



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0057798
(43) 공개일자 2018년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 35/12 (2006.01) H01L 35/02 (2006.01)
H01L 35/24 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 35/12 (2013.01)
H01L 35/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0155764
(22) 출원일자 2016년11월22일
심사청구일자 2016년11월22일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
최순목
충청남도 천안시 동남구 중앙로 255-42 (신부동)
김병근
서울 금천구 범안로 12길 29-14 태성펠리스 704호
서승호
부산광역시 금정구 부곡온천천로 200 606호 (부곡동)
(74) 대리인
특허법인오암

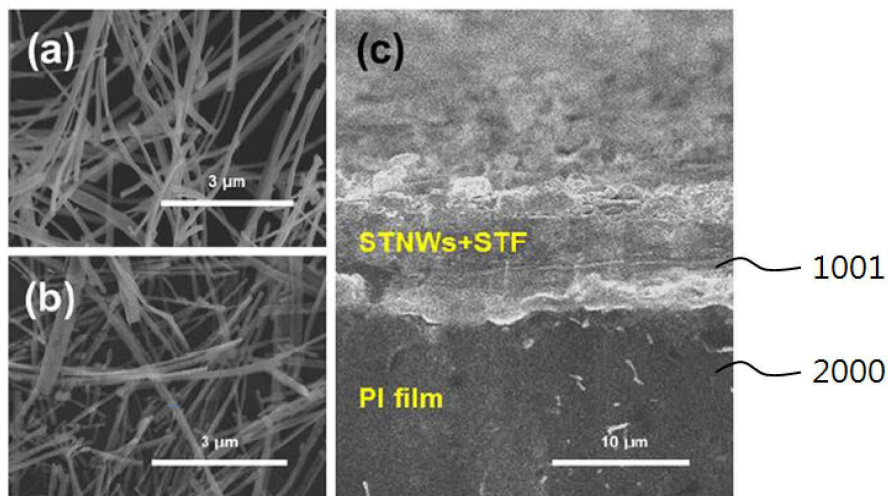
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 열전 박막 나노복합체

(57) 요약

본 발명에 따른 열전 박막 나노복합체는 네트워크가 형성된 나노와이어 구조체; 및 상기 나노와이어 구조체가 내장되는 금속 또는 합금 매트릭스를 포함하며, 상기 나노와이어 구조체를 따라 전자가 이동되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

H01L 35/24 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

네트워크가 형성된 나노와이어 구조체; 및
상기 나노와이어 구조체가 내장되는 금속 또는 합금 매트릭스를 포함하며,
상기 나노와이어 구조체를 따라 전자가 이동되는 것을 특징으로 하는 열전 박막 나노복합체.

청구항 2

제 1항에 있어서,
상기 나노와이어는
열전 반도체가 함유된 코어부; 및
상기 코어부의 일부 또는 전부에 형성되는 셸부를 포함하는 열전 박막 나노복합체.

청구항 3

제 2항에 있어서,
상기 코어부는
Si, Ge, Bi, Al, Te, Sb, Pb, Sn, In, Ag, Zn, Yb, Co, Ce, Fe, 및 Cs 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유하는 열전 박막 나노복합체.

청구항 4

제 2항에 있어서,
상기 셸부는 Ni, Al, Cu, Pt, Ru, Rh, Au, W, Co, Pd, Ti, Ta, Fe, Mo, Hf, La, Ir, 및 Ag 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유하는 열전 박막 나노복합체.

청구항 5

제 2항에 있어서,
상기 셸부의 두께는 0 초과 100 nm 이하인 열전 박막 나노복합체.

청구항 6

제 1항에 있어서,
상기 나노와이어 구조체는
규칙적인 메쉬 형상, 랜덤한 메쉬 형상, 닷형(dot) 형상, 또는 선형(line) 형상 중 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상인 열전 박막 나노복합체.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 매트릭스는

Si, Ge, Bi, Al, Te, Sb, Pb, Sn, In, Ag, Zn, Yb, Co, Ce, Fe, 및 Cs 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유하는 열전 박막 나노복합체.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 나노와이어 구조체는 상기 열전 박막 나노복합체 중 10 내지 70 부피%를 차지하는 열전 박막 나노복합체.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 나노와이어 구조체와 상기 매트릭스는

형상이 상이한 동종의 금속 또는 합금인 열전 박막 나노복합체.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 열전 박막 나노복합체의 평균 두께는 1 내지 100 μm 인 열전 박막 나노복합체.

청구항 11

제 1항에 있어서,

상기 열전 박막 나노복합체는 하기 관계식 2를 만족하는 열전 박막 나노복합체:

[관계식 1]

$$25 \leq EC \leq 40$$

[상기 관계식 1에서, EC는 상온에서 측정된 상기 열전 박막 나노복합체의 전기전도도를 의미하며, EC의 단위는 S/cm이다.]

