



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0086503
(43) 공개일자 2020년07월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 1/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02N 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0002762

(22) 출원일자 2019년01월09일

심사청구일자 2019년01월09일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

유재수

서울특별시 강남구 역삼로 438, 103동 603호

두렘 바스카

대한민국 17104 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스

(74) 대리인

김홍석

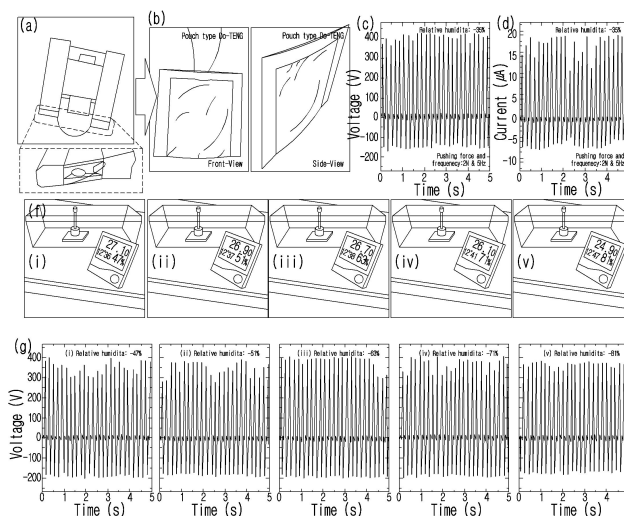
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 기계 에너지를 얻기 위한 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기

(57) 요약

본 발명에 따른 전도성 폴리머를 이용한 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG) 기기가 제공된다. 상기 TENG 기기는, 상부 전극과 부착되도록 구성된 제1 물질 층; 및 하부 전극과 부착되도록 구성된 제2 물질 층을 포함하고, 상기 나노 발전기 기기에 작용되는 힘에 기반하여 유도되는 전류에 따라, 상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층 사이의 이격 거리가 동적으로 조절되어, 다양한 일상적인 인간 활동을 효과적으로 감지 및 수확할 수 있는 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기를 제공할 수 있다.

대표도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711049564
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(미래부)
 연구과제명 유기-무기-금속 하이브리드 전극기반 직물형 광전변환/에너지 하베스팅 융합소자 개발
 기 여 율 1/2
 주관기관 경희대학교(국제캠퍼스)
 연구기간 2017.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20181250
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 이공분야기초연구사업/중점연구소지원사업
 연구과제명 융복합 에너지 자율형 다기능 센서 플랫폼 연구 1단계
 기 여 율 1/2
 주관기관 경희대학교 산학협력단
 연구기간 2018.06.01 ~ 2021.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

전도성 폴리머를 이용한 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG) 기기에서,
상부 전극과 부착되도록 구성된 제1 물질 층; 및
하부 전극과 부착되도록 구성된 제2 물질 층을 포함하고,
상기 나노 발전기 기기에 작용되는 힘에 기반하여 유도되는 전류에 따라, 상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층 사이의 이격 거리가 동적으로 조절되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 2

제1 항에 있어서,
상기 제1 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층이고,
상기 제2 물질 층은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층인 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 3

제1 항에 있어서,
상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전-연결(fully-contact)되고,
인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)되고,
척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해 압축(compressing)되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 4

제2 항에 있어서,
상기 제2 물질 층인 나일론 복합 층에서 MWCNT의 농도는,
상기 나노 발전기가 가장 높은 전압과 전류 값을 획득할 수 있도록 0.3wt %로 결정되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 5

제2 항에 있어서,
상기 나노 발전기의 외부 부하인 로드 저항 (load resistance)의 값은,
상기 나노 발전기의 전압 및 전류 값에 따른 전력 밀도(Power Density)가 최적이 되도록 10^7 내지 10^8 Ω 으로 결정되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 6

제1 항에 있어서,
상기 나노 발전기는,
상대 습도의 변화에 따라 출력 전압 특성이 일정 임계치 이내로 유지되도록, 상기 나노 발전기 전체를 파우치 형 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 제작한 파우치 형 나노 발전기 기기로 제공되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 7

제2 항에 있어서,

상기 파우치 형 나노 발전기 기기는,

검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 8

전도성 폴리머를 이용한 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG) 기기에서,

상부 전극과 부착되도록 구성된 제1 물질 층;

하부 전극과 부착되도록 구성된 제2 물질 층; 및

서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 서로 다른 종류의 인간 활동은 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작이고,

상기 제어부는,

상기 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어하는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 서로 다른 종류의 인간 활동 중 서로 다른 종류의 터치 동작인, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 제1 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층이고,

상기 제2 물질 층은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층인 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 12

제8 항에 있어서,

상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전 -연결(fully-contact)되고,

인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)되고,

척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해압축(compressing)되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 13

제8 항에 있어서,

상기 나노 발전기는,

상대 습도의 변화에 따라 출력 전압 특성이 일정 임계치 이내로 유지되도록, 상기 제1 및 제2 물질 층, 상기 상부 및 하부 전극과 상기 제어부를 포함하여 상기 나노 발전기 전체를 파우치 형 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 제작한 파우치 형 나노 발전기 기기로 제공되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 14

제10 항에 있어서,

상기 제2 물질 층인 나일론 복합 층에서 MWCNT의 농도는, 상기 나노 발전기의 출력 전압과 출력 전류 값이 임계치 이상이 되도록 하는 범위에서 결정되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 15

제8 항에 있어서,

상기 나노 발전기의 외부 부하인 로드 저항 (load resistance)의 값은,

상기 나노 발전기의 전압 및 전류 값에 따른 전력 밀도(Power Density)가 임계치 이상이 되도록 하는 범위에서 결정되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기.

청구항 16

마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)를 구비하는 웨어러블 전자 기기에 있어서,

서로 다른 물질 층이 부착되도록 구성된 복수의 전극; 및

서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는, 웨어러블 전자 기기.

청구항 17

제16 항에 있어서,

주변 전자 기기와 통신 가능하게 연결되도록 구성된 무선 통신부를 더 포함하고,

상기 제어부는,

상기 센싱된 전압 및 전류 값에 따라 센싱된 사용자의 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작 및 상태에 기반하여,

사용자의 상태 정보를 상기 무선 통신부를 통해 상기 주변 전자 기기로 전송하는 것을 특징으로 하는, 웨어러블 전자 기기.

청구항 18

제16 항에 있어서,

사용자 입력을 수신하고, 정보를 표시하는 디스플레이를 더 포함하고,

상기 제어부는,

상기 서로 다른 종류의 인간 활동 중 상기 디스플레이를 통해 수신된 서로 다른 종류의 터치 동작인, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하고,

상기 구별하여 센싱된 동작에 따라 상기 디스플레이 상에 서로 다른 사용자 인터페이스(UI) 화면이 표시되도록 제어하는 것을 특징으로 하는, 웨어러블 전자 기기.

청구항 19

제16 항에 있어서,

상기 복수의 물질 층은

다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층으로 구성된 제1 물질 층; 및
나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층으로 구성된 제2 물질 층
을 포함하는, 웨어러블 전자 기기.

청구항 20

전도성 폴리머를 이용한 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)의 제조 방법에서,

유전체 기판에 부착된 상부 전극에 제1 물질 층을 부착하는 제1 물질 층 부착 과정; 및

유전체 기판에 부착된 하부 전극에 제2 물질 층을 부착하는 제2 물질 층 부착 과정을 포함하고,

상기 나노 발전기 기기에 인가되는 힘에 기반하여 유도되는 전류에 따라, 상기 제1 물질 층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제2 물질 층 사이의 이격 거리가 동적으로 조절되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기 제조 방법.

청구항 21

제20 항에 있어서,

상기 제1 물질 층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제1 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층이고,

상기 제2 물질 층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제2 물질 층은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층인 것을 특징으로 하는, 나노 발전기 제조 방법.

청구항 22

제20 항에 있어서,

상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전-연결(fully-contact)되고,

인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)되고,

척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해 압축(compressing)되는 것을 특징으로 하는, 나노 발전기 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전도성 폴리머 기반 식물-기반 마찰 전기 나노 기기에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 기계 에너지를 얻기 위한 전도성 폴리머 기반 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에, 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)는 경량, 고출력 밀도, 눈에 띄는 기계적 안정성, 재료 선택, 쉽고 친환경적이며 비용 효율적인 기기 구조 등 방대한 이점으로 인해 각광을 받고 있다. 특히, 착용 가능하고 유연한 TENG는 작업 환경에서 에너지를 수확할 수 있는 능력으로 인해 엄청난 연구 관심을 불러 일으켰고 다양한 휴대용 전자 기기에 전력을 공급하기 위해 활용되고 있다. 최근에는 섬유 및 연성 기질에 코팅된 전도성 금속 또는 탄소 재료 및 유전체 폴리머 필름을 사용하여 몇 가지 유연하고 착용 가능한 TENG가 시연되고 있다.

