(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0089765
(43) 공개일자 2025년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01) *A61N 1/378* (2006.01)
D06N 7/00 (2020.01) *H02N 1/06* (2006.01)
H10N 30/05 (2023.01) *B82Y 30/00* (2017.01)
B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
A61N 1/3785 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0179407
(22) 출원일자 2023년12월12일
심사청구일자 2023년12월12일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
오션스바이오 주식회사
경상남도 창원시 의창구 창원대로18번길 46, 3층 320호 (팔용동)
(72) 발명자
김대원
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스 전자정보대학관 401호
이현웅
서울특별시 강북구 오현로 45, 103동 1005호 (미아동, 꿈의숲 해링턴 플레이스)
조현우
서울특별시 도봉구 노해로 66길 21, 삼성아파트 105동 1801호
(74) 대리인
박성준

전체 청구항 수 : 총 11 항

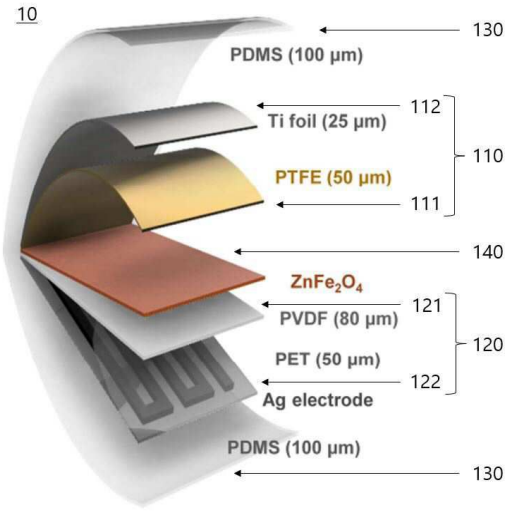
(54) 발명의 명칭 **마찰전기 나노발전기 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

전압 및 전류 출력을 증가시킨 마찰전기 나노발전기의 개발 및 이의 효율적인 제조 방법을 제공한다.

본 발명의 일 측면에 따른 마찰전기 나노발전기는, 2개 이상의 물질 층이 적층(lamination)되고, 플라즈마 표면처리되어 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하며, 곡면을 형성하는 상부 구조체 및 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하는 하부 구조체를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
D06N 7/0097 (2013.01)
H02N 1/06 (2013.01)
H10N 30/05 (2023.02)
B82Y 30/00 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)
D06N 2209/041 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711160242
과제번호	2022-0-00767-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	ICTR&D혁신바우처지원사업(예타)
연구과제명	인체삽입 전자약의 하이브리드형 충전을 위한 에너지 하베스팅 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	오션스바이오(주)
연구기간	2022.04.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

마찰전기 나노발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)로서,

2개 이상의 물질 층이 적층(lamination)되고, 플라즈마 표면 처리되어 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하며, 곡면을 형성하는 상부 구조체; 및

2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하는 하부 구조체를 포함하는,

마찰전기 나노발전기.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 상부 구조체는,

아치-캔틸레버 혼성화(arch-cantilever hybridized; ACH) 구조로 구성되며,

일단은 상기 하부 구조체에 단면 접착으로 결합되고, 타단은 상기 하부 구조체와 이격되도록 구성되는,

마찰전기 나노발전기.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 하부 구조체는,

금속 전극이 인쇄되어 유연기판으로 사용되는 물질 층을 포함하고,

상기 금속 전극이 인쇄되어 유연기판으로 사용되는 물질 층 상부에 1개 이상의 물질 층이 적층된,

마찰전기 나노발전기.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 마찰전기 나노발전기는,

피하에 매립되어 사용자의 신체 활동에 의해 작동하며,

이로 인한 제1 대전 층 및 제2 대전 층 사이에서 발생하는 마찰전기 대전현상과 정전기적 유도현상을 이용하여 전기를 생성하는,

마찰전기 나노발전기.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 상부 구조체는,

플라즈마 표면 처리된 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene; PTFE)으로 구성되어 제1 대전 층으로 사용되는 상부 접촉 층; 및

티타늄 호일(titanium foil)로 구성되어 상기 상부 접촉 층 상부에 배치된 상부 물질 층을 포함하는,

마찰전기 나노발전기.

청구항 6

제 3항에 있어서,

상기 하부 구조체는,

폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride; PVDF)를 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성되어 제2 대전 층으로 사용되는 하부 접촉 층; 및

폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate; PET)로 구성되어 금속 전극이 인쇄된 유연기판으로 사용되며, 상기 하부 접촉 층 하부에 배치된 하부 물질 층을 포함하고,

상기 하부 접촉 층의 폴리비닐리덴 플루오라이드를 전기 방사하여 제조된 나노섬유에 아연 페라이트(zinc ferrite) 나노시트가 혼입(incorporation)된 것을 특징으로 하는,

마찰전기 나노발전기.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 마찰전기 나노발전기는,

폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane; PDMS)으로 봉합(encapsulation)된,

마찰전기 나노발전기.

청구항 8

마찰전기 나노발전기 제조 방법으로서,

2개 이상의 물질 층이 적층되고, 플라즈마 표면 처리되어 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하며, 곡면을 형성하는 상부 구조체 및 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하는 하부 구조체를 준비하는 단계; 및

상기 상부 구조체의 일단은 하부 구조체에 단면 접착하고, 타단은 하부 구조체와 이격되도록 제조하는 단계를 포함하는,

마찰전기 나노발전기 제조 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 상부 구조체는,

아치-캔틸레버 혼성화 구조를 가지는 기판을 준비하는 단계;

상기 기판에 아치-캔틸레버 혼성화 구조를 형성하도록 플라즈마 표면 처리된 폴리테트라플루오로에틸렌으로 구성되어 제1 대전 층으로 사용되는 상부 접촉 층, 티타늄 호일로 구성되어 상기 상부 접촉 층 상부에 배치된 상부 물질 층을 적층하는 단계; 및

상기 기판을 제거하는 단계를 포함하는 제조 방법을 통해 제조되는,

마찰전기 나노발전기 제조 방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 하부 구조체는,

폴리에틸렌 테레프탈레이트로 구성되어 유연 기판으로 사용되는 하부 물질 층에 금속으로 전극을 인쇄하는 단계;

폴리비닐리덴 플루오라이드를 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성되어 제2 대전 층으로 사용되는 하부 접촉 층을 상기 하부 물질 층 상부에 적층하는 단계; 및

상기 하부 접촉 층 상부에 아연 페라이트 나노시트를 드롭 캐스팅(drop casting)하는 단계를 포함하는 제조 방법을 통해 제조되는,

마찰전기 나노발전기 제조 방법.

청구항 11

제 8항에 있어서,

상기 마찰전기 나노발전기 제조 방법은,

스핀 코팅(spin coating) 방식으로 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층(thin layer)을 제조하는 단계;

상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층을 각각 상부 구조체의 상부와 하부 구조체의 하부에 배치하는 단계;

상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층 가장자리에 일정량의 폴리디메틸실록산을 도포하는 단계; 및

단면 접착된 상부 구조체 및 하부 구조체가 봉합되도록 상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층의 가장자리를 압착하는 단계를 더 포함하는,

마찰전기 나노발전기 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마찰전기 나노발전기 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전압 및 전류 출력을 증가시킨 마찰전기 나노발전기 및 이의 효율적인 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 에너지 하베스팅(energy harvesting)은 자연적인 에너지원에서 발생하는 에너지를 수확하여 전기에너지로 변환하는 기술로, 사물인터넷(IoT)의 웨어러블(Wearable) 디바이스나 인체 삽입형 디바이스와 같이 소형화가 강조되는 기기에 기존 배터리를 대체 또는 보완하기 위한 수단으로 관심이 높아지고 있다.

[0003] 에너지 하베스팅에 사용되는 자연 에너지원으로는 태양광(photovoltaic), 열전(thermoelectric), 압전(piezoelectric), 전자기(electromagnetic), 마찰(triboelectric) 등이 있으며, 그 중에서도 다른 에너지 하베스팅 기술에 비해 비교적 투자비용 및 운영비용이 적으며, 시간·공간적 제약이 없는 압전·마찰 소자가 주목받고 있다.

[0004] 이러한 압전·마찰 소자는 통상적으로 얇고 유연한(flexible) 특성을 가지며, 근육이나 관절 근처에 삽입되어 신체 유체, 혈류, 심작박동, 근육의 수축 및 이완, 인체 진동 등의 사용자의 신체 활동으로부터 에너지를 수집할 수 있으며, 신체 활동에 따라 소자가 작동하여 에너지를 수집하기 때문에, 신체 활동에 따른 소자의 출력 전압(voltage)을 측정하여 신체 활동을 모니터링할 수도 있다.

[0005] 대표적인 압전·마찰 소자로는 마찰전기 나노발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)가 있으며, 이는 서로 다른 두 물질을 제1 대전 층 및 제2 대전 층으로 사용하여 상기 두 물질이 접촉·분리될 때 발생하는 마찰전기 대전현상과 정전기적 유도현상을 이용하여 전기를 생성한다.

[0006] 그러나 현재 개발된 대다수 마찰전기 발전기의 경우, 충분한 전압 및 전류가 출력되지 않아, 전압을 이용한 측정이 제한되고 마찰전기 발전기가 지나치게 커지는 등의 문제가 있다.

[0007] 이러한 문제를 해결하기 위한 종래기술로는, 한국공개특허 제10-2022-0128195호가 개시된다. 상기 종래기술은 '마찰전기 발전기 기반의 모션 센서'에 관한 것으로, 관절에 부착되어 관절의 움직임에 따른 발생 전압을 통해 사용자의 움직임을 파악하는 구성을 개시한다. 종래기술의 구성은 자체 전원 자급이 가능하고, 마찰전지 발전기의 출력 전압을 이용해 사용자의 움직임을 파악한다는 점에서 의미가 있다.

