(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0072719
(43) 공개일자 2024년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/12 (2006.01) *B22F 3/23* (2006.01)
B82Y 15/00 (2017.01) *B82Y 40/00* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/127 (2013.01)
B22F 3/23 (2023.01)
(21) 출원번호 10-2022-0154643
(22) 출원일자 2022년11월17일
심사청구일자 2022년11월17일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
함명관
인천광역시 연수구 송도과학로27번길 55 롯데캐슬 캠퍼스타운 103동 4503호
이문상
서울특별시 서초구 사임당로 130 신동아아파트 7동 1112호
(74) 대리인
김수호

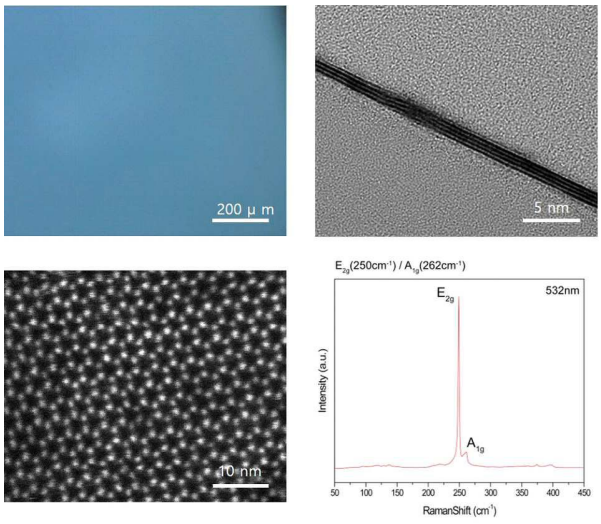
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법 및 이를 이용한 가스센서**

(57) 요 약

본 발명은 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법 및 이를 이용한 가스센서에 관한 것으로, 이를 위해 본 발명은 본 발명은, WSe_2 2차원 나노 소재를 합성하는 단계; 상기 2차원 나노 소재의 양면 중 어느 하나에 금 나노프리즘 패턴을 제작하는 단계; 및 가스센서를 제작하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
B82Y 15/00 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

WSe_2 2차원 나노 소재를 합성하는 단계;

상기 2차원 나노 소재의 양면 중 어느 하나에 금 나노프리즘 패턴을 제작하는 단계; 및

가스센서를 제작하는 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 WSe_2 2차원 나노 소재를 합성하는 단계는,

SiO_2 웨이퍼를 반응로에 투입하는 단계;

WO_3 powder를 상기 반응로에 투입하는 단계;

상기 반응로를 900~1000도로 올렸을 때 Se powder가 충분히 sublimation 이 될 수 있도록 400~500도로 유지하고 상기 반응로 내부에 상기 Se powder를 위치시키는 단계;

상기 반응로 내부를 로터리 펌프로 진공을 잡아 내부의 산소를 제거하는 단계;

상기 반응로 내부에 고순도 Ar-H2(95% Ar - 5% H2) 가스를 공급하면서 상기 반응로 내부의 온도를 900~1000도로 유지하면서 5~50분간 반응시키는 단계; 및

반응 후 고순도 Ar 가스를 공급하면서 상온으로 자연 냉각시키는 단계;를 포함한 것을 특징으로 하는 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 금 나노프리즘 패턴을 제작하는 단계는,

상기 합성된 WSe_2 위에 200nm ~ 500nm 직경의 Polystyrene nanosphere를 단면이 프리즘 형태가 되도록 코팅하여 샘플을 형성하는 단계;

상기 Polystyrene nanosphere가 코팅된 샘플(PS nanoshere/WSe_2 /SiO_2)에 Au를 10nm 두께로 증착하는 단계;

Au 증착 후 상기 Polystyrene nanosphere를 제거하는 단계;를 포함한 것을 특징으로 하는 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 가스 센서를 제작하는 단계는,

기 제작된 금 나노프리즘 패턴이 제작된 2차원 나노 소재(Au nanoprism/WSe_2 /SiO_2)에 전극(interdigitated pattern)을 제작하는 단계;

기 제작된 샘플에 Photoresist를 코팅하고 Photolithography를 이용하여 제작된 깍지형 패턴을 상기 interdigitated pattern에 전극을 증착하는 단계

아세톤을 이용하여 리프트오프를 진행하는 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법.

청구항 5

청구항 1 내지 4 중 어느 한 항에 의한 제작방법에 기초하여 제작된 가스센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법 및 이를 이용한 가스센서에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 가스센서는 기체 중에 포함된 특정의 성분가스를 검지하여 그 농도에 따라 적당한 전기신호로 변환하는 소자를 의미한다. 가스센서는 유독가스가 발생하는 환경에서의 가스 검출, 음식물 부패의 사전 진단, 의료기기 등 다양한 분야에 활용될 수 있으며, 최근 산업 현장, 일반 가정, 가전제품 등에 이르기까지 다양한 가스의 사용이 폭발적으로 증가하여 가스센서의 중요성이 크게 부각되고 있다.

[0003] 가스 센서의 측정방식(원리)은 다양한 분류가 있으나 가스를 검출하는 원리에 따라 분류해 보면 광학식, 접촉식, 복합식으로 구분할 수 있다. 광학식은 가스분자의 화학반응이 일어나지 않는 비접촉식이며 접촉식은 가스분자와 반응물질 간에 직접 접촉되는 방식, 복합식은 광과 화학반응이 발생하는 방식으로 센싱이 이루어진다.

[0004] 이들 중 금속 산화물 반도체 기반의 가스센서는 수명이 짧고 가스선택성이나 재현성에서 한계를 보이고 있는 바, 반도체 기반의 가스센서의 한계를 극복하기 위하여 다양한 나노소재를 기반으로한 가스센서 연구가 활발히 진행중에 있다.

[0005] 구체적으로 탄소 나노튜브, 그래핀, 전이금속 이황화물 등 여러 나노소재를 가스센서에 이용하기 위해 활발한 연구가 진행중에 있으며, 그 중 전이금속 이황화물이 가스 분자 흡착 및 흡착시 전하 이동에 뛰어난 특성을 보여주고 있다.

[0006] 하지만 전이금속을 이용한 가스센서의 경우 섭씨 150도 이상의 온도에서만 실제 현장에 적용이 가능하며, 가스 센싱 민감도가 떨어지는 문제점이 있다.

