(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월05일
(11) 등록번호 10-2119785
(24) 등록일자 2020년06월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0159040
(22) 출원일자 2018년12월11일
심사청구일자 2018년12월11일
(56) 선행기술조사문헌
KR101538082 B1*
"A Motion- and Sound-Activated, 3D-Printed, Chalcogenide-Based Triboelectric Nanogenerator", Mehmet Kanik, Adv. Matter. 2015 (2015.02.26. 공개)*
KR1020180038317 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
백정민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이재원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

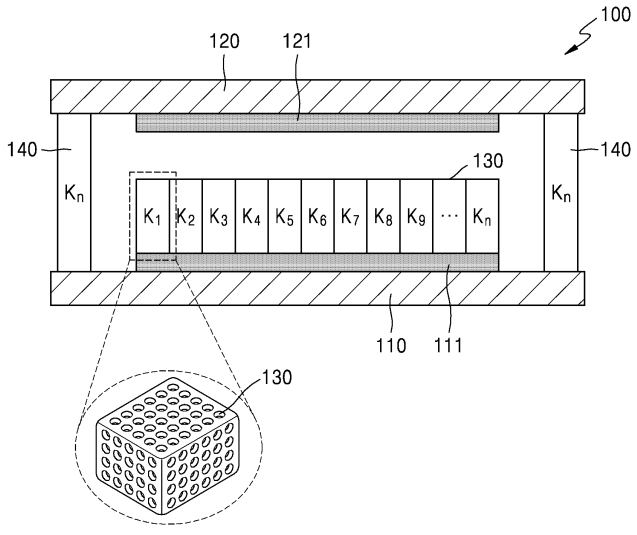
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 장성진

(54) 발명의 명칭 **변하는 복원력을 가지는 탄성체에 기반한 마찰대전 발전기**

(57) 요 약

본 발명은, 제1 전극과, 상기 제1 전극 상에 형성된 탄성체와, 상기 탄성체의 상부로부터 일정 거리만큼 이격된 제2 전극과, 및 상기 탄성체의 상부로부터 상기 제2 전극을 일정 거리만큼 이격시키도록 구성된 탄성 지지부를 포함하고, 상기 탄성체는, 상기 제1 전극의 면과 평행한 방향으로 변하는 복원력을 가지고, 외력이 가해진 뒤 해제될 때, 상기 변하는 복원력에 의하여, 상기 탄성체의 일 측이 복원되는 시간과 상기 탄성체의 다른 측이 복원되는 시간에 차이가 발생하도록 형성되는 마찰대전 소자를 제공한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자
이진표
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
양우정
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 전극;

상기 제1 전극 상에 형성된 탄성체;

상기 탄성체의 상부로부터 일정 거리만큼 이격된 제2 전극; 및

상기 탄성체의 상부로부터 상기 제2 전극을 일정 거리만큼 이격시키도록 구성된 탄성 지지부;를 포함하고,

상기 탄성체는, 상기 제1 전극의 면과 평행한 방향으로 변하는 복원력을 가지고,

외력이 가해진 뒤 해제될 때, 상기 변하는 복원력에 의하여, 상기 탄성체의 일 측이 복원되는 시간과 상기 탄성체의 다른 측이 복원되는 시간에 차이가 발생하도록 형성되고,

상기 변하는 복원력은, 상기 탄성체의 공극률 또는 경도의 차이에 의하여 형성되고,

상기 탄성체는, 복수의 폴리머 기둥들의 어레이로 이루어지고,

상기 복수의 폴리머 기둥들 각각의 공극률은, 서로 다른 값을 가지며, 단조적으로 변하는 마찰대전 소자.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄성체는, PDMS(Polydimethylsiloxane), 폴리우레탄(PU; Polyurethane), 폴리스티렌(PS; Polystyrene) 중 적어도 하나를 포함하고, 복수의 기공(pore)을 포함하는 스펀지 구조로 형성되는 마찰대전 소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 탄성체의 상기 공극률 또는 경도의 차이는, 상기 복수의 기공(pore)의 크기 또는 간격의 변화에 의하여 형성되는 마찰대전 소자.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 탄성체는, 상기 기공의 크기에 따라 외력에 의해 발생하는 전류 또는 전압의 차이가 발생하는 마찰대전 소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 탄성체의 공극률 또는 경도는, 단조적으로 변하는 마찰대전 소자.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제2 전극은, 복수의 전극 기둥들의 어레이로 이루어지고,

상기 복수의 전극 기둥들은, 단조적으로 변하는 서로 다른 높이를 가지는 마찰대전 소자.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 마찰대전 소자에 외력이 가해질 때, 상기 복수의 전극 기둥들이 시간 차이를 가지고 순차적으로 상기 탄성체에 접촉되는 마찰대전 소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 마찰대전 발전기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 변하는 복원력을 가지는 탄성체에 기반한 마찰대전 발전기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 에너지로 인한 환경 오염 문제와 기존의 화석 연료 고갈 문제 등으로 인해, 친환경 대체 에너지에 관한 연구가 많이 이루어지고 있으며, 그 중에서도 에너지 하베스팅(Energy harvesting)이 많은 관심을 받고 있다. 에너지 하베스팅 기술은, 자연에서 버려지는 에너지를 유용한 전기 에너지로 변환하여 이용하는 기술로, 예를 들면, 주변에 존재하는 태양광, 온도 변화 등을 에너지원으로 이용하거나, 바람, 진동, 인간의 움직임으로부터 발생되는 기계적 에너지 등을 이용하여 전기를 생산하는 기술이다. 이러한 에너지 하베스팅 기술은 소형 전자기기에 전원을 공급하기 위한 방법으로 제시되고 있다.

[0003] 소형 에너지 하베스팅 방법에는 태양광을 이용한 태양발전, 기계적인 에너지를 이용한 압전발전 및 정전발전, 기계적인 운동과 전자기적 현상을 이용한 발전 및 용량성(capacitive) 발전, 폐열을 이용한 열전발전 등이 있다. 각각의 방법은 장단점을 가지고 있으며 주어진 자연환경에 적합한 방법이 선택되어 적용될 수 있다.

