(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0080282
(43) 공개일자 2011년07월13일

(51) Int. Cl.
H01L 35/34 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0000438
(22) 출원일자 2010년01월05일
심사청구일자 2010년01월05일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전 유성구 장동 171번지
(72) 발명자
김경태
대전광역시 서구 월평3동 하나로아파트 105동 1304호
하국현
부산광역시 북구 화명동 대림타운 410-1102
김동원
부산광역시 북구 만덕3동 현대레포션 1동 310호
(74) 대리인
김기문

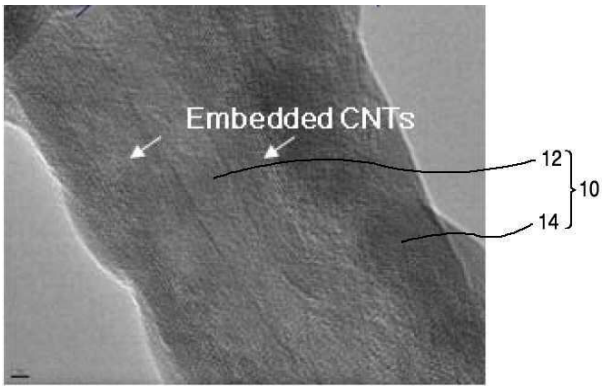
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 열전재료 및 화학적 공정에 의한 열전재료 제조방법

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 열전재료는 탄소나노튜브가 분산된 콜로이드분산용액에 추가된 환원제에 의해 상기 탄소나노튜브 외측에 비스무스(Bi)와 텔루륨(Te)으로 이루어진 나노합금금속이 석출되도록 하여 상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖거나, 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브의 일부가 삽입된 형태를 갖는다. 이와 같이 구성되는 본 발명에 따르면, 열전성능이 향상되고 열전소재를 제조할 수 있는 원료분말인 열전재료를 보다 간소한 공정으로 제조 가능한 이점이 있다. 또한 본 발명에 의한 열전재료를 소결하여 확보한 벌크형 열전소재는 내부에 분산된 전도성 탄소나노분말의 효과로 전기전도도 제어와 열전도도 감소의 적절한 조합이 가능하여 높은 열전성능을 확보할 수 있는 장점이 있다.

대 표 도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 K00060-071
부처명 지식경제부
연구관리전문기관
연구사업명 소재원천기술개발사업
연구과제명 나노스파이크 입자 형성에 의한 미세조직 제어기술 개발
기여율
주관기관 한국기계연구원 부설 재료연구소
연구기간 2009년 06월 01일 ~ 2010년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

탄소나노튜브가 분산된 콜로이드분산용액에 추가된 환원제에 의해 상기 탄소나노튜브 외측에 나노합금금속이 석출되도록 하여 상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 열전재료.

청구항 2

탄소나노튜브가 분산된 콜로이드분산용액에 추가된 환원제에 의해 상기 탄소나노튜브 외측에 나노합금금속이 석출되도록 하여 상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브의 일부가 삽입된 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 열전재료.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 나노합금금속은 텔루륨(Te)과 비스무스(Bi) 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 열전재료.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 탄소나노튜브는 열전재료의 전체 부피에 대하여 최대 5%의 부피분율을 갖는 것을 특징으로 하는 열전재료.

