

자외선-오존 처리에 따른 a-IGZO TFT의 Subgap Density of States 변화 분석

이형노, 김용상

첨단디스플레이공학과, 성균관대학교

Analysis of Subgap Density of States Variation Induced by UV-Ozone Treatment in a-IGZO Thin-Film Transistors

Hyeong-No Lee, Yong-Sang Kim

Dept. of Display Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract - 본 연구에서는 자외선-오존(UVO) 처리 전후 비정질 인듐-갈륨-아연 산화물(a-IGZO) 박막 트랜지스터(TFT)의 전달 특성과 subgap density of states(DOS) 분포를 비교 분석하였다. UVO 처리 후 acceptor-like tail state(N_{TA})는 감소하였으며, 따라서 문턱전압 이하 스윙(SS)이 감소하였다. 반면 acceptor-like deep state(N_{DA})는 증가하였고, 이와 함께 문턱전압(V_{TH})은 양의 방향으로 이동하였으며 이동도(μ_{SAT})는 저하되었다. 이러한 결과는 UVO 처리에 따른 a-IGZO TFT의 전기적 특성 변화가 subgap DOS 변화와 연관되어 있음을 보여준다.

1. 서 론

a-IGZO TFT는 높은 전자 이동도, 낮은 누설전류, 우수한 대면적 균일성 등의 장점을 바탕으로 차세대 디스플레이 구동 소자로 널리 활용되고 있다. 그러나 a-IGZO TFT의 전기적 특성은 박막 내부 결함 상태에 민감하게 영향을 받기 때문에, 이를 제어하기 위한 공정 기술이 중요하다. 이에 따라 산화물 반도체의 결함 상태를 조절하기 위한 다양한 후처리 공정이 연구되고 있으며, 그중 UVO 처리는 산소 활성종을 이용하여 a-IGZO TFT의 전기적 특성을 조절할 수 있는 공정으로 활용되고 있다 [1]. 기존 연구에서는 UVO 처리에 따른 전달 특성, 화학 결합 상태 및 접촉 저항 변화를 중심으로 처리 효과를 분석하였으나, subgap DOS 관점에서의 분석은 상대적으로 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 UVO 처리 전후 a-IGZO TFT의 전달 특성을 비교하고, 문턱전압 이하 결합 계수 기법으로 subgap DOS를 추출하여 UVO 처리에 따른 결합 상태 분포와 전기적 특성 변화를 비교 분석하였다.

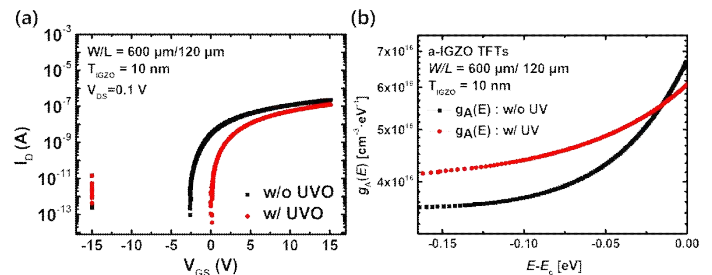
2. 본 론

2.1 소자 제작 과정 및 측정

고농도로 도핑된 p형 Si 기판을 게이트 전극으로 사용하였으며, 200 nm 두께의 SiO_2 를 게이트 절연막으로 사용하였다. a-IGZO 활성층은 RF magnetron sputtering을 통해 10 nm 두께로 증착하였고, 300 °C에서 1시간 동안 열처리를 진행하였다. 알루미늄을 열 증발 방식으로 증착하여 소스/드레인 전극을 형성하였으며, UVO 처리를 60 분간 수행하였다. 제작된 소자의 채널 길이와 너비는 각각 120 μm , 600 μm 이며, 전기적 특성은 B1500A 이용하여 측정하였다. subgap DOS는 문턱전압 이하 결합 계수 기법을 이용하여 추출하였다 [2].

2.2 결과 및 분석

UVO 처리 후 a-IGZO TFT의 subgap DOS 분포와 전기적 특성 변화를 비교한 결과, N_{TA} 는 $2.15 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$ 에서 $7.91 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$ 로 감소하였다. N_{TA} 는 문턱전압 이하 영역의 전하 포획 및 스위칭 특성과 밀접하게 관련된 tail state이므로, 이러한 감소는 SS가 0.385 V/dec에서 0.316 V/dec로 감소한 결과와 연관된다. 반면, N_{DA} 는 $4.69 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$ 에서 $5.34 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \cdot \text{eV}^{-1}$ 로 증가하였으며, 이와 함께 문턱 전압 1.69 V에서



〈그림 1〉 (a) UVO 처리에 따른 IGZO TFT의 전달 특성 곡선
(b) UVO 처리에 따른 Subgap DOS 변화

4.05 V로 양의 방향으로 이동하고 이동도는 $2.03 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 에서 $0.63 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 감소하였다. 이러한 결과는 UVO 처리 후 a-IGZO TFT에서 전기적 특성 변화가 화학 결합뿐 아니라 subgap DOS 변화와 밀접하게 연관되어 있음을 보여준다.

3. 결 론

본 연구에서는 UVO 처리 전후 a-IGZO TFT의 전달 특성과 subgap DOS 변화를 비교하여 전기적 특성 변화와 결합 상태 분포 변화의 관계를 분석하였다. UVO 처리 후 N_{TA} 는 감소하였으며, 이로 인해 문턱전압 이하 스윙은 0.385 V/dec에서 0.316 V/dec로 감소하였다. 반면 N_{DA} 는 증가하였고, 이와 함께 문턱전압은 1.69 V에서 4.05 V로 양의 방향으로 이동하였으며 이동도는 $2.03 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 에서 $0.63 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 로 감소하였다. 이러한 결과는 UVO 처리로 인한 a-IGZO TFT의 전기적 특성 변화가 subgap DOS 변화와 연관되어 있음을 보여준다.

감사의 글

이 연구는 2026년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00418086, 2026년 산업혁신인재성장지원사업)

[참 고 문 헌]

- [1] W. Kim et al., "Influence of UV/Ozone Treatment on Threshold Voltage Modulation in Sol-Gel IGZO Thin-Film Transistors", *Advanced Materials Interfaces*, vol. 9, 2200032, pp. 1 - 8, 2022.
- [2] S. Jun et al., "Unified Subthreshold Coupling Factor Technique for Surface Potential and Subgap Density-of-States in Amorphous Thin Film Transistors", *IEEE Electron Device Letters*, vol. 34, no. 5, pp. 641 - 643, 2013.