(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0050444
(43) 공개일자 2025년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/22 (2006.01) *C08L 33/12* (2006.01)
C08L 35/02 (2006.01) *C08L 83/04* (2006.01)
F25B 23/00 (2022.01) *F28F 13/00* (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01) *G06F 1/16* (2006.01)
B82Y 15/00 (2017.01) *B82Y 40/00* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/2287 (2013.01)
C08L 33/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0133471
(22) 출원일자 2023년10월06일
심사청구일자 2023년10월06일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
오승주
서울특별시 중구 청구로 64, 113동 104호(신당동, 청구e편한세상)
이헌
서울특별시 서초구 동광로 89-5, 105동 602호(방배동, 방배3차이편한세상)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

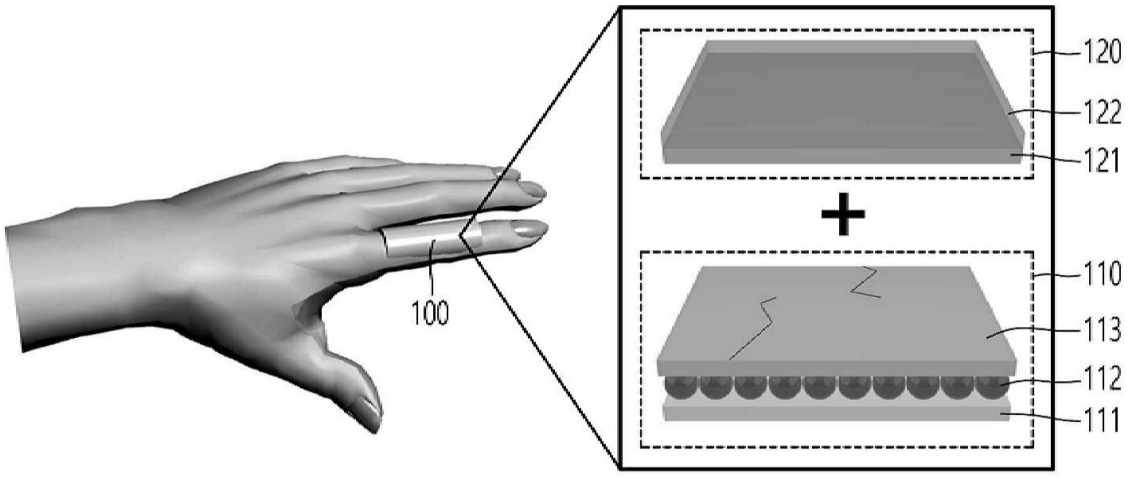
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서는 기판 상에 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층 그리고 상기 나노 입자층 상에 금속 벌크층을 포함하고, 외부로부터 가해지는 스트레인(strain)에 따른 저항 변화를 감지하는 스트레인 감지부 및 상기 스트레인 감지부 상에 위치하고, 상기 금속 벌크층과 연계하여 입사하는 태양광에서의 가시광선을 반사하며, 상기 입사하는 태양광에서의 중적외선을 흡수 및 방사하여 냉각 성능을 부여하는 복사 냉각부를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C08L 35/02 (2013.01)
C08L 83/04 (2013.01)
F25B 23/003 (2013.01)
F28F 13/00 (2013.01)
G01B 7/18 (2013.01)
G06F 1/163 (2013.01)
B82Y 15/00 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)

(72) 발명자
이상엽
서울특별시 양천구 신정로7길 76, 203동 603호(신정동, 푸른마을2단지아파트)

임한규
서울특별시 도봉구 해등로 264, 104동 310호(방학동, 청구아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711190047
과제번호	2022R1A2C4001517
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	(이공)중견연구자지원사업(신진중견연계)
연구과제명	픽셀리스 적외선 이미지 센서 구현을 위한 광증폭 양자점 박막 소재 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711181946
과제번호	2018M3D1A1059001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	(원천)미래소재디스커버리사업
연구과제명	Small form-factor용 초고효율 적외선 흡수 소재 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2023.01.16 ~ 2024.01.15

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판 상에 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층 그리고 상기 나노 입자층 상에 금속 벌크층을 포함하고, 외부로부터 가해지는 스트레인(strain)에 따른 저항 변화를 감지하는 스트레인 감지부; 및

상기 스트레인 감지부 상에 위치하고, 상기 금속 벌크층과 연계하여 입사하는 태양광에서의 가시광선을 반사하며, 상기 입사하는 태양광에서의 중적외선을 흡수 및 방사하여 냉각 성능을 부여하는 복사 냉각부를 포함하는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스트레인 감지부는 상기 스트레인에 따라 상기 금속 나노 입자에 대해 장력이 적용되고, 상기 적용된 장력에 수직한 방향으로 크랙들이 형성되며, 상기 형성된 크랙들에 기반하여 상기 저항 변화를 감지하고, 상기 감지된 저항 변화에 따른 게이지 팩터(gauge factor)를 갖는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 스트레인 감지부는 0.2% 내지 1% 스트레인에 대하여 15% 내지 220%의 저항 변화가 감지되어 126이하의 게이지 팩터를 갖는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 스트레인 감지부는 상기 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자에 기반하여 상기 태양광에 대한 흡광 파장이 적색 편이(red shift) 및 브로드(broad)해지고, 상기 금속 나노 입자 간의 거리가 감소하며, FR-IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 분석에 따른 C-H 피크(peak)가 감소하는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 스트레인 감지부는 상기 기판 상에 티올기(thiol group)을 갖는 리간드와 금속 나노 입자가 치환되어 상기 리간드로 둘러싸여 전도성을 갖는 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층이 형성되고, 상기 나노 입자층 상에 금속이 열증착되어 상기 티올기와 상기 열증착된 금속이 결합하여 상기 금속 벌크층이 형성되는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 스트레인 감지부는 상기 티올기와 상기 열증착된 금속이 결합에 기반하여 상기 스트레인에 따라 상기 금속 나노 입자에 대해 장력이 적용되고, 상기 적용된 장력에 수직한 방향으로 크랙들이 상기 나노 입자층과 상기 금

속 벌크층에 형성되는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 리간드는 TOPO(trioctylphosphineoxide), 옥타데칸올(octadecanol), 올레익산(oleic acid), 올레일아민(oleylamine)MPA(3-mercaptopropionic acid), EDT(1,2-ethanedithiol), EDA(ethylenediamine), BDT(benzenedithiol), 피리딘(pyridine), TGA(methanethiosulfonyl-galactoside) 및 PDT (propanedithiol) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 나노 입자층은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 나노 입자이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성되는 금속 나노 입자로 형성되고,

상기 금속 벌크층은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복사 냉각부는 상기 금속 벌크층을 상기 태양광에서의 가시광선을 반사하는 반사층으로 이용하거나, 상기 금속 벌크층을 형성하는 물질과 동일한 물질로 반사층을 추가 포함하여 상기 태양광에서의 가시광선을 반사하고, 상기 금속 벌크층과 상기 반사층 중 어느 하나의 층 상에 폴리머 혼합제가 형성되어서 상기 중적외선을 흡수 및 방사하는 중적외선 방사층을 포함하는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 폴리머 혼합제는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(polymethyl methacrylate) 및 DPHA(dipentaerythritol penta/hexa acrylate) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 냉각 성능은 사용자에 착용가능한 웨어러블 센서에서 상기 사용자에 접촉되는 면에서 발생되는 열에 대하여 낮 시간 동안에 8도 이하의 냉각 성능을 나타내고, 밤 시간 동안에 5.2도 이하의 냉각 성능을 나타내는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서.

청구항 12

기판 상에 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층 그리고 상기 나노 입자층 상에 금속 벌크층을 포함하고, 외부로부터 가해지는 스트레인(strain)에 따른 저항 변화를 감지하는 스트레인 감지부를 형성

하는 단계; 및

상기 스트레인 감지부 상에 위치하고, 상기 금속 벌크층과 연계하여 입사하는 태양광에서의 가시광선을 반사하며, 상기 입사하는 태양광에서의 중적외선을 흡수 및 방사하여 냉각 성능을 부여하는 복사 냉각부를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 스트레인 감지부는 상기 스트레인에 따라 상기 금속 나노 입자에 대해 장력이 적용되고, 상기 적용된 장력에 수직한 방향으로 크랙들이 형성되며, 상기 형성된 크랙들에 기반하여 상기 저항 변화를 감지하고, 상기 감지된 저항 변화에 따른 게이지 팩터(gauge factor)를 갖는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 냉각 성능은 사용자에 착용가능한 웨어러블 센서에서 상기 사용자에 접촉되는 면에서 발생되는 열에 대하여 낮 시간 동안에 8도 이하의 냉각 성능을 나타내고, 밤 시간 동안에 5.2도 이하의 냉각 성능을 나타내는 것을 특징으로 하는

사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 복사 냉각층에 기반한 냉각 성능을 부여함으로써 웨어러블 스트레인 센서의 온도를 낮춰 스트레인 센서를 사용하는 사용자로 하여금 발열에 따른 사용자의 불편함을 해소하는 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 사람들의 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 실시간으로 자신의 몸 상태를 모니터링할 수 있는 웨어러블 센서 기술에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0003] 이 중 촉망받는 구동 방법은 크랙 기반 저항변화형 스트레인 센서가 있다.

[0004] 저항변화형 스트레인 센서는 스트레인에 대한 저항 변화를 측정하는 간단한 구조를 가지고 있으며, 손, 얼굴, 다리 등 신체의 다양한 굽힘을 정확히 측정할 수 있는 장점이 있어 널리 연구되고 있다.

[0005] 저항변화는 쉽게 측정이 가능하여 기기 단순화 및 소형화가 용이하고 크랙 기반 소자는 외부 자극에 의한 즉각적인 변형을 동반하여 빠른 응답속도를 확보할 수 있다.

[0006] 특히 방향성이 균일하고 길게 이어진 채널 크랙이 형성되는 경우 높은 민감도 또한 기대할 수 있따. 이러한 크랙 기반 스트레인 센서 제작에 있어 금속과 나노 입자는 매우 촉망받는 소재이다.

[0007] 금속의 경우 전기 전도도가 높고, 종류에 따라 생체친화적 유연 기판에 증착하여 활용하기 용이하다는 장점이 있고, 나노 입자는 큰 저항변화를 유발하는 채널 크랙 형성이 용이하고 전 용액 공정을 통한 생산성과 경제성으로 각광받고 있다.

