(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0126551
(43) 공개일자 2024년08월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10N 10/17 (2023.01) *H10N 10/81* (2023.01)
H10N 10/855 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H10N 10/17 (2023.02)
H10N 10/81 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2023-0019146
(22) 출원일자 2023년02월14일
심사청구일자 2023년02월14일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이종수
경기도 화성시 영통로50번길 14, 206동 904호 (반월동, 반달마을두산위브)
김진희
경기도 수원시 영통구 영통로290번길 26, 842동 1505호(영통동, 벽적골주공 휴먼시아)
민경임
경기도 수원시 영통구 영통로290번길 26, 842동 1505호(영통동, 벽적골주공 휴먼)
(74) 대리인
김종선, 이형석

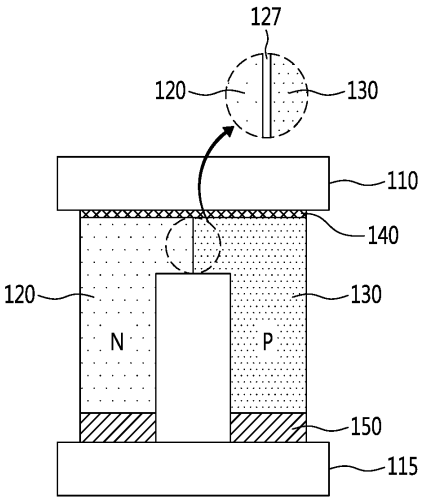
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **열전 소자**

(57) 요 약

본 발명의 열전 소자는 금속 전극; 금속 전극 상에 배치되고, 일단이 P형 열전소재를 대향하도록 구부러진 기둥 형상의 N형 열전소재 및, 금속 전극 상에 N형 열전소재와 이격되도록 배치되고, 일단이 N형 열전소재를 대향하도록 구부러진 기둥 형상의 P형 열전소재를 포함한다. 이에 본 발명은 금속전극이 최소화된 구조로, PN접합의 접촉 면적을 확대하여 냉각 효과를 향상시킴과 동시에 펠티에 효과에 의한 냉각으로 초전도 현상을 발현시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H10N 10/8552 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711173676
과제번호 2020K1A4A7A02095438
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 전략형 국제공동연구사업(유럽)
연구과제명 저차원 열전 및 위상소재 개발과 열/전기/스핀 양자물성 측정기술 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간 2020.07.20 ~ 2023.07.19
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711174962
과제번호 2022M3C1A3091988
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 미래유망 융합기술 파이오니아사업
연구과제명 저발전단가 구현 신구조 열전 발전 시스템
기 여 율 1/2
과제수행기관명 연세대학교
연구기간 2022.08.01 ~ 2026.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

금속 전극;

상기 금속 전극 상에 배치되고, 일단이 P형 열전소재를 대향하도록 구부러진 기둥 형상의 N형 열전소재; 및,

상기 금속 전극 상에 상기 N형 열전소재와 이격되도록 배치되고, 일단이 상기 N형 열전소재를 대향하도록 구부러진 기둥 형상의 P형 열전소재;를 포함하는 열전 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재는,

일 끝단이 접합되어 접합 계면을 형성하는, 열전 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재는,

상기 N형 열전 소재의 일 끝단 및 상면과 상기 P형 열전소재의 일단이 맞닿도록 접합되어 접합 계면을 형성하는, 열전 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재는,

상기 P형 열전 소재의 일 끝단 및 상면과 상기 N형 열전소재의 일단이 맞닿도록 접합되어 접합 계면을 형성하는, 열전 소자.

청구항 5

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재의 접합면은 요철(凹凸) 형상으로 이루어진, 열전 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 N형 열전소재 및 상기 P형 열전소재의 구부러진 일단은,

복수 개의 브랜치(Branch) 형상으로, 상호 교차 배열되는, 열전 소자.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 P형 열전소재의 브랜치는 기설정된 간격만큼 이격되어 상기 N형 열전소재의 브랜치와 접합되어 접합계면을 형성하는, 열전 소자.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 N형 열전소재의 브랜치는 기설정된 간격만큼 이격되어 상기 P형 열전소재의 브랜치와 접합되어 접합계면을 형성하는, 열전 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 N형 열전소재 및 상기 P형 열전소재는,

