



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월11일

(11) 등록번호 10-2177459

(24) 등록일자 2020년11월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 27/11568 (2017.01) H01L 29/66 (2006.01)
H01L 29/792 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 27/11568 (2013.01)
H01L 29/66833 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0139552
- (22) 출원일자 2019년11월04일
심사청구일자 2019년11월04일
- (56) 선행기술조사문헌
W. T. Chen, H.-W. Zan. High-Performance Light-Erasable Memory and Real-Time Ultraviolet Detector Based on Unannealed Indium-Gallium-Zinc-Oxide Thin-Film Transistor. IEEE Electron Dev. Lett. 2012
J. Koo et al., Nonvolatile Electric Double-Layer Transistor Memory Devices Embedded with Au Nanoparticles. ACS Appl. Mater. Interfaces. 2018, pp. 9563-9570.
KR1020100054074 A
KR1020120050946 A
- (73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
- (72) 발명자
김현재
서울특별시 마포구 마포대로 195, 402동 1101호 (아현동, 마포 래미안 푸르지오)
박경호
경기도 부천시 경인로29번길 32, 9동 401호(송내동, 우성아파트)
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 14 항

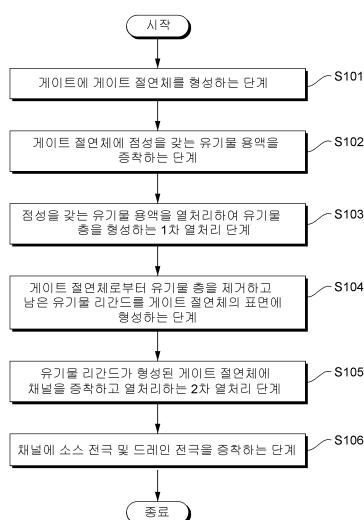
심사관 : 한선경

(54) 발명의 명칭 폴리디메틸실록산을 이용한 비휘발성 멀티레벨 광 메모리 및 그 제조방법

(57) 요약

본 실시예들은 점성을 갖는 유기물 잔여물을 통해 채널과 게이트 절연체 사이에 인터페이스 트랩을 형성하고, 빛의 파장을 변화시킴으로써, 하나의 게이트를 이용하여 메모리를 멀티 레벨로 동작시킬 수 있는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리 및 그 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 29/792 (2013.01)

(72) 발명자

이진혁

인천광역시 연수구 청능대로 124, 107동 701호(동
춘동, 금호동아아파트)

김희준

경기도 하남시 하남유니온로 30, 107동 2303호(신
장동, 하남유시티대명루첸리버파크)

김동우

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

민원경

서울특별시 강남구 삼성로 212, 15동 1112호(대치
동, 은마아파트)

노성민

서울특별시 강남구 삼성로 212, 13동 206호(
대치동, 은마아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017R1A2B3008719

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 지능형 디스플레이를 위한 산화물 기반 CMOS image-sensor on panel (CIP) 기술 개

발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

게이트에 게이트 절연체를 형성하는 단계;

상기 게이트 절연체에 점성을 갖는 유기물 용액을 증착하는 단계;

상기 점성을 갖는 유기물 용액을 열처리하여 유기물 층을 형성하는 1차 열처리 단계;

상기 게이트 절연체로부터 상기 유기물 층을 제거하고 남은 유기물 리간드를 상기 게이트 절연체의 표면에 형성하는 단계;

상기 유기물 리간드가 형성된 상기 게이트 절연체에 채널을 증착하고 열처리하는 2차 열처리 단계; 및

상기 채널에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착하는 단계

를 포함하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 1차 열처리 단계는,

폴리디메틸실록산 (Polydimethylsiloxane, PDMS) 용액을 60℃ 내지 200℃의 온도 범위에서 어닐링하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 2차 열처리 단계는,

IGZO(Indium Gallium Zinc Oxide) 물질을 200℃ 내지 500℃의 온도 범위에서 어닐링하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유기물 리간드는 상기 게이트 절연체 및 상기 채널 사이에 인터페이스 트랩(Interface Trap)을 형성하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유기물 리간드는 상기 채널에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시키는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 유기물 리간드는 상기 채널에서 금속과 산소의 결합력을 감소시키고 탄소를 주입시켜 결손 영역(Defect Site)을 형성하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 채널에 광원을 통해 광을 조사하는 단계를 포함하며,

상기 채널은 상기 조사된 광에 의해 전자를 프로그래밍 또는 소거하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 광원은 광의 파장 대역을 조절하며,

상기 채널은 각 파장에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 광원은 광의 세기를 조절하며,

상기 채널은 조절된 광자량에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법.

