



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0161104
(43) 공개일자 2022년12월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 33/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01N 33/0044 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0076779

(22) 출원일자 2021년06월14일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

1020210069451 2021년05월28일 대한민국(KR)

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김성환

경기도 수원시 영통구 삼성로 129

이종훈

서울특별시 성북구 안암로 145

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이건주, 김정훈

전체 청구항 수 : 총 20 항

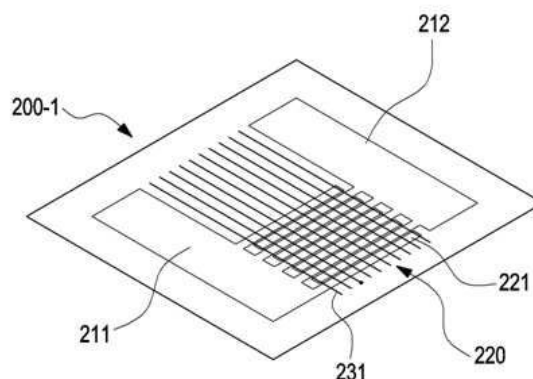
(54) 발명의 명칭 **항 화합물을 검출하는 나노섬유 센서 및 그 제조방법**

(57) 요약

본 개시의 다양한 실시예에 따른, 센서는 기관, 상기 기관 상 또는 내부에 패턴화된 나노섬유를 포함하고, 상기 나노섬유는 산화구리 및 산화철구리를 포함하고, 상기 산화철구리의 외곽에 상기 산화구리가 배치될 수 있다.

본 개시의 다양한 실시예에 따른 나노섬유가 포함된 센서를 제조하는 방법은 금속결정, 폴리머, 용매가 포함된 용액을 주사기를 통해 메탈 콜렉터 상에 배치된 기관에 패턴을 가지도록 나노섬유를 배치하는 공정, 상기 기관에 배치된 상기 나노섬유의 상기 폴리머를 분해시키고 상기 금속결정을 산화시키는 상기 기관을 열처리하는 공정을 포함하고, 상기 주사기와 상기 메탈 콜렉터는 서로 직교하는 3축을 따라 이동가능하고, 상기 금속결정은 구리 및 철을 포함하는 질산염을 포함하고, 열처리된 상기 나노섬유는 산화구리 및 산화철구리를 포함하고, 상기 용액에 포함된 상기 금속결정, 상기 폴리머 및 상기 용매의 질량비는 1:10:50일 수 있다.

대표도 - 도7



(72) 발명자

임겨레

서울특별시 성북구 안암로 145

조영규

경기도 수원시 영통구 삼성로 129

문영국

서울특별시 성북구 안암로 145

박장표

경기도 수원시 영통구 삼성로 129

정용원

경기도 수원시 영통구 삼성로 129

명세서

청구범위

청구항 1

센서에 있어서,
기관; 및
상기 기관 상 또는 내부에 패턴화된 나노섬유를 포함하고,
상기 나노섬유는 산화철구리 및 산화구리를 포함하고,
상기 산화철구리의 외곽에 상기 산화구리가 배치된 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 산화철구리는 스피넬(spinel)구조인 센서.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 산화구리는 상기 센서 주변의 수증기를 산화시키도록 형성된 센서.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 산화철구리는 황 화합물과 선택적으로 반응하도록 형성된 센서.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 황 화합물은 황화수소 및 메틸메르캅탄을 포함하는 센서.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 나노섬유는 단사정계 산화구리 및 정방정계 산화철구리를 포함하는 센서.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 센서는 섭씨 350도 미만에서 상기 산화철구리는 황화수소와 우세하게 반응하고, 섭씨 350도 이상에서 상기 산화철구리는 황화수소와 우세하게 반응하는 센서.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 센서는 섭씨 350도 미만에서 황화수소에 대한 감도가 높고, 섭씨 350도 이상에서 메틸메르캅탄에 대한 감도가 높은 센서.

청구항 9

제5항에 있어서,

에탄올, 포름알데히드, 에틸벤젠, 암모니아, 벤젠 및 수소에 대한 상기 센서의 감도는 황화수소 및 메틸메르캅탄에 대한 상기 센서의 감도보다 낮은 센서.

청구항 10

제1항에 있어서,

산화철구리 및 산화구리의 몰비는 1:1인 센서.

청구항 11

나노섬유가 포함된 센서를 제조하는 방법에 있어서,

금속결정, 폴리머, 용매가 포함된 용액을 주사기를 통해 메탈 콜렉터 상에 배치된 기판에 패턴을 가지도록 나노섬유를 배치하는 공정;

상기 기판에 배치된 상기 나노섬유의 상기 폴리머를 분해시키고 상기 금속결정을 산화시키는 상기 기판을 열처리하는 공정;을 포함하고,

상기 주사기와 상기 메탈 콜렉터는 서로 직교하는 3축을 따라 이동가능하고,

상기 금속결정은 구리 및 철을 포함하는 질산염을 포함하고,

열처리된 상기 나노섬유는 산화구리 및 산화철구리를 포함하고,

상기 용액에 포함된 상기 금속결정, 상기 폴리머 및 상기 용매의 질량비는 1:10:50인 나노섬유가 포함된 센서를 제조하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 나노섬유를 배치하는 공정은, 근접장 전기방사 방식을 이용하고, 상기 주사기와 상기 메탈 콜렉터 사이에 전기적 에너지 전위차가 발생하는 센서를 제조하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 전기적 에너지 전위차는 50V 내지 2000V인 센서를 제조하는 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 금속 결정에 포함된 철의 원자 수는 구리의 원자 수보다 큰 센서를 제조하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 용액에 포함된 상기 철의 원자 수와 상기 구리의 원자 수의 비는 2:1인 센서를 제조하는 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 용액에 포함된 상기 철의 원자 수와 구리의 원자 수의 비는 4:3인 센서를 제조하는 방법

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 폴리머는 폴리비닐피롤리돈, 폴리아닐린, 폴리피롤 중 적어도 하나를 포함하는 센서를 제조하는 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 용액에서의 상기 폴리비닐피롤리돈의 질량비는 10% 내지 20%인 센서를 제조하는 방법.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 용매는 메탄올 또는 에탄올을 포함하는 센서를 제조하는 방법.

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 용매는 메탄올 또는 에탄올을 포함하는 센서를 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시의 다양한 실시예들은 황 화합물을 검출하는 나노섬유 센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 저항변화식(chemiresistive) 나노섬유 센서는 감지소재 표면에서의 특정 가스 분자의 흡착 및 탈착 과정을 통해

발생하는 표면반응(surface adsorption-desorption reaction)에 의하여 전기 저항값이 변화하는 현상을 이용하여 특정 가스를 탐지한다. 공기중에서의 저항 대비 특정 가스에서의 저항비를 분석함으로써 특정 가스를 감지할 수 있는 간단한 원리를 이용하고 있어, 비교적 저렴한 가격으로 센서를 구성할 수 있으며, 초소형 제작이 용이하여 휴대성 및 실시간 측정이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 위와 같은 장점을 가지는 저항변화식 나노섬유 센서는 유해 가스 누출 경보기, 알코올 검출기 등 다양한 분야에 적용되어 사용되고 있다.

[0004] 최근 헬스 케어에 대한 관심이 급증하면서 인체로부터 배출되는 미량의 생체지표(biomarker) 가스를 정밀하게 검출하여 신체의 특정 질병 여부를 조기에 진단할 수 있는 센서 연구가 활발히 진행되고 있다. 생체지표 가스는 대표적으로 구취, 액취, 장내가스, 발냄새 등이 있다. 신진대사 과정 중 몸 속의 질병인자들이 발생하는데, 이는 휘발성 황 화합물(volatile sulfuric compounds) 가스 형태로 미량 배출되게 된다. 대표적인 생체지표 가스에 포함된 황 화합물에는 황화수소(H_2S) 및 메틸메르캅탄(CH_3SH)이 포함될 수 있다. 상기 생체지표 가스를 감지하는 센서로, 고감도, 선택성 및 고속반응이 가능한 것이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 일반적으로, 센서는 휘발성 황 화합물의 대표 가스인 황화 수소를 측정하여 감지한다. 황화 수소를 측정하는 방법으로는, 휘발성 황 화합물의 세부적인 분류가 불가능했으며, 일정 농도 이상의 황 화합물을 감지하는 것에 지나지 않았다. 어떤 종류의 황 화합물인지 감지하기 어려웠기 때문에, 황 화합물이 발생하는 원인을 알아내기 힘든 실정이다. 또한, 황 화합물의 종류마다 인간의 코로 검출할 수 있는 검출 하한이 다른데, 감지되는 황 화합물이 어떤 종류의 것인지 알 수 없기에 환기함에 있어서 그 효율성이 떨어졌다.

[0007] 이를 해결하기 위해, 감지되는 황 화합물의 종류를 파악할 수 있는 센서가 필요하다.

[0008] 본 개시의 다양한 실시예에 따르면, 황 화합물의 종류에 따라 선택적으로 고반응하는 나노섬유가 포함된 센서를 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 센서는 기관, 상기 기관 상 또는 내부에 패턴화된 나노섬유를 포함하고, 상기 나노섬유는 산화구리 및 산화철구리를 포함하고, 상기 산화철구리의 외곽에 상기 산화구리가 배치될 수 있다.

[0011] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 나노섬유가 포함된 센서를 제조하는 방법은 금속결정, 폴리머, 용매가 포함된 용액을 주사기를 통해 메탈 콜렉터 상에 배치된 기관에 패턴을 가지도록 나노섬유를 배치하는 공정, 상기 기관에 배치된 상기 나노섬유의 상기 폴리머를 분해시키고 상기 금속결정을 산화시키는 상기 기관을 열처리하는 공정을 포함하고, 상기 주사기와 상기 메탈 콜렉터는 서로 직교하는 3축을 따라 이동가능하고, 상기 금속결정은 구리 및 철을 포함하는 질산염을 포함하고, 열처리된 상기 나노섬유는 산화구리 및 산화철구리를 포함하고, 상기 용액에 포함된 상기 금속결정, 상기 폴리머 및 상기 용매의 질량비는 1:10:50일 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 센서는, 황 화합물의 종류에 따라 선택적으로 반응할 수 있는 나노섬유를 포함할 수 있다.

