(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0145822
(43) 공개일자 2023년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*C22C 1/03* (2023.01) *C21D 8/02* (2006.01)
*C22C 9/01* (2006.01) *C22F 1/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*C22C 1/03* (2013.01)
*C21D 8/0226* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0044703
(22) 출원일자 2022년04월11일
심사청구일자 2022년04월11일

(71) 출원인
**경상국립대학교산학협력단**
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
**설재복**
경남 진주시 충의로 146
**남태현**
경남 진주시 진주대로 1317
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**김종석**

전체 청구항 수 : 총 15 항

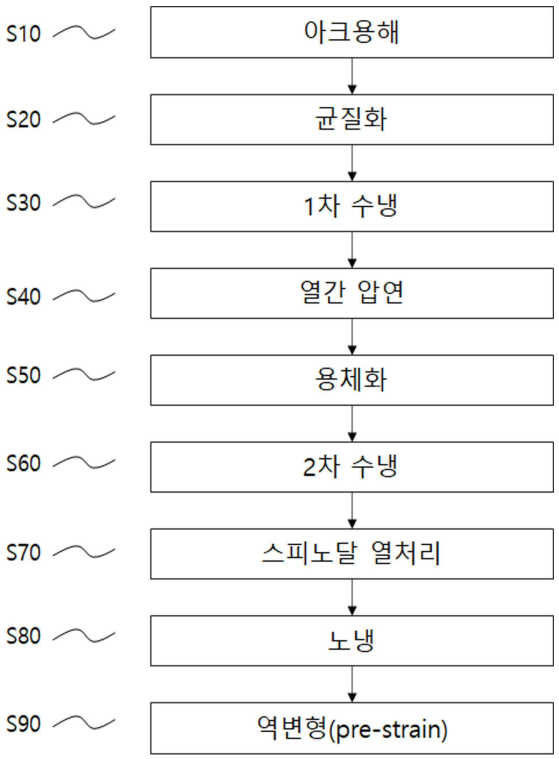
(54) 발명의 명칭 **스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법 및 이를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금**

## (57) 요 약

본 발명은 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법 및 이를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금에 관한 것으로, 보다 구체적으로 스피노달 분해와 적절한 역변형(pre-strain)을 가하여 열팽창계수를 낮추는 방법을 통해 우수한 열전도도와 낮은 열팽창계수를 포함하여 고성능의 히트 싱크(heat sink) 제작에 적절한 Cu-Al-

(뒷면에 계속)

*대 표 도* - 도1



Mn계 형상기억합금 제조방법 및 이를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금에 관한 것이다.

본 발명에 따른 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법은, 구리(Cu), 알루미늄(Al) 및 망간(Mn)을 포함한 금속재료를 준비 후, 아크 용해하여 합금을 제조하는 제1단계; 800 내지 900 ℃의 온도로 상기 합금을 균질화(homogenization)하는 제2단계; 상기 균질화(homogenization) 한 합금을 1차 수냉(water quenching)하는 제3단계; 상기 1차 수냉(water quenching) 한 합금을 열간압연(hot rolling)하는 제4단계; 상기 열간압연(hot rolling) 한 합금을 용체화(solution treatment)하는 제5단계; 상기 용체화(solution treatment) 한 합금을 2차 수냉(water quenching)하는 제6단계; 상기 2차 수냉(water quenching) 한 합금을 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)하는 제7단계; 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 한 합금을 노냉(furnace cooling)하는 제8단계; 및 상기 노냉(furnace cooling) 한 합금의 형상을 역변형(pre-strain)하는 제9단계;를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류
*C21D 8/0247* (2013.01)
*C22C 9/01* (2013.01)
*C22F 1/08* (2013.01)
*C21D 2201/01* (2013.01)

(72) 발명자
**한주연**
제주특별자치도 제주시 남녕로 46
**임진환**
경남 통영시 용남면 기호안길 39-10
**류연주**
부산 북구 백양대로 1003
**박은혜**
경북 경주시 안강읍 안현로 1946-15

