



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0130723
(43) 공개일자 2017년11월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C09D 5/00 (2006.01) C09D 1/00 (2006.01)

C09D 7/00 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C09D 5/00 (2013.01)

C09D 1/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0061267

(22) 출원일자 2016년05월19일

심사청구일자 2016년05월19일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

손재성

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

박성훈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 11 항

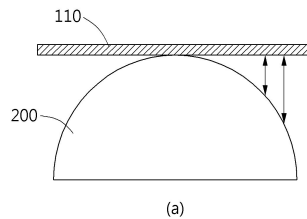
(54) 발명의 명칭 Bi₂Te₃계 열전 소재용 페인트 및 열전 소재와 그 제조방법

(57) 요약

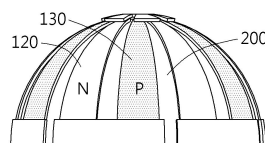
본 발명은, Bi₂Te₃계 열전 소재용 페인트 및 열전 소재와 그 제조방법에 관한 것으로서, 본 발명에서 제공하는 열전 소재용 페인트는 극성 용매; Sb₂Te_x, Bi₂Te_x (3 ≤ x ≤ 7) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제; 및 Bi_{2-y}Sb_yTe_{3-z}Se_z (0 ≤ y ≤ 2, 0 ≤ z ≤ 1) 열전 입자;를 포함한다.

열전 소재

대표도 - 도1



(a)



(b)

(52) CPC특허분류

C09D 7/001 (2013.01)

H01B 1/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711031414

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구자지원

연구과제명 나노입자 아키텍처링을 통한 다중구조 복합형 열전 소재 개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

극성 용매;

Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제; 및

$\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$) 열전 입자;를 포함하는

Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 소결 조제의 중량은, 상기 열전 입자 중량의 1 % 내지 25 % 인 것인,

Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트.

청구항 3

Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제를 준비하는 단계;

$\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$)를 포함하는 열전 입자를 극성 용매에 용해하여 열전 입자 용액을 형성하는 단계; 및

상기 소결 조제를 상기 열전 입자 용액에 분산시켜 혼합 용액을 제조하는 단계;를 포함하는,

Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트의 제조방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 소결 조제를 준비하는 단계는, Sb, Bi 또는 이 둘의 출발원료와, Te의 출발원료를 용매에 용해시켜, Sb, Bi 또는 이 둘 및, Te 혼합 용액을 제조하는 단계를 포함하고,

상기 용매는, 알킬티올(alkylthiol), 알킬디티올(alkyldithiol) 또는 이 둘; 및 알킬아민(alkylamine), 알킬디아민(alkyldiamine) 또는 이 둘;을 포함하는 것인,

Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트의 제조방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 극성 용매는, 유전상수가 10 내지 50 인 것인,

Bi₂Te₃계 열전 소재용 페인트의 제조방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항의 Bi₂Te₃계 열전 소재용 페인트를 기판에 도포하는 단계;

상기 도포된 페인트를 건조하는 단계; 및

상기 건조된 페인트를 소결하는 단계;를 포함하는,

Bi₂Te₃계 열전 소재의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 건조하는 단계;의 건조 온도는 60 ℃ 내지 200 ℃ 인 것인,

Bi₂Te₃계 열전 소재의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 소결하는 단계;의 소결 온도는 300 ℃ 내지 450 ℃ 인 것인,

Bi₂Te₃계 열전 소재의 제조방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 도포하는 단계;는 복수 회 반복하는 것인,

Bi₂Te₃계 열전 소재의 제조방법.

청구항 10

제6항 내지 제9항 중 어느 한 항의 Bi₂Te₃계 열전 소재의 제조방법으로 제조된 열전 소재에 있어서,

밀도가 3.1 g/cm³ 이상인 것인,

Bi₂Te₃계 열전 소재.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 Bi₂Te₃계 열전 소재는, 1 μm² 내지 2500 μm² 인 평균 단면적을 가지는 결정립을 포함하는 것인,

Bi₂Te₃계 열전 소재.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트 및 열전 소재와 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 곡면의 열원에도 열전 소재를 형성할 수 있는 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트와, 그로부터 제조된 열전 소재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 열전 효과는, 열에너지가 전기에너지로 직접적으로 전환되는 효과로서 지속가능한 에너지를 제공할 수 있는 측면에서 미래의 에너지원으로서, 매력적인 영역이다.
- [0004] 그럼에도 불구하고, 이러한 열전 효과의 응용을 제한하는 중요한 원인으로, 열전 재료의 낮은 에너지 변환효율이 항상 문제되어왔다. 열전 재료의 성능은 무차원 성능 지수(dimensionless figure of merit)로 표현되며, 이는 아래의 수학적 식 1과 같이 정의되는 성능지수(ZT)값을 사용하고, 높은 값일수록 열전 재료의 성능이 우수함을 의미한다.

- [0006] 수학적 식 1

$$ZT = \frac{S^2 \sigma T}{K}$$

- [0007]
- [0008] 여기서, ZT는 성능지수(figure of merit), S는 제벡계수(Seebeck coefficient), σ 는 전기전도도, T는 절대온도, K는 열전도도이다. 전기전도도와 제벡계수는 어느 한쪽의 성능을 증가시키면 다른 한쪽이 감소하는 상반 관계를 나타낸다. 상기 수학적 식 1에 나타난 바와 같이, 열전재료의 성능지수 ZT 값을 증가시키기 위해서, 전기전도도와 제벡계수는 증가시키고 열전도도는 감소시키기 위한 연구가 진행되어 왔다.

- [0010] 한편, 상기 열전 효과의 실제 적용에 있어서는, 열전 모듈과 열원 표면간의 불완전한 접촉 때문에 발생하는 열 손실을 감소하기 위한 방법이 문제되었다. 열전 모듈이 적용되는 대다수의 열원은 불균형한 형태를 가지지만, 평면 구조의 전통적인 열전 소재는 열원과의 효과적인 접촉을 형성하기 어려워 항상 커다란 열손실을 감수해야 했다. 이는, 산업에 있어, 열전 모듈의 적용이 어려워지는 또 하나의 원인으로 남아있었다.

- [0011] 상기 문제에 대한 종래의 방법은, 열원의 형상에 부합하도록 제조과정에서 소자의 유연성을 일정수준 확보할 수 있는, 잉크를 사용한 프린팅 기법과 같은 방법을 통해 열전 소재를 제조하는 것이었다. 그러나, 이러한 잉크를 사용한 프린팅 기법에도 적어도 두 가지 난점이 있었다. 첫 번째는, 열전 물질들간의 전기적인 연결을 위해 필수적으로 포함되는 유기 전도체 바인더에 의해 발생하는 열전 성능 저하이다. 두 번째는, 스크린 프린팅 방식 또는 잉크젯 방식 등의 종래의 프린팅 공정 방법으로는, 열전 물질을 곡면에 형성할 수 없다는 점이다.

- [0012] 이로 인해 현장에서는, 우수한 열전 성능을 갖는 새로운 열전 물질 및 곡면 열원에 적용 가능한 열전 소재의 구현에 대한 연구의 필요가 존재해 왔다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 우수한 열전 효과를 갖는 새로운 열전 물질을 포함하면서도, 곡면으로도 소자의 제작이 가능한 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트 및 열전 소재와 그 제조방법을 제공하는 것이다.