청구항 5

탄소나노튜브와, 금속염과, 계면활성제 및 환원제를 준비하는 재료준비단계와,

상기 계면활성제에 탄소나노튜브를 혼합하여 제1혼합용액을 조성하는 용액조성단계와,

상기 제1혼합용액에 포함된 탄소나노튜브를 분산하여 콜로이드분산용액을 형성하는 제1분산단계와,

상기 콜로이드분산용액에 금속염을 혼합하여 제2혼합용액을 조성하는 금속염혼합단계와,

상기 제2혼합용액에 초음파를 제공하여 분산하는 제2분산단계와,

상기 제2혼합용액에 환원제를 혼합하여 금속염으로부터 나노합금금속을 석출하는 금속석출단계와,

상기 탄소나노튜브의 외면에 나노합금금속을 성장시켜 열전재료를 형성하는 금속성장단계로 이루어지는 것을 특징으로 하는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 금속염혼합단계의 금속염은 비스무스 아세테이트(Bi acetate), 비스무스 클로라이드(Bi chloride), 텔루륨 클로라이드(Te chloride) 중 둘 이상이 선택적으로 적용됨을 특징으로 하는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 금속성장단계는 180℃에서 2시간 동안 실시됨을 특징으로 하는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 제1분산단계의 계면활성제는 Oleylamine과 Trioctylphosphine이 적용됨을 특징으로 하는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 금속성장단계는,

상기 열전재료의 전체 부피에 대하여 탄소나노튜브의 부피분율이 최대 5%가 되도록 하는 과정임을 특징으로 하

는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서, 상기 금속성장단계는,

상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 수용된 상태를 갖도록 하는 과정임을 특징으로 하는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

청구항 11

제 6 항에 있어서, 상기 금속성장단계는,

상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브의 일부가 수용된 상태를 갖도록 하는 과정임을 특징으로 하는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브가 포함된 콜로이드분산용액에 금속염을 혼합하여 분산하고, 환원제를 추가하여 탄소나노튜브 외측에 나노합금금속을 석출함으로써 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖도록 한 열전재료 및 화학적 공정에 의한 열전재료 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 열전재료란 재료 양단 간에 온도차를 주었을 때 전기에너지가 생기고 반대로 재료에 전기에너지를 주었을 때 재료 양단 간에 온도차가 생기는 에너지 변환 재료이다.

[0003] 이러한 열전재료는 19세기 초에 열전현상인 지백효과(Seebeck effect), 펠티에효과(Peltier effect), 톰슨효과(Thomson effect) 등이 발견 후, 1930년대 후반부터 반도체의 발전과 더불어 열전 성능지수가 높은 열전재료로 개발되어 최근에는 열전 발전을 이용한 산간 벽지용, 우주용, 군사용 등의 특수 전원장치로의 사용과 열전 냉각을 이용한 반도체 레이저 다이오드, 적외선 검출소자 등에서의 정밀한 온도제어나 컴퓨터 관련 소형 냉각기와, 광통신레이저 냉각장치, 냉온수기의 냉각장치, 반도체 온도조절장치, 열교환기 등에 사용되고 있다.

[0004] 이러한 열전재료의 열전성능지수를 향상시키기 위해서는 무차원 성능지수인 $ZT=(\sigma \alpha^2/\kappa)T$ 값이 향상되어야 한다.

[0005] (α: 제벡 계수 (Seebeck coefficient), σ: 전기전도도, κ: 열전도도)

[0006] 열전재료의 성능지수가 높다는 것은 열전재료의 에너지 변환효율이 높다는 것을 의미하는데, 이러한 성능지수를 높이기 위해서는 전기전도도를 높이거나 열전도도를 감소시킬 필요가 있다.

[0007] 일반적으로 재료의 전기전도도와 열전도도는 서로 의존 특성을 가진다. 즉, 전기전도도가 낮은 열전재료는 열전도도가 낮은 것으로 알려져 있다.

[0008] 그러나 열전소재의 경우, 상기 성능지수(ZT)에서 확인할 수 있는 바와 같이 높은 전기전도도와 낮은 열전도도의 적절한 조합이 필요하다. 성능지수를 좌우하는 함수 중에서 제벡(Seebeck)계수, 전기전도도는 주로 전하의 산란에 의존하고, 열전도도는 주로 격자(phonon)의 산란에 의존하기 때문에 이를 고려한 미세조직의 제어를 통해 특성을 제어할 필요가 있다.

[0009] 보다 구체적으로 말하면, 열전재료 내에서 전하의 산란은 최대한 감소시키고, 열전재료를 구성하는 격자(phonon)의 산란을 증가시켜 열전도도 감소를 유도함으로써 결과적으로 성능지수를 향상시킬 수 있다.