청구항 10

비휘발성 멀티레벨 광 메모리에 있어서,

상기 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 상태를 제어하는 게이트 전극;

상기 게이트 전극에 연결된 게이트 절연체;

상기 게이트 절연체에 연결되며 캐리어를 전달하는 채널;

상기 채널 및 상기 게이트 절연체 간에 형성된 유기물 리간드; 및

상기 채널에 연결된 소스 전극 및 드레인 전극

을 포함하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 유기물 리간드는 상기 게이트 절연체 및 상기 채널 사이에 인터페이스 트랩(Interface Trap)을 형성하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 유기물 리간드는 상기 채널에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시키는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 유기물 리간드는 상기 채널에서 금속과 산소의 결합력을 감소시키고 탄소를 주입시켜 결손 영역(Defect Site)을 형성하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리.

청구항 14

제10항에 있어서,

광을 조사하는 광원을 포함하며,

상기 채널은 상기 조사된 광에 의해 전자를 프로그래밍 또는 소거하며,

상기 광원은 광의 파장 대역을 조절하고 상기 채널은 각 파장에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억하거나,

상기 광원은 광의 세기를 조절하고 상기 채널은 조절된 광자량에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억하는 것을 특징으로 하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명이 기술 분야는 광 기반의 비휘발성 멀티레벨 메모리 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

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

[0003] 최근 들어 전기적으로 프로그래밍(Programming)과 소거(Erasing)가 가능하고, 일정 주기로 데이터를 재작성해야 하는 리프레시(Refresh) 기능이 필요없는 비휘발성 메모리 소자에 대한 수요가 증가하고 있다.

[0004] 기존의 비휘발성 메모리 소자는 프로그래밍 및 소거 두 단계에서 고전압을 이용하여 소자를 구동하고, 단일 레벨 셀(SLC) 이상의 멀티 레벨(Multilevel)을 구현하기 위하여 여러 단의 플로팅 게이트(Floating Gate)를 형성해야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2015-0072288호 (2015.06.29)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 점성을 갖는 유기물 잔여물을 통해 채널과 게이트 절연체 사이에 인터페이스 트랩을 형성하고, 빛의 파장을 변화시킴으로써, 하나의 게이트를 이용하여 메모리를 멀티 레벨로 동작시키는 데 발명의 주된 목적이 있다.

[0007] 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

[0008] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 게이트에 게이트 절연체를 형성하는 단계, 상기 게이트 절연체에 점성을 갖는 유기물 용액을 증착하는 단계, 상기 점성을 갖는 유기물 용액을 열처리하여 유기물 층을 형성하는 1차 열처리 단계, 상기 게이트 절연체로부터 상기 유기물 층을 제거하고 남은 유기물 리간드를 상기 게이트 절연체의 표면에 형성하는 단계, 상기 유기물 리간드가 형성된 상기 게이트 절연체에 채널을 증착하고 열처리하는 2차 열처리 단계, 및 상기 채널에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착하는 단계를 포함하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법을 제공한다.

[0009] 상기 1차 열처리 단계는 폴리디메틸실록산 (Polydimethylsiloxane, PDMS) 용액을 60℃ 내지 200℃의 온도 범위에서 어닐링할 수 있다.

[0010] 상기 2차 열처리 단계는 IGZO(Indium Gallium Zinc Oxide) 물질을 200℃ 내지 500℃의 온도 범위에서 어닐링할 수 있다.

- [0011] 상기 유기물 리간드는 상기 게이트 절연체 및 상기 채널 사이에 인터페이스 트랩(Interface Trap)을 형성할 수 있다.
- [0012] 상기 유기물 리간드는 상기 채널에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시킬 수 있다.
- [0013] 상기 유기물 리간드는 상기 채널에서 금속과 산소의 결합력을 감소시키고 탄소를 주입시켜 결손 영역(Defect Site)을 형성할 수 있다.
- [0014] 상기 채널에 광원을 통해 광을 조사하는 단계를 포함하며, 상기 채널은 상기 조사된 광에 의해 전자를 프로그래밍 또는 소거할 수 있다.
- [0015] 상기 광원은 광의 파장 대역을 조절하며, 상기 채널은 각 파장에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억할 수 있다.
- [0016] 상기 광원은 광의 세기를 조절하며, 상기 채널은 조절된 광자량에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억할 수 있다.
- [0017] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 비휘발성 멀티레벨 광 메모리에 있어서, 상기 비휘발성 광 메모리의 상태를 제어하는 게이트 전극, 상기 게이트 전극에 연결된 게이트 절연체, 상기 게이트 절연체에 연결되며 캐리어를 전달하는 채널, 상기 채널 및 상기 게이트 절연막 간에 형성된 유기물 리간드, 및 상기 채널에 연결된 소스 전극 및 드레인 전극을 포함하는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리를 제공한다.

