



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0061870
(43) 공개일자 2023년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 11/00 (2006.01) H02M 7/162 (2006.01)
H02N 1/04 (2006.01) H02N 2/18 (2006.01)
B82Y 99/00 (2011.01)

(52) CPC특허분류

H02N 11/002 (2013.01)
H02M 7/162 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0146554

(22) 출원일자 2021년10월29일

심사청구일자 2021년10월29일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

유재수

서울특별시 강남구 역삼로 438, 103동 603호 (대치동, 풍림아이원아파트)

손타이아나 아도니자 그라함

경기도 수원시 영통구 청명로59번길 48, B02호 (영통동)

파란제프 만다르 바산트

경기도 수원시 영통구 영일로6번길 43, 4층 12호 (영통동)

(74) 대리인

김중선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 14 항

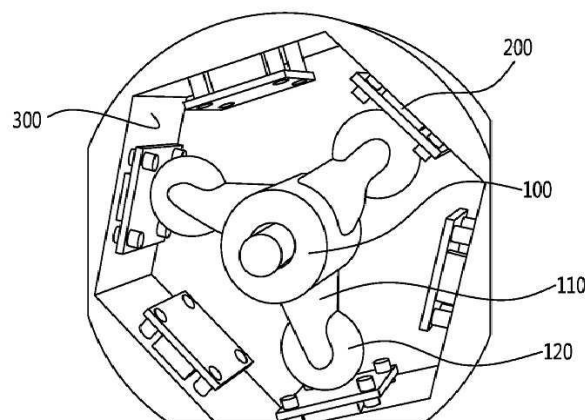
(54) 발명의 명칭 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기

(57) 요약

본 발명은 향상된 전기 출력은 물론 3D 프린팅 기술로 제조가 간단하며 출력 전원을 바로 공급할 수 있는, 폐기물 회전 기계 에너지를 전기 에너지로 변환하여 공급하는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)를 제안한다. 본 발명의 BR-HNG는 회전 운동하는 크랭크 본체, 상기 크랭크 본체에 연결된 크랭크 축, 상기 크랭크 축마다 장착된 크랭크 헤드, 상기 크랭크 본체의 회전에 의해 회전하면서 상기 크랭크 헤드와 접촉될 때 전기 에너지를 생산하는 복수 개의 혼성 나노 발전기(HNG)를 포함하여 구성된다. 그리고 상기 혼성 나노 발전기는, 한 쌍의 상부 기관 및 하부기관과, 상기 상부 기관 및 하부 기관 사이의 간격을 유지하는 스펀지, 상부 기관과 하부 기관 상에 각각 구비된 상부 AI 전극 층 및 하부 AI 전극 층, 그리고 상기 상부 AI 전극 층 상에 구비된 다공성 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합필름을 포함하는 구성된다.

대표도 - 도1

10



(52) CPC특허분류

H02N 1/04 (2013.01)

H02N 2/18 (2013.01)

B82Y 99/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345332280
과제번호	2018R1A6A1A03025708
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중점연구소지원(이공계분야)
연구과제명	융복합 에너지 자율형 다기능 센서 플랫폼 연구 2단계
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2021.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711130980
과제번호	2020R1A2B5B01002318
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견후속연구
연구과제명	저차원 TMDC 및 금속-유기구조체 (MOF)기반 인체부착형 에너지 발전-저장 소자기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2020.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

회전 운동하는 크랭크 본체;

상기 크랭크 본체에 연결된 크랭크 축;

상기 크랭크 축마다 장착된 크랭크 헤드; 및

상기 크랭크 본체의 회전에 의해 회전하면서 상기 크랭크 헤드와 접촉될 때 전기 에너지를 생산하는 복수 개의 혼성 나노 발전기(HNG)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 혼성 나노 발전기는,

한 쌍의 상부 기관 및 하부기관;

상기 상부 기관과 하부 기관 사이의 간격을 유지하는 지지체;

상기 상부 기관과 하부 기관 상에 각각 구비된 상부 AI 전극 층 및 하부 AI 전극 층; 및

상기 상부 AI 전극 층 상에 구비된 복합필름을 포함하는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 상부 기관과 하부 기관은 플라스틱 재질로 제조되는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 지지체는 탄성체인 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 5

제2 항에 있어서,

상기 하부 기관은 상기 크랭크 본체의 외측에 구비된 고정 프레임 상에 고정 설치되고,

상기 상부 기관은 상기 크랭크 헤드의 접촉 시 가압력에 의해 일 방향으로 이동하는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 6

