



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0147314
(43) 공개일자 2016년12월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 35/02 (2006.01) H01L 35/14 (2006.01)
H01L 35/34 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 35/02 (2013.01)
H01L 35/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0083883
(22) 출원일자 2015년06월15일
심사청구일자 2015년06월15일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
이기석
울산광역시 울주군 범서읍 구영로 101-7, 506동
1805호 (구영2차푸르지오아파트)
백정민
울산광역시 울주군 범서읍 구영로 75-9, 301동
1201호 (우미린1차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

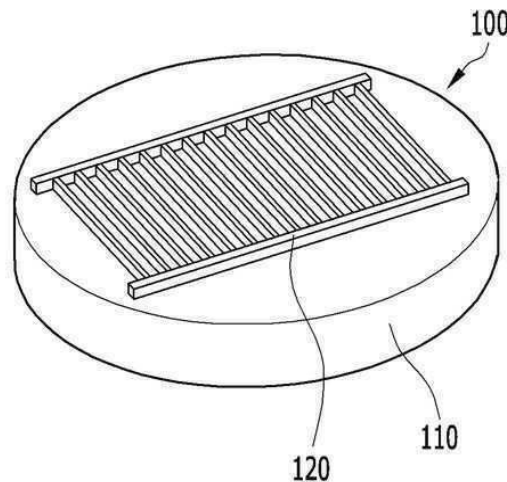
(54) 발명의 명칭 스핀 열전 소자 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 스핀 열전 소자에 관한 것이다.

본 발명에 따른 스핀 열전 소자는, 줄-겔법에 의해 형성되고, 열원에 의한 온도 구배에 의해 스핀 지백 효과가 발현되는 물질로 구성된 열전층; 및 상기 열전층 상에 형성되고, 양단부에 연결된 도선을 통해 외부로 전기를 전달하는 전극층;을 포함한다. 이러한 스핀 열전 소자는 태양광 또는 태양전지를 이용한 하이브리드 태양과 소자에 사용할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 35/28 (2013.01)

H01L 35/34 (2013.01)

(72) 발명자

장민선

울산광역시 북구 염포로 459, 201동 405호 (현대힐스테이트아파트)

백승협

서울특별시 성북구 삼선교로16길 35, 103동 1003호 (삼선 SK 뷰 아파트)

최원준

서울특별시 도봉구 시루봉로2길 62, 60호 (미라보아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711016054

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구

연구과제명 순수 스핀 전류를 이용한 신개념의 정보 전달/처리 소자 기반 기술

기 여 율 1/1

주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2014.09.01 ~ 2015.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

줄-겔법에 의해 형성되고, 열원에 의한 온도 구배에 의해 스핀 지백 효과가 발현되는 물질로 구성된 열전층; 및 상기 열전층 상에 형성되고, 양단부에 연결된 도선을 통해 외부로 전기를 전달하는 전극층;을 포함하는 스핀 열전 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 전극층은 주전극부; 및
상기 주전극부와 연결된 복수의 부전극부를 포함하며,
상기 부전극부는 균일한 간격을 이루어 복수개로 형성된 스핀 열전 소자.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 전극층을 구성하는 주전극부와 부전극부는 동일 또는 유사한 두께로 형성된 스핀 열전 소자.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 전극층은, 5nm 이상 또는 20nm 이하로 형성된 스핀 열전 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 열원은 태양광인 스핀 열전 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 열원은 CPV(Concentrator Photovoltaics)이고, 상기 CPV는 상기 스핀 열전 소자의 전극층 상에 상기 CPV가 부착되어 하이브리드 소자를 형성하는 스핀 열전 소자.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서,
상기 스핀 열전 소자는 상기 열전층 상에 온도 구배를 형성할 때, 두께 방향(longitudinal SSE)과 면방향(transverse SSE)으로 온도 구배를 형성하는 스핀 열전 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 열전층의 재질은 YIG($Y_3Fe_5O_{12}$, Yttrium Iron Garnet)로 구성된 스핀 열전 소자.

