



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0060099
(43) 공개일자 2021년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 31/10 (2006.01) H01L 31/0216 (2014.01)

H01L 31/032 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 31/10 (2013.01)

H01L 21/02203 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0147707

(22) 출원일자 2019년11월18일

심사청구일자 2019년11월18일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김현재

서울특별시 마포구 마포대로 195, 402동 1101호
(아현동, 마포 래미안 푸르지오)

이이삭

경기도 수원시 팔달구 중부대로223번길 102, 108
동 109호(우만동, 주공1단지아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인우인

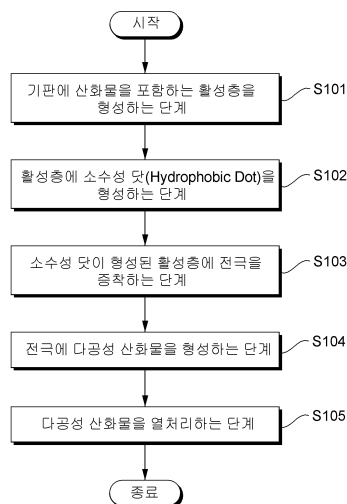
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 기계화학적 처리를 활용한 다공성 산화물 박막의 제조 방법 및 포토 트랜지스터

(57) 요약

본 실시예들은 산화물 활성층에 부착된 소수성 닷을 통해 서브 채널 상태를 형성하여 가시광을 감지하고, 다공성 구조를 통해 가시광을 받는 표면적과 내부 산란을 증가시켜 가시광 흡수 효율을 향상시킨 포토 트랜지스터 및 그 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 21/02282 (2013.01)
H01L 21/324 (2013.01)
H01L 29/66742 (2013.01)
H01L 29/78618 (2013.01)
H01L 29/7869 (2013.01)
H01L 31/02161 (2013.01)
H01L 31/032 (2013.01)
H01L 31/18 (2021.01)
H01L 2924/13056 (2013.01)

(72) 발명자

강병하

서울특별시 동작구 장승배기로16길 134, 101동 60
 1호(노량진동, 쌍용예가아파트)

홍성환

인천광역시 남동구 논개로68번길 49, 101동
 3102(논현동, 힐스테이트아파트)

정수진

서울특별시 마포구 월드컵북로 235, 13동 803호(성
 산동, 성산시영아파트)

김동우

경기도 성남시 분당구 정자일로 55, 109동 1404호
 (금곡동, 분당두산위브아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019020180
부처명	한국연구재단
과제관리(전문)기관명	나노소재/원천기술 개발 사업부
연구사업명	나노소재기술개발사업
연구과제명	굴곡표면상 3차원 구조 EHD 인쇄기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2018.08.01 ~ 2023.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

기판에 산화물을 포함하는 활성층을 형성하는 단계;
 상기 활성층에 소수성 닷(Hydrophobic Dot)을 형성하는 단계;
 상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 전극을 증착하는 단계;
 상기 소수성 닷이 형성된 활성층 및 상기 전극에 다공성 산화물을 형성하는 단계; 및
 상기 다공성 산화물을 열처리하는 단계
 를 포함하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 소수성 닷을 형성하는 단계는,
 접착 테이프를 부착한 후 탈착하는 기계화학적 방식으로 유기 잔여물을 부착하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 소수성 닷은 상기 활성층에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시키는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 활성층은 IGZO (Indium Gallium Zinc Oxide) 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 활성층을 형성하는 단계는, 상기 기판 또는 상기 기판에 형성된 게이트 전극에 게이트 절연체를 형성하고, 상기 게이트 절연체에 활성층을 형성하며,
 상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 전극을 증착하는 단계는, 상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 다공성 산화물을 형성하는 단계는,
 스핀 코팅 방식으로 상기 다공성 산화물을 형성하며, 회전 속도를 조절하여 상기 다공성 산화물의 기공의 크기와 개수를 조절하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 다공성 산화물을 열처리하는 단계는,

상기 다공성 산화물을 200℃ 내지 500℃의 온도 범위에서 어닐링하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 채널에 광원을 통해 적색 광, 녹색 광, 및 청색 광을 조사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 9

포토 트랜지스터에 있어서,

상기 포토 트랜지스터의 상태를 제어하는 게이트 전극;

상기 게이트 전극에 연결된 게이트 절연체;

상기 게이트 절연체에 연결되며 캐리어를 전달하는 활성층;

