(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0146830
(43) 공개일자 2023년10월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 2/18 (2006.01) *H02N 2/02* (2006.01)
H02N 3/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 2/18 (2013.01)
H02N 2/028 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0045741
(22) 출원일자 2022년04월13일
심사청구일자 2022년04월13일

(71) 출원인
영남대학교 산학협력단
경상북도 경산시 대학로 280 (대동)
(72) 발명자
류정호
대구광역시 수성구 교학로11길 46(만촌동)
최한승
경상북도 경산시 성암로21길 4-13(옥산동)
(74) 대리인
김정수

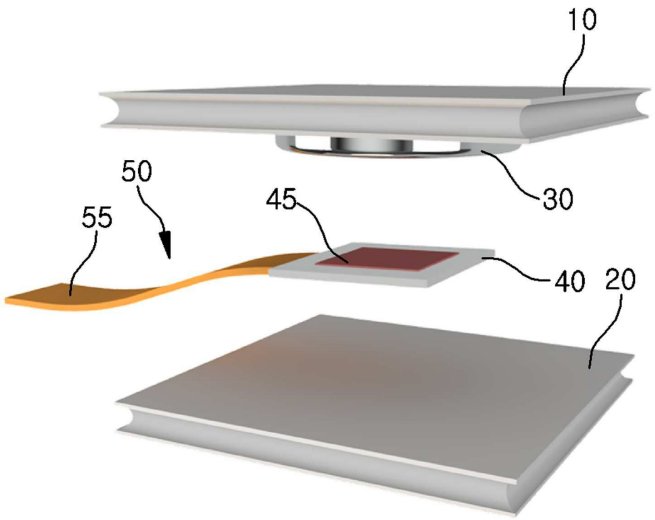
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터**

(57) 요 약

초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터가 개시된다. 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터는, 저온부, 저온부와 미리 설정된 간격을 두고 저온부의 상부에 배치되는 고온부, 고온부의 하부에 결합되는 영구자석(Permanent magnet), 고온부 및 저온부 사이에 배치되며, 상전이 온도 이하에서 자성을 가지고, 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하면 자성을 잃어버리는 연자석(Soft magnet), 연자석에 결합되며, 온도 변화를 전기 에너지로 변환하는 초전 소자(pyroelectric elements), 일단이 연자석과 결합되고, 타단이 고정되어, 연자석의 이동에 따라 변형되는 캔틸레버(cantilever) 및 캔틸레버에 형성되며, 변형에 따라 발전을 수행하는 압전 소자를 포함하되, 저온부는 상전이 온도보다 낮은 온도를 가지고, 고온부는 상전이 온도보다 높은 온도를 가진다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H02N 2/186 (2013.01)
H02N 3/00 (2013.01)
H10N 15/20 (2023.02)
H10N 30/80 (2023.02)
H10N 30/853 (2023.02)
Y10S 310/80 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711154752
과제번호	2013M3A6B1078874
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	글로벌프론티어지원(R&D)
연구과제명	하이브리드 인터페이스 원천기반공정 및 신기능 소재·부품 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(재) 하이브리드 인터페이스 기반미래소재연구단
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터에 있어서,

저온부;

상기 저온부와 미리 설정된 간격을 두고 상기 저온부의 상부에 배치되는 고온부;

상기 고온부의 하부에 결합되는 영구자석(Permanent magnet);

상기 고온부 및 상기 저온부 사이에 배치되며, 상전이 온도 이하에서 자성을 가지고, 상기 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하면 자성을 잃어버리는 연자석(Soft magnet);

상기 연자석에 결합되며, 온도 변화를 전기 에너지로 변환하는 초전 소자(pyroelectric elements);

일단이 상기 연자석과 결합되고, 타단이 고정되어, 상기 연자석의 이동에 따라 변형되는 캔틸레버(cantilever); 및

상기 캔틸레버에 형성되며, 상기 변형에 따라 발전을 수행하는 압전 소자를 포함하되,

상기 저온부는 상기 상전이 온도보다 낮은 온도를 가지고, 상기 고온부는 상기 상전이 온도보다 높은 온도를 가지는 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 연자석은,

