



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0133604
(43) 공개일자 2023년09월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01) D06N 7/00 (2020.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
D06N 7/0097 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0030795
(22) 출원일자 2022년03월11일
심사청구일자 2022년03월11일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
김대원
서울특별시 송파구 송파대로 345, 316동 1401호 (가락동, 헬리오시티)
박지현
경기도 수원시 영통구 덕영대로1681번길 9, 202호 (영통동)
(74) 대리인
김연권

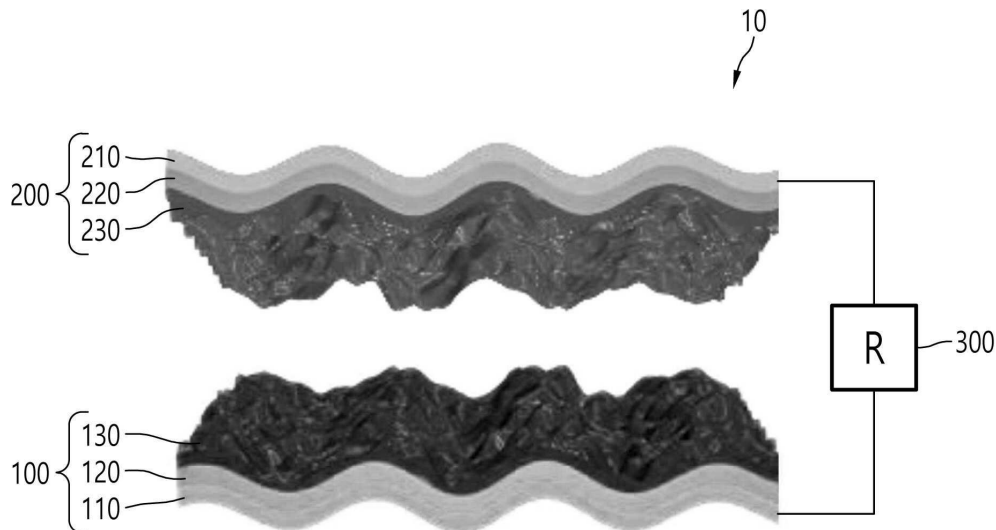
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 마찰 대전 나노 발전기, 및 마찰 대전 나노 발전기의 제조 방법

(57) 요약

마찰 전기 나노 발전기는 제1 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제1 PS 필름, 및 상기 제1 PS 필름 상에 형성된 제1 나노 섬유막을 포함하는 제1 대전층, 제2 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제2 PS 필름, 및 상기 제2 PS 필름 상에 형성된 제2 나노 섬유막을 포함하는 제2 대전층, 및 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 전기적으로 연결하는 연결 부하를 포함할 수 있다. 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층은 열처리를 통해 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가짐으로써 유효 접촉 면적이 증가될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

D06N 2209/041 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711127697
과제번호	2021R1C1C1014004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	(혁신법)이공분야기초연구사업/신진연구자지원사업/우수신진연구
연구과제명	상용화 수준의 자가 구동 인공망막장치 개발을 위한 정전 기반의 전기 자극 장치 및
고효율 에너지 변환 시스템 연구	
기 여 율	1/3
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345332280
과제번호	2018R1A6A1A03025708
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중점연구소지원(이공계분야)
연구과제명	웨어러블융합전자연구소
기 여 율	1/3
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711133738
과제번호	2020M3H2A1076786
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	과학기술혁신인재양성(R&D)
연구과제명	산학 밀착형 IoT 반도체 시스템 융합 인력육성 센터
기 여 율	1/3
과제수행기관명	성균관대학교 산학협력단
연구기간	2020.04.27 ~ 2025.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제1 PS 필름, 및 상기 제1 PS 필름 상에 형성된 제1 나노 섬유막을 포함하는 제1 대전층;

제2 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제2 PS 필름, 및 상기 제2 PS 필름 상에 형성된 제2 나노 섬유막을 포함하는 제2 대전층; 및

상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 전기적으로 연결하는 연결 부하를 포함하고,

상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층은,

열처리를 통해 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가짐으로써 유효 접촉 면적이 증가된 것을 특징으로 하는,

마찰 전기 나노 발전기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 나노 섬유막은,

DMF 용매에 PAN이 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합된 제1 폴리머 용액을 상기 제1 PS 필름 상에 전기 방사함으로써 형성되는 것을 특징으로 하는,

마찰 전기 나노 발전기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 나노 섬유막은,

전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 제1 PS 필름과 주사부 사이의 작업 거리가 13cm 내지 17cm로 설정되고, 상기 제1 폴리머 용액이 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사됨으로써 형성되는 것을 특징으로 하는,

마찰 전기 나노 발전기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 나노 섬유막은,

DMF 용매에 Na66이 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합된 제2 폴리머 용액을 상기 제2 PS 필름 상에 전기 방사함으로써 형성되는 것을 특징으로 하는,

마찰 전기 나노 발전기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 나노 섬유막은,

전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 제2 PS 필름과 주사부 사이의 작업 거리가 13cm 내지 17cm로 설정되고, 상기 제2 폴리머 용액이 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사됨으로써 형성되는

것을 특징으로 하는,
마찰 전기 나노 발전기.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층은,
120℃ 내지 150℃의 온도로 1분 이내 열처리됨으로써 상기 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 상기 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가지는 것을 특징으로 하는,
마찰 전기 나노 발전기.