[0008] 그러나 상기 종래기술의 경우, 관절이 아닌 움직임이 적은 신체의 다른 부위에 적용하기에는 출력된 전압 및 전류가 충분하지 못하고, 제조 및 측정 방법이 지나치게 복잡하고 정밀하여 효율적이지 못한 문제점이 발생한다.

[0009] 따라서, 전압 및 전류 출력을 증가시킨 마찰전기 나노발전기의 개발 및 이의 효율적인 제조 방법이 요구된다.

선행기술문헌

[0010] (특허문헌 1) 한국등록특허 제10-2022-0128195호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은, 전압 및 전류 출력을 증가시킨 마찰전기 나노발전기 및 이의 효율적인 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래에 기재된 발명의 설명으로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 측면에 따른 마찰전기 나노발전기는, 2개 이상의 물질 층이 적층(lamination)되고, 플라즈마 표면 처리되어 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하며, 곡면을 형성하는 상부 구조체와, 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하는 하부 구조체를 포함한다.

[0014] 바람직하게는, 상기 상부 구조체는 아치-캔틸레버 혼성화(arch-cantilever hybridized; ACH) 구조로 구성되며, 일단은 상기 하부 구조체에 단면 접착으로 결합되고, 타단은 상기 하부 구조체와 이격되도록 구성될 수 있다.

[0015] 바람직하게는, 상기 하부 구조체는 금속 전극이 인쇄되어 유연기판으로 사용되는 물질 층을 포함하고, 상기 금속 전극이 인쇄되어 유연기판으로 사용되는 물질 층 상부에 1개 이상의 물질 층이 적층되도록 구성될 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 마찰전기 나노발전기는 피하에 매립되어 사용자의 신체 활동에 의해 작동하며, 이로 인한 제1 대전 층 및 제2 대전 층 사이에서 발생하는 마찰전기 대전현상과 정전기적 유도현상을 이용하여 전기를 생성할 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 상부 구조체는 플라즈마 표면 처리된 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene; PTFE)으로 구성되어 제1 대전 층으로 사용되는 상부 접촉 층 및 티타늄 호일(titanium foil)로 구성되어 상기 상부 접촉 층 상부에 배치된 상부 물질 층을 포함할 수 있다.

[0018] 바람직하게는, 상기 하부 구조체는 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride; PVDF)를 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성되어 제2 대전 층으로 사용되는 하부 접촉 층 및 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate; PET)로 구성되어 금속 전극이 인쇄된 유연기판으로 사용되며, 상기 하부 접촉 층 하부에 배치된 하부 물질 층을 포함하고, 상기 하부 접촉 층의 폴리비닐라덴 플루오라이드를 전기 방사하여 제조된 나노섬유에 아연 페라이트(zinc ferrite) 나노시트가 혼입(incorporation)될 수 있다.

[0019] 바람직하게는, 상기 마찰전기 나노발전기는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane; PDMS)으로 봉합(encapsulation)되도록 구성될 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 측면에 따른 마찰전기 나노발전기 제조 방법은, 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 플라즈마 표면 처리되어 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하며, 곡면을 형성하는 상부 구조체 및 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하는 하부 구조체를 준비하는 단계 및 상기 상부 구조체의 일단은 하부 구조체에 단면 접착하고, 타단은 하부 구조체와 이격되도록 제조하는 단계를 포함한다.

[0021] 바람직하게는, 상기 상부 구조체는 아치-캔틸레버 혼성화 구조를 가지는 기판을 준비하는 단계, 상기 기판에 아치-캔틸레버 혼성화 구조를 형성하도록 플라즈마 표면 처리된 폴리테트라플루오로에틸렌으로 구성되어 제1 대전 층으로 사용되는 상부 접촉 층, 티타늄 호일로 구성되어 상기 상부 접촉 층 상부에 배치된 상부 물질 층을 적층하는 단계 및 상기 기판을 제거하는 단계를 포함하는 제조 방법을 통해 제조될 수 있다.

[0022] 바람직하게는, 상기 하부 구조체는 폴리에틸렌 테레프탈레이트로 구성되어 유연 기판으로 사용되는 하부 물질 층에 금속으로 전극을 인쇄하는 단계, 폴리비닐리덴 플루오라이드를 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성되어

제2 대전 층으로 사용되는 하부 접촉 층을 상기 하부 물질 층 상부에 적층하는 단계 및 상기 하부 접촉 층 상부에 아연 페라이트 나노시트를 드롭 캐스팅(drop casting)하는 단계를 포함하는 제조 방법을 통해 제조될 수 있다.

[0023] 바람직하게는, 상기 마찰전기 나노발전기 제조 방법은 스핀 코팅(spin coating) 방식으로 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층(thin layer)을 제조하는 단계, 상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층을 각각 상부 구조체의 상부와 하부 구조체의 하부에 배치하는 단계, 상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층 가장자리에 일정량의 폴리디메틸실록산을 도포하는 단계 및 단면 접착된 상부 구조체 및 하부 구조체가 봉합되도록 상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층의 가장자리를 압착하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마찰전기 나노발전기의 상부 구조체를 아치-캔틸레버 혼성화 구조로 형성함으로써 보다 높은 전압 및 전류 출력을 얻을 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마찰전기 나노발전기는 플라즈마 표면 처리된 제1 대전 층과 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성된 제2 대전 층을 포함함으로써 제1 대전 층과 제2 대전 층의 표면 전하 밀도를 향상시켜 보다 높은 전압 및 전류 출력을 얻을 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마찰전기 나노발전기의 하부 접촉 층에 아연 페라이트 나노시트를 혼입시킴으로써 하부 접촉 층의 표면 전하 밀도를 향상시켜 보다 높은 전압 및 전류 출력을 얻을 수 있다.

[0027] 본 발명은 비교적 단순하고 저렴한 마찰전기 나노발전기 제조 방법을 제공하고 있으므로, 보다 효율적인 제조가 가능하다.

[0028] 이외에도 본 발명의 여러 실시예에 의하여, 여러 다른 추가적인 효과가 달성될 수 있다. 이러한 본 발명의 여러 효과들에 대해서는 각 실시예에서 상세하게 설명하거나, 당업자가 쉽게 이해할 수 있는 효과에 대해서는 그 설명을 생략한다.

도면의 간단한 설명

[0029] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기의 구성요소를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기의 작동 원리를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기 제조 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 상부 구조체의 제조 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 하부 구조체의 제조 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 상부 구조체의 산소 플라즈마 표면 처리 시간에 따른 전압 및 전류 출력을 실험한 결과를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 하부 구조체의 아연 페라이트 나노시트 혼입 여부에 따른 전압 및 전류 출력을 비교 실험한 결과를 나타낸 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 아치-캔틸레버 혼성화 구조와 기존의 마찰전기 나노발전기의 시간에 따른 전압 및 전류 출력을 비교 실험한 결과를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 아치-캔틸레버 혼성화 구조와 기존의 마찰전기 나노발전기의 출력 전압 분석을 위한 유한 요소법(finite element method; FEM) 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 생리학적 데이터 모니터링 시스템의 개략적인 구조 및 데이터 흐름을 나타낸 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기와 스위치드 커패시터 컨버터를 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기에 스위치드 커패시터 컨버터가 결합된 상태를 나타낸 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기에 스위치드 커패시터 컨버터가 결합된 상태의 전기 회로를 나타낸 회로도이다.

도 14 및 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 생리학적 데이터 모니터링 방법을 나타낸 순서도이다.

도 16은 돼지의 심장 근처 피하에 마찰전기 나노발전기를 매립하여 측정한, 본 발명의 일 실시예에 따른 아치-캔틸레버 혼성화 구조와 기존의 마찰전기 나노발전기의 시간에 따른 출력 전압을 비교하여 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 안 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0031] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상에 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)의 구성요소를 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)의 작동 원리를 나타낸 도면이다. 그리고, 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)의 구성요소를 나타낸 것일 뿐, 본 발명의 마찰전기 나노발전기(10)의 구성요소는 도 1의 구성요소의 일부가 제외 또는 변형되거나 새로운 구성요소가 추가될 수 있다.

[0033] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)는 상부 구조체(110)와 하부 구조체(120)를 포함할 수 있다.

[0034] 상부 구조체(110)는 2개 이상의 물질 층이 적층(lamination)되고, 플라즈마 표면 처리되어 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하며, 곡면을 형성할 수 있다.

[0035] 하부 구조체(120)는 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함할 수 있다.

[0036] 상기 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층에는 전자 당김 능력이 우수한 음극(negative) 대전 물질이 포함될 수 있으며, 상기 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층에는 반대로 전자 제공(donating) 능력이 우수한 양극(positive) 마찰 물질이 포함될 수 있다.

[0037] 이때, 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 상기 제1 대전 층 및 제2 대전 층간의 접촉 및 분리에 따른 마찰전기 대전현상과 두 대전 층의 표면에 발생하는 반대 극성을 가진 전하에 대하여 정전기적 평형을 유지하기 위한 정전기적 유도현상을 이용하여 전기를 생성할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 제1 대전 층은 표면 전하 밀도 향상을 위해 플라즈마 표면 처리될 수 있다. 보다 상세하게는, 상기 제1 대전 층에 산소, 아르곤, 질소 등의 기체를 주입하여 플라즈마를 형성시킴으로써, 플라즈마 상태의 높은 에너지를 가진 기체 입자가 제1 대전 층의 표면에 충돌하면서 제1 대전 층의 표면을 개질하여 제1 대전 층의 표면 전하 밀도를 향상시킬 수 있다. 일례로서, 제1 대전 층에 산소 기체를 이용한 산소 플라즈마 표면 처리를 실시하여 제1 대전 층의 표면 전하 밀도를 향상시킬 수 있다.

