



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0027596

(43) 공개일자 2016년03월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 35/26 (2006.01) H01L 35/32 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0115613

(22) 출원일자 2014년09월01일

심사청구일자 2014년09월01일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김명수

울산 울주군 언양읍 유니스트길 50, 교수아파트
402동 403호 (울산과학기술대학교)

성대한

울산 울주군 범서읍 점촌4길 77, 202동 1501호 (한신아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유미특허법인

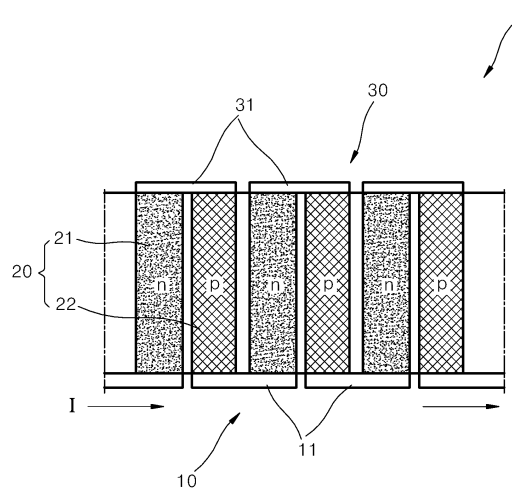
전체 청구항 수 : 총 31 항

(54) 발명의 명칭 다기능성 복합재를 이용한 열전장치 및 그의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 탄소나노소재, 비전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재를 n-타입 소자로 이용하고, 전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재를 p-타입 소자로 이용하여 열전장치를 구성함으로써, 구조용 소재에 적용 가능하여 구조 기능뿐만 아니라 구조용 소재 주변의 버려지는 폐열을 수확하는 열에너지 수확 기능을 동시에 수행할 수 있는 효과가 있다. 또한, 제조공정이 단순하고 가격이 저렴한 이점이 있다. 또한, 전기 전도성이 높고, 열 전도성이 낮기 때문에 열전 소재로의 이용에 효과적인 이점이 있다. 또한, 고분자 수지내에 탄소나노소재가 고르게 분산되기 때문에, 전기 전도성이 보다 우수한 이점이 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박영빈

서울특별시 서대문구 북아현동 산35-64

박형욱

울산광역시 울주군 범서읍 구영로 75-25, 102동
1003호 (범서읍, 동문굿모닝힐아파트)

강구혁

대구 달성군 화원읍 비슬로539길 35, 111동 1303호
(대곡역래미안)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991002028

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원

연구과제명 열에너지 수확용 다기능성 멀티스케일 복합재 연구

기 여 율 1/1

주관기관 한국연구재단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

열원으로부터 흡열하는 흡열기관과;

상기 흡열기관과 소정간격 이격되게 배치되고 발열하는 발열기관과;

상기 흡열기관과 상기 발열기관 사이에 배치되고, 탄소나노소재, 비전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 n-타입 소자와;

상기 흡열기관과 상기 발열기관 사이에서 상기 n-타입 소자와 소정간격 이격되게 배치되고, 전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 p-타입 소자를 포함하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 탄소나노소재는 탄소나노튜브(carbon nanotube), 박리흑연나노플레이트(Exfoliated Graphite Nanoplatelet), 그래핀(graphene), 팽창흑연, 풀러렌(Fullerene, C60), 카본블랙(carbon black) 및 탄소나노섬유(carbon nanofiber) 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 비전도성 섬유는 유리섬유와 아라미드 섬유(aramid fiber) 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 비전도성 섬유는, 직조된 직물 섬유, 특정방향으로 부분 혹은 전체가 정렬된 섬유 및 임의 방향으로 정렬된 섬유 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 섬유는 탄소섬유를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 전도성 섬유는, 직조된 직물 섬유, 특정방향으로 부분 혹은 전체가 정렬된 섬유 및 임의 방향으로 정렬된 섬유 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치.

청구항 7

탄소나노소재와 고분자 수지를 이용하여 혼합물을 만드는 단계와, 상기 혼합물에 비전도성 섬유를 함침하여 n-타입 프리프레그를 제작하는 단계와, 상기 n-타입 프리프레그를 원하는 형상의 n-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와;

전도성 섬유와 고분자 수지를 혼합하여 p-타입 프리프레그를 제작하는 단계와, 상기 p-타입 프리프레그를 원하는 형상의 p-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 8

탄소나노소재와 고분자 수지를 이용하여 혼합물을 만드는 단계와, 상기 혼합물에 비전도성 섬유를 함침하여 n-타입 프리프레그를 제작하는 단계와, 상기 n-타입 프리프레그를 원하는 형상의 n-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와;

고분자 수지를 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 수지를 여러층으로 적층된 전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 p-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 9

탄소나노소재와 고분자 수지를 혼합한 혼합물을 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 혼합물을 여러층으로 적층된 비전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 n-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와;

전도성 섬유와 고분자 수지를 혼합하여 p-타입 프리프레그를 제작하는 단계와, 상기 p-타입 프리프레그를 원하는 형상의 p-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 10

탄소나노소재와 고분자 수지를 혼합한 혼합물을 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 혼합물을 여러층으로 적층된 비전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 n-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와;

고분자 수지를 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 수지를 여러층으로 적층된 전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 p-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 11

청구항 7 또는 청구항 8에 있어서,

상기 혼합물을 만드는 단계는,

상기 탄소나노소재와 고분자 수지를 섞어 예비 혼합물을 만드는 제1과정과,

상기 예비 혼합물에서 상기 탄소나노소재를 분산시켜 혼합물을 만드는 제2과정을 포함하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 제2과정은,

상기 예비 혼합물을 3-롤 밀(3-roll mill)에 설정횟수 통과시키는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 제2과정은,

상기 예비 혼합물을 설정시간동안 초음파 처리하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 14

청구항 7 또는 청구항 8에 있어서,

상기 n-타입 프리프레그를 제작하는 단계는,

상기 혼합물을 상기 비전도성 섬유에 부은 후, 비닐 백으로 덮고 가압하여 여분의 혼합물을 제거하여 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 15

청구항 7 또는 청구항 8에 있어서,

상기 n-타입 프리프레그를 제작하는 단계는,

상기 혼합물과 상기 비전도성 섬유를 두 개의 롤러 사이로 통과시킨 후 가열하여 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 16

청구항 7 또는 청구항 8에 있어서,

상기 n-타입 프리프레그를 제작하는 단계는,

상기 혼합물을 필름 형태로 만든 후, 상기 필름 형태의 혼합물을 상기 비전도성 섬유의 한쪽 혹은 양쪽에 적층한 후 가열하여 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 17

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 n-타입 소자 제조단계에서 상기 혼합물은 압출 성형 공정을 통해 필름으로 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 18

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 n-타입 소자 제조단계에서 상기 혼합물은 핫 프레스(hotpress) 공정을 통해 가열 및 가압하여 필름으로 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 19

청구항 7 또는 청구항 8에 있어서,

상기 n-타입 소자를 제작하는 단계는,

상기 n-타입 프리프레그를 몰드 위에 위치시킨 후, 핸드 레이업 방법 또는 오토클레이브 방법을 이용하여 원하는 형상의 복합재로 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 20

청구항 7 또는 청구항 9에 있어서,

상기 p-타입 프리프레그를 제작하는 단계는,

상기 고분자 수지를 상기 전도성 섬유에 부은 후, 비닐 백으로 덮고 가압하여 여분의 혼합물을 제거하여 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 21

청구항 7 또는 청구항 9에 있어서,

상기 p-타입 프리프레그를 제작하는 단계는,

상기 고분자 수지와 상기 전도성 섬유를 두 개의 롤러 사이로 통과시킨 후 가열하여 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 22

청구항 7 또는 청구항 9에 있어서,

상기 p-타입 프리프레그를 제작하는 단계는,

상기 고분자 수지를 필름 형태로 만든 후, 상기 전도성 섬유의 한쪽 혹은 양쪽에 적층한 후 가열하여 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 23