[0015] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 극성 용매; Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제; 및 $Bi_{2-y}Sb_yTe_{3-z}Se_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$) 열전 입자;를 포함하는 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트 열전 소재가 제공된다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 소결 조제의 중량은, 상기 열전 입자 중량의 1 % 내지 25 % 인 것일 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제를 준비하는 단계; $Bi_{2-y}Sb_yTe_{3-z}Se_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$)를 포함하는 열전 입자를 극성 용매에 용해하여 열전 입자 용액을 형성하는 단계; 및 상기 소결 조제를 상기 열전 입자 용액에 분산시켜 혼합 용액을 제조하는 단계;를 포함하는, Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트의 제조방법이 제공된다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 소결 조제를 준비하는 단계는, Sb, Bi 또는 이 둘의 출발원료와, Te의 출발원료를 용매에 용해시켜, Sb, Bi 또는 이 둘 및, Te 혼합 용액을 제조하는 단계를 포함하고, 상기 용매는, 알킬티올(alkylthiol), 알킬디티올(alkyldithiol) 또는 이 둘; 및 알킬아민(alkylamine), 알킬디아민(alkyldiamine) 또는 이 둘;을 포함하는 것일 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 극성 용매는, 유전상수가 10 내지 50 인 것일 수 있다.

[0024] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 상기 어느 하나의 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트를 기판에 도포하는 단계; 상기 도포된 페인트를 건조하는 단계; 및 상기 건조된 페인트를 소결하는 단계;를 포함하는, Bi_2Te_3 계 열전 소재의 제조방법이 제공된다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 건조하는 단계;의 건조 온도는 60 °C 내지 200 °C 인 것일 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 소결하는 단계;의 소결 온도는 300 °C 내지 450 °C 인 것일 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 도포하는 단계;는 복수 회 반복하는 것일 수 있다.

[0029] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 상기 어느 하나의 Bi_2Te_3 계 열전 소재의 제조방법으로 제조된 열전 소재에 있어서, 상기 Bi_2Te_3 계 열전 소재는 밀도가 3.1 g/cm^3 이상인 것일 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 Bi_2Te_3 계 열전 소재는, $1 \mu\text{m}^2$ 내지 $2500 \mu\text{m}^2$ 인 평균 단면적을 가지는 결정립을 포함하는 것일 수 있다.

발명의 효과

[0032] 본 발명의 일 실시예에서 제공하는 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트에 따르면, Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제 및 상온에서 우수한 열전 성능을 보이는 $Bi_{2-y}Sb_yTe_{3-z}Se_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$) 열전 입자를 포함함으로써, 높은 열전 성능을 발휘하는 열전 물질을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명의 다른 일 실시예에서 제공하는 Bi_2Te_3 계 열전 소재에 따르면, 높은 열전 성능을 유지하면서도, 평면 및 곡면을 포함하는 다양한 형상을 가진 열전 소재의 구현이 가능해지는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0034]

도 1(a)는, 곡면의 열원에 종래의 기술로 제조된 평면형 열전 소재가 형성된 모양을 나타내는 개념도이다.

도 1(b)는, 곡면의 열원에 본 발명의 일 실시예에 따른 반구(hemisphere)형 열전 소재가 형성된 모양을 나타내는 개념도이다.

도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따라, 페인팅 기법으로 반구형 곡면 기관 상에 열전 소재를 제조하는 공정에 대한 개념도이다.

도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재와, 다른 타입으로 제조된 열전 소재들 간의 ZT 값을 비교하는 그래프이다.

도 4(a)는, 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한, N-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경(SEM) 사진이다.

도 4(b)는, 같은 조건 하에서 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하지 않고 제조한, N-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경 사진이다.

도 4(c)는, 같은 조건 하에서 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한, P-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경 사진이다.

도 4(d)는, 같은 조건 하에서 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하지 않고 제조한, P-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경 사진이다.

도 5(a)는, 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한 열전 소재와, 같은 조건 하에서 상기 소결 조제를 포함하지 않고 제조한 열전 소재의 밀도를 나타내는 그래프이다.

도 5(b)는, 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한 열전 소재와, 같은 조건 하에서 상기 소결 조제를 포함하지 않고 제조한 열전 소재의 상온에서의 전기전도도를 나타내는 그래프이다.

도 6(a)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 ZT 값을 나타내는 그래프이다.

도 6(b)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 전기전도도를 나타내는 그래프이다.

도 6(c)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 제벡계수(Seebeck coefficient)를 나타내는 그래프이다.

도 6(d)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 열전도도를 나타내는 그래프이다.

도 7은, 본 발명의 일 실시예에 따른, 복수 회 반복하여 페인팅함으로써 제조한 열전 소재의 페인팅된 열전 층의 단면에 대한 주사전자현미경 사진이다.

도 8(a)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 평면 형태로 제조된 열전 소재의 개념도이다.

도 8(b)는, 평면 폴리이미드 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 평면 형태로 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다.

도 8(c)는, 평면 폴리이미드 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 평면 형태로 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

도 8(d)는, 평면 유리 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다.

도 8(e)는, 평면 유리 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

도 9(a)는, 헤미-실린더(hemi-cylinder) 형태의 기관 안쪽에 오목한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조

된 열전 소재의 개념도이다.

도 9(b)는, 헤미-실린더 형태의 기관 안쪽에 오목한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다.

도 9(c)는, 헤미-실린더 형태의 기관 안쪽에 오목한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

도 10(a)는, 헤미-실린더(hemi-cylinder) 형태의 기관 바깥쪽에 볼록한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의 개념도이다.

도 10(b)는, 헤미-실린더 형태의 기관 바깥쪽에 볼록한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다.

도 10(c)는, 헤미-실린더 형태의 기관 바깥쪽에 볼록한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

도 11(a)는, 반구(hemisphere) 형태의 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의 개념도이다.

도 11(b)는, 반구 형태의 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다.

도 11(c)는, 반구 형태의 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다. 아래 설명하는 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있다. 아래 설명하는 실시예들은 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0036] 실시예에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 실시예를 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0037] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0038] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0040] 도 1(a)는, 곡면의 열원에 종래의 기술로 제조된 평면형 열전 소재(110)가 형성된 모양을 나타내는 개념도이다. 종래의 기술에 따르면, 열원(heat source)(200)의 형태가 곡면을 포함하는 경우에도, 열전 소재를 평면 형으로 제조할 수 밖에 없어, 열원과의 거리가 발생하고 접촉 면적이 작아짐에 따라, 열전 성능이 떨어지는 문제가 있었다.
- [0041] 반면, 도 1(b)는, 곡면의 열원(200)에 본 발명의 일 실시예에 따른 반구(hemisphere)형 열전 소재가 형성된 모양을 나타내는 개념도이다. 본 발명의 일 실시예에서 제공하는 열전 소재에 따르면, N-타입(120) 및 P-타입(130)의 열전 소재가, 반구형 열원의 표면을 감싸는 구조로 형성될 수 있다. 즉, 열원의 형태가 곡면을 포함하는 경우에도, 본 발명의 일 실시예에서 제공하는 열전 페인트를 이용하면, 열원 형태에 대응되는 다양한 형태의 소자 제조가 가능해진다. 이로써, 본 발명의 일 측면에 따르면, 소자의 높은 열전 성능이 확보되는 효과가

있다. 하기에서는 먼저, 상기와 같은 곡면을 포함하는 열전 소재를 제조할 수 있는 열전 페인트에 대해서 설명한다.