[0039] 더불어, 표면 전하 밀도의 향상은 마찰전기 나노발전기(10)의 전압 및 전류 출력을 향상시킬 수 있으며, 이는 아래와 같은 방정식에 의해 확인할 수 있다.

[0040] $$V_{OC} = \frac{\sigma x(t)}{\varepsilon_0}$$

$$I_{sc} = \frac{S\sigma d_0 v(t)}{(d_0 + x(t))^2}$$

[0041]

[0042] 여기서, V_{Oc}는 개방회로 전압을, σ는 제1 대전 층 및 제2 대전 층의 표면 전하 밀도를, x(t)는 제1 대전 층과 제2 대전 층 사이의 변위를, ε_0는 진공의 유전율을, I_{SC}는 단락회로 전류를, S는 제1 대전 층과 제2 대전 층의 접촉 면적을, d_0는 유전체 층의 유효 두께를, v(t)는 제1 대전 층과 제2 대전 층 사이의 전위차를 나타낸다.

[0043] 따라서, 전압(V_{Oc})과 전류(I_{SC})가 모두 제1 대전 층 및 제2 대전 층의 표면 전하 밀도(σ)에 비례하므로, 제1 대전 층의 플라즈마 표면 처리를 통하여 마찰전기 나노발전기(10)의 전압 및 전류 출력을 향상시킬 수 있다.

[0044] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 상부 구조체(110)는 아치-캔틸레버 혼성화(arch-cantilever hybridized; ACH) 구조로 구성될 수 있다. 그리고, 상기 상부 구조체(110)는, 일단은 상기 하부 구조체(120)에 단면 접착으로 결합되고, 타단은 상기 하부 구조체(120)와 이격되도록 구성될 수 있다.

[0045] 이때, 상술한 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)의 구조는, 종래의 아치 구조와 비교하여 더 높은 전압 및 전류 출력을 얻을 수 있으며, 더 적은 힘으로도 동작이 가능한 이점이 있다.

[0046] 보다 상세하게는, 본 발명의 마찰전기 나노발전기(10)의 경우, 아치-캔틸레버 혼성화 구조의 상부 구조체(110)가 일단만 고정된 캔틸레버와 같은 구조로 구성되어 평평한 구조의 하부 구조체(120)와 접촉면이 완전히 접촉할 수 있는 반면, 종래의 아치 구조의 나노발전기는 상부와 하부가 결합되는 양단이 고정된 상태로 압력을 받아, 상부와 하부의 고정된 양단의 부분이 서로 접촉하지 못한 상태에서 상부와 하부가 불완전하게 접촉하여 출력 전류의 손실이 발생한다.

[0047] 또한, 양단이 결합된 종래의 아치 구조의 나노발전기는, 아치 형태에 따라 유도되는 압축 응력이 발생하여 본 발명의 마찰전기 나노발전기(10)와 같은 크기의 변형을 유도하기 위해서 더 큰 힘이 필요하다. 이 때, 종래의 아치 구조의 나노발전기의 변형에 필요한 힘(F_a)은 아래와 같은 방정식을 갖는다.

$$F_a = P = A \cdot \sigma_{\max} = \frac{wL^2}{8d}$$

[0048]

[0049] 여기서, P는 압축력을, A는 단면적을, σ_{max}는 허용 압축 응력을, w는 아치의 분산하중을, L은 아치의 길이를, d는 아치의 높이를 나타낸다. 즉, 종래의 아치 구조의 나노발전기는 변형을 위해선 아치를 압축시키기 위한 압축력(P)에 해당하는 힘이 필요하다.

[0050] 한편, 본 발명의 마찰전기 나노발전기(10)의 변형에 필요한 힘(F_{ACH})는 아래와 같은 방정식을 갖는다.

$$F_{ACH} = kx$$

[0051]

[0052] 여기서, k는 상부 구조체(110)의 탄성계수를, x는 변위를 나타낸다. 즉, 본 발명의 마찰전기 나노발전기(10)는 변형을 위해서 상부 구조체(110)의 복원력 이상의 힘만 요구된다.

[0053] 따라서, 본 발명의 마찰전기 나노발전기(10)는, 상술한 것과 같이 아치-캔틸레버 혼성화 구조의 상부 구조체(110)가 일단은 상기 하부 구조체(120)에 단면 접착으로 결합되고, 타단은 상기 하부 구조체(120)와 이격되는 구조를 취함으로써, 더 높은 전압 및 전류 출력을 얻을 수 있으며, 더 적은 힘으로도 동작이 가능한 이점이 있다.

[0054] 또한, 상기 상부 구조체(110)는 제1 대전 층으로 사용되는 상부 접촉 층(111)을 포함할 수 있으며, 상기 상부 접촉 층(111)은 상술한 전자 당김 능력이 우수한 음극 대전 물질을 포함할 수 있다.

[0055] 일례로서, 상부 접촉 층(111)은 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene; PTFE)으로 구성될 수 있으나, 이에 한정되지는 않으며, 다른 음극 대전 물질인 폴리염화비닐(polyvinyl chloride; PVC), 폴리염화비닐리

덴(Polyvinylidene chloride; PVDC), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride; PVDF) 등으로 구성될 수도 있다. 이때, 상기 상부 접촉 층(111)은 상술한 것과 같이, 플라즈마 표면 처리될 수 있다.

[0056] 또한, 상기 상부 구조체(110)는 구조의 골자(bone)로 사용되며, 상기 상부 접촉 층(111) 상부에 배치된 상부 물질 층(112)을 포함할 수 있다. 일례로서, 상부 물질 층(112)은 티타늄 호일(titanium foil)로 구성될 수 있다.

[0057] 도 1을 참조하면, 상기 하부 구조체(120)는 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함할 수 있다.

[0058] 더불어, 상기 하부 구조체(120)는 금속 전극이 인쇄되어 유연기판으로 사용되는 물질 층을 포함할 수 있다. 상기 금속 전극이 인쇄되어 유연기판으로 사용되는 물질 층은 유연성을 지닌 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate; PET), 폴리에테르설폰(polyethersulfone; PES) 등으로 구성될 수 있으며, 이에 한정되지는 않는다. 그리고, 금속 전극으로는 은나노와이어(silver nanowire), 투명 전자소자(transparent conducting oxide; TCO), 탄소나노튜브(carbon nanotube; CNT), 그래핀(graphene) 등이 사용될 수 있다.

[0059] 또한, 상기 하부 구조체(120)의 금속 전극이 인쇄되어 유연기판으로 사용되는 물질 층 상부에 1개 이상의 물질 층이 적층될 수 있다.

[0060] 또한, 상기 하부 구조체(120)는 하부 접촉 층(121)을 포함할 수 있으며, 하부 접촉 층(121)은 제2 대전 층으로 사용될 수 있다. 이때, 상기 하부 접촉 층(121)은 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride; PVDF)를 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성될 수 있다. 보다 상세하게는, 제2 대전 층으로 사용되는 하부 접촉 층(121)을, 높은 표면 전하 밀도를 가지도록 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성함으로써, 마찰전기 나노발전기(10)의 출력 전압 및 전류를 향상시킬 수 있다. 그리고, 상기 폴리비닐리덴 플루오라이드를 전기 방사할 때, 최적의 표면 전하 밀도를 갖도록 전기 방사의 조건을 변경할 수 있다. 더불어, 상기 하부 접촉층(121)은 상술한 전자 제공(donating) 능력이 우수한 양극(positive) 마찰 물질이 포함될 수 있다.

[0061] 또한, 상기 하부 구조체(120)는 금속 전극이 인쇄된 유연기판으로 사용되며, 상기 하부 접촉 층(121) 하부에 배치되는 하부 물질 층(122)을 포함할 수 있다. 상기 하부 물질 층(122)은 폴리에틸렌 테레프탈레이트로 구성될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.

[0062] 또한, 상기 마찰전기 나노발전기(10)는, 상기 폴리비닐리덴 플루오라이드를 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성된 하부 접촉 층(121)에 아연 페라이트(zinc ferrite) 나노시트(140)가 혼입(incorporation)되도록 구성될 수 있다.

[0063] 보다 상세하게는, 하부 접촉 층(121) 상부에 아연 페라이트 나노시트(140)를 드롭 캐스팅(drop casting)하여 아연 페라이트 나노시트(140)를 하부 접촉 층(121)에 혼입되도록 함으로써, 제2 대전 층으로 사용되는 하부 접촉 층(121)의 표면 전하 밀도를 향상시켜 마찰전기 나노발전기(10)의 전압 및 전류 출력을 향상시킬 수 있다.

[0064] 또한, 도시되지는 않았으나, 상기 하부 구조체(120)는 상기 하부 물질 층(122) 하부에 배치되어 누설 전류를 차단하고 전하를 집중시키는 절연층을 포함할 수 있다. 상기 절연층은 PEN필름, PES필름, PVC필름, 나일론 필름, TPU필름 등의 절연필름으로 구성될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.

[0065] 도 1을 참조하면, 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 봉합 물질(130)로 봉합(encapsulation)될 수 있다.

[0066] 또한, 상기 봉합 물질(130)은 생체친화적인 소재로 구성될 수 있다. 일례로서, 상기 봉합 물질(130)은 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane; PDMS)으로 구성될 수 있다.

[0067] 또한, 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 사용자의 피하에 매립하여 사용할 수 있다. 이 경우, 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 사용자의 신체 활동에 의해 작동할 수 있다.

[0068] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10) 제조 방법을 나타낸 도면이다.

