



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년04월06일  
(11) 등록번호 10-2519581  
(24) 등록일자 2023년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H10N 10/01 (2023.01) D06M 11/52 (2006.01)  
H10N 10/85 (2023.01)  
(52) CPC특허분류  
H10N 10/01 (2023.02)  
D06M 11/52 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0143403  
(22) 출원일자 2021년10월26일  
심사청구일자 2021년10월26일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020140129597 A\*  
KR1020180052269 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
이태윤  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제 3공학관 C312호(신촌동, 연세대학교)  
권채빈  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제 3공학관 C305-2호(신촌동, 연세대학교)  
(74) 대리인  
특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 1 항

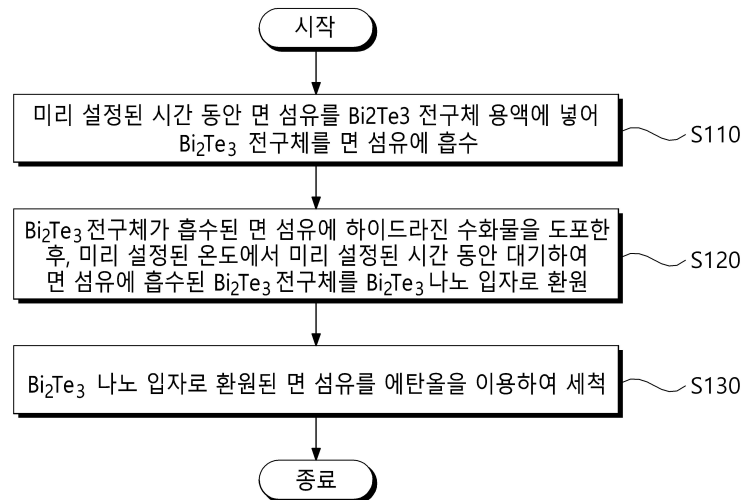
심사관 : 박세웅

(54) 발명의 명칭 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법은, 화학적 환원 방법을 이용하여 다량의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  열전 입자를 면 섬유 내부/외부에 형성함으로써, 변형/무게/압력/온도의 멀티 센싱을 할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10N 10/852 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711129570
과제번호	2017M3A7B4049473
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	원천기술개발사업
연구과제명	혈류량 측정을 위한 열/광센서 하이브리드 소자 원천기술 개발(2단계)(2/3)
기 여 율	1/4
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345332192
과제번호	2019R1A6A1A11055660
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중점연구소지원사업
연구과제명	나노과학기술연구소(3/3,1단계)
기 여 율	1/4
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415173534
과제번호	20013621
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술거점센터육성시범사업(R&D)
연구과제명	초임계 소재 산업기술거점센터
기 여 율	1/4
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	9991007241
과제번호	202012B02-02
부처명	다부처
과제관리(전문)기관명	(재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업
연구과제명	음성 및 정신질환 예측/진단/관리를 위한 음성-언어-생체신호 통합 인공지능 의료기
기 개발	
기 여 율	1/4
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단 (공과대학)
연구기간	2022.03.01 ~ 2022.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

미리 설정된 시간 동안 면 섬유를  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액에 넣어  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 상기 면 섬유에 흡수(swelling)시키는 단계; 및

상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체가 흡수된 상기 면 섬유에 하이드라진 수화물(hydrazine hydrate)을 도포한 후, 미리 설정된 온도에서 미리 설정된 시간 동안 대기하여 상기 면 섬유에 흡수된 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원시키는 단계;

를 포함하며,

상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액은, 질산 비스무트 5수화물(Bismuth nitrate pentahydrate,  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )의 Bi 전구체와 나트륨 텔루리트(sodium tellurite,  $\text{Na}_2\text{TeO}_3$ )의 Te 전구체를 2:3의 비율로 하여 에틸렌 글리콜(ethylene glycol) 용매에 섞어서 획득되고,

상기 흡수 단계는, 상기 면 섬유를 1시간 동안 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액에 넣어 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 상기 면 섬유에 흡수(swelling)시키는 것으로 이루어지며,

상기 환원 단계는, 85℃ 내지 95℃에서 4시간 동안 대기하여 상기 면 섬유에 흡수된 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원시키는 것으로 이루어지고,

상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원된 상기 면 섬유를 에탄올을 이용하여 세척하는 단계;를 더 포함하는,