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1711135175 |
| 과제번호 | 2020R1A4A3079417 |
| 부처명 | 과학기술정보통신부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단 |
| 연구사업명 | 집단연구지원(R&D) |
| 연구과제명 | 통합소재설계법을 활용한 적층제조 기반 생체소재용 Ti 신소재 및 조형체 개발 |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 과제수행기관명 | 경상국립대학교 |
| 연구기간 | 2021.06.01 ~ 2022.02.28 |

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

구리(Cu), 알루미늄(Al) 및 망간(Mn)을 포함한 금속재료를 준비 후, 아크 용해하여 합금을 제조하는 제1단계;

800 내지 900 ℃의 온도로 상기 합금을 균질화(homogenization)하는 제2단계;

상기 균질화(homogenization) 한 합금을 1차 수냉(water quenching)하는 제3단계;

상기 1차 수냉(water quenching) 한 합금을 열간압연(hot rolling)하는 제4단계;

상기 열간압연(hot rolling) 한 합금을 용체화(solution treatment)하는 제5단계;

상기 용체화(solution treatment) 한 합금을 2차 수냉(water quenching)하는 제6단계;

상기 2차 수냉(water quenching) 한 합금을 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)하는 제7단계;

상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 한 합금을 노냉(furnace cooling)하는 제8단계; 및

상기 노냉(furnace cooling) 한 합금의 형상을 역변형(pre-strain)하는 제9단계;를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제4단계의 열간압연(hot rolling)은,

850 내지 950 ℃의 온도에서 실시되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제5단계의 용체화(solution treatment)는,

750 내지 850 ℃의 온도에서 실시되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제7단계의 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는,

120 내지 140 ℃의 온도에서 실시되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법.

### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제7단계의 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는,

90 내지 110 시간 동안 실시되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,

상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 중량%로,

구리(Cu) 65 내지 75%, 알루미늄(Al) 15 내지 25% 및 망간(Mn) 5 내지 15% 인 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법.

**청구항 7**

Cu-Al-Mn계 형상기억합금에 있어서,

상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 후 형상을 역변형((pre-strain) 처리 하여 제조되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금.

**청구항 8**

제 7항에 있어서,

상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 중량%로,

구리(Cu) 65 내지 75%, 알루미늄(Al) 15 내지 25% 및 망간(Mn) 5 내지 15%로 구성되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금.

**청구항 9**

제 7항에 있어서,

상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는 120 내지 140 ℃의 온도에서 실시되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금.

**청구항 10**

제 7항에 있어서,

상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는 90 내지 110 시간 동안 실시되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금.

**청구항 11**

제 7항에 있어서,

상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 후 역변형((pre-strain) 처리되어 응력 유기 마르텐사이트가 생성되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금.

**청구항 12**

제 7항에 있어서,

상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금의 열팽창계수는 0.14 내지 0.16 ㎛/℃ 인 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금.

**청구항 13**

히트 싱크 본체 및 상기 히트 싱크 본체에 접합된 금속 부재층을 구비하되,

상기 금속 부재층은 Cu-Al-Mn계 형상기억합금으로 제조되고,

상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 후 역변형((pre-strain) 처리되어 제조되는 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금을 포함하는 히트 싱크.

**청구항 14**

제 13항에 있어서,

상기 금속 부재층은,

중량%로 구리(Cu) 65 내지 75%, 알루미늄(Al) 15 내지 25% 및 망간(Mn) 5 내지 15%의 Cu-Al-Mn계 형상기억합금인 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금을 포함하는 히트 싱크.

