

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0115122

(43) 공개일자 2022년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/024 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)

A61B 5/1455 (2006.01) H01L 27/30 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/02416 (2013.01)

A61B 5/0059 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0017663

(22) 출원일자 2021년02월08일

심사청구일자 2021년02월08일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김현재

서울특별시 마포구 광성로 17, 103동 705호(신수동, 신촌숲아파트)

강병하

서울특별시 마포구 백범로 205, 104동 1601호(신공덕동, 펜트하우스)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인우인

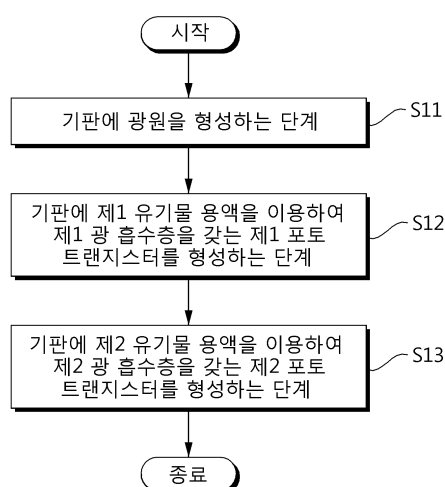
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 유무기 하이브리드 포토 트랜지스터 적용을 통한 피부부착형 생체신호 모니터링 센서 및 그 제조방법

(57) 요약

본 실시예들은 용액 공정을 통해 유기물 배향이 상이한 광 흡수층으로 구현된 복수의 포토 트랜지스터를 상호 동작시켜서 저전력 모드 또는 고정밀 모드에서 생체신호를 모니터링하는 센서 및 그 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/14551 (2013.01)
A61B 5/6833 (2013.01)
G01N 21/17 (2013.01)
H01L 27/307 (2021.08)
A61B 2560/0204 (2013.01)
A61B 2562/0233 (2013.01)
A61B 2562/12 (2013.01)
A61B 2562/166 (2013.01)
G01N 2021/174 (2013.01)

(72) 발명자

이진혁

서울특별시 강남구 개포로109길 9, 219동 411호(개포동, 대치아파트)

박경호

서울특별시 서대문구 성산로18길 26, 404호(연희동)

김형태

서울특별시 양천구 목동동로 100, 1315동 302호(신정동, 목동신시가지아파트13단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711105028
과제번호	2018M3A7B407152113
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원천기술개발사업
연구과제명	(총괄/1세부) 굴곡표면상 3차원 구조 EHD 인쇄기술 개발 (1/2단계)(3/3)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2020.02.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

생체신호 모니터링 센서의 제조 방법에 있어서,

기관에 광원을 형성하는 단계;

상기 기관에 제1 유기물 용액을 이용하여 제1 광 흡수층을 갖는 제1 포토 트랜지스터를 형성하는 단계; 및

상기 기관에 제2 유기물 용액을 이용하여 제2 광 흡수층을 갖는 제2 포토 트랜지스터를 형성하는 단계를 포함하는 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 포토 트랜지스터를 형성하는 단계는 제1 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함하는 제1 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행하고,

상기 제2 포토 트랜지스터를 형성하는 단계는 제2 DPP 폴리머를 포함하는 제2 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 유기물 용액 및 상기 제2 유기물 용액은 용매를 조절하거나 용액 공정 조건을 조절하여 상기 제1 광 흡수층 및 상기 제2 광 흡수층에 대해서 상이한 유기물 배향 비율을 설정하는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법.

청구항 4

포토 트랜지스터의 제조 방법에 있어서,

게이트 전극에 게이트 절연체를 형성하는 단계;

상기 게이트 절연체에 산화물을 기반으로 활성층을 형성하는 단계;

상기 활성층에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착하는 단계; 및

상기 활성층에 유기물 용액을 이용하여 광 흡수층을 형성하는 단계를 포함하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 광 흡수층을 형성하는 단계는 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함하는 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 광 흡수층을 형성하는 단계는 상기 유기물 용액의 용매를 조절하거나 용액 공정 조건을 조절하여 유기물 배향 비율을 미리 설정된 범위 내로 설정하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 용매를 조절하는 것은 용매의 종류, 비율, 또는 이들의 조합을 상이하게 설정하고,

상기 용액 공정 조건을 조절하는 것은 코팅 속도, 온도, 시간, 또는 이들의 조합을 상이하게 설정하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터의 제조 방법.

청구항 8

포토 트랜지스터에 있어서,

상기 포토 트랜지스터의 상태를 제어하는 게이트 전극;

상기 게이트 전극에 연결된 게이트 절연체;

상기 게이트 절연체에 연결되며 산화물을 기반으로 형성되어 캐리어를 전달하는 활성층;

상기 활성층에 증착된 소스 전극 및 드레인 전극;

상기 활성층에 연결되며 폴리머를 기반으로 형성된 광 흡수층을 포함하는 포토 트랜지스터.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 광 흡수층의 폴리머는 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 광 흡수층의 폴리머는 유기물 배향 비율을 미리 설정된 범위 내에서 설정되는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 광 흡수층의 폴리머의 유기물 배향 비율을 조절하여 상기 광 흡수층과 상기 활성층의 계면의 전위 장벽(potential barrier)을 제어하는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 유기물 배향 비율에서 페이스-온 배향 비율이 감소하면 표면 전위가 증가하고, 상기 계면에서의 전위 장벽이 증가하고, 상기 계면에서의 정공 축적이 증가하고, 전자와 정공의 재결합이 증가하여, 신경가소성(neuroplasticity) 또는 잔류광전기 전도도(persistent photoconductance)를 감소시키는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 유기물 배향 비율에서 페이스-온 배향 비율이 증가하면 표면 전위가 감소하고, 상기 계면에서의 전위 장벽이 감소하고, 전자의 수송 효율이 증가하여, 광 감지도를 증가시키는 것을 특징으로 하는 포토 트랜지스터.

청구항 14

생체신호 모니터링 센서에 있어서,

기관;

상기 기관에 연결된 광원;

상기 기관에 연결되며 제1 광 흡수층을 갖는 제1 포토 트랜지스터; 및

상기 기관에 연결되며 제2 광 흡수층을 갖는 제2 포토 트랜지스터를 포함하며,

제1 센싱 모드에서 상기 제1 포토 트랜지스터가 동작하고, 제2 센싱 모드에서 상기 제2 포토 트랜지스터가 동작하는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1 포토 트랜지스터와 상기 제2 포토 트랜지스터는 상호 피드백을 보내어 온/오프를 제어하는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 제1 포토 트랜지스터는 생체신호의 크기를 기준으로 상기 제2 포토 트랜지스터로 피드백을 보내고,

상기 제2 포토 트랜지스터는 생체신호의 진동수를 기준으로 상기 제1 포토 트랜지스터로 피드백을 보내는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 제1 광 흡수층은 제1 페이스-온 배향 비율을 갖고,

상기 제2 광 흡수층은 제2 페이스-온 배향 비율을 갖고,

상기 제1 페이스-온 배향 비율이 상기 제2 페이스-온 배향 비율보다 높은 값을 갖도록 설정되는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제1 센싱 모드에서 상기 제1 포토 트랜지스터는 상기 제1 페이스-온 배향 비율에 따라 저전력 센서로 동작하는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 제2 센싱 모드에서 상기 제2 포토 트랜지스터는 상기 제2 페이스-온 배향 비율에 따라 고정밀 센서로 동작하는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 유기 하이브리드 포토 트랜지스터 및 생체신호 모니터링 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 헬스케어 모니터링 장치는 사용자의 생체 정보를 실시간으로 모니터링한다. 사용자는 스마트폰과 같은 휴대용 장치, 또는 신체에 착용되는 웨어러블 장치를 이용하여, 사용자의 생체 정보를 측정할 수 있다.

[0004] 예를 들어, 광혈류 측정(photoplethysmography, PPG) 센서는 사용자로부터 PPG 신호를 측정할 수 있다. PPG 센서를 포함하는 전자 장치는 PPG 신호를 분석하여 사용자의 심박수(heart rate), 산소포화도(SpO2), 스트레스, 부정맥, 혈압(blood pressure) 등을 포함하는 생체 정보를 획득할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2019-0036446호 (2019.04.04)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 용액 공정을 통해 유기물 배향이 상이한 광 흡수층으로 구현된 복수의 포토 트랜지스터를 상호 동작시켜서 저전력 모드 또는 고정밀 모드에서 생체신호를 모니터링하는 데 발명의 주된 목적이 있다.