청구항 7

DMF 및 PAN이 혼합된 제1 폴리머 용액, 및 DMF 및 Na66이 혼합된 제2 폴리머 용액을 제조하는 단계;
상기 제1 폴리머 용액 및 상기 제2 폴리머 용액을 폴리스타이렌으로 구성된 PS 필름 상에 전기 방사하는 단계;
제1 폴리머 용액으로 형성된 제1 나노 섬유막을 포함하는 제1 대전층, 및 제2 폴리머 용액으로 형성된 제2 나노 섬유막을 포함하는 제2 대전층을 형성하는 단계;
상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 열처리하여 주름 구조를 형성하는 단계; 및
상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 연결 부하로 연결하여 마찰 전기 나노 발전기를 형성하는 단계를 포함하는,
마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 DMF 및 PAN이 혼합된 제1 폴리머 용액, 및 DMF 및 Na66이 혼합된 제2 폴리머 용액을 제조하는 단계는,
DMF 용매에 PAN을 15 wt%의 농도로 혼합하여 상기 제1 폴리머 용액을 제조하고,
DMF 용매에 Na66을 15 wt%의 농도로 혼합하여 상기 제2 폴리머 용액을 제조하는 것을 특징으로 하는,
마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,
상기 제1 폴리머 용액 및 상기 제2 폴리머 용액을 폴리스타이렌으로 구성된 PS 필름 상에 전기 방사하는 단계는,
전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 PS 필름과 주사부 사이의 작업 거리를 13cm 내지 17cm로 설정하고, 상기 제1 폴리머 용액 및 상기 제2 폴리머 용액을 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사하는 것을 특징으로 하는,
마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,
상기 제1 폴리머 용액으로 형성된 제1 나노 섬유막을 포함하는 제1 대전층, 및 제2 폴리머 용액으로 형성된 제2 나노 섬유막을 포함하는 제2 대전층을 형성하는 단계는,
제1 전극 필름 상에 제1 PS 필름을 형성하고, 상기 제1 PS 필름 상에 상기 제1 나노 섬유막을 형성함으로써 제1 대전층을 형성하고,

제2 전극 필름 상에 제2 PS 필름을 형성하고, 상기 제2 PS 필름 상에 상기 제2 나노 섬유막을 형성함으로써 제2 대전층을 형성하는 것을 특징으로 하는,

마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 열처리하여 주름 구조를 형성하는 단계는,

상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 120℃ 내지 150℃의 온도로 1분 이내 열처리함으로써 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 형성하는 것을 특징으로 하는,

마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마찰 대전 나노 발전기에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 폴리스타이렌 필름 상에 폴리머 용액이 전기 방사되어 주름 구조가 형성된 마찰 대전 나노 발전기, 및 마찰 대전 나노 발전기의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 생활 주변이나 산업현장에서 볼 수 있는 대부분의 물품이나 장치는 전기를 동력원으로 하고 있고, 사회의 고도화에 따라 그 수요가 증가되고 있다.

[0003] 이에 따라, 화석에너지를 이용한 화력발전, 핵융합 및 핵분열을 이용한 원자력발전과 같이 다양한 발전시설에 대한 시설투자가 지속적으로 증가되고 있고, 최근에는 에너지 자원의 고갈로 인해 태양광발전, 풍력발전, 조력발전과 같은 다양한 대체 발전시설에 투자와 개발이 활발하게 진행되고 있다.

[0004] 특히, 최근에는 에너지 하베스트(energy harvest)라는 개념으로 일상 생활에서 버려지는 에너지를 회수하는 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 최근에는 인간 주변의 움직임으로부터 소량의 전기를 수확하는 방법으로 2개의 다른 물체가 마찰될 때 발생하는 전자를 포획하는 기술이 연구되고 있다.

[0005] 역학적 에너지를 전기적 에너지로 바꾸는 마찰 전기 나노 발전기 (triboelectric nanogenerator; TENG)는 높은 에너지 전환 효율, 낮은 제조 단가, 간단하면서 구부릴 수 있는 구조, 그리고 다양한 물질로 제작 가능하다는 점에서 활발한 연구와 발전이 이루어지고 있다.

[0006] 한편, 기존의 마찰 전기 나노 발전기는 발전 소재로 주로 플라스틱 필름을 사용하나, 이와 같은 재료는 발전소재의 표면적을 늘리는데 한계가 있고 정전용량이 작아서 마찰 전기 나노 발전기의 발전 출력을 향상시키는데 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1952533호, "페이퍼 기반의 마찰 전기 나노 발전기 및 그 제조 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 일 목적은 폴리스타이렌 필름 상에 폴리머 용액이 전기 방사되어 주름 구조가 형성됨으로써 유효 접촉 면적이 증가된 마찰 전기 나노 발전기를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 다른 목적은 유효 접촉 면적이 증가되어 마찰 전기 발전 출력이 극대화된 마찰 전기 나노 발전기를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 상기 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기 언급된 과제에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예들에 따른 마찰 전기 나노 발전기는 제1 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제1 PS 필름, 및 상기 제1 PS 필름 상에 형성된 제1 나노 섬유막을 포함하는 제1 대전층, 제2 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제2 PS 필름, 및 상기 제2 PS 필름 상에 형성된 제2 나노 섬유막을 포함하는 제2 대전층, 및 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 전기적으로 연결하는 연결 부하를 포함할 수 있다. 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층은 열처리를 통해 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가짐으로써 유효 접촉 면적이 증가될 수 있다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 제1 나노 섬유막은 DMF 용매에 PAN이 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합된 제1 폴리머 용액을 상기 제1 PS 필름 상에 전기 방사함으로써 형성될 수 있다.

[0014] 일 실시예에서, 상기 제1 나노 섬유막은 전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 제1 PS 필름과 주사부 사이의 작업 거리가 13cm 내지 17cm로 설정되고, 상기 제1 폴리머 용액이 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사됨으로써 형성될 수 있다.

[0015] 일 실시예에서, 상기 제2 나노 섬유막은 DMF 용매에 Na66이 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합된 제2 폴리머 용액을 상기 제2 PS 필름 상에 전기 방사함으로써 형성될 수 있다.

