



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0086990
(43) 공개일자 2019년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09D 7/61 (2018.01) C09D 5/00 (2006.01)
H01B 1/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C09D 7/61 (2018.01)
C09D 5/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0005206
(22) 출원일자 2018년01월15일
심사청구일자 2018년01월15일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
조광페인트주식회사
부산광역시 사상구 삼덕로5번길 148 (삼락동)
(72) 발명자
손재성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박혜성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 열전 페인트, 이의 제조방법 및 이를 통해 제조된 열전 소재

(57) 요약

본 발명은 열전 페인트, 이의 제조방법 및 이를 통해 제조된 열전 소재에 관한 것으로서, BiSbTe 열전재료; 및 무결함 그래핀, 전이금속 칼코겐화합물, 전도성 고분자, 금속 나노와이어 및 이들의 혼합물로 이루어진 균으로부터 선택된 적어도 하나;를 포함하는, 열전 페인트, 이의 제조방법 및 이를 통해 제조된 열전 소재에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

H01B 1/127 (2013.01)

H01B 1/128 (2013.01)

(72) 발명자

추승준

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

오남근

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

박정규

부산광역시 사하구 신산북로43번길 59, 104동 401호 (신평동, LH천년나무아파트)

김석준

부산광역시 북구 화명신도시로 219, 104동 302호 (금곡동, 화명뜨란채아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

BiSbTe 열전재료; 및

무결함 그래핀, 전이금속 칼코젠화합물, 전도성 고분자, 금속 나노와이어 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나;

를 포함하는,

열전 페인트.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 무결함 그래핀 5 중량% 내지 10 중량% 포함하는 것인,

열전 페인트.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전이금속 칼코젠화합물은, MoSe_2 , MoS_2 , WS_2 , WS_2 , TaS_2 , TaSe_2 , VS_2 , VSe_2 , MoTe_2 , WTe_2 , S, Se 및 Te로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것인,

열전 페인트.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전이금속 칼코젠화합물 5 중량% 내지 15 중량% 포함하는 것인,

열전 페인트.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전도성 고분자는, PEDOT:PSS, NAFION, 폴리티오펜(Polythiophene) 및 폴리(페닐렌비닐렌)(Poly(phenylenevinylene))으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것인,

열전 페인트.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전도성 고분자 0.05 중량% 내지 0.15 중량% 포함하는 것인,

열전 페인트.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 금속 나노와이어는, 은, 금, 구리 및 니켈로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 금속와이어를 포함하는 것인,

열전 페인트.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 금속 나노와이어 1 중량% 내지 3 중량% 포함하는 것인,

열전 페인트.

청구항 9

무결함 그래핀 용액, 전이금속 칼코젠화합물 분산 용액, 전도성 고분자 용액, 금속 나노와이어 용액 및 이들의 혼합 용액으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 용액을 준비하는 단계;

상기 용액에 BiSbTe 분말을 첨가한 후 1차 믹싱하여 복합화하는 단계; 및

상기 복합화된 용액에 페인트 특성을 가지는 용매를 첨가한 후 2차 믹싱하는 단계;를 포함하는,

열전 페인트의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 BiSbTe 분말의 크기는 45 μm 이하인 것인,

열전 페인트의 제조방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 페인트 특성을 가지는 용매는, 글리세롤, 에틸렌글리콜, 디페닐에테르 및 폴리에틸렌글리콜로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것인,

열전 페인트의 제조방법.

청구항 12

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 열전 페인트 또는 제9항 내지 제11항 중 어느 한 항의 열전 페인트의 제조방법에 따라 제조된 열전 페인트를 도포하는 단계; 및

상기 도포된 열전 페인트를 100 $^{\circ}\text{C}$ 내지 120 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도조건에서 건조하는 단계;를 포함하는,

