

논문 2009-46SD-4-7

LTFS TFT의 V_{th} 와 mobility 편차를 보상하기 위한 AMOLED 화소 회로

(AMOLED Pixel Circuit with Electronic Compensation for V_{th} and
Mobility Variation in LTFS TFTs)

우 두 형*

(Doo Hyung Woo)

요 약

본 연구를 통해서 대 면적, 고 휘도 AMOLED 응용에 적합한 화소 회로와 이에 대한 구동 방식을 제안하였다. 균일도는 다소 떨어지지만 안정성이 뛰어난 저온 다결정 실리콘(LTFS) 박막 트랜지스터(TFT)를 기반으로 설계했다. 영상 화소의 균일도를 향상시키기 위해, 화소 TFT의 V_{th} 와 이동도 편차를 함께 보상할 수 있도록 했다. 기존의 이동도 보상 회로가 갖는 문제점을 극복하여 대 면적 패널에 적합하도록 했고, 동영상 특성을 개선하기 위해 black data insertion 방식을 도입하였다. 이동도 보상 시 휘도가 떨어지는 문제를 개선하기 위해, 패널이 두 가지 보상 모드에서 동작할 수 있도록 하였다. 화소 회로를 제어하기 위한 스캔 구동 회로를 최적화하여, 이를 통해서 보정 모드를 쉽게 제어할 수 있었다. 최종 구동 타이밍은 여유 있는 마진으로 안정적인 동작이 가능하다. 14.1" WXGA top emission AMOLED 패널에 대해 설계했으며, 이동도 보상 시간을 1 μ s로 했을 때 패널의 불균일도는 5% 이하로 예측되었다.

Abstract

We proposed a new pixel circuit and driving method for the large-area, high-luminance AMOLED applications in this study. We designed with the low-temperature poly-silicon(LTFS) thin film transistors(TFTs) that has poor uniformity but stable characteristic. To improve the uniformity of an image, the threshold voltage(V_{th}) and the mobility of the TFTs can be compensated together. The proposed method overcomes the previous methods for mobility compensation, and that is profitable for large-area applications. Black data insertion was introduced to improve the characteristics for moving images. AMOLED panel can operate in two compensation mode, so the luminance degradation by mobility compensation can be released. The scan driver for controlling the pixel circuits were optimized, and the compensation mode can be controlled simply by that. Final driving signal has large timing margin, and the panel operates stably. The pixel circuit was designed for 14.1" WXGA top-emission AMOLED panel. The non-uniformity of the designed panel was estimated under 5% for the mobility compensation time of 1 μ s.

Keywords : AMOLED, LTFS TFT, mobility compensation, compensation circuits

I. 서 론

능동형 유기 발광 다이오드(AMOLED)는 차세대 평

* 정회원, 가톨릭대학교 정보통신전자공학부
(School of Information, Communications &
Electronic Engineering, The Catholic University of
Korea)

※ 본 연구는 2008년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원으로 이루어졌음

접수일자: 2009년1월19일, 수정완료일: 2009년2월18일

판 디스플레이 산업을 이끌어 나갈 것으로 기대되며, 얇은 구조, 높은 색재현성, 광 시야각, 빠른 응답 속도, 높은 휘도, 높은 명암 비, 저 전력 소모 등의 뛰어난 특성을 나타낸다.^[1~2] OLED 소자는 스스로 발광하는 성질을 가지므로, 액정 디스플레이(LCD)와는 달리 백라이트를 필요로 하지 않는다. 이 때, OLED에 흐르는 전류에 의해 밝기가 결정되므로, AMOLED 패널의 각 픽셀은 전류 구동 방식으로 동작한다.

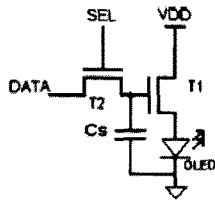


그림 1. 간단한 2T-1C 픽셀 회로^[3]
Fig. 1. A simple 2T-1C pixel circuit^[3].

AMOLED 패널에 대해 가장 간단한 픽셀 구조는 그림 1과 같고, 두개의 트랜지스터와 한개의 캐패시터로 구성되어 있다.^[3] 이를 간단히 2T-1C 구조라고도 하며, 데이터를 픽셀에 순차적으로 전달하기 위한 박막 트랜지스터(TFT), 전류 구동을 위한 TFT, 데이터를 저장하여 일정 시간 동안 유지하기 위한 캐패시터로 구성된다. OLED 소자의 픽셀 전류는 픽셀의 밝기와 비례하고, 이것은 구동 TFT(T1)의 게이트-소스 간 전압에 의해 결정된다. 따라서 전체 영상 이미지의 균일도는 구동 TFT의 특성 편차, 즉 이동도와 문턱전압(V_{TH})의 편차에 의해 좌우된다. 구동 TFT의 특성 편차를 보상하고 균일한 영상을 얻기 위해, 여러 가지 픽셀 구조와 구동 방식이 연구되었다.^[4~8]

AMOLED 패널을 위한 TFT는 비정질 실리콘(a-Si) 또는 저온 다결정 실리콘(LTPS) 기반에서 제작할 수 있다. a-Si TFT 소자는 특성이 매우 균일하지만, V_{TH} 이동 등의 안정성 문제가 심각하고, 이동도가 낮아서 구동 회로를 패널위에 집적하기가 어렵다. 이에 반해, LTPS TFT는 상대적으로 안정성이 높고 이동도가 높지만, 그레인 경계의 불규칙성으로 인해 V_{TH} 와 이동도 특성에 대한 픽셀 간 편차가 크다. 본 연구에서는 LTPS TFT를 이용하여 AMOLED 패널을 설계했고, V_{TH} 와 이동도를 동시에 보상할 수 있는 최적의 회로를 제안하였다.

