(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년11월08일
(11) 등록번호 10-2042632
(24) 등록일자 2019년11월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01K 7/01 (2006.01) *G01K 13/00* (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 29/78* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01K 7/015 (2013.01)
G01K 13/002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0135653
(22) 출원일자 2018년11월07일
심사청구일자 2018년11월07일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020180061563 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
하정숙
서울특별시 강남구 언주로30길 21, A동 3102호(도곡동, 아카데미스위트)
홍수영
광주광역시 북구 탁영로 33, 103동 901호(두암동, 중흥에스-클래스)
(74) 대리인
백두진, 김정연, 강일신

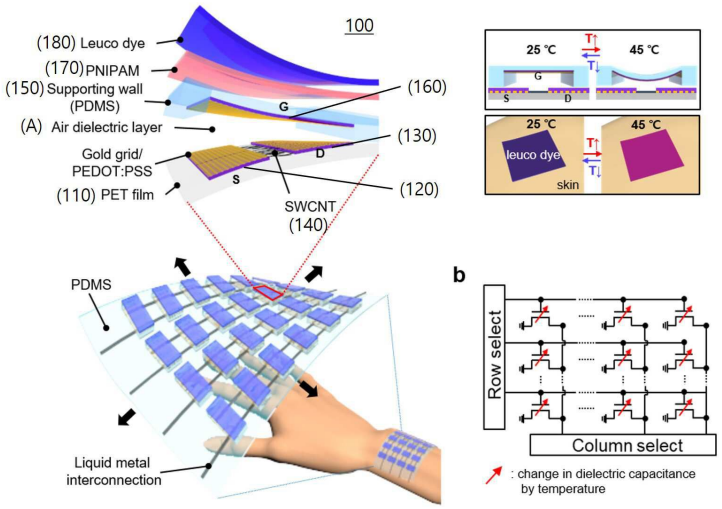
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 한주철

(54) 발명의 명칭 **트랜지스터 및 이를 포함하는 디스플레이**

(57) 요 약

본 발명은 기판; 상기 기판 상에 배치된 소스 및 드레인; 상기 기판 상에서 상기 소스 및 드레인 사이에 배치된 채널층; 상기 기판 상에 배치되며 상기 소스 및 드레인을 둘러싸도록 배치된 측벽 및 상기 측벽 상부를 연결하며 상기 소스, 드레인 및 채널층의 상부와 이격된 커버를 포함하는 지지부; 상기 지지부의 커버의 하부에 배치되고, 상기 소스, 드레인 및 채널층의 상부와 이격된 게이트; 및 상기 지지부의 커버의 상부에 배치되며 온도 변화에 따라 부피가 변하는 온도 반응 변형층; 을 포함하는 트랜지스터 및 이를 포함하는 디스플레이를 개시한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01L 21/02118 (2013.01)
H01L 29/7847 (2013.01)
H01L 29/7848 (2013.01)
H01L 29/7849 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711070669
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 Power dressing을 위한 수퍼커패시터가 내장된 3차원 스트레처블 소자 공정 기술
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교
연구기간 2018.04.01 ~ 2019.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판;

상기 기판 상면에 배치된 소스 및 드레인;

상기 기판 상면에서 상기 소스 및 드레인 사이에 배치된 채널층;

상기 기판 상면에 배치되며 상기 소스 및 드레인을 둘러싸며, 길이 방향에서 소스 및 드레인의 측부와 이격되도록 배치된 측벽 및 상기 측벽 상부를 연결하도록 상기 측벽의 상면에 배치되며 상기 길이 방향과 수직한 높이 방향에서 상기 소스, 드레인 및 채널층의 상부와 이격된 커버를 포함하는 지지부;

상기 지지부의 커버의 하면에 배치되고, 상기 높이 방향에서 상기 소스, 드레인 및 채널층의 상부와 이격된 게이트;

상기 소스, 드레인 및 채널층과 상기 게이트의 이격 공간에 배치된 공기층; 및

상기 지지부의 커버의 상면에 배치되며 온도 변화에 따라 부피가 변하는 온도 반응 변형층; 을 포함하고,

온도 증가 시 상기 온도 반응 변형층의 부피가 변하여, 상기 온도 반응 변형층과 상기 채널층 사이의 간격, 상기 커버와 상기 채널층 사이의 간격 및 상기 게이트와 상기 채널층 사이의 간격은 감소하고, 소스-드레인 전류는 증가하는 트랜지스터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 온도 반응 변형층은 폴리N아이소프로필아크릴아마이드(PNIPAM)인 트랜지스터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 온도 반응 변형층은 상기 지지부의 커버의 상부에 점착되며,

상기 온도 반응 변형층이 온도 변화에 따라 부피가 변하면 상기 지지부의 커버의 형상이 변형되는 트랜지스터.

청구항 4

제3항에 있어서,

온도 증가 시 상기 온도 반응 변형층은 부피가 감소하고,

상기 지지부의 커버는 하부 방향으로 볼록한 만곡부를 형성하는 트랜지스터.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 온도 반응 변형층 상에 배치되고, 온도 변화에 따라 색상이 변하는 온도 반응성 변색층; 을 더 포함하는 트랜지스터.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 지지부는 PDMS(polydimethylsiloxane)을 포함하고,

상기 PDMS는 원료와 경화제가 혼합되어 형성되고,

상기 원료와 상기 경화제의 비율은 20:1 내지 10:1 범위 내로 형성되는 트랜지스터.

청구항 8

제1항 내지 제4항, 제6항, 제7항 중 어느 한 항에 따른 트랜지스터를 포함하는 디스플레이.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 트랜지스터 및 이를 포함하는 디스플레이에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 전자 피부(인공피부)를 구현하기 위해서는 온도 센서가 필요하고 동시에 이를 감지할 수 있는 디스플레이가 필요하다. 이러한 시스템이 구현되기 위해서는 고감도의 센서 소자의 제작뿐만 아니라 즉각적으로 온도에 반응하는 디스플레이가 필수적으로 요구된다. 기존 연구에서는 온도센서를 저항형 다이오드 형과 같은 구조로 제작되어왔다.

