

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2018-0071186 (43) 공개일자 2018년06월27일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01N 27/12 (2006.01) H01L 21/28 (2006.01) H01L 21/8234 (2006.01)	(71) 출원인 세종대학교산학협력단 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)	
(52) CPC특허분류 G01N 27/129 (2013.01) H01L 21/28008 (2013.01)	(72) 발명자 김희동 서울특별시 광진구 능동로57길 30-8 , 501호 김경현 서울특별시 강동구 양재대로 1340 둔촌주공아파트 427동 803호 윤민주 서울특별시 광진구 군자로 121 세종대학교 새날관 107호	
(21) 출원번호 10-2017-0174958 (22) 출원일자 2017년12월19일 심사청구일자 2017년12월19일	(74) 대리인 특허법인이상	
(30) 우선권주장 1020160173401 2016년12월19일 대한민국(KR)		

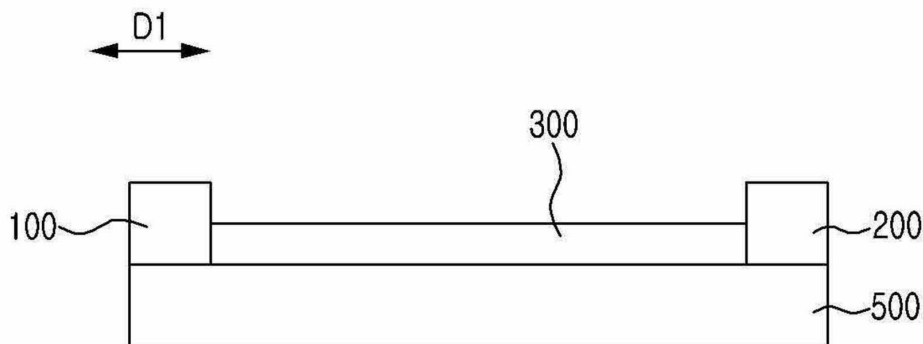
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 전도성 필라멘트 기반 가스 센서 및 이를 이용한 가스 센싱방법

(57) 요약

전도성 필라멘트 기반 가스 센서 및 이를 이용한 가스 센싱방법이 제공된다. 전도성 필라멘트 기반 가스 센서는, 서로 이격되는 소스 전극 및 드레인 전극과, 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출되며 소스 전극 및 드레인 전극에 인가되는 전압에 의해 내부 및 표면에 소스 전극 및 드레인 전극을 전기적으로 연결시키는 전도성 필라멘트가 형성되도록 구성되는 절연층을 포함한다. 전도성 필라멘트 기반 가스 센서는, 절연층의 노출부에 접촉되는 기체 입자에 의해 전도성 필라멘트의 전기전도도가 변화됨에 따라 기체 입자의 농도를 감지하도록 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 21/823418 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345241130

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원

연구과제명 양자 터널링 기반의 신개념 3차원 비휘발성 메모리 소자 개발

기 여 율 80/100

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345252072

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학학술연구기반구축

연구과제명 전도성 필라멘트 기반의 Refreshable Universal Gas Sensor 기술 연구

기 여 율 20/100

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

서로 이격되는 소스 전극과 드레인 전극; 및

상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출되며, 상기 소스 전극 및 드레인 전극 사이에 인가되는 전압에 의해 내부 및 표면에 상기 소스 전극 및 드레인 전극을 전기적으로 연결시키는 전도성 필라멘트가 형성되도록 구성되는 절연층을 포함하고,

상기 절연층의 노출부에 접촉되는 기체 입자에 의해 상기 전도성 필라멘트의 전기전도도가 변화됨에 따라 상기 기체 입자의 농도를 감지하도록 구성되는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전도성 필라멘트는 상기 절연층의 노출부에 나란한 방향으로 형성되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 소스 전극 및 드레인 전극 사이에 인가되는 전압의 크기 또는 극성에 따라, 상기 전도성 필라멘트의 전기전도도가 회복되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 전도성 필라멘트가 형성된 상기 절연층은 제1 전기전도도를 가지고,

상기 기체 입자가 접촉된 경우, 상기 절연층은 상기 제1 전기전도도보다 낮거나 높은 제2 전기전도도를 갖도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 기체 입자가 접촉된 후, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 상기 전도성 필라멘트를 형성시킨 전압과 동일 극성이되 낮은 값을 갖는 전압 또는 반대된 극성의 전압이 인가되는 경우, 상기 절연층은 상기 제1 전기전도도를 갖도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 6

서로 이격되는 소스 전극과 드레인 전극;

상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출되며, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 인가되는 인가전압에 의해 내부 및 표면에 상기 소스 전극 및 드레인 전극을 전기적으로 연결시키는 제1 전도성 필라멘트가 형성되도록 구성되는 제1 절연층; 및

상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출되며, 상기 인가전압에 의해 내부에 상기 소스 전극 및 드레인 전극을 전기적으로 연결시키는 제2 전도성 필라멘트가 형성되도록 구성되는 제2 절연층을 포함하고,

상기 제1 절연층 및 제2 절연층의 노출부들에 접촉되는 제1 기체의 입자 및 제2 기체의 입자에 의해 상기 제1

전도성 필라멘트 및 제2 전도성 필라멘트의 전기전도도가 각각 변화됨에 따라 상기 제1 기체 및 제2 기체의 농도를 동시에 감지하도록 구성되는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 전도성 필라멘트 및 제2 전도성 필라멘트는, 상기 제1 절연층의 노출부 및 제2 절연층의 노출부에 나란한 방향으로 각각 형성되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제1 절연층 및 제2 절연층은, 상기 소스 전극 및 드레인 전극의 사이에 나란하게 배치되는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 제1 절연층의 전기전도도는, 상기 특정 제1 기체 접촉에 의해서만 변화되도록 구성되고,

상기 제2 절연층의 전기전도도는, 상기 특정 제2 기체의 접촉에 의해서만 변화되도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 제1 기체 및 제2 기체는 각각, CO, NO_x, H₂, NH₃, H₂S, O₂, 포름알데히드 및 에탄올로 이루어진 군으로부터 선택되는 기체이고 서로 다른 성분인 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 제1 절연층 및 제2 절연층에 접촉되는 상기 소스 전극 및 드레인 전극 사이의 이격 거리는, 상기 제1 절연층 및 제2 절연층에 대해 서로 다른 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 제1 절연층 및 제2 절연층의 노출 면적은 서로 다른 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서.