[0010] 주지된 바와 같이, 높은 성능지수를 가지는 열전재료를 제조하기 위해 기존에는 단일소재 시스템으로 재료를 나노구조화하는 방법을 주로 이용하였다.

[0011] 즉, 나노결정립에 의한 포논과 전하제어 효과를 확보하고자 한 것이다. 이를 위한 재료공정 기술로는 주로 단결정성장법과 분말야금법(용해+응고+분쇄+소결, 단순 기계적 밀링)이 사용되고 있다.

[0012] 그러나, 단결정성장법으로 제조된 열전재료는 단결정재료로서 전기적 특성의 향상에는 유리하나 열적 특성의 향

상에는 한계가 있으며, 분말야금법으로 제조된 열전재료 역시 다결정재료로서 열적특성의 향상에는 유리하나 낮은 전기전도도를 가져 성능지수의 향상에는 한계가 있다.

[0013] 따라서, 기존 방법으로 열전재료의 성능지수를 향상시키기 위해 대한민국 등록 특허 제795194호에는 "기계적 밀링-혼합방법에 의한 열전재료 제조방법 및 이에 의한 열전재료"가 개시되어 있다.

[0014] 그러나, 이러한 종래의 기술은 단일 소재의 다결정화 및 나노구조화 측면에서는 장점이 있으나 본 발명에서 추구하는 전도성 나노분산상을 사용한 복합재료 형태의 열전재료를 제조하고는 목적에 사용되기 어렵다.

[0015] 그 이유로는 기계적 혼합방법을 사용하면 나노수준의 미세한 분산상인 탄소나노튜브 사이의 응집 해소가 어렵고 탄소나노튜브가 Bi-Te 금속 분말 표면에 존재하기 때문이다.

[0016] 더불어, 기계적 분쇄 및 혼합 공정시에 탄소나노튜브 표면 구조의 파괴가 동시에 발생하게 되어 전기전도도를 저하시키는 문제점이 있다.

[0017] 또한, 탄소나노튜브의 응집문제는 탄소나노튜브와 Bi-Te 사이에 낮은 계면 젖음성에서도 발생하는데 기계적 혼합 공정 중에 발생하는 표면구조 파괴현상은 탄소나노튜브와 Bi-Te 정합계면 형성을 방해하게 되므로 궁극적으로 심각한 응집으로 인하여 분산상으로서 역할을 기대하기 어렵고 열전소재 전기전도도 저하를 함께 초래하게 되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명의 목적은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 보다 구체적으로는, 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖는 복합분말 형태의 열전재료를 제공하는 것에 있다.

[0019] 이와 함께 열전재료에 전도성 나노분산상을 이용한 복합재료 개념을 도입하여 전하와 포논의 효과적인 제어를 이루고자 하며 그 제조방법으로 나노분산상이 균질하게 분산 혼합될 수 있도록 화학공정을 이용하고자 하는 것이다.

[0020] 본 발명의 다른 목적은, 탄소나노튜브가 포함된 콜로이드분산용액에 금속염을 혼합하여 분산하고, 환원제를 추가하여 탄소나노튜브 외측에 비스무스(Bi)와 텔루륨(Te)으로 이루어진 나노합금금속을 석출함으로써 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖도록 한 화학적 공정에 의한 열전재료 제조방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0021] 본 발명에 일 실시예에 따른 열전재료는, 탄소나노튜브가 분산된 콜로이드분산용액에 추가된 환원제에 의해 상기 탄소나노튜브 외측에 나노합금금속이 석출되도록 하여 상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0022] 본 발명의 다른 실시예의 열전재료는, 탄소나노튜브가 분산된 콜로이드분산용액에 추가된 환원제에 의해 상기 탄소나노튜브 외측에 나노합금금속이 석출되도록 하여 상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브의 일부가 삽입된 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 열전재료.