상기 활성층에 형성된 소수성 닷(Hydrophobic Dot);

상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 증착된 소스 전극 및 드레인 전극;

상기 소수성 닷이 형성된 활성층, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 형성된 다공성 산화물을 포함하는 포토 트랜지스터.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 소수성 닷은 상기 활성층에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시키는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 포토 트랜지스터는 상기 활성층에 형성된 소수성 닷의 분포와 밀도에 따라 광 흡수율을 조절하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 포토 트랜지스터는 상기 다공성 산화물의 다공성 구조를 통해 광을 받는 표면적과 내부 산란도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 포토 트랜지스터는 상기 다공성 산화물의 기공의 크기와 개수를 조절하여 광 흡수율을 조절하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 포토 트랜지스터는 적색 광, 녹색 광, 및 청색 광을 검출하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 기계화학적 처리를 활용한 다공성 산화물 박막의 제조 방법 및 포토 트랜지스터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] IGZO 물질은 트랜지스터의 활성층으로 사용되며, 인듐(Indium), 갈륨(Gallium), 아연(Zinc), 산소(Oxygen) 4가지 원자들이 일정 비율로 구성된 화합물이다.

[0004] IGZO 물질은 전자 이동도가 높은 장점이 있고, IGZO 물질은 넓은 밴드 갭으로 인해 가시광 영역의 빛을 투과하는 성질이 있다. 예컨대, IGZO 물질의 밴드 갭은 3 eV보다 크다. IGZO 물질은 높은 가시광 투과성으로 인해 가시광을 흡수할 수 없으므로, 포토 트랜지스터로 활용되는 게 쉽지 않다.

[0005] 퀀텀 닷(Quantum Dot) 등의 흡수층을 이용하여 가시광을 흡수하는 연구가 진행되고 있으나 퀀텀 닷 등의 물질을 박막 구조로 제작하면 비용이 많이 들고 공정이 복잡해지는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2019-0057713호 (2019.05.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시예들은 산화물 활성층에 부착된 소수성 닷을 통해 서브 갭 상태를 형성하여 가시광을 감지하고, 다공성 구조를 통해 가시광을 받는 표면적과 내부 산란을 증가시켜 가시광 흡수 효율을 향상시키는 데 발명의 주된 목적이 있다.

[0008] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 기판에 산화물을 포함하는 활성층을 형성하는 단계, 상기 활성층에 소수성 닷(Hydrophobic Dot)을 형성하는 단계, 상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 전극을 증착하는 단계, 상기 소수성 닷이 형성된 활성층 및 상기 전극에 다공성 산화물을 형성하는 단계, 및 상기 다공성 산화물을 열처리하는 단계를 포함하는 포토 트랜지스터의 제조 방법을 제공한다.

[0010] 상기 소수성 닷을 형성하는 단계는, 접착 테이프를 부착한 후 탈착하는 기계화학적 방식으로 유기 잔여물을 부착할 수 있다.

[0011] 상기 소수성 닷은 상기 활성층에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시킬 수 있다.

[0012] 상기 활성층은 IGZO (Indium Gallium Zinc Oxide) 물질을 포함할 수 있다.

[0013] 상기 활성층을 형성하는 단계는, 상기 기판 또는 상기 기판에 형성된 게이트 전극에 게이트 절연체를 형성하고, 상기 게이트 절연체에 활성층을 형성할 수 있다.

[0014] 상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 전극을 증착하는 단계는, 상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착할 수 있다.

[0015] 상기 다공성 산화물을 형성하는 단계는, 스핀 코팅 방식으로 상기 다공성 산화물을 형성하며, 회전 속도를 조절하여 상기 다공성 산화물의 기공의 크기와 개수를 조절할 수 있다.

[0016] 상기 다공성 산화물을 열처리하는 단계는, 상기 다공성 산화물을 200℃ 내지 500℃의 온도 범위에서 어닐링할 수 있다.

[0017] 상기 채널에 광원을 통해 적색 광, 녹색 광, 및 청색 광을 조사하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 포토 트랜지스터에 있어서, 상기 포토 트랜지스터의 상태를 제어하는 게이트 전극, 상기 게이트 전극에 연결된 게이트 절연체, 상기 게이트 절연체에 연결되며 캐리어를 전달하는 활성층, 상기 활성층에 형성된 소수성 닷(Hydrophobic Dot), 상기 소수성 닷이 형성된 활성층에 증착된 소스 전극 및 드레인 전극, 상기 소수성 닷이 형성된 활성층, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 형성된 다공성 산화물을 포함하는 포토 트랜지스터를 제공한다.

