



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월19일
(11) 등록번호 10-1960193
(24) 등록일자 2019년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/407 (2006.01) G01N 27/30 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/407 (2013.01)
G01N 27/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0160786
(22) 출원일자 2017년11월28일
심사청구일자 2017년11월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR100186895 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
김상섭
인천광역시 연수구 송도문화로28번길 28 (송도동, 송도글로벌캠퍼스푸르지오) 102동 1201호
김재훈
인천광역시 남구 재님이길9번길 35 (학익동, 광성 주택) 301호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 14 항

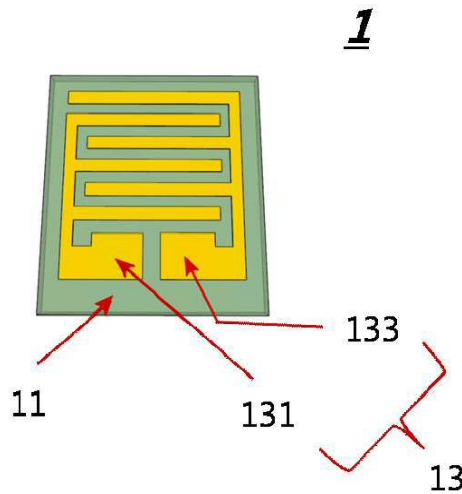
심사관 : 고원규

(54) 발명의 명칭 소다라임 유리를 이용한 가스 센서

(57) 요약

본 발명은 가스 센서에 관한 것으로, 유리를 포함하는 가스 센싱부; 및 상기 가스 센싱부 상에 배치된 전극;을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

우평

싱가폴, 458704, 엘리엇 로드 #03-07

코스티야 소피아

우크라이나, 20250, 체르카시, 바투틴, 프랑코 1
유닛 5

(56) 선행기술조사문헌

KR100443094 B1*

KR1020160146321 A*

KR1020160149456 A*

'Au 촉매금속이 첨가된 NiO 나노섬유의 가스 검출
특성', 강우승, 한국표면공학회지, 2017, 50(4),
296-300*

'Cation diffusion and ionic conductivity in
soda-lime silicate glasses', F. Natrup 등,
Phys. Chem. Chem. Phys., 2005, 7, 2279-2286

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345252396

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원

연구과제명 산화아연 나노섬유소재의 이중계면 형성에 의한 수소 감응성 증진 연구

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교

연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

소다라임 유리로 이루어지며 공극이 형성된 가스 센싱부; 및
상기 가스 센싱부의 일면상에 배치되는 제1전극 및 제2전극; 을 포함하는, 가스 센서에 있어서,
상기 가스 센서는, 가스 입자가 상기 공극에 흡착됨에 따라 발생하는 전류 변화를 통해 가스를 센싱하는 것을
특징으로 하는 가스 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 소다라임 유리는,
알칼리 금속 이온, 알칼리 토금속 이온 및 3족 금속 이온으로 이루어지는 군에서 선택되는 1 이상의 도핑 이온
을 포함하는, 가스 센서.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 소다라임 유리는,
관상 형태로 제공되는, 가스 센서.

청구항 5

제 2 항에 있어서,
상기 도핑 이온은,
5 원자% 이상 포함되는, 가스 센서.

청구항 6

제 2 항에 있어서,
상기 알칼리 금속 이온은,
리튬, 소듐, 포타슘 중에서 선택되는 1 이상의 이온인, 가스 센서.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 알칼리 토금속 이온은,
베릴륨, 마그네슘, 칼슘 중에서 선택되는 1 이상의 이온인, 가스 센서.

청구항 8

제 2 항에 있어서,
상기 3족 금속 이온은,
보론, 알루미늄, 갈륨 중에서 선택되는 1 이상의 이온인, 가스 센서.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 가스 센싱부는,
산화가스, 환원가스 및 비활성가스에 감응하는, 가스 센서.

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 가스 센싱부는,
이산화탄소 가스에 감응하는, 가스 센서.

청구항 11

제 1 항에 있어서,
상기 가스 센싱부는,
표면에 금(Au) 입자를 도핑하여 일산화탄소 가스에 감응하는, 가스 센서.

청구항 12

제 1 항에 있어서,
상기 가스 센싱부는,
표면에 팔라듐(Pd) 입자를 도핑하여 벤젠 가스에 감응하는, 가스 센서.

청구항 13

제 1 항에 있어서,
상기 가스 센싱부는,
표면에 백금(Pt) 입자를 도핑하여 톨루엔 가스에 감응하는, 가스 센서.

청구항 14

제 1 항에 있어서,
상기 제1전극 및 제2전극은,
물리적 증착 또는 화학적 증착법으로 배치된, 가스 센서.

청구항 15

제 1 항에 있어서,
상기 제1전극 및 제2전극은,
금속물질로 제조된, 가스 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기화학적 가스 센서에 있어서, 유리로 가스 센싱부를 제조한 가스 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 가스 센서는 가스를 검출하는 센서의 총칭으로 다양한 가스가 에너지원으로 이용되기 시작함에 따라 공업분야 및 가정용 센서로 높은 수요를 나타내고 있다. 이러한 가스 센서는 사용되는 물질에 따라 가연성 가스 센서와 산소센서 등으로 분류될 수 있다. 또한, 검출방식에 따라 전기적 방법, 광학적 방법, 전기화학적 방법 등으로 분류될 수 있다.

[0005] 전기화학적 가스 센서는 전기화학 셀에 의해 가스를 검지하는 형식으로, 정전위 전해식 가스 센서와 갈바니 전 기식 가스 센서로 나뉘 수 있다. 넓은 뜻으로는 지르코니아 센서처럼 고체 전해질 가스 센서를 포함하는 경우도 있으나, 일반적으로 전해질 용액을 사용한 것을 지칭한다.

[0006] 한편, 전기화학적 가스 센서 및 이의 제조 방법과 관련하여 한국공개특허 제10-2013-0020219호(이하 '선행기술'이라 약칭함)는 나노포어 전극을 구조적 요소로 포함하는 가스 센서를 개시한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2013-0020219호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 유리를 포함하는 가스 센싱부로 구성된 가스 센서를 제공하는데 있다.

[0011] 또한, 본 발명의 목적은 산화, 환원가스 및 이산화탄소를 포함한 다양한 기체를 감응할 수 있는 가스 센서를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 실시 예를 따르는 가스 센서는, 유리를 포함하는 가스 센싱부; 및 상기 가스 센싱부 상에 배치된 전극;을 포함한다.