[0014] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 센서는, 황 화합물의 종류에 따라 선택적으로 반응하는 나노섬유가 포함됨에 따라, 황 화합물의 종류를 식별할 수 있다.

[0015] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 센서는, 황 화합물의 종류를 식별함에 따라, 황 화합물이 포함된 가스를 배출하는 사람의 건강 상태를 모니터링할 수 있다.

[0016] 다만, 본 개시에서 해결하고자 하는 과제는 상기 언급된 과제에 한정되는 것이 아니며, 본 개시의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0018]

- 도 1은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 포함된 센서를 제조하는 장치를 도시한다.
- 도 2는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 배치되는 센서의 기판을 도시한다.
- 도 3은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 배치되는 센서 회로를 도시한다.
- 도 4는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 센서회로에 배치되는 과정을 도시한다.
- 도 5는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 복수 개의 나노섬유가 센서회로에 배치되는 과정을 도시한다.
- 도 6은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 센서회로의 열처리 과정을 도시한다.
- 도 7은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서를 도시한다.
- 도 8은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 열처리된 나노섬유의 확대도이다.
- 도 9는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서의 제조공정을 도시한다.
- 도 10a 및 도 10b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서의 온도별 및 가스별 센서 감도를 도시한 그래프이다.
- 도 11은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 온도에 따른 나노섬유 패턴센서의 반응되는 가스의 선택도를 도시한 그래프이다.
- 도 12a 및 도 12b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 습도에 따른 나노섬유 패턴센서의 저항의 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 13a 및 도 13b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 가스 농도에 따른 나노섬유 패턴센서의 저항 변화를 도시한 그래프이다.
- 도 14a 및 도 14b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서의 가스 농도에 따른 반응 정도를 도시한 그래프이다.
- 도 15a 및 도 15b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서에 포함된 나노섬유의 구성 비율 및 온도에 따른 반응 정도를 도시한 그래프이다.
- 도 16은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서가 적용될 수 있는 실시예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019]

본 문서의 다양한 실시예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술적 특징들을 특정한 실시예들로 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 또는 관련된 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 아이템에 대응하는 명사의 단수 형은 관련된 문맥상 명백하게 다르게 지시하지 않는 한, 상기 아이템 한 개 또는 복수 개를 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", 또는 "첫째" 또는 "둘째"와 같은 용어들은 단순히 해당 구성요소를 다른 해당 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있으며, 해당 구성요소들을 다른 측면(예: 중요성 또는 순서)에서 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성요소가 다른(예: 제 2) 구성요소에, "기능적으로" 또는 "통신적으로"라는 용어와 함께 또는 이런 용어 없이, "커플드" 또는 "커넥티드"라고 언급된 경우, 그것은 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로(예: 유선으로), 무선으로, 또는 제 3 구성요소를 통하여 연결될 수 있다는 것을 의미한다.

[0020]

본 문서의 다양한 실시예들에서 사용된 용어 "모듈"은 하드웨어, 소프트웨어 또는 펌웨어로 구현된 유닛을 포함할 수 있으며, 예를 들면, 로직, 논리 블록, 부품, 또는 회로와 같은 용어와 상호 호환적으로 사용될 수 있다. 모듈은, 일체로 구성된 부품 또는 하나 또는 그 이상의 기능을 수행하는, 상기 부품의 최소 단위 또는 그 일부가 될 수 있다. 예를 들면, 일실시예에 따르면, 모듈은 ASIC(application-specific integrated circuit)의 형

태로 구현될 수 있다.

- [0021] 다양한 실시예들에 따르면, 상기 기술한 구성요소들의 각각의 구성요소(예: 모듈 또는 프로그램)는 단수 또는 복수의 개체를 포함할 수 있으며, 복수의 개체 중 일부는 다른 구성요소에 분리 배치될 수도 있다. 다양한 실시예들에 따르면, 전술한 해당 구성요소들 중 하나 이상의 구성요소들 또는 동작들이 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 구성요소들 또는 동작들이 추가될 수 있다. 대체적으로 또는 추가적으로, 복수의 구성요소들(예: 모듈 또는 프로그램)은 하나의 구성요소로 통합될 수 있다. 이런 경우, 통합된 구성요소는 상기 복수의 구성요소들 각각의 구성요소의 하나 이상의 기능들을 상기 통합 이전에 상기 복수의 구성요소들 중 해당 구성요소에 의해 수행되는 것과 동일 또는 유사하게 수행할 수 있다. 다양한 실시예들에 따르면, 모듈, 프로그램 또는 다른 구성요소에 의해 수행되는 동작들은 순차적으로, 병렬적으로, 반복적으로, 또는 휴리스틱하게 실행되거나, 상기 동작들 중 하나 이상이 다른 순서로 실행되거나, 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 동작들이 추가될 수 있다.
- [0023] 이하, 본 개시의 다양한 실시예에 따른 나노섬유가 포함된 센서 및 그 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.
- [0024] 도 1은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 포함된 센서를 제조하는 장치를 도시한다.
- [0025] 다양한 실시예에 따른 제조 장치(100)는 주사기(110), 주사기 과지부(120), 기관(130) 및 메탈 콜렉터(metal collector, 140)를 포함할 수 있다.
- [0026] 다양한 실시예에 따르면, 주사기(110)는 내부에 용액을 포함할 수 있다. 주사기(110)에 포함된 용액은 제조 장치(100)의 프로세서(미도시)의 전기적 신호에 따라, 주사기(110) 밖으로 배출될 수 있다. 주사기(110)에 포함된 용액은 금속이온이 포함된 질산염, 폴리머(polymer) 및 용매(solvent)가 포함될 수 있다. 용액에 포함된 질산염, 폴리머 및 용매의 질량비는 약 1:10:50 일 수 있다.
- [0027] 다양한 실시예에 따르면, 질산염은 철(Fe)을 포함할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 질산염은 구리(Cu) 및 철(Fe)을 포함할 수 있다. 구리와 철의 원자비(몰비)는 1:2일 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 구리와 철의 원자비는 약 0:1, 1:2, 3:4 또는 1:1일 수 있다. 즉, 구리의 원자비는 철의 원자비보다 같거나 낮을 수 있다. 구리와 철의 원자비에 대한 설명은 도 15a 및 도 15b에 대한 설명과 함께 후술한다.
- [0028] 다양한 실시예에 따르면, 폴리머는 폴리비닐롤피리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리아닐린(polyaniline) 또는 폴리피롤(polypyrrole) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0029] 다양한 실시예에 따르면, 용매는 메탄올(methanol) 또는 에탄올(ethanol) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0030] 다양한 실시예에 따르면, 주사기 과지부(120)는 주사기(110)를 과지할 수 있다. 주사기 과지부(120)는 제조 장치(100)의 프로세서(미도시)의 전기적 신호에 따라 +Z축 또는 -Z축을 따라 이동할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 주사기 과지부(120)는 제조 장치(100)의 프로세서(미도시)의 전기적 신호에 따라 +X축, -X축, +Y축 또는 -Y축을 따라 이동할 수 있다. 이와 같이 주사기(110)를 과지한 주사기 과지부(120)의 움직임에 따라, 주사기(110)는 X, Y, Z축을 따라 이동할 수 있다. 주사기(110)가 X, Y, Z축을 따라 이동함에 따라, 주사기(110)에서 배출되는 용액은 다양한 패턴을 형성하며 주사기(110)로부터 배출될 수 있다.
- [0031] 다양한 실시예에 따르면, 기관(130)은 주사기(110)의 -Z축 방향에 배치될 수 있다. 주사기(110)로부터 배출되는 용액은 기관(130)의 위에 패턴을 형성하도록 배치될 수 있다. 기관(130)은 세라믹 기관, 유리 기관, 알루미늄 기관(Al_2O_3), 플라스틱 기관, 실리콘옥사이드(SiO_2) 기관 또는 실리콘 웨이퍼 기관을 포함할 수 있다.
- [0032] 다양한 실시예에 따르면, 기관(130)의 -Z축 방향에는 메탈 콜렉터(140)가 배치될 수 있다. 즉, 기관(130)은 메탈 콜렉터(140) 상에 고정되도록 배치될 수 있다. 메탈 콜렉터(140)는 제조 장치(100)의 프로세서(미도시)의 전기적 신호에 따라 X, Y, Z축을 따라 이동할 수 있다. 메탈 콜렉터(140)가 X, Y, Z축을 따라 이동함에 따라, 메탈 콜렉터(140) 상에 배치된 기관(130)도 X, Y, Z축을 따라 이동할 수 있다. 메탈 콜렉터(140)는 전기적으로 연결되어 전압이 인가될 수 있다. 이에 따라, 주사기(110)와 메탈 콜렉터(140) 사이에는 약 50~2000V의 전압 차이가 발생할 수 있다. 주사기(110)와 메탈 콜렉터(140) 사이에 전압 차이가 발생함에 따라, 주사기(110)에 포함된 용액은 근접장 전기방사(near-field electrospinning)를 통해 주사기(110)로부터 기관(130)으로 배출될 수 있다. 주사기(110)와 기관(130)의 상대적인 움직임에 따라, 주사기(110)에서 근접장 전기방사를 통해 배출되는 용액은 기관(130) 상에 패턴을 형성하도록 배치될 수 있다.