비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 열전 섬유를 제조하는, 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 종래의 열전 섬유는 열전 물질이 벌크(bulk) 형태, 코팅(coating) 형태 등으로 이루어져 있어 신축성이 좋지 않은 문제가 있다. 무기 열전 물질은 기본적으로 리지드(rigid)한 물성을 가지고 있기 때문에 벌크 혹은 코팅된 섬유 형태는 인장 변형률에서 구조를 유지하기 어려운 단점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0003] 본 발명이 이루고자 하는 목적은, 화학적 환원 방법을 이용하여 다량의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  열전 입자를 먼 섬유 내부/외부에 형성하여 열전 섬유를 제조하는, 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법을 제공하는 데 있다.
- [0004] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0005] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법은, 미리 설정된 시간 동안 먼 섬유를  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액에 넣어  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 상기 먼 섬유에 흡수 (swelling)시키는 단계; 및 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체가 흡수된 상기 먼 섬유에 하이드라진 수화물(hydrazine hydrate)을 도포한 후, 미리 설정된 온도에서 미리 설정된 시간 동안 대기하여 상기 먼 섬유에 흡수된 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원시키는 단계;를 포함한다.
- [0006] 여기서, 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액은, 질산 비스무트 5수화물(Bismuth nitrate pentahydrate,  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )의 Bi 전구체와 나트륨 텔루리트(sodium tellurite,  $\text{Na}_2\text{TeO}_3$ )의 Te 전구체를 2:3의 비율로 하여 에틸렌 글리콜 (ethylene glycol) 용매에 섞어서 획득될 수 있다.
- [0007] 여기서, 상기 흡수 단계는, 상기 먼 섬유를 1시간 동안 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액에 넣어 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 상기 먼 섬유에 흡수 (swelling)시키는 것으로 이루어질 수 있다.
- [0008] 여기서, 상기 환원 단계는, 85℃ 내지 95℃에서 4시간 동안 대기하여 상기 먼 섬유에 흡수된 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원시키는 것으로 이루어질 수 있다.
- [0009] 여기서, 상기  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원된 상기 먼 섬유를 에탄올을 이용하여 세척하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0010] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법에 의하면, 화학적 환원 방법을 이용하여 다량의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  열전 입자를 먼 섬유 내부/외부에 형성함으로써, 변형/무게/압력/온도의 멀티 센싱을 할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 2는 도 1에 도시한 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법에 따라 제조된 열전 섬유의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 3은 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 3의 (a)는 XRD 분석 결과를 나타내고, 도 3의 (b)는 환원 횟수에 따른 저항을 나타내며, 도 3의 (c)는 인장 변형률에 따른 저항 변화율을 나타낸다.
- 도 4는 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 4의 (a)는 인장 변형률에 따른 저항을 나타내고, 도 4의 (b)는 인장 변형률 100% 반복에 따른 저항을 나타내며, 도 4의 (c)는 인장 변형률 30% 반복에 따른 저항을 나타낸다.

도 5는 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 5의 (a)는 인장 변형률에 따른 받는 힘을 나타내고, 도 5의 (b)는 인장 변형률에 따른 스트레스를 나타내며, 도 5의 (c)는 온도에 따른  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자의 양을 나타낸다.

도 6은 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 6의 (a)는 터치 반복에 따른 저항을 나타내고, 도 6의 (b)는 인장 변형률 30% 반복하는 도중 터치에 따른 저항을 나타내며, 도 6의 (c)는 비틀림 각도에 따른 저항을 나타내고, 도 6의 (d)는 터치 동작을 나타내며, 도 6의 (e)는 인장 변형 동작을 나타낸다.

도 7은 도 2에 도시한 열전 섬유의 열전 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 7의 (a)는 열전 섬유 샘플의 크기를 나타내고, 도 7의 (b)는 열전 섬유 샘플의 열화상 이미지를 나타내며, 도 7의 (c)는 온도에 따른 열전 특성을 나타내고, 도 7의 (d)는 온도 차에 따른 출력 전압을 나타내며, 도 7의 (e)는 온도 차에 따른 생산 전력을 나타낸다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0014] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0015] 본 명세서에서 "제1", "제2" 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위한 것으로, 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0016] 본 명세서에서 각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, a, b, c 등)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않는 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0017] 본 명세서에서, "가진다", "가질 수 있다", "포함한다" 또는 "포함할 수 있다" 등의 표현은 해당 특징(예: 수치, 기능, 동작, 또는 부품 등의 구성요소)의 존재를 가리키며, 추가적인 특징의 존재를 배제하지 않는다.
- [0018] 또한, 본 명세서에 기재된 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA(field-programmable gate array) 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터 구조들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다.
- [0020] 이하에서 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0022] 먼저, 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법을 설명하기 위한 흐름도이고, 도 2는 도 1에 도시한 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법에 따라 제조된 열전 섬유의 일례를 나타내는 도면이다.