발명의 효과

- [0018] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 점성을 갖는 유기물 잔여물을 통해 채널과 게이트 절연체 사이에 인터페이스 트랩을 형성하고, 빛의 파장을 변화시킴으로써, 하나의 게이트를 이용하여 메모리를 멀티레벨로 동작시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0019] 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

- [0020] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법을 예시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법이 게이트 절연체에 도핑한 유기물 잔여물을 예시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법에 따라 유기물 잔여물이 도핑된 게이트 절연체의 표면을 예시한 도면이다.
- 도 5 및 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리를 예시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 프로그래밍 및 소거 특성을 예시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 기억 특성을 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 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.
- [0022] 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법은 점성을 갖는 유기물 용액을 코팅 및 열처리한 후 유기물 층을 탈착하고 남은 유기 잔여물을 통해 채널과 게이트 절연체 사이에 물리적인 인터페이스 트랩을 형성하고, 유기 잔여물의 수소 및 탄소에 의한 결손 상태를 형성한다.
- [0023] 채널과 게이트 절연체 사이에 유기 잔여물이 도핑된 비휘발성 멀티레벨 광 메모리는 채널에 조사되는 빛의 파장 또는 세기를 조절하는 방식으로 하나의 게이트를 이용하여 메모리를 멀티레벨로 동작시킬 수 있다.

- [0024] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법을 예시한 도면이다.
- [0025] 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법은 게이트에 게이트 절연체를 형성하는 단계(S101), 게이트 절연체에 점성을 갖는 유기물 용액을 증착하는 단계(S102), 점성을 갖는 유기물 용액을 열처리하여 유기물 층을 형성하는 1차 열처리 단계(S103), 게이트 절연체로부터 유기물 층을 제거하고 남은 유기물 리간드를 게이트 절연체의 표면에 형성하는 단계(S104), 유기물 리간드가 형성된 게이트 절연체에 전도 물질을 증착하고 열처리하여 채널을 형성하는 2차 열처리 단계(S105), 및 채널에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착하는 단계(S106)를 포함한다.
- [0026] 유기물 용액을 도포하는 과정은 스핀 코팅(spin-coating), 딥 코팅(dip-coating), 드롭 캐스팅(drop-casting), 스크린 프린팅(screen printing), 바 프린팅(bar printing), 롤투롤(roll-to-roll), 롤투플레이트(roll-to-plate), 잉크젯 프린팅(ink-jet printing), 마이크로접촉 프린팅 (micro-contact printing) 등 다양한 방법으로 증착이 가능하다.
- [0027] 유기물 용액을 1차 열처리 단계(S103)는 폴리디메틸실록산 (Polydimethylsiloxane, PDMS) 용액을 60℃ 내지 200℃의 온도 범위에서 어닐링할 수 있다. 60℃ 미만의 온도에서는 PDMS 물질이 경화되지 않을 수 있다. 바람직하게는 80℃ 범위에서 PDMS 물질을 경화시킬 수 있다.
