



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0146321
(43) 공개일자 2016년12월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/407 (2006.01) G01N 33/497 (2006.01)
B82Y 15/00 (2011.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/4074 (2013.01)
G01N 27/4075 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0083427
(22) 출원일자 2015년06월12일
심사청구일자 2015년06월12일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
김상섭
인천광역시 연수구 송도문화로28번길 28(송도동, 송도글로벌캠퍼스푸르지오) 102동 1201호
김재훈
인천광역시 남구 한나루로477번길 65 (용현동) 401호
(74) 대리인
이원희

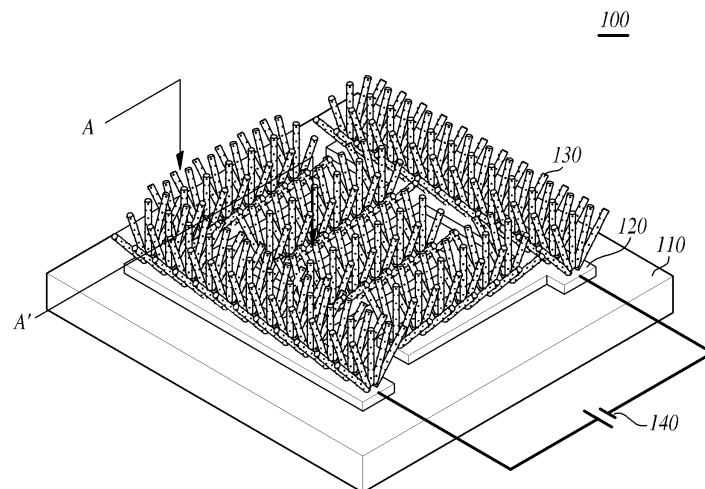
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 톨루엔 검출용 가스 센서

(57) 요약

본 발명은 톨루엔 검출용 가스 센서에 관한 것으로, 금속 산화물을 포함하는 나노 와이어를 포함하고, 상기 나노 와이어는 제1 금속 산화물층 및 상기 제1 금속 산화물층을 둘러싸는 제2 금속 산화물층을 포함하는 코어-셸 구조를 가지고, 그 표면에 Pt 입자를 포함하며, 농도가 100 ppb 이하인 톨루엔을 검출하여 폐암 진단용으로 적용이 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 33/497 (2013.01)

B82Y 15/00 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

금속 산화물을 포함하는 나노 와이어를 포함하고,

상기 나노 와이어는 제1 금속 산화물층 및 상기 제1 금속 산화물층을 둘러싸는 제2 금속 산화물층을 포함하는 코어-셸 구조를 가지고, 그 표면에 Pt 입자를 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 나노 와이어에 있어서, 상기 제1 금속 산화물층 또는 제2 금속 산화물층은 Ti, Sn, Zn, Mn, Mg, W, Co, Fe, Ba, In, Zr, Cu, Al, Bi, Pb, Ag, Cd, Y, Mo, Rh, Pd, Sb, Cs, La 및 이들의 조합으로부터 형성된 금속 산화물 중 적어도 하나를 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 나노 와이어와 연결된 전극; 및

상기 전극의 일면에 배치된 기관;을 더 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 나노 와이어는 상기 전극으로부터 뻗어 나오도록 형성된 톨루엔 검출용 가스 센서.

청구항 5

제1항에 있어서,

톨루엔 100 ppb 농도를 검출할 수 있는 것을 특징으로 하는 톨루엔 검출용 가스 센서.

청구항 6

제1항에 있어서,

폐암 진단용으로 사용되는 톨루엔 검출용 가스 센서.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 톨루엔 검출용 가스 센서에 관한 것이다. 보다 구체적으로는 금속 산화물을 포함하는 나노 와이어를 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

[0002] 가스 센서는 건강 관리, 질병 검출, 환경모니터링, 제조 공정 중 오염 물질 제어 등 다양한 분야에 적용할 수 있다. 특히, 건강 관리 및 질병 검출에 있어서, 인간이 호흡 시 날숨에 포함되어 있는 질병과 연관된 화학물질, 즉, 바이오마커(bio-marker)를 검출하여 질병을 선제적으로 진단할 수 있는 화학센서에 대한 응용이 확대되고 있다. 예를 들면 톨루엔은 폐암, 아세톤은 당뇨, 벤젠은 백혈병, 일산화탄소는 천식, 펜탄(Pentane)은 심장병, 암모니아는 신부전과 깊은 상관성이 있음이 알려지고 있다. 이러한 화학물질이 호흡하는 날숨에 어느 한도 이상 포함되어 있거나, 포함된 양의 변화폭이 어느 한계 이상일 경우 해당 질병과의 관련성을 의심할 수 있다.