[0003] 하지만, 이러한 TENG는 상당한 전기 출력을 나타내지만 이러한 식물 및 유연한 소재의 개발에는 시간과 비용이 많이 드는 문제가 있다. 따라서, 이러한 제조 기술은 웨어러블 센서의 대규모 및 실시간 응용을 제한할 수 있다. 또한, 식물 기반 TENG의 기계적 내구성은 실시간 응용 분야에서 중요한 요소이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 따라서, 본 발명의 목적은 전술한 문제를 극복하고 고성능, 저가, 신뢰성, 내구성, 유연성 및 착용성을 갖춘 섬유 기반의 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기를 제공하는 것이다.
- [0005] 또한, 본 발명의 목적은 다양한 기계적 변형에서도 매우 높고 안정한 전기 출력을 나타낼 수 있는 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 상기와 같은 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 전도성 폴리머를 이용한 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG) 기기가 제공된다. 상기 TENG 기기는, 상부 전극과 부착되도록 구성된 제1 물질 층; 및 하부 전극과 부착되도록 구성된 제2 물질 층을 포함하고, 상기 나노 발전기 기기에 작용되는 힘에 기반하여 유도되는 전류에 따라, 상기 제1 물질층과 상기 제2 물질 층 사이의 이격 거리가 동적으로 조절되어, 다양한 일상적인 인간 활동을 효과적으로 감지 및 수확할 수 있는 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기를 제공할 수 있다.
- [0007] 일 실시 예에서, 상기 제1 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층이고, 상기 제2 물질 층은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층일 수 있다.
- [0008] 일 실시 예에서, 상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전-연결(fully-contact)되고, 인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)되고, 척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해 압축(compressing)될 수 있다.
- [0009] 일 실시 예에서, 상기 제2 물질 층인 나일론 복합 층에서 MWCNT의 농도는, 상기 나노 발전기가 가장 높은 전압과 전류 값을 획득할 수 있도록 0.3wt %로 결정될 수 있다.
- [0010] 일 실시 예에서, 상기 나노 발전기의 외부 부하인 로드 저항(load resistance)의 값은, 상기 나노 발전기의 전압 및 전류 값에 따른 전력 밀도(Power Density)가 최적이 되도록 10^7 내지 10^8 Ω 으로 결정될 수 있다.
- [0011] 일 실시 예에서, 상기 나노 발전기는, 상대 습도의 변화에 따라 출력 전압 특성이 일정 임계치 이내로 유지되도록, 상기 나노 발전기 전체를 파우치 형 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 제작한 파우치 형 나노 발전기 기기로 제공될 수 있다.
- [0012] 일 실시 예에서, 상기 파우치 형 나노 발전기 기기는, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 다른 측면에 따른 전도성 폴리머를 이용한 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG) 기기가 제공된다. 상기 TENG 기기는, 상부 전극과 부착되도록 구성된 제1 물질 층; 하부 전극과 부착되도록 구성된 제2 물질 층; 및 서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어하는 제어부를 포함한다.
- [0014] 일 실시 예에서, 상기 서로 다른 종류의 인간 활동은 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작이고, 상기 제어부는, 상기 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어할 수 있다.
- [0015] 일 실시 예에서, 상기 제어부는, 상기 서로 다른 종류의 인간 활동 중 서로 다른 종류의 터치 동작인, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱할 수 있다.
- [0016] 일 실시 예에서, 상기 제1 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층이고, 상기 제2 물질 층은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층일 수 있다.

- [0017] 일 실시 예에서, 상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전 -연결(fully-contact)되고, 인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)되고, 척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해 압축(compressing)될 수 있다.
- [0018] 일 실시 예에서, 상기 나노 발전기는, 상대 습도의 변화에 따라 출력 전압 특성이 일정 임계치 이내로 유지되도록, 상기 제1 및 제2 물질층, 상기 상부 및 하부 전극과 상기 제어부를 포함하여 상기 나노 발전기 전체를 파우치 형 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 제작한 파우치 형 나노 발전기 기기로 제공될 수 있다.
- [0019] 일 실시 예에서, 상기 제2 물질 층인 나일론 복합 층에서 MWCNT의 농도는, 상기 나노 발전기의 출력 전압과 출력 전류 값이 임계치 이상이 되도록 하는 범위에서 결정될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)를 구비하는 웨어러블 전자 기기가 제공된다. 상기 전자 기기는, 서로 다른 물질 층이 부착되도록 구성된 복수의 전극; 및 서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어하는 제어부를 포함한다.
- [0021] 일 실시 예에서, 주변 전자 기기와 통신 가능하게 연결되도록 구성된 무선 통신부를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 제어부는, 상기 센싱된 전압 및 전류 값에 따라 센싱된 사용자의 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작 및 상태에 기반하여, 사용자의 상태 정보를 상기 무선 통신부를 통해 상기 주변 전자 기기로 전송할 수 있다.
- [0022] 일 실시 예에서, 사용자 입력을 수신하고, 정보를 표시하는 디스플레이를 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 제어부는, 상기 서로 다른 종류의 인간 활동 중 상기 디스플레이를 통해 수신된 서로 다른 종류의 터치 동작인, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하고, 상기 구별하여 센싱된 동작에 따라 상기 디스플레이 상에 서로 다른 사용자 인터페이스(UI) 화면이 표시되도록 제어할 수 있다.
- [0023] 일 실시 예에서, 상기 서로 다른 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층으로 구성된 제1 물질 층; 및 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층으로 구성된 제2 물질 층을 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 전도성 폴리머를 이용한 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)의 제조 방법이 제공된다. 상기 제조 방법은, 유전체 기판에 부착된 상부 전극에 제1 물질 층을 부착하는 제1 물질층 부착 과정; 및 유전체 기판에 부착된 하부 전극에 제2 물질층을 부착하는 제2 물질층 부착 과정을 포함한다. 이때, 상기 나노 발전기 기기에 인가되는 힘에 기반하여 유도되는 전류에 따라, 상기 제1 물질층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제1 물질층과 상기 제2 물질층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제2 물질층 사이의 이격 거리가 동적으로 조절될 수 있다.
- [0025] 일 실시 예에서, 상기 제1 물질층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제1 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층이고, 상기 제2 물질층 부착 과정을 통해 부착된 상기 제2 물질 층은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층일 수 있다.
- [0026] 일 실시 예에서, 상기 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전 -연결(fully-contact)되고, 인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)되고, 척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해 압축(compressing)될 수 있다.
- 발명의 효과**
- [0027] 본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 다양한 일상적인 인간 활동을 효과적으로 감지 및 수확할 수 있는 전도성 폴리머 기반 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기를 제공할 수 있다는 장점이 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 습기가 많은 환경에서도 높고 안정된 전기 출력을 얻을 수 있는 파우치 형 TENG 기기를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명에 따른 (a) MWCNT/나일론 나노 복합체와 (b) 캐스팅 및 SIL 기술에 따라 스핀 코팅을 사용하는 NA-PDMS 층을 제조하기 위한 개략도를 나타낸다.
- 도 2는 본 발명에 따른 나노 발전기의 동작 메커니즘과 전압 및 전류 파형을 나타낸다.
- 도 3은 특정 압력과 주파수 조건에서 서로 다른 농도의 MWCNT에 따른 나일론 복합 층을 사용한 나노 기기에서 측정된 VOC와 ISC를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명에 따른 로드 저항 값에 따른 전압과 전력 밀도 값과, 시간에 따른 출력 전압 안정성 및 이러한 원리를 이용한 LED 이미지를 나타낸 것이다.
- 도 5(a) 및 도 5(b)는 비-파우치 형 및 파우치 형 DD-TENG 장치의 이미지를 각각 나타낸다.
- 도 6(a)는 (i) 검지, (ii) 검지 및 중지, 및 (iii) 손으로 터치하는 동안 에너지를 수집하데 사용되는 파우치 형 DD-TENG의 이미지를 나타낸다.
- 도 6(b) 및 도 6(c)는 전술한 기계적 에너지 하에서 관찰되는 파우치 형 DD-TENG의 출력 전압 및 전류를 도시한다.
- 도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 마찰 전기 나노 발전기를 구비하는 (웨어러블) 전자 기기의 상세한 구성을 나타낸다.
- 도 8은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 전도성 폴리머를 이용한 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기 기기의 제조 방법의 흐름도를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 상술한 본 발명의 특징 및 효과는 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다.
- [0031] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 구체적으로 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0032] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용한다.
- [0033] 제1, 제2등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0034] 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.
- [0035] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미가 있다.
- [0036] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않아야 한다.
- [0037] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 모듈, 블록 및 부는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0038] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 당해 분야에 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명한다. 하기에서 본 발명의 실시 예를 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 공지의 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0039] 이하에서는, 본 발명에 따른 기계 에너지를 얻기 위한 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기에 대하여 설명한다.
- [0040] 이러한 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기와 관련하여, TENG는 경량, 고출력 밀도, 눈에 띄는 기계적 안정성, 재료 선택, 쉽고 친환경적이며 비용 효율적인 기기 구조 등 방대한 이점으로 인해 각광을 받고 있다. 특히, 착용 가능하고 유연한 TENG는 작업 환경에서 에너지를 수확할 수 있는 능력으로 인해 엄청난 연구 관심을 불러 일으켰고 다양한 휴대용 전자 기기에 전력을 공급하기 위해 활용되고 있다. 최근에는 섬유 및 연성 기질에 코팅된 전도성 금속 또는 탄소 재료 및 유전체 폴리머 필름을 사용하여 몇 가지 유연하고 착용 가능한 TENG가 시연되고 있다. 이러한 TENG는 상당한 전기 출력을 나타내지만 이러한 직물 및 유연한 소재의 개발에는 시간과 비용이 많이 드는 기술이 필요하다. 따라서, 이러한 제조 기술은 웨어러블 텐서의 대규모 및 실시간 응용을 제한할 수 있다. 또한, 직물 기반 TENG의 기계적 내구성은 실시간 응용 분야에서 중요한 요소이다.
- [0041] 이러한 문제를 극복하고 고성능, 저가, 신뢰성, 내구성, 유연성 및 착용성을 갖춘 섬유 기반의 TENG를 개발하기 위해 본 발명에서는 전도성 폴리머 코팅 섬유를 사용하고자 한다. 특히, 전도성 중합체 (즉, PANI)는 인-시투 중합 (in-situ polymerization)과 같은 단순하고, 비용 효과적이고, 저온 처리 기술에 의해 낡은 (즉, 폐기물 또는 사용된) 직물 상에 코팅되었다. 분명히, PW-TENG 기기의 처리 비용은 감소될 수 있고 낡은 직물을 재활용/재사용하여, 이러한 혁신적인 기기에 유리한 특징을 추가할 수 있다는 장점이 있다. 또한, PANI @ WT는 높은 유연성과 WT의 PANI와 섬유질 네트워크 사이의 강한 점착력으로 인해 다양한 기계 변형 하에서 거의 안정된 시트 저항을 나타낼 수 있다. 따라서, 대응하는 PW-TENG는 다양한 기계적 변형의 2000주기 전후에 매우 높고 안정한 전기 출력을 나타낼 수 있다. 높은 내구성과 견고성을 갖춘 이러한 PW-TENG는보다 유연하고 유연한 전자 기기 응용 분야에 더 유용하다.
- [0042] 낡은 직물 (worn-out textiles; WT)을 사용하여 마찰 전기 나노 발전기 (TENG)를 설계하는 것은 공정 비용을 크게 줄이고 WT를 재활용하는 데 가장 좋은 방법 중 하나이다. 더욱이, WT를 갖는 이러한 TENG는 유연성이 높고 착용 가능한 천으로 쉽게 채택될 수 있다. 따라서, 높은 표면 거칠기 (roughness)를 특징으로 하는 얇은 마이크로 섬유 네트워크(intertwined micro-fibrous network)를 갖는 WT는, 비용 면에서 효율적이고 저온 in-situ 중합 방법(polymerization method)에 의해 폴리아닐린 (PANI)과 같은 전도성 중합체를 침착시키는 비계 (scaffold)로서 이용된다. 또한, 이러한 PANI 코팅된 WT (PANI @ WT)는 TENG (즉, PW-TENG)를 설계하는데 사용된다.
- [0043] 반면에, 장기간의 활동과 기계적 변형에 대한 안정적인 출력 성능을 비롯하여 TENG 기기의 내구성과 견고성 특성은 실용적/실시간 응용 분야에서 더욱 중요하다. 제안된 PW-TENG는 장기간의 활동과 롤링, 폴딩 및 압착 등의 기계적 변형에 대해 각각 $\sim 350V$, $\sim 44\mu A$ 및 $\sim 11.25Wm^{-2}$ 의 우수한 안정된 전기 출력 전압, 전류 및 전력 밀도 값을 나타낸다.
- [0044] 또한, 이러한 유연하고 내구성이 강한 PW-TENG 기기로 생성된 우수한 전력은 몇 가지 발광 다이오드와 투명 디스플레이 및 시계와 같은 휴대용 전자 기기를 구동하는 자체 전원으로도 크게 사용된다.
- [0045] 마지막으로, 이러한 발명의 핵심은 PW 코팅된 WT가 이중 전극과 함께 단일 전극 모드에서 작동하는 PW-TENG를 구성할 수 있는 효능이 있다는 것이다. 이러한 단일 전극 모드 PW-TENG는 사람의 움직임을 감지하는 데 사용할 수 있는 착용 할 수 있는 옷에 잘 적응할 수 있다.
- [0046] 따라서 낮은 처리 비용으로 고성능, 내구성, 견고성, 유연성 및 착용성을 갖춘 PANI @ WTs 기반 듀얼 및 단일 전극 모드 TENG를 개발하는 것이 본 발명의 목적에 해당한다.
- [0047] 본 발명은 일상적인 인간 활동(daily human activities)으로부터 기계적 에너지를 효율적으로 수확(harvest)하기 위해 내구성이 있고, 확장 가능하며, 착용 가능한 전도성 중합체 기반 TENG를 설계하기 위해 마모된 직물의 이용을 목적으로 한다. 쉽고 비용 효율적인 합성 전략에 힘입어, PANI와 같은 전도성 고분자로 코팅된 낡은 (worn-out) WT는 TENG 기기용의 플러스 마찰 전기 물질뿐만 아니라 유연한 섬유형 전극으로 사용되었다. 개발된 PW-TENG 기기는 WT에 코팅된 PANI의 높은 표면 거칠기와 강한 점착력으로 인해 장기간 주기적 압착 및 다양한 기계 변형에도 매우 높고 안정한 전기 출력을 제공할 수 있다. PW-TENG의 우수하고 안정적인 출력 전력 밀도는 다양한 휴대용 전자 기기의 효과적인 전원 공급원으로 작용할 수 있다. 마침내 PW-TENG는 다양한 인간 활동을 감지/수집하는 데 사용되는 착용 가능한 의류(wearable cloths)에 잘 적응할 수 있다.
- [0048] 한편, 섬유형 이중 전극 모드 PW-TENG 기기는 양의 마찰 대전 재료인 PANI @ WT와 음의 마찰 전기 재료인 전극 및 PTFE 필름으로 구성된다. 반면에, 단일 전극 모드 PW-TENG는 또한 양성 마찰 전기 물질을 사용하여 입증될