[0007] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법에 있어서, 기판에 광원을 형성하는 단계, 상기 기판에 제1 유기물 용액을 이용하여 제1 광 흡수층을 갖는 제1 포토 트랜지스터를 형성하는 단계, 및 상기 기판에 제2 유기물 용액을 이용하여 제2 광 흡수층을 갖는 제2 포토 트랜지스터를 형성하는 단계를 포함하는 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법을 제공한다.

[0009] 상기 제1 포토 트랜지스터를 형성하는 단계는 제1 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함하는 제1 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행할 수 있다.

[0010] 상기 제2 포토 트랜지스터를 형성하는 단계는 제2 DPP 폴리머를 포함하는 제2 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행할 수 있다.

[0011] 상기 제1 유기물 용액 및 상기 제2 유기물 용액은 용매를 조절하거나 용액 공정 조건을 조절하여 상기 제1 광 흡수층 및 상기 제2 광 흡수층에 대해서 상이한 유기물 배향 비율을 설정할 수 있다.

[0012] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 포토 트랜지스터의 제조 방법에 있어서, 게이트 전극에 게이트 절연체를 형성하는 단계, 상기 게이트 절연체에 산화물을 기반으로 활성층을 형성하는 단계, 상기 활성층에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착하는 단계, 및 상기 활성층에 유기물 용액을 이용하여 광 흡수층을 형성하는 단계를 포함하는 포토 트랜지스터의 제조 방법을 제공한다.

[0013] 상기 광 흡수층을 형성하는 단계는 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함하는 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행할 수 있다.

[0014] 상기 광 흡수층을 형성하는 단계는 상기 유기물 용액의 용매를 조절하거나 용액 공정 조건을 조절하여 유기물 배향 비율을 미리 설정된 범위 내로 설정할 수 있다.

[0015] 상기 용매를 조절하는 것은 용매의 종류, 비율, 또는 이들의 조합을 상이하게 설정하고, 상기 용액 공정 조건을 조절하는 것은 코팅 속도, 온도, 시간, 또는 이들의 조합을 상이하게 설정할 수 있다.

[0016] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 포토 트랜지스터에 있어서, 상기 포토 트랜지스터의 상태를 제어하는 게이트 전극, 상기 게이트 전극에 연결된 게이트 절연체, 상기 게이트 절연체에 연결되며 산화물을 기반으로 형성되어 캐리어를 전달하는 활성층, 상기 활성층에 증착된 소스 전극 및 드레인 전극, 상기 활성층에 연결되며 폴리머를 기반으로 형성된 광 흡수층을 포함하는 포토 트랜지스터를 제공한다.

[0017] 상기 광 흡수층의 폴리머는 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 광 흡수층의 폴리머는 유기물 배향 비율을 미리 설정된 범위 내에서 설정될 수 있다.

[0019] 상기 광 흡수층의 폴리머의 유기물 배향 비율을 조절하여 상기 광 흡수층과 상기 활성층의 계면의 전위 장벽(potential barrier)을 제어할 수 있다.

[0020] 상기 유기물 배향 비율에서 페이스-온 배향 비율이 감소하면 표면 전위가 증가하고, 상기 계면에서의 전위 장벽

이 증가하고, 상기 계면에서의 정공 축적이 증가하고, 전자와 정공의 재결합이 증가하여, 신경가소성(neuroplasticity) 또는 잔류광전기 전도도(persistent photoconductance)를 감소시킬 수 있다.

- [0021] 상기 유기물 배향 비율에서 페이스-온 배향 비율이 증가하면 표면 전위가 감소하고, 상기 계면에서의 전위 장벽이 감소하고, 전자의 수송 효율이 증가하여, 광 감지도를 증가시킬 수 있다.
- [0022] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 생체신호 모니터링 센서에 있어서, 기관, 상기 기관에 연결된 광원, 상기 기관에 연결되며 제1 광 흡수층을 갖는 제1 포토 트랜지스터, 및 상기 기관에 연결되며 제2 광 흡수층을 갖는 제2 포토 트랜지스터를 포함하며, 제1 센싱 모드에서 상기 제1 포토 트랜지스터가 동작하고, 제2 센싱 모드에서 상기 제2 포토 트랜지스터가 동작하는 것을 특징으로 하는 생체신호 모니터링 센서를 제공한다.
- [0023] 상기 제1 포토 트랜지스터와 상기 제2 포토 트랜지스터는 상호 피드백을 보내어 온/오프를 제어할 수 있다.
- [0024] 상기 제1 포토 트랜지스터는 생체신호의 크기를 기준으로 상기 제2 포토 트랜지스터로 피드백을 보낼 수 있다.
- [0025] 상기 제2 포토 트랜지스터는 생체신호의 진동수를 기준으로 상기 제1 포토 트랜지스터로 피드백을 보낼 수 있다.
- [0026] 상기 제1 광 흡수층은 제1 페이스-온 배향 비율을 갖고, 상기 제2 광 흡수층은 제2 페이스-온 배향 비율을 갖고, 상기 제1 페이스-온 배향 비율이 상기 제2 페이스-온 배향 비율보다 높은 값을 갖도록 설정될 수 있다.
- [0027] 상기 제1 센싱 모드에서 상기 제1 포토 트랜지스터는 상기 제1 페이스-온 배향 비율에 따라 저전력 센서로 동작할 수 있다.
- [0028] 상기 제2 센싱 모드에서 상기 제2 포토 트랜지스터는 상기 제2 페이스-온 배향 비율에 따라 고정밀 센서로 동작할 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 용액 공정을 통해 유기물 배향이 상이한 광 흡수층으로 구현된 복수의 포토 트랜지스터를 상호 동작시켜서 저전력 모드 또는 고정밀 모드에서 생체신호를 모니터링할 수 있는 효과가 있다.
- [0030] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법을 예시한 도면이다.
- 도 2 및 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법을 예시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터를 예시한 도면이다.
- 도 5 내지 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서를 예시한 도면이다.
- 도 8 및 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 동작을 예시한 도면이다.
- 도 10 및 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 광전기적 특성을 예시한 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 유연성을 예시한 도면이다.
- 도 13 및 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 안정성을 예시한 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 배향을 예시한 도면이다.
- 도 16 및 도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 표면 전위를 예시한 도면이다.
- 도 18은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 메커니즘을 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들

을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.