- [0034] 도 2는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 배치되는 센서의 기판을 도시한다. 도 3은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 배치되는 센서회로를 도시한다.
- [0035] 도 2에 개시된 기관(130)은 도 1에 개시된 기관(130)과 전부 또는 일부가 동일할 수 있다. 따라서, 동일한 구성에 대한 설명은 생략될 수 있다.
- [0036] 도 2를 참조하면, 다양한 실시예에 따르면, 기관(130)의 일 면에는 1개 이상의 센서회로(200)가 배치될 수 있다. 센서회로(200)는 기관(130)에 인쇄되어 기관(130) 상에 배치될 수 있다. 센서회로(200)는 도체 또는 반도체로 구성될 수 있다.
- [0037] 도 3을 참조하여, 기관(130)에 배치된 1개의 센서회로(200)에 대해 설명한다. 다양한 실시예에 따르면, 센서회로(200)는 가로 약 5mm, 세로 약 5mm의 크기로 배치될 수 있다. 센서회로(200)는, 약 5mm의 길이를 가지며 서로 대향하는 2개의 수직회로(210)를 포함할 수 있다. 수직회로(210)의 폭은 수 μm 내지 수mm로 형성될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 수직회로(210)의 폭은 약 1 μm 내지 약 1mm일 수 있다. 센서회로(200)는 수평회로(220)를 포함할 수 있다. 수평회로(220)는 하나의 수직회로(210)로부터 연장되어 다른 수직회로(210)를 향하도록 수평 방향으로 배치될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 센서회로(200)는 대략 U자 형태로 배치될 수 있다. 센서회로(200)의 형태는 이에 한정되는 것은 아니며, 다른 형태로 배치될 수 있다.
- [0039] 도 4는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유가 센서 회로에 배치되는 과정을 도시한다.
- [0040] 도 4에 개시된 주사기(110), 센서회로(200), 수직회로(210) 및 수평회로(220)는 도 1 내지 도 3에 개시된 주사기(110), 센서회로(200), 수직회로(210) 및 수평회로(220)와 전부 또는 일부가 동일할 수 있다. 따라서, 동일한 구성에 대한 설명은 생략될 수 있다.
- [0041] 도 4를 참조하면, 다양한 실시예에 따르면, 센서회로(200)의 수직회로(210)는 좌측 수직회로(211) 및 우측 수직회로(212)를 포함할 수 있다. 좌측 수직회로(211)와 우측 수직회로(212)는 서로 대향하도록 배치될 수 있다.
- [0042] 다양한 실시예에 따르면, 센서회로(200)의 수평회로(220)는 수평세부회로(221)를 포함할 수 있다. 하나의 수평세부회로(221)는 좌측 수직회로(211)로부터 연장되어 우측 수직회로(212)를 향하여 수평방향으로 배치되되, 우측 수직회로(212)와 접촉하지 않도록 배치될 수 있다. 하나의 수평세부회로(221)에 인접한 다른 수평세부회로(221)는 우측 수직회로(212)로부터 연장되어 좌측 수직회로(211)를 향하여 수평방향으로 배치되되, 좌측 수직회로(211)와 접촉하지 않도록 배치될 수 있다. 즉, 수평세부회로(221)는 좌측 수직회로(211) 및 우측 수직회로(212)로부터 번갈아가면서 연장되어 수평으로 배치되되, 우측 수직회로(212) 및 좌측 수직회로(211)와 접촉하지 않도록 배치될 수 있다. 수평세부회로(221)의 길이는 5mm 이하일 수 있으며, 수평세부회로(221)의 폭은 1mm 이하일 수 있다.
- [0043] 다양한 실시예에 따르면, 주사기(110)는 몸체부(111)와 팁(tip, 112)를 포함할 수 있다. 주사기(110)의 몸체부(111)는 내부에 수납된 용액을 포함할 수 있다. 주사기(110)의 팁(112)은 몸체부(111)에 수납된 용액이 배출되는 통로(미도시)를 포함할 수 있다. 몸체부(111)에 수납된 용액은 팁(112)의 통로를 통해 주사기(110) 외부로 배출되어 센서회로(200)에 실장될 수 있다. 몸체부(111)에 수납된 용액은 근접장 전기방사를 통해 센서회로(200)에 열처리 전 나노섬유(230)로 실장될 수 있다. 근접장 전기방사에 인가되는 전압은 약 50V 내지 약 2000V 일 수 있다. 센서회로(200)에 실장되는 열처리 전 나노섬유(230)는 좌측 수직회로(211)와 우측 수직회로(212) 사이에 수직회로(210)와 평행하도록 배치될 수 있다. 열처리 전 나노섬유(230)의 길이는 약 5mm 일 수 있다. 열처리 전 나노섬유(230)의 폭은 약 1 μm 내지 약 100 μm 일 수 있다. 열처리 전 나노섬유(230)의 폭은 용액의 폴리머에 함유된 폴리비닐폴리피로리돈의 질량비 또는 근접장 전기방사에 인가되는 전압에 따라 달라질 수 있다.
- [0044] 다양한 실시예에 따르면, 용액의 폴리머에 함유된 폴리비닐폴리피로리돈의 질량비가 작을수록 열처리 전 나노섬유(230)의 폭은 좁아질 수 있으며, 폴리비닐폴리피로리돈의 질량비가 커질수록 열처리 전 나노섬유(230)의 폭이 넓어질 수 있다. 용액의 폴리머에 함유된 폴리비닐폴리피로리돈의 질량은 용액 질량의 약 10% 내지 약 20%일 수 있다.
- [0045] 다양한 실시예에 따르면, 근접장 전기방사에 인가되는 전압은 약 50V 내지 약 2000V 일 수 있다. 근접장 전기방사에 인가되는 전압이 낮을수록 열처리 전 나노섬유(230)의 폭은 좁아질 수 있으며, 근접장 전기방사에 인가되는 전압이 높을수록 열처리 전 나노섬유(230)의 폭이 넓어질 수 있다. 따라서, 용액에 함유된 폴리비닐폴리피로리돈의 질량비 또는 근접장 전기방사에 인가되는 전압을 조절하여 열처리 전 나노섬유(230)의 폭을 조절할 수

있다.

- [0047] 도 5는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 복수 개의 나노섬유가 센서 회로에 배치되는 과정을 도시한다.
- [0048] 도 5에 개시된 주사기(110), 센서회로(200) 및 열처리 전 나노섬유(230)는 도 1 내지 도 4에 개시된 주사기(110), 센서회로(200) 및 열처리 전 나노섬유(230)와 전부 또는 일부가 동일할 수 있다. 따라서, 동일한 구성에 대한 설명은 생략될 수 있다.
- [0049] 도 5를 참조하면, 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)는 좌측 수직회로(211) 및 우측 수직회로(212) 사이에 복수 개 배치될 수 있다. 열처리 전 나노섬유(230)는 좌측 수직회로(211) 및 우측 수직회로(212)와 접촉되지 않도록 배치될 수 있다. 1개의 열처리 전 나노섬유(230)는 1개 이상의 수평세부회로(221)와 접촉할 수 있다.
- [0050] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)는 좌측 수직회로(211) 및 우측 수직회로(212) 사이에 수직회로(210)와 평행하게 배치될 수 있다. 이는 한가지 실시예일 뿐이며, 다른 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)는 수직회로(210)와 평행하지 않게 배치될 수 있다.
- [0052] 도 6은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 센서 회로의 열처리 과정을 도시한다. 도 7은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서를 도시한다.
- [0053] 도 6에 개시된 센서회로(200) 및 열처리 전 나노섬유(230)는 도 1 내지 도 5에 개시된 센서회로(200) 및 열처리 전 나노섬유(230)와 전부 또는 일부가 동일할 수 있다. 따라서, 동일한 구성에 대한 설명은 생략될 수 있다.
- [0054] 이하에서는, 열처리 과정을 통해 열처리된 센서회로(200)를 나노섬유 패턴센서(200-1)라고 칭한다.
- [0055] 도 6 및 도 7을 참조하면, 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)가 배치된 센서회로(200)는 열처리될 수 있다. 다양한 실시예에 따르면, 열처리 과정에서의 온도는 섭씨 약 600도 이상일 수 있다. 열처리 과정에 소요되는 시간은 약 2시간 이상일 수 있다. 일 실시예에 따르면, 열처리 과정에서 소요되는 시간은 약 5시간일 수 있다. 열처리 과정에서 센서회로(200)의 열처리 전 나노섬유(230)는 반응이 일어날 수 있다. 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 폴리비닐폴리피로리돈은 열에 의해 분해될 수 있다. 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 질산염에 포함된 금속이온은 산화될 수 있다.
- [0056] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)는 열처리 과정을 통해 폴리비닐폴리피로리돈이 분해되어 열처리된 나노섬유(도 7의 231)가 나노섬유 패턴센서(200-1)에 고정될 수 있다.
- [0057] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)는 열처리 과정을 통해 열처리 전 나노섬유(230)의 질산염에 포함된 금속이온이 산화될 수 있다. 금속이온이 산화됨에 따라, 열처리된 나노섬유(231)의 특성이 변화될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 열처리된 나노섬유(231)는 물 분자의 결합성 또는 반응성이 높거나, 황 화합물과의 결합성 또는 반응성이 높을 수 있다. 열처리된 나노섬유(231)의 결합성 또는 반응성에 대해서는 도 8에 대한 설명과 함께 후술한다.
- [0059] 도 8은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 열처리된 나노섬유의 확대도이다.
- [0060] 도 8에 개시된 열처리된 나노섬유(231)는 도 7에 개시된 열처리된 나노섬유(231)와 전부 또는 일부가 동일할 수 있다.
- [0061] 도 8을 참조하면, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철구리(CuFe_2O_4 , 232)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서는 열처리된 나노섬유(231)는 산화철구리(232) 및 산화구리(CuO , 233)를 포함할 수 있다. 따라서, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철구리(232)로만 구성되거나, 산화구리(233)가 로드된(load) 산화철구리(232)로 구성될 수 있다.
- [0062] 다양한 실시예에 따르면 열처리된 나노섬유(231)의 산화철구리(232) 및 산화구리(233)의 함량 비율은, 주사기(110)에 내부의 용액에 포함된 질산염의 구리와 철의 원자비(몰비)에 따라 달라질 수 있다. 일 실시예에 따르면, 구리와 철의 원자비가 1:2인 경우, 열처리된 나노섬유(231)에는 산화구리(233)가 거의 없거나 미량 함유될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 구리와 철의 원자비가 3:4인 경우, 열처리된 나노섬유(231)에는 산화구리

(233)가 함유될 수 있다. 따라서, 구리와 철의 원자비가 1:n이라 할 때, n이 2 이하인 경우 열처리된 나노섬유(231)에는 산화구리(233)가 없거나 미량 함유될 수 있으며, n이 2 이상인 경우 열처리된 나노섬유(231)에는 산화구리(233)가 함유될 수 있다. 다양한 실시예에 따르면, 산화구리(233)는 산화철구리(232)의 외곽에 배치될 수 있다. 다양한 실시예에 따르면, 산화구리(233)의 구조는 단사정계일 수 있고, 산화철구리(232)의 구조는 정방정계일 수 있다.