상기 저온부에 접촉하면 상기 상전이 온도 이하로 온도가 하강하여 자성을 가지게 되어 상기 고온부에 결합되어 있는 상기 영구자석에 부착되고,

상기 영구자석에 부착됨에 따라 상기 고온부와 접촉하면 상기 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하여 자성이 사라져 상기 영구자석으로부터 분리되어 상기 저온부에 접촉함으로써, 상기 고온부 및 상기 저온부 사이에서 이동하는 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 초전 소자는 상기 연자석이 상기 고온부와 상기 저온부 사이에서 이동함에 따라 함께 이동하여 온도 변화가 발생되고, 상기 발생된 온도 변화를 이용하여 발전을 수행하는 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 연자석의 중심부에는 중공부가 형성되며, 상기 중공부에 상기 초전 소자가 결합되는 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 압전소자는 상기 저온부와 평행한 면에 대하여 상기 저온부 방향으로 경사지게 구비되는 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 고온부 및 상기 저온부는 각각 펠티어 소자(Peltier)의 발열부 및 흡열부인 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 초전 소자는 PMNZT($Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbZrTiO_3$) 단결정으로 형성되는 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 압전 소자는 PZT계 압전 세라믹 섬유로 이루어진 MFC(Macro Fiber Composite)로 형성되는 것을 특징으로 하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 에너지 하베스팅 기술은 버려지는 일상의 에너지원을 유용한 전기 에너지로 변환하는 기술이다. 이러한 에너지 하베스팅 기술은, 2020년 485백만 달러의 시장 규모에서 복합 연성장률 9.8%의 속도로 2025년에 775백만 달러까지 성장이 기대될 것으로 보고된 바 있다(Markets and Markets, 2020). 이와 동시에, 에너지 하베스팅 기술은 사물 인터넷(IoT) 기술이 접목된 건물, 전자제품, 산업, 교통, 보안 등의 다양한 분야에서 무선센서, 트랜스듀서(Transducer)의 구동을 위해, 전력관리 집적회로(Power management integrated circuit)를 통하여 구동용 이차전지(Secondary Batteries)의 보조전원 또는 대체전원 등에 활용이 가능하다고 보고되었다. 이는, 에너지 하베스팅 기술 분야의 적용성이 매우 다양하고, 원천기술 개발 시 파급 효과가 계속적으로 증가하고 있다는 것을 의미한다.

[0003] 특히, 4차 산업혁명, 사물 인터넷 및 데이터에 기반을 둔 스마트 시대의 도래와 함께, Covid-19 사태로 인한 향후 사물 인터넷 시장의 변동성이 증가하였으나, EU 등에서 차세대 산업으로 사물 인터넷 및 그린 에너지를 집중적이고 체계적으로 지원하고 있기 때문에, 사물 인터넷 및 에너지 하베스팅 분야의 시장이 향후 급속하게 팽창할 가능성이 높다고 전망된다.

[0004] 활용되지 못하고 버려지는 다양한 에너지원은 진동에너지, 열에너지, 풍력, 수력, 인체의 움직임, 빛에너지 등이 있으며, 각각의 에너지원은 각각의 고유한 방식을 통하여 에너지 하베스팅 될 수 있다.

[0005] 한편, 폐열은 가정, 산업, 인체 등의 주변에서 쉽게 생성되는 에너지원이다. 이러한 폐열은 대부분 섭씨 120도 미만의 저급 폐열로서, 활용하기 어렵다는 한계가 있다. 따라서, 이러한 저급 폐열을 전기 에너지로 변환하기

위한 다양한 에너지 하베스팅 기술이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허공보 제10-2012-0059037호(2012.06.08)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 캔틸레버(cantilever)에 형성된 압전 소자(piezoelectric elements)를 이용하여 온도차이에 의한 자석 간 상호작용을 이용한 캔틸레버의 변형을 통해 발전을 수행함과 동시에, 초전 소자(pyroelectric elements)를 이용하여 고온-저온의 온도변화에 의한 발전을 수행하는 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 측면에 따르면, 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터가 개시된다.

[0009] 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터는, 저온부, 상기 저온부와 미리 설정된 간격을 두고 상기 저온부의 상부에 배치되는 고온부, 상기 고온부의 하부에 결합되는 영구자석(Permanent magnet), 상기 고온부 및 상기 저온부 사이에 배치되며, 상전이 온도 이하에서 자성을 가지고, 상기 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하면 자성을 잃어버리는 연자석(Soft magnet), 상기 연자석에 결합되며, 온도 변화를 전기 에너지로 변환하는 초전 소자(pyroelectric elements), 일단이 상기 연자석과 결합되고, 타단이 고정되어, 상기 연자석의 이동에 따라 변형되는 캔틸레버(cantilever) 및 상기 캔틸레버에 형성되며, 상기 변형에 따라 발전을 수행하는 압전 소자를 포함하되, 상기 저온부는 상기 상전이 온도보다 낮은 온도를 가지고, 상기 고온부는 상기 상전이 온도보다 높은 온도를 가진다.

[0010] 상기 연자석은, 상기 저온부에 접촉하면 상기 상전이 온도 이하로 온도가 하강하여 자성을 가지게 되어 상기 고온부에 결합되어 있는 상기 영구자석과 자기적인 인력이 발생하여 상기 고온부에 결합되어 있는 영구자석으로 이동하여 부착되고, 상기 영구자석에 부착됨에 따라 상기 고온부와 접촉하면 상기 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하여 자성이 사라져 상기 영구자석으로부터 분리되어 상기 저온부에 접촉함으로써, 상기 고온부 및 상기 저온부 사이에서 이동한다.

[0011] 상기 초전 소자는 상기 연자석이 상기 고온부와 상기 저온부 사이에서 이동함에 따라 함께 이동하여 온도 변화가 발생되고, 상기 발생된 온도 변화를 이용하여 발전을 수행한다.

[0012] 상기 연자석의 중심부에는 중공부가 형성되며, 상기 중공부에 상기 초전 소자가 결합된다.

[0013] 상기 압전소자는 상기 저온부와 평행한 면에 대하여 상기 저온부 방향으로 경사지게 구비된다.

[0014] 상기 고온부 및 상기 저온부는 각각 펠티어 소자(Peltier)의 발열부 및 흡열부이다.