[0015] 또한, 상기 유리는 알칼리 금속 이온, 알칼리 토금속 이온 및 3족 금속 이온으로 이루어지는 군에서 선택되는 1 이상의 도핑 이온을 포함할 수 있다.

- [0017] 또한, 상기 유리는 소다라임 유리일 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 유리는 판상 형태로 제공될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 도핑 이온은 5 원자% 이상 포함될 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 알칼리 금속 이온은 리튬, 소듐, 포타슘 중에서 선택되는 1 이상의 이온일 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 알칼리 토금속 이온은 베릴륨, 마그네슘, 칼슘 중에서 선택되는 1 이상의 이온일 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 3족 금속 이온은 보론, 알루미늄, 갈륨 중에서 선택되는 1 이상의 이온일 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 가스 센싱부는 산화가스, 환원가스 및 비활성가스에 감응할 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 가스 센싱부는 이산화탄소 가스에 감응할 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 가스 센싱부는 표면에 금(Au) 입자를 도핑하여 일산화탄소 가스에 감응할 수 있다.
- [0035] 또한, 상기 가스 센싱부는 표면에 팔라듐(Pd) 입자를 도핑하여 벤젠 가스에 감응할 수 있다.
- [0037] 또한, 상기 가스 센싱부는 표면에 백금(Pt) 입자를 도핑하여 톨루엔 가스에 감응할 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 전극은 물리적 증착 또는 화학적 증착법으로 배치될 수 있다.
- [0041] 또한, 상기 전극은 금속물질로 제조될 수 있다.

발명의 효과

- [0043] 본 발명에 따른 가스 센서는 종래에 전기화학적 방법에서 사용되지 않은 소다라임 유리를 가스 센싱부로 채용함으로써, 용이하게 제조할 수 있는 장점이 있다.
- [0045] 또한, 본 발명에 따른 가스 센서는 유리 가스 센싱부 상에 이온을 도핑시켜 분극화를 유도함으로써 산화, 환원 가스 및 이산화탄소를 센싱할 수 있는 장점이 있다.
- [0047] 또한, 본 발명에 따른 가스 센서는 300 내지 500℃ 온도조건에서 감응하고자 하는 가스 농도에 의존적으로 산화, 환원 및 비활성가스에 감응할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0049] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서의 동작원리를 나타낸다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 표면에 팔라듐 입자가 형성된 가스 센서의 센싱 결과를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 팔라듐 입자가 형성된 유리 가스 센싱부와 팔라듐 입자가 형성되지 않은 유리 가스 센싱부의 센싱 결과를 대비하는 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서에 상이한 기체를 감응시킨 결과를 나타낸다.
- 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서의 온도에 따른 이산화탄소에 대한 상이한 감응결과를 나타낸다.
- 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서의 조건별 산소 감응결과를 나타낸다.
- 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서에 상이한 DC 전압을 연결한 이산화탄소의 감응결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0050] 이하, 첨부된 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 다만, 본 발명이 예시적 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일 참조부호는 실질적으로 동일한 기능을 수행하는 부재를 나타낸다.
- [0052] 본 발명의 목적 및 효과는 하기의 설명에 의해서 자연스럽게 이해되거나 보다 분명해 질 수 있으며, 하기의 기재만으로 본 발명의 목적 및 효과가 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한

설명을 생략하기로 한다.

- [0054] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서(1)이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시 예를 따른 가스 센서(1)는 가스 센싱부(11) 및 전극(13)을 포함한다.
- [0056] 가스 센싱부(11)는 유리로 제조될 수 있다.
- [0057] 본 실시 예에서, 가스 센싱부(11)는 알루미늄, 석영, 용융 실리카, 열 산화 실리콘 뿐 아니라 일반적인 실리카 유리 등의 재질이 포함될 수 있다. 이때, 가스 센싱부(11)의 유리는 알칼리 금속 이온, 알칼리 토금속 이온 및 3족 금속 이온으로 이루어지는 군에서 선택되는 1 이상의 도핑 이온을 포함할 수 있다. 도핑과 관련된 내용은 후술하여 설명하도록 한다.
- [0059] 한편, 가스 센싱부(11)는 소다라임 유리로 제조될 수 있다.
- [0060] 본 실시 예에서, 소다라임 유리로 제조된 가스 센싱부(11)는 종래의 가스 센서에서는 사용되지 않은 재질이며, 본 발명의 가스 센서(1)를 활용한 실험을 통해 가스의 센싱이 가능한 물질임을 확인할 수 있다. 이에 따라, 가스 센싱부(11)의 저항에 기반하여 가스의 감지가 이루어질 수 있으며, 이는 유도된 편극과 환경에 따라 상이한 유전 상수의 조합에 의해 결정될 수 있다. 특히, 이러한 메커니즘은 활성을 나타낼 수 있는 산화, 환원 가스 및 비활성가스의 센싱을 구현할 수 있다. 특히, 이와 같은 메커니즘은 소다라임 유리에 자체적으로 포함된 나트륨 이온의 분극화를 통해 이루어질 수 있음에 주목한다.
- [0062] 가스 센싱부(11)의 유리는 판상 형태로 제공될 수 있다.
- [0063] 본 실시 예에서, 가스 센싱부(11)의 유리는 전극(13)이 배치되기 위한 충분한 공간을 가진 면을 포함할 수 있다. 유리는 충분한 면적을 가진 면을 포함한 판상형태로 제공될 수 있다. 유리의 외형은 판상형에 제한되지 않으며 원형 타원형 등 다양한 형태로 제공될 수 있다. 또한, 유리는 다공성 유리를 사용하여 높은 가스 투과성을 가질 수 있다. 이에 따라, 가스의 반응 및 회수 시간을 감소시킬 수 있다.
- [0065] 도핑 이온은 5 원자% 이상 포함될 수 있다. 또한, 소다라임 유리에 포함된 알칼리 이온은 5 원자% 이상일 수 있다. 전술한 알칼리 이온은 알칼리 금속이온, 알칼리 토금속 이온 및 3족 금속 이온을 포함할 수 있다. 알칼리 금속 이온은 리튬, 소듐, 포타슘 중에서 선택되는 1 이상의 이온일 수 있다. 알칼리 토금속 이온은 베릴륨, 마그네슘, 칼슘 중에서 선택되는 1 이상의 이온일 수 있으며, 3족 금속 이온은 보론, 알루미늄, 갈륨 중에서 선택되는 1 이상의 이온일 수 있다.
- [0067] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서(1)의 동작원리를 나타낸다. 도 2를 참조하면, 가스 센서(1)는 일반적인 실리카 유리 등의 재료로 제조된 가스 센싱부(11)를 포함하는 경우, 전술한 이온의 도핑을 통해 화학적으로 활성상태인 가스에 감응할 수 있다. 또한, 소다라임 유리로 제조된 가스 센싱부(11)의 경우 자체적으로 포함된 칼슘 및 나트륨 이온을 통해 아래와 같은 동작원리를 수행할 수 있다.
- [0068] 상세하게는, 일 실시 예로 도 2a에서 가스 센싱부(11) 상에 칼슘 이온 및 나트륨 이온이 도핑된 것을 확인할 수 있으며, 공극(vacant interstitial)형성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이때, 가스 센싱부(11)에는 전압이 연결되지 않은 상태로, 이온의 편중이 일어나지 않았으며, 이에 따라 가스 센싱부(11)는 분극되지 않은 상태임을 확인할 수 있다. 이후, 도 2b에서 외부 DC전압이 연결되었으며, 전류의 흐름이 형성되어 나트륨 이온이 이동하기 시작한 것을 확인할 수 있다. 이에 따라, 상대적으로 제1 전극(131)이 음극을 나타내고 제2 전극(133)이 양극을 나타냄을 확인할 수 있다. 제1 전극(131) 및 제2 전극(133)은 전술한 극성에 제한되지 않으며, 연결된 전압에 따라 상대적인 극성을 나타낼 수 있다. 충분한 시간이 흐른 뒤, 도 2c와 같이 나트륨 이온이 제1 전극(131)으로 편향됨을 확인할 수 있다. 이후, 분극된 가스 센싱부(11) 상으로 가스를 흘려보내면 최초 형성되었던 공극에 검출대상으로 예상되는 가스입자가 흡착될 수 있다. 이러한 현상에 따라, 전체 가스 센싱부(11)에 유전 상수가 증가하여 가스 센싱부(11)에 흐르는 전류의 변화에 따라 가스를 센싱할 수 있다.
- [0070] 이와 같은 메커니즘에서, 가스의 농도 C 는 헨리의 법칙 $C=C_0P$ 에 의해 결정되며, 여기서 P 는 용존 가스의 분압이고, C_0 는 비례상수를 나타낸다. 특히, C_0 는 가스 센싱부(11) 상 공극의 농도에 의해 결정된다. 이러한 정의는 후술되는 설명에서 동일하게 적용될 수 있다.
- [0072] 전술한 메커니즘은, 소다라임 유리로 제조된 가스 센싱부(11)에서도 동일하게 적용될 수 있다. 특히, 소다라임 유리로 제조된 가스 센싱부(11)는 분극화가 용이하게 유도될 수 있어 전술한 바와 같은 알칼리 금속의 도핑이 필수적으로 요구되지 않을 수 있다.

