



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0021717
(43) 공개일자 2020년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0097423

(22) 출원일자 2018년08월21일

심사청구일자 2018년08월21일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

김대원

서울특별시 강남구 개포로 310, 14동 203호

김인겸

경기도 수원시 영통구 청명로59번길 59-1, 304호

(74) 대리인

김홍석

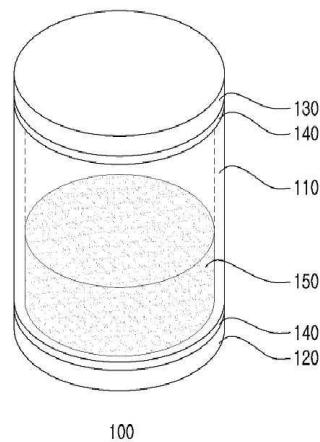
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자가 개시된다. 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자는 제1 개구부 및 제2 개구부를 포함하는 컨테이너, 제1 개구부와 결합되어 제1 개구부를 밀폐하는 제1 전극, 제2 개구부와 결합되어 제2 개구부를 밀폐하는 제2 전극, 컨테이너에 내부에 위치하는 실리카 기반 파우더, 전극과 실리카 기반 파우더 사이-에 배치되는 PTFE 필름, 및 제1 전극과 상기 제2 전극을 연결하는 배선을 포함하며, 실리카 기반 파우더와의 마찰 대전을 이용하여 외부의 기계 에너지를 전기 에너지로 변환한다.

대표도 - 도1



100

명세서

청구범위

청구항 1

제1 개구부 및 제2 개구부를 포함하는 컨테이너;
상기 제1 개구부와 결합되어 상기 제1 개구부를 밀폐하는 제1 전극;
상기 제2 개구부와 결합되어 상기 제2 개구부를 밀폐하는 제2 전극;
상기 컨테이너에 내부에 위치하는 실리카 기반 파우더;
상기 제1 전극 위-상기 제1 전극과 상기 실리카 기반 파우더 사이에 배치되는 제1 PTFE 필름; 및
상기 제1 전극 및 상기 제2 전극을 연결하는 배선을 포함하며,
상기 실리카 기반 파우더와의 마찰 대전을 이용하여 외부의 기계 에너지를 전기 에너지로 변환하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 컨테이너는 상부 및 하부가 개방된 원 기둥 형상인,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 컨테이너는 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극과 결합하기 위한 컨테이너 체결부를 더 포함하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 제1 전극은 상기 컨테이너의 제1 개구부에 위치하는 컨테이너 체결부와 결합하기 위한 제1 전극 체결부를 더 포함하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 5

제3항에 있어서,
상기 제2 전극은 상기 컨테이너의 제2 개구부에 위치하는 컨테이너 체결부와 결합하기 위한 제2 전극 체결부를 더 포함하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 제2 전극 아래-상기 제2 전극과 상기 실리카 기반 파우더 사이에 배치되는 제2 PTFE 필름을 더 포함하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 제1 PTFE 필름 및 제2 PTFE 필름의 두께는 $50\mu\text{m}$ 내지 $200\mu\text{m}$ 인,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 실리카 기반 파우더는 SiO_2 파우더, Si 파우더, 또는 모래 파우더 중 적어도 하나 이상을 포함하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 9

제1항에 있어서,
상기 실리카 기반 파우더의 체적은 컨테이너 부피의 50% 부피인,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 10

제1항에 있어서,
상기 컨테이너의 외주면에 적어도 둘 이상의 추가 전극을 더 포함하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 11

제1 전극;
상기 제1 전극 바로 위에 위치하는 제1 PTFE 필름;
상기 제1 PTFE 필름과 대향하는 위치에 상기 제1 PTFE 필름과 이격되어 위치하는 제2 PTFE 필름;
상기 제2 PTFE 필름 바로 위에 위치하는 제2 전극;
상기 제1 전극과 상기 제2 전극과 결합되어 밀폐되며, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하는 원 기둥 또는 다각 기둥 형상의 컨테이너, 및
상기 컨테이너에 내부에 위치하는 실리카 기반 파우더;를 포함하는
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 12

제11항에 있어서,
상기 제1 PTFE 필름 및 제2 PTFE 필름의 두께는 $50\mu\text{m}$ 내지 $200\mu\text{m}$ 인,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 13

제11항에 있어서,
상기 실리카 기반 파우더는 SiO_2 파우더, Si 파우더, 또는 모래 파우더 중 적어도 하나 이상을 포함하는,
실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 실리카 기반 파우더의 체적은 컨테이너 부피의 50% 부피인,

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자.

청구항 15

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법으로서,

(a) 제1 개구부 및 제2 개구부를 포함하는 컨테이너를 형성하는 단계;

(b) 상기 컨테이너의 제1 개구부 및 제2 개구부를 밀폐할 수 있는 형상의 제1 전극 및 제2 전극을 형성하는 단계;

(c) 상기 제1 전극의 내부면에 제1 PTFE 필름을 형성하는 단계;

(d) 상기 제2 전극의 내부면에 제2 PTFE 필름을 형성하는 단계;

(e) 실리카 기반 파우더를 컨테이너 내부에 삽입하는 단계; 및

(f) 상기 컨테이너의 제1 개구부에 상기 제1 전극을 결합하고, 상기 컨테이너의 제2 개구부에 상기 제2 전극을 결합하여, 상기 컨테이너를 밀폐하는 단계;를 포함하는,

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

(g) 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극에 배선을 연결하는 단계;를 더 포함하는,