- [0024] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법(이하 '열전 섬유 제조 방법'이라 한다)은 화학적 환원 방법을 이용하여 다량의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  열전 입자를 먼 섬유 내부/외부에 형성하여 열전 섬유를 제조할 수 있다. 이에 따라, 본 발명은 변형/무게/압력/온도의 멀티 센싱을 할 수 있다.
- [0026] 즉, 본 발명에 따른 열전 섬유 제조 방법은 미리 설정된 시간 동안 먼 섬유를  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액에 넣어  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 먼 섬유에 흡수(swelling)시킬 수 있다(S110).
- [0027] 여기서,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액은 질산 비스무트 5수화물(Bismuth nitrate pentahydrate,  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )의 Bi 전구체와 나트륨 텔루리트(sodium tellurite,  $\text{Na}_2\text{TeO}_3$ )의 Te 전구체를 2:3의 비율로 하여 에틸렌 글리콜(ethylene glycol) 용매에 섞어서 획득될 수 있다.
- [0028] 즉, 흡수 단계(S110)는 먼 섬유를 1시간 동안  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체 용액에 넣어  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를 먼 섬유에 흡수시키는 것으로 이루어질 수 있다.
- [0030] 그런 다음, 열전 섬유 제조 방법은  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체가 흡수된 먼 섬유에 하이드라진 수화물(hydrazine hydrate)을 도포한 후, 미리 설정된 온도에서 미리 설정된 시간 동안 대기하여 먼 섬유에 흡수된  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원시킬 수 있다(S120).
- [0031] 즉, 환원 단계(S120)는 85℃ 내지 95℃에서 4시간 동안 대기하여 먼 섬유에 흡수된  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  전구체를  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원시키는 것으로 이루어질 수 있다.
- [0033] 그런 다음, 열전 섬유 제조 방법은  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자로 환원된 먼 섬유를 에탄올을 이용하여 세척할 수 있다(S130).
- [0035] 이와 같은, 본 발명에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법에 따라 제조된 열전 섬유(이하 '열전 섬유'라 한다)는 도 2에 도시된 바와 같이 먼 섬유에  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자가 형성된 것을 에너지 분산 X선 분광 분석기(energy dispersive x-ray spectroscopy, EDS)와 주사 전자 현미경(scanning electron microscopy, SEM)를 통해 확인할 수 있다.
- [0038] 그러면, 도 3 내지 도 7을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비스무트 텔루라이드 기반 열전 섬유 제조 방법에 따라 제조된 열전 섬유의 특성에 대하여 설명한다.
- [0039] 도 3은 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 3의 (a)는 XRD 분석 결과를 나타내고, 도 3의 (b)는 환원 횟수에 따른 저항을 나타내며, 도 3의 (c)는 인장 변형률에 따른 저항 변화율을 나타낸다.
- [0040] 도 3의 (a)를 참조하면, 본 발명에 따른 열전 섬유는 X선 회절 분석기(X-ray diffraction, XRD)를 통해 분석한 결과  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 가 생성되는 것을 확인할 수 있다.
- [0041] 도 3의 (b)를 참조하면, 환원 횟수를 반복하였을 때, 본 발명에 따른 열전 섬유 내부에 다량의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자가 형성되어 열전 섬유의 저항이 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0042] 도 3의 (c)를 참조하면, 인장 변형률(tensile strain)을 본 발명에 따른 열전 섬유에 가했을 때, 열전 섬유의 저항 변화율이 감소하는 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다. 게이지 팩터(gauge factor, GF)가 음수가 되는 구간이 생기면서, 본 발명에 따른 열전 섬유는 음저항 센싱을 할 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0044] 도 4는 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 4의 (a)는 인장 변형률에 따른 저항을 나타내고, 도 4의 (b)는 인장 변형률 100% 반복에 따른 저항을 나타내며, 도 4의 (c)는 인장 변형률 30% 반복에 따른 저항을 나타낸다.
- [0045] 도 4의 (a)를 참조하면, 인장 변형률을 본 발명에 따른 열전 섬유에 가했을 때, 열전 섬유의 저항이 감소하고, 인장 변형률이 줄어들수록 열전 섬유의 저항이 다시 증가하는 것을 확인할 수 있다. 히스테리시스 루프의 면적을 통해 전기적 히스테리시스(electrical hysteresis)가 크지 않음을 알 수 있다.
- [0046] 도 4의 (b)를 참조하면, 인장 변형률 100% 반복을 통해 본 발명에 따른 열전 섬유가 음저항 센싱이 가능함을 확인할 수 있다.



