



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0147131
(43) 공개일자 2024년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 2/18 (2006.01) H02N 1/04 (2006.01)
H10N 30/30 (2023.01) B82Y 30/00 (2017.01)
B82Y 40/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

H02N 2/18 (2013.01)
H02N 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0042661

(22) 출원일자 2023년03월31일

심사청구일자 2023년03월31일

(71) 출원인

성균관대학교산학협력단

경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)

경상국립대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

변도영

서울특별시 강남구 삼성로51길 37, 102-1201

문준경

경기도 수원시 장안구 정자천로13번길 130-14, 305호

조대현

경상남도 진주시 동진로 33 경남과학기술대학교
칠암캠퍼스 공학2호관 메카트로닉스공학부

(74) 대리인

한상수

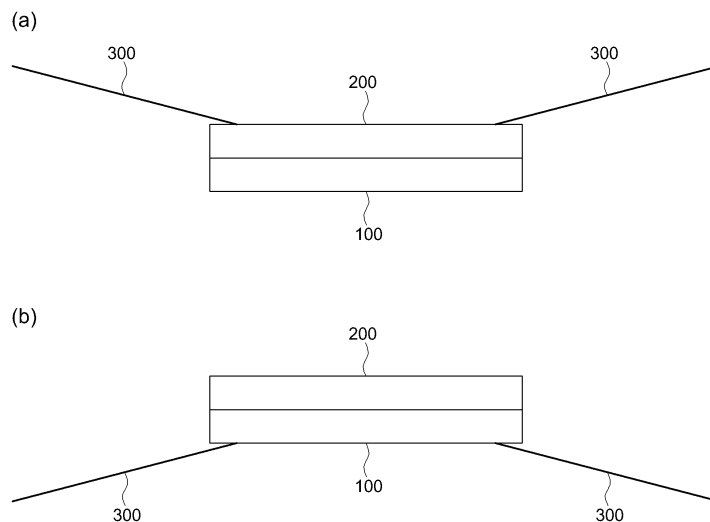
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 나노발전기

(57) 요약

본 발명의 일 실시 예는 나노발전기를 제공한다. 상기 나노발전기는 기존 나노발전기 대비 저주파 영역에서의 높은 출력 효율 및 단순한 공정 설계의 이점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10N 30/30 (2023.02)

B82Y 30/00 (2013.01)

B82Y 40/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711164689

과제번호 2017R1E1A1A01075353

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)

연구과제명 해조류의 유체-구조 상호작용 모사를 통한 해양 무인이동체의 조류-마찰전기 원리

연구

기 여 율 1/1

과제수행기관명 성균관대학교

연구기간 2022.03.01 ~ 2022.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1물질을 포함하는 제1물질층;

상기 제1물질층에 접합되되, 제2물질을 포함하는 제2물질층;

상기 제1물질층 및 제2물질층 중 어느 하나의 물질층에 전기적으로 연결되고 상호이격된 제1전극; 및 제2전극을 포함하고,

상기 제2물질은 변형률 대비 일함수 변화량이 상기 제1 물질과 상이한 것을 특징으로 하고,

변형에 따라 기계적에너지를 전기적에너지로 전환하는 것을 특징으로 하는 나노발전기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 변형이 작용하지 않는 경우, 상기 접합된 제1물질층 및 제2물질층은 전하 평형 상태인 것을 특징으로 하는 나노발전기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2물질의 변형률 대비 일함수 변화량은 상기 제1물질의 변형률 대비 일함수 변화량보다 큰 것을 특징으로 하는 나노발전기.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제2물질은 금인 경우, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트인 것을 특징으로 하는 나노발전기.

청구항 5

제1물질을 포함하는 제1물질층;

상기 제1물질층에 접합되되, 제2물질을 포함하는 제2물질층;

상기 제1물질층에 전기적으로 연결되는 제1전극; 및

상기 제2물질층에 전기적으로 연결되는 제2전극;을 포함하고,

상기 제2물질은 변형률 대비 일함수 변화량이 상기 제1 물질과 상이한 것을 특징으로 하고,

변형에 따라 기계적에너지를 전기적에너지로 전환하는 것을 특징으로 하는 나노발전기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제2물질의 변형률 대비 일함수 변화량은 상기 제1물질의 변형률 대비 일함수 변화량보다 큰 것을 특징으로 하는 나노발전기.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제2물질은 금인 경우, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트인 것을 특징으로 하는 나노발전기.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 접합은 열 증착 공정으로 수행되는 것을 특징으로 하는 나노발전기.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 나노발전기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 조류, 바람, 인간의 호흡이나 움직임 또는 파도 등에서 발생하는 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환하는 대표적인 장치에는 압전 나노 발전기(piezoelectric nanogenerator)와 마찰 전기 나노발전기(triboelectric nanogenerator)가 있다.

[0003] 압전 나노발전기는 변형으로 물질 표면에 전위가 발생하는 결정학적으로 20개의 비 중심대칭을 가지는 물질을 이용한다. 압전효과에 의해 외부의 기계적 에너지가 인가되면, 그에 따른 압전 나노발전기의 반복적인 변형에 의해 전기에너지가 생성된다.

