

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2011-0097361 (43) 공개일자 2011년08월31일
(51) Int. Cl. <i>G01N 27/12</i> (2006.01) <i>B82B 3/00</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2010-0017167 (22) 출원일자 2010년02월25일 심사청구일자 2010년02월25일	(71) 출원인 충남대학교산학협력단 대전 유성구 궁동 220 충남대학교 (72) 발명자 김형일 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 132동 1304호 이영석 대전광역시 유성구 전민동 464-1 엑스포아파트 503동 1101호 (뒷면에 계속) (74) 대리인 박창희, 김종관, 권오식	

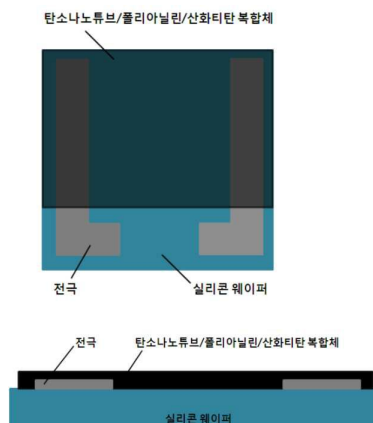
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 산화티탄을 포함한 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 가스센서 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 가스센서는 탄소나노튜브 / 폴리아닐린 가스센서에 산화티탄을 첨가하여 가스 감지 후 자외선을 조사하여 초기 모드로의 빠른 복귀가 가능한 장점을 갖는다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

전소녀

대전광역시 대덕구 중리동 영진상록아파트 202동
210호

윤주미

대전광역시 서구 만년동 강변아파트 101동 1004호

임지선

대전광역시 대덕구 중리동 243-49번지

오애리

경상남도 통영시 정량동 한창마운트 1301호

진동휘

경상북도 포항시 북구 학잠동 동아아파트 102동
1804호

한민희

대전광역시 동구 용운동 주공아파트 140동 303호

김연이

경상북도 칠곡군 약목면 복성5리 822-15

특허청구의 범위

청구항 1

기판의 상부에 전극을 형성하는 단계;

전극을 형성한 기판의 상부에 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 페이스트를 도포한 후 열처리하여 복합체층을 형성하는 단계;

를 포함하는 가스센서의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 페이스트는 증류수에 탄소나노튜브와 산화티탄을 혼합한 혼합물을 초음파 처리하고, 상기 혼합물에 아닐린, 염산 및 중합개시제를 혼합한 중합용액을 $-10 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 에서 중합반응한 후 건조하여 유기용매에 분산시켜 제조된 것을 포함하는 가스센서의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 함산소불소화 처리된 외경이 $100 \sim 200\text{nm}$, 길이 $1 \sim 10\mu\text{m}$ 인 탄소나노튜브인 것을 특징으로 하는 가스센서의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 산화티탄은 아나타제형을 포함하는 산화티탄을 첨가한 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서의 제조방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 중합개시제는 포타슘퍼설페이트, 암모니움퍼설페이트, 소듐퍼설페이트, 포타슘퍼망가네이트, 터셔리부틸 하이드로퍼옥사이드, 쿠멘하이드로퍼옥사이드 또는 디이소프로필벤젠하이드로퍼옥사이드에서 선택된 어느 하나 이상인 화합물인 것을 포함하는 가스센서의 제조방법.

청구항 6

제1항 내지 5항에서 선택된 어느 한 항에 의해 제조되어 기판, 전극 및 복합체층을 포함하는 가스센서.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 가스센서에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서에 산화티탄을 첨가하여 가스 감지 후에 자외선을 조사함으로써 초기 모드로 빠르게 복귀할 수 있는 가스센서를 제조하는 방법 및 상기 방법에 의하여 제조되는 가스센서에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 가스센서는 기체분자가 고체 표면에 닿으면 흡착 반응하는 성질을 이용하여 가스분자를 식별한다. 즉, 가스센서는 가스분자의 흡착정도에 따라 전기전도도가 변화하는 특성을 이용하여 유해가스의 양을 측정하는 원리에 의해 작동된다. 이러한 가스센서는 주로 가연성 또는 독성가스를 조기에 감지하여 신속한 대응을 하기 위한 것으로서 여러 가지 검출 방법을 이용한 수많은 가스센서가 개발되고 있으며, 검출 원리에 따라 전기화학적, 접촉 연소식, 고체전해질식, 반도체식 가스센서 등으로 분류할 수 있다.

