

# 비정질 실리콘 광센서를 이용한 터치 감응 디스플레이 설계 및 제작

논문  
58-11-21

## A Touch-sensitive Display with Embedded Hydrogenated Amorphous-silicon Photodetector Arrays

이수연<sup>†</sup> · 박현상<sup>\*</sup> · 한민구<sup>\*\*</sup>  
(Soo-Yeon Lee · Hyun-Sang Park · Min-Koo Han)

**Abstract** - A new touch-sensitive hydrogenated amorphous silicon(a-Si:H) display with embedded optical sensor arrays is presented. The touch-sensitive panel operation was successfully demonstrated on a prototype of 16-in. active-matrix liquid crystal display (AMLCD). The proposed system provides the finger touched point without the real-time image processing of information of the captured images. Due to the simple architecture of the system, we expect the introduction of large-area touch-sensitive display panels.

**Key Words** : Flat-panel displays, Touch screen panel

### 1. 서론

터치 디스플레이는 다양한 사용자들에게 간단한 인터페이스를 제공하고 키보드를 제거함으로써 장치의 공간을 절약할 수 있다[1]. 하지만, 대면적 디스플레이를 구현함에 있어서 기존의 기술로는 부가적인 구성요소와 무게 및 부피를 추가해야하고 생산비용이 높아지는 문제점을 가진다[2]. 근래에 소개된 광센서를 이용한 방법[6]-[12]에 쓰이는 저온 다결정 실리콘 기술은 균일성의 문제와 높은 비용이 문제가 되므로 수소화된 비정질 실리콘 박막 트랜지스터(a-Si:H TFT)의 이용이 필요하다[13]. 본 논문에서는 a-Si:H TFT 기반의 광센서가 내장된 새로운 터치 AMLCD를 제시하였다. 제안된 시스템은 이미지 정보 수집과 실시간 이미지 처리 방식을 따르지 않고 수평 방향 출력과 수직 방향 출력 정보의 교차점으로부터 터치 포인트 정보를 제공한다. 이로써 터치 디스플레이의 대면적 구현이 가능해진다.

### 2. 본론

#### 2.1 광센서

광센서로서의 가능성을 확인하기 위하여 유리판 상에 에치백 구조의 a-Si:H TFT를 제작하였다. 스퍼터로 250 nm의 게이트(Mo/AlNd)를 증착하고 패터닝을 한 후 400 °C 플라즈마 화학적 기상 증착법(PECVD)을 통해 450 nm의 게이트 절연막인 질화 실리콘(SiNx), 200 nm의 a-Si:H, 그리고

50 nm의 n<sup>+</sup> silicon을 진공상태에서 연속적으로 증착하였다. 다양한 조도에 대한 이 TFT의 특성 곡선은 그림 1과 같다. 그림 1에서 확인할 수 있는 바와 같이 조도가 증가하면 광생성 전하가 결합상태에 포획되기 때문에 문턱전압 이하 스윙이 증가하고 캐리어 농도가 증가하여 문턱전압이 음으로 이동한다. 이 두 영향으로 V<sub>GS</sub>=0 V 근처에서 광전류의 변화율이 최대가 되는 것을 확인할 수 있다.

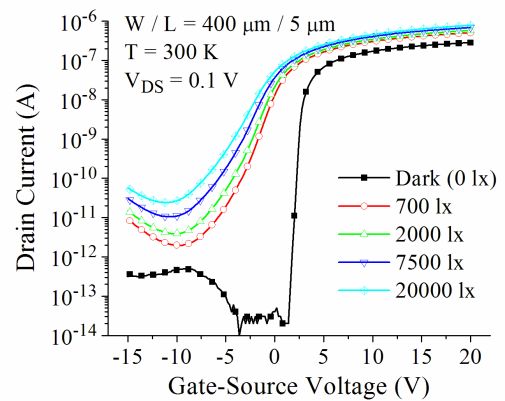


그림 1 a-Si:H TFT의 암상태와 광조사시의 특성 곡선의 변화(I<sub>DS</sub> vs. V<sub>GS</sub>)

Fig. 1 The change of the transfer characteristics of a-Si:H TFT under dark and illuminated conditions(I<sub>DS</sub> vs. V<sub>GS</sub>)