[0008] 그러나 금속은 채널 크랙을 잘 형성하지 못하여 민감도가 낮은 경우가 많고, 나노 입자는 박막에서 전자가 나노 입자 간 홉핑 메커니즘을 따라 이동하여 전도도가 낮고 PDMS(polydimethylsiloxane) 등 생체친화적 기판에는 낮은 접합력 때문에 활용하기 어렵다는 단점이 있다.

[0009] 저항 변화형 스트레인 센서는 스트레인에 따라 저항이 변하는 것을 감지하여 스트레인을 측정한다.

[0010] 예를 들어 저항 변화형 스트레인 센서는 광 센서, 맥박 측정 센서와 같은 각종 센서들과 함께 생체 신호를 확인하는 헬스 케어 장치, 차량 안전 및 제어 장치, 태양 전지, 웨어러블 기기 등에 사용될 수 있다.

[0011] 저항 변화형 스트레인 센서는 전류의 세기를 감지하여 모션 변화를 측정하는데, 전자 기기는 전류가 흐르게 되면 필연적으로 열이 발생하고, 이는 사용자가 센서에 대한 큰 불편함을 만들 수 있다.

[0012] 종래 기술에 따른 저항 변화형 스트레인 센서에 대한 민감도 및 감지 범위 등 센서의 성능을 향상시키는 방법에 집중해 왔으며, 저항 변화형 스트레인 센서를 직접 사용하는 사용자의 편안함에 초점을 맞춘 연구는 거의 진행되지 않았으며, 이는 스트레인 센서가 실제 인체의 모션 감지에 적용되는데 큰 걸림돌이 되고 있다.

[0013] 웨어러블 센서의 경우에는 착용자에게 발열에 의한 불편함을 전달할 수 있어서 적절한 온도 상태를 유지하기 위해서 냉각 기술이 요구될 수 있다.

[0014] 한편, 복사 냉각(radiative cooling)은 가시광선의 반사를 통해 태양빛에 의한 가열을 방지하고, 대기의 창(sky window)으로 알려진 8㎛ 내지 13㎛ 파장대의 중적외선을 흡수 및 방사(우주 영역으로)하여 약 3K의 낮은 온도를 가진 우주와의 열 교환을 함으로써 원하는 물체를 냉각할 수 있다.

[0015] 복사 냉각 성능을 극대화하기 위해서는 냉각시키려는 물체와 직접적으로 접촉하고 있어야 한다. 따라서 전자 기기 물체에 직접적으로 냉각층(cooling layer)을 구성해야 하는데, 이는 장치의 구조가 복잡해지고, 공정 비용의 증가로 이어져 다양한 전자 기기에 적용하기 어려울 수 있다.

[0016] 이를 효과적으로 극복하기 위해서는 센서와 같은 장치의 설계 과정 중에 전기적, 광학적 특성을 고려하여 하나의 소재가 동시에 다양한 기능을 하도록 설계하여야 한다.

[0017] 하지만 전자 장치의 성능과 냉각 성능(cooling performance)을 동시에 높이기 위한 스마트 전자 장치(smart electronic device)에 대한 연구는 거의 진행되지 않았다.

선행기술문헌

특허문헌

[0018] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-2387773호, "온도에 따른 저항의 변화에 대해 안정성이 있는 센서 및 이의 제조 방법"

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1813074호, "스트레인 센서의 제조 방법, 스트레인 센서 및 이를 포함하는 웨어러블 디바이스"

(특허문헌 0003) 한국등록특허 제10-2094134호, "스트레인 센서의 제조 방법 및 이를 통해 제조된 스트레인 센서"

(특허문헌 0004) 한국공개특허 제10-2016-0118159호, "나노 복합체를 이용한 변형률 감지 센서 및 이의 제조 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0019] 본 발명은 복사 냉각층에 기반한 냉각 성능을 부여함으로써 웨어러블 스트레인 센서의 온도를 낮춰 스트레인 센서를 사용하는 사용자로 하여금 발열에 따른 사용자의 불편함을 해소하는 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 구현하는 것을 목적으로 한다.

[0020] 본 발명은 높은 감지도, 낮은 작동 전압, 무독성의 인체 친화적인 특성을 가지는 웨어러블 센서로서 작동 중 발생하는 열에 의한 사용자의 불쾌감을 해소하여 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0021] 본 발명은 용액 공정과 열증착 기반의 단순 공정이 가능함에 따라 경제성 증가 및 대면적 제작이 용이한 사용자

친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0022] 본 발명은 맥박, 운동 감지, 로보틱스(robotics) 분야 등 다양한 웨어러블 소자 분야에 활용될 수 있는 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0023] 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서는 기판 상에 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층 그리고 상기 나노 입자층 상에 금속 벌크층을 포함하고, 외부로부터 가해지는 스트레인(strain)에 따른 저항 변화를 감지하는 스트레인 감지부 및 상기 스트레인 감지부 상에 위치하고, 상기 금속 벌크층과 연계하여 입사하는 태양광에서의 가시광선을 반사하며, 상기 입사하는 태양광에서의 중적외선을 흡수 및 방사하여 냉각 성능을 부여하는 복사 냉각부를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 스트레인 감지부는 상기 스트레인에 따라 상기 금속 나노 입자에 대해 장력이 적용되고, 상기 적용된 장력에 수직한 방향으로 크랙들이 형성되며, 상기 형성된 크랙들에 기반하여 상기 저항 변화를 감지하고, 상기 감지된 저항 변화에 따른 게이지 팩터(gauge factor)를 갖을 수 있다.

[0025] 상기 스트레인 감지부는 0.2% 내지 1% 스트레인에 대하여 15% 내지 220%의 저항 변화가 감지되어 126이하의 게이지 팩터를 갖을 수 있다.

[0026] 상기 스트레인 감지부는 상기 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자에 기반하여 상기 태양광에 대한 흡광 파장이 적색 편이(red shift) 및 브로드(broad)해지고, 상기 금속 나노 입자 간의 거리가 감소하며, FR-IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 분석에 따른 C-H 피크(peak)가 감소할 수 있다.

[0027] 상기 스트레인 감지부는 상기 기판 상에 티올기(thiol group)을 갖는 리간드와 금속 나노 입자가 치환되어 상기 리간드로 둘러싸여 전도성을 갖는 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층이 형성되고, 상기 나노 입자층 상에 금속이 열증착되어 상기 티올기와 상기 열증착된 금속이 결합하여 상기 금속 벌크층이 형성될 수 있다.

[0028] 상기 스트레인 감지부는 상기 티올기와 상기 열증착된 금속이 결합에 기반하여 상기 스트레인에 따라 상기 금속 나노 입자에 대해 장력이 적용되고, 상기 적용된 장력에 수직한 방향으로 크랙들이 상기 나노 입자층과 상기 금속 벌크층에 형성될 수 있다.

[0029] 상기 리간드는 TOPO(trioctylphosphineoxide), 옥타데칸올(octadecanol), 올레익산(oleic acid), 올레일아민(oleylamine)MPA(3-mercaptopropionic acid), EDT(1,2-ethanedithiol), EDA(ethylenediamine), BDT(benzenedithiol), 피리딘(pyridine), TGA(methanethiosulfonyl-galactoside) 및 PDT (propanedithiol) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0030] 상기 나노 입자층은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 나노 입자이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성되는 금속 나노 입자로 형성되고, 상기 금속 벌크층은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.

[0031] 상기 복사 냉각부는 상기 금속 벌크층을 상기 태양광에서의 가시광선을 반사하는 반사층으로 이용하거나, 상기 금속 벌크층을 형성하는 물질과 동일한 물질로 반사층을 추가 포함하여 상기 태양광에서의 가시광선을 반사하고, 상기 금속 벌크층과 상기 반사층 중 어느 하나의 층 상에 폴리머 혼합제가 형성되어서 상기 중적외선을 흡수 및 방사하는 중적외선 방사층을 포함할 수 있다.

[0032] 상기 폴리머 혼합제는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(polymethyl methacrylate) 및 DPHA(dipentaerythritol penta/hexa acrylate) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0033] 상기 냉각 성능은 사용자에 착용가능한 웨어러블 센서에서 상기 사용자에 접촉되는 면에서 발생되는 열에 대하여 낮 시간 동안에 8도 이하의 냉각 성능을 나타내고, 밤 시간 동안에 5.2도 이하의 냉각 성능을 나타낼 수 있다.

[0034] 본 발명의 일실시예에 따르면 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법은 기판 상에 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층 그리고 상기 나노 입자층 상에 금속 벌크층을 포함하고, 외부로부터 가해지는 스트레인(strain)에 따른 저항 변화를 감지하는 스트레인 감지부를 형성하는 단계 및 상기 스트레인 감지부 상에 위치하고, 상기 금속 벌크층과 연계하여 입사하는 태양광에서의 가시광선을 반사하며, 상

기 입사하는 태양광에서의 중적외선을 흡수 및 방사하여 냉각 성능을 부여하는 복사 냉각부를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0035] 상기 스트레인 감지부는 상기 스트레인에 따라 상기 금속 나노 입자에 대해 장력이 적용되고, 상기 적용된 장력에 수직한 방향으로 크랙들이 형성되며, 상기 형성된 크랙들에 기반하여 상기 저항 변화를 감지하고, 상기 감지된 저항 변화에 따른 게이지 팩터(gauge factor)를 갖을 수 있다.

[0036] 상기 냉각 성능은 사용자에 착용가능한 웨어러블 센서에서 상기 사용자에 접촉되는 면에서 발생되는 열에 대하여 낮 시간 동안에 8도 이하의 냉각 성능을 나타내고, 밤 시간 동안에 5.2도 이하의 냉각 성능을 나타낼 수 있다.

발명의 효과

[0037] 본 발명은 복사 냉각층에 기반한 냉각 성능을 부여함으로써 웨어러블 스트레인 센서의 온도를 낮춰 스트레인 센서를 사용하는 사용자로 하여금 발열에 따른 사용자의 불편함을 해소하는 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 구현할 수 있다.

[0038] 본 발명은 높은 감지도, 낮은 작동 전압, 무독성의 인체 친화적인 특성을 가지는 웨어러블 센서로서 작동 중 발생하는 열에 의한 사용자의 불쾌감을 해소하여 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공할 수 있다.

[0039] 본 발명은 용액 공정과 열증착 기반의 단순 공정이 가능함에 따라 경제성 증가 및 대면적 제작이 용이한 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공할 수 있다.

[0040] 본 발명은 맥박, 운동 감지, 로보틱스(robotics) 분야 등 다양한 웨어러블 소자 분야에 활용될 수 있는 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 설명하는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서에 포함된 나노 입자층의 특성을 설명하는 도면이다.

도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 스트레인에 따른 저항 변화를 설명하는 도면이다.