- [0003] 반도체식 가스센서는 일정한 분위기에서 반도체 소자의 전기 저항과 일함수들의 변화를 이용하여 특정의 화학적 성분을 검출하거나 일정한 양으로 조절하는 센서로 가연성 가스가 주된 대상물이지만, 산소, 수증기, 이산화질소와 같은 흡착력이 강한 산화성 가스 또한 검출할 수 있으며, 감응물질로는 SnO_2 와 같은 금속산화물 반도체, 고체전해질 물질, 다양한 유기물질 및 카본 블랙(carbon black)과 유기물의 복합체 등이 있다.
- [0004] 그러나, 이와 같은 물질로 이루어진 가스센서는 여러 가지 문제점들을 갖고 있다. 금속산화물 반도체나 고체전해질을 사용한 가스센서는 200℃ 내지 600℃ 또는 그 이상의 온도로 가열을 하여야만 센서의 동작이 정상적으로 이루어지고, 유기 물질을 사용한 경우에는 전기전도도가 매우 낮으며, 카본 블랙과 유기물의 복합체를 사용한 경우에는 매우 낮은 감도(sensitivity)를 가지고 있는 문제점들이 있다.
- [0005] 이에 비하여 최근 신소재 소자로 각광받고 있는 탄소나노튜브(Carbon nanotube)는 상온에서 동작이 가능하고, 감도가 매우 좋으며 반응 속도가 빠르다는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점은 탄소나노튜브가 갖는 물성에서 기인하는데, 탄소나노튜브는 육각형 고리로 연결된 탄소들로 이루어진 흑연 판상(SP2)을 둥글게 말아서 생긴 튜브 형태의 분자로 그 직경이 수 내지 수십 nm에 이른다. 탄소나노튜브는 강도가 강하면서도 잘 휘고 지속적인 반복 사용에도 손상되거나 마모되지 않으며, 또한, 말린 형태와 구조 및 직경에 따라 전기적 특성이 달라진다. 뿐만 아니라, 탄소나노튜브는 전자 방출 특성과 화학적 반응성 등이 매우 우수하기 때문에 다양한 산업분야에서 많이 활용될 수 있는데, 특히 탄소나노튜브는 부피에 비하여 표면적이 매우 큰 물질이므로 높은 표면 반응성과 함께 미량의 화학성분의 검출과 수소저장과 같은 응용분야에서도 매우 유용하다.
- [0006] 또한, 탄소나노튜브를 이용한 센서를 200℃ 정도로 가열할 경우 원래의 전기전도도로 복귀가 되며, 반복적인 실험을 하더라도 성능의 저하가 이루어지지 않아 내구성이 우수하다. 이와 같이, 탄소나노튜브 가스센서는 감도가 우수하고, 응답속도가 매우 빠른 장점을 가지고 있다.
- [0007] 하지만, 상기한 바와 같이, 탄소나노튜브의 원래 전기전도도로의 복귀는 질소 가스 분위기에서 매우 느리게 진행된다. 이를 빠르게 하기 위해서는 200℃ 정도의 가열이 필수적으로 이루어져야 하는데, 이로 인해 히터와 같은 가열체 등의 부가적인 요소들을 필요로 하여 공정을 추가해야 하는 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서 탄소나노튜브/폴리아닐린에 산화티탄을 첨가한 가스센서 및 이의 제조방법을 제공함으로써 달성하는 것에 그 목적이 있다. 보다 구체적으로 본 발명의 목적은 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체를 이용한 가스센서를 제조하여, 상온에서도 유해 가스를 감지할 수 있으며, 가스 감지 후에도 초기 모드로 빠르게 복귀가 가능한 가스센서의 제조방법 및 상기 제조방법으로 제조된 가스센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명은 가스센서의 제조방법에 있어서, 기관의 상부에 전극을 형성하는 단계; 전극을 형성한 기관의 상부에 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 페이스트로 도포한 후 열처리하여 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체층을 형성하는 단계;를 포함하는 산화티탄을 첨가한 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서를 제공한다.
- [0010] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.
- [0011] 도 1은 본 발명에 따른 가스센서의 모식도이다. 본 발명의 가스센서 제조방법에 의하여 제조되는 가스센서는 기관위에 전극을 형성하고, 전극이 형성된 기관의 상부에 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체층을 형성한다. 상기 복합체층은 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 페이스트를 전극이 형성된 기관의 상부에 도포한 후 열처리를 하여 형성한다. 상기 기관은 가스센서의 구성소자를 구비할 수 있는 것이라면 어떠한 것을 사용하여도 무방하지만, 실리콘 기관으로 실리콘 웨이퍼를 사용하는 것이 바람직하다. 상기 기관위에 전극을 형성한다. 상기 전극은 전압을 인가하기 위한 것으로 백금을 사용하는 것이 바람직하다. 상기 전극의 일부는 전압 인가를 위해 표면에 노출된다.
- [0012] 상기 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 페이스트는 유기용매에 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체를 분산시킨 것이다. 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체는 증류수에 탄소나노튜브와 산화티탄을 혼합한 혼합물을 초음파 처리하고, 상기 혼합물에 아닐린, 염산 및 중합개시제를 혼합한 중합용액을 -10~10℃에서 중합반응