열전 물질과 초전도 물질의 혼합물로 이루어진, 열전 소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 N형 열전소재 및 상기 P형 열전소재는,

초전도 물질로 이루어진, 열전 소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 열전 소자에 관한 것으로서, 특히, PN접합의 접촉면적을 확대하여 냉각 효과를 향상시킴과 동시에 펠티에 효과에 의한 냉각으로 초전도 현상을 발현시킬 수 있는 열전 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 열전소자는 펠티어 효과(Peltier effect) 및 제벡효과(Seebeck effect)를 이용하여 능동냉각 및 폐열발전 등에 응용할 수 있다. 그 중 펠티어 효과는 외부에서 DC 전압을 가해주었을 때 p-type 재료의 정공과 n-type 재료의 전자가 이동함으로써 재료 양단에 발열과 흡열을 일으키는 현상이다.

[0003] 이와 같은 열전소자를 이용한 펠티어 냉각은 소자의 열적 안정성을 개선시키고 진동과 소음이 없으며 별도의 응축기와 냉매를 사용하지 않아 부피가 작고 환경 친화적인 방법으로서 인식되고 있다. 이와 같은 열전소자를 이용한 펠티어 냉각의 응용분야로서는 무냉매 냉장고, 에어컨, 각종 마이크로 냉각 시스템 등에 사용할 수 있으며, 특히, 각종 메모리 소자에 열전소자를 부착시키면 기존의 냉각방식에 비해 부피는 줄이면서 소자를 균일하고 안정한 온도로 유지시킬 수 있으므로 소자의 성능을 개선할 수 있다.

[0004] 일반적으로 열전소자는 P형과 N형의 반도체가 한 쌍으로 구성되며 PN반도체와 달리 P형과 N형의 반도체 사이에 금속전극을 두어 PN 접합을 형성하는 구조이다. 펠티에 효과는 열전소자의 P형과 N형이 접합하는 공핍층에서 흡열이 발생하여 냉각이 가능하다. 이 공핍층의 면적을 넓히면 냉각성능이 증대될 수 있다. 여기서 금속전극은 P형 반도체 및 N형 반도체와 파이 결합 형태로 P형과 N형의 반도체의 상면과 하면에 형성되어 전기적으로 직렬로 연결하는 기능을 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 금속전극이 최소화된 구조로, PN접합의 접촉면적을 확대하여 냉각 효과를 향상시킴과 동시에 펠티에 효과에 의한 냉각으로 초전도 현상을 발현시킬 수 있는 열전 소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 소자는 금속 전극; 상기 금속 전극 상에 배치되고, 일단이 P형 열전소재를 대향하도록 구부러진 기둥 형상의 N형 열전소재; 및, 상기 금속 전극 상에 상기 N형 열전소재와 이격되도록 배치되고, 일단이 상기 N형 열전소재를 대향하도록 구부러진 기둥 형상의 P형 열전소재;를 포함할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재는, 일 끝단이 접합되어 접합 계면을 형성할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재는, 상기 N형 열전 소재의 일 끝단 및 상면과 상기 P형 열전소재의 일단이 맞닿도록 접합되어 접합 계면을 형성할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재는, 상기 P형 열전 소재의 일 끝단 및 상면과 상기 N형 열전소재의 일단이 맞닿도록 접합되어 접합 계면을 형성할 수 있다.

[0010] 실시예에서, 상기 N형 열전소재와 상기 P형 열전소재의 접합면은 요철(凹凸) 형상으로 이루어질 수 있다.

[0011] 또한, N형 열전소재 및 상기 P형 열전소재의 구부러진 일단은, 수 개의 브랜치(Branch) 형상으로, 상호 교차 배열될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 P형 열전소재의 브랜치는 기설정된 간격만큼 이격되어 상기 N형 열전소재의 브랜치와 접합되어 접합 계면을 형성할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 N형 열전소재의 브랜치는 기설정된 간격만큼 이격되어 상기 P형 열전소재의 브랜치와 접합되어 접합 계면을 형성할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 N형 열전소재 및 상기 P형 열전소재는, 열전 물질과 초전도 물질의 혼합물로 이루어질 수 있다.

