



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0040213
(43) 공개일자 2025년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/12 (2006.01) G01N 33/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/125 (2013.01)
G01N 33/0031 (2024.05)
(21) 출원번호 10-2023-0122963
(22) 출원일자 2023년09월15일
심사청구일자 2023년09월15일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이창영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이성우
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김윤태
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

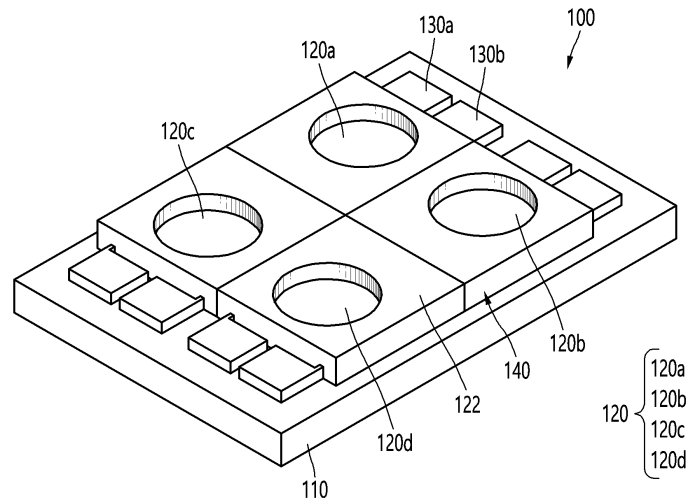
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 가스 탐지 어레이 센서 및 가스 탐지 방법

(57) 요약

본 발명은 가스 탐지 어레이 센서 및 가스 탐지 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서는, 기판; 상기 기판 상에 형성된 전기 활성 물질을 포함하는, 복수개의 센서; 상기 복수개의 센서에, 각각 형성된 제1 전극 및 제2 전극; 및 상기 복수개의 센서를 분리하는 마이크로 우물;을 포함한다.

대표도 - 도1a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	9991008229
과제번호	20-CM-BR-05
부처명	다부처
과제관리(전문)기관명	국방과학연구소
연구사업명	민군기술협력(R&D)(산업부, 방사청)
연구과제명	화학작용제 인공지능 탐지/식별 어레이센서 기술개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415187729
과제번호	20018357
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	디자인산업기술개발
연구과제명	사용자 생체 및 환경 정보 반응형 인쇄전자 카멜레온 시트 CMF 디자인 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	파루인쇄전자
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

기관;
 상기 기관 상에 형성된 전기 활성 물질을 포함하는, 복수개의 센서;
 상기 복수개의 센서에, 각각 형성된 제1 전극 및 제2 전극; 및
 상기 복수개의 센서를 분리하는 마이크로 우물;
 을 포함하는,
 가스 탐지 어레이 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 복수개의 센서 중 하나는, 코팅 물질을 포함하지 않고,
 나머지는, 조해성 염의 수용액으로 코팅된 것인,
 가스 탐지 어레이 센서.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 조해성 염은,
 수산화물, 염화물, 브롬화물, 질산염물, 탄산염물, 황산염물 및 아세트산염물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,
 가스 탐지 어레이 센서.

청구항 4

제2항에 있어서,
 상기 조해성 염은,
 KOH, NaOH, H₂SO₄, H₃PO₄, CaCl₂, LiCl, LiBr, LiI, LiClO₄, LiBF₄, LiPF₆, LiCF₃SO₃, LiCF₃CO₂, LiAlCl₄, CH₃SO₃Li, CF₃SO₃Li, LiSCN, LiC(CF₃SO₂)₃, (CF₃SO₂)₂NLi 및 (FSO₂)₂NLi로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,
 가스 탐지 어레이 센서.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 마이크로 우물은,

상기 제1 전극 및 제2 전극을 제외하고, 상기 복수개의 센서를 분리하도록 커버하는 것인,
가스 탐지 어레이 센서.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 기판은,
유리, 석영, 실리콘(Si), 실리콘 산화물(SiO_2), PET(Polyethylene Terephthalate), PEN(polyethylene naphthalate), PC(Polycarbonates), PES(Polyethersulfone), PI(polyimide), COC(Cyclic olefin copolymer), PDMS(poly-di-methyl-siloxane)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,
가스 탐지 어레이 센서.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 전기 활성 물질은, 단일벽 탄소나노튜브(single-walled carbon nanotube; SWCNT), 이중벽 탄소나노튜브(double-walled carbon nanotube; DWCNT), 다중벽 탄소나노튜브(multi-walled carbon nanotube, MWCNT), 표면이 기능화된 탄소나노튜브, 탄소나노링, 탄소나노구체, 탄소나노섬유, 그래핀, 그래핀 나노리본, 산화그래핀, 카본블랙, 그래파이트, 카본블랙, 나노다이아몬드, 흑린(black phosphorus), 비정질 질화 붕소(amorphous Boron Nitride), 이차원 육방정계 질화붕소(h-BN), 포스포린(phosphorene), 및 전이금속 디칼코게나이드(transition metal dichalcogenide)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,
가스 탐지 어레이 센서.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 전이금속 디칼코게나이드는, 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 나이오븀(Nb), 바나듐(V), 탄탈럼(Ta), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 인듐(In), 주석(Sn), 게르마늄(Ge) 및 납(Pb)으로 이루어진 그룹에서 선택된 하나의 금속 원소와 황(S), 셀레늄(Se) 및 텔루륨(Te)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,
가스 탐지 어레이 센서.