**청구항 15**

제 13항에 있어서,

상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금으로 구성되는 상기 금속 부재층의 열팽창계수는 0.14 내지 0.16 ㎛/℃ 인 것을 특징으로 하는 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금을 포함하는 히트 싱크.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법 및 이를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금에 관한 것으로, 보다 구체적으로 스피노달 분해와 적절한 역변형(pre-strain)을 가하여 열팽창계수를 낮추는 방법을 통해 우수한 열전도도와 낮은 열팽창계수를 포함하여 고성능의 히트 싱크(heat sink) 제작에 적절한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법 및 이를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0003] 전기·전자 산업의 발전에 기반이 되는 반도체 산업이 급부상하고 있음에 따라, 반도체 부품의 성능은 급격하게 발전하고 있다. 그러나 부품의 소형화 및 고밀도화 등으로 인해 소모 전력의 밀도가 높아지고, 급격한 열이 발생하게 된다. 이러한 열 발생은 부품의 작동에 영향을 미칠 뿐만 아니라 수명을 감소시키기에 문제가 되고 있다.

[0004] 이러한 열발생의 문제점을 해결하기 위해 효과적으로 열 방출을 시키고자 히트 싱크(heat-sink)와 같이 다른 물체로부터 열을 흡수하고 발산하는 장치 개발을 위한 연구가 이루어지고 있다. 일반적으로 히트 싱크(heat-sink)의 재료로는 알루미늄(Al)계 합금이 우수한 열전도율을 가짐에 따라 가장 널리 사용되고 있으나 알루미늄(Al)계 합금의 열전도율보다 2배 이상 가량 우수한 구리(Cu)를 사용한다면 더 효율적인 방출이 가능하다. 하지

만 구리(Cu)는 반도체의 주재료인 규소(Si)보다 열팽창계수가 대략 4배 정도 높기 때문에 Si-Cu 인접부의 열응력(thermal stress)으로 인한 크랙(crack)이 유발될 우려가 있다. 따라서 우수한 열전도도를 가지는 동시에 열팽창계수가 낮은 재료의 개발이 필요하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-179526호 (2017.11.01)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위해서 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 종래 문제점을 해결하기 위한 것으로, 종래의 경우 히트 싱크(heat-sink)는 열응력(thermal stress)을 해결하기 위해 열전도도가 우수한 구리(Cu)계 대신 알루미늄(Al)계 합금을 사용하나, 본 발명은 높은 열전도도로 효율적인 열 방출을 할 수 있는 합금을 제조하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명의 목적은 낮은 열팽창계수 거동을 갖는 합금을 제조하고, 이를 통해 고성능 히트 싱크(heat-sink)를 제조하는 것이다.

[0009] 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 본 발명에 따른 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법은,

[0012] 구리(Cu), 알루미늄(Al) 및 망간(Mn)을 포함한 금속재료를 준비 후, 아크 용해하여 합금을 제조하는 제1단계;

[0013] 800 내지 900 ℃의 온도로 상기 합금을 균질화(homogenization)하는 제2단계;

[0014] 상기 균질화(homogenization) 한 합금을 1차 수냉(water quenching)하는 제3단계;

[0015] 상기 1차 수냉(water quenching) 한 합금을 열간압연(hot rolling)하는 제4단계;

[0016] 상기 열간압연(hot rolling) 한 합금을 용체화(solution treatment)하는 제5단계;

[0017] 상기 용체화(solution treatment) 한 합금을 2차 수냉(water quenching)하는 제6단계;

[0018] 상기 2차 수냉(water quenching) 한 합금을 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)하는 제7단계;

[0019] 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 한 합금을 노냉(furnace cooling)하는 제8단계; 및

[0020] 상기 노냉(furnace cooling) 한 합금의 형상을 역변형(pre-strain)하는 제9단계;를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 본 발명에 따른 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은,

[0022] 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 후 역변형((pre-strain) 처리되어 제조되어 응력 유기 마르텐사이트가 생성되고,

[0023] 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 중량%로,

[0024] 구리(Cu) 65 내지 75%, 알루미늄(Al) 15 내지 25% 및 망간(Mn) 5 내지 15%로 구성되며,

[0025] 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는 120 내지 140 ℃의 온도 및 90 내지 110 시간 동안 실시

되고,

[0026] 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금의 열팽창계수는 0.14 내지 0.16 ㎛/℃ 인 것을 특징으로 하다.