청구항 9

YIG 재료를 혼합하고, 졸-겔법에 의해 YIG 파우더가 형성되는 단계;
 상기 YIG 파우더를 칼시네이션 공정에 의해 1차 열처리하는 단계;
 상기 열처리된 YIG 파우더가 프레스 공정에 의해 YIG 필렛으로 형성되는 단계;
 상기 YIG 필렛을 신터링 공정에 의해 2차 열처리하여 열전층을 제조하는 단계; 및
 상기 열전층 상에 전극층을 형성하는 단계;
 를 포함하는 스핀 열전 소자의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,
 상기 1차 열처리하는 단계에서,
 상기 1차 열처리 온도는 850℃이고, 상기 칼시네이션 공정은 850℃로 2시간동안 수행되는 스핀 열전 소자의 제조방법.

청구항 11

제10항에 있어서,
 상기 2차 열처리하는 단계에서,
 상기 2차 열처리 온도는 1400℃이고, 상기 신터링 공정은 1400℃로 2시간동안 수행되는 스핀 열전 소자의 제조방법.

청구항 12

제9항에 있어서,
 상기 졸-겔법에 의해 YIG 파우더가 형성되는 단계에서,
 상기 YIG 재료는 물에 구연산이 혼합된 용액에 질산이트륨(Yttrium nitrate)과 질산철(iron nitrate)을 혼합하여 저온에서 합성된 스핀 열전 소자의 제조방법.

청구항 13

제9항에 있어서,
 상기 전극층은 포토리소그래피(Photolithography) 공정과 DC 스퍼터링 공정에 의해서 형성된 스핀 열전 소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 스핀 열전 소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 자세하게는 졸-겔법을 이용하여 제작된 스핀 열전 소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 지속 가능한 사회를 향한 환경·에너지 문제에 대한 대처가 활발화되고 있는 가운데, 열전 변환 소자의 기대가 높아지고 있다. 열은 체온, 태양광, 엔진, 공업 배열 등 다양한 매체로부터 얻을 수 있는 가장 일반적인 에너지원이기 때문이다.

[0003] 그로 인해, 저탄소 사회에 있어서의 에너지 이용의 고효율화나, 유비쿼터스 단말기·센서 등에서의 급전과 같은 용도에 있어서, 열전 소자는 향후 점점 더 중요해지는 것이 예상된다.

[0004] 열전 소자의 구조로 종래에는 Bi₂Te₃ 등의 열전 반도체의 소결체를 가공·접합하여 열전대 모듈구조를 조립하는 벌크형 열전 변환 소자가 일반적이었지만, 최근에는 스퍼터 등으로 기판 상에 열전 반도체 박막을 성막하여 모

들을 제작하는 박막형 열전 소자의 개발도 진행되어 주목받고 있다.