수 있다. 듀얼 및 단일 전극 모드 PW-TENG의 적용 가능성은 전압, 전류 및 전력 밀도와 같은 전기 출력으로 추정된다. 듀얼 전극 모드 PW-TENG는 $\sim 11.25\text{Wm}^{-2}$ 의 가장 높은 전력 밀도를 나타내었으며 외부 전원없이 휴대용 전자 기기를 구동하는 데보다 효율적이다. 이러한 결과는 PW-TENG가 휴대용 전자 기기를 구동하는 자가 전원으로 활용될 수 있다. PW-TENG는 단일 전극 모드인 PW-TENG가 가장 높은 전기 출력을 나타내었으며 앉는 행위, 몸을 기대는 행위, 움직이는 행위 등 다양한 인간 활동을 상당히 수확/감지할 수 있다. 따라서 이러한 결과는 단일 전극 모드 PW-TENG 착용할 수 있는 의류에 쉽게 적용할 수 있으며 다양한 인간 활동을 효율적으로 수확하고 다양한 저전력 휴대용 전자 기기에 전력을 공급하기 위해 사용될 수 있다.

- [0049] 유연하고 착용 가능한 TENG 기기를 제조하기 위해 낡은 직물을 재활용하는 것은 공정 비용을 크게 줄이고 성능을 향상시키는 유망한 기술 중 하나이다. 둘째, 낡은 직물 상에 도전성 중합체 (즉, PANI)를 손쉽게 비용 효과적인 중합으로 코팅하는 것이 본 발명의 또 다른 유리한 특징이다. 또한, 이러한 이중 및 단일 전극 모드 PW-TENG는 높은 전기 출력을 내며, 다양한 휴대용 전자 기기에 전원을 공급하는 자가 전원으로도 활용될 수 있다. 마지막으로, PW-TENG 기기는 착용 할 수 있는 의류에 쉽게 적용할 수 있고, 인간의 활동을 상당히 수확/감지 할 수 있다.
- [0050] 본 발명에 따른 기계 에너지를 얻기 위한 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기의 기술적 사항은 다음과 같다.
- [0051] - 유연성이 좋고 얇은 마이크로 섬유 조직이 있는 낡은 섬유는 손쉽게 경제적이며 저온 중합 방법으로 전도성 고분자를 침전시키는 비제로 활용될 수 있다.
- [0052] - 결과적으로 모든 폴리아닐린으로 낡은 섬유 기반 이중 전극 및 단일 전극 모드 TENG의 처리 비용이 현저히 감소한다.
- [0053] - 또한, PANI @ WT의 높은 내구성, 견고함 및 유연성으로 인해 장기주기 작동 및 기계 변형에 대해 안정적이고 매우 높은 전기 출력 성능을 나타낸다.
- [0054] - PW-TENG 기기에서 생성된 높은 전력은 저전력 휴대용 전자 기기를 구동하는 데 사용되는 자체 전원으로 활용될 수 있다.
- [0055] - 마지막으로, 단일 전극 모드인 PW-TENG는 사람의 움직임을 감지하고 자가 전원으로 활용되는 착용 가능한 옷에도 잘 적용될 수 있다.
- [0056] 도 1은 본 발명에 따른 (a) MWCNT/나일론 나노 복합체와 (b) 캐스팅 및 SIL 기술에 따라 스핀 코팅을 사용하는 NA-PDMS 층을 제조하기 위한 개략도를 나타낸다.
- [0057] 한편, NA-PDMS 및 WCNT/나일론 복합 층이 도 1c에 도시된 바와 같이 DD-TENG를 제조하기 위해 두 개의 유전체 또는 음극 및 양이온 물질로 사용된다. 한편, NA-PDMS 및 MWCNT-/나일론 복합체 층은 SIL 및 스핀 코팅 기술에 의해 제조될 수 있으며, 이는 간단하고, 신속하며, 비용 효율적인 방법이다.
- [0058] 따라서, 결과적인 DD-TENG 기기의 제조 비용은 명백하게 감소 될 수 있다. DD-TENG 기기를 개발하는 데 사용 된 MWCNT/나일론 복합 재료 및 NA-PDMS 층의 FE-SEM 이미지가 각각 그림 1d 및 1e에 도시된다. 그림 1d와 1e에서 볼 수 있듯이, 복합 및 NA-PDMS 층의 표면에 있는 마이크로 및 나노 아키텍처는 DD-TENG의 뛰어난 성능 외에도 높은 접촉 영역을 제공할 것으로 기대된다. 또한 넓은 영역에 걸쳐 NF-AI 몰드, NA-PDMS, 플랫폼 PDMS 및 나일론 복합 재료의 FE-SEM 이미지가 Supporting Information의 도 1 (a) 내지 (d)에 도시된다. 도 1 (a)에 도시된 바와 같이, 저렴한 온수 처리. 결과적으로, NF-AI 몰드상의 이러한 나노 구조는 SIL 기술을 사용하여 PDMS 층의 표면에 성공적으로 복제된다(도 1(b)).
- [0059] 비교를 위해 평평한 Si 기판에 의해 복제된 평판 PDMS 층의 FE-SEM 이미지도 관찰 (도 1(c)) 되는데, 어떠한 나노 구조도 없는 평활한 표면을 나타낸다. 마지막으로, 도 1(d)에 도시한 나일론 복합 층의 FE-SEM 이미지가 명확하게 나타난다.
- [0060] 도 1(c)를 참조하면, 본 발명에 따른 전도성 폴리머를 이용한 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG) 기기는 제1 물질 층과 제2 물질 층을 포함할 수 있다. 여기서, 제1 물질 층과 제2 물질 층은 각각 MWCNT/nylon composite와 NA-PDMS일 수 있다. 즉, 제1 물질 층과 제2 물질 층은 각각 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층과 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층일 수 있다.

