



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월02일
(11) 등록번호 10-2151101
(24) 등록일자 2020년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 29/786 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 29/7869 (2013.01)
H01L 21/02118 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0156556
(22) 출원일자 2018년12월07일
심사청구일자 2018년12월07일
(65) 공개번호 10-2020-0069474
(43) 공개일자 2020년06월17일
(56) 선행기술조사문헌
JP2005277238 A*
JP2010135584 A*
KR1020120127166 A*
KR1020180113396 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김현재
서울특별시 마포구 마포대로 195, 402-1101호(아현동, 마포 래미안 푸르지오)
강병하
서울특별시 동작구 장승배기로16길 134, 101동 601호(노량진동, 쌍용예가아파트)
김원기
경기도 고양시 일산동구 성현로 335(문봉동)
(74) 대리인
김연권

전체 청구항 수 : 총 7 항

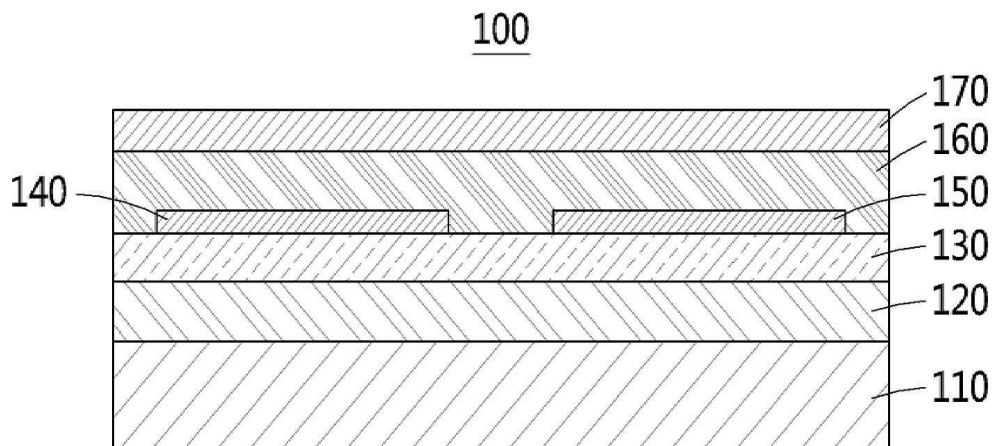
심사관 : 임창연

(54) 발명의 명칭 산화물 반도체 박막 트랜지스터

(57) 요약

본 발명은 다기능 이종접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)을 포함하는 산화물 반도체 박막 트랜지스터에 관한 것으로서, 본 발명의 일실시예에 따르면 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 게이트 전극, 게이트 절연층, 채널층, 소스 전극, 드레인 전극, 제1 패시베이션층 및 제2 패시베이션층을 포함하고, 상기 제1 패시베이션층은 상기 채널층, 상기 소스 전극 및 상기 드레인 전극 상에 수직 증착되어 형성되고, 외부의 빛에 의해 생성된 캐리어(carrier)가 상기 채널층으로 이동하는 것을 방지하는 밴드 갭(band gap)을 갖는 유기물질을 이용하여 형성되며, 상기 제2 패시베이션층은 상기 제1 패시베이션층 상에 수직 증착되어 형성되고, 소수성을 나타내며, 외부의 물분자 및 산소와의 흡착 및 탈착을 방지하는 유기물질을 이용하여 형성하는 기술에 관한 것이다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

H01L 21/0228 (2013.01)
H01L 21/02282 (2013.01)
H01L 21/0262 (2013.01)
H01L 21/02631 (2013.01)
H01L 29/78606 (2013.01)
H01L 29/78618 (2013.01)
H01L 29/78696 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	K_G011006303803
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술혁신사업
연구과제명	[RCMS]유연기관 손상 최소화를 위한 in-situ 광소결 서브마이크로급 패터닝 기술 개발(3/4)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

게이트 전극; 게이트 절연층; 채널층; 소스 전극; 드레인 전극; 제1 패시베이션층; 및 제2 패시베이션층을 포함하고,

상기 제1 패시베이션층은 상기 채널층, 상기 소스 전극 및 상기 드레인 전극 상에 C타입의 파릴렌(parylene-C)을 수직 증착되어 형성되고, 외부의 빛에 의해 생성된 캐리어(carrier)가 상기 채널층으로 이동하는 것을 방지하는 밴드 갭(band gap)을 갖으며,

상기 제2 패시베이션층은 상기 제1 패시베이션층 상에 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)를 수직 증착되어 형성되면서 상기 제1 패시베이션층 내 상기 C타입의 파릴렌(parylene-C)에 기반하여 발생된 복수의 구멍(pore)을 채워 외부로부터의 응력(stress)을 완충하고, 소수성을 나타내며, 외부의 물분자 및 산소와의 흡착 및 탈착을 방지하는

산화물 반도체 박막 트랜지스터.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 패시베이션층은 상기 채널층으로 상기 C타입의 파릴렌(parylene-C)의 C1 접합(bond)이 확산되고, 상기 확산된 C1 접합(bond)이 상기 채널층의 산소 공공(oxygen vacancy)과 결합되어 상기 채널층의 결함 영역(defect site)과 상기 채널층과 상기 제1 패시베이션층의 계면 상의 트랩 영역(trap site)을 감소시키는

산화물 반도체 박막 트랜지스터.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 패시베이션층은 상기 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)에 기반하여 상기 물분자와의 흡착 현상을 방지함으로써 오프 전류(off current)를 감소시키는

산화물 반도체 박막 트랜지스터.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 패시베이션층 및 상기 제2 패시베이션층은 스퍼터링(sputtering) 공정, CVD(Chemical Vapor Deposition) 공정, ALD(Atomic Layer Deposition) 공정, 용액 공정(원 드롭(one drop), 스핀 코팅(spin coating), 잉크 젯(ink jet) 및 슬롯 다이(slot die)) 중 적어도 어느 하나의 공정을 이용하여 형성되는

산화물 반도체 박막 트랜지스터.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 채널층은 단성분계 물질, 단일 성분계 물질 또는 이중 성분계 물질 중 적어도 어느 하나의 산화 물질을 이용하여 형성되는

산화물 반도체 박막 트랜지스터.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 채널층은 InGaZnO, ZnO, ZrInZnO, InZnO, AlInZnO, ZnO, InGaZnO₄, ZnInO, ZnSnO, In₂O₃, Ga₂O₃, HfInZnO, GaInZnO, SnO₂, In₂O₃SnO₂, MgZnO, ZnSnO₃, ZnSnO₄, CdZnO, CuAlO₂, 또는 CuGaO₂ 중 적어도 어느 하나의 산화 물질을 이용하여 형성되는

산화물 반도체 박막 트랜지스터.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 패시베이션층 및 상기 제2 패시베이션층은 서로 다른 유기물질이 순차적으로 증착되어 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)으로 형성되는

산화물 반도체 박막 트랜지스터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 서로 다른 유기물질을 이용하여 형성되는 제1 패시베이션층 및 제2 패시베이션층을 포함하는 산화물 반도체 박막 트랜지스터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 서로 다른 유기물질이 순차적으로 증착되어 형성되는 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)에 기반하여 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 전기적 성능과 신뢰성을 향상시키는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 디스플레이의 백 플레인(backplane)을 구동하는 박막트랜지스터의 채널 물질로 다결정실리콘(poly-Si)과 산화물 반도체가 널리 사용되고 있다.

[0003] 다결정 실리콘과 산화물 반도체는 과거부터 주로 사용되어온 비정질 실리콘(a-Si)과 비교하여 우수한 전기적 특성을 가지기 때문에 고성능의 디스플레이를 구현할 수 있다.

[0004] 다결정 실리콘의 전기적 특성(이동도 약 100 cm²/Vs)은 현재까지 상용화된 박막트랜지스터의 채널 물질 중에 가장 우수한 성능을 보인다.