청구항 12

제 1항에 따른 열전 박막 나노복합체; 및

상기 열전 박막 나노복합체를 지지하는 고분자기판을 포함하는 플렉서블 열전소자.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 고분자기판은

고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 선형저밀도 폴리에틸렌, 초고분자량 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리에

틸렌 테레프탈레이트, 폴리부틸렌 테레프탈레이트, 폴리에스테르, 폴리아세탈, 폴리아미드, 폴리카보네이트, 폴리아미드, 폴리에테르에테르케톤, 폴리에테르설폰, 폴리페닐렌옥사이드, 폴리페닐렌설파이드 및 폴리에틸렌나프탈레이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물로 형성되는 플렉서블 열전소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 열전 박막 나노복합체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전기전도도가 상승된 열전 박막 나노복합체 및 이를 이용한 플렉서블 열전소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 기존의 박막 또는 벌크 열전소자는 그 성능이 이미 어느 정도의 한계에 이르렀기 때문에, 기존 열전소자 성능의 한계를 극복할 수 있는 차세대 소자로서 나노 물질(nanomaterial)이라는 새로운 개념과 구조가 제안되었고 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

[0004] 이러한 나노 물질 중 일차원 구조를 가지는 나노와이어에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노와이어는 기본적으로 전기적, 광학적 성질이 우수하며, 화학물질과 에너지 밴드 구조(band structure)를 구별하는 데 있어서 그 선택비(selectivity)가 크고, 결정질(cryatalline quality)과 전하 운반체(charge carrier)의 이동성(mobility) 또한 우수하기 때문에, 센서, 트랜지스터 등 다양한 나노 소자에서 활용될 수 있다.

[0005] 그러나 나노와이어를 단독으로 또는 나노와이어를 네트워크로 형성하여 열전소자를 제조하는 경우, 외부 환경에 따라 열화되는 현상이 발생하며 또한 외부 충격에 의해 손상될 수 있다.

[0006] 또한 열전소자의 효율은 열전재료의 성능계수, 즉, ZT (figure of merit) 계수에 의해 결정되며, 하기 수학적 식 1로 표현될 수 있다.

[0007] [수학적 식 1]

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

[0008]

[0009] 위 식에서, ZT 계수는 열전재료의 제백 계수(Seebeck coefficient)(S) 및 전기전도도(σ)에 비례하고, 열전도도(k)에 반비례한다. 여기서, 제백 계수(S)는 단위 온도 변화에 따라 생성되는 전압의 크기(dV/dT)를 나타낸다.

[0010] 그런데 제백 계수(S), 전기전도도(σ) 및 열전도도(k)는 독립적인 변수가 아니기 때문에, ZT 계수가 큰 열전소자를 구현하는 것은 용이하지 않다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 특개2000-261046호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로, 전기전도도는 상승되고 열전도도의 저하가 방지되는 열전 박막 나노복합체를 제공함에 있다.

- [0014] 또한 본 발명은 열전 나노 복합체를 이용한 플렉서블 열전소자를 제공함에 있다.
- [0015] 한편, 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체는 네트워크가 형성된 나노와이어 구조체; 및 상기 나노와이어 구조체가 내장되는 금속 또는 합금 매트릭스를 포함하며, 상기 나노와이어 구조체를 따라 전자가 이동되는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 나노와이어는 열전 반도체가 함유된 코어부; 및 상기 코어부의 일부 또는 전부에 형성되는 셸부를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 코어부는 Si, Ge, Bi, Al, Te, Sb, Pb, Sn, In, Ag, Zn, Yb, Co, Ce, Fe, 및 Cs 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 셸부는 Ni, Al, Cu, Pt, Ru, Rh, Au, W, Co, Pd, Ti, Ta, Fe, Mo, Hf, La, Ir, 및 Ag 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 셸부의 두께는 0 초과 100 nm 이하일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 나노와이어 구조체는 규칙적인 메쉬 형상, 랜덤한 메쉬 형상, 닷형(dot) 형상, 또는 선형(line) 형상 중 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 매트릭스는 Si, Ge, Bi, Al, Te, Sb, Pb, Sn, In, Ag, Zn, Yb, Co, Ce, Fe, 및 Cs 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 나노와이어 구조체는 상기 열전 박막 나노복합체 중 10 내지 70 부피%를 차지할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 나노와이어 구조체와 상기 매트릭스는 형상이 상이한 동종의 금속 또는 합금일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 열전 박막 나노복합체의 평균 두께는 1 내지 100 μm 일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체에 있어, 상기 열전 박막 나노복합체는 하기 관계식 2를 만족할 수 있다:
- [0028] [관계식 1]
- [0029] $25 \leq EC \leq 40$
- [0030] [상기 관계식 1에서, EC는 상온에서 측정된 상기 열전 박막 나노복합체의 전기전도도를 의미하며, EC의 단위는 S/cm이다.]
- [0032] 또한 본 발명은 상술한 열전 박막 나노복합체를 이용한 플렉서블 열전소자를 제공한다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 열전소자는 상술한 열전 박막 나노복합체; 및 상기 열전 박막 나노복합체를 지지하는 고분자기판을 포함한다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 열전소자에 있어, 상기 고분자기판은 고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 선형저밀도 폴리에틸렌, 초고분자량 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리부틸렌 테레프탈레이트, 폴리에스테르, 폴리아세탈, 폴리아미드, 폴리카보네이트, 폴리이미드, 폴리에테르에테르케톤, 폴리에테르설폰, 폴리페닐렌옥사이드, 폴리페닐렌설파이드 및 폴리에틸렌나프탈레이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물로 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0036] 본 발명에 따른 열전 박막 나노복합체는 나노와이어 구조체와 금속 또는 합금 매트릭스를 포함함으로써, 전기전도도는 향상되고 전기전도도 상승에 따른 열전도도의 저하가 방지될 수 있다.
- [0037] 본 발명에 따른 플렉서블 열전소자는 열전 성능이 우수할 뿐 아니라, 신축성 및 복원성이 향상될 수 있다.
- [0038] 한편, 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급됨을 첨언한다.