제2 항에 있어서,

상기 복합필름은 다공성 NaNbO_3 /PDMS 복합필름인 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 7

제2 항에 있어서,

상기 복합필름은 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 사이즈로 제조되는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 8

제2 항에 있어서,

상기 복합필름은 양극 마찰전기층, 상기 A1 전극 층은 음극 마찰전기층으로 사용되는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 9

제2 항에 있어서,

상기 크랭크 축은 3개, 상기 혼성 나노 발전기(HNG)는 6개를 포함하며,

상기 크랭크 본체의 회전운동에 따라 상기 크랭크 헤드와 접촉 또는 분리되는 혼성 나노 발전기는 소정 전원을 생산하는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 10

제2 항에 있어서

상기 혼성 나노 발전기가 장착되는 다각 형상의 고정 프레임을 더 포함하고, 상기 고정 프레임의 내면에 상기 하부 기관이 고정되게 설치되는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 혼성 나노 발전기마다 연결된 정류소자 및 필터소자를 더 포함하고, 상기 소자에 의해 상기 혼성 나노 발전기가 생산한 AC 전원은 DC 전원으로 변환 출력되는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기.

청구항 12

양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)에 사용되는 혼성 나노 발전기(HNG) 제조방법에 있어서,

Na_2CO_3 와 NbO_5 를 소정 비율로 혼합하는 단계;

혼합된 분말을 도가니(crucible)에 공급하고 소성하는 단계; 소성 공정 후 불순물 제거를 위해 세척하는 단계; 세척된 NaNbO_3 분말을 PDMS 중합체와 혼합하는 단계; 및

혼합된 NaNbO_3 /PDMS 복합 용액을 소정 조건에서 건조하는 단계를 포함하여 수행하는 혼성 나노 발전기(HNG) 제조방법.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 소성은 850°C 에서 40시간 동안 진행하고, 상기 건조는 70°C 에서 2시간 동안 진행되는 혼성 나노 발전기(HNG) 제조방법.

청구항 14

제12 항에 있어서,

상기 NaNbO_3 /PDMS 복합 용액에 소정 중량 %의 물을 혼합하는 단계를 더 포함하는 혼성 나노 발전기(HNG) 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 향상된 전기 출력은 물론 3D 프린팅 기술로 제조가 간단하며 출력 전원을 바로 공급할 수 있는, 폐기물 회전 기계 에너지를 전기 에너지로 변환하여 공급하는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG: bidirectional rotatory hybrid nanogenerator)에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 친환경적인 폐기계 에너지원은 쉽게 구할 수 있어 기존 에너지원의 대안으로 사용될 수 있다는 점에서 근래 큰 관심을 받고 있다. 그리고 이러한 폐기계 에너지를 수확하여 전기로 변환하는 핵심기술로는 마찰전기 나노발전기(TENG: Triboelectric nanogenerator)가 있다.
- [0003] 상기 TENG는 크기가 작고 저비용이며 제작이 쉽고 효율이 높은 이점으로 에너지 수확기술에 대한 더 많은 관심을 유도하고 있다. 기존에 이러한 TENG는 측면 슬라이딩 모드, 접촉 분리 모드, 단일 전극 추가 및 독립형 마찰전기 레이어 모드와 같은 4가지 다른 모드에서 작동하며, 응용 프로그램의 관심에 따라 모든 TENG 작업 모드를 사용할 수 있다.
- [0004] 이처럼 상기 TENG는 기계적 에너지 수확 기술에서 다양한 이점을 제공하지만, 다음과 같은 몇 가지 단점이 있다. 즉 사용 가능한 마찰 전기 재료의 제한된 수, 낮은 전기 출력, 불안정한 전기 출력 및 견고하지 못하다는 문제를 말할 수 있다.
- [0005] 이러한 결점을 극복하기 위해 다양한 압전, 강유전체 및 유전체 재료를 사용하는 하이브리드 나노 발전기(HNG)를 제안된 바 있다. 여기서 마찰전기막의 표면적은 HNG의 출력 성능에 중요한 역할을 합니다. 따라서 마찰전기막의 표면적이 증가함에 따라 나노 발전기의 전기적 성능도 증가하게 된다. 그러나 근본적으로 HNG가 채용된 단일 TENG/HNG 장치의 전기 출력은 일반적인 전자 장치의 구동전원으로는 충분하지 못하여 비효율적이다.
- [0006] 그리고 종래 TENG는 단방향 구조로서 다양한 응용분야에서 사용하는데 많은 제한을 가진다.
- [0007] 나아가 TENG에 의해 생성되는 전기 출력은 교류 전자 장치의 형태이다. 반면 대부분의 많은 휴대용 전자 및 에너지 저장 장치는 직류(DC) 전원으로 구동된다. 그래서 DC 전원을 사용하는 전자장치에 바로 공급할 수 없었고, TENG의 AC 전원을 DC 전원으로 변환해야 하는 번거로움이 있다. TENG에 변환회로를 포함할 수 있지만 이럴 경우 시스템이 복잡해진다. 물론 종래에도 슬라이딩 쇼트키 비접촉 기술을 사용하여 DC 출력을 생성하는 TENG가 제안된 있지만 만족할 만한 성능을 제공하지 못했다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0008] (비특허문헌 0001) Cam-based sustainable triboelectric nanogenerators with a resolution-free 3D-printed system (Nano Energy 38(2017)326-334