[0003] 하지만 이는 민감도에서 한계를 보이게 된다. 또한 온도에 따라 노이즈가 발생하거나 전기적 신호가 작아 증폭이 필요한 경우도 있게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 구부림 및 늘임과 같은 다양한 변형에서도 온도를 감지할 수 있고, 동시에 필름의 색깔 변화로 인해 온도를 눈으로 감지하는 것이 가능한 트랜지스터 및 이를 포함하는 디스플레이를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0005] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터는 기판; 상기 기판 상에 배치된 소스 및 드레인; 상기 기판 상에서 상기 소스 및 드레인 사이에 배치된 채널층; 상기 기판 상에 배치되며 상기 소스 및 드레인을 둘러싸도록 배치된 측벽 및 상기 측벽 상부를 연결하며 상기 소스, 드레인 및 채널층의 상부와 이격된 커버를 포함하는 지지부; 상기 지지부의 커버의 하부에 배치되고, 상기 소스, 드레인 및 채널층의 상부와 이격된 게이트; 및 상기 지지부의 커버의 상부에 배치되며 온도 변화에 따라 부피가 변하는 온도 반응 변형층; 을 포함한다.

[0007] 상기 온도 반응 변형층은 폴리N아이소프로필아크릴아마이드(PNIPAM)일 수 있다.

[0008] 상기 온도 반응 변형층은 상기 지지부의 커버의 상부에 점착되며, 상기 온도 반응 변형층이 온도 변화에 따라

부피가 변하면 상기 지지부의 커버의 형상이 변형될 수 있다.

[0009] 온도 증가 시 상기 온도 반응 변형층은 부피가 감소하고, 상기 지지부의 커버는 하부 방향으로 볼록한 만곡부를 형성할 수 있다.

[0010] 온도 증가 시 상기 게이트와 상기 채널층 사이의 간격은 감소할 수 있다.

[0011] 상기 온도 반응 변형층 상에 배치되고, 온도 변화에 따라 색상이 변하는 온도 반응성 변색층; 을 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 지지부는 PDMS(polydimethylsiloxane)을 포함하고, 상기 PDMS는 원료와 경화제가 혼합되어 형성되고, 상기 원료와 상기 경화제의 비율은 20:1 내지 10:1 범위 내로 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시예에 따르면, 구부림 및 늘임과 같은 다양한 변형에서도 온도를 감지할 수 있고, 동시에 필름의 색깔 변화로 인해 온도를 눈으로 감지하는 것이 가능하다.

[0014] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 제작 공정을 나타낸 흐름도이고,

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 구조와 특성 및 회로 구성을 나타낸 예시도이고,

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서의 소스 전극의 구조를 나타낸 예시도이고,

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서의 소스 전극의 구조 및 특성과 트랜지스터의 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고,

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 동작 특성을 나타낸 예시도이고,

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 작동 과정 및 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고,

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서 온도 반응 변형층의 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고,

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서 온도 반응 변형층이 부착된 재질에 따른 특성을 나타낸 예시도이고,

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터를 피부에 부착한 후의 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고,

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 온도 변화에 따른 용량 변화를 나타낸 그래프이고,

도 11은 열 감지 카메라로 측정된 손의 온도 분포를 나타낸 예시도이고,

도 12는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 투명도를 나타낸 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.

[0017] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명 시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀 둔다.

[0018] 본 발명에 사용되는 트랜지스터는 BGBC (Bottom gate bottom contact) 구조에 설명하고 있지만, 이에 한정되는

것은 아니며 BGTC(Bottom Gate Top Contact) 구조 등에서도 적용될 수 있다.

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 제작 공정을 나타낸 흐름도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 구조와 특성 및 회로 구성을 나타낸 예시도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서의 소스 전극의 구조를 나타낸 예시도이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서의 소스 전극의 구조 및 특성과 트랜지스터의 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 동작 특성을 나타낸 예시도이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 작동 과정 및 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고, 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서 온도 반응 변형층의 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터에서 온도 반응 변형층이 부착된 재질에 따른 특성을 나타낸 예시도이고, 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터를 피부에 부착한 후의 특성을 나타낸 그래프 및 예시도이고, 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 온도 변화에 따른 용량 변화를 나타낸 그래프이고, 도 11은 열 감지 카메라로 측정된 손의 온도 분포를 나타낸 예시도이고, 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 투명도를 나타낸 예시도이다.

[0021] 우선, 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 제작 공정은 기판 준비 단계(S10), 소스 및 드레인 배치 단계(S20), 채널층 배치 단계(S30), 지지부 형성 단계(S40), 게이트 배치 단계(S50), 지지부 배치 단계(S60), 온도 반응 변형층 배치 단계(S70) 및 온도 반응 변색층 배치 단계(S80)를 포함할 수 있다.

[0022] 도 2 및 도 3을 함께 참조하면, 기판 준비 단계(S10)에서 준비되는 기판(110)은 n-형이나 p-형으로 도핑된 실리콘 웨이퍼, 유리기판, 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate), 폴리에테르술폰(polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르 이미드(polyetherimide), 폴리이미드(polyimide), 폴리에틸렌 테레프탈레이드(polyethyeleneterepthalate), 폴리에틸렌 나프탈렌(polyethylene naphthalate)로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 플라스틱 필름과 인듐틴옥사이드(indium tinoxide)가 코팅된 유리기판 및 플라스틱 필름을 포함하나, 이에 한정되지 않는다.

[0023] 한편, 기판(110)은 투명도가 높고, 폴더블(foldable)과 롤러블(rollable), 디포머블(deformable), 스트레처블(stretchable)이 가능한 것이 바람직하다.

[0024] 한편, 본 발명에서는 기판(110)을 PET로 혼용하여 설명할 수 있다.

[0025] 상기 소스 및 드레인 배치 단계(S20)에서는 기판(110) 상에 소스(120) 및 드레인(130)을 배치한다.

[0026] 여기서, 소스(120)와 드레인(130)은 단일 공정으로 구현될 수 있으며, 소스(120)와 드레인(130)을 만들기 위해서 금과 크롬을 PET (40 μm) 위에 증착기를 이용하여 적층한다.

[0027] 일예로, 소스(120) 전극에 대해 설명하면 도 3에 도시된 바와 같이 포토레지스트(photoresist)를 금/크롬 메탈 위에 도포한 후, 포토리소그래피와 에칭 방법을 통하여 투명한 육각형의 벌집모양 전극(121)을 생성하고, 골드 그리드(121) 위에 EG가 도핑된 PEDOT:PSS(94:5:1, PEDOT:PSS:ethylene glycol:triton-x, w:w:w)(122)를 2000rpm에서 1분간 스핀 코팅 한 후 120 ℃에서 15분간 가열한다.

[0028] 채널층 배치 단계(S30)에서는 소스(120)와 드레인(130) 사이에 채널층(140)을 형성한다.

