



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0103396
(43) 공개일자 2018년09월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B29C 67/00 (2017.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 80/00 (2015.01) H02N 1/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B29C 64/106 (2017.08)
B33Y 10/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0030268
(22) 출원일자 2017년03월09일
심사청구일자 2017년03월09일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
백정민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
최덕현
경기도 성남시 분당구 정자로76번길 10, 203동 805호 (정자동, 상록마을라이프2단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

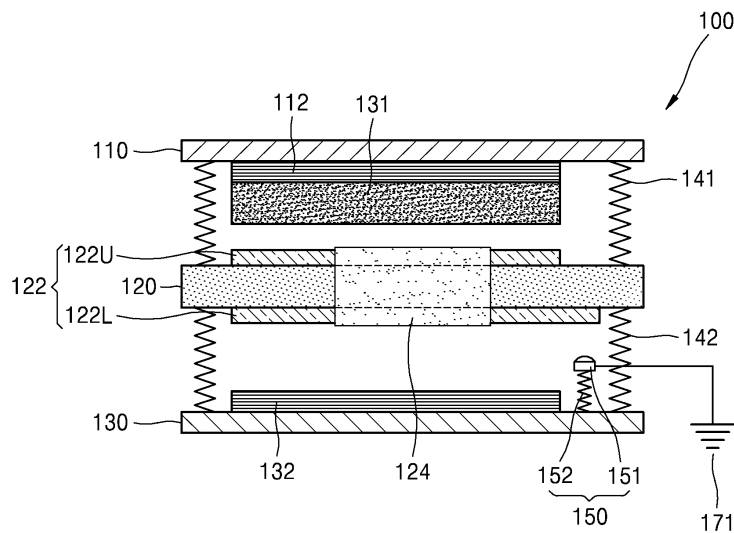
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는 모기관 상에, 여러 층의 레이어(layer)를 적층하여 제1기관, 제2기관 및 제3기관을 형성하는 단계, 상기 제1기관 상에, 제1전극을 형성하는 단계, 상기 제1전극 상에, 제1대전체를 형성하는 단계, 상기 제2기관의 상하면에 제2대전체를 형성하는 단계, 상기 제3기관 상에 제2전극을 형성하는 단계, 상기 제1기관과 상기 제2기관 사이에 제1탄성지지부를 형성하는 단계 및 상기 제2기관과 상기 제3기관 사이에 제2탄성지지부를 형성하는 단계를 포함하는 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B33Y 80/00 (2013.01)

H02N 1/04 (2013.01)

(72) 발명자

김옥

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 경희대학교
국제캠퍼스 공과대학 실험동 223호 (서천동)

황희재

울산광역시 동구 방어진순환도로 471, 1303호 (방
어동, 프라임정립아파트)

이진표

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

예병욱

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이재원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

모기관 상에, 여러 층의 레이어(layer)를 적층하여 제1기관, 제2기관 및 제3기관을 형성하는 단계;

상기 제1기관 상에, 제1전극을 형성하는 단계;

상기 제1전극 상에, 제1대전체를 형성하는 단계;

상기 제2기관의 상하면에, 제2대전체를 형성하는 단계;

상기 제3기관 상에, 제2전극을 형성하는 단계;

상기 제1기관과 상기 제2기관 사이에 제1탄성지지부를 형성하는 단계; 및

상기 제2기관과 상기 제3기관 사이에 제2탄성지지부를 형성하는 단계를 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전 소자의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1기관, 상기 제2기관, 상기 제3기관을 형성하는 단계는,

필라멘트(filament) 형태의 열가소성 물질을 녹이는 단계;

노즐이 상기 모기관 상에서 움직이며 상기 열가소성 물질을 분사하여 적층하는 단계; 및

상기 열가소성 물질을 경화시키는 단계;를 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

제3기관 상에 접지 유닛을 형성하는 단계를 더 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 모기관 상에 상기 제1기관, 상기 제2기관 및 제3기관 중 어느 하나를 형성하는 단계 전에,

상기 모기관 상에 여러 층의 레이어(layer)를 적층하여 기능층을 형성하는 단계를 더 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1기관, 상기 제2기관, 상기 제3기관을 형성하는 단계는,

제1레이어를 형성하는 단계;

상기 제1레이어 상에, 벌집 모양을 포함하는 제2레이어를 형성하는 단계; 및

상기 제2레이어 상에 제3레이어를 형성하는 단계;를 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제3기판을 형성하는 단계 이후,

상기 제3기판 상에 기둥을 형성하는 단계를 더 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2기판을 형성하는 단계는, 상기 제2기판에 콘택홀을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 제2대전체의 상부와 상기 제2대전체의 하부는 상기 콘택홀을 통해 전기적으로 연결되는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제2대전체를 형성하는 단계 이후,

전도성 테이프를 상기 제2대전체와 상기 제2기판을 둘러감는 단계를 더 포함하며,

상기 전도성 테이프에 의해 상기 제2기판의 상면에 형성된 상기 제2대전체의 상부와 상기 제2기판의 하면에 형성된 상기 제2대전체의 하부가 전기적으로 연결되는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제2기판을 형성하는 단계는,

상기 제2기판에서 돌출된 날개부를 형성하는 단계를 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제2기판을 형성하는 단계 이후,

상기 제2기판의 상면에 돌기부를 형성하는 단계를 더 포함하는, 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 두 물질이 서로 맞붙어 있을 때, 물질의 각 표면에는 마찰에 의한 전하가 생성된다. 이런 두 물질이 서로 다시 떨어지게 되면, 반대 극성으로 대전되어 생기는 전기장의 균형을 맞추기 위해 두 물질에 각 연결된 전극 간에 전류가 흐르게 된다. 본 발명은 이러한 원리를 이용한 마찰대전소자(Triboelectric generator)의 제조방법, 특히 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기존의 화석 연료의 고갈과 환경 오염 문제로 인해 전 세계적으로 에너지 부족 현상이 발생되고 있다. 따라서, 이러한 문제를 극복하기 위해서 친환경 대체 에너지에 관한 연구가 많이 이루어졌고, 그 중에서도 에너지 하베스팅(Energy harvesting)이 많은 관심을 받고 있다. 자연에서 버려지는 에너지를 유용한 전기에너지로 변환하여 이용하는 에너지 하베스팅은 소형전자기기의 전원공급 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방법으로 제시되고 있다. 소형 에너지 하베스팅 방법에는 태양광을 이용한 태양발전, 기계적인 에너지를 이용한 압전발전 및 정전발전, 기계적인 운동과 전자기적현상을 이용한 발전 및 용량성(capacitive) 발전, 폐열을 이용한 열전발전 등이 있다. 각각의 방법은 장단점을 가지고 있으며 주어진 자연환경에 적합한 방법이 선택되어 적용될 수 있다.

[0003] 예를 들면, 태양발전의 경우 생성되는 에너지량은 크지만 흐린 날이나 실내에서는 사용할 수 없는 단점이 있다. 열전 재료를 이용해 에너지를 하베스팅하는 방식은 에너지 하베스팅 장치의 안과 밖의 온도차가 커야만 효과를 볼 수 있다는 문제점이 있다. 또한 전자기적 현상을 이용한 발전 방식은 발전기 제작에 따른 소요 비용이 크다

는 단점을 가지고 있다.

[0004] 반면, 정전(triboelectric)기반 에너지 하베스팅은, 대부분의 물질에서 정전기의 효과를 볼 수 있기 때문에 물질적인 제한 없이 기존의 압전 소자보다 더 높은 출력을 예상할 수 있다. 또한 기후에 관계없이 실내외의 기계 진동을 이용할 수 있고, 풍력, 바다의 파도 등 다양한 형태의 기계적 에너지를 전기에너지로 변환할 수 있는 장점으로 인해 최근 많은 연구가 진행되고 있다.

[0005] 마찰에 의한 전력 생성 방식은 두 대전체의 마찰 시 나타나는 물질 간 전하 이동 현상에 의한 것으로 다른 미소 에너지의 전력 변환 시스템 보다 에너지 변환 효율이 높아 작은 외부 응력에 의해서도 높은 출력을 얻을 수 있다. 또한, 열, 태양 등 다른 미소에너지 생산방식에 비해 시간적, 공간적 제약이 없다. 또한 물질 내부의 변형(strain)에 의해 에너지를 생산하는 기존 압전(piezoelectric) 소재를 이용한 에너지 하베스팅 기술에서의 근본적인 문제인 피로도(fatigue)현상이 없어 지속적인 에너지 생산에도 매우 유리하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-1611126호 (2016.04.08.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 기존의 마찰대전소자의 제조방법은, 플라스틱 기판을 형성하기 위해 열가소성 플라스틱을 높은 온도로 녹여 고압으로 틀(mold)에 밀어 넣고 난 후 냉각시켜 형태를 만들어 내는 방식을 사용하였다.

[0008] 이러한 제조방법은 대량생산에는 적합하나, 다양한 크기와 구조를 가지는 마찰대전소자를 제작하기에는 불리하며, 복잡하고 미세한 구조를 가지는 기판을 제조하기 어려운 문제점이 있었다.

[0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 제조시마다 다른 모양과 크기의 마찰대전소자를 생산할 수 있는 마찰대전소자의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예는 모기관 상에, 여러 층의 레이어(layer)를 적층하여 제1기관, 제2기관 및 제3기관을 형성하는 단계, 상기 제1기관 상에, 제1전극을 형성하는 단계, 상기 제1전극 상에, 제1대전체를 형성하는 단계, 상기 제2기관의 상하면에 제2대전체를 형성하는 단계, 상기 제3기관 상에 제2전극을 형성하는 단계, 상기 제1기관과 상기 제2기관 사이에 제1탄성지지부를 형성하는 단계 및 상기 제2기관과 상기 제3기관 사이에 제2탄성지지부를 형성하는 단계를 포함하는 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법을 제공한다.

[0011] 상기 제1기관, 상기 제2기관, 상기 제3기관을 형성하는 단계는, 필라멘트(filament) 형태의 열가소성 물질을 녹이는 단계, 노즐이 상기 모기관 상에서 움직이며 상기 열가소성 물질을 분사하여 적층하는 단계 및 상기 열가소성 물질을 경화시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따른 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법은, 제3기관 상에 접지 유닛을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따른 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법은, 상기 모기관 상에 상기 제1기관, 상기 제2기관 및 제3기관 중 어느 하나를 형성하는 단계 전에, 상기 모기관 상에 여러 층의 레이어(layer)를 적층하여 기능층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 제1기관, 상기 제2기관, 상기 제3기관을 형성하는 단계는, 제1레이어를 형성하는 단계, 상기 제1레이어 상에 벌집 모양을 포함하는 제2레이어를 형성하는 단계 및 상기 제2레이어 상에 제3레이어를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따른 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법은, 상기 제3기관을 형성하는 단계 이후, 상기

제3기관 상에 기둥을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 제2기관을 형성하는 단계는, 상기 제2기관에 컨택홀을 형성하는 단계를 포함할 수 있으며, 상기 제2대전체의 상부와 상기 제2대전체의 하부는 상기 컨택홀을 통해 전기적으로 연결될 수 있다.

[0017] 일 실시예에 따른 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법은, 상기 제2대전체를 형성하는 단계 이후, 전도성 테이프로 상기 제2대전체와 상기 제2기관을 둘러감는 단계를 더 포함할 수 있고, 상기 전도성 테이프에 의해 상기 제2기관의 상면에 형성된 상기 제2대전체의 상부와 상기 제2기관의 하면에 형성된 상기 제2대전체의 하부는 전기적으로 연결될 수 있다.

[0018] 상기 제2기관을 형성하는 단계는, 상기 제2기관에서 돌출된 날개부를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시예에 따른 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법은, 상기 제2기관을 형성하는 단계 이후, 상기 제2기관의 상면에 돌기부를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0020] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

[0021] 상기한 바와 같이 이루어진 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법에 따르면, 제조시마다 다른 모양과 크기의 기관을 형성할 수 있어, 다양한 제품을 생산할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 일 실시예에 따른 마찰대전소자의 제조방법에 따라 제조한 마찰대전소자를 개략적으로 도시한 사시도이다.

도 2는 도 1의 정면도이다.

도 3은 FDM(Fused Deposition Modeling)방식을 통한 3D 프린팅 방식을 설명한 개념도이다.

도 4는 제3기관 및 제2전극을 포함하는 하부구조물을 제조하는 방법을 나타낸 개념도이다.

도 5는 제2기관 및 제2대전체를 포함하는 중간구조물을 제조하는 방법을 나타낸 개념도이다.

도 6은 제1기관, 제1전극 및 제1대전체를 포함하는 상부구조물을 제조하는 방법을 나타낸 개념도이다.

도 7은 제1탄성지지부, 제2탄성지지부를 형성하는 단계 및 상부구조물, 중간구조물, 하부구조물을 조립하는 단계를 나타낸 개념도이다.

도 8은 기능층을 3D 프린팅하는 단계를 나타낸 개념도이다.

도 9는 일 실시예에 따른 제1기관, 제2기관 또는 제3기관의 제조방법을 나타낸 사시도이다.

도 10은 기둥, 컨택홀, 돌기부 및 날개부를 포함하는 마찰대전소자의 정면도이다.

도 11은 도 10의 마찰대전소자의 제2기관만을 나타낸 사시도이다.

도 12는 여러 물질의 마찰전기 시리즈(triboelectric series)를 나타낸 도표이다.

도 13a 내지 도 13h는 도 2의 마찰대전소자의 첫번째 사이클 작동 메커니즘을 설명하기 위한 도면들이다.