[0005] 이러한 소재 특성으로 인해, 현재 고성능 디스플레이로 대표되는 모바일 OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이에는 다결정 실리콘이, 대면적 TV OLED 디스플레이에는 산화물 반도체가 주로 사용되고 있다.

[0006] 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 투명도, 유연성, 고 이동도, 대면적 적용 용이성, 저온 공정 등 차세대 물질로서의 많은 장점들을 갖고 있지만, 빛, 온도, 외부 응력(stress) 등에 취약하다는 단점도 존재한다.

[0007] 특히, 산화물 반도체 박막 트랜지스터가 대기에 노출될 시에 수분 및 산소 원자의 흡착 및 탈착이 발생되고, 이는 산화물 박막 트랜지스터의 신뢰성에 있어 가장 큰 취약점이 될 수 있다.

[0008] 종래 기술에 따르면, 상술한 문제점을 해결하기 위해 산화규소(SiO₂), 산화 하프늄(HfO₂), 산화 지르코늄(ZrO) 등의 무기물질 기반 패시베이션(passivation) 층들이 도입되고 있으며, 새로운 무기물질에 대한 연구가 다수 진

행되고 있다.

- [0009] 또한, 플렉시블 디바이스(flexible device) 및 웨어러블 디바이스(wearable device)에 대한 수요가 증가하면서, 이러한 유연 소자의 기능 구현이 가능한 유기물질 기반의 패시베이션층에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.
- [0010] 또한, 유연 소자를 제작하기 위해서는 패시베이션층의 재료뿐만 아니라, 저온(약 250°C 이하) 공정의 개발 또한 필수적이다.
- [0011] 더 나아가, 최근 연구들에서는 패시베이션층이 단순히 대기 중 수분 및 산소 원자의 흡착 및 탈착을 막아주는 역할을 하는 것뿐만 아니라, 채널(channel) 또는 소스 및 드레인 전극 층의 성능 향상을 돕는 역할을 수행하는 다기능 패시베이션층을 형성하기 위한 물질 및 공정 개발에 대한 연구도 지속적으로 수행되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제8857050호, "METHODS OF MAKING AN ENVIRONMENT PROTECTION COATING SYSTEM"
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2018-0113396호, "수직 및 수평 상분리된 반도체 고분자/절연성 고분자 블렌드 박막과 이를 포함하는 유기박막 트랜지스터"
- (특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2017-0069991호, "다층 보호막의 형성 방법 및 다층 보호막의 형성 장치"

비특허문헌

- [0013] (비특허문헌 0001) Sang-Hee Ko Park 외 5명, "Double-layered passivation film structure of Al₂O₃/SiN_x for high mobility oxide thin film transistors", J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 31, No. 2, Mar/Apr 2013

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 플렉시블 디바이스(flexible device) 및 웨어러블 디바이스(wearable device)용 패시베이션층으로, 대기 중 수분 및 산소와의 흡착 및 탈착을 방지하고, 빛에 의한 생성된 캐리어가 채널층으로 이동하는 것을 방지하는 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)을 제공하는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0015] 본 발명은 서로 다른 유기물질들(예: C 타입의 파릴렌(parylene-C)과 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer))를 채널층 위에 순차적으로 적층하여 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)을 형성하는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0016] 본 발명은 소수성을 나타내어, 대기 중 수분 및 산소의 흡착 및 탈착을 방지하는 유기 물질을 이용하여 제2 패시베이션층을 형성하는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0017] 본 발명은 제1 패시베이션층의 내부에 생길 수 있는 구멍(pore)을 채워주는 완충제 역할을 수행하는 유기 물질을 이용하여 제2 패시베이션층을 형성하는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0018] 본 발명은 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)에 기반하여 전기적 성능 및 신뢰성이 향상되고, 우수한 유연성을 갖는 산화물 반도체 박막 트랜지스터를 제공하는 것을 목적으로 할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명의 일실시예에 따르면 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 게이트 전극, 게이트 절연층, 채널층, 소스 전극, 드레인 전극, 제1 패시베이션층 및 제2 패시베이션층을 포함하고, 상기 제1 패시베이션층은 상기 채널층, 상기 소스 전극 및 상기 드레인 전극 상에 수직 증착되어 형성되고, 외부의 빛에 의해 생성된 캐리어(carrier)가 상기 채널층으로 이동하는 것을 방지하는 밴드 갭(band gap)을 갖는 유기물질을 이용하여 형성되며, 상기 제

2 패시베이션층은 상기 제1 패시베이션층 상에 수직 증착되어 형성되고, 소수성을 나타내며, 외부의 물분자 및 산소와의 흡착 및 탈착을 방지하는 유기물질을 이용하여 형성될 수 있다.

[0020] 상기 제1 패시베이션층은 상기 채널층, 상기 소스 전극 및 상기 드레인 전극 상에 C타입의 파릴렌(parylene-C)을 수직 증착하여 형성될 수 있다.

[0021] 상기 제1 패시베이션층은 상기 채널층으로 상기 C타입의 파릴렌(parylene-C)의 C1 접합(bond)이 확산되고, 상기 확산된 C1 접합(bond)이 상기 채널층의 산소 공공(oxygen vacancy)과 결합되어 상기 채널층의 결함 영역(defect site)과 상기 채널층과 상기 제1 패시베이션층의 계면 상의 트랩 영역(trap site)을 감소시킬 수 있다.

[0022] 상기 제2 패시베이션층은 상기 제1 패시베이션층 상에 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)를 수직 증착하여 형성될 수 있다.

[0023] 상기 제2 패시베이션층은 상기 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)에 기반하여 상기 물분자와의 흡착 현상을 방지함으로써 오프 전류(off current)를 감소시킬 수 있다.

[0024] 상기 제2 패시베이션층은 상기 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)에 기반하여 상기 제1 패시베이션층 내 복수의 구멍(pore)을 채울 수 있다.

[0025] 상기 제1 패시베이션층 및 상기 제2 패시베이션층은 스퍼터링(sputtering) 공정, CVD(Chemical Vapor Deposition) 공정, ALD(Atomic Layer Deposition) 공정, 용액 공정(원 드롭(one drop), 스핀 코팅(spin coating), 잉크 젯(ink jet) 및 슬롯 다이(slot die)) 중 적어도 어느 하나의 공정을 이용하여 형성될 수 있다.

[0026] 상기 채널층은 단성분계 물질, 단일 성분계 물질 또는 이중 성분계 물질 중 적어도 어느 하나의 산화 물질을 이용하여 형성될 수 있다.

[0027] 상기 채널층은 InGaZnO, ZnO, ZrInZnO, InZnO, AlInZnO, ZnO, InGaZnO₄, ZnInO, ZnSnO, In₂O₃, Ga₂O₃, HfInZnO, GaInZnO, SnO₂, In₂O₃SnO₂, MgZnO, ZnSnO₃, ZnSnO₄, CdZnO, CuAlO₂, 또는 CuGaO₂ 중 적어도 어느 하나의 산화 물질을 이용하여 형성될 수 있다.

[0028] 상기 제1 패시베이션층 및 상기 제2 패시베이션층은 서로 다른 유기물질이 순차적으로 증착되어 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)으로 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0029] 본 발명은 플렉시블 디바이스(flexible device) 및 웨어러블 디바이스(wearable device) 용 패시베이션층으로, 대기 중 수분 및 산소와의 흡착 및 탈착을 방지하고, 빛에 의한 생성된 캐리어가 채널층으로 이동하는 것을 방지하는 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)을 제공할 수 있다.

[0030] 본 발명은 서로 다른 유기물질들(예: C 타입의 파릴렌(parylene-C)과 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer))을 채널층 위에 순차적으로 적층하여 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)을 형성할 수 있다.