- [0074] 가스 센싱부(11)는 산화가스, 환원가스 및 비활성가스에 감응할 수 있다. 가스 센싱부(11)는 이산화탄소에 감응할 수 있다.
- [0075] 본 실시 예에서, 가스 센싱부(11)는 비활성기체인 이산화탄소를 감응할 수 있다. 일반적으로 이산화탄소는 화학적으로 활성을 갖지 않기 때문에 검출이 가능한 물질이 제한된다. 다만, 본 발명에 따른 소다라임 유리로 제조된 가스 센싱부(11)를 포함하는 가스 센서(1)는 이산화탄소의 감응을 나타내었으며, 이와 관련된 실험 예를 도 4를 통해 상술하도록 한다.
- [0077] 한편, 가스 센싱부(11)는 표면에 금속 입자를 도핑하여 가스에 대한 감응성을 선택적으로 향상시킬 수 있다. 도핑 되는 금속 입자는 화폐족 원소 및 백금족 원소에 포함되는 금속 입자가 도핑될 수 있다. 화폐족 원소는 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au)을 포함할 수 있다. 또한, 백금족 금속은 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 팔라듐(Pd), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 백금(Pt)을 포함할 수 있다.
- [0079] 일 예로, 가스 센싱부(11)는 표면에 금(Au) 입자를 도핑하여 일산화탄소 가스에 감응할 수 있다.
- [0080] 본 실시 예에서, 가스 센싱부(11)는 표면에 금 입자를 형성하여 일산화탄소 가스에 대한 감응성이 향상될 수 있다. 금 입자는 전술한 바와 같이 화폐족 원소 중 일 예로 이해될 수 있다. 가스 센싱부(11)의 표면에 금 입자를 형성하는 방법은 방사선 분해법 등이 포함될 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 일 예로, 유리로 제공되는 가스 센싱부 시편을 테트라클로로금(III)산수소(hydrogen tetrachloroaurate(III): $\text{HAuCl}_4\text{nH}_2\text{O}$, $\text{n}=3.5$)를 0.248mM 첨가하고 용매로 2-프로판올 100%를 포함하는 전구체 용액에 침지시킬 수 있다. 이후, 방사선을 조사하여, 열처리하여 부착된 용매를 건조시킬 수 있다. 이를 통해, 가스 센싱부(11)는 일산화탄소 가스에 대한 감응성이 향상될 수 있다.
- [0082] 또한, 가스 센싱부(11)는 표면에 팔라듐(Pd) 입자를 도핑하여 벤젠 가스에 감응할 수 있다.
- [0083] 본 실시 예에서, 가스 센싱부(11)는 팔라듐 입자가 표면에 형성될 수 있고, 이를 통해 벤젠에 대한 감응성이 향상될 수 있다. 팔라듐 입자는 전술한 바와 같이 백금족 금속 중 일 예로 이해될 수 있다. 가스 센싱부(11) 표면에 팔라듐 입자를 형성하는 방법은, 방사선 분해법 등이 포함될 수 있다. 일 예로, 유리로 제공되는 가스 센싱부 시편을 PdCl_2 을 포함하는 전구체 용액에 침지시킬 수 있다. 이후, 0.11 mW/cm^2 세기의 방사선을 1초 동안 조사한 후, 시편을 꺼내어 500°C 에서 30분간 열처리하여 부착된 용매를 건조시킬 수 있다. 이를 통해, 가스 센싱부(11)는 벤젠 가스에 대한 감응성이 향상될 수 있다.
- [0085] 또한, 가스 센싱부(11)는 표면에 백금(Pt) 입자를 도핑하여 톨루엔 가스에 감응할 수 있다.
- [0086] 본 실시 예에서, 가스 센싱부(11)는 표면에 백금 입자를 형성하여 톨루엔 가스에 대한 감응성이 향상될 수 있다. 백금 입자는 전술한 바와 같이 백금족 금속 중 일 예로 이해될 수 있다. 가스 센싱부(11) 표면에 백금 입자를 형성하는 방법은 방사선 분해법 등이 포함될 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 일 예로, 탈 이온수 94 vol%, 2-프로판올 6 vol%의 혼합 용매에 헥사클로로 백금(IV)산 수화물(Hydrogen hexachloroplatinate(IV) hydrate: $\text{H}_2\text{PtCl}_6\text{nH}_2\text{O}$, $\text{n}=5.8$) 1.0mM을 넣은 전구체 용액에 가스 센싱부로 제공되는 시편을 침지시킬 수 있다. 이후, 방사선을 조사하고, 시편을 꺼내어 열처리하여 용매를 건조시킬 수 있다. 이를 통해, 가스 센싱부(11)는 톨루엔 가스에 대한 감응성이 향상될 수 있다.
- [0088] 전술한 바와 같이, 유리를 포함하는 가스 센싱부(11)에 추가적인 구성요소를 포함시킴으로써 본 발명에 따른 가스 센서(1)는 일부 가스에 대한 선택적인 감응도를 향상시킬 수 있다. 이와 관련된 내용을 도 3 및 도 4에 도시한다.
- [0090] 특히, 도 3은 350°C 온도에서 다양한 농도로 측정된 각각의 가스들에 대한 팔라듐 입자가 형성된 가스 센서의 센싱 곡선을 나타낸다. 도 3a는 톨루엔에 대한 센싱 곡선, 도 3b는 벤젠에 대한 센싱 곡선, 도 3c는 CO에 대한 센싱 곡선, 도 3d는 NO_2 에 대한 센싱 곡선, 도 3e는 에탄올에 대한 센싱 곡선, 도 3f는 이산화탄소에 대한 센싱 곡선을 나타낸다. 각각의 가스들에 대한 농도는 이산화탄소를 제외한 가스들이 동일한 농도하에서 센싱되었다. 이산화탄소의 농도가 다른 가스와 상이한 농도를 가지는 이유는, 일반적으로 대기 중에 이산화탄소의 농도가 400ppm 이상이기 때문에 낮은 농도에 대한 실험은 대기에 대한 실험에서 크게 의미를 갖지 않으므로, 상대적으로 고농도의 이산화탄소 조건하에서 센싱을 수행하였다.
- [0092] 도 4는 팔라듐 입자가 형성되지 않은 유리 가스 센싱부와 팔라듐 입자가 형성된 유리 가스 센싱부의 센싱 결과를 대비하는 그래프이다. 도 4a는 팔라듐 입자가 형성되지 않은 유리 가스 센싱부에서 각 가스의 센싱 결과를