도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 광학 특성을 설명하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 냉각 특성을 설명하는 도면이다.

도 7 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서가 착용된 사용자의 동작에 따른 동작 감지 특성을 설명하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 게이지 팩터(gauge factor)를 설명하는 도면이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 크랙 생성 과정을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.

[0043] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0044] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0045] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0046] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

[0047] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

[0048] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[0049] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.

[0050] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

[0051] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.

[0052] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.

[0053] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.

[0054] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다.

[0055] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다' 라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0056] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0058] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 설명하는 도면이다.

[0059] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 구조와 착용 상태를 예시한다.

[0060] 도 1을 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서(100)는 스트레인 감지부(110) 및 복사 냉각부(120)를 포함한다.

[0061] 일례로, 스트레인 감지부(110)는 기판(111) 상에 나노 입자층(112) 그리고 나노 입자층(112) 상에 금속 벌크층(113)을 포함한다.

[0062] 본 발명의 일실시예에 따른 스트레인 감지부(110)는 기판 상에 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층(112) 그리고 나노 입자층(112) 상에 금속 벌크층(113)을 포함하고, 외부로부터 가해지는 스트레인(strain)에 따른 저항 변화를 감지할 수 있다.

[0063] 예를 들어, 리간드는 TOPO(trioctylphosphineoxide), 옥타데칸올(octadecanol), 올레익산(oleic acid), 올레일아민(oleylamine)MPA(3-mercaptopropionic acid), EDT(1,2-ethanedithiol), EDA(ethylenediamine), BDT(benzenedithiol), 피리딘(pyridine), TGA(methanethiosulfonyl-galactoside) 및 PDT (propanedithiol) 중

적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0064] 예를 들어, 나노 입자층(112)은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 나노 입자이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성되는 금속 나노 입자로 형성될 수 있다.

[0065] 예를 들어, 금속 벌크층(113)은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 선택되는 적어도 어느 하나의 금속 물질이거나 적어도 둘이 결합된 합금 물질 중 어느 하나의 물질로 형성될 수 있다.

[0066] 본 발명의 일실시예에 따르면 스트레인 감지부(110)는 스트레인에 따라 금속 나노 입자에 대해 장력이 적용되고, 적용된 장력에 수직한 방향으로 크랙들이 형성되며, 형성된 크랙들에 기반하여 저항 변화를 감지하고, 감지된 저항 변화에 따른 게이지 팩터(gauge factor)를 갖을 수 있다.

[0067] 일례로, 스트레인 감지부(110)는 기판(111) 상에 티올기(thiol group)을 갖는 리간드와 금속 나노 입자가 치환되어 리간드로 둘러싸여 전도성을 갖는 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층(112)이 형성되고, 나노 입자층(112) 상에 금속이 열증착되어 티올기와 열증착된 금속이 결합하여 금속 벌크층(113)이 형성된다.

[0068] 본 발명의 일실시예에 따르면 복사 냉각부(120)는 스트레인 감지부(110) 상에 위치하고, 금속 벌크층(113)과 연계하여 입사하는 태양광에서의 가시광선을 반사하며, 입사하는 태양광에서의 중적외선을 흡수 및 방사하여 냉각 성능을 부여할 수 있다.

[0069] 예를 들어, 냉각 성능은 사용자에 착용가능한 웨어러블 센서에서 상기 사용자에 접촉되는 면에서 발생되는 열에 대하여 낮 시간 동안에 8도 이하의 냉각 성능을 나타내고, 밤 시간 동안에 5.2도 이하의 냉각 성능을 나타낼 수 있다.

[0070] 즉, 복사 냉각부(120)는 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서(100)에서 발생하는 열에 대하여 냉각 성능을 부여하여 착용자인 사용자의 불쾌감을 해소한다.

[0071] 본 발명의 일실시예에 따른 복사 냉각부(120)는 금속 벌크층(113)을 태양광에서의 가시광선을 반사하는 반사층(121)으로 이용하거나, 금속 벌크층(113)을 형성하는 물질과 동일한 물질로 반사층(121)을 추가 포함하여 태양광에서의 가시광선을 반사한다.

[0072] 일례로, 복사 냉각부(120)는 금속 벌크층(113)과 반사층(121) 중 어느 하나의 층 상에 폴리머 혼합제가 형성되어서 중적외선을 흡수 및 방사하는 중적외선 방사층(122)을 포함할 수 있다.

[0073] 예를 들어, 폴리머 혼합제는 PDMS(polydimethylsiloxane), PMMA(polymethyl methacrylate) 및 DPHA(dipentaerythritol penta/hexa acrylate) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0074] 예를 들어, 폴리머 혼합제는 중적외선을 흡수 및 방사하는 방사율을 증진하기 위한 세라믹 나노 입자 및 폴리머 입자 또는 둘 중 어느 하나의 입자가 혼입될 수 있다.

[0075] 예를 들어, 세라믹 입자는 TiO_2, Al_2O_3, h-BN, ZrO_2, SiO_2, $CaCO_3$, $BaSO_4$, MgO, Y_2O_3, YSZ, BeO, MnO, ZnO, SiC, AlN 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 폴리머 입자는 DPHA(DiPentaerythritol HexaAcrylate), PTFE(Polytetrafluoroethylene), PDMS(polydimethylsiloane), PMMA(polymethyl methacrylate), PUA(Polyurethane acrylate), ETFE(Ethylene Tetra fluoro Ethylene), PVDF(Polyvinylidene fluoride), Acrylic 계 고분자, Polyester 계 고분자, Polyurethance 계 고분자 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0076] 따라서, 본 발명은 높은 감지도, 낮은 작동 전압, 무독성의 인체 친화적인 특성을 가지는 웨어러블 센서로서 작동 중 발생하는 열에 의한 사용자의 불쾌감을 해소하여 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공할 수 있다.

[0078] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0079] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법을 예시한다.

[0080] 도 2를 참고하면, 단계(S201)에서 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의

제조 방법은 팽창기판을 준비한다.

[0081] 팽창 기판은 팽창 계수가 큰 물질을 포함하여, 외부 온도 변화에 대한 민감도가 커서 외부 온도 증가에 따른 열 팽창을 통해 온도 변화를 민감하게 감지할 수 있다.

[0082] 실시예에 따라서, 팽창기판은 $1.0x10^{-4}K^{-1}$ 내지 $1.0x10^{-3}K^{-1}$의 열 팽창 계수를 가지는 물질을 포함할 수 있다.

[0083] 열 팽창 계수가 $1.0x10^{-4}K^{-1}$ 미만이면 외부 온도를 민감하게 감지할 정도로 팽창기판이 충분히 팽창되지 않을 수 있다.

[0084] 예를 들어, 열 팽창 계수가 약 $1.0x10^{-6}K^{-1}$인 PET(polyethylene terephthalate)는 열에 의해 충분히 팽창되지 않아 외부 온도를 민감하게 감지할 수 없으나, 열 팽창 계수가 약 $1.0x10^{-4}K^{-1}$ 정도인 PU(polyurethane)는 외부 온도에 의해 잘 팽창되어 외부 온도를 민감하게 감지할 수 있다.

[0085] 이에 따라, 팽창기판은 구체적으로 PDMS(polydimethylsiloxane), 에코플렉스(Ecoflex) 및 하이드로겔 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으며, 열 팽창 계수가 $1.0x10^{-4}K^{-1}$ 이상인 고분자라면 상기 물질에 제한되지 않는다.

[0086] PDMS는 열 팽창 계수가 $3.2x10^{-4}K^{-1}$로 비교적 큰 팽창 계수를 가지므로 팽창기판에 포함되는 물질로 바람직하다.

[0087] 실시예에 따라서, 팽창기판은 자외선-오존(UV-ozone) 및 APTES((3-aminopropyl)triethoxysilane) 처리하여 자기조립 단분자막(self-assembled monolayer)을 형성할 수 있다.

[0088] 자외선-오존 처리는 팽창기판 표면의 불순물을 제거하고 APTES와의 결합력 향상을 위한 과정으로, 팽창기판 표면에 하이드록시기(-OH)를 형성하여 APTES 분자와 결합할 수 있다.

[0089] APTES 처리는 자외선-오존 처리된 팽창기판 상에 아민기($-NH^2$)를 형성하여 최종적으로 자기조립 단분자막을 형성하는 과정으로, 팽창기판 상에 형성되는 나노 입자층의 전도성 나노 입자를 상기 아민기와 화학적으로 결합시킬 수 있다.

[0090] 단계(S202)에서 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법은 팽창기판 위에 금속 나노 입자 박막을 스핀코팅법으로 형성한다.

[0091] 단계(S203)에서 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법은 금속 나노 입자에 리간드 치환한다.

[0092] 리간드는 유기 리간드의 사슬 길이가 짧은 유기 리간드로 치환되면서 사슬 길이가 짧아진 공간만큼 크랙이 형성될 수 있다.

[0093] 리간드는 TOPO(trioctylphosphineoxide), 옥타데칸올(octadecanol), 올레익산(oleic acid), 올레일아민(oleylamine)MPA(3-mercaptopropionic acid), EDT(1,2-ethanedithiol), EDA(ethylenediamine), BDT(benzenedithiol), 피리딘(pyridine), TGA(methanethiosulfonyl-galactoside) 및 PDT (propanedithiol) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0094] 단계(S204)에서 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법은 리간드 치환된 금소 나노 입자로 구성된 나노 입자층 상에 열 증착법을 통해 금속 벌크층을 형성한다.

[0095] 단계(S205)에서 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법은 스트레인을 가해서 프리 크랙(pre-crack)을 형성한다.

[0096] 단계(S206)에서 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 제조 방법은 금속 벌크층 위에 경화제를 10:1로 섞은 PDMS를 스핀코팅 법을 통해 형성하고, 열 경화하여 스트레인 센서를 제작한다.

[0097] 따라서, 본 발명은 복사 냉각층에 기반한 냉각 성능을 부여함으로써 웨어러블 스트레인 센서의 온도를 낮춰 스트레인 센서를 사용하는 사용자로 하여금 발열에 따른 사용자의 불편함을 해소하는 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 구현할 수 있다.

[0099] 도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서에 포함된 나노 입자층의 특성을 설명하는 도면이다.

[0100] 도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서에 포함된 나노 입자층의 특성과 관련하여 금속 나노 입자의 전자 현미경 이미지를 예시한다.

[0101] 도 3a를 참고하면, 전자 현미경 이미지(300)에서 금속 나노 입자의 크기는 4nm의 균일한 크기를 갖고 있다.

[0102] 스트레인 센서 부분에서 나노 입자층을 제조하기 위해 습식 화학적 방법을 사용하여 금속 나노 입자를 합성한다.

