(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0055840
(43) 공개일자 2025년04월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01) *H10N 30/00* (2023.01)
H10N 30/06 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
C01B 32/158 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2023-0139492
(22) 출원일자 2023년10월18일
심사청구일자 2023년10월18일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
김대원
서울특별시 송파구 송파대로 345, 316동 1401호
김근철
경기도 수원시 영통구 매영로415번길 42-13, 501호
(74) 대리인
두호특허법인

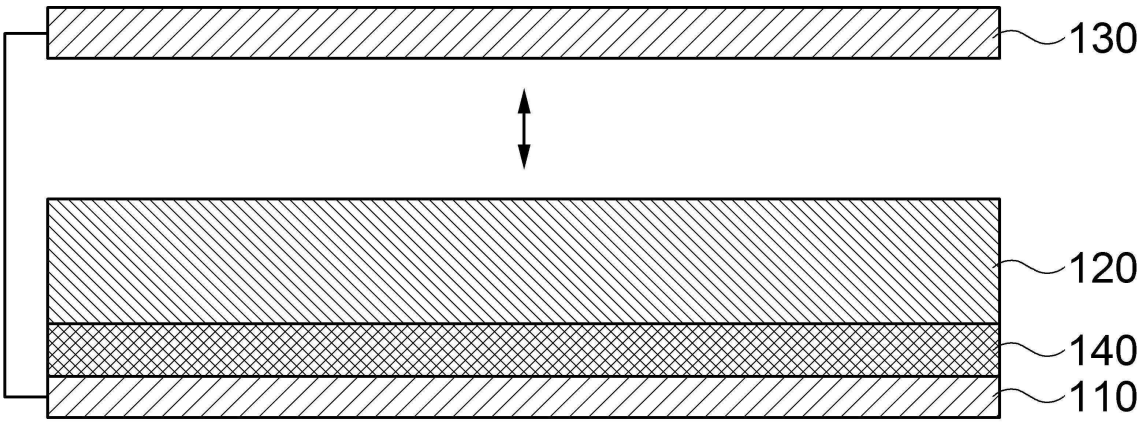
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **전하 이동 방지층을 갖는 마찰대전 발전기 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명의 실시예는 전극에서 생성된 전하가 에너지 발전층으로 이동하면서 중화되는 현상을 방지하여 발전되는 전체 전하의 양이 상쇄되는 것을 예방함으로써 발전 효율을 향상할 수 있는 선택적 전하 이동 방지층을 갖는 마찰대전 발전기 및 그 제조방법에 관한 것이다. 이를 위해, 본 발명의 실시예는 고정 전극; 상기 고정 전극 상부에 구비되는 에너지 발전층; 상기 에너지 발전층의 상부에 이격 구비되어, 외력의 인가 또는 해제 시 상기 에너지 발전층의 표면에 접촉 및 분리되어 마찰대전으로 전기 에너지를 발생시키는 이동 전극; 및 상기 고정 전극과 상기 에너지 발전층 사이에 구비되어, 상기 고정 전극에서 생성된 전하가 상기 에너지 발전층으로 이동되는 것을 방지하는 전하 이동 방지층;을 포함하는, 마찰대전 발전기 및 그 제조방법이 제공된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H10N 30/06 (2023.02)
H10N 30/704 (2024.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415184127
과제번호 00154983
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
연구사업명 시장선도를위한한국주도형K-Sensor기술개발(R&D)
연구과제명 저전력 센서와 구동을 위한 자립형전원 센서 플랫폼 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 광운대학교산학협력단
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711183822
과제번호 2021R1C1C1014004
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 상용화 수준의 자가 구동 인공망막장치 개발을 위한 정전 기반의 전기 자극 장치 및 고효율 에너지 변환시스템연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

고정 전극;

상기 고정 전극 상부에 구비되는 에너지 발전층;

상기 에너지 발전층의 상부에 이격 구비되어, 외력의 인가 또는 해제 시 상기 에너지 발전층의 표면에 접촉 및 분리되어 마찰대전으로 전기 에너지를 발생시키는 이동 전극; 및

상기 고정 전극과 상기 에너지 발전층 사이에 구비되어, 상기 고정 전극에서 생성된 전하가 상기 에너지 발전층으로 이동되는 것을 방지하는 전하 이동 방지층;을 포함하는, 마찰대전 발전기.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 전하 이동 방지층은, 상기 고정 전극과의 사이에 에너지 밴드 갭을 형성하는 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브(Single-Wall Carbon NanoTubes:SWCNT)층을 포함하는, 마찰대전 발전기.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브층은,

상기 고정 전극과 마주보는 상기 에너지 발전층의 표면에 단일벽 탄소 나노 튜브 용액을 스핀 코팅 방식으로 증착하여 형성되는, 마찰대전 발전기.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브층이 형성되기 전에,

상기 에너지 발전층의 표면은 산소(O2) 플라즈마 처리되고, 상기 산소 플라즈마 처리된 상기 에너지 발전층의 표면에는 Poly-L-Lysine 용액이 도포되는, 마찰대전 발전기.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 스핀 코팅은 2000rpm의 속도로 수행되는, 마찰대전 발전기.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 에너지 발전층은, 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane:PDMS)으로 이루어지는, 마찰대전 발전기.