[0016] 일 실시예에서, 상기 제2 나노 섬유막은 전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 제2 PS 필름과 주사부 사이의 작업 거리가 13cm 내지 17cm로 설정되고, 상기 제2 폴리머 용액이 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사됨으로써 형성될 수 있다.

[0017] 일 실시예에서, 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층은 120℃ 내지 150℃의 온도로 1분 이내 열처리됨으로써 상기 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가질 수 있다.

[0018] 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예들에 따른 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법은 DMF 및 PAN이 혼합된 제1 폴리머 용액, 및 DMF 및 Na66이 혼합된 제2 폴리머 용액을 제조하는 단계, 상기 제1 폴리머 용액 및 상기 제2 폴리머 용액을 폴리스타이렌으로 구성된 PS 필름 상에 전기 방사하는 단계, 제1 폴리머 용액으로 형성된 제1 나노 섬유막을 포함하는 제1 대전층, 및 제2 폴리머 용액으로 형성된 제2 나노 섬유막을 포함하는 제2 대전층을 형성하는 단계, 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 열처리하여 주름 구조를 형성하는 단계, 및 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 연결 부하로 연결하여 마찰 전기 나노 발전기를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시예에서, 상기 DMF 및 PAN이 혼합된 제1 폴리머 용액, 및 DMF 및 Na66이 혼합된 제2 폴리머 용액을 제조하는 단계는 DMF 용매에 PAN을 15 wt%의 농도로 혼합하여 상기 제1 폴리머 용액을 제조하고, DMF 용매에 Na66을 15 wt%의 농도로 혼합하여 상기 제2 폴리머 용액을 제조할 수 있다.

[0020] 일 실시예에서, 상기 제1 폴리머 용액 및 상기 제2 폴리머 용액을 폴리스타이렌으로 구성된 PS 필름 상에 전기 방사하는 단계는 전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 PS 필름과 주사부 사이의 작업 거리를 13cm 내지 17cm로 설정하고, 상기 제1 폴리머 용액 및 상기 제2 폴리머 용액을 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사할 수 있다.

[0021] 일 실시예에서, 상기 제1 폴리머 용액으로 형성된 제1 나노 섬유막을 포함하는 제1 대전층, 및 제2 폴리머 용액으로 형성된 제2 나노 섬유막을 포함하는 제2 대전층을 형성하는 단계는 제1 전극 필름 상에 제1 PS 필름을 형성하고, 상기 제1 PS 필름 상에 상기 제1 나노 섬유막을 형성함으로써 제1 대전층을 형성하고, 제2 전극 필름 상에 제2 PS 필름을 형성하고, 상기 제2 PS 필름 상에 상기 제2 나노 섬유막을 형성함으로써 제2 대전층을 형성할 수 있다.

[0022] 일 실시예에서, 상기 제1 대전층 및 상기 제2 대전층을 열처리하여 주름 구조를 형성하는 단계는 상기 제1 대전

층 및 상기 제2 대전층을 120℃ 내지 150℃의 온도로 1분 이내 열처리함으로써 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 형성할 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명의 실시예들에 따른 마찰 전기 나노 발전기 및 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법은 폴리스타이렌 필름 상에 폴리머 용액을 전기 방사하여 마이크로 사이즈의 주름 구조와 나노 사이즈의 주름 구조를 각각 형성함으로써 마찰 전기 나노 발전기의 유효 접촉 면적을 증가시킬 수 있다.
- [0024] 따라서, 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기는 유효 접촉 면적이 증가되어 마찰 전기 발전 효율이 증가하고, 마찰 전기 발전 출력이 극대화될 수 있다.
- [0025] 다만, 본 발명의 효과는 상술한 효과에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 마찰 전기 나노 발전기의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 2는 도 1의 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 제1 폴리머 용액 및 제2 폴리머 용액의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 제1 나노 섬유막 및 제2 나노 섬유막을 형성하기 위한 전기 방사를 나타내는 도면이다.
- 도 5는 제1 나노 섬유막이 형성된 제1 대전층 및 제2 나노 섬유막이 형성된 제2 대전층의 일 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 포함하는 제1 대전층 및 제2 대전층의 일 예시를 나타내는 도면이다.
- 도 7a는 제1 대전층의 제1 PS 필름 및 제1 나노 섬유막의 SEM 이미지이다.
- 도 7b는 제1 나노 섬유막을 확대한 SEM 이미지이다.
- 도 8은 도7a에서 주름 구조를 표시한 도면이다.
- 도 9는 주름 구조가 없는 마찰 전기 나노 발전기와 주름 구조가 있는 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기의 발전 출력을 비교한 그래프이다.
- 도 10은 도 9의 그래프에서 주름 구조가 있는 경우와 주름 구조가 없는 경우 각각에 대한 최대 전압 및 최대 전류를 추출한 도표이다.
- 도 11은 도 10의 도표에 기초하여 마찰 전기 나노 발전기의 전압 출력과 전류 출력을 비교하는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 문서의 다양한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.
- [0028] 실시예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 하기에서 다양한 실시예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0030] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0031] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.
- [0032] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0033] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한

조합을 포함할 수 있다.