[0004] 마찰 전기 나노발전기는 표면 일함수(work function)의 차이가 있는 이종 재료의 반복적인 접촉 및 분리를 반복함으로써 전기에너지를 생산한다. 접촉에 의해 이종 재료의 표면 사이에서 전하이동이 발생하고, 표면 포텐셜(surface potential) 변화가 발생한다.

[0005] 변화된 포텐셜은 분리 이후에도 유지되는데, 이종 재료에 연결된 전극을 통해 전하이동이 다시 발생한다. 즉, 마찰 전기 대전 현상과 정전기적 유도 현상을 이용하여, 기계적 에너지를 전기 에너지로 전환하는 원리이다.

[0006] 하지만, 큰 압전효과를 기대할 수 있는 물질인 세라믹 재료를 활용하여 제조하는 압전 나노발전기는, 세라믹 재료의 취성에 의해 피로에 취약한 단점이 있다. 따라서, 장시간 구동이 요구되며, 수백만 차례의 하중을 견뎌야 하는 나노발전기로서의 활용에는 한계가 있다.

[0007] 추가로, 압전 나노발전기의 단점은 저주파 영역에서 효과가 급격히 감소하는 것이다. 이는 자연에서 저주파로 발생하는 기계적 에너지를 전기 에너지로 전환하는 용도에 적합하지 않다.

[0008] 다른 예로, 마찰 전기 나노발전기는 마모에 의한 표면 손상 문제라는 단점을 가지고 있다. 이종 재료의 표면이 반복적으로 접촉과 분리 과정을 경험해야 하는데, 마모 현상이 필연적으로 수반되기 때문이다. 이러한 문제를 보완하기 위해, 액체와의 접촉을 이용한 마찰 전기 나노발전기, 비접촉식 마찰 전기 나노발전기, 고체 윤활 또는 유체 윤활을 적용한 마찰 전기 나노발전기 등이 대안으로 제시되고 있지만, 이들의 설계 공정이 복잡해지는 문제 및 저주파 영역에서의 성능이 급감한다는 한계가 있다.

[0009] 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 저주파 영역에서도 기존 나노발전기 대비 높은 출력 효율 및 단순한 설계 공정의 이점을 가지는 나노발전기에 대한 연구가 필요한 실정이다.

선행기술문헌**특허문헌**

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2022-0154993호

발명의 내용**해결하려는 과제**

[0012] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 구조와는 다른 나노발전기를 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시 예는 나노발전기를 제공한다.
- [0016] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 나노발전기는, 제1물질을 포함하는 제1물질층; 상기 제1물질층에 접합되되, 제2물질을 포함하는 제2물질층; 상기 제1물질층 및 제2물질층 중 어느 하나의 물질층에 전기적으로 연결되고 상호이격된 제1전극; 및 제2전극을 포함하고, 상기 제2물질은 변형률 대비 일함수 변화량이 상기 제1물질과 상이한 것을 특징으로 하고, 변형에 따라 기계적에너지를 전기적에너지로 전환하는 것일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 변형이 작용하지 않는 경우, 상기 접합된 제1물질층 및 제2물질층은 전하 평형 상태인 것일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 제2물질의 변형률 대비 일함수 변화량은 상기 제1물질의 변형률 대비 일함수 변화량보다 큰 것일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 제2물질은 금인 경우, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트일 수 있다.
- [0020] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시 예인 나노발전기를 제공한다.
- [0021] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 나노발전기는 제1물질을 포함하는 제1물질층; 상기 제1물질층에 접합되되, 제2물질을 포함하는 제2물질층; 상기 제1물질층에 전기적으로 연결되는 제1전극; 및 상기 제2물질층에 전기적으로 연결되는 제2전극;을 포함하고, 상기 제2물질은 변형률 대비 일함수 변화량이 상기 제1물질과 상이한 것을 특징으로 하고, 변형에 따라 기계적에너지를 전기적에너지로 전환하는 것일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 제2물질의 변형률 대비 일함수 변화량은 상기 제1물질의 변형률 대비 일함수 변화량보다 큰 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 제2물질은 금인 경우, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트일 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시 예에 있어서, 상기 증착은 열 증착 공정으로 수행될 수 있다.

발명의 효과

- [0026] 본 발명의 실시 예에 따르면, 접촉과 분리 과정을 반복적으로 겪는 마찰 전기 나노발전기의 마모에 의한 내구성 문제를 해결할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 실시 예에 따르면, 기존 나노발전기 대비 높은 전력밀도와 수명을 가지며, 저주파 영역에서도 효과적으로 에너지를 전환할 수 있다는 이점이 있다.
- [0028] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 나노발전기의 모식도이다.
- 도 2는 본 발명의 나노발전기의 일함수 변화 차이를 이용한 기계에너지-전기에너지 전환 메커니즘을 나타낸 것이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 나노발전기의 모식도이다.

도 4는 본 발명의 나노발전기의 마찰 전기 발전 시스템 구성 및 소자변형에 따른 인장 변형률 관계식을 나타낸 것이다.

