

산화물반도체 트랜지스터 안정성 향상 연구

이상렬^{1,a}

¹ 청주대학교 반도체공학과

Investigation on the Stability Enhancement of Oxide Thin Film Transistor

Sang Yeol Lee^{1,a}

¹ Department of Semiconductor Engineering, Cheongju University, Cheongju 360-764, Korea.

(Received April 21, 2013; Accepted April 24, 2013)

Abstract: Thin-film transistors(TFTs) with silicon-zinc-tin-oxide(SiZnSnO, SZTO) channel layer are fabricated by rf sputtering method. Electrical properties were changed by different annealing treatment of dry annealing and wet annealing. This procedure improves electrical property especially, stability of oxide TFT. Improved electrical properties are ascribed to desorption of the negatively charged oxygen species from the surfaces by annealing treatment. The threshold voltage (V_{th}) shifted toward positive as increasing Si contents in SZTO system. Because the Si has a lower standard electrode potential (SEP) than that of Sn, Zn, resulting in the degeneration of the oxygen vacancy (V_O). As a result, the Si acts as carrier suppressor and oxygen binder in the SZTO as well as a V_{th} controller, resulting in the enhancement of stability of TFTs.

Keywords: Thin film transistor, Stability, Oxide semiconductor

1. 서론

높은 이동도와 상온안정성의 장점으로 인해 산화아연 기반의 박막트랜지스터가 차세대 디스플레이로서 주목을 받고 있다. 3D, flexible 디스플레이가 각광받는 시대에 소자의 전기적 특성 특히 안정성에 대해서 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 시대의 요구에 따라 고품질의 3D 디스플레이를 구현하기 위해서는

높은 이동도 (mobility)와 높은 안정성 (stability)을 가진 박막트랜지스터를 요구한다. 이에 기존의 a-Si TFT는 안정성, 제조단가 면에서는 좋으나, 소자의 이동도가 낮아 3D 화면구현 시 많은 제약이 있었다. 산화물반도체는 a-Si에 비해 높은 이동도를 가지며, 투명도, 소자안정성이 우수해 차세대 소자로써 기대를 받고 있다. 따라서 기존의 비정질 실리콘 (a-Si) TFT를 대체하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 산화물이 a-Si에 비해 높은 이동도를 가지고 있는 결과는 많은 연구를 통해 밝혀져 있지만, 소자 안정성은 아직 해결해야 할 과제로 남아 있다. 이미 IGZO, IZO, SIZO, ITO와 같은 산화물 반도체가 TFT의 채널물질로써 많이 거론되고 있다 [1-5]. 산화물 반도체 밴드갭 내에 존재하는 트랩으로 인해 전계를 가하였을 때

a. Corresponding author; sylee@cju.ac.kr

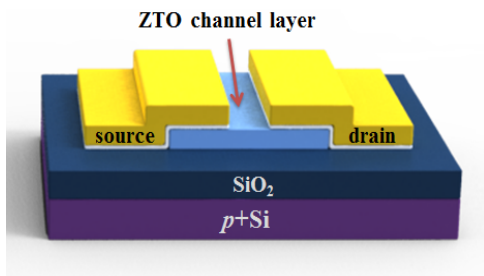


Fig. 1. Schematic illustration of SZTO TFTs.