도 14a 내지 도 14h는 도 2의 마찰대전소자의 두번째 사이클 작동 메커니즘을 설명하기 위한 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0024] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일

하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

- [0025] 이하의 실시예에서, 제1, 제2등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용된다.
- [0026] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0027] 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.
- [0028] 이하의 실시예에서, '위', '아래', '상면', '하면', '상부', '하부' 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소와 다른 구성 요소의 상대적 위치 관계를 지시하는 것이다.
- [0029] 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 공정이 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 수행될 수도 있다.
- [0030] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.
- [0031] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0032] 도 1은 일 실시예에 따른 마찰대전소자(100)의 제조방법에 따라 제조한 마찰대전소자(100)를 개략적으로 도시한 사시도이고, 도 2는 도 1의 정면도이다.
- [0033] 도 1 및 도 2를 참조하면, 제3기관(130) 상에는 제2전극(132)이 배치된다. 제3기관(130) 상에는 제2기관(120)이 배치되고, 제3기관(130)과 제2기관(120) 사이에는 제2탄성지지부(142)가 배치되어 제2기관(120)을 지지한다.
- [0034] 제2기관(120)의 상하면에는 제2대전체(122)가 배치된다. 제2기관(120)의 상면에 배치된 제2대전체의 상부(122U)와 제2기관(120)의 하면, 즉 제3기관(130)과 대향하는 면에 배치된 제2대전체의 하부(122L)는 전기적으로 연결된다.
- [0035] 제2기관(120) 상에는 제1기관(110)이 배치된다. 제1기관(110)이 제2기관(120)과 대향하는 면에는, 제1전극(112)과 제1대전체(131)가 배치된다. 즉 제1기관(110)과 제1전극(112)은 맞닿고, 제1전극(112)과 제1대전체(131)는 맞닿는다. 제2기관(120)과 제1기관(110)에는 제1탄성지지부(141)가 배치되어, 제1기관(110)을 지지한다.
- [0036] 제1 내지 제3기관(110, 120, 130)은 서로 일정한 간격을 두고 배치될 수 있다. 이러한 제1 내지 제3기관(110, 120, 130)은 평탄한 구조를 가질 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 제1대전체(131)와 제2대전체(122)는 사이에 배치된 제1탄성지지부(141)에 의해 맞닿지 않지만, 외력의 작용에 의해 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 마찰하는 경우, 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 서로 반대 극성으로 대전되어 전류를 생성한다. 이에 대해서는 후술한다.
- [0038] 한편, 마찰대전소자(100)는 제2대전체(122)와 전하 저장소(171)를 단속적으로 연결하는 접지 유닛(150)을 포함할 수 있는데, 이에 대해서는 후술한다.
- [0039] 이하, 도 3 내지 도 6을 참조하여 도 1 및 도 2의 마찰대전소자(100)를 3D 프린팅을 이용해 제조하는 방법을 설명한다.
- [0040] 여기서 3D 프린팅이란, 여러 층의 레이어(layer)를 적층하는 방식을 통해 3차원의 물체를 만들어내는 것을 의미한다. 3D 프린팅의 방식으로는, 필라멘트(filament, FM) 형태의 열가소성 물질을 녹여, 노즐(NZ)을 통해 분사시켜 적층한 후, 공기 중에서 경화시켜 프린팅하는 방식(FDM, Fused Deposition Modeling), 광경화성 액체 수지를 레이저로 경화시켜 프린팅하는 방식(SLA, SeteroLithography Appartus), 파우더 형태의 재료를 레이저를 통해 경화시켜 프린팅하는 방식(SLS, Selective Laser Sintering) 등이 있다.
- [0041] 도 3은 FDM 방식을 통한 3D 프린팅 방식을 설명한 개념도이다.
- [0042] 일 실시예에 따르면, 여러 층의 레이어(layer)를 적층하여 제1기관(110), 제2기관(120), 제3기관(130)을 형성하는 단계는, 필라멘트(FM) 형태의 열가소성 물질을 녹이는 단계, 노즐(NZ)이 상기 모기관(mother substrate, M)

상에서 움직이며 상기 열가소성 물질을 분사하여 적층하는 단계 및 열가소성 물질을 경화시키는 단계를 포함한다.

[0043] 도 3의 (a)를 참조하면, 고온의 열을 노즐(NZ) 내부에 있는 필라멘트(FM) 형태의 열가소성 물질에 가한다. 열가소성 물질은 열에 의해 흐물흐물한 상태가 된다. 도 3의 (b)를 참조하면, 노즐(NZ)이 모기관(M) 상에서 움직이면서 열가소성 물질을 모기관(M) 상에 적층한다. 모기관(M)은 노즐(NZ)을 포함하는 3D 프린터의 하면에 설치된 기관으로서, 프린팅되는 물체를 지지하는 역할을 수행한다. 이 때 노즐(NZ)의 움직임 및 열가소성 물질의 분사 여부는 컴퓨터에 의해 제어된다. 한편, 노즐(NZ)로부터 분사되어 적층된 열가소성 물질은 공기 중에 노출되어 천천히 경화된다. 이와 같은 작업이 반복되어, 원하는 형상의 물체를 만들어낼 수 있다.

[0044] 도 4는 제3기관(130) 및 제2전극(132)을 포함하는 하부구조물(Bottom)을 제조하는 방법을 나타낸 개념도이다. 도 4의 (a)를 참조하면, 모기관(M) 상에, 노즐(NZ)을 통해 필라멘트(FM)를 분사하여 적층한 후 필라멘트(FM)를 공기 중에서 경화시켜 제3기관(130)을 3D 프린팅한다.

[0045] 제3기관(130)은 직사각형, 원형 등 다양한 모양으로 형성될 수 있다. 3D 프린팅은 컴퓨터를 통해 제어되므로, 기존의 기계적 제조방법과는 달리, 제조시마다 다른 모양의 제3기관(130)을 제조할 수 있다. 도시되지는 않았으나, 제3기관(130)이 3D프린터 내에서 제조된 후에는, 제3기관(130)을 모기관(M)으로부터 분리하는 작업이 수행될 수 있다.

[0046] 이후, 도 4의 (b)를 참조하면, 모기관(M)으로부터 분리된 제3기관(130) 상에 제2전극(132)이 형성된다. 제2전극(132)은 그래핀(graphene), 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 백금(Pt), 금(Au) 및 인듐 틴 옥사이드(ITO; indium tin oxide)를 포함하는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 제2전극(132)은 하나의 층 또는 복수의 층으로 구성될 수 있다. 제2전극(132)은 예컨대 증착 공정을 통해 형성될 수 있다. 상기과 같은 제3기관(130)의 3D 프린팅 공정 및 제2전극(132) 증착 공정을 통해 마찰대전소자(100)의 하부구조물(Bottom)이 형성된다.

[0047] 한편, 일 실시예에 따른 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자(100)의 제조방법은, 제3기관(130) 상에 접지 유닛(150)을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 때 접지 유닛(150)은 제3기관(130) 및 제2대전체와는 별개로 제조된 후에, 제3기관(130) 상에 부착될 수 있다. 접지 유닛(150)은 마찰대전소자(100)의 외부에 배치될 수도 있다.

[0048] 접지 유닛(150)은 제2대전체(122)의 움직임에 따라 제2대전체(122)와 단속적으로 접촉할 수 있다. 또, 접지 유닛(150)은 전하 저장소(charge reservoir, 171)와 전기적으로 연결되어 있다. 여기서, 전하 저장소(171)는 예를 들면 대지(earth)가 될 수 있다. 따라서, 접지 유닛(150)은 제2대전체(122)의 움직임에 따라 제2대전체(122)와 전하 저장소(171) 사이를 단속적으로 연결할 수 있다.

[0049] 접지 유닛(150)은 제2대전체(122)와 제2기관(120) 사이에 배치되어 제2대전체(122)의 움직임에 따라 제2대전체(122)와 단속적으로 연결될 수 있도록 마련될 수 있다. 이를 위해, 접지 유닛(150)은 제2대전체(122)의 움직임에 따라 제2대전체(122)와 단속적으로 접촉하는 전도성 부재(151)와, 이 전도성 부재(151)의 움직임을 탄성적으로 지지하는 탄성 부재(152)를 포함할 수 있다. 여기서, 전도성 부재(151)는 전하 저장소(171)와 전기적으로 연결되어 있다. 접지 유닛(150)은 하부 기관인 제3기관(130) 상에 배치될 수 있지만, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0050] 이와 같은 접지 유닛(150)의 구성에서, 제2대전체(122)가 제2전극(132) 쪽으로 이동하여 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)에 접촉하게 되면 제2대전체(122)는 전하 저장소(171)와 전기적으로 연결될 수 있다. 이에 따라, 제2대전체(122) 내의 전자들이 접지 유닛(150)을 통해 전하 저장소(171)로 이동하거나 또는 전하 저장소(171) 내의 전자들이 접지 유닛(150)을 통해 제2대전체(122)로 이동할 수 있다. 또한, 제2대전체(122)가 제2전극(132)으로부터 멀어져 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 떨어지게 되면 제2대전체(122)는 전하 저장소(171)와 절연될 수 있다.

[0051] 도 5는 제2기관(120) 및 제2대전체(122)를 포함하는 중간구조물(Middle)을 제조하는 방법을 나타낸 개념도이다.

[0052] 도 5의 (a)를 참조하면, 모기관(M) 상에, 노즐(NZ)을 통해 필라멘트(FM)를 분사하여 적층한 후 필라멘트(FM)를 공기 중에서 경화시켜 제2기관(120)을 3D 프린팅한다. 제2기관(120)은 직사각형, 원형 등 다양한 모양으로 형성될 수 있다. 3D 프린팅은 컴퓨터를 통해 제어되므로, 기존의 기계적 제조방법과는 달리, 제조시마다 다른 모양의 제2기관(120)을 제조할 수 있다. 도시되지는 않았으나, 제2기관(120)이 3D프린터 내에서 제조된 후에는, 제2

기관(120)을 모기관(M)으로부터 분리하는 작업이 수행될 수 있다.

- [0053] 도 5의 (b)를 참조하면, 제2기관(120) 상에 제2대전체(122)를 형성하는 단계가 수행된다. 제2대전체(122)는 제2기관(120)의 상면과 하면에 각각 형성된다. 제2대전체는 예컨대 증착 공정을 통해 형성될 수 있다.
- [0054] 이후, 제2기관(120)의 상면에 형성된 제2대전체의 상부(122U)와 제2기관(120)의 하면에 형성된 제2대전체의 하부(122L)를 전기적으로 연결하는 단계가 수행된다. 도 5의 (c)를 참조하면, 전도성 테이프(124)로 제2대전체(122)와 제2기관(120)을 둘러감는 단계가 더 수행될 수 있다. 이로 인해, 제2대전체의 상부(122U) 및 제2대전체의 하부(122L)가 전기적으로 연결될 수 있다. 상기와 같은 제2기관(120)의 3D 프린팅 공정 및 제2대전체(122) 증착 공정을 통해 마찰대전소자(100)의 중간구조물(Middle)이 형성된다.
- [0055] 도 6은 제1기관(110), 제1전극(112) 및 제1대전체(131)를 포함하는 상부구조물(Top)을 제조하는 방법을 나타낸 개념도이다.
- [0056] 도 6의 (a)를 참조하면, 모기관(M) 상에, 노즐(NZ)을 통해 필라멘트(FM)를 분사하여 적층한 후 필라멘트(FM)를 공기 중에서 경화시켜 제1기관(110)을 3D 프린팅한다. 제1기관(110)은 직사각형, 원형 등 다양한 모양으로 형성될 수 있다. 3D 프린팅은 컴퓨터를 통해 제어되므로, 기존의 기계적 제조방법과는 달리, 제조시마다 다른 모양의 제1기관(110)을 제조할 수 있다. 도시되지는 않았으나, 제1기관(110)이 3D프린터 내에서 제조된 후에는, 제1기관(110)을 모기관(M)으로부터 분리하는 작업이 수행될 수 있다.
- [0057] 도 6의 (b)를 참조하면, 이후 제1기관(110) 상에 차례대로 제1전극(112) 및 제1대전체(131)를 형성한다. 우선, 모기관(M)으로부터 분리된 제1기관(110) 상에 제1전극(112)이 형성된다. 제1전극(112)은 그래핀(graphene), 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 백금(Pt), 금(Au) 및 인듐 틴 옥사이드(ITO; indium tin oxide)를 포함하는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 제1전극(112)은 하나의 층 또는 복수의 층으로 구성될 수 있다. 제1전극(112)은 예컨대 증착 공정을 통해 형성될 수 있다.
- [0058] 이후, 제1전극(112) 상에 제1대전체(131)를 형성한다. 제1대전체(131)는 예컨대 증착 공정을 통해 형성될 수 있다. 상기와 같은 제1기관(110)의 3D 프린팅 공정, 제1전극(112) 증착 공정 및 제1대전체(131) 증착 공정을 통해 마찰대전소자(100)의 상부구조물(Top)이 형성된다.
- [0059] 도 7은 제1탄성지지부(141), 제2탄성지지부(142)를 형성하는 단계 및 상부구조물(Top), 중간구조물(Middle), 하부구조물(Bottom)을 조립하는 단계를 나타낸 개념도이다.
- [0060] 도 7의 (a)를 참조하면, 하부구조물(Bottom) 상에 제2탄성지지부(142)를 형성한다. 이후, 제2탄성지지부(142) 상에 중간구조물(Middle)을 조립한다. 즉 제2탄성지지부(142)는 하부구조물(Bottom)과 중간구조물(Middle) 사이, 바람직하게는 제2기관(120)과 제3기관(130) 사이에 형성된다. 제2탄성지지부(142)는 제2기관(120)의 가장자리부분에 형성되어 제2기관(120)을 지지한다. 제2탄성지지부(142)는 탄성체, 예컨대 스프링으로 이루어져, 외력에 반응하게 되는데 이에 대하여는 후술한다. 한편, 제2탄성지지부(142)에 의해 제2대전체와 제2전극(132), 접지 유닛(150)은 서로 떨어져 있게 된다.
- [0061] 도 7의 (b)를 참조하면, 중간구조물(Middle) 상에 제1탄성지지부(141)를 형성한다. 이후, 제2탄성지지부(142) 상에 상부구조물(Top)을 조립한다. 이 때 상부구조물(Top)의 제1전극(112)이 중간구조물(Middle)과 대향하도록 한다. 제1탄성지지부(141)는 상부구조물(Top)과 중간구조물(Middle) 사이, 바람직하게는 제1기관(110)과 제2기관(120) 사이에 배치된다. 제1탄성지지부(141)는 제2기관(120)의 가장자리부분에 형성되어 제1기관(110)을 지지한다.
- [0062] 제1탄성지지부(141)는 탄성체, 예컨대 스프링으로 이루어져, 외력에 반응하게 되는데 이에 대하여는 후술한다. 한편, 제1탄성지지부(141)에 의해 제1대전체(131)와 제2대전체(122)는 서로 떨어져 있게 된다.
- [0063] 한편, 제1탄성지지부(141)는 제2탄성지지부(142) 보다 작은 탄성 계수(modulus of elasticity)를 가질 수 있다. 이에 따라, 제1기관(110)을 누르게 되면 먼저 제1기관(110)과 제2대전체(122) 사이의 간격이 줄어들게 되고, 다음으로 제2대전체(122)와 제3기관(130) 사이의 간격이 줄어들게 된다. 이어서, 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 먼저 접촉하고, 다음으로 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151) 및 제2전극(132)과 순차적으로 접촉하게 된다.
- [0064] 위에서는 설명의 편의상, 도 2의 아래쪽 구성요소부터 차례대로 제조 및 조립하는 것으로 예시하였으나, 상부구조물(Top), 중간구조물(Middle), 하부구조물(Bottom), 제1탄성지지부(141), 제2탄성지지부(142)의 형성 순서는 임의로 이루어질 수 있다. 예컨대 상부구조물(Top)이 하부구조물(Bottom)보다 먼저 제조될 수 있으며, 상부구조물

물(Top), 중간구조물(Middle), 하부구조물(Bottom)은 동시에 제조될 수도 있다.