청구항 13

소스 전극 및 드레인 전극에 제1 전압 및 제2 전압을 각각 인가하여, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되는 절연층 내부 및 표면에 전도성 필라멘트를 형성시키고, 상기 소스 전극 및 드레인 전극 간의 제1 전류밀도를 측정하는 단계;

상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연층의 노출된 표면에 기체 입자를 접촉시키고, 상기 소스 전극 및 드레인 전극 간의 제2 전류밀도를 측정하는 단계; 및

상기 제1 전류밀도 및 제2 전류밀도의 차이를 이용하여 상기 기체 입자의 농도를 결정하는 단계를 포함하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센싱방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 기체 입자의 농도를 결정하는 단계 이후,

상기 소스 전극 및 드레인 전극에, 상기 제1 전압 및 제2 전압과 각각 반대된 극성이거나 또는 동일 극성을 갖되 낮은 값을 갖는 제3 전압 및 제4 전압을 인가하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센싱방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 제1 전류밀도는 상기 제2 전류밀도보다 큰 것을 특징으로 하는 전도성 필라멘트 기반 가스 센싱방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가스 센서 및 이를 이용한 가스 센싱방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전도성 필라멘트 기반 가스 센서 및 이를 이용한 가스 센싱방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래에 주로 사용되는 산화물 반도체식 가스 센서는 반응 기체에 의해 n-type(또는 p-type) 산화물 반도체의 전기전도도가 달라지는 성질을 이용하여 피검 기체의 종류를 감지하도록 동작한다. 반도체식 가스 센서의 감지 물질로서 특정한 기체 또는 다중 기체에 반응하는 특성을 가진 금속 산화물이 이용되고 있다. 상기 감지 물질의 표면에서는 공기 중의 산소가 음 전하(또는 양전하)를 갖도록 흡착되므로, 감지 물질의 표면에 전자 공핍층(또는 홀 공핍층)이 형성된다. 이때, 환원성 가스(예컨대, CO)가 음으로 대전된 흡착 산소에 의해 산화되면서 전자가 감지 물질 내부로 주입됨에 따라, n-type 영역의 공핍층 두께가 줄어들어 전위장벽이 낮아지고 저항이 감소하게 된다. 반대로, 산화성 가스의 경우 산소의 흡착을 더욱 향상시켜 저항이 증가하게 되는 성질을 이용하여 피검 기체를 검출하게 된다. p-type 산화물 반도체의 경우, 반대로 작동된다.

[0003] 산화물 및 질화물 기반의 반도체식 방식의 가스 센서는 구조가 간단하고, 자동화에 의한 대량생산이 가능하므로 가격이 저렴하며, 응답속도가 비교적 빠른 장점이 있다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고, 측정 원리상, 모든 환원성 가스에 대하여 반응이 일어나게 되므로 선택성이 떨어진다. 또한, 구조적인 이유로 인하여, 온도 및 습도 등 주위 환경에 의해 영향을 받고, 다른 기체에 의한 측정 장애가 심하며, 표면 오염으로 인한 영점의 전이가 심하여 저농도의 정밀 측정에 적용하기 어려운 한계가 있다. 또, 센서의 개별 편차가 심하고, 재현성이 떨어지는 문제가 있다.

[0004] 이에 따라 최근에는 MEMS 기술을 도입하고 적당한 촉매제를 첨가하며 센서 어레이를 사용하여 특정 기체에 대한 선택성을 부여하는 시도가 이루어지고 있다. 또한, 비표면적을 증가시키기 위해 나노 구조체를 이용한 가스 센서가 개발되고 있다.

[0005] 예를 들어, 나노 중공구조(hollow sphere), 나노튜브(nanotube), 나노와이어(nanowire), 나노로드(nanorod), 콜로이드 템플릿(colloidal template) 이용 3차원 반구 구조(hemisphere structure) 등을 이용하여 열적 안정성이 높고 비표면적이 큰 나노 구조 형태의 가스 센서가 연구되고 있다. 그러나 가스 센서의 감도를 높이기 위해 감응 물질의 입자 크기를 나노미터 단위로 감소시키는 경우, 반데르발스(van der waals) 결합력에 의해 입자들이 응집함에 따라 주로 응집된 입자 표면에 전자 공핍층 (또는 홀 공핍층)이 존재하게 되므로, 기체 감도가 저하되고 응답속도가 느려지는 문제가 있다.

[0006] 또한, 나노 구조의 가스 센서는 나노 물질의 표면처리, 패터닝 및 제어가 어려워 상업화에 필요한 정도로 대량 생산되기 어렵다.

[0007] 나아가, 종래의 산화물 반도체형 가스 센서는 기체에 반응한 후, 초기 상태로 회복하는 데에 장시간(수십 초 내지 수백 초)이 소요되며, 대기 중의 습기로 인해 센서 저항 및 기체 감도가 크게 변화하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 신선한 공기의 주입, 진공 중 열처리, 자외선 조사 등의 방법이 시도되고 있으나, 이를 위해 부가적인 장치를 도입해야 하므로 소형화되기 어려운 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 응답 속도가 빠르고, 간단하게 제조 가능하며, 선택성이 우수한 전도성 필라멘트 기반 가스 센서 및 이를 이용한 가스 센싱방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 측면은 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 제공한다. 상기 가스 센서는 서로 이격되는 소스 전극 및 드레인 전극과, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출되며 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 인가되는 전압에 의해 내부 및 표면에 상기 소스 전극 및 드레인 전극을 전기적으로 연결시키는 전도성 필라멘트가 형성되도록 구성되는 절연층을 포함한다. 상기 가스 센서는 상기 절연층의 노출부에 접촉되는 기체 입자에 의해 상기 전도성 필라멘트의 전기전도도가 변화됨에 따라 상기 기체 입자의 농도를 감지하도록 구성된다.

[0010] 상기 전도성 필라멘트는 상기 절연층의 노출부에 나란한 방향으로 형성되도록 구성될 수 있다.

[0011] 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 인가되는 전압의 크기 또는 극성에 따라, 상기 전도성 필라멘트의 전기전도도가 회복되도록 구성될 수 있다.

[0012] 상기 전도성 필라멘트가 형성된 상기 절연층은 제1 전기전도도를 가지고, 상기 기체 입자가 접촉된 경우, 상기 절연층은 상기 제1 전기전도도보다 낮거나 높은 제2 전기전도도를 갖도록 구성될 수 있다.

[0013] 상기 기체 입자가 접촉된 후, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 상기 전도성 필라멘트를 형성시킨 전압과 동일 극성이되 낮은 값을 갖는 전압 또는 반대된 극성의 전압이 인가되는 경우, 상기 절연층은 상기 제1 전기전도도를 갖도록 구성될 수 있다.

[0014] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 다른 측면은 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 제공한다. 상기 가스 센서는 서로 이격되는 소스 전극 및 드레인 전극과, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출되며 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 인가되는 인가전압에 의해 내부에 상기 소스 전극 및 드레인 전극을 전기적으로 연결시키는 제1 전도성 필라멘트가 형성되도록 구성되는 제1 절연층과, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출되며 상기 인가전압에 의해 내부 및 표면에 상기 소스 전극 및 드레인 전극을 전기적으로 연결시키는 제2 전도성 필라멘트가 형성되도록 구성되는 제2 절연층을 포함한다. 상기 가스 센서는, 상기 제1 절연층 및 제2 절연층의 노출부들에 접촉되는 제1 기체의 입자 및 제2 기체의 입자에 의해 상기 제1 전도성 필라멘트 및 제2 전도성 필라멘트의 전기전도도가 각각 변화됨에 따라 상기 제1 기체 및 제2 기체의 농도를 동시에 감지하도록 구성된다.

[0015] 상기 제1 전도성 필라멘트 및 제2 전도성 필라멘트는, 상기 제1 절연층의 노출부 및 제2 절연층의 노출부에 나란한 방향으로 각각 형성되도록 구성될 수 있다.

[0016] 상기 제1 절연층 및 제2 절연층은, 상기 소스 전극 및 드레인 전극의 사이에 나란하게 배치될 수 있다.

[0017] 상기 제1 절연층의 전기전도도는, 상기 제1 기체 입자 만의 접촉에 의해 변화되도록 구성되고, 상기 제2 절연층의 전기전도도는, 상기 제2 기체 입자 만의 접촉에 의해 변화되도록 구성될 수 있다.