- [0028] 채널을 2차 열처리 단계(S105)는 전도 물질을 200℃ 내지 500℃의 온도 범위에서 어닐링할 수 있다. 전도 물질은 IGZO(Indium Gallium Zinc Oxide)일 수 있으며, 전도 물질은 스퍼터링 공정으로 증착될 수 있다.
- [0029] 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조 방법은 채널에 광원을 통해 광을 조사하는 단계를 포함할 수 있다. 채널은 조사된 광에 의해 전자를 프로그래밍 또는 소거할 수 있다. 광원은 광의 파장 대역을 조절하며 채널은 각 파장에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억할 수 있다. 광원은 광의 세기를 조절하며 채널은 조절된 광자량에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억할 수 있다.
- [0030] 도 3은 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법이 게이트 절연체에 도핑한 유기물 잔여물을 예시한 도면이고, 도 4는 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 제조방법에 따라 유기물 잔여물이 도핑된 게이트 절연체의 표면을 예시한 도면이다.
- [0031] 유기물 층이 열처리된 후 탈착되면, 유기물 잔여물은 채널 및 게이트 절연체의 계면에 물리적인 인터페이스 트랩을 형성한다. 유기물 잔여물은 PDMS 리간드이고, 게이트 절연체는 SiO₂일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고 물리적 화학적 성질이 유사한 다른 물질이 적용될 수 있다.
- [0032] 도 4의 (a)에서 SiO₂ 계면의 제곱평균제곱근(RMS) 거칠기는 0.344 nm이고, 도 4의 (b)에서 PDMS 탈착 후 SiO₂ 계면의 제곱평균제곱근(RMS) 거칠기는 1.839 nm이다. PDMS 탈착 후 표면 거칠기 변화가 거의 5배 이상 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 거칠기 변화는 게이트 절연체 위에 증착된 채널과 게이트 절연체 간의 인터페이스 트랩량을 증가시킨다.
- [0033] 유기물 리간드는 게이트 절연체 및 채널 사이에 인터페이스 트랩(Interface Trap)을 형성할 뿐만 아니라 유기물 잔여물의 수소 및 탄소에 의한 결손 상태를 형성한다. 유기물 리간드는 채널에 대한 에너지 밴드 갭에서 수소에 의한 서브 갭 상태(Sub Gap State)를 형성하여 광여기 캐리어(Photoexcited Carrier)를 증가시킨다. 유기물 리간드는 채널에서 금속과 산소의 결합력을 감소시키고 탄소를 주입시켜 결손 영역(Defect Site)을 형성한다.
- [0034] 유기물 리간드에 의해 증가한 인터페이스 트랩량 및 결손 상태는 광 반응성을 향상시킨다.
- [0035] 도 5 및 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리를 예시한 도면이다.
- [0036] 도 5를 참조하면, 비휘발성 멀티레벨 광 메모리(1)는 게이트 전극(10), 게이트 절연체(20), 유기물 리간드(30), 채널(40), 소스 전극 및 드레인 전극(50)을 포함한다.
- [0037] 게이트 전극(10), 소스 전극 및 드레인 전극(50)은 금속 또는 기타 전도성 물질로 구현될 수 있다. 게이트 전극(10)은 비휘발성 광 메모리의 상태를 제어하고, 게이트 전극(10)에 의해 활성화 또는 비활성화된 채널을 통해 소스 전극 및 드레인 전극(50) 간에 캐리어가 전달된다.
- [0038] 게이트 절연체(20)는 게이트 전극(10)에 연결되며 절연 물질로 구현될 수 있다.
- [0039] 유기물 리간드(30)은 게이트 절연막(20)의 표면에 형성된다. 점성을 갖는 유기물을 열처리하여 유기물 층을 형성하고, 유기물 층을 제거하면 남은 리간드가 게이트 절연막(20)의 표면에 도핑된다.