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 p-타입 소자 제조단계에서 상기 고분자 수지는 압출 성형 공정을 통해 필름으로 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 24

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 p-타입 소자 제조단계에서 상기 고분자 수지는 핫 프레스(hotpress) 공정을 통해 가열 및 가압하여 필름으로 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 25

청구항 7 또는 청구항 9에 있어서,

상기 p-타입 소자를 제작하는 단계는,

상기 p-타입 프리프레그를 몰드 위에 위치시킨 후, 핸드 레이업 방법 또는 오토클레이브 방법을 이용하여 원하는 형상의 복합재로 제작하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 26

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탄소나노소재는 탄소나노튜브(carbon nanotube), 박리흑연나노플레이트(Exfoliated Graphite Nanoplatelet), 그래핀(graphene), 팽창흑연, 풀러렌(Fullerene, C60), 카본블랙(carbon black) 및 탄소나노섬유(carbon nanofiber) 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 27

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비전도성 섬유는 유리섬유와 아라미드 섬유(aramid fiber) 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 28

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비전도성 섬유는, 직조된 직물 섬유, 특정방향으로 부분 혹은 전체가 정렬된 섬유 및 임의 방향으로 정렬된 섬유 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 29

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전도성 섬유는 탄소섬유를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 30

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전도성 섬유는, 직조된 직물 섬유, 특정방향으로 부분 혹은 전체가 정렬된 섬유 및 임의 방향으로 정렬된 섬유 중 적어도 하나를 사용하는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법.

청구항 31

청구항 7 내지 청구항 10 중 어느 한 항의 제조방법으로 제조된 다기능성 복합재를 이용한 열전장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다기능성 복합재를 이용한 열전장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 탄소나노소재, 비전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재를 n-타입 소자로 이용하고, 전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재를 p-타입 소자로 이용함으로써 구조 기능뿐만 아니라 에너지 수확 기능도 수행할 수 있는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에는 한정된 화석 연료에 대한 의존도를 줄이기 위한 대체 에너지 기술 중 하나로 열에너지 수확 기술이 연구되고 있다. 상기 열에너지 수확기술은, 열전 장치(Thermoelectric device)를 이용하여 버려지는 열을 전기 에너지로 전환시키는 기술이다. 상기 열전 장치는 열이 유입되는 고온부, 열이 방출되는 저온부, 상기 고온부와 상기 저온부 사이에 구비되어 열전달과 함께 전류를 흐르게 하는 n-타입 소자와 p-타입 소자를 포함한다. 상기 n-타입 소자와 상기 p-타입 소자는 열전 재료이며, 열전 재료의 성능에 대해 지속적으로 연구되고 있다.

[0003] 기존의 열전 장치는 나노구조의 BiTi합금, ReTe합금, LaSrCoO₃ 등으로 이루어졌으나, 가격이 비싸고 제조가 어려우며, Te의 경우 독성이 매우 강한 문제점 등이 있다. 따라서, 열전 장치에 사용할 수 있는 전도성 재료에 대한 연구가 요구되고 있다.

[0004] 또한, 최근에는 항공, 자동차, 건설 등 여러 산업 분야에서 복합재료의 사용이 증가하고 있다. 상기와 같이 여러 산업분야에 사용되는 복합재료들은 태양열 에너지나 각종 기계장치에서 발생되어 버려지는 열에 노출되어 있다. 따라서, 상기 복합재료들이 구조체로서의 본래 기능을 수행함과 동시에 버려지는 열을 사용가능한 전기 에너지로 재생산하는 기능을 수행할 수 있도록 다기능성 복합재료에 대한 연구가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) US2012/0153240 A1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은, 구조 기능과 에너지 수확 기능을 모두 가질 수 있는 다기능성 복합재를 이용한 열전장치 및 그의 제조방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 다기능성 복합재를 이용한 열전장치는, 열원으로부터 흡열하는 흡열기관과, 상기 흡열기관과 소정간격 이격되게 배치되고 발열하는 발열기관과, 상기 흡열기관과 상기 발열기관 사이에 배치되고, 탄소나노소재, 비전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 n-타입 소자와, 상기 흡열기관과 상기 발열기관 사이에서 상기 n-타입 소자와 소정간격 이격되게 배치되고, 전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 p-타입 소자를 포함한다.

[0008] 본 발명에 따른 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법은, 탄소나노소재와 고분자 수지를 이용하여 혼합물을 만드는 단계와 상기 혼합물에 비전도성 섬유를 함침하여 n-타입 프리프레그를 제작하는 단계와 상기 n-타입 프리프레그를 원하는 형상의 n-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와, 전도성 섬

유와 고분자 수지를 혼합하여 p-타입 프리프레그를 제작하는 단계와 상기 p-타입 프리프레그를 원하는 형상의 p-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함한다.

[0009] 본 발명의 다른 측면에 따른 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법은, 탄소나노소재와 고분자 수지를 이용하여 혼합물을 만드는 단계와, 상기 혼합물에 비전도성 섬유를 함침하여 n-타입 프리프레그를 제작하는 단계와, 상기 n-타입 프리프레그를 원하는 형상의 n-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와, 고분자 수지를 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 수지를 여러층으로 적층된 전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 p-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함한다.

[0010] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법은, 탄소나노소재와 고분자 수지를 혼합한 혼합물을 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 혼합물을 여러층으로 적층된 비전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 n-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와, 전도성 섬유와 고분자 수지를 혼합하여 p-타입 프리프레그를 제작하는 단계와, 상기 p-타입 프리프레그를 원하는 형상의 p-타입 소자로 제작하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함한다.

[0011] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 다기능성 복합재를 이용한 열전장치의 제조방법은, 탄소나노소재와 고분자 수지를 혼합한 혼합물을 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 혼합물을 여러층으로 적층된 비전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 n-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 n-타입 소자 제조단계와, 고분자 수지를 필름 형태로 만드는 단계와, 상기 필름 형태의 수지를 여러층으로 적층된 전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하여 p-타입 소자를 제조하는 단계를 포함하는 p-타입 소자 제조단계를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명은, 탄소나노소재, 비전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재를 n-타입 소자로 이용하고, 전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재를 p-타입 소자로 이용하여 열전장치를 구성함으로써, 구조용 소재에 적용 가능하여 구조 기능뿐만 아니라 구조용 소재 주변에서 버려지는 폐열을 수확하는 열에너지 수확 기능을 동시에 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0013] 또한, 제조공정이 단순하고 가격이 저렴한 이점이 있다.

[0014] 또한, 탄소나노소재, 비전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재는, 전기 전도성이 높고, 열 전도성이 낮기 때문에, n-타입 소자로의 이용에 효과적인 이점이 있다.

[0015] 또한, 전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진 복합재는 전기 전도성과 열전도성이 모두 높기 때문에, p-타입 소자로의 이용에 효과적인 이점이 있다.

[0016] 또한, 고분자 수지 내에 탄소나노소재가 고르게 분산되기 때문에, 전기 전도성이 보다 우수한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 열전장치의 구성이 도시된 도면이다.

도 2는 도 1에 도시된 열전장치의 n-타입 소자의 제조방법이 도시된 순서도이다.

도 3은 도 1에 도시된 열전장치의 p-타입 소자의 제조방법이 도시된 순서도이다.

도 4는 도 2에 따라 제작된 n-타입 소자의 단면도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 다기능성 복합재의 수평방향 열전 성질을 측정하기 위한 시편 형상을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다기능성 복합재의 수직방향 열전 성질을 측정하기 위한 시편 형상을 나타낸 도면이다.