- [0061] 한편, 제1 물질 층은 상부 전극과 부착되도록 구성되고, 제2 물질 층은 하부 전극과 부착되도록 구성된다. 여기서, 상부 전극과 하부 전극은 각각 Al-top electrode 및 Al-bottom electrode로 표시된다.
- [0062] **2.1. DD-TENG 기기의 동작 메커니즘**
- [0063] 수직 접촉 분리 모드 DD-TENG의 출력 특성에 대해 조사하기 전에, 동작 메커니즘이 도 2 (a)에 개략적으로 설명되어 있다. 이와 관련하여, 도 2는 본 발명에 따른 나노 발전기의 동작 메커니즘과 전압 및 전류 파형을 나타낸다.
- [0064] 초기 상태 ($D = D_0$)에서, 유전체 또는 마찰 전기 물질 (즉, NA-PDMS 및 나일론 복합체 층)은 3mm (즉, D_0 ; 이격 간격)의 거리로 이격된다. 마찰 전하가 가로질러 유도되지 않는다고 가정한다. 이러한 재료는 접촉 면적이 충분하지 않기 때문에 발생한다. 도 2(a), (i)에 도시된 바와 같이, DD-TENG의 상부 구성 요소 ($D = 0$)에 대하여 척력(pushing force)을 적용하여, 나일론 복합 재료 층인 NA-PDMS 층과 완전히 접촉한다. 즉각적으로, 음의 또는 양의 마찰력으로 동일한 크기의 마찰전기가 NA-PDMS 및 나일론 복합체 층의 표면에 걸쳐 생성될 수 있으며, 접촉 대전(contact electrification)에 의해 각각 발생한다.
- [0065] 압력을 DD-TENG의 상부 구성 요소에 인가하면 (도 2(a), (ii)), NA-PDMS로부터 (즉, $D < D_0$) 나일론 복합 층이 멀리 이동하기 시작할 수 있다. 그 결과, NA-PDMS에 대한 음의 마찰 대전은 바닥 Al 전극에 양 전하를 유도하고, 나일론에 양의 마찰 대전을 유도할 수 있다. 복합 층은 또한 상부 Al 전극 상에 양 전하를 유도하기 시작, 즉 정전기 유도를 시작할 수 있다. 그 다음, 양 전극 사이에 형성된 정전기 전위차는 전자를 하부 Al 전극으로부터 상부 Al 전극으로 유도할 수 있고, 음의 단락 전류 ($-ISC$)는 전자 이동과 반대 방향으로 나타날 수 있습니다. 척력 (도 2 (a)-(iii))을 완전히 해제하면, 유전체 재료가 그 원래 위치 (즉, $D = D_0$)와 Al 전극들 사이의 정전하 분포 평형 상태에 도달하여 전기 출력이 0이 된다.
- [0066] 그 후, DD-TENG의 상부 구성 요소에 다시 척력을 인가 (도 2(a),(iv)), 전자는 역으로 유도된 정전기 전위로 인해 상부 Al 전극에서 하부 Al 전극으로 전극 간 차이, 또한 양의 단락 전류 ($+ISC$)가 발생할 수 있다. 마찬가지로, 유전체 재료들 간의 연속적인 접촉 및 분리는 연속적으로 DD-TENG의 전기 출력을 생성한다.
- [0067] 따라서, 도 2의 (a) 내지 (d)를 참조하면, 제1 물질 층과 상기 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전-연결(fully-contact)될 수 있다. 또한, 인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)될 수 있다. 또한, 척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해 압축(compressing)될 수 있다.
- [0068] 이에 따라, 본 발명에서는 나노 발전기 기기에 작용되는 힘에 기반하여 유도되는 전류에 따라, 전술한 제1 물질 층과 제2 물질 층 사이의 이격 거리가 동적으로 조절될 수 있다는 기술적 특징이 있다. 이와 같이, 나노 발전기 기기에 작용되는 힘에 따라 동적으로 조절되는 이격 거리를 이용하여, 다양한 인간 활동을 구별하여 감지할 수 있다. 이러한 특징을 이용하여 다양한 서로 다른 종류의 터치 입력에 의해 작용하는 힘을 구별하여 감지할 수 있고, 이에 따른 서로 구별되는 사용자 인터페이스(UI)를 제공할 수 있다.
- [0069] **2.2 PDMS의 표면 거칠기(surface roughness)를 증가시켜 DD-TENG의 향상된 출력 성능**
- [0070] 이전 섹션에서 언급한 바와 같이, 마찰 전기 (또는 유전체) 물질은 활물질 전체에 높은 접촉 (또는 마찰) 영역을 제공할 것으로 기대할 수 있으며, 또한 TENG의 향상된 출력 성능을 제공한다. 따라서, 본 발명에서는 PDMS 층의 표면에 NAs를 도입하여 DD-TENG의 전기 출력에 대한 PDMS의 표면 거칠기의 영향을 조사한다. 이러한 연구를 통해, 본 발명에서는 상부 유전 물질로서 0 중량%의 MWCNT를 갖는 노출된 나일론 층 또는 나일론 복합 층을 사용할 수 있다. 도 2(b)와 (c)는 각각 적용된 2N의 가압력과 5Hz의 주파수에서 평탄한 DMS와 NA-PDMS 레이어가 있는 DD-TENG의 VOC와 ISC 곡선을 나타낸다.
- [0071] 한편, NA-PDMS 층을 갖는 DD-TENG는 평탄한 PDMS 층 (즉, VOC 및 ISC)과 비교하여 각각 약 300V 및 15 μ A의 높은 VOC 및 ISC 값을 나타낸다. 이러한 결과는 또한 NA-PDMS 층의 강화된 표면 거칠기가 DD-TENG의 전기 출력을 현저히 향상시키는 데 중요한 역할을 할 수 있다는 설명에 대한 근거가 된다. 따라서, NA-PDMS 층은 DD-TENG 기기의 유전체 (또는 음의 마찰 전기) 물질을 추가 실험하는데 사용된다.
- [0072] **2.3 나일론 복합층에 첨가된 MWCNT 농도가 DD-TENG의 출력 성능에 미치는 영향**
- [0073] 또한 DD-TENG의 전기 출력 성능은 나일론 복합 층의 유전율을 변화시킴으로써 더욱 향상된다. 이를 위해, 본 발명에서는 나일론 복합 층에 첨가된 MWCNT의 농도는 0 ~ 0.6중량%로 체계적으로 변화하였으며, DD-TENG 소자의

전기적 출력 성능에 미치는 영향을 조사하였다.

[0074] 도 3은 특정 압력과 주파수 조건에서 서로 다른 농도의 MWCNT에 따른 나일론 복합 층을 사용한 나노 기기에서 측정된 VOC와 ISC를 나타낸다.

[0075] 구체적으로, 도 3(a)와 3(b)는 각각 2N과 5Hz의 가압력과 주파수로 MWCNT가 0 ~ 0.6중량% 인 나일론 복합 층을 사용하여 DD-TENG의 측정된 VOC와 ISC를 나타낸다. 도 3(a)와 3(b)를 참조하면, DD-TENG의 전기 출력 성능은 300V/ 15 μ A에서 400V/22 μ A까지 증가시킬 수 있다. 이러한 향상은 주로 나일론 복합 층의 증가된 비유전율 (또는, 유전 상수)에 기인한다. MWCNT의 농도를 0.6중량%로 증가시킴으로써 DD-TENG의 해당 나일론 복합 재료 층에 대한 VOC 및 ISC 값은 각각 290 V 및 14 μ A로 감소되었다.

[0076] 따라서, 0.3중량%의 MWCNT로 구성된 나일론 합성물을 가진 DD-TENG 기기는 가장 높은 전기 출력 (즉, VOC / ISC ~ 400V / 22 μ A)을 얻기 위한 최적의 구성에 해당한다. 한편, DD-TENG 기기의 추가 연구를 위해 다른 유전체(양의 마찰 전기) 물질들이 사용될 수 있다.

[0077] 따라서, 본 발명에서 제2 물질 층인 나일론 복합 층에서 MWCNT의 농도는, 나노 발전기가 가장 높은 전압과 전류 값을 획득할 수 있도록 0.3중량%로 결정될 수 있다. 이와 관련하여, 도 3 (a), (b)를 참조하면, MWCNT의 농도가 0.3중량%인 경우에 가장 높은 전압과 전류 값이 획득됨을 알 수 있다.

[0078] 2.4. 가압력 및 주파수가 DD-TENG의 출력 성능에 미치는 영향

[0079] 유전체/마찰 전기 물질의 표면 거칠기 및 비유전율과 함께 적용된 가압력 및 주파수는 DD-TENG 기기의 전기 출력 성능에도 영향을 줄 수 있다. 따라서, 다양한 추진력 및 주파수 하에서 최적의 DD-TENG (즉, NA-PDMS 및 0.3 중량% MWCNT/나일론 복합 층의 유전체 층)의 출력 성능을 체계적으로 조사할 필요가 있다. 도 3(c)와 도 3(d)는 DD-TENG의 VOC 및 ISC 곡선을 나타내며, 이러한 측정 동안 2 ~ 8 N의 다양한 외부 척력으로 측정되었으며 척력 주파수는 5 Hz로 유지될 수 있다. 이러한 측정 결과를 통해, 가압력을 2에서 8 N으로 증가시킴에 따라 DD-TENG의 VOC 및 ISC 값이 각각 400 내지 600 V 및 22 - 30 μ A로 향상되었음을 명확하게 알 수 있다.

[0080] DD-TENG의 출력 성능에서의 이러한 향상은 주로 가장 강한 가압력 하에서 유전체 물질 사이의 접촉 면적 증가에 기인한다. 결과적으로, 유전체 재료들 사이의 증가된 접촉 면적은 확실하게 향상될 수 있다. DD-TENG의 출력 성능뿐만 아니라 이들 물질 전반의 표면 전하 밀도가 향상될 수 있다. 또한 1 Hz 에서 5 Hz 범위의 가압 주파수의 함수로서 DD-TENG의 전기 출력 성능의 영향을 분석할 수 있다 (도 3(e) 및 도 3(f)). 도 3(e)를 참조하면, 적용된 척력 주파수가 1 Hz 내지 5 Hz까지 증가하여도, DD-TENG의 VOC 값은 거의 변하지 않았다. 반면에, 척력 주파수가 1 Hz 내지 5 Hz로 증가함에 따라, 7 μ A 내지 19 μ A로 향상됨을 알 수 있다.

[0081] 이는 단위 시간 (즉, 1 초) 내에 푸시 사이클(pushing cycles)이 증가하여 유전체 재료 사이의 접촉 분리 속도를 향상시킬 수 있고 DD-TENG의 AI 전극에 대한 향상된 전하 흐름 속도를 가져올 수 있다. 결과적으로 DD-TENG의 전기 출력 전류 또는 ISC 값은 높은 가압 주파수에서 향상 될 수 있다. 그러나, DD-TENG의 AI 전극을 통해 전달 된 총 전하 수는 거의 일정하다. 따라서 이들 AI 전극 간 전위차도 일정하기 때문에 다양한 척력 주파수에서 DD-TENG의 불변 VOC가 발생할 수 있다.

[0082] 2.5. DD-TENG 기기의 유효 출력 밀도 및 전기적 안정성

[0083] 제안된 DD-TENG 소자의 실효 출력 전력 밀도 (W_{eff})를 결정하는 것은 실용/ 상용 애플리케이션에서 필수적이며 개방 회로 및 단락 회로 조건에 따라 달라진다.

[0084] 이와 관련하여, 도 4는 본 발명에 따른 로드 저항 값에 따른 전압과 전력 밀도 값과, 시간에 따른 출력 전압 안정성 및 이러한 원리를 이용한 LED 이미지를 나타낸 것이다.