도면의 간단한 설명

- [0040] 도 1은 기존 열전 박막의 전자 흐름을 도시한 모식도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체의 전자 흐름을 도시한 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체의 전자 흐름을 도시한 다른 모식도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 1에서 제조된 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어의 TEM 사진(도 4(a)) 및 EDS 라인맵핑 사진(도 4(b))이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예 1에서 제조된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체(도 5(a)), Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체(도 5(b)), 및 고분자기판 상에 형성된 열전박막 나노복합체(도 5(c))를 각각 도시한 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 이하 본 발명에 관하여 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예 및 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 또한, 본 발명의 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.
- [0042] 또한, 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, "구성된다", "가지다", "이루어진다", "포함한다" 등의 용어는 발명에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계를 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.
- [0043] 또한, 본 발명에서 사용되는 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0044] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약"은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용된다.
- [0046] 본 발명에 따른 열전 박막 나노복합체는 네트워크가 형성된 나노와이어 구조체; 및 상기 나노와이어 구조체가 내장되는 금속 또는 합금 매트릭스를 포함한다.
- [0047] 본 발명에 따른 열전 박막 나노복합체는 그 양단에 온도차가 발생하면 온도가 높은 곳에서 낮은 쪽으로 전자가 이동하게 된다. 이때, 상기 금속 또는 합금 매트릭스 내부에 상기 나노와이어 구조체가 연속적인 네트워크를 형성하거나 인접한 나노와이어들 사이에 전도성 셀부가 형성되면, 상기 전자는 상기 매트릭스 내부에 형성된 상기 나노와이어 구조체를 따라 이동할 수 있다. 이에 따라, 본 발명에 따른 열전 박막 나노복합체의 열전도도는 유지되면서 전기전도도가 향상될 수 있다.