[0015] 상기 초전 소자는 PMNZT($Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbZrTiO_3$) 단결정으로 형성된다.

[0016] 상기 압전 소자는 PZT계 압전 세라믹 섬유로 이루어진 MFC(Macro Fiber Composite)로 형성된다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터는, 캔틸레버(cantilever)에 형성된 압전 소자를 이용하여 자석과 캔틸레버의 일단에 부착된 연자석 간 상호작용을 이용한 캔틸레버의 변형을 통해 발전을 수행함과 동시에, 연자석과 결합된 초전 소자(pyroelectric elements)를 이용한 온도변화로 발전을 수행함으로써, 작은 온도 구배에서 두 가지 방식의 발전을 수행하여 저급 폐열을 활용 가능한 전기 에너지로 변환할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터의 구성을 개략적으로 예시하여 나타낸 도면.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터의 작동 방법을 예시하여 나타낸 도면.

도 3 및 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터를 구현한 예를 나타낸 도면.

도 5 내지 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터를 최적화하기 위한 실험 결과를 나타낸 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0020] 이하, 본 발명의 다양한 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상술하겠다.

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터의 구성을 개략적으로 예시하여 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터의 작동 방법을 예시하여 나타낸 도면이고, 도 3 및 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터를 구현한 예를 나타낸 도면이다. 이하, 도 1을 중심으로, 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터에 대하여 설명하되, 도 2 내지 도 4를 참조하기로 한다.

[0022] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터는, 고온부(10), 저온부(20), 영구자석(Permanent magnet)(30), 연자석(Soft magnet)(40) 및 압전 소자(piezoelectric elements)(55)로 구성된 캔틸레버(cantilever)(50)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0023] 저온부(20) 및 고온부(10)는 열교환부의 역할을 수행한다. 저온부(20)는 캔틸레버(50) 일단에 부착된 연자석(40)의 상전이 온도보다 낮은 온도를 가지고, 고온부(10)는 상전이 온도보다 높은 온도를 가진다.

[0024] 예를 들어, 고온부(10) 및 저온부(20)는 각각 펠티어 소자(Peltier)의 발열부 및 흡열부일 수 있으나, 온도 차이가 있다면 어떠한 구성이라도 무방하다.

[0025] 고온부(10)와 저온부(20)는 도 1에 도시된 바와 같이, 판 형태로 형성되어 미리 설정된 간격을 두고 각각 상부 및 하부에 배치될 수 있다.

[0026] 영구자석(30)은 고온부(10) 및 저온부(20) 사이에 위치하도록 고온부(10)에 결합된다. 고온부(10)에 결합된 영구자석(30)은 고온부(10)로부터 열이 전달되어 가열될 수 있다. 예를 들어, 영구자석(30)은 네오디움 자석(NdFeB)일 수 있다.

[0027] 연자석(40)은 상전이 온도 이하에서 자성을 가지고, 미리 설정된 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하면 자성을 잃어버리는 소자로서, 고온부(10)와 저온부(20) 사이에 배치된다. 여기서, 상전이 온도는 상온에 가까울 수 있다.

[0028] 예를 들어, 연자석(40)은 2차 상전이를 통해 상전이 온도 이하의 저온부(20)에 접촉하고 있을 때 자성 특성을 가지므로 고온부(10)에 결합되어 있는 영구자석(30)과 인력이 발생하여 영구자석(30)에 부착될 수 있으며, 영구자석(30)에 부착됨에 따라 고온부(10)와 접촉하여 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하면 자성을 잃어버리므로 중력 및 캔틸레버(50)의 탄성 복원력에 의하여 영구자석(30)으로부터 분리되어 낙하하여 다시 저온부(20)에 접촉할 수 있다.

[0029] 또한, 연자석(40)에는 초전 소자(pyroelectric elements)(45)가 결합된다. 여기서, 초전 소자(45)는 시간에 따른 온도 변화를 전기 에너지로 변환함으로써, 발전을 수행할 수 있다.

[0030] 즉, 연자석(40)에 결합된 초전 소자(45)는 연자석(40)이 고온부(10)와 저온부(20) 사이에서 이동함에 따라 함께 이동하여 온도 변화가 발생되고, 이에 따라 발전을 수행할 수 있다.

[0031] 연자석(40)의 중심부에는 중공부가 형성되며, 형성된 중공부에 초전 소자(45)가 결합될 수 있다.

[0032] 예를 들어, 연자석(40)의 중앙부에 홀(hole)을 형성하고, 형성된 홀에 초전 소자(45)를 삽입 및 부착하여 초전 소자(45)가 연자석(40)에 결합될 수 있다. 그리고, 연자석(40)은 가돌리늄(gadolinium)으로 형성될 수 있다. 그리고, 초전 소자(45)는 PMNZT($Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbZrTiO_3$) 단결정으로 형성될 수 있으며, 이 외의 다양한 초전 소재가 적용될 수 있다.

[0033] 캔틸레버(50)는 일단이 연자석(40)과 결합되고, 타단은 고정되어, 연자석(40)의 이동에 따라 변형된다.