- [0005] 이러한 박막형 열전 소자의 이점으로서, 소형·경량이고, 스퍼터나 도포·인쇄 등으로 대면적일괄 성막이 가능하여 생산성이 높으며, 저렴한 기판을 사용함으로써 저비용화가 가능할 수 있다.
- [0006] 여기서, 박막형 열전 소자는 지금까지 도포나 인쇄에 의해 제조되었다. 예를 들어, 분말화한 Bi_2Te_3 를 바인더와 혼합하여 페이스트화한 것을 스크린 인쇄법 등으로 기판 상에 도포하여 열전 소자 패턴을 형성하고 있다. 또한, 열전 반도체 재료, 전극 재료를 포함하는 잉크를 잉크젯법으로 패턴 인쇄하여 열전 소자를 형성하고 있다. 또한, 열전 재료로서 유기 반도체를 사용하여 인쇄 프로세스에 의해 열전 소자를 형성하고 있다.
- [0007] 그러나, 상기한 박막형 열전 소자는 박막이므로, 박막 표면/이면 간에서의 온도차 생성·유지가 곤란하다는 문제가 있었다. 즉, 많은 발전 용도에서는 열전 재료를 갖는 박막면에 수직인 방향으로 온도차(온도 구배)를 인가하여 열전 변환을 행하지만, 열전 반도체 박막의 막 두께가 얇아지면 얇아질수록 열 차단(열 저항)이 불충분해지는 점에서, 열전 반도체 박막의 표면과 이면의 사이의 온도차를 유지하는 것이 어려워지거나, 온도차의 대부분이 열전 반도체 박막의 표면과 이면이 아니라 기판의 표면과 이면의 사이에 발생하거나 하므로 효율적인 발전을 할 수 없게 된다.
- [0008] 이 열 차단 특성을 향상시키기 위해서, 열전 반도체막의 막 두께를 두껍게 하거나(예를 들어, 수 $10\mu\text{m}$ 이상으로 하거나), 열전 반도체의 열전도율을 작게 하거나 중 어느 한쪽의 방법을 생각할 수 있는데, 막 두께를 두껍게 하면 할수록 열전대 구조를 도포·인쇄 프로세스 등으로 패턴·제작하는 것이 곤란해져서 생산성이 악화되므로, 고변환 효율화와 저비용 생산성의 사이에서 트레이드오프(tradeoff)가 발생할 수 있다.
- [0009] 또한, 열전도율이 작은 재료일수록 전기 전도율도 작은 경향이 있으므로, 종래의 열전 발전에는 전기 전도율이 높은 열전 재료가 필요해지는 것을 생각하면, 전기 전도율과 열전도율의 사이에는 역시 트레이드오프가 발생하므로, 열전도율의 저감에는 한계가 있다.
- [0010] 한편, 최근에는, 자성 재료에 온도 구배를 인가하면, 전자 스핀(electron spin)의 흐름이 발생하는 스핀 시백 효과(spin Seebeck effect)가 발견되고 있다.
- [0011] 열전 소자는 스퍼터링법으로 성막한 강자성 금속막과 금속 전극으로 구성될 수 있는 데, 이 구성에 의하면, 강자성 금속막면에 평행한 방향의 온도 구배를 부여하면, 스핀 시백 효과에 의해 온도 구배에 따른 방향으로 스핀류가 유기(誘起)된다. 이 유기된 스핀류는 강자성 금속에 접하는 금속 전극에 있어서의 역 스핀 홀 효과에 의해 전류로서 외부에 취출할 수 있다. 이에 의해 열로부터 전력을 취출하는 온도차 발전이 가능해진다.
- [0012] 이 스핀 시백 효과를 이용하면, 열전대 모듈 구조를 사용한 종래형의 열전 변환 소자와 달리 복잡한 열전대 구조가 불필요하므로, 상기한 구조 패턴에 관한 과제는 해결되어 저비용으로 대면적화가 용이한 박막 열전 소자가 얻어질 가능성이 있다.
- [0013] 또한, 스핀 시백 효과를 이용한 열전 변환 소자에서는, 전기 전도 부분(전극)과 열전도 부분(자성체)을 독립적으로 설계할 수 있는 점에서, 전기 전도율이 크고(옴 손실이 작고) 열전도율이 작은(표면과 이면의 사이의 온도차를 유지하는 것이 가능한) 구조를 달성하는 것이 원리적으로 가능해진다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 대한민국특허등록공보 제0836710호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 따라서, 본 발명은 종래 스핀 열전 소자 및 그 제조방법에서 제기되고 있는 상기 제반 단점과 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로서, 졸-겔법을 이용하여 열전층이 제작된 스핀 열전 소자 및 그 제조방법이 제공됨에 발명의 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 상기 목적은, 줄-겔법에 의해 형성되고, 열원에 의한 온도 구배에 의해 스핀 지백 효과가 발현되는 물질로 구성된 열전층; 및 상기 열전층 상에 형성되고, 양단부에 연결된 도선을 통해 외부로 전기를 전달하는 전극층;을 포함하는 스핀 열전 소자가 제공됨에 의해서 달성된다.
- [0017] 또한, 상기 전극층은 주전극부; 및 상기 주전극부와 연결된 복수의 부전극부를 포함하며, 상기 부전극부는 균일한 간격을 이루어 복수개로 형성된다.
- [0018] 그리고, 상기 전극층은, 5nm 이상 또는 20nm 이하로 형성된다.
- [0019] 또한, 상기 스핀 열전 소자는 상기 열전층 상에 온도 구배를 형성할 때, 두께 방향(longitudinal SSE)과 면방향(transverse SSE)으로 온도 구배를 형성하는 스핀 열전 소자.
- [0020] 한편, 본 발명의 다른 목적은 YIG 재료를 혼합하고, 줄-겔법에 의해 YIG 파우더가 형성되는 단계와, 상기 YIG 파우더를 칼시네이션 공정에 의해 1차 열처리하는 단계와, 상기 열처리된 YIG 파우더가 프레싱 공정에 의해 YIG 필렛으로 형성되는 단계와, 상기 YIG 필렛을 신터링 공정에 의해 2차 열처리하여 열전층을 제조하는 단계 및 상기 열전층 상에 전극층을 형성하는 단계;를 포함하는 스핀 열전 소자의 제조방법이 제공됨에 의해서 달성된다.