- [0034] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.
- [0035] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.
- [0036] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.
- [0037] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.
- [0038] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.
- [0039] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [0040] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0041] 상술한 구체적인 실시예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.
- [0042] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.
- [0043] 한편, 발명의 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.
- [0044] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.
- [0045] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 마찰 전기 나노 발전기(10)의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0046] 도 1을 참조하면, 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)는 제1 대전층(100), 제2 대전층(200), 및 제1 대전층(100)과 제2 대전층(200)을 연결하는 연결 부하(300)를 포함할 수 있다.
- [0047] 제1 대전층(100)은 제1 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제1 PS 필름(120), 및 제1 PS 필름(120) 상에 형성된 제1 나노 섬유막(130)을 포함할 수 있다.
- [0048] 제2 대전층(200)은 제2 전극 필름, 폴리스타이렌으로 구성되는 제2 PS 필름(220), 및 제2 PS 필름(220) 상에 형성된 제2 나노 섬유막(230)을 포함할 수 있다.
- [0049] 연결 부하(300)는 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)을 전기적으로 연결할 수 있다.
- [0050] 마찰 전기 나노 발전기(10)의 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 마이크로 사이즈의 주름 구조와 나노 사이즈의 주름 구조를 각각 포함할 수 있다.
- [0051] 예를 들어, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 열처리를 통해 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가짐으로써 유효 접촉 면적이 증가될 수 있다.
- [0052] 따라서, 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)는 유효 접촉 면적이 증가되어 마찰 전기 발전 효율이 증가하고, 마찰 전기 발전 출력이 극대화될 수 있다.
- [0053] 도 2는 도 1의 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법을 나타내는 순서도이고, 도 3은 제1 폴리머 용액 및 제2 폴

리머 용액의 구성을 나타내는 도면이며, 도 4는 제1 나노 섬유막(130) 및 제2 나노 섬유막(230)을 형성하기 위한 전기 방사를 나타내는 도면이고, 도 5는 제1 나노 섬유막(130)이 형성된 제1 대전층(100) 및 제2 나노 섬유막(230)이 형성된 제2 대전층(200)의 일 예시를 나타내는 도면이며, 6은 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 포함하는 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)의 일 예시를 나타내는 도면이다.

- [0054] 도 2를 참조하면, 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법은 DMF 및 PAN이 혼합된 제1 폴리머 용액, 및 DMF 및 Na66이 혼합된 제2 폴리머 용액을 제조(S100)하고, 제1 폴리머 용액 및 제2 폴리머 용액을 폴리스타이렌으로 구성된 PS 필름 상에 전기 방사(S200)하며, 제1 폴리머 용액으로 형성된 제1 나노 섬유막(130)을 포함하는 제1 대전층(100), 및 제2 폴리머 용액으로 형성된 제2 나노 섬유막(230)을 포함하는 제2 대전층(200)을 형성(S300)하고, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)을 열처리하여 주름 구조를 형성(S400)하며, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)을 연결 부하(300)로 연결(S500)하여 마찰 전기 나노 발전기(10)를 형성할 수 있다.
- [0055] 일 실시예에서, 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법은 DMF 및 PAN이 혼합된 제1 폴리머 용액, 및 DMF 및 Na66이 혼합된 제2 폴리머 용액을 제조(S100)할 수 있다.
- [0056] 도 3을 참조하면, 제1 폴리머 용액은 DMF 용매에 PAN을 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합하여 제조될 수 있다. 또한, 제2 폴리머 용액은 DMF 용매에 Na66을 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합하여 제조될 수 있다.
- [0057] 예를 들어, 제1 폴리머 용액은 DMF 용매에 PAN이 15 wt% 농도로 혼합되어 제조될 수 있다. 예를 들어, 제1 폴리머 용액은 DMF 용매에 Na66이 15 wt% 농도로 혼합되어 제조될 수 있다.
- [0058] 일 실시예에서, 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법은 제1 폴리머 용액 및 제2 폴리머 용액을 폴리스타이렌으로 구성된 PS 필름 상에 나노 섬유(NF)로 전기 방사(S200)할 수 있다.
- [0059] 도 4를 참조하면, 제1 폴리머 용액 및 제2 폴리머 용액은 주사부(20)로부터 제1 PS 필름(120) 및 제2 PS 필름(220) 상에 전기 방사될 수 있다.
- [0060] 구체적으로, 상기 전기 방사 공정은 전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 PS 필름과 주사부(20) 사이의 작업 거리를 13cm 내지 17cm로 설정하여 수행될 수 있다.
- [0061] 주사부(20)는 상기 제1 폴리머 용액 및 상기 제2 폴리머 용액을 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 제1 PS 필름(120) 및 제2 PS 필름(220) 상에 나노 섬유(NF)로 전기 방사할 수 있다.
- [0062] 예를 들어, 상기 제1 나노 섬유막(130)은 DMF 용매에 PAN이 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합된 제1 폴리머 용액을 상기 제1 PS 필름(120) 상에 전기 방사함으로써 형성될 수 있다.
- [0063] 이 경우, 상기 제1 나노 섬유막(130)은 전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 제1 PS 필름(120)과 주사부(20) 사이의 작업 거리가 13cm 내지 17cm로 설정되고, 상기 제1 폴리머 용액이 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사됨으로써 형성될 수 있다.
- [0064] 예를 들어, 상기 제2 나노 섬유막(230)은 DMF 용매에 Na66이 14 wt% 내지 16 wt%의 농도로 혼합된 제2 폴리머 용액을 상기 제2 PS 필름(220) 상에 전기 방사함으로써 형성될 수 있다.
- [0065] 이 경우, 상기 제2 나노 섬유막(230)은 전압 조건 10 kV 내지 15kV에서, 상기 제2 PS 필름(220)과 주사부(20) 사이의 작업 거리가 13cm 내지 17cm로 설정되고, 상기 제2 폴리머 용액이 분당 1 mL 내지 2 mL의 주사율로 1.5 내지 2.5 시간 동안 전기 방사됨으로써 형성될 수 있다.
- [0066] 일 실시예에서, 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법은 제1 폴리머 용액으로 형성된 제1 나노 섬유막(130)을 포함하는 제1 대전층(100), 및 제2 폴리머 용액으로 형성된 제2 나노 섬유막(230)을 포함하는 제2 대전층(200)을 형성(S300)할 수 있다.
- [0067] 도 5를 참조하면, 제1 대전층(100)은 제1 전극 필름(110) 상에 제1 PS 필름(120)이 형성되고, 제1 PS 필름(120) 상에 제1 폴리머 용액이 전기 방사에 의해 제1 나노 섬유막(130)이 형성됨으로써 제조될 수 있다.
- [0068] 예를 들어, 제1 PS 필름(120)은 마이크로 사이즈의 필름 구성을 가지고, 제1 나노 섬유막(130)은 나노 사이즈의 섬유막 구성을 가질 수 있다.
- [0069] 이와 유사하게, 제2 대전층(200) 또한, 제2 전극 필름(210) 상에 제2 PS 필름(220)이 형성되고, 제2 PS 필름(220) 상에 제2 폴리머 용액이 전기 방사에 의해 제2 나노 섬유막(230)이 형성됨으로써 제조될 수 있다.
- [0070] 예를 들어, 제2 PS 필름(220)은 마이크로 사이즈의 필름 구성을 가지고, 제2 나노 섬유막(230)은 나노 사이즈의