- [0033] 본 실시예에 따른 포토 트랜지스터 및 생체신호 모니터링 센서는 산화물 기반의 활성층과 폴리머 기반의 광 흡수층을 포함한 유무기 하이브리드 구조이다.
- [0034] 본 실시예에 따른 포토 트랜지스터 및 생체신호 모니터링 센서는 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 광 흡수층에 적용하여 근적외선 감지 성능을 향상시키고, 유연성을 향상시키고, 땀/수분에 대한 안정성을 향상시킨다.
- [0035] 본 실시예에 따른 포토 트랜지스터 및 생체신호 모니터링 센서는 신경가소성(neuroplasticity) 특성 또는 잔류 광전기 전도도(persistent photoconductance)현상을 활용하여 저전력 센싱 모드, 고정밀 센싱 모드로 나뉘어 피드백하며 구동하고 상시 모니터링이 가능하다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법을 예시한 도면이다.
- [0037] 생체신호 모니터링 센서의 제조 방법은 기판에 광원을 형성하는 단계(S11), 기판에 제1 유기물 용액을 이용하여 제1 광 흡수층을 갖는 제1 포토 트랜지스터를 형성하는 단계(S12), 및 기판에 제2 유기물 용액을 이용하여 제2 광 흡수층을 갖는 제2 포토 트랜지스터를 형성하는 단계(S13)를 포함한다.
- [0038] 제1 포토 트랜지스터를 형성하는 단계(S12)는 제1 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함하는 제1 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행할 수 있다.
- [0039] 제2 포토 트랜지스터를 형성하는 단계(S13)는 제2 DPP 폴리머를 포함하는 제2 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행할 수 있다.
- [0040] 제1 유기물 용액 및 제2 유기물 용액은 용매를 조절하거나 용액 공정 조건을 조절하여 제1 광 흡수층 및 제2 광 흡수층에 대해서 상이한 유기물 배향 비율을 설정할 수 있다.
- [0041] 도 2 및 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터의 제조 방법을 예시한 도면이다.
- [0042] 포토 트랜지스터의 제조 방법은 게이트 전극에 게이트 절연체를 형성하는 단계(S21), 게이트 절연체에 산화물을 기반으로 활성층을 형성하는 단계(S22), 활성층에 소스 전극 및 드레인 전극을 증착하는 단계(S23), 및 활성층에 유기물 용액을 이용하여 광 흡수층을 형성하는 단계(S24)를 포함한다.
- [0043] 광 흡수층을 형성하는 단계(S24)는 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함하는 유기물 용액을 기반으로 용액 공정을 수행할 수 있다.
- [0044] 광 흡수층을 형성하는 단계(S24)는 유기물 용액의 용매를 조절하거나 용액 공정 조건을 조절하여 유기물 배향 비율을 미리 설정된 범위 내로 설정할 수 있다. 용매를 조절하는 것은 용매의 종류, 비율, 또는 이들의 조합을 상이하게 설정하고, 용액 공정 조건을 조절하는 것은 코팅 속도, 온도, 시간, 또는 이들의 조합을 상이하게 설정할 수 있다.
- [0045] 예컨대, DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머로 P(DPP2ODT2-T)을 적용할 수 있다. P(DPP2ODT2-T)는 DPP 폴리머의 예시일 뿐이며, DPP를 포함하는 다른 폴리머가 적용될 수 있다. 2OD는 2-octyldodecyl을 의미하고, T는 thiophene을 의미한다.
- [0046] 용매로 CB(chlorobenzene)를 쓰면 DPP2ODT2-T(CB), Tol(toluene)을 쓰면 DPP2ODT2-T(Tol)로 표현한다.
- [0047] 정제된 기판에 회생층을 증착하고, 게이트 및 게이트 절연체(gate insulator)를 증착한다. 활성층을 증착한다. 산화물 기반의 활성층은 IGZO(Indium Gallium Zinc Oxide)가 적용될 수 있으며 어닐링 공정을 수행할 수 있다. 전극을 증착시킨 후 DPP 폴리머 기반의 광 흡수층을 증착한다.
- [0048] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 포토 트랜지스터를 예시한 도면이다.
- [0049] 포토 트랜지스터(100)는 포토 트랜지스터의 상태를 제어하는 게이트 전극(110), 게이트 전극(110)에 연결된 게이트 절연체(120), 게이트 절연체(120)에 연결되며 산화물을 기반으로 형성되어 캐리어를 전달하는 활성층(130), 활성층(130)에 증착된 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150), 활성층(130)에 연결되며 폴리머를 기반으로 형성된 광 흡수층(160)을 포함한다. 활성층(130)은 일종의 채널 역할을 수행한다.
- [0050] 포토 트랜지스터(100)는 광 흡수층이 P(DPP2ODT2-T)이 적용될 수 있고, 활성층(130)이 IGZO로 구성된 폴리머/산화물 하이브리드 구조로 구현될 수 있다. 폴리머는 근적외선(850 - 950 nm) 영역의 파장 흡수가 가능하고, 소수성을 띄며, 유연성이 높은 기능의 반도체 물질에 해당한다. 산화물은 누설전류가 매우 낮은 기능의 반도체 물질

에 해당한다.

- [0051] 광 흡수층(160)의 폴리머는 DPP(diketopyrrolopyrrole) 폴리머를 포함할 수 있다. 광 흡수층(160)의 폴리머는 유기물 배향 비율을 미리 설정된 범위 내에서 설정될 수 있다. 광 흡수층(160)의 폴리머의 유기물 배향 비율을 조절하여 광 흡수층(160)과 활성층(130)의 계면의 전위 장벽(potential barrier)을 제어할 수 있다.
- [0052] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서를 예시한 도면이다.
- [0053] 생체신호 모니터링 센서(200)는 기관(210), 기관(210)에 연결된 광원(220), 기관(210)에 연결되며 제1 광 흡수층을 갖는 제1 포토 트랜지스터(230), 및 기관(210)에 연결되며 제2 광 흡수층을 갖는 제2 포토 트랜지스터(240)를 포함한다.
- [0054] 광원(220)은 복수로 구현될 수 있으며, 적외선 광과 적색 광을 사용할 수 있다.
- [0055] 제1 센싱 모드에서 제1 포토 트랜지스터(230)가 동작하고, 제2 센싱 모드에서 제2 포토 트랜지스터(240)가 동작한다.
- [0056] 도 6 및 도 7은 광 흡수층이 DPP20DT2-T(CB) 및 DPP20DT2-T(To1)로 구현된 예시적인 생체신호 모니터링 센서이다. 광원으로 근적외선 등이 적용될 수 있다.
- [0057] 생체신호 모니터링 센서는 광원과 포토 트랜지스터의 배치에 따라 반사형 또는 투과형으로 구현될 수 있다. 도 6은 반사형을 예시한 것이고, 광원은 복수의 포토 트랜지스터 사이에 배치될 수 있다.
- [0058] 도 8 및 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 동작을 예시한 도면이다.
- [0059] 낮은 심박일 때 안정 상태이므로 정확한 측정이 필요하지 않고, 높은 심박이 되면 신호 레벨(예컨대, 전압 레벨)이 특정 수준을 초과하므로 초과 여부만 측정해도 된다.
- [0060] 높은 심박일 때는 비정상적 상황이기때 정밀하게 측정하는 센서로 심박과 산소포화도를 모두 측정할 필요가 있다.
- [0061] 용매에 따라 달라지는 광흡수층 유기물 배열로 인하여 포토 트랜지스터의 광감지 특성이 변화한다. 유기물 배열에 따라 포토 트랜지스터는 심박 주기에 따라 달라지는 잔류광전기 전도도(persistent photoconductance) 현상이 발생할 수 있다. 유기물 배열에 따라 저심박 상태와 고심박 상태를 구분하여 적합한 센서를 동작시킨다. 효율적인 전력으로 상시 모니터링 시스템 구현이 가능하다.
- [0062] 도 9를 참조하면, 제1 포토 트랜지스터는 상대적 낮은 심박에서 일정한 신호 레벨을 출력하고, 상대적으로 높은 심박에서 신호 레벨이 상승한다. 이러한 현상을 나타내는 제1 포토 트랜지스터는 낮은 심박 측정 모드에서 사용할 수 있다. 다른 포토 트랜지스터와의 관계에서 신호 레벨 상승을 일종의 트리거 신호로 사용할 수 있다.
- [0063] 제2 포토 트랜지스터는 상대적으로 낮거나 높은 심박에서 일정한 신호 레벨을 출력하고, 움직임 정확한 측정이 가능하다. 이러한 현상을 나타내는 제2 포토 트랜지스터는 높은 심박 측정 모드에서 사용할 수 있다. 심박수의 변화에 따라 안정된 상태로 판단되면, 다른 포토 트랜지스터와의 관계에서 일종의 트리거 신호로 사용할 수 있다.
- [0064] 제1 포토 트랜지스터와 제2 포토 트랜지스터는 상호 피드백을 보내어 온/오프를 제어할 수 있다. 제1 포토 트랜지스터가 켜지고 제2 포토 트랜지스터가 꺼지거나, 제2 포토 트랜지스터가 켜지고 제1 포토 트랜지스터가 꺼질 수 있다.
- [0065] 제1 포토 트랜지스터는 생체신호의 크기를 기준으로 제2 포토 트랜지스터로 피드백을 보낼 수 있다. 제2 포토 트랜지스터는 생체신호의 진동수를 기준으로 상기 제1 포토 트랜지스터로 피드백을 보낼 수 있다. 피드백 신호를 통해 수신측 포토 트랜지스터의 온/오프를 제어할 수 있다.
- [0066] 제1 포토 트랜지스터와 제2 포토 트랜지스터는 직접 연결되거나 중간에 제어부를 통해 연결될 수 있다. 제1 포토 트랜지스터는 제2 포토 트랜지스터로 신호를 송신할 수 있다. 제2 포토 트랜지스터는 제1 포토 트랜지스터로 신호를 송신할 수 있다. 제어부는 제1 포토 트랜지스터로부터 신호를 수신하고 제2 포토 트랜지스터로 신호를 송신할 수 있다. 제어부는 제2 포토 트랜지스터로부터 신호를 수신하고 제1 포토 트랜지스터로 신호를 송신할 수 있다.
- [0067] 도 10 및 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 광전기적 특성을 예시한 도면이다.