[0085] 구체적으로, W_{eff} 를 결정하기 위해, 첫째, 전기 출력 성능 (즉, 전압 및 전류)를 조사한 결과 (도 4(a)), 10^2 - 10^9 Ω 의 범위의 다양한 외부 부하 저항에서 DD-TENG의 성능을 평가할 수 있다. 도 4(a)를 참조하면, DD-TENG의 출력 전압은 10^2 - 10^8 Ω 에서 부하 저항을 증가시켜 점진적으로 증가했으며 10^9 Ω 의 매우 높은 부하 저항에서 최대 400 V에 도달함을 알 수 있다.

[0086] 따라서, 본 발명에서 나노 발전기의 외부 부하인 로드 저항 (load resistance)의 값은, 나노 발전기의 전압 및 전류 값에 따른 전력 밀도(Power Density)가 최적이 되도록 10^7 내지 10^8 Ω 으로 결정될 수 있다. 이와 관련하여, 도 4 (b)를 참조하면, 로드 저항이 10^7 내지 10^8 Ω 으로 선택되는 경우에, 나노 발전기의 전압 및 전

류 값에 따른 전력 밀도가 다른 경우보다 크게 증가함을 알 수 있다.

[0087] 따라서, 로드 저항이 10^7 내지 10^8 Ω 으로 결정 (선택)되는 경우에 전력 밀도 측면에서 임계적 의의를 갖는다.

[0088] 한편, DD-TENG의 출력 전류는 반대의 경향을 보이고 있으며, 작은 부하 저항에서 23 μ A의 가장 높은 전류를 나타내며, 점차 감소하여, 매우 높은 부하 저항에서 거의 제로가 된다.

[0089] 그러나, 이러한 측정들을 이용하면, DD-TENG의 W_{eff} 는 아래의 수학적 식 1에 의해 결정될 수 있다.

[0090] [수학적 식 1]

[0091] $W_{eff} = V \cdot I / A$

[0092] 여기서, V 및 I는 다양한 부하 저항에서의 DD-TENG의 출력 전압 및 전류 값이고, A는 DD-TENG의 활성 영역 (즉, $2 \times 2 \text{ cm}^2$)이다. 도 4(b)는 다양한 부하 저항에서 DD-TENG의 출력 전력 밀도 값을 나타낸다. 도 4(b)를 참조하면, DD-TENG는 매우 낮은 외부 부하 저항에서 가장 낮은 출력 전력 밀도를 나타냄을 알 수 있다. 적당한 외부 부하 저항에서, 이 디바이스는 가장 높은 출력 전력 밀도를 나타낸다. 그러나 DD-TENG는 60M Ω 의 부하 저항에서 최대 출력 전력 밀도 또는 W_{eff} 가 4.12W/m²로 나타남을 알 수 있다. 또한, 실용적/상업적 응용 분야에서 DD-TENG 기기의 전기적 안정성/내구성은 더욱 중요하다.

[0093] 한편, 본 발명에서는 전기 출력 전압을 40분 (즉, 12,000 푸시 사이클), 2N의 척력 및 5Hz의 주파수하에서 DD-TENG의 전기적 안정성/내구성 실험이 수행되었다 (도 4c). 도 4c에 도시된 바와 같이, DD-TENG 기기의 전기 출력 전압은 장기간에 걸친 활동 기간동안 큰 변동 없이 거의 안정적임을 알 수 있다. 이러한 매우 안정적이고 내구성 있는 전기 출력을 갖춘 DD-TENG는 실용적/상업적 응용 분야에 더 적합 할 것으로 기대된다. 마지막으로, DD-TENG에 의해 생성된 이러한 안정적이고 높은 전력은 "ONDL"(도 4d)로 작성된 95개의 상업용 발광 다이오드(LED)를 직렬로 연결하는 데 직접 사용될 수 있다. 이러한 실험은 제안된 DD-TENG가 저전력 전자 기기를 작동시키는 자체 전원 자원으로 활용될 수 있음을 분명히 보여주는 예시에 해당한다.

[0094] **2.6. 습기가 많은 환경에서 안정된 전기 출력을 얻기 위한 파우치 형 DD-TENG 장치**

[0095] 일반적으로, TENG가 높고 안정적인 전기 출력을 나타내지만 실외 환경 (또는 수분 대기)에서 관찰되는 상대 습도가 실제/상업용 어플리케이션에서 사용하는데 가장 큰 장애물 중 하나에 해당한다 습기가 많은 대기에서 물 분자가 풍부하기 때문에 마찰/유전체 표면의 마찰 전기 전하를 상당히 감소시킬 수 있기 때문에, TENG의 전기 출력 성능이 저하된다. 따라서 본 발명에서는 hot impulse sealer를 사용하여 DD-TENG 전체를 파우치 형 폴리에틸렌 백에 간단하게 밀봉하여 제작한 파우치 형 DD-TENG 장치를 제공한다. 또한, DD-TENG 동작 활동 중에 공기 배출구/주입구를 위한 syringe needle을 사용하여 파우치 형 백의 윗면에 작은 구멍을 고정시킬 수 있다.

[0096] 도 5(a) 및 도 5(b)는 비-파우치 형 및 파우치 형 DD-TENG 장치의 이미지를 각각 나타낸다. 도 5(b)에 도시된 바와 같이, DD-TENG 장치를 감싸는 파우치 형 폴리에틸렌 백은 열악한 환경으로부터 보호 커버로서의 기능을 하도록 구성될 수 있다. 또한, 파우치 형 DD-TENG의 전기 출력 성능은 상대 습도에 따라 변하지 않는다는 장점이 있다. 한편, 도 5(c) 및 도 5(d)는 실내 (또는 정상적인 룸) 환경에서 관찰되는 ~35 %의 상대 습도 하에서 파우치 형 DD-TENG 장치의 VOC 및 ISC 곡선을 도시한다. 도 3 (a) 및 도 3b에 도시된 바와 같이, 파우치 형 DD-TENG는 5N과 5Hz의 척력과 주파수에서 각각 비-파우치 형 DD-TENG 장치와 거의 유사한 VOC 및 ISC 값으로 각각 ~400V 및 22 μ A로 나타낸다.

[0097] 또한, 다양한 상대 습도에서 파우치 형 DD-TENG의 출력 성능은 다음과 같다. 이와 관련하여, 도 5(f)는 47 내지 81%의 다양한 상대 습도 조건에서 측정된 파우치 형 장치를 나타낸다. 해당 습도 조건에서 파우치 형 DD-TENG의 VOC 곡선이 도 5(g)에 표시되어 있다. 압축의 경우, 다양한 습도 조건에서 비 파우치 형 DD-TENG 장치의 VOC 곡선이 표시될 수 있다 (도 S2). 도 S2에서 볼 수 있듯이, 비 파우치 형 DD-TENG 장치는 각각 47, 51, 63, 71 및 81%의 상대 습도에서 400, 310, 200, 165 및 105V의 평균 VOC 값을 나타낸다. 이러한 결과는 마찰/유전체층의 표면에서 관찰된 높은 습기로 인해 옥외 환경에서 관찰되는 상대 습도가 증가함에 따라, 비-파우치 형 DD-TENG 장치의 출력 성능이 크게 감소함을 분명하게 나타낸다. 반대로 상대 습도가 47%에서 81%까지 변화되더라도 파우치 형 DD-TENG 소자의 VOC 값/출력 특성은 거의 안정/불변 (즉, ~400V)함을 나타낸다. 따라서 파우치 형 DD-TENG는 습기/옥외 환경에서 이용 가능한 다양한 에너지를 효과적으로 수확할 수 있다.

[0098] 따라서, 본 발명에 따른 나노 발전기는, 상대 습도의 변화에 따라 출력 전압 특성이 일정 임계치 이내로 유지되도록, 상기 나노 발전기 전체를 파우치 형 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 제작한 파우치 형 나노 발전기 기기로 제

공될 수 있다.

[0099] 또한, 본 발명에 따른 나노 발전기는, 서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어할 수 있다. 한편, 이러한 동작은 나노 발전기 내부에 구비되는 별도의 제어부에 의해 수행될 수 있다.

[0100] 2.7. 다양한 인간 활동을 수확할 수 있는 파우치 형 DD-TENG

[0101] 마지막으로, 제안된 파우치 형 DD-TENG 장치의 실제/상업적 응용은 옥외 환경에서 이용 가능한 다양한 인간 활동을 통해 에너지를 수집함으로써 입증될 수 있다. 도 6(a)는 (i) 검지, (ii) 검지 및 중지, 및 (iii) 손으로 터치하는 동안 에너지를 수집하데 사용되는 파우치 형 DD-TENG의 이미지를 나타낸다. 도 6(b) 및 도 6(c)는 전술한 기계적 에너지 하에서 관찰되는 파우치 형 DD-TENG의 출력 전압 및 전류를 도시한다. 도 6(b) 및 도 6(c)를 참조하면, 파우치 형 DD-TENG의 전기 출력 전압/전류는 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동안 각각 60V/4.5 μ A, 130V/6.5 μ A 및 270V/15 μ A로 표시된다. 전술된 결과들로부터, 본 발명에서 제안된 파우치 형 DD-TENG은 터치 센서로 활용될 수 있다.

[0102] 또한, 파우치 형 DD-TENG의 전기적 성능은 다수의 손가락이 다른 힘을 가함으로써 변화되어, 제안된 장치가 다른 접촉력을 확인할 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 파우치 형 나노 발전기 기기는, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱할 수 있다는 장점이 있다.

[0103] 이를 위해, 본 발명에 따른 나노 발전기는, 서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어할 수 있다. 한편, 이러한 동작은 전술한 바와 같이, 나노 발전기 내부에 구비되는 별도의 제어부에 의해 수행될 수 있다.

[0104] 이를 위해, 제어부는 서로 다른 종류의 인간 활동 중 서로 다른 종류의 터치 동작인, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱할 수 있다.

[0105] 또한, 파우치 형 장치는 웨어러블 장치로도 사용되고 걷기와 달리기와 같은 다양한 인간의 움직임을 감지/수확할 수 있다. 이를 위해, 파우치 형 DD-TENG는 도 6(d)와 같이 수화물/가방에 부착되어 어깨에 매달려 있을 수 있다. 결과적으로 웨어러블 파우치 형 DD-TENG는 걷기, 달리기와 같은 일상적인 인간 활동을 효과적으로 감지/수확할 수 있다는 장점이 있다.