섬유막 구성을 가질 수 있다.

- [0071] 일 실시예에서, 마찰 전기 나노 발전기의 제조 방법은 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)을 열처리하여 주름 구조를 형성(S400)할 수 있다.
- [0072] 도 6을 참조하면, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 120℃ 내지 150℃의 온도로 1분 이내 열처리됨으로써 상기 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 상기 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가질 수 있다.
- [0073] 폴리스타이렌으로 구성된 PS 필름은 열에너지에 의해 주름을 형성하는 특성을 가질 수 있다. 제1 대전층(100)에 120℃ 내지 150℃의 온도의 열에너지가 가해지는 경우, 제1 PS 필름(120)은 마이크로 사이즈의 주름 구조를 형성할 수 있다. 또한, 제1 대전층(100)에 120℃ 내지 150℃의 온도의 열에너지가 가해지는 경우, 제1 나노 섬유막(130)은 나노 사이즈의 주름 구조를 형성할 수 있다.
- [0074] 마찬가지로, 제2 대전층(200)에 120℃ 내지 150℃의 온도의 열에너지가 가해지는 경우, 제2 PS 필름(220)은 마이크로 사이즈의 주름 구조를 형성할 수 있다. 또한, 제2 대전층(200)에 120℃ 내지 150℃의 온도의 열에너지가 가해지는 경우, 제2 나노 섬유막(230)은 나노 사이즈의 주름 구조를 형성할 수 있다.
- [0075] 이에 따라, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 제1 PS 필름(120) 및 제2 PS 필름(220)의 마이크로 사이즈의 주름 구조와 제1 나노 섬유막(130) 및 제2 나노 섬유막(230)의 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가질 수 있다.
- [0076] 연결 부하(300)는 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)을 전기적으로 연결하여 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200) 중 어느 하나로부터 다른 하나로 전류가 전달되도록(즉, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200) 사이에 전하가 전달되도록) 할 수 있다.
- [0077] 연결 부하(300)는 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200) 각각에 직접적으로 연결되어 있을 수도 있고, 또는 다른 도통 가능한 소자를 경유하여 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200) 중 적어도 하나에 간접적으로 연결되어 있을 수도 있다.
- [0078] 연결 부하(300)는, 통전 가능한 소정의 금속 소재 또는 이와 동일하거나 유사한 기능을 수행하는 다른 여타의 전도성 소재를 이용하여 구현될 수 있다.
- [0079] 예를 들어, 연결 부하(300)는 소정의 금속 케이블이나 회로 기판 등의 금속선 등을 포함하고, 일정한 크기의 저항(R)을 가질 수 있다.
- [0080] 이와 같이, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 열처리를 통해 마이크로 사이즈의 주름 구조 및 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가짐으로써 유효 접촉 면적이 증가될 수 있다. 따라서, 마찰 전기 나노 발전기(10)는 마찰 전기 발전 효율이 증가하고, 마찰 전기 발전 출력이 극대화될 수 있다.
- [0081] 도 7a는 제1 대전층(100)의 제1 PS 필름(120) 및 제1 나노 섬유막(130)의 SEM 이미지이고, 도 7b는 제1 나노 섬유막(130)을 확대한 SEM 이미지이며, 도 8은 도 7a에서 주름 구조를 표시한 도면이다.
- [0082] 도 7a에서 보듯이, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 마이크로 사이즈의 제1 PS 필름(120) 및 제2 PS 필름(220)을 포함할 수 있다.
- [0083] 또한, 도 7b에서 보듯이, 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 나노 사이즈의 제1 나노 섬유막(130) 및 제2 나노 섬유막(230)을 포함할 수 있다.
- [0084] 제1 대전층(100) 및 제2 대전층(200)은 120℃ 내지 150℃의 온도로 열처리됨으로써, 마이크로 사이즈의 주름 구조와 나노 사이즈의 주름 구조를 동시에 가질 수 있다.
- [0085] 도 8에서 보듯이, 제1 PS 필름(120) 및 제2 PS 필름(220)은 마이크로 사이즈의 주름 구조를 형성할 수 있다. 또한, 제1 나노 섬유막(130) 및 제2 나노 섬유막(230)은 나노 사이즈의 주름 구조를 형성할 수 있다.
- [0086] 도 9는 주름 구조가 없는 마찰 전기 나노 발전기(10)와 주름 구조가 있는 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)의 발전 출력을 비교한 그래프이고, 도 10은 도 9의 그래프에서 주름 구조가 있는 경우와 주름 구조가 없는 경우 각각에 대한 최대 전압 및 최대 전류를 추출한 도표이며, 도 11은 도 10의 도표에 기초하여 마찰 전기 나노 발전기(10)의 전압 출력과 전류 출력을 비교하는 그래프이다.
- [0087] 도 9 및 10을 참조하면, 시간에 따른 마찰력의 크기 별 마찰 전기 나노 발전기(10)의 발전 출력 데이터를 확인

할 수 있다.