[0029] 채널층(140)은 탄소나노튜브 중 단일벽 CNT(Single-walled Carbon Nano Tube, 이하 'SWCNT'와 혼용될 수 있음)로 이루어질 수 있다.

[0030] 채널층 배치 단계(S30)에서는 PEDOT:PSS 필름(122)에 채널 형성을 위하여 reactive ion etching을 해준다. SWCNT 채널 형성을 위하여 Poly(L-lysine)을 15 분간 도포한 후, 물로 세척한다. 99% 반도체성을 가지는 SWCNT 용액을 20 분간 도포한 후, 물로 세척한다.

[0031] 여기서, SWCNT에 대하여 간략하게 설명하면 다음과 같다.

[0032] SWCNT는 흑연면(graphite sheet)이 나노 크기의 직경으로 둥글게 말린 상태이며, 그 흑연면이 말리는 각도 및 구조에 따라서 금속 또는 반도체의 특성을 보이게 된다.

[0033] 이러한 SWCNT의 구조는 2차원 단일층의 흑연면으로 펼칠 때 격자위의 두 점을 연결하는 카이럴성(chirality) 벡터 $C = na_1 + ma_2$ 로 표시된다. 여기에서, a_1과 a_2는 흑연면의 단위세포 기본 벡터이며, n=m이다.

[0034] 이러한 SWCNT가 금속성인지 반도체성인지를 구별하기 위해서는 SWCNT의 양자역학적 전자구조를 고찰해야 하지만, 간단히 n=m이면 금속성, n-m=3i(i는 정수)이면 중간특성, n-m≠3i이면 반도체성으로 구분할 수 있다.

[0035] SWCNT에서 반도체성을 띠고 있는 흑연면은 전체의 2/3 정도이므로, 이러한 SWCNT로 CNT 채널을 형성하는 경우, CNT 채널 영역에서 포집된 탄소나노튜브는 무작위성 네트워크 형태로 서로 이어져 있을 것이다.

[0036] 하지만, SWCNT의 밀도가 0.3/μm^2 보다 작은 경우에는, 금속경로(metallic path)가 없음을 계산을 통해 알 수 있으며, 이에 따라 100% 반도체성인 SWCNT를 얻을 수 있다.

[0037] 한편, 게이트(160)에 전압이 인가되면, SWCNT 채널(140)의 전류 통로가 온되어 트랜지스터(100)가 작동하게 되고, 그렇지 않으면 CNT 채널(140)의 전류 통로는 오프 상태를 유지한다.

[0038] 지지부 형성 단계(S40)에서는 고분자 지지부(150)를 합성하고, 이 중 일부를 기판(110) 상에 배치하여, 측벽(151)을 형성하고 나머지는 판상의 커버(152)를 형성한다.

[0039] 고분자 지지부(150)는 PDMS(Polydimethylsiloxane)(Dow corning, Sylgard 184A)로 이루어 질 수 있으며, PDMS 원료와 경화제를 포함할 수 있다.

[0040] 한편, PDMS 원료와 경화제의 비율은 20:1 내지 10:1 범위 내로 형성될 수 있다.

[0041] 여기서, PDMS 원료와 경화제의 비율이 20:1 미만인 경우 합성되는 고분자 지지부(150)에서 요구하는 경도를 만족할 수 없으며, PDMS 원료와 경화제의 비율이 10:1 초과인 경우 합성되는 고분자 지지부(150)의 경도가 필요 이상으로 높아 요구되는 유연성을 확보할 수 없을 수 있다.

[0042] 측벽(151)은 기판(110) 상에 배치되며, 기판(110) 상에서 소스(120) 및 드레인(130)과 이격되는 것이 바람직하다.

[0043] 측벽(151)은 PDMS를 페트리 디쉬에 6000 rpm에 30 초 동안 코팅하고 65 ℃도에서 1 시간 동안 가열하고, 이 측벽(151)을 기판(110) 상에 집적한다.

[0044] 이후, 전기적 연결을 위하여 액체 금속(Galinstan)을 스프레이 코팅하는데, 연결선이 필요한 부분을 잘라낸 종이를 기판(110)위에 올린 후, 스프레이를 이용하여 도포한다. 도포 후, 소스(120)와 드레인(130) 위에 PDMS 측벽(151)을 배치할 수 있다.

[0045] 커버(152)는 필름 형태의 판상으로 제작되며, 커버(152) 상에 게이트(160)가 형성된 후, 트랜지스터(100)의 크기에 맞도록 가공되어 측벽(151) 상에 배치될 수 있다.

[0046] 게이트 배치 단계(S50)에서는 PDMS 커버(152) 상에 게이트(160)를 형성할 수 있다.

[0047] 게이트(160)는 PDMS 커버(152) 상에 포토레지스트(photoresist)를 금/크롬 메탈 위에 도포한 후, 포토리소그래피와 에칭 방법을 통하여 투명한 육각형의 벌집모양 전극을 생성하고, 골드 그리드 위에 EG가 도핑된 PEDOT:PSS(94:5:1, PEDOT:PSS:ethylene glycol:triton-x, w:w:w)(122)를 2000rpm에서 1분간 스핀 코팅 한 후 120 ℃에서 15분간 가열하여 형성될 수 있다.

[0048] 지지부 배치 단계(S60)에서는 기판(110) 상에 게이트(160)가 형성된 커버(152)를 뒤집어 배치할 수 있다.

[0049] 즉, 커버(152)의 하면에 게이트(160)가 배치될 수 있다.

[0050] 커버(152)는 측벽(151) 상에 배치되고 상호 연결되어, 단일의 지지부(150)를 형성하는 것이 바람직하다.

[0051] 여기서, 게이트(160)는 기판(110) 상의 소스(120), 드레인(130) 및 채널층(140)의 상단과 이격된다.

[0052] 즉, 소스(120), 드레인(130), 채널층(140)과 게이트(160) 사이에는 공기층(A)이 형성될 수 있으며, 공기층(A)이 트랜지스터(100)의 유전체로 구성될 수 있다.

[0053] 따라서, 소스, 드레인과 게이트 사이에 별도의 유전체를 구성할 필요가 없어, 공정 및 비용을 절감할 수 있다.

[0054] 온도 반응 변형층 배치 단계(S70)에서는 지지부(150)의 커버(152) 상에 온도 반응 변형층(170)을 배치한다.

[0055] 온도 반응 변형층(170)은 온도 변화에 따라 부피가 변하는 온도 반응성 고분자일 수 있다.