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 목적은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 전기 출력을 향상시키고, 제조를 간단하게 하며, 실제 기기 구동에 필요한 전원을 공급하도록 하는 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)는, 회전 운동하는 크랭크 본체; 상기 크랭크 본체에 연결된 크랭크 축; 상기 크랭크 축마다 장착된 크랭크 헤드; 상기 크랭크 본체의 회전에 의해 회전하면서 상기 크랭크 헤드와 접촉될 때 전기 에너지를 생산하는 복수 개의 혼성 나노 발전기(HNG)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 혼성 나노 발전기는, 한 쌍의 상부 기관 및 하부기관; 상기 상부 기관과 하부 기관 사이의 간격을 유지하는 지지체; 상기 상부 기관과 하부 기관 상에 각각 구비된 상부 AI 전극 층 및 하부 AI 전극 층; 및 상기 상부 AI 전극 층 상에 구비된 복합필름을 포함하여 구성된다.
- [0012] 상기 상부 기관과 하부 기관은 플라스틱 재질이다.
- [0013] 상기 지지체는 탄성체이고, 바람직하게는 스펀지가 사용된다.

- [0014] 상기 하부 기관은 상기 크랭크 본체의 외측에 구비된 고정 프레임 상에 고정 설치되고, 상기 상부 기관은 상기 크랭크 헤드의 접촉 시 가압력에 의해 일 방향으로 이동한다.
- [0015] 상기 복합필름은 다공성 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합필름이다.
- [0016] 상기 복합필름은 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 사이즈이다.
- [0017] 상기 복합필름은 양극 마찰전기층, 상기 Al 전극 층은 음극 마찰전기층으로 사용된다.
- [0018] 본 발명의 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)는, 상기 크랭크 축은 3개, 상기 혼성 나노 발전기(HNG)는 6개를 포함하며, 상기 크랭크 본체의 회전운동에 따라 상기 크랭크 헤드와 접촉 또는 분리되는 혼성 나노 발전기는 소정 전원을 생산한다.
- [0019] 상기 혼성 나노 발전기가 장착되는 다각 형상의 고정 프레임을 더 포함하고, 상기 고정 프레임의 내면에 상기 하부 기관이 고정되게 설치된다.
- [0020] 상기 혼성 나노 발전기마다 연결된 정류소자 및 필터소자를 더 포함하고, 상기 소자에 의해 상기 혼성 나노 발전기가 생산한 AC 전원은 DC 전원으로 변환 출력된다.
- [0021] 본 발명의 다른 특징에 따른 혼성 나노 발전기(HNG) 제조방법은, 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)에 사용되는 혼성 나노 발전기(HNG) 제조방법에 있어서, Na_2CO_3 와 NbO_5 를 소정 비율로 혼합하는 단계; 혼합된 분말을 도가니(crucible)에 공급하고 소성하는 단계; 소성 공정 후 불순물 제거를 위해 세척하는 단계; 세척된 NaNbO_3 분말을 PDMS 중합체와 혼합하는 단계; 및 혼합된 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합 용액을 소정 조건에서 건조하는 단계를 포함하여 수행한다.
- [0022] 상기 소성은 850°C 에서 40시간 동안 진행하고, 상기 건조는 70°C 에서 2시간 동안 진행한다.
- [0023] 상기 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합 용액에 소정 중량 %의 물을 혼합하는 단계를 더 포함한다.