[0023] 상기 나노합금금속은 텔루륨(Te)과 비스무스(Bi) 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 상기 탄소나노튜브는 열전재료의 전체 부피에 대하여 최대 5%의 부피분율을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0024] 본 발명의 화학공정에 의한 열전재료의 제조방법은, 탄소나노튜브와, 금속염과, 계면활성제 및 환원제를 준비하는 재료준비단계와, 상기 계면활성제에 탄소나노튜브를 혼합하여 제1혼합용액을 조성하는 용액조성단계와, 상기 제1혼합용액에 포함된 탄소나노튜브를 분산하여 콜로이드분산용액을 형성하는 제1분산단계와, 상기 콜로이드분산용액에 금속염을 혼합하여 제2혼합용액을 조성하는 금속염혼합단계와, 상기 제2혼합용액에 초음파를 제공하여 분산하는 제2분산단계와, 상기 제2혼합용액에 환원제를 혼합하여 금속염으로부터 나노합금금속을 석출하는 금속석출단계와, 상기 탄소나노튜브의 외면에 나노합금금속을 성장시켜 열전재료를 형성하는 금속성장단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 금속염혼합단계의 금속염은 비스무스 아세테이트(Bi acetate), 비스무스 클로라이드(Bi chloride), 텔루륨 클로라이드(Te chloride) 중 둘 이상이 선택적으로 적용됨을 특징으로 한다.

[0026] 상기 금속성장단계는 180℃에서 2시간 동안 실시됨을 특징으로 한다.

[0027] 상기 제1분산단계의 계면활성제는 Oleylamine 이 적용됨을 특징으로 한다.

[0028] 상기 금속성장단계는, 상기 열전재료의 전체 부피에 대하여 탄소나노튜브의 부피분율이 최대 5%가 되도록 하는 과정임을 특징으로 한다.

[0029] 상기 금속성장단계는, 상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 수용된 상태를 갖도록 하는 과정임을 특징으로 한다.

[0030] 상기 금속성장단계는, 상기 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브의 일부가 수용된 상태를 갖도록 하는 과정임을 특징으로 하는 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법.

발명의 효과

[0031] 이상 설명한 바와 같이 본 발명에 의한 열전재료에서는, 나노합금금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖거나 일부 삽입된 형상을 갖도록 구성하였다.

[0032] 따라서, 본 발명으로 제조된 탄소나노튜브/Bi-Te 복합분말을 소결하여 열전소재로 사용할 경우 나노크기의 Bi-Te계 기지재료가 소결이후에도 나노결정립으로 유지가 되고 당 기지내에 분산되어 있는 탄소나노튜브가 서로 네트워크를 이루어 존재한다.

[0033] 따라서 Bi-Te 다결정립계의 격자 포논 산란효과와 탄소나노튜브 분산효과에 의한 산란효과가 동시에 나타나 열전도도를 크게 감소시킬 수 있고 전도성의 탄소나노튜브가 사용됨에 따라 적절한 전기전도도의 유지가 가능하여 궁극적으로 ZT값이 향상된 복합재료 형태의 열전소재를 확보할 수 있다.

[0034] 특히, 전도성의 탄소나노튜브를 포함하고 있으므로 전기전도도가 높아지거나 유지되므로 기존의 비전도성 분산상을 사용한 경우보다 열전성능이 보다 향상된 소재를 제조할 수 있는 핵심 원료분말로 사용될 수 있다.

[0035] 그리고 본 발명에 의한 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법은, 탄소나노튜브가 포함된 콜로이드분산용액에 이종의 금속염을 혼합하여 분산하고, 환원제를 추가하여 탄소나노튜브 외측에 나노금속합금을 석출함으로써 나노금속 내부에 탄소나노튜브가 분산된 형태를 갖도록 하거나 나노합금금속(Bi-Te) 내부에 탄소나노튜브의 일부가 삽입된 형태를 갖도록 구성하였다.