나타낸다. 도 4a를 참조하면, 가스 농도의 증가에 따라 상대적으로 NO₂ 가스에 대한 센싱이 가장 민감하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 도 4b는 팔라듐 입자가 표면에 형성된 유리 가스 센싱부에서 각 가스의 센싱 결과를 나타낸다. 도 4b를 참조하면, 팔라듐 입자가 형성됨에 따라 감응하는 가스의 종류가 NO₂에서 벤젠으로 변화되었음을 확인할 수 있다. 특히, 도 4a 및 도 4b 그래프에 나타난 100ppm의 각 기체조건에서 최종 감응도는 팔라듐 입자가 형성된 유리 가스 센싱부에서 높은 값을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 전술한 바와 같이 금속 입자를 가스 센싱부(11) 표면에 형성시킴으로써 가스에 대한 선택적인 감응도 뿐 아니라 가스에 대한 감응도가 향상됨을 확인할 수 있다.

[0093] 또한, 도 4c 및 도 4d는 이산화탄소 감응에 대한 결과를 나타낸다. 도 4c는 팔라듐 입자가 형성되지 않은 유리 가스 센싱부에 대한 결과를 나타내며, 도 4d는 팔라듐 입자가 형성된 유리 가스 센싱부에 대한 결과를 나타낸다. 도 4c 및 도 4d를 통해, 이산화탄소 농도가 400ppm 이상인 경우 팔라듐 입자가 형성된 가스 센싱부가 높은 감응도를 나타냄을 확인할 수 있다. 특히, 도 4c 및 도 4d에서는 400ppm의 이산화탄소 조건에서 감응도가 약 0.2 가량 향상된 것을 확인할 수 있으며 1000ppm 이상의 이산화탄소 조건에서는 0.5 가량 향상된 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 팔라듐 입자가 형성된 유리 가스 센싱부는 대기조건과 유사하거나 그 이상의 이산화탄소가 포함된 조건에 대한 감응도가 향상됨을 확인할 수 있다.

[0095] 다시 도 1을 참조하면, 전극(13)은 가스 센싱부(11) 상에 배치될 수 있다.

[0096] 도 1과 같이 상호 대향하며, 각지 형상의 금속 전극이 소다라임 유리 가스 센싱부 상에 배치되면, 가스 센서(1)의 가스 센싱부(11)는 높은 이온 전도도로 인해 전해질 역할을 하는 전기 화학적인 셀로 취급될 수 있다. 단일 전극 전기 화학셀의 등가 방식은 캐패시터와 제1 저항의 병렬 조합으로 구성되며, 여기에 제2 저항이 직렬로 연결될 수 있다. 이러한 회로에서 근사에 따르면 전류 I의 값은 다음의 <수학식1>을 따를 수 있다.

[0097] <수학식1>

$$I = \frac{U}{R_1} - \frac{Q}{R_1 C}$$

[0098]

[0099] 여기에서 U는 인가된 전압이며, Q는 캐패시터에 축적된 전하량을 의미한다. R₁은 제1 저항의 저항값을 의미한다. 이와 같은 회로의 형식으로 가스 센싱부가 제공되면, 캐패시터가 충전된다. 전하 Q는 시간에 대하여 기하급수적인 다음과 같은 <수학식2>를 만족할 수 있다.