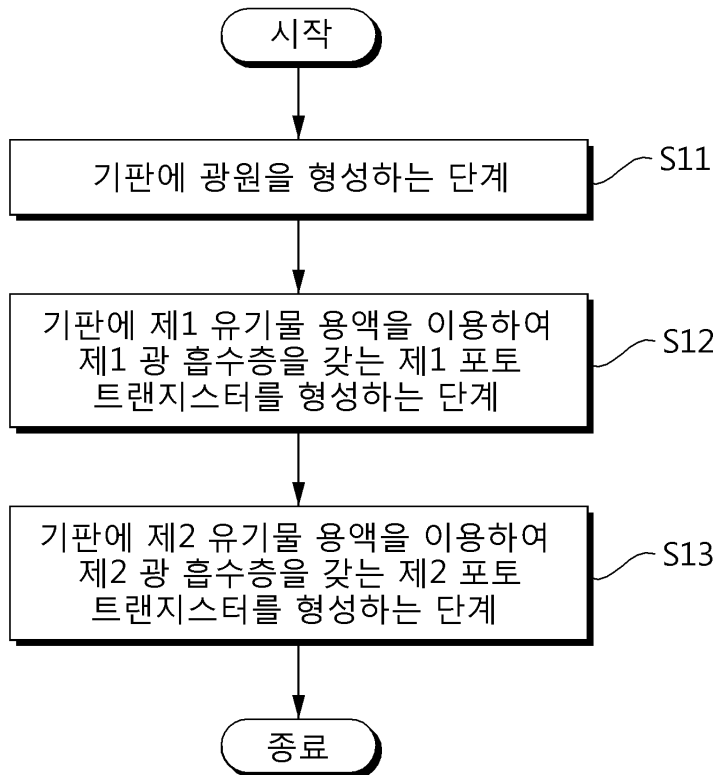
- [0068] 과도 광 응답(transient photo response)을 측정한 결과를 보면, 가시광선 및 근적외선 영역에서 광 감지 능력 우수하므로, 적색, 녹색, 근적외선 광원 이용이 가능한 것을 확인할 수 있다. DPP20DT2-T(CB) 광 흡수층 적용 소자보다 DPP20DT2-T(Tol) 광 흡수층 적용 소자에서 더 우수한 광 감지 능력을 보인다.
- [0069] 두 소자 모두에서 빛의 on/off에 따른 즉각적인 전류 변화를 확인할 수 있고, 일반적 사람 심박 범위 (30 bpm ~ 150 bpm)에서 우수한 광 반응을 확인할 수 있다.
- [0070] DPP20DT2-T(CB) 광 흡수층 적용시, 안정적인 전류 값을 확인하고 PPC 현상이 거의 없음을 확인할 수 있다.
- [0071] DPP20DT2-T(Tol) 광 흡수층 적용시, 높은 주파수에서 불안정적인 전류 값을 확인하고, 광반응이 지속될수록 전류 상승하는 PPC(persistent photoconductance) 현상이 존재하는 것을 확인할 수 있다.
- [0072] 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 유연성을 예시한 도면이다.
- [0073] 검지 손가락 크기에 맞는 곡률반경 약 10mm 보다 작은 5mm 조건에서 유연성(flexibility)을 평가한 결과 DPP20DT2-T 물질의 상온 증착, 유연성에 의한 생체신호 모니터링 센서의 유연성이 향상됨을 확인할 수 있다.
- [0074] 도 13 및 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 안정성을 예시한 도면이다.
- [0075] 제작한 소자 위에 인공 땀을 도포한 결과 DPP20DT2-T의 소수성에 의해 땀, 수분 환경에 대한 안정성이 향상됨을 확인할 수 있다.
- [0076] 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 배향을 예시한 도면이다.
- [0077] 2D-GIWAXS(2D Grazing incidence wide angle X-ray scattering) 측정을 통한 배향을 비교한 결과를 살펴보면, DPP20DT2-T(CB)는 페이스-온(face-on) 51.2%이고, 에지-온(edge-on) 48.8%이고, DPP20DT2-T(Tol)는 페이스-온(face-on) 61.5%이고, 에지-온(edge-on) 38.5%인 것을 확인할 수 있다.
- [0078] 예시한 DPP20DT2-T(CB)와 DPP20DT2-T(Tol) 뿐만 아니라, DPP 폴리머의 배향을 조절하여, 제1 광 흡수층은 제1 페이스-온 배향 비율을 갖고, 제2 광 흡수층은 제2 페이스-온 배향 비율을 갖고, 제1 페이스-온 배향 비율이 제2 페이스-온 배향 비율보다 높은 값을 갖도록 설정될 수 있다.
- [0079] 제1 센싱 모드에서 제1 포토 트랜지스터는 제1 페이스-온 배향 비율에 따라 저전력 센서로 동작할 수 있다. 제2 센싱 모드에서 제2 포토 트랜지스터는 제2 페이스-온 배향 비율에 따라 고정밀 센서로 동작할 수 있다.
- [0080] 도 16 및 도 17은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 표면 전위를 예시한 도면이다. 도 16 및 도 17는 KPFM(Kelvin probe force microscopy) 측정을 통한 표면 전위(surface potential)를 비교한 결과이다.
- [0081] 도 18은 본 발명의 다른 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서의 메커니즘을 예시한 도면이다.
- [0082] 유기물 배향 비율에서 페이스-온 배향 비율이 감소하면 표면 전위가 증가하고, 계면에서의 전위 장벽이 증가하고, 계면에서의 정공 축적이 증가하고, 전자와 정공의 재결합이 증가하여, 신경가소성(neuroplasticity) 또는 잔류광전기 전도도(persistent photoconductance)를 감소시킬 수 있다.
- [0083] 유기물 배향 비율에서 페이스-온 배향 비율이 증가하면 표면 전위가 감소하고, 계면에서의 전위 장벽이 감소하고, 전자의 수송 효율이 증가하여, 광 감지도를 증가시킬 수 있다. 하지만 초과 전자들의 정공과의 재결합이 활발하지 않아, 신경가소성 또는 잔류광전기 전도도 현상을 나타낸다.
- [0084] 본 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서는 피부 부착형(skin-conformable) 센서에 해당하며, 낮은 누설 전류(\sim pA) 소재를 이용하여 상시 모니터링에 적합하다. 근적외선 파장 광원을 통해 피부 투과도를 향상시키고, 측정 정확도를 향상시키고, 사용자에게 빛이 안보이는 장점이 있다. 피부와 밀착된 형태(skin-conformal)로 구현되고, 외부환경에 안정적인 소재를 이용하여 실효성을 향상시킨다.
- [0085] 본 실시예에 따른 생체신호 모니터링 센서는 신경가소성(neuroplasticity) 또는 잔류광전기 전도도(persistent photoconductance) 현상을 이용하여 각 단위 센서의 역할을 달리함에 따라 상시(always-on) 심박 모니터링 센서로서 헬스케어 시스템에 적용할 수 있다. 심박 모니터링 센서 외에도 호흡 모니터링 센서, 안구 질환 모니터링 센서 등의 다양한 헬스케어 시스템에 적용될 수 있다.
- [0086] 도 1 및 도 2에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 1 및 도 2

에 기재된 순서를 일부 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.