II. V_{TH} 와 이동도 보상

1. V_{TH} 보상 회로

V_{TH} 보상을 위한 대표적인 전압 전달 방식의 픽셀 구조를 그림 2에 나타내었다. 전류 구동을 위한 TFT(T0), 데이터를 픽셀에 전달하기 위한 TFT(T1)와 데이터를 저장하기 위한 캐패시터(C2)가 필수적으로 필요하며, V_{TH} 보상을 위해 두개의 TFT(T2, T3)와 한개의 캐패시터(C1)가 추가되었다. 그림 2 타이밍도의 1

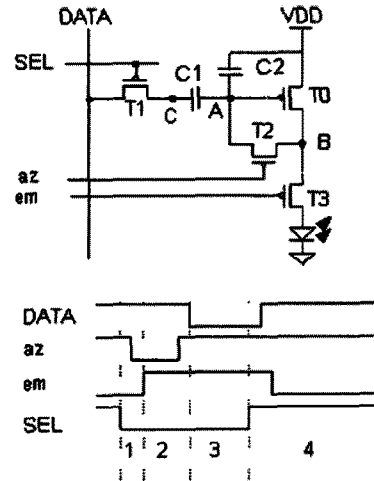


그림 2. V_{TH} 보상을 위한 대표적인 전압 전달 방식의 픽셀 구조^[7]
Fig. 2. A example of the voltage programmed pixel circuit for compensating threshold voltage variation^[7].

구간은 V_{TH} 보상을 위한 일종의 리셋 구간으로서, 모든 스위치가 켜지면서 T0에 일정한 전류가 흐른다. 다음으로, 2 구간에서 T3이 꺼지고 T0에 흐르는 전류는 A node에 적분된다. 즉, A node의 전압이 상승하면서 T0의 게이트-소스 간 전압이 감소한다. 이는 T0에 거의 전류가 흐르지 않을 때까지 계속되며, T2가 꺼지면서 동작을 마무리한다. 이 때, A node에 저장된 전압 값은 $V_{DD} - V_{TH, T0}$ 라 할 수 있다. 이 후, 3 구간에서는 데이터 전송선의 전압이 기준전압에서 영상 데이터 값으로 바뀌고, A node의 전압은 C1, C2의 비와 데이터 전압을 고려하여 boosting된다. 이 때, A node의 전압은 각 픽셀의 V_{TH} 값을 기준으로 입력되는 영상 데이터를 반영하므로, 4 구간부터는 각 픽셀의 V_{TH} 편차와 거의 무관한 영상을 얻을 수 있다.

2. 이동도 보상 회로

그림 2와 같은 V_{TH} 보상만으로도 AMOLED 픽셀의 전류 구동 편차를 크게 줄일 수 있다. 그러나 LTPS TFT를 기반으로 하는 경우, 큰 이동도 편차로 인해 이에 대한 보상 요구가 높아지고 있다. 이동도 보상을 위해 주로 전류 전달 방식^[4]을 사용한 접근이 많았으나, 구동 속도가 매우 느리고 낮은 전류 레벨을 전달하기가 어려운 단점이 있다.

그림 3은 V_{TH} 보상과 이동도 보상을 동시에 수행하기 위해 최근에 개발된 전압 전달 방식의 개요를 나타낸다.^[9] 그림 3의 왼쪽은 서로 다른 특성을 갖는 두 개

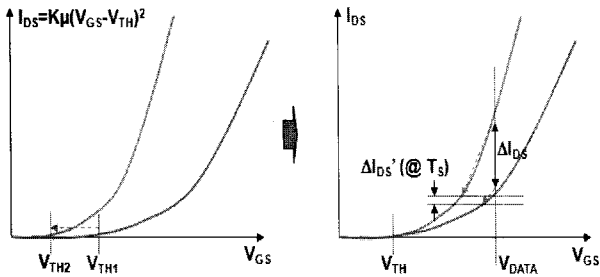


그림 3. 전압 전달 방식의 픽셀에서 V_{TH} 와 이동도를 함께 보상하기 위한 방법

Fig. 3. A V_{TH} and mobility compensation method for voltage-programmed pixel circuit.

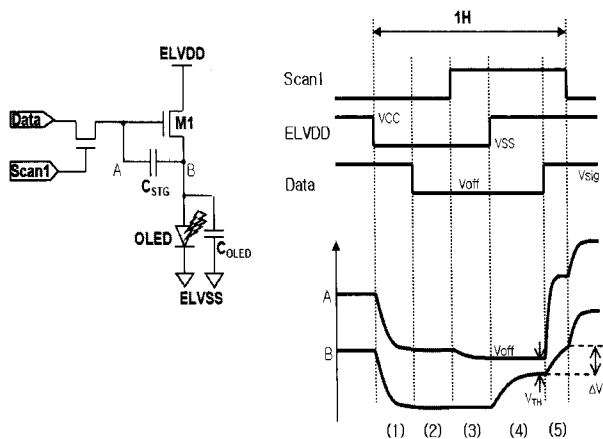


그림 4. 그림 3의 방법을 구현하기 위한 픽셀 회로의 구조와 타이밍

Fig. 4. The schematic and timing diagram of the pixel circuit for V_{TH} and mobility compensation.