발명의 효과

[0019] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 산화물 활성층에 부착된 소수성 닷을 통해 서브 갭 상태를 형성하여 가시광을 감지하고, 다공성 구조를 통해 가시광을 받는 표면적과 내부 산란을 증가시켜 가시광 흡수 효율을 향상시키는 효과가 있다.

[0020] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법을 예시한 도면이다.

도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법에 따라 활성층에 형성된 소수성 닷을 예시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법에 따라 형성된 다공성 산화물을 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터를 예시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 가시광 검출 특성을 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.

[0023] IGZO 물질은 높은 가시광 투과성으로 인해 가시광을 흡수할 수 없으므로, 포토 트랜지스터로 활용되는 게 쉽다. 특허문헌 1은 가시광 흡수율을 높이는 방법에 관한 것이다. 특허문헌 1은 열처리 공정을 통해 In nitrate ($\text{In}(\text{NO}_3)_3$), Ga nitrate ($\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), Zn nitrate ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 전구체를 이용하여, 몰비는 $\text{In}:\text{Ga}:\text{Zn} = 5:2:1$ 로 하고, 2-methoxyethanol의 용매를 이용하여 0.2M의 InGaZnO 산화물 용액을 제조하고 하나의 층으로 코팅하므로, 잔여물의 분포와 밀도를 체크하기 곤란한 문제가 있다.

[0024] 본 실시예는 1차적 기계화학적 방식으로 간단하게 활성층에 잔여물을 부착하여 가시광을 흡수하는 잔여물의 분포와 밀도를 용이하게 체크할 수 있고, 2차적 다공성 산화물을 코팅하는 방식으로 코팅 회전 속도를 조절하여 기공의 크기 및 개수를 조절하고 기공의 크기 및 개수를 체크하여, 광 흡수율을 표준화 및 계량화할 수 있다.

[0025] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법을 예시한 도면이다.

[0026] 포토 트랜지스터의 제조 방법은 기판에 산화물을 포함하는 활성층을 형성하는 단계(S101), 활성층에 소수성 닷(Hydrophobic Dot)을 형성하는 단계(S102), 소수성 닷이 형성된 활성층에 전극을 증착하는 단계(S103), 소수성 닷이 형성된 활성층 및 전극에 다공성 산화물을 형성하는 단계(S104), 및 다공성 산화물을 열처리하는 단계(S105)를 포함한다.

[0027] 활성층을 형성하는 단계(S101)는, 기판 또는 기판에 형성된 게이트 전극에 게이트 절연체를 형성하고, 게이트

절연체에 활성층을 형성한다. 게이트 절연체는 절연 물질로 구현될 수 있다. 활성층은 플라즈마 공정을 통해 게이트 절연체 등에 증착될 수 있다.