[0003] 이러한 가스 센서에 사용되는 재료 중에서 산화물 반도체 재료는 안정성과 경제성 측면에서 대단히 유리한 소재이며, 특히 여러 가지 형태의 나노 구조를 채택하여 그 감응성을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 특히 금속 산화물 나노 와이어의 경우 표면적이 박막 및 덩어리 소재에 비해 현저히 크고, 결정성이 우수하여 가스 감응성이 우수하다.

[0004] 아래의 선행기술문헌은 정렬된 금속 산화물 나노 패턴을 포함하는 가스 센서를 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 특허 공개공보 제10-2014-0103816호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 톨루엔에 대한 민감도가 높은 가스 센서를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서는, 금속 산화물을 포함하는 나노 와이어를 포함하고, 상기 나노 와이어는 제1 금속 산화물층 및 상기 제1 금속 산화물을 둘러싸는 제2 금속 산화물층을 포함하는 코어-셸 구조를 가지고, 그 표면에 Pt 입자를 포함한다.

[0008] 또한, 상기 나노 와이어에 있어서, 상기 제1 금속 산화물층 또는 제2 금속 산화물층은 Ti, Sn, Zn, Mn, Mg, W, Co, Fe, Ba, In, Zr, Cu, Al, Bi, Pb, Ag, Cd, Y, Mo, Rh, Pd, Sb, Cs, La 및 이들의 조합으로부터 형성된 금속 산화물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서는 폐암 진단용으로 사용될 수 있다.

[0010] 본 발명의 다른 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서의 제조 방법은, 제1 금속 산화물을 이용하여 제1 금속 산화물층을 형성하는 단계, 상기 제1 금속 산화물층을 둘러싸도록 제2 금속 산화물을 이용하여 제2 금속 산화물층을 형성하는 단계 및 상기 제2 금속 산화물층의 표면에 Pt 입자를 배치하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 톨루엔 검출용 가스 센서는 톨루엔에 대한 민감도가 높다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서를 도시한 것이다.

도 2는 도 1을 AA' 를 따라 절단한 후 절단면에서 바라본 것을 도시한 것이다.

도 3은 도 1 및 도 2의 나노 와이어의 단면을 도시한 것이다.

도 4는 나노 와이어의 종류에 따른 저항을 측정하여 도시한 것이다.

도 5는 가스 종류에 따른 감응성을 측정하여 도시한 것이다.¶

도 6은 제2 금속 산화물층의 두께에 따른 감응성을 측정하여 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 형태들을 다음과 같이 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시 형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시 형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시 형태는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면 상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다. 덧붙여, 명세서 전체에서 어떤 구성요소를 "포함"한다는 것은 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0014] 도 1은 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)를 도시한 것이고, 도 2는 도 1을 AA' 를 따라 절단한 후 절단면에서 바라본 것을 도시한 것이고, 도 3은 도 1 및 도 2의 나노 와이어(130)의 단면을 도시한 것이다.

[0015] 도 1을 참조하면 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는, 금속 산화물을 포함하는 나노 와이어(130)를 포함하고, 제1 금속 산화물층(131) 및 상기 제1 금속 산화물층(131)을 둘러싸는 제2 금속 산화물층(132)을 포함하는 코어-셸 구조를 가지고, 그 표면에 Pt 입자(133)를 포함한다.

[0016] 금속 산화물을 포함하는 나노 와이어(130)는 박막 형태 또는 덩어리 형태인 것에 비하여 표면적비가 높다. 따라서, 상기 나노 와이어(130)를 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는 측정 대상이 되는 가스에 대한 감응성, 즉 상기 가스에 대한 민감도가 높다.