[0103] 합성된 금속 나노 입자의 구조적 특성을 전자 현미경 이미지(300)를 사용하여 측정하여 4nm 크기의 균일한 크기를 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0104] 예를 들어, 전자 현미경 이미지(300)에서 금속은 은(Ag)일 수 있다.

[0105] 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서에 포함된 나노 입자층의 특성과 관련하여 UV-vis 분광계 측정 결과를 예시한다.

[0106] 합성된 금속 나노 입자를 팽창기판에 스핀 코팅하여 나노 입자 층을 형성한 다음, 0.2 부피% 리간드 용액을 사용하여 올리에이트 리간드를 BDT 리간드로 대체하여 스트레인 센서 부분에 BDT 처리된 나노 입자층을 생성한다.

[0107] 그래프(310)에서 BDT 처리된 나노 입자층(BDT-treated Ag NPs)의 광학적 특성은 UV-vis 분광계를 사용하여 조사하면, 리간드 처리되지 않은 나노 입자층(As-synthesized Ag NPs)에 대비하여 적색 편이(red shift) 및 브로드(broad)해진다.

[0108] 스트레인 감지부는 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자에 기반하여 태양광에 대한 흡광 파장이 적색 편이(red shift) 및 브로드(broad)해진다.

[0109] 초기에 합성된 금속 나노 입자는 432nm에서 흡수 피크를 보인 반면, 리간드 처리된 금속 나노 입자는 511nm에서 흡수 피크를 나타낼 수 있다.

[0110] 도 3c는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서에 포함된 나노 입자층의 특성과 관련하여 XRD 스펙트럼(spectra)을 예시한다.

[0111] 도 3c를 참고하면, 그래프(320)는 이는 올리에이트 리간드에 비해 BDT 리간드의 사슬 길이가 더 짧기 때문에 금속 나노 입자가 BDT 리간드 교환 시 서로 더 가까워지고 응집되어 국부적인 표면 플라스몬 공명(ref)이 발생하기 때문일 수 있다.

[0112] 또한, XRD 피크는 BDT 처리된 Ag NP 층에서 더 날카로운 (111) 및 (200) 평면 피크를 나타낸다.

[0113] 도 3d는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서에 포함된 나노 입자층의 특성과 관련하여 FT-IR 스펙트럼을 예시한다.

[0114] 도 3d를 참고하면, 그래프(330)는 2800-3000 cm^{-1} 범위의 CH-신장 피크는 합성된 금속 나노 입자와 비교하여 리간드(BDT) 처리된 금속 나노 입자 층에서 강도가 눈에 띄게 감소한다.

[0115] 이는 나노 입자 층에서 BDT 리간드의 성공적인 교환을 확인된 것을 보여준다.

[0116] 즉, 그래프(330)는 C-H 피크가 확연히 작아진 것을 통해 긴 올레산 리간드가 BDT로 성공적으로 치환되는 것을 확인할 수 있다.

[0117] 스트레인 감지부는 상기 리간드(ligand) 치환된 금속 나노 입자에 기반하여 상기 태양광에 대한 흡광 파장이 적색 편이(red shift) 및 브로드(broad)해지고, 상기 금속 나노 입자 간의 거리가 감소하며, FR-IR(Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 분석에 따른 C-H 피크(peak)가 감소한다.

[0119] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 스트레인에 따른 저항 변화를 설명하는 도면이다.

[0120] 도 4a는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 스트레인에 따른 저항 변화와 관련된 전류 변화를 예시한다.

[0121] 도 4a를 참고하면, 그래프(400) 내지 그래프(402)는 금속 벌크층 및 나노 입자층 및 하이브리드 스마트 센서의 전기적 특성을 조사하기 위해 I-V 곡선을 측정결과를 나타낸다. 예를 들어, 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서는 하이브리드 스마트 센서로 지칭될 수 있다.

[0122] 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 스트레인에 따른 저항 변화와 관련하여 게이지 펙터를 예시한다.

[0123] 도 4b를 참고하면, 그래프(410) 내지 그래프(412)는 금속 벌크층 및 나노 입자층 및 하이브리드 스마트 센서의 전기적 특성을 조사하기 위해 저항변화 측정 결과를 보여준다.

[0124] 그래프(402)는 0.2% 내지 1% 스트레인에 대하여 15% 내지 220%의 저항 변화가 감지된 것을 보여준다.

[0125] 금속 나노 입자에 결합된 BDT 리간드의 디티올 그룹에 의해 형성된 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서는 나노 입자층과 금속 벌크층 사이의 결합력을 향상시켜 변형으로 인한 균열이 금속 벌크층 으로 전파되도록 하여 변형에 대한 높은 감도를 제공할 수 있다.

[0126] 그래프(400) 내지 그래프(402)는 금속 벌크층 및 나노 입자층 및 하이브리드 스마트 센서의 전기적 특성을 조사하기 위해 I-V 곡선을 측정결과를 나타낸다.

[0127] 그래프(400)에 따르면, 금속 벌크층은 변형이 없을 때(initial) 8.5 ± 0.2 Ω, 1% 변형에서 11.2 ± 0.2 Ω의 저항을 나타낸다.

[0128] 그래프(401)에 따르면, 리간드가 치환된 나노 입자층은 변형이 없을 때(initial) 245.6 ± 20 MΩ, 1% 변형에서 371 ± 25 MΩ의 저항을 나타낸다.

[0129] 이에 반해, 그래프(402)에 따르면, 하이브리드 스마트 센서는 변형이 없을 때 14.4 ± 1.2 Ω, 1% 변형에서 32.7 ± 1.7 Ω의 저항을 나타낸다.

[0130] 스트레인 센서의 감도는 게이지 계수 방정식을 사용하여 계산할 수 있다.

[0131] 그래프(400) 내지 그래프(402)에 따라 측정된 I-V 곡선을 바탕으로 각 필름의 게이지 인자를 계산될 수 있다.

[0132] 금속 벌크층은 1% 변형률에서 31의 게이지 인자를 나타냈고, BDT 리간드가 포함된 나노 입자층은 51의 게이지 인자를 나타낸다.

[0133] 한편, 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서는 1% 변형률에서 126의 게이지 인자로 가장 높은 감도를 나타낸다.

[0134] Ag 벌크 필름과 BDT 리간드가 있는 Ag NP 필름 모두. 이러한 경향은 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1%의 변형률 범위에서 일관되게 나타났으며, 이는 하이브리드 스마트 센서가 모든 변형률 범위에서 가장 높은 감도를 가짐을 나타낸다.

[0135] 또한, 그래프(410) 내지 그래프(412)에 따른 각 비교군에 대한 저항 변화는 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 및 1% 변형률을 3회 적용하여 측정된다.

[0136] 금속 벌크층은 1% 변형률에서 31.3±6.0%의 저항 변화를 나타낸 반면, 나노 입자층은 1% 변형률에서 49.2±4.8%의 저항 변화를 나타낸다.

[0137] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서는 1% 변형률에서 226.3 ± 2.0%의 저항 변화를 보여준다.

[0138] 이러한 결과는 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서가 나노 입자층에서 금속 벌크층으로 균열을 효과적으로 전파하여 낮은 저항과 높은 변형 감도를 동시에 유도한다는 것을 확인할 수 있다.

[0139] 하이브리드 스마트 센서는 구조적 안정성을 검증하기 위해 0.8% 스트레인을 2600회 반복 반복하여 확인할 수 있다.

[0140] 제작된 하이브리드 스마트 센서는 모든 간격에서 일정한 전류 변화를 보여 우수한 구조적 안정성을 확인할 수 있다.

[0141] 그래프(400) 내지 그래프(401) 및 그래프(410) 내지 그래프(412)에 기반하면 스트레인 감지부는 0.2% 내지 1%

스트레인에 대하여 15% 내지 220%의 저항 변화가 감지되어 126이하의 게이지 팩터를 갖을 수 있다.

[0142] 즉, 스트레인 감지부는 스트레인 감지부는 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1% 스트레인에 각각 15%, 40%, 60%, 200%, 220%의 저항 변화가 감지되었으며 최대 126의 게이지 팩터를 가질 수 있다.

[0143] 따라서, 본 발명은 용액 공정과 열증착 기반의 단순 공정이 가능함에 따라 경제성 증가 및 대면적 제작이 용이한 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공할 수 있다.

[0144] 또한, 본 발명은 맥박, 운동 감지, 로보틱스(robotics) 분야 등 다양한 웨어러블 소자 분야에 활용될 수 있는 사용자 친화적인 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 제공할 수 있다.

[0146] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 광학 특성을 설명하는 도면이다.

[0147] 도 5a는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 광학 특성과 관련하여 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자와 UV-vis 스펙트럼을 비교하여 예시한다.

[0148] 복사 냉각은 지구 대기의 영향을 받지 않는 8~13㎛ 파장 범위의 적외선 방출을 통해 우주와의 직접적인 열 교환을 촉진하는 동시에 태양 복사를 반사함으로써 작동한다.

[0149] 높은 냉각 성능을 달성하려면 가시광선 영역에서 낮은 흡수율과 적외선 파장 영역에서 높은 흡수율 및 방사율을 가져야 한다.

[0150] 도 5a를 참고하면, 그래프(500)는 본 발명의 일실시예에 따라 제작된 하이브리드 스마트 센서와 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자 간의 가시광선 흡수를 UV-vis 분광계를 사용하여 측정결과를 보여준다.

[0151] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서(502)는 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자(501)에 대비하여 유사한 결과를 보여준다.

[0152] 다만, 하이브리드 스마트 센서(502)는 500nm 부근에서 조금 더 높은 가시광선 흡수도를 갖고 있음. 이는 표면의 미세한 크랙(crack)에 기인한 것으로 볼 수 있다.

[0153] 그러나, 가시광선 범위의 흡수율은 20%를 넘지 않기 때문에 복사 냉각 소자로서의 흠결은 없다.

[0154] 도 5b는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 광학 특성과 관련하여 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자와 FT-IR 스펙트럼을 비교하여 예시한다.

[0155] 도 5b를 참고하면, 그래프(510)는 본 발명의 일실시예에 따른 본 발명의 일실시예에따른 하이브리드 스마트 센서(512)가 종래 기술인 복사 냉각 소자(511)와 같은 소재를 사용하고 있어 중적외선 파장대는 8 ~ 13㎛ 파장대에서 매우 높은 것을 보여준다.

[0156] 하이브리드 스마트 센서(512)와 복사 냉각 소자(511) 모두 8~13㎛ 파장 범위에서 80% 이상의 흡수율을 나타냄에 복사 냉각 성능 구현에 무리가 없음을 확인할 수 있다.