의 픽셀 TFT에 대한 $I_{DS}-V_{GS}$ 곡선을 나타낸다. 이 때, 픽셀에 가해주는 영상 데이터는 TFT의 V_{GS} 값을 결정하므로, TFT 특성에 대한 보상이 없다면 각 픽셀에 흐르는 전류는 큰 편차를 보일 것이다. 그림 3의 오른쪽은 두 픽셀 TFT의 V_{TH} 편차를 보정한 후이다. 두 특성 곡선의 편차가 많이 줄었지만, 동일한 V_{DATA} 값에 대해서 이동도 편차 때문에 여전히 큰 전류 차이(ΔI_{DS})를 보인다. 이러한 이동도 편차를 완화하기 위해, 그림 3과 같이 먼저 V_{TH} 를 보상하고 V_{DATA} 를 인가한 후에, 다시 V_{TH} 보상을 아주 짧은 시간 동안(T_S)만 진행한다. 두 번째 V_{TH} 보상은 불완전하므로, 동작점이 V_{TH} 까지 도달하지 못하고 중간에 멈춘다. 이 때, 이동도가 높은 TFT의 전류는 빨리 감소하고 이동도가 낮은 TFT의 전류는 늦게 감소하므로, 그림 3과 같이 실제 동작점에서 전류 편차($\Delta I_{DS}'$)는 이전 값(ΔI_{DS})보다 감소한다.

그림 4는 그림 3의 방법을 구현하기 위한 픽셀 회로의 구조와 타이밍을 나타낸다.^[9] 회로 구조는 그림 1과

동일한 형태로 매우 간단하고, C_{OLED} 는 OLED의 역바이어스 캐패시터를 의미하며 이 값은 일반적으로 C_{STG} 보다 수배 이상 크다. 보상 구간은 크게 다섯 구간으로 나뉜다. 먼저, (1)구간은 일종의 리셋 구간으로서, ELVDD가 낮은 전압으로 바뀌고 이 값이 M1에 의해 B node에 전달된다. 이 때 부터 보상 구간에 걸쳐서 OLED는 동작하지 않으며, 큰 용량을 갖는 역바이어스 캐패시터로 모델링할 수 있다. 다음으로, (2)구간에서 data 전송선은 고정 전압 V_{off} 값으로 바뀌며, 이 값은 (3)구간에서 A node로 전달된다. (4)구간에서 ELVDD가 다시 높은 전압으로 바뀌면서 M1에 전류가 흐르기 시작하고, 그림 2의 회로와 비슷한 원리로 V_{TH} 보상을 수행한다. (4)구간이 끝난 후에 C_{STG} 에는 M1의 V_{TH} 가 저장된다. 다음 (5)구간에서 데이터 전송선으로부터 A node에 영상 데이터 값이 전달되며, M1에 다시 전류가 흐르기 시작한다. 이 때, V_{TH} 보상 과정이 다시 반복되지만, 이 시간을 짧게 함으로써 그림 3에서 설명한 이동도 보상을 수행하는 것이다. 즉, (5)구간이 끝난 후에 C_{STG} 에는 ' $V_{DATA} + V_{TH} - \Delta V$ '가 저장되며, ΔV 는 이동도가 큰 소자일수록 크다. (5)구간 이후에는 C_{STG} 값이 그대로 유지되면서 OLED가 켜지고, 픽셀의 밝기가 한 프레임 동안 유지된다.

III. 대면적, 고휘도 AMOLED 패널 설계

1. 기존 방법의 문제점 고찰

그림 4와 같은 방식은 픽셀 구조가 매우 간단하므로, 개구율이 중요한 응용에 적합하다. 즉, OLED의 빛이 TFT를 통과하는 bottom emission 구조에 적합하다. 또한, V_{TH} 와 이동도 보상이 가능하므로, LTPS TFT를 기반으로 하는 AMOLED 패널에 적합하다. 그러나 ELVDD는 행 단위로 순차적인 구동을 해야 하므로, 이를 위해 추가적인 회로가 필요하다. ELVDD는 OLED에 필요한 전류를 공급하므로, 대형 패널일수록 전류-저항 곱에 의한 전압 강하 문제가 심각하다. 따라서 ELVDD를 구동하기 위한 회로는 큰 면적을 차지하며 설계가 쉽지 않다. 이와 더불어 데이터 전송선을 구동하기 위한 추가 회로도 필요하다. 각각의 구동 신호는 짧은 시간(1H)을 나누어 써야 하므로 효율적이지 못하고 이에 따른 전력 소모가 크다. 또한, 짧은 시간 동안 리셋, V_{TH} 보상, 데이터 충전 및 이동도 보상을 수행해야 하므로, 픽셀 회로를 최적화 하는데 많은 어려움이

따른다. 또 다른 심각한 문제는 휘도 저하이다. 그림 3에서 나타낸 것과 같이, 이동도 보상 효과를 높이려면 I_{DS} 가 줄어들고 이는 영상의 휘도 저하로 나타난다.

