

논문 93-13

영상센서를 위한 비정질 실리콘 박막트랜지스터의 제작 및 특성

金永振*, 朴昱東**, 金基完**, 崔圭萬***

Fabrication and Characteristics of a-Si : H TFT for Image Sensor

Young Jin Kim, Wug Dong Park, Ki Wan Kim, and Kyu Man Choi

요 약

영상 센서를 위한 비정질 실리콘 박막트랜지스터(a-Si : H TFT)를 제작하고 그 동작 특성을 조사하였다. 게이트 절연막으로는 비정질 실리콘 질화막(a-SiN : H)을 증착하였으며 소오스와 드레인 영역에서의 저항성 접합을 위해 n⁺형 비정질 실리콘(n⁺-a-Si : H)을 증착하였다. 이 때 a-SiN : H막과 a-Si : H막의 두께는 각각 2000 Å, n⁺-a-Si : H막의 두께는 500 Å이었다. 또한 a-Si : H TFT의 채널길이와 채널폭은 각각 50 μm와 1000 μm였다. 본 연구에서 제작한 a-Si : H TFT의 ON/OFF 전류비는 10⁵, 문턱전압은 6.3 V 그리고 전계효과 이동도는 0.15 cm²/V·s로 나타났다.

Abstract

a-Si : H TFTs for image sensor have been fabricated and their operational characteristics have been investigated. Hydrogenated amorphous silicon nitride(a-SiN : H) films were used for the gate insulator and n⁺-a-Si : H films were deposited for the source and drain contact. The thicknesses of a-SiN : H and a-Si : H films were 2000 Å, respectively and the thickness of n⁺-a-Si : H film was 500 Å. Also the channel length and channel width of a-Si : H TFTs were 50 μm and 1000 μm, respectively. The ON/OFF current ratio, threshold voltage, and field effect mobility of fabricated a-Si : H TFTs were 10⁵, 6.3 V, and 0.15 cm²/V·s, respectively.

I. 서 론

수소화된 비정질 실리콘 박막트랜지스터(a-Si : H TFT)^[1-4]는 1979년 LeComber^[5] 등에 의해 최초로 제안된 이후 LCD, 집적회로, 영상센서 등의 스위칭 소자^[6-7]로서 많은 연구가 진행되고 있다. a-Si : H TFT는 비정질 실리콘의 캐리어 이동도가 낮기 때문에 다결

정 실리콘 박막트랜지스터에 비해 스위칭 속도가 느린 단점이 있다^[8]. 그러나 a-Si : H TFT는 350 °C이하에서 대면적으로 제조할 수 있기 때문에 가격이 저렴한 유리기판을 이용할 수 있으며 소자간의 절연특성뿐 아니라 제작이 용이한 장점이 있다. 본 연구에서는 절연층으로 a-SiN : H막과 반도체층으로 a-Si : H막을 연속적으로 증착한 역스태거드형(inverted staggered type) a-Si : H TFT를 제작하고 ON/OFF 전류특성, 문턱전압 및 전계효과 이동도 등을 조사하였다.

- * 學生會員 : 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics, Kyungpook Nat'l Univ.)
- ** 正會員 : 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics, Kyungpook Nat'l Univ.)
- *** 正會員 : 關東大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics, Kwandong Univ.)
<접수일자 : 1993년 2월 27일>

II. 실 험

본 연구에서 제작한 역스태거드형 a-Si : H TFT의 단면도는 그림 1과 같다. a-Si : H TFT의 제작을 위한 기판으로는 현미경용 슬라이드 유리를 세척하여 사