열전 소재의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 열전 페인트, 이의 제조방법 및 이를 통해 제조된 열전 소재에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 최근 대체 에너지의 개발 및 절약에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 효율적인 에너지 변환 물질에 관한 조사 및 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 열에너지와 전기 에너지를 변환하는 재료인 열전재료에 대한 연구가 가속화되고 있다.
- [0004] 이러한 열전재료는 열을 전기로 또는 전기를 열로 직접 변화시키는 기능을 갖는 금속 또는 세라믹재로서, 온도 차만 부여하면 가동 부분 없이도 발전이 가능하다는 장점이 있다.
- [0005] 이런 열전재료는 19세기 초에 열전현상인 제백효과(Seeback effect), 펠티에효과(Peltier effect), 톰슨효과(Thomson effect)의 발견 후, 1930년대 후반부터 반도체의 발전과 더불어 열전성능 지수가 높은 열전재료로 개발되고 있다.
- [0006] 최근 열전재료는, 열전발전 특성을 이용하여 산간벽지용, 우주용, 군사용 등의 특수 전원장치로의 사용되고 있으며, 또 열전냉각 특성을 이용하여 반도체 레이저 다이오드, 적외선 검출소자 등에서 정밀한 온도제어나 컴퓨터 관련 소형 냉각기등 등에 사용되고 있다.
- [0007] 열전재료의 효율은 무차원 열전성능지수(dimensionless figure of merit, ZT)로 평가되며, 이는 $ZT = \alpha^2 \sigma \kappa^{-1}$ 로 정의된다. 여기서, α 는 제백계수이고 σ 는 전기전도도이며 κ 는 열전도도이다. 따라서 열전재료의 성능지수를 향상시키기 위해서는 높은 제백계수와 전기전도도 및 낮은 열전도도가 필요하다.
- [0008] 기존의 열전모듈은 존 펠팅, 핫 프레스 같은 공법을 통해 생산된 열전 잉곳을 slicing, 도금, 절단하는 복잡한 공정을 거쳐 chip으로 만든 후, n-type, p-type chip을 직렬로 조립하여 제조되며, 기술적인 한계로 인해 획일적인 직육면체 형태로만 chip 제조가 가능하고, 이로 인해 열전모듈형태 또는 직육면체 형태만 제조 가능하다.
- [0009] 또한, 기존 공정은 복잡하고 에너지가 많이 소비되는 비싼 공정상의 한계로 열전모듈의 가격이 너무 높은 문제점이 있으며, 효율적인 전기 생산을 위해서는 열원으로부터 열전모듈까지의 열 손실을 최소화 하는 기술이 필수로 필요하다. 하지만 현실에서의 열원은 매우 다양하고 대부분 무형의 형태로 존재해 고성능의 열전효율을 구현하는 것이 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은, 저온 공정이 가능한 열전 페인트를 구현하고, 이를 통해 제조된 열전 소재를 제공하는 것이다.
- [0012] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 페인트는, BiSbTe 열전재료; 및 무결함 그래핀, 전이금속 칼코겐화합물, 전도성 고분자, 금속 나노와이어 및 이들의 혼합물로 이루어진 균으로부터 선택된 적어도 하나;를 포함한다.
- [0015] 일 측면에 따르면, 상기 무결함 그래핀 5 중량% 내지 10 중량% 포함하는 것일 수 있다.
- [0016] 일 측면에 따르면, 상기 전이금속 칼코겐화합물은, MoSe₂, MoS₂, WS₂, WSe₂, TaS₂, TaSe₂, VS₂, VSe₂, MoTe₂, WTe₂,

S, Se 및 Te로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.