2. 새로운 픽셀 구조와 구동 방법

기존 방법에서 오는 문제를 완화하고, 대면적 및 고 휘도 응용에 적합하도록 새로운 픽셀 구조와 구동 방식을 제안하였다. 그림 5와 6에 각각 픽셀 구조와 이에 대한 타이밍도를 나타내었다. 총 다섯 개의 N-type TFT와 한 개의 캐패시터로 구성되며, 이 중에서 M1이 전류 구동을 위한 TFT이다. 픽셀 구조가 다소 복잡하지만 top emission 방식에서는 거의 문제가 되지 않으며, 간단한 NMOS 공정으로 구현이 가능하다. 이전 방법과는 달리 ELVDD와 데이터 전송선을 구동하기 위한 추가적인 회로는 필요하지 않다. 제어 신호는 총 네 개로 구성되며, G0 신호를 이용하여 V_{TH} 보상만 가능한 형태로도 제어가 가능하다. AMOLED 패널의 일반적인 응용에서, 전체 화소를 동작시키는 경우에는 비교적 낮은 휘도(최대 200nit 정도)를 요구한다. 그러나 전체 화소의 일부(4% 미만 정도)만 동작시키는 경우는 높은 휘도 요구치(최대 600nit 정도)를 갖는다. 따라서 전체 화소의 일부만 동작시키는 경우에는 영상의 균일도를 다소 손해 보더라도 휘도를 높여야만 한다. 제안하는 방법은 V_{TH} 와 이동도를 함께 보상할 수 있을 뿐만 아니라, 휘도를 높이기 위해 V_{TH} 보상만 가능하도록 동작할 수 있다.

그림 6(a)는 V_{TH} 보상만 하는 경우에 대한 타이밍도를 나타낸다. 한 프레임은 총 네 개의 구간으로 나뉘며, 첫 번째 구간에서 G2와 G3를 이용하여 A와 B node의

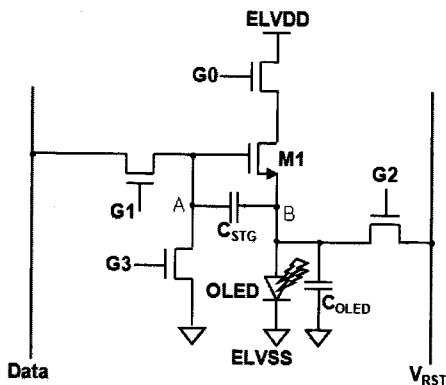


그림 5. 대 면적, 고 휘도 응용에 적합한 픽셀 구조
Fig. 5. A pixel circuit for AMOLED panel with large area and high luminance.

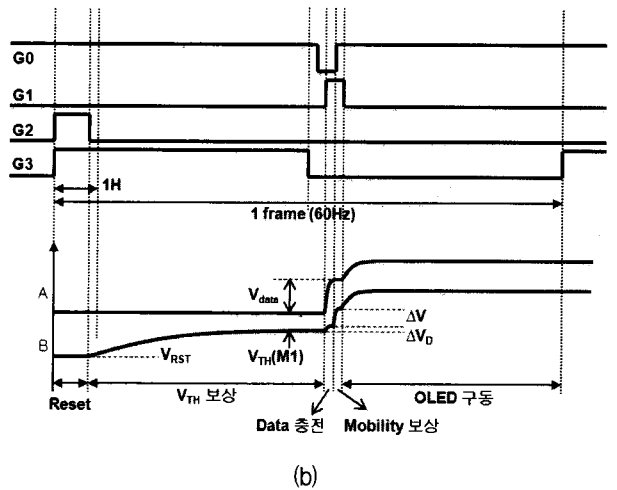
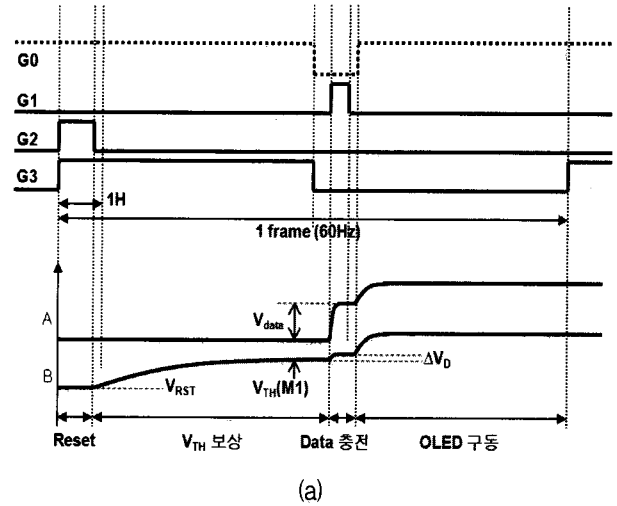


그림 6. 그림 5의 회로를 위한 타이밍도
Fig. 6. Timing diagram for the circuit in Fig. 5.