도 5은 본 발명의 실시 예에 따른 나노발전기의 변형에 따른 출력을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

도 6 내지 도8은 본 발명의 나노발전기 및 기존의 나노발전기의 주파수 특성 및 출력 성능을 비교한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0032] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0033] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0034] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 나노발전기를 간단하게 나타낸 모식도이다.
- [0036] 상기 나노발전기는, 제1물질을 포함하는 제1물질층(100); 상기 제1물질층(100)에 접합되며, 제2물질을 포함하는 제2물질층(200); 상기 제1물질층 및 상기 제2물질층 중 어느 하나의 물질층에 전기적으로 연결되고 상호이격된 제1전극(300); 및 제2전극(300);을 포함하고, 상기 제2물질은 변형률 대비 일함수 변화량이 상기 제1물질과 상이한 것을 특징으로 하고, 변형에 따라 기계적 에너지를 전기적 에너지로 전환하는 것일 수 있다.
- [0037] 상기 제2물질의 변형률 대비 일함수 변화량은 상기 제1물질의 변형률 대비 일함수 변화량보다 클 수 있다. 그에 대한 바람직한 예로, 상기 제2물질은 금인 경우, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트일 수 있다.
- [0038] 상기 제2물질은 금 외에도 그래핀 또는 구리를 포함할 수 있지만, 상기 제2물질의 종류에 따라 상기 제1물질의 종류가 바뀔 수 있기에, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트에 한정되지 않는다.
- [0039] 상기 폴리에틸렌 테레프탈레이트는 유연하며, 변형에 의한 일함수 변화가 거의 관찰되지 않을 수 있다.
- [0040] 상기 제1전극(300) 및 제2전극(300)은 복수개의 전극으로써, 전도성 금속물질을 포함할 수 있고, 예를 들어, 상기 전극으로써 구리를 사용할 수 있다.
- [0041] 이때, 상기 제1전극(300) 및 제2전극(300)은 상기 제1물질층(100)에만 연결될 수 있고 또한, 상기 제2물질층(200)에만 연결될 수 있다.
- [0042] 상기 도1에서 도 1(a)는 상기 제1전극(300) 및 제2전극(300)이 상기 제1물질층(100)에만 연결된 상태를 나타낸 도면이다.
- [0043] 도 1(b)는 상기 제1전극(300) 및 제2전극(300)이 상기 제2물질층(200)에만 연결된 상태를 나타낸 도면으로, 상기 도 1내지 도2는 상기 제1전극(300) 및 제2전극(300)의 위치에 따라 성능 차이가 크지 않고, 다른 구조로 표현될 수 있음을 나타낸 것일 수 있다.
- [0044] 상기 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)은 기존의 마찰 전기 나노발전기와 달리 분리되지 않고 서로 접합되어 있는 상태일 수 있다.
- [0045] 이때, 본 발명의 나노발전기가 접합되어 있는 구조이기 때문에, 기존의 분리식 마찰 전기 나노발전기의 마찰 및 마모로부터 발생하는 수명의 문제를 해결하여 장시간 구동할 수 있는 이점이 있다.