- [0088] 주름 구조가 없는 기존의 마찰 전기 나노 발전기의 경우, 출력 전압이 최소 0.48V에서 최대 0.8V인 것을 알 수 있다. 또한, 주름 구조가 없는 기존의 마찰 전기 나노 발전기의 경우, 출력 전류가 최소 7nA에서 최대 12nA인 것을 알 수 있다.
- [0089] 반면, 주름 구조가 있는 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)의 경우, 출력 전압이 최소 4.3V에서 최대 6.65V인 것을 알 수 있다. 또한, 주름 구조가 있는 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)의 경우, 출력 전류가 최소 50nA에서 최대 157nA인 것을 알 수 있다.
- [0090] 도 11을 참조하면, 주름 구조가 있는 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)의 경우, 주름 구조가 없는 경우 대비 발전 출력 전압이 최대 728.75% 증가할 수 있다. 또한, 주름 구조가 있는 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)의 경우, 주름 구조가 없는 경우 대비 발전 출력 전류가 최대 1191.1% 증가할 수 있다.
- [0091] 즉, 주름 구조가 있는 본 발명의 마찰 전기 나노 발전기(10)의 경우, 주름 구조가 없는 기존의 마찰 전기 나노 발전기 대비 마찰 전기 발전 출력이 극대화될 수 있다.
- [0092] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0093] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

산업상 이용가능성

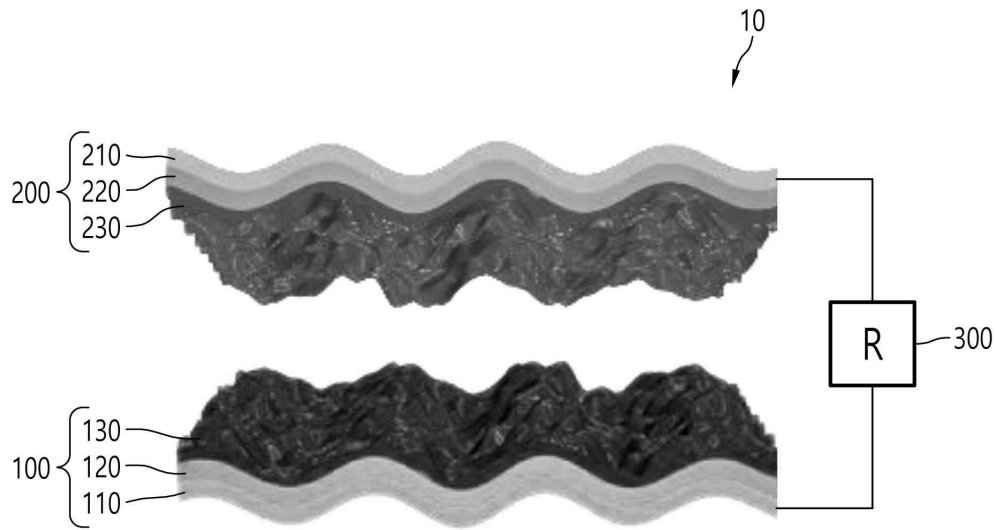
- [0094] 본 발명은 마찰 대전 나노 발전기 및 이를 포함하는 전자 기기에 적용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명은 기존의 마찰 대전 나노 발전기의 장점을 결합하고 단점을 상호 보완한 것으로, 주름 구조를 포함하여 높은 발전 출력 특성을 가지는 마찰 대전 나노 발전기, 및 이를 포함하는 웨어러블 장치, 재활 로봇, 인공 근육, 튜너블 렌즈(tunable lens), 햅틱 디바이스, 스마트패드, 스마트워치, 헤드 마운트 디스플레이 등에 적용될 수 있다.
- [0095] 이상에서는 본 발명의 예시적인 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

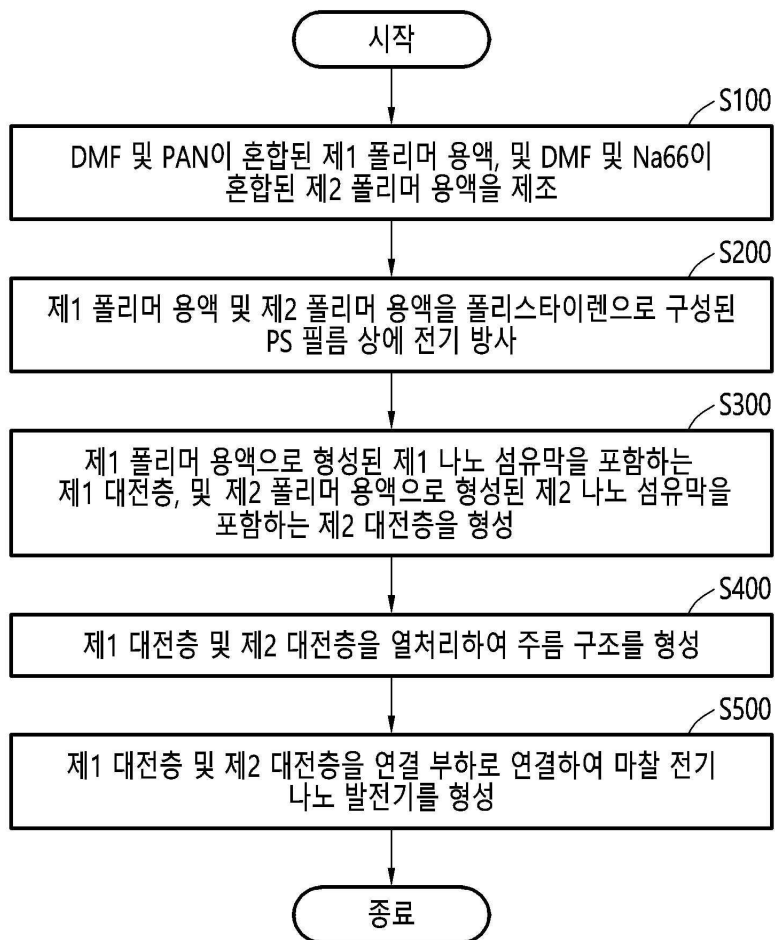
- [0096] 10: 마찰 전기 나노 발전기 100: 제1 대전층
110: 제1 전극 필름 120: 제1 PS 필름
130: 제1 나노 섬유막 200: 제1 대전층
210: 제2 전극 필름 220: 제2 PS 필름
230: 제2 나노 섬유막 300: 연결 부하
20: 주사부 NF: 나노 섬유