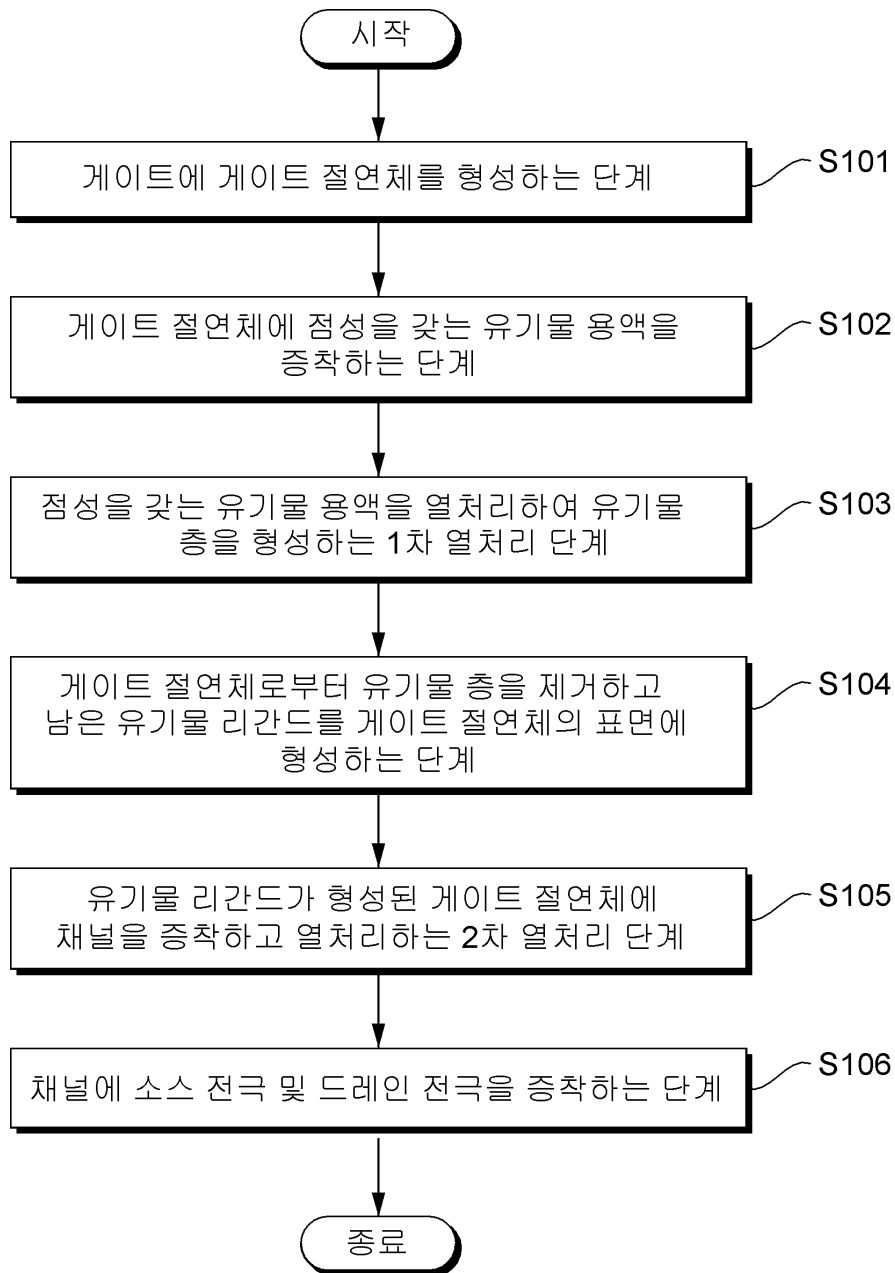
- [0040] 유기물 리간드(30)로 도핑된 게이트 절연막(20)에 채널(40)을 증착하여, 유기물 리간드(30)을 게이트 절연막(20) 및 채널(40) 간에 형성한다.
- [0041] 채널(40)은 도핑된 게이트 절연체(20)에 연결되며 캐리어를 전달한다. 채널은 IGZO 등의 산화물로 구현될 수 있으며, 반도체 물질로 구현될 수 있다. 유기물 리간드가 형성된 게이트 절연체에 전도 물질을 증착하고 열처리하여 채널을 형성할 수 있다.
- [0042] 소스 전극 및 드레인 전극(50)은 이격된 상태로 채널에 연결될 수 있다.
- [0043] 비휘발성 멀티레벨 광 메모리(1)는 광을 조사하는 광원을 포함할 수 있다. 채널은 조사된 광에 의해 전자를 프로그래밍 또는 소거할 수 있다. 광원은 광의 파장 대역을 조절하고 채널은 각 파장에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억할 수 있다. 광원은 광의 세기를 조절하고 채널은 조절된 광자량에 따라 멀티레벨로 프로그래밍된 전자를 유지하여 기억할 수 있다.
- [0044] 본 실시예에 따른 비휘발성 멀티레벨 광 메모리는 빛의 에너지의 변수인 파장의 함수를 조절하여 각 파장에 따른 멀티 레벨을 용이하게 구현할 수 있고, 빛의 세기를 조절하여 입사되는 광자(Photon)의 양을 조절하여 멀티레벨을 구현할 수 있다.
- [0045] 도 7은 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 프로그래밍 및 소거 특성을 예시한 도면이고, 도 8은 비휘발성 멀티레벨 광 메모리의 기억 특성을 예시한 도면이다.
- [0046] 도 7에 도시된 바와 같이 PDMS 탈착 후 IGZO 산화물 박막 트랜지스터에 적색광을 5mW 조사하면, 프로그래밍 및 전기적 펄스에 의한 소거 특성을 확보할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0047] 도 8에 도시된 바와 같이 PDMS 탈착 후 IGZO 산화물 박막 트랜지스터에 적색광, 녹색광, 청색광을 5mW 조사하면, 프로그래밍된 전자가 1000 sec 유지되는 특성을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [0048] 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.
- [0049] 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