[0007] 이에, 한국특허 제 10-1894637호에서는 이차원 전이금속 화합물 기반 ⅡⅠ 다이오드를 이용한 무전원 가스센서 및 그 제작 방법에 대해서 구체적으로 기술하고 있으나, 기존의 전이금속을 이용한 가스센서를 개시하고 있을 뿐 상기 문제를 해결할 수 있는 방법을 제시하지 못하고 있다.

[0008] 따라서 상술된 문제점을 해결 및 보완을 위한 기술의 필요성이 제기되었다.

[0009] 한편 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 한국특허 제 10-1894637호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법 및 이를 이용한 가스센서를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 가스감지 감도를 더욱 향상시켜 2차원 WSe_2 표면에 금속 나노프리즘을 형성시켜 전계 강화 현

상 (Field enhancement)을 이용하여 전하 이동을 기존 2차원 WSe_2 소자 보다 향상시켜 뛰어난 감도를 가진 2차원 나노소재 기반 가스센서를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, WSe_2 2차원 나노 소재를 합성하는 단계;

[0017] 상기 2차원 나노 소재의 양면 중 어느 하나에 금 나노프리즘 패턴을 제작하는 단계; 및

[0018] 가스센서를 제작하는 단계를 포함한다.

[0020] 또한 본 발명은,

[0021] 상기 WSe_2 2차원 나노 소재를 합성하는 단계는,

[0022] SiO_2 웨이퍼를 반응로에 투입하는 단계;

[0023] WO_3 powder를 상기 반응로에 투입하는 단계;

[0024] 상기 반응로를 900~1000도로 올렸을 때 Se powder가 충분히 sublimation 이 될 수 있도록 400~500도로 유지하고 상기 반응로 내부에 상기 Se powder를 위치시키는 단계;

[0025] 상기 반응로 내부를 로터리 펌프로 진공을 잡아 내부의 산소를 제거하는 단계;

[0026] 상기 반응로 내부에 고순도 Ar-H2(95% Ar - 5% H2) 가스를 공급하면서 상기 반응로 내부의 온도를 900~1000도로 유지하면서 5~50분간 반응시키는 단계; 및

[0027] 반응 후 고순도 Ar 가스를 공급하면서 상온으로 자연 냉각시키는 단계;를 포함한다.

[0029] 또한 상기 금 나노프리즘 패턴을 제작하는 단계는,

[0030] 상기 합성된 WSe_2 위에 200nm ~ 500nm 직경의 Polystyrene nanosphere를 단면이 프리즘 형태가 되도록 코팅하여 샘플을 형성하는 단계;

[0031] 상기 Polystyrene nanosphere가 코팅된 샘플(PS nanoshere/WSe_2 /SiO_2)에 Au를 10nm 두께로 증착하는 단계;

[0032] Au 증착 후 상기 Polystyrene nanosphere를 제거하는 단계;를 포함한다.

[0034] 이때, 상기 가스 센서를 제작하는 단계는,

[0035] 기 제작된 금 나노프리즘 패턴이 제작된 2차원 나노 소재(Au nanoprism/WSe_2 /SiO_2)에 전극(interdigitated pattern)을 제작하는 단계;

[0036] 기 제작된 샘플에 Photoresist를 코팅하고 Photolithography를 이용하여 제작된 깍지형 패턴을 상기 interdigitated pattern에 전극을 증착하는 단계

[0037] 아세톤을 이용하여 리프트오프를 진행하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0039] 상기와 같이 이루어진 본 발명은, 2차원 WSe2 표면에 금속 나노프리즘을 형성시켜 전계 강화 현상 (Field enhancement)을 이용하여 전하 이동을 기존 2차원 WSe_2 소자 보다 향상시켜 뛰어난 감도를 가진 2차원 나노소재 기반 가스센서를 개발할 수 있다.

[0041] 또한 본 발명은 기존 금속 산화물 반도체 기반의 가스센서와 달리 상온에서도 센싱 특성이 좋은 가스센서를 개

발할 수 있다.

[0043] 또한 본 발명은 NOx, COx, Hydrocarbon, NH3 등의 가스를 효과적으로 감지하는 가스센서를 개발할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 금속표면에서의 국소플라즈몬에 의한 전기장 증폭효과를 구체적으로 도시한 개념도이다.

도 2는 합성된 2D WSe_2 를 확대해서 구체적으로 도시한 도면이다.

도 3은 2D WSe_2 상에 금 나노프리즘이 형성된 모습을 확대한 모습을 구체적으로 도시한 도면이다.

도 4는 나노프리즘구조의 공명파장 및 엣지에서의 전기장 증폭변화를 계산한 도면이다.

도 5는 나노프리즘구조와 나노파티클구조 및 WSe_2 소재가 150도씨 50ppm에서 센싱응답값을 나타낸 도면이다.

도 6은 Film WSe_2 소재가 섭씨 25도에서 섭씨150도로 증가함에 따라 전기저항의 변화정도를 구체적으로 도시한 도면이다.

도 7은 금 나노파티클 구조에서 섭씨 25도에서 섭씨150도로 증가함에 따라 전기저항의 변화정도를 구체적으로 도시한 도면이다.

도 8은 금 나노프리즘 구조에서 섭씨 25도에서 섭씨150도로 증가함에 따라 전기저항의 변화정도를 구체적으로 도시한 도면이다.

도 9은 Film WSe_2 소재가 섭씨150도에서 투입되는 가스의 종류에 따라 저항값이 변하는 과정을 시계열적으로 표현한 도면이다.

도 10은 금 나노파티클 구조에서 섭씨150도에서 투입되는 가스의 종류에 따라 저항값이 변하는 과정을 시계열적으로 표현한 도면이다.

도 11은 금 나노프리즘 구조에서 섭씨150도에서 투입되는 가스의 종류에 따라 저항값이 변하는 과정을 시계열적으로 표현한 도면이다.

도 12는 금 나노프리즘 구조에서 투입되는 이산화질소 농도에 따라 정상상태와 가스투입상태 간의 저항비를 나타낸 도면이다.

도 13은 금 나노프리즘 구조, 금 나노파티클 구조, Film WSe_2 소재에서 온도에 따른 정상상태와 가스투입상태 간의 저항비를 나타낸 도면이다.

도 14는 금나노프리즘 구조가 적용된 Film WSe_2 를 FET의 채널에 적용하여 제작된 가스센서를 구체적으로 도시한 도면이다.