하여 제조된다. 상기 중합반응의 범위를 벗어나면 중합속도가 빨라지면서 폴리아닐린이 탄소나노튜브 위로 고르게 코팅되면서 중합되지 못하므로 원하는 물성을 얻기 어렵다. 상기 중합반응으로 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체는 40 ~ 60℃에서 24시간 건조시켜 분말의 형태로 수득된다. 상기 복합체를 유기용매에 분산시키고, 이를 전극이 형성된 기판위에 적층시켜 가스센서를 제조한다. 상기 유기용매에 분산되는 복합체는 유기용매 100중량부를 기준으로 0.1 ~ 2중량부인 것이 바람직하다. 상기 함량이 0.1중량부 미만이면 제조된 분말 형태의 복합체가 기판 위에 고르게 적층되지 못하며, 2중량부를 초과하면 제조된 분말 형태의 복합체가 기판 위에 두껍게 적층된다.

[0013] 상기 초음파 처리는 증류수에 탄소나노튜브를 잘 분산시키기 위한 것으로, 30분 ~ 1시간동안 실시하는 것이 바람직하다. 상기 처리시간이 너무 짧으면 탄소나노튜브의 분산이 잘 이루어지지 않으며, 또한 처리시간을 너무 길게 할 필요는 없다. 상기 혼합물에서 탄소나노튜브와 산화티탄의 질량비는 5 : 2 내지 5 : 5인 것이 바람직하다. 상기 범위의 질량비를 벗어나 산화티탄의 양이 증가해도 탄소나노튜브에 코팅되는 산화티탄의 양은 한정되어 있기 때문에 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체층에서의 가스감지 후 초기 모드로의 더 이상의 빠른 복귀에 대한 효과를 보기 어렵다. 탄소나노튜브를 사용함에 있어서, 본 발명은 단일벽 탄소나노튜브 또는 다중벽 탄소나노튜브를 사용할 수 있다. 상기 탄소나노튜브는 합산소불소화 처리된 탄소나노튜브인 것을 특징으로 하는 것이 보다 바람직하다. 이는 합산소불소화 처리된 것을 사용함으로써 가스 감응 특성이 처리되지 않은 탄소나노튜브에 비해 보다 향상시킬 수 있기 때문이다. 따라서, 상기 합산소불소화 처리된 탄소나노튜브와 산화티탄을 혼합한 혼합물을 가지고 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체층을 형성하는 것이 가스 감응도 및 초기모드로의 복귀를 위한 최적의 조건인 것이다. 상기 합산소불소화 처리된 탄소나노튜브는 외경이 100 ~ 200nm, 길이 1 ~ 10 μ m인 것이 바람직하다. 