발명의 효과

- [0021] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 스핀 열전 소자는 열원에 의한 온도 구배 발현에 의해 열에너지를 전기에너지로 변환하는 열전층이 줄-겔법에 의해 형성되어 다양한 형상을 가진 스핀 열전 소자를 제작할 수 있으며, 열전층 상에 포토리소그래피 공정을 통해 다양한 디자인의 전극을 형성할 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명은 줄-겔법에 의해 형성된 YIG 재료의 열전층이 대량 생산이 가능하며, 다양한 형상으로 제작 가능함에 의해서 플렉시블한 소재 또는 곡면을 가진 소재에 부착 가능하여 다양한 분야에 응용 가능한 이점이 있다.
- [0023] 그리고, 본 발명의 스핀 열전 소자는 열전층의 상면에 전극층이 형성되어 열전층의 상면에서부터 하면측으로 온도 구배가 형성됨으로써, 전력 변환 효율이 더 향상되는 작용효과가 발휘될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 스핀 열전 소자의 사시도.
 도 2는 본 발명에 따른 스핀 열전 소자의 평면도.
 도 3은 도 1의 A-A 단면도.
 도 4는 본 발명에 따른 다른 스핀 열전 소자의 다른 실시예 사시도.
 도 5는 도 4의 B-B 단면도.
 도 6은 본 실시예에 따른 CPV형의 태양전지가 부착된 스핀 열전 소자의 전사 모의 시뮬레이션시 온도 분포의 측면도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 기술 등은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 함과 더불어, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공될 수 있다.
- [0026] 본 명세서에서 사용된 용어들은 실시 예를 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 다수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprise)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0027] 본 발명에 따른 스핀 열전 소자 및 그 제조방법의 상기 목적에 대한 기술적 구성을 비롯한 작용효과에 관한 사항은 본 발명의 바람직한 실시예를 도시한 아래의 도면을 참조하여 설명하는 상세한 설명에 의해서 명확하게 이

해될 것이다.