도 15는 금나노프리즘 구조가 적용된 Film WSe_2 를 FET의 채널에 적용하여 제작된 가스센서에 가스 분자가 흡착을 일으켜 ID의 급격한 하락을 일으키는 모습을 구체적으로 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 이하, 상기 목적 외에 본 발명의 다른 목적 및 특징들은 첨부 도면을 참조한 실시 예에 대한 설명을 통하여 명백히 드러나게 될 것이다.

[0048] 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 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0050] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 나노프리즘을 이용한 가스센서 제작방법 및 이를 이용한 가스센서의 바람직한 구현예를 설명하도록 한다.

[0051] 구체적인 설명에 앞서 본 발명에서 나오는 용어에 대하여 설명한다.

[0052] 도 1은 금속표면에서의 국소플라즈몬에 의한 전기장 증폭효과를 구체적으로 도시한 개념도이다.

[0053] 국소표면플라즈몬공명(LSPR, localized surface plasmonresonance)은 금속나노구조표면에서 빛과 상호작용에 의해 발생하는 것으로 이러한 공명현상은 금속나노구조표면에서 전기장의 증강을 동반한다.

[0054] 본 발명에서 반응로는 통상적으로 SiO_2 웨이퍼를 타 물질과 합성하는 반응로로써, 통상의 지식을 가진자가 충분히 생각할 수 있는 공지된 구성으로 한다.

[0055] 본 발명에서 알루미나 보트는 내약품성이 뛰어나 화학적 침식에 높은 저항을 갖고 있는 소재로 일반 금속보다 내마모성이 15배 이상 좋은 Al203 함량률이 99%이상인 제품을 의미한다.

[0057] 이하에서 본 발명의 일실시예에 대해서 설명하기로 한다.

[0059] 도 2는 합성된 2D WSe_2 를 확대해서 구체적으로 도시한 도면이고, 도 3은 2D WSe_2 상에 금 나노프리즘이 형성된 모습을 확대한 모습을 구체적으로 도시한 도면이며, 도 4는 나노프리즘구조의 공명파장 및 엣지에서의 전기장 증폭변화를 계산한 도면이다.

[0061] 본 발명의 일실시예는 $WSeE_2$ 2차원 나노 소재를 합성할 수 있다.

[0062] 구체적으로 WSe_2 2차원 나노 소재를 합성하는 단계는, SiO_2 웨이퍼를 반응로 중간에 넣고, 500mg의 WO_3 powder를 SiO_2 /Si 웨이퍼 옆에 알루미나 보트를 이용하여 위치 시키며, 0.5~1g의 Se powder를 반응로의 내부 온도를 900~1000도로 올렸을 때 Se powder가 충분히 sublimation될 수 있도록 400~500도가 유지될 수있는 위치에 상기 Se powder를 위치시킨다.

[0063] 이때 Se powder가 배치된 위치에서 400도 미만의 온도에 노출되는 경우 충분한 승화가 이루어지지 않아 Se precursor의 공급이 원활하지 못하며 이로 인해 합성이 안되는 문제점이 있고, 500도 초과의 온도에 노출되는 경우 상대적으로 단시간에 승화되기 때문에 합성이 되지 않는데, 과량의 Se가 초기에 공급되어 WSe_2 의 핵생성이 되질 않기 때문에 합성이 효과적으로 이루어지지 않는 문제점이 있었다.

[0065] 이후, 반응로 내부를 고순도 Ar 가스를 이용하여 10~20분간 퍼징하되, 고순도 Ar 가스(99.99%)를 반응로 내부로 공급하면서 반응로 내부의 온도를 900~1000도로 상승시킨 후 900~1000도의 온도를 5~50분간 유지시키면서 반응을 진행시킨다.

[0066] 여기서 퍼징은 반응로 내부를 Ar 분위기로 형성하기 위한 것으로, 99.99%의 순도를 가지는 Ar 가스를 공급하면서 반응로 내부의 온도를 상승시켜 반응로 내부의 산소를 제거함으로써 산소에 의해 합성이 되지 않는 문제점을 해결한다.

[0067] 또한 동시에 로터리 펌프로 반응로 내부를 진공(10^(-3)torr) 형성하여 반응로 내부의 산소를 제거함으로써 합성 효율을 극대화한다.

[0069] 반응 후 고순도 Ar 가스를 같은 양으로 공급하면서 상온으로 자연 냉각시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0070] 이때 상온 자연냉각 이외에도 급속 냉각도 가능하나, 급속 냉각으로 진행되는 경우 합성된 나노소재의 품질이 저하되는 문제점이 있는 것으로, 상온으로 자연 냉각시키는 것이 바람직하다.

[0072] 한편, 본 발명의 일실시예는 상기 2차원 나노 소재의 양면 중 어느 하나에 금 나노프리즘 패턴을 제작할 수 있

다.

[0073] 구체적으로 금 나노프리즘 패턴을 제작하는 단계는, 합성된 WSe2 위에 200nm~500nm 직경의 Polystyrene nanosphere를 단면이 프리즘 형태가 되도록 코팅하고, polystyrene nanospher가 코팅된 샘플(PS nanoshere/WSe_2 /SiO_2)에 Au를 10nm 두께로 증착할 수 있으며, Au 증착후 Polystyrene nanosphere를 제거할 수 있다.

[0075] 한편, 본 발명의 일실시예는 가스센서를 제작할 수 있다.

[0076] 구체적으로 설명하면, 기 제작된 금 나노프리즘 패턴이 제작된 2차원 나노 소재에 interdigitated pattern 제작하고, 제작된 interdigitated pattern에 전극을 증착할 수 있다.

[0077] 또한, 아세톤을 이용하여 리프트오프를 진행할 수 있다.

[0078] 여기서 상기 리프트오프는 아세톤을 침지시키는 프로세서로서, 패턴 제작시 폴리머 소재를 이용하여 패턴(interdigitated pattern)을 제작하고 그 위에 전극용 금속 소재를 증착한다. 이를 통해 패턴 모양으로 오픈된 부분과 그 이외의 폴리머에 금속이 증착되고 아세톤에 이를 침지시키면 폴리머가 용해되면서 오픈된 부분, 즉 패턴에만 금속이 잔존하게 된다.