상기 탄소나노튜브의 외경과 길이가 상기 범위를 벗어나게 되면 산화티탄의 함량을 조절하기 어려우며, 자외선에 반응하는 정도가 약해지기 때문에 상기 조건을 만족하는 합산소불소화 처리된 탄소나노튜브를 사용하는 것이 보다 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 합산소불소화 처리된 탄소나노튜브는 불소가스 및 산소가스의 혼합가스를 이용하여 반응기 내에 불소화 총합이 0.01 내지 1.0 bar에서 1 내지 30분 동안 처리하며, 보다 바람직하게는 1 내지 10분 동안 이루어지게 반응한 것으로 탄소나노튜브 표면을 친수성기로 개질한 것이다. 상기 불소 가스는 삼불화질소(NF₃), 사불화탄소(CF₄), 삼불화탄소(CHFe₃), 팔불화삼탄소(C₃F₈) 및 팔불화사탄소(C₄F₈)에서 선택되는 하나 이상인 것이고, 상기 불소 가스 및 산소 가스의 혼합가스는 불소와 산소 가스의 혼합비율이 5 내지 95 : 95 내지 5 부피비로 혼합하여 사용한다. 상기 합산소불소화로 탄소나노튜브는 표면에 생성된 친수성 관능기로 표면이 개질되어 탄소나노튜브의 분산성을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

[0015] 상기 초음파 처리된 혼합물에 아닐린, 염산 및 중합개시제를 혼합하여 중합용액을 제조한다. 상기 아닐린, 염산 및 중합개시제는 상기 혼합물 100중량부에 아닐린 단량체 200 내지 1000 중량부, 염산 용액 150 내지 800 중량부, 중합개시제 250 내지 1300 중량부로 혼합하는 것이 바람직하다. 상기 중합개시제는 중합반응을 하기 위한 개시제인 것으로, 포타슘퍼셀레이트, 암모니움퍼셀레이트, 소디움퍼셀레이트, 포타슘퍼망가네이트, 터셔리부틸 하이드로퍼옥사이드, 쿠멘하이드로퍼옥사이드 또는 디이소프로필벤젠하이드로퍼옥사이드에서 선택된 어느 하나 이상의 화합물인 것으로 보다 바람직하게는 포타슘퍼셀레이트를 사용하는 것이 좋다.

[0016] 본 발명에서는 산화티탄은 아나타제형인 산화티탄을 사용하는 것이 바람직하다. 산화티탄은 결정형태에 따라 루타일(rutile)과 아나타제(anatase)형으로 나눌 수 있으며, 각각 물성에 있어 다소 차이가 있다. 본 발명의 아나타제형 산화티탄은 자외선에 노출되면 전자를 생성시킴으로써 초기 모드로의 복귀 시간을 단축시키는 역할을 한다. 즉, 회복 특성을 향상시켜 가스 센싱 능력을 향상시키는 중요한 구성요소라고 할 수 있다.