도 7은 도 6에 도시된 시편의 두께방향 열전도도를 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 다기능성 복합재를 이용한 수평방향 열전장치를 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 다기능성 복합재를 이용한 수직방향 열전장치를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열전장치의 구성이 도시된 도면이다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 열전장치는, 흡열기관(31), 발열기관(11), n-타입 소자(21)와 p-타입 소자(22)로 이루어진 복합재(20)를 포함한다.
- [0021] 상기 흡열기관(31)은, 열원(30)으로부터 흡열하고 금속으로 이루어지고, 상기 n-타입 소자(21)와 상기 p-타입 소자(22)의 각 단부에 접촉되게 배치된다.
- [0022] 상기 발열기관(11)은, 냉각부(10)를 통해 발열하도록 금속으로 이루어지고, 상기 n-타입 소자(21)와 상기 p-타입 소자(22)의 각 단부에 접촉되게 배치된다.
- [0023] 상기 복합재(20)는, 상기 흡열기관(31)과 상기 발열기관(11)사이에 배치된 n-타입 소자(21)와, 상기 발열기관(11)과 상기 흡열기관(31)사이에 배치되고 상기 n-타입 소자(21)와 소정간격 이격되게 배치된 p-타입 소자(22)를 포함한다.
- [0024] 상기 n-타입 소자(21)는, 탄소나노소재, 비전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진다. 상기 탄소나노소재는 나노 스케일이고, 상기 비전도성 섬유는 마이크로 스케일이므로, 상기 n-타입 소자(21)는 멀티스케일 복합재이다.
- [0025] 상기 탄소나노소재는, 탄소나노튜브(21a), 박리흑연나노플레이트(Exfoliated Graphite Nanoplatelet, 이하, xGNP라고 칭함), 그래핀(graphene), 팽창흑연, 풀러렌(Fullerene, C60), 카본블랙(carbon black) 및 탄소나노섬유(carbon nanofiber) 중 어느 하나를 선택하여 사용할 수 있다. 본 실시예에서는, 상기 탄소나노소재로 탄소나노튜브(21a)를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 탄소나노튜브(21a)는 2차원 판상 형태인 xGNP나 그래핀보다 후술하는 비전도성 섬유들 사이에 함침이 더욱 잘 되어, 전도성 네트워크 형성이 더욱 용이하다. 상기 탄소나노튜브(21a)는 Thermal CVD공법으로 제조된 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT)가 사용된다.
- [0026] 상기 n-타입 소자(21)에 사용되는 고분자 수지는 열가소성 수지나 열경화성 수지를 포함하고, 본 실시예에서는 열경화성 수지를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 여기서, 상기 고분자 수지로 에폭시 수지(21b)를 사용하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고, 다른 수지의 사용도 물론 가능하다.
- [0027] 상기 비전도성 섬유는, 유리 섬유와 아라미드 섬유(aramid fiber) 중 적어도 하나가 사용될 수 있다. 또한, 상기 비전도성 섬유는, 직조된 직물 섬유, 단방향으로 정렬된 섬유, 특정방향으로 부분 혹은 전체가 정렬된 섬유, 임의 방향으로 정렬된 섬유 중 적어도 하나가 사용될 수 있다. 본 실시예에서는, 상기 비전도성 섬유는, 직조된 직물 유리섬유(21c)를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 직물 유리섬유는 유리섬유가 직조된 형태이며, 상기 유리섬유로는 E-glass fiber를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 직물 유리섬유의 열전도도는 탄소섬유에 비해 열전도도가 낮으므로, 멀티스케일 복합재에서 열전도도가 낮은 영역을 형성할 수 있다. 상기 탄소나노튜브는 전기 전도성이 높고, 상기 직물 유리섬유는 열전도성이 낮기 때문에, 높은 전기 전도성과 낮은 열전도성을 요구하는 열전기 소재의 요구조건을 충족할 수 있다. 다만, 이에 한정되지 않고 상기 직물 유리섬유 대신 아라미드 섬유(Kevlar fiber)를 사용하는 것도 가능하다.
- [0028] 상기 p-타입 소자(22)는, 전도성 섬유 및 고분자 수지로 이루어진다.
- [0029] 상기 전도성 섬유는, 직조된 직물 섬유, 단방향으로 정렬된 섬유, 특정방향으로 부분 혹은 전체가 정렬된 섬유, 임의 방향으로 정렬된 섬유 중 적어도 하나가 사용될 수 있다. 본 실시예에서는, 상기 전도성 섬유는, 직조된 직물 탄소섬유를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다.
- [0030] 상기 p-타입 소자(22)에 사용되는 고분자 수지는 열가소성 수지나 열경화성 수지를 포함하고, 본 실시예에서는 열경화성 수지를 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 여기서, 상기 고분자 수지로 에폭시 수지를 사용하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고, 다른 수지의 사용도 물론 가능하다.
- [0031] 도 2는 도 1에 도시된 열전장치의 n-타입 소자의 제조방법이 도시된 순서도이다.
- [0032] 도 2를 참조하면, 상기 n-타입 소자(21)를 만들기 위해서 탄소나노튜브(21a), 에폭시 수지(21b) 및 경화제를 섞어서 예비 혼합물을 만든다. (S1) 상기 예비 혼합물을 만들기 위해서는 상기 탄소나노튜브(21a), 에폭시 수지(21b) 및 상기 경화제를 비이커 등의 용기에 넣은 후 설정시간동안 저어서 섞는다. 상기 설정시간은 약 5분인 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 설정시간동안 저어서 섞은 후, 상기에서 만들어진 예비혼합물을 페이스트 믹서기(paste mixer)를 이용하여 섞는다. 상기 페이스트 믹서기의 회전조건은 공전 약 800rpm이고, 자전 약

640rpm이다. 상기 페이스트 믹서기는 PDM-300(대화테크)을 사용하였다.

[0033] 이후, 상기 페이스트 믹서기를 통해 혼합된 예비 혼합물에서 상기 에폭시 수지(21b)에 상기 탄소나노튜브(21a)를 고르게 분산시켜 혼합물을 만든다.(S2) 상기 탄소나노튜브(21a)를 분산시키는 방법에는 초음파 처리(Sonication), 3-롤 밀(3-roll mill) 등이 있다. 본 실시예에서는, 상기 예비 혼합물을 3-롤 밀에 설정횟수 통과시키는 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 3-롤 밀은 상기 탄소나노튜브(21a)의 최대 함침 용량 이내에서는 상기 탄소나노튜브(21a)의 함침에 크게 영향을 받지 않고 사용이 가능하며, 상기 탄소나노튜브(21a)의 함침 조절도 가능하다. 상기 3-롤 밀의 각 롤러의 속도비는 1:3:9로 설정된다. 상기 3-롤 밀에서 가장 빠른 속도로 회전하는 롤러의 속도는 270rpm으로 설정한다. 상기 3-롤 밀을 통과시키는 설정 횟수는 약 10회인 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 예비 혼합물이 상기 3-롤 밀을 통과하고 나면, 상기 탄소나노튜브(21a)가 고르게 분산된 혼합물을 얻을 수 있다. 상기 3-롤 밀은 EXAKT S80(silicon carbide rolls)을 사용하였다.

[0034] 다음으로, 상기 3-롤 밀을 통과한 혼합물에 직물 유리섬유(21c)를 함침시켜 프리프레그를 제작한다.(S3) 상기 프리프레그를 제작하는 단계는, 상기 혼합물을 상기 직물 유리섬유(21c)에 부은 후, 비닐 백으로 덮고 가압하고 여분의 혼합물을 밀어내어 제거하는 방식으로 제작한다. 상기 비닐 백은 진공 백을 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 한편, 본 실시예에서는, 상기 직물 유리섬유(21c)에 묻은 여분의 혼합물을 수작업으로 가압하여 중심에서 바깥방향으로 밀어내어 상기 직물 유리섬유(21c)에 필요량의 고분자 수지만 남기도록 하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 별도의 롤러 장치를 사용하는 것도 가능하다. 별도의 롤러 장치를 사용하는 경우, 수직 혹은 수평으로 배치된 두 개의 롤러 사이로 상기 혼합물이 묻은 상기 직물 유리섬유(21c)를 통과시켜 프리프레그를 제작하는 방법이다.