[0017] 상기 금속 산화물을 포함하는 나노 와이어(130)를 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)가 공기 중의 가스를 검출하는 원리는 아래와 같다.

[0018] 공기 중의 산소 분자가 나노 와이어(130) 표면에 흡착하면 상기 나노 와이어(130)의 표면의 전자가 상기 산소 분자에 포획되어 상기 나노 와이어(130)의 표면에 전자 공핍층이 형성되어 있을 수 있다.

- [0019] 만일, 산화성 가스 분자가 상기 나노 와이어(130)의 표면에 흡착하면 상기 나노 와이어(130)의 표면의 전자가 상기 산화성 가스 분자에 추가적으로 포획되어 상기 전자 공핍층이 더욱 확장될 수 있다. 이 경우, 상기 나노 와이어(130)의 표면에 형성된 전자 공핍층으로 인하여 상기 나노 와이어(130)의 전기 저항이 증가할 수 있다.
- [0020] 만일, 환원성 가스 분자가 상기 나노 와이어(130)의 표면에 흡착하면 산화성 가스 분자가 상기 나노 와이어(130)의 표면에 흡착한 경우와 이와 다른 결과가 발생할 수 있다. 환원성 가스 분자가 상기 나노 와이어(130)의 표면에 흡착하면 산소 분자와 환원성 가스 분자가 서로 반응하여 상기 나노 와이어(130)의 표면에서 떨어져 나갈 수 있다. 따라서, 상기 나노 와이어(130)의 표면에 형성된 전자 공핍층이 축소되어 상기 나노 와이어(130)의 전기 저항이 감소할 수 있다.
- [0021] 이와 같이, 나노 와이어(130)의 표면에 가스 분자가 탈착 및 부착하는 경우 전자 교환이 발생할 수 있다. 이러한 전자 교환이 효과적으로 이루어지기 위해서는 일정 값 이상의 열 에너지가 필요하며, 일반적으로 가스 농도 측정은 200℃ 내지 400℃의 온도에서 이루어질 수 있다.
- [0022] 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)에 포함되는 나노 와이어(130)는 코어-셸 구조를 가짐으로써, 셸에 대응되는 제2 금속 산화물층(132)에 일정한 밴드 구조를 형성하게 되고, 이로 인하여 상기 나노 와이어(130)의 전기 저항에 변화가 생기게 된다. 이러한 전기 저항의 변화는 가스, 특히 톨루엔 등의 환원성 가스에 대한 감응성을 향상시킬 수 있다.
- [0023] 즉, 본 발명의 일 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는 나노 와이어(130)가 코어-셸 구조를 가짐으로써, 상기 나노 와이어(130)가 제1 금속 산화물층(131) 및 상기 제1 금속 산화물층(131)을 둘러싸는 제2 금속 산화물층(132)을 포함함으로써 가스에 대한 감응성이 보다 높다.
- [0024] 또한, 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는, 나노 와이어(130)의 표면에 배치된 Pt 입자(133)를 포함하고 있기 때문에 가스에 대한 감응성이 보다 높다.
- [0025] 즉, 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는, 상기 나노 와이어(130)가 코어-셸 구조를 갖고, 그 표면에 배치된 Pt 입자(133)를 포함함으로써 톨루엔에 대한 감응성이 높다.
- [0026] 코어-셸 구조를 갖지만 그 표면에 Pt 입자를 포함하지 않는 나노 와이어를 포함하는 경우 가스 검출/농도 측정 시 셸에 완전 공핍층이 형성되어 가스에 대한 감응도가 커질 수 있다. 그러나, 상기 셸의 두께가 일정 값 이상인 경우 상기 셸의 일부에만 공핍층이 형성될 수 있으며, 톨루엔에 대한 감응도가 감소할 수 있다.
- [0027] 또한, Pt 입자를 포함하고 있는 나노 와이어를 이용하는 경우에도 상기 나노 와이어가 코어-셸 구조가 아닌 경우에는 코어-셸 구조를 갖고 그 표면에 Pt 입자를 포함하는 나노 와이어를 포함하는 경우에 비하여 톨루엔에 대한 감응도가 현저히 낮다.
- [0028] 반면, 코어-셸 구조를 갖고 그 표면에 Pt 입자(133)를 포함하는 나노 와이어(130)를 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)의 경우 상기 셸 영역(제2 금속 산화물층(132))의 표면에 배치된 Pt 입자(133)로 인하여 상기 셸 영역에는 추가적인 공핍영역이 발생하게 된다. 상기 셸 영역의 두께가 두꺼워지더라도 상기 추가적인 공핍영역으로 인하여 나노 와이어(130)에서 발생하는 저항은 증가하게 된다. 따라서, 이러한 나노 와이어(130)를 포함하는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는 톨루엔에 대한 감응도가 보다 증가할 수 있다.