- [0046] 이때, 상기 접합은 열 증착 공정으로 수행되어 접합된 것일 수 있다.
- [0047] 본 발명의 나노발전기는 굽힘, 신축 또는 진동을 포함하는 변형이 작용하지 않는 경우, 상기 접합된 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)은 전하 평형 상태일 수 있다.
- [0048] 상기 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)이 접합되어 있는 상기 나노발전기의 원리는 굽힘, 신축 또는 진동을 포함하는 변형이 발생하면, 상기 제1물질 및 제2물질의 일함수 변화의 차이와, 이에 따른 상기 제1물질 및 제2물질의 계면에서의 전하 이동을 이용하여 전위를 반복적으로 변화시킴으로써 기계에너지를 전기적에너지로 전환하는 것일 수 있다.
- [0049] 구체적으로, 상기 제1물질의 예로 폴리에틸렌 테레프탈레이트를, 상기 제2물질의 예로 금을 활용하였을 경우, 상기 나노발전기는 변형에 따른 일함수 변화가 큰 물질인 금과 상대적으로 작은 폴리에틸렌 테레프탈레이트를 접촉시켜 구성할 수 있다.
- [0050] 도2는 상기 나노발전기의 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)의 일함수 변화와 마찰 전기 발전의 원리를 나타낸 것이다.
- [0051] 상기 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)은 전하 평형 상태일 수 있는데, 이는 최초의 접촉에서 진공 준위와의 일함수 차이가 작은 물질인 폴리에틸렌 테레프탈레이트를 포함하는 상기 제1물질층(100)에서 상대적으로 일함수 차이가 큰 물질인 금을 포함하는 제2물질층(200)으로 전하가 이동하여 전하 평형 상태가 되는 원리이다.
- [0052] 이때, 굽힘, 신축 또는 진동을 포함하는 기계적 변형을 가하면, 상기 금과 폴리에틸렌테레프탈레이트의 일함수가 변화하고, 일함수 변화의 차이만큼 전하이동이 계면에서 발생할 수 있다.
- [0053] 기계적 변형이 작용하지 않는 원래의 상태로 돌아오는 경우, 전하이동이 다시 계면에서 발생하고, 최초의 표면 접촉 상태로 돌아가게 된다.
- [0054] 이와 같이, 전하이동이 반복적으로 발생하는 표면에 접지하면, 접지로의 전하이동이 반복적으로 발생하는 원리로 에너지 변환이 가능할 수 있다.
- [0055] 위와 같은 원리는 기존의 마찰 전기 나노발전기(TENG) 및 압전나노발전기(PENG)에 비해 다양한 재료를 나노발전기에 적용할 수 있다는 이점이 있다. 이는 재료 선택의 한계에서 발생하는 세라믹 재료 기반 압전나노발전기의 피로 문제에서 벗어나며, 접촉과 분리 과정을 반복적으로 겪는 마찰 전기 나노발전기와 같이 마모에 의한 내구성 문제를 고려하지 않을 수 있다는 이점이 있다.
- [0056] 다양한 재료의 적용이 가능하므로, 다양한 공정으로 나노발전기 제작이 가능할 것으로 보이며, 구조가 간단하여 전력밀도를 부피 기준으로 계산하였을 경우, 상기 마찰 전기 나노발전기 및 압전 나노발전기에 비해 현저히 뛰어나다.
- [0057] 또한, 본 발명의 나노발전기는 인간의 움직임 또는 심장박동을 포함하는 주파수 영역같이, 저주파수 영역에서도 기계적에너지를 전기에너지로 전환할 수 있고, 발전기 또는 센서와 같은 장치로서 기존 압전 나노발전기 및 마찰 전기 나노발전기 대비 높은 전력밀도 및 수명으로 장시간 구동할 수 있다는 이점이 있다.
- [0058] 이어서, 본 발명의 다른 실시 예인 나노발전기에 대해서 설명하기로 한다.
- [0059] 도 3은 본 발명의 나노발전기의 다른 구조를 나타낸 것이다.
- [0060] 상기 나노발전기는, 제1물질을 포함하는 제1물질층(100); 상기 제1물질층(100)에 접합되되, 제2물질을 포함하는 제2물질층(200); 상기 제1물질층(100)에 전기적으로 연결되는 제1전극(300); 및 상기 제2물질층(200)에 전기적으로 연결되는 제2전극(300);을 포함하고, 상기 제2물질은 변형을 대비 일함수 변화량이 상기 제1물질과 상이한 것을 특징으로 하고, 변형에 따라 기계적에너지를 전기적에너지로 전환하는 것일 수 있다.
- [0061] 상기 제2물질의 변형을 대비 일함수 변화량은 상기 제1물질의 변형을 대비 일함수 변화량보다 클 수 있다. 그에 대한 바람직한 예로, 상기 제2물질은 금인 경우, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트일 수 있다.
- [0062] 상기 제2물질은 금 외에도 그래핀 또는 구리를 포함할 수 있지만, 상기 제2물질의 종류에 따라 상기 제1물질의 종류가 바뀔 수 있기에, 상기 제1물질은 폴리에틸렌 테레프탈레이트에 한정되지 않는다.
- [0063] 상기 폴리에틸렌 테레프탈레이트는 유연하며, 변형에 의한 일함수 변화가 거의 관찰되지 않을 수 있다.
- [0064] 상기 제1전극(300) 및 제2전극(300)은 전도성 금속물질을 포함할 수 있고, 예를 들어, 상기 전극으로써 구리를

사용할 수 있다.