[0035] 상기 프리프레그가 완성되면, 상기 프리프레그를 원하는 형상의 n-타입 소자(21)로 제작한다. (S4) 상기 n-타입 프리프레그를 핫 플레이트(Hot plate) 몰드 위에 위치시킨 후 핸드 레이업(Hand lay up) 공정을 이용하여 원하는 형상의 n-타입 소자(21)로 제작한다. 상기 에폭시 수지의 경화와 후경화의 조건은 각각 120℃에서 2시간, 150℃에서 2시간이다. 상기 n-타입 소자(21)로 제작하는 방법으로는 핸드 레이업(Hand lay up)방법을 이용하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 오토 클레이브 방법을 이용하는 것도 물론 가능하다.

[0036] 한편, 도 4a는 상기와 같은 과정을 거쳐 제작되고, 직물 유리섬유가 다발로 형성된 n-타입 소자(21)를 도시하고 있고, 도 4b는 기존의 스프레이 방식을 통해 제작되고, 직물 유리섬유가 다발로 형성된 n-타입 소자(21')를 비교 도시하고 있다.

[0037] 도 4a와 도 4b를 참조하면, 상기 직물 유리섬유(21c)는 일반적으로 섬유다발(21d)의 형태로 구성되어 있었고, 상기 섬유다발(21d)이 서로 엮여서 직물 조직을 이룬다. 탄소나노소재는 나노 스케일이고, 직물 유리섬유는 마이크로 스케일이므로 탄소나노소재와 직물 유리섬유를 이용하여 멀티스케일 복합재를 제조할 수 있다. 멀티스케일 복합재는, 주로 상기 탄소나노튜브(21a)가 상기 섬유다발(21d)의 외측 또는 주변에 존재하고, 상기 섬유다발(21d) 내에는 존재하지 않거나 상기 섬유다발(21d)의 외측에 비해 적은 양이 존재한다. 이는 핸드 레이업이나 VARTM, 오토클레이브와 같은 제조방법을 이용할 경우, 압력이 적층된 섬유와 수지에 가해지므로 상기 섬유다발(21d)속의 섬유들이 상기 섬유다발(21d)의 중심방향으로 모이는 현상이 생겨서 상기 탄소나노소재가 상기 섬유다발(21d)속으로 들어가기 어려워지기 때문이다.

[0038] 도 4a를 참조하면, 본 발명에 따른 n-타입 소자(21)는 상기 섬유다발(21d) 주변의 상기 에폭시 수지(21b)내에 상기 탄소나노튜브(21a)가 고르게 분포하는 구조이다. 도 4a에서 탄소나노튜브가 직선형상으로 표시되어있으나, 실제 샘플에서는 대부분 탄소나노튜브는 대부분 굽어있는 형상으로 나타난다. 본 발명에 따라 상기 직물 유리섬유(21c)가 상기 에폭시 수지(21b) 내에 함침되고, 상기 섬유다발(21d) 주변의 상기 에폭시 수지(21b)내에 상기 탄소나노튜브(21a)가 고르게 분산되는 경우, 상기 섬유다발(21d) 주변의 상기 에폭시 수지(21b) 전체 영역이 전기 전도성이 높은 영역을 형성하여, 보다 전기 전도성이 높은 열전 소재를 이룰 수 있다.

[0039] 도 4b는, 기존의 스프레이 방식으로 제작된 n-타입 소자(21')이며, 상기 섬유 다발(21d)의 표면에만 상기 탄소나노튜브(21a)를 포함한 층이 도포된 구조이다. 따라서, 도 4a에 도시된 본 발명에 따른 제조방법에 따른 멀티스케일 복합재가 도 4b의 경우보다 전기 전도성이 보다 높은 열전 소재를 이룰 수 있다.

[0040] 한편, 도 4c는 본 발명에 따른 과정을 거쳐 제작되되, 유리섬유가 다발이 아닌 날개로 형성된 n-타입 소자(21'')를 도시하고 있고, 도 4d는 기존의 스프레이 방식을 통해 제작되되 유리섬유가 날개로 형성된 n-타입 소자(21''')를 비교 도시하고 있다.

[0041] 도 4c를 참조하면, 본 발명에 따른 n-타입 소자(21'')는 상기 에폭시 수지(21b)내에 상기 탄소나노튜브(21a)가

고르게 분포하고 유리섬유가 함침된 구조이나, 도 4d에서는 유리섬유(21c)의 표면에만 탄소나노튜브를 포함한 층이 도포된 구조이다. 따라서, 도 4c에 도시된 바와 같이, 상기 에폭시 수지(21b) 전체 영역에 상기 탄소나노튜브(21a)가 고르게 분산되고 유리섬유(21c)가 함침되게 제작된 본 발명에 따른 n-타입 소자(21'')는, 상기 에폭시 수지(21b) 전체 영역이 전기 전도성이 높은 영역을 형성하여, 도 4d의 경우보다 전기 전도성이 높은 열전 소재를 이룰 수 있다.

[0042] 한편, 도 3은 도 1에 도시된 열전장치의 p-타입 소자의 제조방법이 도시된 순서도이다.

[0043] 도 3을 참조하면, 상기 p-타입 소자(22)를 만들기 위해서 직물 탄소섬유, 에폭시 수지를 혼합하여 p-타입 프리프레그를 제작한다.(S11) 상기 p-타입 프리프레그를 제작하는 방법은, 상기 직물 탄소섬유에 에폭시 수지를 부은 후, 비닐 백으로 덮고 가압하여 여분의 혼합물을 밀어내어 제거하는 방식으로 제작한다. 상기 비닐 백은 진공 백을 사용하는 것으로 예를 들어 설명한다. 한편, 본 실시예에서는, 상기 직물 탄소섬유에 묻은 여분의 혼합물을 수작업으로 가압하여 중심에서 바깥방향으로 밀어내어 상기 직물 탄소섬유에 필요량의 고분자 수지만 남기도록 하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 별도의 롤러 장치를 사용하는 것도 가능하다. 별도의 롤러 장치를 사용하는 경우, 수직 혹은 수평으로 배치된 두 개의 롤러 사이로 상기 고분자 수지가 혼합된 상기 직물 탄소섬유를 통과시켜 프리프레그를 제작하는 방법이다.

[0044] 상기 p-타입 프리프레그가 완성되면, 상기 p-타입 프리프레그를 핫 플레이트(Hot plate) 몰드 위에 위치시킨 후 핸드 레이업(Hand lay up) 공정을 이용하여 원하는 형상의 p-타입 소자(22)로 제작한다.(S12) 상기 에폭시 수지의 경화와 후경화의 조건은 각각 120℃에서 2시간, 150℃에서 2시간이다. 상기 p-타입 소자(22)로 제작하는 방법으로는 핸드 레이업(Hand lay up)방법을 이용하는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 오토 클레이브 방법을 이용하는 것도 물론 가능하다.

[0045] 상기와 같은 방법으로 제작된 상기 n-타입 소자(21)와 p-타입 소자(22)를 적용한 열전장치는, 금속성 반도체 열전 장치에 비해 제조공정이 단순하고 가격이 저렴한 이점이 있다. 또한, 고강도 및 고탄성율의 탄소섬유는 첨단 구조용 소재로 널리 사용되고 있고, 유리섬유는 일반적으로 풍력 터빈 블레이드, 곡물 창고, 건축 자재, 파이프 등 구조용 소재로 널리 사용되고 있는 바, 상기 구조용 소재들은 주변에서 발생되어 버려지는 열과 접촉하는 상황이다. 따라서, 상기 구조용 소재들에 상기 n-타입 소자(21)와 p-타입 소자(22)를 적용함으로써, 구조 기능뿐만 아니라 열에너지 수확기능까지 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0046] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 멀티 스케일 복합재의 수평방향 열전 성질을 측정하기 위한 시편 형상을 나타낸 도면이다. 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 멀티 스케일 복합재의 수직방향 열전 성질을 측정하기 위한 시편 형상을 나타낸 도면이다.