[0079] 이하에서는 나노프리즘 구조, 나노파티클 구조 및 WSe2 소재의 성능 차이를 구체적으로 설명하기로 한다.

[0080] 본 발명에서 WSe_2 소재는 WSe_2 소재로만 구성된 필름 형태의 제품을 의미하며, 나노 파티클 구조는 WSe_2 필름 위에 금이 구 형태의 파티클로 분사된 상태를 의미하며, 나노프리즘 구조는 WSe_2 필름 위에 금이 프리즘 형태 즉, 삼각기둥 형태로 형성된 상태를 의미한다.

[0082] 도 5는 나노프리즘구조와 나노파티클구조 및 WSe_2 소재가 150도씨 50ppm에서 센싱응답값을 나타낸 도면이고, 도 6은 Film WSe_2 소재가 섭씨 25도에서 섭씨150도로 증가함에 따라 전기저항의 변화정도를 구체적으로 도시한 도면이며, 도 7은 금 나노파티클 구조에서 섭씨 25도에서 섭씨150도로 증가함에 따라 전기저항의 변화정도를 구체적으로 도시한 도면이며, 도 8은 금 나노프리즘 구조에서 섭씨 25도에서 섭씨150도로 증가함에 따라 전기저항의 변화정도를 구체적으로 도시한 도면이다.

[0083] 도 5 내지 8에 도시된 바에 따르면, 가스 50PPM이 투입되었을 때, 정상상태와 가스투입상태의 저항비는 150도에서, 센싱이 가능할 정도로 크다는 것을 확인할 수 있다. 특히 금 나노프리즘 구조에서는 그 차이를 명확히 확인할 수 있으며, 특히 도 5에서 뚜렷이 드러난 NO_2 를 검출하기 위한 저항비는 150도 기준 금 나노프리즘 구조에서 가장 크다는 것을 확인할 수 있었다.

[0084] 도 9은 Film WSe_2 소재가 섭씨150도에서 투입되는 가스의 종류에 따라 저항값이 변하는 과정을 시계열적으로 표현한 도면이고, 도 10은 금 나노파티클 구조에서 섭씨150도에서 투입되는 가스의 종류에 따라 저항값이 변하는 과정을 시계열적으로 표현한 도면이며 도 11은 금 나노프리즘 구조에서 섭씨150도에서 투입되는 가스의 종류에 따라 저항값이 변하는 과정을 시계열적으로 표현한 도면이다.

[0086] 도 5내지 도8의 내용에 기초하여 도 9 내지 도 11에서는 가스의 종류에 따라 저항값의 변화를 확인할 수 있다.

[0087] 도 12는 금 나노프리즘 구조에서 투입되는 이산화질소 농도에 따라 정상상태와 가스투입상태 간의 저항비를 나타낸 도면이고, 도 13은 금 나노프리즘 구조, 금 나노파티클 구조, Film WSe_2 소재에서 온도에 따른 정상상태와 가스투입상태 간의 저항비를 나타낸 도면이며,

[0088] 도 12 내지 13에서 확인할 수 있듯이, Film WSe_2 소재 대비 금 나노프리즘 구조 및 금 나노파티클 구조가 가스와 접촉시 저항값이 크게 변하는 것을 확인할 수 있으며, 150도에서는 금 나노프리즘 구조가 압도적인 성능이 나오는 것을 확인할 수 있다.

[0089] 또한, 금 나노프리즘 구조의 성능에 기초하여 150도가 아닌 상온(25도씨)에서도 충분히 저항값이 변화하여 기존의 센서가 150도에서 나타내는 성능보다 좋은 성능이 나오므로 더 민감한 가스센서 제작이 가능함을 확인할 수 있다.

[0090] 이하에서는 금나노프리즘 구조를 이용한 가스센서의 작동원리에 대해서 구체적으로 설명하기로 한다.

[0091] 도 14는 금나노프리즘 구조가 적용된 Film WSe_2 를 FET의 채널에 적용하여 제작된 가스센서를 구체적으로 도시한 도면이고, 도 15는 금나노프리즘 구조가 적용된 Film WSe_2 를 FET의 채널에 적용하여 제작된 가스센서에 가스 분자가 흡착을 일으켜 ID의 급격한 하락을 일으키는 모습을 구체적으로 도시한 도면이다.

[0093] 도 14 내지 15에 도시된 바와 같이 금나노프리즘 구조가 적용된 Film WSe_2 는 FET의 채널 부분에 배치될 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 빛이 지속적으로 투입될 경우 금나노프리즘 주변으로 전기장이 강하게 형성되며 저항값이 줄어들게 되는데, 만약 가스 분자가 채널에 흡착될 경우 저항값이 늘어 id값이 줄어들며 FET의 동작이 변하게 된다. 이를 통해 가스검출을 PPM단위로 할 수 있게 된다.

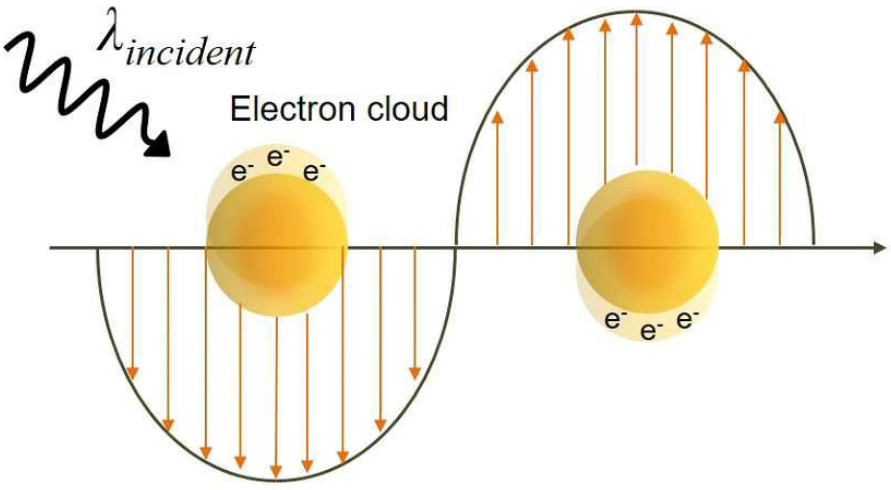
[0095] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0097] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