- [0028] 활성층은 IGZO (Indium Gallium Zinc Oxide) 물질을 포함할 수 있다. 활성층은 산화물로 구현될 수 있으며, 반도체 물질로 구현될 수 있다.
- [0029] 소수성 닻을 형성하는 단계(S102)는, 접착 테이프를 부착한 후 탈착하는 기계화학적 방식으로 유기 잔여물을 부착한다.
- [0030] 소수성 닻은 활성층에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시킨다. 소수성 닻이 형성된 후 SEM, AFM 등의 표면 분석을 통해 활성층의 기능화 상태를 구분할 수 있다.
- [0031] 소수성 닻이 형성된 활성층에 전극을 증착하는 단계(S103)는 소수성 닻이 형성된 활성층에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착한다. 소스 전극 및 드레인 전극은 이격된 상태로 배치될 수 있다.
- [0032] 다공성 산화물을 형성하는 단계(S104)는 스핀 코팅 방식으로 다공성 산화물을 형성하며, 회전 속도를 조절하여 다공성 산화물의 기공의 크기와 개수를 조절할 수 있다. 다공성 산화물은 YO_x , ZrO_x , HfO_x 등의 절연 물질이 적용될 수 있다.
- [0033] 다공성 산화물을 열처리하는 단계(S105)는 다공성 산화물을 200℃ 내지 500℃의 온도 범위에서 어닐링할 수 있다.
- [0034] 포토 트랜지스터의 제조 방법은 채널에 광원을 통해 적색 광, 녹색 광, 및 청색 광을 조사하는 단계를 포함할 수 있다. 일종의 가시광 검출 테스트 단계이다. 테스트 광원의 파장 대역으로는 적색 광의 파장 대역으로 635 nm이 설정되고, 녹색 광의 파장 대역으로 532 nm이 설정되고, 청색 광의 파장 대역으로 405 nm이 설정될 수 있으나, 구현 가능한 설계 범위 내에서 다른 파장 대역을 포함할 수 있다.
- [0035] 도 3 및 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법에 따라 활성층에 형성된 소수성 닻을 예시한 도면이다.
- [0036] 도 3에 도시된 바와 같이, 기계화학적 방식으로 활성층에 유기 잔여물을 결합시키고, 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)을 통해 활성층의 표면을 분석한 결과, 윈도우 범위 내에서 소수성 닻의 분포 및 밀도를 확인할 수 있다.
- [0037] 도 4에 도시된 바와 같이, 기계화학적 방식으로 활성층에 유기 잔여물을 결합시키고, 원자 현미경(Atomic Force Microscope, AFM)을 통해 활성층의 표면을 분석한 결과, 윈도우 범위 내에서 소수성 닻의 분포 및 밀도를 확인할 수 있다.
- [0038] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법에 따라 형성된 다공성 산화물을 예시한 도면이다.
- [0039] 코팅 회전 속도를 증가시키면, 윈도우 범위 내에서 다공성 산화물의 기공의 크기와 개수가 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0040] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터를 예시한 도면이다.
- [0041] 포토 트랜지스터(1)는 활성층(10), 소수성 닻(20), 전극(30), 다공성 산화물(40)을 포함한다. 전극(30)은 게이트 전극, 소스 전극 및 드레인 전극을 포함할 수 있다.
- [0042] 게이트 전극은 포토 트랜지스터(1)의 상태를 제어하고, 게이트 전극에 의해 활성화 또는 비활성화된 활성층을 통해 소스 전극 및 드레인 전극 간에 캐리어가 전달된다. 게이트 전극에 게이트 절연체가 연결된다.
- [0043] 활성층(10)은 게이트 절연체에 연결되며 캐리어를 전달한다.
- [0044] 소수성 닻(20)은 활성층(10)에 형성된다. 활성층(10)은 산화물로 구현될 수 있으며, IGZO (Indium Gallium Zinc Oxide) 물질을 포함할 수 있다. 소스 전극 및 드레인 전극은 소수성 닻이 형성된 활성층에 증착된다.
- [0045] 소수성 닻(20)은 활성층(10)에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시킨다. 포토 트랜지스터(1)는 활성층(10)에 형성된 소수성 닻(20)의 분포와 밀도에 따라 광 흡수율을 조절한다.