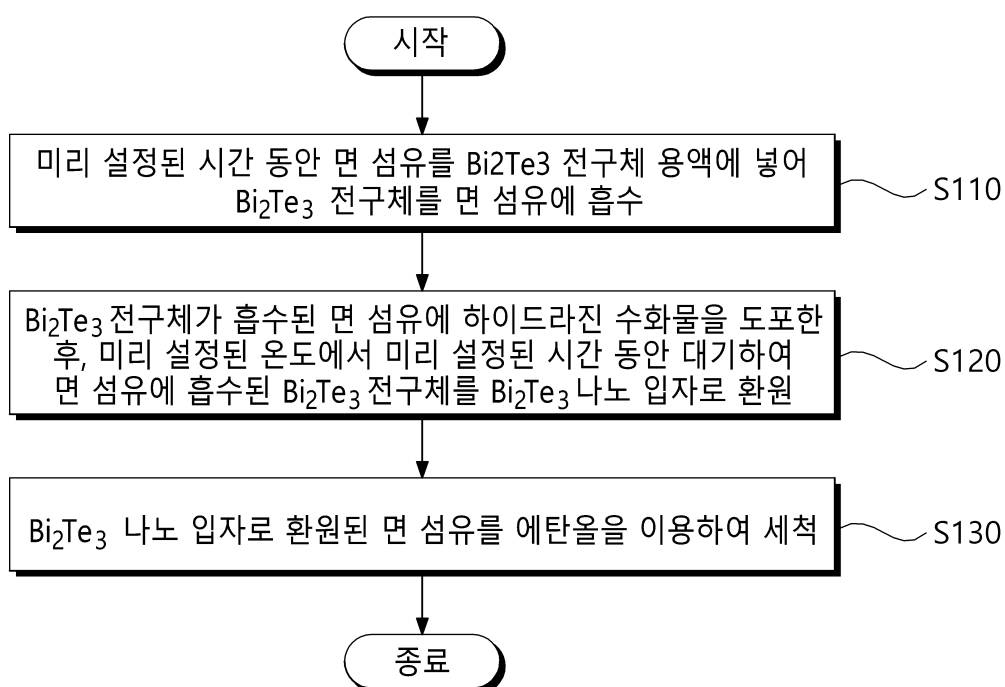
- [0047] 도 4의 (c)를 참조하면, 인장 변형률 30%를 10,000회 반복한 결과, 본 발명에 따른 열전 섬유는 안전성(stability)을 가지는 것을 확인할 수 있다.
- [0049] 도 5는 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 5의 (a)는 인장 변형률에 따른 받는 힘을 나타내고, 도 5의 (b)는 인장 변형률에 따른 스트레스를 나타내며, 도 5의 (c)는 온도에 따른  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자의 양을 나타낸다.
- [0050] 도 5의 (a)를 참조하면, 인장 변형률에 따라 본 발명에 따른 열전 섬유가 받는 힘을 측정한 결과, 인장 변형률 50%, 100%, 150% 및 200%에서 약간의 기계적 히스테리시스(mechanical hysteresis)가 생기는 것을 확인할 수 있다.
- [0051] 도 5의 (b)를 참조하면, 인장 변형률이 가해졌을 때 본 발명에 따른 열전 섬유가 받는 스트레스(stress) 값을 확인하고 열전 섬유가 끊어지는 지점을 확인한 결과, 열전 섬유는 인장 변형률 250% 지점에서 끊어지기 시작하여 최종적으로 인장 변형률 350% 지점에서 완전히 끊어지는 것을 확인할 수 있다.
- [0052] 도 5의 (c)를 참조하면, 열중량 분석법(thermogravimetric analysis, TGA)를 통해 본 발명에 따른 열전 섬유 내부에 들어있는  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자의 Weight %양을 측정한 결과, 열전 섬유는 타서 소멸되고, 최종적으로 전체에서 11.99%만큼 타서 사라지는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해, 본 발명에 따른 열전 섬유는 약 88%의  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  나노 입자가 들어 있음을 확인할 수 있다.
- [0054] 도 6은 도 2에 도시한 열전 섬유의 저항 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 6의 (a)는 터치 반복에 따른 저항을 나타내고, 도 6의 (b)는 인장 변형률 30% 반복하는 도중 터치에 따른 저항을 나타내며, 도 6의 (c)는 비틀림 각도에 따른 저항을 나타내고, 도 6의 (d)는 터치 동작을 나타내며, 도 6의 (e)는 인장 변형 동작을 나타낸다.
- [0055] 도 6의 (a)를 참조하면, 본 발명에 따른 열전 섬유는 인장 변형률 뿐만 아니라, 터치(touch)와 같이 누르는 압력에 대해서도 음저항 센싱을 할 수 있다. 그 이유는 압력이 가해지면 열전 섬유가 눌리면서 전기적 통로가 더 많이 형성되기 때문이다.