[0047] 도 5 및 도 6을 참조하면, 멀티 스케일 복합재의 열에너지 수확 기능의 특성을 시험하기 위해서 온도차에 따른 전압차를 측정하도록 시험장치를 구성하였다. 도 5는 수평 방향 열전 성질을 측정하기 위한 것이고, 상기 수평 방향은 섬유의 길이 방향으로 간주할 수 있다. 도 6은 수직방향의 열전 성질을 측정하기 위한 것이고, 상기 수직 방향은 시편의 두께 방향, 즉 섬유길이 방향의 수직방향을 의미한다. 상기 온도차에 의한 전압차 측정방법은, 상기 복합재(20)의 양단의 온도를 다르게 설정하여, 상기 복합재(20)내에서 온도 구배를 주고, 이에 따른 양단 사이의 전압차를 측정하는 방법이다.

[0048] 도 5를 참조하면, 수평방향 열전 성질을 측정하기 위한 수평(in-plane) 시편(50)은, 직물 섬유를 약 8겹 적층하여 제작한 것이다. 즉, 상기 복합재(20)가 상기 n-타입 소자(21)일 경우 상기 직물 유리섬유를 약 8겹 적층한 것이고, 상기 복합재(20)가 상기 p-타입 소자(22)일 경우 상기 직물 탄소섬유를 약 8겹 적층한 것이다. 상기 수평 시편(50)에는 좌,우측에 각각 좌,우 동판(51)(52)을 구비하고, 상기 좌,우 동판(51)(52)에 온도차를 두어 상기 좌,우 동판(51)(52)사이의 전압차를 측정한다. 상기 좌,우 동판(51)(52)은 상기 시편(50)의 윗면과 아랫면에 각각 2개씩 부착하였다. 상기 좌,우 동판(51)(52)과 상기 복합재(20)사이에는 전압을 측정하기 위한 피복을 제거한 전선(53)을 위치시켰다.

[0049] 도 6을 참조하면, 수직방향 열전 성질을 측정하기 위한 수직(through-thickness) 시편(50')은, 직물 섬유를 약 16겹 적층하여 제작하였다. 즉, 상기 복합재(20)가 상기 n-타입 소자(21)일 경우 상기 직물 유리섬유를 약 16겹 적층한 것이고, 상기 복합재(20)가 상기 p-타입 소자(22)일 경우 상기 직물 탄소섬유를 약 16겹 적층한 것이다. 상기 수직 시편(50')에는 상,하측에 각각 상,하 동판(54)(55)을 구비하고, 상기 상,하 동판(54)(55)에 온도차를 두어 상기 상,하 동판(54)(55)사이의 전압차를 측정한다. 상기 상,하 동판(54)(55)과 상기 복합재(20)사이에는

전압을 측정하기 위한 피복을 제거한 전선(53)을 위치시켰다. 도 5 및 도 6에서 L1은 50mm, L2는 30mm로 설정하였다.

[0050] 상기 수평 시편(50)과 상기 수직 시편(50')의 전기 전도도는 시편의 비저항을 통해 구할 수 있으며, 비저항 측정 결과는 표 1과 같다. 비저항 측정은 두 개의 동판 사이의 저항을 측정하는 방식이다.

[0051] 표 1을 참조하면, 상기 복합재(20)가 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 n-타입 소자(21)인 경우, 상기 수평 시편(50)과 상기 수직 시편(50')에서 탄소나노튜브의 함량이 증가할수록 비저항이 감소하는 현상을 나타내었다.

[0052] 또한, 상기 복합재(20)가 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 n-타입 소자(21)인 경우, 상기 수평 시편(50)의 비저항이 상기 수직 시편(50')의 비저항보다 낮게 나타났다. 이는 많은 탄소나노튜브가 시편의 두께 방향으로 정렬되기보다는 직물 유리섬유 위에 2차원 평면상에 존재하여 나타나는 현상이다.

[0053] 한편, 상기 복합재(20)가 탄소섬유와 에폭시로 이루어진 p-타입 소자(22)인 경우, 상기 탄소섬유가 전기 전도성이 있기 때문에 상기 n-타입 소자(21)에 비해 낮은 비저항을 보였다.

표 1

Sample	In-plane ($\Omega\cdot\text{cm}$)	Through-thickness ($\Omega\cdot\text{cm}$)
0.5wt% CNT-GF-epoxy	184.0	3195.1
1wt% CNT-GF-epoxy	37.7	667.4
3wt% CNT-GF-epoxy	1.7	107.0
5wt% CNT-GF-epoxy	1.7	70.6
CF-epoxy	0.4	176.2

[0054]

[0055] 한편, 표 2 및 표 3은, 상기 수평 시편(50)과 상기 수직 시편(50') 각각의 온도차에 따른 제벡계수(Seebeck coefficient)를 나타내고 있다. 상기 제벡(Seebeck)계수(=전압차/온도차)는, 온도차에 의해 생긴 전압차를 온도차로 나누어 구할 수 있다. 여기서, 전압차의 크기와 방향은 멀티미터 혹은 볼트미터를 이용하여 구할 수 있다.

[0056] 상기 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 n-타입 소자(21)의 경우, 상기 탄소나노튜브의 함량을 0.5, 1, 3, 5wt%로 다르게 하였다.

[0057] 표 2 및 표 3을 참조하면, 상기 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 복합재의 제벡계수와, 상기 탄소섬유 및 에폭시로 이루어진 복합재의 제벡계수는 서로 다른 부호의 값을 보여준다.

[0058] 따라서, 상기 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 복합체는 n-타입 소자의 거동을 보이며, 상기 탄소섬유 및 에폭시로 이루어진 복합체는 p-타입 소자의 거동을 보이는 것을 알 수 있다.

표 2

왼쪽 ($^{\circ}\text{C}$)	오른쪽 ($^{\circ}\text{C}$)	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	0.5 wt% CNT GF-EP($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)	1 wt% CNT GF-EP($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)	3 wt% CNT GF-EP($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)	5 wt% CNT GF-EP($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)	CF-EP ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)
20	40	20	-6.905	-5.731	-4.940	-6.163	3.454
20	60	40	-6.339	-5.166	-4.567	-5.554	4.033
20	80	60	-6.168	-5.056	-4.532	-5.708	4.219
40	60	20	-5.468	-4.436	-3.763	-4.648	3.945
40	80	40	-5.912	-4.749	-4.173	-5.456	4.168
60	80	20	-5.414	-4.458	-4.296	-5.321	4.175
평균			-6.043	-4.933	-4.378	-5.475	3.999

[0059]

표 3

왼쪽 (°C)	오른쪽 (°C)	ΔT (°C)	0.5 wt% CNT GF-EP($\mu V/^\circ C$)	1 wt% CNT GF-EP($\mu V/^\circ C$)	3 wt% CNT GF-EP($\mu V/^\circ C$)	5 wt% CNT GF-EP($\mu V/^\circ C$)	CF-EP ($\mu V/^\circ C$)
20	40	20	-2.970	-2.966	-1.988	-2.136	1.953
20	60	40	-3.070	-2.939	-2.026	-2.228	2.033
20	80	60	-3.034	-2.864	-1.969	-2.226	1.983
40	60	20	-2.628	-2.935	-1.860	-2.060	1.570
40	80	40	-2.863	-2.621	-1.794	-1.981	1.648
60	80	20	-3.018	-2.959	-2.022	-2.130	1.605
Average			-2.931	-2.881	-1.943	-2.127	1.799

도 7은 도 6에 도시된 시편의 두께방향 열전도도를 나타낸 그래프이다.

도 7을 참조하면, 상기 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 n-타입 소자(21)의 경우, 상기 탄소나노튜브의 함량이 증가함에 따라 상기 n-타입 소자(21)의 열전도도가 증가하는 경향을 보였다. 이는 상기 탄소나노튜브의 높은 열전도도에 기인하는 것으로 여겨진다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 멀티 스케일 복합재(120)를 이용한 수평방향 열전장치(100)를 도시한 도면이다.