[0069] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10) 제조 방법은, 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 플라즈마 표면 처리되어 제1 대전 층으로 사용되는 물질 층을 포함하며, 곡면을 형성하는 상부 구조체(110) 및 2개 이상의 물질 층이 적층되고, 제2 대전 층으로 사용되는 물질 층으로 포함하는 하부 구조체(120)를 준비하는 단계 및 상기 상부 구조체(110)의 일단은 하부 구조체(120)에 단면 접착하고, 타단은 하부 구조체(120)와 이격되도록 제조하는 단계를 포함할 수 있다.

[0070] 또한, 도 3을 참조하면, 상기 마찰전기 나노발전기(10) 제조 방법은, 단면 접착된 상부 구조체(110) 및 하부 구

조체(120)를 봉합 물질(130)로 봉합하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 단면 접착된 상부 구조체(110) 및 하부 구조체(120)를 봉합 물질(130)로 봉합하는 단계는, 스핀 코팅(spin coating) 방식으로 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층(thin layer)을 제조하는 단계, 상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층을 각각 상부 구조체(110)의 상부와 하부 구조체(120)의 하부에 배치하는 단계, 상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층 가장자리에 일정량의 폴리디메틸실록산을 도포하는 단계 및 단면 접착된 상부 구조체(110) 및 하부 구조체(120)가 봉합되도록 상기 폴리디메틸실록산으로 구성된 두 개의 층의 가장자리를 압착하는 단계를 포함할 수 있다. 따라서, 마찰전기 나노발전기(10)를 봉합할 때, 상부 구조체(110) 및 하부 구조체(120)가 배치된 위치가 아닌 봉합 물질(130)의 가장자리를 압착하여 봉합함으로써, 상부 구조체(110) 및 하부 구조체(120)의 파손이나 변형을 최소화하고, 봉합 물질(130)이 상부 구조체(110)의 동작에 끼치는 영향을 최소화할 수 있다.

[0071] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 상부 구조체(110) 제조 방법을 나타낸 도면이다.

[0072] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 상부 구조체(110) 제조 방법은, 기판을 준비하는 단계, 상기 기판 위에 상부 구조체(110)를 적층하는 단계 및 상기 기판을 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 일례로서, 상기 상부 구조체(110) 제조 방법은, 아치-캔틸레버 혼성화 구조를 가지는 기판을 준비하는 단계, 상기 기판에 아치 캔틸레버 혼성화 구조를 형성하도록 상부 접촉 층(111)과 상부 물질 층(112)을 적층하는 단계 및 상기 기판을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0073] 또한, 상술한 것과 같이, 상기 상부 접촉 층(111)은 플라즈마 표면 처리된 폴리테트라플루오르에틸렌으로 구성되어 제1 대전 층으로 사용될 수 있으며, 상기 상부 물질 층(112)은 티타늄 호일로 구성되어 상기 상부 접촉 층 상부에 배치될 수 있다.

[0074] 또한, 상기 기판은 제거가 용이하도록 점착성이 낮은 물질로 제조될 수 있으며, 기판 위에서 제작되는 상부 구조체(110)의 화학적 변화를 최소화하기 위하여 화학적 친화성(chemical compatibility)이 낮은 물질로 제조될 수 있다.

[0075] 그리고, 상기 기판은 제조 공정의 간소화 및 제조의 용이성 향상을 위하여 3D 프린팅 기술로 제작될 수 있다.

[0076] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 하부 구조체(120) 제조 방법을 나타낸 도면이다.

[0077] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 하부 구조체(120) 제조 방법은, 하부 물질 층(122)에 금속으로 전극을 인쇄하는 단계, 하부 접촉 층(121)을 하부 물질 층(122) 상부에 적층하는 단계 및 상기 하부 접촉 층(121) 상부에 아연 페라이트 나노시트(140)를 드롭 캐스팅하는 단계를 포함할 수 있다.

[0078] 보다 상세하게는, 상기 하부 접촉 층(121) 상부에 아연 페라이트 나노시트(140)를 드롭 캐스팅하는 단계는, 에틸알코올에 아연 페라이트 나노시트(140)를 1wt% 첨가시킨 후, 아연 페라이트 나노시트(140)가 첨가된 에틸알코올을 하부 접촉 층(121) 상부에 드롭 캐스팅하는 것으로 이루어질 수 있다.

[0079] 또한, 상술한 것과 같이, 상기 하부 물질 층(122)은 폴리에틸렌 테레프탈레이트로 구성되어 유연 기판으로 사용될 수 있으며, 상기 하부 접촉 층(121)은 폴리비닐리덴 플루오라이드를 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성되어 제2 대전 층으로 사용될 수 있다.

[0080] 즉, 상기 하부 물질 층(122)은, 전기 방사하여 제조된 나노섬유로 구성되고, 아연 페라이트 나노시트(140)가 혼입됨으로써, 표면 전하 밀도가 향상될 수 있다. 따라서, 제2 대전 층으로 사용되는 하부 물질 층(122)의 표면 전하 밀도가 향상됨에 따라 마찰전기 나노발전기(10)의 전압 및 전류 출력이 향상될 수 있다.

[0081] 상술한 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10) 및 이의 구성요소의 제조 방법은, 종래기술과 비교하였을 때, 제조 방법이 단순하고 제조에 들어가는 시간 및 비용이 적어 효율적인 제조가 가능하다는 장점이 있다.

[0082] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 상부 구조체(110)의 산소 플라즈마 표면 처리 시간에 따른 전압 및 전류 출력을 실험한 결과를 나타낸 도면이다.

[0083] 도 6을 참조하면, 산소 플라즈마 표면 처리된 상부 구조체(110)는, 산소 플라즈마 표면 처리되기 전의 상부 구조체(110)와 비교하여, 개방회로 전압(V_{OC})은 약 4.6배까지, 단락회로 전류(I_{SC})는 약 5배까지 증가하였음을 확인할 수 있다.

[0084] 해당 결과를 참조할 때, 본 발명의 일 실시예에 따라 마찰전기 나노발전기(10)의 상부 구조체(110)를 플라즈마

표면 처리하는 경우, 마찰전기 나노발전기(10)의 전압 및 전류 출력이 향상됨을 확인할 수 있다.

[0085] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 하부 구조체(120)의 아연 페라이트 나노시트(140) 혼입 여부에 따른 전압 및 전류 출력을 비교 실험한 결과를 나타낸 도면이다.

[0086] 도 7을 참조하면, 아연 페라이트 나노시트(140)가 혼입된 하부 구조체(120)는, 아연 페라이트 나노시트(140)가 혼입되기 전의 하부 구조체(120)와 비교하여, 개방회로 전압(V_{OC})은 약 105.8%가, 단락회로 전류(I_{SC})는 약 110.6%가 증가하였음을 확인할 수 있다.

[0087] 해당 결과를 참조할 때, 본 발명의 일 실시예에 따라 마찰전기 나노발전기(10)의 하부 구조체(120)에 아연 페라이트 나노시트(140)가 혼입될 경우, 마찰전기 나노발전기(10)의 전압 및 전류 출력이 향상됨을 확인할 수 있다.

[0088] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 아치-캔틸레버 혼성화 구조와 기존의 마찰전기 나노발전기의 시간에 따른 전압 및 전류 출력을 비교 실험한 결과를 나타낸 도면이다.

[0089] 도 8을 참조하면, 상부 구조체가 아치-캔틸레버 혼성화 구조로 제조된 마찰전기 나노발전기는 기존의 마찰전기 나노발전기와 대비하여 약 181% 정도로 상승된 전압과 258% 정도로 상승된 전류를 출력하였음을 확인할 수 있다.

[0090] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 아치-캔틸레버 혼성화 구조와 기존의 마찰전기 나노발전기의 전압 분석을 위한 유한 요소법(finite element method; FEM) 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타낸 도면이다.

[0091] 도 9를 참조하면, 상부 구조체가 아치-캔틸레버 혼성화 구조로 제조된 마찰전기 나노발전기가 기존의 마찰전기 나노발전기와 비교하여 더 넓은 영역에서 더 많은 전압을 출력하는 것을 확인할 수 있다.

[0092] 도 8 및 도 9의 결과를 참조할 때, 본 발명의 일 실시예에 따라 마찰전기 나노발전기(10)의 상부 구조체(110)를 아치-캔틸레버 혼성화 구조로 형성하는 경우, 기존 아치 형태의 구조와 대비하여 보다 높은 전압 및 전류 출력을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

[0093] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 종래기술과 비교하여, 크기가 작아도 충분한 출력을 제공하기 때문에, 마찰전기 나노발전기(10)의 소형화가 가능한 장점이 있다.

[0094] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 움직임이 적은 신체의 부위에서도 충분한 출력 전압을 제공하기 때문에, 기존에 측정이 제한되었던 부위에서 더 정확한 생리학적 신호 측정이 가능하다는 장점이 있다.

[0095] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)를 포함한 실시간 생리학적 데이터 모니터링 시스템(1)의 개략적인 구조 및 데이터 흐름을 나타낸 도면이다.

[0096] 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 생리학적 데이터 모니터링 시스템(1)은 마찰전기 나노발전기(10), 스위치드 커패시터 컨버터(50; switched capacitor converter), 데이터 송출부(20), 데이터 수신부(30) 및 데이터 모니터링부(40)를 포함할 수 있다.

[0097] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 피하에 매립되고, 사용자의 활동에 의해 작동되어 전기를 생성할 수 있다.

[0098] 상기 스위치드 커패시터 컨버터(50)는 상기 마찰전기 나노발전기(10)에 결합되어 마찰전기 나노발전기(10)의 출력 전압을 조절할 수 있다.

[0099] 상기 데이터 송출부(20)는 상기 마찰전기 나노발전기(10)로부터 전력을 공급받고, 무선통신을 통해 데이터를 송출할 수 있다.

[0100] 상기 데이터 수신부(30)는 무선통신을 통해 데이터를 수신할 수 있다.