- [0043] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 극성 용매; Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제; 및 $\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$) 열전 입자;를 포함하는 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트가 제공된다.
- [0044] Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제를 함께 포함시킴으로써, $\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$) 열전 입자를 포함하는 열전 소재용 페인트가 소결 과정에서 높은 밀도와 큰 결정립 크기를 갖게 될 수 있다. 이는, 본 발명의 일 실시예에서 제공하는 열전 소재의 높은 ZT 값, 전기전도도 및 제백계수와, 낮은 열전도도를 구현할 수 있게 하는, 본 발명의 중요한 기술적 구성에 해당한다. 소결 조제는, Sb_2Te_3 성분을 포함하는 것이면, 본 발명에서는 특별히 한정하지 아니한다.
- [0045] 본 발명의 일 측면에서 제공하는, 상기 $\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ 의 4원계 조성 및 그 조성비는, 상대적으로 낮은 온도에서, 우수한 열전 성능을 발휘할 수 있는 열전 물질의 조합에 해당한다. 열전 입자는 $\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ 성분을 포함하는 것이면, 본 발명에서는 특별히 한정하지 아니한다. 이 때, 상기 y는 0 이상 2 이하인 것이 바람직하다. 상기 z는 0 이상 1 이하인 것이 바람직하다. 상기 y 및 z 는 0 또는 자연수일 수 있고, 소수일 수도 있다. 또한, 상기 y는 0이고, 상기 z는 0.1 내지 0.6인 것이 보다 바람직하다. 상기 y는 0이고, 상기 z는 0.1 내지 0.6일 때, 높은 성능을 갖는 N-타입의 열전 소재가 구현될 수 있다. 또한, 상기 y는 1.2 내지 1.8 이고, z는 0인 것이 보다 바람직하다. 상기 y는 1.2 내지 1.8 이고, z는 0일 때, 높은 성능을 갖는 P-타입의 열전 소재가 구현될 수 있다.
- [0047] 본 발명의 일 예로, 상기 소결 조제의 중량은, 상기 열전 입자 중량의 1 % 내지 25 % 인 것일 수 있다. 상기 소결 조제는 상기 열전 입자 사이에 일정한 비율로 포함되어, 소결된 열전 재료의 성능을 향상시키는 역할을 수행할 수 있다. 소결 조제의 중량이 상기 열전 입자 중량의 1 % 미만의 경우, 소결 조제를 포함시킴으로써 의도한 상기 향상 효과가 미미하게 발생하는 문제점이 생길 수 있고, 25 % 초과인 경우, $\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$)를 포함하는 열전 입자가 부족해, 4원계 열전 입자 자체의 열전 성능이 구현되지 않는 문제점이 생길 수 있다.
- [0049] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제를 준비하는 단계; $\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$)를 포함하는 열전 입자를 극성 용매에 용해하여 열전 입자 용액을 형성하는 단계; 및 상기소결 조제를 상기 열전 입자 용액에 분산시켜 혼합 용액을 제조하는 단계;를 포함하는, Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트의 제조방법이 제공된다.
- [0050] 소결 조제를 준비하는 단계에서는, Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제가 제공된다. 이후, 극성 용매에, $\text{Bi}_{2-y}\text{Sb}_y\text{Te}_{3-z}\text{Se}_z$ ($0 \leq y \leq 2$, $0 \leq z \leq 1$)를 포함하는 열전 입자를 용해할 수 있다. 그 다음, 소결 조제를 열전 입자 용액에 분산시켜 혼합 용액을 형성할 수 있다. 혼합 용액 내에서, 소결 조제 및 열전 입자들은 상 분리 없는 안정한 서스펜션 상태를 형성하게 된다. 본 발명의 일 측면에서는, 극성 용매에 준비된 소결 조제를 먼저 분산시키고 난 후, 열전 입자를 극성 용매에 용해시킴으로써 혼합 용액을 형성할 수도 있다. 소결 조제는, 극성 용매 내에서 열전 입자와 혼합되어, 본 발명의 일 측면에서 제공하는 페인트를 형성하게 되고, 궁극적으로는 높은 밀도 및 큰 결정립을 갖도록 소결되어 우수한 열전 성능을 갖는 열전 소재를 형성하게 된다.
- [0052] 본 발명의 일 예로, 상기 소결 조제를 준비하는 단계는, Sb, Bi 또는 이 둘의 출발원료와, Te의 출발원료를 용매에 용해시켜, Sb, Bi 또는 이 둘 및, Te 혼합 용액을 제조하는 단계를 포함하고, 상기 용매는, 알킬티올(alkylthiol), 알킬디티올(alkyldithiol) 또는 이 둘; 및 알킬아민(alkylamine), 알킬디아민(alkyldiamine) 또는 이 둘;을 포함하는 것일 수 있다.

- [0053] Sb의 출발원료 또는 Bi의 출발원료와, Te의 출발원료는, 각각 Sb 벌크(bulk), Bi 벌크, Te 벌크일 수 있다. 상기 출발원료가 용해되는 용매는, 알킬티올(alkylthiol), 알킬디티올(alkyldithiol) 또는 이 둘; 및 알킬아민(alkylamine), 알킬디아민(alkyldiamine) 또는 이 둘;을 포함하는 것일 수 있다. 또한 상기 출발원료가 용해되는 용매는, 히드라진-프리(hydrazine-free)인 것일 수도 있다. 통상적으로 열전 물질의 용해에 사용되는 히드라진(N_2H_4)은, 높은 수준의 독성으로 인해, 본 발명의 소결 조제를 준비하는 단계의 용매에서 제외할 수도 있다.
- [0055] 이 때, 상기 Sb, Bi 또는 이 둘 및, Te 혼합 용액 내에 용해된 Sb, Bi 또는 이 둘 및, Te의 출발원료들은, 이온성 입자로 존재할 수 있다. 이 후, 100℃ 정도의 적절한 열처리를 가하고 상온 건조과정을 거쳐 Sb_2Te_x , Bi_2Te_x ($3 \leq x \leq 7$) 또는 이 둘을 포함하는 소결 조제를 확보할 수 있다.
- [0057] 본 발명의 일 예로, 상기 극성 용매는, 유전상수가 10 내지 50 인 것일 수 있다. 유전상수는, 물체가 전기를 띠게 된 경우 대전된 상태가 얼마나 지속되는가에 대한 척도로서, 전기에너지의 저장능력을 평가하는 지표가 된다. 상기 극성 용매의 유전상수는, Bi_2Te_3 계 열전 소재의 열전 성능을 결정하는 하나의 요인이 될 수 있다. 상기 극성 용매의 유전상수가 10 미만 또는 50 초과일 경우, 침전이 형성되는 문제점이 있을 수 있다. 상기 극성 용매는, 디메틸설폭사이드(dimethylsulfoxide), 디메틸포름아마이드(dimethylformamide), 에틸렌디아민(ethylenediamine), 에틸렌글리콜(ethylene glycol), 글리세롤(glycerol)에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함하는 것일 수 있다. 이 때, 상기 하나 이상의 극성 용매 물질과 그 조합 비율을 적절하게 결정함으로써, 필요에 따라 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트의 점도 및 증발 온도를 설계할 수 있다.
- [0059] 본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 상기 어느 하나의 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트를 기판에 도포하는 단계; 상기 도포된 페인트를 건조하는 단계; 및 상기 건조된 페인트를 소결하는 단계;를 포함하는, Bi_2Te_3 계 열전 소재의 제조방법이 제공된다. 상기 도포하는 단계의 도포 방법은, 열원에 페인트가 도포될 수 있는 수단이라면 본 발명에서는 특별히 한정하지 아니한다. 또한, 상기 도포 방법은 붓을 포함한 도구 또는 장치를 사용하여, 브러싱 또는 페인팅하는 방법을 이용할 수도 있다. 이로써, 종래의 프린팅 스크린 및 잉크젯 방식으로는 구현할 수 없었던, 곡면을 포함하여 열원의 형상에 대응하는 열전 소재를, 간편하고 손쉬운 방식으로 제조할 수 있게 된다. 이러한 열전 소재는, 열원의 형상에 대응하는 넓은 접촉면을 가짐으로써, 우수한 열전 성능을 확보할 수 있다.
- [0060] 도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따라, 페인팅 기법으로 반구형 곡면 기판 상에 열전 소재를 제조하는 공정에 대한 개념도이다. 이와 같이 본 발명에서 제공하는 페인팅 기법에 따르면, 반구형 곡면 열원의 형상에도 그에 대응하는 기판을 형성하고 그 위에 상기 페인트를 브러싱 또는 페인팅 함으로써, 손쉬운 방법으로 접촉 면적이 높은 열전 소재를 형성할 수 있는 장점이 있다.
- [0062] 본 발명의 일 예로, 상기 건조하는 단계;의 건조 온도는 60 ℃ 내지 200 ℃ 인 것일 수 있다. 상기 도포된 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트는, 비교적 낮은 온도인 90 ℃ 내지 200 ℃ 에서 건조될 수 있다. 상기 건조 온도는 90 ℃ 내지 120 ℃ 인 것이 바람직하다. 건조 온도가 60 ℃ 미만의 경우에는 도포된 페인트가 완전히 건조되지 않는 문제가 생길 수 있고, 200 ℃ 초과인 경우에는 갑작스럽게 높은 온도에서 건조함으로써, 크랙이 형성되어 성능을 저하시키는 문제가 생길 수 있다. 또한, 상기 건조하는 단계는, 상기 온도범위 내에서 복수 회 반복하는 것이 보다 바람직하다. 이 때, 첫 회 건조 온도를 낮게 형성하고, 두 번째 회차 및 세 번째 회차의 건조 온도를 점차 높게 형성하는 방식으로, 점차 온도를 높여가며 건조하는 것이 보다 더 바람직하다. 이와 같은 방식으로 건조함으로써, 건조 과정에서 크랙의 형성을 최소화하여 고성능을 구현할 수 있게 된다.
- [0064] 본 발명의 일 예로, 상기 소결하는 단계;의 소결 온도는 300 ℃ 내지 450 ℃ 인 것일 수 있다. 상기 소결 온도는 400 ℃ 내지 450 ℃ 인 것이 바람직하다. 상기 소결 온도는 430 ℃ 내지 450 ℃ 인 것이 보다 바람직하다. 이 때, 소결 온도를 증가시킬수록, 상기 소결되는 페인트의 결정립 크기 및 밀도가 점차 증가하게 된다. 다만,