[0031] 본 발명은 소수성을 나타내어, 대기 중 수분 및 산소의 흡착 및 탈착을 방지하는 유기 물질을 이용하여 제2 패시베이션층을 형성할 수 있다.

[0032] 본 발명은 제1 패시베이션층의 내부에 생길 수 있는 구멍(pore)을 채워주는 완충제 역할을 수행하는 유기 물질을 이용하여 제2 패시베이션층을 형성할 수 있다.

[0033] 본 발명은 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)에 기반하여 전기적 성능 및 신뢰성이 향상되고, 우수한 유연성을 갖는 산화물 반도체 박막 트랜지스터를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 구조를 설명하는 도면이다.

도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 패시베이션층 및 제2 패시베이션층의 소수성을 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 패시베이션층 및 제2 패시베이션층의 동작 특성을 설명하는 도면이다.

도 5a는 종래기술에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 설명하는 도면이다.

도 5b는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 설명하는 도면이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 동작 안정성을 설명하는 도면이다.

도 7a 내지 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 기계적 벤딩 응력 대비 결과를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

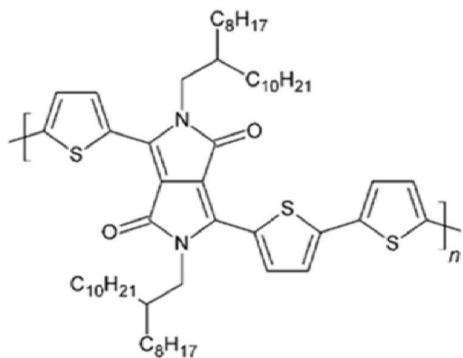
- [0035] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0036] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0037] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0038] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0039] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0040] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0041] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0043] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 구조를 설명하는 도면이다.
- [0044] 구체적으로, 도 1a는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 적층 구조를 예시한다.
- [0045] 도 1a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터(100)는 게이트 전극(110), 게이트 절연층(120), 채널층(130), 소스 전극(140), 드레인 전극(150), 제1 패시베이션층(160) 및 제2 패시베이션층

(170)을 포함한다.

- [0046] 본 발명의 일실시예에 따르면 게이트 전극(110)은 기판으로서 P-타입(type)으로 붕소가 고농도로 도핑된 Si 웨이퍼(wafer)가 이용될 수 있다.
- [0047] 일례로, 게이트 절연층(120)은 게이트 전극(110) 상에 열산화(thermal oxidation) 기법으로 이산화규소(SiO₂)를 성장시켜 형성될 수 있다.
- [0048] 즉, 게이트 전극(110) 및 게이트 절연층(120)은 P-타입(type)의 불순물이 고농도로 도핑된 Si 웨이퍼(wafer)에서 이산화규소(SiO₂)를 열적으로 성장시켜 형성될 수 있다.
- [0049] 본 발명의 일실시예에 따르면 채널층(130)은 단성분계 물질, 단일 성분계 물질 또는 이중 성분계 물질 중 적어도 어느 하나의 산화 물질을 이용하여 게이트 절연층(120) 상에 형성될 수 있다.
- [0050] 보다 구체적으로, 채널층(130)은 InGaZnO, ZnO, ZrInZnO, InZnO, AlInZnO, ZnO, InGaZnO₄, ZnInO, ZnSnO, In₂O₃, Ga₂O₃, HfInZnO, GaInZnO, SnO₂, In₂O₃SnO₂, MgZnO, ZnSnO₃, ZnSnO₄, CdZnO, CuAlO₂, 또는 CuGaO₂ 중 적어도 어느 하나의 산화 물질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0051] 일례로, 채널층(130)은 스퍼터링(sputtering) 공정, CVD(Chemical Vapor Deposition) 공정, ALD(Atomic Layer Deposition) 공정, 용액 공정(원 드롭(one drop), 스핀 코팅(spin coating), 잉크 젯(ink jet) 및 슬롯 다이(slot die)) 중 적어도 어느 하나의 공정을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0052] 본 발명의 일실시예에 따르면 채널층(130) 상에서 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)은 약 200nm의 두께의 알루미늄(Al)을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0053] 일례로, 제1 패시베이션층(160)은 채널층(130), 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150) 상에 수직 증착되어 형성되고, 외부의 빛에 의해 생성된 캐리어(carrier)가 채널층으로 이동하는 것을 방지하는 밴드 갭(band gap)을 갖는 유기물질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0054] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 패시베이션층(160)은 채널층(130), 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150) 상에 C타입의 파릴렌(parylene-C)을 수직 증착하여 형성될 수 있다.
- [0055] 일례로, 제1 패시베이션층(160)은 채널층(130)으로 C타입의 파릴렌(parylene-C)의 Cl 접합(bond)이 확산되고, 채널층(130)으로 확산된 Cl 접합(bond)이 채널층(130)의 산소 공공(oxygen vacancy)과 결합되어 채널층(130)의 결합 영역(defect site)과 채널층(130)과 제1 패시베이션층(160)의 계면 상의 트랩 영역(trap site)을 감소시킬 수 있다.
- [0056] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 패시베이션층(160)은 파릴렌(parylene-C)에 기반하여 내부에 구멍(pore)이 발생될 수도 있다. 여기서, 구멍은 제1 패시베이션층(160)에 외부로부터 응력(stress)이 가해질 때, 내구성 문제를 발생시킬 수도 있다.
- [0057] 일례로, 제1 패시베이션층(160)은 스퍼터링(sputtering) 공정, CVD(Chemical Vapor Deposition) 공정, ALD(Atomic Layer Deposition) 공정, 용액 공정(원 드롭(one drop), 스핀 코팅(spin coating), 잉크 젯(ink jet) 및 슬롯 다이(slot die) 등) 중 적어도 어느 하나의 공정을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0058] 일례로, 제2 패시베이션층(170)은 제1 패시베이션층(160) 상에 수직 증착되어 형성되고, 소수성을 나타내며, 외부의 물분자 및 산소와의 흡착 및 탈착을 방지하는 유기물질을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0059] 본 발명의 일실시예에 따르면, 제2 패시베이션층(170)은 제1 패시베이션층(160) 상에 디케토피롤로피롤계 중합체(diketopyrrolopyrrole-polymer, DPP-polymer)를 수직 증착하여 형성될 수 있다.
- [0060] 일례로, 제2 패시베이션층(170)은 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)에 기반하여 물분자와의 흡착 현상을 방지함으로써 오프 전류(off current)를 감소시킬 수 있다.
- [0061] 또한, 제2 패시베이션층(170)은 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)에 기반하여 제1 패시베이션층(160) 내 복수의 구멍(pore)을 채우는 완충제 역할을 수행할 수 있다.
- [0062] 즉, 본 발명은 제1 패시베이션층의 내부에 생길 수 있는 구멍(pore)을 채워주는 완충제 역할을 수행하는 유기물질을 이용하여 제2 패시베이션층을 형성할 수 있다.