청구항 9

제1항에 있어서,
상기 제1 전극 및 제2 전극은, 각각,
Pt, Pd, Rh, Ru, Ni, Co, Cr, Ir, Au, Ag, Zn, W, Sn, Sr, In, Pb, Fe, Cu, V, Ta, Sb, Sc, Ti, Mn, Ga 및 Ge로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,
가스 탐지 어레이 센서.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 마이크로 우물은,

비스페놀 A 노볼락 에폭시 수지(SU-8), AZ 5214, SPR-220, S1800, ma-N 2400 시리즈, 폴리메틸(메트)아크릴레이트(PMMA), 폴리알릴디글리콜 카보네이트(PADC), 폴리우레탄(PU), 폴리아크릴레이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리티오우레탄(PTU), 폴리에피설파이드, 헥산디올 다이아크릴레이트(HDODA) 및 디에틸렌 글리콜 다이아크릴레이트(DEGDA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것인,

가스 탐지 어레이 센서.

청구항 11

제1항의 가스 탐지 어레이 센서의 복수개의 센서 각각에 탐지 대상 기체를 접촉시키는 단계; 및

상기 복수개의 센서 각각에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계;

를 포함하는,

가스 탐지 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 탐지 대상 기체는,

수용성 기체분자, 가수분해성 기체분자 또는 이 둘을 포함하는 것인,

가스 탐지 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 복수개의 센서 각각에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계는,

복수개의 센서의 저항 변화를 측정하는 것인,

가스 탐지 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 가스 탐지 어레이 센서 및 가스 탐지 방법에 관한 것이다.

배경 기술

일반적으로, 센서(sensor)란 온도, 압력, 소리, 빛 등 여러 종류의 물리량을 감지/검출하거나 측정하여 신호로 전달하는 기능을 갖춘 소자, 또는 이러한 소자를 이용한 계측기를 일컫는 것으로, 특히 공기 중의 수증기를 감지/검출하는 센서를 습도센서라고 한다. 이러한 습도센서는 다양한 구조로 제작되고 있으며, 습기를 검출하는 박막을 구성하고 이 박막이 습기에 노출되는 경우 전기 전도도가 변화하는 것을 이용하는 구조가 주로 사용되고 있다. 이때, 감습막으로서 폴리이미드(polyimide) 등의 폴리머(polymer) 박막이 이용되는 경우가 있으며, 이는 최근에 기존의 박막을 대체하기 위한 재료로 사용되고 있다. 다만 폴리머 박막은 그 자체로는 전기적 특성을 얻기가 어려우므로, 또 다른 박막 위에 폴리머 박막을 형성하고 폴리머 박막의 변형에 의하여 전기적 특성이 변화하는 현상을 이용하고 있다.

- [0004] 습도센서는 용량성 및 저항성 감지 방법과 같은 두 가지 주요 작동 원리로 작동한다. 용량성 센서는 일반적으로 매우 높은 저항 및 높은 전기 에너지를 필요로 하여 대량 생산이 어렵다는 단점이 있다. 그러나 전기 저항 센서는 오차가 작기 때문에 생산하기 쉽고 정확한 측정을 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.
- [0005] 일반적으로 저항식 습도센서는 습도를 전기량으로 변환시켜 상대습도를 측정하는 기구로서, 저항식 습도센서는 이를 측정할 기체 내에 놓고 그 장소의 상대습도에 따라 수증기가 막면으로부터 흡탈하여 저항치가 변화하는 것을 측정하는 것이다. 저항 감지 방식의 습도센서는 열과 화학적 안전성이 있는 특수 전극이 필요하다.
- [0006] 탄소나노튜브(Carbon nanotube; CNT)는 탄소끼리 육각형으로 결합하여 원통형 튜브구조를 이룬 탄소 동소체의 일종으로, 직경이 수 nm 정도의 작은 튜브모양을 하고 있어 나노튜브로 지칭된다. 이러한 탄소나노튜브는 속이 비어 있어 가볍고, 동일한 굵기의 강철 대비 최대 100배 이상의 인장강도 및 손상 없이 90° 까지 휘는 물성으로 인해 신소재로 주목받고 있다.
- [0007] CNT 기반의 화학저항센서(chemiresistor)는 가스분자가 CNT의 표면에 흡착 시, CNT와 분자 사이의 전하이동에 따른 CNT의 저항증가/감소를 측정하여 가스를 탐지하는 방식이다.
- [0008] CNT는 분자 흡착에 매우 민감하지만 선택도는 떨어지는 단점이 있으므로, 주로 CNT 표면을 리셉터(receptor)로 코팅하여 탐지 목표분자에 대한 민감도와 선택도를 개선하여 사용한다. 종래 연구에 쓰인 리셉터는 금속나노입자, 고분자, 생체분자 등 매우 다양하며, 공유결합을 통해 CNT를 기능화하는 방식도 있다.
- [0009] 화학작용제를 포함한 많은 독성가스가 수용성 및/또는 가수분해성으로, CNT 가스센서의 표면을 물로 코팅하면, 수용성/가수분해성 분자가 물에 녹거나 물과 반응하며, 그에 따른 센서의 저항변화를 통해 가스 탐지 가능하다.
- [0010] 그러나, 공기중에서 물이 증발하여 코팅을 유지할 수 없기 때문에 이에 대한 연구의 개발이 절실히 요구되고 있다.
- [0011] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 센서의 표면을 젖은 상태를 유지하여 수용성 및 가수분해성 기체분자를 선택적으로 탐지할 수 있는 가스 탐지 어레이 센서 및 가스 탐지 방법을 제공하는 것이다.
- [0014] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서는, 기판; 상기 기판 상에 형성된 전기 활성 물질을 포함하는, 복수개의 센서; 상기 복수개의 센서에, 각각 형성된 제1 전극 및 제2 전극; 및 상기 복수개의 센서를 분리하는 마이크로 우물;을 포함한다.
- [0017] 일 실시형태에 있어서, 상기 복수개의 센서 중 하나는, 코팅 물질을 포함하지 않고, 나머지는, 조해성 염의 수용액으로 코팅된 것일 수 있다.
- [0018] 일 실시형태에 있어서, 상기 조해성 염은, 수산화물, 염화물, 브롬화물, 질산염물, 탄산염물, 황산염물 및 아세트산염물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0019] 일 실시형태에 있어서, 상기 조해성 염은, KOH, NaOH, H₂SO₄, H₃PO₄, CaCl₂, LiCl, LiBr, LiI, LiClO₄, LiBF₄, LiPF₆, LiCF₃SO₃, LiCF₃CO₂, LiAlCl₄, CH₃SO₃Li, CF₃SO₃Li, LiSCN, LiC(CF₃SO₂)₃, (CF₃SO₂)₂NLi 및 (FSO₂)₂NLi로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