발명의 효과

- [0024] 이와 같은 본 발명에 따르면, 크랭크의 회전운동에 따른 점점/분리모드에서 구동되어, 회전 기계 에너지를 전기 에너지로 변환 공급하기 때문에, 기존 에너지원의 대안으로 사용할 수 있는 효과가 있다.
- [0025] 본 발명에 따르면 HNG의 출력 전원을 DC 전원으로 변환 공급하고 있어, DC 전원을 구동전원으로 사용하는 대부분의 전자장치에 바로 적용할 수 있다는 점에서 편의성을 제공할 수 있다.
- [0026] 본 발명에 따르면 BR-HNG에 사용되는 복수 개의 HNG는 다공성 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합필름을 적용하고 있어 전기 성능의 향상을 기대할 수 있다.
- [0027] 본 발명에 따르면, 회전 기계 에너지의 낭비를 최소화 하면서 효율적으로 전기 에너지로 저장할 수 있어 대규모 전력 생산에 효과적으로 기여할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)를 보인 구성도이다.
- 도 2는 본 발명에 적용된 혼성 나노 발전기(HNG)의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합필름의 제조공정을 보여준 공정도면이다.
- 도 4는 본 발명 BR-HNG의 작동 메커니즘을 설명하는 도면이다.
- 도 5는 각 HNG의 출력을 부하에 공급하는 것을 나타낸 회로 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는

경우 그 상세한 설명을 생략한다.

- [0030] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0031] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "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.
- [0032] 공간적으로 상대적인 용어인 아래(below, beneath, lower), 위(above, upper) 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관 관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 아래(below, beneath)로 기술된 소자는 다른 소자의 위(above, upper)에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 아래는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0033] 본 발명에서 사용되는 “부” 또는 “부분” 등의 일부분을 나타내는 표현은 해당 구성요소가 특정 기능을 포함할 수 있는 장치, 특정 기능을 포함할 수 있는 소프트웨어, 또는 특정 기능을 포함할 수 있는 장치 및 소프트웨어의 결합을 나타낼 수 있음을 의미하나, 꼭 표현된 기능에 한정된다고 할 수는 없으며, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0034] 또한, 본 발명에서 사용되는 모든 전기 신호들은 일 예시로서, 본 발명의 회로에 반전기 등을 추가적으로 구비하는 경우 이하 설명될 모든 전기 신호들의 부호가 반대로 바뀔 수 있음을 유의해야 한다. 따라서, 본 발명의 권리범위는 신호의 방향에 한정되지 않는다.
- [0035] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.
- [0036] 이하에서는 도면에 도시한 실시 예에 기초하면서 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.
- [0037] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 양방향 회전 하이브리드 나노 발전기(BR-HNG)(10)를 보인 구성도이다. 본 발명의 BR-HNG(10)는 6개의 혼성 나노 발전기(HNG)로 구성되며, 크랭크 장치가 이용되어 회전운동으로 구동되고, 또 다양한 휴대용 전자 제품에 DC 전원을 공급하도록 정류 및 필터링 기능을 포함하여 설계된다.
- [0038] 구체적으로 살펴보면 도 1에 도시한 바와 같이, BR-HNG(10)는 폐기물 회전 기계 에너지를 수확하여 전기 에너지로 변환하는 장치이다. BR-HNG(10)은, 중앙에 크랭크 본체(100) 및 크랭크 본체(100)의 외주면에 연결된 크랭크 축(110), 상기 크랭크 축(110)마다 장착된 크랭크 헤드(120), 그리고 크랭크 헤드(120)와 접촉하는 혼성 나노 발전기(HNG: Hybrid nanogenerator)(200)를 포함하여 구성된다.
- [0039] 상기 크랭크 본체(100)는 회전 운동을 선형 운동으로 변환하고 접촉 및 분리 모드에서 모든 혼성 나노 발전기(HNG)(200)을 구동하는 역할을 한다. 본 발명 실시 예에 따르면 상기 크랭크 본체(100)에는 3개의 크랭크 축(110)이 연결된다.
- [0040] 상기 혼성 나노 발전기(200)는 크랭크 본체(100)의 외측 방향에 위치한 다각 형상의 고정 프레임(300)의 내측에 각각 장착된다. 실시 예에서 상기 혼성 나노 발전기(200)는 총 6개가 제공된다.
- [0041] 도 2는 본 발명에 적용된 혼성 나노 발전기(HNG)(200)의 구성도이다.
- [0042] 도 2a 및 도 2b에서 보듯이, 혼성 나노 발전기(200)는 한 쌍의 상부 기관(제1 기관, 210) 및 하부 기관(제2 기관, 220)과, 상/하부 기관(210, 220) 사이의 간격을 유지하는 지지체(230a, 230b)를 포함한다. 상기 상/하부 기관(210, 220)은 플라스틱 기관이며, 지지체(230a, 230b)는 스폰지가 사용될 수 있다. 지지체(230a, 230b)에 의해 상/하부 기관(210, 220)은 서로 마주보면서 설치되며, 상부 기관(210)에 가해지는 외력에 의해 길이가 짧아졌다가 외력이 제거되면 탄성 복원력에 의해 원래 상태가 된다. 하부 기관(220)은 고정 프레임(300)에 부착되어