- [0063] 일례로, 제2 패시베이션층(170)은 스퍼터링(sputtering) 공정, CVD(Chemical Vapor Deposition) 공정, ALD(Atomic Layer Deposition) 공정, 용액 공정(원 드롭(one drop), 스핀 코팅(spin coating), 잉크 젯(ink jet) 및 슬롯 다이(slot die) 등) 중 적어도 어느 하나의 공정을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0064] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 패시베이션층(160) 및 제2 패시베이션층(170)은 서로 다른 유기물질이 순차적으로 증착되어 다기능 이종접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)으로 형성될 수 있다.
- [0065] 즉, 본 발명은 서로 다른 유기물질들(예: C 타입의 파릴렌(parylene-C)과 디케토피롤로피를계 중합체(DPP-polymer))를 채널층 위에 순차적으로 적층하여 다기능 이종접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)을 형성할 수 있다.
- [0066] 본 발명의 다른 실시예에 따라 제1 패시베이션층(160)과 제2 패시베이션층의 적층 순서 및 두께는 변경 적용될 수도 있다.
- [0067] 구체적으로, 도 1b는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 적층 구조와 관련된 투과 전자 현미경(transmission electron microscopy, TEM) 이미지를 예시한다.
- [0068] 도 1b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 게이트 전극(110), 게이트 절연층(120), 채널층(130), 소스 및 드레인 전극(미도시), 제1 패시베이션층(160) 및 제2 패시베이션층(170)을 포함한다.
- [0069] 일례로, 제1 패시베이션층(160) 및 제2 패시베이션층(170)은 채널층(130)을 이중으로 보호할 수 있다.
- [0070] 제2 패시베이션층(170)은 외부로 도출되어 외부로부터의 수분 및 산소의 접근을 방지할 수 있고, 제1 패시베이션층(160)은 외부의 빛으로부터 발생하는 캐리어의 이동을 방지할 수 있다.
- [0071] 구체적으로, 도 1c는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 적층 구조와 입체도를 통하여 예시한다.
- [0072] 도 1c를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터(100)는 게이트 전극(110), 게이트 절연층(120), 채널층(130), 소스 전극(140), 드레인 전극(150), 제1 패시베이션층(160) 및 제2 패시베이션층(170)을 포함한다.
- [0073] 본 발명의 일실시예에 따르면 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)이 채널층(130) 상에 형성된 후, 제1 패시베이션층(160)의 형성 물질이 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)이 채널층(130) 상 증착되어 형성될 수 있다.
- [0074] 한편, 제2 패시베이션층(170)은 제1 패시베이션층(160) 상에 제1 패시베이션층(160)을 형성하는 물질과 다른 물질이 증착되어 형성될 수 있다.
- [0075] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 패시베이션층(160)과 제2 패시베이션층(170)은 국부적으로 층을 증착 형성하는 원 드롭(one drop) 방식과 전면에 증착하는 원 드롭(one drop), 스핀 코팅(spin coating), 스프레이 코팅(spray coating), 잉크 젯 프린트(inkjet print) 방식 중 어느 하나의 증착 방식을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0076] 아울러, 제1 패시베이션층(160) 및 제2 패시베이션층(170)을 형성하기 위한 추가 공정이 개발될 경우, 새로운 추가 공정도 도입될 수 있으며, 상술한 내용에 제한 두지 않는다.
- [0077] 또한, 본 발명은 산화물 반도체 박막 트랜지스터를 구성하는 각 층의 증착 순서, 영역 및 적층 횟수를 달리하여 서로 다른 두 종류 이상의 물질을 이용하여 형성된 이종접합 패시베이션층의 구조를 변형 적용할 수 있으며, 상술한 내용에 제한을 두지 않는다.
- [0079] 도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 제조 방법을 설명하는 도면이다.
- [0080] 도 2a를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 제조 방법은 p+-Si 기판에 해당하는 게이트 전극(210)위에 열 산화된(thermally oxidized) 산화 규소(SiO₂)를 이용하여 게이트 절연층(220)이 형성된 Si 웨이퍼(wafer)에서 아세톤, 메탄올 순서로 각각 10분간 상온에서 초음파 세척기를 이용해 세척을 진행하여 게이트 전극(210) 및 게이트 절연층(220)을 형성한다.
- [0081] 도 2b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 제조 방법은 게이트 절연층

[0100] [화학식 2]



[0101]

[0103] 본 발명의 일실시예에 따르면 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 제조 방법은 톨루엔(toluene) 용매(solvent)에 녹인 poly{3-([2,2':5',2''-terthiophen]-5-yl)-2,5-bis(2-octyldodecyl)-2,5-dihydropyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4-dione-6,5''-diyl} [P(DPP20DT2-T); TE223] 기반의 디케토피롤로피롤계 중합체 (DPP-polymer)를 상온에서 24시간 숙성시킨다.

[0104] 또한, 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 제조 방법은 제1 패시베이션층(260) 상에 숙성된 디케토피롤로피롤계 중합체 (DPP-polymer)를 드롭(drop)하고, 3000rpm의 속도로 스핀 코팅(spin coating) 방식을 이용하여 제2 패시베이션층(270)을 증착하며, 제1 패시베이션층(260) 및 제2 패시베이션층(270)이 모두 증착된 후, 추가적인 열처리 없이 상온 또는 대기 중에서 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 형성 과정을 완료한다.

[0106] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 패시베이션층 및 제2 패시베이션층의 소수성을 설명하는 도면이다.

[0107] 도 3a는 IGZO를 이용하여 형성된 채널층의 소수성을 예시하고, 도 3b는 파릴렌(Parylene)을 이용하여 형성된 제1 패시베이션층의 소수성을 예시하며, 도 3c는 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)를 이용하여 형성된 제2 패시베이션층의 소수성을 예시한다. 여기서, 소수성은 층 상의 물이 이루는 각도가 클수록 강하다.

[0108] 도 3a를 참고하면, 채널층 상의 물(300)은 약 22.9도를 나타내고, 도 3b를 참고하면, 제1 패시베이션층 상의 물(310)은 약 91.8도를 나타내며, 도 3c를 참고하면, 제2 패시베이션층 상의 물(320)은 약 102.3도를 나타낼 수 있다.

[0109] 즉, 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)는 상대적으로 강한 소수성 특성을 가지며, 이는 외부 입자와 흡착하는 표면적을 줄임으로써 흡착된 분자에 의한 전하 변형(charge modulation)을 방지함으로써 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 신뢰성 향상시킬 수 있다.

[0110] 또한, 본 발명은 소수성을 나타내어, 대기 중 수분 및 산소의 흡착 및 탈착을 방지하는 유기 물질을 이용하여 제2 패시베이션층을 형성할 수 있다.

[0112] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 제1 패시베이션층 및 제2 패시베이션층의 동작 특성을 설명하는 도면이다.

[0113] 도 4를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 채널층(400), 제1 패시베이션층(410) 및 제2 패시베이션층(420)을 포함한다.

[0114] 산화물 반도체 박막 트랜지스터에 빛(430)이 유입되면 전자(e) 및 정공(h)이 발생된다. 즉, 디케토피롤로피롤계 중합체(DPP-polymer)는 밴드갭 에너지가 작아, 가시광 흡수율이 높아 채널층에 악영향을 미칠 수 있다.

[0115] 제2 패시베이션층(420)이 막아내지 못한 빛 자극에 따라 형성된 캐리어들은 큰 밴드갭 에너지를 갖는 제1 패시베이션층(410)을 통해 이동이 방지될 수 있다. 여기서, 캐리어(carrier)는 전자(e) 및 정공(h)을 포함할 수 있다.

[0117] 도 5a는 종래기술에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 설명하고, 도 5b는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 전기적 특성을 설명하는 도면이다.

[0118] 도 5a 및 도 5b를 참고하면, 그래프의 가로축은 게이트 전압을 나타내고, 세로축은 드레인 전압을 나타낸다.

[0119] 보다 구체적으로, 도 5a는 다기능 이중접합 유기 패시베이션층을 포함하지 않은 산화물 반도체 박막 트랜지스터

의 전기적 특성 곡선을 예시하고, 도 5b는 다기능 이중접합 유기 패시베이션층을 포함하는 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 전기적 특성 곡선을 예시한다.