[0101] 상기 데이터 모니터링부(40)는 수신된 데이터를 수집하고, 수집된 데이터를 기반으로 사용자의 상태를 판단하여 출력할 수 있다.

[0102] 이때, 상기 데이터 송출부(20)가 송출하는 데이터는 상기 마찰전기 나노발전기(10)의 실시간 출력 전압을 데이터화하여 나온 계산값을 포함할 수 있다. 그리고, 상기 실시간 출력 전압을 데이터화하여 나온 계산값은 상기 마찰전기 나노발전기(10)에서 발생하는 실시간 출력 전압값을 의미할 수도 있다.

[0103] 또한, 상기 데이터 송출부(20) 및 데이터 수신부(30)는 무선통신의 방법으로 블루투스(bluetooth)를 이용하여 데이터를 송출할 수 있다. 일례로서, 상기 데이터 송출부(20)를 마스터 디바이스(central)로, 상기 데이터 수신

부(30)를 슬레이브 디바이스(peripheral)로 구성하여 저전력 블루투스(bluetooth low energy; BLE)를 통해 데이터를 송수신할 수 있다.

[0104] 그리고, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 사용자의 심장 근처의 피하에 매립되어, 심장 운동을 포함한 사용자의 활동에 의해 작동될 수 있다. 이때, 상기 데이터 모니터링부(40)는 상기 실시간 데이터의 변화를 기반으로 심장 박동의 주기 및 세기를 측정 및 수집하고, 상기 수집한 데이터를 기반으로 사용자의 상태를 판단하여 출력하도록 구성될 수 있다. 따라서, 데이터 모니터링부(40)에서 수집된 데이터에는 심장 박동의 주기 및 세기가 포함될 수 있다.

[0105] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)와 스위치드 커패시터 컨버터(50)를 나타낸 도면이고, 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)에 스위치드 커패시터 컨버터(50)가 결합된 상태를 나타낸 도면이다.

[0106] 도 11 및 도 12를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)는, 하부 구조체(120) 하부에 스위치드 커패시터 컨버터(50)가 결합된 상태에서 생체친화적인 소재로 봉합될 수 있다. 따라서, 상기 스위치드 커패시터 컨버터(50)는 외부의 영향이 최소화된 상태로 동작할 수 있다.

[0107] 상기 스위치드 커패시터 컨버터(50)는, 마찰전기 나노발전기(10)의 출력 전압을 데이터 송출부(20)에서 필요로 하는 수준으로 조절함으로써, 마찰전기 나노발전기(10)의 안정적인 전원 공급을 지원하고, 마찰전기 나노발전기(10)의 과잉 전원 공급으로 인한 전력손실 및 데이터 송출부(20)의 손상을 방지할 수 있다.

[0108] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기(10)에 스위치드 커패시터 컨버터(50)가 결합된 상태의 전기 회로를 나타낸 회로도이다.

[0109] 도 13을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 스위치드 커패시터 컨버터(50)는 프랙탈 구조의 회로를 구성할 수 있다. 따라서, 상기 스위치드 커패시터 컨버터(50)는, 도시된 것과 같이 프랙탈 구조의 회로를 구성함으로써, 구조 파악이 용이하고 높은 공간 효율을 갖을 수 있다.

[0110] 도 14 및 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 생리학적 데이터 모니터링 방법을 나타낸 순서도이다.

[0111] 도 14를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 실시간 생리학적 데이터 모니터링 방법은, 마찰전기 나노발전기(10), 스위치드 커패시터 컨버터(50), 데이터 송출부(20), 데이터 수신부(30) 및 데이터 모니터링부(40)를 준비하는 단계(S101), 마찰전기 나노발전기(10) 및 데이터 송출부(20)를 사용자의 피하에 매립하는 단계(S102), 데이터 모니터링부(40)에서 지속적으로 데이터를 수집하는 단계(S103) 및 수집한 데이터를 기반으로 데이터 모니터링부(40)에서 사용자의 상태를 판단하여 출력하는 단계(S104)를 포함할 수 있다.

[0112] 또한 상술한 것처럼, 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 피하에 매립되고, 사용자의 활동에 의해 작동하여 전기를 생성할 수 있으며, 상기 데이터 송출부(20)는 상기 마찰전기 나노발전기(10)로부터 전력을 공급받고 무선통신을 통해 데이터를 송출할 수 있고, 상기 데이터 수신부(30)는 무선통신을 통해 데이터를 수신할 수 있으며, 상기 데이터 모니터링부(40)는 수신된 데이터를 수집하고 수집한 데이터를 기반으로 사용자의 상태를 판단하여 출력할 수 있다.

[0113] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 실시간 생리학적 데이터 모니터링 방법은, 데이터 모니터링부(40)에 의해, 수집한 데이터를 기반으로 각 데이터에 대한 임의 범위의 설정값을 생성하는 단계 및 데이터 모니터링부(40)에서 수집한 데이터가 상기 설정값의 범위를 벗어날 경우, 해당 사항을 알리는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 설정값은 복수개 생성될 수 있고, 사용자가 설정값을 설정 및 수정할 수 있도록 구성될 수 있다.

[0114] 또한, 데이터 모니터링부(40)에서 수집된 데이터는 상기 설정값을 포함할 수 있다. 일례로서, 사용자는 데이터 모니터링부(40)에 연결된 별도의 입력 장치를 통해 상기 설정값을 설정 및 수정할 수 있다. 예를 들어, 사용자는 역산하여 천번까지 수집된 전압값에 대하여, 가장 높은 전압값에 10V를 더한 값을 최대 전압값으로 하는 설정값을 생성하도록 설정할 수 있다. 이 경우, 어느 시점에서 역산하여 천번까지 수집된 전압값이 13V인 상황에서, 데이터 모니터링부(40)는 자동으로 최대 전압값에 대한 설정값으로 23V를 생성하고, 데이터로 23V를 넘는 전압값이 수집될 경우, 데이터 모니터링부(40)에서 해당 사항을 알리게 되는 것이다. 이처럼 사용자는 필요에 따라, 확인하고자 하는 범위와 조건으로 자유롭게 설정값을 설정 및 수정할 수 있다.

[0115] 도 15를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 실시간 생리학적 데이터 모니터링 방법에는 데이터 모니터링부(40)에서 데이터를 수집하는 단계(S201), 실시간 데이터의 변화를 기반으로 사용자의 심장 박동의 주기 및 세기를 측정하고 수집하는 단계(S202), 수집된 심장 박동의 주기 및 세기가 설정값의 범위를 벗어나는지 확인하

는 단계(S203), 수집된 심장 박동의 주기 및 세기가 설정값의 범위를 벗어날 경우 해당 사항을 알리는 단계(S204), 수집된 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값을 측정하고 수집하는 단계(S205), 수집된 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값이 설정값의 범위를 벗어나는지 확인하는 단계(S206), 수집된 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값이 설정값을 벗어날 경우 해당 사항을 알리는 단계(S207) 및 심장 박동의 주기 및 세기, 주기 및 세기의 평균값과 기간에 따른 데이터의 변화 양상 및 이를 기반으로 산출한 심장 부정맥 발생 여부 및 가능성에 대한 정보를 출력하는 단계(S208)를 더 포함할 수 있다.

[0116] 여기서, 상술한 것처럼, 상기 마찰전기 나노발전기(10)는 심장 근처의 피하에 매립되어, 심장 운동을 포함한 사용자의 활동에 의해 작동되도록 구성될 수 있으며, 상기 데이터 송출부(20)가 송출하는 데이터는 상기 마찰전기 나노발전기(10)의 실시간 전압을 데이터화하여 나온 계산값을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0117] 또한, 도시되지는 않았으나, 상기 실시간 생리학적 데이터 모니터링 방법에는 심장 박동의 주기 및 세기에 대한 임의 범위의 설정값을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 설정값은 상술한 것처럼, 사용자의 필요에 따라 다양한 범위와 조건으로 복수개 생성될 수 있다.

[0118] 따라서, 상술한 심장박동의 주기 및 세기에 대한 임의 범위의 설정값을 생성하는 단계, S203 단계 및 S204 단계를 통하여, 사용자는 심장 박동의 주기 및 세기와 관련한 상황을 모니터링할 수 있다. 일례로서, 사용자는 사용자의 심장 박동의 주기 및 세기의 정상수치에 임의의 수치를 가산한 계산값을 심장 박동의 최대/최소 주기 및 세기의 설정값으로 설정함으로써, 급격한 심장 박동의 주기나 세기 변화를 모니터링할 수 있다. 이는 급격한 심장 박동의 주기나 세기 변화를 동반하는 심방세동, 심실조기수축, 발작성 상심실성 빈맥 등의 심장 부정맥 발생 여부 및 가능성을 예측하는 자료로 활용될 수 있다.

[0119] 또한, 도시되지는 않았으나, 상기 실시간 생리학적 데이터 모니터링 방법에는 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값에 대한 임의 범위의 설정값을 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 마찬가지로, 상기 설정값은 상술한 것처럼, 사용자의 필요에 따라 다양한 범위와 조건으로 복수개 생성될 수 있다.

[0120] 따라서, 상술한 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값에 대한 임의 범위의 설정값을 생성하는 단계, S206 단계 및 S207 단계를 통하여, 사용자는 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값과 관련한 사항을 모니터링할 수 있다. 일례로서, 사용자는 상기 평균값을 통하여 운동이나 식사 등의 특정 활동에 따른 심장 박동 변화를 모니터링하여 각 활동에 따라 심장에 걸리는 부하를 확인하고, 심장 질환을 예방할 수 있으며, 일정한 간격의 평균값에 대한 사용자의 정상수치에 적절한 수치를 가산한 계산값을 평균값의 최대/최소 설정값으로 설정함으로써, 일정 시점 혹은 상황에서 심장 박동의 변화를 모니터링 할 수 있다. 이는 사용자의 심장에 부하를 가하는 활동이나 상황을 확인하고, 빈맥 등의 심장 부정맥 발생 여부 및 가능성을 예측하는 자료로 활용될 수 있다.