고정되며, 상부 기관(210)은 회전하는 크랭크 헤드(120)가 접촉하면서 가압할 때 일 방향으로 이동하게 된다.

[0043] 상/하부 기관(210, 220) 상에는 각각 상부 AI 전극 층(240)과 하부 AI 전극 층(250)이 형성되고, 상부 AI 전극 층(240)에 다공성 NaNbO_3 /PDMS 복합필름(260)이 형성된다. 도면과 같이 다공성 NaNbO_3 /PDMS 복합필름(260)은 상부 AI 전극 층(240) 상에만 구비된다. 다공성 NaNbO_3 /PDMS 복합필름(260)은 양극 마찰전기층, 하부 AI 층(250)은 음극 마찰전기층으로 사용된다.

[0044] 한편 PDMS 내부에 NaNbO_3 물질을 추가하면 PDMS만으로 제조한 TENG에 비해 HNG의 전기출력이 향상된다. HNG 제조에 PDMS와 NaNbO_3 물질을 사용하는 이유는, NaNbO_3 입자는 실온 이상에서 높은 유전 상수를 가지며, PDMS는 안정적인 기계적 내구성과 전기적 특성을 가지고 있기 때문에, NaNbO_3 입자를 PDMS 고분자 필름에 공급하여 제작한다. 그리고 NaNbO_3 /PDMS 복합필름에 다공성을 생성하면 표면적이 증가하여 HNG의 전기출력이 향상된다. 이처럼 PDMS 고분자 매트릭스에 NaNbO_3 입자를 공급하면 NaNbO_3 /PDMS 복합 필름의 유전 상수가 증가하여 HNG의 전기 출력이 향상되고, 또 다공성 구조가 생성되면 전기 출력 성능이 향상된다.

[0045] 따라서 본 발명은 성능 향상을 위해 다공성 NaNbO_3 /PDMS 복합필름이 사용된다. 실시 예에서 다공성 NaNbO_3 /PDMS 복합필름은 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 크기로 제작될 수 있다.

[0046] 도 3은 본 발명의 NaNbO_3 /PDMS 복합필름의 제조공정을 보여준 공정도면이다. 먼저 Na_2CO_3 와 Nb_2O_5 를 소정 비율(예컨대 1:1)로 혼합한 다음(a), 혼합된 분말을 소정 재질의 도가니(crucible)로 옮긴다(b). 그런 다음 calcination of precursors 공정을 수행하여 NaNbO_3 분말을 획득한다(c). 여기서, calcination of precursors 공정은 반응시간 내내 외부 환경과 격리시킨 상태에서 상기 분말이 들어 있는 도가니를 850°C 에서 40시간 동안 소성한다. 이후 에탄올과 증류수(DI)로 여러 번 세척하여 불필요한 잔류물과 불순물을 제거한 다음 열풍 오븐에서 건조한다. (d)는 NaNbO_3 입자의 전계 방출 주사 전자 현미경(FE-SEM) 이미지이다. 계속해서 앞선 공정에서 획득된 NaNbO_3 분말을 PDMS 중합체와 혼합한다(e). 이때 다양한 NaNbO_3 /PDMS 복합 필름을 얻기 위해 다른 중량 퍼센트(wt%) 값을 가진 NaNbO_3 분말을 PDMS 용액에 공급한다.