- [0056] 도 6의 (b)를 참조하면, 본 발명에 따른 열전 섬유는 인장 변형률과 터치를 동시에 센싱할 수 있다. 인장 변형률 30%를 반복하는 조건에서 중간에 터치를 하였을 때 저항 변화에 차이가 있는 것을 통해 이를 확인할 수 있다.
- [0057] 도 6의 (c)를 참조하면, 본 발명에 따른 열전 섬유는 30도 ~ 90도 사이의 각도에 대해서도 음저항 센싱이 가능한 것을 확인할 수 있다.
- [0058] 도 6의 (d) 및 (e)를 참조하면, 터치 및 압력에 대한 음저항 센싱은 인장 변형률을 음저항 센싱하는 것과 다른 원리로 이루어 진다. 도 6의 도 6의 (d) 및 (e)에 도시된 바와 같이 확인한 LED 밝기 차이를 확인할 수 있다.
- [0060] 도 7은 도 2에 도시한 열전 섬유의 열전 특성을 설명하기 위한 도면으로, 도 7의 (a)는 열전 섬유 샘플의 크기를 나타내고, 도 7의 (b)는 열전 섬유 샘플의 열화상 이미지를 나타내며, 도 7의 (c)는 온도에 따른 열전 특성을 나타내고, 도 7의 (d)는 온도 차에 따른 출력 전압을 나타내며, 도 7의 (e)는 온도 차에 따른 생산 전력을 나타낸다.
- [0061] 도 7의 (a)를 참조하면, 열전 특성을 측정한 본 발명에 따른 열전 섬유 샘플의 크기는  $7.3\text{mm} \times 10\text{mm} \times 1.1\text{mm}$ (가로×세로×폭)이다.
- [0062] 도 7의 (b)를 참조하면, 열 화상 이미지를 통해 본 발명에 따른 열전 섬유 샘플에서의 온도 차가 형성된 것을 확인할 수 있다.
- [0063] 도 7의 (c)를 참조하면, 제백 계수(파란색), 전기 전도성(검은색), 파워 팩터(빨간색)를 측정하여, 본 발명에 따른 열전 섬유 샘플의 온도에 따른 열전 특성을 평가하였다. 제백 계수는 304K에서 최대값인  $-83.79 \mu\text{V/K}$ , 전기 전도성은 304K에서  $20\text{S/cm}$  ~ 372K에서  $36.7\text{S/cm}$ 로 온도가 증가함에 따라 증가하면서 반도체 특성을 보여준다. 파워 팩터는 304K에서  $14.043 \mu\text{W/mK}^2$ , 372K에서  $22.674 \mu\text{W/mK}^2$  값을 보이고 있다.
- [0064] 도 7의 (d)를 참조하면, 온도 차에 따른 본 발명에 따른 열전 섬유 샘플이 생산하는 출력 전압(output voltage)을 측정한 결과, 온도 차에 따라 출력 전압은  $2.2\text{mV} \rightarrow 3.2\text{mV} \rightarrow 6.0\text{mV} \rightarrow 6.7\text{mV} \rightarrow 7.6\text{mV}$ 를 나타낸다.
- [0065] 도 7의 (e)를 참조하면, 온도 차별 본 발명에 따른 열전 섬유 샘플이 생산하는 전력(power)을 측정한 결과, 최