[0106] 인간의 보행 및 주행 활동 중 웨어러블 파우치 형 DD-TENG의 출력 전압 / 전류는 각각 13V/0.55 μ A 및 130V/5.5A μ 로 얻어졌다 (도 6(e) 및 도 6(f)). 위의 결과를 통해, 본 발명에서 제안된 파우치 형 DD-TENG가 다양한 인간 활동을 감지/수확할 수 있는 착용 가능한 장치로 널리 사용될 수 있음을 알 수 있다.

[0107] 이를 위해, 본 발명에 따른 나노 발전기는, 서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어할 수 있다. 한편, 이러한 동작은 전술한 바와 같이, 나노 발전기 내부에 구비되는 별도의 제어부에 의해 수행될 수 있다. 이때, 서로 다른 종류의 인간 활동은 전술한 바와 같이, 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작일 수 있다.

[0108] 이와 관련하여, 제어부는 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작에 기반하여 상기 상부 전극 및 상기 하부 전극에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어할 수 있다.

[0109] 한편, 본 발명에 따른 나노 발전기는, 상대 습도의 변화에 따라 출력 전압 특성이 일정 임계치 이내로 유지되도록, 전술한 제1 물질층 및 제2 물질층, 상부 전극 및 하부 전극과 제어부를 포함하여 나노 발전기 전체를 파우치 형 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 제작한 파우치 형 나노 발전기 기기로 제공될 수 있다.

[0110] 이때, 제2 물질 층인 나일론 복합 층에서 MWCNT의 농도는, 상기 나노 발전기의 출력 전압과 출력 전류 값이 임계치 이상이 되도록 하는 범위에서 결정될 수 있다. 또한, 나노 발전기의 외부 부하인 로드 저항 (load resistance)의 값은, 상기 나노 발전기의 전압 및 전류 값에 따른 전력 밀도(Power Density)가 임계치 이상이 되도록 하는 범위에서 결정될 수 있다.

[0111] 3. 본 발명의 다양한 적용들

[0112] 한편, 본 발명에 따른 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG) 기기는 다양한 형태의 기기

들에 응용될 수 있다. 이와 관련하여, 도 7은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 마찰 전기 나노 발전기를 구비하는 (웨어러블) 전자 기기의 상세한 구성을 나타낸다. 마찰 전기 나노 발전기를 구비하는 (웨어러블) 전자 기기는 복수의 전극(111, 112), 제1 및 제2 물질 층(121, 122) 및 제어부(130)를 구비할 수 있다. 또한, (웨어러블) 전자 기기는 무선 통신부(140) 및 디스플레이(150)를 더 구비할 수 있다.

- [0113] 한편, 전술된 나노 발전기 기기에 관한 설명들이 본 발명에 따른 (웨어러블) 전자 기기에 적용될 수 있다.
- [0114] 한편, 복수의 전극(111, 112)은 서로 다른 물질 층, 즉, 제1 및 제2 물질 층(121, 122)이 부착되도록 구성된다. 한편, 제1 및 제2 물질 층(121, 122)은 각각 상부 전극(111) 및 하부 전극(112)과 부착되도록 구성된다.
- [0115] 여기서, 서로 다른 물질 층은 전술한 바와 같이, 제1 물질 층(121) 및 제2 물질 층(122)을 포함할 수 있다. 이때, 제1 물질 층(121)은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층으로 구성될 수 있다. 또한, 제2 물질 층(122)은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층으로 구성될 수 있다.
- [0116] 한편, 도 2 (a) 내지 (d)를 참조하면, 제1 물질 층(121)과 제2 물질 층(122)은, 척력(pushing force)에 의해 완전-연결(fully-contact)될 수 있다. 또한, 제1 물질 층(121)과 제2 물질 층(122)은, 인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)될 수 있다. 또한, 제1 물질 층(121)과 제2 물질 층(122)은, 척력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해 압축(compressing)될 수 있다.
- [0117] 한편, 제어부(130)는 서로 다른 종류의 인간 활동(human activity)에 기반하여, 상부 전극(111) 및 하부 전극(112)에 유도되는 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱하도록 제어한다.
- [0118] 한편, 무선 통신부(140)는 주변 전자 기기와 통신 가능하게 연결되도록 구성될 수 있다. 이때, 제어부(130)는 센싱된 전압 및 전류 값에 따라 센싱된 사용자의 정지, 걷기(walking) 및 달리기(running) 동작 및 상태에 기반하여, 사용자의 상태 정보를 무선 통신부(140)를 통해 주변 전자 기기(를 통해 서버)로 전송할 수 있다. 여기서, 주변 전자 기기는 사용자의 이동 단말일 수 있다.
- [0119] 한편, 디스플레이(150)는, 사용자 입력을 수신하고, 정보를 표시하도록 구성된다. 이때, 제어부(130)는 서로 다른 종류의 인간 활동 중 디스플레이(150)를 통해 수신된 서로 다른 종류의 터치 동작인, 검지, 검지 및 중지, 및 손으로 터치하는 동작을 서로 다른 출력 전압 및 출력 전류 값에 따라 구별하여 센싱할 수 있다.
- [0120] 또한, 제어부(130)는 구별하여 센싱된 동작에 따라 디스플레이(150) 상에 서로 다른 사용자 인터페이스(UI) 화면이 표시되도록 제어할 수 있다.
- [0121] 한편, 본 발명의 또 다른 측면에 따른 전도성 폴리머를 이용한 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기(triboelectric nanogenerator; TENG)의 제조 방법이 제공될 수 있다. 이와 관련하여, 도 8은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 전도성 폴리머를 이용한 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기 기기의 제조 방법의 흐름도를 나타낸다.
- [0122] 한편, 전술된 나노 발전기 기기와 (웨어러블) 전자 기기에 관한 설명들이 본 발명에 따른 제조 방법에 적용될 수 있다.
- [0123] 도 8을 참조하면, 식물-기반 마찰 전기 나노 발전기 기기의 제조 방법은 제1 물질 층 부착 과정(S110) 및 제2 물질 층 부착 과정(S120)을 포함한다. 이와 관련하여, 제1 물질 층 부착 과정(S110)에서, 유전체 기판에 부착된 상부 전극에 제1 물질 층을 부착할 수 있다. 또한, 제2 물질 층 부착 과정(S120)에서, 유전체 기판에 부착된 하부 전극에 제2 물질 층을 부착할 수 있다.
- [0124] 이때, 나노 발전기 기기에 인가되는 힘에 기반하여 유도되는 전류에 따라, 상기 제1 물질 층 부착 과정(S110)을 통해 부착된 제1 물질 층과 제2 물질 층 부착 과정(S120)을 통해 부착된 상기 제2 물질 층 사이의 이격 거리가 동적으로 조절될 수 있다.
- [0125] 한편, 제1 물질 층 부착 과정(S110)을 통해 부착된 상기 제1 물질 층은 다중-벽 카본 나노튜브(multi-walled carbon nanotube ; MWCNT) 층일 수 있다. 또한, 제2 물질 층 부착 과정(S120)을 통해 부착된 제2 물질 층은 나노아키텍처 폴리디메틸실록산(nanoarchitecture polydimethylsiloxane; NA-PDMS) 층일 수 있다.
- [0126] 한편, 제1 물질 층 부착 과정(S110)을 통해 부착된 제1 물질 층과 상제2 물질 층 부착 과정(S120)을 통해 부착된 제2 물질 층은, 척력(pushing force)에 의해 완전-연결(fully-contact)될 수 있다. 또한, 인력(pulling force)에 따라 제1 방향의 전류에 의해 이격(separating)되어, 완전-이격(fully-separated)될 수 있다. 또한,

적력에 따라 상기 제1 방향의 전류와 반대 방향인 제2 방향의 전류에 의해압축(compressing)될 수 있다.

4. 결론

요약하면, 본 발명에서는 습기가 많은 환경에서도 높고 안정된 전기 출력을 얻을 수 있는 파우치 형 DD-TENG 기기를 제공할 수 있다는 장점이 있다. 이를 위해 DD-TENG는 NA-PDMS 및 MWCNT / 나일론 복합 층을 음이온 및 양이온 물질로 사용하여 설계될 수 있다. 또한, NA-PDMS는 NF-A1 물드를 통한 간단하고 비용 효율적인 SIL 기술로 제조되며, 유전체 재료의 표면 접촉 면적을 향상시키는 데 사용될 수 있다. 한편, MWCNT를 나일론 중합체에 혼합하여 나일론 복합 층을 제조한다. 유전체 재료의 유전율은 다음과 같다. 물론 제조 비용이 절감될 뿐만 아니라 성능이 향상될 수 있다. NA-PDMS와 0.3 중량%의 WCNT/나일론 복합 층을 갖는 최적의 DD-TENG이 2N의 가압력과 5Hz의 주파수 하에서 VOC/ISC 400V/22 μ A, Weff 4.12W/m²와 같은 전기적 성능을 나타낸다.

또한, 이는 40분 동안의 장기간의 활성 기간 (즉, ~12000 푸시 사이클)에 걸쳐 안정한 성능을 나타낸다. 또한, DD-TENG에 의해 생성된 전력은 직렬로 연결된 95 개의 녹색 및 청색 상용 LED 조명에 사용될 수 있다. 마지막으로, DD-TENG 장치는 파우치 형 폴리에틸렌 백에 넣어 밀봉될 수 있다. 결과적으로, 파우치 형 DD-TENG 장치는 비 파우치 형 장치의 VOC 값이 400 내지 105V로 감소되더라도 안정적인 출력 VOC 값이 400V를 나타내며, 각각. 파우치 형 DD-TENG의 실제/상업용의 작용 가능한 장치로 사용할 수 있다. 이에 따라, 다양한 일상적인 인간 활동을 효과적으로 감지 및 수확할 수 있다.

이상에서는, 본 발명에 따른 기계 에너지를 얻기 위한 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기 기기와 이의 제조방법과 나노 발전기 기기를 이용한 전자 기기에 대해 살펴보았다. 본 발명에 따른 기술적 효과는 다음과 같다.