[0157] 도 5c는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 광학 특성과 관련하여 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자와 온도 측정 결과를 비교하여 예시한다.

[0158] 도 5c를 참고하면, 그래프(520)는 대기 온도(521), 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자(522) 그리고 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서인 하이브리드 스마트 센서(523)에 기반한 온도 변화를 두 시간내에 측정된 결과로 예시한다.

[0159] 하이브리드 스마트 센서(523)는 복사 냉각 소자(522)와 유사한 냉각 성능을 보여준다.

[0160] 하이브리드 스마트 센서(523)는 낮 동안에 최대 8도의 냉각 성능을 보여주고, 밤 동안에 최대 5.2도의 냉각 성능을 보여준다.

[0161] 다시 말해, 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 냉각 성능은 사용자에 착용가능한 웨어러블 센서로서, 해당 센서에서 사용자에 접촉되는 면에서 발생되는 열에 대하여 낮 시간 동안에 8도 이하의 냉각 성능을 나타내고, 밤 시간 동안에 5.2도 이하의 냉각 성능을 보여줄 수 있다.

[0163] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 냉각 특성을 설명하는 도면이다.

[0164] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 냉각 특성과 관련된 시뮬레이션 결과를 예시한다.

[0165] 도 6을 참고하면, 시뮬레이션 결과는 대기 조건, 온도, 바람 등 최적의 기상 조건에서 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자와 하이브리드 스마트 센서의 냉각 전력 및 냉각 온도는 다양한 온도 및 태양광 강도를 기반으로 계산 결과로 나타낸다.

[0166] 그래프(600)는 886W/m^2의 여름 주간 태양광량을 고려할 때 종래 기술의 복사 냉각 소자(601)의 냉각 전력은 25° C에서 110.7W/m^2로 결정된 것을 보여준다.

[0167] 동일한 조건에서 하이브리드 스마트 센서(602)의 냉각력은 88.8W/m^2로 나타난다.

[0168] 이러한 차이는 하이브리드 스마트 센서 표면에 균열이 존재하여 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자에 비해 가시광선 흡수가 약간 더 높기 때문일 수 있다.

[0169] 그래프(610)에서는 동일한 조건에서 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자(611)와 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서(612)의 냉각 온도는 각각 -12.5° C와 -10.2° C로 계산된 결과를 보여준다.

[0170] 그래프(620)에서는 주변 온도 27° C와 여름 주간 일사량 900W/m2를 고려하면 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자(621)의 냉각 전력은 121W/m^2, 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서(622)는 98.7W/m^2로 결정되었다.

[0171] 그래프(630)에서는 동일한 조건에서 종래 기술에 따른 복사 냉각 소자(631)와 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서(632)의 냉각 온도는 각각 -12.7° C와 -10.3° C로 계산된 것을 보여준다.

[0172] 이를 통해 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서는 뛰어난 냉각 성능을 발휘해 사용자가 센서 사용 시 불편함을 느끼지 않는다는 점을 보여준다.

[0174] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서가 착용된 사용자의 동작에 따른 동작 감지 특성을 설명하는 도면이다.

[0175] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서가 착용된 사용자의 동작에 따른 동작 감지 특성과 관련된 제1 실시예를 예시한다.

[0176] 도 7을 참고하면, 그래프(700)는 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 착용한 사용자가 마우스 클릭과 더블 클릭 동작을 수행할 경우에 전류 측정 결과를 예시한다. 예를 들어, 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서는 하이브리드 스마트 센서로 지칭될 수 있다.

[0177] 그래프(700)에서 본 발명의 일실시예예 따른 하이브리드 스마트 센서는 변형에 대한 높은 민감도를 나타내며 팽창 기판을 사용하여 뛰어난 유연성을 제공하여 인체와 컨포멀(conformal) 접촉이 가능하다.

[0178] 하이브리드 스마트 센서를 손가락의 첫 번째 관절에 부착하고 마우스 클릭과 더블 클릭을 감지하면서 0.1V 전류를 인가한 것을 보여준다.

[0179] 도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 착용한 사용자의 동작에 따른 전류 변화를 통해 다양한 동작을 구분할 수 있음을 제2 실시예에 따라 예시한다.

[0180] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서는 마우스 클릭을 정확하게 감지하고 더블 클릭으로 인한 긴장의 연속적인 인스턴스를 구별한다.

[0181] 그래프(800)에서 제1 동작(801), 제2 동작(802) 및 제3 동작(803)에서의 전류 측정 결과가 차이가 존재하는 것을 보여준다.

[0182] 또한, 하이브리드 스마트 센서를 테스트하여 직선 위치에서 제1 동작(801)에 대응하는 약 15° 의 손 동작(811), 제2 동작(802)에 대응하는 45° 의 손동작(812) 및 제3 동작(803)에 대응하는 90° 의 손동작(813) 굽힘 범위까지

손가락 굽힘 정도를 측정한다.

[0183] 손동작(810)은 초기 동작으로 손가락의 굽힘이 없는 것에 해당된다.

[0184] 하이브리드 스마트 센서는 손가락이 구부러지는 정도를 성공적으로 구별한다.

[0185] 도 8c를 참고하면, 그래프(820)에 따라 이 테스트 중 응답 시간은 각각 0.45초와 1.08초로 측정되었다. 6개의 하이브리드 스마트 센서를 제작하여 각 손가락과 손등에 부착하여 동작 감지 기능을 테스트한 결과를 보여준다.

[0186] 도 8a 및 도 8b에 따르면 초기 상태에서는 모든 손가락이 곧은 위치에 있었다.

[0187] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서를 착용한 사용자의 동작에 따른 전류 변화를 통해 다양한 동작을 구분할 수 있음에 제3 실시예를 예시한다.

[0188] 도 9를 참고하면, 초기 동작(901), A 동작(902) 및 B 동작(903)을 나타낸다.

[0189] A 동작 상태에서는 검지와 중지를 제외한 모든 손가락이 구부러졌고, B 동작 상태에서는 약지와 새끼손가락을 제외한 모든 손가락이 구부러졌다.

[0190] 각 동작은 5초 동안 유지되었으며, 처음 상태부터 A 동작(902)과 B 동작(903)의 순서를 2회 반복한다.

[0191] 그래프(910) 및 그래프(920)에서 보면, 하이브리드 스마트 센서가 착용되는 복수의 손가락과 관련하여 전류 변화를 A동작(902)에서 하이브리드 스마트 센서는 A 동작(902)에서는 검지와 중지에 부착된 센서에서만 전류 감소를 보인 반면, B 동작(903)에서는 약지와 새끼손가락에 부착된 센서에서만 전류 감소를 보였다.

[0192] 지속적으로 구부러진 자세를 유지한 엄지손가락은 지속적으로 낮은 전류를 나타냈다.

[0193] 손등에 부착된 대면적 하이브리드 스마트 센서는 A 동작(902)과 B 동작(903) 상태 모두에서 손의 미묘한 구부러짐을 성공적으로 감지한다.

[0194] 이는 하이브리드 스마트 센서의 높은 감도를 재확인하고 로봇 공학에 적용할 수 있는 잠재력을 입증한다.

[0196] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 게이지 팩터(gauge factor)를 설명하는 도면이다.

[0197] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 게이지 팩터(gauge factor)를 예시한다.

[0198] 도 10을 참고하면, 그래프(1000)는 금속 벌크층(1001), 리간드 치환 금속 나노 입자에 기반한 나노 입자층(1002) 그리고 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서의 게이지 팩터를 예시한다.

[0199] 본 발명의 일실시예에 따른 하이브리드 스마트 센서가 모든 스트레인(0.2 % 내지 1.0%)에서 상대적으로 게이지 팩터가 높은 것을 확인할 수 있다.

[0201] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 크랙 생성 과정을 설명하는 도면이다.

[0202] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서의 크랙 생성 과정을 예시한다.

[0203] 도 11을 참고하면, 단계(S1101)에서 사용자 친화적 냉각형 웨어러블 스트레인 센서에서 스트레인 감지부를 준비한다.

[0204] 단계(S1102)에서 스트레인 감지부에 대하여 수평 방향의 장력이 적용된다.

[0205] 단계(S1103)에서 스트레인 감지부를 구성하는 나노 입자층에서 금속 나노 입자들의 리간드 간에 장력이 수평으로 작용한다.

[0206] 단계(S1104)에서 스트레인 감지부를 구성하는 나노 입자층에서 금속 나노 입자들의 리간드 간에 장력이 수직으로 작용한다.

[0207] 단계(S1105)에서 스트레인 감지부를 구성하는 나노 입자층과 금속 벌크층에서 크랙이 수직으로 발생된다.

[0208] 본 발명의 일실시예에 따른 스트레인 감지부는 센서에 1% 변형을 가하면 상대적으로 높은 게이지 팩터를 보유할 수 있다.

[0209] 팽창 기판에 APTES처리를 할 경우, 금속 나노 입자로 구성된 나노 입자층과 금속이 열증착된 금속 벌크층에서는 장력에 수직한 방향으로 균일하게 성장한 크랙이 관찰될 수 있다.

[0210] 크랙이 있는 상태에서 장력이 가해지면 크랙의 양 끝 단에 외력이 집중될 수 있다.

[0211] 리간드 치환 하더라도 나노 입자 간의 결합력은 상대적으로 약함에 따라 쉽게 벌어져 긴 크랙을 형성할 수 있다.

[0212] 이러한, 나노 입자층 위에 금속 벌크층이 강하게 결합될 경우, 우선적으로 생성된 나노 입자층의 크랙에 해당하는 영역에 외력이 집중된다. 따라서, 이중층 구조에서도 일직선의 긴 크랙이 나타낸다.

[0214] 상술한 구체적인 실시 예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.

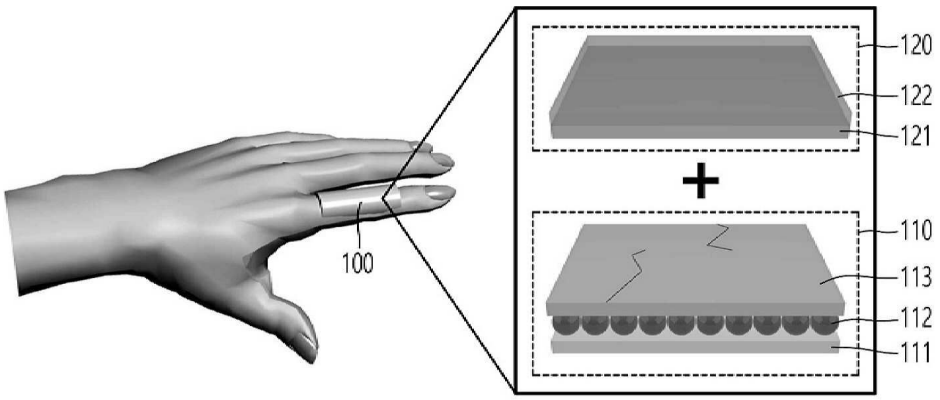
[0215] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시 예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

[0216] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.