[0063] 다양한 실시예에 따르면, 열처리된 나노섬유(231) 구성 성분의 대부분은 산화철구리(232)일 수 있다. 산화철구리(232)는 스피넬(spinel) 구조로 형성될 수 있다. 산화철구리(232)는 휘발성 황 화합물과 결합 또는 반응할 수 있다. 산화철구리(232)는 휘발성 황 화합물과 선택적으로 결합 또는 반응할 수 있다. 자세하게는, 온도에 따라 산화철구리(232)는 휘발성 황 화합물과의 결합성 또는 반응성이 달라질 수 있다. 온도에 따른 산화철구리(232)의 휘발성 황 화합물과의 결합성 변화 또는 반응성 변화는 도 10a 및 도 10b에 대한 설명과 함께 후술한다.

[0064] 다양한 실시예에 따르면, 열처리된 나노섬유(231)는 산화구리(233)를 포함할 수 있다. 산화구리(233)는 수증기(물(H₂O))를 산화시킬 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 산화구리(233)는 수증기와 결합 또는 반응할 수 있다. 따라서, 열처리된 나노섬유(231)를 포함하는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 수분이 많은(습도가 높은) 가스에 대해서도 분석이 가능할 수 있다. 다른 습도에 따른 센서의 분석도에 관한 설명은 도 12a 및 도 12b에 대한 설명과 함께 후술한다.

[0066] 도 9는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서의 제조공정을 도시한다.

[0067] 도 9에서 설명되는 용액, 센서회로, 열처리 전 나노섬유, 열처리된 나노섬유 및 나노섬유 패턴센서는 도 1 내지 도 8에 대한 설명에서 개시된 용액(미도시), 센서회로(도 6의 200), 열처리 전 나노섬유(도 6의 230), 열처리된 나노섬유(도 7의 231) 및 나노섬유 패턴센서(도 7의 200-1)와 전부 또는 일부가 동일할 수 있다. 따라서, 동일한 구성에 대한 설명은 생략될 수 있다.

[0068] 다양한 실시예에 따르면, 금속이온이 포함된 질산염, 폴리머 및 용매로 구성된 용액이 주사기(110) 내부에 수납될 수 있다(도 9의 S901). 질산염, 폴리머 및 용매의 질량비는 약 1:10:50일 수 있다. 질산염은 철(Fe)을 포함할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 질산염은 구리(Cu) 및 철(Fe)을 포함할 수 있으며, 구리 및 철의 원자비는 0:1, 1:2, 3:4 또는 1:1 일 수 있다. 즉, 구리의 원자비는 철의 원자비보다 같거나 낮을 수 있다.

[0069] 다양한 실시예에 따르면, 주사기(도 1의 110) 내부에 수납된 용액은 근접장 전기방사를 통해 주사기(110) 외부로 배출될 수 있다. 근접장 전기 방사에서 전기적 에너지 전위차는 50V 내지 1000V일 수 있다. 주사기(110) 외부로 배출된 용액은 센서회로(도 6의 200)에 배치될 수 있다. 센서회로(200)에 배치된 용액은 열처리 전 나노섬유(도 6의 230)로 형성될 수 있다(도 9의 S902). 센서회로(200)에 배치된 열처리 전 나노섬유(230)의 폭은 약 1 μm 내지 약 100 μm 일 수 있다. 주사기(110) 및 기관(도 1의 130)은 서로에 대해 상대적으로 서로 직교하는 3개의 축을 따라 움직임이 가능할 수 있다. 주사기(110) 및 기관(130)이 서로에 대해 상대적으로 움직임이 가능함에 따라, 열처리 전 나노섬유(230)는 센서회로(200)에 패턴을 형성하면서 배치될 수 있다.

[0070] 다양한 실시예에 따르면, 센서회로(200)에 배치된 열처리 전 나노섬유(230)는 열처리 과정을 거쳐서 열처리된 나노섬유(도 7의 231)로 형성될 수 있다(도 9의 S903). 열처리 전 나노섬유(230)가 열처리 과정을 거치면서, 용액에 포함된 폴리머는 분해되고, 금속이온은 산화될 수 있다. 이에 따라, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철구리(CuFe₂O₄, 도 7의 232)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서는 열처리된 나노섬유(231)는 산화철구리(232) 및 산화구리(CuO, 도 7의 233)를 포함할 수 있다. 따라서, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철구리(232)로만 구성되거나, 산화구리(233)가 로드된(loaded) 산화철구리(232)로 구성될 수 있다.

[0071] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)가 열처리 되어 열처리된 나노섬유(231)로 형성됨에 따라, 나노섬유 패턴센서(200-1)가 제조될 수 있다(도 9의 S904).

[0072] 다양한 실시예에 따르면 나노섬유 패턴센서(200-1)는 휘발성 황 화합물과 선택적으로 결합 또는 반응할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 도 10a 및 도 10b에 대한 설명과 함께 후술한다.

[0074] 도 10a 및 도 10b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서의 온도별 및 가스별 센서 감도를 도시한 그래프이다.

- [0075] 도 10a 및 도 10b에 도시된 그래프는 도 1 내지 도 9에 대해 설명된 나노섬유 패턴센서(도 7의 200-1)와 반응하는 가스의 정도를 나타낸다. 도 10a 및 도 10b에 도시된 그래프의 가로축(X축)은 5ppm 농도의 가스 종류를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)와 반응하여 분석되는 가스는 메틸메르캅탄(CH_3SH , M), 황화수소(H_2S , H), 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, E), 포름알데히드(CH_2O , F), 에틸벤젠(C_8H_{10} , X), 암모니아(NH_3 , A) 및 벤젠(C_6H_6 , B)이다. 그래프의 세로축(Y축)은 반응하는 나노섬유 패턴센서(200-1)의 센서 감도(R)를 나타낸다. 센서 감도(R)는 대기 중 센서 저항(R_a)을 가스 주입 후 센서 저항(R_g)으로 나눈 값이다. 열처리된 나노섬유(231)와 가스가 결합 또는 반응하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 감소할 수 있다. 따라서, 특정 가스에 대한 센서 감도(R)의 값이 높을수록 특정 가스와 열처리된 나노섬유(231)와의 결합성 또는 반응성이 높다는 것을 의미할 수 있다.
- [0076] 다양한 실시예에 따르면, 도 10a에서는 섭씨 약 200도에 대한 실험 결과와 도 10b에서는 섭씨 약 400도에 대한 실험 결과가 그래프로 도시된다.
- [0077] 도 10a에서의 섭씨 약 200도에 대한 실험 결과 그래프를 참조하면, 나노섬유 패턴센서(200-1)와 메틸메르캅탄(M)과의 반응에서 센서 감도(R)의 수치는 약 200을 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)와 황화수소(H)와의 반응에서 센서 감도(R)의 수치는 약 800을 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)와 다른 가스와의 반응에서 센서 감도(R)의 수치는 약 3 이하의 매우 낮은 수치를 나타낸다. 이와 같은 결과로부터, 섭씨 약 200도에서 나노섬유 패턴센서(200-1)는 황화수소(H)와의 반응성이 높고, 그 다음으로 메틸메르캅탄(M)과의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0078] 도 10b에서의 섭씨 약 400도에 대한 실험 결과 그래프를 참조하면, 나노섬유 패턴센서(200-1)와 메틸메르캅탄(M)과의 반응에서 센서 감도(R)의 수치는 약 33을 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)와 황화수소(H)와의 반응에서 센서 감도(R)의 수치는 약 13을 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)와 다른 가스와의 반응에서 센서 감도(R)의 수치는 약 3 이하의 매우 낮은 수치를 나타낸다. 이와 같은 결과로부터, 섭씨 약 400도에서 나노섬유 패턴센서(200-1)는 메틸메르캅탄(M)과의 반응성이 높고, 그 다음으로 황화수소(H)와의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0079] 이와 같은 결과로부터, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 섭씨 약 200도에서 황화수소(H)와의 반응성이 높고, 섭씨 약 400도에서 메틸메르캅탄(M)과의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다. 나노섬유 패턴센서(200-1)가 온도에 따라 가스와의 반응성이 다름에 따라, 나노섬유 패턴센서(200-1)를 통해 분석되는 가스의 황 화합물 총량뿐만 아니라, 황 화합물의 종류까지 확인할 수 있다.
- [0080] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)를 통해 황 화합물의 종류까지 확인할 수 있음에 따라, 실내를 환기하는 방법을 다르게 할 수 있다. 또한, 황 화합물의 종류를 확인할 수 있음에 따라, 냄새의 유/무 뿐만 아니라 냄새의 원인 및 세균의 종류에 대한 정보까지 확인할 수 있는 등, 사용자는 전문적인 정보를 제공받을 수 있다. 사용자는 냄새의 원인 및 세균의 종류에 대한 정보를 확인함에 따라 개인 별 건강 상태 모니터링 및 발생하는 황 화합물을 억제할 수 있는 방안을 제시받을 수 있다. 일 실시예에 따르면, 발생하는 황 화합물이 구취일 경우 사용자는 균을 억제할 수 있는 성분이 포함된 치약 또는 가글에 대한 정보를 제공받을 수 있으며, 발생하는 황 화합물이 액취 또는 발냄새일 경우 사용자는 해당 냄새를 억제할 수 있는 섬유에 대한 정보를 제공받을 수 있으며, 발생하는 황 화합물이 장내 가스일 경우 사용자는 식습관 또는 보조식품에 대한 정보를 제공받을 수 있다.
- [0082] 도 11은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 온도에 따른 나노섬유 패턴센서의 반응되는 가스의 선택도를 도시한 그래프이다.
- [0083] 도 11에 도시된 그래프는 도 1 내지 도 10b에 대해 설명된 나노섬유 패턴센서(200-1)와 반응하는 가스에 대한 선택도를 나타낸다. 가로축(X축)은 섭씨온도를 나타낸다. 세로축(Y축)은 선택도를 나타낸다. 선택도는 제1 가스에 대한 센서 감도와 제2가스에 대한 센서 감도의 비를 의미한다. 센서 감도는, 도 10에 대한 설명에서 언급한 대기 중 센서 저항을 가스 주입 후 센서 저항으로 나눈 값을 의미한다.
- [0084] 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 200도에 가까운 세로축의 선택도($((\text{S H}_2\text{S})/(\text{S MM}))$)는 황화수소(H)에 대한 센서 감도($\text{S H}_2\text{S}$)를 메틸메르캅탄(MM)에 대한 센서 감도(S MM)으로 나눈 값이다. 섭씨 400도에 가까운 세로축의 선택도($((\text{S MM})/(\text{S H}_2\text{S}))$)는 메틸메르캅탄(M)에 대한 센서 감도(S MM)를 황화수소(H)에 대한 센서 감도($\text{S H}_2\text{S}$)로 나눈

값이다.