#### 2.2 시스템 구성

대부분의 기존 광센서 방법은 터치 포인트의 정보를 실시간 신호처리를 통해 구하였고, 이 방법은 복잡한 디자인과 높은 파워 소모 및 다수의 IC 칩을 필요로 하는 등 많은 단점을 수반한다. 또 대면적으로 가면서 기생 커패시턴스가 증가하기 때문에 리프레시 속도가 제한되고 노이즈 해결을 위한 내부 증폭이 필요해진다. 이러한 문제점들을 해결하기

\* 정회원 : 서울대 전기컴퓨터공학부 박사과정  
\*\* 펠로우회원 : 서울대 전기컴퓨터공학부 교수  
† 교신저자, 준회원 : 서울대 전기컴퓨터공학부 석사과정  
E-mail : xcloverx@emlab.snu.ac.kr

접수일자 : 2009년 8월 21일

최종완료 : 2009년 9월 7일

※ 본 논문은 본 학회 2009년 하계학술대회 학술위원회에서 우수논문으로 선정되어 편집위원회 심사 후 본 논문지에 게재 되었음.

위해 광센서의 2차원 배열을 구성하였고 이로써 내부 증폭과 각 픽셀 데이터의 스캐닝 과정의 필요성을 제거하였다. 그림 2의 (a)는 본 논문에서 제시한 시스템의 기본 회로도이다. 그림과 같이 광전도 소자로서 a-Si:H TFT  $S_X$ 와  $S_Y$ 가 다이오드 연결되어있고, 터치 포인트는 수평과 수직 출력의 교차점으로 결정된다. 이 구조는 N개의 센서에 대해 스위칭 소자를 최소  $2\sqrt{N}$ 개 까지 줄일 수 있게 한다. 이 시스템의 구동은 기본적으로 터치 행위의 정보를 감응하는 동작과 터치 포인트를 판단하여 위치 정보를 읽어 들이는 과정으로 이루어진다. 그림 2의 (b)에서 보인 바와 같이  $V_{RST}$ 는 스위칭 소자를 켜서 출력 커패시터  $C_{OUT}$ 을  $V_{DD}$ 로 감응 주기  $T_{RST}$ 마다 리셋 시킨다. 터치 행위가 일어나지 않았을 때에는 다이어그램의 빨간 점선과 같이 광조사에 의해 ( $I_{XX}$ 에) 광전류  $I_{D2}$ 가 유도되고 출력 노드의 전압( $V_{X1}$ - $V_{Xm}$ ,  $V_{Y1}$ - $V_{Yn}$ )은 다음 리셋 주기까지 감소한다. 반면에 터치 행위가 일어난 지점에서 광센서의 광전도도는 그림 1에서 확인한 바와 같이 암상태에 놓이게 되어 감소하게 되므로 광전류는 그림 2의 (b)의 다이어그램의 검은 실선과 같이  $I_{D1}$ 으로 감소하게 된다. 그리고 이것은 터치 행위가 일어나지 않을 때에 비하여  $\Delta V_O$ 만큼의 차이를 주게 된다. 결과적으로 정보를 읽어 드리는 라인의 끝부분에 위치한 전압 비교기가  $V_{XX}$ 와  $V_{OUT}$ 을 비교하여 터치 위치를 판별하게 된다. 여기서 주목할 점은 X-Y 좌표에서 터치 포인트를 알아내기 위해 픽셀의 데이터가 아닌 각 좌표에서의 데이터만을 필요로 하기 때문에 시스템의 디자인과 구조가 훨씬 간편하고 간단해 졌다는 점이다.