청구항 7

에너지 발전층을 형성하는 단계;

상기 에너지 발전층의 일측 표면에 전하 이동 방지층을 형성하는 단계;

상기 전하 이동 방지층에 고정 전극을 형성하는 단계; 및

상기 에너지 발전층의 타측 표면의 상부에 외력의 인가 또는 해제 시 상기 에너지 발전층의 타측 표면에 접촉 및 분리되어 마찰대전으로 전기 에너지를 발생시키는 이동 전극을 이격 구비하는 단계;를 포함하며,

상기 전하 이동 방지층은, 상기 고정 전극에서 생성된 전하가 상기 에너지 발전층으로 이동되는 것을 방지하는, 마찰대전 발전기의 제조방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 에너지 발전층의 일측 표면에 전하 이동 방지층을 형성하는 단계는,

상기 에너지 발전층의 일측 표면을 산소(O2) 플라즈마 처리하는 제1 단계와,

상기 산소 플라즈마 처리된 상기 에너지 발전층의 일측 표면에 Poly-L-Lysine 용액을 도포하는 제2 단계와, 그리고

상기 Poly-L-Lysine 용액이 도포된 표면에 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브(Single-Wall Carbon NanoTubes:SWCNT) 용액을 스핀 코팅으로 증착하는 제3 단계를 포함하는, 마찰대전 발전기의 제조방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 에너지 발전층은, 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane:PDMS) 원액과 함께 경화제를 포함하는 혼합액을 다공성 구조의 수용성 유기화합물에 주입하고 경화한 후 상기 수용성 유기화합물을 용해함에 따라 다공성 구조를 갖는 유연한 층으로 이루어지는, 마찰대전 발전기의 제조방법.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 제2 단계 이후 10분 이상이 경과된 후 상기 제3 단계가 수행되며,

상기 제3 단계는 상기 Poly-L-Lysine 용액이 도포된 표면에 상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브 용액을 떨어뜨린 후 30분이 경과된 후 상기 스핀 코팅을 3회 반복 수행하되, 상기 스핀 코팅은 2000rpm의 속도로 수행되는, 마찰대전 발전기의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예는 전극에서 생성된 전하가 에너지 발전층으로 이동하면서 중화되는 현상을 방지하여 발전되는 전체 전하의 양이 상쇄되는 것을 예방함으로써 발전 효율을 향상할 수 있는 전하 이동 방지층을 갖는 마찰대전 발전기 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 근래에 들어 접촉 대전(contact-electrification) 현상에 기반한 마찰대전 발전기(Triboelectric generator)는 그 가격 대비 높은 효율성과 다양한 응용 가능성에 따라 새로운 에너지 하베스팅(harvesting) 장치로 주목 받아 왔다.

[0004] 상기 마찰대전 발전기는 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환하는 기술로 서로 다른 두 물체의 마찰에 의해 발생하는 전하를 통해 전기적 출력을 생성한다.

[0005] 이때, 한 물체에서 발생한 전하가 이동하면서 다른 물체의 전하와 결합하면서 이를 중화시키는 차지 스크리닝(Charge screening) 현상이 발생한다.

[0006] 이로 인해 전체적인 전하의 양이 상쇄되어 마찰대전 발전기의 효율이 낮아지는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-2455431호 (2022.10.12.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 실시예는 전극에서 생성된 전하가 에너지 발전층으로 이동하면서 중화되는 현상을 방지하여 전체 생성되는 전하의 양이 줄어드는 것을 예방함으로써 전기 출력을 향상할 수 있는 전하 이동 방지층을 갖는 마찰대전 발전기 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

[0010] 그리고, 본 발명의 실시예는 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브를 최적의 스핀 코팅 속도로 에너지 발전층에 증착하여 전하 이동 방지층을 형성함으로써 전기 출력을 극대화할 수 있는 마찰대전 발전기 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 고정 전극; 상기 고정 전극 상부에 구비되는 에너지 발전층; 상기 에너지 발전층의 상부에 이격 구비되어, 외력의 인가 또는 해제 시 상기 에너지 발전층의 표면에 접촉 및 분리되어 마찰대전으로 전기 에너지를 발생시키는 이동 전극; 및 상기 고정 전극과 상기 에너지 발전층 사이에 구비되어, 상기 고정 전극에서 생성된 전하가 상기 에너지 발전층으로 이동되는 것을 방지하는 전하 이동 방지층;을 포함하는, 마찰대전 발전기가 제공된다.