전압을 정의한다. 이 때, OLED가 꺼지도록 하기 위해서 V_{RST} 는 충분히 낮아야 하며, M1에 전류가 흐르도록 하기 위해서 'ELVSS- V_{RST} '는 충분히 커야 한다. 다음, 두 번째 구간에서 G2가 꺼지고 M1에 흐르는 전류는 B node에 적분되면서 V_{TH} 보상 과정을 수행한다. 두 번째 구간의 끝에서 C_{STG} 에 저장되는 전압은 M1의 V_{TH} 값이다. AMOLED와 LCD 같은 hold type 디스플레이의 경우, 동영상 구현할 때 움직이는 물체의 경계가 흐려지는 현상이 있다. 이를 개선하기 위해 각 프레임 사이에 어두운 화면을 삽입(black data insertion)하여 CRT와 같은 효과를 내기도 한다.^[10] 그림 6(a)의 V_{TH} 보상 구간은 이와 같은 효과를 내기 위해 충분히 길게 설정한 것이며, 이에 따라 동영상 특성이 개선됨은 물론이고 V_{TH} 보상 시간도 자유롭게 최적화가 가능하다. 세 번째 구간에서는 G0가 꺼지면서 C_{STG} 에 M1의 V_{TH} 값이 유지되고, G1이 G3 대신 켜지면서 영상 데이터가

A node에 전달된다. 이 때 B node의 전압 변화(ΔV_D)는 C_{OLED} 가 클 수록 작으며, C_{STG} 에 저장된 전압은 근사적으로 ' $V_{data} + V_{TH}$ '와 같다. 이와 같은 방법으로 각 픽셀의 전류 구동 TFT(M1)에 대한 V_{TH} 보상이 이루어지며, OLED는 네 번째 구간에서만 빛을 발산한다.

V_{TH} 보상과 이동도 보상을 동시에 하기 위한 타이밍도를 그림 6(b)에 나타냈다. G0 신호만 변경되며, 나머지 제어신호는 그림 6(a)와 동일하다. 따라서 첫 번째 리셋 구간과 두 번째 V_{TH} 보상 구간의 동작은 그림 6(a)와 동일하다. 다음으로, 세 번째 구간에서 G0가 꺼지고 G1이 켜지면서 영상 데이터가 A node에 전달된다. 이 때, G1이 켜진 상태에서 G0을 다시 켜주면 M1에 전류가 흐르기 시작하고, 짧은 순간 동안 V_{TH} 보상 과정이 진행되면서 결과적으로 이동도 보상을 하게 된다. 패널의 크기가 크면 제어 신호에서 발생하는 RC 지연 문제가 심각해지므로, 이동도 보상 시간(T_S)을 짧게 제어하기가 어려워진다. 그러나 각 픽셀에서 G0와 G1의 신호 지연이 비슷하도록 레이아웃하면, 위치에 따른 T_S 의 오차를 크게 완화할 수 있다. 이동도 보상 후 C_{STG} 에 저장된 전압은 근사적으로 ' $V_{data} + V_{TH} - \Delta V$ '와 같다.

제안하는 방법은 제어 신호를 간단히 변경하여 두 가지 모드로 보상이 가능하며, 기존 방법과는 달리 고 휘도 영상에 대해 대응이 가능하다. 또한, ELVDD와 데이터 전송선을 구동하기 위한 회로가 필요 없고, 구동 타이밍에 대한 마진이 높기 때문에 대 면적 응용에 적합하다. 더불어 black data insertion 방법을 적용하여, 동 영상 특성을 개선하도록 했다.

3. LTPS AMOLED 패널

그림 6의 제어 신호는 행 단위로 공유되어 순차적으로 나타나야 한다. 그림 7과 8은 픽셀 회로의 제어 신호를 생성하기 위한 스캔 구동회로와 이를 위한 주기 신호의 타이밍을 각각 나타낸다. 스캔 구동회로는 크게 세 블록으로 나뉜다. 먼저 순차적인 신호를 생성하기 위한 shift register 단이 있고, 순차적인 신호에서 원하는 제어 신호를 만들기 위한 논리 회로 단이 필요하다. 마지막으로, 제어 신호의 레벨을 LTPS TFT 구동에 적합한 범위로 넓히기 위해, up/down level shifter와 디지털 버퍼가 필요하다. 스캔 구동회로를 위한 주기 신호는 그림 8(a)와 같이 총 다섯 개이며, OP 신호를 통해 보상 모드를 결정할 수 있다. 각각의 제어 신호는 아

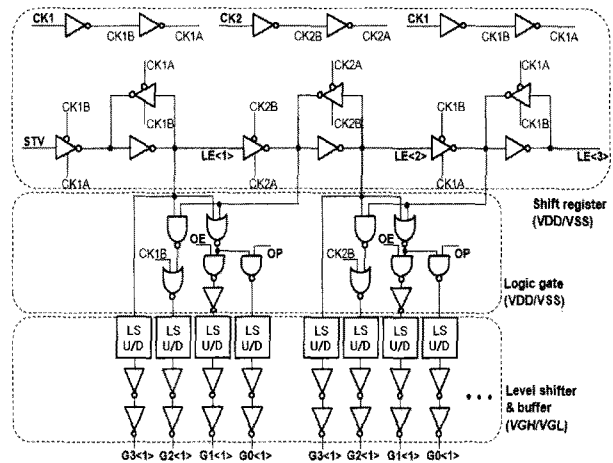


그림 7. 픽셀 회로의 제어 신호를 생성하기 위한 스캔 구동회로

Fig. 7. A scan driver for the control signals of the proposed pixel circuit.