[0018] 상기 제1 기체 및 제2 기체는 각각, CO, NO_x, H₂, NH₃, H₂S, O₂, 포름알데히드 및 에탄올로 이루어진 군으로부터 선택되는 기체이고 서로 다른 성분일 수 있다.

[0019] 상기 제1 절연층 및 제2 절연층에 접촉되는 상기 소스 전극 및 드레인 전극 사이의 이격 거리는, 상기 제1 절연층 및 제2 절연층에 대해 서로 다를 수 있다.

[0020] 상기 제1 절연층 및 제2 절연층의 노출 면적은 서로 다를 수 있다.

[0021] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 다른 측면은 전도성 필라멘트 기반 가스 센싱방법을 제공한다. 상기 가스 센싱방법은, 소스 전극 및 드레인 전극에 제1 전압 및 제2 전압을 각각 인가하여, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에 접촉되는 절연층 내부 및 표면에 전도성 필라멘트를 형성시키고, 상기 소스 전극 및 드레인 전극 간의 제1 전류밀도를 측정하는 단계; 상기 전도성 필라멘트가 형성된 절연층의 노출된 표면에 기체 입자를 접촉시키고, 상기 소스 전극 및 드레인 전극 간의 제2 전류밀도를 측정하는 단계; 및 상기 제1 전류밀도 및 제2 전류밀도의 차이를 이용하여 상기 기체 입자의 농도를 결정하는 단계를 포함한다.

[0022] 상기 가스 센싱방법은, 상기 기체 입자의 농도를 결정하는 단계 이후, 상기 소스 전극 및 드레인 전극에, 상기 제1 전압 및 제2 전압과 각각 반대된 극성이거나 또는 동일 극성을 갖되 낮은 값을 갖는 제3 전압 및 제4 전압

을 인가하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 상기 제1 전류밀도는 상기 제2 전류밀도보다 클 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 실시예들에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서는, 전도성 필라멘트가 형성된 금속 산화물층 또는 금속 질화물층의 전기전도도가 반응 기체에 의해 변화됨으로써, 반응 기체의 농도를 용이하게 감지할 수 있다.

[0025] 또한, 종래의 금속 산화물, 금속 질화물 등의 제조설비를 그대로 이용할 수 있어, 복잡한 나노 구조체 형성에 비해 제조비용이 저렴하며 대량생산이 가능할 수 있다.

[0026] 또한, 특정 기체에 반응하는 전도성 필라멘트를 가진 절연층을 복수 개 배치시킴으로써, 노출되는 반응 기체들의 종류에 따른 농도를 동시에 감지할 수 있다.

[0027] 다만, 발명의 효과는 상기에서 언급한 효과로 제한되지 아니하며, 언급되지 않은 또 다른 효과들을 하기의 기재로부터 당업자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 단면도이다.

도 1은 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서에 형성된 전도성 필라멘트를 도시한 사시도 및 단면도로서, 도 1에 도시한 센서를 기초로 하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서의 동작방법을 도시한 사시도들이다.

도 5는 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서가 셋팅된 상태를 도시한 사시도이다.

도 6는 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서에 기체가 감지된 상태를 도시한 사시도이다.

도 7은 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서에 기체가 감지된 후 리프레쉬 전압이 인가되는 상태를 도시한 사시도이다.

도 8은 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 리프레쉬(refresh)하는 상태를 도시한 사시도이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 평면도이다.

도 10은 도 9의 I-I' 라인을 따라 도시한 단면도이다.

도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 평면도이다.

도 12는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서를 도시한다.

도 13a 내지 도 13c는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서의 동작방법을 설명하기 위한 개략도이고, 도 14는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서의 동작 과정에서 얻어진 그래프이다.

도 15는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서가 산소 기체를 센싱하기 전과 후에, 가스 선세에서 얻어지는 전류량을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 단면도이다. 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 단면도이다.

[0031] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서는 소스 전극(100), 드레인 전극(200) 및 절연층(300)을 포함한다. 상기 소스 전극(100), 드레인 전극(200) 및 절연층(300)은 기판(500) 상에 서로 인접하여 배치될 수 있다. 구체적으로, 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200)은 기판(500) 상에 서로 이격

되도록 배치되고, 절연층(300)은 기판(500) 상에서 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200)에 접촉하도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 절연층(300)은 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200)의 사이에 배치될 수 있다. 다른 실시예에서, 절연층(300)은 기판(500) 위에 배치되고, 상기 절연층(300)의 상면의 제1 부분 위에 소스 전극(100)이 배치되고, 상기 절연층(300)의 상면의 제2 부분 위에 드레인 전극(200)이 배치될 수도 있다 (도 12).

[0032] 다만, 소스 전극-절연층-드레인 전극의 구조가 이에 한정되지 않고, 도 2를 참조하여 도시된 바와 같이 기판(500) 상에 소스 전극(100), 절연층(300) 및 드레인 전극(200)이 차례로 적층된 필라 형태의 소자가 배치될 수 있다. 상기 소스 전극(100)과 드레인 전극(200)의 위치는 서로 바뀔 수도 있다.

[0033] 도 1 및 도 2를 참조하면, 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200)은 각각, 전도성 물질, 예컨대, 금속을 포함할 수 있다. 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200)에는 각각 전기적 접속 수단(미도시)이 전기적으로 연결될 수 있다. 상기 전기적 접속 수단에 의해 소스 전극(100)에는 양 전압이 인가되고 드레인 전극(200)에는 음 전압이 인가되거나, 또는 그와 반대 극성의 전압이 각각 인가될 수 있다.

[0034] 절연층(300)은 금속 산화물 또는 금속 질화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 절연층(300)은 SnO , Al_2O_3 , HfO_x , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 , NiO_2 , TaO_2 , SnN , AlN , HfN , Si_3N_4 , TiN , ZrN , NiN 및 TaN 으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0035] 절연층(300)은 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200)과 접촉하지 않는 부분에서 적어도 일부가 외부로 노출된다. 절연층(300)의 노출된 부분에는 적어도 하나의 반응 기체가 접촉하도록 구성될 수 있다. 이때, 절연층(300)의 노출부는, 후술하는 전도성 필라멘트가 형성되는 방향(D1)에 나란하게 연장된다. 구체적으로, 도 1에 도시된 바와 같은 센서에서는 절연층(300)의 상부면이 외부로 노출되고, 도 2에 도시된 바와 같은 센서에서는 절연층(300)의 측면이 외부로 노출될 수 있다.

[0036] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서에 형성된 전도성 필라멘트를 도시한 사시도 및 단면도로서, 도 1에 도시한 센서를 기초로 하는 도면이다.

[0037] 도 3을 참조하면, 절연층(300)은 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200)에 인가되는 전압에 의해 내부 및/또는 표면에 전도성 필라멘트(conducting filament, CF)가 형성되도록 구성된다. 상기 전도성 필라멘트(CF)는 산소 공공(oxygen vacancy) 또는 질화물 공공, 금속 이온에 의해 형성될 수 있다. 전도성 필라멘트가 형성되지 않는 절연층(300)은 전기전도도가 낮은 고저항 상태(high resistance state, HRS)에 있지만, 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 절연층(300)은 전기전도도가 증가된 저저항 상태(low resistance state, LRS)로 변화될 수 있다. 전도성 필라멘트(CF)에 의해 소스 전극(100) 및 드레인 전극(200) 사이에 전류가 흐를 수 있다. 고저항 상태(HRS)에서 저저항 상태(LRS)로 변화되는 과정은 셋(set)으로 지칭되고, 전도성 필라멘트(CF)가 소멸되도록 저저항 상태(LRS)로부터 고저항 상태(HRS)로 변화되는 과정은 리셋(reset)으로 지칭될 수 있다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서는, 전도성 필라멘트(CF)가 포밍과정에 의해 형성되거나 리프레쉬 과정에 의해 회복된 이후(즉, 셋 상태에서), 절연층(300)의 노출부에 피검 기체가 접촉됨에 따라 전도성 필라멘트(CF)를 통한 전기전도도가 변화되는 것을 이용하여 피검 기체의 농도를 감지하도록 구성된다. 이러한 구체적인 동작은 도 4 내지 도 8을 참조하여 상세히 설명한다.