- [0020] 일 실시형태에 있어서, 상기 마이크로 우물은, 상기 제1 전극 및 제2 전극을 제외하고, 상기 복수개의 센서를 분리하도록 커버하는 것일 수 있다.
- [0021] 일 실시형태에 있어서, 상기 기판은, 유리, 석영, 실리콘(Si), 실리콘 산화물(SiO₂), PET(Polyethylene Terephthalate), PEN(polyethylene naphthalate), PC(Polycarbonates), PES(Polyethersulfone), PI(polyimide), COC(Cyclic olefin copolymer), PDMS(poly-di-methyl-siloxane)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0022] 일 실시형태에 있어서, 상기 전기 활성 물질은, 단일벽 탄소나노튜브(single-walled carbon nanotube; SWCNT), 이중벽 탄소나노튜브(double-walled carbon nanotube; DWCNT), 다중벽 탄소나노튜브(multi-walled carbon nanotube, MWCNT), 표면이 기능화된 탄소나노튜브, 탄소나노링, 탄소나노구체, 탄소나노섬유, 그래핀, 그래핀 나노리본, 산화그래핀, 카본블랙, 그라파이트, 카본블랙, 나노다이아몬드, 흑린(black phosphorus), 비정질 질화 붕소(amorphous Boron Nitride), 이차원 육방정계 질화붕소(h-BN), 포스포린(phosphorene), 및 전이금속 디칼코게나이드(transition metal dichalcogenide)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0023] 일 실시형태에 있어서, 상기 전이금속 디칼코게나이드는, 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 나이오븀(Nb), 바나듐(V), 탄탈럼(Ta), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 인듐(In), 주석(Sn), 게르마늄(Ge) 및 납(Pb)으로 이루어진 그룹에서 선택된 하나의 금속 원소와 황(S), 셀레늄(Se) 및 텔루륨(Te)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0024] 일 실시형태에 있어서, 상기 제1 전극 및 제2 전극은, 각각, Pt, Pd, Rh, Ru, Ni, Co, Cr, Ir, Au, Ag, Zn, W, Sn, Sr, In, Pb, Fe, Cu, V, Ta, Sb, Sc, Ti, Mn, Ga 및 Ge로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0025] 일 실시형태에 있어서, 상기 마이크로 우물은, 비스페놀 A 노볼락 에폭시 수지(SU-8), AZ 5214, SPR-220, SI800, ma-N 2400 시리즈, 폴리메틸(메트)아크릴레이트(PMMA), 폴리알릴디글리콜 카보네이트(PADC), 폴리우레탄(PU), 폴리아크릴레이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리티오우레탄(PTU), 폴리에피설파이드, 헥산디올 다이아크릴레이트(HDODA) 및 디에틸렌 글리콜 다이아크릴레이트(DEGDA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 실시예에 따른 가스 탐지 방법은, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서의 복수개의 센서 각각에 탐지 대상 기체를 접촉시키는 단계; 및 상기 복수개의 센서 각각에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계;를 포함한다.
- [0027] 일 실시형태에 있어서, 수용성 기체분자, 가수분해성 기체분자 또는 이 둘을 포함하는 것일 수 있다.
- [0028] 일 실시형태에 있어서, 상기 복수개의 센서 각각에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계는, 복수개의 센서의 저항 변화를 측정하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서는, 센서의 표면을 조해성 염의 수용액으로 코팅함으로써 항상 젖은 상태를 유지할 수 있어 공기 중의 수용성 또는 가수분해성 분자가 수용액 코팅에 녹거나 물과 반응할 수 있다. 이에 따라 정확한 탐지 대상 기체에 대한 탐지/식별이 가능하고, 다양한 가스 탐지에 확대 적용할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 방법은 센서의 저항변화를 측정하여 수용성 및 가수분해성 기체분자를 선택적으로 탐지 가능하다.
- [0032] 다만, 본 발명의 효과는 상기 효과들로 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 기술적 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서의 개략도이다.
- 도 1b는 도 1a의 가스 탐지 어레이 센서 중 조해성 염의 수용액으로 코팅된 제1 센서, 제2 센서 및 제3 센서를 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서를 이용한 염화옥살릴(OxC1) 탐지 결과 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서를 이용한 디메틸 메틸포스페이트(Dimethyl methylphosphonate; DMMP) 탐지 결과 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서를 이용한 디에틸 프탈레이트(Diethyl phthalate; DEP) 탐지 결과 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.
- [0036] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0037] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 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 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0039] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0040] 또한, 실시 예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다.
- [0041] 어느 하나의 실시 예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0043] 이하, 본 발명의 가스 탐지 어레이 센서 및 가스 탐지 방법에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.
- [0045] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서는, 기관; 상기 기관 상에 형성된 전기 활성 물질을 포함하는, 복수개의 센서; 상기 복수개의 센서에, 각각 형성된 제1 전극 및 제2 전극; 및 상기 복수개의 센서를 분리하는 마이크로 우물;을 포함한다.
- [0046] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서의 개략도이다.
- [0047] 도 1a를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서(100)는, 기관(110), 복수개의 센서