도면

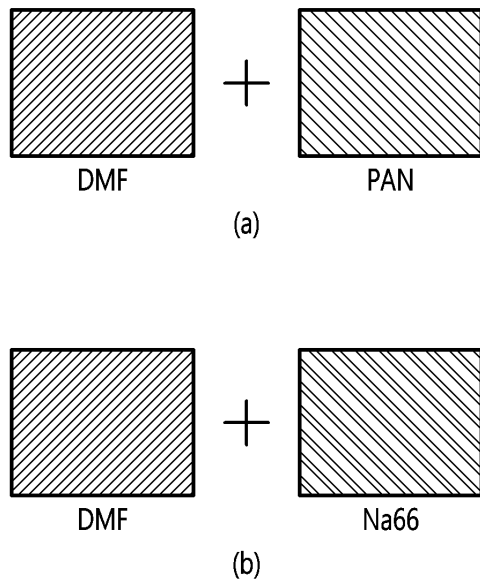
도면1



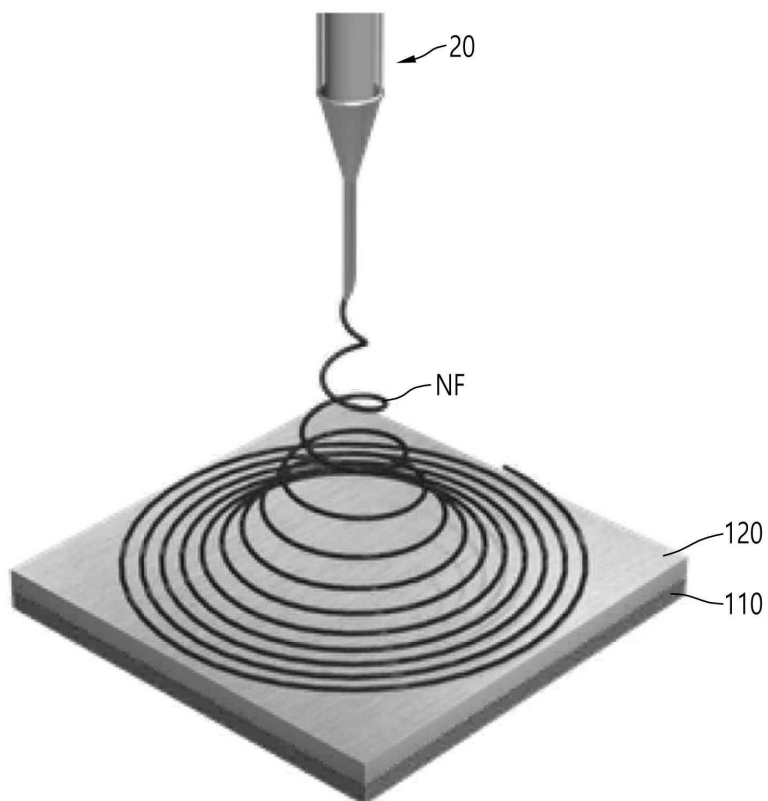
도면2



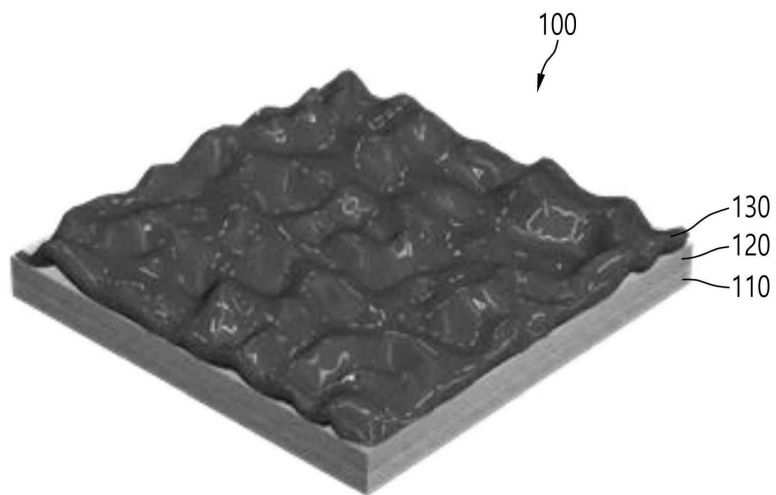
도면3



도면4



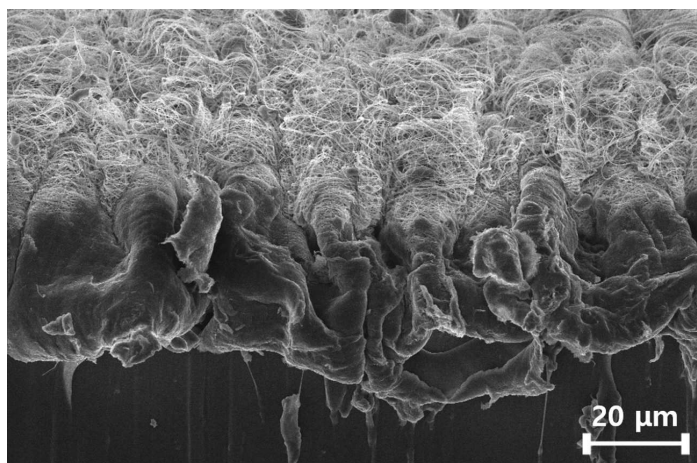
도면5



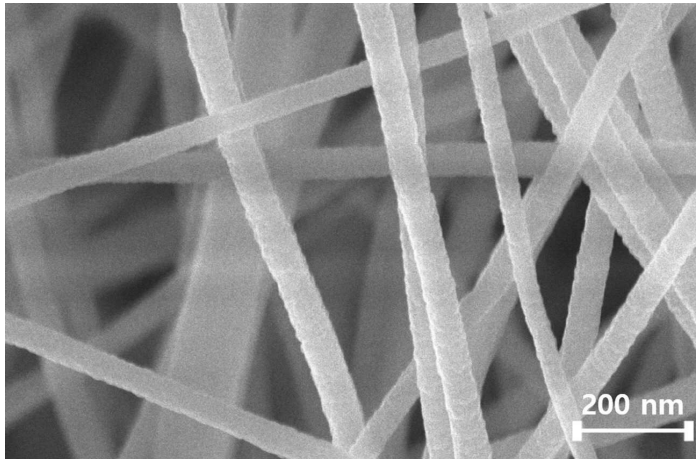
도면6



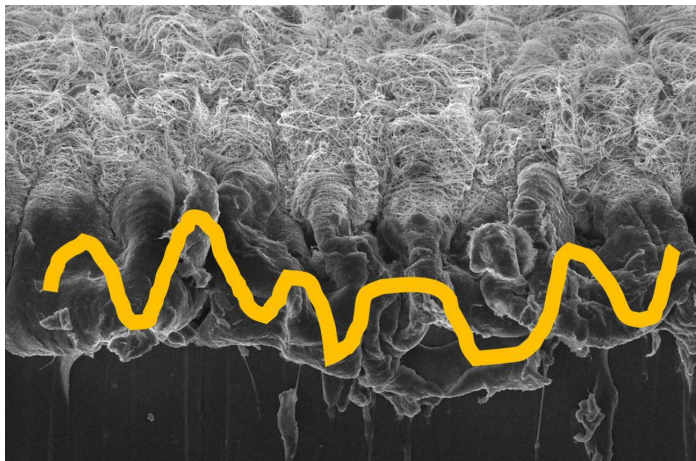