### 2.3 결과 및 토론

이와 같은 시스템을 16 인치 AMLCD 패널로 구현하여 동작 시켰다. 각 픽셀은 그림 3과 같이 R, G, B, S 이렇게 4개의 서브픽셀로 나누어진다. S는 앞서 언급한 광전도 소자  $S_X$ ,  $S_Y$ 를 나타낸다.  $C_{OUT}$ 은 대략 100 pF으로 추측할 수 있고, 이것을 대면적 패널의 조건으로 맞추기 위하여 그림 4와 같이 출력 라인에  $C_L=100$  pF을 추가적으로 달아 주었다. 입력조도는 약 700 lx고  $V_{REF}$ 는 3 V이다. 출력 전압은 그림 5와 같다. 24시간 연속 구동에서 변화가 없는 것으로 미루어 보아 실제 디스플레이 패널에서도 큰 문제없이 동작할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그림 5는  $V_{XX}$ ,  $V_{RST}$ ,  $V_{OUT}$ 의 출력 파형을 나타내는 다이어그램이다.  $V_{OUT}$ 의 바이너리 상태는 5 V와 0 V이고, 다이어그램의 비어있는 도트선을 통해서도 확인할 수 있듯이 광조사 상태에서  $V_{XX}$ 는 빠르게 감소하며  $V_{REF}$ 에 도달했을 때 비교기가  $V_{out}$ 을 5 V상태로 만든다. 터치 상태에서는 채워져 있는 도트 선이 나타내는 것처럼  $V_{XX}$ 가  $V_{REF}$ 까지 감소하지 못하기 때문에 비교기는  $V_{OUT}$ 을 0 V로 만든다.  $V_{XX}$ 의 아날로그 터치 신호를 얻기 위해서 그림 4의  $V_{REF}$ 를 변화시키며  $V_{OUT}$ 이 낮은 전압에서 높은 전압으로 변화할 때 필요로 하는 시간을 측정하였다. 프로브 팁의 입력전압이 상대적으로 낮기 때문에 신호의 왜곡이 관찰된다. 하지만 위와 같이  $V_{REF}$ 를 변화시키며 측정하는 방법을 사용 하면 위와 같은 문제를 피할 수 있다. 빛에 의한  $\Delta V_O$ 의 크기는 3V 이상이었고  $V_{REF}$ 가 너무 낮아지면 터치 행위가 일어나지 않는 상태에서도 어두운 빛에 의해 터

치 행위가 일어난 것으로 감응하기 때문에  $V_{REF}$ 는 높게 잡는 것이 좋다.

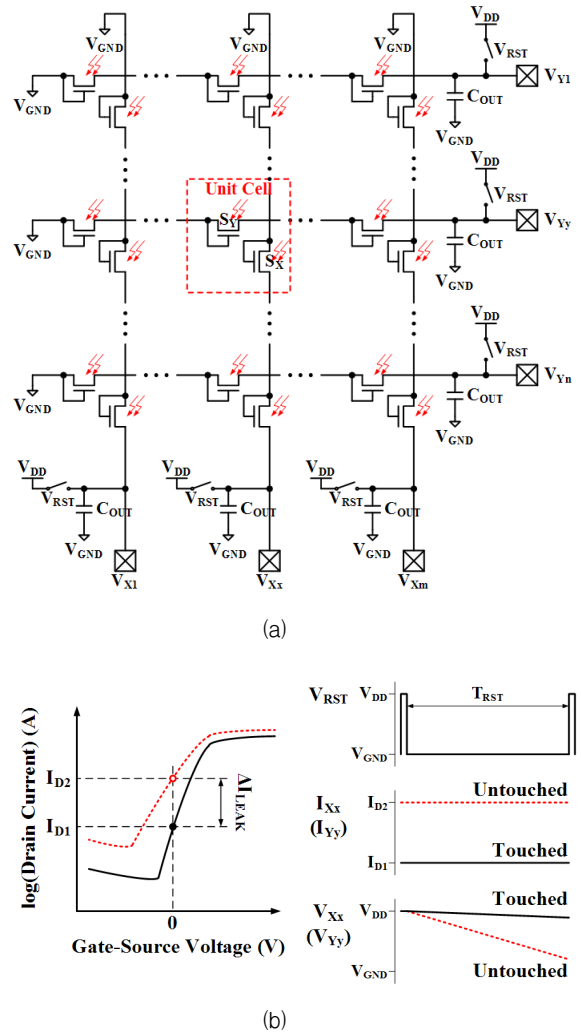


그림 2 (a) 제시한 시스템의 기본 회로도. (b) 센서의 특성 다이어그램 및 제시한 시스템의 시간에 따른 동작 다이어그램

Fig. 2 (a) The circuit diagram of proposed system. (b) The operation diagram of the sensor and the timing of the proposed system