- [0049] 도 1은 기존 열전 박막의 전자 흐름을 도시한 모식도이며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체의 전자 흐름을 도시한 모식도이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체의 전자 흐름을 도시한 다른 모식도이다.
- [0050] 도 1을 참조하면, 기존의 열전 박막은 단순히 매트릭스(200)로 형성된다. 또한, 상기 매트릭스(200)는 그래인(201) 및 불순물(202)을 포함하여 이루어진다.
- [0051] 즉, 기존의 열전 박막은 그래인(201), 불순물(202) 등에 의한 산란에 의해 전자의 이동경로가 협소하거나 전자의 이동경로의 개수가 감소하므로, 최종 열전 박막의 전기전도도가 저하되며, 열전 성능 또한 감소될 수 있다.
- [0052] 본 발명을 서술함에 있어, 제1 이동경로(11)은 상기 매트릭스(200) 또는 열전 박막 나노복합체의 양단에 온도차가 발생할 때, 상기 매트릭스(200) 또는 열전 박막 나노복합체의 일단에서 타단으로 전자가 이동하는 경로를 의미한다. 또한 제2 이동경로(12)는 상기 매트릭스(200) 또는 열전 박막 나노복합체의 양단에 온도차가 발생할 때, 상기 매트릭스(200) 또는 열전 박막 나노복합체의 일단에서 타단으로 전자가 이동하면서 반사, 산란 등에 의해 전자의 이동경로가 단절되거나 소멸되는 것을 의미한다.
- [0053] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1000)는 열전반도체인 나노와이어 구조체(100), 및 상기 나노와이어 구조체(100)가 내장되는 매트릭스(200)를 포함할 수 있다.
- [0054] 상술한 도 1과 다르게, 본 발명의 열전 박막 나노복합체(1000)는 제1 이동경로가 더 형성되는 것을 알 수 있다. 또한, 열전 박막 나노복합체(1000)는 제1 이동경로 상에 서로 다른 방향성을 가지는 그래인(201) 및 불순물(202)이 존재하더라도, 반사, 산란 등의 의해 상술한 전자의 이동경로가 단절되거나, 또는 전자의 이동경로가 소멸되지 않는다.
- [0056] 도 3을 참조하면, 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1001)는 나노와이어 구조체(101) 및 매트릭스(200)를 포함하되, 상기 나노와이어 구조체(101)는 열전 반도체가 함유된 코어부(110), 및 상기 코어부(110) 외면의 일부 또는 전부에 형성되는 전도성 쉘부(120)를 포함한다.
- [0057] 본 발명의 열전 박막 나노복합체(1001)는 상기 코어부(110) 및 쉘부(120)로 이루어지는 나노와이어 구조체(101)를 상술한 제1 이동경로(11)의 개수가 더 형성되며, 이에 따라 열전 박막 나노복합체(1000)의 전기전도도가 상승된다.
- [0058] 상세하게, 상기 열전 박막 나노복합체(1001)는 하기 관계식 1을 만족할 수 있다:
- [0059] [관계식 1]
- [0060] $25 \leq EC \leq 40$
- [0061] [상기 관계식 1에서, EC는 상온에서 측정된 상기 열전 박막 나노복합체(1001)의 전기전도도를 의미하며, EC의 단위는 S/cm이다.]
- [0062] 구체적이고 비한정적인 일 예로, 상기 관계식 1의 EC는 30 내지 40 일 수 있다.
- [0063] 또한, 상기 열전 박막 나노복합체(1001)의 평균 두께는 1 내지 100 μm 일 수 있다.
- [0065] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1001)에 있어, 상기 코어부(110)는 Si, Ge, Bi, Al, Te, Sb, Pb, Sn, In, Ag, Zn, Yb, Co, Ce, Fe, 및 Cs 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유할 수 있다. 이러한 성분은 본 발명에서 목적으로 하는 효과를 달성하는 데에 좋다.
- [0066] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1001)에 있어, 상기 쉘부(120)는 상기 코어부(110)와 상기 매트릭스(200) 사이에 형성되고, 또한 상기 쉘부(120)는 Ni, Al, Cu, Pt, Ru, Rh, Au, W, Co, Pd, Ti, Ta, Fe, Mo, Hf, La, Ir, 및 Ag 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유할 수 있다. 이러한 성분은 상술한 나노와이어 구조체(100)의 전기전도성을 향상시킬 수 있다.
- [0067] 또한, 상기 쉘부(120)의 평균 두께는 0 초과 100 nm 이하일 수 있다. 상기 쉘부(120)의 두께가 100 nm를 초과하게 되면, 상기 코어부(110) 외면에 쉘부(120)가 균일한 두께로 형성되기가 어려우며, 고가의 도전성 물질을 금속을 사용해야 하므로 경제적인 측면에서 효율적이지 못하다.