- [0029] 상기 기재된 바와 같이, 코어-셸 구조의 독특한 전하공핍영역 및 Pt 입자의 톨루엔에 대한 촉매 성능이 결합되어 현저히 향상된 톨루엔 검출용 가스 센서(100)를 제공할 수 있다.
- [0030] 톨루엔은 폐암을 진단하는 데 사용하는 바이오마커(bio-marker)이다. 톨루엔이 날숨에 어느 한도 이상 포함되어 있거나, 포함된 양의 변화폭이 어느 한계 이상일 경우 해당 질병과의 관련성을 의심할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는 폐암 진단용으로 사용될 수 있다.
- [0031] 상기 나노 와이어(130)에 있어서, 상기 제1 금속 산화물층(131) 또는 제2 금속 산화물층(132)은 Ti, Sn, Zn, Mn, Mg, W, Co, Fe, Ba, In, Zr, Cu, Al, Bi, Pb, Ag, Cd, Y, Mo, Rh, Pd, Sb, Cs, La 및 이들의 조합으로부터 형성된 금속 산화물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0032] 일 실시 예로서, 상기 제1 금속 산화물층(131)은 SnO_2 를 포함할 수 있고, 상기 제2 금속 산화물층(132)은 ZnO 를 포함할 수 있다. 상기 제1 금속 산화물층(131) 및 제2 금속 산화물층(132)의 두께는 용도, 측정 범위 등에 따라 변형될 수 있으며, 바람직하게는 5 내지 80nm일 수 있다.
- [0033] 상기 나노 와이어(130)는 상기 제1 금속 산화물층(131) 및 제2 금속 산화물층(132)의 종류에 따라 p-n 타입의 코어-셸 구조를 형성하거나 n-n 타입의 코어-셸 구조를 형성할 수 있다.
- [0034] 상기 나노 와이어(130)의 코어-셸 구조를 형성하는 방법은 특별히 제한되지 않는다. 예를 들면, 코어는 기체-액체-고체(VLS: vapor-liquid-solid) 성장법에 의해 형성할 수 있다. 또한, 셸은 원자층증착법(ALD: atomic layer deposition)에 의하여 형성할 수 있다.
- [0035] 상기 Pt 입자(133)를 형성하는 방법은 특별히 제한되지 않는다. 예를 들면, 방사선 분해법을 이용함으로써 나노 와이어(130) 표면에 Pt 입자(133)를 형성할 수 있다.
- [0036] 도 1을 참조하면 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)는, 나노 와이어(130)와 연결된 전극(120) 및 상기 전극(120)의 일면에 배치된 기관(110)을 더 포함할 수 있다.
- [0037] 기관(110)은 기관(110) 상부에 배치된 전극(120)을 지지하고 절연하는 역할을 할 수 있다. 상기 기관(110)은 특별히 제한 되지 않으며, 실리콘 웨이퍼, 석영 기관(110), 산화물 기관(110) 등일 수 있다.
- [0038] 상기 기관(110) 상에는 전극(120)이 배치될 수 있다. 상기 전극(120)은 전원부(140)로부터 공급되는 전류가 흐르는 통로를 형성하며, 상기 전극(120) 상에 배치된 나노 와이어(130)에 전류를 공급하는 역할을 할 수 있다. 또한, 상기 나노 와이어(130)를 형성하고 지지하는 역할을 할 수 있다.
- [0039] 상기 전극(120)의 재료는 전자 기기 분야에서 일반적으로 사용되는 도전성 물질일 수 있으며, 특별히 제한되지 않는다. 예를 들면 상기 전극(120)은 Au-Pt-Ti가 순차적으로 적층된 형상을 가질 수 있다. 상기 전극(120)의 제조 방법 역시 특별히 제한되지 않는다. 예를 들면 포토리소그래피 공정(photolithography process)에 의해 형성될 수 있다.