[0039] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서의 동작방법을 도시한 사시도들이다.

[0040] 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서는, 소스 전극 및 드레인 전극에 각각 소정의 전압이 인가되어, 절연층에 전도성 필라멘트(CF)가 형성된다. 이하, 설명의 편의상, 도 4 내지 도 8에서 절연층의 좌측에 배치된 전극을 소스 전극으로, 절연층의 우측에 배치된 전극을 드레인 전극으로 지칭한다.

[0041] 도 5는 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서가 셋팅된 상태를 도시한 사시도이다.

[0042] 도 4 및 도 5를 참조하면, 전도성 필라멘트 기반 가스 센서의 소스 전극 및 드레인 전극 사이에 포밍 전압이 인가되는 경우, 일 예로서, 소스 전극 및 드레인 전극에 양 전압 및 음 전압이 각각 인가되는 경우, 절연층에 전도성 필라멘트(CF)가 형성됨에 따라, 절연층이 고저항 상태(HRS)로부터 저저항 상태(LRS)로 변화될 수 있다.

[0043] 이때, 절연층에 형성된 전도성 필라멘트(CF)의 형성 방향은, 소스 전극으로부터 드레인 전극을 지향하는 방향(또는 그 역방향)이다. 절연층의 적어도 일부는 외부로 노출되는데, 절연층의 노출부는 전도성 필라멘트(CF)에 나란한 방향으로 연장될 수 있다. 이처럼, 절연층의 노출부가 전도성 필라멘트(CF)의 형성 방향에 나란한 방향으로 연장됨에 따라, 절연층의 노출부 표면을 통해 전도성 필라멘트(CF)에 침투되는 피검 기체(Gas molecule)의

접촉 면적을 최대화할 수 있다.

[0044] 도 6는 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서에 기체가 감지된 상태를 도시한 사시도이다.

[0045] 도 4 및 도 6을 참조하면, 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 가스 센서의 노출부에 피검 기체가 침투되는 경우, 전도성 필라멘트(CF)의 전기전도도가 영향을 받아 소스 전극 및 드레인 전극 사이에 흐르는 전류밀도가 달라질 수 있다. 구체적으로, 피검 기체의 흡착으로 인해 전도성 필라멘트(CF)를 통한 전자의 이동이 방해됨 구체적으로는 전도성 필라멘트(CF)의 두께 및 면적 일부가 얇아지거나 일부가 끊김에 따라, 절연층이 저저항 상태(LRS)로부터 고저항 상태(HRS)로 바뀔으로써, 소스 전극 및 드레인 전극 사이의 전류밀도가 저하될 수 있다. 반대로 피검 기체의 특성에 따라 전도성 필라멘트(CF)의 두께 및 면적 일부가 두껍게 하거나 필라멘트 경로가 많아져서 저저항 상태(LRS)의 전류를 더 증가시킬 수 있다. 일 예로, 상기 전도성 필라멘트(CF)가 산소공공 필라멘트인 경우, 상기 전도성 필라멘트(CF)를 통한 전자 이동을 방해하는 피검기체는 산화성 기체일 수 있고, 반대로, 상기 전도성 필라멘트(CF)를 통한 전자의 이동을 강화하는 피검기체는 환원성 기체일 수 있다.

[0046] 이 때, 소스 전극 및 드레인 전극 사이에 인가되는 전압은 읽기 전압으로서의 절대값은 상기 포밍 전압 혹은 쓰기 리프레쉬 전압의 절대값 대비 낮은 값을 갖는 전압일 수 있다. 소스 전극 및 드레인 전극 사이에 읽기 전압이 인가된 상태에서 도 5의 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 가스 센서의 제1 전류밀도와, 도 6의 피검 기체가 흡착된 가스 센서의 제2 전류밀도를 각각 측정함으로써, 제1 전류밀도 및 제2 전류밀도의 차이를 이용하여 피검 기체의 농도를 산출할 수 있다. 여기서, 전도성 필라멘트(CF)가 형성된 가스 센서의 제1 전류밀도는, 피검 기체가 흡착된 가스 센서의 제2 전류밀도보다 더 크거나 작기 때문에, 제1 전류밀도 및 제2 전류밀도의 차이가 클수록 피검 기체의 농도가 높은 것으로 감지될 수 있다.

[0047] 도 7은 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서에 기체가 감지된 후 리프레쉬 전압이 인가되는 상태를 도시한 사시도이다. 도 8은 도 4의 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 리프레쉬(refresh)하는 상태를 도시한 사시도이다.

[0048] 도 4, 도 7 및 도 8을 참조하면, 피검 기체의 농도가 감지된 이후, 가스 센서에 흡착된 피검 기체를 제거하기 위한 동작이 도시되었다. 구체적으로, 소스 전극 및 드레인 전극에 리프레쉬 전압을 인가함에 따라, 피검 기체에 의해 끊기거나 얇아졌던 전도성 필라멘트(CF)를 다시 회복할 수 있다. 다른 예로서, 소스 전극 및 드레인 전극에 리프레쉬 전압을 인가함에 따라, 피검 기체에 의해 전도성 경로가 증가하여 두꺼워졌던 전도성 필라멘트(CF)의 증가된 전도성 경로를 끊어 전도성 필라멘트(CF)를 원 상태대로 회복할 수 있다. 이때, 절연층의 노출부를 통해 전도성 필라멘트(CF)에 흡착된 피검 기체 또한, 가스 센서의 외부로 이탈될 수 있다. 상기 피검 기체에 의해 끊기거나 얇아졌던 전도성 필라멘트(CF)를 다시 재건하는 과정에서 리프레쉬 전압은 상기 포밍 전압 대비 낮고 읽기 전압 대비 높은 전압일 수 있고, 피검 기체에 의해 전도성 경로가 증가하여 두꺼워졌던 전도성 필라멘트(CF)의 증가된 전도성 경로를 끊기 위한 리프레쉬 전압은 상기 포밍 전압과는 극성이 반대인 전압일 수 있다.

[0049] 이렇게 회복된 전도성 필라멘트(CF)에 의해, 가스 센서는 피검 기체를 다시 흡착할 수 있는 상태로 준비(리프레쉬)될 수 있다.

[0050] 이와 같이, 본 실시예에 따른 구조를 사용함으로써 가스 센서의 낮은 선택성 문제를 해결할 수 있다. 활성층으로 적용 가능한 다양한 금속 산화물(또는 금속 질화물) 박막 내에 전도성 필라멘트(CF)를 형성시킬 수 있기 때문이다. 그로 인해 전도성 필라멘트(CF) 기반의 나노선을 박막 내부에 쉽고 빠르게 안정적으로 형성할 수 있다.