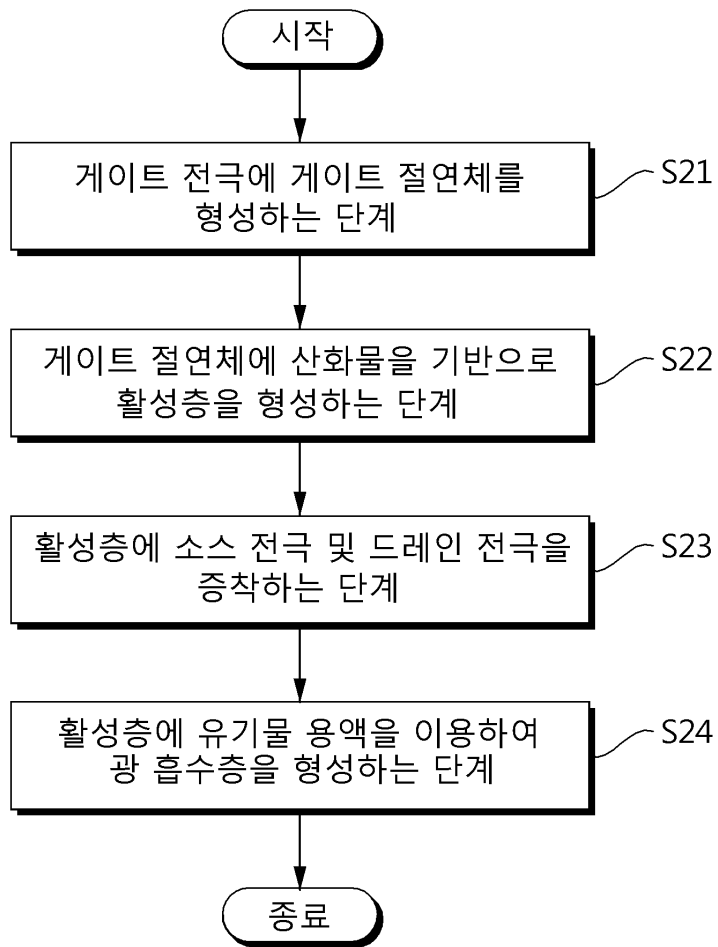
[0087] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