- [0069] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1001)에 있어, 상기 매트릭스(200)는 열전반도체일 수 있고, 또한 상기 매트릭스(200)는 Si, Ge, Bi, Al, Te, Sb, Pb, Sn, In, Ag, Zn, Yb, Co, Ce, Fe, 및 Cs 중에서 선택되는 하나 또는 둘 이상을 함유할 수 있다.
- [0071] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1000)에 있어, 상기 나노와이어 구조체(100)와 상기 매트릭스(200)는 서로 형상이 상이하며, 또한 동종의 금속 또는 합금으로 이루어질 수 있다. 상기 나노와이어 구조체(100)와 상기 매트릭스(200)가 동종의 금속 또는 합금으로 이루어지는 경우, 본 발명에서 목적으로 하는 효과를 달성하는 데에 좋다.
- [0072] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1000)에 있어, 상기 나노와이어 구조체(100)는 상기 열전 박막 나노복합체(1000) 중 10 내지 70 부피%를 차지할 수 있다. 상기 부피비로 나노와이어구조체(100)와 매트릭스(200)로 구성된 상기 열전 박막 나노복합체(1000)는 우수한 열전 효과를 구현하면서도 압축 강도 및 굴곡 강도의 우수한 기계적 강도를 동시에 가질 수 있다.
- [0074] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전 박막 나노복합체(1000)가 절단되는 경우, 상기 나노와이어 구조체(100)의 형상은 규칙적인 메쉬 형상, 랜덤한 메쉬 형상, 닷형(dot) 형상, 또는 선형(line) 형상 중 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상으로 나타날 수 있다.
- [0076] 또한, 본 발명은 상술한 열전 박막 나노복합체를 포함하는 플렉서블 열전소자를 포함한다.
- [0077] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 열전소자는 상술한 열전 박막 나노복합체(1000, 1001); 및 상기 열전 박막 나노복합체를 지지하는 고분자기판(2000)을 포함한다.
- [0078] 본 발명의 일 실시예에 따른 플렉서블 열전소자에 있어, 상기 고분자기판(2000)은 상기 나노복합체(1000, 1001)와 결합됨으로써 본 발명에 따른 플렉서블 열전소자에 신축성 및 복원성을 부여하는 역할을 한다.
- [0079] 상세하게, 상기 고분자기판(2000)은 탄성 또는 연성 재료로 이루어지는 것이면 족하며, 구체적인 일 예로 상기 고분자기판(2000)은 고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 선형저밀도 폴리에틸렌, 초고분자량 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리부틸렌 테레프탈레이트, 폴리에스테르, 폴리아세탈, 폴리아미드, 폴리카보네이트, 폴리이미드, 폴리에테르에테르케톤, 폴리에테르설폰, 폴리페닐렌옥사이드, 폴리페닐렌설파이드 및 폴리에틸렌나프탈레이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상의 혼합물로 형성될 수 있다.
- [0081] 이하 본 발명의 구체적인 설명을 위하여 하기의 실시예를 들어 상세하게 설명하겠으나, 본 발명이 다음 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0083] 실시예 1
- [0084] 약 300 nm 두께의 SiO₂ 층이 형성된 Si wafer 또는 glass 기판 위에 DC 스퍼터를 이용하여 Al-Sb-Te 박막을 증착시켰다. 이때, DC 스퍼터는 Al 타겟(순도 99.999%)과 Sb₂Te₃ 타겟(순도 99.99%)을 구비하고, 증착시 상기 Al 및 Sb₂Te₃ 타겟을 동시 스퍼터링(co-sputtering)하였다.
- [0085] 이후, Al-Sb-Te 박막을 질소분위기의 관상로에서 열처리하여 Al-Sb-Te 박막 위에 Sb₂Te₃ 나노와이어를 성장시켰다. 이때, 열처리 온도는 250 , 열처리 시간은 30 분이었다.
- [0086] 다음으로, Sb₂Te₃ 나노와이어가 성장된 Al-Sb-Te 박막에 Pt 타겟(순도 99.9%)이 구비된 DC 스퍼터를 이용하여 Pt 코팅막을 증착시켰다. 이에 따라, 상기 Sb₂Te₃ 나노와이어에 Pt 코팅막이 형성된 Sb₂Te₃ 나노와이어가 제조되

었다. 여기서, Pt 코팅막 증착은 상온에서 아르곤 가스를 20 sccm 주입하면서, 증착압력은 3.5×10^{-2} Torr, RF 파워는 100 W, 증착시간은 200 sec 가 되도록 수행하였다.

[0087] 이후, 외주면에 고분자기판(폴리이미드)이 형성된 물러를 회전시켜, Al-Sb-Te 박막 위에 형성된 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어에 접촉시켰다. Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어는 상기 고분자기판과의 정전기적 인력에 의해 상기 지지체(Si wafer 또는 glass 기판) 상부에서 상기 고분자기판의 상면으로 이동되었고, 이때 상기 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어가 네트워크를 형성한 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체를 제조하였다.

[0088] 다음으로, Sb_2Te_3 타겟(순도 99.99%)이 구비된 DC 스퍼터를 이용하여 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체에 Sb_2Te_3 박막을 증착하였다. 이때, 상기 고분자기판의 상면에 형성된 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체에 Sb_2Te_3 매트릭스가 증착된 박막이 제조되었다.

[0089] 마지막으로, Sb_2Te_3 매트릭스가 증착된 박막들을 질소분위기의 관상로에서 열처리하여 최종 열전 박막 나노복합체를 제조하였다. 이때 열처리 온도는 250 , 열처리 시간은 10 분이었다.

[0090] 또한, 최종 열전 박막 나노복합체의 두께는 약 9 μm 이었다. 또한, Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체와 Sb_2Te_3 매트릭스의 부피비(volume ratio)는 30 : 70 이었다.