[0004] 예를 들면, 태양발전의 경우 에너지량은 크지만 흐린 날이나 실내에서는 사용할 수 없는 단점이 있으며, 열전(thermoelectric) 재료를 이용한 에너지 하베스팅 방식은 에너지 하베스팅 장치의 안과 밖의 온도 차가 커야만 효과를 볼 수 있다는 단점이 있다.

[0005] 이에 반해, 마찰전기(triboelectricity)에 기반한 에너지 하베스팅의 경우, 열, 태양 등 다른 미소에너지 생산 방식에 비해 시간적, 공간적 제약이 없다는 장점이 있다. 구체적으로, 마찰대전 발전 방식은, 기후에 관계없이 실내외의 기계진동을 이용할 수 있으며, 풍력, 파도, 인간의 움직임, 자동차의 엔진 등 주변의 모든 기계적 에너지를 전기 에너지로 변환할 수 있는 장점으로 인해 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 또한 마찰대전 발전 방식은, 다른 미소 에너지 생산 방식 보다 에너지 변환 효율이 높아서 작은 기계적 힘에 의해서도 높은 출력을 얻을 수 있다.

[0006] 마찰대전 발전 방식은, 두 대전체의 마찰 시 나타나는 물질 간 전하 이동 현상에 의한 것으로, 대부분의 물질에서 정전기 효과를 볼 수 있기 때문에 물질적인 제한 없이 기존의 압전 소자보다 더 높은 출력을 예상할 수 있다. 특히 물질 내부의 변형(strain)에 의해 에너지를 생산하는 방식인, 기존의 압전(piezoelectric) 소재를 이용한 에너지 하베스팅 방식과 달리, 마찰대전 발전 방식은, 피로도(fatigue)현상이 없어 지속적인 에너지 생산에도 매우 유리하다.

[0007] 일반적으로 서로 다른 두 물체가 접촉을 하게 되면 각각의 물질에서 전하들이 편극 되어 전하가 상대를 향하여 병행하는 전기 이중 층을 형성하게 된다. 그 후 두 물체가 분리되면, 전기 이중 층의 전하 분리가 일어나, 두 물체에는 각각 극성이 다른 전하가 발생되는데, 마찰대전 발전 방식은 이러한 현상을 이용하는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 상술한 바와 같은 마찰대전 발전기는 교류 마찰전기를 생성할 수 있다. 전원 공급을 위해서는, 생성된 교류를 직류로 변환시키는 정류 과정이 요구된다. 그런데, 기존의 마찰대전 발전기가 생성하는 교류 전류의 펄스 폭

(pulse width)은 상당히 좁고 제한적인 단점이 있어, 지속적인 에너지 발전(generating)에 제약이 있다. 따라서 이러한 마찰대전을 이용한 나노발전기는 순간적인 출력을 이용한 발전으로 인해 구동횟수가 많이 필요하여, 나노발전기의 활용에 제약이 존재하는 실정이다. 따라서, 지속적인 에너지 발전(generating)을 위하여, 마찰대전 발전기(또는 나노발전기)에서 발생되는 교류 마찰전기의 펄스 폭을 증가시키기 위한 방안이 요구된다. 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 마찰대전 발전 소자의 마찰 시간을 증가시킴으로써 출력 시간을 향상시킬 수 있는 마찰대전 발전기를 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자는, 제1 전극; 상기 제1 전극 상에 형성된 탄성체; 상기 탄성체의 상부로부터 일정 거리만큼 이격된 제2 전극; 및 상기 탄성체의 상부로부터 상기 제2 전극을 일정 거리만큼 이격시키도록 구성된 탄성 지지부;를 포함하고, 상기 탄성체는, 상기 제1 전극의 면과 평행한 방향으로 변하는 복원력을 가지고, 외력이 가해진 뒤 해제될 때, 상기 변하는 복원력에 의하여, 상기 탄성체의 일 측이 복원되는 시간과 상기 탄성체의 다른 측이 복원되는 시간에 차이가 발생하도록 형성될 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따르면, 상기 변하는 복원력은, 상기 탄성체의 공극률 또는 경도의 차이에 의하여 형성될 수 있다.

[0011] 일 실시예에 따르면, 상기 탄성체는, PDMS(Polydimethylsiloxane), 폴리우레탄(PU; Polyurethane), 폴리스티렌(PS; Polystyrene) 중 적어도 하나를 포함하고, 복수의 기공(pore)을 포함하는 스펀지 구조로 형성될 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따르면, 상기 탄성체의 상기 공극률 또는 경도의 차이는, 상기 복수의 기공(pore)의 크기 또는 간격의 변화에 의하여 형성될 수 있다.

[0013] 일 실시예에 따르면, 상기 탄성체는, 상기 기공의 크기에 따라 외력에 의해 발생하는 전류 또는 전압의 차이가 발생할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따르면, 상기 탄성체의 공극률 또는 경도는, 단조적으로 변할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따르면, 상기 탄성체는, 복수의 폴리머 기둥들의 어레이로 이루어지고, 상기 복수의 폴리머 기둥들 각각의 공극률은, 서로 다른 값을 가지며, 단조적으로 변할 수 있다.

[0016] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

[0017] 상술한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 마찰대전 발전기의 마찰 시간을 늘림으로써 교류 전류의 출력 시간을 증대시킬 수 있고, 출전 효율이 증대될 있다.

[0018] 또한, 이로 인해 지속적인 에너지 발전을 실현할 수 있어, 마찰대전 발전을 이용한 효율적인 배터리 충전을 실현할 수 있다.

[0019] 물론 이러한 효과들에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자를 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자를 개략적으로 도시한 단면도 및 탄성체의 구조를 개략적으로 도시한 평면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전류 또는 전압의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전력의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 마찰대전 소자의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.

도 7은 도 6의 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전류 또는 전압의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 8은 도 6의 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전력의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고, 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 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.