용하였으며 진공증착법을 이용하여 2000 Å 두께의 Cr막을 증착하고, 사진식각공정을 거쳐 게이트 전극을 형성하였다. 다음으로 RF 글로우방전법을 이용하여 2000 Å 두께의 a-SiN:H 절연막, 2000 Å 두께의 a-Si:H 반도체막 및 저항성 접합을 위한 500 Å의 n⁺-a-Si:H 막을 연속적으로 증착하였다. 그 후 a-Si:H막과 n⁺-a-Si:H막을 동시에 건식에칭(dry etching)하고 진공증착법으로 소오스와 드레인 전극을 위한 Al을 증착하였다. 사진식각공정을 거쳐 소오스 및 드레인 전극을 형성하고, 소오스와 드레인 전극 사이의 채널정의를 위해 n⁺-a-Si:H막을 건식에칭하였다. 이렇게 하여 제작된 a-Si:H TFT는 단층막들의 증착온도보다 낮은 200 °C의 온도로 진공속에서 2시간동안 열처리한 후 반도체 파라미터 분석기(HP 4145 B)를 이용하여 측정하였다.

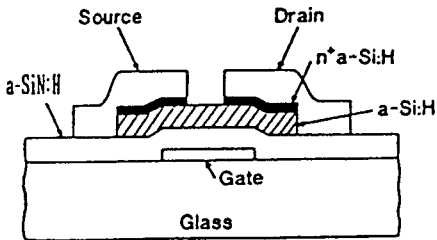


그림 1. a-Si:H TFT의 단면도
Fig. 1. Cross-sectional view of a-Si:H TFT.

표 1. a-SiN:H, a-Si:H 및 n⁺-a-Si:H막의 증착조건

Table 1. Deposition conditions of a-SiN:H, a-Si:H, and n⁺-a-Si:H films

Conditions	a-SiN:H	a-Si:H	n ⁺ -a-Si:H
RF power density	120 mW/cm ²	80 mW/cm ²	80 mW/cm ²
H ₂ /SiH ₄ ratio		2.5	2.5
PH ₃ /SiH ₄ ratio			0.01
NH ₃ /SiH ₄ ratio	5		
Gas pressure	300 mTorr	250 mTorr	250 mTorr
Sub. temperature	300 °C	250 °C	250 °C
Deposition rate	60 Å/min	80 Å/min	80 Å/min

a-Si:H TFT의 제작시 a-SiN:H, a-Si:H 및 n⁺-a-Si:H막의 증착조건은 표 1과 같다. a-SiN:H 게이트 절연막은 사일렌(SiH₄)과 암모니아(NH₃)의 혼합가스를 사용하였다. 또한 a-Si:H 반도체막은 사일렌과 수소가스를 사용하였으며 n⁺-a-Si:H막은 사일렌, 수소 및 포스핀(PH₃)의 혼합가스를 사용하였다. 이 때 사일렌가스와 포스핀가스는 아르곤(Ar)가스에 각각 10%와 1%로 희석된 것이다.

III. 결과 및 고찰

a-Si:H막과 Al전극 사이의 전기적 특성을 조사하기 위한 a-Si:H/Al접합의 전류-전압특성은 그림 2와 같다. 이 때 a-Si:H막은 표 1의 조건에 따라 2000 Å의 두께로 증착하였으며 Al전극은 상온에서 증착하였다. a-Si:H/Al접합을 200 °C의 진공중에서 30분간 열처리한 결과 비저항성 접합특성을 나타내었다.

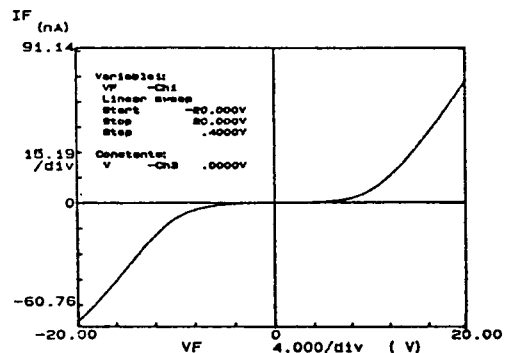


그림 2. a-Si:H/Al 접합의 전류-전압특성
Fig. 2. I-V characteristic of a-Si:H/Al contact.

a-Si:H막과 Al전극 사이의 저항성 접합을 위한 n⁺-a-Si:H/Al 접합의 전류-전압특성은 그림 3과 같다. 이 때 n⁺-a-Si:H막은 표 1의 조건에 따라 2000 Å의 두께로 증착하였다. n⁺-a-Si:H/Al접합은 암상태와 광상태(200 μW/cm²)에서 모두 저항성 접합을 나타내었다.