- [0120] 도 5a와 도 5b의 전기적 특성 곡선을 비교하면, 다기능 이중접합 유기 패시베이션층을 적용한 산화물 반도체 박막 트랜지스터에서 임계 전압(V_{th}), 온/오프 유동비율(on/off current ratio), 이동도(mobility) 등의 전기적 특성 개선될 수 있다.
- [0121] 본 발명의 일실시예에 따르면 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 이동도의 경우 박막 내부의 산소 공공(oxygen vacancy) 같은 결함 영역(defect site) 및 계면 상의 트랩 영역(trap site)의 존재와 관련될 수 있다.
- [0122] 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 C 타입의 파릴렌(parylene-C)을 이용하여 형성된 제1 패시베이션층 내 존재하는 C1 접합(bond)이 IGZO 산화물을 이용하여 형성된 채널층 안으로 확산되어 채널층의 산소 공공(oxygen vacancy)과 결합하게 되면, 결함 영역(defect site) 및 계면 상의 트랩 영역(trap site)이 감소하여 이동도가 향상될 수 있다.
- [0123] 또한, 도 5a 및 도 5b를 참고하면, 온/오프 유동비율(on/off current ratio) 관련하여, 오프 전류(off current)의 감소가 두드러지게 나타난다.
- [0124] 오프 전류의 경우는 대기에서 음으로 대전된 물 분자가 산화물 박막의 백 채널(back channel)에 흡착되면서 캐리어를 제공함에 따라 백 채널 영역에 증가된 캐리어 농도에 의해 상승하게 되는데 디케토피롤로피올계 중합체(DPP-polymer)를 이용하여 형성된 제2 패시베이션층이 대기로부터의 물 분자의 흡착 현상을 저지함으로써 오프 전류가 감소될 수 있다.
- [0125] 따라서, 본 발명은 플렉시블 디바이스(flexible device) 및 웨어러블 디바이스(wearable device) 용 패시베이션층으로, 대기 중 수분 및 산소와의 흡착 및 탈착을 방지하고, 빛에 의한 생성된 캐리어가 채널층으로 이동하는 것을 방지하는 다기능 이중접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)을 제공할 수 있다.
- [0127] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 동작 안정성을 설명하는 도면이다.
- [0128] 도 6a는 양전압 응력 테스트(positive bias stress test)의 기준에 따른 특성 곡선 변화를 예시하고, 도 6b는 음전압 응력 테스트(negative bias illumination stress test)의 기준에 따른 특성 곡선 변화를 예시한다.
- [0129] 도 6a를 참고하면, 패시베이션층을 증착하지 않은 산화물 반도체 박막 트랜지스터(600), 제1 패시베이션층만 적용한 산화물 반도체 박막 트랜지스터(610), 제1 및 제2 패시베이션층이 적용된 산화물 반도체 박막 트랜지스터(620)에 대한 양전압 응력 테스트(positive bias stress test)를 게이트 바이어스 전압을 20V 인가하고, 드레인 바이어스 전압을 10.1V로 3,600초 동안 인가하여 진행한 특성 곡선의 결과를 나타낸다.
- [0130] 도 6b를 참고하면, 패시베이션층을 증착하지 않은 산화물 반도체 박막 트랜지스터(630), 제1 패시베이션층만 적용한 산화물 반도체 박막 트랜지스터(640), 제1 및 제2 패시베이션층이 적용된 산화물 반도체 박막 트랜지스터(650)에 대한 음전압 광 응력 테스트(negative bias illumination stress test)를 게이트 바이어스 전압을 -20V 인가하고, 드레인 바이어스 전압을 10.1V로 20,000초 동안 인가하여 진행한 특성 곡선의 결과를 나타낸다.
- [0131] 도 6a 및 도 6b에 따르면, 산화물 반도체 박막 트랜지스터(620) 및 산화물 반도체 박막 트랜지스터(650)는 양전압 응력 테스트(positive bias stress test)와 음전압 광 응력 테스트(negative bias illumination stress test)에 대한 신뢰성이 매우 향상된다.
- [0133] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 기계적 벤딩 응력 대비 결과를 설명하는 도면이다.
- [0134] 구체적으로, 도 7a는 채널층(701) 상에 제1 패시베이션층(702)만 적용한 산화물 반도체 박막 트랜지스터(700)의 전자 현미경 이미지를 예시하고, 도 7b는 제1 패시베이션층(702) 상에 제2 패시베이션층(721)이 추가 형성된 산화물 반도체 박막 트랜지스터(720)의 전자 현미경 이미지를 예시한다.
- [0135] 즉, 도 7a 및 도 7b는 기계적 벤딩 테스트(mechanical bending test)를 5라운드 조건으로 10,000회(cycle)까지 진행한 것을 광학현미경으로 관찰한 결과를 예시한다.
- [0136] 도 7a를 참고하면, 산화물 반도체 박막 트랜지스터(700)는 극심한 기계적 벤딩 응력(mechanical bending

stress)이 가해질 경우, 1000회쯤, 제1 패시베이션층 내의 미세한 구멍(pore)들을 따라 일차 크랙(710)이 발생하고, 10,000회쯤, 크랙(711)이 발생될 수 있다.

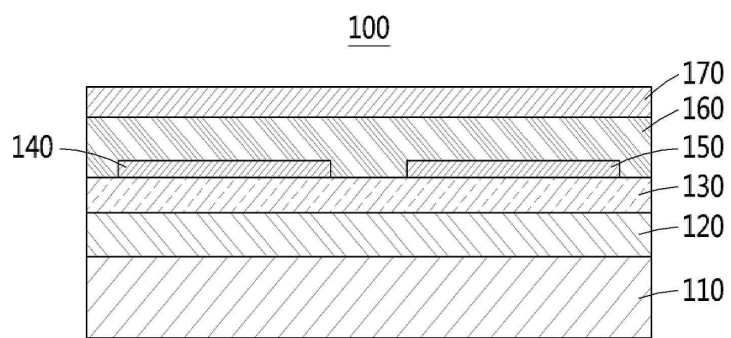
- [0137] 도 7b를 참고하면, 산화물 반도체 박막 트랜지스터(720)는 제2 패시베이션층을 형성하는 디케토피롤로피롤계 중합체가 제1 패시베이션층 내의 미세한 구멍들을 채워주는 완충 역할을 함으로써 기계적 벤딩 응력에 내성이 생김, 향상된 유연성(flexibility)을 나타낼 수 있다.
- [0139] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터의 기계적 벤딩 응력 대비 결과를 설명하는 도면이다.
- [0140] 구체적으로, 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 산화물 반도체 박막 트랜지스터에 대한 기계적 벤딩 응력에 대한 특성 곡선을 예시한다.
- [0141] 도 8을 참고하면, 그래프의 가로축은 게이트 전압을 나타내고, 세로축은 드레인 전압을 나타내며, 곡선들은 응력을 가한 횟수를 나타낼 수 있다.
- [0142] 영역(800)을 참고하면, 산화물 반도체 박막 트랜지스터는 반지름 5mm의 롤에서 벤딩된 상태로 테스트될 수 있다.
- [0143] 그래프에 따르면, 기계적 벤딩 테스트를 5 라운드 조건으로 1, 10, 100, 1000, 10000회 진행하고, 그에 따른 특성 곡선을 살펴보면, 극심한 임계 전압 변화(V_{th} shift)가 없으며, 소자가 정상적으로 작동한다.
- [0144] 즉, 본 발명은 다기능 이종접합 유기 패시베이션층(multi-functional heterogeneous organic passivation layer)에 기반하여 전기적 성능 및 신뢰성이 향상되고, 우수한 유연성을 갖는 산화물 반도체 박막 트랜지스터를 제공할 수 있다.
- [0146] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0147] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