[0085] 다양한 실시예에 따르면, 메틸메르캅탄(MM)에 대한 황화수소(H_2S)의 선택도($(S H_2S)/(S MM)$)는 섭씨 약 200도에서 약 14의 값을 가지며, 섭씨 약 250도에서 약 7의 값을 가지며, 섭씨 300도에서 약 2의 값을 가진다. 황화수소(H_2S)에 대한 메틸메르캅탄(MM)의 선택도($(S MM)/(S H_2S)$)는 섭씨 약 350도에서 약 2의 값을 가지며, 섭씨 약 400도에서 약 2.5의 값을 가진다. 이와 같은 결과를 통해, 섭씨 약 200도에서 온도가 증가할수록 (MM)에 대한 황화수소(H_2S)의 선택도($(S H_2S)/(S MM)$)는 낮아지고, 섭씨 약 400도에서 온도가 감소할수록 황화수소(H_2S)에 대한 메틸메르캅탄(MM)의 선택도($(S MM)/(S H_2S)$)는 낮아진다. 달리 말하자면, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 섭씨 약 200도에서 황화수소(H_2S)와의 결합성 또는 반응성이 메틸메르캅탄(MM)과의 결합성 또는 반응성보다 큰 것을 의미하며, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 섭씨 약 400도에서 메틸메르캅탄(MM)과의 결합성 또는 반응성이 황화수소(H_2S)와의 결합성 또는 반응성보다 큰 것을 의미한다. 따라서, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 온도에 따라 휘발성 화합물과 결합 또는 반응되는 정도가 다른 것을 알 수 있다. 따라서, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 휘발성 화합물을 선택적으로 감지하여 분류하는 기능을 가질 수 있다.

[0087] 도 12a 및 도 12b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 습도에 따른 나노섬유 패턴센서의 저항의 변화를 도시한 그래프이다.

[0088] 도 12a 및 도 12b를 참조하면, 가로축(X축)은 시간(분)을 나타내며, 세로축(Y축)은 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항($k\Omega$)을 나타낸다. 도 12a에서의 그래프에서 섭씨 약 200도에 대한 건조한 공기환경, 상대습도 50%의 환경 및 상대습도 70%의 환경에 대한 5ppm 농도의 황화수소(H_2S)의 실험 값을 확인할 수 있다. 또한, 도 12b그래프에서 섭씨 약 400도에 대한 건조한 공기환경, 상대습도 50%의 환경 및 상대습도 70%의 환경에 대한 5ppm 농도의 메틸메르캅탄(MM)의 실험 값을 확인할 수 있다.

[0089] 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 200도의 건조한 공기 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^5 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 농도 5ppm의 황화수소(H_2S)를 주입하면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 $10^2 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^5 k\Omega$ 으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0090] 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 200도의 상대습도 50%의 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^5 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 농도 5ppm의 황화수소(H_2S)를 주입하면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 $10^3 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^5 k\Omega$ 으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0091] 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 200도의 상대습도 70%의 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^5 k\Omega$ 보다 낮은 것을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 농도 5ppm의 황화수소(H_2S)를 주입하면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 $10^3 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^5 k\Omega$ 보다 낮은 수치로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0093] 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 400도의 건조한 공기 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4 k\Omega$ 보다 높은 수치임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 농도 5ppm의 메틸메르캅탄(MM)을 주입하면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 $10^3 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4 k\Omega$ 보다 높은 수치로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0094] 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 400도, 상대습도 50%의 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^4 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 농도 5ppm의 메틸메르캅탄(MM)을 주입하면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^3 k\Omega$ 임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4 k\Omega$ 보다 높은 수치로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

서(200-1) 저항의 최소값은 $10^3\text{k}\Omega$ 보다 낮은 수치임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 약 $10^4\text{k}\Omega$ 으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0095] 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 400도, 상대습도 70%의 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 보다 낮은 수치임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 농도 5ppm의 메틸메르캅탄(MM)을 주입하면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 $10^3\text{k}\Omega$ 보다 낮은 수치임을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 지난 후에 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 보다 낮은 수치로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0096] 위와 같은 실험결과를 통해, 다양한 실시예에 따른 나노섬유 패턴센서(200-1)는 건조한 공기환경이나, 상대습도가 높은 환경에 따른 큰 변화 없는 것을 확인할 수 있다. 즉, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 센서 감도는 습도변화에 큰 영향을 받지 않아 다양한 환경에서 정상적으로 사용될 수 있다.

[0098] 도 13a 및 도 13b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 가스 농도에 따른 나노섬유 패턴센서의 저항 변화를 도시한 그래프이다.

[0099] 도 13a 및 도 13b를 참조하면, 가로축(X축)은 시간(분)을 나타내며, 세로축(Y축)은 나노섬유 패턴센서(도 7의 200-1)의 저항($\text{k}\Omega$)을 나타낸다. 그래프에서 섭씨 약 200도에 대한 환경에서 황화수소(H_2S) 및 메틸메르캅탄(MM)의 농도를 변경하면서 수행된 실험값이 표시된다.

[0100] 도 13a의 그래프에서, 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 200도의 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 소정의 시간이 흐른 뒤 약 5ppm의 황화수소(H_2S)가 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 $10^2\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0101] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복한 후에 약 2ppm의 황화수소(H_2S)가 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 $10^3\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0102] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복한 후에 약 1ppm의 황화수소(H_2S)가 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 $10^3\text{k}\Omega$ 내지 $10^4\text{k}\Omega$ 사이의 값인 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0103] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복한 후에 약 0.5ppm의 황화수소(H_2S)가 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 $10^4\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

[0104] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복한 후에 약 0.25ppm의 황화수소(H_2S)가 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 $10^5\text{k}\Omega$ 인 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^5\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.

- [0106] 도 13b의 그래프에서, 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 400도의 환경에서 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값을 가질 수 있다. 소정의 시간이 흐른 뒤 약 5ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되면, 나노섬유 패턴센서(도 7의 200-1) 저항의 최소값은 약 $10^3\text{k}\Omega$ 인 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.
- [0107] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복한 후에 약 2ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 $10^3\text{k}\Omega$ 보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.
- [0108] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복한 후에 약 1ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 2ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되었을 때의 최소값보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.
- [0109] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복한 후에 약 0.5ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 1ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되었을 때의 최소값보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.
- [0110] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항이 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복한 후에 약 0.25ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되면, 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값은 약 0.5ppm의 메틸메르캅탄(MM)이 주입되었을 때의 최소값보다 약간 높은 것을 확인할 수 있다. 일정 시간이 흐른 뒤, 공기(air)를 주입하면 나노섬유 패턴센서(200-1)의 저항은 $10^4\text{k}\Omega$ 내지 $10^5\text{k}\Omega$ 사이의 값으로 회복하는 것을 확인할 수 있다.
- [0111] 이와 같이, 주입되는 가스의 농도(ppm)에 따라 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항의 최소값이 변하므로, 나노섬유 패턴센서(200-1)를 이용하여 가스의 농도(ppm)를 확인할 수 있다. 이에 따라, 나노섬유 패턴센서(200-1)를 이용하여 확인되는 가스의 농도(ppm)에 따라 적절한 환기를 수행할 수 있다.
- [0113] 도 14a 및 도 14b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서의 가스 농도에 따른 반응 정도를 도시한 그래프이다.
- [0114] 도 14a 및 도 14b를 참조하면, 가로축(X축)은 가스의 농도(ppm)를 나타내며, 세로축(Y축)은 반응 정도를 나타낸다. 반응 정도는 대기 중 센서 저항(R_a)을 가스 주입 후 센서 저항(R_g)으로 나눈 값이다. 일반적으로, 열처리된 나노섬유(도 7의 231)와 가스가 결합 또는 반응하면 나노섬유 패턴센서(도 7의 200-1)의 저항이 감소한다. 따라서, 특정 가스에 대한 반응 정도의 값이 높을수록 특정 가스와 열처리된 나노섬유(231)와의 결합성 또는 반응성이 높다는 것을 의미할 수 있다.
- [0115] 도 14a의 그래프에서, 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 200도에서 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 0.25ppm의 황화수소(H_2S)와 반응하여 1 내지 2 사이 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 0.5ppm의 황화수소(H_2S)와 반응하여 2 내지 4 사이 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 1ppm의 황화수소(H_2S)와 반응하여 약 10 내지 20 사이 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 2ppm의 황화수소(H_2S)와 반응하여 약 50 내지 60 사이 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 5ppm의 황화수소(H_2S)와 반응하여 약 500 값의 반응 정도를 나타낸다.
- [0116] 도 14b의 그래프에서, 다양한 실시예에 따르면, 섭씨 약 400도에서 나노섬유 패턴센서(도 7의 200-1)는 약

0.25ppm의 메틸메르캅탄(MM)과 반응하여 2 내지 3 사이 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 0.5ppm의 메틸메르캅탄(MM)과 반응하여 약 4 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 1ppm의 메틸메르캅탄(MM)과 반응하여 약 8 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 2ppm의 메틸메르캅탄(MM)과 반응하여 약 10 내지 11 사이 값의 반응 정도를 나타낸다. 나노섬유 패턴센서(200-1)는 약 5ppm의 메틸메르캅탄(MM)과 반응하여 약 11 내지 12 사이 값의 반응 정도를 나타낸다.