- [0065] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자(100)의 제조방법에 따르면, 제조시마다 다른 모양과 크기의 기관(110, 120, 130)을 형성할 수 있어, 다양한 제품을 생산할 수 있다.
- [0066] 도 8은 여러 층의 레이어를 적층하여 기능층(180)을 형성하는 단계를 나타낸 개념도이다.
- [0067] 도 8의 (a)를 참조하면, 모기관(M) 상에 기능층(180)을 형성한다. 기능층(180)은 상술한 3D 프린팅 방식, 예컨대 FDM 방식으로 제조될 수 있다. 이후, 기능층(180) 상에 제1기관(110), 제2기관(120) 및 제3기관(130) 중 어느 하나를 형성한다. 도 8에서는 예시적으로 기능층(180) 상에 제1기관(110)을 형성한 것을 예시하였다. 모기관(M) 상에 직접 제1기관(110)을 형성하는 경우, 제1기관(110)의 가장자리 부분이 휘는 현상 및 제1기관(110)을 모기관(M)으로부터 제거할 때 제1기관(110)이 손상되는 현상이 발생할 수 있다. 모기관(M)과 제1기관(110) 사이에 기능층(180)을 형성하는 경우 상기와 같은 문제를 방지할 수 있다.
- [0068] 도 8의 (b)를 참조하면, 제1기관(110)이 기능층(180)으로부터 분리된다. 분리된 제1기관(110) 상에는 추후 제1전극(112) 및 제1대전체(131)가 형성된다.
- [0069] 도 9는 일 실시예에 따른 제1기관(110), 제2기관(120) 또는 제3기관(130)의 제조방법을 나타낸 사시도이다.
- [0070] 일 실시예에 따르면, 제1기관(110), 제2기관(120), 제3기관(130)을 형성하는 단계는, 제1레이어를 형성하는 단계, 상기 제1레이어 상에 벌집 모양(Honeycomb, HC)을 포함하는 제2레이어를 형성하는 단계 및 상기 제2레이어 상에 평평한 제3레이어를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 도 9에서는 예시적으로 제1기관(110)의 제조방법만을 설명한다. 도 9의 (a)를 참조하면, 제1기관(110)의 제1레이어(110A)가 형성된다. 제1레이어(110A)는 실질적으로 평평할 수 있으며, 노즐(NZ)을 통해 필라멘트(FM)를 분사시켜 적층시킨 후, 경화시키는 공정을 통해 제조될 수 있다.
- [0071] 도 9의 (b)를 참조하면, 제1레이어(110A) 상에, 벌집(HC) 모양을 포함하는 제2레이어(110B)를 형성한다. 제2레이어(110B)의 가장자리 부분은 치밀하게 구성되어 있으나, 제2레이어(110B)의 중앙 부분은 육각형의 벌집(HC) 모양 형태일 수 있다.
- [0072] 도 9의 (c)를 참조하면, 제2레이어(110B) 상에 제3레이어(110C)를 형성한다. 제3레이어(110C)는 제2레이어(110B)와는 달리 평평할 수 있다. 제3레이어(110C)까지 형성되면, 제1기관(110)은 외부에서 봤을 때는 평평한 직육면체 모양이나, 그 내부는 대부분 빈 공간이 된다. 그렇다 하여도, 벌집(HC) 모양 구조가 내부에 형성되므로 제1기관(110)은 강도가 세며, 필요한 재료의 양이 줄어들므로 제조비용 또한 감소한다. 한편, 필라멘트(FM)의 적층 방식을 통해 상기 벌집(HC) 모양을 형성하므로, 제2레이어(110B)에 별도의 구멍을 뚫는 공정이 필요치 않게 된다. 한편, 도 9에서는 설명의 편의상 제1, 제2, 제3레이어(110A, 110B, 110C)가 단층인 것으로 표현하였으나, 실제로는 여러 층의 필라멘트(FM) 다발이 적층된 형태일 수 있다.
- [0073] 도 10은 기둥(134), 컨택홀(120C), 돌기부(120P) 및 날개부(120W)를 포함하는 마찰대전소자(200)의 정면도이며, 도 11은 상기 마찰대전소자의 제2기관(120)만을 나타낸 사시도이다.
- [0074] 일 실시예에 따르면, 제3기관(130)을 형성하는 단계 이후, 제3기관(130) 상에 기둥(134)을 형성하는 단계가 더 수행될 수 있다. 기둥(134) 역시 제3기관(130)과 마찬가지로 3D 프린팅을 통해 형성될 수 있다. 따라서 제3기관(130)과 기둥(134)은 같은 물질을 포함할 수 있다.
- [0075] 한편, 도 11을 참조하면, 제3기관(130) 상에 기둥(134)이 형성되는 경우, 제1기관(110)과 제2기관(120)은 기둥(134)에 대응되는 영역에 구멍(120H)을 가진다. 이 때, 제1기관(110) 및 제2기관(120)이 적층식으로 형성되므로, 구멍(120H) 부분을 제외한 나머지 부분만이 필라멘트(FM)로 적층 및 경화되어 제1기관(110) 및 제2기관(120)의 구멍이 형성된다. 기둥(134)에 의해 제3기관(130) 상의 제1기관(110) 및 제2기관(120)은 주로 z방향으로만 움직일 수 있게 되어, 제1기관(110) 및 제2기관(120)이 안정적으로 지지된다.
- [0076] 일 실시예에 따르면, 제2기관(120)을 형성하는 단계는, 제2기관(120)에 컨택홀(120C)을 형성하는 단계를 포함하며, 제2대전체의 상부(122U)와 제2대전체의 하부(122L)는 컨택홀(120C)을 통해 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0077] 상술하듯, 제2기관(120) 형성 후, 제2기관(120)의 상면에 형성된 제2대전체의 상부(122U)와 제2기관(120)의 하면에 형성된 제2대전체의 하부(122L)를 전기적으로 연결하는 단계가 수행된다. 이 때 제2기관(120)을 형성하는 단계는, 제2기관(120)을 관통하는 컨택홀(120C)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 제2기관(120) 완성 이후 별도의 공정을 통해 컨택홀(120C)을 뚫을 수도 있으나, 제2기관(120)이 3D 프린팅을 이용한 적층식으로 제조되므로

로, 제2기관(120) 적층시 컨택홀(120C) 영역을 제외한 부분만 필라멘트(FM)를 쌓아 컨택홀(120C)을 형성하는 것이 바람직하다.

- [0078] 이후, 증착 공정 등을 통해 제2기관(120)의 상하면에 제2대전체(122)를 형성하는데, 이 때 컨택홀(120C) 역시 제2대전체(122)에 의해 매립될 수 있다. 따라서 제2대전체의 상부(122U)와 제2대전체의 하부(122L)는 컨택홀(120C)을 통해 전기적으로 연결될 수 있다. 한편, 제2대전체의 상부(122U)와 제2대전체의 하부(122L)가 컨택홀(120C) 내에 있는 다른 전도성 물질을 통해 전기적으로 연결되는 것도 가능하다.
- [0079] 일 실시예에 따르면, 제2기관(120)을 형성하는 단계는, 제2기관(120)에서 돌출된 날개부(120W)를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 도 11을 참조하면, 날개부(120W)는 제2기관(120)의 측면에 형성된다. 제2기관(120)의 윗면이 예컨대 직사각형의 모양을 가지는 경우, 날개부(120W)는 직사각형의 변에서 돌출되어 나온 형태일 수 있다. 도 11에서는 날개부(120W)가 제2기관(120)의 한쪽 변에서만 돌출되어 나온 것을 도시하였으나, 날개부(120W)는 제2기관(120)의 모든 변에 형성될 수 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0080] 날개부(120W) 역시 제2기관(120)과 마찬가지로 3D 프린팅을 통해 형성될 수 있다. 따라서 제2기관(120)과 돌기부(120P)는 같은 물질을 포함할 수 있다. 이 때 제2기관(120)을 적층하는 공정과 동시에 날개부(120W)를 적층하는 공정이 수행될 수 있다. 한편, 다시 도 10을 참조하면, 제2기관(120)으로부터 돌출되어 나온 날개부(120W) 아래에는 접지 유닛(150)이 배치될 수 있다.
- [0081] 일 실시예에 따른 3D 프린팅을 이용한 마찰대전소자의 제조방법은, 제2기관(120)을 형성하는 단계 이후, 제2기관(120)의 상면에 돌기부(120P)를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0082] 도 10 및 도 11을 다시 참조하면, 돌기부(120P)는 제2기관(120) 상에 볼록한형태로 형성된다. 돌기부(120P) 역시 제2기관(120)과 마찬가지로 3D 프린팅을 통해 형성될 수 있으므로, 다양한 형태의 변형이 가능하다. 예컨대 돌기부(120P)는 피라미드 모양, 삼각뿔 모양, 반구(半球) 모양 등 다양한 형태를 가질 수 있다. 한편, 제2기관(120)과 돌기부(120P)는 같은 물질을 포함할 수 있다.
- [0083] 도 10을 다시 참조하면, 돌기부(120P) 형성 이후, 제2기관(120) 상에 제2대전체(122)를 형성하는 공정이 수행되므로, 제2대전체(122) 역시 돌기 구조를 가지게 된다. 제2대전체(122)의 돌기 구조는, 제1대전체(131)와의 마찰시 표면적을 증가시켜 더 많은 전하가 대전되도록 한다.
- [0084] 이하, 도 12, 도 13a 내지 도 13h, 및 도 14a 내지 도 14h를 참조하여 본 발명에 따라 제조된 마찰대전소자(100)의 작동원리를 설명한다. 도 13a 내지 도 13h, 및 도 14a 내지 도 14h에서는 편의상 도 2의 전도성 테이프(124)를 생략하나, 제2대전체의 상부(122U) 및 제2대전체의 하부(122L)는 전기적으로 연결되어 있다.
- [0085] 도 12는 여러 물질의 마찰전기 시리즈(triboelectric series)를 나타낸 도표이다. 마찰전기 시리즈에서 위쪽, 즉 양(positive)의 방향에 위치한 물체는, 이보다 더 아래쪽, 즉 음(negative)의 방향에 있는 물체와 마찰시켰을 때 양으로 대전(positively charged)된다. 반대로 마찰전기 시리즈에서 아래쪽에 위치한 물체는, 이보다 더 위쪽에 있는 물체와 마찰시켰을 때 음으로 대전(negatively charged)된다. 예컨대 종이와 은(Silver)을 마찰시키는 경우, 마찰전기 시리즈 상에서 종이가 은보다 더 위쪽에 있으므로, 종이는 양으로, 은(silver)은 음으로 대전된다. 이와 같은 성질은, 원자로부터 전자를 떼어내는 데 필요한 에너지의 양인 '일함수(work function)'의 차이 때문인 것으로 알려져 있다. 즉 일함수가 낮은 물질일수록 마찰전기 시리즈에서 위쪽에 있고, 일함수가 큰 물질일수록 마찰전기 시리즈에서 아래쪽에 있다.
- [0086] 일 실시예에 따르면, 제1대전체(131)와 제2대전체(122)는 서로 다른 일함수를 가질 수 있다. 즉 마찰대전소자(100)에 외력이 작용하여 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 서로 마찰하면, 제1대전체(131)와 제2대전체(122)는 서로 다른 극성으로 대전된다. 이 때 제1대전체(131)와 제2대전체(122) 사이에 전자가 이동하는 것이므로, 하나가 +Q [C]로 대전되면 다른 하나는 극성이 반대이고 크기는 같은 -Q [C]로 대전된다.
- [0087] 이 때 제2대전체(122)에 포함되는 물질은 제1대전체(131)에 포함되는 물질보다 큰 일함수를 가질 수 있다. 이 경우, 제2대전체(122)는 외력에 의해 제1대전체(131)와 접촉시 음으로 대전될 수 있다.
- [0088] 이 때 제2대전체(122)는 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 크롬(Cr), 백금(Pt), 금(Au) 및 인듐 틴 옥사이드(ITO; indium tin oxide) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 한편 제2대전체(122)는 단층 또는 복수의 층으로 구성될 수 있다.
- [0089] 일 실시예에 따르면, 제1대전체(131)는 외력에 의해 제2대전체(122)와 접촉시 양으로 대전될 수 있다. 이 때 제1대전체(131)는 유기 폴리머 또는 무기 폴리머를 포함할 수 있다. 상기 유기 폴리머는 예컨대 폴리메틸 메타크

릴레이트(PMMA; Polymethyl methacrylate), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET; Polyethylene terephthalate), 폴리에테르에테르케톤(PEEK; Polyether ether ketone), 폴리스타이렌(PS; polystyrene), 폴리에틸렌(PE; polyethylene), 환형올레핀공중합체(COC; cyclic olefin copolymer), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE; Polytetrafluoroethylene)을 포함할 수 있고, 상기 무기 폴리머는 예컨대 폴리디메틸실록산(PDMS; Polydimethylsiloxane), 유기변성세라믹(ORMOCER; organically modified ceramics)을 포함할 수 있다.