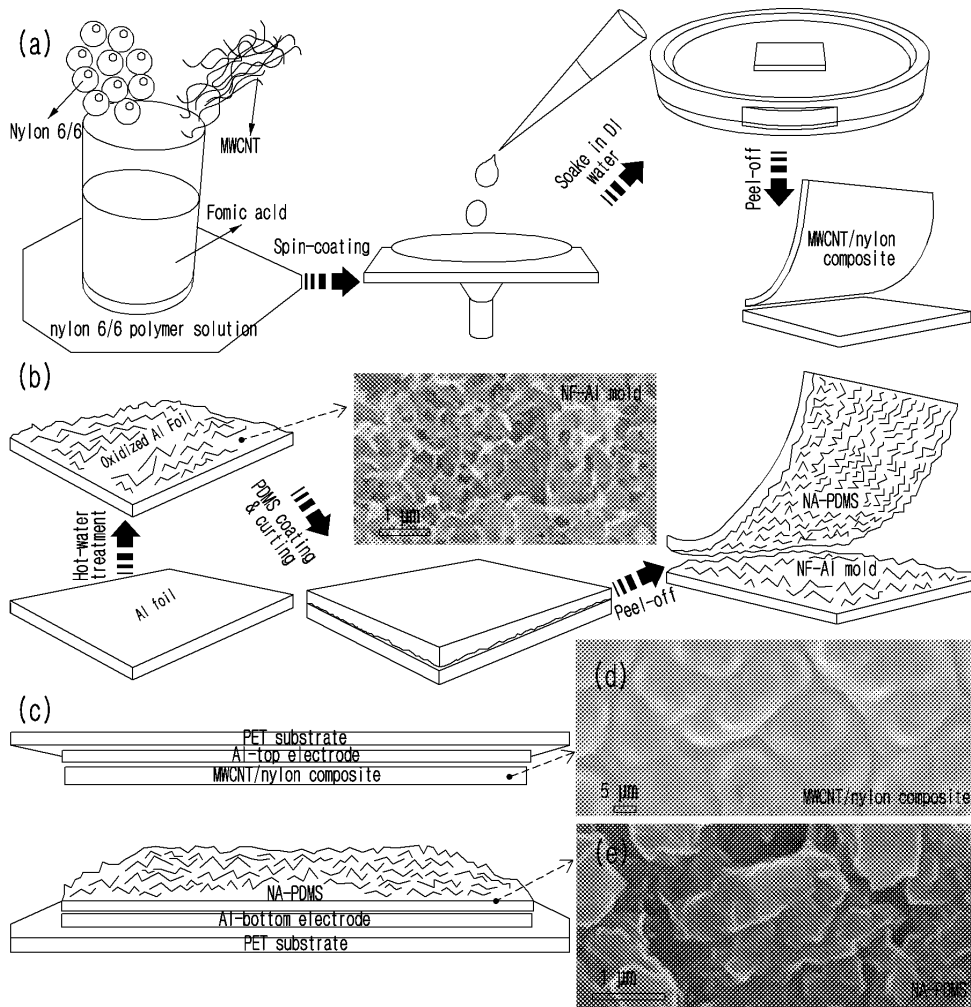
본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 다양한 일상적인 인간 활동을 효과적으로 감지 및 수확할 수 있는 전도성 폴리머 기반 직물-기반 마찰 전기 나노 발전기를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 본 발명의 적어도 일 실시 예에 따르면, 습기가 많은 환경에서도 높고 안정된 전기 출력을 얻을 수 있는 파우치 형 TENG 기기를 제공할 수 있다는 장점이 있다.

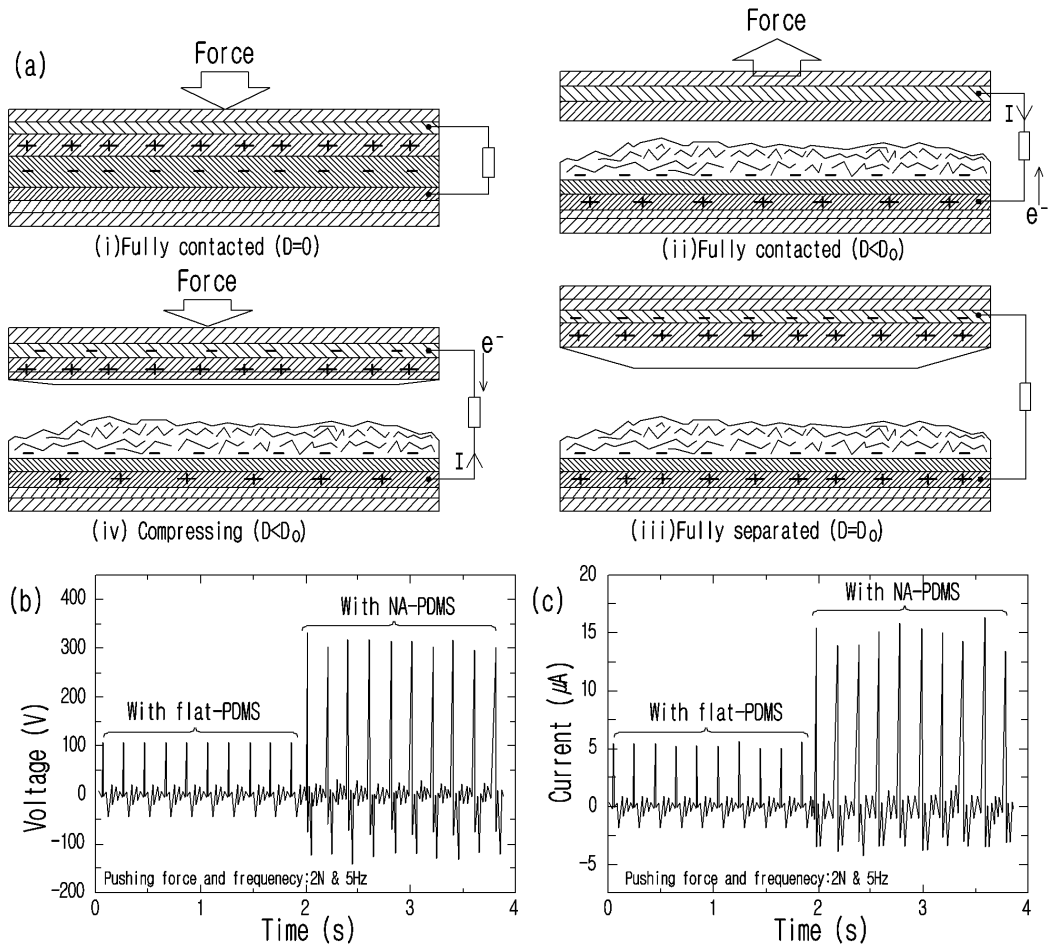
소프트웨어적인 구현에 의하면, 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능뿐만 아니라 각각의 구성 요소들에 대한 설계 및 파라미터 최적화는 별도의 소프트웨어 모듈로도 구현될 수 있다. 적절한 프로그램 언어로 쓰여진 소프트웨어 어플리케이션으로 소프트웨어 코드가 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 코드는 메모리에 저장되고, 제어부(controller) 또는 프로세서(processor)에 의해 실행될 수 있다.