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 (c) 내지 상기 (d) 단계는,

50 μ m 내지 200 μ m의 두께로 PTFE 필름을 형성하는,

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 (e) 단계에서,

상기 실리카 기반 파우더는 SiO₂ 파우더, Si 파우더, 또는 모래 파우더 중 적어도 하나 이상을 포함하는,

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 (e) 단계에서,

상기 컨테이너 부피의 50% 부피로 상기 실리카 기반 파우더를 삽입하는,

실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자에 대한 것으로서, 보다 구체적으로 실리카 기반 파우더를 이용하여 기계 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 마찰전기 자가발전소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 주변의 기계 에너지(mechanical energy)를 수확하기 위해 마찰전기 자가발전소자(triboelectric nanogenerator)가 지속 가능한 에너지원으로 활발히 연구되고 있다. 낭비되는 에너지는 에너지 수확 기술의 도움으로 유용한 전기 에너지로 변환 될 수 있다. 또한, 저비용의 에너지 수확 기술은 충분한 전기 에너지 공급이 어려운 제3 세계에서 유용하게 사용될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제1775116호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 실리카 기반 파우더 및 PTFE 필름의 마찰을 이용하여 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변환시키는 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자는 제1 개구부 및 제2 개구부를 포함하는 컨테이너, 제1 개구부와 결합되어 제1 개구부를 밀폐하는 제1 전극, 제2 개구부와 결합되어 제2 개구부를 밀폐하는 제2 전극, 컨테이너에 내부에 위치하는 실리카 기반 파우더, 제1 전극 위-제1 전극과 실리카 기반 파우더 사이-에 배치되는 제1 PTFE 필름, 제2 전극 아래-제2 전극과 실리카 기반 파우더 사이-에 배치되는 제2 PTFE 필름, 및 제1 전극 및 제2 전극을 연결하는 배선을 포함한다.

발명의 효과

[0006] 본 발명의 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자에 의하면 외부의 기계 에너지를 보다 용이하고 효과적으로 전기 에너지로 변환할 수 있다.

[0007] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자에 의하면 임의의 방향으로 움직일 수 있는 실리카 기반 분말을 유전체 레이어로 이용하여 진동 방향에 관계없이 전기 에너지를 수확할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따라 실제 제작된 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자이다.

도 3은 PTFE 필름에 따른 오픈 전압(Voc)의 실험 결과를 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 작동 원리를 도시한다.

도 5는 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이다.

도 6은 모래 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이고 도 7은 모래 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자에서 모래 파우더의 입자 크기에 따른 오픈 전압(Voc)의 실험 결과를 도시한 것이다.

도 8은 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 진동 각도를 변경한 실험 장치의 사진이며, 도 9는 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 진동 각도에 따른 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이다.

도 10은 실리카 기반 파우더의 체적(powder volume)에 따른 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이다.

도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법을 도시한 것이다.

도 12은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0010] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0011] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0012] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0013] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 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 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0014] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 이하, 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0016] 도 1 내지 도 2를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 자가발전소자를 설명한다. 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 마찰전기 자가발전소자를 도시한 것이고, 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따라 실제 제작된 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자이다.
- [0017] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 마찰전기 자가발전소자(100)는 컨테이너(110), 제1 전극(120),

제2 전극(130), 적어도 하나 이상의 PTFE 필름(140), 및 실리카 기반 파우더(150)를 포함한다.