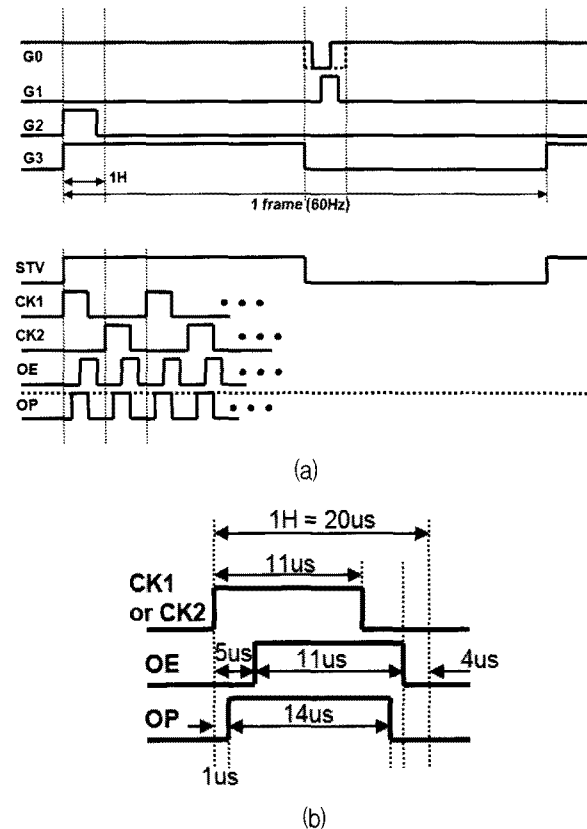


그림 8. 스캔 구동회로를 위한 타이밍도 (a) 한 프레임 동안의 타이밍 (b) 하나의 행에 대한 타이밍

Fig. 8. A timing diagram of the scan driver shown in fig. 7 (a) for one frame (b) for one horizontal time.

래의 Boolean 식으로 나타낼 수 있고, 이를 이용하여 그림 7의 스캔 구동회로를 구현한 것이다. 그림 8(b)는 하나의 행에 대한 타이밍을 확대한 것으로, 이동도 보

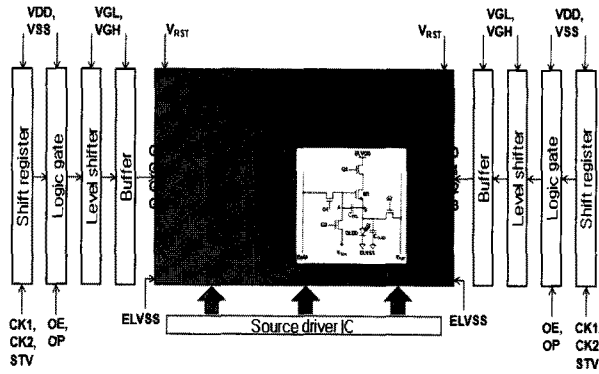


그림 9. AMOLED 패널의 전체 구성
Fig. 9. A block diagram of the AMOLED panel.

상을 할 경우에 보상 시간(T_S)은 1us로 설정되어 있다.

$$G0<n> = LE<n> \& LE<n+1> \& OP \quad (1)$$

$$G1<n> = LE<n> \& LE<n+1> \& OE \quad (2)$$

$$G2<n> = LE<n> \& \overline{LE<n+1>} \& CK1(\text{or } CK2) \quad (3)$$

$$G3<n> = LE<n> \quad (4)$$

그림 9는 응용하고자 하는 AMOLED 패널에 대한 전체 블록도를 나타낸 것이다. 픽셀 회로의 이차원 배열이 디스플레이 영역을 결정하며, 픽셀 제어 신호의 RC 지연을 최소화하기 위해서 배열 양 옆으로 스캔 구동회로를 각각 하나 씩 두었다. Top emission 방식으로, OLED 소자는 TFT 회로 위에 있으며 위쪽으로 발광한다.

IV. 결 과

AMOLED 패널을 설계하기 위해서 top 게이트 구조의 1-poly 1-metal LTPS TFT 공정을 사용했다. TFT의 최소 게이트 길이는 4um이며, 표 1에 패널 설계에 필요한 주요 파라미터를 요약했다. 화면 전체를 밝게 할 경우에 대한 최대 휘도는 200 nit이며, 이를 위해서 R/G/B 픽셀은 각각 140/290/45 nit의 휘도를 가져야 한다. OLED와 LTPS TFT의 특성을 고려하여 각 전원의 전압 레벨을 설정했고, 패널의 동작 속도는 60 Hz이다. 그림 8(b)의 타이밍은 표 1을 기준으로 설정한 것이며, OP 신호를 조정하여 이동도 보상 시간을 제어할 수 있다.

그림 10에는 본 연구에서 사용한 OLED의 특성곡선을 나타냈다. 단위 픽셀의 전류에 따른 OLED의 밝기를

표 1. AMOLED 패널의 주요 파라미터와 특성
Table 1. Design specifications and parameters of the AMOLED panel.