[0034] 그리고, 캔틸레버(50)는 압전 소자(55)로 형성되며, 압전 소자(55)는 캔틸레버(50)의 변형에 따라 발전을 수행한다. 예를 들어, 압전 소자(55)는 PZT계 압전 세라믹 섬유로 이루어진 MFC(Macro Fiber Composite), PVDF, PVDF-TrFE 등과 같은 압전 소재, 고분자-압전 입자 복합체, 무연계 압전 소재 등의 다양한 압전 소재로 형성될 수 있다.

[0035] 이하, 도 2를 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터의 작동 방법에 대하여 설명하기로 한다.

[0036] 도 2를 참조하면, 연자석(40)에서는 주기적인 냉각 및 가열을 통해 2차 상전이가 발생한다.

[0037] 즉, 연자석(40)은 저온부(20)에 접촉하면 상전이 온도 이하로 온도가 하강하여 자성을 가지게 되어 고온부(10)에 결합되어 있는 영구자석(30)에 부착되고, 영구자석(30)에 부착됨에 따라 상전이 온도 이상으로 온도가 상승하여 자성이 사라져 영구자석(30)으로부터 분리되어 다시 저온부(20)에 접촉할 수 있다. 이에 따라, 연자석(40)에 연결된 캔틸레버(50)는 변형되고, 캔틸레버(50)에 형성된 압전 소자(55)는 캔틸레버(50)의 변형으로 인한 압전 효과에 따라 전력을 생성할 수 있다. 한편, 연자석(40)에 결합된 초전 소자(45)도 온도 변화에 따라 전력을 생성할 수 있다.

[0038] 예를 들어, 도 3 및 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터는, 펠티어 소자(Peltier)의 발열부로 형성되는 고온부(10), 펠티어 소자(Peltier)의 흡열부로 형성되는 저온부(20), 네오디움으로 형성되는 영구자석(30), 가돌리늄으로 형성되는 연자석(40), 연자석(40)에 결합되며 PMNZT로 형성된 초전 소자(45), 압전소자 MFC로 형성되는 캔틸레버(50) 및 캔틸레버(50)의 일단을 고정하는 클램퍼(60)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0039] 도 5 내지 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 초전소자를 접목한 열-자기-전기 하이브리드 에너지 하베스터를 최적화하기 위한 실험 결과를 나타낸 도면이다.

[0040] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이 하이브리드 에너지 하베스터가 제작되었으며, 제작된 하이브리드 에너지 하베스터를 최적화하기 위하여 저온부(20)와 영구자석(30) 사이의 거리, 캔틸레버(50)의 고정 각도 등을 변수로 하여 하베스팅 출력 특성을 평가하였다.

[0041] 우선, 도 5는 캔틸레버(50)의 고정 각도(0°, 2°, 4° 및 6°) 별로 저온부(20)와 영구자석(30) 사이의 거리에 따른 압전 소자(55) 및 초전 소자(45)의 전압출력을 나타낸 그래프이다.

[0042] 캔틸레버(50)의 고정 각도 변경은 저온부(20)와 접촉을 용이하게 하고, 연자석(40)과 초전 소자(45)를 저온부(20)와 고온부(10)로 이동시키기 위한 탄성력을 조절하기 위함이다. 도 5를 통해, 저온부(20)와 영구자석(30) 사이의 거리가 증가할수록 압전 소자(55)의 구동 범위가 증가하여 전압출력이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고, 저온부(20)의 온도는 2℃, 고온부(10)의 온도는 90℃로 고정설정하여, 초전 소자(45)의 전압출력은 비슷한 값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0043] 다음으로, 도 6의 (a)는 캔틸레버(50)의 고정 각도(0°, 2°, 4° 및 6°)에 따라 측정된 저온부(20)와 영구자석(30) 사이의 거리에 따른 캔틸레버(50)의 진동수를 나타낸 그래프이고, 도 6의 (b)는 캔틸레버(50)의 고정 각도에 따른 캔틸레버(50)의 진동수(Hz)를 나타낸 그래프이다.

[0044] 도 6을 통해, 캔틸레버(50)의 고정 각도가 4°이고, 저온부(20)와 영구자석(30) 사이의 거리가 6mm일 때, 진동

수가 가장 높은 것을 알 수 있다.

[0045] 즉, 캔틸레버(50)에 형성된 압전 소자(55)는 저온부(20)와 평행한 면에 대하여 저온부(20) 방향으로 경사지게 구비됨으로써, 저온부(20)와 평행할 때보다 경사가 있을 때 전압출력 및 진동수가 증가할 수 있다.

[0046] 다음으로, 도 7은 최적화된 캔틸레버(50)의 고정 각도(4°) 및 저온부(20)와 영구자석(30) 사이의 거리(6㎜)에서, 저온부(20)와 고온부(10)의 온도 차이에 따른 (a) 압전 소자(55)의 출력전압, (b) 초전 소자(45)의 출력전압 및 (c) 캔틸레버(50)의 진동수(Hz)를 나타낸 그래프이다.

[0047] 도 7을 통해, 저온부(20)와 고온부(10) 사이의 온도 차이가 높을수록 초전 소자(45)의 출력전압은 향상된다는 것을 확인할 수 있다. 그리고, 진동수도 증가하는데, 이는 고온부(10)의 온도가 높을수록 연자석(40)의 2차 상전이 온도로의 상승이 빨라져서, 연자석(40)이 저온부(20)로 빨리 떨어지기 때문이다.