[0017] 상기의 제조방법에 의하여 제조된 가스센서는 상온에서 가스의 감지가 가능하여 가열을 위한 부가적인 요소가 필요하지 않으며, 가스 감응 특성이 우수하다. 이는 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서가 가지고 있는 물성을 산화티탄을 첨가하여도 손실되지 않도록 중합하였기 때문이며, 따라서 본 발명의 가스센서는 상기 가스 감응도가 좋은 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서의 특성을 유지하면서도 초기모드로의 회복 시간이 짧다는 장점이 있다. 상기 회복 특성은 산화티탄이 자외선을 받으면서 생성된 전자가 탄소나노튜브와 폴리아닐린으로 이동하면서 탄소나노튜브의 홀이 감소하게 되고, 폴리아닐린에 전자가 증가하면서 이루어진다. 또한, 가스센서는 자외선을 받으면서 생성된 수산화라디칼이 탄소나노튜브와 폴리아닐린 표면에 붙은 NO 가스를 분해하여 표면에서 떼어내면서 전도도가 감소하게 되고, 이는 저항이 증가하게 되면서 초기 모드로 회복 시간이 빨라지는 것이다.

발명의 효과

[0018] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 가스센서 제조방법은 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서에 산화티탄을 첨가하여, 가스를 감지한 후에 자외선을 조사하여 초기 모드로의 복귀시간을 단축시키는 장점이 있다. 또한, 본 발명의 제조방법에 의해 제조된 가스센서는 상온에서도 유해 가스를 감지할 수 있어 가열을 위한 추가적인 요소가 필요하지 않으며, 탄소나노튜브/폴리아닐린 가스센서가 가지고 있는 우수한 가스 감응 특성을 그대로 가지고 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명에 따라 제조된 가스센서의 모식도이고,
 도 2는 가스감응 특성을 측정하기 위한 장치의 모식도이고,
 도 3은 실시예에 의해 제조된 탄소나노튜브/폴리아닐린/산화티탄 복합체의 표면을 FE-SEM apparatus(JEOL, JSM-7000F)로 관찰한 것이고,
 도 4는 비교예에 의해 제조된 탄소나노튜브/폴리아닐린/산화티탄 복합체의 표면을 FE-SEM apparatus(JEOL, JSM-7000F)로 관찰한 것이고,
 도 5는 실시예에 의해 제조된 가스센서의 표면을 FE-SEM apparatus(JEOL, JSM-7000F)로 관찰한 것이고,
 도 6은 비교예에 의해 제조된 가스센서의 표면을 FE-SEM apparatus(JEOL, JSM-7000F)로 관찰한 것이고,
 도 7은 본 발명에 따라 제조된 가스센서의 NO가스에 대한 감응특성을 측정한 것이고,
 도8은 본 발명에 따라 제조된 가스센서의 NO가스에 대한 감응 후 자외선을 조사하여 회복특성을 측정한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명한다.
 [0021] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[실시예] 가스센서를 위한 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체 제조

[0023] 증류수 18ml에 함산소불소화 처리된 외경 110 ~ 170 nm, 길이 5 ~ 9 μ m인 탄소나노튜브(Carbon nanotube, Aldrich사) 0.5 g과 증류수 2ml에 용해시킨 아나타제형 산화티탄(Titanium(IV) oxide, 99%, anatase powder, Acros사) 0.2 g을 혼합하여 2시간 동안 초음파 분해하였다.
 [0024] 상기 혼합용액에 아닐린(Aniline, Aldrich사) 0.5ml, 염산(Hydro chloric acid, 35.0 ~ 37.0%, Samchun사) 0.5 ml, 증류수 10ml에 용해시킨 중합개시제인 포타슘퍼설페이트(potassium persulfate, 99%, A.C.S. reagent, Aldrich사)를 혼합하여 중합용액을 제조하였다.
 [0025] 상기 중합용액을 0℃에서 6시간동안 교반하여 중합하였다.
 [0026] 상기 제조된 중합용액에서 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체를 얻기 위해서 증류수, 메탄올(Methyl alcohol, 99.5%, Samchun사), 아세톤(Acetone, 99.5%, Samchun)을 이용해 세척 후, 여과하였다.
 [0027] 상기 여과된 복합체를 45℃의 오븐에서 24시간 동안 건조하였다.
 [0028] 상기 건조된 복합체 분말을 아세톤에 분산하고, 분산된 용액을 실리콘 웨이퍼 위에 떨어뜨린 후 핫플레이트 상에 올려놓고 80℃에서 30분 동안 수분을 증발시키기 위한 열처리를 하여 가스센서를 제조하였다.