패널 크기 & 해상도	14.1" (1366 × 768)
픽셀 크기	228 um × 228 um
Peak 휘도	600 nit
Full white 휘도	200 nit
Full white 시 R/G/B 휘도	R:140/G:290/B:45 (nit)
사용 전원	ELVDD/ELVSS : 14V/0V, VDD/VSS : 5V/0V, VGH/VGL : 18V/-2V
Frame rate	60 Hz
Process	4um 1-poly 1-metal top-gate LTPS TFT process
Threshold voltage (typical)	NTFT : +1.5V PTFT : -1.5V
Mobility (typical)	NTFT : 120Vs/cm ² PTFT : 80Vs/cm ²

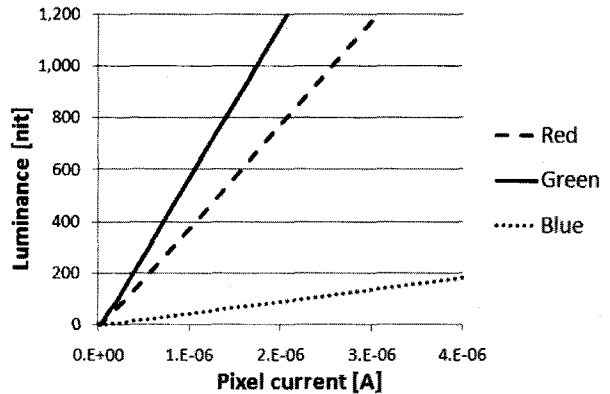
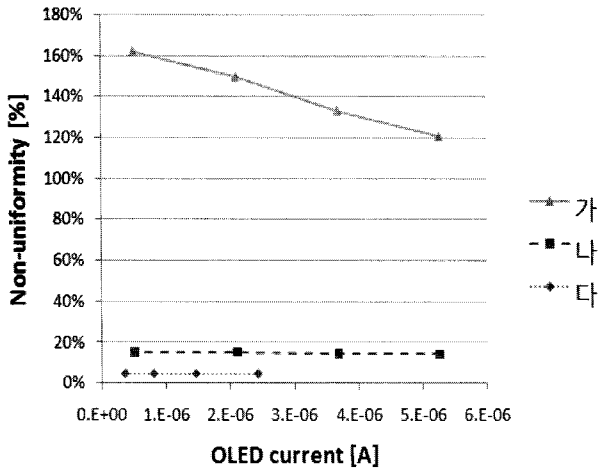


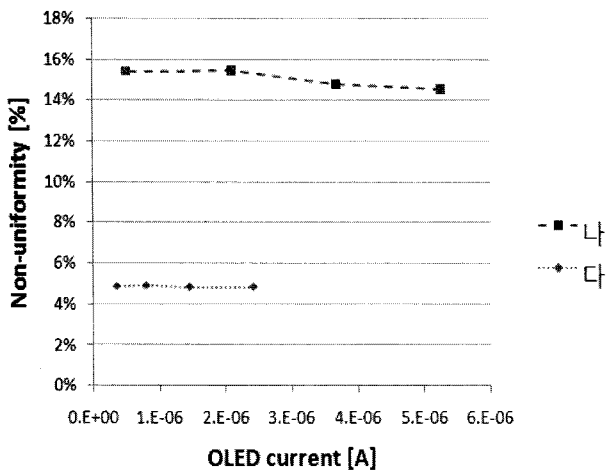
그림 10. OLED의 특성 곡선
Fig. 10. Transfer characteristics of an OLED.

나타낸 것이며, OLED 효율은 G/R/B 순으로 높다. 표 1에 나타낸 R/G/B 휘도의 기준 값, 감마 보정, LTPS TFT의 특성 등을 고려하여 각 픽셀의 전류 값과 영상 데이터의 전압 값을 설정할 수 있다.

픽셀 보상회로의 성능을 검증하기 위해 표 1에 제시한 소자 특성으로 HSPICE 시뮬레이션을 수행하였다. 이 때, TFT의 V_{TH} 편차와 이동도 편차는 각각 ±0.3V와 20%로 정의했다. 그림 11에 픽셀 전류에 따른 패널의 불균일도를 나타내었다. 그림 11의 가, 나, 다는 각각 아무런 보상을 하지 않는 경우(가), V_{TH} 보상만 하는 경우(나), V_{TH} 보상과 이동도 보상을 함께 하는 경우(다)를 나타낸다. 이 때, 이동도 보상 시간은 1us로 설정했고, 불균일도는 일정한 데이터 전압에 대한 최대 휘도 오차를 평균 휘도로 나눈 값이다. V_{TH} 보상만으로



(a)



(b)

그림 11. 픽셀 전류에 따른 패널의 불균일도 ((b)는 (a)의 일부를 확대한 그림)

Fig. 11. Non-uniformity of an OLED panel vs. OLED current.

도 휘도 오차를 크게 줄일 수 있지만, LTPS TFT의 이동도 편차가 큰 경우에는 만족할 만한 수준으로 낮추기 힘들다. 보다 높은 영상의 질을 얻기 위해 이동도 보상까지 하게 되면, 패널의 불균일도를 5% 이하로 낮출 수 있을 것이다. 그러나 이동도 보상을 하는 경우, 동일한 데이터 전압에 대해서 픽셀의 최대 전류가 작아지는, 즉 휘도가 낮아지는 문제가 있다.