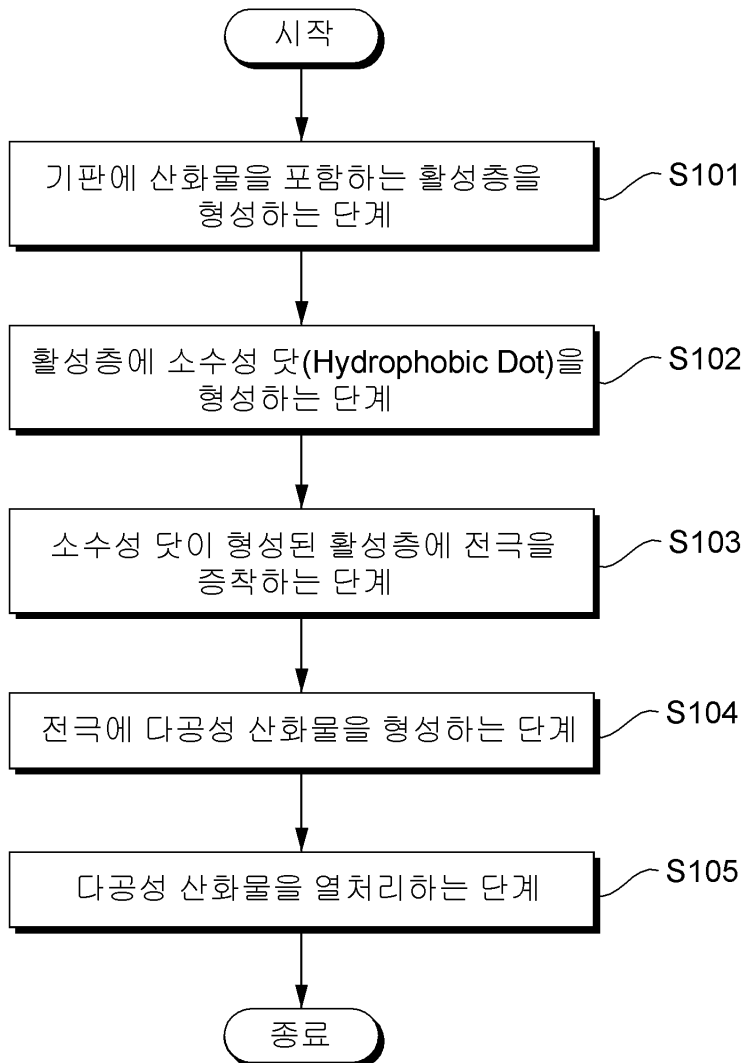
- [0046] 다공성 산화물(40)은 소수성 닧이 형성된 활성층, 소스 전극 및 드레인 전극에 형성된다. 포토 트랜지스터(1)는 다공성 산화물(40)의 다공성 구조를 통해 광을 받는 표면적과 내부 산란도를 증가시킨다. 포토 트랜지스터(1)는 다공성 산화물(40)의 기공의 크기와 개수를 조절하여 광 흡수율을 조절한다.
- [0047] 포토 트랜지스터(1)는 1차적 기계화학적 방식으로 간단하게 활성층에 잔여물을 부착하여 가시광을 흡수하는 잔여물의 분포와 밀도를 용이하게 체크할 수 있고, 2차적 다공성 산화물을 코팅하는 방식으로 코팅 회전 속도를 조절하여 기공의 크기 및 개수를 조절하고, 기공의 크기 및 개수를 체크하여, 가시광 흡수율을 계량화할 수 있다. 본 실시예에 따른 포토 트랜지스터는 적색 광, 녹색 광, 및 청색 광을 검출할 수 있다.
- [0048] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 가시광 검출 특성을 예시한 도면이다.
- [0049] 도 7에 도시된 바와 같이 게이트 전압에 대한 드레인 전류를 측정한 결과, 활성층인 전면 채널과 후면 채널인 다공성 산화물 박막 사이에 소수성 닧이 형성된 이중 구조를 통해, 다공성 산화물 박막은 적색 광, 녹색 광, 및 청색 광을 모두 탐지할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0050] 도 1에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 1에 기재된 순서를 일부 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.
- [0051] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