- [0040] 상기 기판(110) 및 전극(120) 사이에는 절연층(미도시)이 배치될 수 있다. 상기 절연층은 전극(120)을 지지하고 절연하는 역할을 할 수 있다.
- [0041] 또한, 상기 전극(120)에 전류를 공급하는 전원부(140)를 포함할 수 있다. 상기 전원부(140)를 통해 공급된 전류는 전극(120) 및 나노 와이어(130)를 거쳐 흐를 수 있다. 상기 전류의 흐름에 따라 발생하는 저항 및 그 변화를 측정함으로써 가스의 농도를 측정할 수 있다. 본 발명에서 상기 전원부(140)의 형상 및 원리 등은 특별히 한정되지 않는다.
- [0042] 상기 전극(120) 상에는 나노 와이어(130)가 배치되며, 상기 나노 와이어(130)는 상기 전극(120)으로부터 뻗어 나오도록 형성될 수 있다. 다만, 나노 와이어(130)의 형상 및 배치는 특별히 제한되지 않는다.
- [0043] 도 4는 나노 와이어의 종류에 따른 저항을 측정하여 도시한 것이다. 각각의 나노 와이어를 포함하는 가스 센서를 이용하여 톨루엔이 포함된 공기 상에서의 저항을 측정한 것이다. (a)는 SnO_2 단일 구조의 나노 와이어를 이용한 것이고, (b)는 ZnO 단일 구조의 나노 와이어를 이용한 것이고, (c)는 코어-셸($\text{SnO}_2 - \text{ZnO}$) 구조의 나노 와이어를 이용한 것이고, (d)는 코어-셸($\text{SnO}_2 - \text{ZnO}$) 구조 및 표면에 Pt 입자가 배치된 나노 와이어를 이용한 것이다. (c) 및 (d)에서 셸의 두께는 80 nm로 설정하였다. 공기 중에 포함된 톨루엔의 농도는 (a) 및 (b)의 경우 왼쪽부터 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm이고, (c)와 (d)의 경우 왼쪽부터 100 ppb, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm이다. 가스 센서의 센싱 온도는 300℃ 였다.
- [0044] 도 4를 참조하면, 코어-셸 구조를 갖는 나노 와이어를 이용하여 저항을 측정한 값 (c)가 단일 구조를 갖는 나노 와이어를 이용하여 저항을 측정한 값 (a) 및 (b) 보다 높음을 알 수 있다. 또한, 코어-셸 구조 및 Pt 입자를 배치한 나노 와이어를 이용하여 저항을 측정한 값 (d)가 (a), (b) 및 (c)에 비해 높은 저항을 가짐을 알 수 있다.
- [0045] 결론적으로 나노 와이어가 코어-셸 구조를 갖고 Pt 입자를 배치함으로써 톨루엔에 대한 감응성이 높아졌음을 알 수 있다.
- [0046] 도 5는 가스 종류에 따른 감응성을 측정하여 도시한 것이다. 도 5는 코어-셸 구조($\text{SnO}_2 - \text{ZnO}$) 및 Pt 입자를 배치한 나노 와이어를 이용하여 톨루엔(C_7H_8), CO, CO₂ 및 벤젠(C_6H_6)에 대한 반응($R_{\text{air}}/R_{\text{gas}}$)을 측정한 것이다. 반응($R_{\text{air}}/R_{\text{gas}}$)에서 R_{air} 는 가스 센서에 일정한 전압을 인가한 후 공기(air) 상에서의 저항을 측정한 값이고, R_{gas} 는 측정 대상 가스를 투입한 후 저항을 측정한 값이다.
- [0047] 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서의 경우, CO, CO₂ 및 벤젠(C_6H_6) 등 다른 가스에 비하여 톨루엔에 대한 감응성이 월등히 우수함을 알 수 있다.
- [0048] 도 6은 제2 금속 산화물층의 두께에 따른 감응성을 측정하여 도시한 것이다. 코어-셸($\text{SnO}_2 - \text{ZnO}$) 구조를 갖고 표면에 Pt 입자가 배치된 나노 와이어 및 코어-셸($\text{SnO}_2 - \text{ZnO}$) 구조를 갖고 표면에 Pt 입자가 배치되지 않은 나노 와이어를 이용하여 반응($R_{\text{air}}/R_{\text{gas}}$)을 측정한 것이다. 톨루엔의 농도는 100 ppb였다.
- [0049] 도 6을 참조하면, 코어-셸($\text{SnO}_2 - \text{ZnO}$) 구조를 갖고 표면에 Pt 입자가 배치된 나노 와이어를 사용한 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서는 제2 금속 산화물층(셸)의 두께가 5 내지 80 nm 범위에서 안정적으