[비교예] 가스센서를 위한 폴리아닐린 제조

[0030] 증류수 2ml에 용해시킨 아나타제형 산화티탄(Titanium(IV) oxide, 99%, anatase powder, Acros) 0.2 g과 함산소불소화 처리된 외경 110 ~ 170 nm, 길이 5 ~ 9 μ m인 탄소나노튜브(Carbon nanotube, aAldrich사) 0.5 g을 넣지 않을 것을 제외하고는 실시예와 동일하게 실시하였다.

[0031] 평가

[0032] (표면관찰)

[0033] 상기 실시예의 제조방법에 따라 제조된 가스센서를 위한 탄소나노튜브/산화티탄/폴리아닐린 복합체의 표면을 FE-SEM apparatus(JEOL, JSM-7000F)로 관찰하였다. 그 결과, 도 3-A에서도 확인 할 수 있듯이, 폴리아닐린과 산화티탄이 균일하게 코팅된 탄소나노튜브를 확인할 수 있었다.

[0034] 상기 비교예의 제조방법에 따라 제조된 폴리아닐린 표면을 FE-SEM apparatus(JEOL, JSM-7000F)로 관찰하였다. 그 결과, 도 3-D에서도 확인 할 수 있듯이, 중합된 폴리아닐린의 표면을 확인할 수 있었다.

[0035] (가스센서 성능시험-감응 특성)

[0036] 본 시험예에 따른 가스센서의 표면 특성을 알아보기 위하여 FE-SEM apparatus(JEOL, JSM-7000F)로 관찰하였다. 그 결과, 도 4에서도 확인 할 수 있듯이, 각각의 복합체가 실리콘 웨이퍼 상에 고르게 증착되었음을 확인할 수 있었다.

[0037] 상기 실시예 및 비교예로 제조된 가스센서의 가스 감응 특성을 평가하였다. 가스 감응 특성을 평가하기 위한 장치의 모식도는 도 2에 나타내었다. 가스 감응특성은 도 2에 도시된 장치를 이용하여 25℃의 온도에서 NO가스를 50ppm의 농도로 주입하여 NO의 가스 분위기에서 전압을 공급하고 시간에 따른 저항을 측정하였다. 가스 감응 특성은 저항변화 값을 통해 알 수 있다. 저항변화 값은 하기 식 1에 의해 측정 할 수 있다.

[0038] [식 1]

[0039] 저항변화 값 = (최종 저항값 - 초기 저항값) / 초기 저항값

[0040] 도 7을 참조하면, 상기 실시예 및 비교예에서 제조된 가스센서가 NO 가스에 감응함을 확인할 수 있다. 하지만 저항변화를 한계치 도달한 40분 이후 회복 특성은 매우 약한 것을 확인할 수 있다. 가스센서가 회복 될 때까지는 약 24시간이 소요되었다. 그래프의 X축은 측정 시간을 나타내고, Y축은 저항 변화율을 나타낸다.

[0041] (가스센서 성능시험-초기 모드로의 회복 특성)

[0042] 상기 가스 센서 제조 및 성능 시험예와 동일하게 실시하되, 산화티탄의 가스 센서 회복 능력을 확인하기 위하여 자외선 조사를 위해 도 2에 도시된 장치에 UV 조사기를 설치한다. 자외선 조사기가 설치된 장치의 모식도는 도 2에 나타내었다.

[0043] 도 8을 참조하면, 상기 실시예 및 비교예에서 제조된 가스센서가 NO 가스에 감응함을 확인할 수 있으며, 가스 센싱 후, 자외선을 조사하면, 저항변화율 한계치 도달한 40분 이후 회복 특성이 우수해 졌음을 확인 할 수 있다. 가스센서가 회복 될 때까지는 약 1시간이 소요되었다. 이는 산화티탄이 자외선을 받으면서 생성된 전자가 탄소나노튜브와 폴리아닐린으로 이동하면서 탄소나노튜브의 홀이 감소하고 폴리아닐린에 전자가 증가하면서, 또한 자외선을 받으면서 생성된 수산화라디칼이 탄소나노튜브와 폴리아닐린 표면에 붙은 NO가스를 분해하여 표면에서 떼어내면서 다시 전도도가 감소(저항이 증가)하게 되면서 가스센서가 빠르게 복귀하는 것을 확인할 수 있었다.