[0090] 한편, 제1 및 제2대전체(131,122) 중 적어도 하나는 그 표면의 대전 특성을 조절하기 위해 p형 도펀트 또는 n형 도펀트로 도핑될 수 있다. p형 도펀트의 소스(source)는 예를 들면, NO_2BF_4 , NOBF_4 , NO_2SbF_6 등의 이온성 액체(ionic liquid), HCl , H_2PO_4 , CH_3COOH , H_2SO_4 , HNO_3 등의 산류 화합물(acidic compound), 디클로로디시아노퀴논(dichlorodicyanoquinone)(DDQ), 옥손(oxone), 디미리스토일포스파티딜이노시톨(dimyristoylphosphatidylinositol) (DMPI), 트리플루오로메탄술폰이미드(trifluoromethanesulfoneimide) 등의 유기 화합물(organic compound) 등을 포함할 수 있다. 또는, p형 도펀트의 소스로 HPtCl_4 , AuCl_3 , HAuCl_4 , AgOTf (silver trifluoromethanesulfonate), AgNO_3 , H_2PdCl_6 , $\text{Pd}(\text{OAc})_2$, $\text{Cu}(\text{CN})_2$ 등을 포함할 수도 있다.

[0091] n형 도펀트의 소스는 예를 들면, 치환 또는 비치환된 니코틴아미드의 환원물(a reduction product of a substituted or unsubstituted nicotinamide); 치환 또는 비치환된 니코틴아미드와 화학적으로 결합된 화합물의 환원물(a reduction product of a compound which is chemically bound to a substituted or unsubstituted nicotinamide); 및 두 개 이상의 피리디늄 유도체를 포함하고 하나 이상의 피리디늄 유도체의 질소가 환원된 화합물(a compound comprising at least two pyridinium moieties in which a nitrogen atom of at least one of the pyridinium moieties is reduced)을 포함할 수 있다. 예컨대, n형 도펀트의 소스는 NMNH(nicotinamide mononucleotide-H), NADH(nicotinamide adenine dinucleotide-H), NADPH(nicotinamide adenine dinucleotide phosphate-H)를 포함하거나, 비올로겐(viologen)을 포함할 수 있다. 또는, 상기 n형 도펀트의 소스는 PEI(polyethylenimine) 등의 폴리머를 포함할 수 있다. 또는, n형 도펀트는 K, Li 등의 알칼리 금속을 포함할 수 있다. 한편, 이상에서 언급된 p형 도펀트와 n형 도펀트 물질은 예시적인 것으로, 이외에도 다른 다양한 물질이 도펀트로 사용될 수 있다.

[0092] 상기와는 달리, 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 마찰하는 경우, 제1대전체(131)가 음전하로, 제2대전체(122)가 양전하로 대전되는 경우도 당연히 가능하다. 단, 이하에서는 제1대전체(131)가 양전하대전체, 제2대전체(122)가 음전하대전체인 경우를 예시로 마찰대전소자(100)의 작동원리를 설명한다.

[0093] 도 13a 내지 도 13h는 도 2의 마찰대전소자(100)의 첫번째 사이클 작동 메커니즘을 설명하기 위한 도면들이다.

[0094] 도 13a는 마찰대전소자(100)에 외부의 힘이 작용하지 않은 상태를 도시한 것이다. 도면에서 참조번호 161은 제1전극(112)과 제2전극(132) 사이의 전자 흐름을 검출하기 위한 제1부하를 나타내며, 참조번호 162는 접지 유닛(150)과 전하 저장소(171) 사이의 전자 흐름을 검출하기 위한 제2부하를 나타낸다.

[0095] 도 13b는 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 접촉된 상태를 도시한 것이다. 도 13b를 참조하면, 전술한 바와 같이 제1탄성지지부(141)는 제2탄성지지부(142) 보다 작은 탄성 계수를 가지고 있으므로, 제1기판(110)에 누르는 힘을 가하게 되면 먼저 제1기판(110)과 제2대전체의 상부(122U) 사이의 간격이 좁아짐으로써 제1대전체(131)와 제2대전체의 상부(122U)가 접촉하게 된다. 여기서, 제1 및 제2대전체(131,122)는 전술한 바와 같이 각각 양전하 대전체 및 음전하 대전체이다. 따라서, 제1 및 제2대전체(131,122)가 서로 접촉하게 되면 제1대전체(131)의 접촉면은 양전하로 대전되며, 제2대전체(122)의 접촉면은 음전하로 대전될 수 있다. 이어서, 제1기판(110)에 누르는 힘을 지속적으로 가하게 되면 도 13c에 도시된 바와 같이 제1 및 제2대전체(131,132)가 접촉한 상태에서 제2대전체(122)가 제2전극(132) 쪽으로 이동하게 된다.

[0096] 도 13d는 제1 및 제2대전체(131,122)가 접촉한 상태에서 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)과 접촉한 상태를 도시한 것이다. 도 13d를 참조하면, 제1 및 제2대전체(131,122)가 접촉한 상태에서 제1기판(110)에 누르는 힘을 지속적으로 가하게 되면 제2대전체(122)는 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 접촉하게 된다. 여기서, 전도성 부재(151)는 대지 등과 같은 전하 저장소(171)와 전기적으로 연결되어 있다. 한편, 이 상태에서는 제1 및 제2대전체(131,122)가 서로 전하 평형을 이루고 있으므로 제2대전체(122)와 전하 저장소(171) 사이에 전하 이동은 이루어지지 않는다.

[0097] 도 13e는 제1 및 제2대전체(131,122)가 접촉한 상태에서 제2대전체의 하부(122L)가 제2전극(132)과 접촉한 상태를 도시한 것이다. 도 13e를 참조하면, 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)에 접촉된 상태에

서 제1기관(110)에 누르는 힘을 지속적으로 가하게 되면 제2대전체의 하부(122L)는 제2전극(132)과 접촉하게 된다. 여기서, 제2대전체(122)는 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 접촉된 상태를 유지하게 된다. 이 상태에서는 제1 및 제2대전체(131, 132)가 접촉하고 있고, 제2대전체(122)가 제2전극(132) 및 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 접촉하고 있으나 전하 평형을 이루고 있으므로 제2대전체(122)와 전하 저장소(171) 사이에 전하 이동은 이루어지지 않는다.

[0098] 도 13f는 제2대전체(122)와 제2전극(132) 사이가 이격되고, 제1대전체(131)와 제2대전체(122) 사이가 이격된 상태를 도시한 것이다. 도 13f를 참조하면, 제1기관(110)에 가해진 힘이 릴리즈(release)되면 제2대전체의 하부(122L)는 제2전극(132)으로부터 이격되고, 제1대전체(131)는 제2대전체의 상부(122U)로부터 이격된다. 여기서, 제2대전체(122)는 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 접촉하고 있다. 이 상태에서, 제2대전체(122) 내부에 전하 평형을 이루기 위해 음전하 대전체인 제2대전체(122)에서 전하 저장소(171)로 전자가 이동함으로써 제2부하(162)에 전류가 흐르게 되고, 제2대전체의 하부(122L)는 양전하를 띠게 된다. 또한, 양전하 대전체인 제1대전체(131)의 표면에 있는 양전하가 상부 전극인 제1전극(112)에 음전하를 유도하게 되고, 이에 따라, 제2전극(132)으로부터 제1전극(112)으로 전자가 이동함으로써 제1부하(161)에 전류가 흐르게 된다.

[0099] 제1기관(110)의 릴리즈가 계속되면 도 13g에 도시된 바와 같이 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)로부터 떨어지게 되고, 이어서 도 13h에 도시된 바와 같이 마찰대전소자(100)는 초기 상태로 돌아가게 된다. 도 13h에 도시된 상태에서는 제1 및 제2전극(112, 132)이 각각 음전하 상태 및 양전하 상태를 유지하며, 제1대전체(131)는 양전하 상태를 유지하게 된다. 그리고, 제2대전체(122)는 그 내부의 양전하 및 음전하들이 이동하여 중성(neutral)을 유지하게 된다.

[0100] 도 14a 내지 도 14h는 마찰대전소자(100)의 두번째 사이클 작동 메커니즘을 설명하기 위한 도면들이다.

[0101] 도 14a는 도 13h와 동일한 상태로서, 제1 및 제2전극(112, 132)은 각각 음전하 상태 및 양전하 상태를, 제1대전체(131)는 양전하 상태를, 제2대전체(122)는 중성을 유지하고 있다.

[0102] 도 14b는 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 접촉된 상태를 도시한 것이다. 도 14b를 참조하면, 제1기관(110)에 누르는 힘을 가하게 되면 먼저 제1기관(110)과 제2대전체(122) 사이의 간격이 좁아짐으로써 제1대전체(131)와 제2대전체(122)가 접촉하게 된다. 이와 같이, 양전하로 대전된 제1대전체(131)가 전도성 물질인 제2대전체(122)와 접촉하게 되면 제2대전체(122)의 상부(122U)는 음전하로 대전되고, 제2대전체(122)의 하부(122L)는 양전하로 대전된다.

[0103] 도 14c는 제2대전체(122)와 제2전극(132) 사이에 정전 유도가 형성된 상태를 도시한 것이다. 도 14c를 참조하면, 제1기관(110)에 누르는 힘을 지속적으로 가하게 되면 제1 및 제2대전체(131, 122)가 접촉한 상태에서 제2대전체(122)가 제2전극(132) 쪽으로 접근하게 된다. 이와 같이, 제2대전체(122)와 제2전극(132)이 가까워진 상태에서는 제2대전체(122)의 하부(122L)에 있던 양전하가 정전 유도(electrostatic induction) 현상에 의해 제2전극(132)에 음전하를 유도하게 된다. 이에 따라, 제1전극(112)에서 제2전극(132)으로 전자가 이동함으로써 제1부하(161)에는 전류가 흐르게 된다.

[0104] 도 14d는 제1 및 제2대전체(131, 122)가 접촉한 상태에서 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)과 접촉한 상태를 도시한 것이다. 도 14d를 참조하면, 제1 및 제2대전체(131, 122)가 접촉한 상태에서 제1기관(110)에 누르는 힘을 지속적으로 가하게 되면 제2대전체(122)의 하부(122L)는 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 접촉하게 된다. 여기서, 전도성 부재(151)는 전하 저장소(171)와 전기적으로 연결되어 있다. 이 상태에서, 제1전극(112), 제1대전체(131), 제2대전체(122) 및 제2전극(132)이 서로 전하 평형을 이루기 위해 전하 저장소(171)로부터 제2대전체(122) 쪽으로 전자가 이동하게 되고, 이에 따라 제2부하(162)에는 전류가 흐르게 된다.

[0105] 도 14e는 제1 및 제2대전체(131, 122)가 접촉한 상태에서 제2대전체(122)가 제2전극(132)과 접촉한 상태를 도시한 것이다. 도 14e를 참조하면, 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)에 접촉된 상태에서 제1기관(110)에 누르는 힘을 지속적으로 가하게 되면 제2대전체(122)는 제2전극(132)과 접촉하게 된다. 여기서, 제2대전체(122)는 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 접촉된 상태를 유지하게 된다. 이 상태에서는 제1 및 제2대전체(131, 122)가 접촉하고 있고, 제2대전체(122)가 제2전극(132) 및 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와 접촉하고 있으나 전하 평형을 이루고 있으므로 제2대전체(122)와 전하 저장소(171) 사이에 전하 이동은 이루어지지 않는다.

[0106] 도 14f는 제2대전체(122)와 제2전극(132) 사이가 이격되고, 제1대전체(131)와 제2대전체(122) 사이가 이격된 상태를 도시한 것이다. 도 14f를 참조하면, 제1기관(110)에 가해진 힘이 릴리즈(release)되면 제2대전체(122)는

제2전극(132)으로부터 이격되고, 제1대전체(131)는 제2대전체(122)로부터 이격된다. 여기서, 제2대전체(122)는 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)와는 접촉하고 있다. 이 상태에서, 제2대전체(122) 내부에 전하 평형을 이루기 위해 음전하 대전체인 제2대전체(122)에서 전하 저장소(171)로 전자가 이동함으로써 제2부하(162)에 전류가 흐르게 된다. 또한, 양전하 대전체인 제1대전체(131)의 표면에 있는 양전하가 상부 전극인 제1전극(112)에 음전하를 유도하게 되고, 이에 따라, 제2전극(132)으로부터 제1전극(112)으로 전자가 이동함으로써 제1부하(161)에 전류가 흐르게 된다.

[0107] 제1기관(110)의 릴리즈가 계속되면 도 14g에 도시된 바와 같이 제2대전체(122)가 접지 유닛(150)의 전도성 부재(151)로부터 떨어지게 되고, 이어서 도 14h에 도시된 바와 같이 마찰대전소자(100)는 초기 상태로 돌아가게 된다. 도 14h에 도시된 상태에서는 도 14a에 도시된 상태와 동일하게 제1 및 제2전극(112, 122)이 각각 음전하 상태 및 양전하 상태를 유지하며, 제1대전체(131)는 양전하 상태를 유지하게 된다. 그리고, 제2대전체(122)는 그 내부의 양전하 및 음전하들이 이동하여 중성(neutral)을 유지하게 된다. 그리고, 이후 제1기관(110)에 누르는 힘이 반복적으로 가해지게 되면 마찰대전소자(100)는 전술한 두번째 사이클을 반복적으로 수행하게 된다.