로 톨루엔을 검출할 수 있고, 그 농도를 측정할 수 있음을 알 수 있다. 반면, 코어-셸(SnO_2 - ZnO) 구조를 갖고 표면에 Pt 입자가 배치되지 않은 나노 와이어를 사용한 경우에는 제2 금속 산화물층이 일정한 두께 이상인 경우 톨루엔에 대한 감도가 감소함을 알 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서는 공기 톨루엔 100 ppb 농도를 검출할 수 있다.

[0050] 이하 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)의 제조 방법을 설명한다. 다만, 아래 설명하는 제조 방법은 일 실시 예에 해당하는 것이므로, 본 발명이 여기에 한정하는 것은 아니다.

[0051] 본 발명의 실시 예를 따르는 톨루엔 검출용 가스 센서(100)의 제조 방법은, 제1 금속 산화물을 이용하여 제1 금속 산화물층(131)을 형성하는 단계, 상기 제1 금속 산화물층(131)을 둘러싸도록 제2 금속 산화물을 이용하여 제2 금속 산화물층(132)을 형성하는 단계 및 상기 제2 금속 산화물층(132)의 표면에 Pt 입자(133)를 배치하는 단계를 포함한다.

[0052] 또한, 상기 제1 금속 산화물은 SnO_2 를 포함할 수 있고, 상기 제2 금속 산화물은 ZnO 를 포함할 수 있다. 또한, 상기 제2 금속 산화물층(132)의 두께는 5 내지 80 nm일 수 있다.

[0053] 제1 금속 산화물층(131)을 형성하는 단계 이전에 기판(110) 상에 전극(120)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0054] 우선 기판(110)을 준비할 수 있으며, 상기 기판(110)은 실리콘 웨이퍼, 석영 기판(110), 산화물 기판(110) 등일 수 있다.

[0055] 다음으로 상기 기판(110) 상에 절연층(미도시)을 형성할 수 있다. 상기 기판(110) 및 절연층은 기판(110) 상에 형성되는 전극(120)을 지지하고 상호간에 절연하는 역할을 한다. 상기 절연층은 실리콘 옥사이드, 실리콘 다이옥사이드, 질화 실리콘, 폴리머 등일 수 있다. 또한, 절연 성질을 갖는 기판(110)을 사용하여 상기 절연 성질을 갖는 기판(110)의 상부에 전극(120)을 형성함으로써 절연층을 별도로 형성하지 않을 수 있다.

[0056] 다음으로 상기 기판(110) 상에 전극(120)을 형성할 수 있다. 상기 전극(120)은 당해 기술분야에서 일반적으로 사용하는 방법에 의해 형성될 수 있다. 예를 들면 포토리소그래피 공정(photolithography process)에 의해 형성될 수 있다. 상기 전극(120)은 특별히 제한되지 않지만, Au-Pt-Ti가 순차적으로 적층된 형상을 가질 수 있다. 이 때 각 층의 두께는 필요에 따라 조절될 수 있다.

[0057] 제1 금속 산화물을 이용하여 제1 금속 산화물층(131)을 형성하는 단계를 수행할 수 있다. 상기 제1 금속 산화물층(131)을 형성하는 공정은 일 예로 다음과 같을 수 있다.

[0058] 주석 파우더(Aldrich, 99.9%)를 수평 석영튜브 반응로(quartz tube furnace)에 넣고 반응로의 압력을 1×10^{-3} torr로 설정한다. 상기 반응로 내부로 질소 300 sccm 및 산소 10 sccm을 주입한 후 900°C에서 15분 동안 가열함으로써 제1 금속 산화물층(131)을 형성할 수 있다.