[0047] 예를 들어 NaNbO_3 /PDMS 복합 필름을 준비하기 위해 초기에 PDMS 베이스와 경화제의 비율이 10:1인 PDMS 용액을 준비했습니다. 이후, 합성된 NaNbO_3 입자의 중량%(1.25, 2.5, 3.75, 5 중량%)가 다른 PDMS 용액에 로딩하여 균일하게 혼합한다.

[0048] 이후에 NaNbO_3 /PDMS 복합 용액을 페트리 접시(petri dish)에 옮기고(f), 소정 조건(70°C , 2시간)에서 건조하여 다양한 NaNbO_3 /PDMS 복합 필름을 제조한다(g). 여기서 NaNbO_3 /PDMS 복합 필름의 표면적을 증가시키기 위해 NaNbO_3 /PDMS 복합 용액에 소정 중량 %의 물을 혼합한다. 최종적으로 다공성 구조의 NaNbO_3 /PDMS 필름을 제조하게 된다.

[0049] 도 3의 (h)는 상기한 공정에 따라 만들어진 다공성 NaNbO_3 /PDMS 복합 필름의 FE-SEM 이미지를 나타내고 있다.

[0050] 도 4는 본 발명 BR-HNG(10)의 작동 메커니즘을 설명하는 도면이다.

[0051] 초기 상태, 즉 HNG(200)에 외력이 가해지지 않으면 HNG(200)의 양극 및 음극 마찰전기 물질은 유한한 거리에서 분리되어 전위가 '0'인 평형 상태를 유지한다.

[0052] 이후, 도 4a와 같이 크랭크 본체(100)의 회전운동에 의해 크랭크 헤드(120)가 HNG(200)에 힘을 가하면 양극 마찰전기층(260)이 하방향으로 이동하여 양극 마찰전기층(260)과 음극 마찰전기층(250)이 서로 접촉하게 되고 표면에 전하가 생성된다. 이때 PDMS(negative triboelectric layer)는 NaNbO_3 입자로 구성되어 있기 때문에 가해진 미는 힘의 영향으로 쌍극자가 단일 방향으로 정렬되기 시작하여 PDMS 필름 전체에 추가로 전하가 증가한다.

[0053] 도 4b와 같이 크랭크 본체(100)의 회전에 따라 크랭크 헤드(120)가 이동하여 HNG(200)에 가해진 미는 힘이 제거되면 두 마찰전기층(260, 250)이 분리되기 시작하고 NaNbO_3 쌍극자도 방향을 잃어 외부 회로에 전위차를 생성하여 전기 출력이 발생한다.

[0054] 도 4c는 전하가 멈추는 HNG(200)의 완전히 분리된 상태를 보여준다. HNG(200)를 평형 상태로 유지하면서 상부

A1 전극 층(260)에서 하부 A1 전극 층(250)으로 흐르게 된다. 이 상태에서 두 마찰 전기층(260, 250)이 서로 완전히 분리되어 복합 필름 내부의 쌍극자가 임의의 방향으로 정렬된다.

- [0055] 도 4d는 HNG(200)에 외력이 다시 가해지는 경우이다. 외력이 가해지면 음극의 마찰전기층(250)은 양의 마찰전기층(260)으로 이동하고 전하가 외부 회로를 통해 하부 A1 전극 층(250)에서 상부 A1 전극 층(240)으로 다시 흐르기 시작한다.
- [0056] 이와 같이 HNG(200)에 지속적으로 외력이 가해지거나 제거되면 상하부 A1 전극 층(240, 250) 사이에 정전기 전위차를 반복적으로 생성할 수 있으며, 결과적으로 전하 흐름과 외부 회로를 통해 전기 출력을 발생한다.
- [0057] 본 발명의 BR-HNG에 마련된 6개의 HNG는 DC 전원을 사용하는 전자장치에 바로 공급할 수 있도록 AC 전원을 변환하여 DC 전원을 출력한다.
- [0058] 도 5는 각 HNG(200)의 출력을 부하에 공급하는 것을 나타낸 회로 구성도이다.
- [0059] 도 5를 살펴보면, 제1 내지 제6 HNG(200)에는 각각 정류회로(400) 및 필터회로(500)가 마련되어 있다. 정류회로(400)는 브리지 방식이 정류기이며, 필터회로(500)는 출력단에 병렬 연결된 소정 용량, 예를 들면 0.1 μ F의 캐패시터이다.
- [0060] 각 HNG(200)마다 정류기(400) 및 캐패시터 필터(500)가 연결되어 있어, HNG(200)의 AC 전원을 DC 전원으로 변환하여 출력할 수 있다.
- [0061] 이와 같이 본 발명은 유전체 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합막을 사용하여 HNG를 제작하였고, HNG의 출력 전기적 성능은 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합 필름의 표면적을 증가시켜 더욱 향상시켰다. 그리고 본 발명의 실험에 따르면 면적이 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 인 다공성 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 필름으로 구성된 HNG는 각각 290V 및 9.5 μ A의 피크 전압과 전류를 생성하였음을 확인할 수 있었다.
- [0062] 또한 본 발명의 BR-HNG는 3개의 크랭크 축을 포함하여 구성되어 3D 인쇄되어 제작된다. 그리고 BR-HNG는 다공성 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 필름을 포함하는 6개의 HNG가 결합된다. 이러한 구성을 가지는 본 발명의 BR-HNG는 180RPM에서 37.5V의 최대 DC 전압을 생성하였음을 확인하였다.
- [0063] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