문턱전압이 변하는 현상, 채널층의 공기 중 노출로 인한 산소와 수분의 흡탈착으로 인한 전기적 특성 변화와 같은 소자 안정성에 대한 검증이 필요하다. 이러한 불안정성은 채널에 패시베이션 구조를 적용하거나 열처리 온도, 분위기를 조절하여 트랜지스터의 안정성을 향상시키지만, 근본적으로 채널 물질의 안정성을 향상시키는 연구가 필요하다. 산화물 반도체의 불안정성은 대부분 산소 결함에 의해서 발생되게 된다. 이 중에서도 subgap state에 위치한 결함은 열처리를 통해서 그 양을 줄일 수 있다. 소자의 안정성 향상에 대한 연구는 아직까지 많은 연구를 필요로 하며 특히, 열처리 과정에서 수분을 흘려주어 소자의 안정성 향상을 분석하는 연구는 매우 중요하다. 본 연구에서는 스퍼터링 공정을 이용하여 silicon-zinc-tin-oxide (SiZnSnO, SZTO)를 증착하고 후열처리 공정으로 습식열처리 공정을 통하여 특성의 변화를 살펴보았다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 SZTO 타겟을 사용하여 스퍼터링 공정을 통하여 트랜지스터를 제작하였다. 후 공정으로 500°C에서 1시간 동안 건식 및 습식 열처리 공정을 실시하였다. Si 위에 SiO₂ 증착된 웨이퍼를 표면에 유기물을 제거하기 위해 아세톤, 메탄올, DI water 순으로 초음파 세척기를 이용하여 세척한다. 트랜지스터의 구조는 bottom-gate structure를 선택하였으며, 이를 그림 1에 도식화하였다. 채널을 형성하기 위해서는 wet etching 공정으로 패터닝을 하였고, 50 nm의 두께를 얻었다. 전극을 형성하기 위해 소스와 드레인 전극에 티타늄 (10 nm)과 99.999%의 골드 (60 nm)를 각각 이빔 evaporator와 thermal 방식으로 증

착하여, lift-off 방법으로 전극을 형성하였다. 소자 제작 후에 박막의 결정 상태를 알아보기 위해 XRD (X-ray diffraction)를 이용하였고, 이에 대한 전기적 특성을 알아보기 위해 semiconductor parameter analyzer (HP-4145B)를 이용하여, 상온 상태에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 XRD를 이용하여 SZTO 박막의 비정질 구조를 확인하였다. 모든 박막이 어닐링 조건과는 관계없이 비정질 상을 보이고 있다. ZnO 기반의 산화물 반도체는 금속의 최외각 전자 중에 s-오비탈 파동함수가 overlap이 되면서 electron path가 형성되기 때

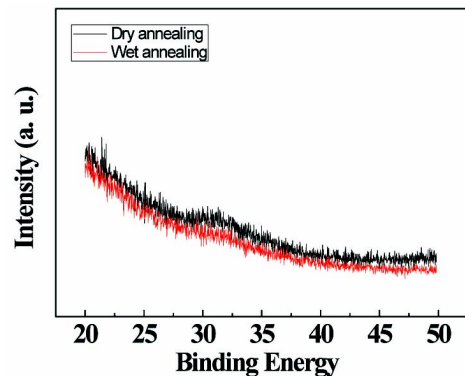


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of SZTO TFT by using dry annealing and wet annealing.

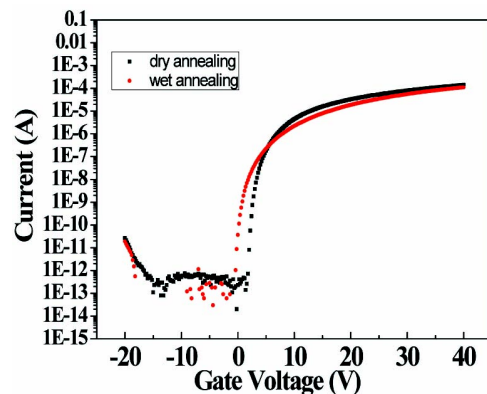


Fig. 3. Transfer curve of SZTO TFT depending on different annealing treatment.

Table 1. Electrical characteristics of SZTO TFTs compared with dry and wet annealing.

Sample	V_{th}	I_{on}	On/Off ratio	mobility	S.S
Dry	7.8	5.9×10^6	6.6×10^8	16.248	0.93
Wet	3.6	1.4×10^4	1.0×10^9	19.497	0.25