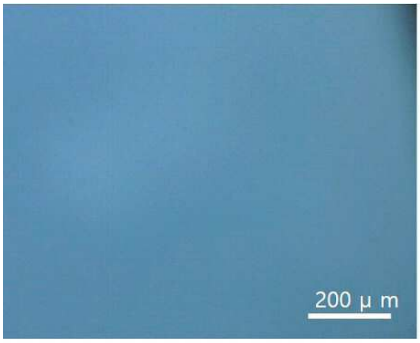
부호의 설명

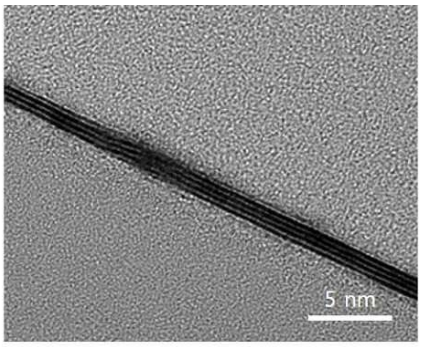
도면

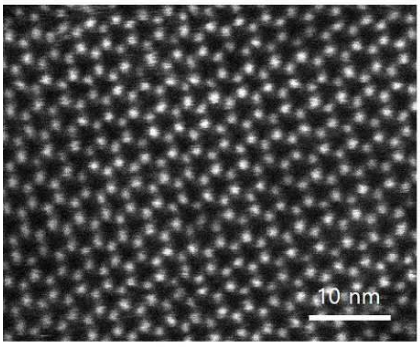
도면1

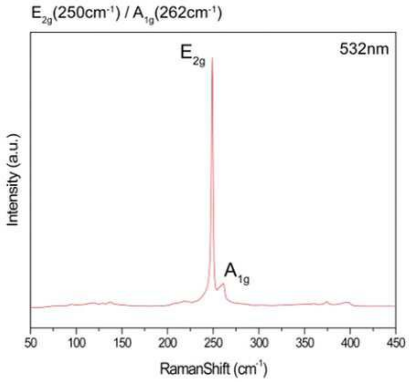


도면2

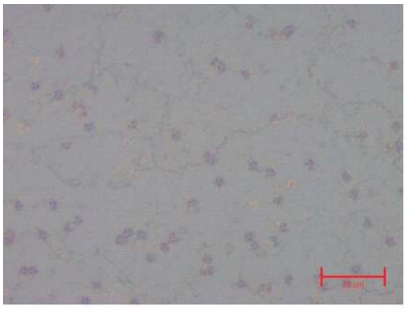

200 μ m

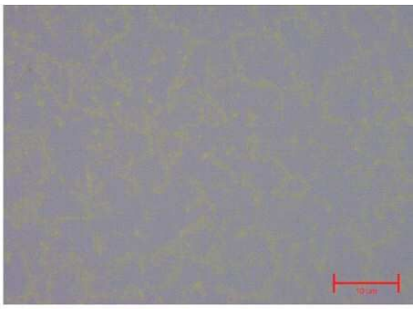

5 nm

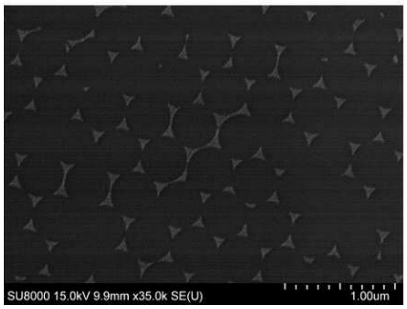

10 nm

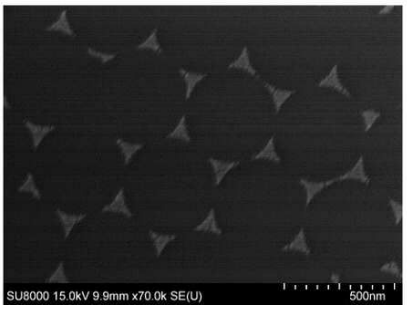

E2g(250cm-1) / A1g(262cm-1)
E2g
532nm
A1g
Intensity (a.u.)
50
100
150
200
250
300
350
400
450
RamanShift (cm-1)