[0056] 여기서, 온도 반응 변형층(170)은 PNIPAm(Poly(N -isopropylacrylamide))을 포함할 수 있다. 그러나 이에 제한되지 않고, 온도 반응 변형층(170)은 hydroxypropylcellulose, poly(N-vinyllactam), polyvinyl methyl ether 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0057] 여기서, 예를 들어, PNIPAm의 합성 과정을 설명하면, 2.188g의 N-isopropylacrylamide를 8ml의 증류수와 함께

섞어주고 질소 가스에 30분간 버블링 한다.

[0058] 그동안 ammonum cerium nitrate 0.011 g과 1 ml의 증류수 그리고 0.064 ml의 질산을 섞어 준비한다. 이 혼합물은 NIPAM 용액과 섞어주고 글로브박스 안에서 30도에서 12시간 동안 반응시킨다. 12 시간 후, PNIPAM을 1:7의 질량비 비율로 에탄올에 용해시킬 수 있다.

[0059] 온도 반응 변색층 배치 단계(S80)에서는 반응 변형층(170) 상에 온도 반응 변색층(180)을 배치한다.

[0060] 온도 반응 변색층(180)은 감온성 물질(thermochromic material)을 포함할 수 있다.

[0061] 감온성 물질은 류코 염료(leuco dye)를 포함할 수 있다. 여기서, 감온성 물질은 전자 공여성 물질(electron donating material) 혹은 전자 수용성 물질(electron accepting material)의 공액계(conjugated system)로서, 특정 온도(예를 들어, 상온)에서 구조를 변경하여 색을 발현할 수 있다. 감온성 물질은 가역적으로 발색하는 경우도 있으며, 발색조제(color developer)와 증감제(sensitizer), 또는 부가반응을 통해 비가역적인 발색도 유도할 수 있다.

[0062] 예를 들어, 류코 염료는 크산텐(xanthene) 류코 염료, 티오크산텐(thioxanthene) 류코 염료, 아크리딘(acridine) 류코 염료, 페녹사진(phenoxazine) 류코 염료, 페나진(phenazine) 류코 염료, 메로시아닌(merocyanine) 류코 염료, 티아진(thiazine) 류코 염료, 옥사진(oxazine) 류코 염료, 아진(azine) 류코 염료, 메틴(methane) 류코 염료, 아조(azo) 류코 염료, 피라졸린(pyrazoline) 류코 염료, 스틸벤(stilbene) 류코 염료, 쿠마린(coumarin) 류코 염료, 트리아릴메탄(triarylmethane) 류코 염료, 스피로피란(spiropyran) 류코 염료, 프탈라이드(phthalide) 류코 염료, 플루오란(fluoran) 류코 염료, 아크릴(acyl) 류코 염료, 오라민(auramine) 류코 염료, 로다민-락탐(rhodamine-lactam) 류코 염료, 크로멘(chromene) 류코 염료, 퀴닌(quinine) 류코 염료, 아미노 히드로시나믹 산(amino hydrocinnamic acid) 류코 염료, 2-(p-hydroxyphenyl)-4,5-diphenylimidazole 류코 염료, 인다논(indanone) 류코 염료, 인다민(indamine) 류코 염료, 히드라진(hydrazine) 류코 염료, 인디고이드(indigoid) 류코 염료, amino-2,3-dihydroanthraquinone 류코 염료, tetrahalo-p,p'-biphenol 류코 염료, 페닐에틸 아닐린(phenylethyl aniline) 류코 염료, 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0063] 한편, 온도 반응 변색층(180)은 다양한 색을 구현하기 위해 발색조제(color developer)를 더 포함할 수 있다. 발색조제는 크리스탈 바이올렛 락톤(crystal violet lactone), 말라카이트 그린 락톤(malachite green lactone), 비스인돌일 프탈라이드 염료(bis-indolyl phthalide dye), 디아미노 플루오란 염료(diamino fluoran dye) 또는 크산텐 염료(xanthene dye)를 포함할 수 있다.

[0064] 발색조제를 통해 온도 반응 변색층(180)의 색을 자유롭게 조절함으로써, 사용자에게 식별성 향상 및 심미감을 부여할 수 있다.

[0065] 온도 반응 변색층(180)은 광 안정제(light stabilizer) 및/또는 증감제(sensitizer)를 더 포함할 수 있다. 광 안정제를 통해 감온성 물질 및/또는 감광성 물질의 안정성을 높일 수 있다. 증감제를 통해 온도 반응 변색층(180)의 발색 온도를 조절하거나 변색 효율을 증가시킬 수 있다.

[0066] 이렇게 제조된 트랜지스터(100)는 도 2와 같은 구조를 가질 수 있고, 사용자의 피부에 직접 부착될 수 있으며, 트랜지스터(100)는 온도 반응성 재료(온도 반응 변형층 및 온도 반응 변색층)을 포함하여 즉각적으로 온도에 반응하는 디스플레이로 구현될 수 있다.

[0067] 이하에서는 도 4 내지 도 12를 통해 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터의 특성을 설명한다.

[0068] 우선, 도 4를 참조하면, 상술한 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터는 골드 그리드와 골드 그리드 상에 코팅된 PEDOT:PSS 전극(소스, 드레인 및 게이트)을 포함한다.

[0069] 이러한 전극 구조를 통해 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터는 투명하며, 문턱전압이 0 V에 가까우며, 점멸비의 평균이 102이 나와 트랜지스터의 안정적인 전기적 특성을 확인할 수 있다.

[0070] 또한, 도 5 내지 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 트랜지스터(100)는 지지부(150) 상에 온도 반응 변형층(170)이 점착되고, 온도 반응 변형층(170)은 온도에 따라서 친수성과 소수성의 성질로 변하면서 부피가 변하는 특성을 가지고 있고 온도가 올라가면 부피가 줄어들어, 점착된 지지부(150)는 커버(152)의 상면이 길이방향으로 축소되므로 하부로 볼록한 형성의 만곡부를 형성할 수 있다.

[0071] 여기서, 커버(152)가 하부로 만곡됨에 따라, 커버(152)의 하부에 배치된 게이트(160)는 하부 방향으로 소정 간

격 이동될 수 있어, 소스(120), 드레인(130) 및 채널층(140)과 게이트(160) 사이의 간격이 감소할 수 있다(H1->H2).