[0108] 이상과 같이, 예시적인 실시예에 따른 마찰대전소자(100)에서는 제1기관(110)을 누름으로써 제1전극(112)과 제2전극(132) 사이 및 제2대전체(122)와 전하 저장소(171) 사이에서 전기에너지를 발생시킬 수 있다. 따라서, 마찰대전소자(100)에 외부의 힘을 반복적으로 가하게 되면 전기에너지를 보다 효율적으로 얻을 수 있다.

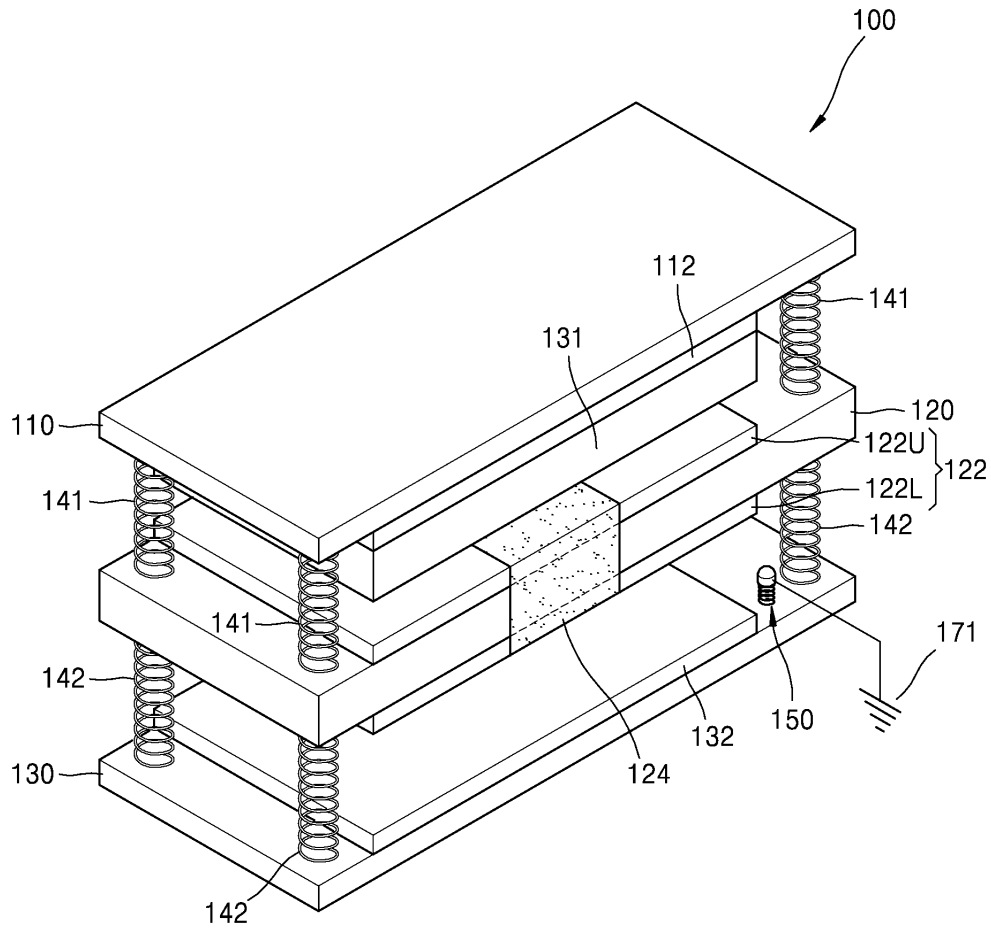
[0109] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

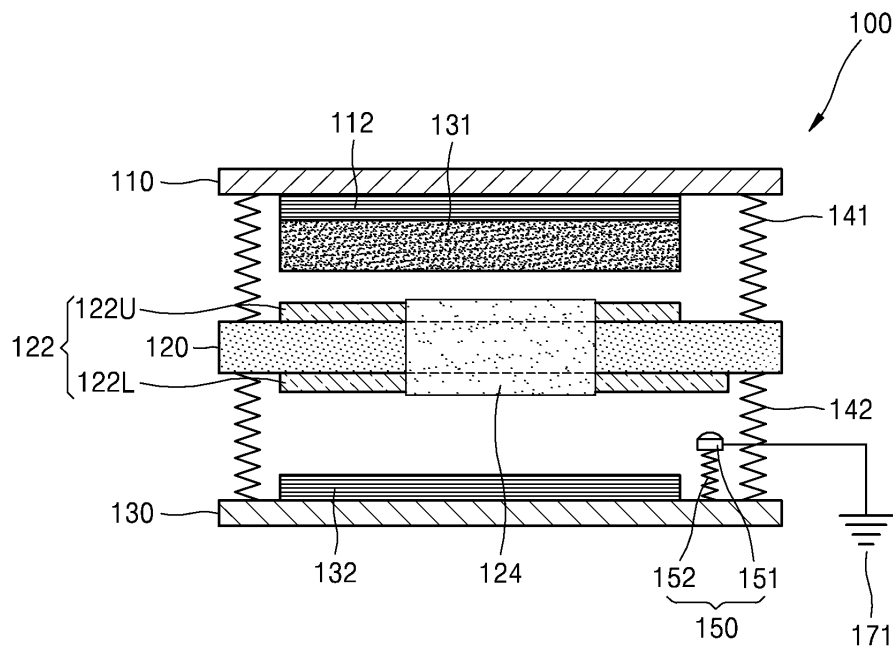
[0110] 100: 마찰대전소자
110: 제1기관 112: 제1전극
120: 제2기관 122: 제2대전체
130: 제3기관 131: 제1대전체
132: 제2전극 134: 기둥
141: 제1탄성지지부 142: 제2탄성지지부
150: 접지 유닛 161: 제1부하
162: 제2부하 171: 전하 저장소
180: 기능층