[0015] 또한, 상기 N형 열전소재 및 상기 P형 열전소재는, 초전도 물질로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0016] 상기와 같은 본 발명에 따른 열전 소자는 금속전극이 최소화된 구조로, PN접합의 접촉면적을 확대하여 냉각 효과를 향상시킴과 동시에 펠티에 효과에 의한 냉각으로 초전도 현상을 발현시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 소자를 포함하는 열전 모듈을 개략적으로 나타내는 모식도이다.

도 2 내지 도 6은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 열전 소자를 포함하는 열전 모듈을 개략적으로 나타내는 모식도이다.

도 7 내지 도 9는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 열전 소자를 개략적으로 나타내는 모식도이다.

도 10은 본 발명의 열전 소자의 동작을 설명하기 위한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하에서 본 발명의 기술적 사상을 명확히 하기 위하여 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하도록 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 또는 구성요소에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 도면들 중 실질적으로 동일한 기능구성을 갖는 구성요소들에 대하여는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 동일한 참조번호 및 부호들을 부여하였다. 설명의 편의를 위하여 필요한 경우에는 장치와 방법을 함께 서술하도록 한다.

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 소자를 포함하는 열전 모듈을 개략적으로 나타내는 모식도이고, 도 2 내지 도 6은 본 발명의 다양한 실시예에 따른 열전 소자를 포함하는 열전 모듈을 개략적으로 나타내는 모식도이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 열전 소자는 금속 전극(150) 상에 N형 열전소재(120) 및 N형 열전소재(120)와 이격되도록 P형 열전소재(130)가 배치될 수 있다. 이때, N형 열전소재(120)은 저면이 금속 전극(150)과 접촉한 상태에서 일단이 P형 열전소재(130)를 대향하도록 구부러진 기둥 형상일 수 있다. 또한, P형 열전소재(130)는 저면이 금속 전극(150)과 접촉한 상태에서 일단이 N형 열전소재(120)를 대향하도록 구부러진 기둥 형상일 수 있다. 즉, N형 열전소재(120) 및 P형 열전소재(130)은 “Γ” 자 형상으로 구현되며, 구부러진 일단이 상호 대향하도록 배치될 수 있다.

[0021] 한편, N형 열전소재(120) 및 P형 열전소재(130)의 배치는 설계사항에 따라 변경될 수 있으므로, 이에 한정되지 않는다.

[0022] 이에 열전 소자는 금속 전극(150) 상에 배치된 N형 열전소재(120) 및 P형 열전소재(130)를 통해 전기적으로 직

렬 또는 병렬로 연결될 수 있다. N형 열전소재(120)와 P형 열전소재(130)의 일단이 직접적으로 접합된 상태로 종래의 π형 열전 소자와 같이 활용될 수 있다.

[0023] 한편, N형 열전소재 및 P형 열전소재의 크기 및 형상은, 열전소자의 용도를 고려하여 다양하게 설계될 수 있으므로, π형 구조에 한정시키지 않는다. 구체적으로, N형 및 P형 열전물질은 서로 동일 내지 상이한 형상과 크기를 가질 수 있다. 예를 들어, N형 및 P형 열전물질은 두께 방향으로의 단면이 원형, 타원형 등의 곡선을 가진 형상이거나 삼각형, 사각형, 오각형 등의 각진 형상일 수 있다.

[0024] 또한, N형 열전소재(120) 및 P형 열전소재(130)는 열전 물질로 이루어질 수 있다. 여기서, 열전 물질은 Bi_2Te_3 계열, PbTe 계열, Cu_2Se 중 단독 또는 혼합된 형태로 이루어질 수 있다.

[0025] 바람직하게는, N형 열전소재(120) 및 P형 열전소재(130)는 열전 물질과 초전도 물질의 혼합물로 이루어질 수 있다. 여기서, 초전도 물질은 YBCO, BISCCO 등을 포함할 수 있으며, 열전 물질과 혼합된 형태로 이루어질 수 있다.

[0026] 더욱 바람직하게, N형 열전소재(120) 및 P형 열전소재(130)는 초전도 물질로 이루어질 수 있다. 이에, 특정 온도 이하에서 초전도 현상을 나타낼 수 있다.