- [0065] 이때, 상기 제1전극(300)은 상기 제1물질층(100)에 전기적으로 연결되고, 상기 제2전극(300)은 상기 제2물질층(200)에 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0066] 상기 1물질층(100) 및 제 2물질층(200)은 기존의 마찰 전기 나노발전기와 달리 분리되지 않고 서로 접합되어 있는 상태일 수 있다.
- [0067] 이때, 본 발명의 나노발전기가 접합되어 있는 구조이기 때문에, 기존의 분리식 마찰 전기 나노발전기의 마찰 및 마모로부터 발생하는 수명의 문제를 해결하여 장시간 구동할 수 있는 이점이 있다.
- [0068] 이때, 상기 접합은 열 증착 공정으로 수행되어 접합된 것일 수 있다.
- [0069] 본 발명의 나노발전기는 굽힘, 신축 또는 진동을 포함하는 변형이 작용하지 않는 경우, 상기 접합된 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)은 전하 평형 상태일 수 있다.
- [0070] 상기 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)이 접합되어 있는 상기 나노발전기의 원리는 굽힘, 신축 또는 진동을 포함하는 변형이 발생하면, 상기 제1물질 및 제2물질의 일함수 변화의 차이와, 이에 따른 상기 제1물질 및 제2물질의 계면에서의 전하 이동을 이용하여 전위를 반복적으로 변화시킴으로써 기계에너지를 전기적에너지로 전환하는 것일 수 있다.
- [0071] 구체적으로, 상기 제1물질의 예로 폴리에틸렌 테레프탈레이트를, 상기 제2물질의 예로 금을 활용하였을 경우, 상기 나노발전기는 변형에 따른 일함수 변화가 큰 물질인 금과 상대적으로 작은 폴리에틸렌 테레프탈레이트를 접촉시켜 구성할 수 있다.
- [0072] 상술한 도2를 참조하면, 상기 제1물질층(100) 및 제2물질층(200)은 전하 평형 상태일 수 있는데, 이는 최초의 접촉에서 진공 준위와의 일함수 차이가 작은 물질인 폴리에틸렌 테레프탈레이트를 포함하는 상기 제1물질층(100)에서 상대적으로 일함수 차이가 큰 물질인 금을 포함하는 제2물질층(200)으로 전하가 이동하여 전하 평형 상태가 되는 원리이다.
- [0073] 이때, 굽힘, 신축 또는 진동을 포함하는 기계적 변형을 가하면, 상기 금과 폴리에틸렌테레프탈레이트의 일함수가 변화하고, 일함수 변화의 차이만큼 전하이동이 계면에서 발생할 수 있다.
- [0074] 기계적 변형이 작용하지 않는 원래의 상태로 돌아오는 경우, 전하이동이 다시 계면에서 발생하고, 최초의 표면 접촉 상태로 돌아가게 된다.
- [0075] 이와 같이, 전하이동이 반복적으로 발생하는 표면에 접지하면, 접지로의 전하이동이 반복적으로 발생하는 원리로 에너지 변환이 가능할 수 있다.
- [0076] 위와 같은 원리는 기존의 마찰 전기 나노발전기(TENG) 및 압전나노발전기(PENG)에 비해 다양한 재료를 나노발전기에 적용할 수 있다는 이점이 있다. 이는 재료 선택의 한계에서 발생하는 세라믹 재료 기반 압전나노발전기의 피로 문제에서 벗어나며, 접촉과 분리 과정을 반복적으로 겪는 마찰 전기 나노발전기와 같이 마모에 의한 내구성 문제를 고려하지 않을 수 있다는 이점이 있다.
- [0077] 도4는 상기 나노발전기를 정밀한 변형률로 제어하기 위해 변형에 따른 관계식을 나타낸 것이다.
- [0078] 상기 도4에서, 상기 나노발전기의 원래 길이를 L , 변형 부가를 위해 줄어든 길이를 dL 및 증착된 금 및 기관의 두께를 h 로 설정하였고, 상기 L , dL 및 h 를 굽힘 반경 공식에 대입하여 계산하면 굽혀진 나노발전기의 반지름을 구할 수 있다.
- [0079] 상기 나노발전기의 두께에 계산된 지름을 나누게 되면 두께 대비 부가된 인장 변형률을 구할 수 있다. 본 발명의 실시 예는 0% 내지 0.205%까지 변형을 부가했고, 그에 따른 면적당 발전량을 측정할 수 있다.
- [0080] 상기 제조방법을 통해 제조된 나노발전기는 제조공정이 단순하다는 이점이 있고, 기존의 마찰 전기 나노발전기 대비 높은 전력밀도 및 수명으로 장시간 구동할 수 있다는 이점이 있다.
- [0081] 또한, 다양한 재료를 사용할 수 있어, 재료의 한계에서 벗어나며 동시에 인간의 움직임 또는 심장박동과 같은 미세한 움직임에서 발생하는 저주파 영역의 기계적 변형으로부터 전기에너지를 전환시킬 수 있다는 장점을 가지고 있어 다양한 분야로의 활용이 가능하다.
- [0082] **제조예**

- [0083] 먼저, 기관인 폴리에틸렌 테레프탈레이트를 에탄올에 담가 초음파 세척기를 이용하여 불순물을 제거하였다.
- [0084] 다음으로, 상기 기관에 두께 40mm금을 열 증착 장비로 증착하였다.
- [0085] 다음으로, 증착된 금 위에 전력 측정을 위한 구리 선을 양 끝단에 전도성 잉크를 이용하여 연결하였다.
- [0086] 이때, 전력 측정을 위한 구리 선은 기관인 폴리에틸렌 테레프탈레이트에만 연결, 기관에 증착된 금에만 연결 또는 기관 및 기관에 증착된 금에 하나씩 연결할 수 있다.
- [0087] **실험예**
- [0088] 도 5는 본 발명의 나노발전기의 다양한 굽힘 모멘트에 의한 마찰 전기 발전소자 출력을 측정한 결과를 나타낸 것이다.
- [0089] 굽힘 모멘트를 가하여 0% 내지 0.205%의 범위로 인장 변형률을 형성했고, 인장 변형률이 0.102%에서 3.92 μ A의 전류가 발생했고, 인장 변형률이 증가할수록 출력되는 전류가 증가하는 경향 상기 도4에서 확인할 수 있다.
- [0090] 인장 변형률이 0.205%에서 19.4 μ A의 전류가 발생하는 것을 확인할 수 있었고, 이는 간단한 구조의 나노발전기로서 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있다.
- [0091] 도 6내지 도 8은 본 발명의 나노발전기 및 기존의 마찰 전기 나노발전기와의 주파수 특성을 비교한 표이다.
- [0092] 도6내지 도8을 참조하면, 본 발명의 나노발전기는 저주파수 영역에서 높은 효율을 보이는 것을 확인할 수 있다.
- [0093] 먼저, 도6을 참조하면, 기존의 나노발전기는 주파수가 1Hz미만으로 감소하면, 출력 효율이 10% 내지 50%이하로 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0094] 반면에, 본 발명의 나노발전기는 0.1 Hz까지 80% 이상의 효율을 유지하는 것을 상기 도 6 내지 도 7에서 확인할 수 있다.
- [0095] 도8을 참조하면, 본 발명의 나노발전기는 저주파수 영역에서 기존 기술 대비 효율적인 에너지 발전 방식이라는 것을 의미할 수 있다.
- [0096] 본 발명의 나노발전기는 이중의 물질층이 접합된 비분리식 구조로 이루어져 있어, 기존의 분리식 마찰 전기 나노발전기의 마찰 및 마모로부터 발생하는 수명의 문제를 장시간 구동으로 해결할 수 있다.
- [0097] 또한, 제조 공정의 단순함, 다양한 재료의 사용 및 저주파 영역대에서의 높은 전력 효율의 이점으로, 재료의 한계에서 벗어남과 동시에 인간의 움직임 또는 심장박동과 같은 미세한 움직임에서 발생하는 저주파 영역의 기계적 변형으로부터 전기에너지를 전환시킬 수 있다는 장점을 가지고 있어, 다양한 분야에서 응용이 가능하다는 이점이 있다.
- [0098] 기술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0099] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