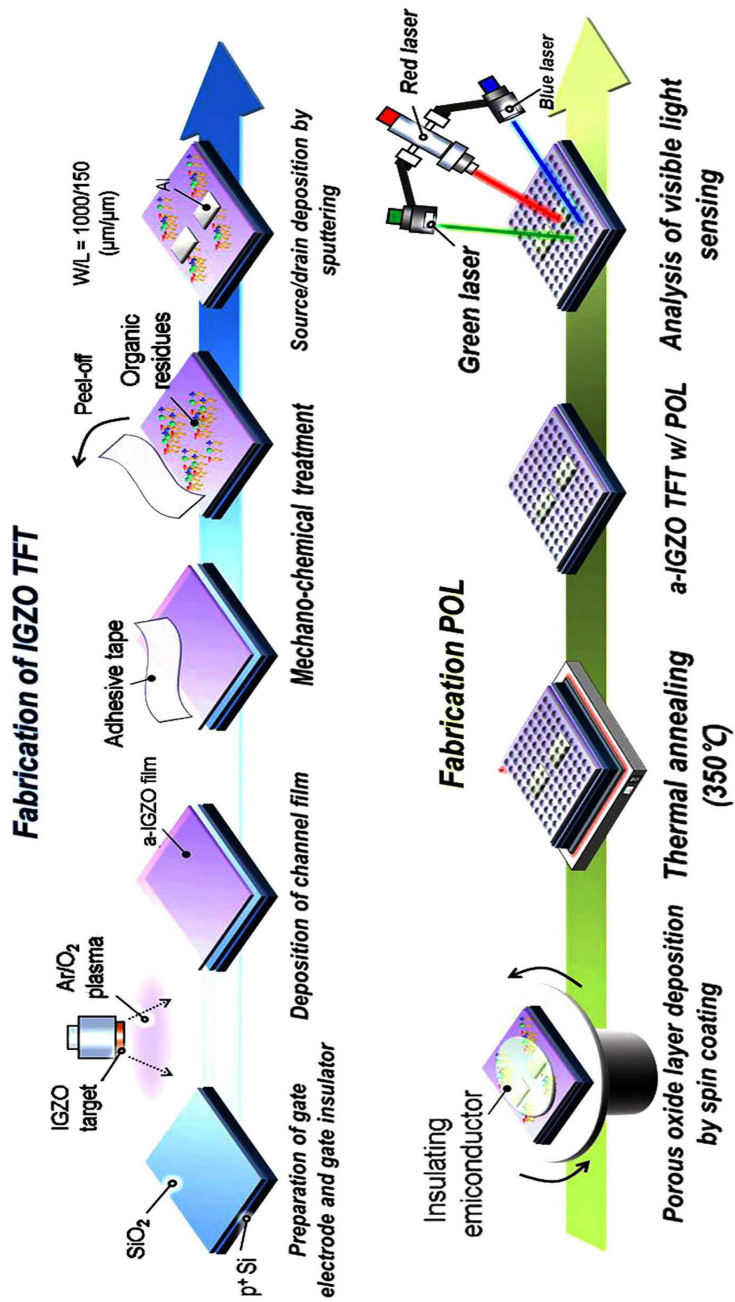
- [0053] 1: 포토 트랜지스터
10: 활성층
20: 소수성 닧
30: 전극
40: 다공성 산화물