대 72nW를 생성하는 것일 확인할 수 있다.

- [0068] 이와 같이, 본 발명에 따른 열전 섬유 제조 방법은 열전 물질  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 를 화학적 환원법을 이용해 직접 합성하여 먼 직물에 나노 입자를 형성시킬 수 있다.
- [0069] - 본 발명은  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 외의 다른 무기 열전 물질(Bi-Te계, Pb-Te계, Si-Ge계, Fe-Si계,  $\text{Ag}_2\text{SE}$ ,  $\text{Ag}_2\text{Te}$  등) 합성에도 적용될 수 있는 방법이다.
- [0070] - 본 발명은 환원 횟수에 따라 열전 나노 입자 형성 농도를 조절할 수 있다.
- [0071] - 본 발명은 열전 물질이 나노 입자 형태로 먼 직물에 형성되어 있기 때문에, 다른 기술의 벌크(bulk) 형태, 코팅(coating) 형태 등과 달리 신축성에 강하다(무기 열전 물질은 기본적으로 리지드(rigid)한 물성을 가지고 있기 때문에 벌크 혹은 코팅된 섬유 형태는 인장 변형률에서 구조를 유지하기 어려움).
- [0074] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예를 구성하는 모든 구성요소들이 하나로 결합하거나 결합하여 동작하는 것으로 기재되어 있다고 해서, 본 발명이 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 발명의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 또한, 그 모든 구성요소들이 각각 하나의 독립적인 하드웨어로 구현될 수 있지만, 각 구성요소들의 그 일부 또는 전부가 선택적으로 조합되어 하나 또는 복수개의 하드웨어에서 조합된 일부 또는 전부의 기능을 수행하는 프로그램 모듈을 갖는 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수도 있다. 또한, 이와 같은 컴퓨터 프로그램은 USB 메모리, CD 디스크, 플래쉬 메모리 등과 같은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체(Computer Readable Media)에 저장되어 컴퓨터에 의하여 읽혀지고 실행됨으로써, 본 발명의 실시예를 구현할 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 기록 매체로서는 자기기록매체, 광기록매체 등이 포함될 수 있다.
- [0075] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예 및 첨부된 도면들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예 및 첨부된 도면에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