- [0018] 컨테이너(110)는 실리카 기반 파우더(150)를 내부에 삽입할 수 있도록 형성되며, 적어도 둘 이상의 개구부를 포함하는 기둥 형상으로 형성될 수 있다. 컨테이너(110)의 형상은 용도 또는 적용 환경 등에 따라 다른 다양한 구조를 가질 수 있다. 도 1에서는 상부 및 하부가 개방된 원 기둥 형상의 컨테이너(110)를 도시하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 컨테이너(110)는 적어도 둘 이상의 개구부를 포함하는 사각 기둥 등과 같은 다각 기둥 등 다양한 형상으로 형성될 수 있다.
- [0019] 컨테이너(110)는 아크릴 또는 PVC 등의 물질로 형성될 수 있다. 본 발명에서 컨테이너(110)의 내경은 20mm~40mm인 것이 바람직하며, 25mm~35mm인 것이 더욱 바람직하다. 또한, 컨테이너(110)의 높이는 40mm~60mm인 것이 바람직하며, 45mm~55mm인 것이 더욱 바람직하다.
- [0020] 컨테이너(110)는 수직 방향의 하부에 위치하는 제1 개구부(111) 및 수직방향의 상부에 위치하는 제2 개구부(112)를 포함할 수 있다. 즉, 컨테이너(110)의 하단에 제1 개구부(111)가 형성될 수 있으며, 컨테이너(110)의 상단에 제2 개구부(112)가 형성될 수 있다. 제1 개구부(111)에 제1 전극(120)이 체결되고, 제2 개구부(112)에 제2 전극(130)이 체결될 수 있다.
- [0021] 또한, 컨테이너(110)는 컨테이너(110)를 제1 전극(120) 또는 제2 전극(130)에 체결하기 위한 컨테이너 체결부를 더 포함할 수 있다. 컨테이너 체결부는 나선형 체결부로 형성될 수 있다.
- [0022] 제1 전극(120)은 컨테이너(110)의 하단에 형성될 수 있으며, 알루미늄(Al)으로 형성될 수 있다. 그러나 제1 전극(120)을 형성하는 물질은 이에 한정되는 것은 아니며, 높은 전도도를 가지는 금속, 예를 들어 금(Au), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr) 또는 니켈(Ni) 등으로 형성될 수 있다. 또한, 상술한 실시 예 뿐만 아니라 전극으로 사용될 수 있는 모든 물질을 포함할 수 있다.
- [0023] 제1 전극(120)은 실리카 기반 분말(150)을 삽입한 컨테이너(110)를 밀폐할 수 있도록 형성될 수 있으며, 컨테이너(110)의 형상 등에 따라 다양한 구조를 가질 수 있다. 도 1에서는 원 기둥 형상의 제1 전극(120)을 도시하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 제1 전극(120)은 다각 기둥 등 컨테이너(110)의 제1 개구부(111)를 밀폐할 수 있는 다양한 형상으로 형성될 수 있다.
- [0024] 또한, 제1 전극(120)은 컨테이너(110)의 제1 개구부(111)에 삽입될 수 있도록 형성될 수 있다. 이와는 달리 제1 전극(120)은 컨테이너(110)의 제1 개구부(111)를 덮을 수 있도록 상단이 개방된 원 기둥 또는 다각 기둥 형상으로 형성될 수 있다.
- [0025] 또한, 제1 전극(120)은 제1 전극(120)을 컨테이너(110)에 체결하기 위한 제1 전극 체결부를 더 포함할 수 있다. 제1 전극 체결부는 나선형 체결부로 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1 전극(120)이 컨테이너(110)의 제1 개구부(111)에 삽입될 수 있도록 형성되는 경우, 제1 전극(120)의 외주면에 나선형 홈을 형성하여 컨테이너와 체결되도록 할 수 있으며, 제1 전극(120)이 컨테이너(110)의 제1 개구부(111)를 덮을 수 있도록 상단이 개방된 원 기둥 또는 다각 기둥 형상으로 형성되는 경우, 제1 전극(120)의 내주면에 나선형 홈을 형성하여 컨테이너와 체결되도록 할 수 있다.
- [0026] 도 1을 참고하면, 제1 전극(120)의 직경은 40nm일 수 있다. 그러나 제1 전극(120)의 크기는 이에 한정되는 것은 아니며, 컨테이너(110)의 제1 개구부(111)를 밀폐할 수 있는 다양한 크기로 형성될 수 있다.
- [0027] 제2 전극(130)은 컨테이너(110)의 상단, 즉 제1 전극(120)과 마주보는 위치에 제1 전극(120)과 이격되어 형성될 수 있으며, 알루미늄(Al)으로 형성될 수 있다. 그러나 제2 전극(130)을 형성하는 물질은 이에 한정되는 것은 아니며, 높은 전도도를 가지는 금속, 예를 들어 금(Au), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr) 또는 니켈(Ni) 등으로 형성될 수 있다. 또한, 상술한 실시 예 뿐만 아니라 전극으로 사용될 수 있는 모든 물질을 포함할 수 있다.
- [0028] 제2 전극(130)은 실리카 기반 분말(150)을 삽입한 컨테이너(110)를 밀폐할 수 있도록 형성되며, 컨테이너(110)의 형상 등에 따라 다양한 구조를 가질 수 있다. 도 1에서는 원 기둥 형상의 제2 전극(130)을 도시하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 제2 전극(130)은 다각 기둥 등 컨테이너(110)의 제2 개구부(112)를 밀폐할 수 있는 다양한 형상으로 형성될 수 있다.
- [0029] 또한, 제2 전극(130)은 컨테이너(110)의 제2 개구부(112)에 삽입될 수 있도록 형성될 수 있다. 이와는 달리 제2 전극(130)은 컨테이너(110)의 제2 개구부(112)를 덮을 수 있도록 하단이 개방된 원 기둥 또는 다각 기둥 형상으로 형성될 수 있다.