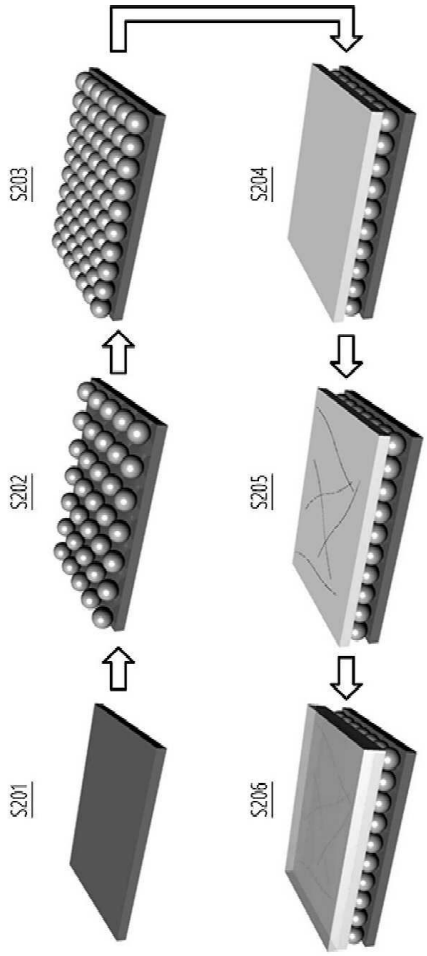
[0217] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

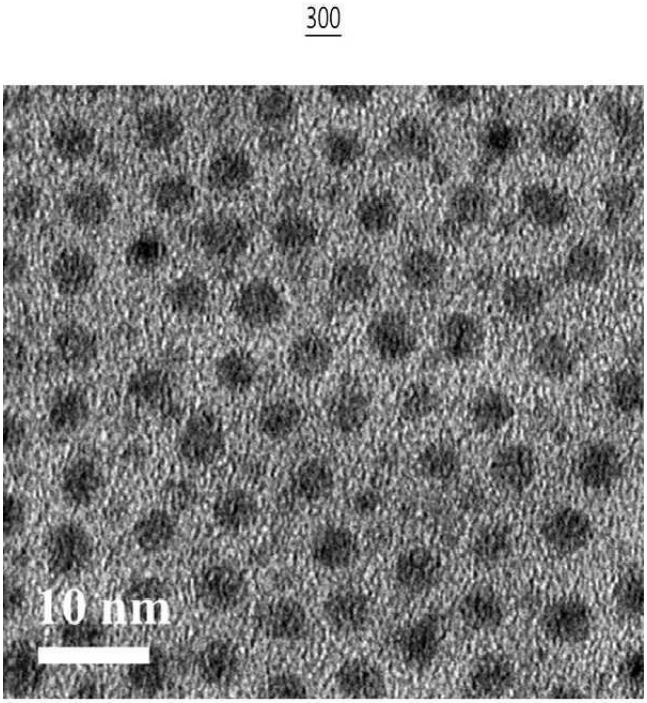
도면1



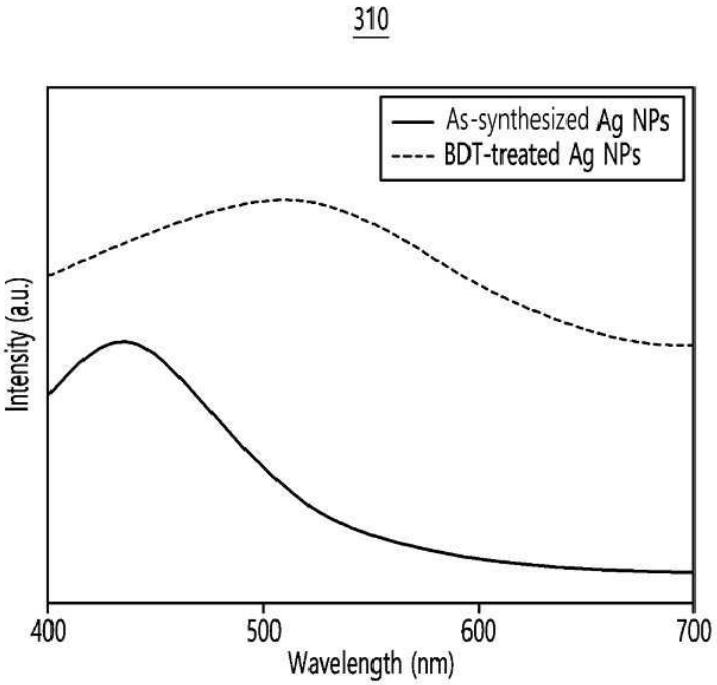
도면2



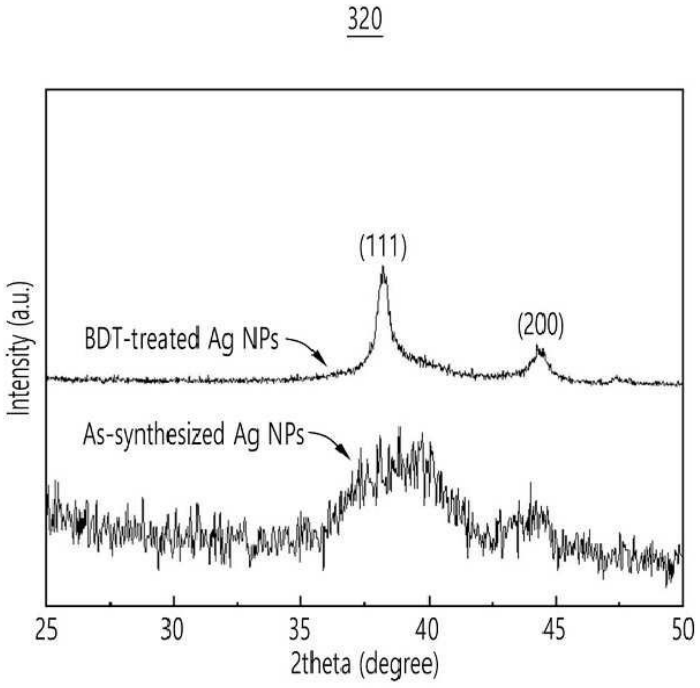
도면3a



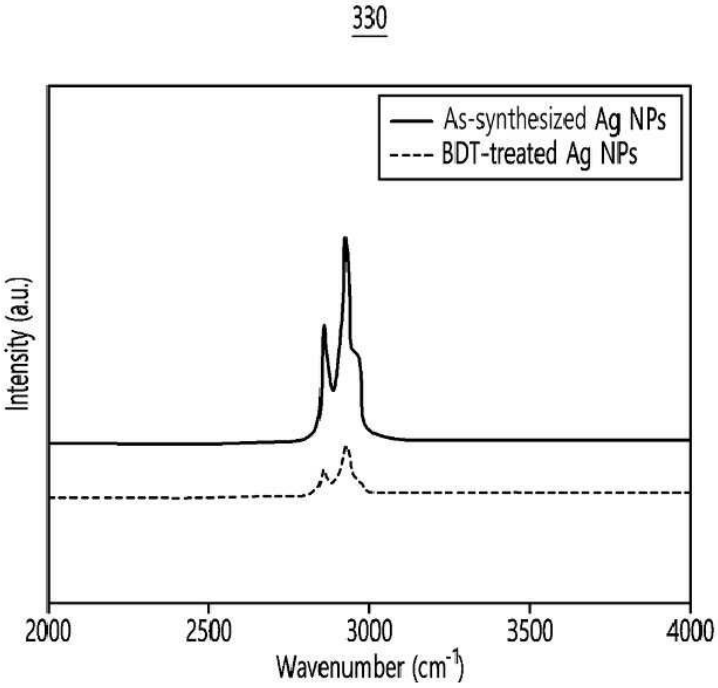
도면3b


310
As-synthesized Ag NPs
BDT-treated Ag NPs
Intensity (a.u.)
400
500
600
700
Wavelength (nm)

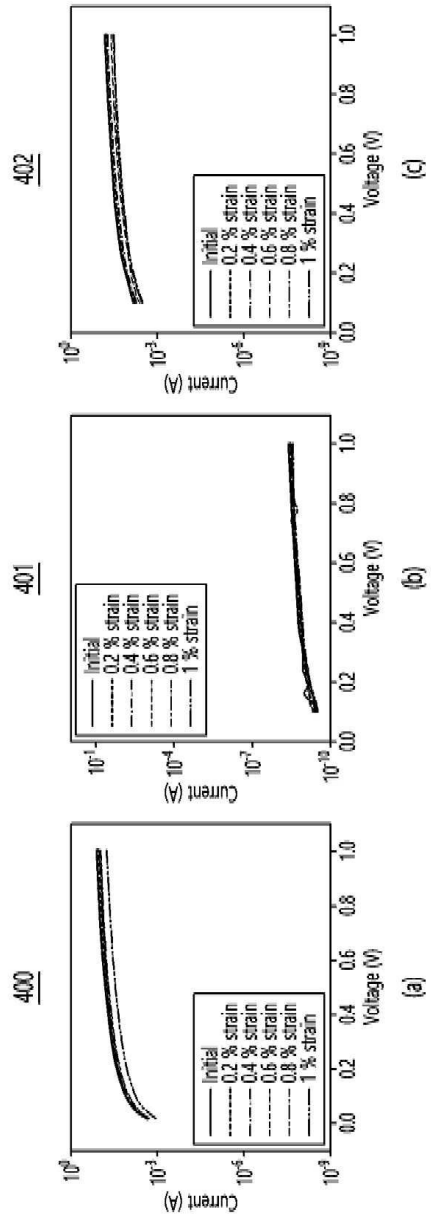
도면3c


320
(111)
(200)
BDT-treated Ag NPs
As-synthesized Ag NPs
Intensity (a.u.)
25
30
35
40
45
50
2theta (degree)