[0027] 또한, 본 발명에 따른 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금을 포함하는 히트 싱크는,

[0028] 히트 싱크 본체 및 상기 히트 싱크 본체에 접합된 금속 부재층을 구비하되,

[0029] 상기 금속 부재층은 Cu-Al-Mn계 형상기억합금으로 제조되고,

[0030] 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 후 역변형((pre-strain) 처리되어 제조되며,

[0031] 상기 금속 부재층은,

[0032] 중량%로 구리(Cu) 65 내지 75%, 알루미늄(Al) 15 내지 25% 및 망간(Mn) 5 내지 15%의 Cu-Al-Mn계 형상기억합금이고,

[0033] 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금으로 구성되는 상기 금속 부재층의 열팽창계수는 0.14 내지 0.16 ㎛/℃ 인 것을 특징으로 한다.

## *발명의 효과*

[0035] 상기 과제의 해결 수단에 의해, 본 발명은 열전도도가 우수한 구리(Cu)계를 높은 함량으로 포함하는 Cu-Al-Mn 형상기억합금에 스피노달 분해를 이용하여 마르텐사이트 상변태를 억제하고, 역변형(pre-strain)을 통해 마르텐사이트 배아(embryo)를 도입하여 높은 열전도도로 효율적인 열 방출을 할 수 있는 합금을 제조할 수 있다.

[0036] 또한, 본 발명은 낮은 열팽창계수 거동을 갖는 합금을 제조하고, 이를 통해 고성능 히트 싱크(heat-sink)를 제조할 수 있다.

[0037] 또한, 본 발명은 우수한 열전도도를 가지는 동시에 열팽창계수를 감소할 수 있는 Cu-Al-Mn 형상기억합금을 제조하여 반도체의 주재료인 규소(Si)와의 열응력(thermal stress)이 작아 크랙(crack)이 유발될 확률이 줄어들어 반도체에 효과적으로 적용 가능하다.

## *도면의 간단한 설명*

[0039] 도 1은 본 발명인 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법의 순서를 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명인 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법 공정을 시간에 따른 온도 변화로 나타낸 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 열 처리전의 스피노달 열세조직 결과를 나타낸 사진이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 열 처리후의 스피노달 열세조직 결과를 나타낸 사진이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 스피노달 열처리 전의 x-ray 회절 패턴이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따라 스피노달 열처리 후의 x-ray 회절 패턴이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따라 스피노달 열처리 전의 흡열 피크(peak)이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따라 스피노달 열처리 후의 흡열 피크(peak)이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따라 스피노달 열처리 전의 Ms 상변태 피크(peak)의 온도변화이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따라 스피노달 열처리 후의 Ms 상변태 피크(peak)의 온도변화이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따라 역변형(pre-strain)을 가하지 않은 합금의 열팽창계수이다.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따라 3%의 역변형(pre-strain)을 가한 합금의 열팽창계수이다.

도 13은 본 발명의 일실시예에 따라 4.5%의 역변형(pre-strain)을 가한 합금의 열팽창계수이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0040] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0041] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0042] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[0043] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0044] 본 발명에 대한 해결하고자 하는 과제, 과제의 해결 수단, 발명의 효과를 포함한 구체적인 사항들은 다음에 기재할 실시 예 및 도면들에 포함되어 있다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0045] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0047] 본 발명인 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법은 스피노달 분해와 적절한 역변형(pre-strain)을 가하여 열팽창계수를 낮추는 방법을 통해 우수한 열전도도와 낮은 열팽창계수를 포함한다. 본 발명에 의해 제조되는  Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 높은 구리(Cu) 함량을 가지며 스피노달 분해 및 마르텐사이트 상변태 거동을 보인다. 본 발명에 의해 제조되는  Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 질량%로 구리(Cu) 70% - 알루미늄(Al) 20% - 망간(Mn) 10%의 조성으로, 높은 구리(Cu) 함량에 따라 열전도도가 우수할 것이라 예상되지만, 앞서 기술했듯이 규소(Si)과의 열팽창계수 차이의 문제가 있기 때문에 열팽창계수를 감소시킬 필요가 있다.