[0013] 상기 전하 이동 방지층은, 상기 고정 전극과의 사이에 에너지 밴드 갭을 형성하는 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브(Single-Wall Carbon NanoTubes:SWCNT)층을 포함할 수 있다.

[0014] 이때, 상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브층은, 상기 고정 전극과 마주보는 상기 에너지 발전층의 표면에 단일벽 탄소 나노 튜브 용액을 스핀 코팅 방식으로 증착하여 형성될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 스핀 코팅은 2000rpm의 속도로 수행되는 것이 바람직하다.

[0016] 본 실시예의 마찰대전 발전기는, 상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브층이 형성되기 전에, 상기 에너지 발전층의 표면은 산소(O2) 플라즈마 처리될 수 있고, 상기 산소 플라즈마 처리된 상기 에너지 발전층의 표면에는 Poly-L-Lysine 용액이 도포될 수 있다.

[0017] 상기 에너지 발전층은, 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane:PDMS)으로 이루어질 수 있다.

[0018] 상기 고정 전극 및 상기 이동 전극은, 알루미늄(Al) 재질로 형성될 수 있다.

[0020] 한편, 본 발명의 다른 일 실시예에 의하면, 에너지 발전층을 형성하는 단계; 상기 에너지 발전층의 일측 표면에 전하 이동 방지층을 형성하는 단계; 상기 전하 이동 방지층에 고정 전극을 형성하는 단계; 및 상기 에너지 발전층의 타측 표면의 상부에 외력의 인가 또는 해제 시 상기 에너지 발전층의 타측 표면에 접촉 및 분리되어 마찰대전으로 전기 에너지를 발생시키는 이동 전극을 이격 구비하는 단계;를 포함하며, 상기 전하 이동 방지층은, 상기 고정 전극에서 생성된 전하가 상기 에너지 발전층으로 이동되는 것을 방지하는, 마찰대전 발전기의 제조방법이 제공된다.

[0021] 여기서, 상기 에너지 발전층의 일측 표면에 전하 이동 방지층을 형성하는 단계는, 상기 에너지 발전층의 일측 표면을 산소(O2) 플라즈마 처리하는 제1 단계와, 상기 산소 플라즈마 처리된 상기 에너지 발전층의 일측 표면에 Poly-L-Lysine 용액을 도포하는 제2 단계와, 그리고 상기 Poly-L-Lysine 용액이 도포된 표면에 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브(Single-Wall Carbon NanoTubes:SWCNT) 용액을 스핀 코팅으로 증착하는 제3 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 이때, 상기 에너지 발전층은, 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane:PDMS) 원액과 함께 경화제를 포함하는 혼합액을 다공성 구조의 수용성 유기화합물에 주입하고 경화한 후 상기 수용성 유기화합물을 용해함에 따라 다공성 구조를 갖는 유연한 층으로 이루어질 수 있다.

[0023] 또한, 상기 제2 단계 이후 10분 이상이 경과된 후 상기 제3 단계가 수행될 수 있으며, 상기 제3 단계는 상기 Poly-L-Lysine 용액이 도포된 표면에 상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브 용액을 떨어뜨린 후 30분이 경과된 후 상기 스핀 코팅을 3회 반복 수행하되, 상기 스핀 코팅은 2000rpm의 속도로 수행되는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시예에 따르면, 고정 전극에서 생성된 전하가 에너지 발전층으로 이동하여 중화되는 것을 방지하여 전하의 양이 줄어드는 것을 예방함으로써 전기 출력을 향상할 수 있는 이점이 있다.

[0026] 그리고, 본 발명의 실시예에 따르면, 에너지 발전층에 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브를 최적의 속도로 스핀 코팅하여 전하 이동 방지층을 형성함으로써 전기 출력을 극대화할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 발전기를 개략적으로 나타낸 단면 구성도

도 2는 도 1의 전하 이동 방지층의 형성 과정을 나타낸 구성도들

도 3은 도 1의 전하 이동 방지층의 에너지 밴드갭을 설명하기 위한 구성도

도 4는 도 1의 마찰대전 발전기의 동작 원리를 설명하기 위한 구성도들

도 5는 전하 이동 방지층이 형성되지 않은 에너지 발전층을 갖는 마찰대전 발전기와 에너지 발전층에 전하 이동 방지층이 형성된 마찰대전 발전기의 스핀 코팅 속도별 전기적 출력을 비교한 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시형태를 설명하기로 한다. 이하의 상세한 설명은 본 명세서에서 기술된 방법, 장치 및/또는 시스템에 대한 포괄적인 이해를 돕기 위해 제공된다. 그러나 이는 예시에 불과하며 개시되는 실시예들은 이에 제한되지 않는다.