[0121] 또한, 상기 데이터는, 상술한 수집된 심장 박동의 주기 및 세기, 주기 및 세기의 평균값과 이에 대한 설정값을 포함할 수 있으며, 이러한 데이터의 변화 양상을 추가로 포함할 수 있다.

[0122] 또한, S208 단계를 참조하면, 데이터 모니터링부(40)에서 출력되는 사용자의 상태는 상기 데이터와 이를 기반으로 산출한 심장 부정맥 발생 여부 및 가능성에 대한 정보를 포함하는 사용자의 상태를 출력할 수 있다. 즉, 출력되는 사용자의 상태는, 실시간 수집중인 데이터 및 기간에 따른 데이터의 변화 양상을 기반으로 산출한 심장 부정맥 발생 여부 및 가능성에 대한 정보를 포함할 수 있다. 이는 사용자의 심장 박동 변화 양상을 분석하여 심장 박동에 영향을 끼치는 요소를 분석하고, 심장 부정맥을 비롯한 심장 질환을 예방하는 자료로 활용될 수 있다.

[0123] 도 16은 돼지의 심장 근처의 피하에 마찰전기 나노발전기(10)를 매립하여 측정한 본 발명의 일 실시예에 따른 아치-캔틸레버 혼성화 구조와 기존의 마찰전기 나노발전기의 시간에 따른 전압값을 비교하여 나타낸 도면이다.

[0124] 도 16을 참조하면, 상부 구조체가 아치-캔틸레버 혼성화 구조로 제조된 마찰전기 나노발전기의 경우, 심장 운동에 따른 일정한 주기와 모양을 가지는 전압 변화 양상을 비교적 정확히 확인할 수 있으나, 기존의 마찰전기 나노발전기의 경우, 전압 변화양상이 무질서하게 나타남을 확인할 수 있다. 따라서 전자의 경우, 전압 변화 주기와 크기를 통하여 심장 박동의 주기와 세기를 도출할 수 있으나, 후자의 경우에는 유의미한 데이터를 도출하기가 제한됨을 확인할 수 있다.

[0125] 이는, 마찰전기 나노발전기의 전압 변화량을 통한 사용자의 움직임 파악에 있어 출력되는 전압의 크기가 중요한 요소임을 나타내며, 마찰전기 나노발전기에서 생성한 전압의 크기가 클수록 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있음을 나타낸다.