[0051] 일반적으로 산화물 반도체 가스 센서에 사용되는 금속 산화물에 따라 민감도 및 응답 속도가 달라진다. 산화물 반도체 물질로 가장 많이 쓰이는 SnO_2 의 경우, 20 ppm까지 CO를 측정할 수 있고, 9.7 ppm까지 NO_x 를 측정할 수 있는 것으로 보고되고 있다. 이때, 응답 속도는 NO_x 가스의 경우 약 6초가 걸리는 것으로 알려져 있다.

[0052] 그러나 본 실시예에 따른 가스 센서의 경우, 셋(필라멘트 형성; 초기상태) 및 리셋(산화; 가스반응)을 위해 수 나노초(nanosecond) 내지 수십 나노초 이내의 시간이 소요되기 때문에 우수한 민감도, 응답속도 및 회복 속도를 가질 수 있다.

[0053] 또한, 검출을 원하는 기체에 따라 전도성 필라멘트 기반의 원소로 구성된 나노선을 이용하여 환원성 및 산화성의 정도를 임의적으로 조정할 수 있으므로, 특정한 기체에 대한 선택성을 높일 수 있다.

[0054] 또한, 민감도 개선을 위한 표면 기능화 기술 및 표면적 증가를 위해 나노 입자/폴리머를 도입하여 선택성을 향상시킬 수도 있다. 특히 활성층 형성 공정시, 스퍼터링 장비의 주입 가스를 제어하여 도핑 농도를 조절하고 임

베디드된 나노입자를 형성함으로써 센서의 민감도 및 선택성을 개선할 수 있다. 또한, 밴드갭이 큰(wide-bandgap) 물질을 이용하기 때문에 최근 주목받고 있는 투명 전자 소자 분야로의 적용이 가능하다.

- [0055] 특히 본 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 이용하면, 종래의 산화물 반도체 가스센서의 초기 조건 회복(재사용)의 어려움을 해결할 수 있다. 종래의 산화물 반도체 가스 센서는 금속 산화물 박막이 기체에 반응하고 난 뒤, 초기 상태로 회복하는데 장시간(수십 초 내지 수백 초)이 소요된다. 이는 먼 단위에 흡착되어 있는 기체 분자들을 떼어내기 위해 큰 활성화 에너지가 필요하기 때문이다. 나노 구조체를 도입하면 이러한 문제를 어느 정도 해결할 수 있지만, 나노 물질의 표면처리, 패터닝 및 컨트롤이 어려워 여전히 많은 문제점을 가지고 있다.
- [0056] 이에 반해, 본 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반의 가스 센서는 줄 히팅(joule heating)에 필요한 낮은 전압으로 전도성 필라멘트를 리셋(reset or off)시킬 수 있을 뿐 아니라, 셋(set or on) 펄스 인가를 통해 전기적 리프레쉬(refresh)를 유도할 수 있다.
- [0057] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 평면도이다. 도 10은 도 9의 I-I' 라인을 따라 도시한 단면도이다.
- [0058] 도 9 및 도 10을 참조하면, 본 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서는 소스 전극(110, 120, 130) 및 드레인 전극(210, 220, 230) 사이에 복수의 절연층들(310, 320, 330)이 배치될 수 있다. 예를 들어, 제1 절연층(310)은, 소스 전극(110) 및 드레인 전극(210)에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출될 수 있다. 소스 전극(110) 및 드레인 전극(210)에 소정의 전압이 인가되는 경우, 제1 절연층(310) 내부에는 소스 전극(110) 및 드레인 전극(210)을 전기적으로 연결시키는 제1 전도성 필라멘트가 형성될 수 있다. 상기 소스 전극(110, 120, 130), 절연층들(310, 320, 330) 및 드레인 전극(210, 220, 230) 순서의 원기둥 모양으로 기판(500)위에 수직으로 형성될 수도 있다.
- [0059] 예를 들어, 제2 절연층(320)은, 소스 전극(120) 및 드레인 전극(220)에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출될 수 있다. 소스 전극(120) 및 드레인 전극(220)에 소정의 전압이 인가되는 경우, 제2 절연층(320) 내부에는 소스 전극(120) 및 드레인 전극(220)을 전기적으로 연결시키는 제2 전도성 필라멘트가 형성될 수 있다.
- [0060] 마찬가지로, 제3 절연층(330)은, 소스 전극(130) 및 드레인 전극(230)에 접촉되고 적어도 일부가 외부로 노출될 수 있다. 소스 전극(130) 및 드레인 전극(230)에 소정의 전압이 인가되는 경우, 제3 절연층(330) 내부에는 소스 전극(130) 및 드레인 전극(230)을 전기적으로 연결시키는 제3 전도성 필라멘트가 형성될 수 있다.
- [0061] 이때, 제1 내지 제3 절연층들(310, 320, 330)은, 소스 전극 및 드레인 전극의 사이에 나란하게 배치될 수 있다. 또한, 제1 내지 제3 전도성 필라멘트들은, 제1 내지 제3 절연층들(310, 320, 330)의 노출부의 연장 방향(D1)에 나란한 방향으로 각각 형성될 수 있다.
- [0062] 제1 내지 제3 절연층(310, 320, 330)의 노출부들에 서로 다른 기체 입자들이 접촉되는 경우, 각각의 전도성 필라멘트를 통한 전기전도도가 변화됨에 따라, 서로 다른 기체들의 농도가 동시에 감지될 수 있다. 상기 서로 다른 기체는 CO, NO_x, H₂, NH₃, H₂S, O₂, 포름알데히드 및 에탄올로 이루어진 군으로부터 선택되는 기체일 수 있다.
- [0063] 이 경우, 제1 내지 제3 절연층(310, 320, 330) 각각의 전기전도도는, 서로 다른 기체 중 어느 하나의 기체 입자의 농도에 의해서만 변화될 수 있다. 즉, 제1 절연층(310)의 전기전도도는, 제1 기체의 접촉에 의해서만 변화되고, 제2 절연층(320)의 전기전도도는, 제2 기체의 접촉에 의해서만 변화되며, 제3 절연층(330)의 전기전도도는, 제3 기체의 접촉에 의해서만 변화되도록 구성될 수 있다.
- [0064] 이처럼, 서로 다른 기체를 감지할 수 있는 전도성 필라멘트(CF)가 형성될 수 있는 절연층들(310, 320, 330)을 소스 전극 및 드레인 전극 사이에 나란히 배치시킴으로써, 대기 중의 다양한 기체들의 농도를 동시에 감지할 수 있다.
- [0065] 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 필라멘트 기반 가스 센서를 도시한 평면도이다.
- [0066] 도 11을 참조하면, 소스 전극(110, 120, 130) 및 드레인 전극(210, 220, 230)의 사이에 복수의 절연층들(310, 320, 330)이 배치되는 경우, 각 절연층을 사이에 두고 이격되는 소스 전극 및 드레인 전극 사이의 이격 거리는 서로 다를 수 있다. 이처럼, 소스 전극 및 드레인 전극 사이의 이격 거리가 서로 달라짐으로써, 절연층들(310, 320, 330)의 노출 면적이 서로 다를 수 있다. 절연층들(310, 320, 330) 각각이 감지하려는 피검 기체가 상이한 경우, 대기 중에 존재하는 피검 기체들의 농도가 상이하고, 그에 따라 전기전도도의 크기 또한 달라지기

때문에, 검출하고자 하는 기체에 따라, 전도성 필라멘트(CF)가 형성되는 절연층(310, 320, 330)의 노출 면적을 다르게 구성함으로써, 피검 기체의 농도 검출에 적절한 전기전도도 변화를 얻을 수 있다.