- [0117] 이와 같이, 주입되는 가스의 농도(ppm)에 따라 나노섬유 패턴센서(200-1) 저항값이 변하므로, 나노섬유 패턴센서(200-1)를 이용하여 가스의 농도(ppm)를 확인할 수 있다. 이에 따라, 나노섬유 패턴센서(200-1)를 이용하여 확인되는 가스의 농도(ppm)에 따라 적절한 환기를 수행할 수 있다.
- [0119] 도 15a 및 도 15b는 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서에 포함된 나노섬유의 구성 비율 및 온도에 따른 반응 정도를 도시한 그래프이다.
- [0120] 도 15a 및 도 15b에 대한 설명 중에서, 열처리 전 나노섬유(도 6의 230), 열처리된 나노섬유(도 7의 231) 및 나노섬유 패턴센서(도 7의 200-1)는 도 1 내지 도 9에 대한 설명에서 언급된 열처리 전 나노섬유(230), 열처리된 나노섬유(231) 및 나노섬유 패턴센서(200-1)와 전부 또는 일부가 동일할 수 있다. 따라서, 동일한 구성에 대한 설명은 생략될 수 있다.
- [0121] 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)에 포함된 열처리된 나노섬유(231)의 구성은 다양할 수 있다. 도 15a 및 도 15b를 참조하면, 열처리된 나노섬유(231)는 산화된 금속을 포함할 수 있다. 열처리된 나노섬유(231)의 산화된 금속은 산화철(Fe_2O_3)만을 포함할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 열처리된 나노섬유(231)의 산화된 금속은 산화철, 산화철구리(CuFe_2O_3) 또는 산화구리(CuO)를 포함할 수 있다. 열처리된 나노섬유(231)의 산화된 금속은 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 철(Fe)과 구리(Cu)의 원자비에 따라 달라질 수 있다.
- [0122] 도 15a에서, 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 0:1일 경우, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철만을 포함할 수 있다.
- [0123] 다른 실시예에 따르면, 구리와 철의 원자비가 2:4(즉, 1:2)일 경우, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철 및 산화철구리를 포함하거나, 미량의 산화구리를 더 포함할 수 있다.
- [0124] 다른 실시예에 따르면, 구리와 철의 원자비가 3:4일 경우, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철 및 산화철구리를 포함하거나, 산화구리를 더 포함할 수 있다. 구리와 철의 원자비가 3:4일 경우 구리와 철의 원자비가 1:2일 경우보다 더 많은 산화구리가 포함될 수 있다.
- [0125] 다른 실시예에 따르면, 구리와 철의 원자비가 4:4(즉, 1:1)일 경우, 열처리된 나노섬유(231)는 산화철 및 산화철구리를 포함하거나, 산화구리를 더 포함할 수 있다. 구리와 철의 원자비가 4:4일 경우 구리와 철의 원자비가 3:4일 경우보다 더 많은 산화구리가 포함될 수 있다.
- [0126] 이하에서는, 도 15b를 참조하여, 구리와 철의 원자비가 0:1, 2:4, 3:4 및 4:4일 경우에 대한 나노섬유 패턴센서(200-1)의 반응 정도를 설명한다.
- [0127] 도 15b에서, 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 0:1인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 200도에서 황화수소(H_2S) 및 메틸메르캅탄(MM)과 반응 정도가 1에 가까운 것을 확인할 수 있다. 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 가스와의 반응성이 낮은 것을 확인할 수 있다.
- [0128] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 2:4인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 200도에서 황화수소(H_2S)와의 반응 정도는 약 200이고, 메틸메르캅탄(MM)과의 반응 정도가 약 50인 것을 확인할 수 있다. 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 황화수소(H_2S)와의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0129] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 3:4인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 200도에서 황화수소(H_2S)와의 반응 정도는 약 800이고, 메틸메르캅탄(MM)과의 반응 정도가 약 100인 것을 확인할 수 있다. 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 황화수소

(H₂S)와의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.

- [0130] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 4:4인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 200도에서 황화수소(H₂S)와의 반응 정도는 약 20이고, 메틸메르캅탄(MM)과의 반응 정도가 약 80인 것을 확인할 수 있다. 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 가스와의 반응성이 낮은 것을 확인할 수 있다.
- [0132] 도 15a 및 도 15b를 참조하면, 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 0:1인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 400도에서 황화수소(H₂S)와의 반응 정도는 약 15이고, 메틸메르캅탄(MM)과의 반응 정도가 약 13인 것을 확인할 수 있다. 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 휘발성 황 화합물이 포함된 가스와의 반응성이 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0133] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 2:4인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 400도에서 황화수소(H₂S)와의 반응 정도는 약 14이고, 메틸메르캅탄(MM)과의 반응 정도가 약 23인 것을 확인할 수 있다. 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 메틸메르캅탄(MM)과의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0134] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 약 3:4인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 400도에서 황화수소(H₂S)와의 반응 정도는 약 7이고, 메틸메르캅탄(MM)과의 반응 정도가 약 33인 것을 확인할 수 있다. 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 3:4일 경우, 나노섬유 패턴센서(200-1)에 포함된 열처리된 나노섬유(231)에서의 산화철구리(232)와 산화구리(233)의 몰비는 약 1:1일 수 있다.
- [0135] 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 메틸메르캅탄(MM)과의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0136] 다양한 실시예에 따르면, 열처리 전 나노섬유(230)에 포함된 구리와 철의 원자비가 4:4인 상태에서 제조된 나노섬유 패턴센서(200-1)는, 섭씨 약 400도에서 황화수소(H₂S)와의 반응 정도는 약 3이고, 메틸메르캅탄(MM)과의 반응 정도가 약 15인 것을 확인할 수 있다. 따라서, 해당 원자비에서는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 메틸메르캅탄(MM)과의 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0137] 위와 같은 실험 결과로 비추어 볼 때, 섭씨 약 200도에서 구리와 철의 원자비가 3:4인 경우에, 황화수소(H₂S) 및 메틸메르캅탄(MM)에 대한 나노섬유 패턴센서(200-1)의 반응 정도의 차이가 가장 큰 것을 확인할 수 있다. 또한, 섭씨 약 400도에서 구리와 철의 원자비가 3:4인 경우에, 황화수소(H₂S) 및 메틸메르캅탄(MM)에 대한 나노섬유 패턴센서(200-1)의 반응 정도의 차이가 가장 큰 것을 확인할 수 있다.
- [0138] 따라서, 구리와 철의 원자비가 3:4인 열처리 전 나노섬유(230)를 열처리된 나노섬유(231)로 열처리하여 나노섬유 패턴센서(200-1)에 사용하는 것이 정확성이 가장 높을 것으로 추론된다.
- [0140] 도 16은 본 개시의 다양한 실시예에 따른, 나노섬유 패턴센서가 적용될 수 있는 실시예를 도시한다.
- [0141] 도 16에 대한 설명에서 언급되는 나노섬유 패턴센서(200-1)는 도 7에 대한 설명에서 언급된 나노섬유 패턴센서(200-1)와 전부 또는 일부가 동일할 수 있다. 따라서, 동일한 구성에 대한 설명은 생략될 수 있다.
- [0142] 도 16을 참조하면, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 다양하게 사용될 수 있다. 다양한 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 실내 공간에 배치되어, 실내 공기의 성분을 분석할 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 사용자와 인접하게 배치되어 사용될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 스마트 글래스, 스마트 헤드셋, 웨어러블 카메라, 스마트 워치, 메디컬 밴드, 커넥티드 피트니스 트래커, 스마트 의류 또는 스마트 신발에 장착될 수 있다. 다른 실시예에 따르면, 나노섬유 패턴센서(200-1)는 사용자의 마스크에 장착될 수 있다.
- [0143] 다양한 실시예에 따른, 사용자의 주변환경에 장착된 나노섬유 패턴센서(200-1)는 장착된 구성 또는 사용자로부터 발생하는 가스를 분석할 수 있다. 나노섬유 패턴센서(200-1)를 통해 가스를 분석함으로써, 사용자는 악취의

원인 및 해결책을 제공받을 수 있다.