[0048] 본 발명에 따른 열팽창계수 감소를 위한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법은, 도 1에 나타난 바와 같이, 아래 단계에 의해 수행되는 것이 바람직하다.

[0049] 먼저, 제1단계(S10)는 아크 용해 후 합금을 제조한다. 상기 제1단계(S10)는 구리(Cu), 알루미늄(Al) 및 망간(Mn)을 포함한 금속재료를 준비 후, 아크 용해하여 합금을 제조한다.

[0051] 다음으로, 제2단계(S20)는 상기 합금을 균질화(homogenization)한다.

[0052] 보다 구체적으로, 상기 제2단계(S20)는 800 내지 900 ℃의 온도로 23 내지 25 시간 동안 상기 합금을 균질화(homogenization)한다. 가장 바람직하게는 850 ℃의 온도로 24 시간 동안 상기 합금을 균질화(homogenization)한다.

[0053] 상기 균질화(homogenization)는 800 ℃ 미만으로 수행하는 경우 확산속도가 느려지므로 균질화처리하는 데 장시간이 소요되는 문제점이 있고, 900 ℃를 초과하여 수행하는 경우 결정립 조대화가 발생하여 합금의 특성에 악영향을 미칠 가능성이 있는 문제점이 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 균질화(homogenization)는 23 시간 미만으로 수행하는 경우 균질화에 충분한 시간이 되지 못하는 문제점이 있고, 25 시간을 초과하여 수행하는 경우 결정립 조대화의 위험이 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다.

[0055] 다음으로, 제3단계(S30)는 1차 수냉(water quenching)한다. 보다 구체적으로, 상기 제3단계(S30)는 상기 균질화(homogenization) 한 합금을 1차 수냉(water quenching)한다. 상기 1차 수냉(water quenching)은 응고조직이 생성됨을 막기 위해서 수행한다.

[0057] 다음으로, 제4단계(S40)는 열간압연(hot rolling)한다. 보다 구체적으로, 상기 제4단계(S40)는 상기 1차 수냉

(water quenching) 한 합금을 850 내지 950 ℃의 온도에서 열간압연(hot rolling)한다.

[0058] 상기 열간압연(hot rolling)은 850 ℃ 미만으로 수행하는 경우 압연가공성이 **저하**되는 문제점이 있고, 950 ℃를 초과하여 수행하는 경우 급격한 산화가 발생하는 문제점이 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다.

[0060] 다음으로, 제5단계(S50)는 용체화(solution treatment)한다. 보다 구체적으로, 상기 제5단계(S50)는 상기 열간압연(hot rolling) 한 합금을 750 내지 850 ℃의 온도로 0.2 내지 0.3 시간 동안 용체화(solution treatment)한다.

[0061] 상기 용체화(solution treatment)는 750 ℃ 미만으로 수행하는 경우 확산속도가 느려서 용체화가 완전히 이루어지지 않는 문제점이 있고, 850 ℃를 초과하여 수행하는 경우 결정립 성장의 문제점이 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 용체화(solution treatment)는 0.2 시간 미만으로 수행하는 경우 용체화에 충분한 시간이 되지 못하는 문제점이 있고, 0.3 시간을 초과하여 수행하는 경우 결정립 성장의 문제점이 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다.

[0063] 다음으로, 제6단계(S60)는 2차 수냉(water quenching)한다. 보다 구체적으로, 상기 제6단계(S60)는 상기 용체화(solution treatment) 한 합금을 2차 수냉(water quenching)한다. 상기 2차 수냉(water quenching)은 열처리 온도 조건에 해당하는 상만 존재하도록 하기 위해서 수행한다.