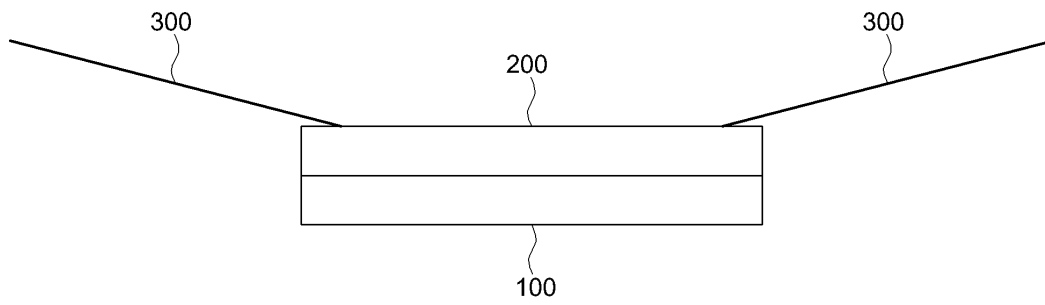
부호의 설명

- [0101] 100: 제1물질층
200: 제2물질층
300: 제1전극, 제2전극

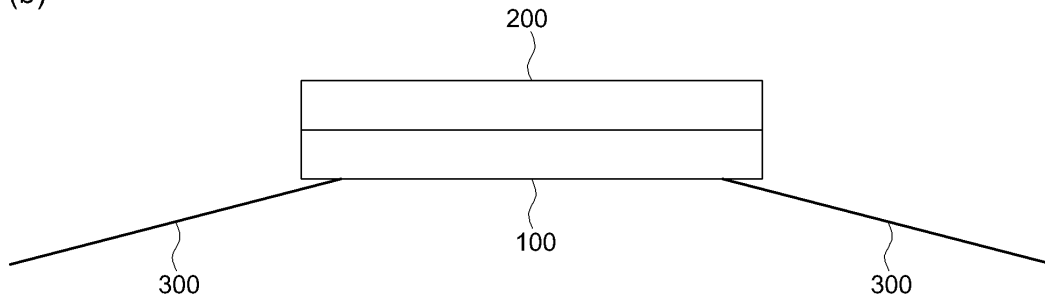
도면

도면1

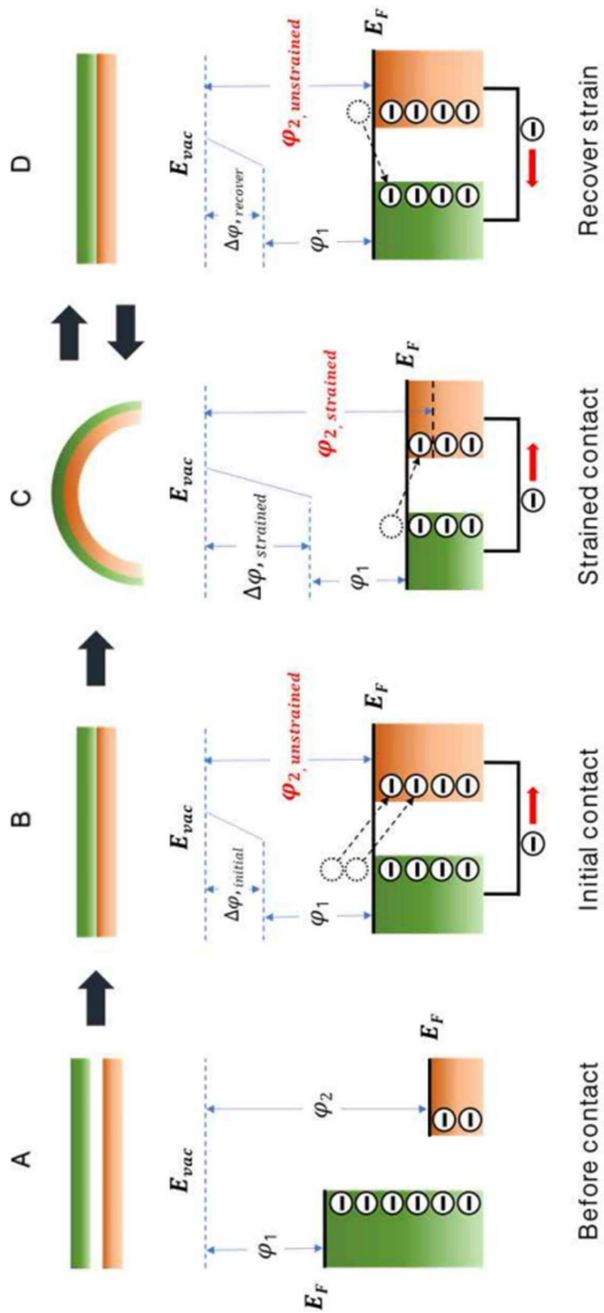
(a)