(120), 제1 전극(130a), 제2 전극(130b) 및 마이크로 우물(140)을 포함한다.

- [0048] 일 실시형태에 있어서, 상기 기판은, 유리, 석영, 실리콘(Si), 실리콘 산화물(SiO_2), PET(Polyethylene Terephthalate), PEN(polyethylene naphthalate), PC(Polycarbonates), PES(Polyethersulfone), PI(polyimide), COC(Cyclic olefin copolymer), PDMS(poly-di-methyl-siloxane)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0049] 바람직하게는, 상기 기판(100)은, Si/ SiO_2 기판을 사용하는 것일 수 있다.
- [0050] 상기 복수개의 센서(120)는 기판 상에 형성된 것일 수 있다.
- [0051] 도면에는 복수개의 센서가 4개로 도시되어 있으나, 센서의 개수는 제한되지 않는다.
- [0052] 상기 복수개의 센서(120)는 2개 내지 20개; 2개 내지 18개; 2개 내지 15개; 2개 내지 13개; 2개 내지 10개; 5개 내지 20개; 5개 내지 18개; 5개 내지 15개; 5개 내지 13개; 5개 내지 10개; 8개 내지 20개; 8개 내지 18개; 8개 내지 15개; 8개 내지 13개; 8개 내지 10개; 10개 내지 20개; 10개 내지 18개; 10개 내지 15개; 또는 15개 내지 20개;인 것일 수 있다.
- [0053] 일 실시형태에 있어서, 상기 복수개의 센서(120) 중 하나는, 코팅 물질을 포함하지 않고, 나머지는, 조해성 염의 수용액으로 코팅된 것일 수 있다.
- [0054] 도 1b는 도 1a의 가스 탐지 어레이 센서 중 조해성 염의 수용액으로 코팅된 제1 센서, 제2 센서 및 제3 센서를 나타낸 도면이다.
- [0055] 예를 들어, 제1 센서(120a), 제2 센서(120b), 제3 센서(120c) 및 제4 센서(120d)가 있는 경우, 제1 센서(120a), 제2 센서(120b) 및 제3 센서(120c)는 코팅 물질을 포함하고, 제4 센서(120d)는 코팅 물질을 포함하지 않은 마른 상태인 것일 수 있다.
- [0056] 조해성(deliquescence)이란 고체가 대기 중에서 습기를 흡수하여 녹는 성질로서, 조해성 염의 결정은 DRH(deliquescence relative humidity) 이상의 습도에서 대기중의 물을 흡수하여 수용액으로 바뀐다. 즉, 센서의 표면을 조해성 염의 수용액으로 코팅하면 항상 젖은 상태를 유지할 수 있다. 공기 중의 수증기 또는 가수분해성 분자가 수용액 코팅에 녹거나 물과 반응할 수 있다.
- [0057] 일 실시형태에 있어서, 상기 조해성 염은, 수산화물, 염화물, 브롬화물, 질산염물, 탄산염물, 황산염물 및 아세트산염물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0058] 일 실시형태에 있어서, 상기 조해성 염은, KOH, NaOH, H_2SO_4 , H_3PO_4 , CaCl_2 , LiCl, LiBr, LiI, LiClO_4 , LiBF_4 , LiPF_6 , LiCF_3SO_3 , LiCF_3CO_2 , LiAlCl_4 , $\text{CH}_3\text{SO}_3\text{Li}$, $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$, LiSCN, $\text{Li}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ 및 $(\text{FSO}_2)_2\text{NLi}$ 로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0059] 바람직하게는, 상기 조해성 염은 H_3PO_4 , LiCl 및 LiBr을 포함하는 것일 수 있다.
- [0060] 예를 들어, 제1 센서(120a)는 LiBr, 제2 센서(120b)는 LiCl, 제3 센서(120c)는 H_3PO_4 으로 코팅되고, 제4 센서(120d)는 코팅 물질을 포함하지 않은 마른 센서인 것일 수 있다.
- [0061] 동일한 독성가스에 대한 반응이 조해성 염의 종류마다 다르게 나타나 식별 정확도가 증가할 수 있다. 또한, 마른센서는 기존의 방식과 마찬가지로 각각의 표면을 다른 리셉터로 코팅가능하여 식별 정확도 증가할 수 있다.
- [0062] 상기 전기 활성 물질은, 전류가 흐르는 (저항 측정이 가능한) 모든 물질을 포함하는 것일 수 있다.
- [0063] 일 실시형태에 있어서, 상기 전기 활성 물질(122)은, 단일벽 탄소나노튜브(single-walled carbon nanotube; SWCNT), 이중벽 탄소나노튜브(double-walled carbon nanotube; DWCNT), 다중벽 탄소나노튜브(multi-walled carbon nanotube, MWCNT), 표면이 기능화된 탄소나노튜브, 탄소나노링, 탄소나노구체, 탄소나노섬유, 그래핀, 그래핀 나노리본, 산화그래핀, 카본블랙, 그라파이트, 카본블랙, 나노다이아몬드, 흑린(black phosphorus), 비정질 질화 붕소(amorphous Boron Nitride), 이차원 육방정계 질화붕소(h-BN), 포스포린(phosphorene), 및 전이 금속 디칼코게나이드(transition metal dichalcogenide)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0064] 일 실시형태에 있어서, 상기 전이금속 디칼코게나이드는, 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 나이오븀(Nb), 바나듐(V),