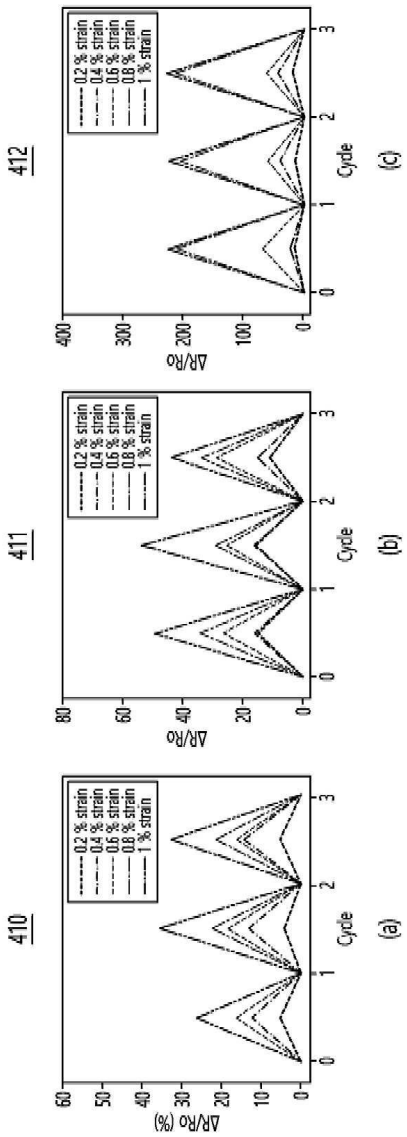
도면3d


330
As-synthesized Ag NPs
BDT-treated Ag NPs
Intensity (a.u.)
2000
2500
3000
3500
4000
Wavenumber (cm-1)

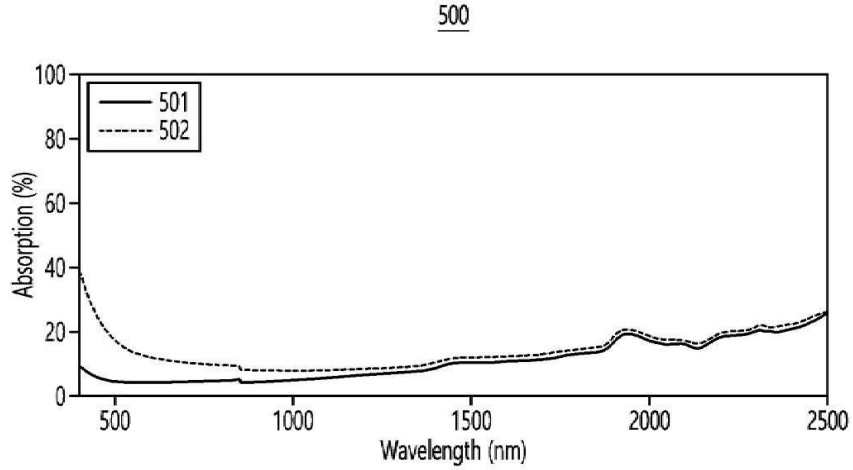
도면4a


400
401
402
Current (A)
Voltage (V)
(a)
(b)
(c)
Initial
0.2 % strain
0.4 % strain
0.6 % strain
0.8 % strain
1 % strain

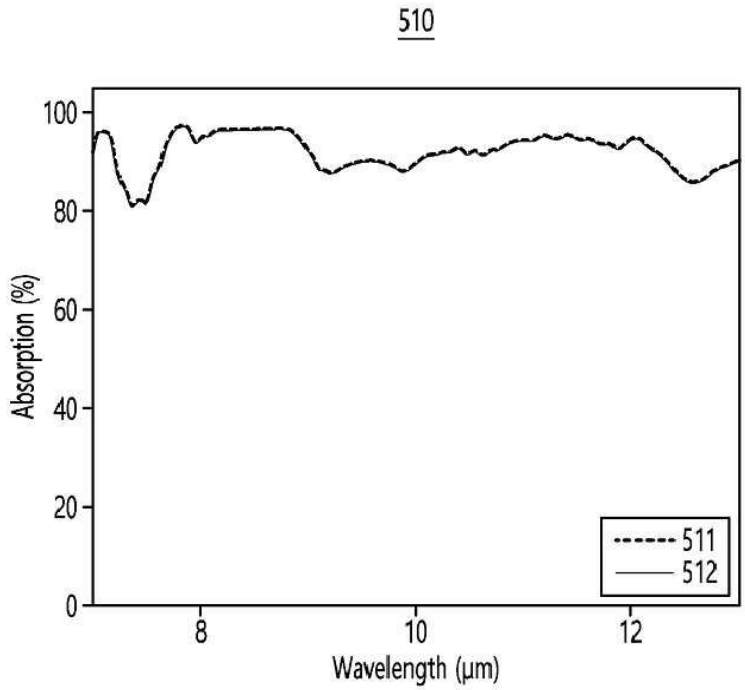
도면4b


410
411
412
0.2 % strain
0.4 % strain
0.6 % strain
0.8 % strain
1 % strain
ΔR/Ro (%)
ΔR/Ro
Cycle
(a)
(b)
(c)

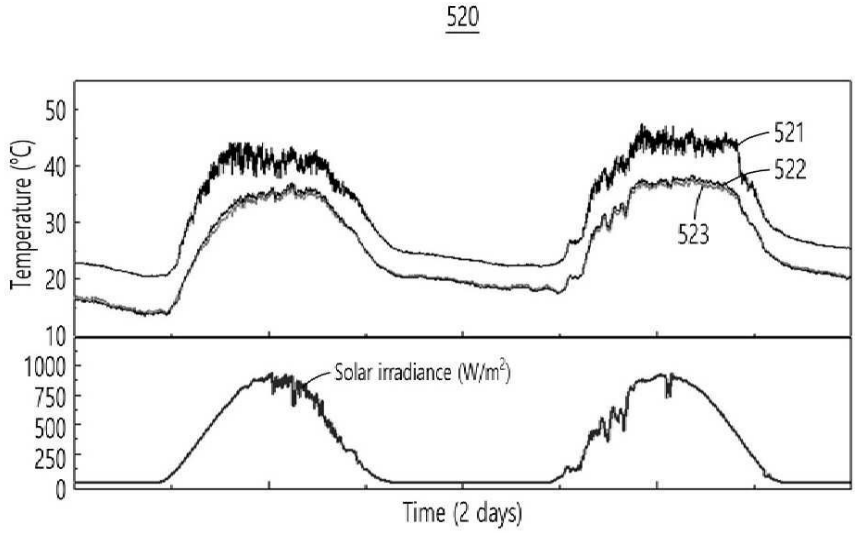
도면5a


500
501
502
Absorption (%)
Wavelength (nm)

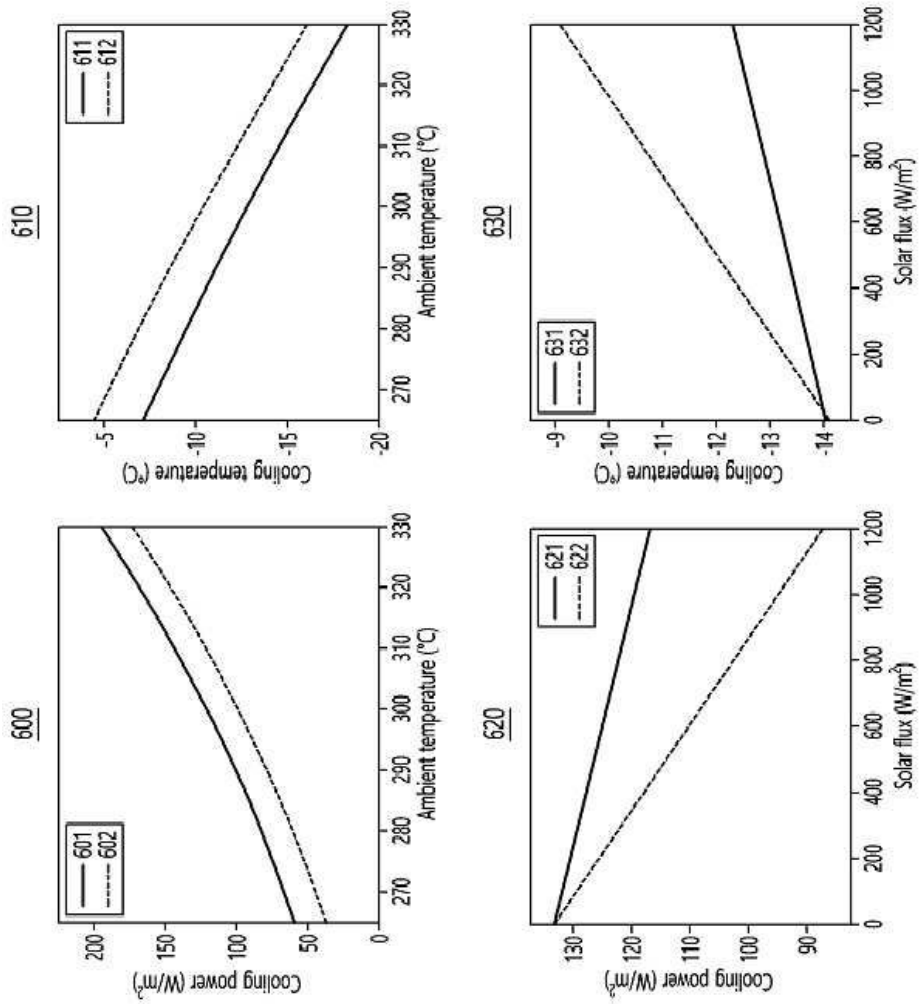
도면5b


510
100
80
60
40
20
0
Absorption (%)
8
10
12
Wavelength (μm)
511
512

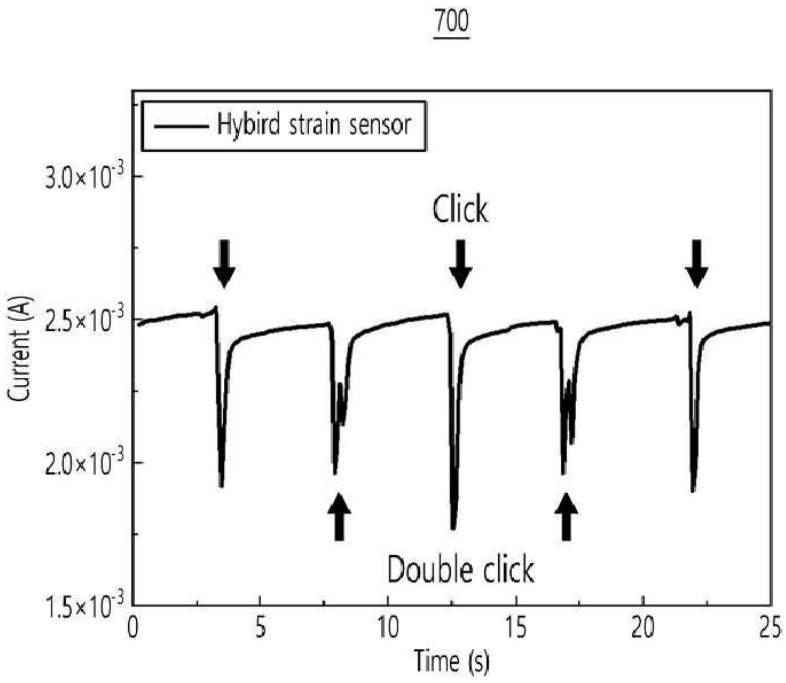
도면5c


520
50
40
30
20
10
Temperature (°C)
521
522
523
1000
750
500
250
0
Solar irradiance (W/m²)
Time (2 days)