[0027] 열전 모듈은 상부 기판(110)과 하부 기판(115) 사이에 열전 소자를 배치할 수 있다. 즉, 열전 모듈은 상부 기판(110), 결합층(140), 일단이 상호 접합된 N형 열전소재(120)와 P형 열전소재(130)이 배치된 금속 전극(150) 및 하부 기판(115)을 포함할 수 있다.

[0028] 실시예에서, N형 열전소재(120)와 P형 열전소재(130)는 일 끝단이 접합되어 접합 계면을 형성할 수 있다. 즉, 금속 전극이 최소화된 구조로, N형 열전소재(120)와 P형 열전소재(130)의 계면에 생성되는 공핍층의 면적을 증대시킬 수 있다.

[0029] 이때, N형 열전소재(120)와 P형 열전소재(130)은 접합층(127)을 통해 접합될 수 있다. 이러한 접합층(127)은 N형 열전소재(120)와 P형 열전소재(130) 사이에 배치하여 전기적 접합을 향상시키기 위한 금속 페이스트로 구현될 수 있다. 예를 들어, 접합층(127)은 망간몰리브덴(MnMo)층, 확산 경계의 역할을 하는 니켈(Ni)층 및 안정성을 높이는 주석(Sn)층으로 이루어질 수 있다.

[0030] 결합층(140)은 상부 기판(110)과의 열전소재(120, 130)와의 접착력을 향상시키기 위한 비 전도성 접착제로 구현될 수 있다. 예를 들어, 결합층(140)은 열전도성 에폭시 접착제로 이루어질 수 있다.

[0031] 금속 전극(150)은 DBC(Direct-Bonding Copper), 솔더(Solder) 접합, 페이스트(paste) 및 도금 방법 등을 이용한 구리 전극을 부착하여 형성될수 있으며, 금속 단일층 또는 다층 구조로 형성될 수 있다. 예를 들어, 금속 전극(150)은 구리(Cu), 알루미늄(Al), 또는 주석(Sn)을 포함하는 금속층으로 형성될 수 있다.

[0033] 도 2를 참조하면, N형 열전소재(125)와 P형 열전소재(135)의 접합면은 요철(凹凸) 형상으로 이루어질 수 있다. 이를 통해, PN 접합 면적을 넓혀 열전냉각 성능을 증대시킬 수 있다. 한편, N형 열전소재(125)와 P형 열전소재(135)의 접합면은 지그재그 형상 및 물결무늬 형상 등의 형상으로도 구현될 수 있다. 다만, N형 열전소재(125)와 P형 열전소재(135)의 접합면은 표면적을 넓히기 위한 거칠기를 가진 몰드를 사용하여 다양하게 구현될 수 있으므로, 이에 한정하지 않는다.

[0035] 도 3을 참조하면, N형 열전소재(220)와 P형 열전소재(230)는 N형 열전 소재(220)의 일 끝단 및 상면과 P형 열전소재(230)의 일단이 맞닿도록 접합되어 접합 계면을 형성할 수 있다. 즉, N형 열전 소재(220)의 구부러진 일단 상에 P형 열전소재(230)의 일단이 적층되어 겹쳐진 형태로 구현될 수 있다. 이에 열전소재의 접합 면적을 넓힌 구조를 가질 수 있다.

[0037] 도 4를 참조하면, N형 열전소재(225)와 P형 열전소재(235)의 접합면은 요철(凹凸) 형상으로 이루어질 수 있다. 이를 통해, PN 접합 면적을 넓혀 열전냉각 성능을 증대시킬 수 있다. 한편, 도 2와 같이 구현될 수 있다.

[0039] 도 5를 참조하면, N형 열전소재(320)와 P형 열전소재(330)는 P형 열전 소재(330)의 일 끝단 및 상면과 N형 열전소재(320)의 일단이 맞닿도록 접합되어 접합 계면을 형성 할 수 있다. 즉, P형 열전 소재(330)의 구부러진 일단 상에 N형 열전소재(320)의 일단이 적층되어 겹쳐진 형태로 구현될 수 있다. 이에 열전소재의 접합 면적을 넓힌 구조를 가질 수 있다.

[0041] 도 6을 참조하면, N형 열전소재(325)와 P형 열전소재(335)의 접합면은 요철(凹凸) 형상으로 이루어질 수 있다. 이를 통해, PN 접합 면적을 넓혀 열전냉각 성능을 증대시킬 수 있다.