[0030] 실시예들을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 개시되는 실시예들의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고, 후술되는 용어들은 개시되는 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. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 실시예들을 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적이어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는

한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하도록 해석되어서는 안 된다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 발전기를 개략적으로 나타낸 단면 구성도이고, 도 2는 도 1의 전하 이동 방지층의 형성 과정을 나타낸 구성도들이며, 도 3은 도 1의 전하 이동 방지층의 에너지 밴드갭을 설명하기 위한 구성도이고, 도 4는 도 1의 마찰대전 발전기의 동작 원리를 설명하기 위한 구성도들이며, 도 5는 전하 이동 방지층이 형성되지 않은 에너지 발전층을 갖는 마찰대전 발전기와 에너지 발전층에 전하 이동 방지층이 형성된 마찰대전 발전기의 스핀 코팅 속도별 전기적 출력을 비교한 그래프이다.

[0033] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 발전기(100)는, 고정 전극(110)과, 상기 고정 전극(110)의 상부에 구비되는 에너지 발전층(120)과, 상기 에너지 발전층(120)의 상부에 이격 구비되어 외력의 인가 또는 해제에 의해 상기 에너지 발전층(120)의 표면에 접촉 또는 분리되는 이동 전극(130)과, 상기 고정 전극(110)과 상기 에너지 발전층(120) 사이에 구비되는 전하 이동 방지층(140)을 포함할 수 있다.

[0034] 상기 고정 전극(110)은 알루미늄(Al) 재질로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 다양한 재질의 전도성 전극으로 이루어질 수 있다.

[0035] 상기 에너지 발전층(120)은 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane:PDMS)로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 상기 이동 전극(130)과의 접촉 또는 분리 시 마찰대전을 일으킬 수 있는 에코플렉스(ecoflex) 등 다양한 물질로 형성될 수 있다.

[0036] 상기 이동 전극(130)은 상기 에너지 발전층(120)의 상부에 이격 구비된 상태에서 외력의 인가 또는 해제에 의해 상기 에너지 발전층(120)의 표면에 접촉 또는 분리되는 과정에서 마찰대전으로 전기 에너지를 발생시킬 수 있다.

[0037] 이때, 상기 이동 전극(130)은 상기 고정 전극(110)과 마찬가지로 알루미늄(Al) 재질로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 다양한 재질의 전도성 전극으로 이루어질 수 있다.

[0038] 상기 전하 이동 방지층(140)은 상기 고정 전극(110)과 상기 에너지 발전층(120) 사이에 구비되어 상기 이동 전극(130)이 상기 에너지 발전층(120)의 표면에 접촉 도는 분리되는 과정에서 마찰대전으로 상기 고정 전극(110)에 생성된 전하가 상기 에너지 발전층(120)으로 이동되는 것을 방지하여 본 실시예의 마찰대전 발전기(100)의 전기적 출력을 향상할 수 있다.

[0039] 즉, 상기 전하 이동 방지층(140)은, 상기 고정 전극(110)과의 사이에 에너지 밴드 갭을 형성하는 반도체 단일벽 탄소 나노 튜브(Single-Wall Carbon NanoTubes:SWCNT)층을 포함할 수 있다.

[0040] 도 2를 더 참조하여 상기 전하 이동 방지층(140)의 형성 구조를 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0041] 먼저, 도 2의 (i)에서와 같이, 폴리디메틸실록산(PDMS) 등으로 이루어진 에너지 발전층(120)을 준비한다.

[0042] 그리고, 도 2의 (ii)에서와 같이, 고정 전극(110)이 구비될 상기 에너지 발전층(120)의 표면을 산소(O2) 플라즈마 처리를 진행한다.

[0043] 이는, 상기 에너지 발전층(120)의 표면에 전하 이동 방지층(140)을 보다 잘 증착하기 위해서는 Poly-L-Lysine 처리를 진행해야 하는데, 상기 에너지 발전층(120)은 폴리디메틸실록산으로 이루어지고 상기 폴리디메틸실록산은 소수성으로 상기 Poly-L-Lysine 용액이 잘 도포되지 않기 때문이다.