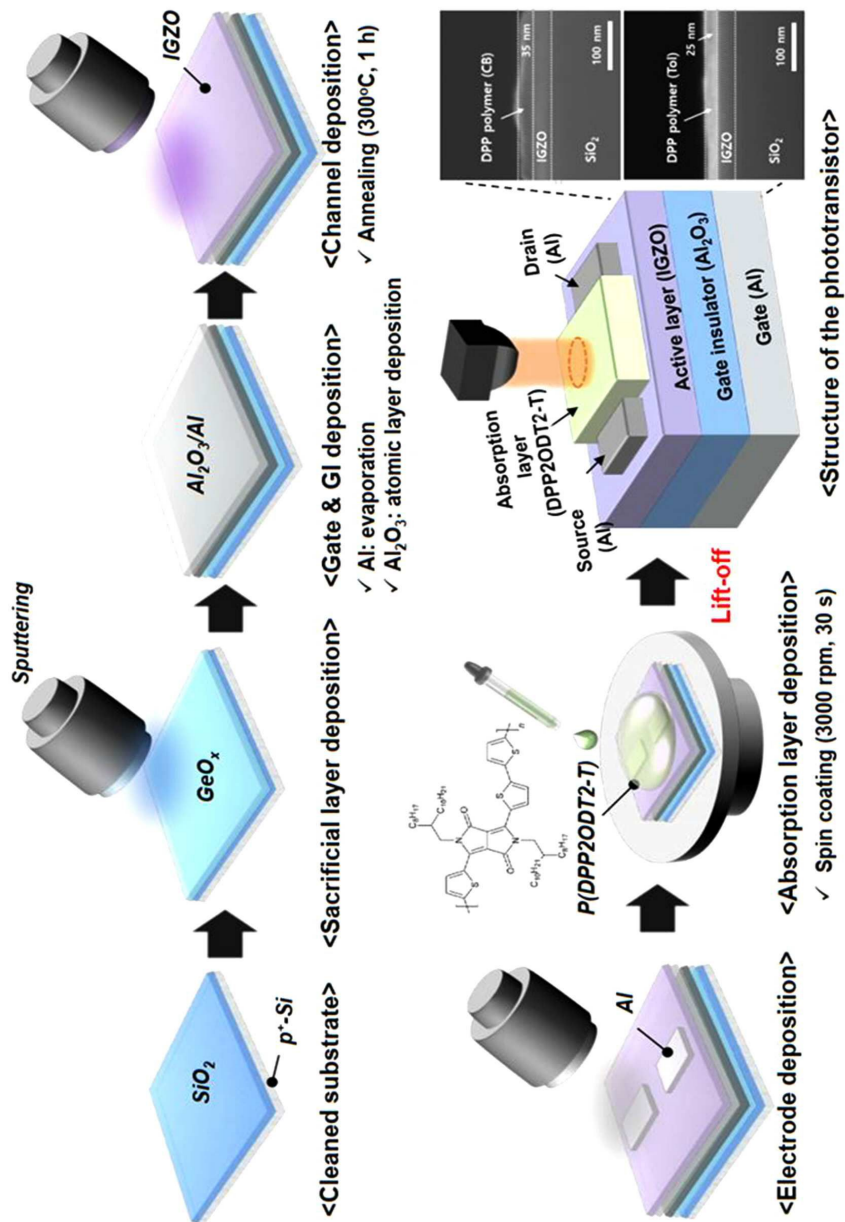
도면1



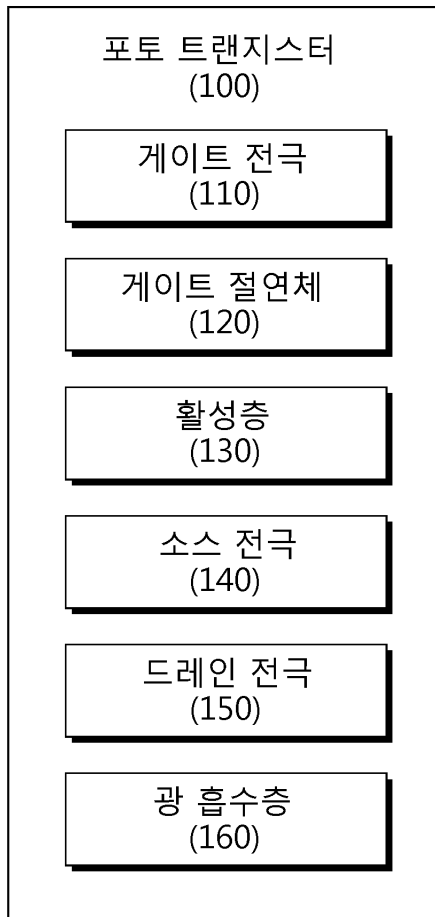
도면2



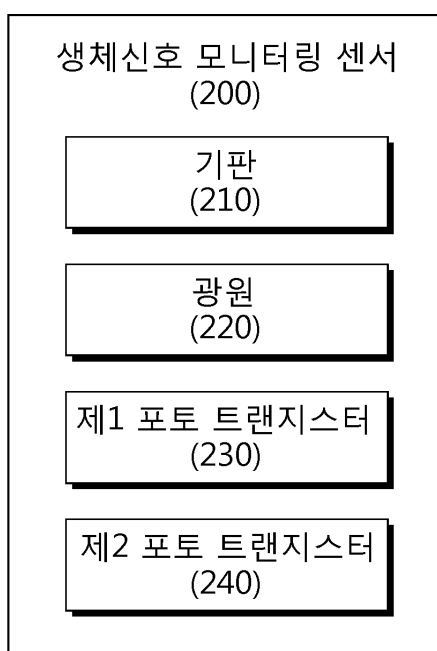
도면3



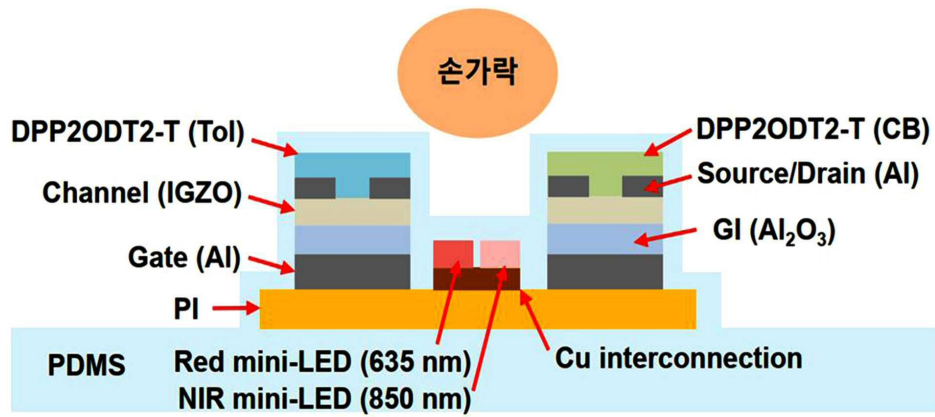
도면4