450 ℃ 를 초과할 경우에는, 용매 외에 Te 성분이 추가적으로 증발하게 되는데, 이로 인해 소결되는 페인트의 밀도가 감소하고 Te 성분의 결함이 발생하여, 열전 소재의 성능이 감소하는 문제점이 발생할 수 있다.

[0065]

[0066]

본 발명의 일 예로, 상기 도포하는 단계;는 복수 회 반복하는 것일 수 있다. 상기 도포하는 단계는 수십 μm 내지 수백 μm 의 비교적 두꺼운 두께의 열전 소재를 제조하기 위하여, 복수 회 반복하는 것일 수 있다. 본 발명의 일 측면에서 제공하는 열전 소재의 제조방법에 따르면, 소자가 적용될 열원의 온도, 환경 및 형상을 고려하여 적합한 열전 소재를 제조할 때, 단지 복수 회 반복하여 페인트를 도포하는 것만으로도 원하는 두께의 열전 소재 구현이 가능해질 수 있다.

[0068]

본 발명의 다른 일 실시예에 따르면, 상기 어느 하나의 Bi_2Te_3 계 열전 소재의 제조방법으로 제조된 열전 소재에 있어서, 상기 Bi_2Te_3 계 열전 소재는 밀도가 3.1 g/cm^3 이상인 것일 수 있다. 본 발명의 일 측면에서 제공하는 상기 제조방법으로 제조된 열전 소재는, 종래의 방법으로 제조된 Bi_2Te_3 계 열전 소재들에 비해, 상당히 높은 밀도를 갖는 특징이 있다. 이는, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 열전 소재의 우수한 열전 성능을 구현할 수 있게 하고 타 열전 소재들과 차별화를 가능하게 하는, 본 발명의 핵심적인 요소에 해당한다.

[0070]

본 발명의 일 예로, 상기 Bi_2Te_3 계 열전 소재는, $1 \mu\text{m}^2$ 내지 $2500 \mu\text{m}^2$ 인 평균 단면적을 가지는 결정립을 포함하는 것일 수 있다. 본 발명의 일 측면에서 제공하는 상기 제조방법으로 제조된 열전 소재는, 종래의 방법으로 제조된 Bi_2Te_3 계 열전 소재들에 비해, 큰 평균 단면적의 결정립들을 포함하는 특징이 있다. 이는, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 열전 소재의 우수한 열전 성능을 구현할 수 있게 하고, 타 열전 소재들과 차별화를 가능하게 하는, 본 발명의 또 다른 핵심적인 요소에 해당한다.

[0072]

본 발명의 일 예로, 상온에서의 ZT 값은, N-타입의 경우 0.5이상, P-타입의 경우 0.9이상이거나, 상온에서의 전기전도도는, 600 S/cm 이상이거나, 상온에서의 제백계수는, N-타입의 경우 $110 \text{ } \mu\text{V/K}$ 이상, P-타입의 경우 $160 \text{ } \mu\text{V/K}$ 이상이거나, 상온에서의 열전도도는, 0.6 W/m-K 이하인 것일 수 있다. 본 발명의 일 측면에서 제공하는 상기 제조방법으로 제조된 열전 소재는, 종래의 방법으로 제조된 Bi_2Te_3 계 열전 소재들에 비해, 높은 ZT 값, 높은 전기전도도, 큰 제백계수 및 낮은 열전도도를 갖는 특징이 있다. 이는, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 열전 소재의 우수한 열전 성능을 구현할 수 있게 하고 타 열전 소재들과 차별화를 가능하게 하는, 본 발명의 또 다른 특징적인 구성에 해당한다.

[0073]

도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재와, 다른 타입으로 제조된 열전 소재들 간의, ZT 값을 비교하는 그래프이다. 도 3은, 다양한 타입으로 제조된 열전 소재들의, 보고된 사례 중 가장 높은 ZT 값과, 본 발명의 일 실시예에 따라 이상적인 조건에서 페인팅 기법으로 평면 기판 상에 제조된 열전 소재의 ZT 값이 제공되어 있다. 공정의 적절화를 통해, 본 발명의 일 측면에서 제공하는 열전 소재의 ZT 값은, N-타입 0.69, P-타입 1.15까지 확보할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 측면에서 제공하는 N-타입 및 P-타입의 열전 소재는, 종래의 벌크 타입 물질로 제조된 열전 소재들과 각각 대등하고, 종래의 프린팅 기법으로 제조된 열전 소재에 비하면 3배 이상으로 대단히 높은 ZT 값을 보이고 있다. 이로써, 본 발명에서 제공하는 열전 소재의 우수한 성능을 간접적으로 확인할 수 있다.

[0075]

이하, 하기 실시예 및 비교예를 참조하여 본 발명을 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상이 그에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0077]

실시예

[0078]

Sb_2Te_3 를 포함하는 소결 조제를 준비하기 위해, Sb 0.32 g 과 Te 0.68 g을 에탄티올 2 ml - 에틸렌디아민 8 ml

의 혼합 용매에 투입하고, 6 시간 동안의 stirring 과정을 통해 완전히 용해시켰다. 상기 용액에 40 ml 의 아세트 나이트릴을 첨가하고, 7500 RPM 으로 10 분 동안, 원심분리기를 통해 원심분리하여 Sb_2Te_3 성분을 침전시켰다. 그 다음, 침전된 Sb_2Te_3 성분의 소결 조제를 수득하였다.