- [0030] 또한, 제2 전극(130)은 제2 전극(130)을 컨테이너(110)에 체결하기 위한 제2 전극 체결부를 더 포함할 수 있다. 제2 전극 체결부는 나선형 체결부로 형성될 수 있다.
- [0031] 도 1을 참고하면, 제2 전극(130)의 직경은 40nm일 수 있다. 그러나 제2 전극(130)의 크기는 이에 한정되는 것은 아니며, 컨테이너(110)의 제2 개구부(112)를 밀폐할 수 있는 다양한 크기로 형성될 수 있다.
- [0032] 제2 전극(130)은 제1 전극(120)과 동일한 크기 및 모양으로 형성될 수 있다. 이와는 달리, 제2 전극(130)은 제1 전극(120)과 다른 크기 또는 다른 모양으로 형성될 수도 있다.
- [0033] 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 컨테이너(110)의 개구부를 밀폐할 수 있도록 형성되어 컨테이너(110)에 삽입된 실리카 기반 파우더(150)의 누출을 방지할 수 있으며, 외부 습도가 마찰전기 자가발전소자(100)의 성능을 저하시키는 것을 방지하는 효과가 있다.
- [0034] PTFE(polytetrafluoroethylene) 필름(140)은 제1 전극(120) 또는 제2 전극(130)의 내부면에 형성될 수 있다. 즉, PTFE 필름(140)은 제1 전극(120) 바로 위 또는 제2 전극(130) 바로 아래에 배치될 수 있다. 구체적으로, PTFE 필름(140)은 컨테이너(110)의 내부에 삽입된 실리카 기반 분말(150)과 제1 전극 또는 제2 전극 사이에 배치될 수 있다. 바람직하게는 PTFE 필름(130)은 제1 전극(110) 및 제2 전극(120)의 내부면에 형성될 수 있다.
- [0035] PTFE 필름(130)은 음전하를 띠는 경향이 있으며, 실리카 기반 분말(150)은 전극과 직접 접촉하는 경우보다 PTFE 필름(140)과의 접촉면에서 더 큰 마찰전기 효과(triboelectric effect)가 발생한다.
- [0036] 도 3은 PTFE 필름에 따른 오픈 전압(Voc)의 실험 결과를 도시한 것이다. PTFE 필름을 사용하여 전기 출력에 미치는 영향을 확인하기 위해 SiO₂ 분말의 50 % 부피비와 8Hz에서의 진동 조건으로 실험을 수행했을 때, SiO₂와 PTFE 사이의 접촉이 SiO₂와 알루미늄 전극 사이의 접촉보다 더 많이 일어남에 따라, PTFE 필름이 없는 것보다 상부 또는 하부 중 어느 한 곳에 PTFE 필름을 갖는 환경에서 더 높은 오픈 전압(Voc)을 출력하며, 상부 또는 하부 중 어느 한 곳에 PTFE 필름을 갖는 것보다 상부 및 하부에 PTFE 필름을 갖는 환경에서 더 높은 오픈 전압(Voc)을 출력하는 것을 확인할 수 있다.
- [0037] 마찰전기 접촉면으로 작용하는 PTFE 필름(140)의 두께는 마찰전기 자가발전소자(100)의 전기 출력에 영향을 미치며, 전극의 용기방향 내측면에 부착된 PTFE 필름(140)의 두께가 두꺼울수록 Isc 값이 감소한다. PTFE 필름(140)의 두께가 두꺼울수록 접촉 표면의 전기장 강도(electric field intensity)가 감소하여 정전기 유도(electrostatic induction)의 저하를 일으킬 수 있다. PTFE 필름(140)의 두께는 50 μ m 내지 200 μ m인 것이 바람직하며, 70 μ m 내지 100 μ m인 것이 더욱 바람직하다.
- [0038] 실리카 기반 분말(150)은 컨테이너(110)에 내부에 삽입되며, 전극 등에 의해 밀폐된다.
- [0039] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 작동 원리를 도시한다.
- [0040] 도 4를 참조하면, 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자가 초기 상태에 있을 때, 실리카 기반 파우더(150)는 PTFE 필름(140)의 바닥 부분에 위치한다. 도 4의 a에 도시된 바와 같이 실리카 기반 파우더(150)는 양전하를 띠며 PTFE 필름(140)은 음전하를 띠게 된다.
- [0041] 마찰전기 자가발전소자(100)에 진동이 발생하면, 예를 들어 마찰전기 자가발전소자(100)를 사람의 손 등으로 흔들면 실리카 기반 파우더(150)는 위로 움직이기 시작하여 제1 전극(120) 위에 배치된 PTFE 필름(140)으로부터 분리된다. 양으로 대전된 실리카 기반 파우더(실리카 입자)로 인해, 유도된 양전하가 제2 전극(130)에 수집되고, 이 과정에서 전류가 제2 전극(130)에서 제1 전극(120)으로 흐른다(도 4의 b).
- [0042] 제2 전극(130)에서 접촉 및 분리가 발생하면 양으로 대전된 실리카 기반 파우더(실리카 입자)로 인해, 유도된 양전하가 제1 전극(120)에 수집되고, 이 과정에서 전류가 제1 전극(120)에서 제2 전극(130)으로 흐른다(도 4의 c 및 d).
- [0043] 실리카 기반 파우더(150)는 SiO₂ 파우더, Si 파우더 또는 모래 파우더 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 또한, 실리카 기반 파우더(150)는 프리 스탠딩 유전체 레이어(freestanding dielectric layer)로 작동될 수 있다.
- [0044] 본 발명의 실시 예에 따른 마찰전기 자가발전소자(100)은 임의의 방향으로 움직일 수 있는 실리카 기반 파우더(150)를 유전체 레이어로 사용하기 때문에 진동 방향에 관계없이 전기 에너지를 수확할 수 있는 장점이 있다.