- [0029] 먼저, 도 1은 본 발명에 따른 스핀 열전 소자의 사시도이고, 도 2는 본 발명에 따른 스핀 열전 소자의 평면도이며, 도 3은 본 발명에 따른 스핀 열전 소자의 단면도이다.
- [0030] 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 스핀 열전 소자(100)는 열전층(110)과 전극층(120)으로 구성된다. 상기 전극층(120)은 열전층(110) 상에 형성된다. 이때, 상기 전극층(120)은 열전층(110) 상에서 소정의 두께를 가지는 사다리 형태로 형성될 수 있으며, 사다리 형상에 한정되는 것은 아니고 열전층(110) 상에서 다양한 디자인으로 설계되어 형성될 수 있다.
- [0031] 상기 열전층(110)은 태양광 또는 열원(heat source)에 의해 생성되는 온도 구배로 인하여 열에너지를 전기에너지로 변환하는 역할을 함과 아울러 전극층(120)을 지지하는 기판의 역할을 한다.
- [0032] 열전층(110)은 온도 구배에 의해 스핀 지백 효과(Spin Seeback effect)를 나타내는 물질로 구성될 수 있으며, 대표적으로 YIG($\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, Yttrium Iron Garnet)로 구성될 수 있다. 이때, 열전층(110)은 졸-겔법(Sol-Gel method)에 의해서 제작될 수 있는 바, 졸-겔법에 의해 열전층의 균질성을 향상시킬 수 있고, 저온 합성과 희토류 첨가에 의한 새로운 조성의 합성이 가능하며, 미립자 세라믹스(nano powder)의 합성에 의해 열전층의 표면적 증대 효과를 기대할 수 있다.
- [0033] 상기 열전층(110)의 제작시 채용되는 졸-겔법은 가수분해 또는 탈수축합에 의해서 얻어진 수십, 수백 mm의 콜로이드(colloid)입자가 액체 중에 분산된 졸(sol)의 화염가수분해에서 얻어진 실리카 미립자 등을 액체에 분산시켜 졸(sol)에서 콜로이드 입자의 응집, 응결에 의해서 졸(sol)의 유동성이 손실되어 다공체의 겔(gel)로 되는 반응을 말한다.
- [0034] 여기서, 졸(sol)은 반응물 염이 녹은 용액으로 일반적으로 1~1000nm정도의 입자들로 이루어져있으며, 콜로이드(입자 겔)나 고체무기물 단분자(중합 겔)가 분산되어 있는 현탁액으로, 이 현탁액은 인력이나 중력의 작용이 무시할 정도로 작아 반데르발스 인력이나 표면전하가 주로 작용하여 침전이 발생하지 않고 분산된 콜로이드 형태를 띄게 된다. 콜로이드를 형성하기 위한 전구체는 다양한 반응성 배위체로 감싸진 금속으로 구성되며, 이렇게 형성된 졸은 그 분산매인 용매의 제거에 의해 겔로 전이된다.
- [0035] 또한, 겔(Gel)은 졸(Sol)의 반응이 지속되면서 분산된 고체분자들이 고분자화 되면서 연속적인 고체 망목구조를 형성하여 유동성을 잃은 상태로 졸과는 달리 유동성이 상실된 겔을 적절하게 열처리하여 단단한 세라믹스를 제조할 수 있다.
- [0036] 또한, 상기 전극층(120)은 열전층(110) 상에 형성되어 열전층(110)에 온도 구배에 의해 형성된 즉, 열에너지가 전기 에너지로 변환된 전력을 외부로 전달하는 역할을 한다. 상기 전극층(120)을 구성하는 전극들은 백금(Pt) 재질로 구성될 수 있으며, 포토리소그래피(Photolithography) 공정과 DC 스퍼터링 공정에 의해서 열전층(110) 상에 형성될 수 있다.
- [0037] 상기 전극층(120)은 도 1 및 도 2에 구체적으로 도시된 바와 같이 양측에 평행하게 형성된 주전극부(121)와, 주전극부(121)와 직교하며 연결되는 복수의 부전극부(122)로 구성될 수 있다. 주전극부와 부전극부는 사다리 형태 외에 다양한 형상으로 연결될 수 있으며, 이에 따라 주전극부와 부전극부가 항상 직교하는 형태로 연결되는 것은 아니다. 이때, 주전극부(122)의 양단부는 도선(도면 미도시)이 별도로 연결되고 전극층을 통해 전달되는 전기는 도선을 통해 외부로 공급된다.
- [0038] 전극층(120)은 포토레지스트(PR : Photo Resist)와 마스크 패턴을 이용한 포토리소그래피 공정을 통해 형성될 때, 전극이 형성될 영역에 마스크 패턴을 형성하고 그 외의 영역에 PR 용액을 도포한 후 광을 조사하여 마스크 패턴 형성 영역에 전극 패턴을 형성하는 포지티브(positive) 방식을 이용할 수 있으며, 전극이 형성될 영역에 PR 용액을 도포하고, 그 외의 영역에 마스크 패턴을 형성한 후 광을 조사하여 PR 용액 도포 영역에 전극 패턴을 형성하는 네거티브(negative) 방식으로 형성될 수 있다.
- [0039] 이와 같은 포지티브 방식과 네거티브 방식은 전극층(120)의 디자인 형태에 따라 제조 과정에서 적절히 선택될 수 있으며, 전극 디자인의 설계 형상에 따라 유리한 방식으로 선택할 수 있다.
- [0040] 상기 전극층(120)을 구성하는 주전극부(121)와 부전극부(122)는 각각 균일한 간격을 이루어 복수개로 형성되는 것이 바람직하며, 주전극부(121)와 부전극부(122)가 열전층(120) 상에서 동일 또는 유사한 두께(t)로 형성되는

것이 바람직하다.