- [0079] Bi_2Te_3 계 열전입자는, 기계적인 합금화 과정을 거쳐 준비하였다. Bi, Sb, Te 및 Se 파우더를 N_2 외기 환경에서, N-타입 BTS($Bi_{2.6}Te_{2.7}Se_{0.3}$), P-타입 BST($Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te_{3.0}$)에 해당하도록 화학양론적 비율로 측정하고, 스테인리스 스틸 볼(0.5 inch 지름의 2개 및 0.25 inch 지름의 4개)로 4 시간 내지 5 시간 동안 볼밀 과정을 수행하였다. 합성된 BTS 및 BST의 합금 조성은 XRD 분석으로 확인하였다. 이 후, 45 μm 의 간격의 체로 거르는 공정을 수행하여 BTS 및 BST 뭉친 입자를 제거하였다. 그 다음, 글리세롤 3.6 g - 에틸렌 글리콜 0.4 g 의 극성 용매에 용해하고 1 시간 동안 초음파 처리해서, 점성이 있는 열전 입자 용액을 형성하였다.
- [0080] 상기의 BST 및 BST의 N-타입 및 P-타입 물질이 용해된 각각의 열전 입자 용액에, 상기 Sb_2Te_3 성분의 소결 조제를 분산시키고 1 시간 동안 초음파 처리해서, 최종적으로 소결 조제를 포함하는 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트를 수득하였다.
- [0081] 상기 합성된 N-타입과 P-타입의 Bi_2Te_3 계 열전 소재용 페인트를 붓을 사용하여 5 mm폭으로, 각각의 다양한 형태(평면, 볼록한 곡면, 오목한 곡면 및 반구)의 유리 및 폴리이미드 기판에 페인팅하였다. 상기 기판들은, 친수성화를 위해 상기 페인팅 공정 전에 UV 플라즈마 로 1 시간 동안 처리하였다. 이 후, 페인팅된 기판을 90 $^{\circ}C$ 에서 30 분, 120 $^{\circ}C$ 에서 30 분 및 160 $^{\circ}C$ 에서 30 분동안 순차적으로 건조시켰다. 그 다음, 350 $^{\circ}C$ 내지 450 $^{\circ}C$ 의 적절한 온도에서 10 분 내지 30 분 간 소결하였다. 모든 단계는, N_2 기체가 충만한 챔버 내에서 수행하였다.
- [0082] 이 후, 평면, 볼록한 곡면, 오목한 곡면 및 반구 기판 상에 구현된 열전 소재를 확보하여 각각의 성능을 비교하였다.
- [0084] 도 4는 상기 조건 하에서 제조한 열전 소재로서 본 발명에 해당하는 실시예(a 및 c)의 주사전자현미경 사진과, 동일한 조건 하에서, 상기 Sb_2Te_3 성분의 소결 조제를 포함하지 않고 제조한 열전 소재의 비교예(b 및 d)의 주사전자현미경 사진이다.
- [0085] 도 4(a)는, 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한, N-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경 사진이다. 도 4(b)는, 같은 조건 하에서 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하지 않고 제조한, N-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경 사진이다.
- [0086] 도 4(c)는, 같은 조건 하에서 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한, P-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경 사진이다. 도 4(d)는, 같은 조건 하에서 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하지 않고 제조한, P-타입 열전 소재 표면의 주사전자현미경 사진이다.
- [0087] 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하는 열전 페인트로 열전 소재를 제조할 경우, 소결 과정에서 입자의 조밀도가 올라감으로써 물질의 밀도가 증가하고, 결정립의 평균 단면적이 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0089] 도 5(a)는, 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한 열전 소재와, 같은 조건 하에서 상기 소결 조제를 포함하지 않고 제조한 열전 소재의 밀도를 나타내는 그래프이다. 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한 열전 소재의 경우, 밀도가 3.1 g/cm^3 이상으로, 소결 조제를 포함하지 않은 경우에 비해 훨씬 높은 값을 보이는 것을 확인할 수 있다.
- [0090] 도 5(b)는, 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한 열전 소재와, 같은 조건 하에서 상기 소결 조제를 포함하지 않고 제조한 열전 소재의 상온에서의 전기전도도를 나타내는 그래프이다. 본 발명에서 제공하는 소결 조제를 포함하여 제조한 열전 소재의 경우, 전기전도도가 600 S/cm 이상으로 소결 조제를 포함하지 않은 경우에 비해 훨씬 높은 값을 보이는 것을 확인할 수 있다.
- [0092] 도 6(a)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 ZT 값을 나타내는 그

래프이다. 도 6(b)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 전기전도도를 나타내는 그래프이다. 도 6(c)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 제백계수(Seebeck coefficient)를 나타내는 그래프이다. 도 6(d)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, N-타입 및 P-타입 열전 소재의 소결 온도에 따른 열전도도를 나타내는 그래프이다.

[0093] 상기 그래프들을 통해, 25 °C 내지 125 °C 영역에서 ZT 값은 N-타입의 경우 0.5이상, P-타입의 경우 0.9이상, 제백계수는, N-타입의 경우 110 $\mu\text{V/K}$ 이상, P-타입의 경우 160 $\mu\text{V/K}$ 이상, 열전도도는, 0.6 W/m-K 이하가 확보됨을 확인할 수 있다. 또한, 상온에서의 전기전도도는 600 S/cm 이상이 확보됨을 확인할 수 있다.

[0095] 다른 실시예에서는, 동일한 조건에서 합성된 상기 열전 소재용 페인트를 붓을 사용하여 기판에 10회 반복하여 페인팅함으로써 도포하였다.

[0096] 도 7은, 본 발명의 일 실시예에 따른, 복수 회 반복하여 페인팅함으로써 제조한 열전 소재의 페인팅된 열전 층의 단면에 대한 주사전자현미경 사진이다. 도 7의 사진을 통해, 기판 위에 50 μm 를 초과하는 두께를 갖는 열전 층이 형성되어 있음을 확인할 수 있다. 이로써 본 발명의 일 실시예에 따라 도포하는 단계를 복수 회 반복하는 것으로서, 의도하는 두께에 부합하는 열전 층을 형성할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0098] 도 8(a)는, 본 발명의 일 실시예에 따른, 평면 형태로 제조된 열전 소재의 개념도이다. 평면 폴리이미드 기판 상에, 복수개의 평행하게 놓인 은 전극들을 배치하고, 상기 은 전극들 사이를 본 발명에 따른 열전 물질들이 도포되어 제작된 N-타입 및 P-타입의 열전 소재가 연결하고 있는 구조가 도시되어 있다. 상기과 같은 구조의 소자를 제작하고, 출력 전압 및 전력의 신뢰도 있는 수치를 확보하기 위해, 온도의 조절이 가능한 뜨거운 열원이 모듈화 되었고, 차가운 쪽은 상온(19.5 °C 내지 20.5 °C)을 유지하여 실험하였다.

[0099] 도 8(b)는, 평면 폴리이미드 기판에, 본 발명의 일 실시예에 따라 평면 형태로 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다. 도 8(c)는, 평면 폴리이미드 기판에, 본 발명의 일 실시예에 따라 평면 형태로 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다. 도 8(d)는, 평면 유리 기판에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다. 도 8(e)는, 평면 유리 기판에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

[0101] 도 9(a)는, 헤미-실린더(hemi-cylinder) 형태의 기판 안쪽에 오목한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의 개념도이다. 상기과 같은 구조의 소자를 제작하고, 출력 전압 및 전력의 신뢰도 있는 수치를 확보하기 위해, 온도의 조절이 가능한 뜨거운 열원이 모듈화 되었고, 차가운 쪽은 상온(19.5 °C 내지 20.5 °C)을 유지하여 실험하였다.