[0048] 도 8은 하이브리드 에너지 하베스터를 이용하여 10㎌ 커패시터를 충전한 실험 결과를 나타낸 그래프이고, 도 9는 하이브리드 에너지 하베스터를 이용한 10㎌ 커패시터의 충전을 위하여 구성된 회로의 예이다.

[0049] 도 8 및 도 9를 참조하면, 도 9에 도시된 정류 회로를 이용하여 압전 소자(55) 및 초전 소자(45) 각각에서 발생하는 교류 출력 전압을 직류 전압으로 변환하고, 10㎌ 커패시터를 압전, 초전 및 하이브리드(압전+초전) 방식으로 800초 동안 충전하였다. 초전 소자(45) 및 압전 소자(55) 모두 함께 하이브리드 방식으로 커패시터를 3V까지 충전하는데 걸리는 시간이, 초전 소자(45)로만 커패시터를 충전할 때보다 6.47초 빠른 것을 확인하였다.

[0050] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

부호의 설명

[0051] 10: 고온부

20: 저온부

30: 영구자석(Permanent magnet)

40: 연자석(Soft magnet)

45: 초전 소자(pyroelectric elements)

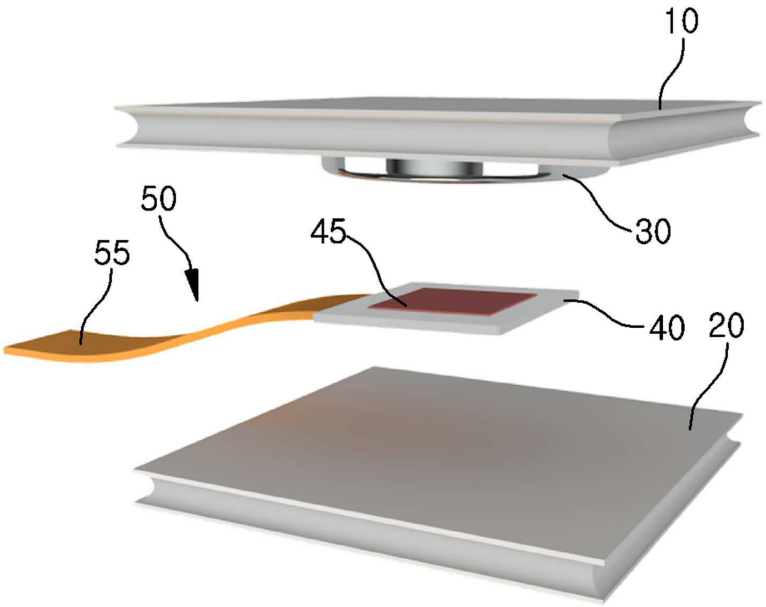
50: 캔틸레버(cantilever)

55: 압전 소자(piezoelectric elements)