[0044] 따라서, 상기 에너지 발전층(120)의 표면을 산소 플라즈마 처리하여 표면 에너지를 증가시켜 소수성에서 친수성 표면으로 형성할 수 있다.

[0045] 이후, 도 2의 (iii)에서와 같이, 친수성 표면으로 변환된 상기 에너지 발전층(120)의 표면에 Poly-L-Lysine 용액을 도포한다.

[0046] 이때, 상기 에너지 발전층(120)의 표면에 Poly-L-Lysine(PLL) 용액을 도포한 후에는 대략 10분이 경과된 후에 이후 단계를 진행하는 것이 바람직하다.

[0047] 이후, 도 2의 (iv)에서와 같이 상기 Poly-L-Lysine이 도포 형성된 표면에 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브 용액

을 떨어뜨리고 스핀 코팅 방식으로 증착할 수 있고, 이에 도 2의 (ⅴ)에서와 같이 전하 이동 방지층(140)을 형성할 수 있다.

[0048] 이때, 상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브(SWCNT) 용액을 떨어뜨린 후에는 대략 30분이 경과된 후에 스핀 코팅을 진행하는 것이 바람직하며, 이후 상기 스핀 코팅을 3회 반복 수행하되 상기 스핀 코팅은 2000rpm의 속도로 수행하는 것이 바람직한데, 이에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.

[0049] 이후, 상기 전하 이동 방지층(140)의 표면에 고정 전극(110)을 형성하고 상기 고정 전극(110)의 반대측 상기 에너지 발전층(120)의 상부에 이격되도록 이동 전극(130)을 구비함으로써 본 실시예의 마찰대전 발전기(100)를 구현할 수 있다.

[0050] 이와 같이, 본 실시예의 마찰대전 발전기(100)는, 상술한 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브층으로 이루어진 전하 이동 방지층(140)이 정공 수송 층(Hole Transport Layer:HTL)으로 작용하여 상기 고정 전극(110)과의 접합부에서 높은 정공 차단 정벽을 가지고 있다.

[0051] 즉, 도 3에서와 같이, 본 실시예의 마찰대전 발전기(100)는, 상기 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브로 이루어진 상기 전하 이동 방지층(140)과 상기 고정 전극(110) 사이에 대략 2.59eV의 에너지 밴드 갭을 형성할 수 있고, 이로 인해 상기 에너지 발전층(120)에서 생성된 전하는 상기 고정 전극(110)으로 이동할 수 있는 반면 상기 고정 전극(110)에서 생성된 전하는 상기 에너지 발전층(120)으로 이동되는 것을 방지할 수 있다.

[0052] 이에, 상기 전하 이동 방지층(140)을 기반으로 상기 이동 전극(130)과 상기 에너지 발전층(120)의 마찰 대전으로 상기 고정 전극(110)에 생성된 전하가 상기 에너지 발전층(120)으로 이동하면서 상기 에너지 발전층(120) 내부 전자와 결합하는 것을 막을 수 있으며, 따라서 상기 고정 전극(110)에서 생성된 전하의 손실을 방지함으로써 전체적으로 마찰대전 발전기(100)의 전기적 출력을 향상할 수 있다.

[0054] 다음으로, 상기와 같이 구성된 본 실시예의 마찰대전 발전기(100)의 전기 에너지 생성 과정을 도 4를 참조하여 보다 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0055] 먼저, 도 4의 (ⅰ)에서와 같이, 외부 기계적 움직임인 외력이 이동 전극(130)에 가해지면 상기 이동 전극(130)이 에너지 발전층(120) 즉, PDMS의 상부 표면으로 접근할 수 있다.

[0056] 이때, 상기 이동 전극(130)에는 양의 전하가 대전되고 상기 에너지 발전층(120)의 상부에는 음의 전하가 대전될 수 있다.

[0057] 또한, 상기 에너지 발전층(120)의 하부에 구비된 고정 전극(110)에는 상기 이동 전극(130)에 대전된 양의 전하보다 많은 양의 전하가 대전될 수 있으며, 이에 전기적 평형 상태를 유지하기 위해서 상기 고정 전극(110)으로부터 상기 이동 전극(130)의 방향을 양의 전하가 이동하면서 마찰 전류(I_{Tribo})가 발생한다.

[0058] 그리고, 도 2의 (ⅱ)에서와 같이, 상기 이동 전극(130)이 상기 에너지 발전층(120)의 상부 표면에 접촉하게 되면, 상기 고정 전극(110)의 양의 전하가 모두 상기 이동 전극(130)으로 이동하여 상기 에너지 발전층(120)의 상부에 대전된 음의 전하와 전기적 평형을 이룬다.