탄탈럼(Ta), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 인듐(In), 주석(Sn), 게르마늄(Ge) 및 납(Pb)으로 이루어진 그룹에서 선택된 하나의 금속 원소와 황(S), 셀레늄(Se) 및 텔루륨(Te)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

- [0065] 바람직하게는, 상기 전기 활성 물질은 그래핀인 것일 수 있다.
- [0066] 상기 전기 활성 물질(122)은 진공여과(vacuum filtration) 및 전사(transfer) 방법으로 랜덤 네트워크(Random network) 필름을 형성할 수도 있고, 자기조립(self assembly), 또는 화학기상증착(chemical vapor deposition; CVD) 방법으로 형성할 수도 있다.
- [0067] 일 실시형태에 있어서, 상기 제1 전극(130a) 및 제2 전극(130b)은, 각각, Pt, Pd, Rh, Ru, Ni, Co, Cr, Ir, Au, Ag, Zn, W, Sn, Sr, In, Pb, Fe, Cu, V, Ta, Sb, Sc, Ti, Mn, Ga 및 Ge로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0068] 상기 제1 전극(130a) 및 제2 전극(130b)은 복수개의 센서(120) 각각에 형성된 것일 수 있다. 상기 제1 전극(130a) 및 제2 전극(130b)은 전기 활성 물질이 형성된 복수개의 센서(120)의 각 테두리에 연결될 것일 수 있다.
- [0069] 상기 제1 전극(130a) 및 제2 전극(130b)은, 각각, 상이한 물질일 수 있고, 동일한 물질인 것일 수도 있다. 또한, 이중층으로 형성된 것일 수 있다.
- [0070] 바람직하게는, 상기 제1 전극(130a) 및 제2 전극(130b)은 Cr/Au인 것일 수 있다.
- [0071] 상기 마이크로 우물(140)은, 조해성 염의 수용액이 서로 섞이는 것을 방지하기 위해 형성된 것으로서, 복수개의 센서를 분리하는 것일 수 있다.
- [0072] 일 실시형태에 있어서, 상기 마이크로 우물(140)은, 상기 제1 전극(130a) 및 제2 전극(130b)을 제외하고, 상기 복수개의 센서(120)를 분리하도록 커버하는 것일 수 있다.
- [0073] 일 실시형태에 있어서, 상기 마이크로 우물(140)은, 비스페놀 A 노블락 에폭시 수지(SU-8), AZ 5214, SPR-220, S1800, ma-N 2400 시리즈, 폴리메틸(메트)아크릴레이트(PMMA), 폴리알릴디글리콜 카보네이트(PADC), 폴리우레탄(PU), 폴리아크릴레이트, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리카보네이트(PC), 폴리티오우레탄(PTU), 폴리에피설파이드, 헥산디올 다이아크릴레이트(HDODA) 및 디에틸렌 글리콜 다이아크릴레이트(DEGDA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0074] 예를 들어, 자외선 파장대가 i-line인 경우 포토레지스트는 SU-8, AZ 5214, SPR-220 중 하나로 형성될 수 있고, 자외선 파장대가 g-line인 경우 포토레지스트는 S1800로 형성될 수 있고, 자외선 파장대가 DUV인 경우 포토레지스트는 ma-N 2400 series로 형성될 수 있다.
- [0075] 바람직하게는, 상기 마이크로 우물(140)은, 비스페놀 A 노블락 에폭시 수지(SU-8)인 것일 수 있다.
- [0076] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서는, 센서의 표면을 조해성 염의 수용액으로 코팅함으로써 항상 젖은 상태를 유지할 수 있어 공기 중의 수용성 또는 가수분해성 분자가 수용액 코팅에 녹거나 물과 반응할 수 있다. 이에 따라 정확한 탐지 대상 기체에 대한 탐지/식별이 가능하고, 다양한 가스 탐지에 확대 적용할 수 있다.
- [0078] 본 발명의 다른 실시예에 따른 가스 탐지 방법은, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서의 복수개의 센서 각각에 탐지 대상 기체를 접촉시키는 단계; 및 상기 복수개의 센서 각각에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계;를 포함한다.
- [0079] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0080] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 방법은, 탐지 대상 기체 접촉 단계 (210) 및 전기적 신호 측정 단계 (220)를 포함한다.
- [0081] 일 실시형태에 있어서, 수용성 기체분자, 가수분해성 기체분자 또는 이 둘을 포함하는 것일 수 있다.
- [0082] 상기 탐지 대상 기체는, 예를 들어, 염화옥살릴(Oxalylchloride; OxCl), 디메틸 메틸포스페이트(Dimethyl methylphosphonate; DMMP), 디에틸 프탈레이트(Diethyl phthalate; DEP), 트리에틸 포스페이트(triethyl phosphate; TEP), 디(프로필렌 글리콜)메틸 포스포네이트(di(propylene glycol) methyl phosphonate; DPGME)

및 메틸 살리실레이트(methyl salicylate; MeSA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0083] 일 실시형태에 있어서, 상기 복수개의 센서 각각에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계는, 복수개의 센서의 저항 변화를 측정하는 것일 수 있다.