도면

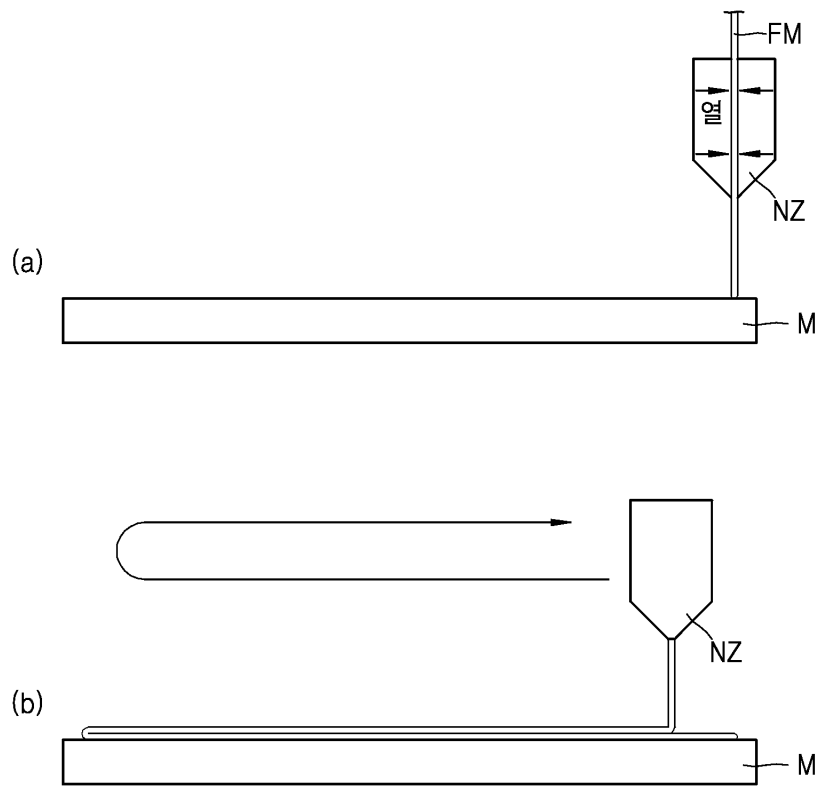
도면1



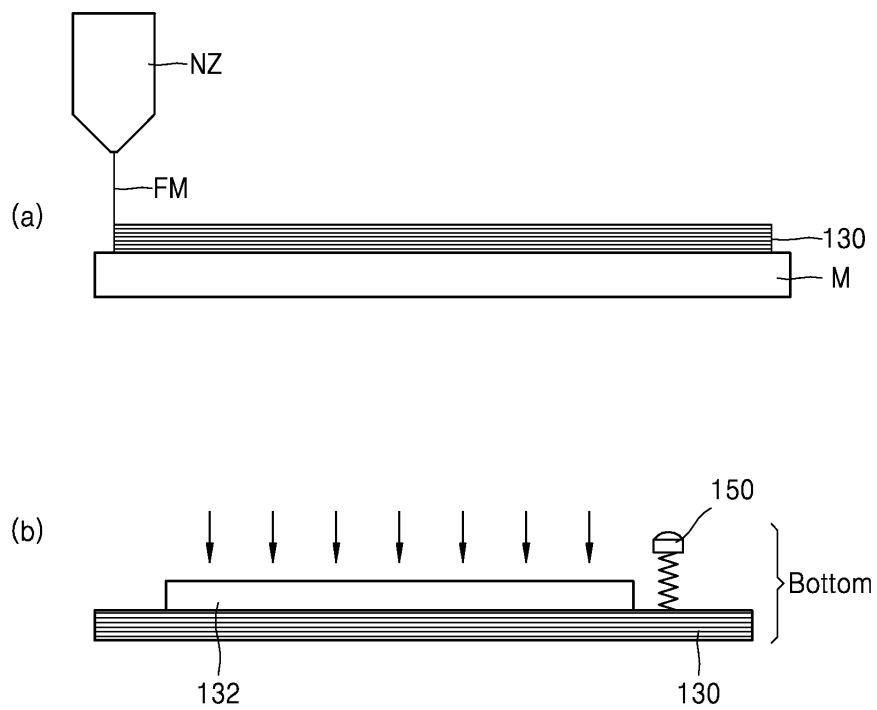
도면2



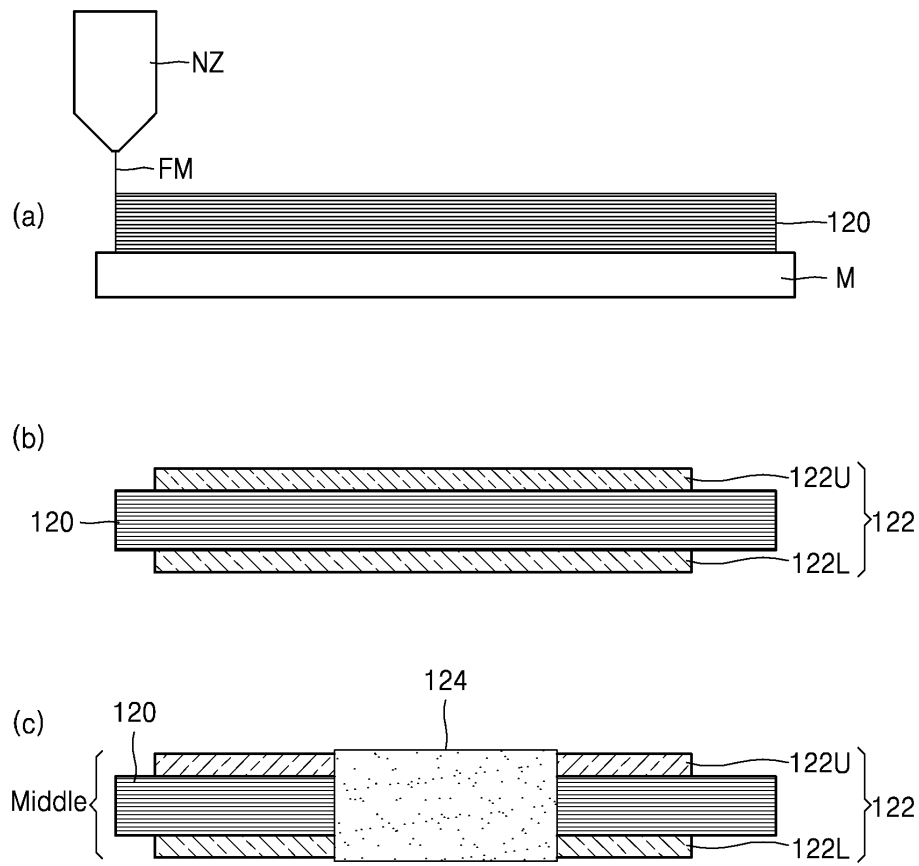
도면3



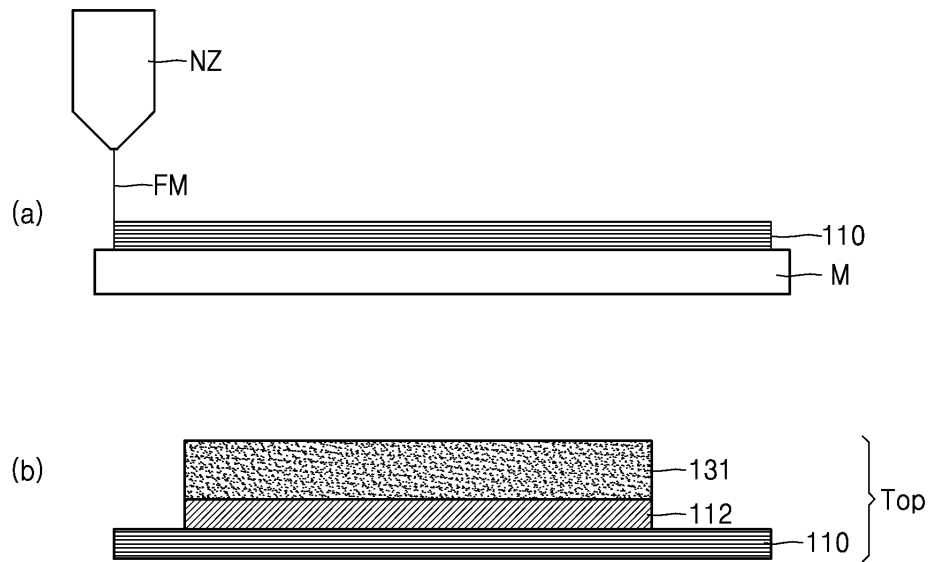
도면4



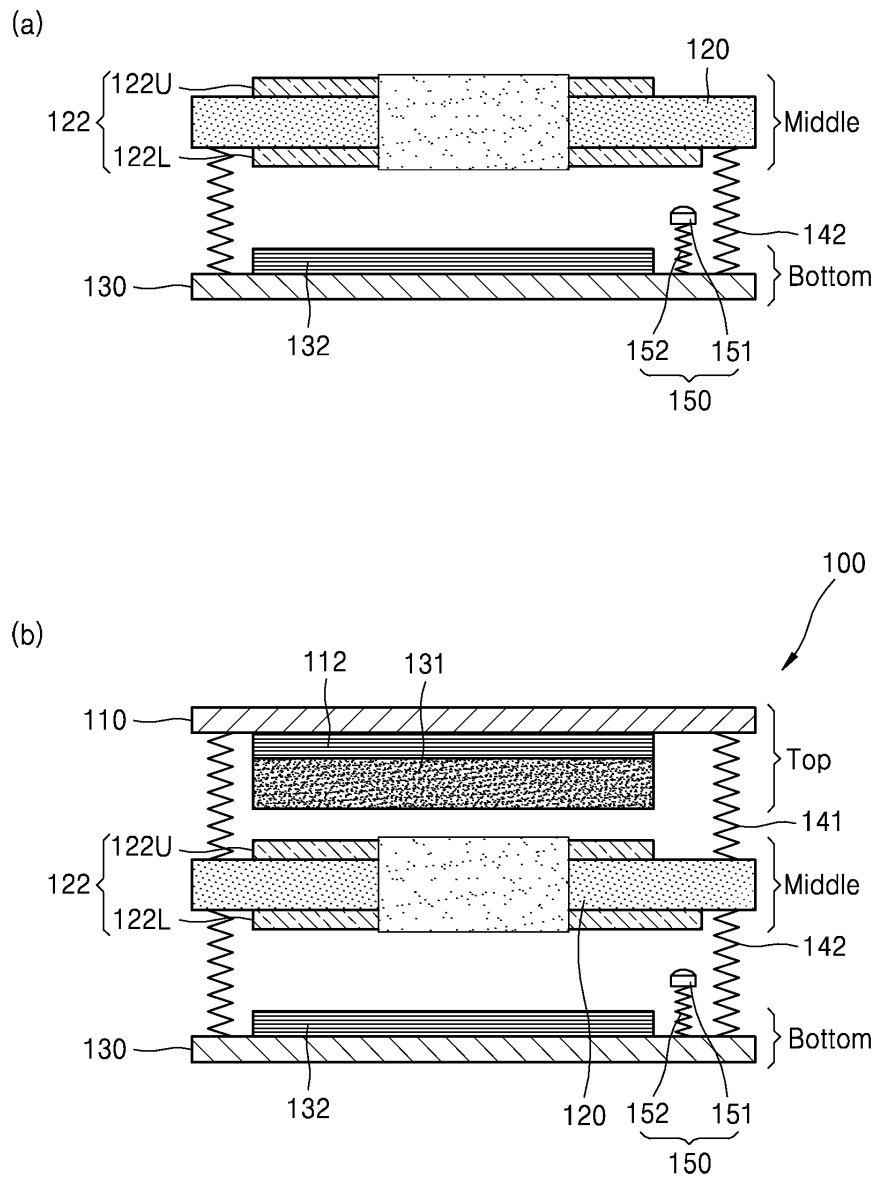
도면5



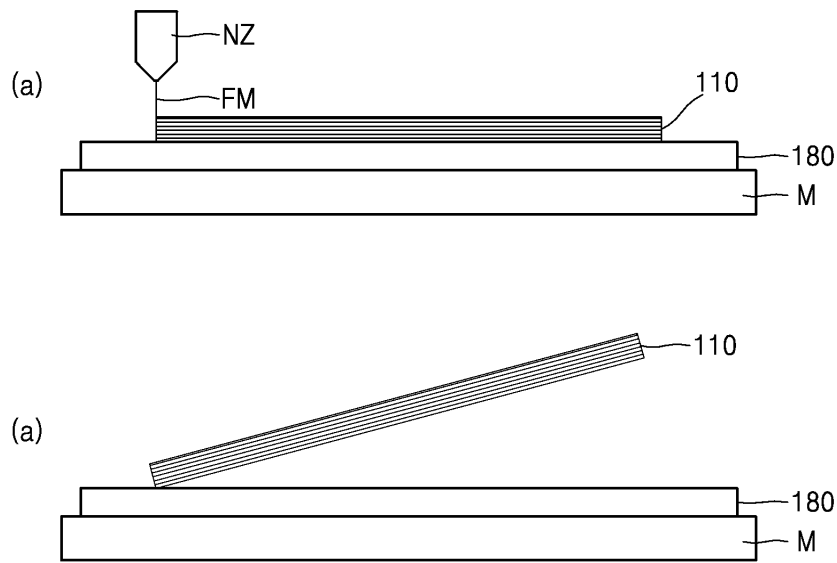
도면6



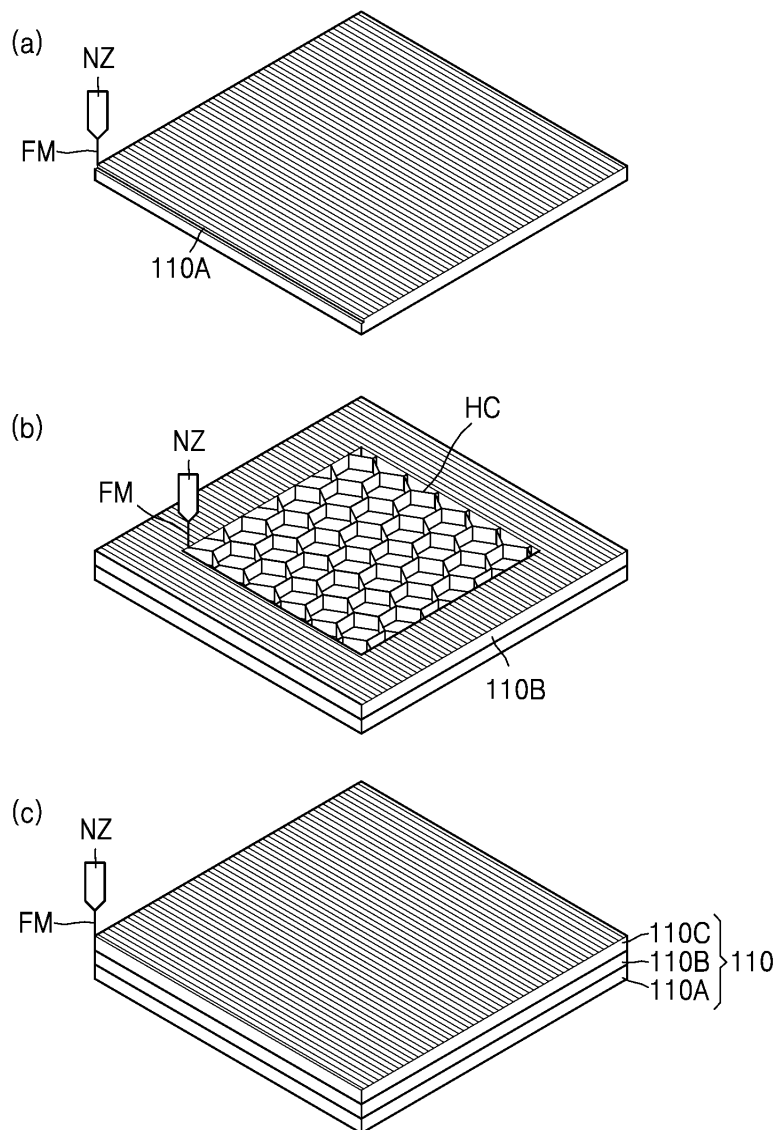
도면7



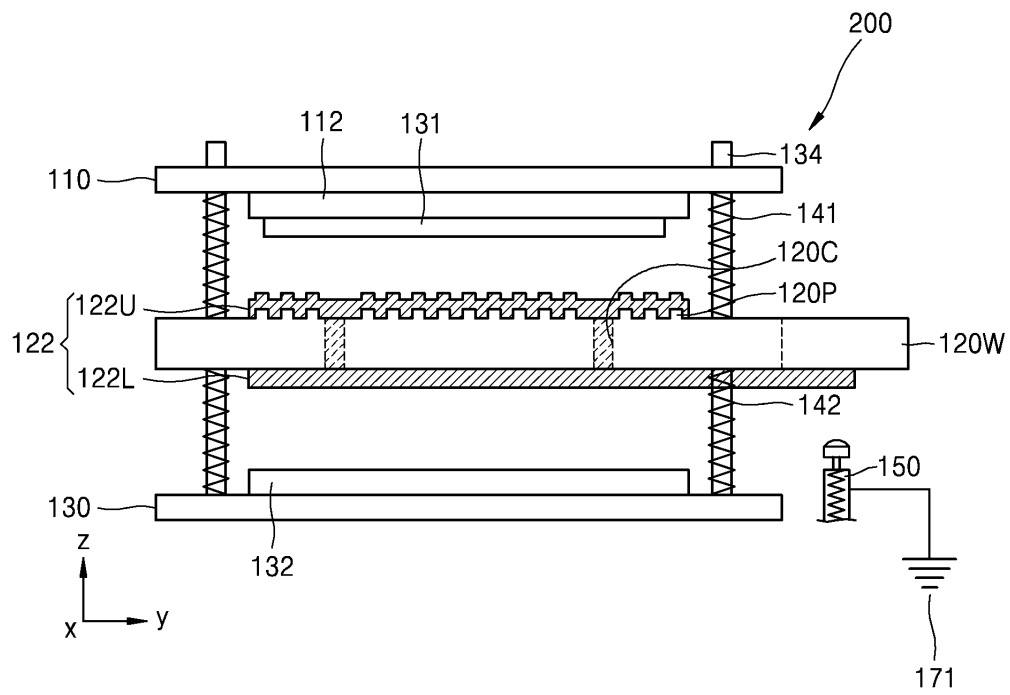
도면8



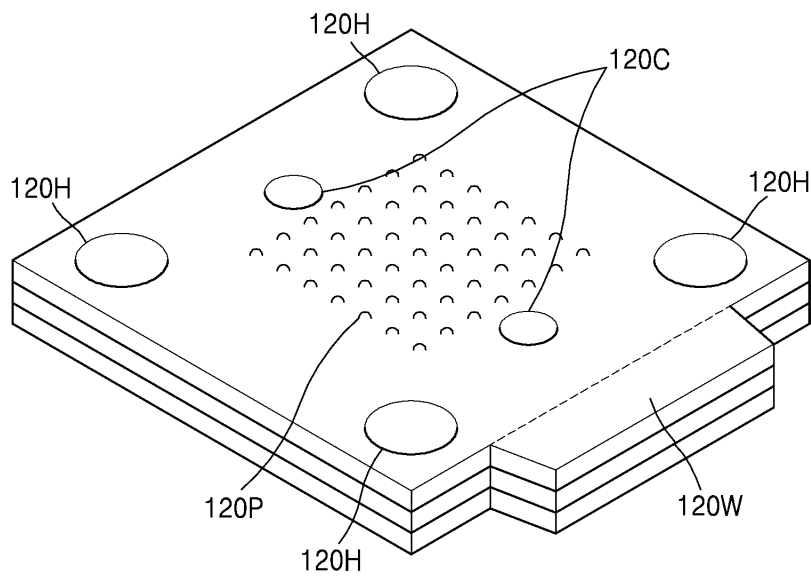
도면9



도면10



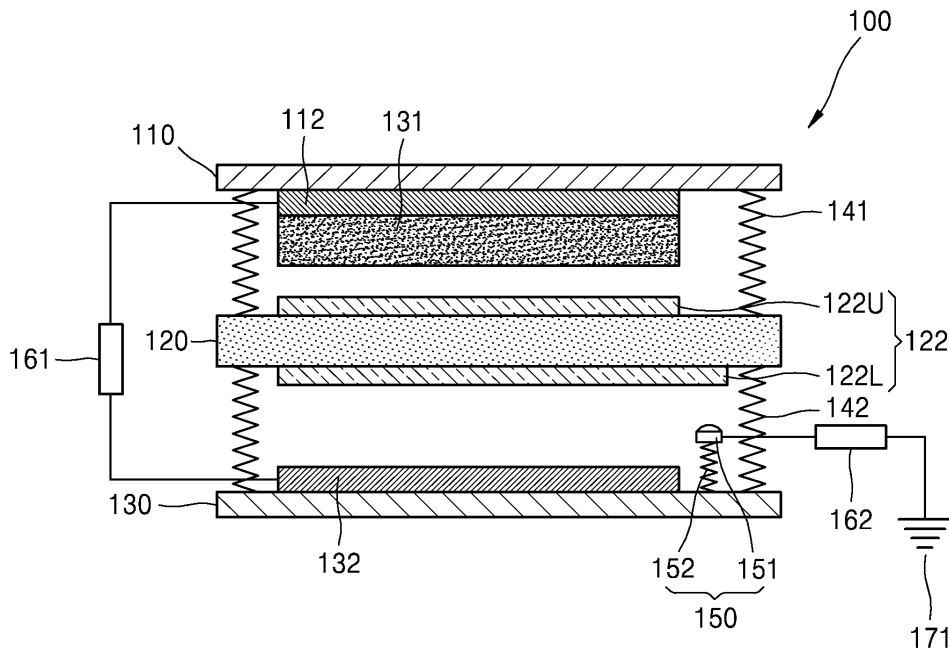
도면11



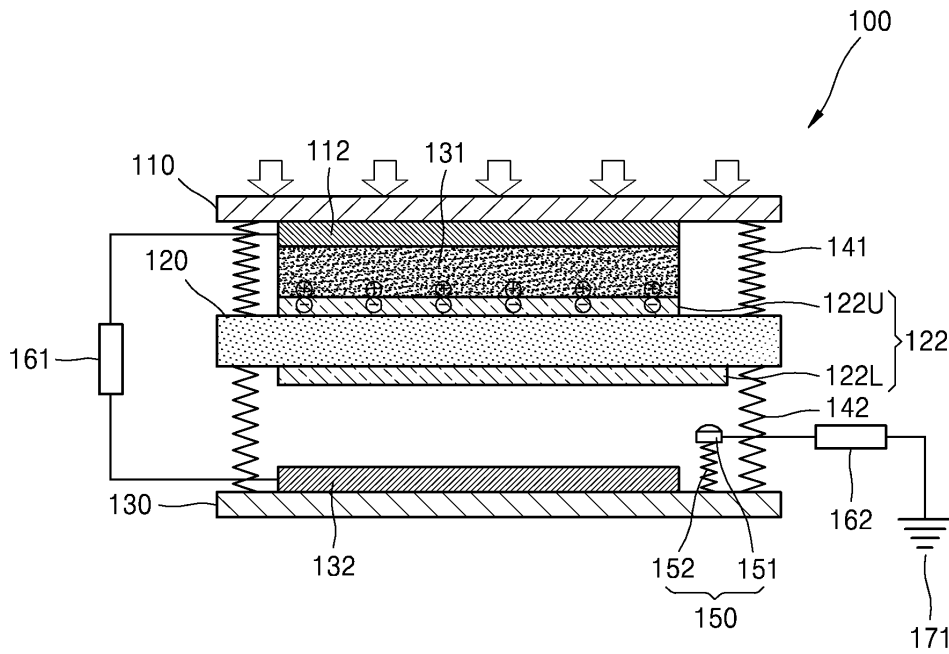
도면12

양(Positive) ↑	폴리폼알데하이드 1.3-1.4 (polyformaldehyde 1.3-1.4)	음(Negative) ↓
	에틸셀룰로오스 (ethylcellulose)	
	폴리아미드 11 (polyamide 11)	
	폴리아미드 6-6 (polyamide 6-6)	
	멜라민 폼올 (melamine formol)	
	양모 (wool)	
	실크 (silk)	
	알루미늄 (Aluminum)	
	종이 (paper)	
	면 (cotton)	
	스틸 (steel)	
	나무 (wood)	