도면3

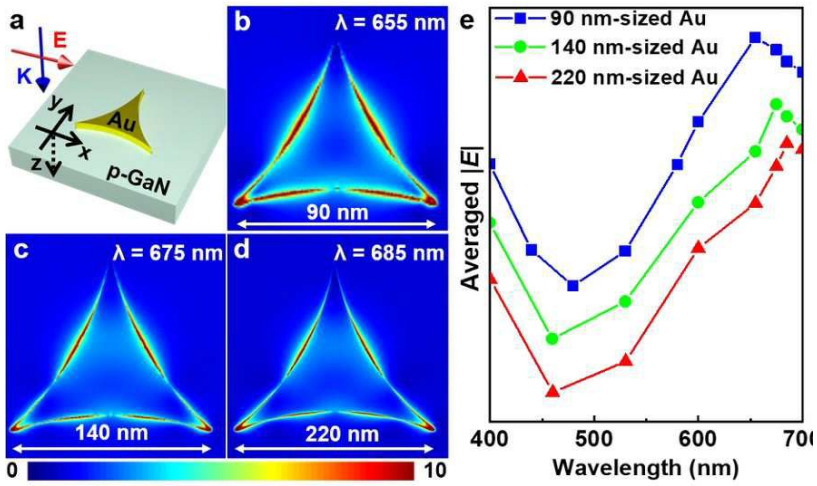




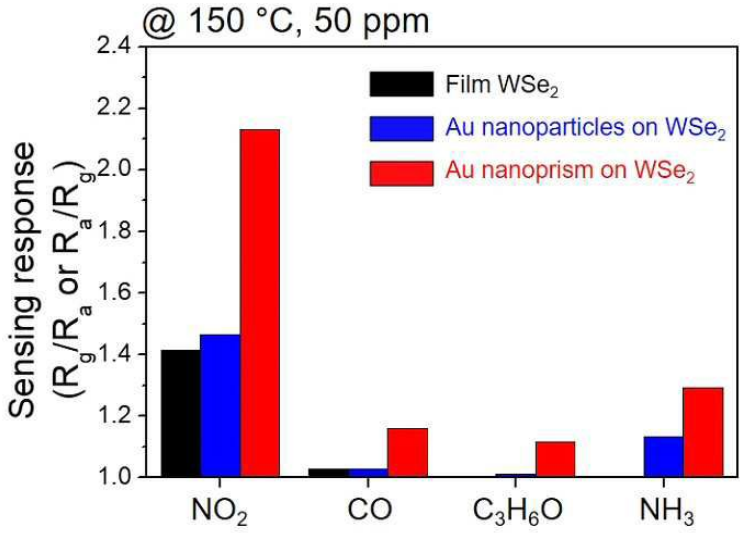

SU8000 15.0kV 9.9mm x35.0k SE(U)
1.00um


SU8000 15.0kV 9.9mm x70.0k SE(U)
500nm

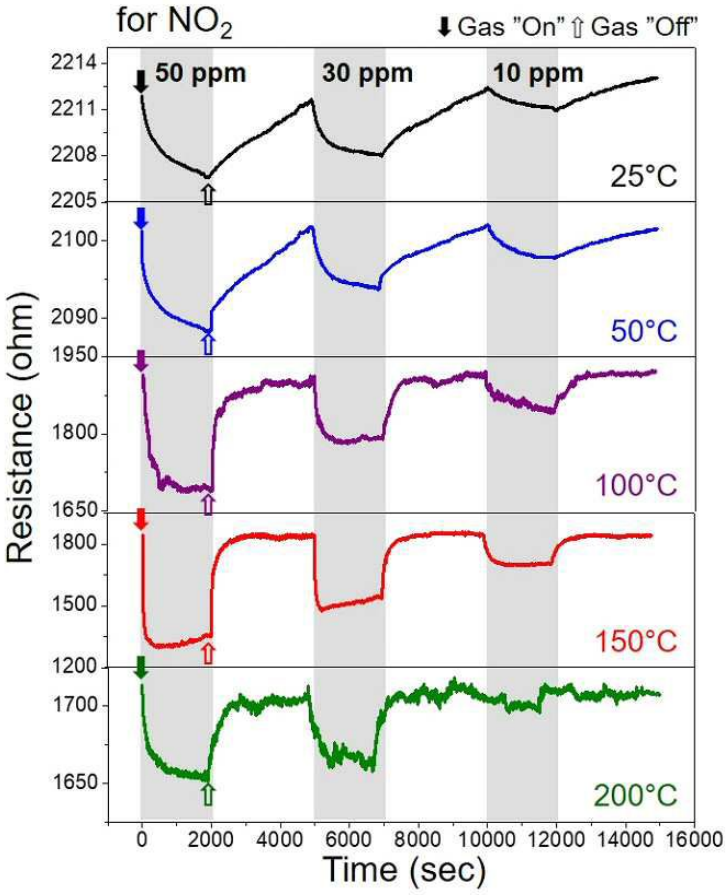
도면4


a
E
K
y
x
z
Au
p-GaN
b
λ = 655 nm
90 nm
c
λ = 675 nm
140 nm
d
λ = 685 nm
220 nm
0
10
e
90 nm-sized Au
140 nm-sized Au
220 nm-sized Au
Averaged |E|
400
500
600
Wavelength (nm)

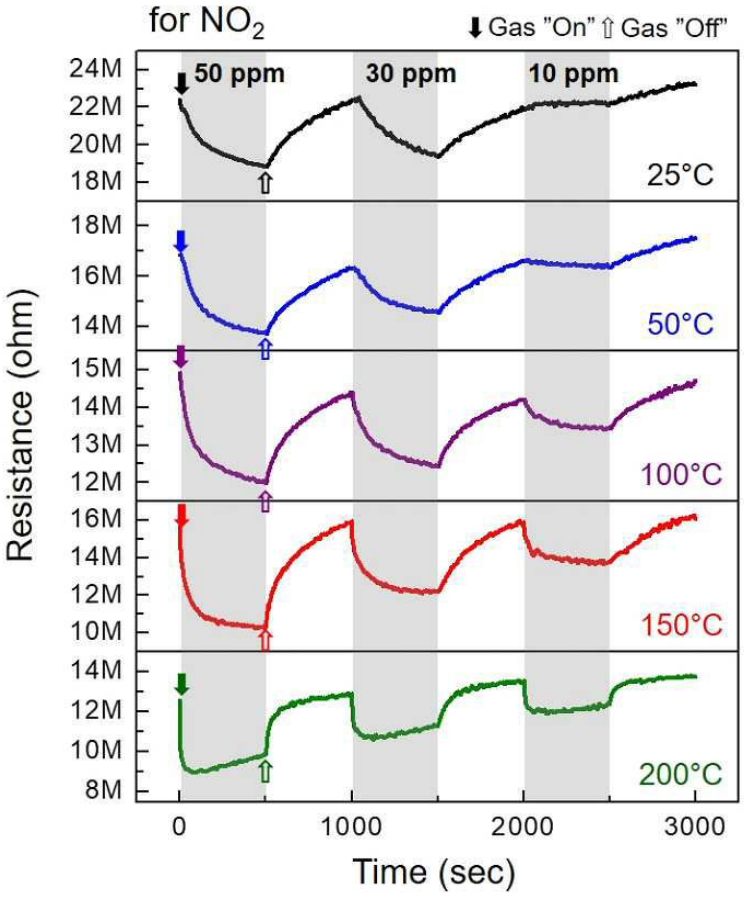
도면5


@ 150 °C, 50 ppm
Film WSe2
Au nanoparticles on WSe2
Au nanoprism on WSe2
Sensing response
(Rg/Ra or Ra/Rg)
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
NO2
CO
C3H6O
NH3