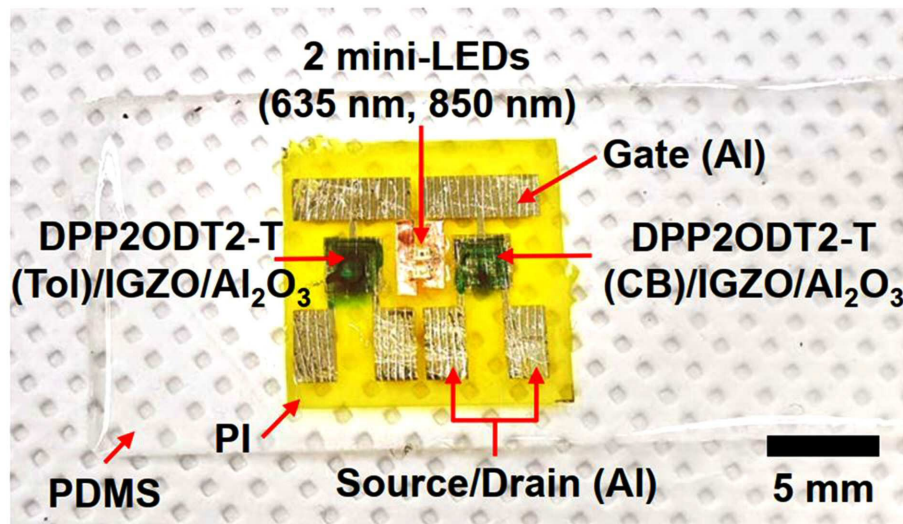
도면5



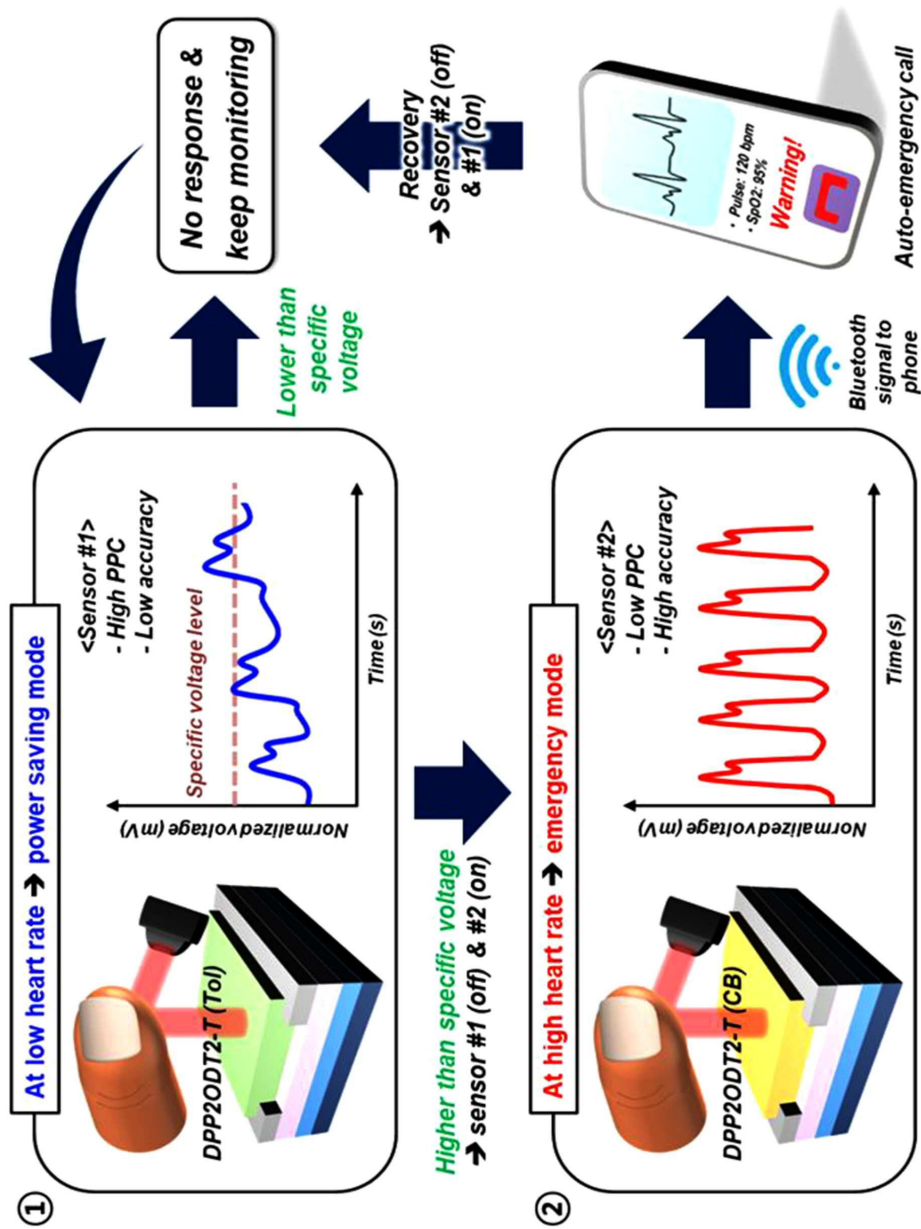
도면6



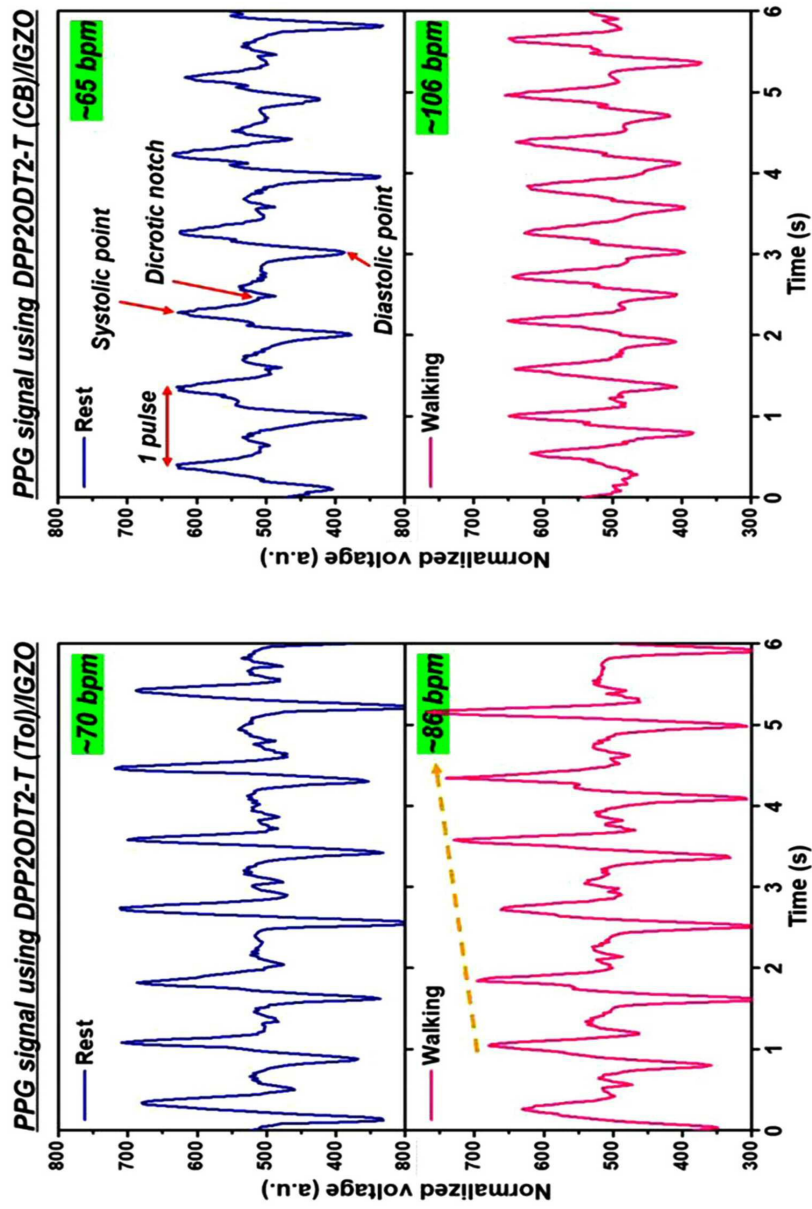
도면7



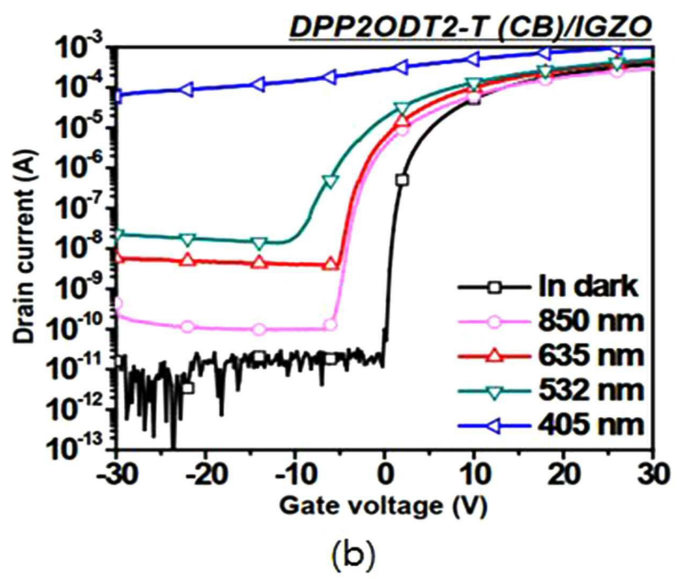
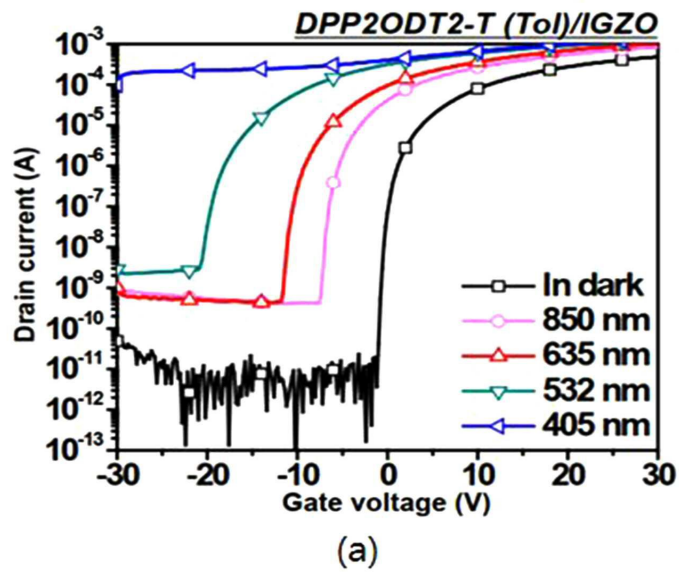
도면8