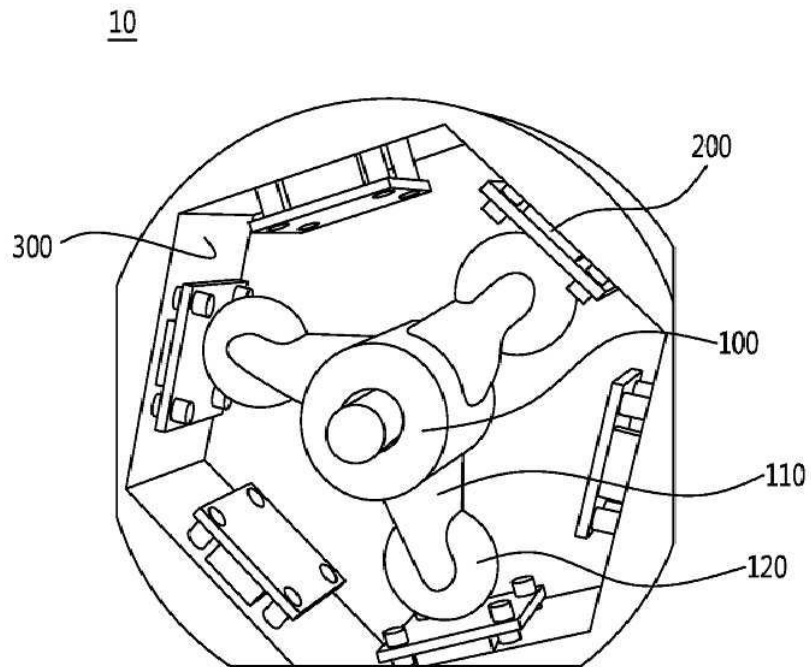
- [0064] 10: BR-HNG
- 100: 크랭크 본체
- 110: 크랭크 축
- 120: 크랭크 헤드
- 200: 혼성 나노 발전기
- 210: 상부 기관(제1 기관)
- 220: 하부 기관(제2 기관)
- 230, 240: 지지체
- 240: 상부 A1 전극 층
- 250: 하부 A1 전극 층
- 260: 다공성 $\text{NaNbO}_3/\text{PDMS}$ 복합필름
- 300: 고정 프레임