도면

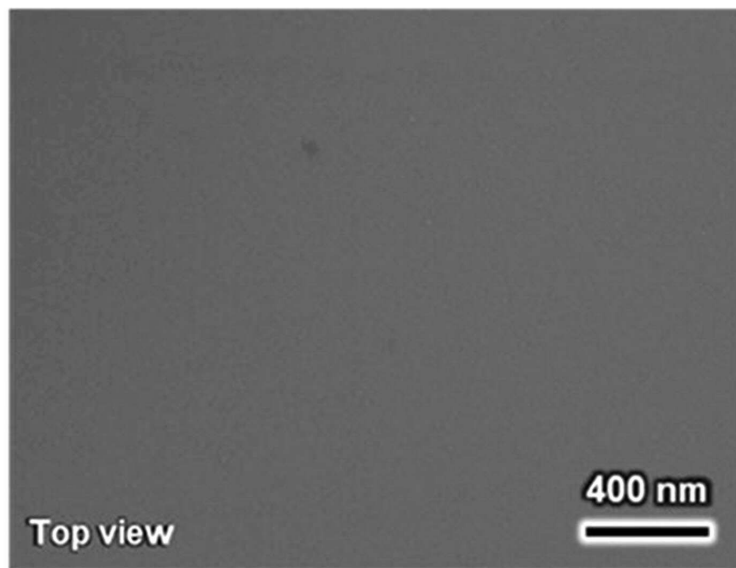
도면1



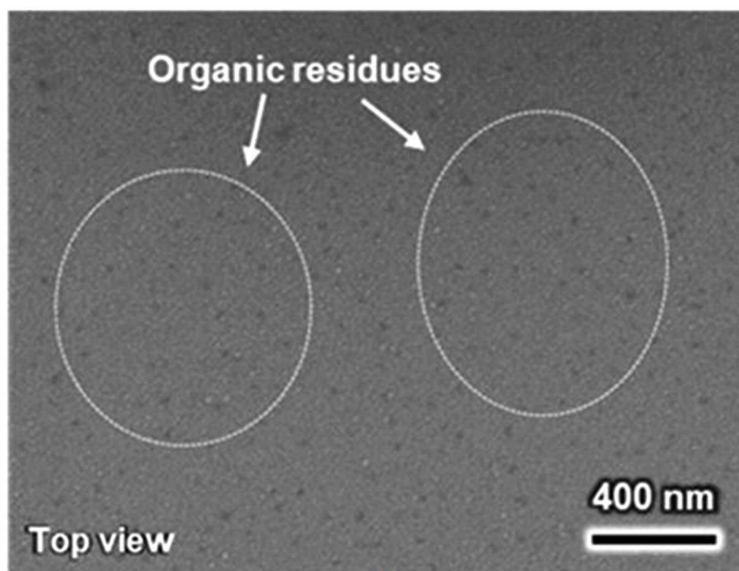
도면2



도면3

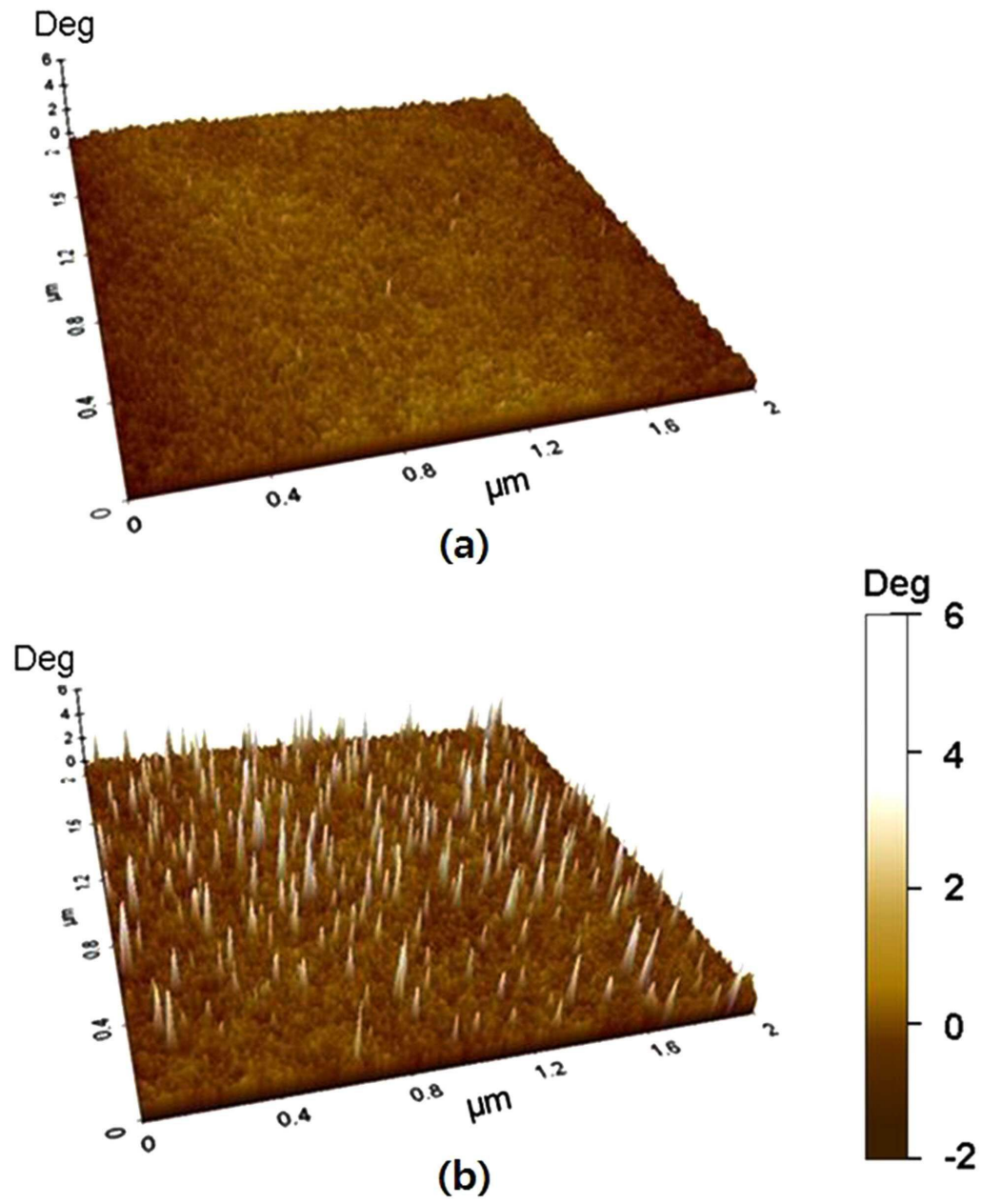


(a)