도면

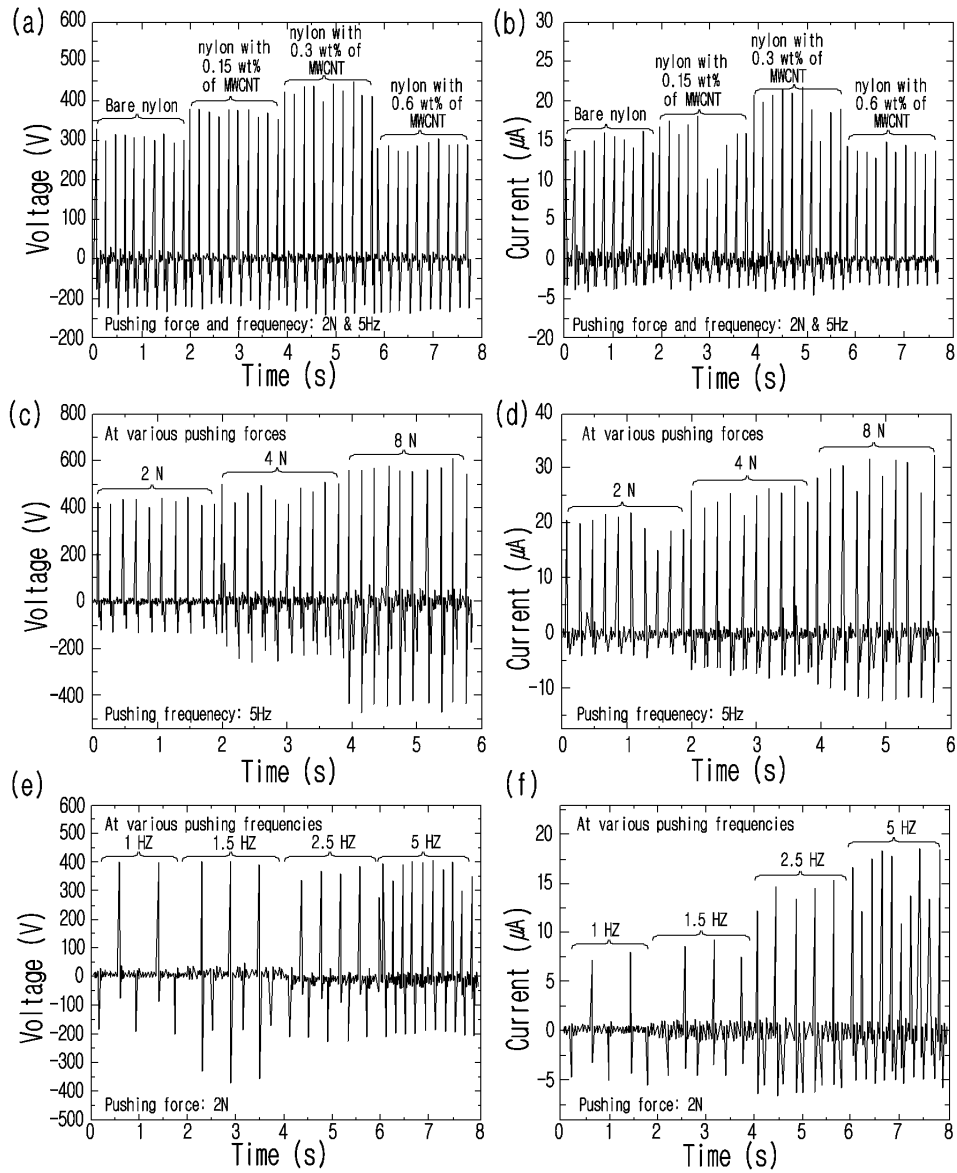
도면1



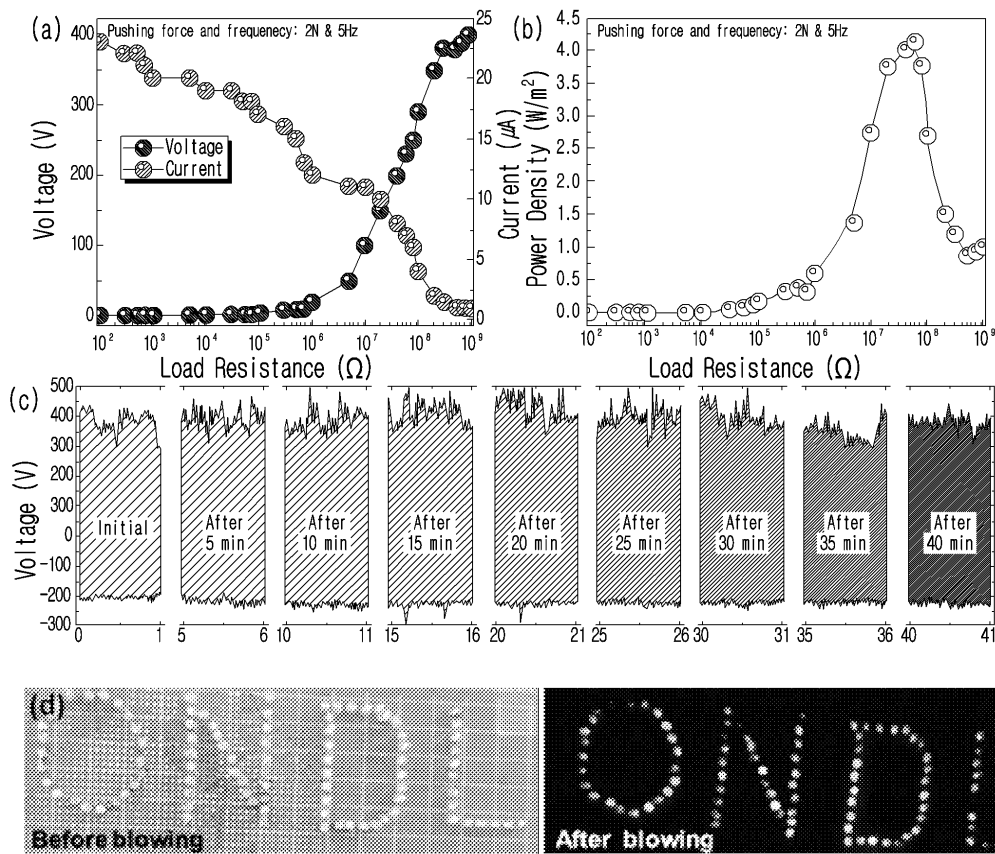
도면2



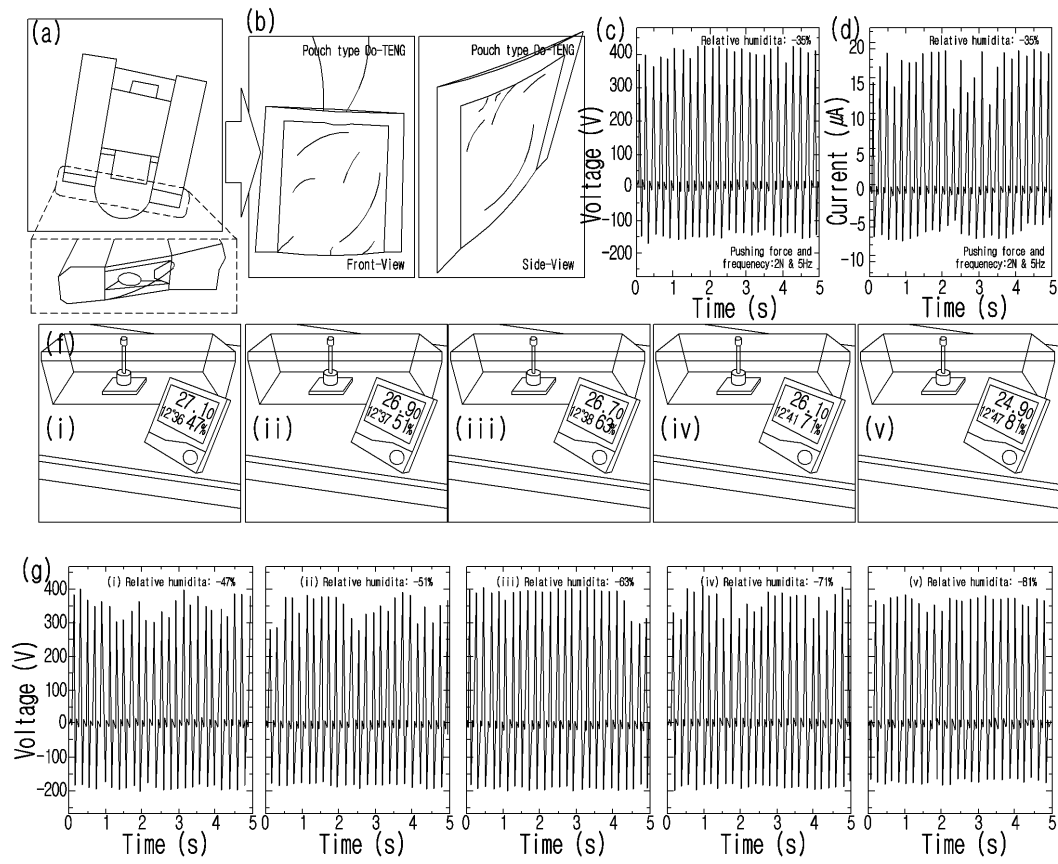
도면3



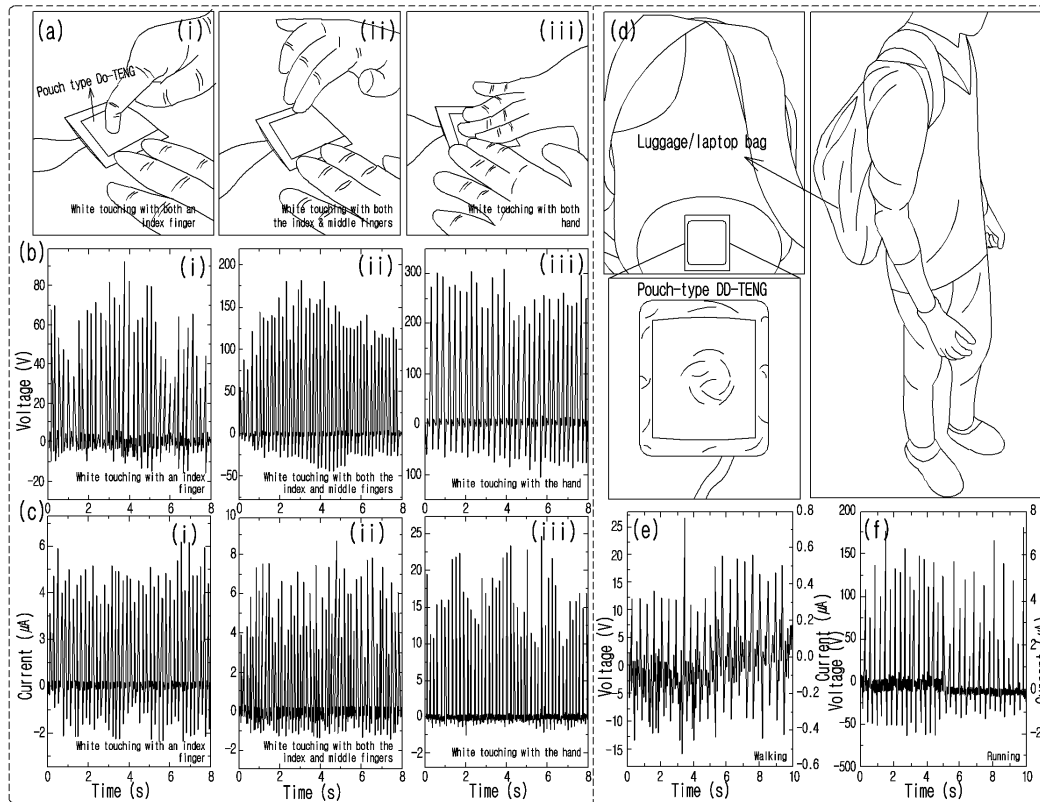
도면4



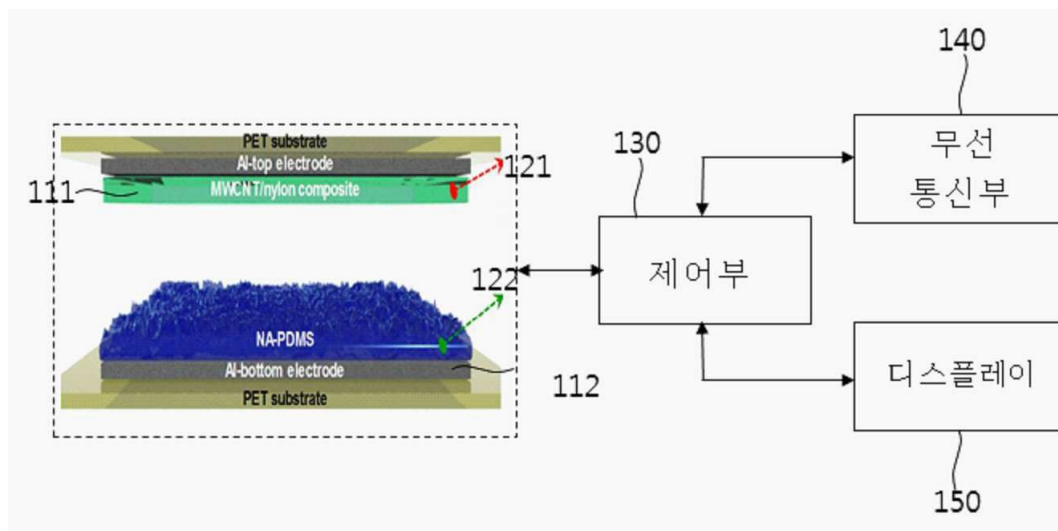
도면5



도면6



도면7



도면8