[0084] 상기 탐지 대상 기체 접촉 단계 (210)는, 가스 탐지 어레이 센서에 탐지 대상 기체를 접촉시키는 단계이다.

[0085] 상기 가스 탐지 어레이 센서는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서를 사용하는 것이다.

[0086] 상기 전기적 신호 측정 단계 (220)는, 가스 탐지 어레이 센서에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계이다.

[0087] 일 실시형태에 있어서, 상기 가스 탐지 어레이 센서에서 발생하는 전기적 신호를 측정하는 단계는, 가스 탐지 어레이 센서의 저항 변화를 측정하는 것일 수 있다.

[0088] 상기 가스 탐지 방법은 탐지 대상 기체와 조해성 염 수용액의 접촉 후의 저항 변화를 감지하는 방법으로 수행되는 것일 수 있다.

[0089] 동일한 독성가스에 대한 반응이 조해성 염의 종류마다 다르게 나타나는 것일 수 있다. 디바이스마다 기초 저항값 (R_0)이 다를 수 있으므로, 마른 센서의 저항값 대비 조해성 염 수용액의 접촉 후 저항 (R)의 변화량 ($\Delta R/R_0$)으로 탐지 대상 기체를 검출하는 것일 수 있다.

[0090] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 탐지 방법은 센서의 저항변화를 측정하여 수용성 및 가수분해성 기체분자를 선택적으로 탐지 가능하다. 탐지 목표 분자, 물, 물에 녹아있는 이온의 상호작용을 활용한 가스 탐지 기술에 관한 것으로서, 탐지 목표 분자의 수용성 및 가수분해성에 따라 각 센서의 저항 변화 방향, 크기, 속도가 달라진다. 따라서, 센서 어레이의 반응 패턴 분석을 통해 정확한 탐지/식별이 가능하다. 전기 활성 물질의 종류, 조해성 염의 종류, 마른 센서에 적용하는 리셉터 종류를 변경하여 향후 다양한 가스 탐지에 확대 적용 가능하다.

[0092] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0093] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[실시예]

가스 탐지 어레이 센서 제조

[0097] Si/SiO₂ 기판 위에 단일벽 탄소나노튜브를 진공여과(vacuum filtration) 및 전사(transfer) 방법으로 랜덤 네트워크(Random network) 필름을 형성하고, 노광 및 에칭 공정을 이용하여 각각 70 μm X 105 μm 4개의 센서로 구성된 175 μm X 250 μm 어레이 센서를 준비하였다.

[0098] 단일벽 탄소나노튜브가 얹어진 Si/SiO₂ 기판에 각 센서에 Cr/Au 이중층 전극 두 개를 제조하였다. Cr 두께는 2~3 nm, Au 두께는 70 nm이며 두 전극간의 거리는 20 μm 으로 하였다.

[0099] 이어서, 각 센서 위의 조해성 염 수용액이 서로 섞이는 것을 방지하기 위해, SU-8 2050으로 75 μm 두께, 직경 600 μm 의 마이크로 우물(microwell) 구조를 노광 공정을 이용하여 제작하였다.

[0100] 제1 센서에는 LiBr 수용액을 코팅하고, 제2 센서에는 LiCl 수용액 코팅을 코팅하고, 제3 센서에는 H₃PO₄ 수용액을 코팅하고, 제4 센서에는 코팅 없이 마른 센서(dry sensor)로 둔 가스 탐지 어레이 센서를 제조하였다.

[0102] 가스 탐지 어레이 센서를 젖음 또는 물에 접촉함으로써 인해 발생하는 저항의 변화를 고려하지 않기 위해, 기초저항값 (baseline, R_0)을 젖은 상태에서 (물에서) 안정화시킨다.

[0103] 실시간으로 측정되고 있는 센서에 특정 시간 동안 가스를 노출하고 센서 저항 변화량이 안정화될 때까지 저항변

화량값 ($\frac{\Delta R}{R_0}$)을 측정한다.

[0105] 염화옥살릴(Oxalylchloride; OxCl) 탐지

[0106] 염화옥살릴(OxCl)은 물과 빠르게 반응하여 분해된다 (빠른 가수 분해).

[0107] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서를 이용한 염화옥살릴(OxCl) 탐지 결과 그래프이다.

[0108] 도 3을 참조하면, LiBr 및 LiCl 수용액 코팅 센서가 마른센서 보다 반응성이 높은 것을 확인할 수 있다.

[0109] 가수분해로 발생한가스(HCl, CO₂, CO)로 인해 신호가 불안정한 특성을 보여 식별 정확도 향상에 활용할 수 있다.

[0111] 디메틸 메틸포스페이트(Dimethyl methylphosphonate; DMMP) 탐지

[0112] 디메틸 메틸포스페이트(DMMP)는 천천히 물과 반응하여 분해된다 (느린 가수분해).