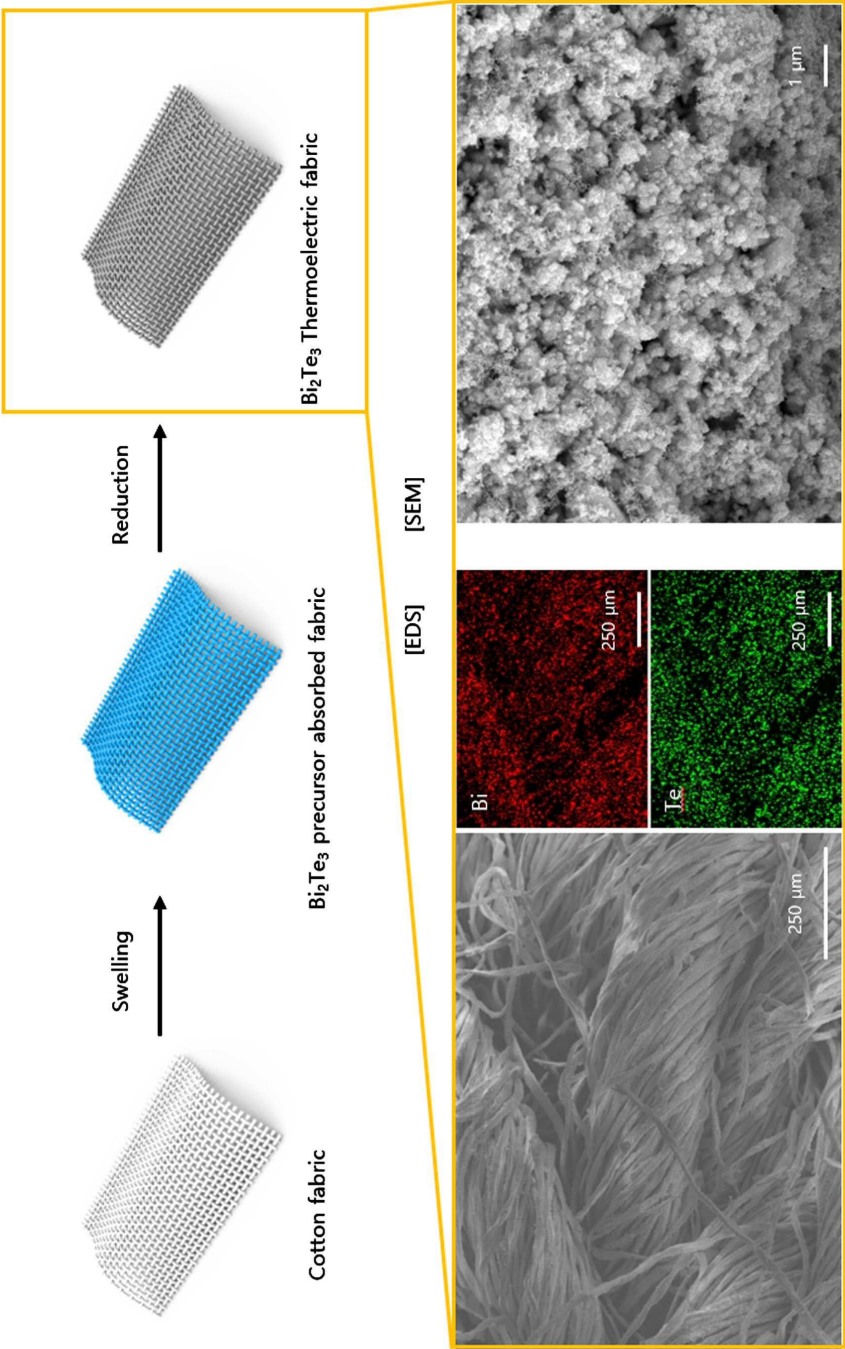
## 도면

### 도면1

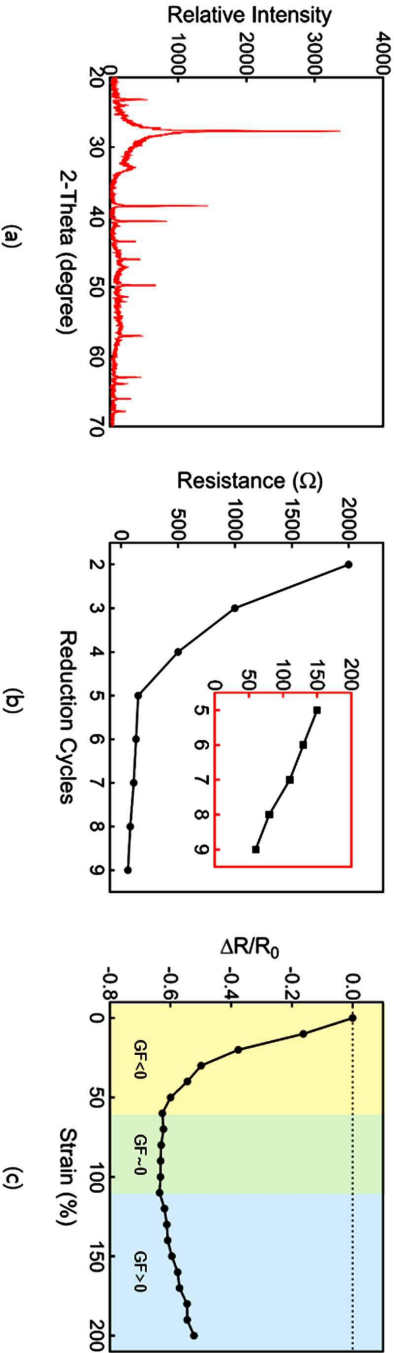




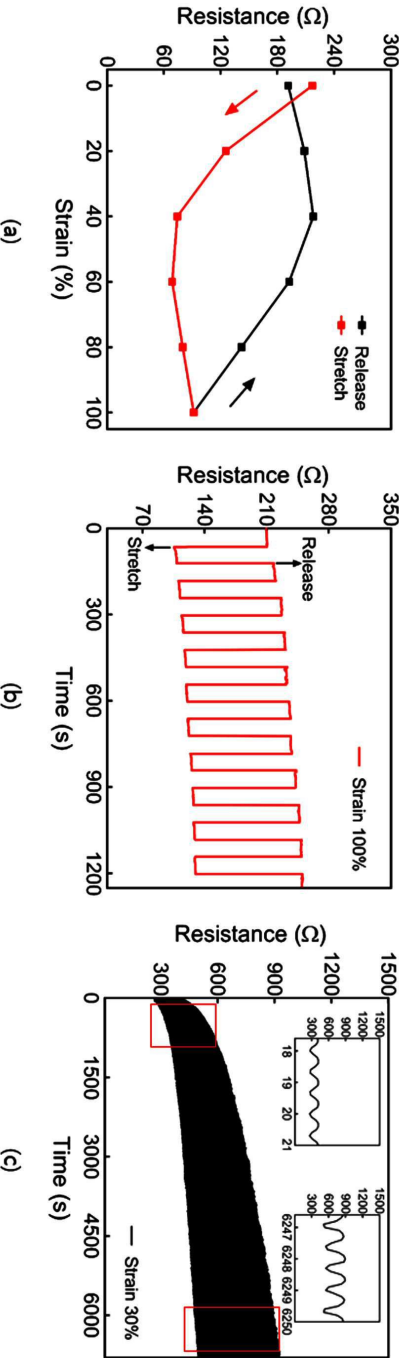