[0072] 즉, 절연층의 두께가 줄어들게 되면서 소스-드레인 전류가 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 이러한 트랜지스터는 6.5%/℃의 매우 높은 민감도로 측정될 수 있으며, 트랜지스터 기반으로 하기 때문에, 게이트의 전압에 따라서 증폭되는 현상도 확인할 수 있다.

[0073] 또한, 신축성 기판(110) 상에 4X6 센서 어레이로 쉽게 제조될 수 있어, 트랜지스터로 구성된 센서 어레이는 최대 50%의 스트레칭 하에서 기계적 안정성을 나타내어 결과적으로 온도센서와 디스플레이의 특성이 저하되지 않음을 확인할 수 있다.

[0074] 추가적으로 도 5 내지 도 8을 참조하면, 온도감응형 고분자가 코팅된 필름은 온도에 따라서 부피가 수축하거나 팽창하는 원리를 가지고 있어 온도가 낮을 때 (25도)에서는 평평한 필름으로 존재하다가 높은 온도 (45도)에서는 폴리머가 수축하게 되면서 안쪽으로 휘게 된다. 이러한 원리를 가지고 게이트 위에 필름을 위치시키면, 온도에 따라 트랜지스터의 소스/드레인과 게이트 사이의 거리가 변화하면서 드레인 전류의 변화값을 확인할 수 있다.

[0075] 그러므로 25도에서 45도로 상승하게 되면 게이트의 거리가 작아지면서 드레인 전류가 커지게 되고 25도와 45도 사이의 민감도가 6.5%/℃로 매우 높게 측정됨을 확인할 수 있다.

[0076] 또한, 류코 염료가 코팅되어 있어 온도에 따라 동시에 색 변화를 확인할 수 있고 이는 UV-vis 장비를 통해 측정되는 파장이 다르게 나타남을 확인할 수 있다.

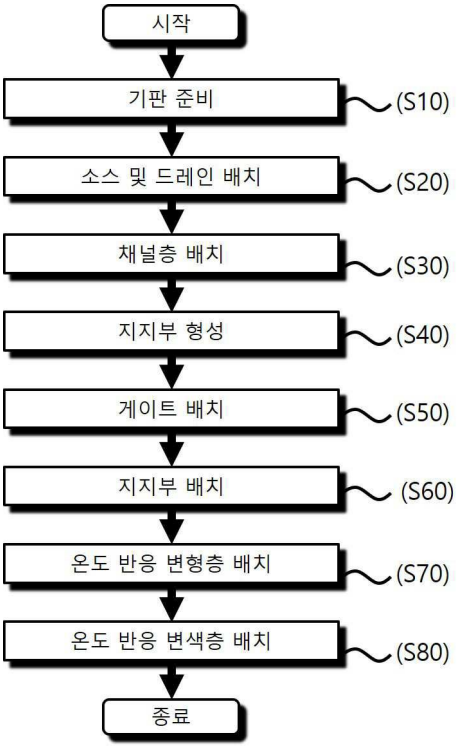
[0078] 또한, 도 9 내지 도 11을 참조하면, 센서가 부착된 손목을 구부리거나 늘임과 같은 변형을 가했을 때 센서의 전기적 변화가 없음을 확인하였으며, 운동 전/후 그리고 휴식 후의 피부의 온도를 측정하였고, 열화상카메라에서 측정된 온도와 비슷하다는 것을 확인할 수 있다.

[0079] 또한, 도 12를 참조하면, 상술한 바와 같이 제작된 트랜지스터는 매우 높은 광투과율을 가지는 것을 확인할 수 있다.

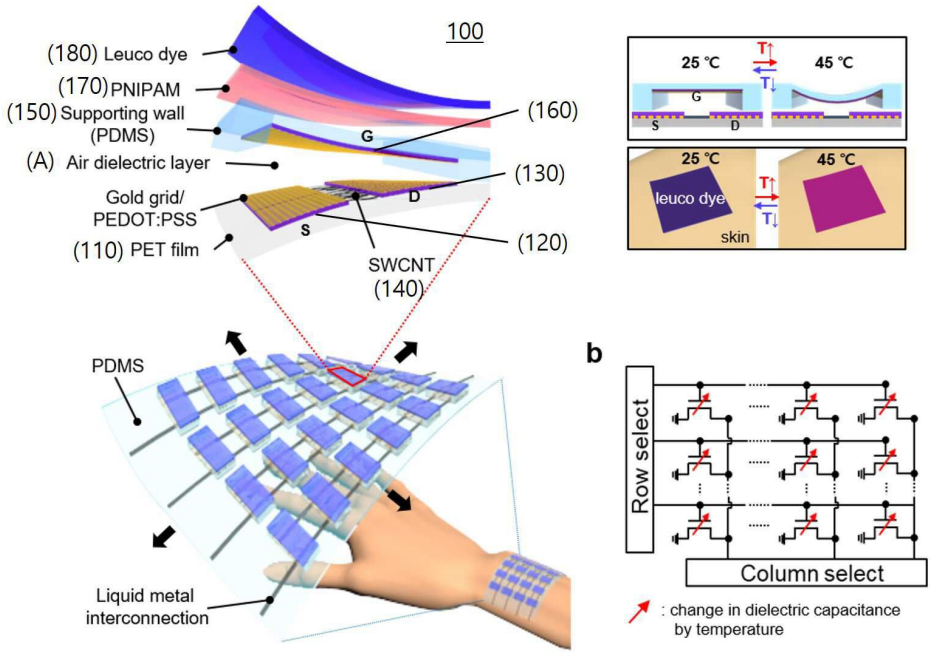
[0081] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 전술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

도면

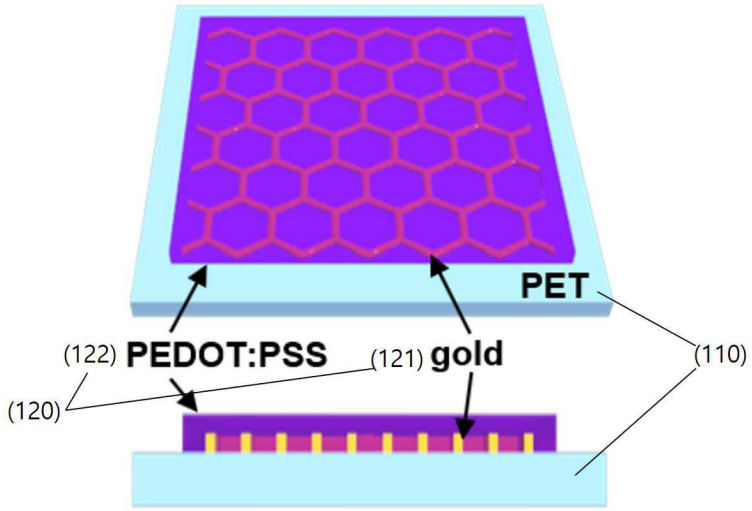
도면1


시작
기판 준비
(S10)
소스 및 드레인 배치
(S20)
채널층 배치
(S30)
지지부 형성
(S40)
게이트 배치
(S50)
지지부 배치
(S60)
온도 반응 변형층 배치
(S70)
온도 반응 변색층 배치
(S80)
종료