[0065] 다음으로, 제7단계(S70)는 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)한다. 보다 구체적으로, 상기 제7단계(S70)는 상기 2차 수냉(water quenching) 한 합금을 120 내지 140 ℃의 온도에서 90 내지 110 시간 동안 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)한다.

[0066] 상기 제7단계(S70)는 상기 용체화(solution treatment) 처리 된 합금을 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)하여 스피노달 분해를 유발한다. 미세조직을 관찰해 보면 열처리 전(도 3)과 달리 열처리 후(도 4)에는 스피노달 분해로 인해 흰 부분과 검정부분으로 나뉘어 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0067] 즉, 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 전(도 3)에는 기지가 전체적으로 균일한 형태를 보이지만, 열처리 후(도 4)에는 $Cu_3Al$인 $DO_3$와 $Cu_2AlMn$인 $L2_1$로 스피노달 분해가 일어나 흰 부분과 검정 부분으로 나뉘어 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0068] 또한, 두 상이 공존하고 있는 x-ray 회절피크(도 5 및 6), 시료의 흡열반응(도 7 및 8), Ms 상변태 온도의 증가(도 9 및 10) 등의 결과를 볼 때, 스피노달 분해가 일어났음을 확인할 수 있다.

[0069] 보다 구체적으로, 열처리 전(도 5)은 CuAlMn인 β 단상이 존재하는 회절 피크를 가지나, 열처리 후(도 6)는 스피노달 분해를 통해 $Cu_3Al$인 $\beta_1$과 $Cu_2AlMn$인 $\beta_3$상이 공존하고 있다. 도 8에서 흡열피크를 확인하면, 도 7의 열처리 전의 흡열 피크와는 달리, 열처리 후에서 스피노달 분해한 상인 $DO_3$와 $L2_1$이 $L2_1$으로 합쳐진 결과로 볼 수 있는 저온 피크(peak)가 하나 더 관찰되었다. 스피노달 열처리 전 후의 Ms 상변태 peak의 온도변화를 확인하면, 열처리 전(도 9)와 달리 열처리 후(도 10)에서 CuAlMn인 A2가 $L2_1$와 Mn 함량이 적은 $DO_3$로 스피노달 분해되면서 변태 온도가 증가하였다.

[0070] 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는 120 ℃ 미만으로 수행하는 경우 스피노달하는데 너무 많은 시간이 소요되는 문제점이 있고, 140 ℃를 초과하여 수행하는 경우 miscibility gap 의 온도구간을 벗어나 스피노달 분해가 일어나지 않는 문제점이 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는 90 시간 미만으로 수행하는 경우 스피노달 분해가 완전히 일어나지 않는 문제점이 있고, 110 시간을 초과하여 수행하는 경우 스피노달 분해 후의 조직이 조대화되는 문제점이 있으므로 상기 조건으로 실시하는 것이 바람직하다.

[0072] 다음으로, 제8단계(S80)는 노냉(furnace cooling)한다. 보다 구체적으로, 상기 제8단계(S80)는 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 한 합금을 노냉(furnace cooling)한다.

[0073] 상기 제7단계(S70)의 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)에서 스피노달 분해를 통해 생성되는 $DO_3$와 $L2_1$상 중에서 $DO_3$상만이 마르텐사이트 상변태 거동을 보이는데, 상변태를 하지 않는 영역이 상변태 영역을 구속하면서 전체적인 마르텐사이트 상변태가 억제된다. 이때 역변형(pre-strain)을 가해주면 도입된 응력 유기 마르텐사이트의 생성으로 인해 역변형(pre-strain)을 가하지 않은 기존의 합금보다 낮은 열팽창 거동을 보이는 것을 확인할 수 있다.

[0075] 아래는 또 다른 본 발명인 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은, 앞서 기재한 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법에 의해 제조되는 것을 특징으로 한다.

[0076] 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 후 역변형((pre-strain) 처리되어 제조되어 응력 유기 마르텐사이트가 생성되는 것을 특징으로 한다.