- [0017] 일 측면에 따르면, 상기 전이금속 칼코겐화합물 5 중량% 내지 15 중량% 포함하는 것일 수 있다.
- [0018] 일 측면에 따르면, 상기 전도성 고분자는, PEDOT:PSS, NAFION, 폴리티오펜(Polythiophene) 및 폴리(페닐렌비닐렌)(Poly(phenylenevinylene))으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0019] 일 측면에 따르면, 상기 전도성 고분자 0.05 중량% 내지 0.15 중량% 포함하는 것일 수 있다.
- [0020] 일 측면에 따르면, 상기 금속 나노와이어는, 은, 금, 구리 및 니켈로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 금속와이어를 포함하는 것일 수 있다.
- [0021] 일 측면에 따르면, 상기 금속 나노와이어 1 중량% 내지 3 중량% 포함하는 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 페인트의 제조방법은, 무결함 그래핀 용액, 전이금속 칼코겐화합물 분산 용액, 전도성 고분자 용액, 금속 나노와이어 용액 및 이들의 혼합 용액으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 용액을 준비하는 단계; 상기 용액에 BiSbTe 분말을 첨가한 후 1차 믹싱하여 복합화하는 단계; 및 상기 복합화된 용액에 페인트 특성을 가지는 용매를 첨가한 후 2차 믹싱하는 단계;를 포함한다.
- [0024] 일 측면에 따르면, 상기 BiSbTe 분말의 크기는 45 μm 이하인 것일 수 있다.
- [0025] 일 측면에 따르면, 상기 페인트 특성을 가지는 용매는, 글리세롤, 에틸렌글리콜, 디페닐에테르 및 폴리에틸렌글리콜로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 소재의 제조방법은, 본 발명의 열전 페인트 또는 본 발명의 열전 페인트의 제조방법에 따라 제조된 열전 페인트를 도포하는 단계; 및 상기 도포된 열전 페인트를 100 $^{\circ}\text{C}$ 내지 120 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도조건에서 건조하는 단계;를 포함한다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명의 열전 페인트의 제조방법에 따라 제조된 열전 페인트는, 저온 공정이 가능하며, 이를 통해 제조된 열전 소재는, 별도의 고온 열처리 공정 없이 높은 열전 효율을 가질 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0032] 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상"에 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0033] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0034] 이하, 본 발명의 열전 페인트, 이의 제조방법 및 이를 통해 제조된 열전 소재에 대하여 실시예를 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예에 제한되는 것은 아니다.
- [0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 페인트는, BiSbTe 열전재료; 및 무결함 그래핀, 전이금속 칼코겐화합물, 전도성 고분자, 금속 나노와이어 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나;를 포함한다.

- [0037] 본 발명의 열전 페인트는 저온 공정이 가능하며, 이를 통해 제조된 열전 소재는, 별도의 고온 열처리 공정 없이 높은 열전 효율을 가질 수 있다.
- [0038] 또한, 무결함 그래핀, 전이금속 칼코젠화합물, 금속 나노와이어가 BiSbTe 입자간 전기적 연결성을 개선하여 열전 소재의 전기적 및 열전 특성을 증대시킬 수 있다.
- [0040] 본 발명의 열전 페인트가 상기 무결함 그래핀을 포함할 경우, 페인트의 발림성과 부착력이 더욱 개선되는 효과가 있다. 일 측면에 따르면, 상기 무결함 그래핀 5 중량% 내지 10 중량% 포함하는 것일 수 있다.