	경질 고무 (hard rubber)	
	니켈, 구리 (Nickel, Copper)	
	황 (Sulfur)	
	황동, 은 (Brass, Silver)	
	아세테이트, 레이온 (Acetate, Rayon)	
	폴리메틸 메타크릴레이트 (polymethyl methacrylate)	
	폴리비닐알코올 (polyvinyl alcohol)	
	폴리에스테르 (polyester)	
	폴리아소부틸렌 (polyisobutylene)	
	폴리우레탄 (polyurethane)	
	폴리에틸렌 테레프탈라이트 (polyethylene terephthalate)	
	폴리비닐 부티랄 (polyvinyl butyral)	
	폴리클로로부타디엔 (polychlorobutadiene)	
	자연 고무 (natural rubber)	
	폴리아크릴로니트릴 (polyacrylonitrile)	
	염화 아크릴로니트릴-비닐 (acrylonitrile-vinyl chloride)	
	폴리탄산비스페놀 (polybisphenol carbonate)	
	폴리클로로에테르 (polychloroether)	
	폴리염화비닐리덴 (polyvinylidene chloride (Saran))	
	폴리스타이렌 (polystyrene)	
	폴리에틸렌 (polyethylene)	
	폴리프로필렌 (polypropylene)	
	폴리이미드 (polyimide)	
	폴리염화 비닐 (polyvinyl chloride (PVC))	
	폴리디메틸실록산 (polydimethylsiloxane (PDMS))	
	폴리테트라플루오로에틸렌 (polytetrafluoroethylene (Teflon))	