[0022] 본 명세서에서 사용되는 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0023] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0024] 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.

[0025] 이하의 실시예에서, '위', '아래', '상면', '하면', '상부', '하부' 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소와 다른 구성 요소의 상대적 위치 관계를 지시하는 것이다.

[0026] 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.

[0027] 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. 예를 들어, 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대 또는 축소하여 나타내었다.

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 실질적으로 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자를 개략적으로 도시한 단면도 및 스펀지 구조를 개략적으로 도시한 평면도이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자(100)는 제1 기판(110), 제1 전극(111), 제1 전극(111) 상에 형성된 탄성체(130)(elastic body), 제2 전극(121), 제2 기판(120), 탄성 지지부(140)(또는 스페이서)를 포함한다.

[0031] 제1 기판(110) 및 제2 기판(120)은 서로 일정한 간격으로 이격되도록 배치된다. 제1 기판(110) 및 제2 기판(120)은 평탄한 구조를 가질 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 제1 및 제2 기판(110, 120)은 예를 들어, 실리콘 웨이퍼 또는 글라스 등과 같은 단단한 재질을 포함할 수 있지만, 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 물질을 포함할 수 있다. 예를 들면, 제1 및 제2 기판(110, 120)은 폴리에스테르(PET; polyester), 폴리에테르설폰(PES; Polyethersulfone), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN; polyethylene naphthalate), 또는 캡톤(Kapton) 등과 같은 유연한 재질을 포함할 수도 있다.

[0032] 제1 기판(110)과 제2 기판(120)은 서로 대향하도록 배치된다. 제1 기판(110)의 제2 기판(120)과 대향하는 면과 접촉하도록 제1 전극(111)이 배치되며, 제2 기판(120)의 제1 기판(110)과 대향하는 면과 접촉하도록 제2 전극(121)이 배치된다. 제1 및 제2 전극(111, 121)은 전기전도성이 우수한 물질을 포함할 수 있다. 예를 들면, 제1 및 제2 전극(111, 121)은 그래핀(graphene), 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT), ITO(Indium Tin Oxide), 금속, 및 전도성 폴리머로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나의 물질을 포함할 수 있다. 여기서, 금속은 예를 들면, Ag, Al, Cu, Au, Ni, Cr 및 Pt으로 이루어진 그룹에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니다. 이러한 제1 및 제2 전극(111, 121)은 단층 구조 또는 복수의 층 구조를 가질 수 있다.

[0033] 탄성체(130)는, 제1 전극(111) 상에 형성되어, 외부 자극이나 하중에 의해 마찰전기(triboelectrics)와 같은 전류 및 전압을 발생시킨다. 탄성체(130)는, 예를 들면, 스펀지(sponge) 구조의 고분자 폴리머일 수 있다. 스펀지 구조의 폴리머는 예를 들면, 복수의 기공(pore)을 포함하는 구조로 이루어질 수 있다. 상기 기공(pore)의 크기의 감소에 따라 출력 전압 및 전류는 증가할 수 있다.

[0034] 탄성체(130)는 PDMS(Polydimethylsiloxane), 폴리우레탄(PU; polyurethane), 폴리스티렌(PS; polystyrene) 중 적어도 하나를 포함하는 재질로 이루어질 수 있다. 다만 이에 한정되지 않으며, 다양한 실시예들에서, 탄성체(130)는, 유기 폴리머(organic polymer: PMMA, PET, PEEK, PS, PE, COC) 또는 무기 폴리머(inorganic polymer) 등으로 이루어진 재질의 그룹으로부터 선택될 수도 있다.

[0035] 탄성체(130)는 변하는 경도(hardness), 공극률(porosity), 또는 복원력(restoring force)을 가질 수 있다. 다시 말하면, 탄성체(130)의 경도 또는 공극률은, 제1 기판(110) 또는 제1 전극(111)에 평행한 방향으로 점점 변하는 값을 가질 수 있다.

[0036] 경도란, 외력에 의해서 탄성체(130)가 눌렸을 때, 탄성체(130)의 변형에 대한 저항력을 의미한다. 공극률(porosity)이란, 전체 부피에 대한 공극(air gap or pore)의 비율을 의미한다. 복원력이란, 외부로부터 힘이 작용하여 평행상태가 깨어졌을 때 다시 평형상태로 되돌아가려는 방향으로 작용하는 힘을 의미한다. 도 1을 참조하면, 탄성체(130)의 K1 내지 Kn은, 이러한 경도, 공극률, 또는 복원력을 나타내기 위한 파라미터일 수 있다. 예를 들면, K1 내지 Kn은, 탄성률(elastic modulus) 또는 스프링 상수(spring constant)를 나타낼 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 탄성체(130)는, 제1 기판(110) 또는 제1 전극(111)에 평행한 방향으로 단조적으로(monotonously) 변하는(예를 들면, 점점 증가하는) 경도 또는 공극률을 가진다. 예를 들면, 도 1에서 K1 내지 Kn의 크기는, K1 < K2 < K3 < ... < Kn을 만족할 수 있다. 이로 인해, 마찰대전 소자(100)에 압력이 가해졌다가 해제(release)되면, 탄성체(130) 중에서 경도 또는 공극률이 가장 큰 쪽(즉, Kn)이 가장 먼저 복원되고, 경도 또는 공극률이 가장 작은 쪽(즉, K1)이 가장 천천히 복원될 수 있다. 이렇게, 탄성체(130)의 복원되는 시간의 차이로 인해, 마찰대전 소자(100)의 마찰 시간이 증가되고, 발생되는 교류 전류의 펄스 폭이 증가될 수 있다.

[0038] 도 1에서 탄성체(130)는, 불연속적으로(discontinuously) 증가하는 K1 내지 Kn을 가질 수도 있다. 예를 들면, 탄성체(130)는, 서로 다른(즉, 불연속적으로 변하는) 경도 또는 공극률을 가지는 스펀지 기둥들의 어레이(array)(예: 폴리머 기둥들의 어레이)로 이루어질 수도 있다. 이 때, 서로 인접한 스펀지 기둥들의 경도의 차이는 일정할 수 있다. 다시 말하면, K1 내지 Kn의 기울기는 일정할 수 있다.