[0059] 다음으로 상기 제1 금속 산화물층(131)을 둘러싸도록 제2 금속 산화물을 이용하여 제2 금속 산화물층(132)을 형성하는 단계를 수행할 수 있다. 상기 제2 금속 산화물층(132)을 형성하는 공정은 일 예로 다음과 같을 수 있다.

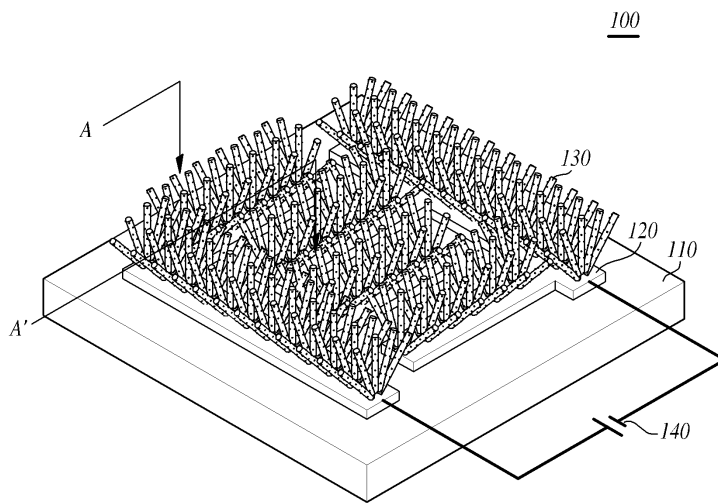
- [0060] 전구체 용액을 준비한다. 상기 전구체 용액은 디에틸 아연($\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$, DEZn) 및 물을 포함할 수 있다. 상기 전구체 용액을 반응기에 주입하고 상기 반응기는 온도 150°C , 압력 0.3 torr로 설정한다. 상기 전구체 용액에 앞서 형성한 코어가 형성된 기판(110)을 침지하고 원자층증착법을 실시 한다. 이 때 형성되는 제2 금속 산화물층(132)의 두께는 5 내지 80nm일 수 있다.
- [0061] 다음으로 상기 제2 금속 산화물층(132)의 표면에 Pt 입자(133)를 배치하는 단계를 수행할 수 있다. 상기 Pt 입자(133)를 배치하는 단계는 일 예로 다음과 같을 수 있다.
- [0062] 전구체 용액을 준비 한다. 상기 전구체 용액은 탈 이온수(DI Water) 94 vol%, 2-프로판올 6 vol%의 혼합 용매에 헥사클로로 백금(IV)산 수화물(Hydrogen hexachloroplatinate(IV) hydrate: $\text{H}_2\text{PtCl}_6\text{nH}_2\text{O}$, n = 5.8) 1.0 mM을 넣어 형성할 수 있다. 앞서 형성한 코어-셸 구조를 갖는 나노 와이어(130)가 형성된 기판(110)을 상기 전구체 용액에 침하고 방사선을 조사한다. 상기 방사선은 ^{60}Co (동위원소)를 소스로 사용할 수 있고, 10 kGy/h의 선량률로 2시간 동안 조사할 수 있다. 이 때 총선량률은 20 kGy일 수 있다.
- [0063] 다음으로, 상기 기판(110)을 500°C 에서 1시간 동안 열처리하여 금속 산화물층에 부착된 용매를 건조시킨다.
- [0064] 그 밖에 톨루엔 검출용 가스 센서(100)를 제조하기 위한 일반적인 공정, 예를 들면 전극(120)에 전원부(140)를 연결하는 공정 등이 추가될 수 있다.
- [0065] 본 발명은 상술한 실시 형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

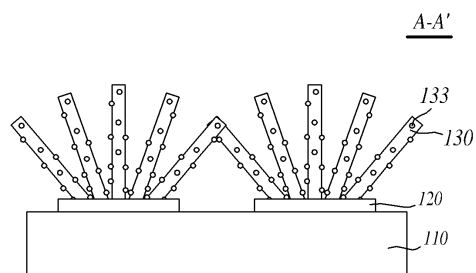
- [0066] 100: 톨루엔 검출용 가스 센서
110: 기판
120: 전극
130: 나노 와이어
140: 전원부
131: 제1 산화물층
132: 제2 산화물층
133: Pt 입자