[0102] 도 9(b)는, 헤미-실린더 형태의 기판 안쪽에 오목한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다. 도 9(c)는, 헤미-실린더 형태의 기판 안쪽에 오목한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

[0104] 도 10(a)는, 헤미-실린더(hemi-cylinder) 형태의 기판 바깥쪽에 볼록한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의 개념도이다. 상기과 같은 구조의 소자를 제작하고, 출력 전압 및 전력의 신뢰도 있는 수치를 확보하기 위해, 온도의 조절이 가능한 뜨거운 열원이 모듈화 되었고, 차가운 쪽은 상온(19.5 °C 내지 20.5 °C)을 유지하여 실험하였다.

[0105] 도 10(b)는, 헤미-실린더 형태의 기판 바깥쪽에 볼록한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다. 도 10(c)는, 헤미-실린더 형태의 기판 바깥쪽에 볼록한 형태로, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

[0107] 도 11(a)는, 반구(hemisphere) 형태의 기판에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의 개념도이다. 상

기와 같은 구조의 소자를 제작하고, 출력 전압 및 전력의 신뢰도 있는 수치를 확보하기 위해, 온도의 조절이 가능한 뜨거운 열원이 모듈화 되었고, 차가운 쪽은 상온(19.5 ℃ 내지 20.5 ℃)을 유지하여 실험하였다.

[0108] 도 11(b)는, 반구 형태의 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 전류에 따른 출력 전압 및 전력을 나타내는 그래프이다. 도 11(c)는, 반구 형태의 기관에, 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 열전 소재의, 온도 차에 따른 출력 전압 밀도 그래프이다.

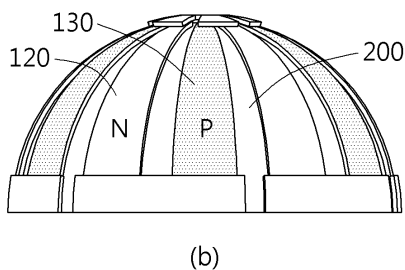
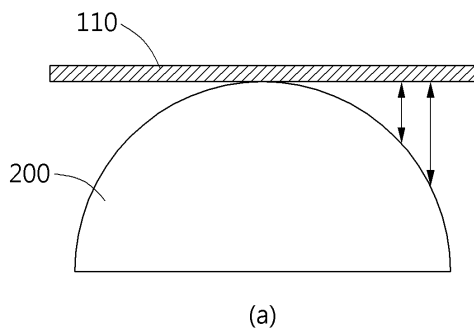
[0110] 상기 도 8 내지 도 11의 비교를 통해, 평면형 소자에서 온도 차 50 ℃ 일 때의 최대 출력 전력인 2.4 mW/cm^2 가, 어떤 형태의 곡면을 포함하는 소자를 형성하더라도 충분히 구현될 수 있음을 확인하였다. 즉, 본 발명에서 제공하는 열전 소재는, 다양한 곡면을 포함하는 형태로 제작하더라도 그 우수한 열전 성능이 확보됨을 확인하였다.

[0112] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

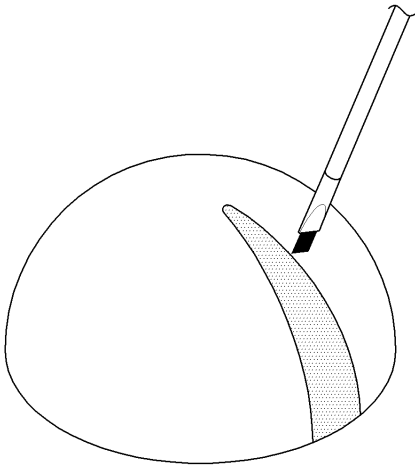
[0113] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

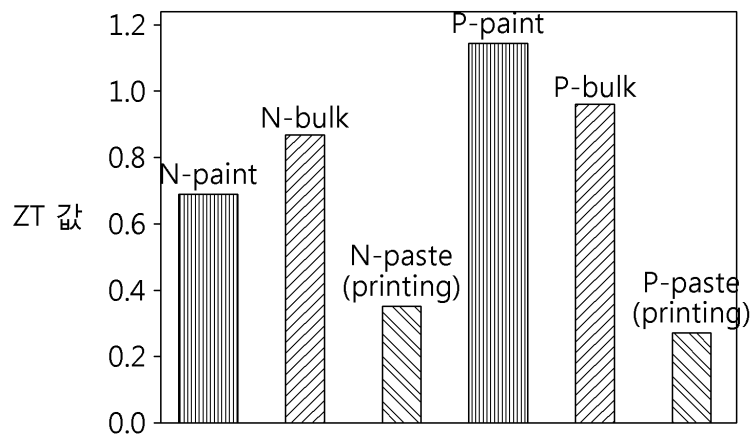
도면1



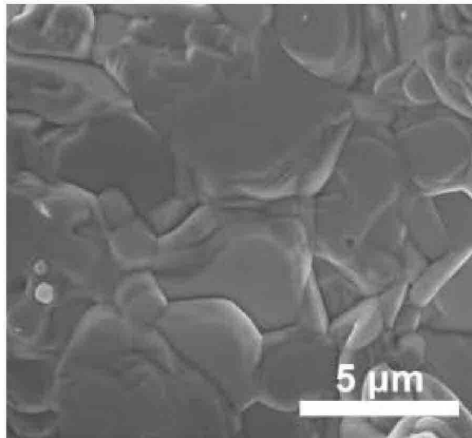
도면2



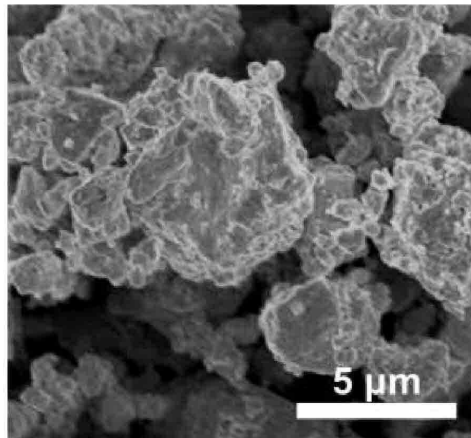
도면3



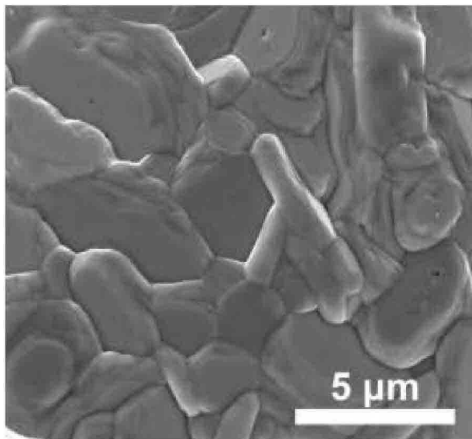
도면4



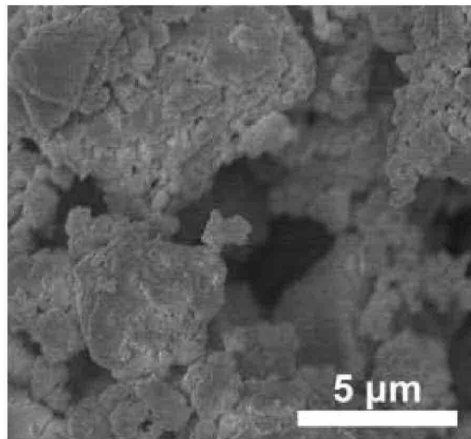
(a)



(b)