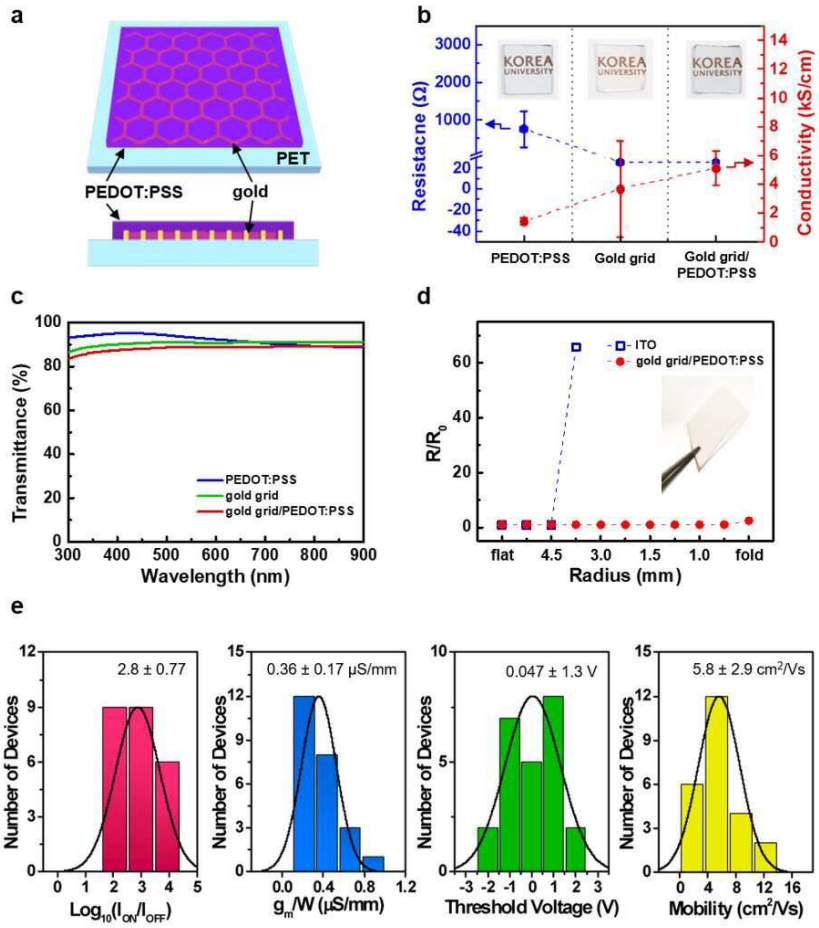
도면2


100
(180) Leuco dye
(170) PNIPAM
(150) Supporting wall (PDMS)
(A) Air dielectric layer
Gold grid/ PEDOT:PSS
(110) PET film
(160)
(130)
(120)
SWCNT (140)
G
D
S
PDMS
Liquid metal interconnection
25 ℃
45 ℃
T↑
T↓
leuco dye
skin
b
Row select
Column select
: change in dielectric capacitance by temperature

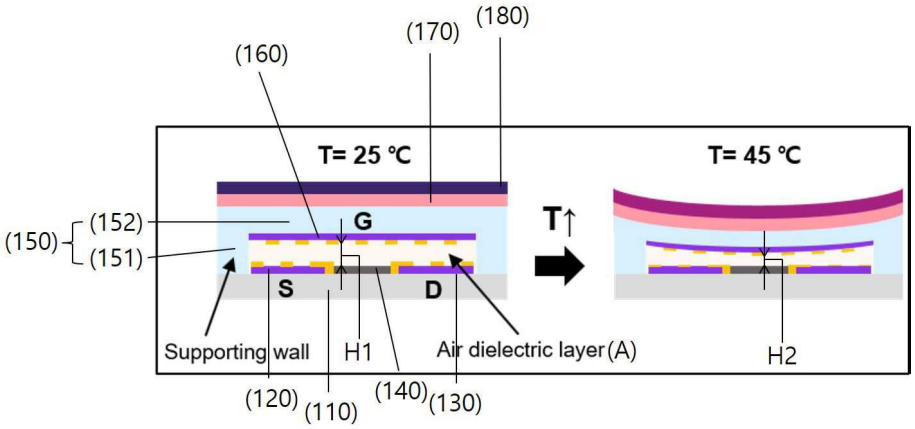
도면3


PET
(122) PEDOT:PSS
(121) gold
(110)
(120)