[0067] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실험예(example)를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0068] <가스 센서 제조예>

[0069] 도 12는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서를 도시한다.

[0070] 도 12를 참조하면, 기판 (10) 상에 SnOx (x는 일예로서 2)을 FMM(fine metal mask)을 통해 스퍼터링하여 절연층 패턴인 SnOx 패턴 (300)을 형성하였다. 상기 SnOx 패턴(300)의 일측 단부에 Ag 를 FMM을 통해 스퍼터링하여 제1 전극인 Ag 전극 (100)을 형성하였다. 또한, 상기 SnOx 패턴의 타측 단부에 Ti를 FMM을 통해 스퍼터링하여 제2 전극인 Ti 전극 (200)을 형성하였다. 혹은 전극 (100)와 전극 (200) 형성을 위해 FMM을 통해 스퍼터링하여 같은 물질을 동시에 올릴 수 있다.

[0071] <가스 센서 동작예>

[0072] 도 13a 내지 도 13c는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서의 동작방법을 설명하기 위한 개략도이고, 도 14는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서의 동작 과정에서 얻어진 그래프이다.

[0073] 도 13a 및 도 14를 참조하면, 제1 전극 (100)과 제2 전극 (200) 사이에 포밍 전압(V1)을 인가한다. 포밍 전압(V1)는 절연층 패턴(300) 내에 제 1 전극 (100)과 제 2 전극(200)을 전기적으로 연결하는 전도성 필라멘트를 생성시킬 수 있을 정도의 전압이다. 이 전도성 필라멘트는 산소 공공(혹은 질소 공공 및 이온) 으로 이루어진 필라멘트일 수 있다. 포밍 전압(V1)가 인가되어 절연층 패턴(300) 내에 전도성 필라멘트(CF)가 생성되면 제1 전극 (100)과 제2 전극 (200) 사이에 셋 전류가 흐를 수 있다.

[0074] 이 후, 제1 전극(100)과 제2 전극(200)사이에서 음의 전압과 양의 전압을 연속적으로 인가할 때, 상기 절연층 패턴(300) 내의 전도성 필라멘트(CF)의 전기적 소멸 및 생성에 의해 히스테리시스 특성을 나타내는 그래프를 얻을 수 있다 (푸른색 그래프).

[0075] 도 13b 및 도 14를 참조하면, 이후 제1 전극 (100)과 제2 전극 (200) 사이에 읽기 전압(V2)을 인가한 상태에서, 상기 절연층 패턴(300)을 가스 센싱이 필요한 외부에 노출시킨다. 상기 읽기 전압(V2) 전도성 필라멘트를 생성 또는 파괴시키지 않고 전도성 필라멘트 내를 흐르는 전류를 측정할 수 있을 정도의 전압일 수 있다.

[0076] 상기 외부에 목표 기체인 가스가 존재하지 않는 경우 상기 절연층 패턴(300) 내의 전도성 필라멘트는 보전될 수 있어 가스 센서는 저저항 상태(Low Resistance State; LRS)에 있을 수 있고 제1 전극 (100)과 제2 전극 (200) 사이에 높은 전류(LRS 전류)가 흐를 수 있다.

[0077] 한편, 일 예로 목표 기체로서 산소 가스를 피검할 경우, 즉, 상기 외부에 목표 기체인 산소 가스가 존재하는 경우, 상기 산소 공공 전도성 필라멘트는 산소 가스와 반응하여 전도성 필라멘트 내의 산소 공공이 산소로 채워질 수 있다. 그 결과 전도성 필라멘트가 파괴(또는 약화) 될 수 있다. 이 경우, 가스 센서는 고저항 상태(High Resistance State; HRS)에 있을 수 있고 제1 전극 (100)과 제2 전극 (200) 사이에 낮은 전류 (HRS 전류)가 흐를 수 있다.

[0078] 이와 같이, 외부에 산소 가스의 존재 여부에 따라 본 실시예에 따른 가스 센서는 높은 전류와 낮은 전류를 나타내는 등, 산소 가스의 존재여부를 센싱할 수 있다.

[0079] 도 13c 및 도 14를 참조하면, 산소 가스가 검출된 경우 즉, 전도성 필라멘트가 파괴되어 가스 센서가 높은 저항을 나타내면, 제1 전극 (100)과 제2 전극 (200) 사이에 리프레쉬 전압(V3)을 인가한다. 리프레쉬 전압(V3)은 전도성 필라멘트의 파괴 (또는 약화)된 부분 내에 전도성 필라멘트를 다시 원상태로 돌릴 수 있는 것으로서, 포밍 전압(V1)에 비해 낮고 읽기 전압(V2)에 비해 높을 수 있다.

[0080] 리프레쉬 전압(V3)의 인가에 의해 절연층(300) 내에 전도성 필라멘트를 재건한 후 다시 가스 센서를 외부에 노출시켜 목표 기체를 센싱할 수 있도록 할 수 있다.

[0081] 도 15는 가스 센서 제조예에 따른 가스 센서가 산소 기체를 센싱하기 전과 후에, 가스 선세에서 얻어지는 전류량을 나타낸 그래프이다.

[0082] 도 15를 참조하면, 가스 센서의 절연층 내에 전도성 필라멘트를 처음 생성한 경우에는 낮은 전류(LRS 전류)가

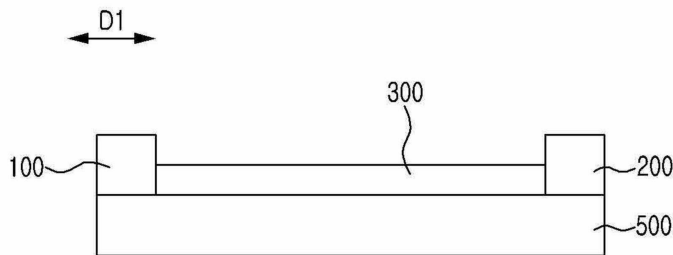
흐르고, 가스 센서가 목표 기체를 센싱한 경우에는 전도성 필라멘트의 과쇄(혹은 약화)에 의해 높은 전류(HRS)가 흐르고, 이 후 가스 센서의 절연층 내에 전도성 필라멘트를 재건한 경우 다시 낮은 전류(LRS 전류)가 흐르는 것을 확인할 수 있다.