[0113] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서를 이용한 디메틸 메틸포스페이트(Dimethyl methylphosphonate; DMMP) 탐지 결과 그래프이다.

[0114] 도 4를 참조하면, 초기에는 마른센서의 반응성이 높지만, 시간이 지남에 따라 LiCl 수용액 코팅 센서의 반응성이 더 커지는 것을 확인하였다. H₃PO₄ 수용액 코팅 센서만 저항이 감소하는 것을 확인하였다.

[0116] 디에틸 프탈레이트(Diethyl phthalate; DEP) 탐지

[0117] 디에틸 프탈레이트(DEP)는 물에 녹지 않는다.

[0118] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 가스 탐지 어레이 센서를 이용한 디에틸 프탈레이트(Diethyl phthalate; DEP) 탐지 결과 그래프이다.

[0119] 도 5를 참조하면, 마른 센서는 반응하지 않으며, H₃PO₄ 수용액 코팅센서의 반응성이 가장 큰 것을 확인할 수 있다.

[0121] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0122] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0124] 100: 가스 탐지 어레이 센서 110: 기판

120: 복수개의 센서 120a: 제1 센서

120b: 제2 센서 120c: 제3 센서

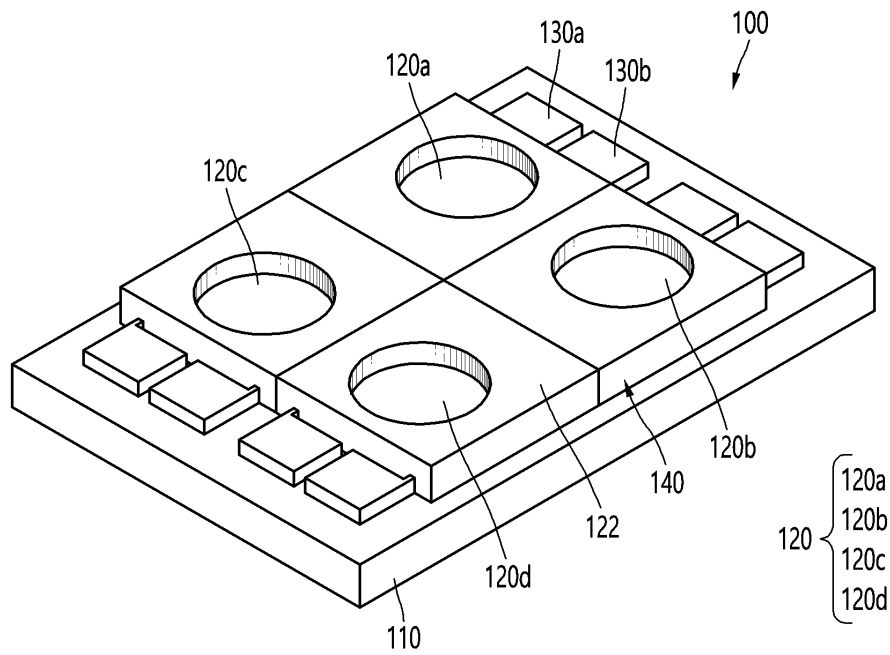
120d: 제4 센서 122: 전기 활성 물질

130a 제1 전극 130b: 제2 전극

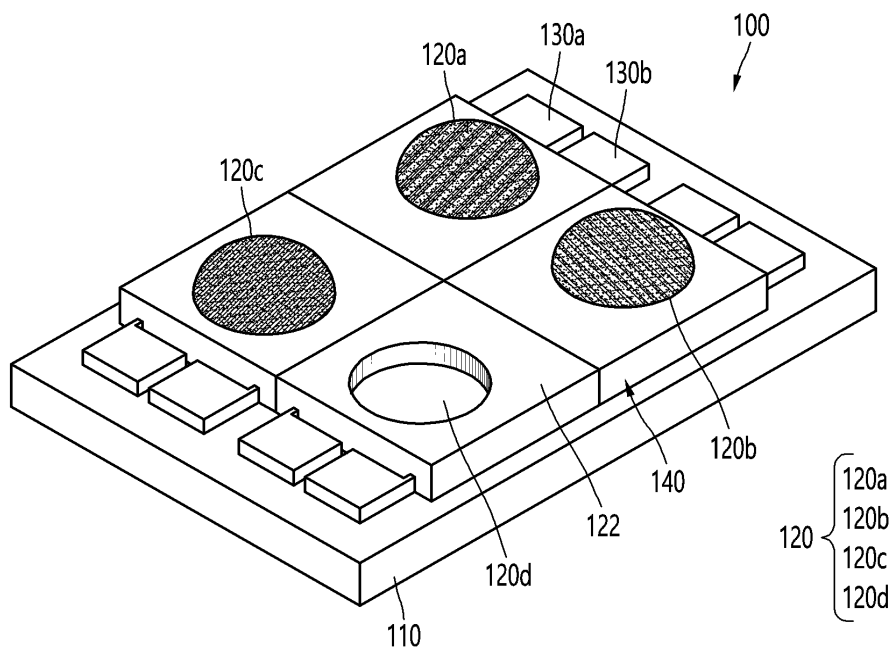
140: 마이크로 우물

도면

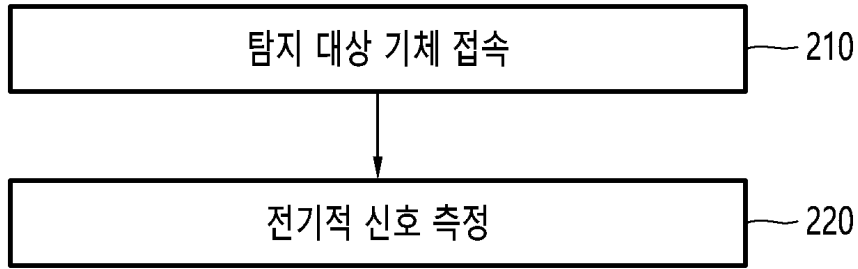
도면1a



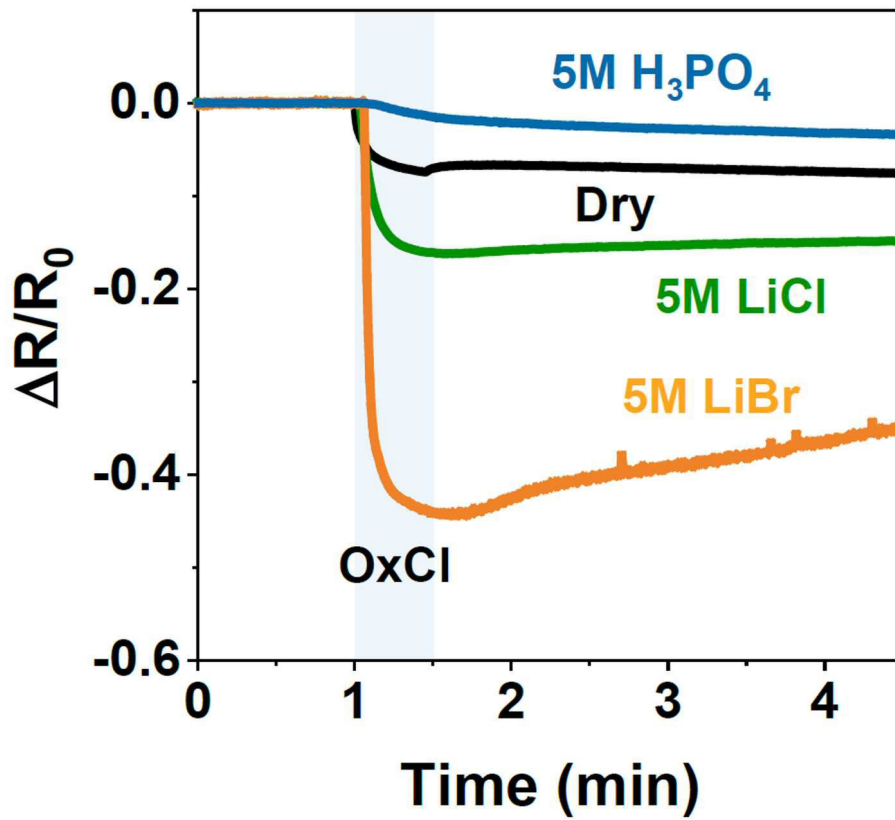
도면1b



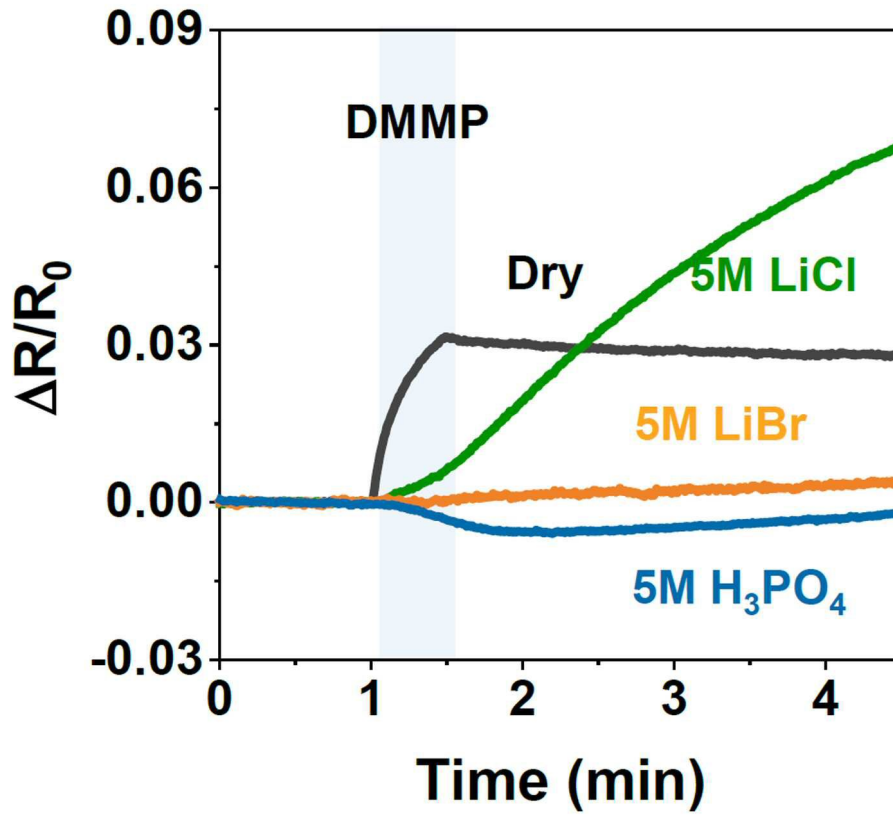
도면2



도면3



도면4



도면5