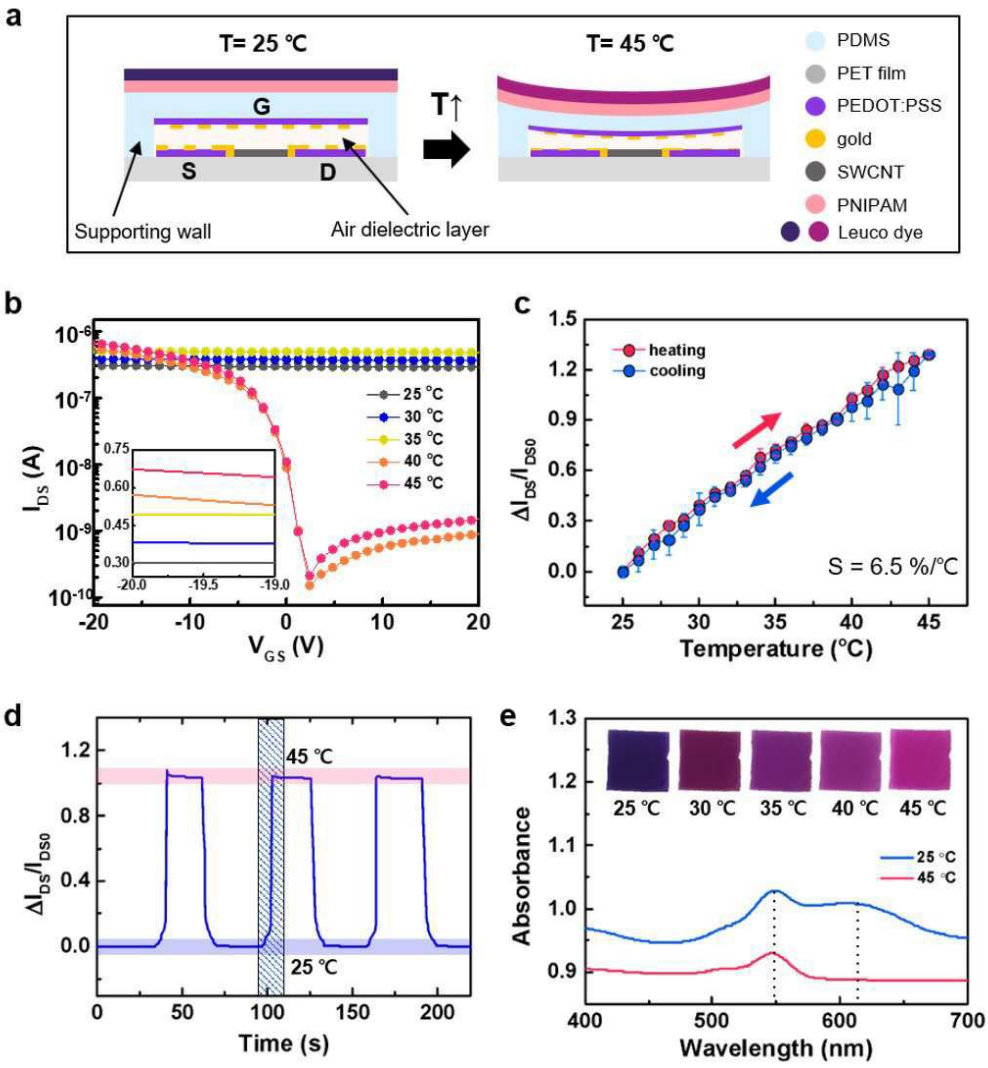
도면4


a
PET
PEDOT:PSS
gold
b
Resistacne (Ω)
Conductivity (kS/cm)
PEDOT:PSS
Gold grid
Gold grid/ PEDOT:PSS
c
Transmittance (%)
Wavelength (nm)
PEDOT:PSS
gold grid
gold grid/PEDOT:PSS
d
R/R0
ITO
gold grid/PEDOT:PSS
flat
4.5
3.0
1.5
1.0
fold
Radius (mm)
e
2.8 ± 0.77
Number of Devices
Log10(ION/IOFF)
0.36 ± 0.17 μS/mm
gm/W (μS/mm)
0.047 ± 1.3 V
Threshold Voltage (V)
5.8 ± 2.9 cm2/Vs
Mobility (cm2/Vs)

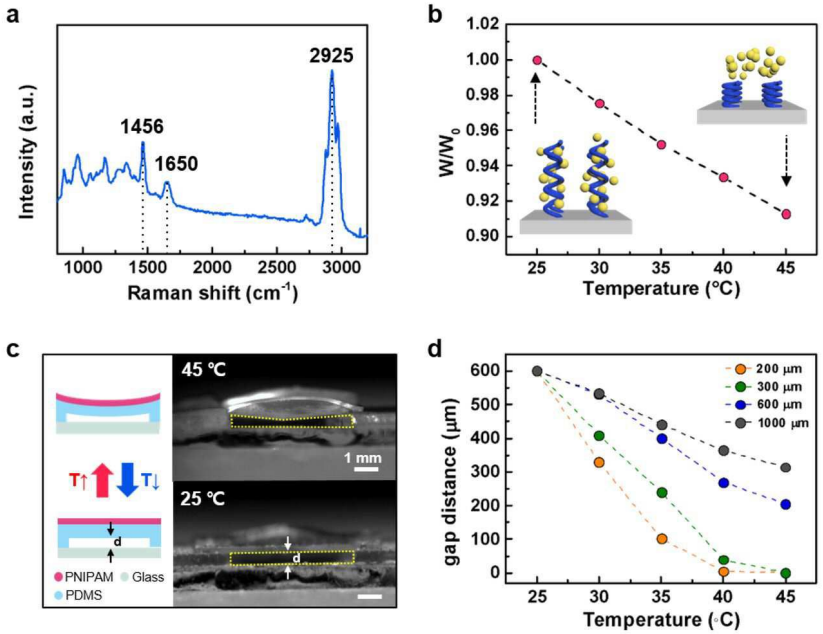
도면5


(160)
(170)
(180)
T= 25 ℃
T= 45 ℃
(150)
(152)
(151)
G
S
D
T↑
Supporting wall
H1
Air dielectric layer (A)
H2
(120)
(110)
(140)
(130)

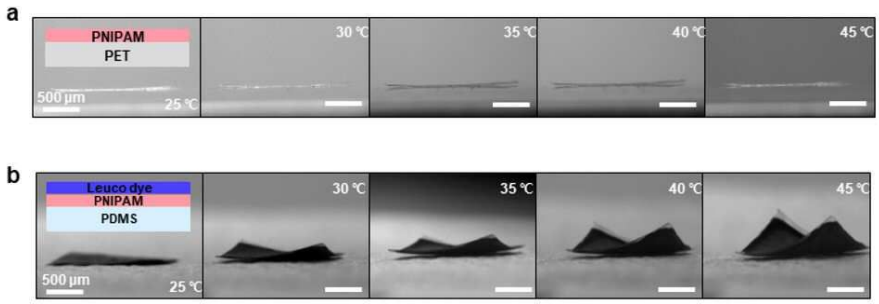
도면6


a
T= 25 ℃
T= 45 ℃
G
S
D
T↑
Supporting wall
Air dielectric layer
PDMS
PET film
PEDOT:PSS
gold
SWCNT
PNIPAM
Leuco dye
b
I_{DS} (A)
V_{GS} (V)
25 ℃
30 ℃
35 ℃
40 ℃
45 ℃
c
heating
cooling
$\Delta I_{DS}/I_{DS0}$
S = 6.5 %/℃
Temperature (℃)
d
45 ℃
25 ℃
$\Delta I_{DS}/I_{DS0}$
Time (s)
e
25 ℃
30 ℃
35 ℃
40 ℃
45 ℃
Absorbance
Wavelength (nm)