400: 정류회로

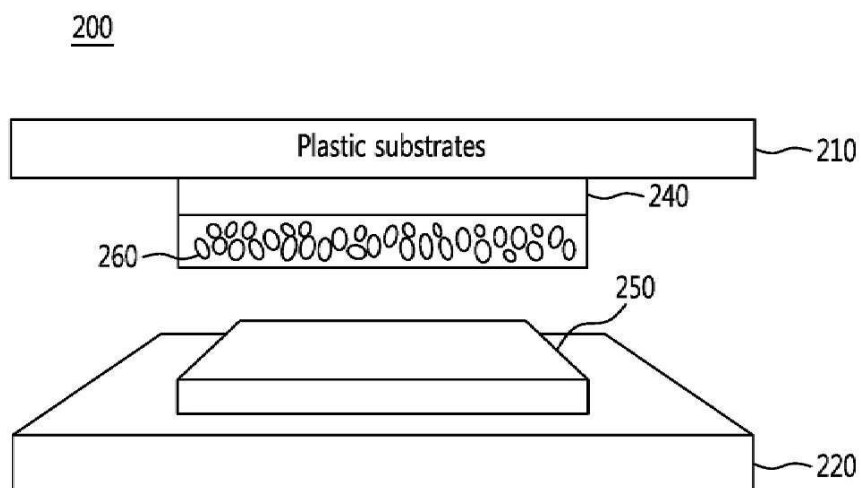
500: 필터회로

도면

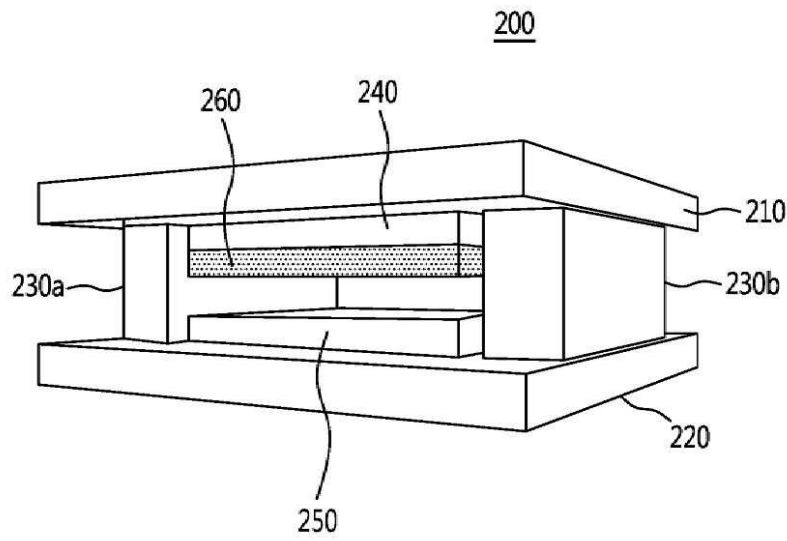
도면1



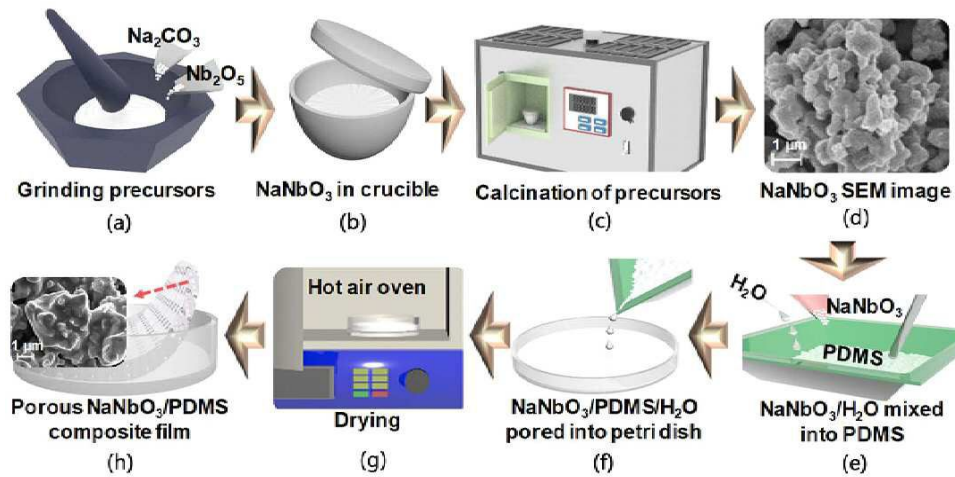
도면2a



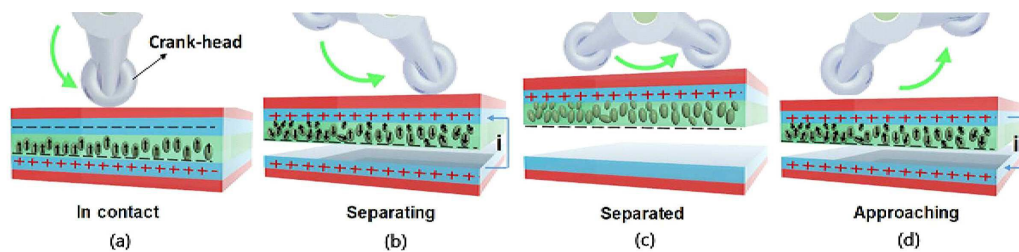
도면2b



도면3



도면4



도면5