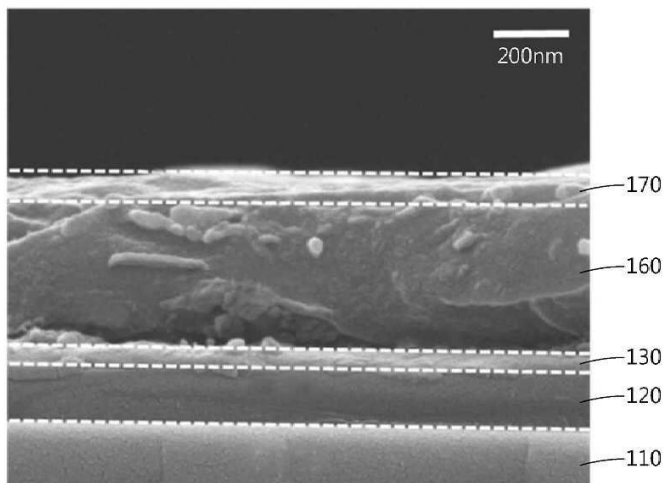
- [0148] 100: 산화물 반도체 박막 트랜지스터
- | | |
|----------------|----------------|
| 110: 게이트 전극 | 120: 게이트 절연층 |
| 130: 채널층 | 140: 소스 전극 |
| 150: 드레인 전극 | 160: 제1 패시베이션층 |
| 170: 제2 패시베이션층 | |