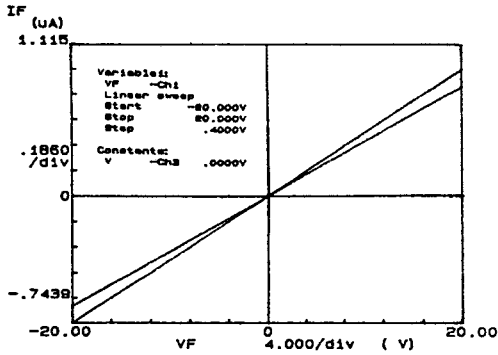


그림 3. n⁺-a-Si:H/Al 접합의 전류-전압특성
Fig. 3. I-V characteristics of n⁺-a-Si:H/Al contact.

a-SiN:H를 게이트 절연막, a-Si:H를 반도체막으로 하여 제작한 a-Si:H TFT의 게이트 전압에 대한 드레인 전류의 ON/OFF 전류특성은 그림 4와 같다. 이 때 a-SiN:H 게이트 절연막과 a-Si:H 반도체막의 두께는 각각 2000 Å이었으며, n⁺-a-Si:H막의 두께는 500 Å이었다. 드레인 전류의 ON/OFF 전이영역에서 양의 게이트 전압이 증가함에 따라 드레인 전류가 지수함수적으로 증가하였다. 이는 weak inversion 상태의 일반적인 MOSFET의 경우와 유사하다. 또한 음의 게이트 전압이 증가함에 따라 드레인 전류는 증가하였지만 양의 게이트 전압에 비해 완만한 증가를 보이고 있다. 이는 전자와 정공의 이동도 차이에 기인한 것으로 생각된다. a-Si:H TFT의 게이트 전압이 0 V일 때 드레인 전류(OFF 전류)는 10⁻¹¹ A 정도이며,

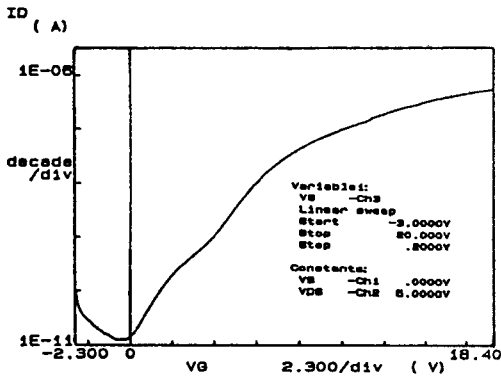
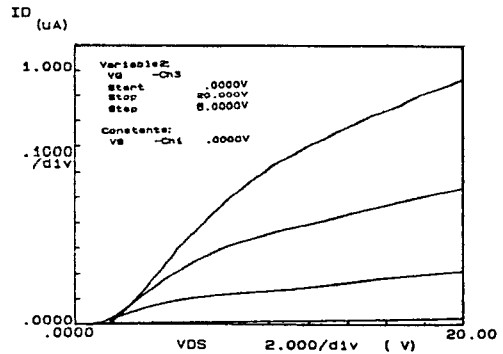


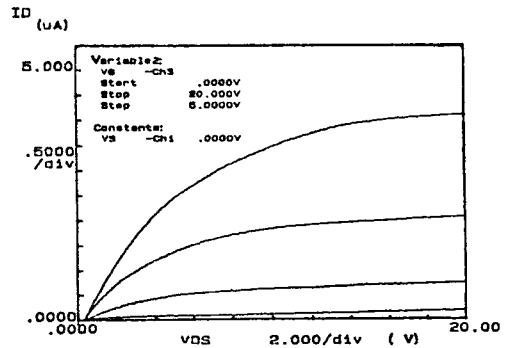
그림 4. a-Si:H TFT의 ON/OFF 전류특성
Fig. 4. ON/OFF current characteristic of a-Si:H TFT.