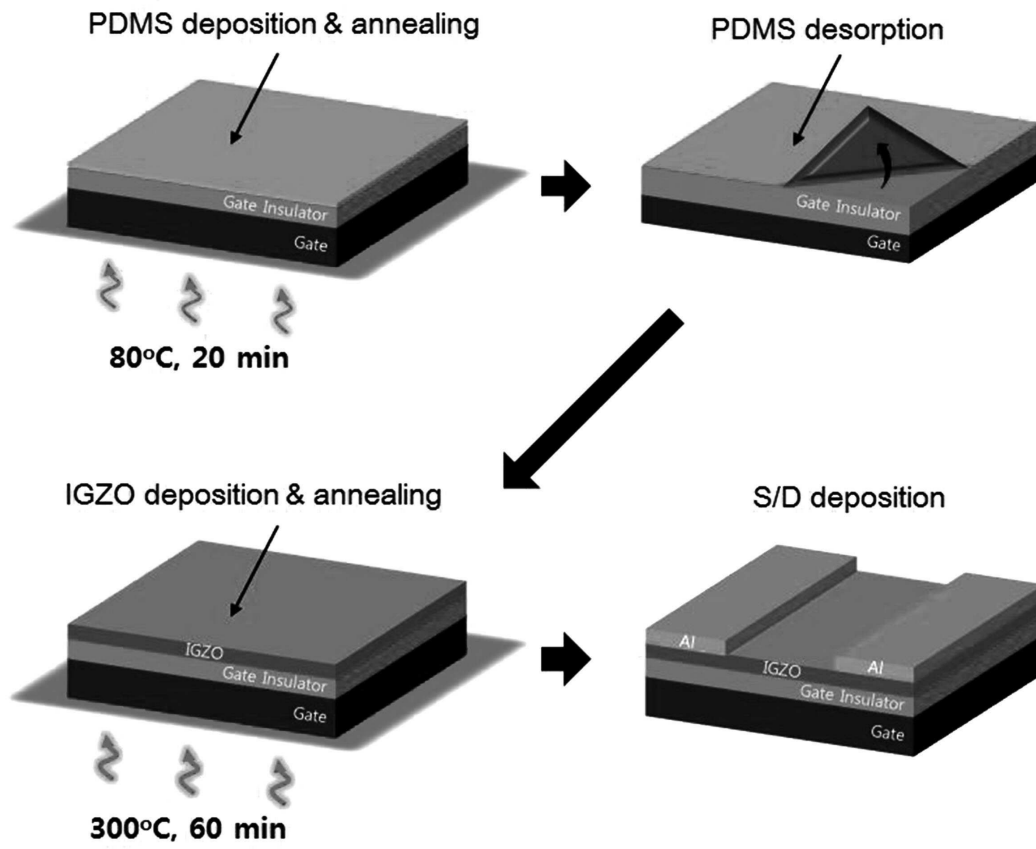
- [0050] 1: 비휘발성 멀티레벨 광 메모리
- 10: 게이트 전극
- 20: 게이트 절연체
- 30: 유기물 리간드
- 40: 채널
- 50: 소스 전극 및 드레인 전극