도면

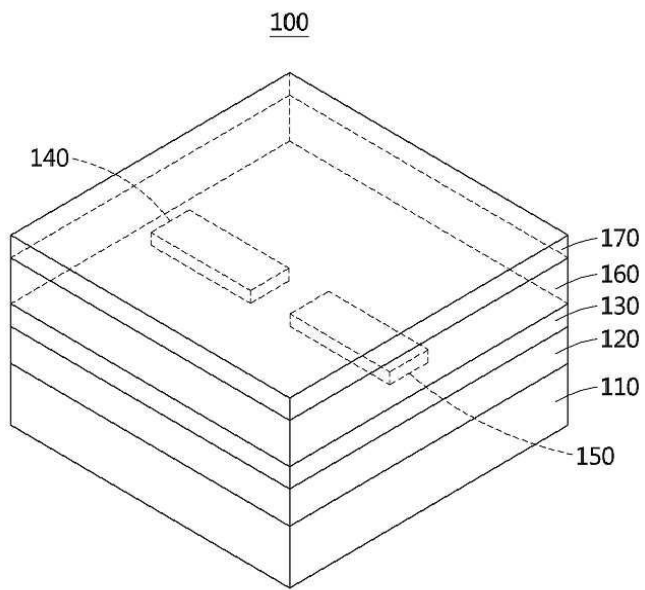
도면1a



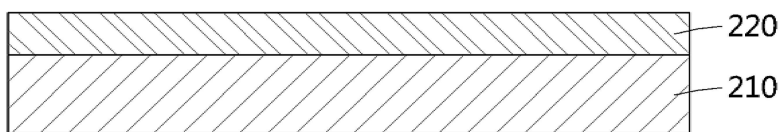
도면1b



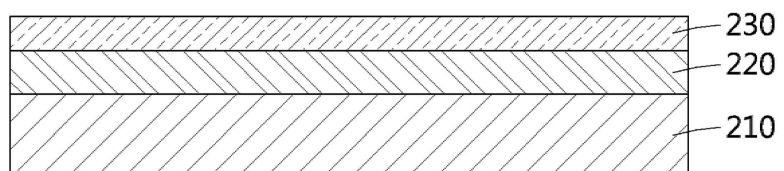
도면1c



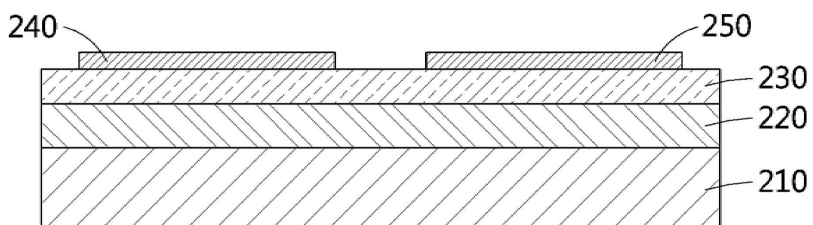
도면2a



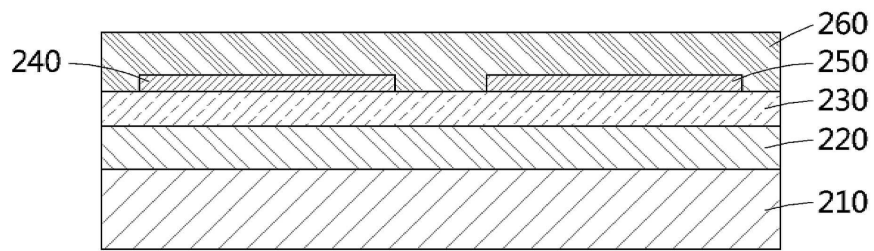
도면2b



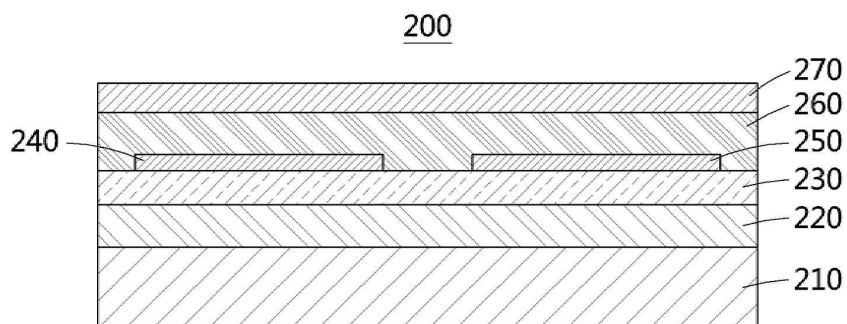
도면2c



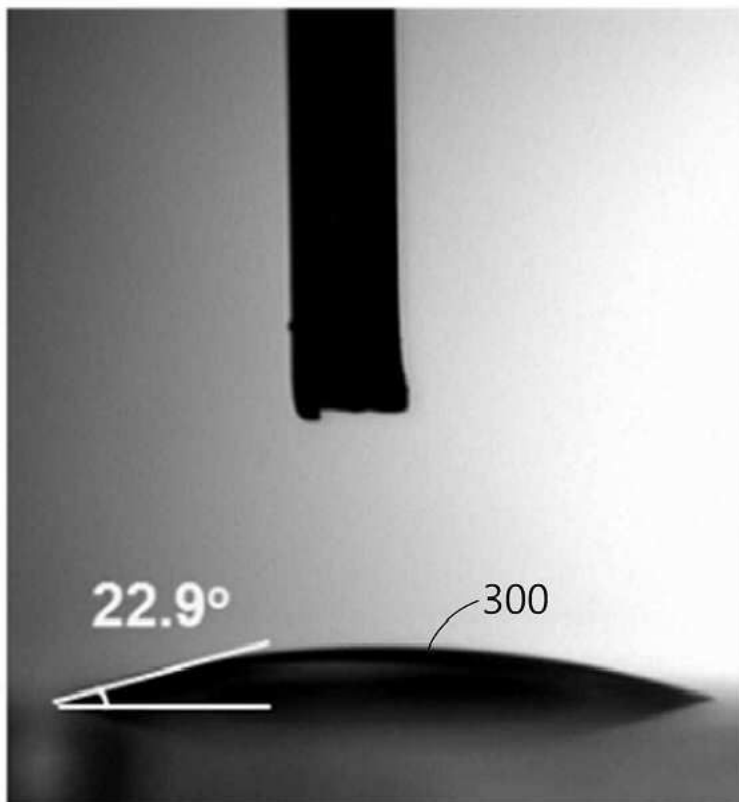
도면2d



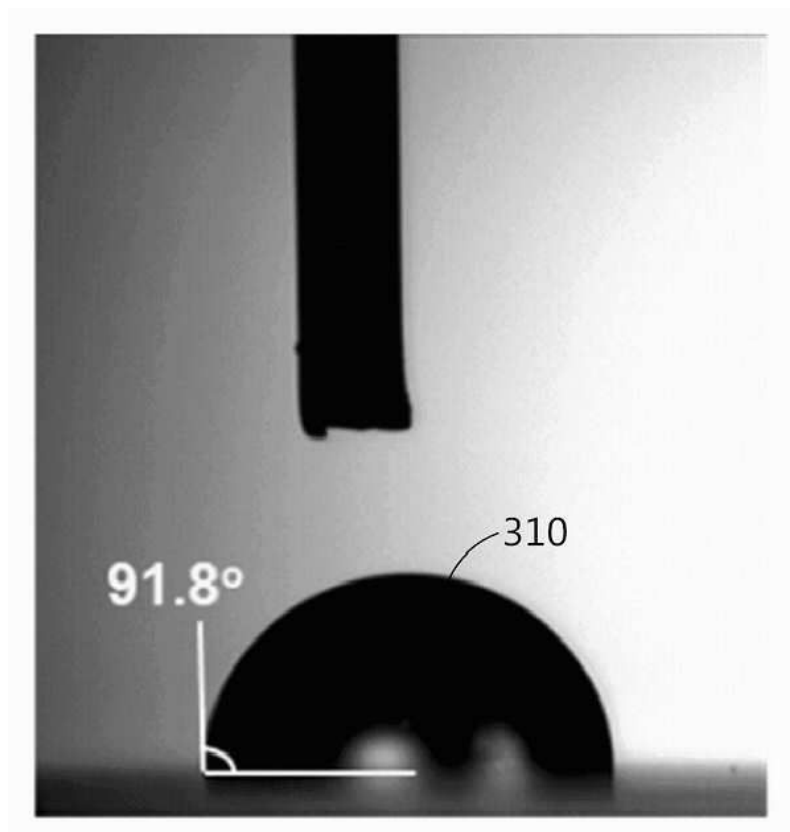
도면2e