게이트 전압이 20 V로 증가하였을 때의 드레인 전류(ON전류)는 10⁻⁶ A 정도로 출력전류의 ON/OFF전류비는 약 10⁶으로 나타났다. 일반적으로 a-Si:H TFT를 영상센서의 스위칭소자로 사용하기 위해서는 10⁴ 이상의 ON/OFF 전류비가 요구되는 것으로 알려져 있다.

제작된 a-Si:H TFT의 드레인 전압에 대한 드레인 전류 특성은 그림 5와 같다. 그림 5(a)는 n⁺-a-Si:H막을 증착하지 않은 경우이며, 그림 5(b)는 소오스와 드레인 영역의 저항성 집합을 위해 500 Å 두께의 n⁺-a-Si:H막을 증착한 경우이다. n⁺-a-Si:H막을 증착하지 않은 경우, 2 V 이상의 드레인 전압에서 드레인 전류가 응답하는 비저항성을 나타내었다. 그러나 n⁺-a-Si:H막을 500 Å의 두께로 증착하였을 때, 선형 영역에서 드레인 전류는 드레인 전압에 비례하는 특성을 나타내었으며 n⁺-a-Si:H막을 증착하지 않았을 때보다 약 5배 정도로 증가하였다.



(a) n⁺-a-Si:H: none



(b) n⁺-a-Si:H: 500 Å

그림 5. a-Si:H TFT의 전류-전압특성
Fig. 5. I-V characteristics of a-Si:H TFT.

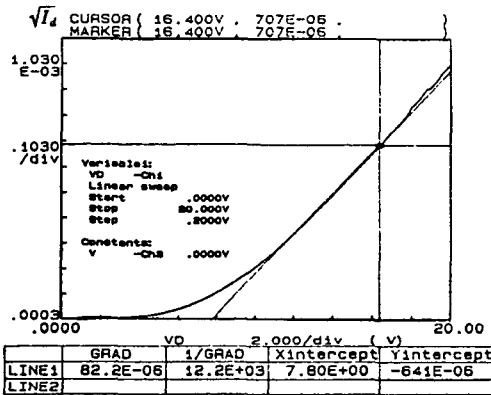
제작된 a-Si:H TFT의 게이트 전압에 따른 $I_d^{1/2}$ 특성은 그림 6과 같다. 게이트 전압에 따른 $I_d^{1/2}$ 특성으로부터 얻어진 문턱전압과 드레인 전류를 관계식 $I_d^{1/2} = (C_i W \mu_{fe} / 2L)^{1/2} (V_d - V_T)$ 에 대입하면 전계효과 이동도를 구할 수 있다. n^+ -a-Si:H막을 증착하지 않은 a-Si:H TFT의 경우 문턱전압은 7.8 V, 전계효과 이동도는 $0.04 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 나타났다. 한편 n^+ -a-Si:H막을 500 Å의 두께로 증착한 a-Si:H TFT의 경우 문턱전압은 6.3 V, 전계효과 이동도는 $0.15 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 나타났다. n^+ -a-Si:H막을 증착하지 않은 경우보다 n^+ -a-Si:H막을 증착한 경우의 전계효과 이동도가 약 4배 정도로 증가하였다.