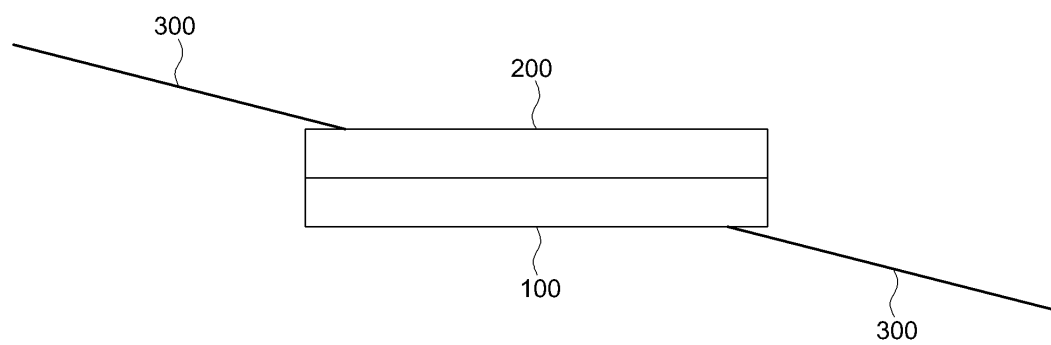
(b)



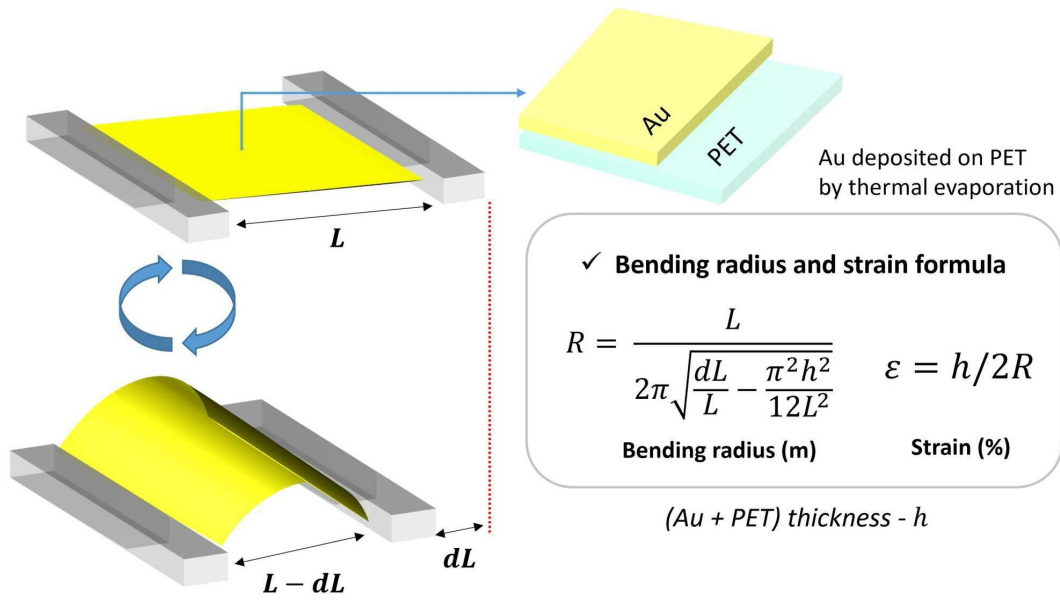
도면2



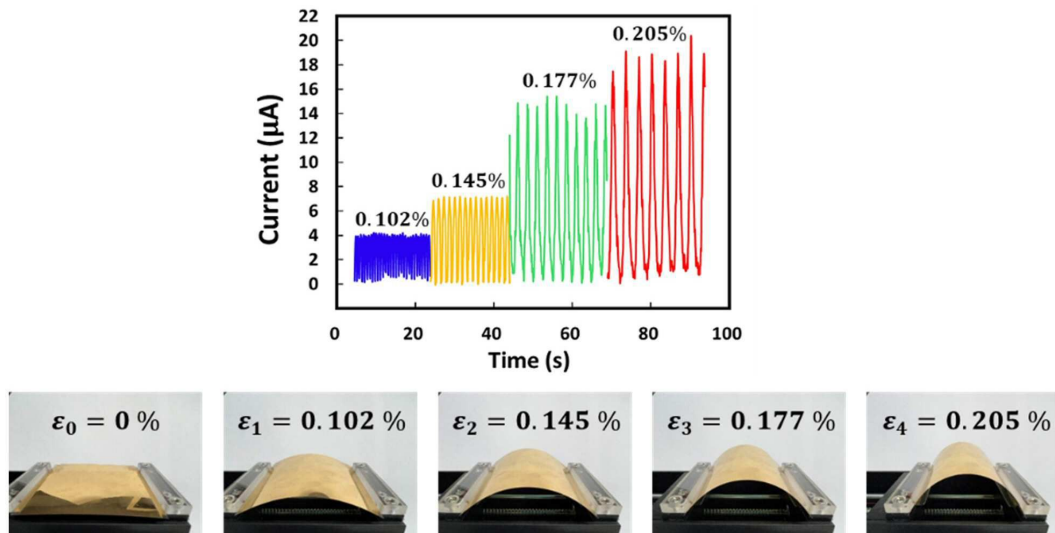
도면3



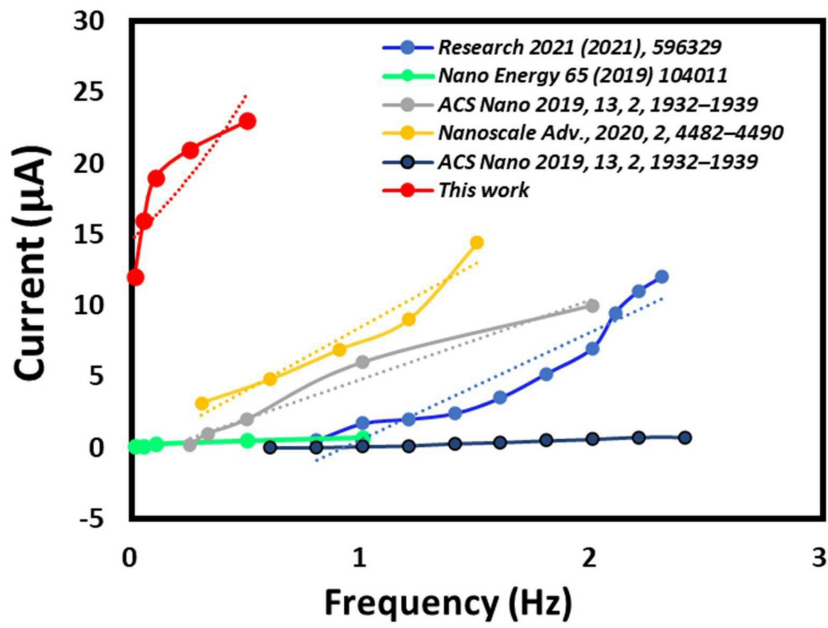
도면4



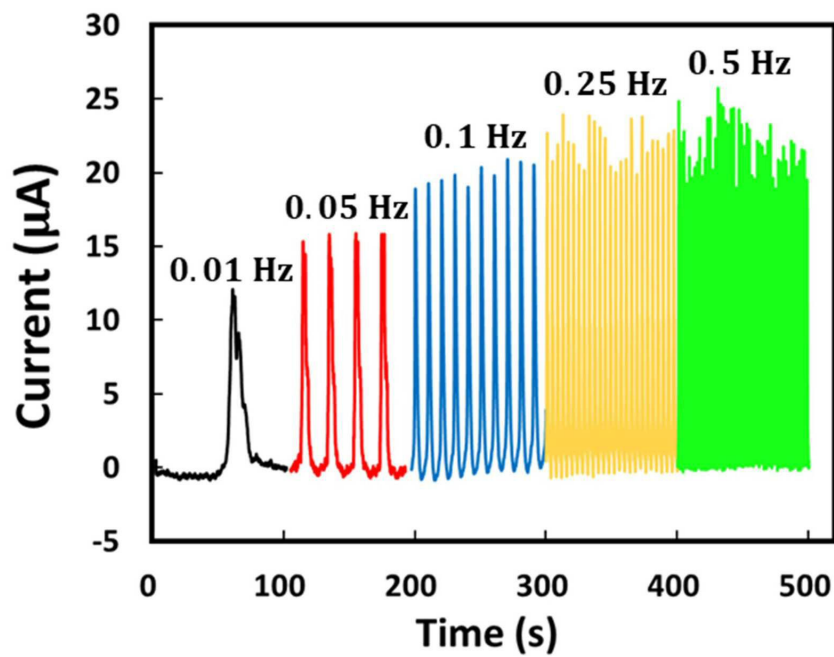
도면5



도면6



도면7



도면8

#	reference paper	External load x		size	Material	frequency (Hz)
		Voc	Isc			
1	Nanoscale Adv., 2020, 2, 4482-4490	2.15 V	1.42 mA/m ²	diameter 1.22 mm	Nylon PTFE polyester / fiber-based triboelectric nanogenerator (FTNG)	0.3 ~ 1.5
2	Nano Energy 65 (2019) 104011	150 V	1.7 uA	5x7 cm ²	PET/ITO layers	0.1 ~ 10
3	Nano Energy 42 (2017) 138-142	400 V	12 uA	300 cm ²	PET, PTFE, Kapton, ceramic, wood, etc	0.25 ~ 2
4	Extreme Mechanics Letters 46 (2021) 101338	400 V	36 uA	13 x 14 cm ²	FEP, Copper double rocker triboelectric nanogenerator	0.3 ~ 1.5
5	Nano Energy 44 (2018) 388-398	39.2 V	7.82 mA/m ²	6 x 5 cm ²	PTFE / (DI-water), tap water, and sodium chloride (NaCl)	0.1 ~ 10
6	Research 2021 (2021), 596329	50 V	3 uA	8.6 x 8 cm ²	FEP, Copper hybridized electromagnetic-triboelectric nanogenerator	0.8 ~ 2.3
7	Nano Energy 81 (2021) 105625	1.3 V	4.57 uA	diameter of shell is 100 mm, Cu electrodes 25 mm x 45 mm x 30 u ^m	FEP, Copper soft-contact cylindrical TENG (SCC-TENG)	0.033 ~ 0.5
This work	-	3.8V	19.4 uA	7 x 7 cm ²	Au, PET Non-separate TENG	0.01 ~ 0.5