- [0045] 도 5는 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이다. 실험은 3 Hz의 진동 주파수와 용기 내의 분말의 50 % 부피비로 수행되었다.
- [0046] 이때, Si 파우더의 입경은 약 30 μm 이고, SiO₂ 파우더의 입경은 2 μm 내지 25 μm 일수 있다. SiO₂ 파우더는 Si 파우더와 비교하여 불균일한 입자 크기를 보인다.
- [0047] 도 5의 (a)를 참조하면, 오픈 전압(Voc)은 Si 파우더에서 5V이고, SiO₂ 파우더에서 15V이다. 또한, 도 5의 (b)를 참조하면, 단락 전류(Isc)는 Si 파우더에서 0.23 μA 이고, SiO₂ 파우더에서 0.35 μA 이다.
- [0048] 본 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 출력 특성에 있어서 Si 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자보다 SiO₂ 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자가 오픈 전압(Voc)이 3 배, 단락 전류(Isc) 1.5 배 높다.
- [0049] Silica-to-PTFE는 마찰전기 시리즈(triboelectric series)에 따라 Si-to-PTFE 보다 더 우수한 마찰 전기 특성을 나타낸다. 또한, 입자 크기가 작을수록 유효 접촉 면적이 증가하기 때문에 마찰전기 재료로서 Si 파우더보다 작은 입자 크기의 SiO₂ 파우더를 사용하면 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc) 값이 향상된다. 즉, 유전체 파우더(150)의 입자 크기가 작을수록 접촉면(contact surface)의 더 가까운 위치로 침투함으로써 접촉면을 증가시키며, 전기 출력이 강화된다.
- [0050] 도 6은 모래 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이고 도 7은 모래 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자에서 모래 파우더의 입자 크기에 따른 오픈 전압(Voc)의 실험 결과를 도시한 것이다.
- [0051] 도 7을 참조하면 평균 입자 크기가 200 μm 인 모래 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 오픈 전압(Voc)은 3.7V이고 단락 전류(Isc)는 37nA이다.
- [0052] 도 8을 참조하면, 평균 입자 크기가 200 μm , 350 μm , 700 μm 인 모래 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 오픈 전압(Voc)은 각각 3.7V, 1.2V 및 0.5V이다. 작은 모래 입자가 더 큰 표면 접촉 면적을 갖고, 접촉 면적이 커지면 표면에 더 많은 마찰 대전이 유발되기 때문에 모래 입자의 크기가 감소함에 따라 오픈 전압(Voc)이 증가한다.
- [0053] 모래 파우더를 사용하는 마찰전기 자가발전소자의 경우, SiO₂ 파우더를 사용하는 마찰전기 자가발전소자보다 낮은 전기 출력을 보여준다. 모래 파우더를 사용하는 마찰전기 자가발전소자의 경우, 모래의 알루미늄 및 철 불순물과 같은 다른 성분은 모래와 접촉 할 때 음으로 대전 될 수 있으며 PTFE 필름에서 마찰 대전을 감소시킬 수 있다. 또한, 모래 속에 혼합된 초소형 입자(sub-micro-sized particles)가 접촉면에 부착된 마찰대전(triboelectric charges)량을 감소시킨다.
- [0054] 도 8은 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 진동 각도를 변경한 실험 장치의 사진이며, 도 9는 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 진동 각도에 따른 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이다.
- [0055] 진동 각도는 0° 에서 -90° 까지 15° 간격으로 변화였고, 진동 주파수는 3Hz로 유지한다. 진동 방향은 마찰전기 자가발전소자의 수직 방향(축 방향)을 유지한다.
- [0056] 도 9를 참조하면, 진동 각도가 -90° 에 가까워질 수록 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 값은 감소한다. 진동 각도가 -90° 에 가까워지면 컨테이너(110)의 바닥에 수집된 파우더로 인해 유전체 파우더(150)와 하부 측면 PTFE 필름 사이의 접촉력(contact force)이 약해진다. 진동 각도가 0° , 즉 마찰전기 자가발전소자의 진동 방향이 중력 방향과 수직일 때, 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 값이 가장 높다.
- [0057] 도 10은 실리카 기반 파우더의 체적(powder volume)에 따른 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 실험 결과를 도시한 것이다. 실험은 PTFE 필름을 양면에 부착시키고 3 Hz의 진동 주파수로 수행되었다.
- [0058] 도 10을 참조하면, 오픈 전압(Voc)은 실리카 기반 파우더의 체적이 컨테이너(110)의 50% 부피인 경우에 가장 높은 값을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0059] 이는 파우더의 이동 거리와 접촉력에 기인하며, 파우더의 체적이 50%보다 큰 경우, 제1 전극과 제2 전극 사이에