[0039] 제1 기판(110)과 제2 기판(120) 사이에는 적어도 하나의 탄성 지지부(140)(또는 스페이서)가 배치될 수 있다. 탄성 지지부(140)는 예를 들면 스프링 또는 스펀지 구조를 포함할 수 있다. 하지만 이에 한정되는 것은 아니며, 탄성 지지부(140)는 다양한 탄성 부재를 포함할 수 있다. 이러한 탄성 지지부(140)에 의해 제1 전극(111) 및 제2 전극(121)은 일정 거리를 유지하며 이격될 수 있다. 일 실시예에 따르면, 탄성 지지부(140)는, 스펀지 구조의 탄성체(130) 중에서 가장 큰 경도를 가지는 부분과 실질적으로 동일한 경도를 가질 수 있다. 예를 들어, 도 1을 참조하면, 탄성 지지부(140)의 경도를 나타내는 파라미터는 Kn을 만족할 수 있다. 다만 이는 한 실시예일뿐이며, 이에 한정되지 않는다.

[0040] 본 발명의 다양한 실시예들에 따르면, 마찰대전 소자(100)의 탄성체(130)는, 도 1과 같이 1차원적으로(즉, x축 방향으로)만 변하는 경도를 가질 수도 있지만, 도 2와 같이 2차원적으로(즉, x축 및 y축 방향으로) 변하는 경도를 가질 수도 있다. 도 2에 도시된 탄성체(130)는, 도 1의 탄성체(130)와는 다를 수 있다. 도 2는, 탄성체(130)를 상면에서 바라본 평면도를 나타낸다. 도 2를 참조하면, 탄성체(130)는, K11 < K12 < K13 < ... < K1m 및 K11 < K21 < K31 < ... < Kn1을 만족할 수 있다. 즉, K11은 가장 작은 경도(또는 공극률)를 나타낼 수 있고, Knm은 가장 큰 경도(또는 공극률)를 나타낼 수 있다. 다만 이에 한정되지 않는다.

[0041] 이 경우, 마찰대전 소자(100)에 압력이 가해졌다가 해제(release)되면, 스펀지 구조의 탄성체(130) 중에서 경도 또는 공극률이 가장 큰 꼭지점 부분(즉, Knm 부분)이 가장 먼저 복원되고, 경도 또는 공극률이 가장 작은 꼭지점 부분(즉, K11 부분)이 가장 천천히 복원될 수 있다. 이렇게, 스펀지 구조의 탄성체(130)의 복원되는 시간의 차이로 인해, 마찰대전 소자(100)의 마찰 시간이 증가되고, 발생되는 교류 전류의 펄스 폭이 증가될 수 있다.

[0042] 육면체에서 모서리보다 대각선의 길이가 더 길기 때문에, 도 1과 같이 탄성체(130)의 공극률이 모서리 방향(즉, x축 방향)으로 증가하는 경우보다 도 2와 같이 탄성체(130)의 공극률이 대각선 방향(즉, x축 및 y축 방향)으로 점점 증가하는 경우에, 탄성체(130) 내에서 공극률의 차이가 더 클 수 있다. 다시 말하면, 도 1에서 K1 부분이 복원되는 시간과 Kn 부분이 복원되는 시간의 차이보다, 도 2에서 K11 부분이 복원되는 시간과 Knm 부분이 복원

되는 시간의 차이가 더 클 수 있다. 따라서 일 실시예에 따르면, 도 1에 도시된 마찰대전 소자의 출력 시간 보다 도 2에 도시된 마찰대전 소자의 출력 시간이 더 클 수 있다.

[0043] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.

[0044] 도 3의 (a)는 마찰대전 소자(100)에 외력이 작용하지 않은 상태로, 탄성 지지부(140)에 의해 제1 전극(111) 및 탄성체(130)와 제2 전극(121)이 서로 이격되어 있다. 이 때, 탄성체(130)는 압축되지 않는다. 또한, 제1 전극(111)과 제2 전극(121)은 평행할 수 있다. 이 상태에서는 당연히 회로(미도시)에 전류가 흐르지 않는다.

[0045] 도 3의 (b)는, 마찰대전 소자(100)에 외력이 작용하여 제2 전극(121)과 탄성체(130)가 서로 접하며, 탄성체(130)는 압축될 수 있다. 예를 들어, 스펀지 구조인 탄성체(130)의 기공(pore)의 크기가 감소할 수 있다. 이 때, 탄성체(130) 내에서의 스프링 계수의 차이로 인해, 제2 전극(121) 및 제2 기판(120)이 기울 수 있다. 즉, 제1 전극(111)과 제2 전극(121)이 평행하지 않도록 탄성체(131)가 압축될 수 있다. 구체적으로, 탄성체(130) 중에서 스프링 계수가 작은 K1 쪽으로 제2 전극(121) 및 제2 기판(120)이 기울 수 있다. 외부 압력 또는 진동으로 인해 탄성체(130)가 압축되는 경우, 스프링 계수가 작은 K1 쪽이 스프링계수가 큰 Kn 쪽보다 더 압축될 수 있다.

[0046] 이 때, 마찰에 의해 마찰대전 소자(100)는 상기 회로에 전압 또는 전류 펄스를 발생시킬 수 있다.

[0047] 도 3의 (c) 및 (d)는, 탄성 지지부(140) 및 탄성체(130)의 복원력에 의해 제2 전극(121)과 탄성체(130)가 다시 이격(또는 릴리즈(release))되고 있는 상태를 나타낸다. 이 때, 탄성체(130)에서 단조적으로 변하는 복원력의 차이로 인해, 마찰대전 소자(100)가 복원되는 동안 마찰 시간이 증가되는 효과를 볼 수 있다. 구체적으로, 탄성체(130)에서 경도 또는 공극률이 작은 K1 부분의 복원 시간이, 경도 또는 공극률이 큰 Kn 부분의 복원 시간보다 길 수 있다. 따라서 도 3의 (b)와 도 3의 (c) 사이의 과정에서 발생되는 전류의 펄스 폭이 증가할 수 있다.