도 8을 참조하면, 상기 수평방향(in-plane) 열전장치(100)는, 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 복합재를 n-타입 소자(121)로 이용하고, 탄소섬유와 에폭시로 이루어진 복합재를 p-타입 소자(122)로 사용하였다. 도면부호 151 및 152는 각각 탐침(probe)을 나타내고, 멀티미터에 연결되어 전류의 크기와 방향을 측정한다. 도면부호 153은 전선을 나타낸다.

상기 수평방향 열전장치(100)는, 히트 소스(Heat source)(110)와, 히트 싱크(Heat sink)(130)를 포함한다. 상기 히트 소스(110)와 상기 히트 싱크(130)는 일종의 히팅 바(Heating bar)이고, 온도를 서로 다르게 하여 열수확 시스템을 구성하였다. 상기 히트 소스(110)는, 상기 p-타입 소자(122)의 상부 일측에 배치된 제1히트 소스(111)와, 상기 n-타입 소자(121)의 상부 일측에 배치된 제2히트 소스(112)를 포함한다. 상기 히트 싱크(130)는, 상기 p-타입 소자(122)의 상부 타측에 배치된 제1히트 싱크(131)와, 상기 n-타입 소자(121)의 상부 타측에 배치된 제2히트 싱크(132)를 포함한다. 상기 제1히트 소스(111)와 상기 제1히트 싱크(131)의 상부에는 절연판(140)이 구비되어, 상기 제1히트 소스(111)와 상기 제1히트 싱크(131)로부터 상기 n-타입 소자(121)로의 열전달을 차단한다.

표 4

Temperature (°C)			Current(nA)			
Left (1,2)	Right (3,4)	ΔT	0.5wt%	1.0wt%	3.0wt%	5.0wt%
20	40	20	127.4 $\pm$ 8.2	128.2 $\pm$ 2.3	176.6 $\pm$ 3.8	202.4 $\pm$ 0.4
20	60	40	252.9 $\pm$ 8.3	258.2 $\pm$ 2.9	316.8 $\pm$ 0.3	377.8 $\pm$ 0.3
20	80	60	415.0 $\pm$ 14.1	418.3 $\pm$ 3.7	474.7 $\pm$ 0.3	566.9 $\pm$ 0.4
40	60	20	127.2 $\pm$ 13.3	114.8 $\pm$ 2.7	124.4 $\pm$ 0.5	142.1 $\pm$ 0.4
40	80	40	263.2 $\pm$ 11.2	244.1 $\pm$ 6.9	279.9 $\pm$ 0.5	341.3 $\pm$ 0.8
60	80	20	130.8 $\pm$ 14.3	104.8 $\pm$ 2.4	135.8 $\pm$ 0.6	146.7 $\pm$ 0.6

표 4는, 도 8에 도시된 상기 수평방향 열전장치(100)에서 온도차에 의해 생성된 전류를 나타낸다. 표 4를 참조하면, 온도차가 증가할수록 측정 전류의 크기도 증가하는 것을 알 수 있다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 다기능성 복합재(220)를 이용한 수직방향 열전장치(200)를 도시한 도면이다.

도 9를 참조하면, 상기 수직방향 열전장치(200)는, 탄소나노튜브, 직물 유리섬유 및 에폭시로 이루어진 복합재

를 n-타입 소자(221)로 이용하고, 탄소섬유와 에폭시로 이루어진 복합재를 p-타입 소자(222)로 사용하였다. 도면부호 251 및 252는 각각 탐침을 나타내고, 멀티미터에 연결되어 전류의 크기와 방향을 측정한다. 도면부호 253은 전선을 나타낸다.

[0070]

상기 수직방향 열전장치(200)는, 히트 소스(210)와 히트 싱크(230)를 포함한다. 상기 히트 소스(210)와 상기 히트 싱크(230)는 일종의 히팅 바(Heating bar)이고, 온도를 서로 다르게 하여 열수확 시스템을 구성하였다. 상기 히트 소스(210)는, 상기 n-타입 소자(221)의 상부에 배치된 제1히트 소스(211)와, 상기 p-타입 소자(222)의 상부에 배치된 제2히트 소스(212)를 포함한다. 상기 히트 싱크(230)는, 상기 n-타입 소자(221)의 하부에 배치된 제1히트 싱크(231)와, 상기 p-타입 소자(222)의 하부에 배치된 제2히트 싱크(232)를 포함한다.

[0071]

표 5는, 도 9에 도시된 상기 수직방향 열전장치(200)에서 온도차에 의해 생성된 전류를 나타낸다. 표 5를 참조하면, 상기 수직방향 열전장치(200)에서도 온도차가 증가할수록 전류의 세기도 비례적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

표 5

Temperature (℃)			Current(nA)			
밑면 (1,2)	윗면 (3,4)	ΔT	0.5wt%	1.0wt%	3.0wt%	5.0wt%
20	40	20	94.4 ± 0.7	132.2 ± 0.3	87.0 ± 0.7	107.0 ± 0.4
20	60	40	201.6 ± 1.2	253.4 ± 0.5	163.0 ± 0.7	216.0 ± 0.5
20	80	60	318.8 ± 0.6	389.6 ± 0.7	239.5 ± 0.9	334.9 ± 0.8
40	60	20	113.9 ± 0.8	113.3 ± 0.5	88.5 ± 0.6	96.3 ± 0.7
40	80	40	246.7 ± 0.8	242.7 ± 0.5	191.6 ± 0.5	209.0 ± 0.5
60	80	20	132.4 ± 1.0	123.6 ± 0.6	110.8 ± 0.9	113.1 ± 0.9

[0072]

한편, 상기 실시예에서는, 상기 고분자 수지로 열경화성 수지를 사용하는 것을 예를 들어 설명하였으나, 열가소성 수지를 사용하는 것도 물론 가능하다.

[0074]

한편, 상기 n-타입 소자 제작시, 상기 고분자 수지를 열가소성 수지로 사용할 경우, 상기 고분자 수지와 상기 탄소나노튜브를 섞어 필름 형태로 만든 후, 상기 필름 형태의 수지를 상기 전도성 섬유의 한쪽 또는 양쪽에 적층하고 가열하여 프리프레그를 만드는 것도 물론 가능하다. 상기 고분자 수지와 상기 탄소나노튜브를 섞은 혼합물을 필름 형태로 만드는 공정으로 압출성형공정, 혹은 핫프레스를 이용하여 가열 및 가압하여 제조하는 방법이 있다. 상기 탄소나노튜브와 상기 열가소성 수지를 섞어 필름 형태의 혼합물을 만든 후, 상기 직물 유리섬유의 위나 아래에 놓고 가열을 하게 되면, 상기 열가소성 수지가 녹아서 상기 직물 유리섬유에 침투하게 된다. 이때, 상기 탄소나노튜브와 상기 열가소성 수지가 섞인 필름 형태의 혼합물과 상기 직물 유리섬유를 두 개의 롤러 사이로 통과시킨 후 가열 가압하는 방법을 이용할 수 있다. 이후, 온도를 낮춰주면, 다시 상기 열가소성 수지가 고체 형태로 되어, 프리프레그가 제작될 수 있다. 상기와 같은 방법으로 여러 장의 프리프레그를 제작하고, 상기 여러 장의 프리프레그를 몰드 위에 적층시켜 복합재를 제작할 수 있다.

[0075]

한편, 상기 n-타입 소자 제작시, 상기 고분자 수지로 열가소성 수지를 사용하는 다른 방법으로는, 상기 탄소나노튜브와 상기 열가소성 수지를 섞은 혼합물을 필름 형태로 만든 후, 여러층으로 적층된 직물 유리섬유사이에 삽입하여 가열하고 가압하여 복합재를 제작하는 방법이 있다. 상기 혼합물을 필름 형태로 만들기 위해 압출성형 공정, 혹은 핫프레스를 이용하여 가열 및 가압하여 제조하는 공정이 사용될 수 있다.