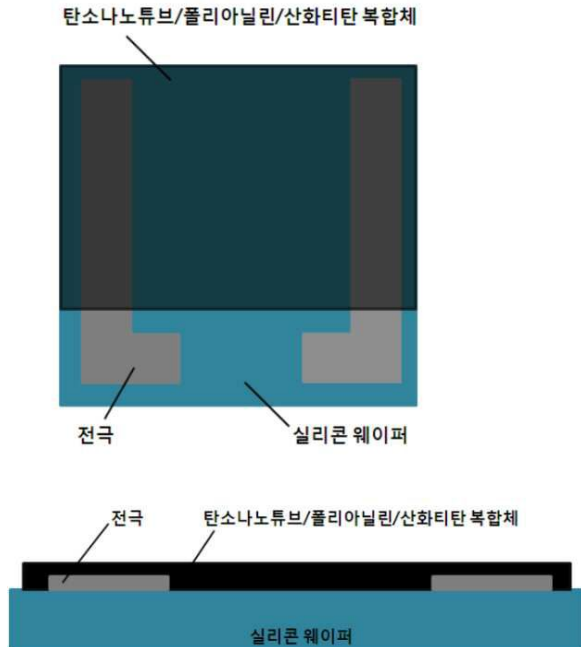
[0044] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 장치도와 같이 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이

가능하다.

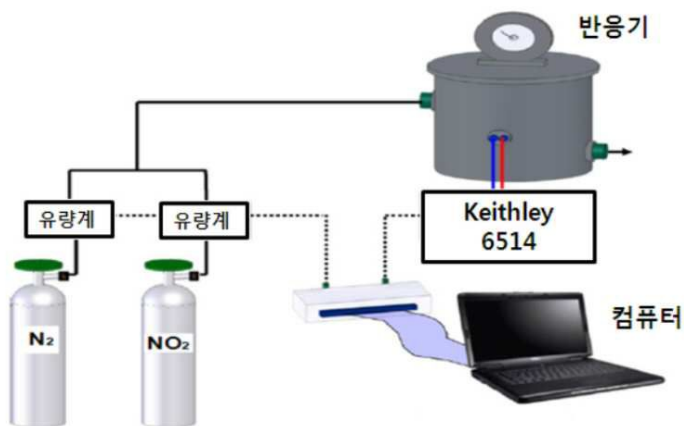
[0045] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