[0048] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전류 또는 전압의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0049] 도 4의 그래프의 세로축은, 마찰대전 소자에 의해 발생되는 교류 전류 또는 전압을 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 도 4의 그래프 (a)는, 일정한 경도(또는 공극률)를 가지는 탄성체를 포함하는 마찰대전 소자의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전류 또는 전압을 나타낸다. 도 4의 그래프 (b)는, 전극 면에 평행한 방향으로 변하는 경도(또는 공극률)를 가지는 탄성체(130)(예: 스펀지 구조의 폴리머)를 포함하는 마찰대전 소자(100)의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전류 또는 전압을 나타낸다. 변하는 경도를 가지는 탄성체(130)를 포함하는 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)의 경우, 그렇지 않은 마찰대전 소자 보다, 릴리즈 상황에서 전류 또는 전압의 반치폭(FWHM, full width at half maximum)이 증가하는 것을 볼 수 있다.

[0050] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전력의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0051] 도 5의 그래프의 세로축은, 마찰대전 소자에 의해 발생되는 전력(power, P = V (voltage) X I (current))를 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 도 5의 그래프 (a)는, 일정한 경도(또는 공극률)를 가지는 탄성체를 포함하는 마찰대전 소자의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전력을 나타낸다. 도 5의 그래프 (b)는, 전극 면에 평행한 방향으로 변하는 경도를 가지는 탄성체(130)를 포함하는 마찰대전 소자(100)의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전력을 나타낸다. 변하는 경도를 가지는 탄성체(130)를 포함하는 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)의 경우, 그렇지 않은 마찰대전 소자 보다 릴리즈 상황에서 발생하는 전력의 반치 폭(FWHM, full width at half maximum)이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)의 경우, 그렇지 않은 마찰대전 소자보다 전력을 시간에 따라 적분한 값인, 전기 에너지 또한 증가하는 것을 알 수 있다.

[0052] 이로 인하여, 마찰대전 소자(100)을 이용한 나노발전기의 펄스 폭(예를 들면, FWHM)이 증가되어 전력의 출력 시간을 늘릴 수 있어, 출전 효율이 증대될 수 있다.

[0053] 도 6은 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 마찰대전 소자의 동작을 설명하기 위한 개념도이다. 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 도 6에 도시된 마찰대전 소자(100)의 제2 전극(121)은, 어레이(array) 구조로 이루어질 수 있다. 제2 전극(121)은, 서로 다른 높이를 가지는 전극 기둥들로 이루어질 수 있다. 제2 전극(121)을 이루는 전극 기둥들은, 제2 기판(120)과 평행한 방향으로 단조적으로(monotonically) 증가하는 높이를 가질 수 있다.

[0054] 도 6의 (a)는 마찰대전 소자(100)에 외력이 작용하지 않은 상태로, 탄성 지지부(140)에 의해 탄성체(130)와 제2 전극(121)이 서로 이격되어 있다. 이 때, 탄성체(130)는 압축되지 않는다. 이 상태에서는 회로(미도시)에 전류

가 흐르지 않는다.

[0055] 도 6의 (b)는, 마찰대전 소자(100)에 외력이 작용하고 있는 상태로, 제2 전극(121)의 일부와 탄성체(130)의 일부 영역이 서로 접하며, 탄성체(130)의 상기 일부 영역이 압축될 수 있다. 즉, 어레이 구조의 제2 전극(121) 중에서, 가장 높은 전극 기둥부터 탄성체(130)와 접촉될 수 있다. 어레이 구조의 제2 전극(121)에서, 가장 높이가 높은 전극 기둥부터 높이가 낮은 전극 기둥까지 순차적으로 탄성체(130)와 접촉될 수 있다. 따라서 아직 완전히 압축되지 않은 상태에서는, 높이가 다른 어레이 구조의 제2 전극(121) 중에서 일부는 탄성체(130)와 접하고, 다른 일부는 탄성체(130)와 접하지 않을 수 있다.

[0056] 이 때, 스펀지 구조인 탄성체(130) 중 압축된 일부 영역의 기공(pore)의 크기가 감소할 수 있다. 이 때, 마찰에 의해 마찰대전 소자(100)는 상기 회로에 전압 또는 전류 펄스를 발생시킬 수 있다.

[0057] 이 때, 단조적으로 변하는 제2 전극(121) 어레이의 높이 차이로 인해, 마찰대전 소자(100)가 압축되는 동안 마찰 시간이 증가되는 효과를 볼 수 있다. 구체적으로, 따라서 압축 과정에서 발생되는 전류의 펄스 폭이 증가할 수 있다.

[0058] 도 6의 (c)는, 마찰대전 소자(100)가 완전히 압축(fully pressed)된 상태를 나타낸다. 완전히 압축된 상태에서는, 제2 전극(121)의 모든 전극 기둥들이 탄성체(130)와 접할 수 있다.

[0059] 도 6의 (d)는, 탄성 지지부(140) 및 탄성체(130)의 복원력에 의해 제2 전극(121)과 탄성체(130)가 다시 이격(또는 릴리즈(release))되고 있는 상태를 나타낸다. 이 때, 탄성체(130)에서 단조적으로 변하는 복원력의 차이로 인해, 마찰대전 소자(100)가 복원되는 동안 마찰 시간이 증가되는 효과를 볼 수 있다. 구체적으로, 탄성체(130)에서 경도 또는 공극률이 작은 K1 부분의 복원 시간이, 경도 또는 공극률이 큰 Kn 부분의 복원 시간보다 길 수 있다. 따라서 릴리즈 과정에서 발생되는 전류의 펄스 폭이 증가할 수 있다.