[0076]

한편, 상기 p-타입 소자 제작시, 상기 고분자 수지를 열가소성 수지로 사용할 경우, 상기 고분자 수지를 필름 형태로 만든 후, 상기 필름 형태의 수지를 상기 전도성 섬유의 한쪽 혹은 양쪽에 적층하고 가열하여 프리프레그를 만드는 것도 물론 가능하다. 상기 고분자 수지를 필름 형태로 만드는 공정으로 압출 성형 공정 혹은 핫프레스 공정을 이용하여 가열 및 가압하여 제조하는 방법이 있다.

[0077]

한편, 상기 p-타입 소자 제작시, 상기 고분자 수지를 열가소성 수지로 사용하는 다른 방법으로는, 상기 고분자 수지를 필름 형태로 만든 후, 상기 필름 형태의 수지를 여러층으로 적층된 전도성 섬유 사이의 각 층에 삽입한 후 가열하고 가압하여 제작하는 방법이 있다.

[0078]

한편, 상기 열경화성 수지를 이용하는 경우에도 탄소나노소재와 열경화성 수지를 필름 형태로 만들어서 복합재

를 제조하는 것도 가능한 바, 상기 열경화성 수지를 경화 온도보다 낮은 온도에서 부분 경화를 시키는 방법으로 필름 형태로 만들고, 이를 직물 유리섬유 사이에 삽입 후 진공압을 걸어주거나 가압한 후 경화온도로 상승시켜 제조하는 것도 물론 가능하다. 다만, 탄소나노소재와 고분자 수지를 필름 형태로 만들어서 복합재를 제조하는 방법에서 상기 고분자 수지는 열가소성 수지를 사용하는 것이 보다 바람직하다.

[0079]

위에서 기술한 열가소성 수지 혹은 열경화성 수지를 이용하여 복합재를 제조하는 공정은 직물 탄소섬유/열가소성 수지 혹은 열경화성 수지 복합재를 제조하는 경우에도 사용될 수 있다. 다만 이 경우 탄소나노소재를 수지에 혼합하는 과정은 생략되고, 고분자 수지로만 필름을 제조하게 된다.

[0080]

본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

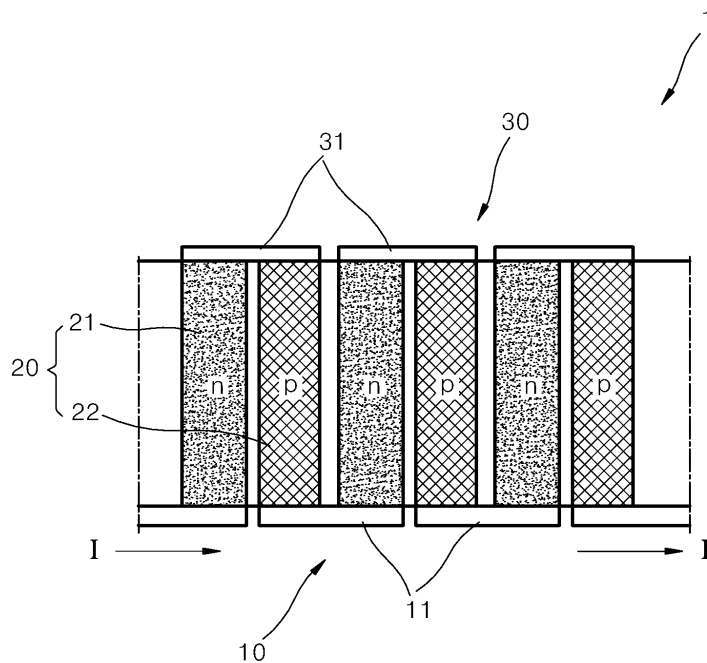
[0081]