[0036] 본 공정을 통해 탄소나노튜브는 복합분말 상태에서 이미 분산되어 있으므로 분말의 소결 후에도 분산상태는 계속 유지될 수 있을 것으로 기대되며, 기존의 Bi-Te 단일 소재시스템의 장점과 나노분산상이 첨가된 복합재료의 장점을 동시에 구현할 수 있는 열전 원료분말로서 활용가치가 높다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1 은 종래기술에 의한 기계적 공정에 의한 열전재료의 제조방법을 나타낸 공정 순서도.

도 2 는 본 발명에 의한 화학적 공정에 의한 열전재료 제조방법을 나타낸 공정 순서도.

도 3 은 본 발명의 바람직한 제1실시예에 따라 제조된 열전재료의 확대 사진.

도 4 는 도 3의 "A"부 확대 사진.

도 5 는 본 발명의 바람직한 제1실시예에 따라 제조된 열전재료의 조성분석표.

도 6 은 본 발명의 바람직한 제2실시예에 따라 제조된 열전 재료의 확대 사진.

도 7 은 도 6의 "B"부 확대 사진.

도 8 은 종래기술에 의해 제조된 열전재료에서 탄소나노튜브의 응집문제를 보여주는 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하에서는 첨부된 도 2를 참조하여 본 발명에 의한 화학적 공정에 의한 열전재료의 제조방법을 설명한다.

[0039] 도 2에는 본 발명에 의한 화학적 공정에 의한 열전재료 제조방법을 나타낸 공정 순서도가 도시되어 있다.

[0040] 도면과 같이, 본 발명에 따른 열전재료의 제조방법은, 탄소나노튜브가 포함된 콜로이드분산용액에 금속염을 혼

합하여 분산하고, 환원제를 추가하여 탄소나노튜브 외측에 나노합금금속을 석출하는 과정을 통해 이루어진다.

[0041] 보다 구체적으로 살펴보면, 탄소나노튜브(도 4의 도면부호 12)와, 금속염과, 계면활성제 및 환원제를 준비하는 재료준비단계(S100)와, 상기 계면활성제에 탄소나노튜브를 혼합하여 제1혼합용액을 조성하는 용액조성단계(S200)와, 상기 제1혼합용액에 포함된 탄소나노튜브를 분산하여 콜로이드분산용액을 형성하는 제1분산단계(S300)와, 상기 콜로이드분산용액에 금속염을 혼합하여 제2혼합용액을 조성하는 금속염혼합단계(S400)와, 상기 제2혼합용액에 초음파를 제공하여 분산하는 제2분산단계(S500)와, 상기 제2혼합용액에 환원제를 혼합하여 금속염으로부터 나노합금금속을 석출하는 금속석출단계(S600)와, 상기 탄소나노튜브의 외면에 나노합금금속을 성장시켜 열전재료를 형성하는 금속성장단계(S700)로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0042] 상기 재료준비단계(S100)에서 탄소나노튜브는 다중벽을 가지는 구조를 가지며, 화학적 공정에 의해 외벽에 성장된 나노합금금속의 내부에 완전히 수용되거나, 적어도 일부만 삽입된 형태의 원료 복합분말 형태로 제조된다.

[0043] 본 발명의 실시예에서 상기 탄소나노튜브는 10 내지 20㎚의 지름을 가지고 1 내지 2㎛의 길이를 갖도록 준비하였다.

[0044] 그리고, 상기 금속염은 비스무스 아세테이트(Bi acetate), 비스무스 클로라이드(Bi chloride), 텔루륨 클로라이드(Te chloride) 중 둘 이상이 선택적으로 적용된다.

[0045] 보다 구체적으로는, 비스무스 아세테이트(Bi acetate)는 $Bi(CH_3COO)_3$가 적용되고, 비스무스 클로라이드(Bi chloride)는 $BiCl_3$가 적용되었으며, 텔루륨 클로라이드(Te chloride)는 $TeCl_4$가 적용되었다.