도면

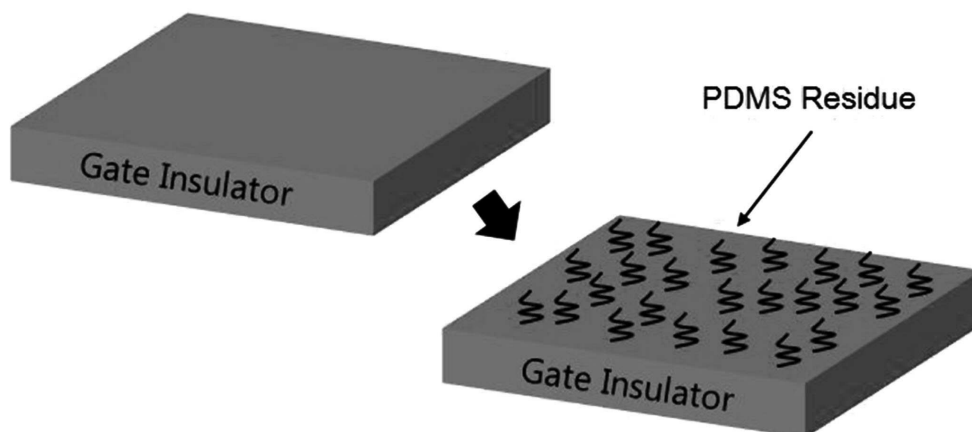
도면1



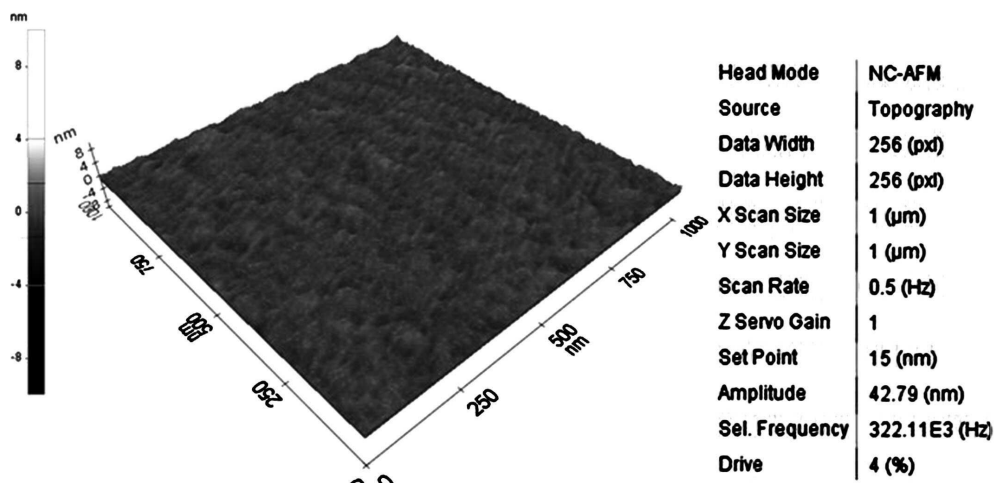
도면2



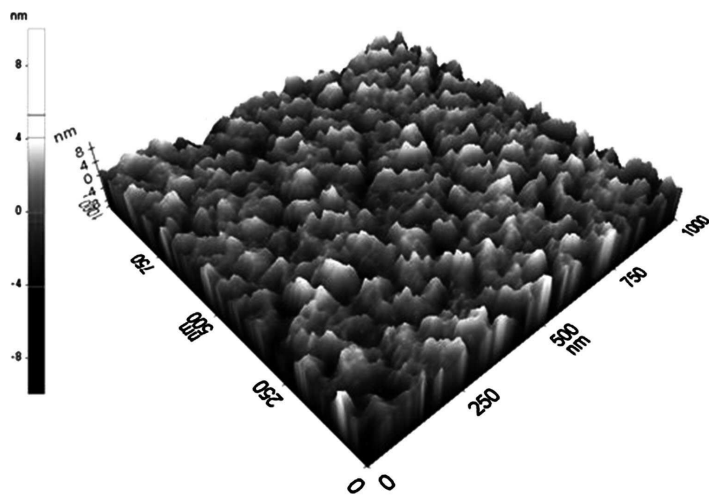
도면3



도면4

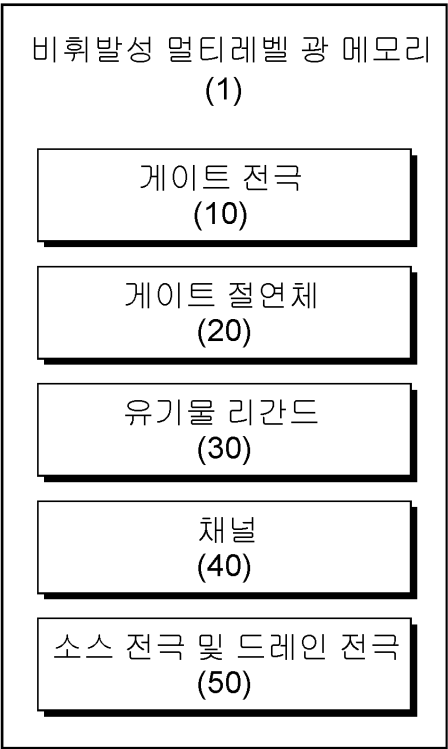


(a)