서 파우더가 이동할 수 있는 거리가 짧아지고, 전극에 유도되는 양전하의 양이 감소한다. 또한, 유전체 파우더(150)의 중량이 증가함에 따라, 동일한 진동을 적용하기 위하여 보다 많은 외부의 기계 에너지(mechanical energy)가 요구된다.

- [0060] 파우더의 체적이 50% 미만인 경우, 제1 전극과 제2 전극 사이에서 파우더가 이동할 수 있는 거리는 길어지지만, 중량이 감소함에 따라 접촉력이 약해지고, 접촉 면적이 감소하여 실리카 기반 파우더의 체적이 컨테이너(110)의 50% 부피인 경우보다 오픈 전압(Voc) 및 단락 전류(Isc)의 값이 감소한다.
- [0061] 도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자의 제조방법을 도시한 것이다. 이하에서는 앞서 설명한 부분과 중복되는 부분에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0062] 먼저, 실리카 기반 파우더를 내부에 삽입할 수 있는 적어도 둘 이상의 개구부를 포함하는 원 기둥 형상의 컨테이너(110)를 형성한다(S110). 컨테이너(110)의 형상은 용도 또는 적용 환경 등에 따라 다른 다양한 구조를 가질 수 있으며, 컨테이너(110)는 아크릴 또는 PVC 등의 물질로 형성될 수 있다.
- [0063] 다음, 상기 컨테이너(110)의 개구부를 밀폐할 수 있는 형상의 제1 전극 및 제2 전극(120, 130)을 형성한다(S120). 전극은 높은 전도도를 가지는 금속, 예를 들어 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 크롬(Cr) 또는 니켈(Ni) 등으로 형성될 수 있다. 또한, 전극(120, 130)은 컨테이너(110)의 개구부를 덮음으로써 컨테이너(110)를 밀폐할 수 있도록 형성할 수 있다. 이와는 달리, 전극(120, 130)은 컨테이너(110)의 개구부에 삽입되어 컨테이너(110)를 밀폐할 수 있도록 형성할 수 있다. 또한, 전극(120, 130)은 컨테이너(110)의 각각의 개구부를 밀폐할 수 있는 다양한 크기로 형성될 수 있다.
- [0064] 다음, 전극(120, 130)의 내부면에 PTFE(polytetrafluoroethylene) 필름(140)을 형성한다(S130). 다시 말해, 제1 전극(120) 바로 위, 그리고 제2 전극(130) 바로 아래에 PTFE 필름을 형성한다. PTFE 필름은 이후 삽입되는 실리카 기반 분말(150)과 각각의 전극(120, 130) 사이에 배치된다.
- [0065] 다음, 미리 설정된 일정량의 실리카 기반 파우더(150)를 컨테이너(110) 내부에 삽입(S140)하고, 컨테이너(110)의 개구부에 전극(120, 130)을 배치하여 컨테이너(110)를 밀폐한다(S150). 실리카 기반 파우더(150)는 SiO₂ 파우더, Si 파우더 또는 모래 파우더 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0066] 다음, 각각의 전극에 배선을 연결하여 실리카 기반 파우더(150)와 PTFE 필름의 접촉 및 분리가 발생에 따른 제1 전극(120)에서 제2 전극(130)으로 또는 제2 전극(130)에서 제1 전극(120)으로 흐르는 전류를 전기 에너지로 축적될 수 있도록 한다.
- [0067] 도 12는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 마찰전기 자가발전소자를 도시한 것이다.
- [0068] 도 12를 참조하면, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 마찰전기 자가발전소자(200)는 컨테이너(210), 제1 전극(220), 제2 전극(230), 적어도 하나 이상의 PTFE 필름(240), 실리카 기반 파우더(250) 및 적어도 둘 이상의 추가 전극(260)을 포함한다. 이하에서는 앞서 설명한 부분과 중복되는 부분에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0069] 마찰전기 자가발전소자(200)는 수평 진동 에너지를 수확하기 위한 적어도 둘 이상의 추가 전극(260)을 더 포함할 수 있다. 추가 전극(260)은 컨테이너(210)의 외주면에 서로 이격되어 위치한다. 구체적으로, 진동 방향이 마찰전기 자가발전소자(200)의 수평 방향인 경우, 컨테이너(210)가 실리카 기반 파우더(250)와의 마찰전기 접촉면으로 작용하며, 추가 전극(260)을 이용하여 수평 진동 에너지를 전기에너지로 수확할 수 있다.
- [0070] 추가 전극(260)은 구리(Cu) 테이프로 형성될 수 있다. 그러나 추가 전극(260)을 형성하는 물질은 이에 한정되는 것은 아니며, 높은 전도도를 가지는 금속, 예를 들어 금(Au), 알루미늄(Al), 크롬(Cr) 또는 니켈(Ni) 등으로 형성될 수 있다. 또한, 상술한 실시 예 뿐만 아니라 전극으로 사용될 수 있는 모든 물질을 포함할 수 있다.
- [0071] 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자를 통하여, 외부의 기계 에너지를 보다 용이하고 효과적으로 전기 에너지로 변환할 수 있으며, 임의의 방향으로 움직일 수 있는 실리카 기반 파우더를 유전체 레이어로 이용하여 진동 방향에 관계없이 전기 에너지를 수확할 수 있다. 예를 들어, 실리카 기반 파우더를 이용한 마찰전기 자가발전소자를 이용하여 효과적이고 저렴하게 인간 동작 에너지를 수확할 수 있다.
- [0072] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 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.