IV. 결 론

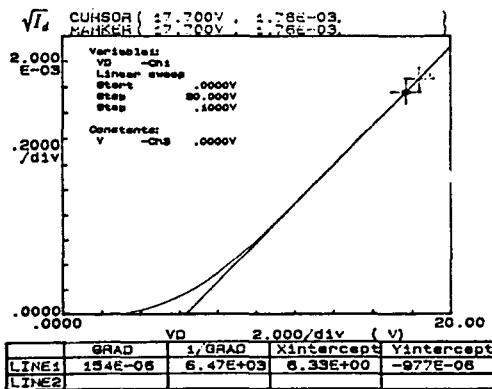
유리기판위에 a-SiN:H를 게이트 절연막, a-Si:H를 반도체막으로 한 역스테거드형 a-Si:H TFT를 제작하고 그 특성을 조사하였다. 이 때 a-Si:H TFT의 채널길이와 채널폭은 각각 $50 \mu\text{m}$ 와 $1000 \mu\text{m}$ 이었으며, a-SiN:H막과 a-Si:H막의 두께는 각각 2000 \AA 이었다. 제작된 a-Si:H TFT는 진공속에서 200°C 의 온도로 2시간 동안 열처리한 후 측정하였다. 소오스와 드레인 영역의 저항성 집합을 위해 500 \AA 두께의 n^+ -a-Si:H막을 증착한 a-Si:H TFT의 ON/OFF 전류비는 10^5 , 문턱전압은 6.3 V 및 전계효과 이동도는 $0.15 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 나타났다. 일반적으로 a-Si:H TFT를 영상센서의 스위칭 소자로 이용하기 위해서 10^4 이상의 ON/OFF 전류비가 요구되는 것에 비추어 볼 때, 이상의 결과로부터 제작된 a-Si:H TFT는 영상센서의 스위칭 소자로 응용될 수 있으리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] Michael Hack *et al.*, "Physical models for amorphous-silicon thin-film transistors and their implementation in a circuit simulation program," *IEEE Electron devices.*, vol. 36, no. 12, pp. 2764-2765, 1989.
- [2] Michael Shur *et al.*, "A new analytic model for amorphous-silicon thin-film transistors," *J. Appl. Phys.*, vol. 66-7, pp. 1371-1372, 1989.
- [3] Martin J. Powell., "The physics of amorphous-silicon thin-film transistors," *IEEE Electron devices.*, vol. 36, no. 12, pp. 2753-2754, 1989.
- [4] Nobuki Ibaraki *et al.*, "The effect of interface states on amorphous-silicon thin-film transistors," *IEEE Electron devices.*, vol. 36, no. 12, pp. 2971-2972, 1989.
- [5] P. G. LeComber *et al.*, "Amorphous silicon field-effect device and possible application," *Electron Lett.*, vol. 15, pp. 179-181, 1979.
- [6] Fujio Okumura *et al.*, "Ferroelectric liquid-crystal shutter array with a-Si:H TFT driver," *IEEE Trans. on Electron Devices. Lett.*, vol. 37, no. 10, pp. 2201-2205, 1990.



(a) n^+ -a-Si:H: none



(b) n^+ -a-Si: 500 Å

그림 6. a-Si:H TFT의 게이트 전압에 따른 $I_d^{1/2}$ 특성
 Fig. 6. The characteristics of $I_d^{1/2}$ vs gate voltage of a-Si:H TFT.

[7] H. Ito *et al.*, "a-Si:H TFT driven image sensor," *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.*, vol. 95, pp. 437-444, 1987.

[8] R. Oritsuki *et al.*, "Threshold voltage shift amorphous silicon thin film transistors during pulse operation," *J. Appl. Phys.*, vol. 30, no. 12B, pp. 3719-3723, 1991.

著 者 紹 介



金 永 振

1965년 2월 13일생. 1991년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1993년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중.

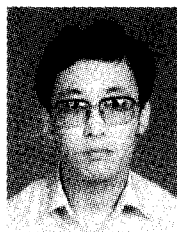
주관심분야: 박막기술 및 박막트랜지스터 등임.

朴 昱 東 : 논문 93-04, p.34 참조.

현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중.

金 基 完 : 논문 93-04, p.34 참조.

현재 경북대학교 전자공학과 교수.



崔 圭 萬

1957년 1월 2일생. 1981년 2월 부산대학교 물리학과 졸업(이학사). 1983년 8월 동 대학원 졸업(이학석사). 1991년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1981년 4월~1983

년 10월 부산대학교 물리학과 조교. 1983년 9월~1989년 8월 삼성전관(주) 종합연구소 선임연구원. 1989년 9월~현재 관동대학교 전자공학과 조교수. 주관심분야: TFEL 및 Display소자 등임.