[0100] <수학식2>

$$Q = \frac{CU}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{C\bar{R}}\right) \right)$$

[0101]

$$\bar{R} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

[0102] 여기에서, $\bar{R}$ 를 만족한다. 이때, R₂는 제2 저항의 저항값을 의미한다. 또한, t는 시간을 의미한다. <수학식2>를 통해 캐패시터의 충전이 설명될 수 있다. 충전의 초기 단계에서 전하 Q는 무시할 수 있을 정도로 작은 양이며, 이때 기록되는 전류가 가장 높을 수 있다. 시간이 흐르게 될수록 캐패시터는 완전히 충전되며, 전류는 점진적으로 최소값에 접근할 수 있다. 캐패시턴스 값은 유리의 유전 상수에 직접 비례하기 때문에, 목표 가스의 주입은 전류(I)의 증가를 유도할 수 있다. 이러한 전류의 증가는 대상 가스에 대한 센싱으로 이해될 수 있다.

[0104] 전극(13)은 물리적 증착 또는 화학적 증착으로 배치될 수 있다.

[0105] 본 실시 예에서, 전극(13)은 진공증착법 및 스퍼터링 증착법과 같은 물리적 증착방법으로 증착되어 가스 센싱부(11) 상에 배치될 수 있다. 전극(13)은 열적 또는 전기적으로 화학결합반응을 유도하여 가스 센싱부(11) 상에 배치될 수 있다.

[0107] 전극(13)은 금속물질로 제조될 수 있다.

[0108] 본 실시 예에서, 전극(13)은 금속물질로 제조될 수 있으며, 외부에서 공급되는 전압에 의해 캐패시터의 역할을

수행하기 위해 전도성 있는 물질로 제공될 수 있다. 전극(13)은 금 또는 백금으로 제조될 수 있다. 또한, 전극(13)에서 측정되는 전류값이 0 이하로 떨어지는 경우 유리를 다시 분극화 하기 위한 과정이 요구될 수 있다.

[0110] 전술한 바와 같은 특성을 갖는 가스 센서(1)의 감응 성능을 확인하기 위해 수행된 일부 실험 예가 하기에 기재된다. 전반적인 실험예에서, 측정 장치인 SCS 4200(Keithley semiconductor characterization system) 및 Keithley 2400 SourceMeter에 연결되어 전기적 측정 및 가스 감지테스트를 수행하였다. 또한, 가스 감지는 수평으로 놓인 관형 석영 가열 챔버에서 수행되었다. 또한, 테스트 동안 가스의 유량을 500sccm으로 고정하였고, 전압이 변화가 기재되지 않는 한 1V의 일정한 DC전압을 유지하였다. 또한, 각각의 가스 센싱부는 테스트 이전 약 30분 동안 일정한 전압하에서 유지되었다. 또한, 하기의 실험 예의 그래프에서 변동은 $(I_{gas}-I_{atm})/I_{atm}$ 의 변동으로 정의하였다. 이때 I_{gas} 는 대상 가스가 있는 경우 기록된 출력 전류 값이며, I_{atm} 은 합성 공기가 있을 때 기록된 출력 전류값을 의미한다. 전술한 바와 같은 정의는, 저항을 종래의 가스 센서에서 저항을 통해 응답을 정의한 것과는 상이한 것으로 이해될 수 있다.

[0112] <실험 예1>

[0113] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 소다라임 유리 가스 센싱부를 포함하는 가스 센서에 상이한 기체를 감응시킨 결과를 나타낸다. 상세하게는, 350℃ 및 1V DC전압의 조건에서 각 기체의 감지 곡선을 나타낸다. 도 5a는 C_6H_{12} 에 대한 곡선이다. 도 5b는 C_6H_6 에 대한 곡선이다. 도 5c는 CO에 대한 곡선이다. 도 5d는 NO_2 에 대한 곡선이다. 도 5e는 CO_2 에 대한 곡선이다. 도 5a 내지 도 5d를 통해, 산화 및 환원가스의 주입은 출력 전류를 증가시킴을 확인할 수 있으며, 도 5e를 통해 이산화탄소의 주입이 전류를 증가시킴을 확인할 수 있다. 이를 통해, 본 발명의 실시 예를 따르는 소다라임 유리로 제조된 가스 센싱부를 포함하는 가스 센서는 산화, 환원가스 및 이산화탄소의 감응이 가능함을 확인할 수 있다.

[0115] <실험 예2>

[0116] 도 6는 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서의 온도에 따른 이산화탄소에 대한 상이한 감응결과를 나타낸다. 도 6a는 500℃에서 이산화탄소 감응결과를 나타낸다. 도 6b는 450℃에서 이산화탄소 감응결과를 나타낸다. 도 6c는 400℃에서 이산화탄소 감응결과를 나타낸다. 도 6d는 350℃에서 이산화탄소 감응결과를 나타낸다. 도 6e는 300℃에서 이산화탄소 감응결과를 나타낸다. 도 6a 내지 도 6e를 참조하면, 대기 조건을 유사한 400ppm의 이산화탄소 조건에서는 각각의 온도에 변화에 따라 일정 수준의 전류가 측정됨을 확인할 수 있다. 도 6f는 도 6a 내지 도 6e에서 시간에 변화에 따라 적용되도록 프로그램된 이산화탄소 농도를 나타낸다. 도 6g는 기록된 전류를 이산화탄소의 농도에 근-로그함수로 나타낸 것으로, 실시된 모든 온도에서 변화하는 이산화탄소 함량에 대해 0.3에 근사한 수치로 수렴함을 확인할 수 있다. 이를 통해 온도에 따른 가스 센싱부 전도도의 변화에도 불구하고 이산화탄소를 감지하는 응답은 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

[0118] <실험 예3>

[0119] 해당 실험 예에서는 이산화탄소에 대한 감응결과와 대기 조성의 무작위 변화 간 간섭을 조사하였으며, 그에 앞서 400℃에서 400ppm의 이산화탄소를 함유하는 N_2 매질에서 O_2 감지 테스트를 수행하였다. 도 7a는 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서의 조건별 산소 감응결과를 나타낸다. 도 7a는 O_2 의 함량을 21%에서 5%로 줄이면서 측정된 전도도의 결과를 나타낸다. 도 7a를 참조하면, O_2 의 함량이 낮아질수록 전도도가 감소하는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

[0120] 도 7b는 21%, 15%, 9% 함량의 O_2 에 대하여 이산화탄소를 감지한 그래프를 나타낸다. 도 7a와 도 7b의 비교를 통해, 이산화탄소의 감응은 산소함량과 관련이 있음을 확인할 수 있으며, 산소의 농도가 낮아질수록 베이스라인 전류가 감소함을 확인할 수 있다.