[0092] 실시예 2

[0093] Sb_2Te_3 나노와이어 구조체에 Pt 코팅막을 증착하지 않은 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 실시하였다. 실시예 2에 따른 최종 열전 박막 나노복합체의 두께는 약 9 μm 이었다.

[0095] 비교예 1

[0096] 고분자기판(폴리이미드) Sb_2Te_3 타겟을 스퍼터링하여 Sb_2Te_3 매트릭스를 증착시켜 열전 박막을 제조하였다. 비교예 1에 따른 열전 박막의 두께는 약 9 μm 이었다.

[0098] 도 4는 실시예 1에서 제조된 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어의 TEM 사진(도 4(a)) 및 Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어의 두께방향으로 측정된 EDS 라인맵핑 사진이다. 도 4에 보는 바와 같이, Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체의 두께는 약 150 nm 이며, Pt 코팅막의 두께는 약 50 nm 로 확인되었다.

[0100] 도 5는 실시예 1에서 제조된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체(도 5(a)), Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어 구조체(도 5(b)), 및 고분자기판 상에 형성된 열전박막 나노복합체(도 5(c)) 를 각각 도시한 SEM 사진이다. 도 5에 보는 바와 같이, Sb_2Te_3 나노와이어는 평균 50 내지 200 nm 두께를 가지며, Pt 코팅된 Sb_2Te_3 나노와이어는 평균 100 내지 300 nm 두께를 가지고, 열전박막 나노복합체의 두께는 평균 9.2 μm 임을 확인하였다.

[0102] 표 1에 상술한 실시예 1 및 2, 비교예 1에서 제조된 열전 박막 나노복합체 또는 열전 박막의 전기전도도 및 열전도도를 수록하였다. 전기전도도는 상온에서 DC 4-probe 방법을 통해서 측정되었다. 열전도도는 thermal relaxation 방법을 통해 측정된 열용량, 진공에서 laser-flash 방법을 통해 측정된 열 확산율 및 열전 박막 나노복합체의 밀도를 이용하여 계산하였다.

표 1

	전기전도도 (S/cm)	열전도도 (mW/cm K)
실시예 1	31.1	17.6

실시예 2	16.6	18.2
비교예 1	20.8	19.4

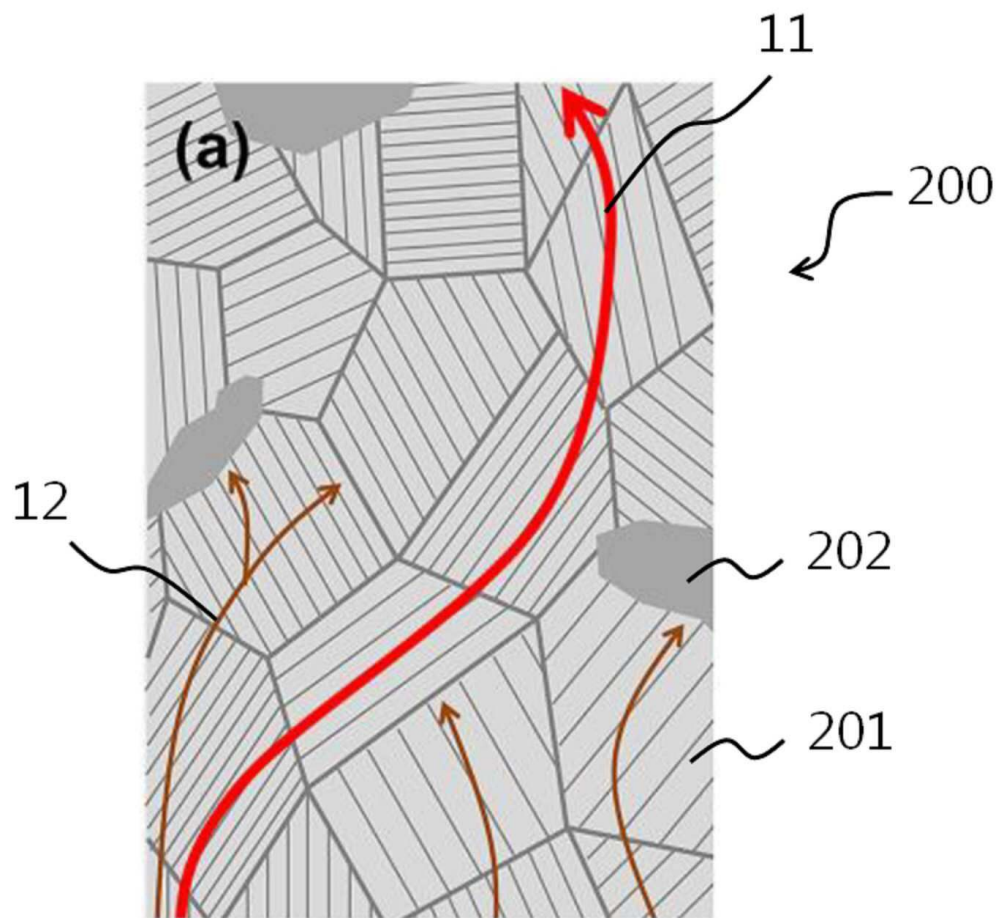
- [0106] 표 1을 참조하면, 실시예 1의 전기전도도는 비교예 1 대비 약 150% 이었다. 또한, 실시예 1의 열전도도는 비교예 1 대비 약 91%, 실시예 2의 열전도도는 비교예 1 대비 약 94% 이었다. 이에 따라, 본 발명에 따른 열전 박막 나노복합체의 전기전도도는 상승되고, 열전도도는 감소되어 ZT 계수가 큰 열전소자를 구현할 수 있다.
- [0108] 이상과 같이 본 발명에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0109] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