[0126] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

부호의 설명

[0127] 1: 실시간 생리학적 데이터 모니터링 시스템

10: 마찰전기 나노발전기

110: 상부 구조체

111: 상부 접촉 층

112: 상부 물질 층

120: 하부 구조체

121: 하부 접촉 층

122: 하부 물질 층

130: 봉합 물질

140: 아연 페라이트 나노시트

20: 데이터 송출부

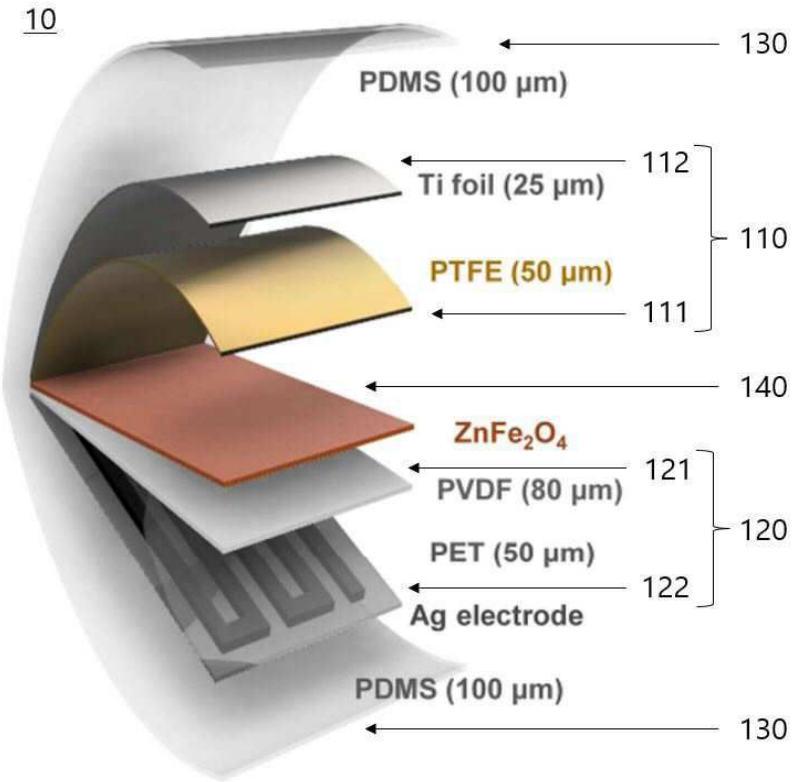
30: 데이터 수신부

40: 데이터 모니터링부

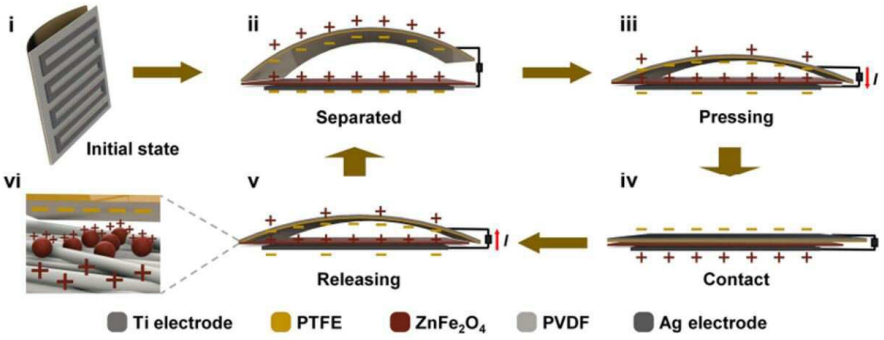
50: 스위치드 커패시터 컨버터

도면

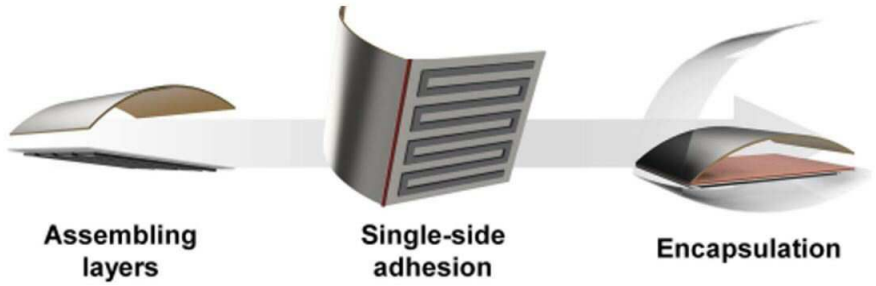
도면1



도면2



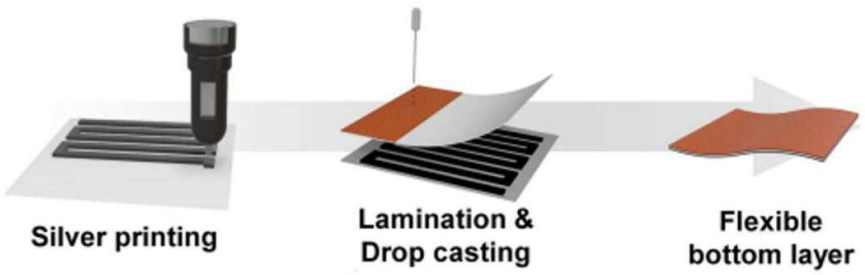
도면3



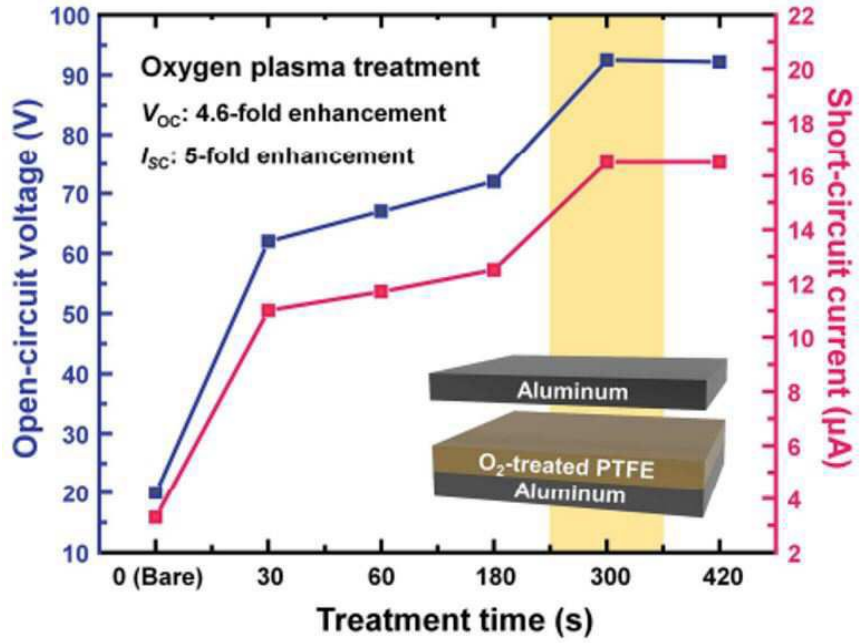
도면4



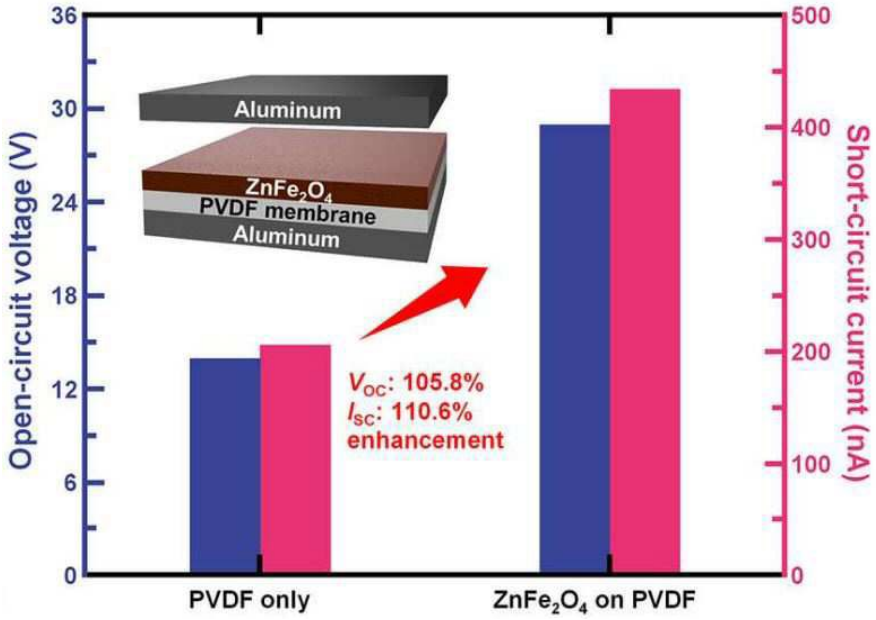
도면5



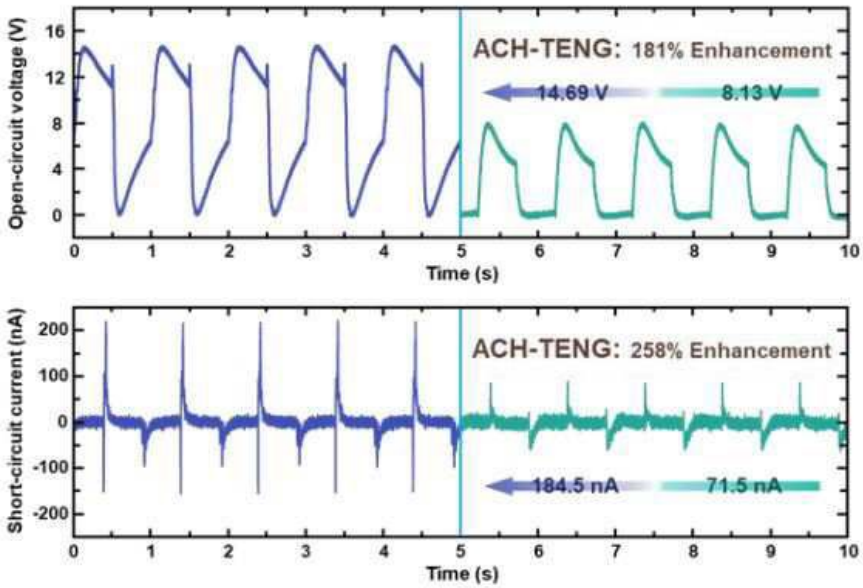
도면6


Oxygen plasma treatment
V_{OC}: 4.6-fold enhancement
I_{SC}: 5-fold enhancement
Aluminum
O_2-treated PTFE
Aluminum
Open-circuit voltage (V)
Short-circuit current (μA)
Treatment time (s)
0 (Bare)
30
60
180
300
420

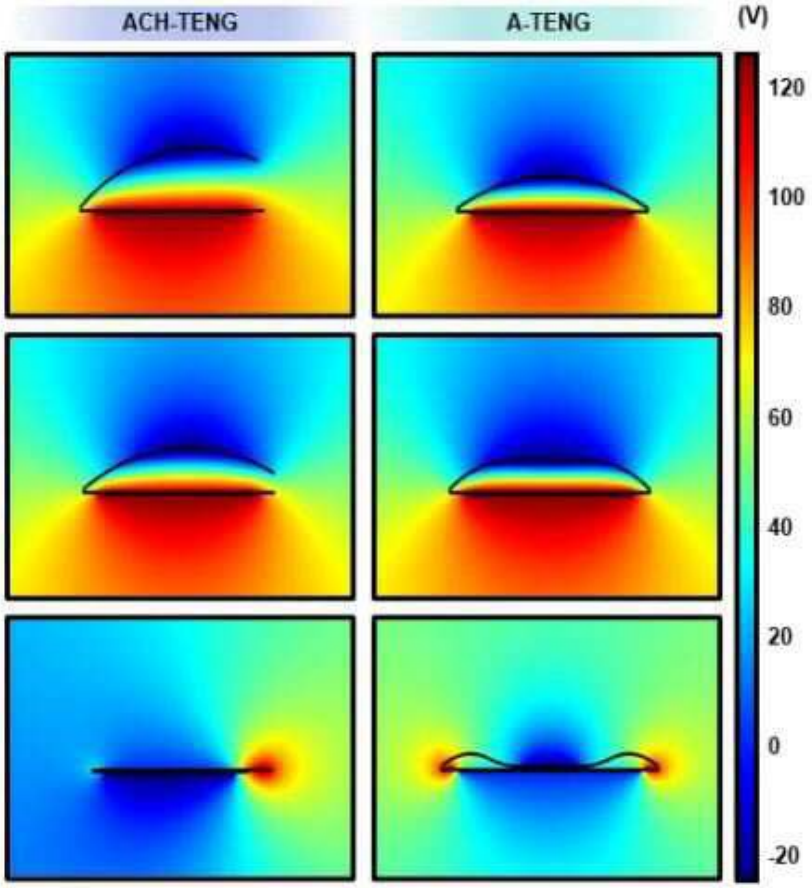
도면7


Aluminum
$ZnFe_2O_4$
PVDF membrane
Aluminum
V_{OC}: 105.8%
I_{SC}: 110.6%
enhancement
Open-circuit voltage (V)
Short-circuit current (nA)
PVDF only
$ZnFe_2O_4$ on PVDF

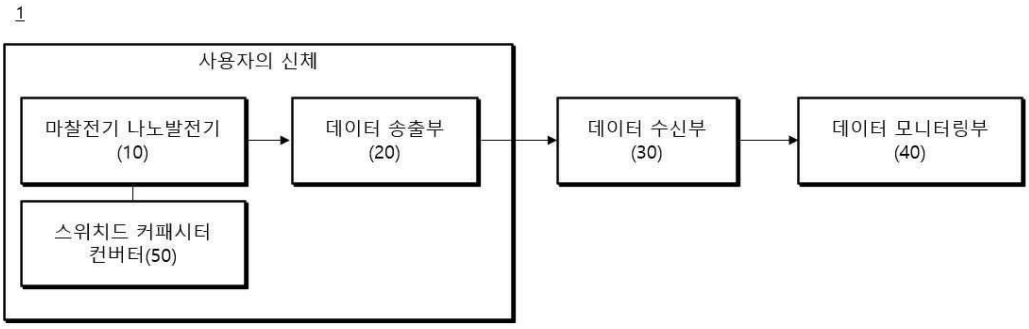
도면8


Open-circuit voltage (V)
ACH-TENG: 181% Enhancement
14.69 V
8.13 V
Time (s)
Short-circuit current (nA)
ACH-TENG: 258% Enhancement
184.5 nA
71.5 nA
Time (s)