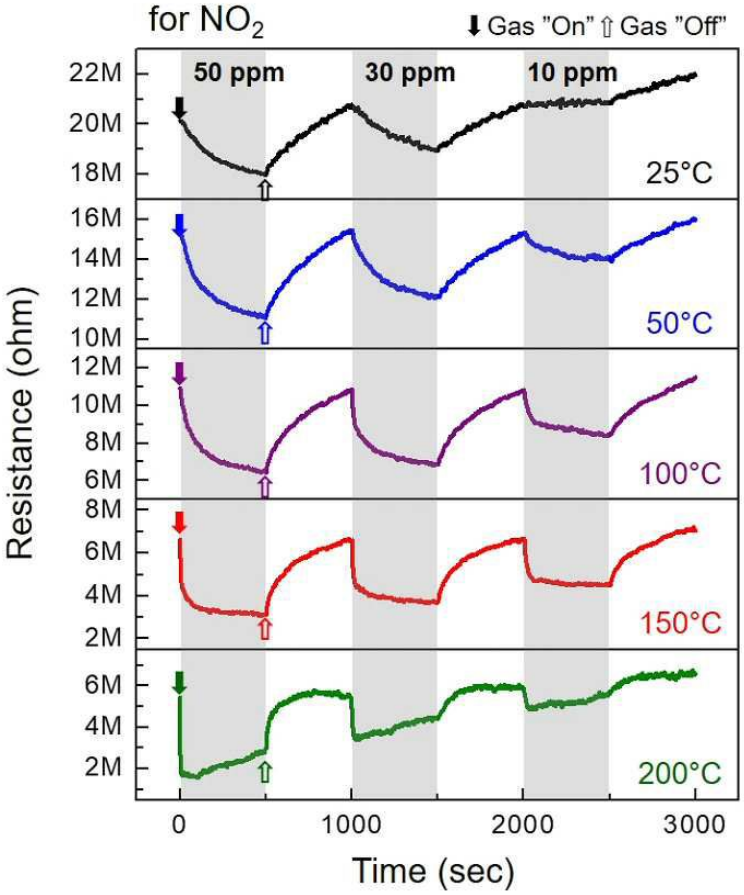
도면6


for NO_2
⬇Gas "On" ⇧Gas "Off"
50 ppm
30 ppm
10 ppm
25°C
50°C
100°C
150°C
200°C
Resistance (ohm)
Time (sec)
2214
2211
2208
2205
2100
2090
1950
1800
1650
1800
1500
1200
1700
1650
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000

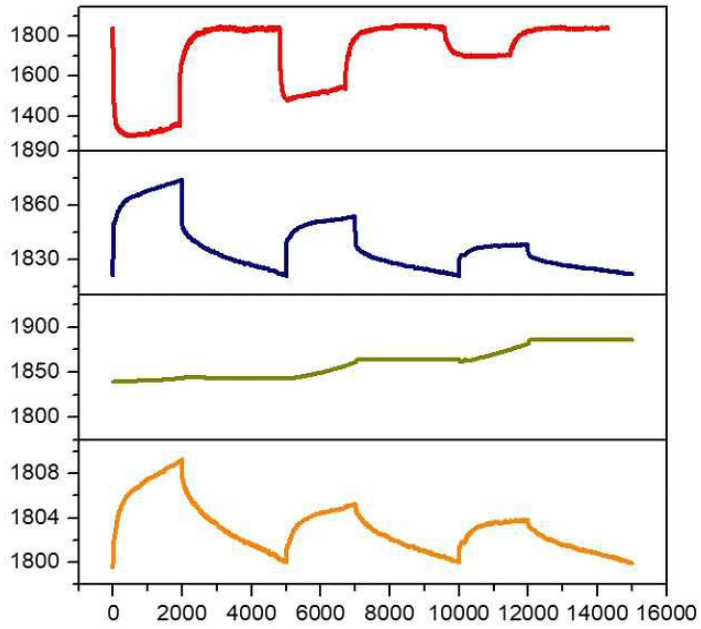
도면7


for NO_2
⬇Gas "On" ⇧Gas "Off"
50 ppm
30 ppm
10 ppm
25°C
50°C
100°C
150°C
200°C
Resistance (ohm)
Time (sec)
24M
22M
20M
18M
16M
14M
15M
13M
12M
10M
8M
0
1000
2000
3000

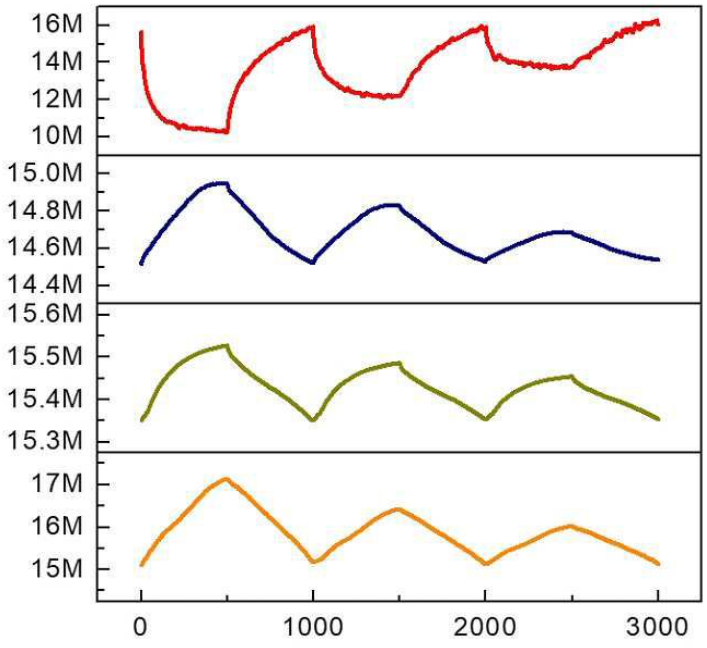
도면8


for NO_2
⬇ Gas "On" ⇧ Gas "Off"
50 ppm
30 ppm
10 ppm
25°C
50°C
100°C
150°C
200°C
Resistance (ohm)
Time (sec)
22M
20M
18M
16M
14M
12M
10M
8M
6M
4M
2M
0
1000
2000
3000

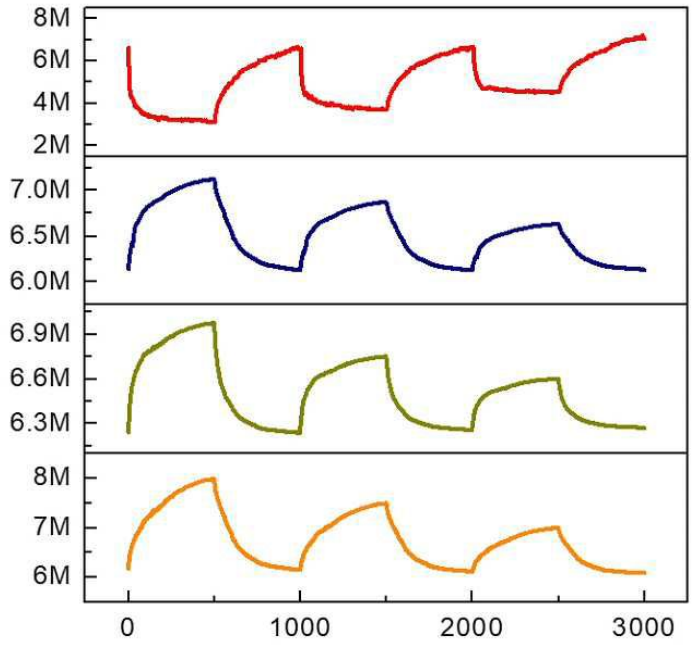
도면9


1800
1600
1400
1890
1860
1830
1900
1850
1800
1808
1804
1800
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000