[0073] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0074] 마찰전기 자가발전소자: 100

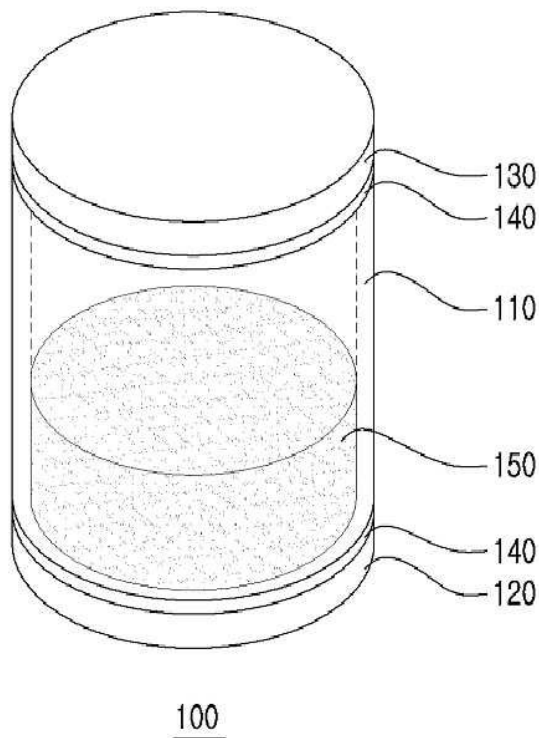
컨테이너 : 110 제1 전극 : 120

제2 전극 : 130 PTFE 필름 : 140

실리카 기반 파우더 : 150

도면

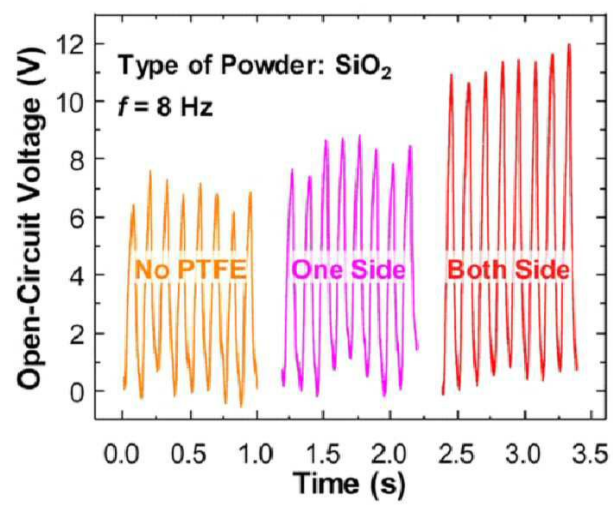
도면1



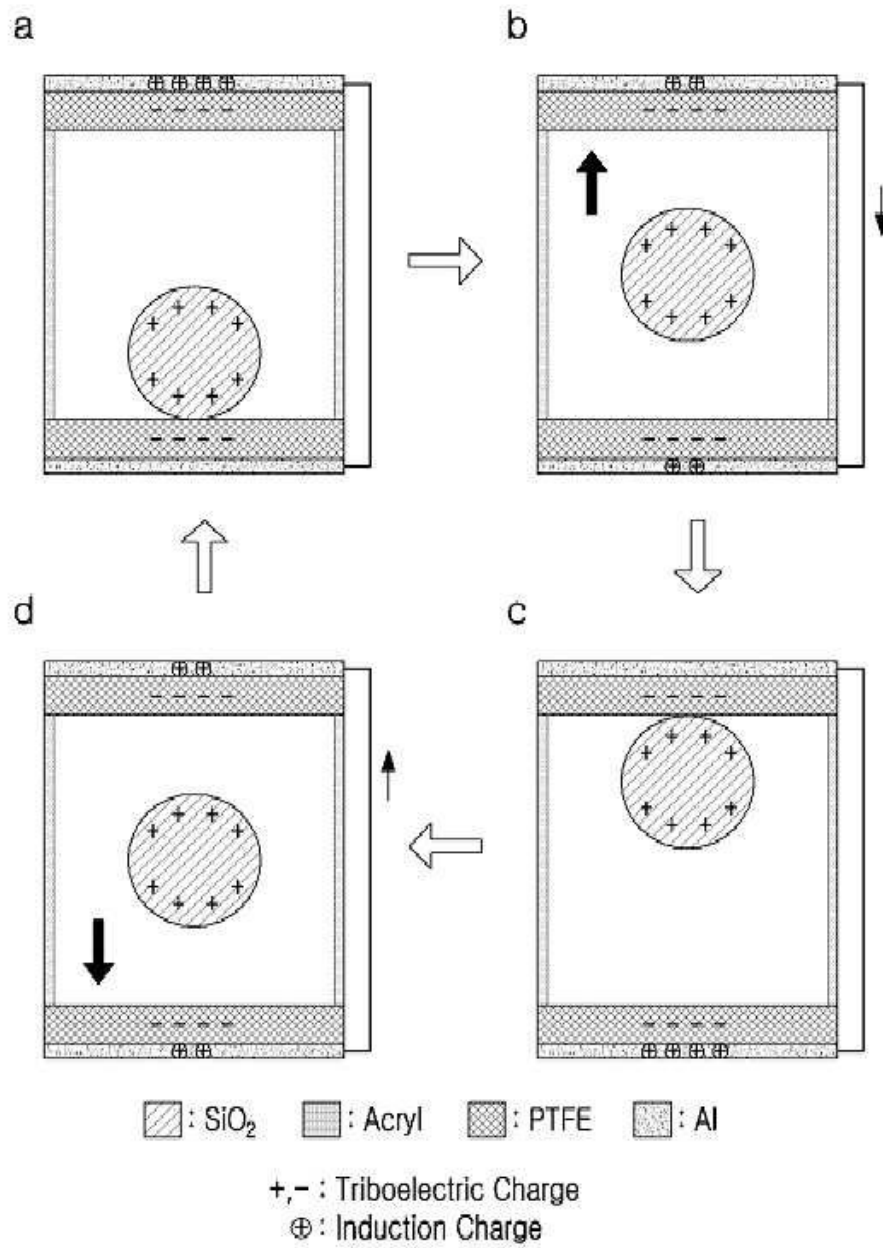
도면2



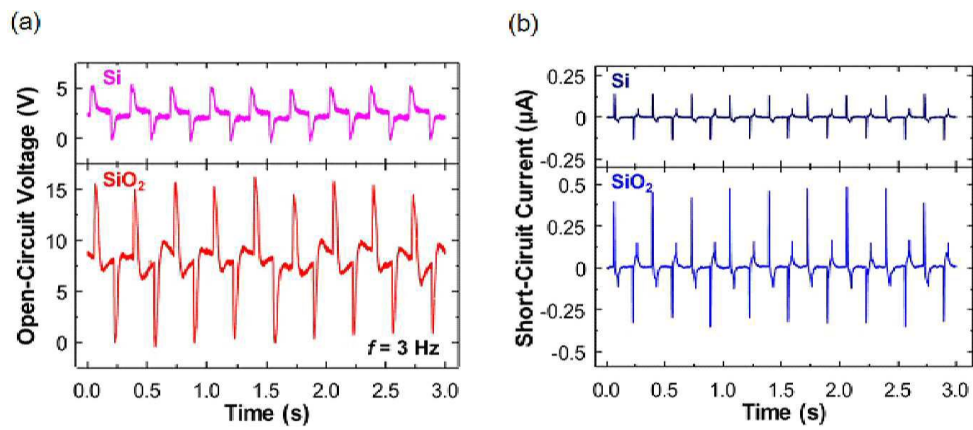