도면

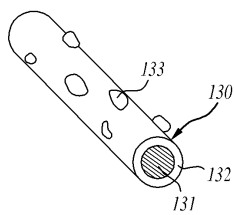
도면1



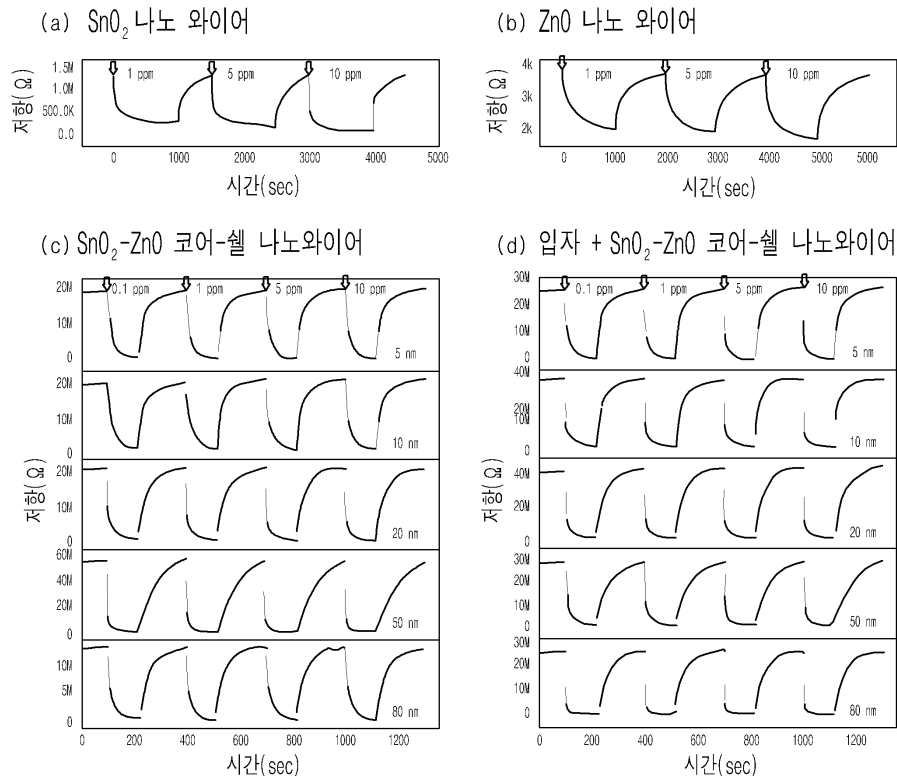
도면2



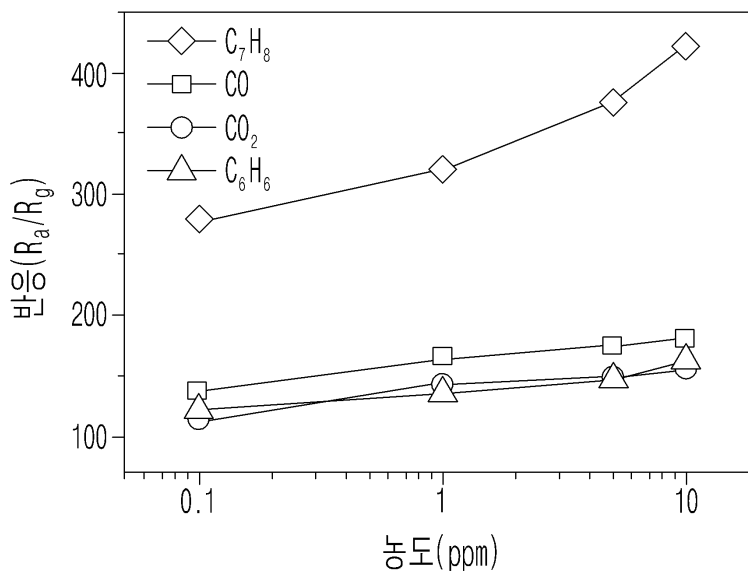
도면3



도면4



도면5



도면6