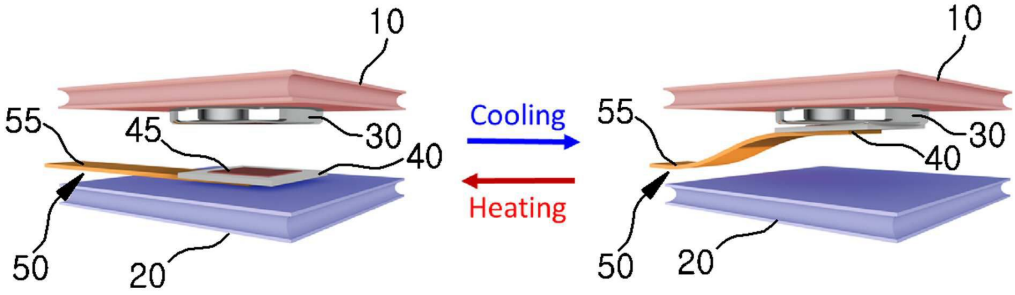
60: 클램퍼

도면

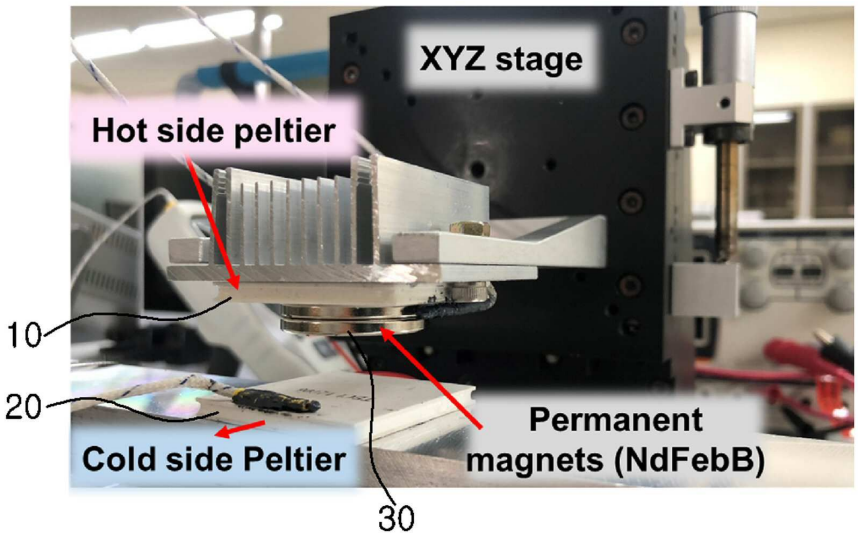
도면1



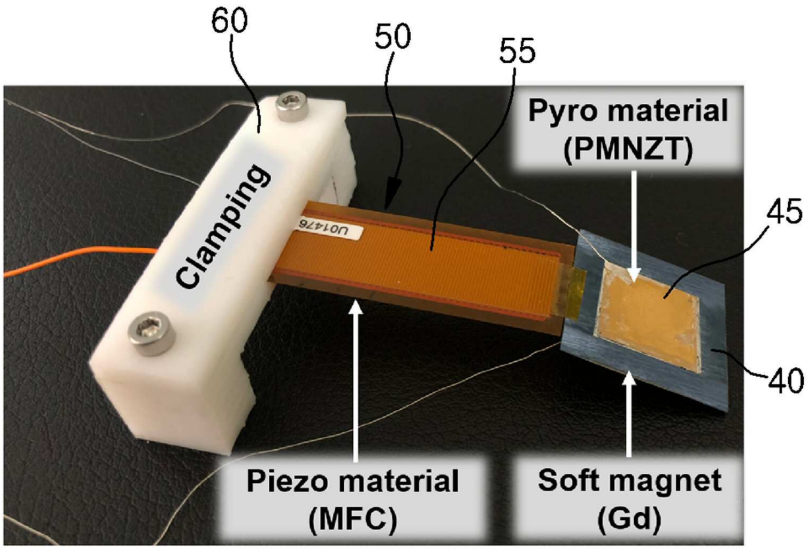
도면2



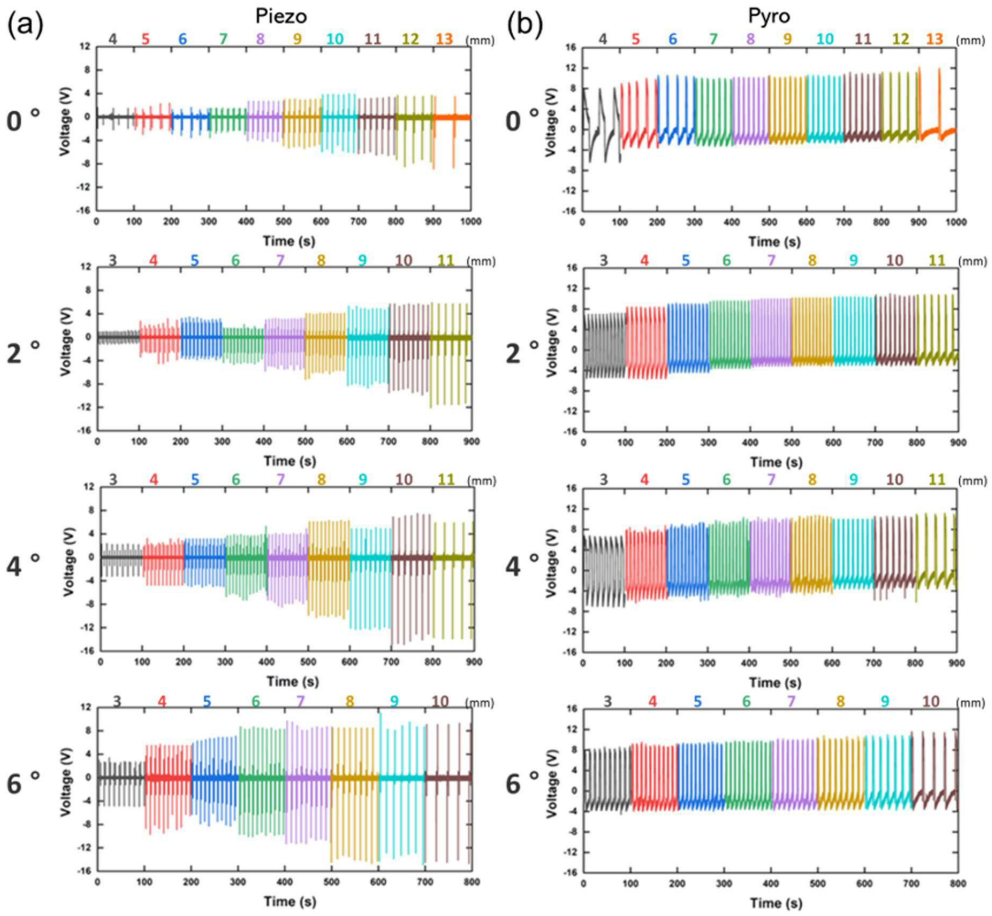
도면3



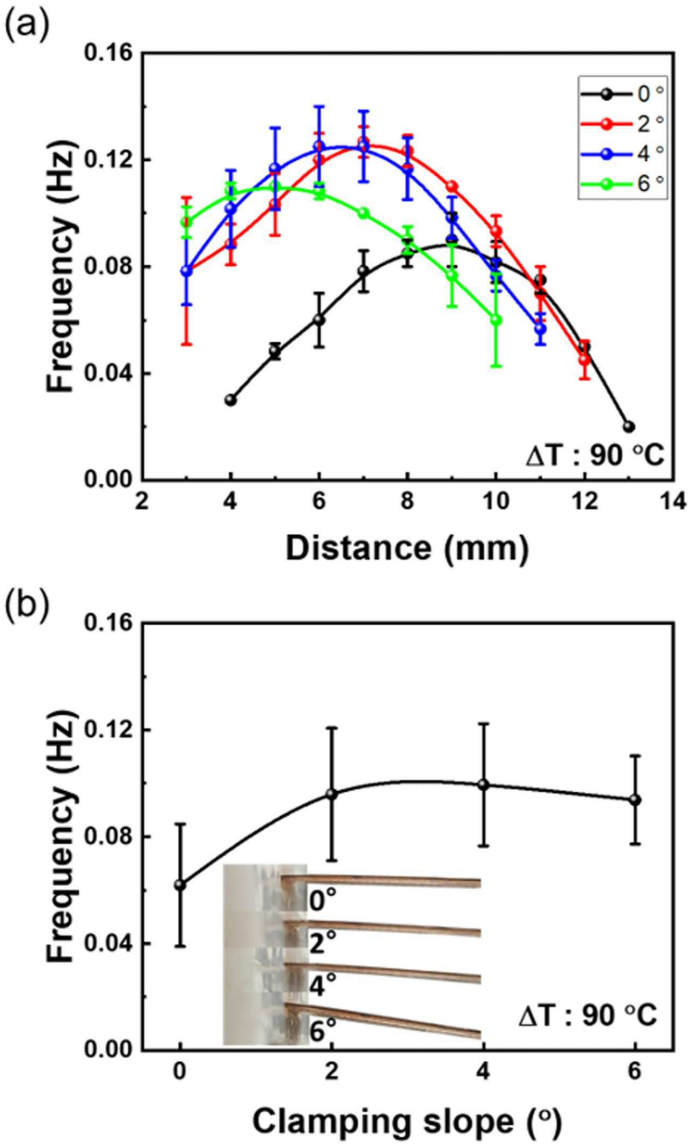