20: 복합재 21: n-타입 소자

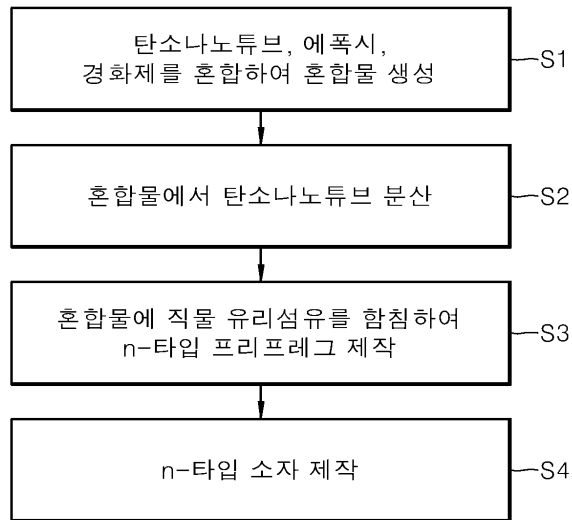
22: p-타입 소자

도면

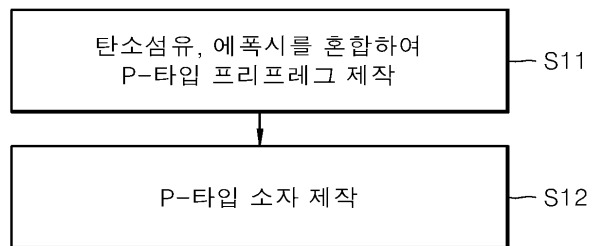
도면1



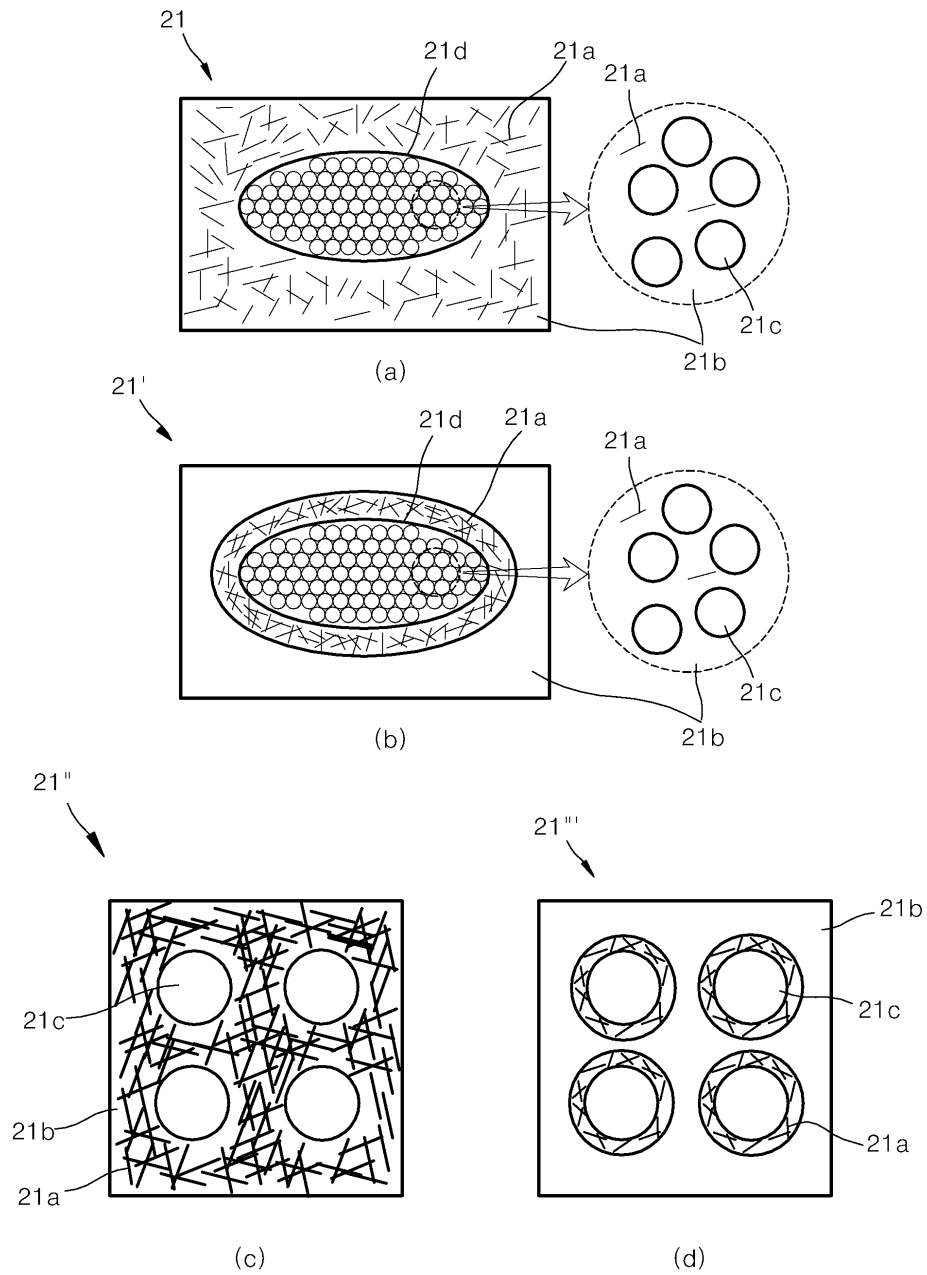
도면2



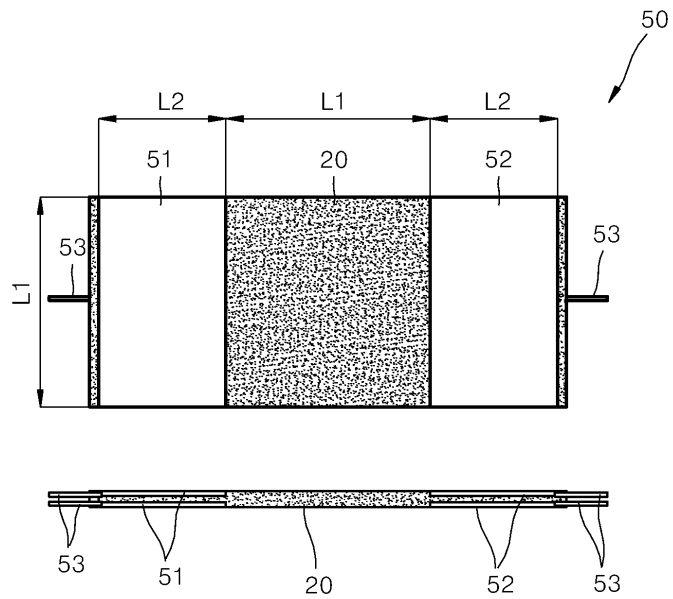
도면3



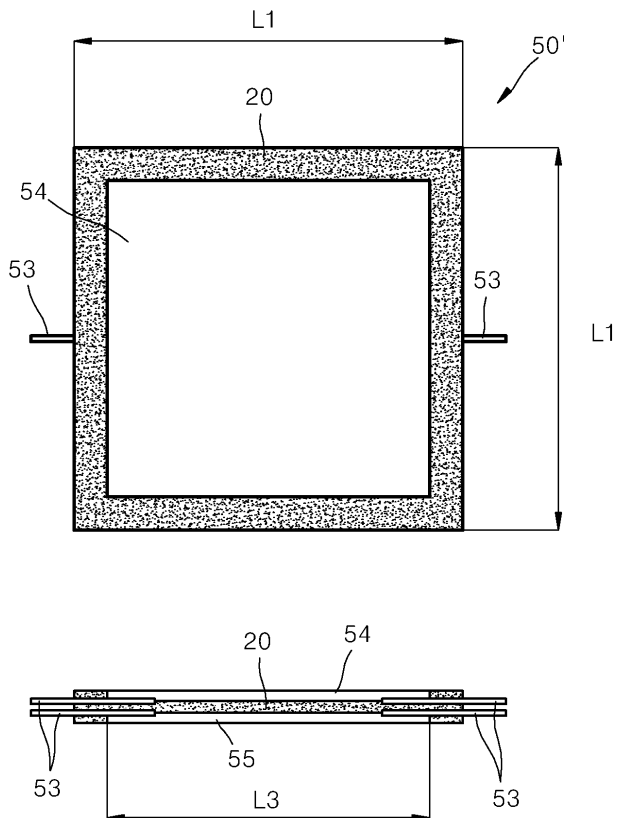
도면4



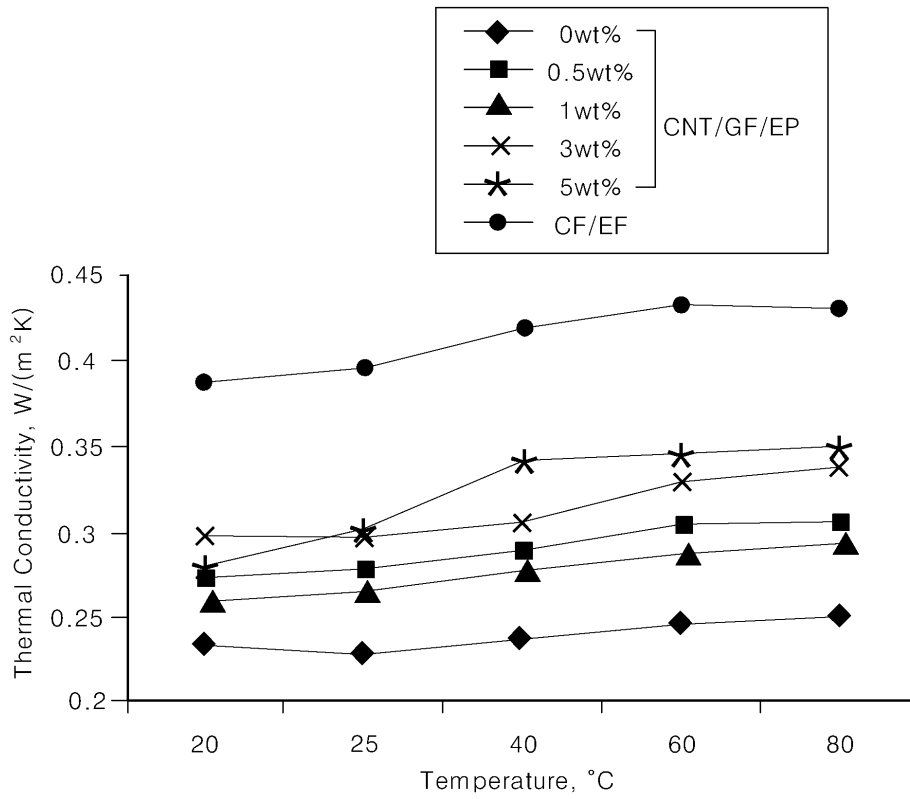
도면5



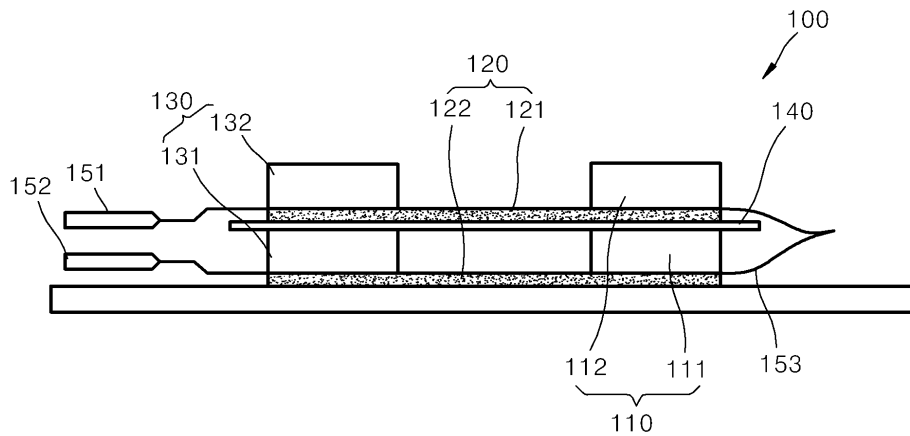
도면6



도면7



도면8



도면9