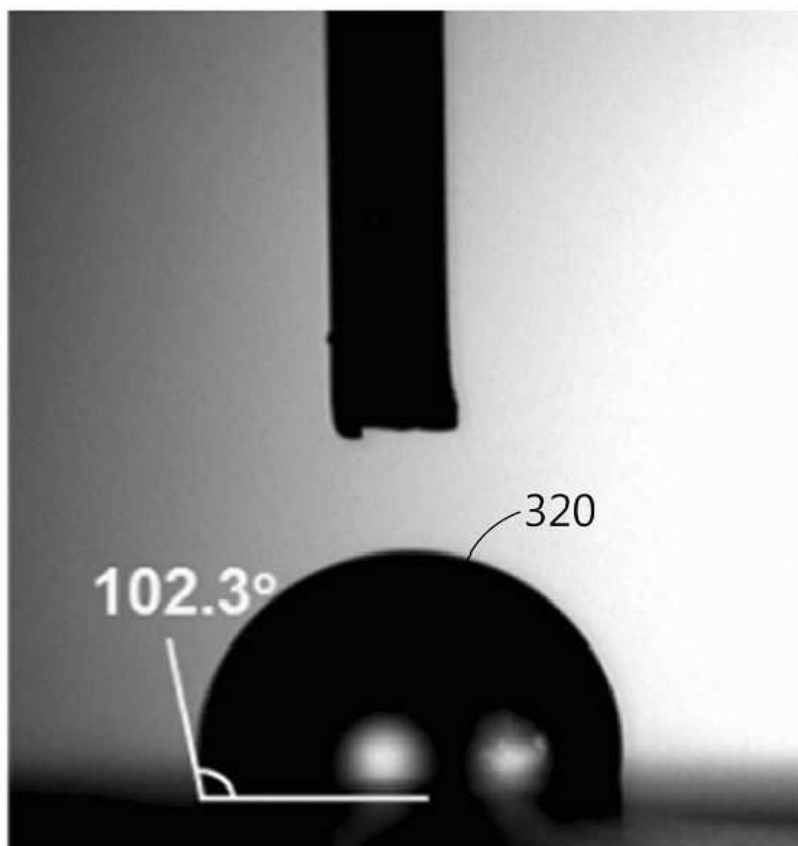
도면3a



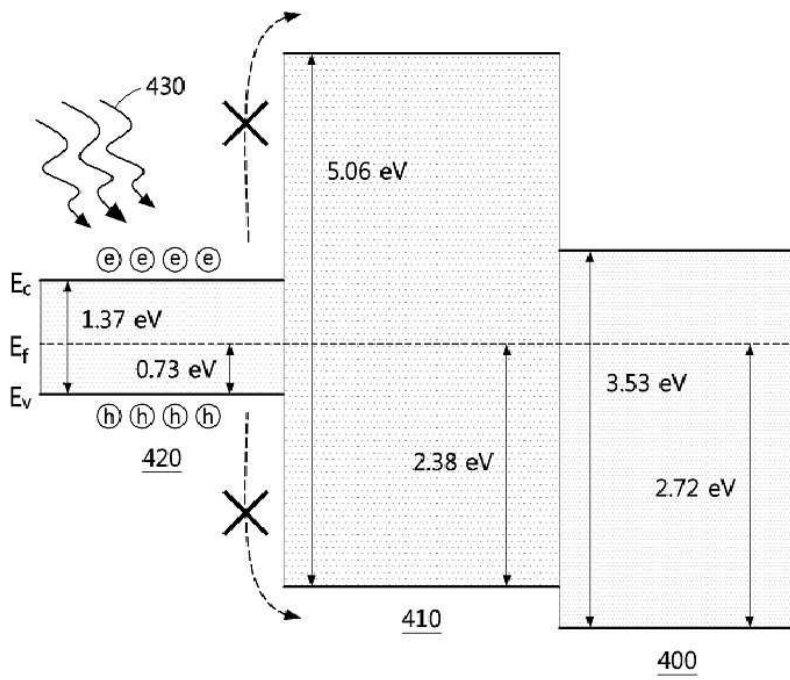
도면3b



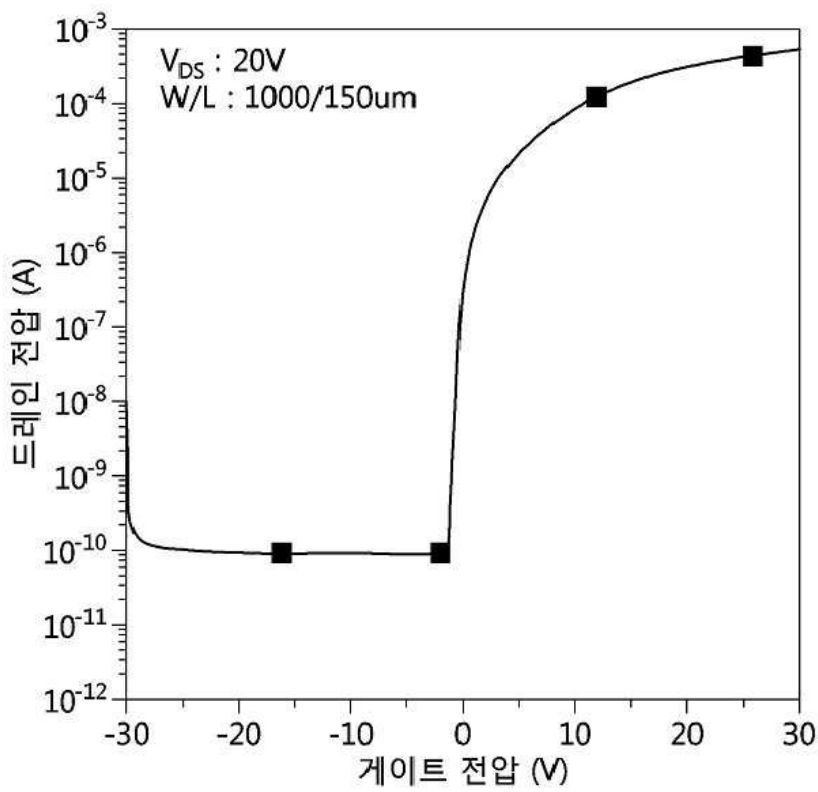
도면3c



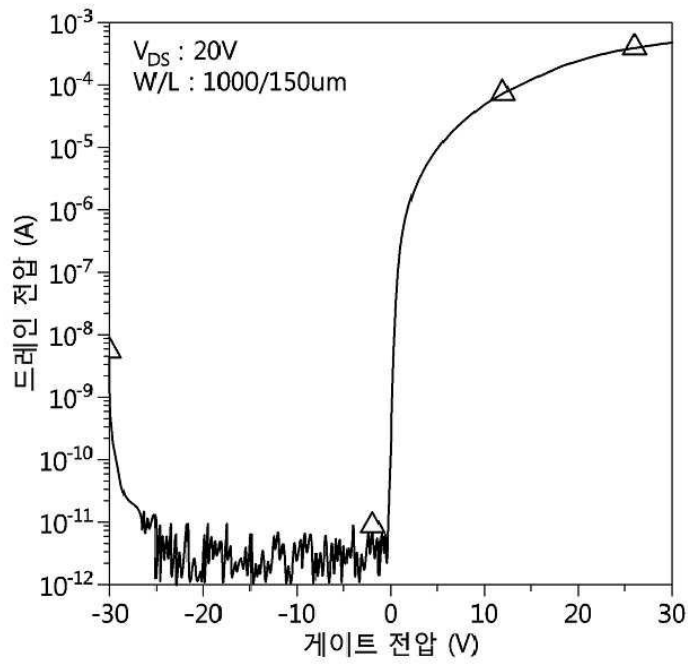
도면4



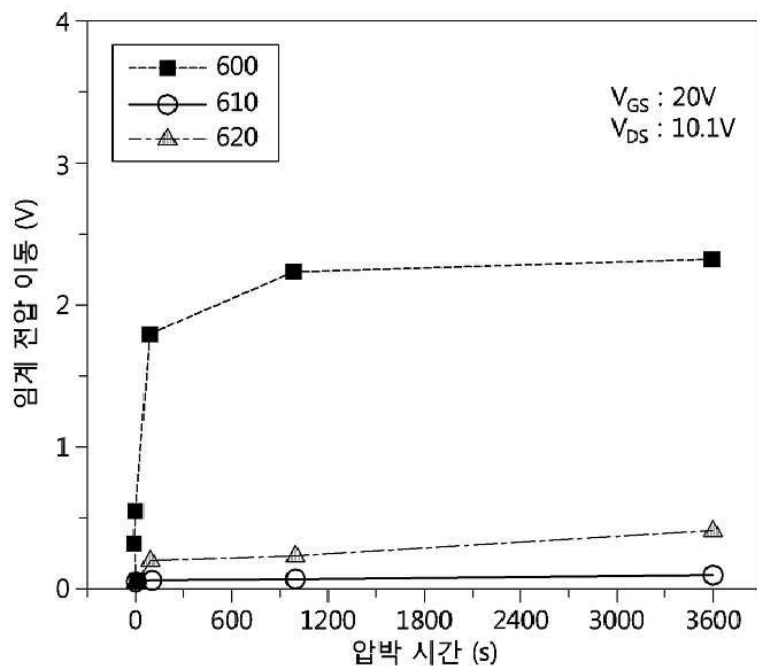
도면5a



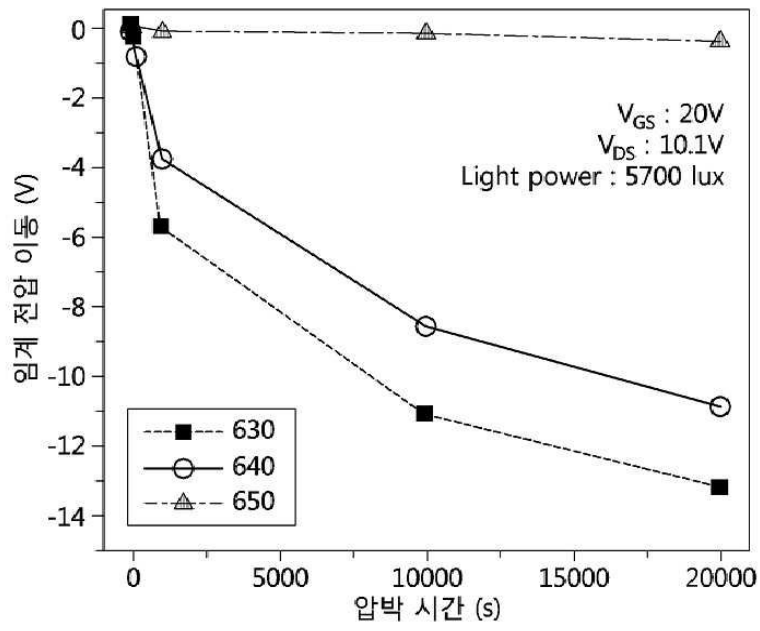
도면5b



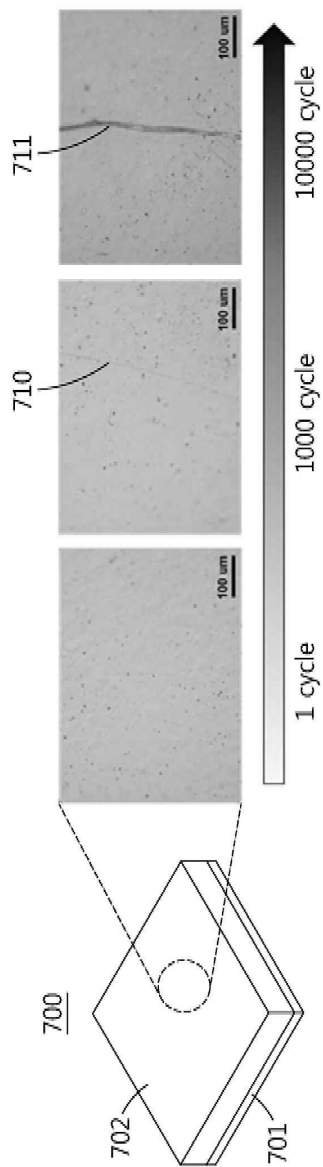
도면6a



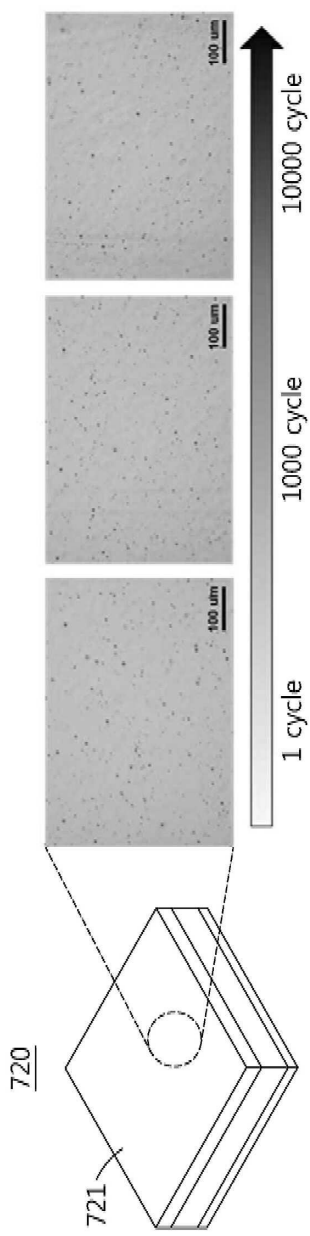
도면6b



도면7a



도면7b



도면8

