 OLED

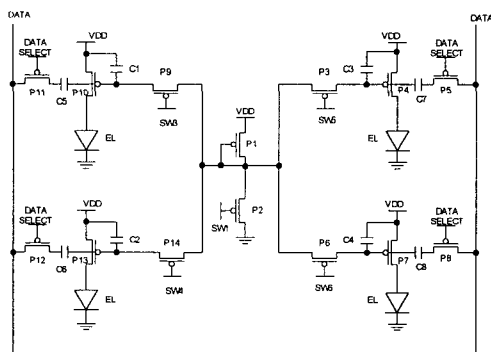


그림 5. 개구율을 높인 화소구조

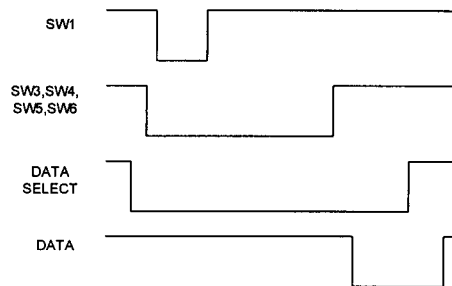


그림 6. 개구율을 높인 화소구조의 PWM 방식의 구동 신호

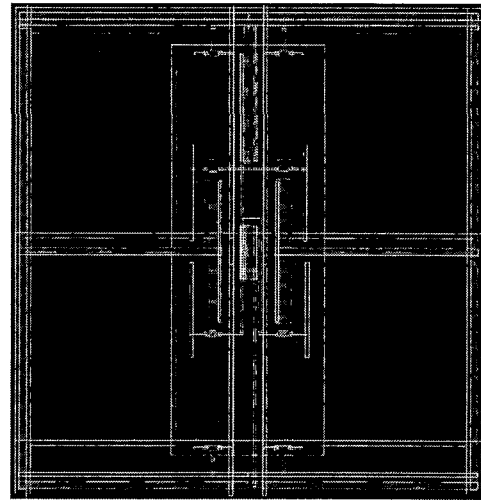


그림 7. 그림 5의 layout

가 one frame 동안 동작하게 된다. 다음 열도 이와 같은 방식으로 동작하게 된다. 그림 7은 그림5의 layout이며 TFT 4개와 Capacitance 2개를 사용한 화소보다 12.5% 개구율의 증가를 보였다.

V. SIMULATION 결과

그림 5의 simulation은 poly-si TFT를 HSPICE 레벨 3으로 fitting하여 library file을 만들었으며 기본 문턱전압은 한 poly-si의 최대 변화율이 ±300mV이지만 본 논문에서는 100mV씩 ±500mV까지 변화시키면서 simulation 결과를 보았다. 이렇게 문턱전압을 변화시켰을 때 전류를 보면 문턱전압이 보상된 것을 확인할 수 있다.

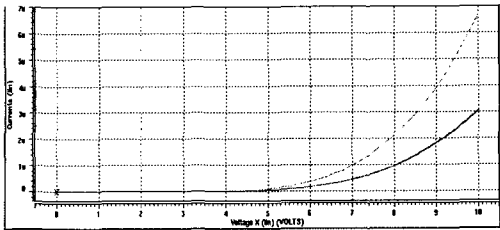


그림 7. 전압의 변화에 따라 각 RGB OLED에 흐르는 전류변화

그림 7은 OLED에 걸리는 전압의 변화에 따라 blue OLED가 가장 전류가 많이 흐르고 green OLED와 red OLED는 같은 전류가 흐른다. 여기서는 blue OLED를 기본 OLED로 놓고 simulation 하였다.

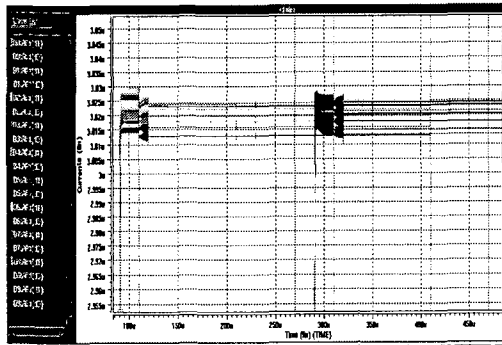


그림 8. 그림 5의 문턱전압의 변동에 대한 전류의 변화

그림 8은 윗 line 과 다음 line의 전류를 나누어 나타낸것이며 100usec일 때의 신호가 윗 line의 전류이며 300usec일 때의 전류는 아랫 line의 전류이다. d1과 d3는 OLED1과 OLED3이다. 이 전류의 변화를 보면 전압에 따른 전류의 변화는 $\pm 1\%$ 이며 이로 인해 전류의 변화는 문턱전압의 변화에 무관하다.

VI. 결 론

현재 유기 EL에 관한 연구가 산학연으로 활발히 진행되고 있으며 빠른 시일 내에 제품으로 일상생활에서 접할 수 있게 될 것이다. 본 논문에서는 이런 유기 EL의 화소에 대한 연구를 하였으며 AMOLED(active matrix organic light emitting diode)의 구동방식을 중점으로 문턱전압보상과 개구율을 높이는 화소구조를 제안하였다. Simulation 및 layout으로 성능향상을 검증하였다. 이렇게 설계된 유기 EL은 PDA나 핸드폰 및 대화면 구동 시 사용될 것으로 사료된다.

Reference

- [1] "The impact of the transient response of organic light emitting diodes on the design of active matrix OLED displays" Electron Devices Meeting, 1998. IEDM '98 Technical Digest., International , 1998 Page(s): 875 -878
- [2] 유준석, "A Study on the Improvement of Performance and reliability of Poly-crystalline Silicon Thin Film Transistor and Driving Circuits" 서울대학교 대학원, pp.130-133, 2001. 02
- [3] "Active matrix organic light emitting diode pixel design using polysilicon thin film transistors" Lasers and Electro-Optics Society Annual Meeting, 1998. LEOS '98. IEEE , Volume: 1 , 1998 Page(s): 128 - 129 vol.1
- [4] "Polymeric organic light emitting diodes (OLED)" Electron Devices Meeting, 1999. Proceedings. 1999 IEEE Hong Kong , 1999 Page(s): 18 -22