[0077] 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 중량%로 구리(Cu) 65 내지 75%, 알루미늄(Al) 15 내지 25% 및 망간(Mn) 5 내지 15%로 구성된다.

[0078] 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)는 120 내지 140 ℃의 온도 및 90 내지 110 시간 동안 실시된다.

[0079] 상기 제조된 Cu-Al-Mn계 형상기억합금의 열팽창계수는 0.14 내지 0.16 ㎛/℃ 인 것을 특징으로 하다.

[0081] 또한, 본 발명에 따른 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금을 포함하는 히트 싱크는, 앞서 기재한 스피노달 분해를 이용한 Cu-Al-Mn계 형상기억합금 제조방법에 의해 제조 된 Cu-Al-Mn계 형상기억합금을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0082] 상기 히트 싱크는 히트 싱크 본체 및 상기 히트 싱크 본체에 접합된 금속 부재층이 구비된다.

[0083] 상기 금속 부재층은 Cu-Al-Mn계 형상기억합금으로 제조되고, 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 후 역변형((pre-strain) 처리 되어 제조된다.

[0084] 상기 금속 부재층은 중량%로 구리(Cu) 65 내지 75%, 알루미늄(Al) 15 내지 25% 및 망간(Mn) 5 내지 15%의 Cu-Al-Mn계 형상기억합금이고, 상기 Cu-Al-Mn계 형상기억합금으로 구성되는 상기 금속 부재층의 열팽창계수는 0.14 내지 0.16 ㎛/℃ 인 것을 특징으로 한다.

[0086] 일반적으로, 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)를 하지 않은 Cu-Al-Mn계 형상기억합금의 경우 열팽창계수가 16.5 ㎛/℃로, 본 발명에 따라 제조된 Cu-Al-Mn계 형상기억합금은 열팽창계수가 0.14 내지 0.16 ㎛/℃ 인 것을 특징으로 한다.

[0088] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 본 발명의 목적, 특징, 장점은 이하의 실시예를 통하여 쉽게 이해될 것이다. 본 발명은 여기서 설명하는 실시예에 한정되지 않고, 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 여기서 소개되는 실시예는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 이하의 실시예에 의해 본 발명이 제한되어서는 안된다.

[0090] 1) 열팽창계수 측정

[0091] 아래 실시예 및 비교예의 제조방법에 의해 제조된 Cu-Al-Mn계 형상기억합금을 이용하여 아래의 방법으로 열팽창계수를 측정하였다.

[0092] TA Instrument 사의 Q400 모델 열응력 분석기를 사용하여 상온에서 150 ℃의 온도 범위에서 냉각과 가열을 반복하였으며 승온 및 냉각 속도는 1 ℃/min으로 실험을 진행하였다.

[0094] (1) 실시예 1

[0095] 실시예 1은 본 발명이 일실시예에 따라 제조하되, 상기 제7단계(S70)에서 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)를 130 ℃ 및 100 시간 동안 실시한 후, pre-strain 3%로 처리하여 제조된 Cu-Al-Mn계 형상기억합금이다.

[0096] pre-strain을 3% 미만이면 마르텐사이트 생성량이 적어서 열팽창계수를 줄이는 효과가 작아지므로 3%에서 실험을 진행하였다.

[0098] (2) 실시예 2

[0099] 실시예 2는 본 발명이 일실시예에 따라 제조하되, 상기 제7단계(S70)에서 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)를 130 ℃ 및 100 시간 동안 실시한 후, pre-strain 4.5%로 처리하여 제조된 Cu-Al-Mn계 형상기억합금이다.

[0100] pre-strain을 4.5%을 초과하면 소성변형이 발생하기 때문에 열팽창계수에를 줄이는 데 불리한 영향을 미친다. 따라서 4.5%에서 실험을 진행하였다.

[0102] (3) 비교예 1

[0103] 비교예 1은 본 발명이 일실시예에 따라 제조하되, 상기 제7단계(S70)에서 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)를 130 ℃ 및 100 시간 동안 실시한 후, pre-strain을 처리하지 않고 제조된 Cu-Al-Mn계 형상기억합금이다.