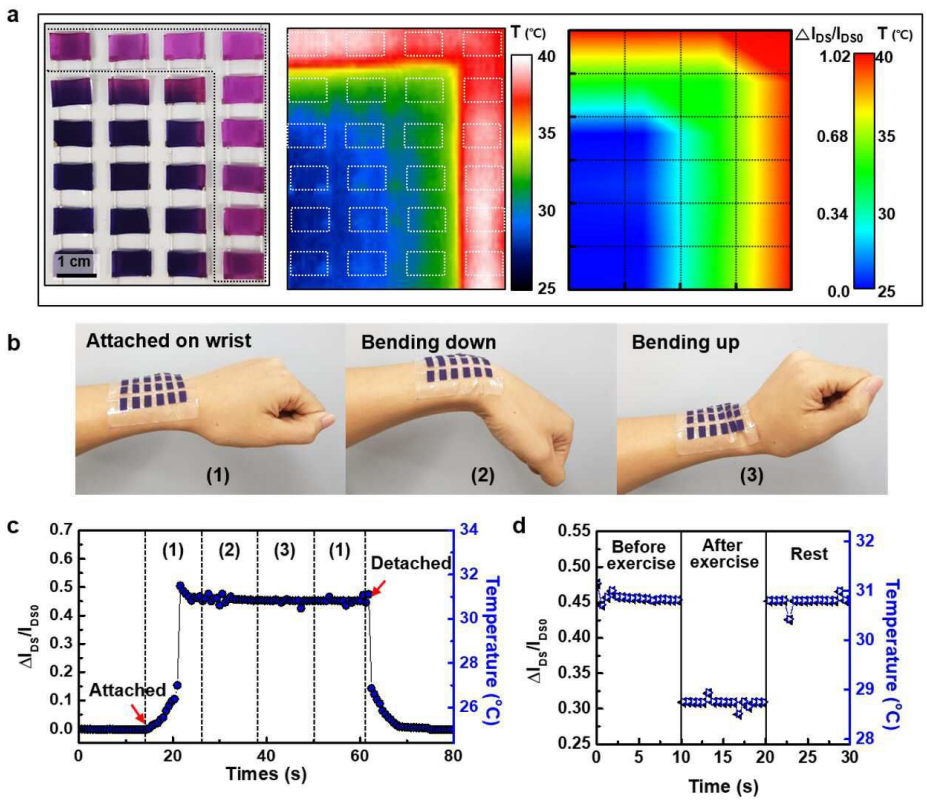
도면7


a
Intensity (a.u.)
1456
1650
2925
1000 1500 2000 2500 3000
Raman shift (cm-1)
b
W/W0
1.02 1.00 0.98 0.96 0.94 0.92 0.90
25 30 35 40 45
Temperature (°C)
c
45 °C
1 mm
25 °C
T↑ T↓
d
PNIPAM Glass
PDMS
d
gap distance (μm)
600 500 400 300 200 100 0
200 μm
300 μm
600 μm
1000 μm
25 30 35 40 45
Temperature (°C)

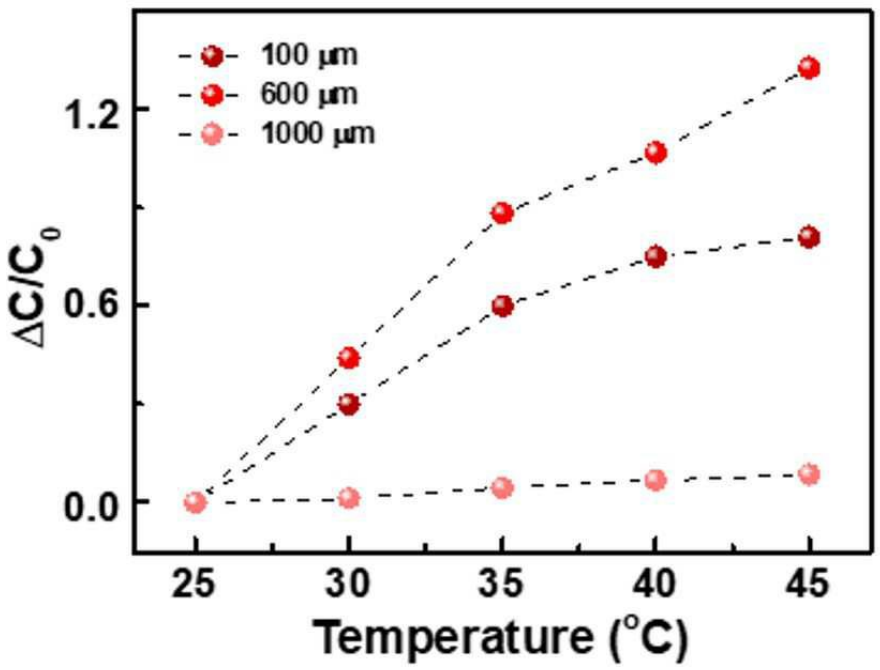
도면8


a
PNIPAM
PET
500 μm
25 °C
30 °C
35 °C
40 °C
45 °C
b
Leuco dye
PNIPAM
PDMS
500 μm
25 °C
30 °C
35 °C
40 °C
45 °C

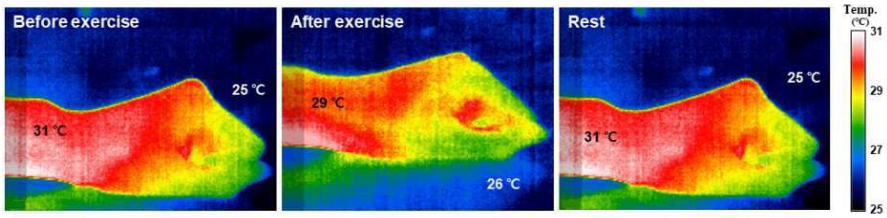
도면9


a
1 cm
T (℃)
40
35
30
25
△IDS/IDS0
1.02
0.68
0.34
0.0
b
Attached on wrist
(1)
Bending down
(2)
Bending up
(3)
c
Attached
(1)
(2)
(3)
(1)
Detached
Times (s)
Temperature (°C)
d
Before exercise
After exercise
Rest
Time (s)
Temperature (°C)

도면10


100 μm
600 μm
1000 μm
ΔC/C0
Temperature (°C)

도면11


Before exercise
25 ℃
31 ℃
After exercise
29 ℃
26 ℃
Rest
25 ℃
31 ℃
Temp.
(℃)
31
29
27
25

도면12


KOREA
UNIVERSITY
5 mm