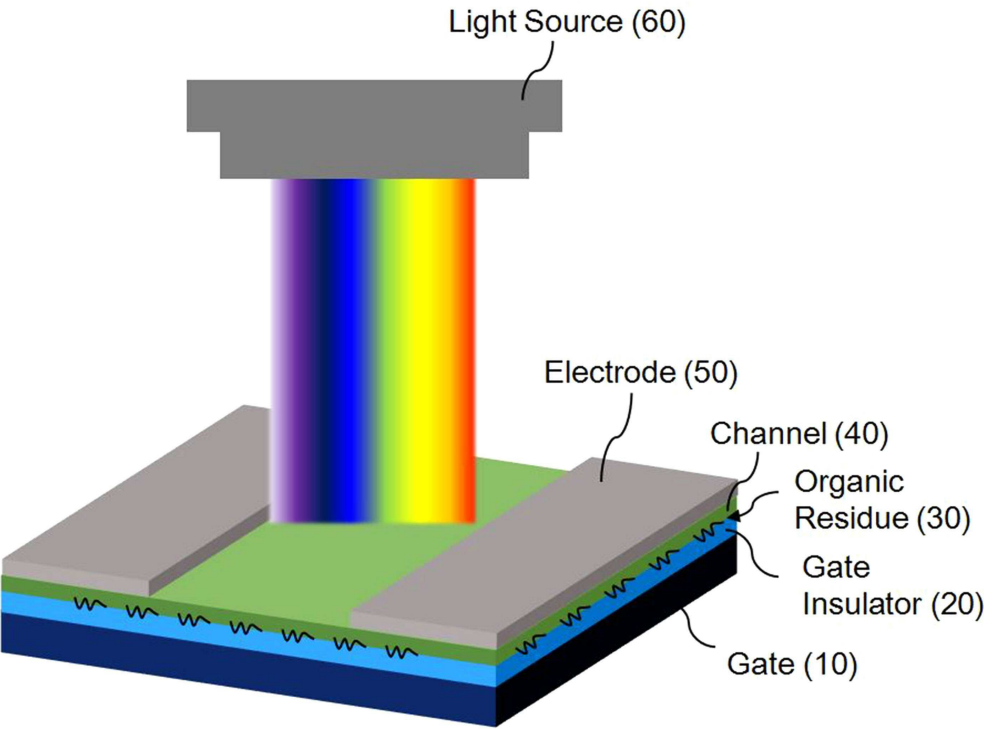


(b)

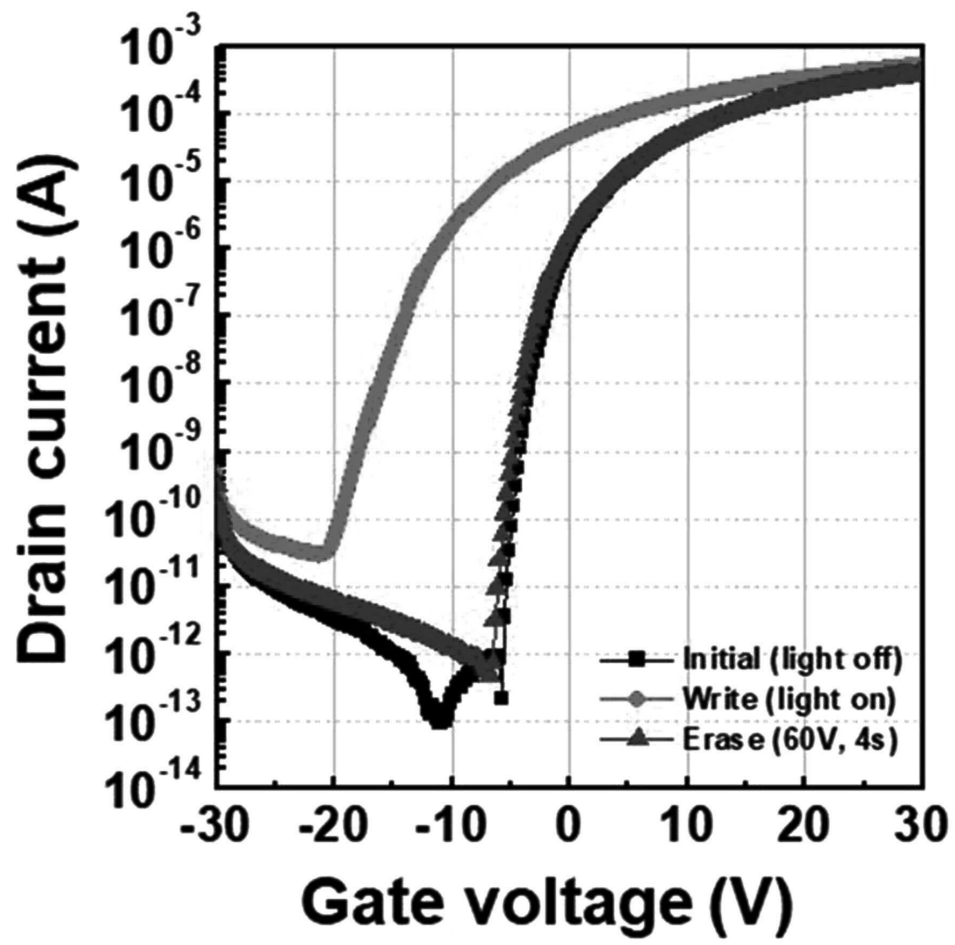
도면5



도면6



도면7



도면8