- [0145] 본 개시에 따른 다양한 실시예에 따른 센서(도 7의 200-1)는, 기관(도 2의 130), 상기 기관 상 또는 내부에 패터닝된 나노섬유(도 7의 231)를 포함하고, 상기 나노섬유는 산화철구리(도 8의 232) 및 산화구리(도 8의 233)를 포함하고, 상기 산화철구리의 외곽에 상기 산화구리가 배치될 수 있다.
- [0146] 다양한 실시예에 따르면, 상기 산화철구리는 스피넬(spinel)구조일 수 있다.
- [0147] 다양한 실시예에 따르면, 상기 산화구리는 상기 센서 주변의 수증기를 산화시킬 수 있다.
- [0148] 다양한 실시예에 따르면, 상기 산화철구리는 황 화합물과 선택적으로 반응할 수 있다.
- [0149] 다양한 실시예에 따르면, 상기 황 화합물은 황화수소 및 메틸메르캅탄을 포함할 수 있다.
- [0150] 다양한 실시예에 따르면, 상기 나노섬유는 단사정계 산화구리 및 정방정계 산화철구리를 포함할 수 있다.
- [0151] 다양한 실시예에 따르면, 상기 센서는 섭씨 350도 미만에서 상기 산화철구리는 황화수소와 우세하게 반응하고, 섭씨 350도 이상에서 상기 산화철구리는 황화수소와 우세하게 반응할 수 있다.
- [0152] 다양한 실시예에 따르면, 상기 센서는 섭씨 350도 미만에서 황화수소에 대한 감도가 높고, 섭씨 350도 이상에서 메틸메르캅탄에 대한 감도가 높을 수 있다.
- [0153] 다양한 실시예에 따르면, 상기 센서의 에탄올, 포름알데히드, 에틸벤젠, 암모니아, 벤젠 및 수소에 대한 감도는 상기 센서의 황화수소 및 메틸메르캅탄에 대한 감도보다 낮을 수 있다.
- [0154] 다양한 실시예에 따르면, 산화철구리 및 산화구리의 물비는 1:1일 수 있다.
- [0155] 본 개시의 다양한 실시예에 따른 나노섬유가 포함된 센서(도 7의 200-1)를 제조하는 방법은 금속결정, 폴리머, 용매가 포함된 용액(도 9의 S901)을 주사기(도 1의 110)를 통해 메탈 콜렉터(도 1의 140) 상에 배치된 기관(도 1의 130)에 패터닝을 가지도록 나노섬유(도 4의 230)를 배치하는 공정(도 9의 S902), 상기 기관에 배치된 상기 나노섬유의 상기 폴리머를 분해시키고 상기 금속결정을 산화시키는 상기 기관을 열처리하는 공정(도 9의 S903);을 포함하고, 상기 주사기와 상기 메탈 콜렉터는 서로 직교하는 3축을 따라 이동가능하고, 상기 금속결정은 구리 및 철을 포함하는 질산염을 포함하고, 열처리된 상기 나노섬유(도 7의 231)는 산화구리(도 8의 233) 및 산화철구리(도 8의 232)를 포함하고, 상기 용액에 포함된 상기 금속결정, 상기 폴리머 및 상기 용매의 질량비는 1:10:50일 수 있다.
- [0156] 다양한 실시예에 따르면, 상기 나노섬유를 배치하는 공정은, 근접장 전기방사 방식을 이용하고, 상기 주사기와 상기 메탈 콜렉터 사이에 전기적 에너지 전위차가 발생될 수 있다.
- [0157] 다양한 실시예에 따르면, 상기 전기적 에너지 전위차는 50V 내지 2000V일 수 있다.
- [0158] 다양한 실시예에 따르면, 상기 금속 결정에 포함된 철의 원자 수는 구리의 원자 수보다 클 수 있다.
- [0159] 다양한 실시예에 따르면, 상기 용액에 포함된 상기 철의 원자 수와 상기 구리의 원자 수의 비는 2:1일 수 있다.
- [0160] 다양한 실시예에 따르면, 상기 용액에 포함된 상기 철의 원자 수와 구리의 원자 수의 비는 4:3일 수 있다.
- [0161] 다양한 실시예에 따르면, 상기 폴리머는 폴리비닐피롤리돈, 폴리아닐린, 폴리피롤을 포함할 수 있다.
- [0162] 다양한 실시예에 따르면, 상기 용액에서의 상기 폴리비닐피롤리돈의 질량비는 10% 내지 20%일 수 있다.
- [0163] 다양한 실시예에 따르면, 상기 용매는 메탄올 또는 에탄올을 포함할 수 있다.
- [0164] 다양한 실시예에 따르면, 상기 열처리 공정에서의 온도는 섭씨 600도 이상일 수 있다.
- [0166] 이상, 본 문서의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해서 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명하다 할 것이다.

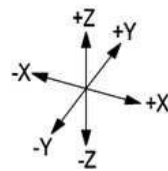
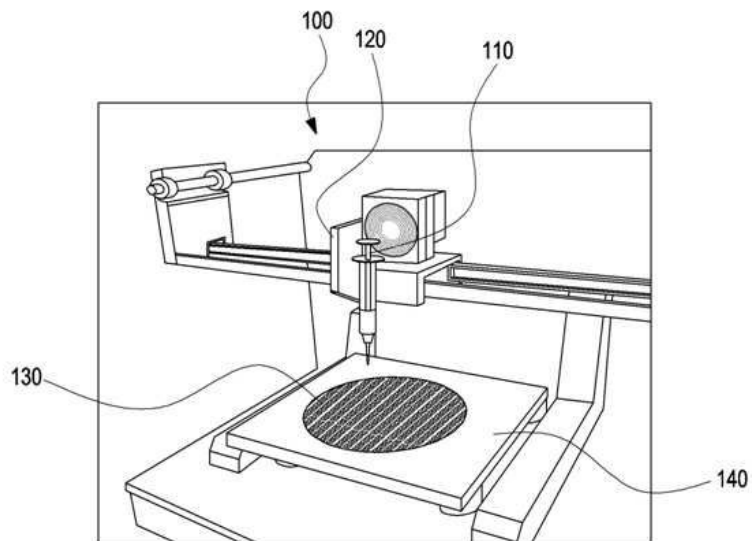
부호의 설명

[0168]

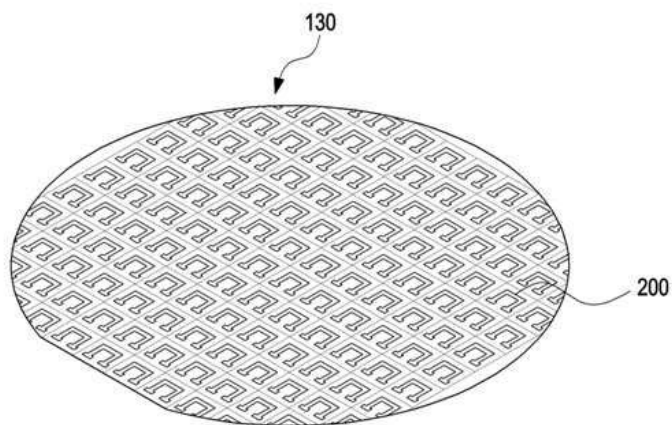
- 100: 제조 장치
- 110: 주사기
- 111: 몸체부
- 112: 텃
- 120: 주사기 파지부
- 130: 기관
- 140: 메탈 콜렉터
- 200: 센서회로
- 210: 수직회로
- 211: 좌측 수직회로
- 212: 우측 수직회로
- 220: 수평회로
- 221: 수평세부회로
- 230: 열처리 전 나노섬유
- 231: 열처리된 나노섬유
- 232: 산화철구리
- 233: 산화구리