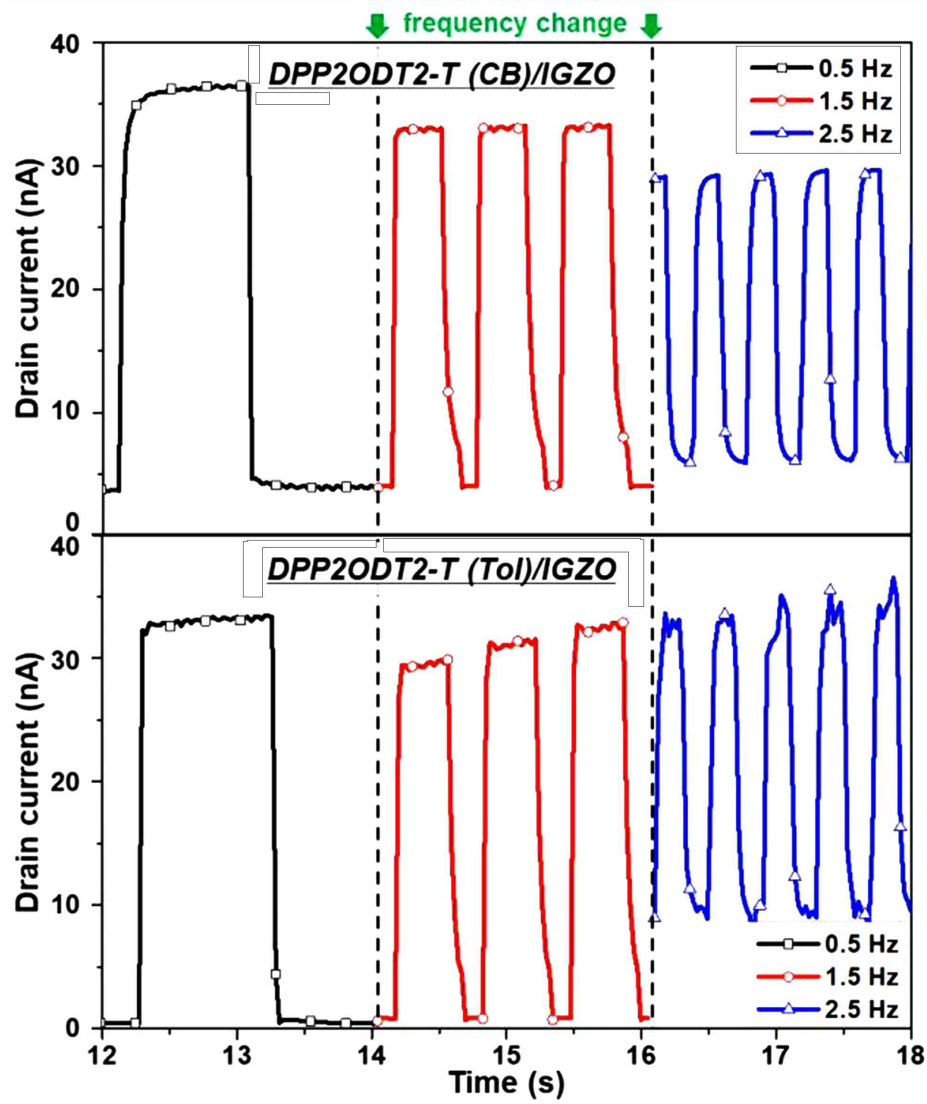
도면9



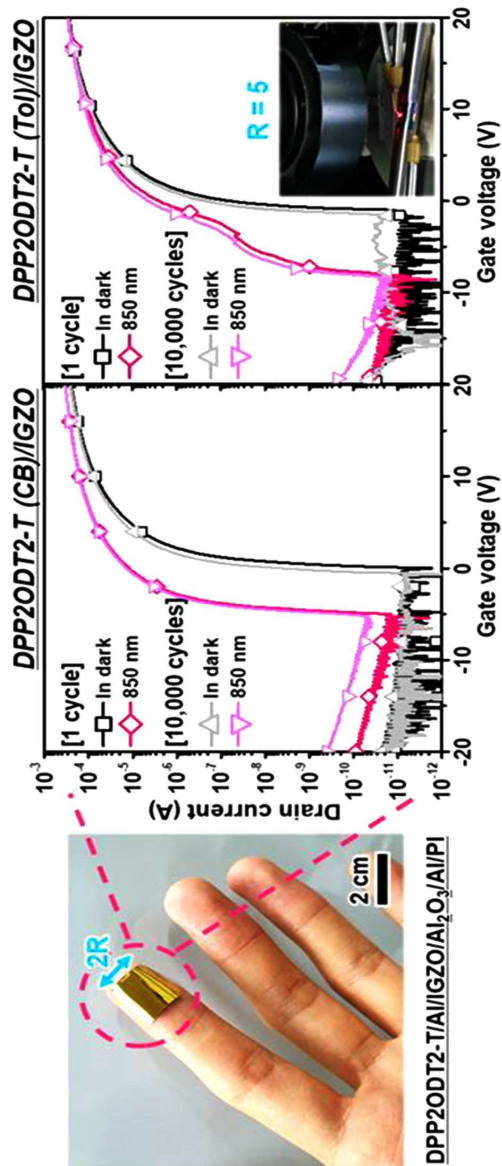
도면10



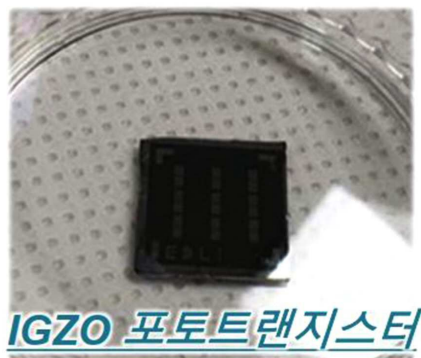
도면11



도면12



도면13

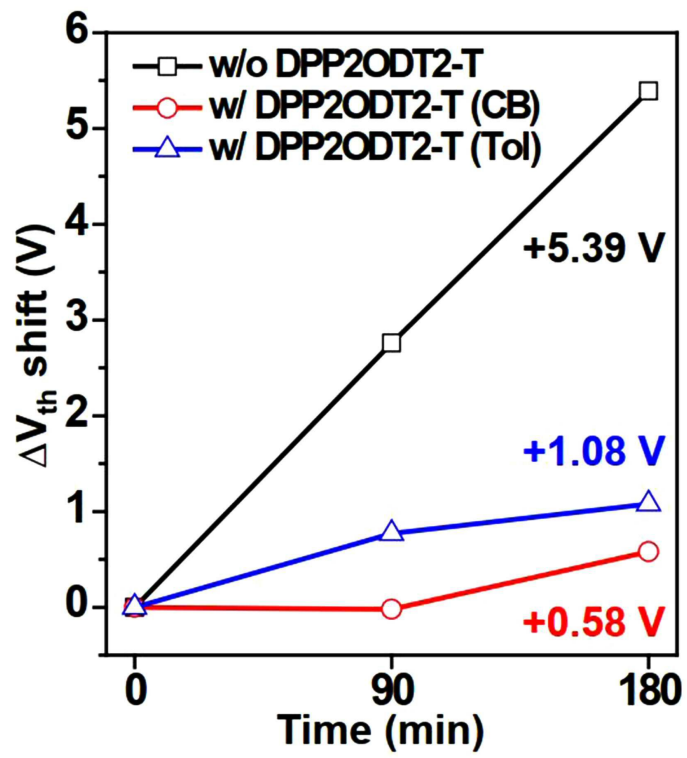


(a)

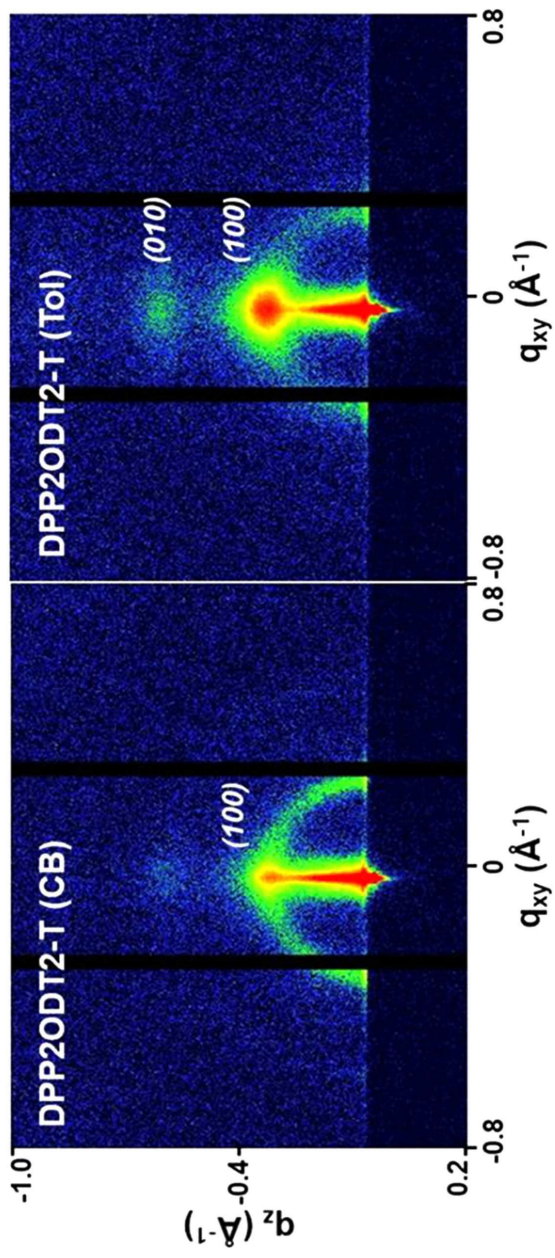


(b)

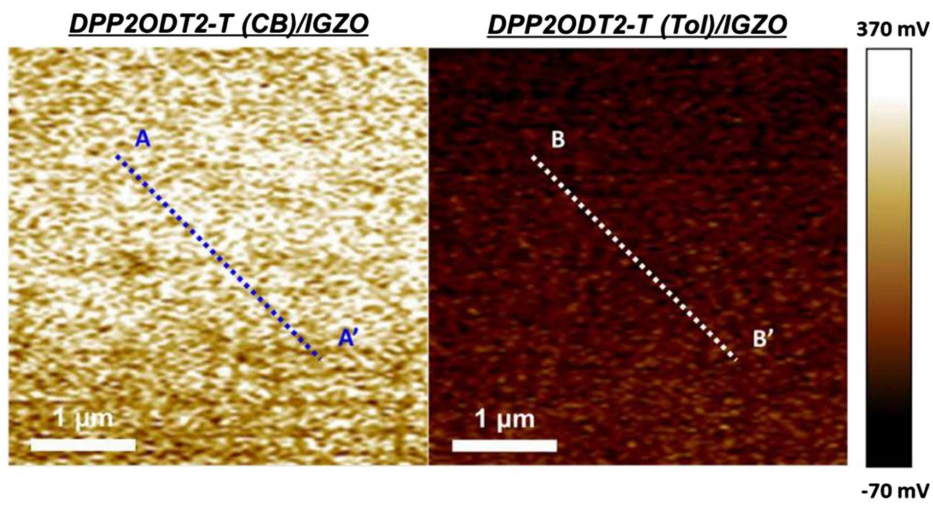
도면14



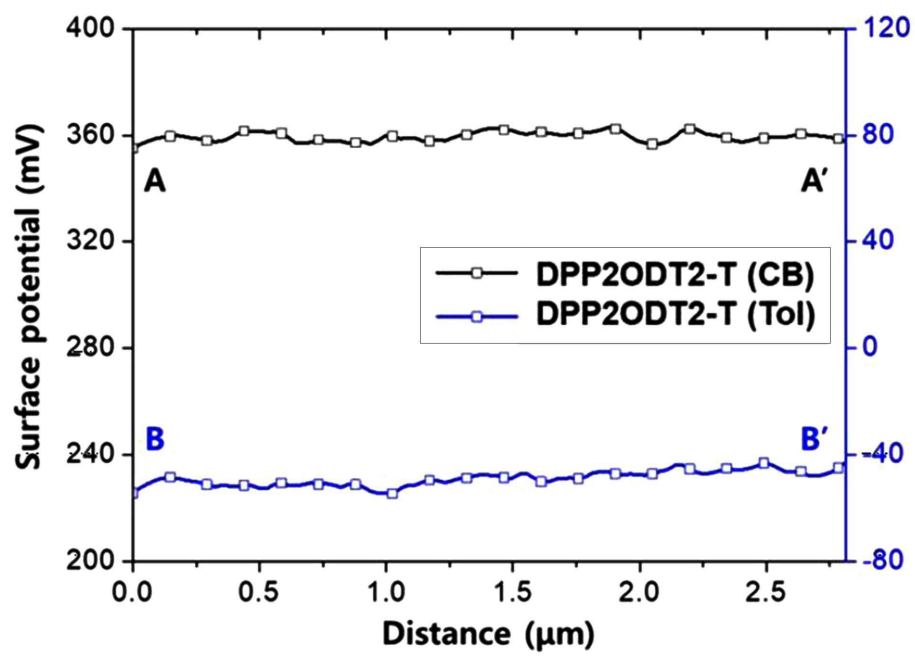
도면15



도면16



도면17



도면18