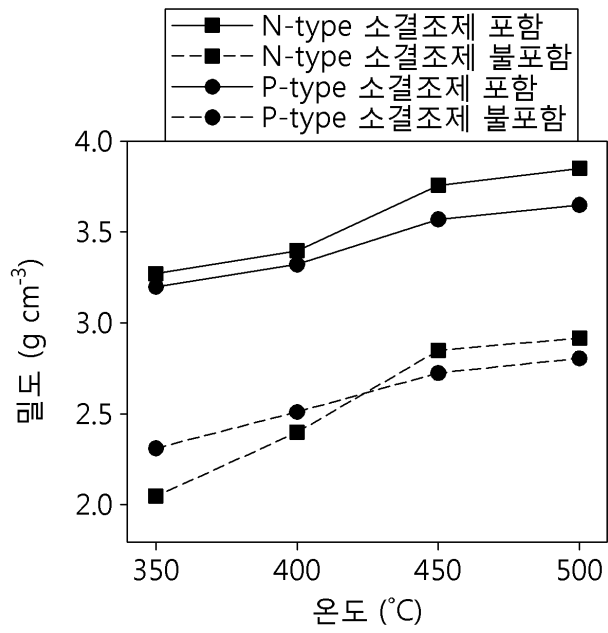


(c)

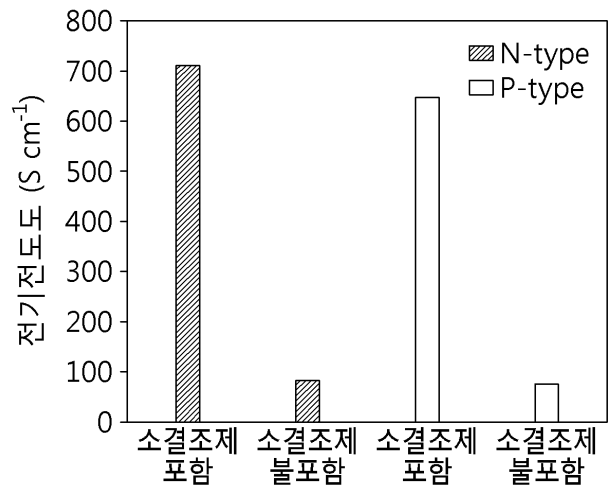


(d)

도면5

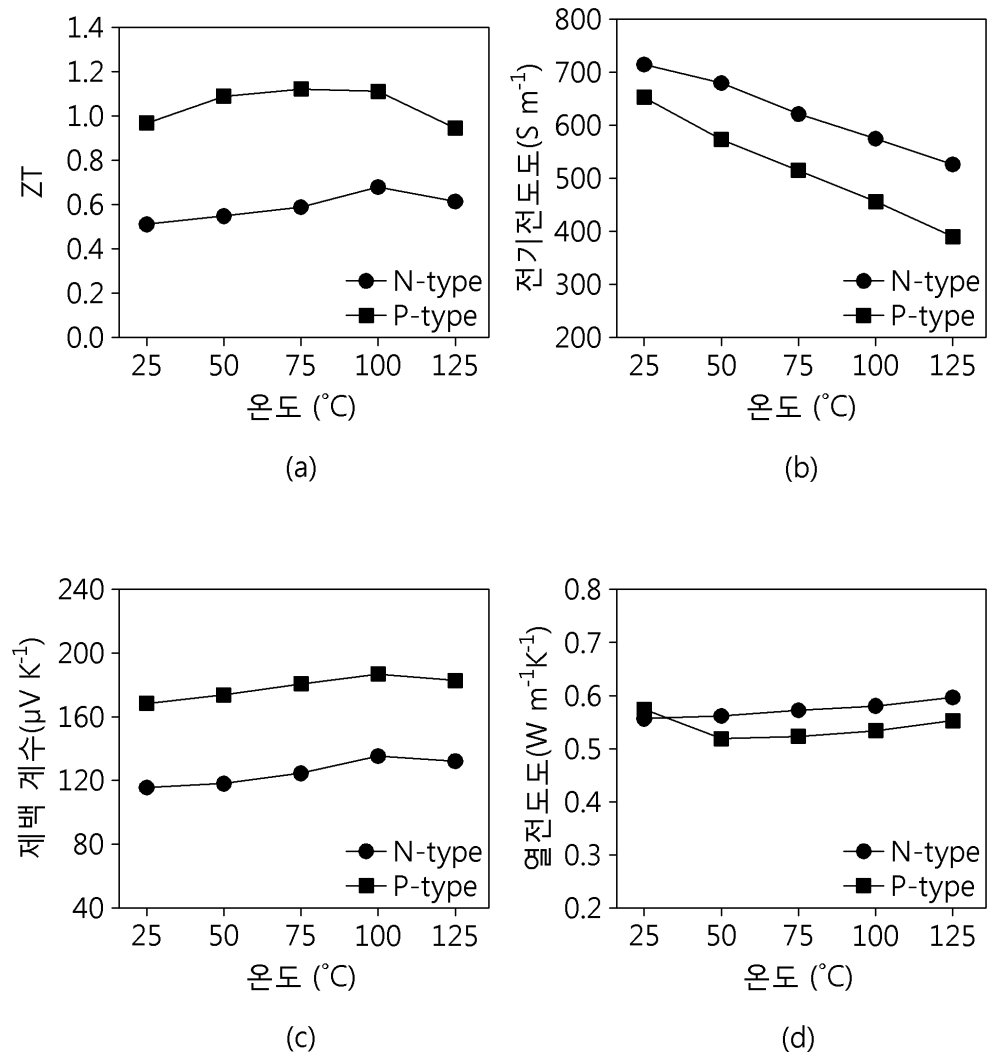


(a)

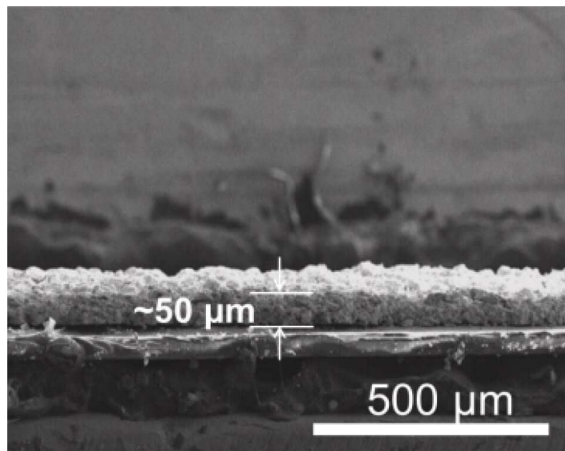


(b)