- [0041] 무결함 그래핀 중량이 증가할수록 제백계수의 큰 감소는 보이지 않고 전기전도도의 향상이 보이지만, 상기 무결함 그래핀을 5 중량% 미만으로 포함하거나, 10 중량%를 초과하여 포함할 경우 제백계수가 감소되어 열전성능지수가 감소하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0043] 일 측면에 따르면, 상기 전이금속 칼코젠화합물은, MoSe₂, MoS₂, WS₂, WS₂, TaS₂, TaSe₂, VS₂, VSe₂, MoTe₂, WTe₂, S, Se 및 Te로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0044] 일 측면에 따르면, 상기 전이금속 칼코젠화합물 5 중량% 내지 15 중량% 포함하는 것일 수 있다. 상기 전이금속 칼코젠화합물을 5 중량% 미만으로 포함 할 경우 전이금속 칼코젠화합물에서 발생 된 열전성능의 영향이 감소하는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 전이금속 칼코젠화합물을 15 중량% 초과하여 포함할 경우 전이금속 칼코젠화합물 간의 재 응집으로 인한 열전성능이 감소 하는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0045] 일 측면에 따르면, 상기 전도성 고분자는, PEDOT:PSS, NAFION, 폴리티오펜(Polythiophene) 및 폴리(페닐렌비닐렌)(Poly(phenylenevinylene))으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0046] 일 측면에 따르면, 상기 전도성 고분자 0.05 중량% 내지 0.15 중량% 포함하는 것일 수 있다. 상기 전도성 고분자를 0.05 중량% 미만으로 포함할 경우 BST 파우더에 대한 바인더 역할이 어려우며 첨가 된 전도성 고분자에 의한 전도성 향상 정도가 미비한 문제점이 발생할 수 있고, 상기 전도성 고분자를 0.15 중량% 초과하여 포함할 경우 BST 파우더의 표면적이 감소하여 열전성능 오히려 저하 되는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0048] 일 측면에 따르면, 상기 금속 나노와이어는, 은, 금, 구리 및 니켈로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 금속와이어를 포함하는 것일 수 있다.
- [0049] 일 측면에 따르면, 상기 금속 나노와이어 1 중량% 내지 3 중량% 포함하는 것일 수 있다. 상기 금속 나노와이어를 1 중량% 미만으로 포함할 경우 전기전도도가 매우 낮아 지는 문제점이 발생할 수 있고, 상기 금속 나노와이어를 3 중량% 초과하여 포함할 경우 BST 파우더에서 얻어야 하는 열전물성이 첨가 된 나노와이어 특성에 의해 원하는 성능보다 낮게 측정 되는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 페인트의 제조방법은, 무결함 그래핀 용액, 전이금속 칼코젠화합물 분산 용액, 전도성 고분자 용액, 금속 나노와이어 용액 및 이들의 혼합 용액으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 용액을 준비하는 단계; 상기 용액에 BiSbTe 분말을 첨가한 후 1차 믹싱하여 복합화하는 단계; 및 상기 복합화된 용액에 페인트 특성을 가지는 용매를 첨가한 후 2차 믹싱하는 단계;를 포함한다.
- [0052] 일 측면에 따르면, 상기 1차 믹싱 및 상기 2차 믹싱은, 페이스트 믹서를 통해 수행하는 것일 수 있다.
- [0053] 일 측면에 따르면, 상기 BiSbTe 분말의 크기는 45 μm 이하인 것일 수 있다. 상기 BiSbTe 분말의 크기가 45 μm 를 초과할 경우, 잉크 내 BiSbTe 입자의 콜로이드 안정성을 떨어뜨릴 수 있다. 또한, 본 연구는 열전소재 입자를 전기적 연결을 해주는 물질과 적절한 용매를 사용하여 페인트 잉크를 제작하는 것이 목적이므로, 잉크가 높은 열전소재 특성을 얻기 위해선 높은 전기전도도를 가져야 하는데, 높은 전기전도도를 얻으려면, 전기적 연결을 해주는 물질과 열전소재 입자간의 고른 접합면을 가져야 한다. 따라서 입자가 균일한 크기를 가지지 않고 더 큰 입자들이 혼재할 경우 낮은 전기전도도의 문제점이 발생할 수 있다.
- [0054] 일 측면에 따르면, 상기 페인트 특성을 가지는 용매는, 글리세롤, 에틸렌글리콜, 디페닐에테르 및 폴리에틸렌글