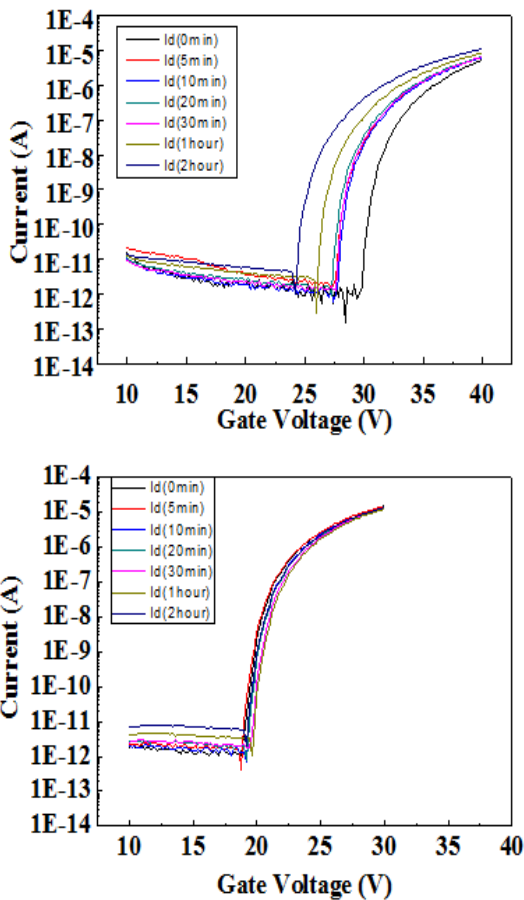


Fig. 4. After bias-temperature stress the comparison of device stability of SZTO TFTs.

문에 비정질의 박막을 가지고 있어도 높은 이동도를 가질 수 있다 [6]. 제작된 소자의 어닐링 분위기에 따른 전기적 특성을 관찰해 보았다.

그림 3은 습식열처리와 건식 열처리의 transfer 곡선을 보여준다. 측정 조건은 V_{ds} 는 10 V, V_g 는 -20

~ 40 V 범위에서 상온의 암실에서 측정하였다. 측정되어진 transfer curve를 통하여 열처리 공정에 따라 이동도, 문턱 전압, subthreshold swing 등이 변하는 것을 확인할 수 있었다 [7,8].

표 1에 그 결과를 요약하여 나타내었다. 습식열처리를 한 경우는 건식 열처리를 한 경우 보다 이동도가 높게 나왔음을 알 수 있다. 또한 습식 열처리를 한 소자가 안정성 또한 향상되는 것을 그림 4의 스트레스 측정을 통해 명확하게 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 산화물 TFT 소자의 열처리 공정 조건에 따른 전기적 특성 변화에 관하여 실험을 하였다. 건식 열처리 시 보다 습식 열처리를 하였을 경우 소자 이동도나 안정성이 향상되는 것을 확인하였고, 이번 실험을 통해서 열처리 조건이 소자의 전기적 특성에 민감하게 작용 한다는 것을 알 수 있었다. 습식 열처리 시 이동도와 안정성이 향상되는 점은 채널의 결함에 대한 보상이 가장 큰 변수일 것으로 판단되며 차후 XPS 등과 같은 추가적인 분석을 통하여 소자 특성 향상을 위한 추가 연구를 좀 더 심도 깊게 진행할 예정이다.

감사의 글

이 논문 및 저서는 2011-2013학년도에 청주대학교 산업과학연구소가 지원한 학술연구조성비 (특별연구 과제)에 의해 연구되었음.

REFERENCES

- [1] Nomura, H. Ohta, A. Takagi, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Nature*, **432**, 488 (2004).
- [2] E. Chong, Y. S. Chun, and S. Y. Lee, *Appl. Phys. Lett.*, **96**, 152102 (2010).
- [3] E. Chong, Y. S. Chun, and S. Y. Lee, *Electrochem. Solid-State Lett.*, (inpress)
- [4] E. Fortunato, A. Pimentel, A. Goncalve, A. Marques, and R. Martins, *Thin Solid Film*, **502**, 104 (2006).
- [5] B. D. Ahn, J. H. Kim, H. S. Kang, C. H. Lee, S. H. Oh, K. W. Kim, G. E. Jang, and S. Y. Lee, *Thin*

- Solid Film*, **516**, 1382 (2008).
- [6] H. S. Kim, P. D. Byrne, A. Facchetti, and T. J. Marks, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 12580 (2008).
- [7] J. P. Chang, Y. S. Lin, S. Berger, A. Kepten, R. Bloom, and S. Levy, *J. Vac. Sci. Technol. B*, **19**, 2137 (2001).
- [8] G. H. Kim, W. H. Jeong, B. D. Ahn, H. S. Shin, H. J. Kim, H. J. Kim, M. K. Ryu, K. B. Park, J. B. Seon, and S. Y. Lee, *Appl. Phys. Lett.*, **96**, 163506 (2010).