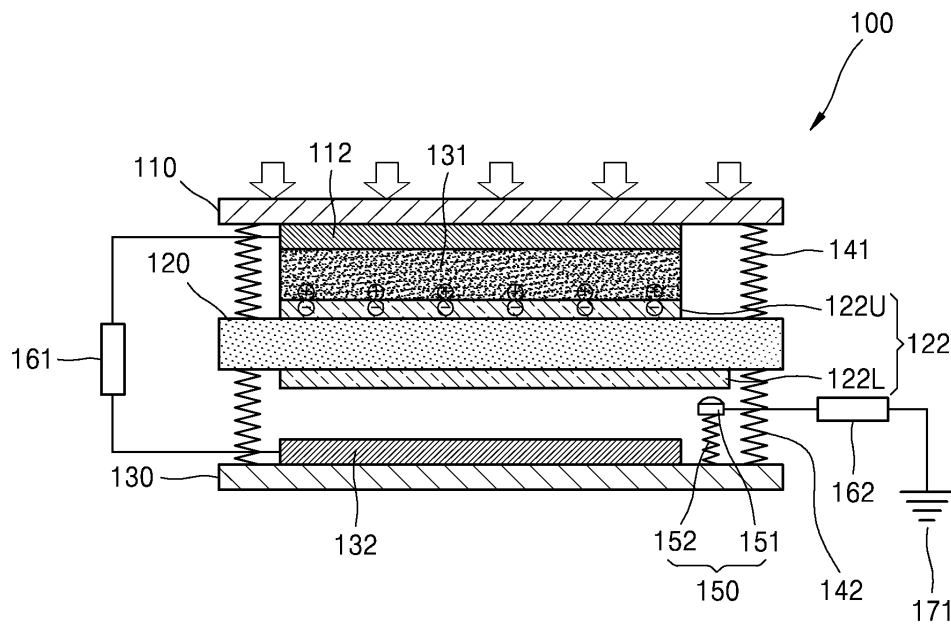
도면13a



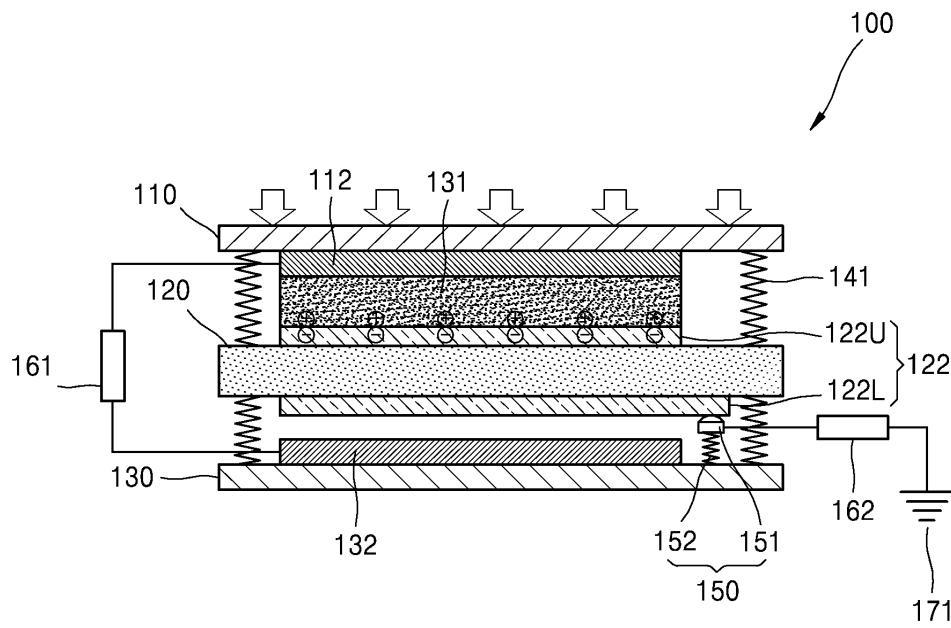
도면13b



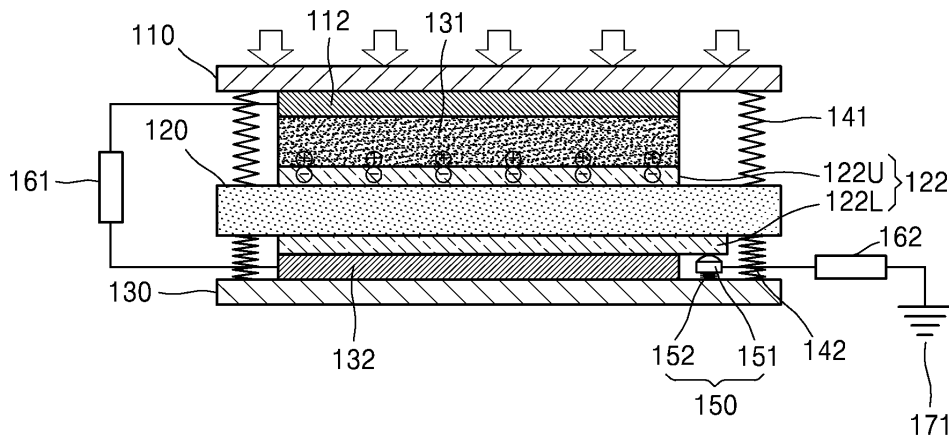
도면13c



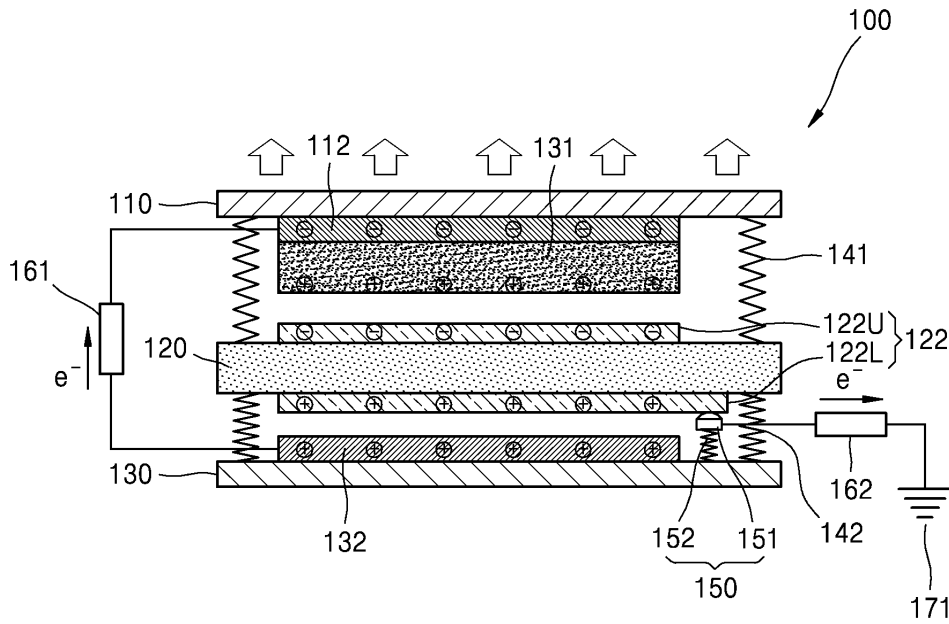
도면13d



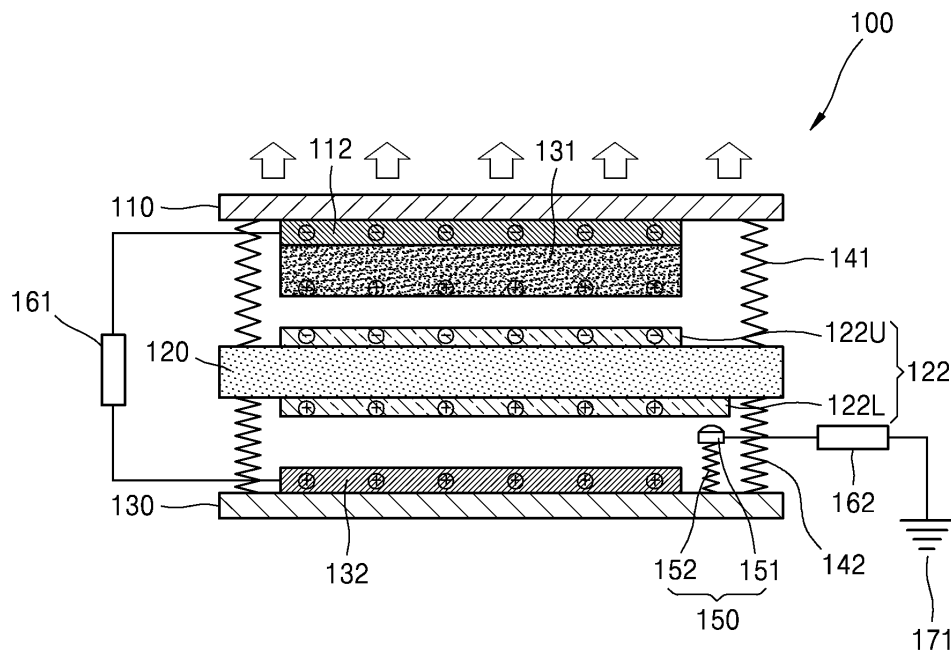
도면13e



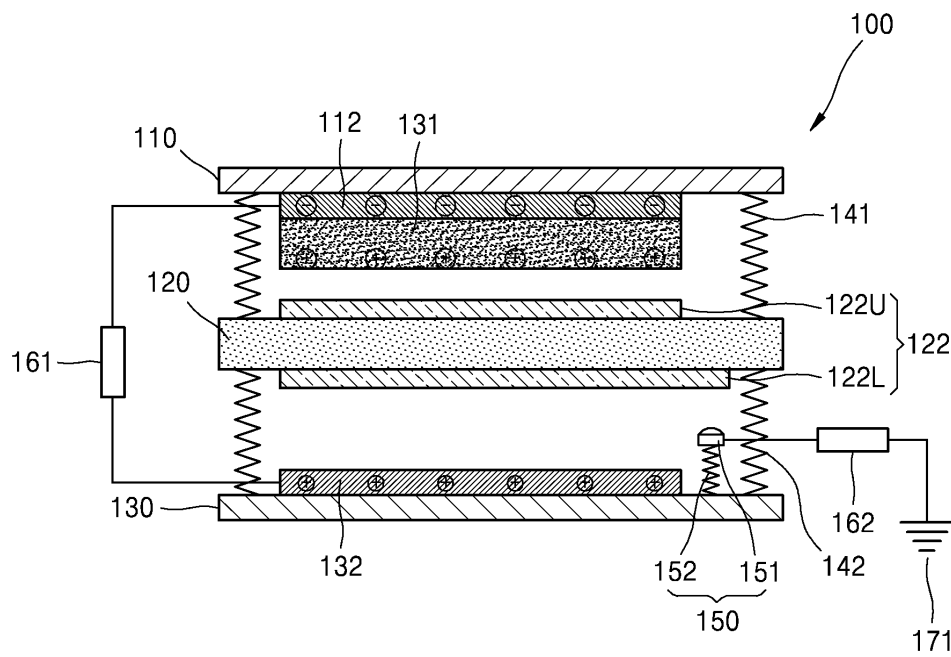
도면13f



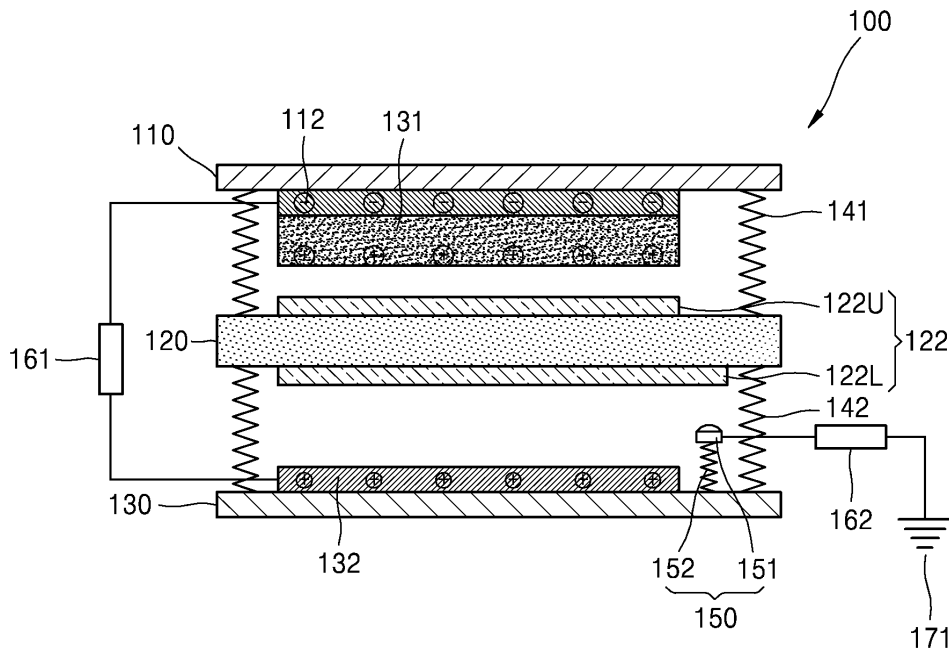
도면13g



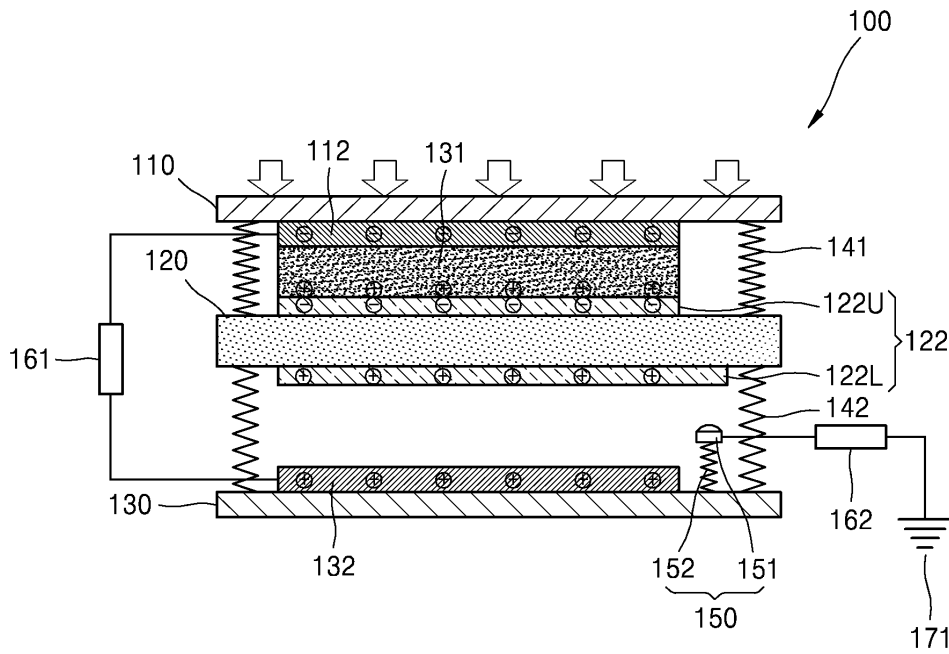
도면 13h



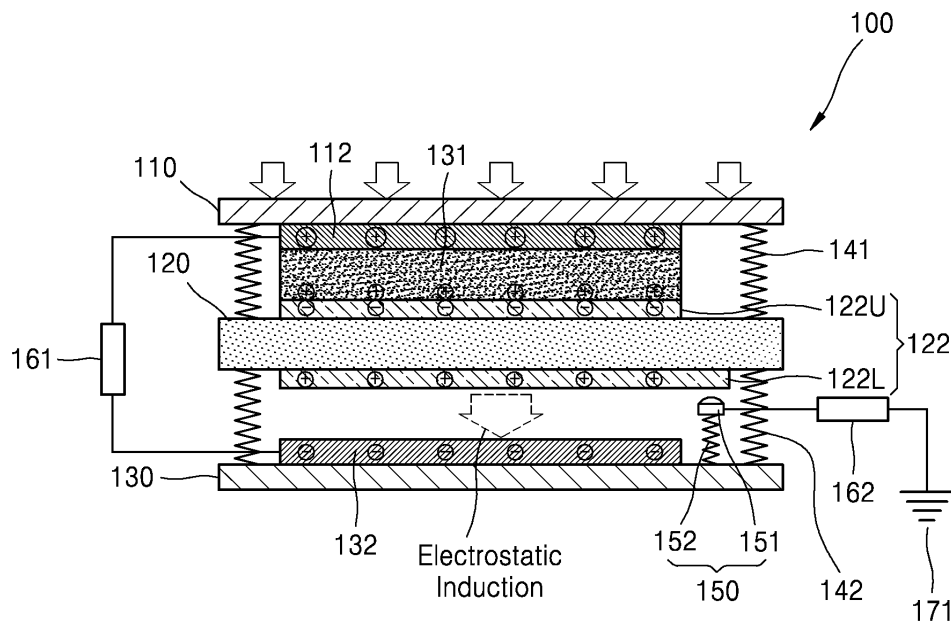
도면14a



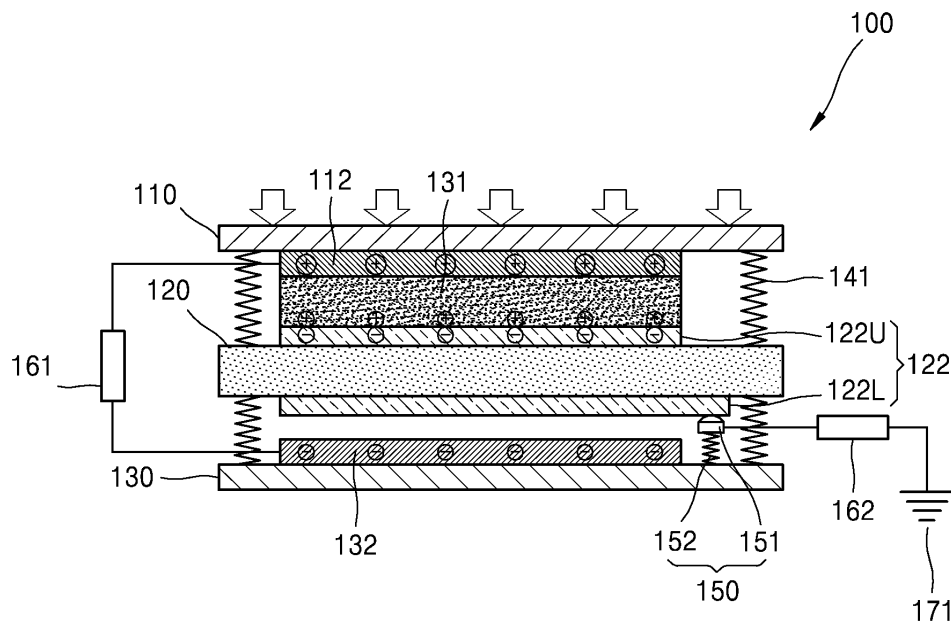
도면14b



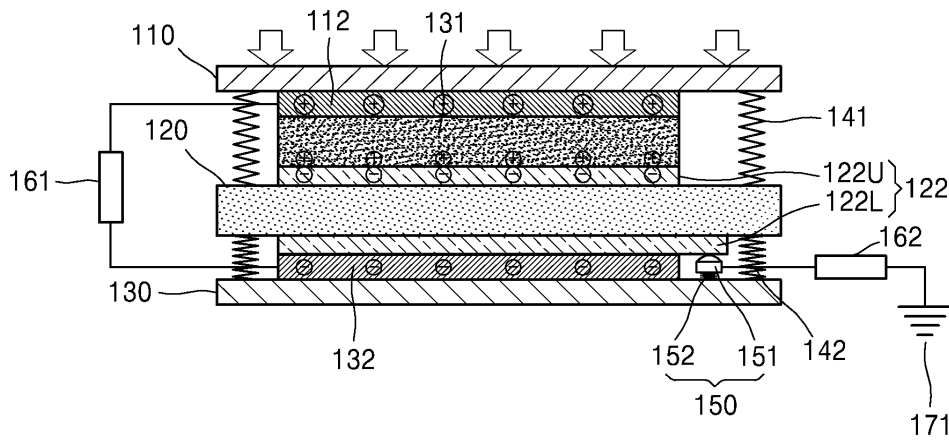
도면14c



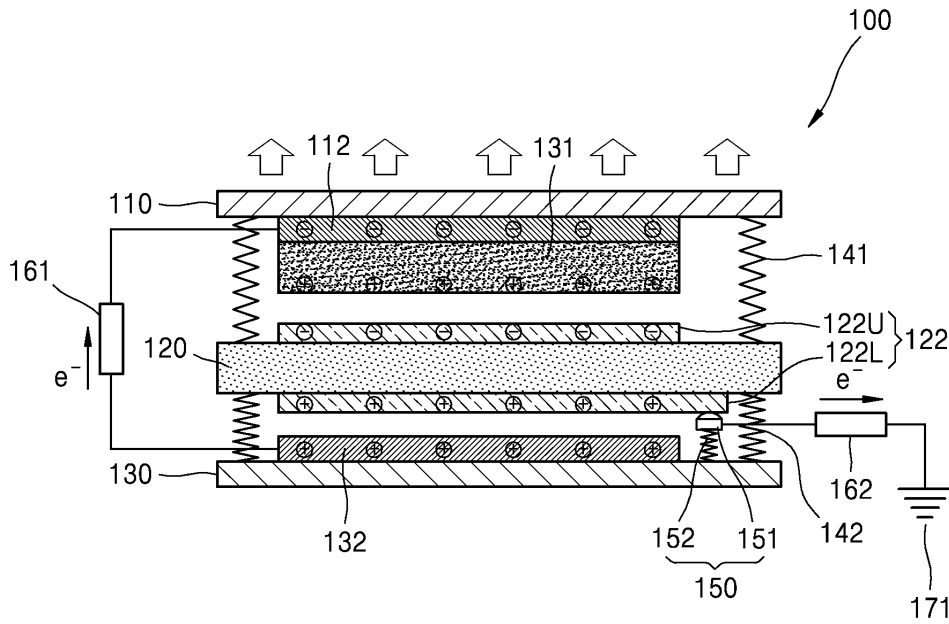
도면14d



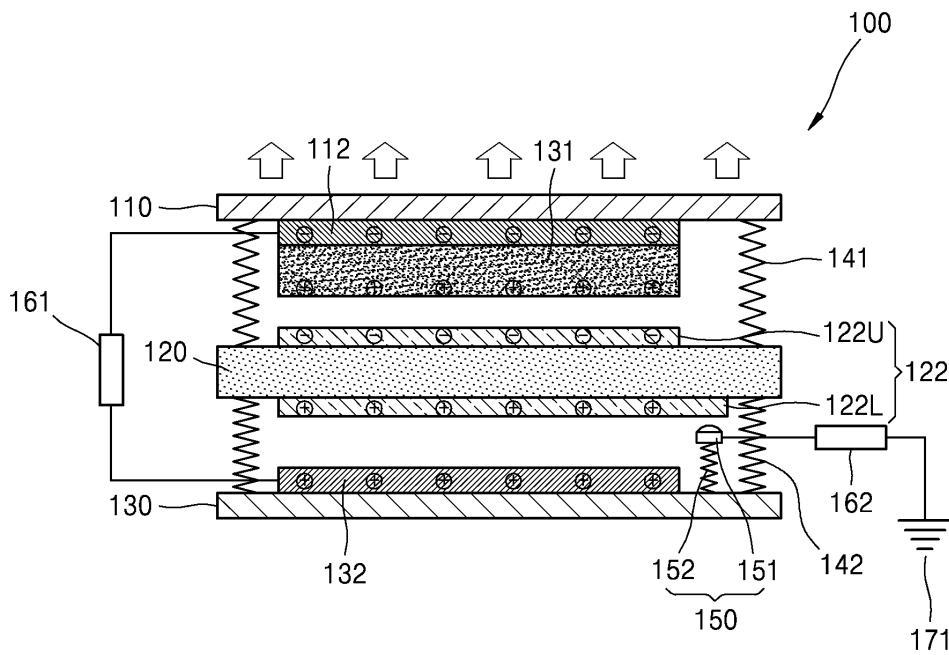
도면14e



도면14f



도면14g



도면14h