도면4


60
50
55
Pyro material
(PMNZT)
45
Clamping
40
Piezo material
(MFC)
Soft magnet
(Gd)

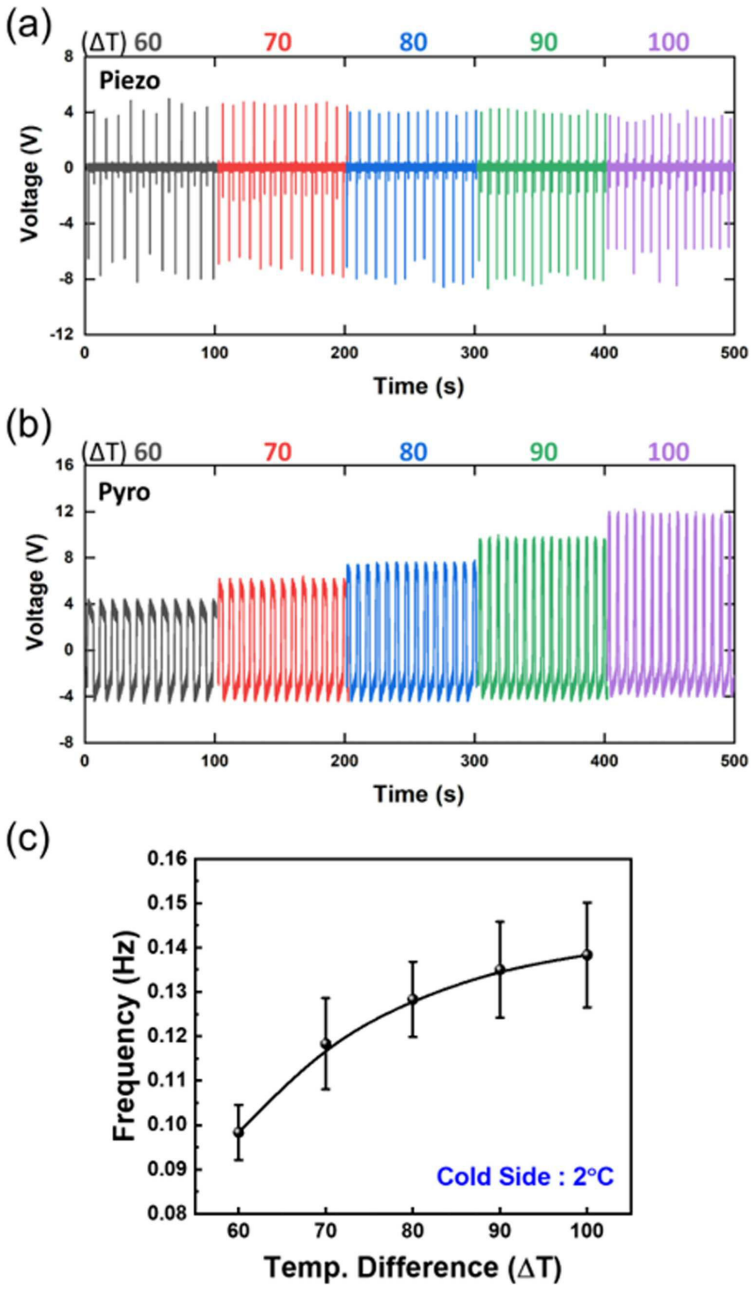
도면5


(a)
Piezo
(b)
Pyro
0 °
2 °
4 °
6 °
Voltage (V)
Time (s)
(mm)