[0043] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 열전 소자를 개략적으로 나타내는 모식도이다.

[0044] 도 1 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 열전 소자는 금속 전극(150) 상에 배치된 N형 열전소재(420) 및 P형 열전소재(430)을 포함할 수 있다.

[0045] 실시예에서, N형 열전소재(420)의 구부러진 일단은 복수 개의 브랜치(Branch)(420b) 형상으로 구현될 수 있다. 또한, P형 열전소재(430)의 구부러진 일단도 복수 개의 브랜치(Branch)(430b) 형상으로 구현될 수 있다.

[0046] 이때, N형 열전소재(420)의 복수 개의 브랜치(420b)와 P형 열전소재(430)의 복수 개의 브랜치(430b)는 상호 교차 배열될 수 있다.

[0047] 이에, 열전 소자의 PN 접합 면적을 극대화시킬 수 있다.

[0048] 한편, 열전소재의 정해진 높이(Height) 너비(Width)와 길이(Length) 안에서 형상을 변형하여 접촉 단면적을 넓힐 수 있다. 이는 열전모듈이 사용되는 곳의 설계에 따르므로 이에 한정되지 않는다. 일 예로, 열전소재의 높이, 너비, 길이는 1cm 이하의 크기를 가지나 이에 한정하지 않는다.

[0050] 도 8을 참조하면, P형 열전소재의 브랜치(530b)는 기설정된 간격(d)만큼 이격되어 N형 열전소재의 브랜치(520b)와 접합되어 접합계면을 형성할 수 있다. 구체적으로, N형 열전소재(520)의 복수 개의 브랜치(520b)와 P형 열전소재(530)의 복수 개의 브랜치(530b)는 상호 교차 배열되되, P형 열전소재의 브랜치(530b)가 기설정된 간격(d)만큼 이격되어 형성됨으로써, N형 열전소재의 브랜치(520b)의 접합 면적이 더욱 넓게 구현될 수 있다.

[0052] 도 9를 참조하면, 도 8과 반대로, N형 열전소재(620)의 브랜치(620b)는 기설정된 간격(d)만큼 이격되어 P형 열전소재(630)의 브랜치(630b)와 접합되어 접합계면을 형성할 수 있다. 구체적으로, N형 열전소재(620)의 복수 개의 브랜치(620b)와 P형 열전소재(630)의 복수 개의 브랜치(630b)는 상호 교차 배열되되, N형 열전소재의 브랜치(620b)가 기설정된 간격(d)만큼 이격되어 형성됨으로써, P형 열전소재의 브랜치(630b)의 접합 면적이 더욱 넓게 구현될 수 있다.

[0054] 결국, 본 발명의 다양한 구조의 열전 소자는 금속 전극을 최소화한 구조로써, 열전소재의 단면적을 동일하거나 다르게 형성함으로써 PN접합 면적을 넓혀 냉각 성능을 증대시킬 수 있다.

[0055] 나아가 초전도 물질을 포함하는 열전소재를 구현함으로써, 펠티에 냉각을 이용하여 초전도 현상을 발현시킬 수 있다. 이에 다양한 분야에 응용이 가능하다.

[0057] 도 10은 본 발명의 열전 소자의 동작을 설명하기 위한 모식도이다.

[0058] 도 1 및 도 10을 참조하면, 금속 전극(150)에 리드선을 통하여 직류 전압을 인가하게 되면, 펠티에 효과에 의해 N형 열전소재(120)에서 P형 열전소재(130)로 직접적으로 전류가 흐르는 접합 부분의 열을 흡수하여 냉각이 되고 이러한 냉각에 의해 저온에 도달한 물질은 초전도 현상이 발현된다. P형 열전소재(130)에서 N형 열전소자(120)로 전류가 흐르는 접합 부분에서는 방열 작용을 하게 된다. 열전모듈은 모듈 단위의 관점에서 보았을 때, 냉각부로 작용하는 기판 표면에서의 온도 분포가 균일하게 초저온으로 형성되어 냉각 효과가 향상될 수 있다. 결국, 초전도 물질을 포함하는 열전소재인 경우 추가적인 냉각장치 없이 펠티어 효과를 이용한 고체 냉각으로 초전도

현상을 발현시킬 수 있다.