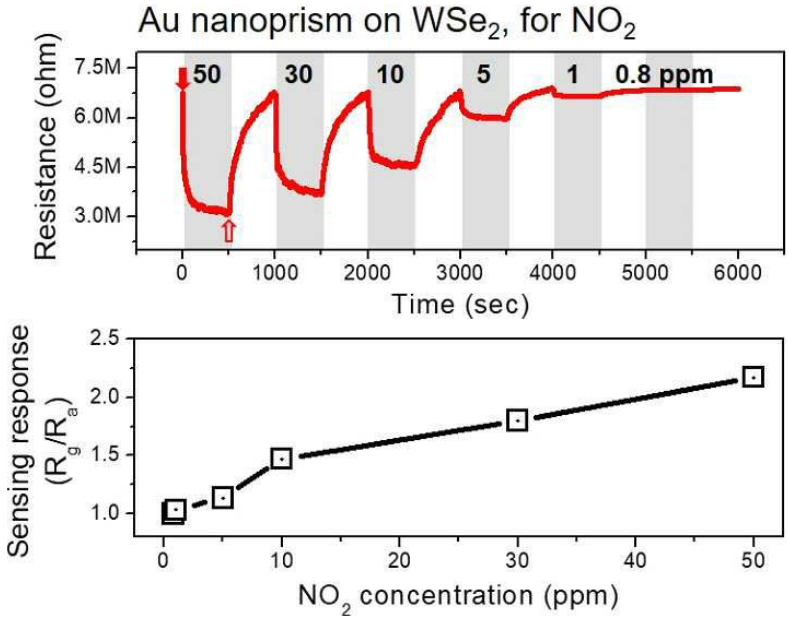
도면10


16M
14M
12M
10M
15.0M
14.8M
14.6M
14.4M
15.6M
15.5M
15.4M
15.3M
17M
16M
15M
0
1000
2000
3000

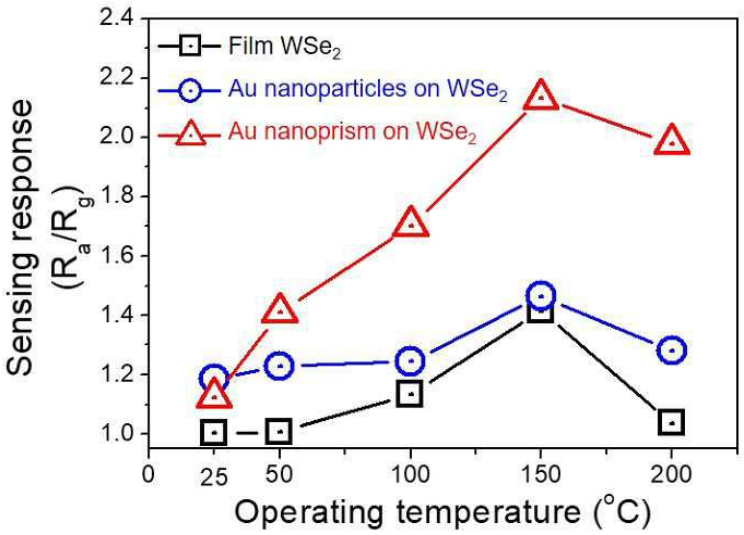
도면11


8M
6M
4M
2M
7.0M
6.5M
6.0M
6.9M
6.6M
6.3M
8M
7M
6M
0
1000
2000
3000

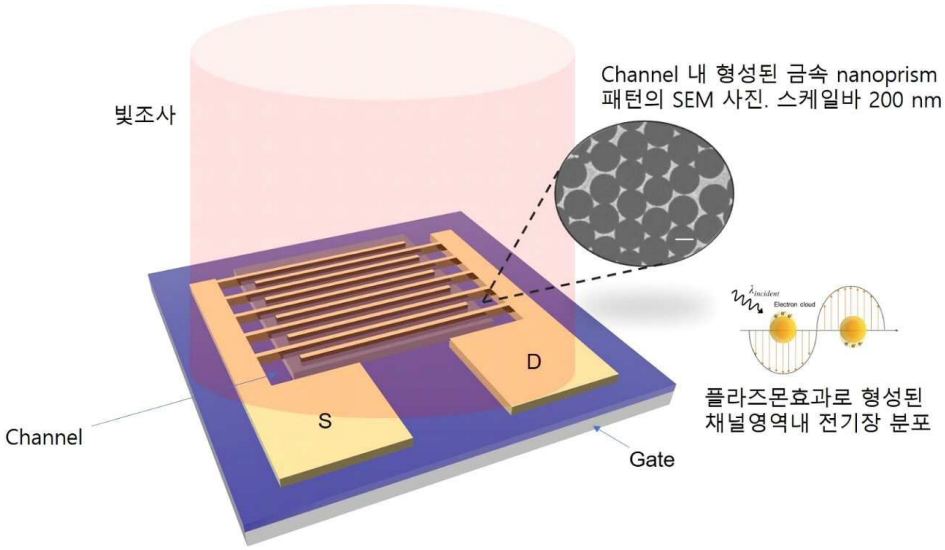
도면12


Au nanoprism on WSe2, for NO2
Resistance (ohm)
7.5M
6.0M
4.5M
3.0M
50
30
10
5
1
0.8 ppm
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
Time (sec)
Sensing response
(Rg/Ra)
2.5
2.0
1.5
1.0
0
10
20
30
40
50
NO2 concentration (ppm)

도면13


Film WSe_2
Au nanoparticles on WSe_2
Au nanoprism on WSe_2
Sensing response (R_a/R_g)
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0
25
50
100
150
200
Operating temperature (°C)

도면14


빛조사
Channel 내 형성된 금속 nanoprism
패턴의 SEM 사진. 스케일바 200 nm
D
S
Channel
Gate
플라즈몬효과로 형성된
채널영역내 전기장 분포

도면15