[0046] 그리고, 상기 계면활성제는 Oleylamine, Trioctylphosphine (TOP)를, 환원제는 Haxadecanediol, Ethyleneglycol을 선택하였다.

[0047] 상기와 같이 재료가 준비되면 용액조성단계(S200)가 실시된다. 상기 용액조성단계(S200)는 상기 계면활성제와 탄소나노튜브를 혼합하여 제1혼합용액을 조성하는 과정이다.

[0048] 상기 용액조성단계(S200) 이후에는 제1분산단계(S300)가 실시된다. 상기 제1분산단계(S300)는 제1혼합용액에 초음파를 조사하여 콜로이드분산용액을 형성함으로써 상기 계면활성제에 탄소나노튜브가 분산되도록 하는 과정이다.

[0049] 이후 상기 금속염혼합단계(S400)가 실시된다. 상기 금속염혼합단계(S400)는 콜로이드분산용액에 금속염을 투입하여 혼합하는 과정으로, 상기 금속염은 아래에서 설명하게 될 나노합금금속을 형성하게 될 원재료가 되며, 상기 금속염이 포함된 제2혼합용액이 만들어지게 된다.

[0050] 상기 금속염혼합단계(S400) 이후에는 제2분산단계(S500)가 실시된다. 상기 제2분산단계(S500)는 제2혼합용액 내부의 금속염 및 탄소나노튜브를 분산하기 위한 과정으로, 제2분산단계(S500)에서도 초음파를 이용하였다.

[0051] 상기와 같이 분산된 제2혼합용액은 금속석출단계(S600)를 거치게 된다. 상기 금속석출단계(S600)는 제2혼합용액에 포함되어 있는 금속염을 화학적 반응에 의해 환원시켜 나노합금금속이 석출되도록 하는 과정으로서, 상기 금속석출단계(S600)는 금속성장단계(S700)와 동시에 실시된다.

[0052] 보다 구체적으로는, 상기 금속석출단계(S600)가 실시되어 제2혼합용액 내부에 나노합금금속이 석출될 때, 이러한 나노합금금속은 탄소나노튜브의 외측에 부착되어 성장함으로써 상기 탄소나노튜브 외측에 코팅된 형상을 갖게 된다.

[0053] 따라서, 상기 금속석출단계(S600)와 금속성장단계(S700)는 동시에 실시된다. 그리고, 상기 금속석출단계(S600)와 금속성장단계(S700)는 일정 온도 및 시간으로 가열됨이 바람직하다.

[0054] 이하 첨부된 도 3 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 바람직한 일실시예의 열전재료를 설명한다.

[0055] 도 3에는 본 발명의 바람직한 제1실시예에 따라 제조된 열전재료의 확대 사진이 도시되어 있고, 도 4에는 도 3의 "A"부 확대 사진이 도시되어 있으며, 도 5에는 본 발명의 바람직한 제1실시예에 따라 제조된 열전재료의 조성분석표가 도시되어 있다.

[0056] 먼저, 도 3 내지 도 5의 결과를 갖는 일 실시예의 조건은 아래와 같다.

[0057] [실시예 1]

[0058] 탄소나노튜브 (지름: 10~20㎚, 1~2㎛)

[0059] 금속염은 Bi acetate [Bi(CH3COO)3], Te chloride [TeCl4]

[0060] 계면활성제 Oleylamine, 환원제 Hexadecanediol

[0061] 탄소나노튜브의 부피분율 5%로 계산하여 제조

[0062] 화학반응은 180℃ 2시간동안 실시함.

[0063] 상기와 같은 실시예 1의 실험 결과 도 3과 같이 와이어 형상의 열전재료가 제조되었으며, 도 4의 확대도를 살펴보면, Bi-Te 나노합금금속의 내부에 탄소나노튜브가 포함된 것을 확인할 수 있다.

[0064] 그리고, 도 5와 같이 상기 열전재료의 조성을 분석한 결과 상기 나노합금금속은 Bi0.9Te1.3의 조성을 나타냈다. 다만, 분석된 조성 중에서 carbon은 실험 준비시에 사용된 구리로 제조된 지지대로부터 제공된 것으로 판단되며, copper 는 탄소나노튜브로부터 제공된 것으로 판단된다.