리콜로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.

- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 소재의 제조방법은, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 페인트 또는 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 페인트의 제조방법에 따라 제조된 열전 페인트를 도포하는 단계; 및 상기 도포된 열전 페인트를 100 °C 내지 120 °C의 온도조건에서 건조하는 단계;를 포함한다.
- [0056] 본 발명의 열전 페인트의 제조방법에 따라 제조된 열전 페인트는, 100 °C 내지 120 °C의 온도 조건에서 건조가 가능하며, 이를 통해 제조된 열전 소재는, 별도의 고온 열처리 공정 없이 높은 열전 효율을 가질 수 있다.
- [0058] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.
- [0059] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0061] <실시예 1: BiSbTe-무결함 그래핀 복합 페인트를 통해 제조된 열전 소재>
- [0062] 무결함 그래핀(df-G) 4 wt% 및 8 wt%를 포함하는 무결함 그래핀 용액을 각각 준비하였다.
- [0063] 2 g 볼밀링 공정 후 45 μm 규격의 체로 체 친 BiSbTe 분말을 준비하였다.
- [0064] 상기 준비된 각각의 무결함 그래핀(df-G) 용액에 상기 준비된 BiSbTe 분말을 첨가한 후, 페이스트 믹서를 이용하여 복합화하였다.
- [0065] 상기 복합화 공정 후 윗물을 제거하기 위한 디포밍(deforming) 과정을 거쳐 무결함 그래핀(df-G) 용액의 용매인 윗물을 제거하고, 페인트 특성이 좋은 글리세롤을 용매로 첨가 한 뒤, 페이스트 믹서를 이용하여 10 분 동안 혼합하여 열전 페인트를 제조하였다.
- [0066] 기재에 상기 열전 페인트를 도포한 후, 100 °C 내지 120 °C에서 용매를 제거하여 열전 소재를 제조하였다. (이하에서는 실시예 1에 따라 제조된 열전 소재를 각각 BiSbTe+df-G(4 wt%) 및 BiSbTe+df-G(8 wt%)로 표기)
- [0068] <실시예 2: BiSbTe-전이금속 칼코겐화합물 복합 페인트를 통해 제조된 열전 소재>
- [0069] 무결함 그래핀 용액 대신 전이금속 칼코겐화합물(MoS_2 , MoSe_2 , WSe_2 및 WS_2)분산 용액을 사용하여 실시예 1과 동일한 방법으로 열전 소재를 제조하였다. (이하에서는, 실시예 2에 따라 제조된 열전 소재를 각각 BiSbTe+ MoS_2 , BiSbTe+ MoSe_2 및 BiSbTe+ WS_2 로 표기)
- [0071] <실시예 3: BiSbTe-전도성 고분자 복합 페인트를 통해 제조된 열전 소재>
- [0072] 무결함 그래핀 용액 대신 전도성 고분자(PEDOT:PSS 및 Nafion) 용액을 사용하여 실시예 1과 동일한 방법으로 열전 소재를 제조하였다. (이하에서는, 실시예 3에 따라 제조된 열전 소재를 각각 BiSbTe+PEDOT:PSS 및 BiSbTe+Nafion으로 표기)
- [0074] <실시예 4: BiSbTe-금속 나노와이어 복합 페인트를 통해 제조된 열전 소재>
- [0075] 무결함 그래핀 용액 대신 은 나노와이어 0.1 wt%, 0.2 wt%, 0.4 wt%, 0.8 wt%, 2 wt%, 8 wt%, 16 wt%를 포함하는 은 나노와이어 용액을 사용하여 실시예 1과 동일한 방법으로 열전 소재를 제조하였다. (이하에서는, 실시예 4에 따라 제조된 열전 소재를 각각 BiSbTe+SNW(0.1 wt%), BiSbTe+SNW(0.2 wt%), BiSbTe+SNW(0.4 wt%), BiSbTe+SNW(0.8 wt%), BiSbTe+SNW(2 wt%), BiSbTe+SNW(8 wt%) 및 BiSbTe+SNW(16 wt%)으로 표기)
- [0076] 아래 표 1은, 실시예 1 내지 실시예 4에 따라 제조된 열전 소재의 전기 전도도(Electrical conductivity (S/m)) 및 제백효과(Seebeck coefficient ($\mu\text{V/K}$))를 나타낸 표이다.

표 1

샘플	Electrical conductivity (S/m)	Seebeck coefficient ($\mu\text{V/K}$)
BiSbTe+df-G(4 wt%)	22.73	140.8
BiSbTe+df-G(8 wt%)	383.24	155.7
BiSbTe+MoSe ₂	312.9	192.7
BiSbTe+MoS ₂	85.8	145.8
BiSbTe+WS ₂	786	X
BiSbTe+PEDOT:PSS (내부)	984.54	40.9
BiSbTe+PEDOT:PSS (겉면)	8.2	97.6
BiSbTe+Nafion	40.275	145.0
BiSbTe+SNW (0.1 wt%)	0.014	X
BiSbTe+SNW (0.2 wt%)	Overflow	X
BiSbTe+SNW (0.4 wt%)	Overflow	X
BiSbTe+SNW (0.8 wt%)	6.642	179.0
BiSbTe+SNW (2 wt%)	5906.9	0.8
BiSbTe+SNW (4 wt%)	9708.7	-0.07
BiSbTe+SNW (8 wt%)	16972.0	0.6
BiSbTe+SNW (16 wt%)	2357.2	16.1

[0079] 상기 표 1을 참조하면, 본 발명의 열전 페인트의 제조방법에 따라 제조된 BiSbTe 열전재료 및 무결합 그래핀, 전이금속 칼코젠화합물, 전도성 고분자, 금속 나노와이어 및 이들의 혼합물로 이루어진 균으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 열전 페인트는, 100 °C 내지 120 °C의 온도 조건에서 건조가 가능하며, 이를 통해 제조된 열전 소재는, 별도의 고온 열처리 공정 없이 높은 열전 효율을 가지는 것을 알 수 있다.

[0081] 이상과 같이 본 발명이 비록 한정된 실시예에 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. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.