[0060] 도 7은 도 6의 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전류 또는 전압의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0061] 도 7의 그래프의 세로축은, 마찰대전 소자에 의해 발생되는 전류 또는 전압을 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 도 7의 그래프 (a)는, 일정한 경도(또는 공극률)를 가지는 탄성체 및 평평한 제2 전극을 포함하는 마찰대전 소자의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전류 또는 전압을 나타낸다. 도 7의 그래프 (b)는, 기판 면에 평행한 방향으로 변하는 경도(또는 공극률)를 가지는 탄성체(130)(예: 스펀지 구조의 폴리머) 및 변하는 높이를 가지는 제2 전극(121)을 포함하는 마찰대전 소자(100)의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전류 또는 전압을 나타낸다. 변하는 경도를 가지는 탄성체(130)와 변하는 높이의 제2 전극(121)을 포함하는 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)의 경우, 그렇지 않은 마찰대전 소자 보다, 압축 및 릴리즈 상황에서 전류 또는 전압의 반치 폭(FWHM, full width at half maximum)이 증가하는 것을 볼 수 있다.

[0062] 도 8은 도 6의 마찰대전 소자에 의해 생성되는 전력의 그래프를 개략적으로 도시한 도면이다.

[0063] 도 8의 그래프의 세로축은, 마찰대전 소자에 의해 발생되는 전력(power, P = V (voltage) X I (current))를 나타내고, 가로축은 시간을 나타낸다. 도 8의 그래프 (a)는, 일정한 경도(또는 공극률)를 가지는 탄성체 및 평평한 제2 전극을 포함하는 마찰대전 소자의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전력을 나타낸다. 도 8의 그래프 (b)는, 기판 면에 평행한 방향으로 변하는 경도를 가지는 탄성체(130) 및 변하는 높이를 가지는 제2 전극(121)을 포함하는 마찰대전 소자(100)의 압축 및 릴리즈에 의해 발생되는 전력을 나타낸다. 변하는 경도의 탄성체(130)와 변하는 높이의 제2 전극(121)를 포함하는 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)의 경우, 그렇지 않은 마찰대전 소자 보다 압축 및 릴리즈 상황에서 발생하는 전력의 반치 폭(FWHM, full width at half maximum)이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)의 경우, 그렇지 않은 마찰대전 소자 보다 전력을 시간에 따라 적분한 값인, 전기 에너지 또한 증가하는 것을 알 수 있다.

[0064] 따라서, 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)는, 변하는 경도의 탄성체(130)를 이용하여 릴리즈 상황에서의 마찰 시간을 증대시킬 수 있고, 이로 인해 릴리즈 상황에서의 전력(또는 전압, 전류)의 펄스 폭(예를 들면, FWHM)을 늘릴 수 있다.

[0065] 또한 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)는, 변하는 높이의 제2 전극(121)을 이용하여 압축 상황에서의 마찰 시간을 증대시킬 수 있고, 이로 인해 압축 상황에서의 전력(또는 전압, 전류)의 펄스 폭(예를 들면, FWHM)을 늘릴 수 있다.

[0066] 따라서, 본 발명에 따른 마찰대전 소자(100)는, 전력의 출력 시간을 늘릴 수 있어, 출전 효율이 증대될 수

있다.

[0067] 이와 같이 본 발명은 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 하여 설명하였으나, 이는 예시적인 것에 불과하며 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 실시예의 변형이 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0068] 100: 마찰대전 소자 110: 제1 기판