[0083]

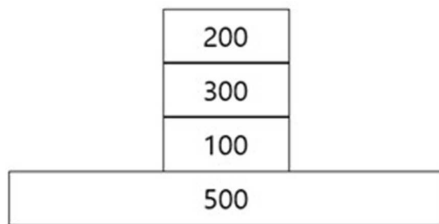
한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

도면

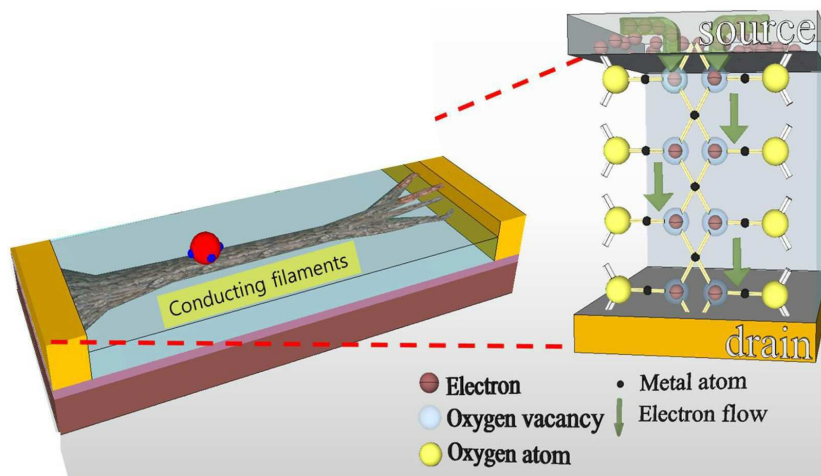
도면1



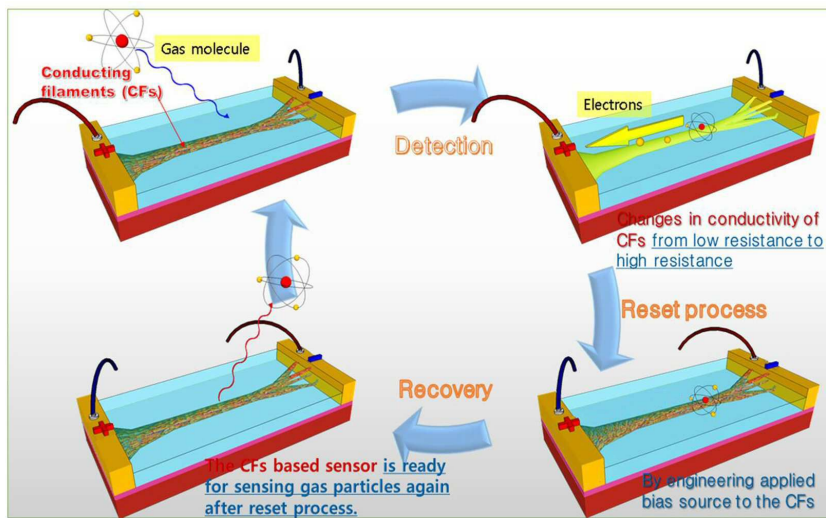
도면2



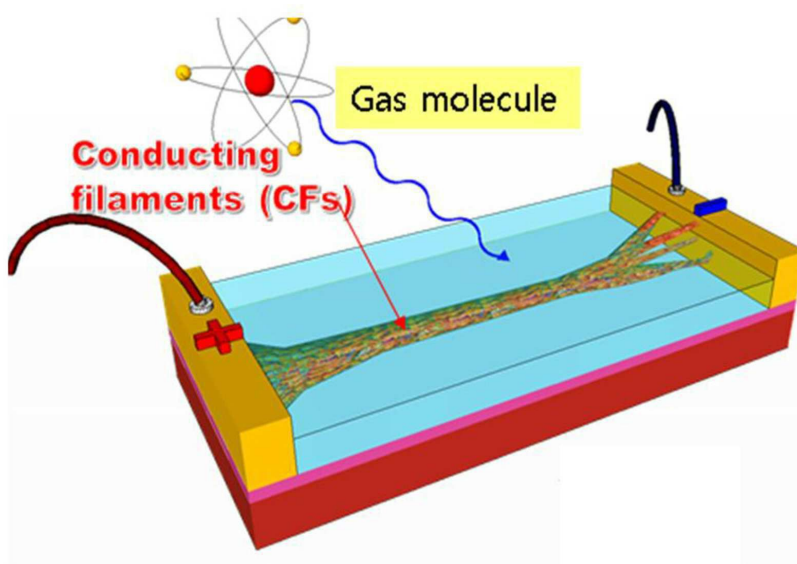
도면3



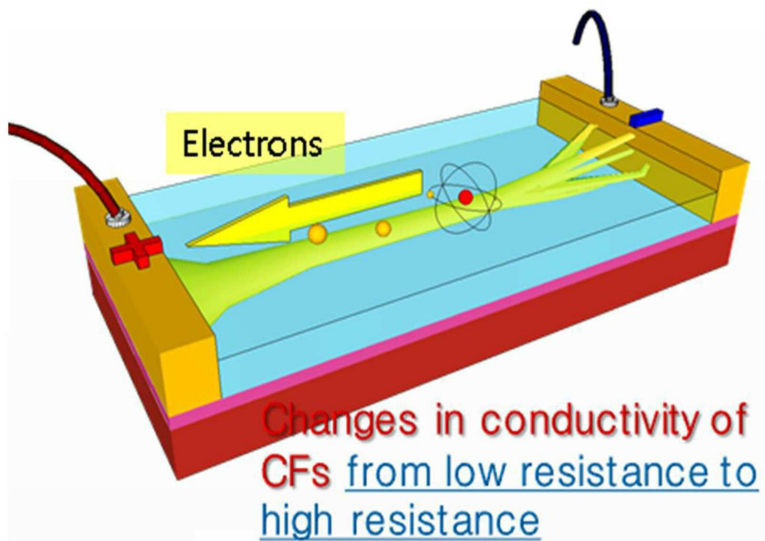
도면4



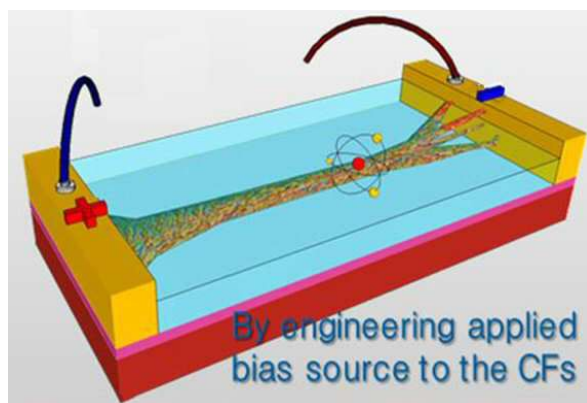
도면5



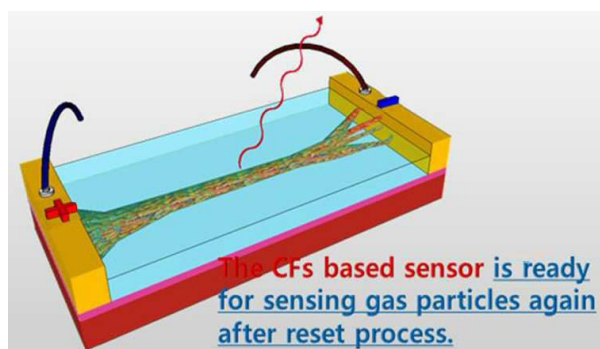
도면6