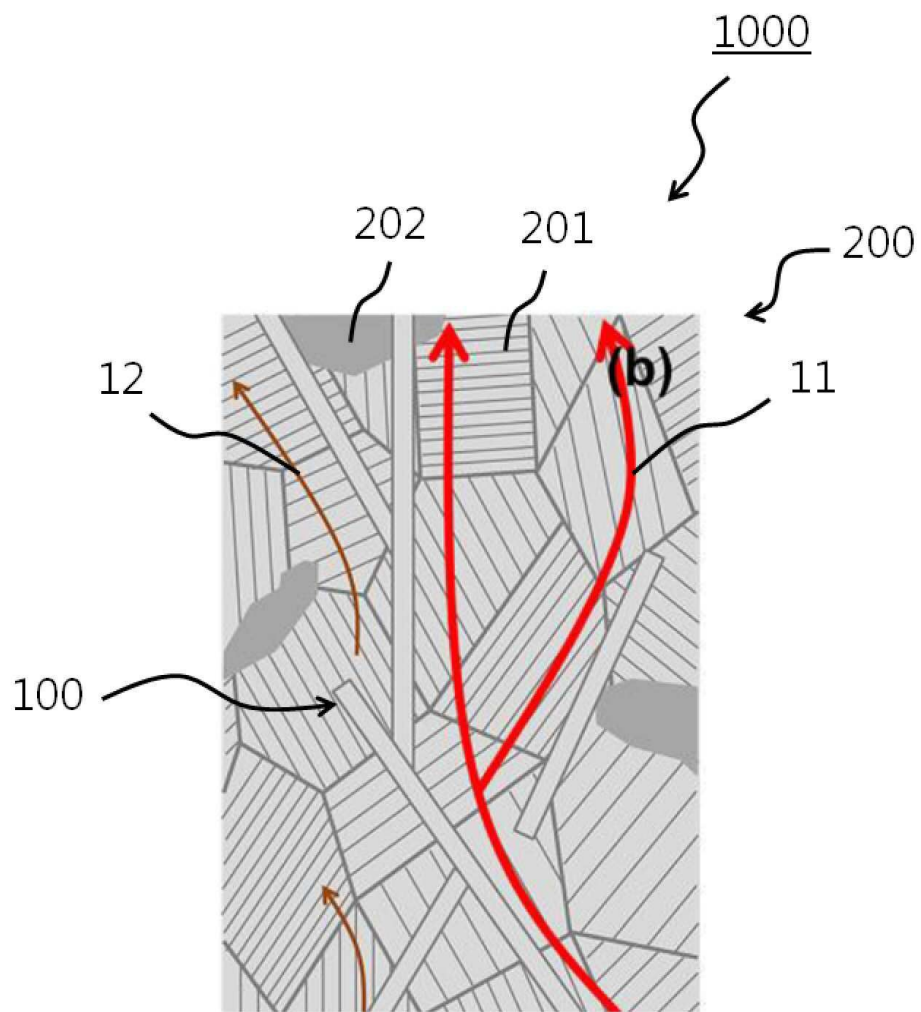
- [0111] 11: 제1 이동경로
 12: 제2 이동경로
 100, 101: 나노와이어 구조체
 110: 코어부
 120: 셸부
 200: 매트릭스
 201: 그레이인
 202: 불순물
 1000, 1001: 열전 박막 나노복합체
 2000: 고분자기판