[0065] 이하 첨부된 도 6 내지 도 8을 참조하여 본 발명의 바람직한 일실시예의 열전재료를 설명한다.

[0066] 도 6에는 본 발명의 바람직한 제2실시예에 따라 제조된 열전재료의 확대 사진이 도시되어 있고, 도 7에는 도 6의 "B"부 확대 사진이 도시되어 있다.

[0067] 먼저, 도 6 및 도 7의 결과를 갖는 다른 실시예의 조건은 아래와 같다.

[0068] [실시예 2]

[0069] 탄소나노튜브 (지름: 10~20㎚, 1~2㎛)

[0070] 금속염은 Bi chloride [$BiCl_3$], Te chloride [TeCl4]

[0071] 계면활성제 Oleylamine, Trioctylphosphine (TOP) 환원제 Ethyleneglycol

[0072] 탄소나노튜브의 부피분율 5%로 계산하여 제조

[0073] 화학반응은 180℃ 2시간 동안 실시함.

[0074] 상기와 같은 실시예 2의 실험 결과 도 6과 같이 탄소나노튜브가 Bi-Te계 나노합금금속을 매달고 있는 분말 형태의 열전재료가 제조되었으며, 도 7의 확대도를 살펴보면, Bi-Te 나노합금금속의 내부에 탄소나노튜브가 삽입된 형상을 갖는 것을 확인할 수 있다.

[0075] 지금까지 설명한 본 발명의 실시예들은 본 발명의 기술적 사상의 구체적인 일예들에 불과하며, 제조 과정상의 온도, 시간, 탄소나노튜브의 부피분율 등과 같은 처리 조건 등은 당업자에 의하여 선택적으로 변형가능할 것이다.