도면7a



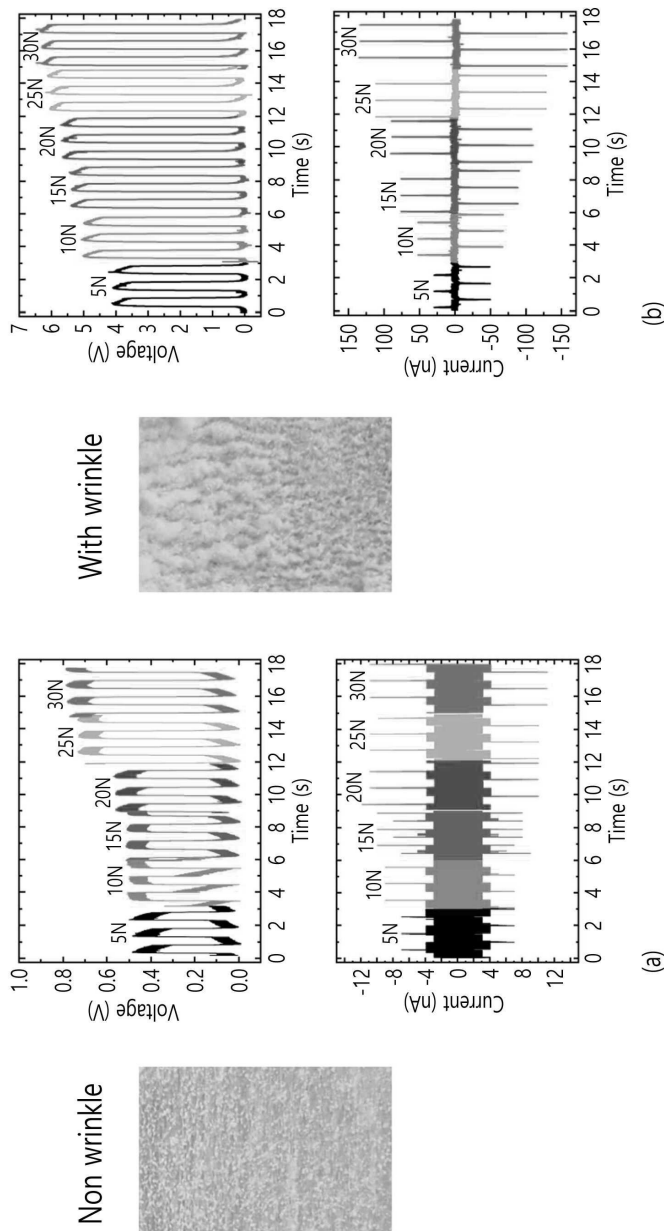
도면7b



도면8



도면9



도면10

	5N	10N	15N	20N	25N	30N
Wrinkle	4.3V / 50nA	5.1V / 67nA	5.45V / 95nA	5.7V / 110nA	6.1V / 130nA	6.65V / 157nA
Non-wrinkle	0.48V / 7nA	0.52V / 9.2nA	0.51V / 10nA	0.57V / 11.2nA	0.78V / 11nA	0.8V / 12nA

도면11