도면

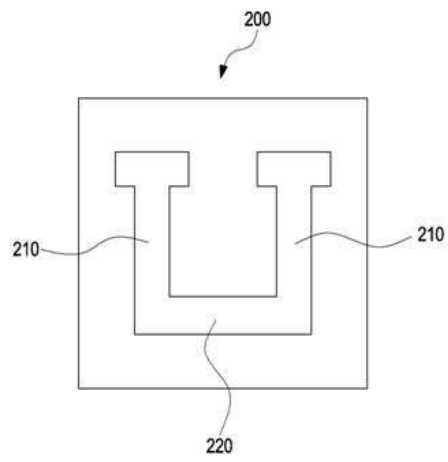
도면1



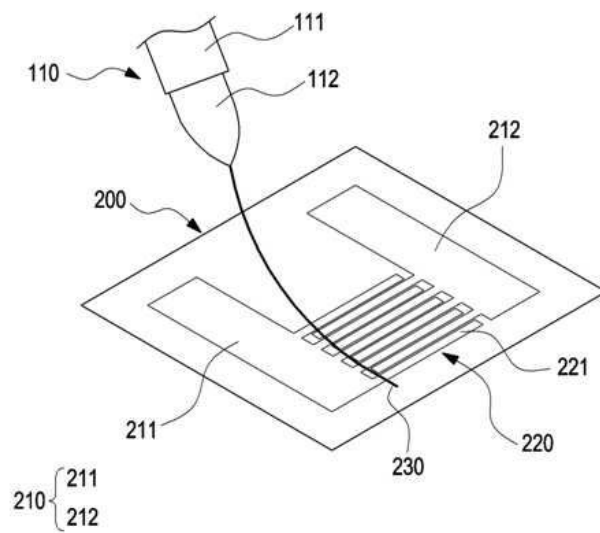
도면2



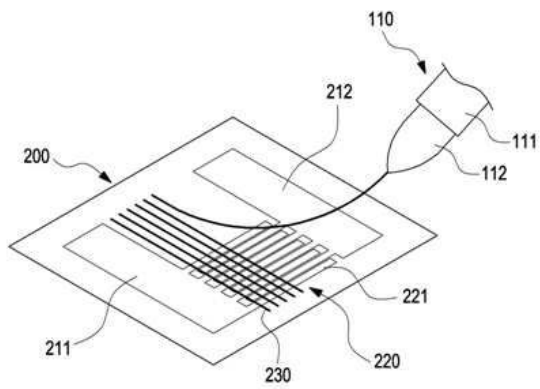
도면3



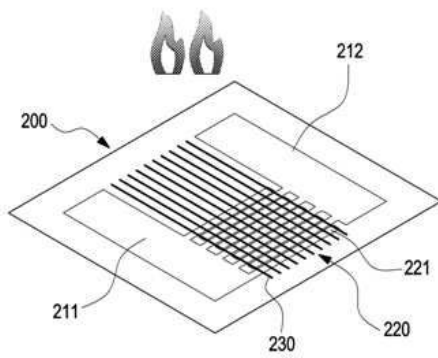
도면4



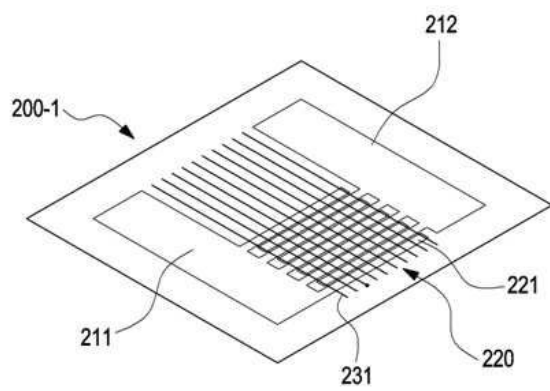
도면5



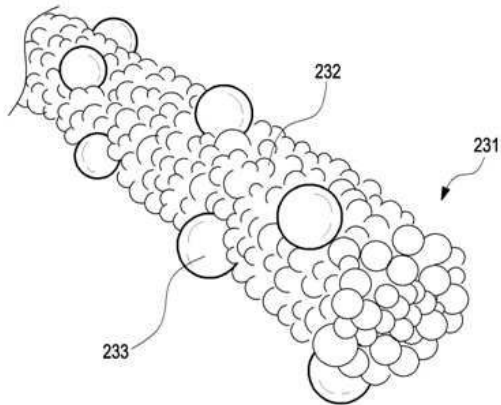
도면6



도면7



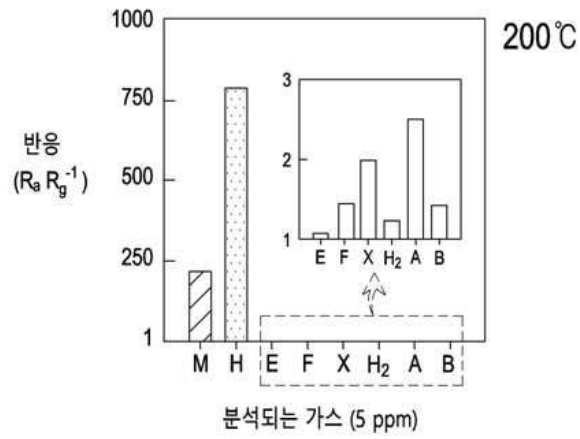
도면8



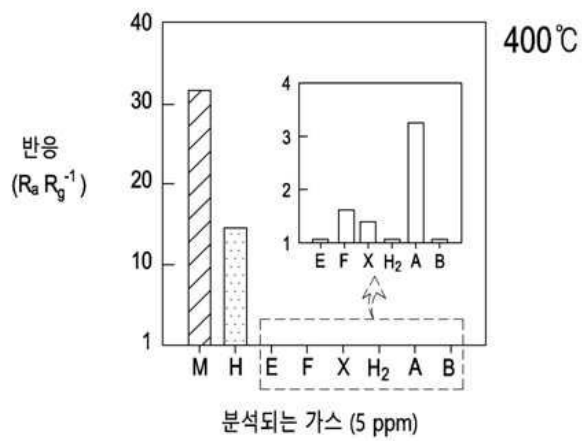
도면9



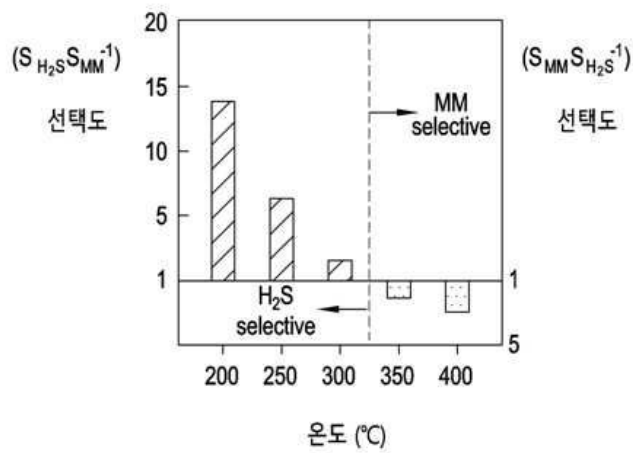
도면10a



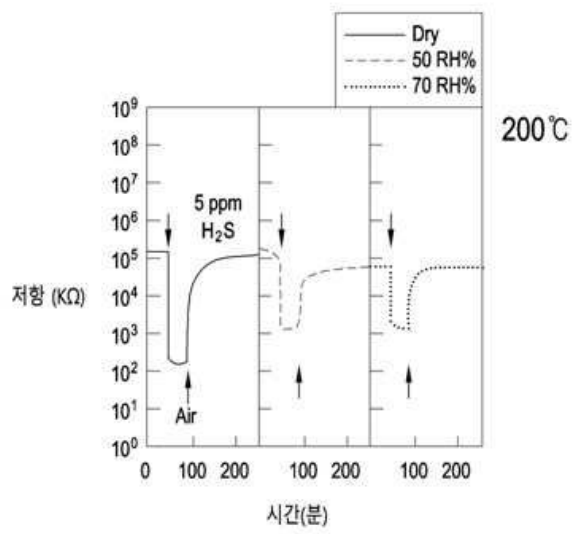
도면10b



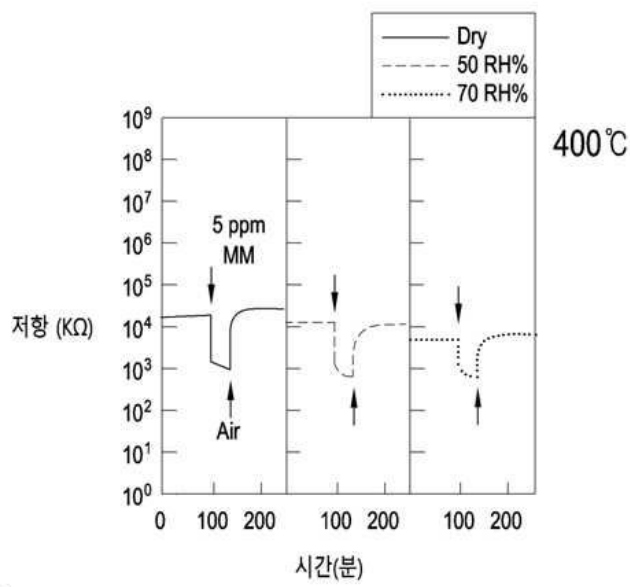
도면11



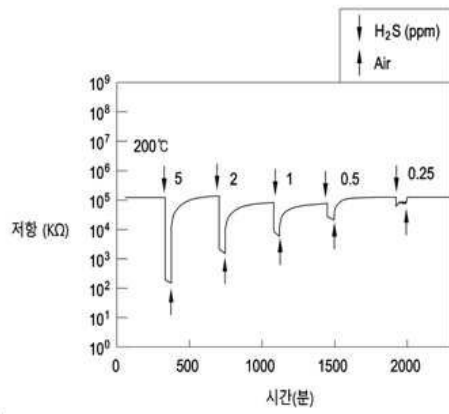
도면12a



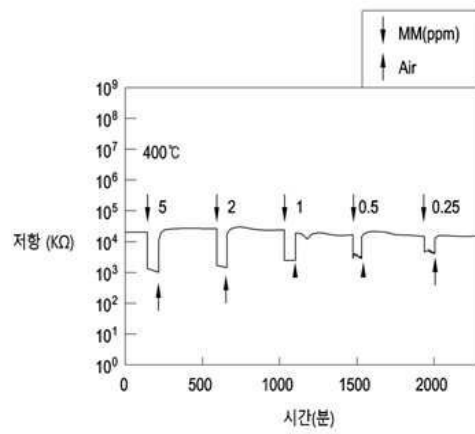
도면12b



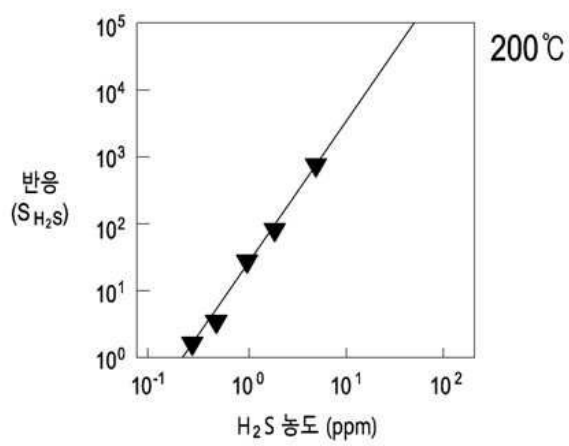
도면13a



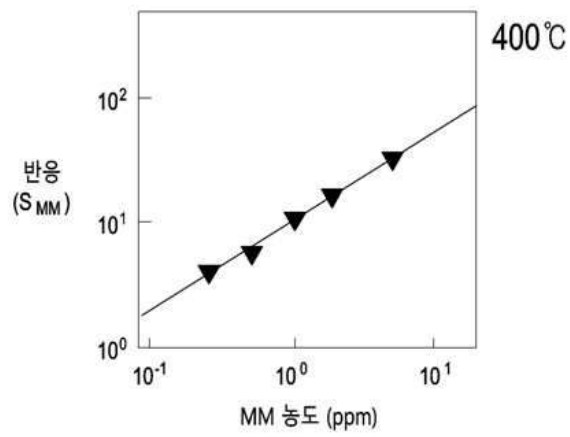
도면13b



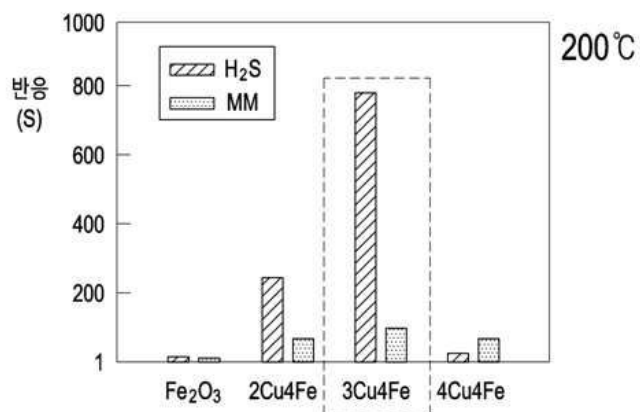
도면14a



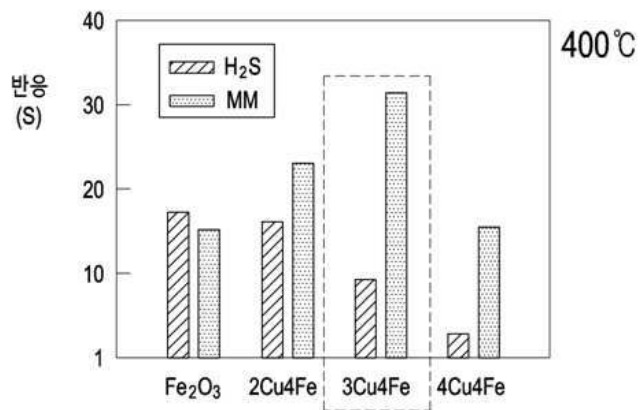
도면14b



도면15a



도면15b



도면16