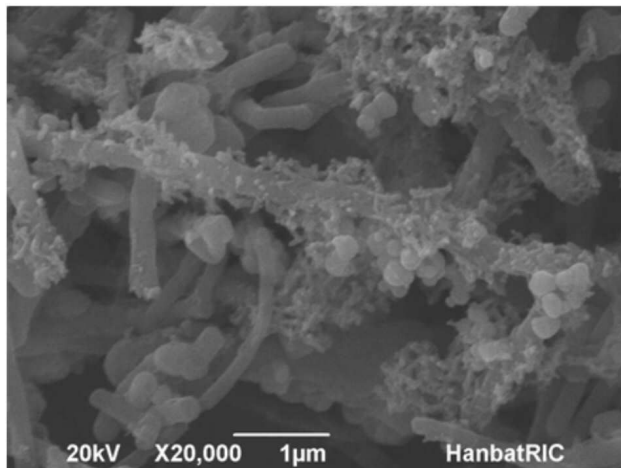
도면1



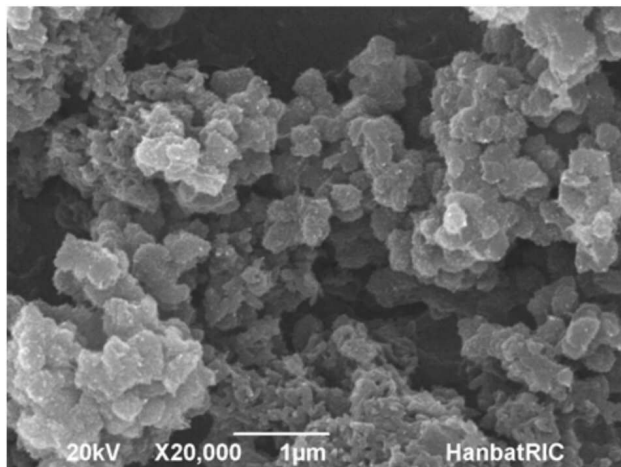
도면2



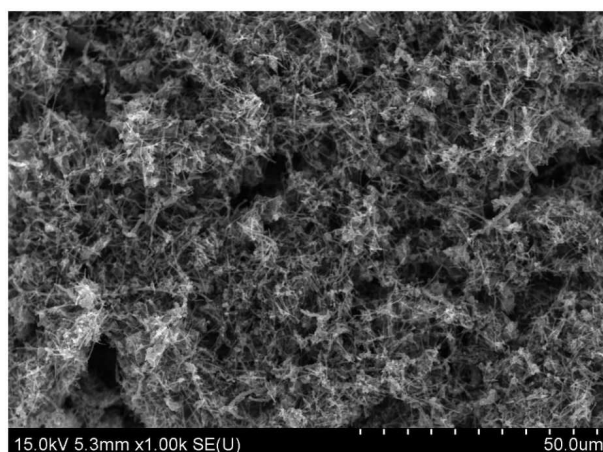
도면3



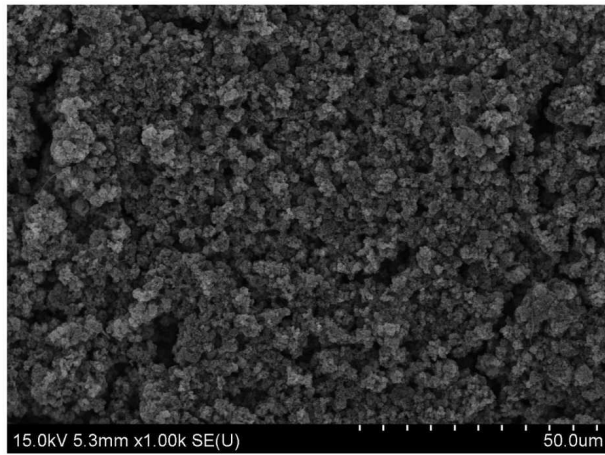
도면4



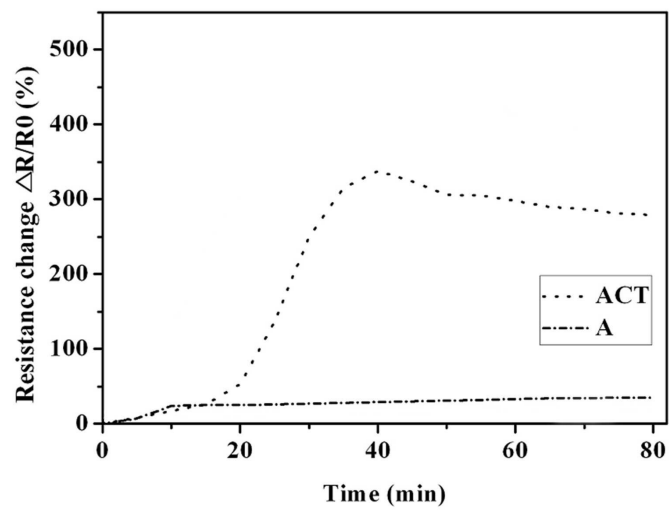
도면5



도면6



도면7



도면8