도면3



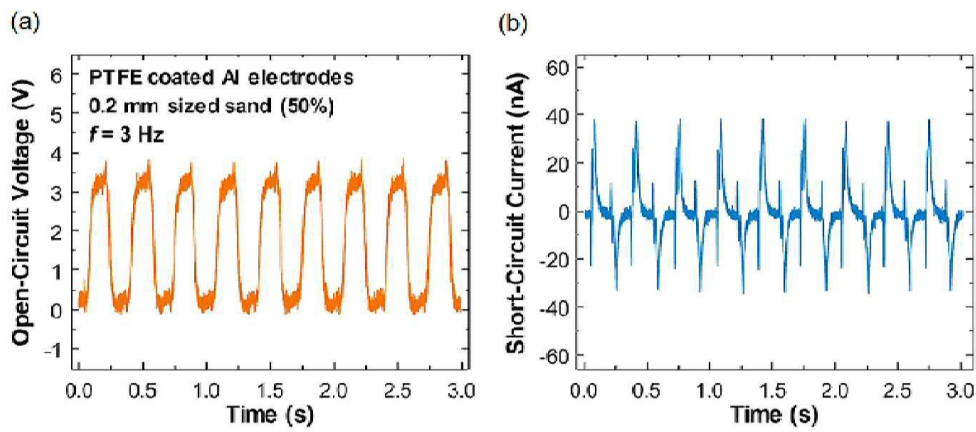
도면4



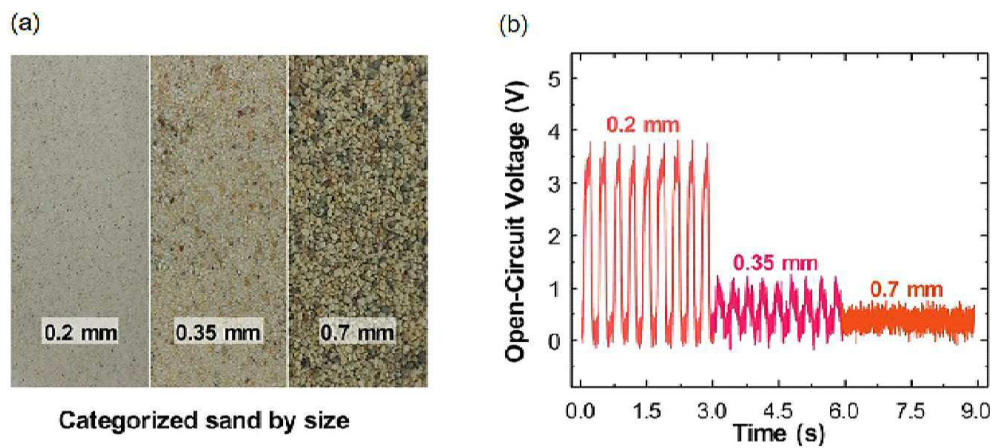
도면5



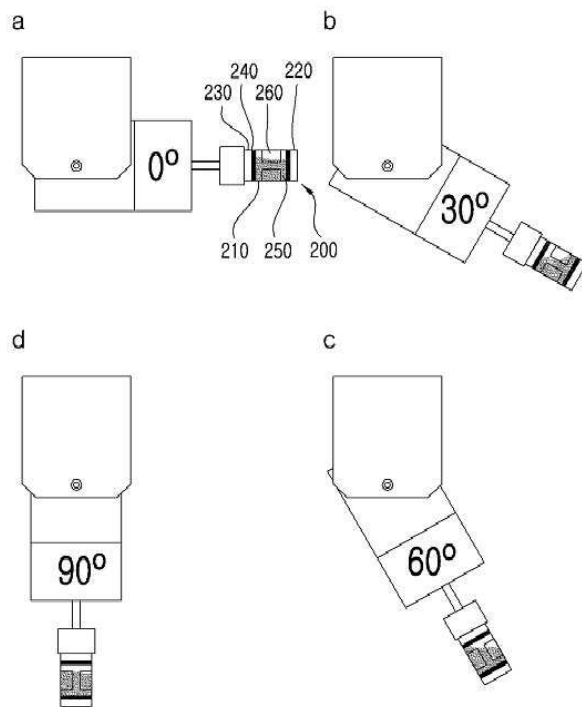
도면6



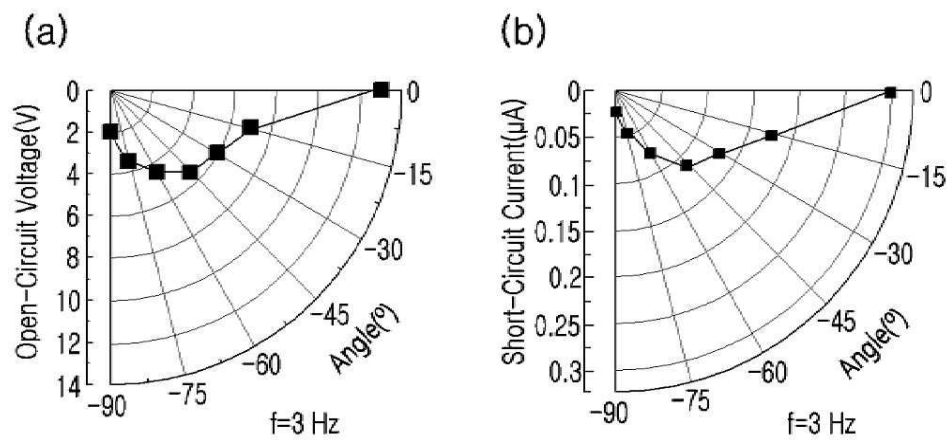
도면7



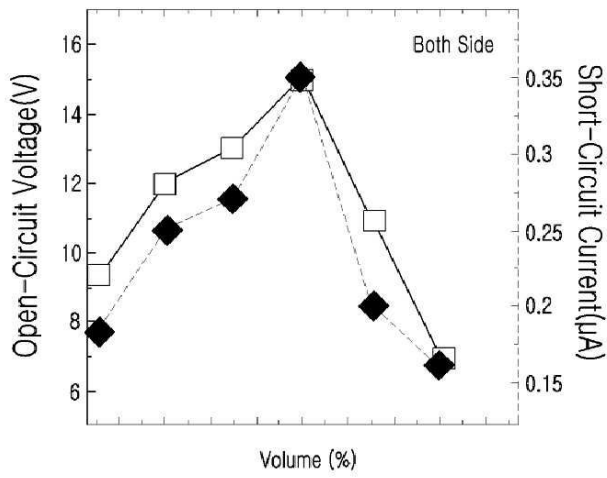
도면8



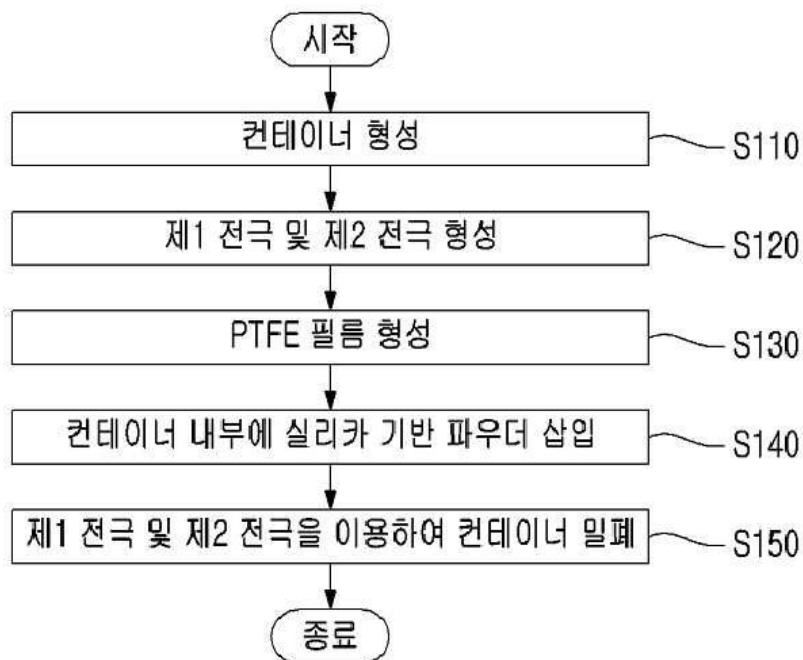
도면9



도면10



도면11



도면12