[0122] <실험 예4>

[0123] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 가스 센서에 상이한 DC 전압을 연결한 이산화탄소의 감응결과를 나타낸다. 도 8a는 400℃ 온도 조건에서 각각 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0V의 전압에 따라 상이하게 나타나는 이산화탄소의 감응 특성의 그래프를 나타낸다. 도 8b는 0.4V, 400℃ 조건에서 획득한 저항의 동적 곡선을 평활화하여 나타낸 그래프이다. 도 8c는 해당 실험을 위해 인가된 전압에 대한 전류의 함수를 그래프로 나타낸다. 도 8c를 참조하면, 전압이 0.3V로 감소함에 따라 기록된 전류는 음의값을 나타내지만, 이산화탄소 함량이 증가

함에 따라 변동하는 응답의 양은 양의값을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 가스 센서의 특성이 화학 저항성이 아닌 화학 및 전기화학적 효과의 조합임을 확인할 수 있다.

[0125] 이상에서 대표적인 실시 예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시 예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리 범위는 설명한 실시 예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 특허청구범위와 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태에 의하여 정해져야 한다.

[0126]

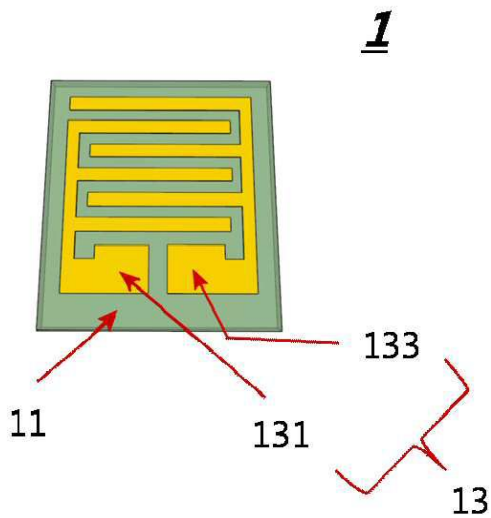
부호의 설명

[0127]

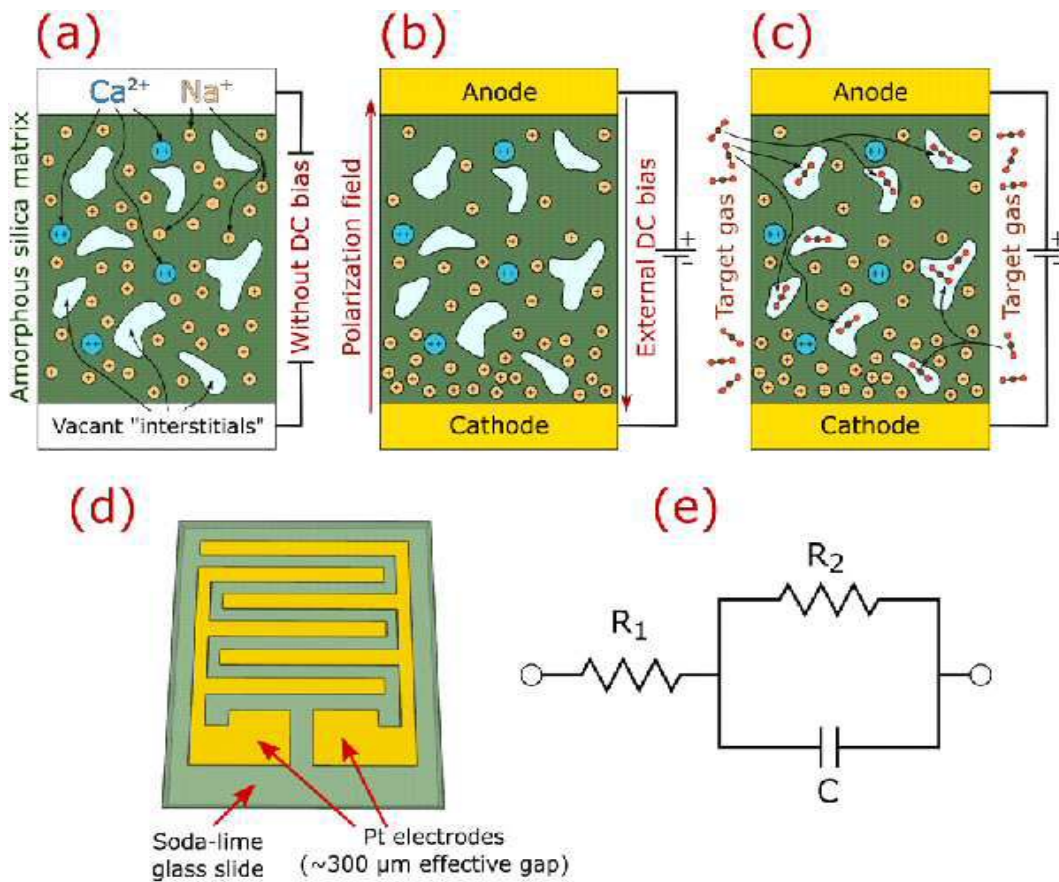
- 1: 가스 센서
- 11: 가스 센싱부
- 13: 전극
- 131: 제1 전극
- 133: 제2 전극