- [0041] 상기 전극층(120)의 두께(t)는 5nm 이상 20nm 이하로 형성될 수 있는 데, 그 두께가 5nm 이하일 경우에는 열전층(110)에서 전력 변환된 전기 에너지의 전달시 저항이 증가하게 되어 전력 효율이 저하될 수 있으며, 전극층(120)의 두께가 20nm 이상일 경우에는 전극층의 배면측에서 흐르는 전류(back flow current)가 증가하게 되어 전력 효율이 저하될 수 있다. 이때, 상기 전극층(120)의 두께는 백 플로우 커런트를 최소로 하면서 전력 전달의 저항을 최소로 하여 전력 효율이 최대화되는 15nm의 두께로 설계함이 가장 바람직하다.
- [0042] 또한, 상기 주전극부(121) 및 부전극부(122)의 길이(l)는 6mm 이상, 그 폭(w)은 0.1mm 이상으로 형성될 수 있으며, 상기 주전극부(121)를 직교하며 연결하는 부전극부(122)는 일렬로 복수개 형성되되, 그 간격(i)이 0.6mm 내지 0.7mm로 형성됨이 바람직하다.
- [0043] 여기서, 상기 주전극부(121)와 부전극부(122)의 길이가 6mm 이하로 형성될 경우, 스핀 디퓨전 길이(spin diffusion length)가 충분히 확보되지 않기 때문에 스핀 제백 효과를 나타낼 수 있는 스핀 커런트(spin current)가 확보되지 않아 온도 구배에 따른 충분한 전력 변환이 이루어지지 않기 때문에 에너지 변환 효율이 저하될 수 있으므로, 그 길이를 6mm 이상의 충분한 길이로 형성함이 바람직하다.
- [0044] 또한, 상기와 같은 이유로 주전극부(121)와 부전극부(122)의 폭도 0.1mm 이상으로 형성될 수 있다.
- [0045] 이와 같이 구성된 본 발명의 스핀 열전 소자(100)는 열전층(110)이 졸-겔법에 의해 제작됨에 따라 플렉시블한 표면이나 곡면 등에 적용 가능한 다양한 형상으로 형성될 수 있으며, 이에 따라 도트(dot) 형태 또는 격자 형태로 형성될 수 있다. 이때, 도트 형태 또는 격자 형태의 스핀 열전 소자들은 열전층 상에 다양한 디자인의 전극층이 형성될 수 있다.
- [0046] 핀 열전 소자들은 별도의 열원(heat source) 없이 태양광을 직접 열원으로 이용하여 전기 에너지를 발생시킬 수 있다. 이에 따라 스핀 열전 소자를 자동차 또는 선박의 강판 표면에 채용하여 태양광에 의한 열에너지를 전기 에너지로 변환하여 사용할 수 있는 분야에 응용이 가능할 수 있다.
- [0047] 또한, 플렉시블한 소재에 부착 가능한 형태로 압전층이 제작될 경우 시계나 스마트워치 등의 웨어러블 기기에 채용되어 인체의 체온을 열원으로 이용함에 의해서 전기 에너지를 생성시킬 수 있다.
- [0048] 한편, 도 4는 본 발명에 따른 다른 스핀 열전 소자의 다른 실시예 사시도이고, 도 5는 도 4의 단면도이다.
- [0049] 도시된 바와 같이, 본 실시예의 스핀 열전 소자(100)는 압전층(110)과, 압전층(110) 상에 형성된 전극층(120)이 형성되고, 전극층(120) 상에 열원으로 이용되는 태양전지(200)가 부착될 수 있다.
- [0050] 본 실시예의 스핀 열전 소자(100)는 태양광을 열원으로 직접 이용할 수 있는 위치에 장착될 수 없는 경우에 별도의 열원으로 태양전지를 부착하여 열전층(110) 상에 온도 구배가 발생되도록 함에 의해서 열에너지를 전기 에너지로 변환될 수 있도록 할 수 있다.
- [0051] 본 실시예에서 압전층(110)을 제작할 때 졸-겔법을 이용하는 것과, 압전층(110) 상에 전극층(120)을 형성하고 상기 전극층(120)의 구성은 앞서 설명한 실시예와 동일한 것이어서 이에 대해서 중복되는 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0052] 상기 압전층(110) 상에 부착된 태양전지(200)는 집광형 태양전지인 CPV(concentrating photovoltaics)형이 바람직하다.
- [0053] 하기에 도시된 도 6은 본 실시예에 따른 CPV형의 태양전지가 부착된 스핀 열전 소자의 전사 모의 시뮬레이션시 온도 분포의 측면도이다.
- [0054] 도시된 바와 같이, 태양전지(200)가 부착된 압전층(110)의 상면에서부터 하면측으로 온도 구배가 형성되기 때문에 압전층(110)의 상면에 전극층(120)이 형성되고, 전극층(120) 상에 태양전지(200)가 부착되었을 때 온도 구배에 의한 전력 변환 효율이 더 향상되는 것을 알 수 있다.
- [0056] 이와 같이 구성된 본 실시예의 스핀 열전 소자에 대한 제조방법을 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0057] 먼저, 본 실시예의 스핀 열전 소자는 YIG 재료를 혼합하고, 졸-겔법에 의해 열전층을 제조한다. 이때, 열전층은 도트 형태 또는 격자 형태를 비롯한 다양한 형태로 제작될 수 있다.