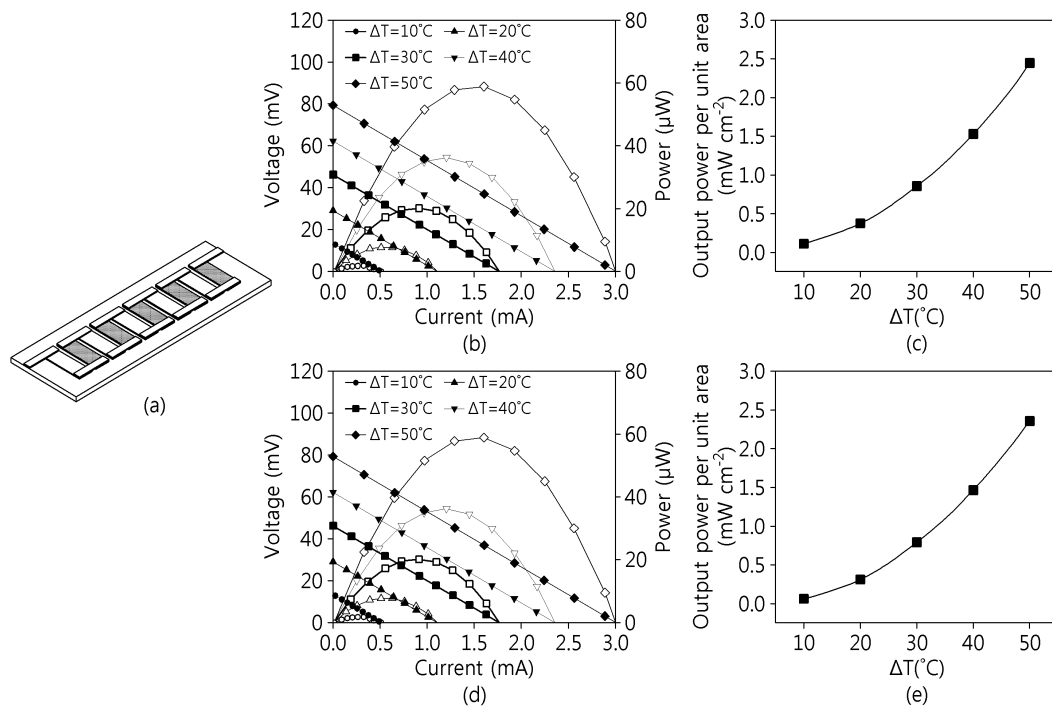
도면6



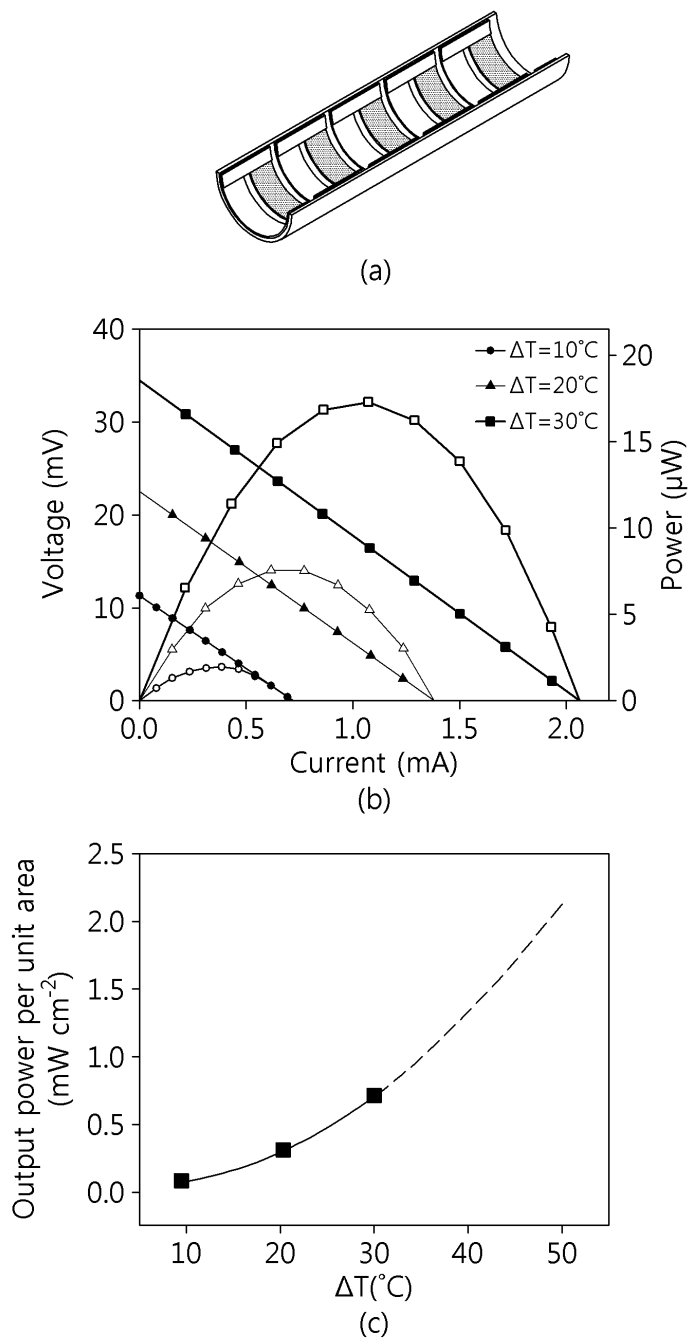
도면7



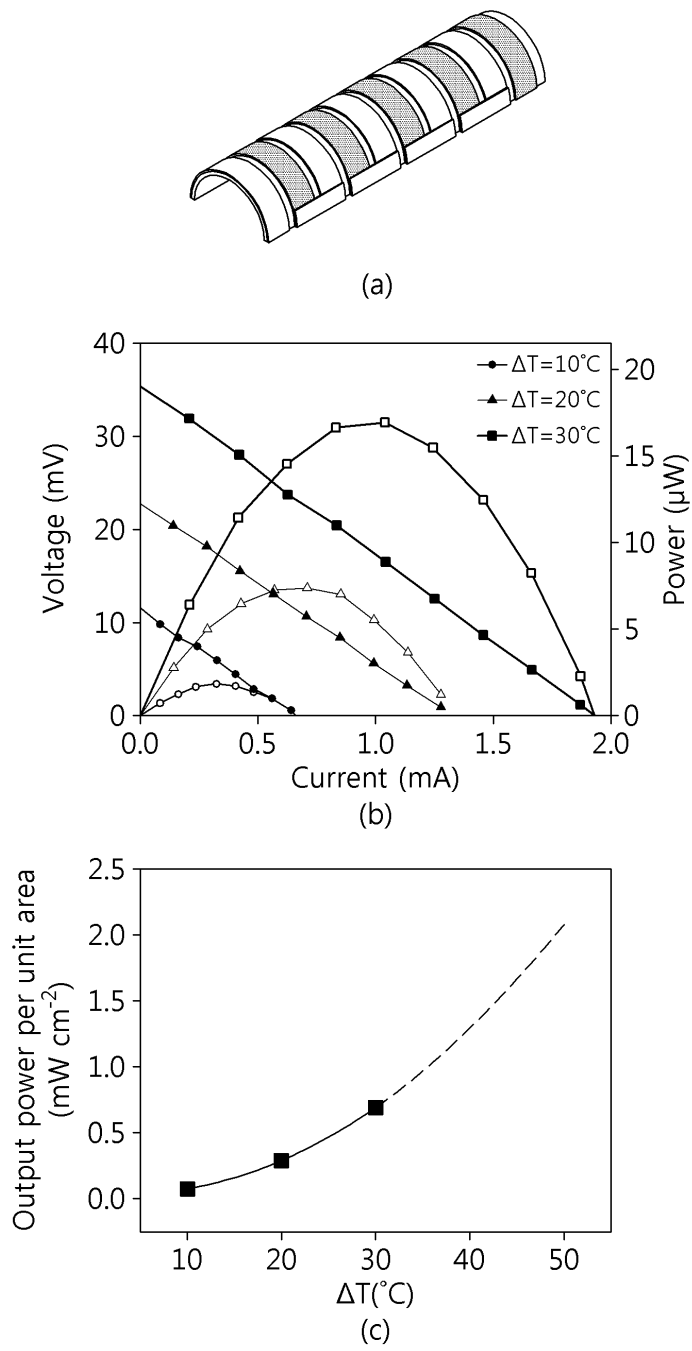
도면8



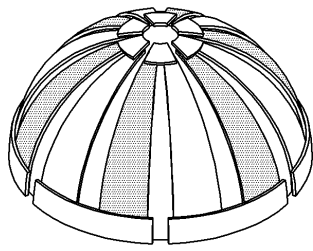
도면9



도면10



도면11



(a)