도면

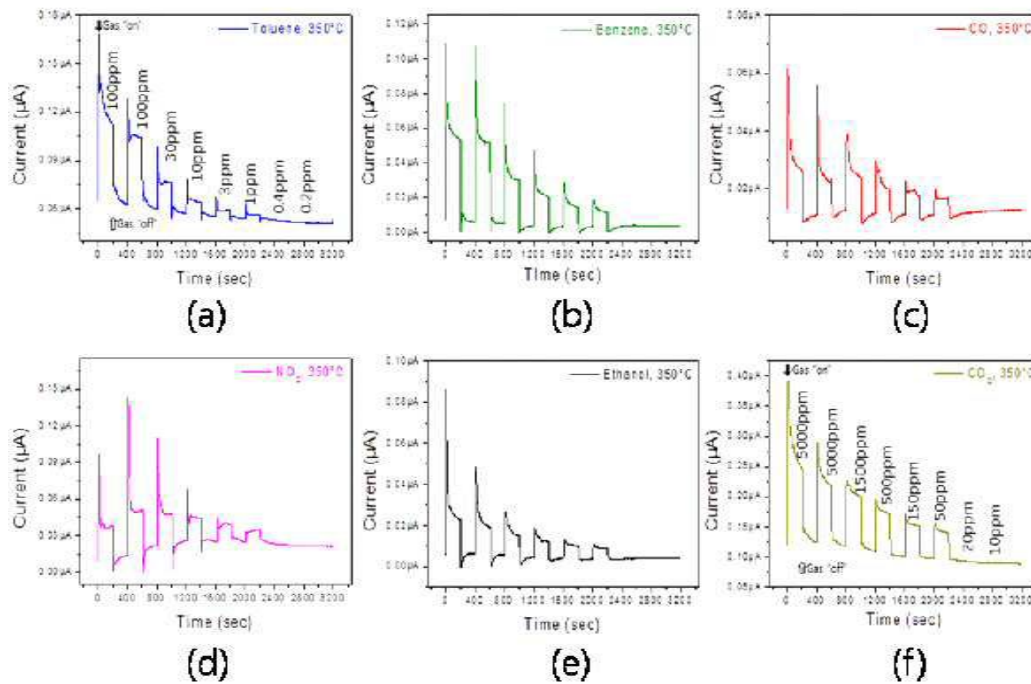
도면1



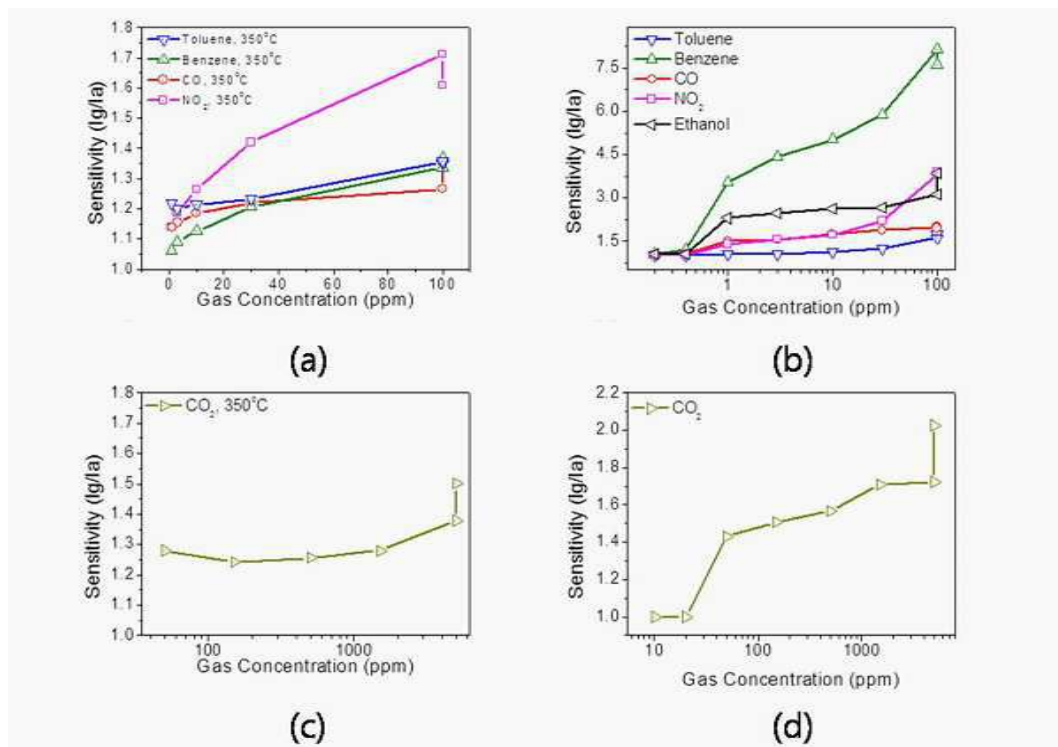
도면2



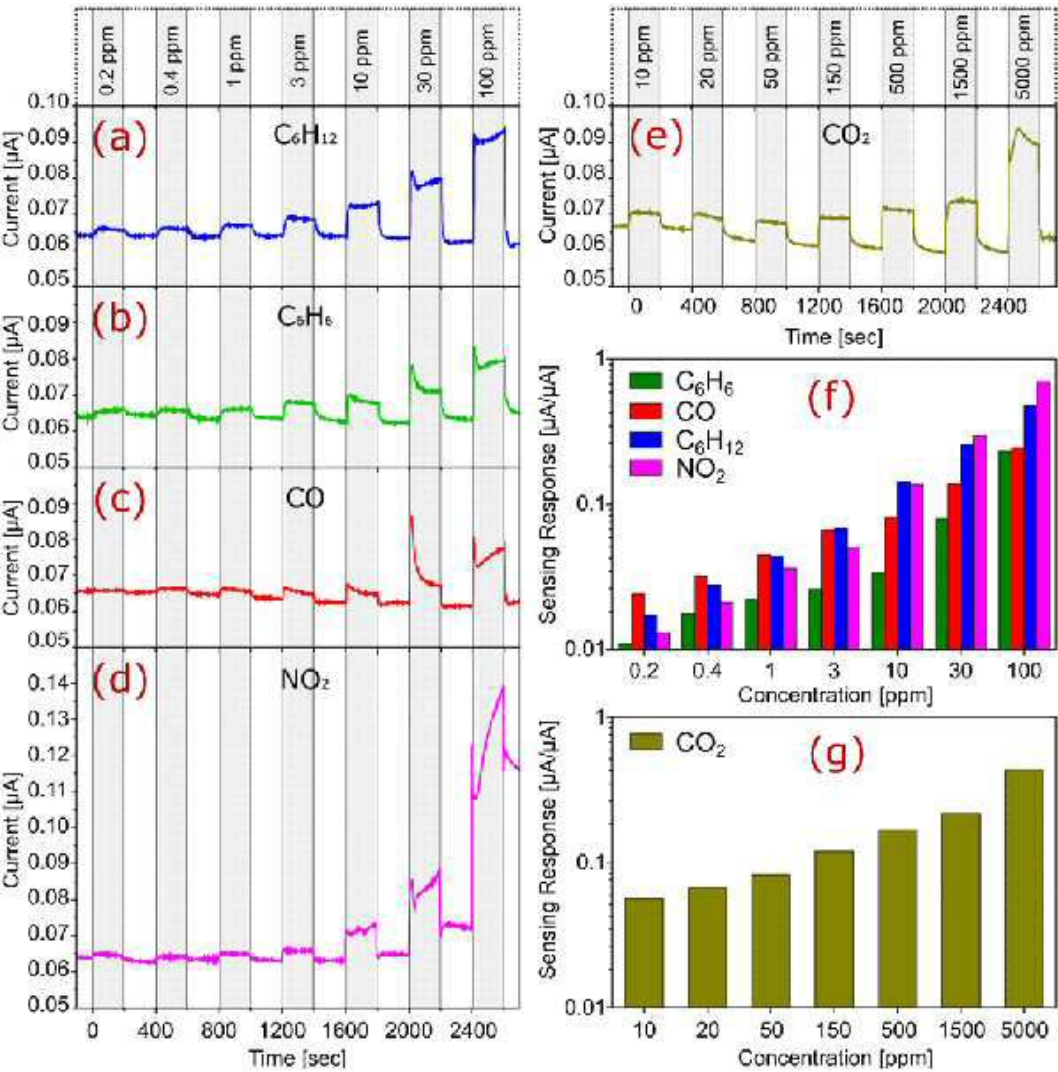