[0059] 다음, 도 2의 (ⅲ)에서와 같이, 상기 이동 전극(130)이 상기 에너지 발전층(120)의 상부 표면으로부터 분리되어 멀어짐에 따라 전기적 평형 상태가 깨지게 되면서 상기 이동 전극(130)으로부터 상기 고정 전극(110)의 방향으로 양의 전하가 이동하면서 마찰 전류(I_{Tribo})가 발생한다.

[0060] 그리고, 도 2의 (ⅳ)에서와 같이, 상기 이동 전극(130)이 상기 에너지 발전층(120)의 상부 표면으로부터 보다 멀어져 원위치로 복귀하면 전기적 평형 상태를 유지하면서 전하의 이동이 중지된다.

[0061] 이후, 다시 외부 기계적 움직임인 외력이 상기 이동 전극(130)에 다시 가해지면 상기 이동 전극(130)이 상기 에너지 발전층(120)의 상부 표면으로 접근하면서 도 2의 (ⅰ)에서 (ⅳ)의 과정을 반복하면서 지속적으로 전기 에너지를 생산할 수 있다.

[0062] 특히 본 실시예의 마찰대전 발전기(100)는 상술한 전기 에너지 생산 과정에서 상기 고정 전극(110)과 상기 에너지 발전층(120) 사이에 구비된 전하 이동 방지층(140)을 기반으로 상기 고정 전극(110)에서 생성된 양의 전하가 상기 에너지 발전층(120)으로 이동하면서 에너지 발전층의 내부 전자와 결합하는 것을 막을 수 있기 때문에 상기 고정 전극(110)에서 생성된 전하의 손실을 방지함으로써 전체적인 전기적 출력을 높일 수 있다.

[0064] 한편, 본 실시예의 마찰대전 발전기는, 에너지 발전층(120:도 2 참조)의 표면에 반도체성 단일벽 탄소 나노 튜브 용액을 도포하고 스핀 코팅을 통해 증착하여 전하 이동 방지층(140:도 2 참조)을 형성하는데, 이때 상기 스핀 코팅은 2000rpm의 속도로 수행하는 것이 바람직하다.

[0065] 즉, 도 5에 도시된 바와 같이, 전하 이동 방지층이 형성되지 않은 에너지 발전층을 가진 마찰대전 발전기(Bare)에 비하여 전하 이동 방지층이 형성된 에너지 발전층을 가진 마찰대전 발전기(600rpm ~ 2000rpm)의 출력 전압값 및 출력 전류값이 향상되는 것을 실험 결과 알 수 있으며, 특히 에너지 발전층에 전하 이동 방지층 형성시 스핀 코팅을 2000rpm의 속도로 수행하여 증착한 경우 출력 전압값 및 출력 전류값이 극대화되어 최적의 스핀 코팅 속도인 것을 알 수 있다.

[0067] 이상에서 본 발명의 대표적인 실시예들을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0069] 100 : 마찰대전 발전기