도면2



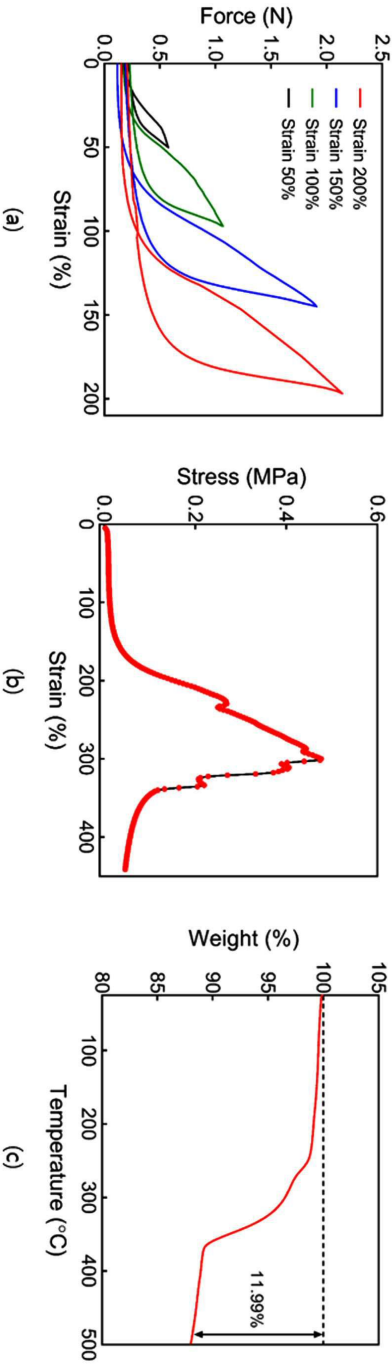
도면3



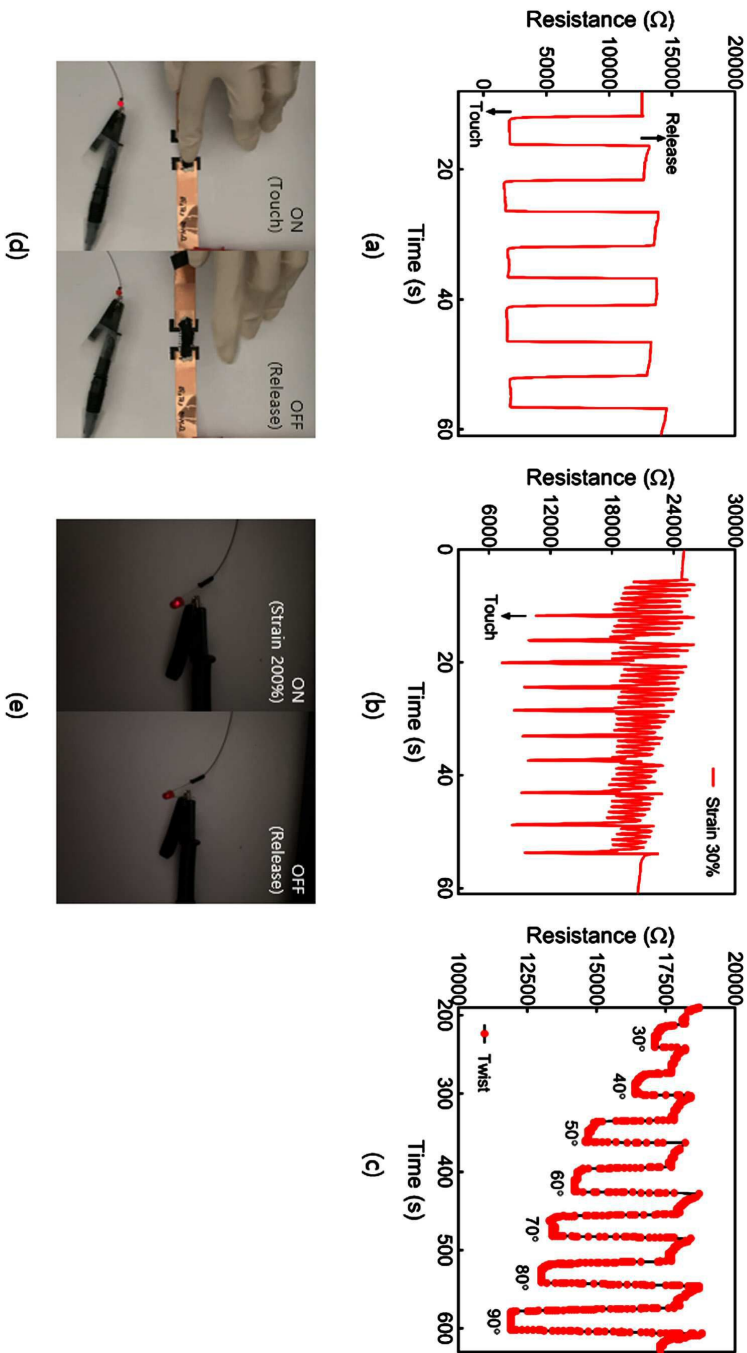
도면4



도면5



도면6



도면7