- [0058] 상기 열전층의 제조 과정을 좀 더 구체적으로 살펴보면, 물에 구연산(citric acid)이 혼합된 용액에 질산이트륨(Yttrium nitrate)과 질산철(iron nitrate)을 넣고 저온에서 합성하여 졸(sol)을 생성한다.
- [0059] 다음, 졸 상태의 YIG 용액을 완전 건조시켜 겔(gel) 상태의 YIG 파우더가 형성되며, YIG 파우더의 입자가 균일해지도록 그라인딩 공정을 수행한다.
- [0060] 그리고, 상기 YIG 파우더를 도가니에 평평하게 담아 1차 열처리에 의한 칼시네이션(calcination) 공정을 수행하고, 프레스 공정을 통해 YIG 필렛으로 제작된다.
- [0061] 다음으로, 가열로에 분위기 파우더와 YIG 필렛을 교대로 적층하고 2차 열처리에 의한 신터링(sintering) 공정을 수행한 후 표면을 폴리싱 가공하여 다양한 형상의 열전층이 제작될 수 있다.
- [0062] 이때, 상기 칼시네이션 공정에 의한 1차 열처리시 YIG 파우더가 결정화되어 필렛으로 제작되며, YIG 파우더의 결정화는 850℃에서 확인되었다.
- [0063] 또한, 신터링 공정에 의한 2차 열처리시 YIG 필렛은 열전층으로 채워지는 YIG 열전소자로 제작되면서 강자성 특성(ferrimagnet hysteresis loop)이 향상되는 것을 확인하였으며, 강자성 특성이 향상되는 2차 열처리 온도는 1400℃임이 확인되었다.
- [0064] 아래의 표 1은 YIG 재료의 열전층에 대하여 1차 열처리만 수행한 YIG 열전층과 1, 2차 열처리를 순차적으로 수행한 YIG 열전층의 특성 비교표이다.

표 1

[0065]	칼시네이션 공정 온도	신터링 공정 온도	Magnetixation (emu/g)	Coercivity (Oe)	M _r (emu/g)
	850℃	-	0.9735	5895	0.475
	850℃	1400℃	3.6	22.28	0.2913

- [0066] 상기 표 1에 기재된 바와 같이, 2차 열처리를 수행한 열전층의 강자성 특성(Magnetization, emu/g)이 현저히 우수함을 확인할 수 있다.
- [0067] 한편, 상기와 같이 제작된 열전층 상에 전극층을 형성한다. 상기 전극층은 백금(Pt) 재질을 이용하여 포토리소그래피(Photolithography) 공정과 DC 스퍼터링 공정에 의해 형성될 수 있다.

[0069] 열전층의 제조 실시예

- [0070] 증류수 100ml에 구연산(citric acid) 4.611g을 혼합하고 핫플레이트(hot plate)에서 18시간동안 300rpm으로 교반한다. 구연산이 혼합된 용액의 산성도가 PH1(오렌지색)이 됨을 확인하고 교반 작업을 종료한다.
- [0071] 다음, 구연산 용액에 질산이트륨(Yttrium nitrate) 3.475g과 질산철(iron nitrate) 6.060g을 넣고 24시간 동안 100rpm, 80℃의 저온으로 합성시켜 YIG 용액을 제조한다.
- [0072] 그리고, YIG 용액을 비이커에 담아 핫플레이트 상에서 YIG 용액의 실제 온도가 100℃가 되도록 핫플레이트를 280℃로 셋팅하여 YIG 용액을 완전 건조시킨다. 이 후에 건조된 YIG 파우더를 균일한 입자가 되도록 그라인딩하고, 도가니에 넣어 칼시네이션(Calcination) 공정을 통해 850℃로 2시간동안 1차 열처리한다. 다음, 편평한 용기에 0.5g의 파우더를 담고 1.5t의 압력으로 1분동안 프레스하여 YIG 필렛을 제작한다.
- [0073] 다음으로, 소정 형상의 세라믹 용기에 필렛을 분위기 파우더와 교대로 적층하고 가열로에서 신터링(sintering) 공정을 통해 2시간동안 1400℃로 2차 열처리한다.
- [0075] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 기술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내고 설명하는 것에 불과하며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉, 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위 내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 전술한 실시 예들은 본 발명을 실시하는데 있어 최선의 상태를 설명하기 위한 것이며, 본 발명과 같은 다른 발명을 이용하는데 당업계에 알려진 다른 상태로의 실시, 그리고 발명의 구체적인 적