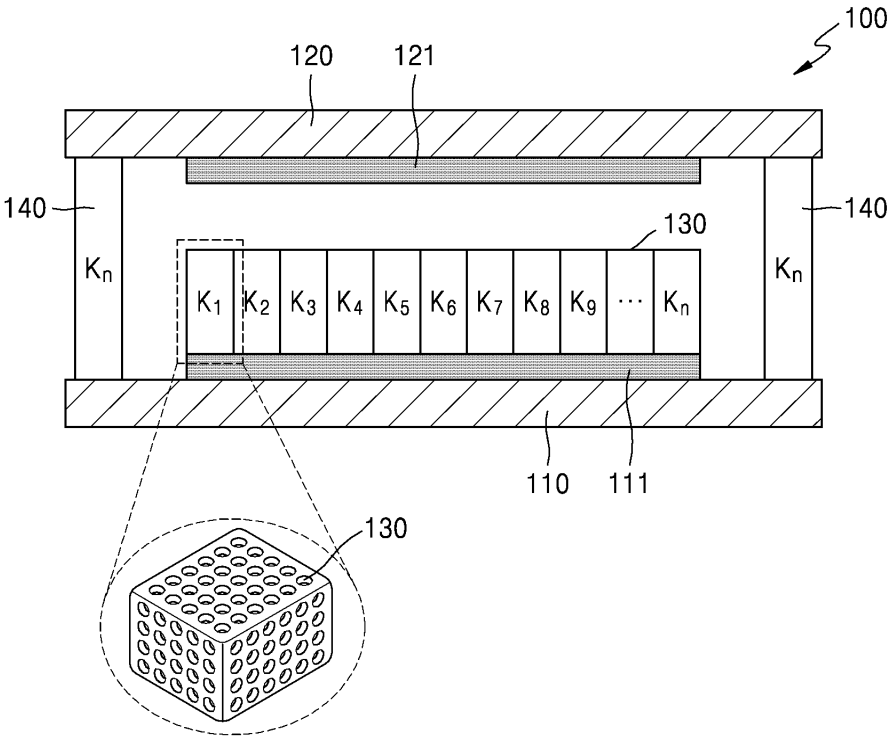
120: 제2 기판 111: 제1 전극

121: 제2 전극 130: 탄성체

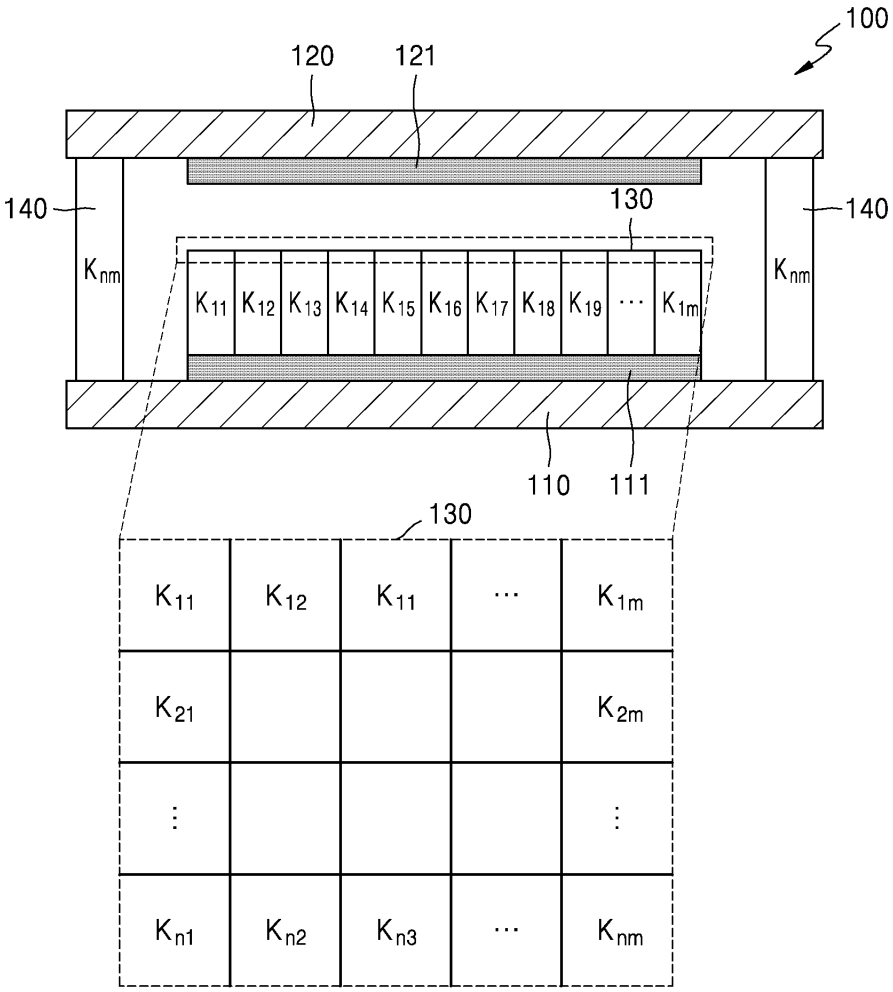
140: 탄성 지지부

도면

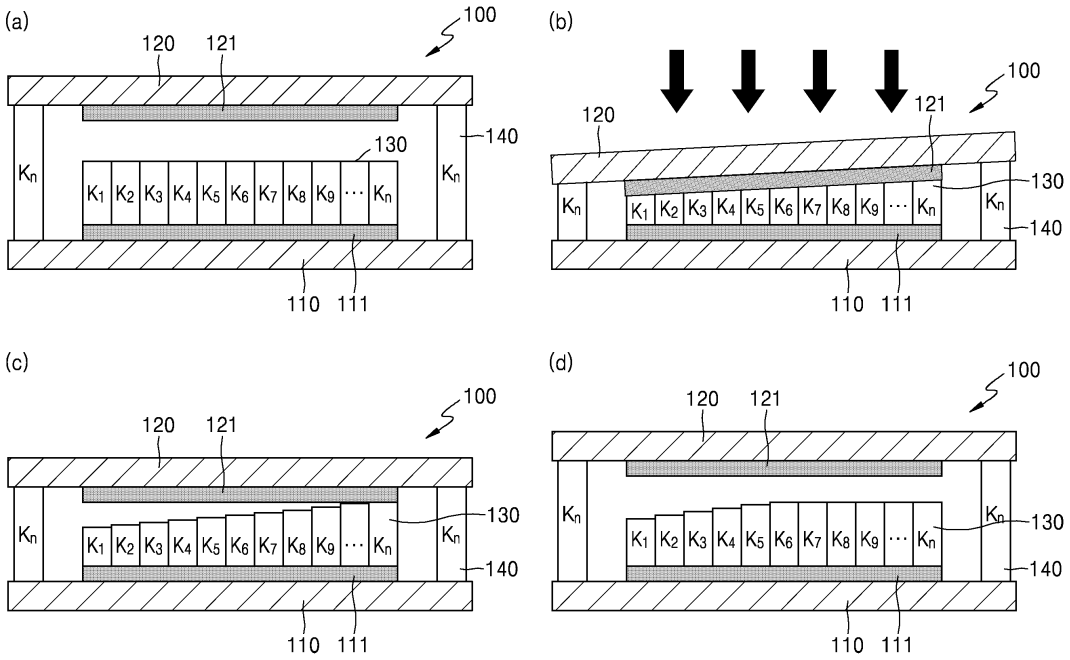
도면1



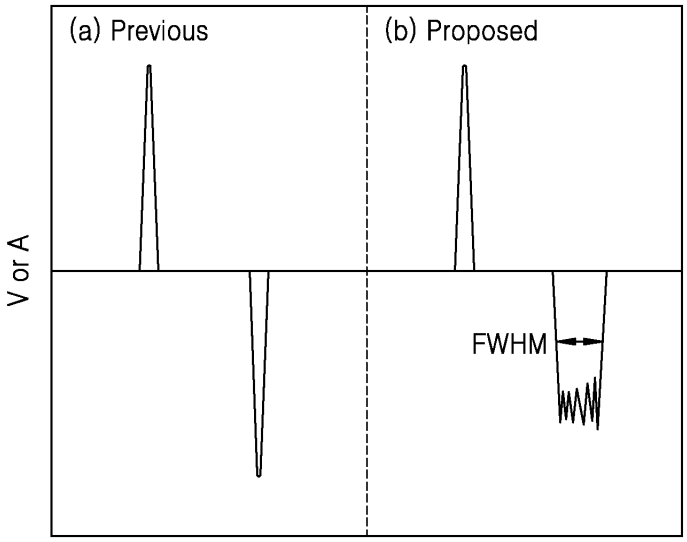
도면2


100
120
121
140
130
140
K_{nm}
K_{11} K_{12} K_{13} K_{14} K_{15} K_{16} K_{17} K_{18} K_{19} ⋯ K_{1m}
K_{nm}
110
111
130
K_{11} K_{12} K_{11} ⋯ K_{1m}
K_{21} K_{2m}
⋮ ⋮
K_{n1} K_{n2} K_{n3} ⋯ K_{nm}