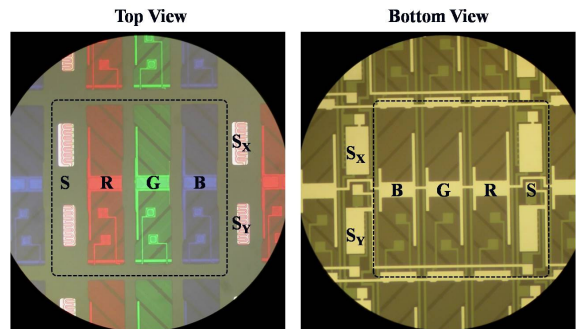


그림 3 제작한 AMLCD 패널에서의 단위 픽셀 현미경사진  
Fig. 3 The micrographs of the unit pixel of the fabricated

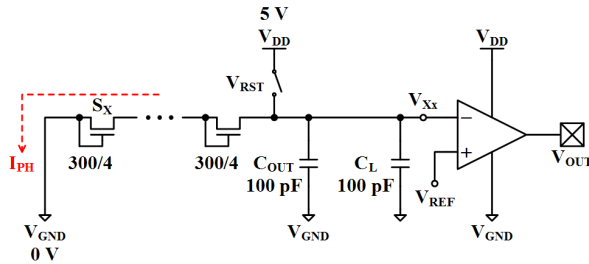


그림 4 제시한 시스템의 감응 및 데이터 출력 블록의 회로도 (대면적 패널 환경에 맞추기 위하여  $C_L=100$  pF를 추가)

Fig. 4 The circuit diagram of sensing and readout block of the proposed system(with additional capacitance  $C_L=100$  pF to emulate the large-area display load condition

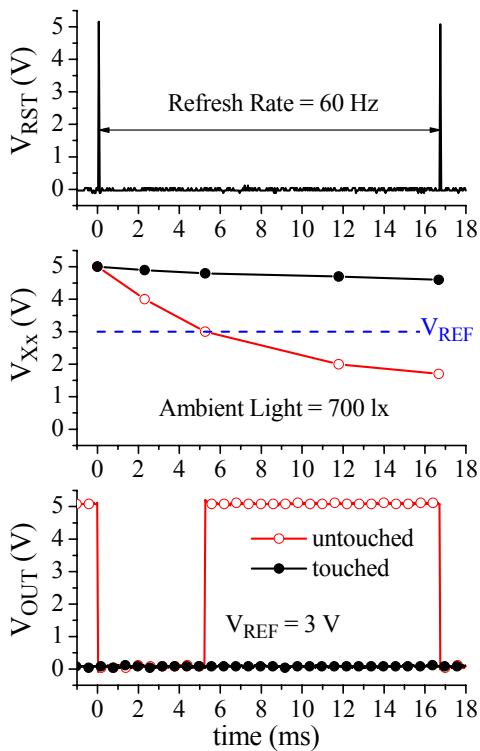


그림 5 약 700 lx의 광조사 상태에서의  $V_{Xx}$ ,  $V_{RST}$ ,  $V_{OUT}$ 의 측정 파형.

Fig. 5 The measured waveform of  $V_{Xx}$ ,  $V_{RST}$  and  $V_{OUT}$  under the 700 lx illuminated conditions.

### 3. 결론

본 연구에서는 새롭게 고안한 터치패널 시스템을 갖는 a-Si:H 기반의 광센서가 내장된 16 인치 AMLCD의 대면적 모델을 구현하여 성공적으로 동작하는 것을 직접 확인하였다. a-Si:H TFT는 광조사시에 문턱전압 이하 영역에서 높은 광전도 특성을 갖는데  $V_{GS}=0$  V 근처에서 가장 높은 광