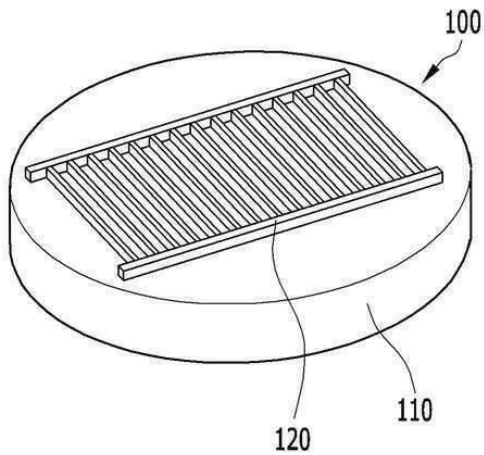
용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서, 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

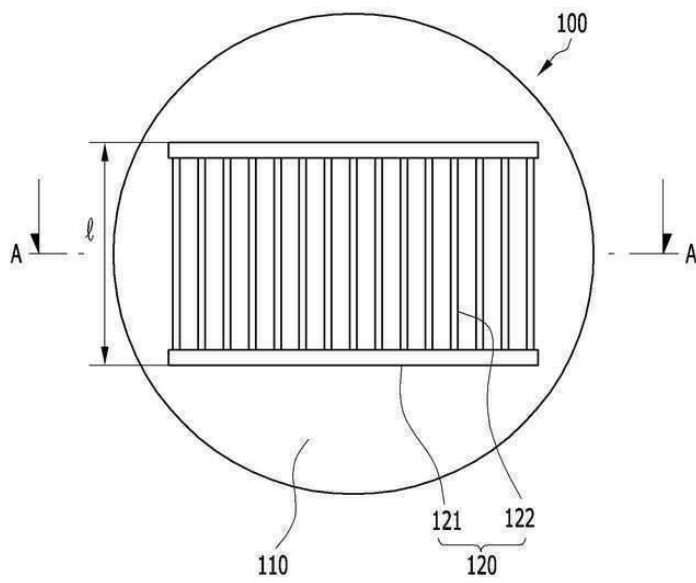
- 100. 스핀 열전 소자
- 110. 열전층
- 120. 전극층
- 121. 주전극부
- 122. 부전극부
- 200. CPV

도면

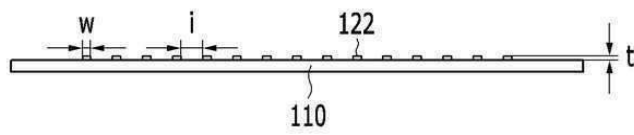
도면1



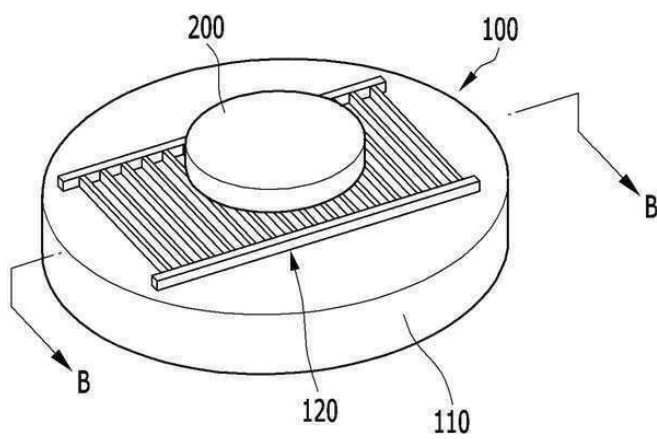
도면2



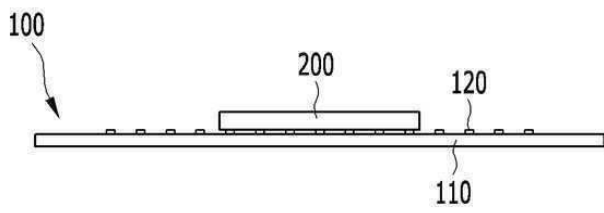
도면3



도면4



도면5



도면6