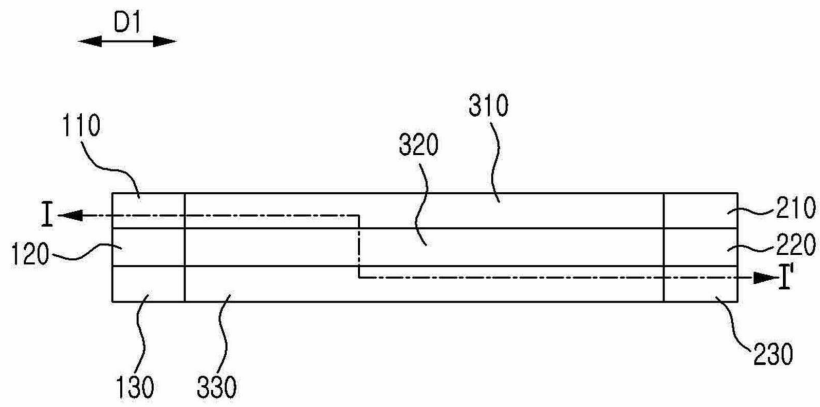
도면7



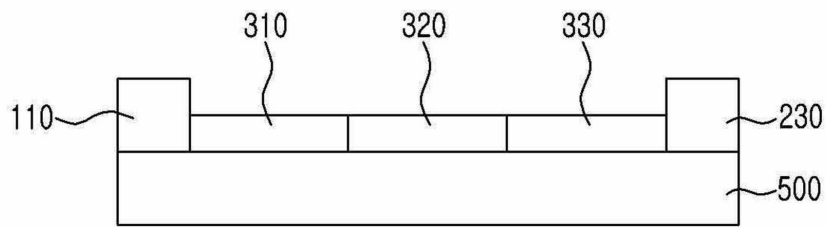
도면8



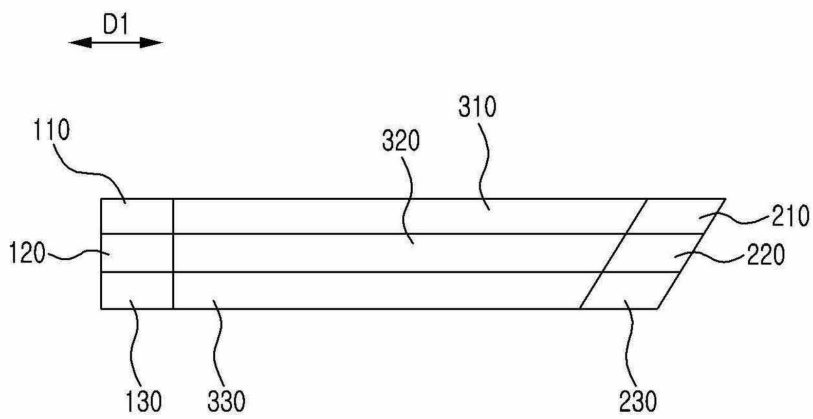
도면9



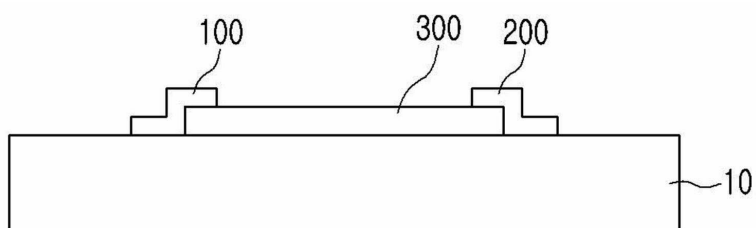
도면10



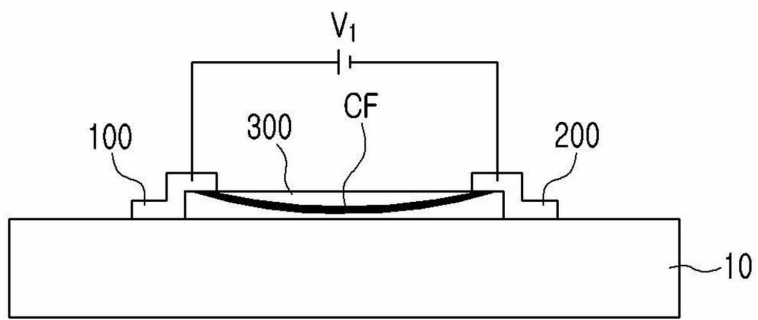
도면11



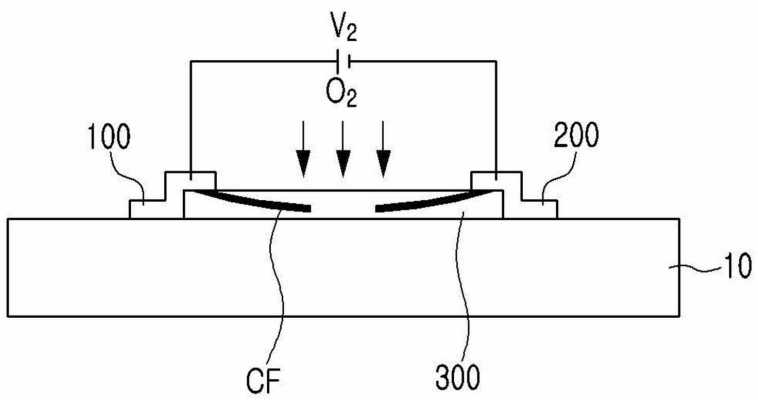
도면12



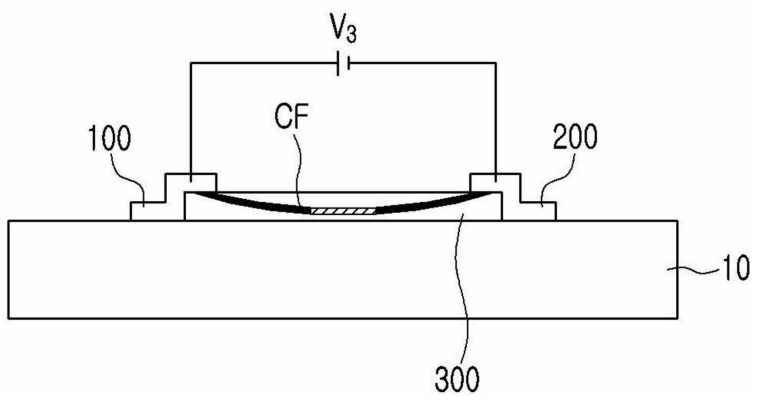
도면13a



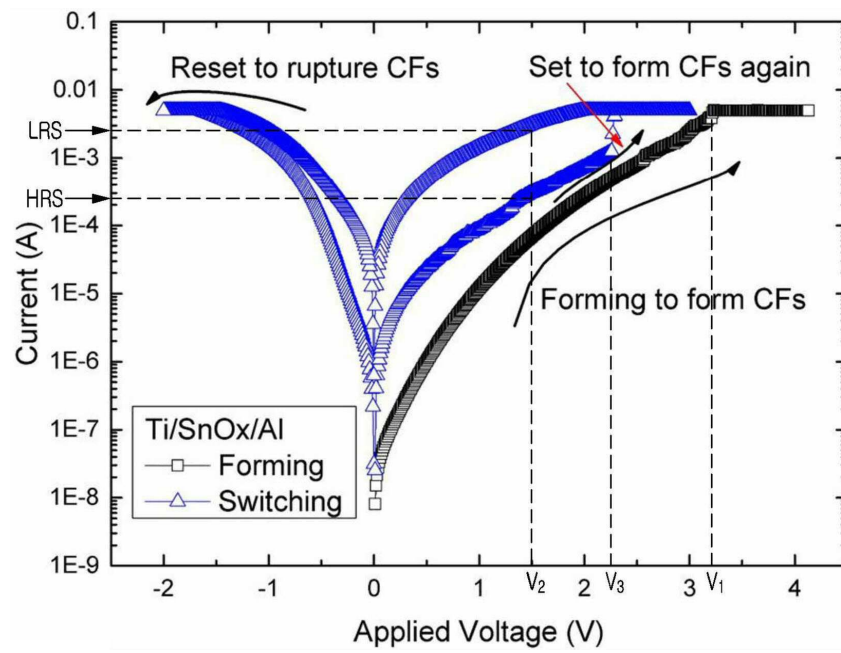
도면13b



도면13c



도면14



도면15