도면3



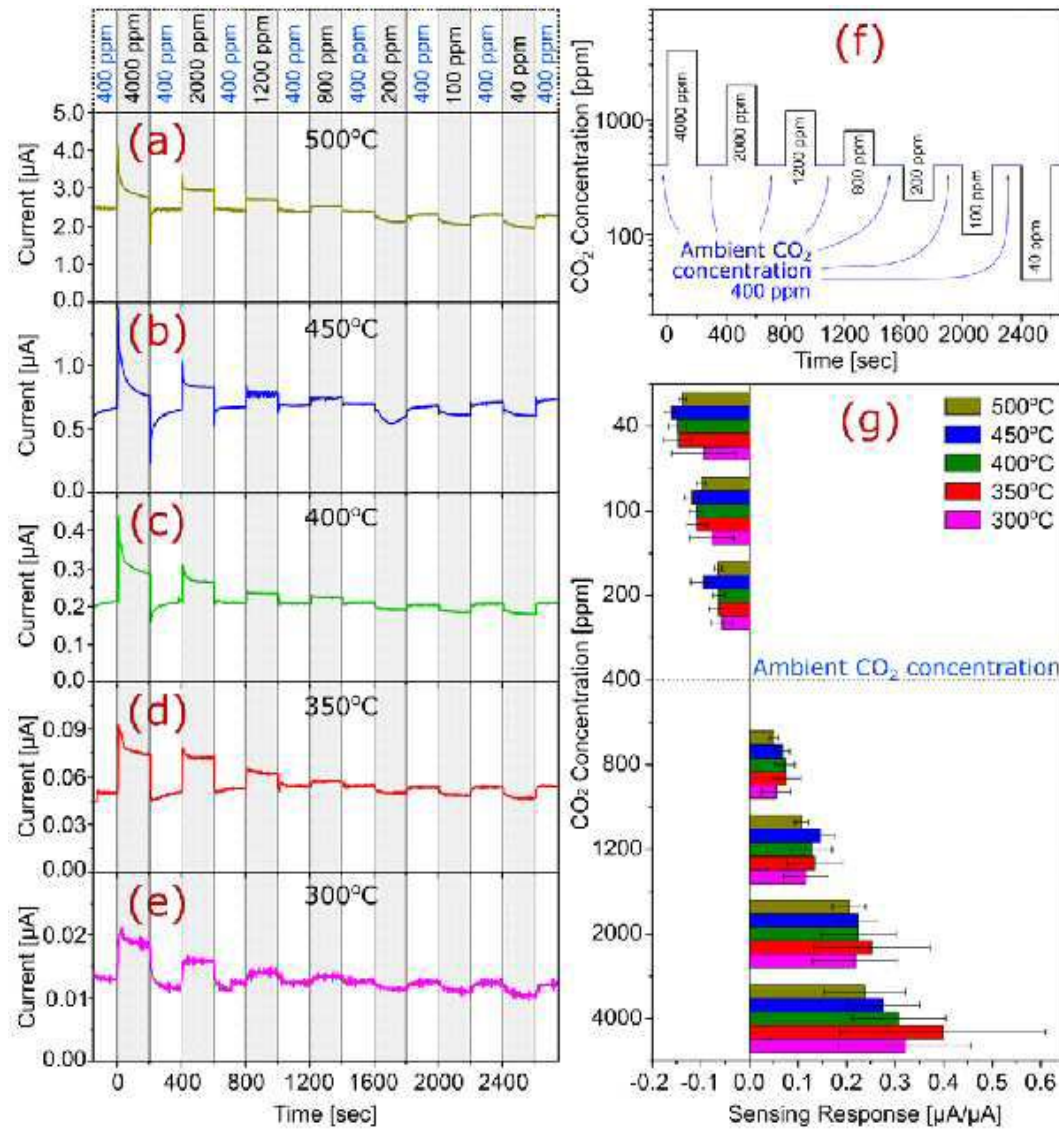
도면4



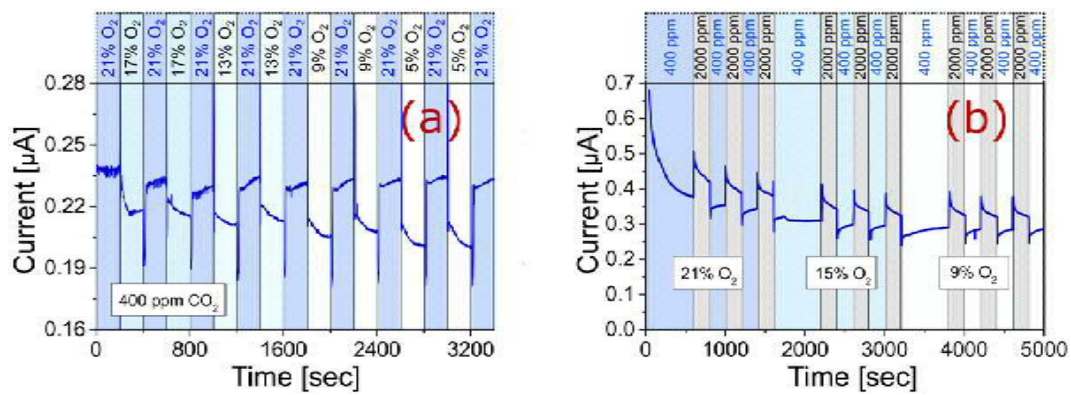
도면5



도면6



도면7



도면8