부호의 설명

[0076] 12. 탄소나노튜브 S100. 재료준비단계

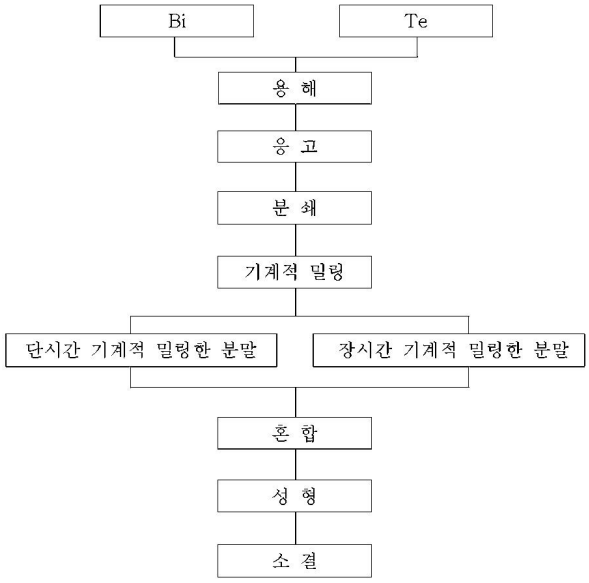
S200. 용액조성단계 S300. 제1분산단계

S400. 금속염혼합단계 S500. 제2분산단계

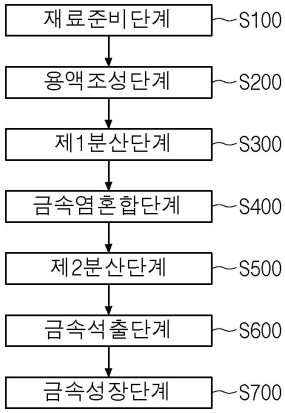
S600. 금속석출단계 S700. 금속성장단계

도면

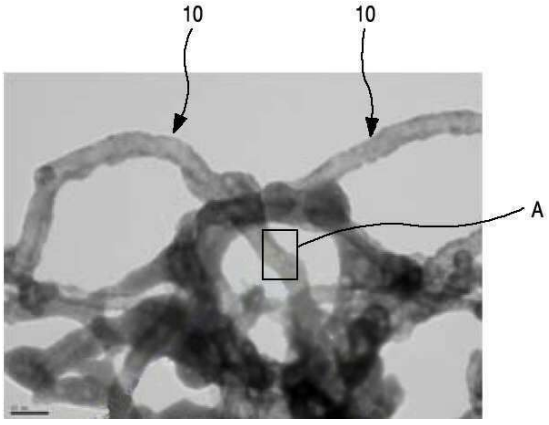
도면1



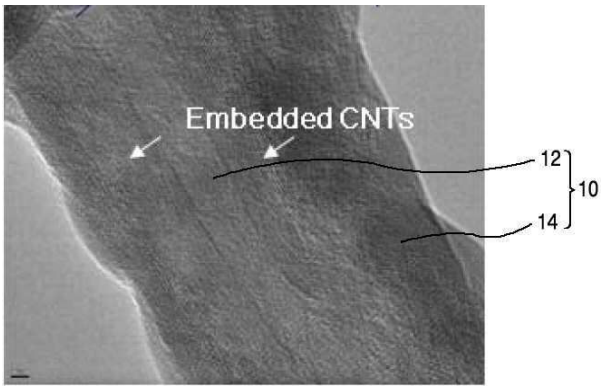
도면2



도면3



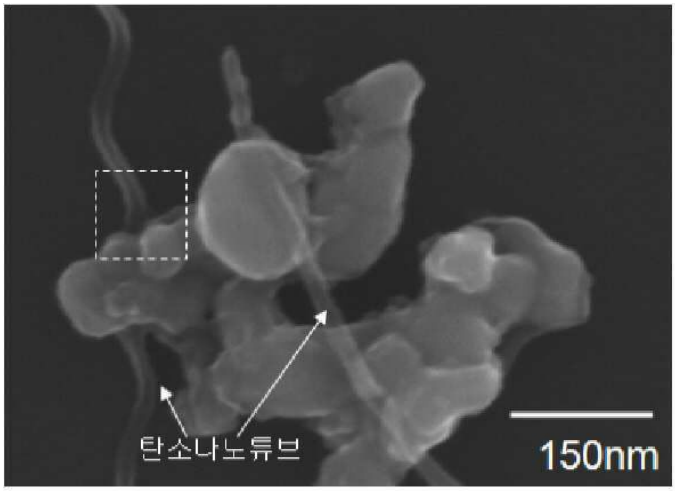
도면4



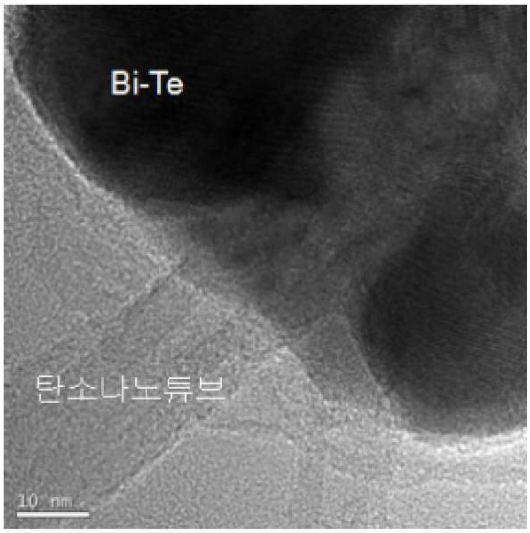
도면5

Element	AN	series	[wt.%]	[nom.wt.%]	[nom.at.%]
Carbon	6	K-series	52.71545	49.9005	86.93138
Copper	29	K-series	34.77776	32.92067	10.84005
Tellurium	52	L-series	8.412632	7.963407	1.305867
Bismuth	83	L-series	9.735275	9.215422	0.9227
		Sum:	105.6411	100	100

도면6



도면7



도면8