110 : 고정 전극

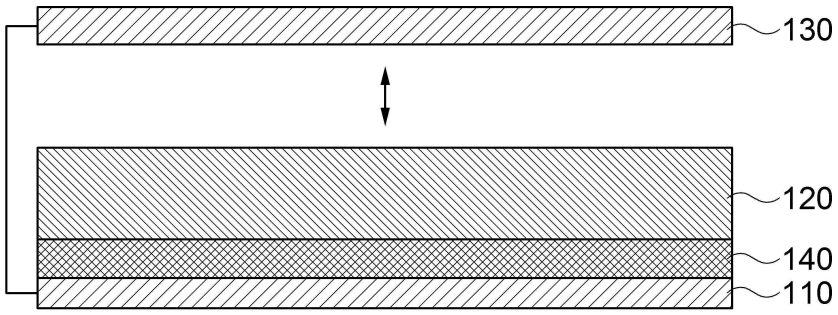
120 : 에너지 발전층

130 : 이동 전극

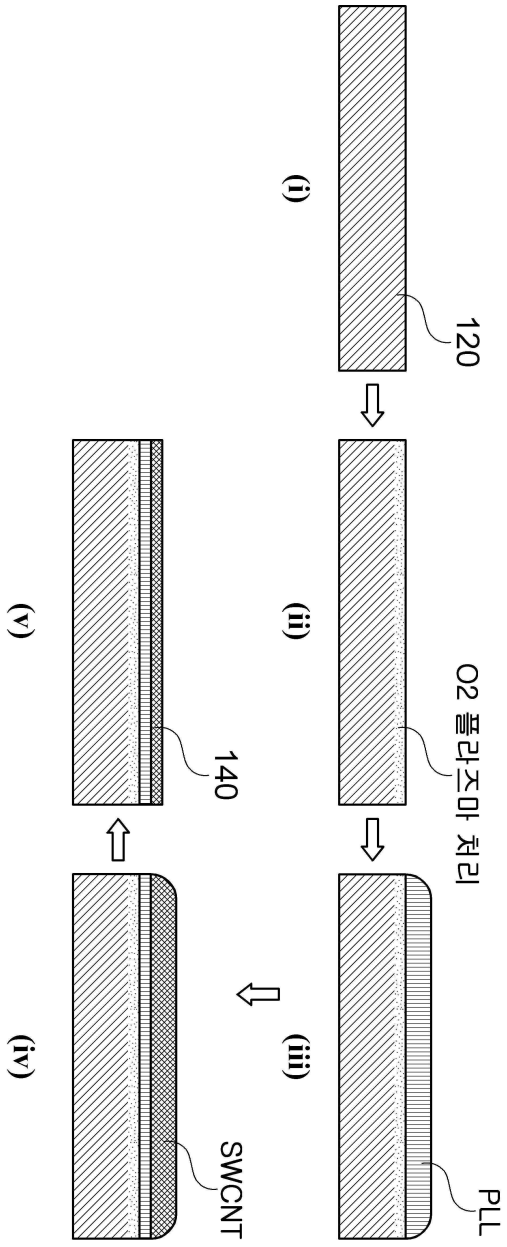
140 : 전하 이동 방지층

도면

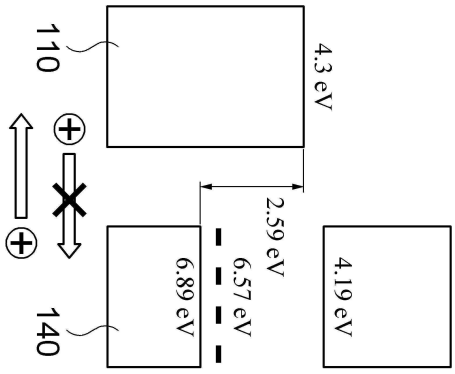
도면1

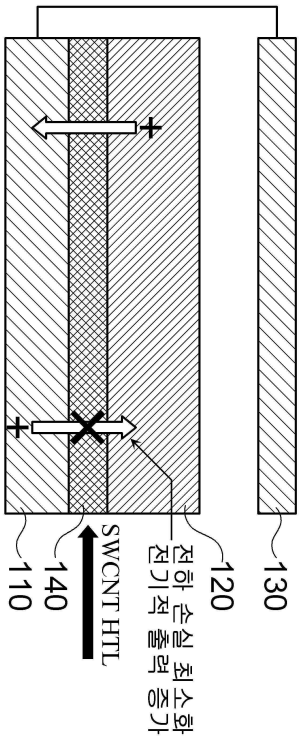


도면2

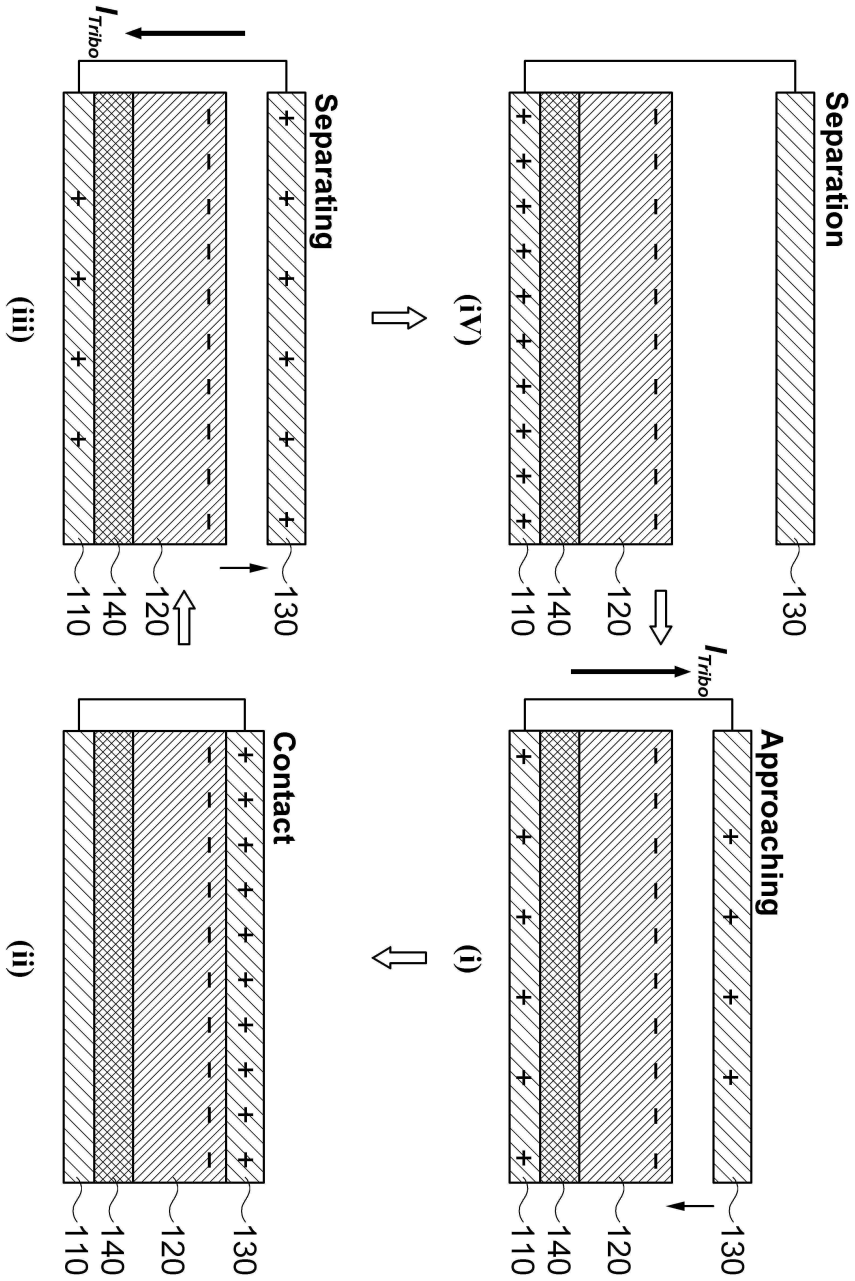


도면3

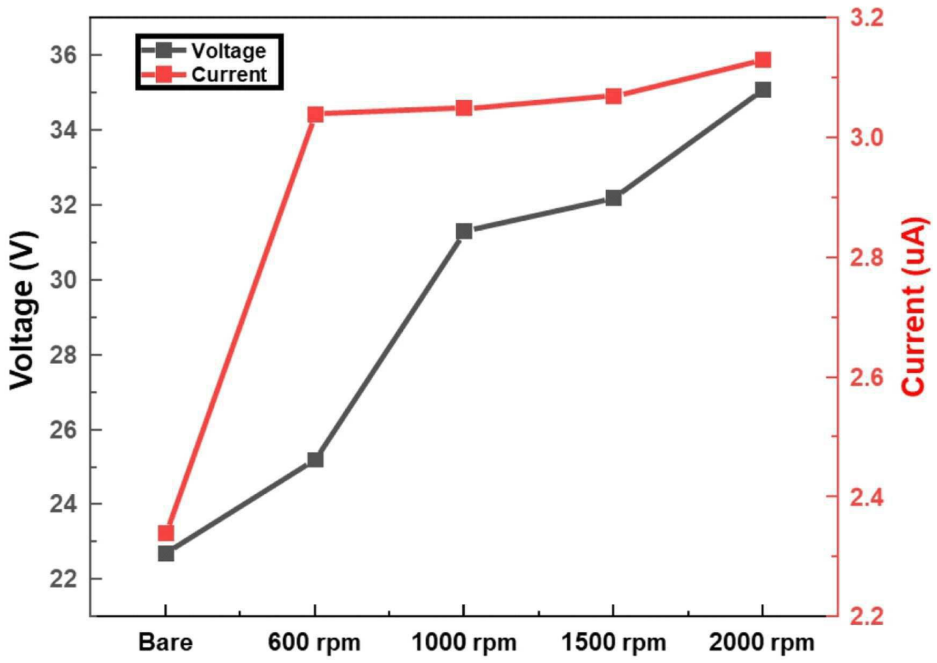

110
140
4.3 eV
2.59 eV
6.57 eV
6.89 eV
4.19 eV


110
140
SWCNT HTL
전하 손실 최소화
전기적 출력 증가
120
130

도면4


Separation
Approaching
Contact
Separating
(i)
(ii)
(iii)
(iV)
110
120
130
140
I_{Tribo}

도면5


Voltage
Current
Voltage (V)
Current (uA)
36
34
32
30
28
26
24
22
3.2
3.0
2.8
2.6
2.4
2.2
Bare
600 rpm
1000 rpm
1500 rpm
2000 rpm