그림 12에 이동도 보상 시간에 따른 픽셀의 최대 전류와 패널의 불균일도를 나타내었다. 가장 문제가 심각한 blue 픽셀에 대한 결과이며, green과 red 픽셀도 동일한 경향을 보인다. 이동도 보상 시간이 길어질수록 패널의 불균일도는 점점 개선되지만, 픽셀의 최대 전류가 감소하는 문제가 있으며, 이에 따라 패널의 휘도도

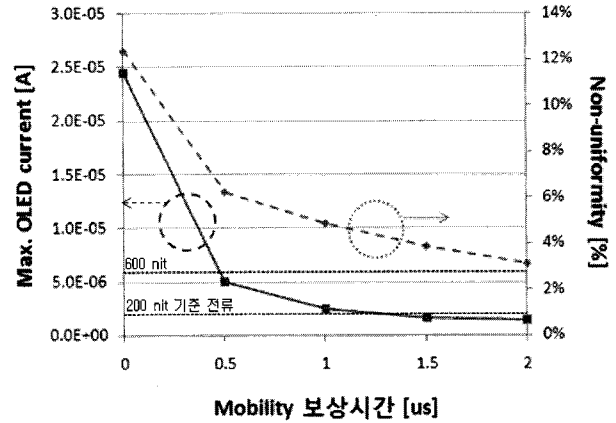


그림 12. 이동도 보상 시간에 따른 픽셀의 최대 전류와 패널의 불균일도

Fig. 12. Maximum pixel current and non-uniformity of an OLED panel vs. mobility compensation time.

같이 감소한다. 이를 보완하기 위해서 영상 데이터의 전압 범위를 크게 하는 방법이 있으나, 이는 패널의 전력 소모를 증가시키고, 소스 구동 IC의 설계를 어렵게 만든다. 이동도 보상 시간을 1us로 할 경우, 200 nit 이상의 휘도는 가능하지만, 제한 조건 600 nit에는 한참 미치지 못 한다. 따라서 전체 화소를 동작시키는 경우에는 이동도 보상을 통해 영상의 질을 높이고, 전체 화소의 일부만 동작시키는 경우에는 높은 휘도를 얻기 위해 VTH 보상만 하는 것이 필요하다.

V. 결 론

대 면적, 고 휘도 AMOLED 응용에 적합한 픽셀 회로와 구동 방식을 제안하고 검증했다. LTPS TFT를 기반으로 한 top emission 방식에 적합하며, 영상 구현 시 높은 균일도를 얻을 수 있다. 화소 TFT의 픽셀 간 편차를 보정하기 위해서 VTH 보상과 이동도 보상이 가능하도록 설계했다. 기존의 이동도 보상 회로가 갖는 문제점을 극복하고 대 면적 패널에 적합하도록 하였다. 더불어, 동영상 특성을 개선하기 위한 black data insertion 방식을 도입하여, 구동 타이밍을 보다 안정적으로 제어할 수 있었다. 이동도 보상 과정에서 휘도가 낮아지는 문제점을 해결하기 위해서, 고 휘도를 위한 조건에서는 VTH 보상만 가능하도록 했으며, 이러한 보상 모드는 간단한 제어신호를 통해 변경이 가능하다.

참고 문헌

- [1] M. Stewart, R. S. Howell, L. Pires, M. K. Hatalis, W. Howard, and O. Parche, "Polysilicon VGA active matrix OLED displays—Technology and performance", *IEDM Tech Digest*, pp.871-874, 1998.
- [2] R. M. A. Dawson, et al, "The impact of the transient response of organic light emitting diodes on the design of active matrix OLED displays", *IEDM Tech Digest*, pp.875-878, 1998.
- [3] A. Nathan, G. R. Chaji, and S. J. Ashtiani, "Driving schemes for a-Si and LTPS AMOLED displays", *Journal of Display Tech.*, Vol. 1, No. 2, pp.267-277, 2005.
- [4] Y. Lin, and H. P. D. Shieh, "A novel current memory circuit for AMOLEDs", *IEEE Trans. Electron Devices*, Vol. 51, No. 6, pp.1037-1040, 2004.
- [5] J. L. Sanford, and F. R. Libsch, "TFT AMOLED pixel circuits and driving methods", *Dig. of Tech Papers, SID Int. Symp.*, pp.10-13, 2003.
- [6] J. C. Goh, J. Jang, K. S. Cho, and C. K. Kim, "A new a-Si:H thin-film transistor pixel circuit for active-matrix organic light-emitting diodes", *IEEE Electron Device Lett.*, Vol. 24, No. 9, pp.583-585, 2003.
- [7] S. W. Tam, et al, "Poly-Si driving circuits for organic EL displays", *Proc SPIE*, Vol. 4295, pp.125-133, 2001.
- [8] S. H. Jung, W. J. Nam, and M. K. Han, "A new voltage-modulated AMOLED pixel design compensating for threshold voltage variation in poly-Si TFTs", *IEEE Electron Device Lett.*, Vol. 25, No. 10, pp.690-692, 2004.
- [9] T. Yamamoto 외, "표시장치 및 구동방법과 전자 기기", 일본특허, JP2008-233652.
- [10] J. H. Souk, and J. Lee, "Recent picture quality enhancement technology based on human visual perception in LCD TVs", *Journal of Display Tech.*, Vol. 3, No. 4, pp.371-376, 2007.

— 저 자 소 개 —



우 두 형(정회원)

1999년 연세대학교

전자공학과 학사 졸업.

2001년 한국과학기술원

전자전산학과 석사 졸업.

2005년 한국과학기술원 전자전산
학과 박사 졸업.

2005년~2008년 삼성전자 LCD총괄 책임연구원

2008년~현재 가톨릭대학교 정보통신전자공학부
전임강사<주관심분야 : 아날로그 VLSI 설계, 신호취득회
로, AMOLED/AMLCD 구동회로>