[0059] 지금까지 본 발명에 대하여 도면에 도시된 바람직한 실시예들을 중심으로 상세히 살펴보았다. 이러한 실시예들은 이 발명을 한정하려는 것이 아니라 예시적인 것에 불과하며, 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 전술한 설명이 아니라 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해서 정해져야 할 것이다. 비록 본 명세서에 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 개념을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 본 발명의 각 단계는 반드시 기재된 순서대로 수행되어야 할 필요는 없고, 병렬적, 선택적 또는 개별적으로 수행될 수 있다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 본질적인 기술사상에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 형태 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 균등물은 현재 공지된 균등물뿐만 아니라 장래에 개발될 균등물 즉 구조와 무관하게 동일한 기능을 수행하도록 발명된 모든 구성요소를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

[0060] 110: 상부 기판 120: 하부 기판

127: 접합층

120, 125, 220, 225, 320, 325, 420, 520, 620: N형 열전소재

130, 135, 230, 235, 330, 335, 430, 530, 630: P형 열전소재

420b, 520b, 620b: N형 열전소재의 브랜치

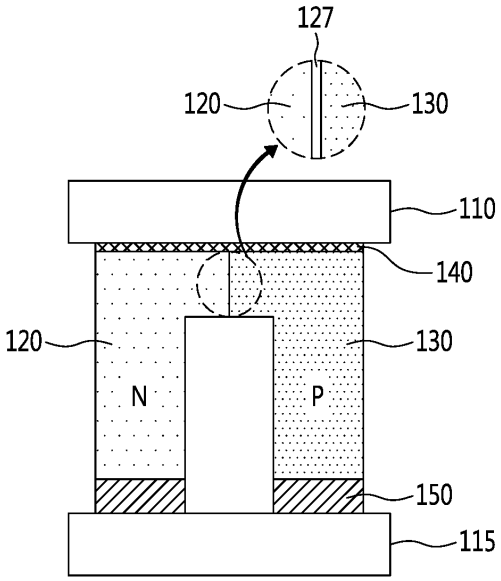
430b, 530b, 630b: P형 열전소재의 브랜치

140: 결합층

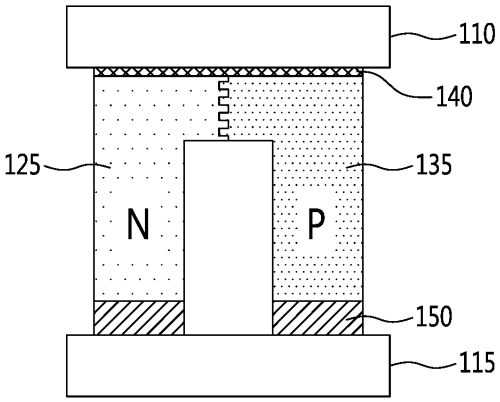
150: 금속 전극

도면

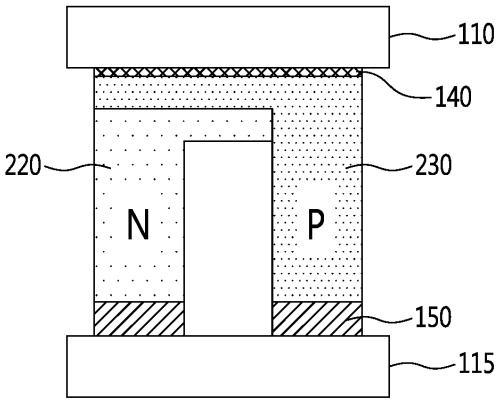
도면1



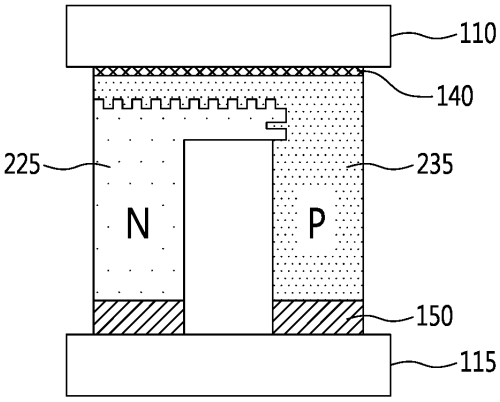
도면2


110
140
125
135
N
P
150
115

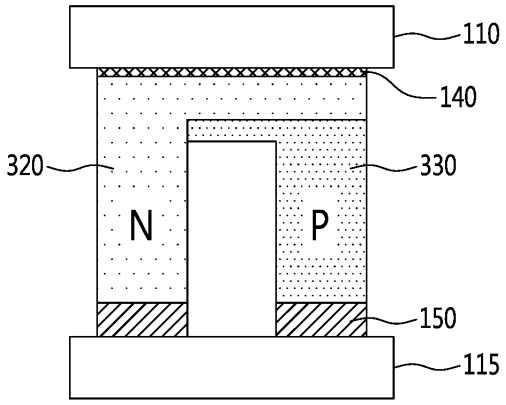
도면3


110
140
220
230
N
P
150
115

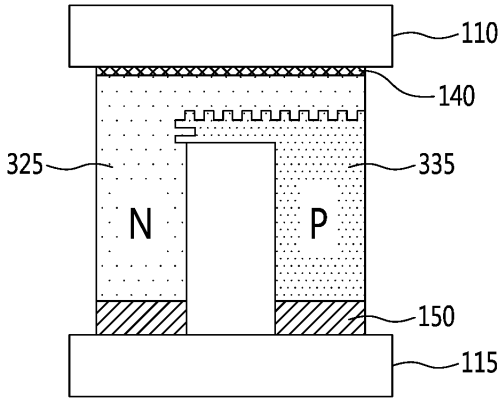
도면4


110
140
225
235
N
P
150
115

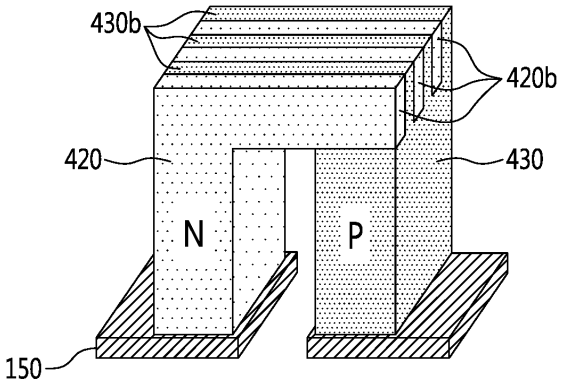
도면5


110
140
320
330
N
P
150
115

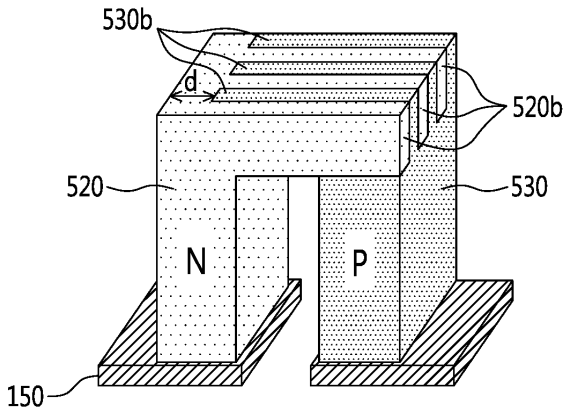
도면6


110
140
325
335
N
P
150
115

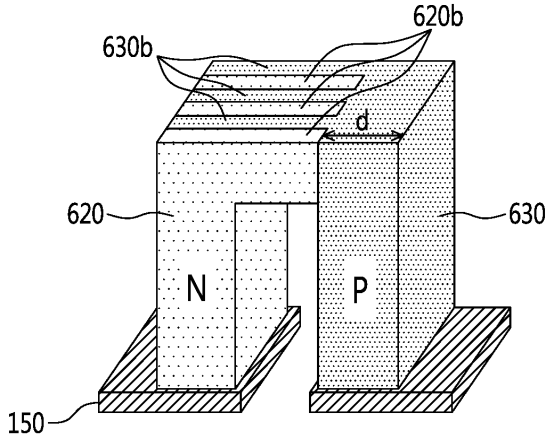
도면7


430b
420b
420
430
N
P
150

도면8



도면9



도면10