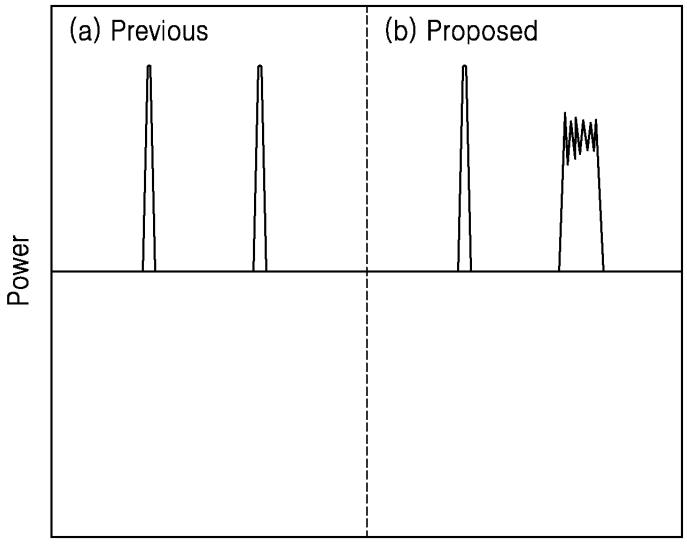
도면3


(a)
100
120
121
140
130
K_n
K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 K_9 ⋯ K_n
K_n
110
111
(b)
100
120
121
130
140
K_n
K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 K_9 ⋯ K_n
K_n
110
111
(c)
100
120
121
130
140
K_n
K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 K_9 ⋯ K_n
K_n
110
111
(d)
100
120
121
130
140
K_n
K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 K_9 ⋯ K_n
K_n
110
111

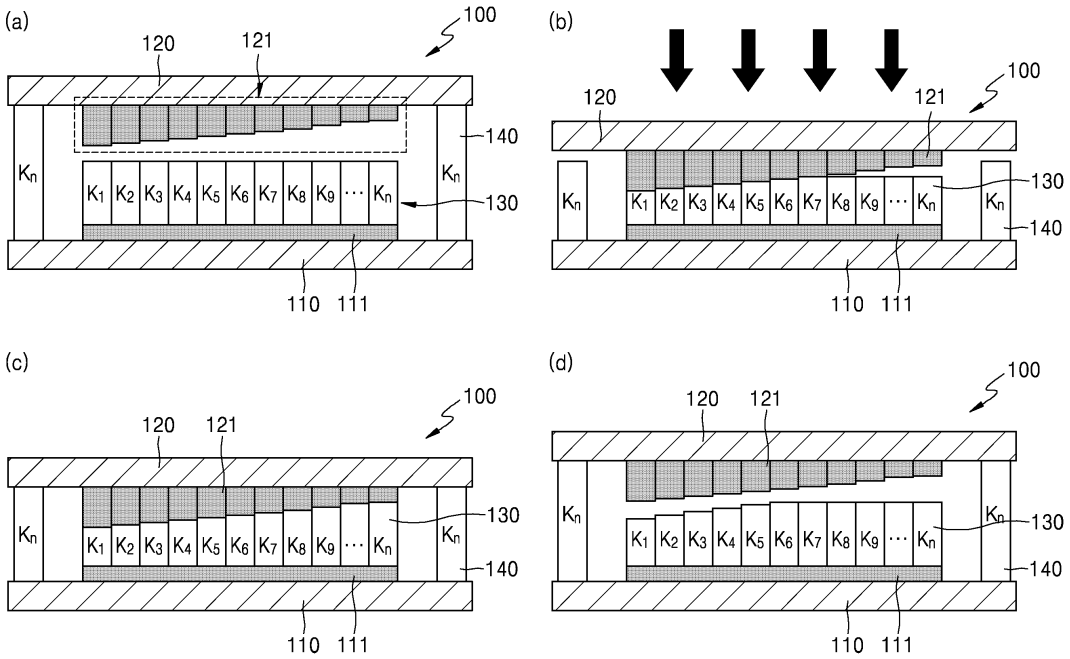
도면4



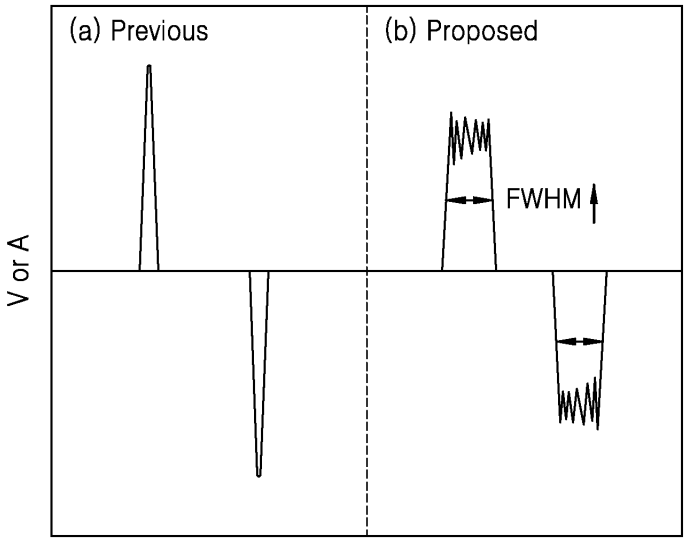
도면5



도면6


(a)
(b)
(c)
(d)
100
120
121
130
140
110
111
K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 K_9 ⋯ K_n
K_n

도면7


(a) Previous
(b) Proposed
FWHM
V or A

도면8