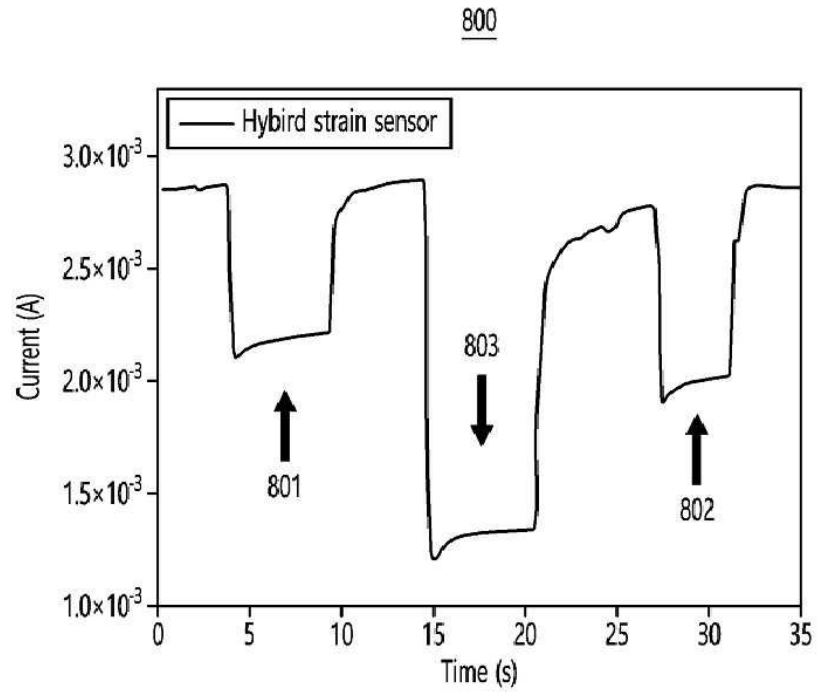
도면6


610
611
612
Cooling temperature (°C)
Ambient temperature (°C)
630
631
632
Cooling temperature (°C)
Solar flux (W/m²)
600
601
602
Cooling power (W/m²)
Ambient temperature (°C)
620
621
622
Cooling power (W/m²)
Solar flux (W/m²)

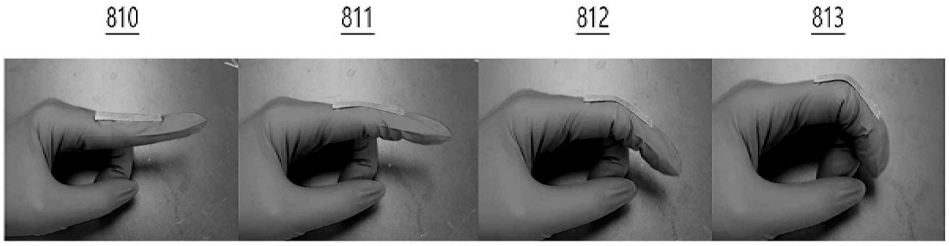
도면7


700
Hybird strain sensor
Click
Double click
Current (A)
Time (s)

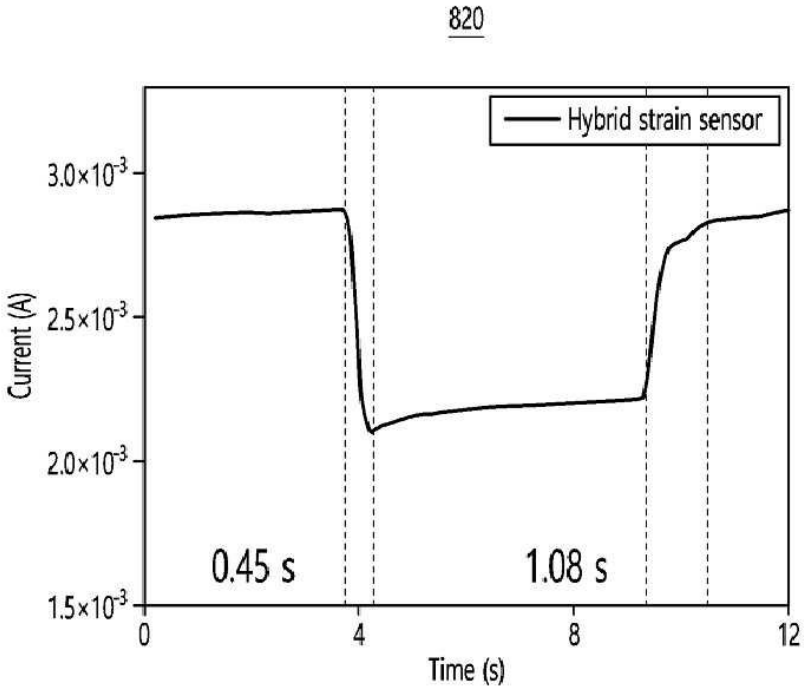
도면8a


800
Hybird strain sensor
3.0×10⁻³
2.5×10⁻³
2.0×10⁻³
1.5×10⁻³
1.0×10⁻³
Current (A)
801
802
803
0
5
10
15
20
25
30
35
Time (s)

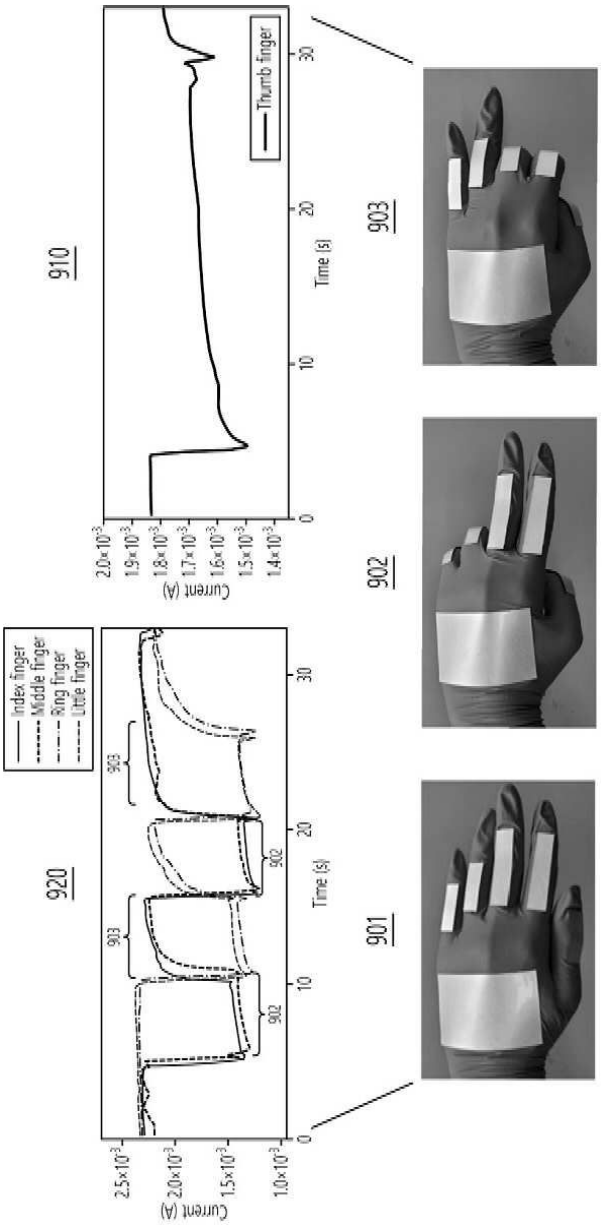
도면8b


810
811
812
813

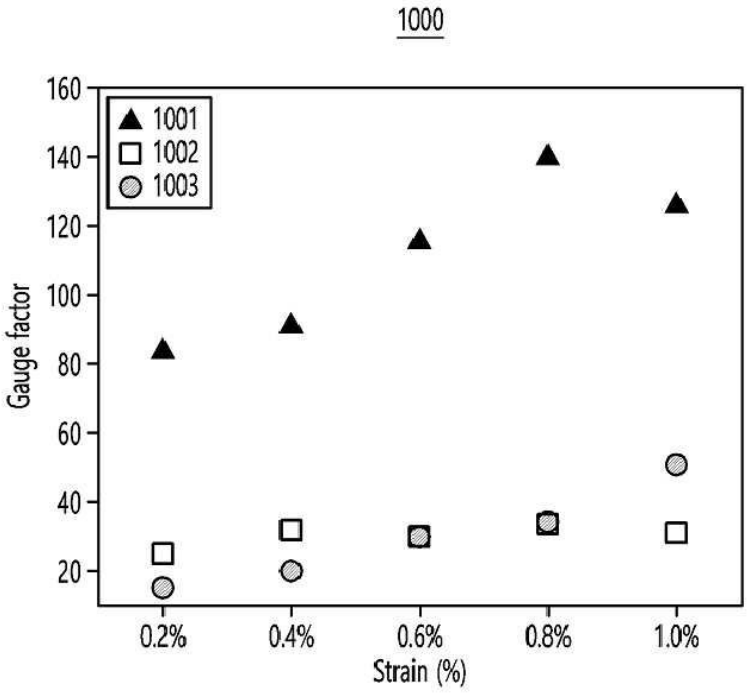
도면8c


820
Hybrid strain sensor
3.0×10-3
2.5×10-3
2.0×10-3
1.5×10-3
Current (A)
0.45 s
1.08 s
0
4
8
12
Time (s)

도면9


910
Thumb finger
Current (A)
Time (s)
903
902
901
920
Index finger
Middle finger
Ring finger
Little finger
Current (A)
Time (s)

도면10


1000
160
140
120
100
80
60
40
20
Gauge factor
1001
1002
1003
0.2%
0.4%
0.6%
0.8%
1.0%
Strain (%)

도면11