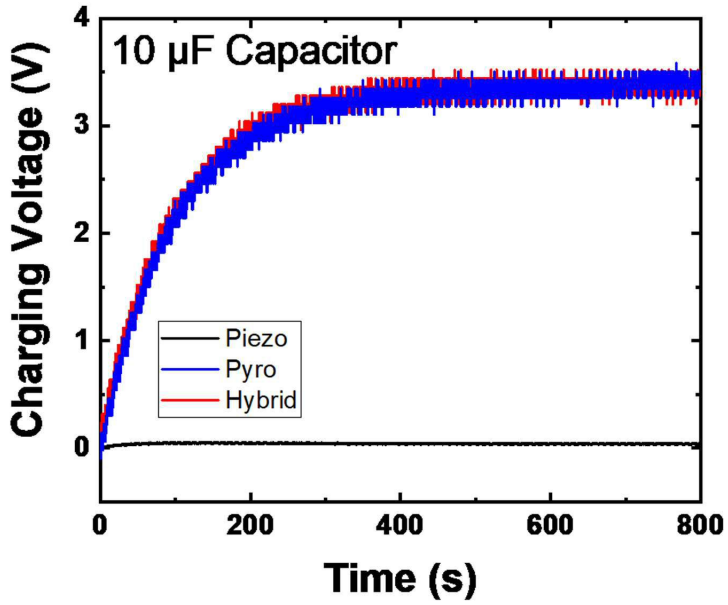
도면6


(a)
Frequency (Hz)
0.16
0.12
0.08
0.04
0.00
2
4
6
8
10
12
14
Distance (mm)
0 °
2 °
4 °
6 °
ΔT : 90 °C
(b)
Frequency (Hz)
0.16
0.12
0.08
0.04
0.00
0
2
4
6
Clamping slope (°)
0°
2°
4°
6°
ΔT : 90 °C

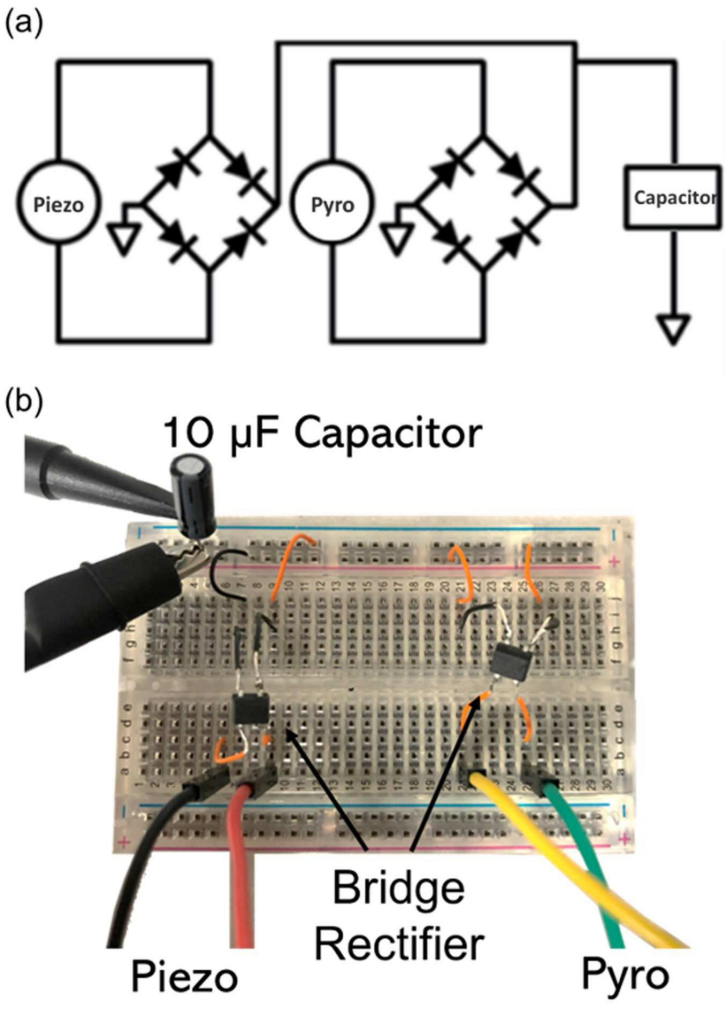
도면7


(a)
(ΔT) 60
70
80
90
100
Piezo
Voltage (V)
Time (s)
(b)
(ΔT) 60
70
80
90
100
Pyro
Voltage (V)
Time (s)
(c)
Frequency (Hz)
Cold Side : 2°C
Temp. Difference (ΔT)

도면8


10 μF Capacitor
Charging Voltage (V)
Time (s)
Piezo
Pyro
Hybrid
0
1
2
3
4
0
200
400
600
800

도면9


(a)
Piezo
Pyro
Capacitor
(b)
10 μF Capacitor
Bridge
Rectifier
Piezo
Pyro