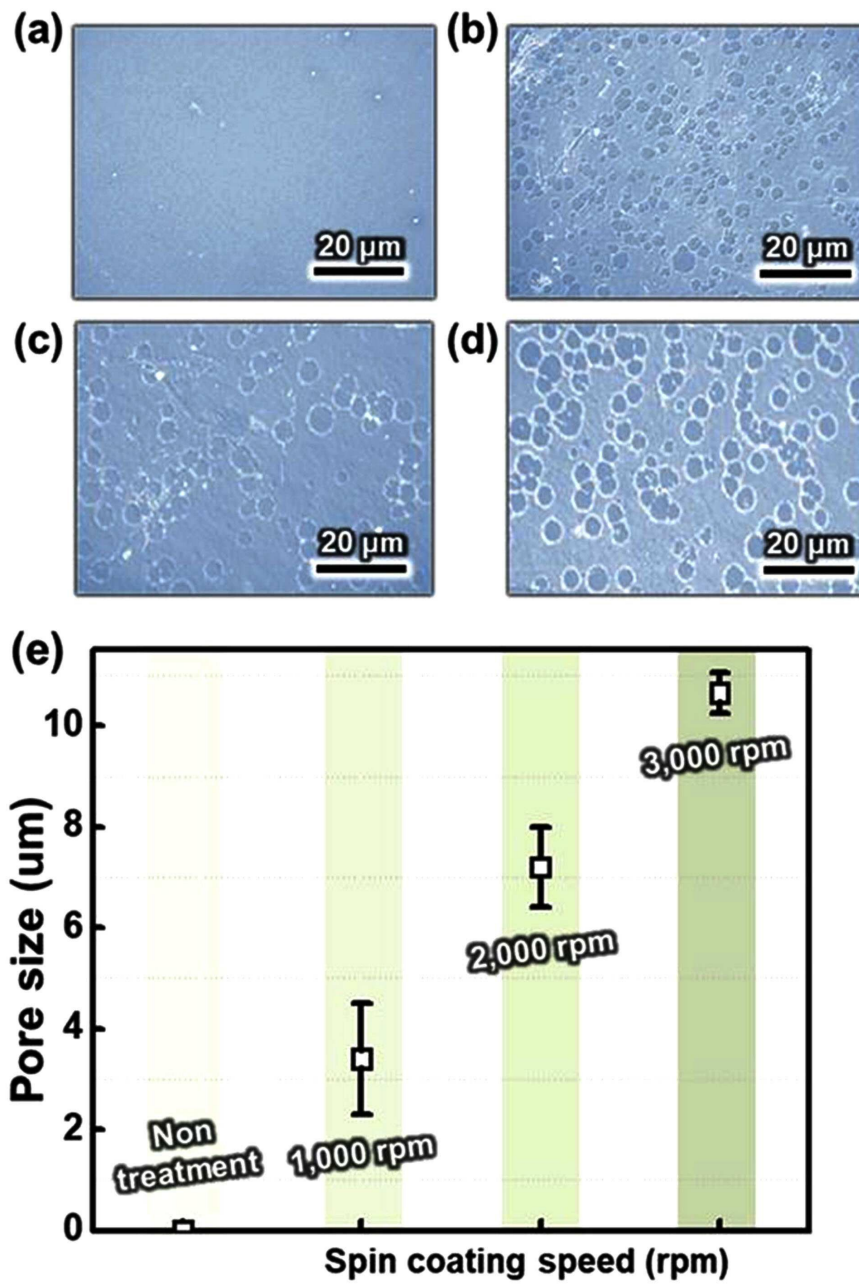


(b)

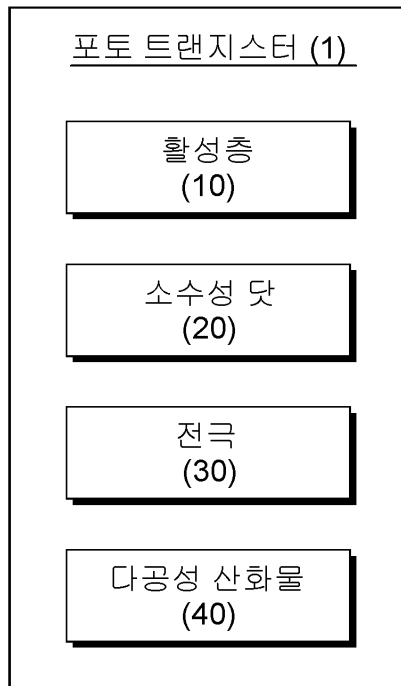
도면4



도면5



도면6



도면7