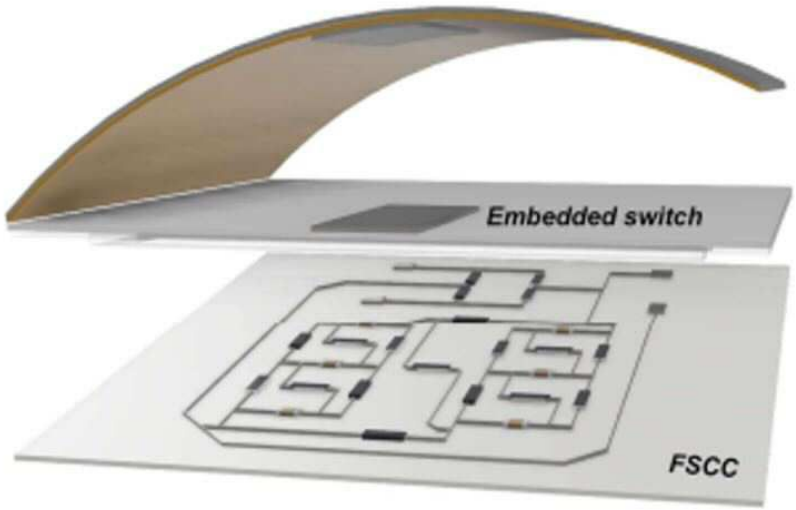
도면9


ACH-TENG
A-TENG
(V)
120
100
80
60
40
20
0
-20

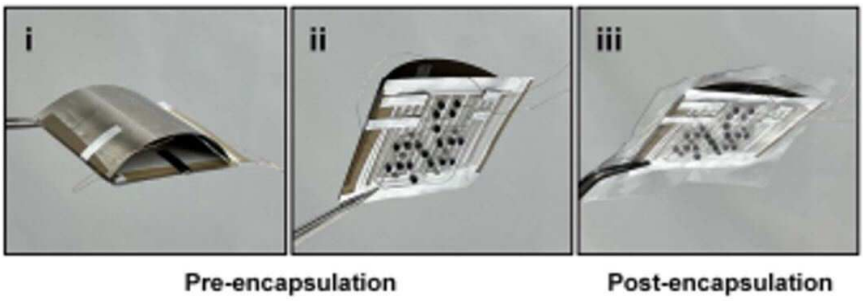
도면10



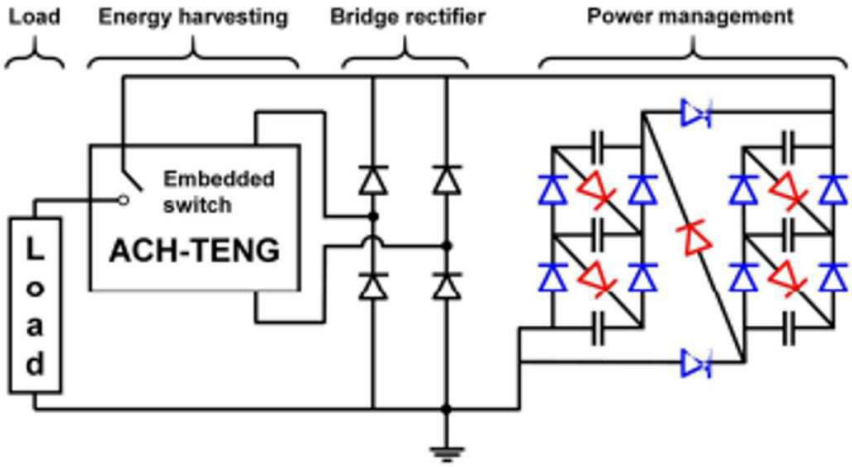
도면11



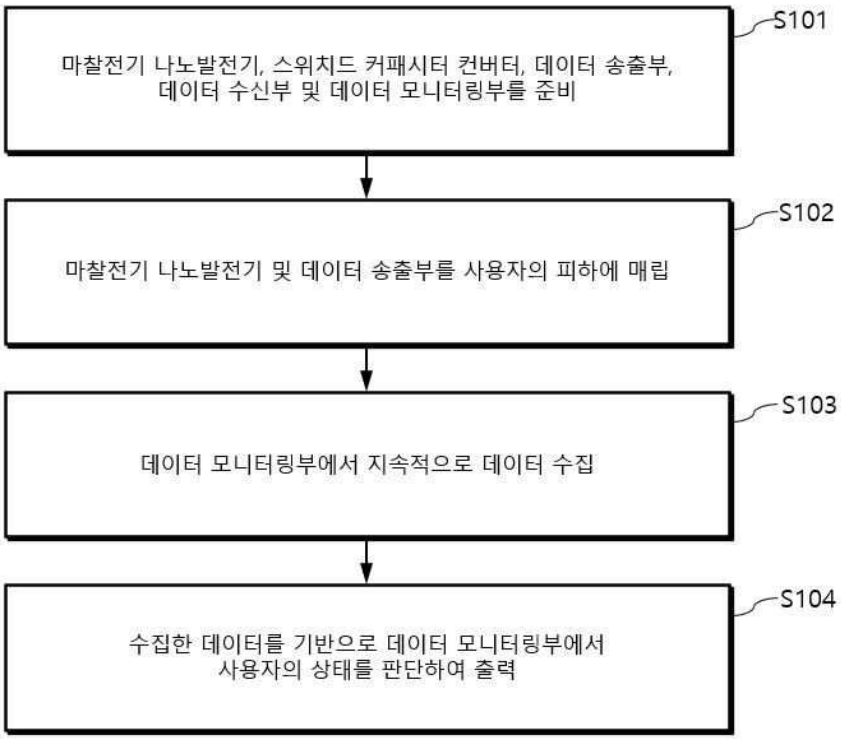
도면12



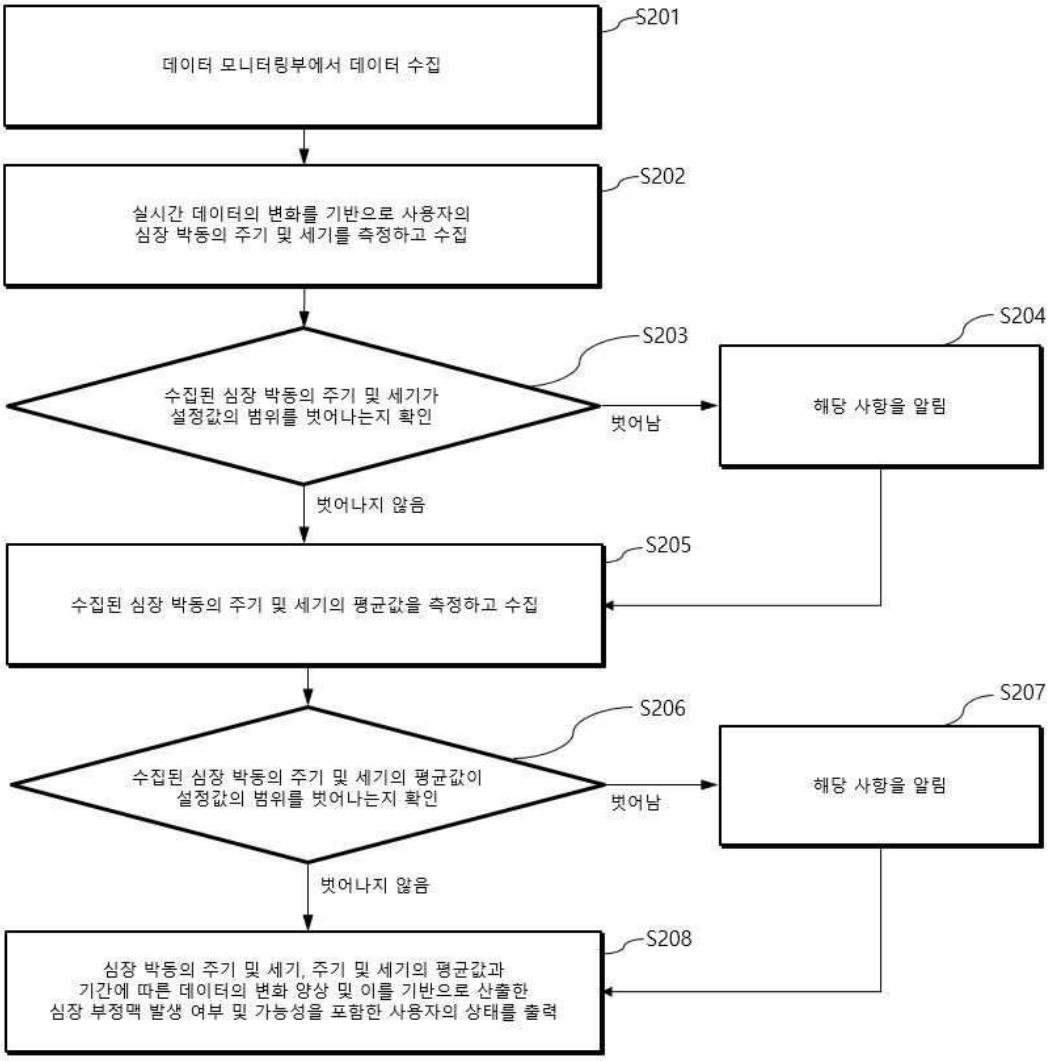
도면13


Load
Energy harvesting
Bridge rectifier
Power management
Embedded switch
ACH-TENG
Load

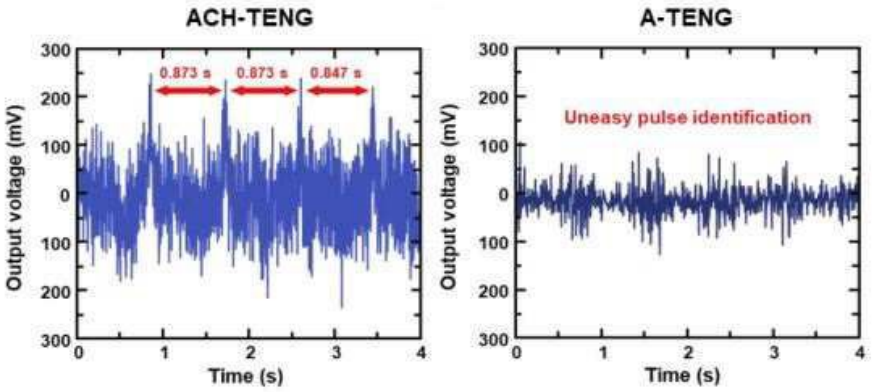
도면14


S101
마찰전기 나노발전기, 스위치드 커패시터 컨버터, 데이터 송출부, 데이터 수신부 및 데이터 모니터링부를 준비
S102
마찰전기 나노발전기 및 데이터 송출부를 사용자의 피하에 매립
S103
데이터 모니터링부에서 지속적으로 데이터 수집
S104
수집한 데이터를 기반으로 데이터 모니터링부에서 사용자의 상태를 판단하여 출력

도면15


S201
데이터 모니터링부에서 데이터 수집
S202
실시간 데이터의 변화를 기반으로 사용자의
심장 박동의 주기 및 세기를 측정하고 수집
S203
수집된 심장 박동의 주기 및 세기가
설정값의 범위를 벗어나는지 확인
벗어남
S204
해당 사항을 알림
벗어나지 않음
S205
수집된 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값을 측정하고 수집
S206
수집된 심장 박동의 주기 및 세기의 평균값이
설정값의 범위를 벗어나는지 확인
벗어남
S207
해당 사항을 알림
벗어나지 않음
S208
심장 박동의 주기 및 세기, 주기 및 세기의 평균값과
기간에 따른 데이터의 변화 양상 및 이를 기반으로 산출한
심장 부정맥 발생 여부 및 가능성을 포함한 사용자의 상태를 출력

도면16


ACH-TENG
A-TENG
0.873 s
0.873 s
0.847 s
Uneasy pulse identification
Output voltage (mV)
Time (s)