도면

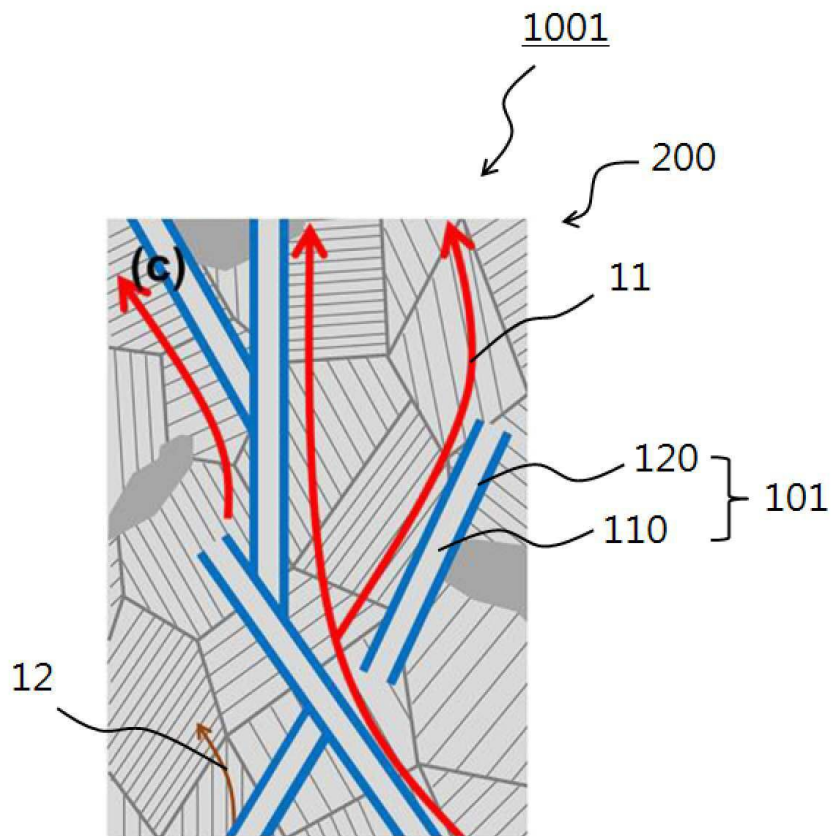
도면1



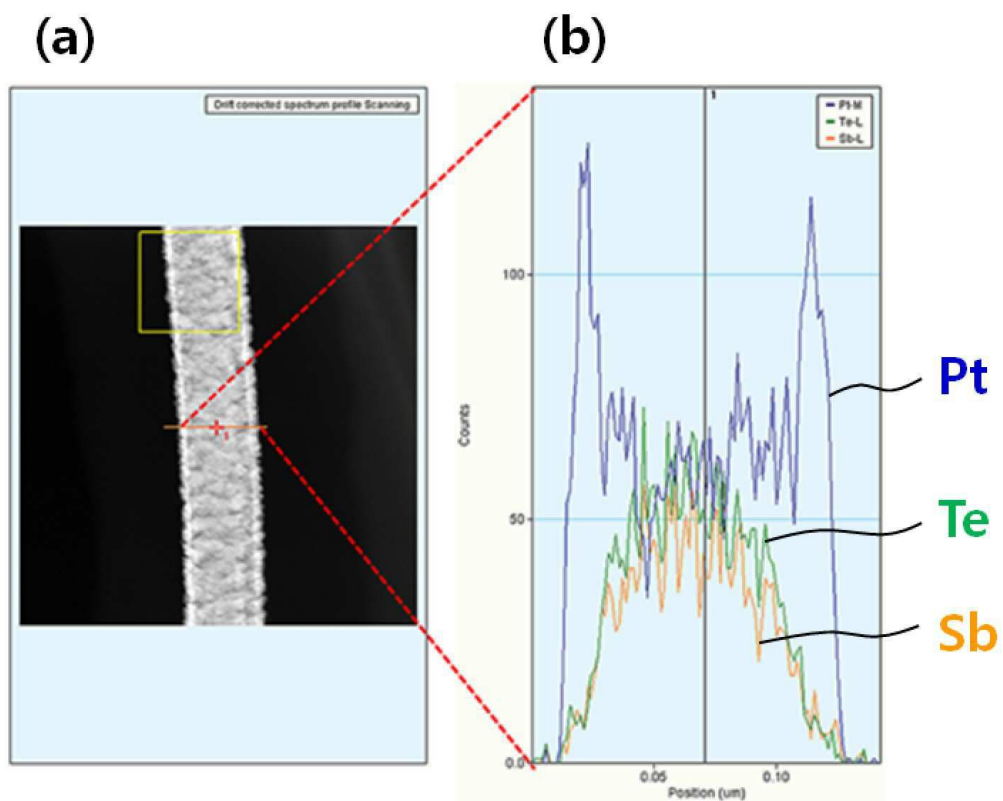
도면2



도면3



도면4



도면5