전류를 흘린다는 것을 직접 소자를 제작하고 측정해 봄으로써 확인해 볼 수 있었다. 이것은 광센서로서 역할하기에 충분한 특성으로 새로운 터치 패널 디자인을 가능케 했다. 이 시스템은 기존의 방식에서 사용하는 실시간 이미지 처리를 필요로 하지 않고 수직방향과 수평방향의 출력 정보를 바탕으로 터치 포인트 정보를 얻을 수 있기 때문에 간단한 구조로 제작이 가능하고 추가적인 내부 증폭 없이도 비교적 큰 폭의 신호를 얻을 수 있다. 이렇듯 제작과 동작 측면에서 간단 구조를 갖는 새로운 터치패널 시스템의 대면적 모델 구현은 장차 대면적 터치 패널의 실현 가능성을 보여주고 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] S. J. V. Nichols, "New interfaces at the touch of a fingertip," Computer, vol.40, no.8, pp.12-15, Aug. 2007.
- [2] G. Walker, "A cornucopia of touch technology," Information Display, vol.22, no.12, pp.14-20, Dec. 2006.
- [3] Y. -K. Choi, H. R. Kim, W. Jung, M. Cho, Z. -Y. Wu, H. Kim, Y. Lee, K. Kim, K. -S. Lee, J. Kim and M. Lee, "An integrated LDI with readout function for touch-sensor-embedded display panels," in ISSCC Dig. Tech. Paper, pp.134-135, Feb. 2007.
- [4] J. W. Stetson, "Analog resistive touch panels and sunlight readability," Information Display, vol.22, no.12, pp.26-30, Dec. 2006.
- [5] J. Lee, J. W. Park, D. J. Jung, S. Pak, M. Cho, K. Uh, and H. G. Kim, "Hybrid touch screen panel integrated in TFT-LCD," in Proc.SID Dig. Tech. Paper, pp. 1101-1104, 2007.
- [6] A. Abileah, W. den Boer, T. Larsson, T. Baker, S. Robinson, R. Siegel, N. Fickenscher, B. Leback, T. Griffin and P. Green, "Integrated optical touch panel in a 14.1" AMLCD," in Proc.SID, pp.1544-1547, 2004.
- [7] H. Nakamura, T. Nakamura, H. Hayashi, N. Tada, M. Yoshida, M. Ishikawa, T. Motai and T. Nishibe, "Touch panel function integrated LCD using LTPS technology," in Proc. International Display Workshop, vol. 2, pp. 1003-1006, 2005.
- [8] T. Nishibe and H. Nakamura, "Value-added circuit and function integration for SOG (System-on-Glass) based on LTPS technology," in Proc.SID Dig. Tech. Paper, pp.1091-1094, 2006.
- [9] C. Brown, B. Hadwen and H. Kato, "A 2.6 inch VGA LCD Optical Input Function using a 1-Transistor Active-Pixel Sensor," in ISSCC Dig. Tech. Paper, pp.132-133, Feb. 2007.
- [10] W. den Boer, A. Abileah, P. Green, T. Larsson, S. Robinson and T. Nguyen, "Active Matrix LCD with Integrated Optical Touch Screen," in Proc.SID, pp.1494-1497, 2003.

- [11] Y. Izumi, O. Teranuma, M. Takahashi, T. Sato, K. Uehara, H. Okada and Y. Yamane, "A Flat-Panel Imager Utilizing a-Si TFT Array Technology," in Proc. International Display Workshop, pp. 363-366, 2003.
- [12] G. J. A. Destura, J. T. M. Osenga, S. J. van der Hoef, and A. D. Pearson, "Novel touch sensitive in-cell AMLCD," in Proc.SID Dig. Tech. Paper, pp.22-23,2004.
- [13] R. M. A. Dawson and M. G. Kane, "Pursuit of Active Matrix Organic Light Emitting," in Proc.SID Dig. Tech. Paper, pp.372-375,2001.

---

## 저 자 소 개



**이 수 연 (李 受 娟)**

2009년, 서울대학교 전기컴퓨터공학부 학사  
2009년 3월~현재, 서울대학교 전기컴퓨터  
공학부 석사과정  
E-mail : xclover@snu.ac.kr



**박 현 상 (朴 炫 相)**

1997년, 서울대학교 전기컴퓨터공학부 학사  
1999년, 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사  
2006년 3월~현재, 서울대학교 전기컴퓨터  
공학부 박사과정  
E-mail : hspark@emlab.snu.ac.kr



**한 민 구 (韓 民 九)**

1979년, Johns Hopkins Univ. 전기공학  
부 공학박사, U.S.A  
1979년~1984년, professor, State Univ.  
of New York at Buffalo, U.S.A  
1984년~현재, 서울대학교 전기컴퓨터공  
학부 교수  
2002년~2005년, 서울대학교 공과대학 학장  
E-mail : mkh@snu.ac.kr