[0104] 이는 pre-strain을 걸었을 때와의 차이점을 비교하기 위해 스피노달 열처리 후 pre-strain 처리를 하지 않은 결과값이다.

[0106] 상기 과제의 해결 수단에 의해, 본 발명은 열전도도가 우수한 구리(Cu)계를 높은 함량으로 포함하는 Cu-Al-Mn 형상기억합금에 스피노달 분해를 이용하여 마르텐사이트 상변태를 억제하고, 역변형(pre-strain)을 통해 마르텐사이트 배아(embryo)를 도입하여 높은 열전도도로 효율적인 열 방출을 할 수 있는 합금을 제조할 수 있다.

[0107] 또한, 본 발명은 낮은 열팽창계수 거동을 갖는 합금을 제조하고, 이를 통해 고성능 히트 싱크(heat-sink)를 제조할 수 있다.

[0108] 또한, 본 발명은 우수한 열전도도를 가지는 동시에 열팽창계수를 감소할 수 있는 Cu-Al-Mn 형상기억합금을 제조하여 반도체의 주재료인 규소(Si)와의 열응력(thermal stress)이 작아 크랙(crack)이 유발될 확률이 줄어들어 반도체에 효과적으로 적용 가능하다.

[0110] 이와 같이, 상술한 본 발명의 기술적 구성은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자가 본 발명의 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0111] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해되어야 하고, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타나며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

## *부호의 설명*

[0113] S10. 구리(Cu), 알루미늄(Al) 및 망간(Mn)을 포함한 금속재료를 준비 후, 아크 용해하여 합금을 제조하는 제1단계

S20. 800 내지 900 ℃의 온도로 상기 합금을 균질화(homogenization)하는 제2단계

S30. 상기 균질화(homogenization) 한 합금을 1차 수냉(water quenching)하는 제3단계

S40. 상기 1차 수냉(water quenching) 한 합금을 열간압연(hot rolling)하는 제4단계

S50. 상기 열간압연(hot rolling) 한 합금을 용체화(solution treatment)하는 제5단계

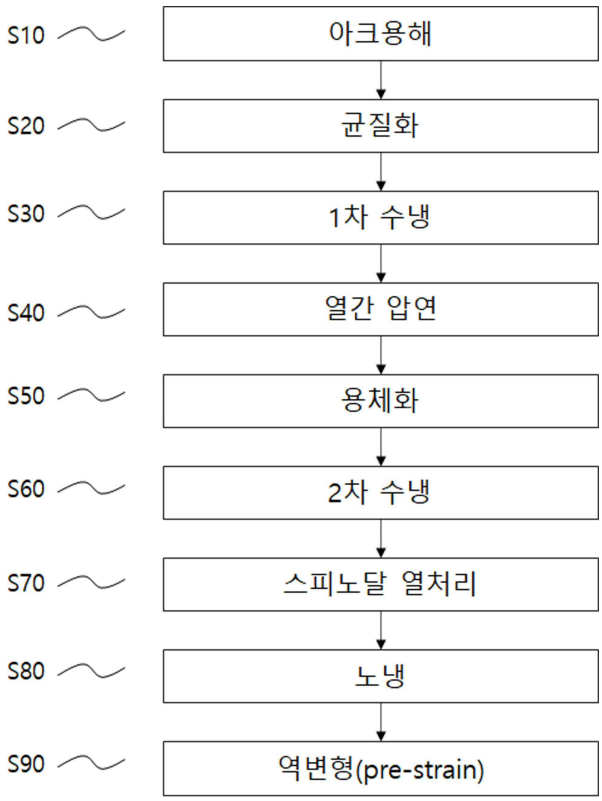
S60. 상기 용체화(solution treatment) 한 합금을 2차 수냉(water quenching)하는 제6단계

S70. 상기 2차 수냉(water quenching) 한 합금을 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment)하는 제7단계

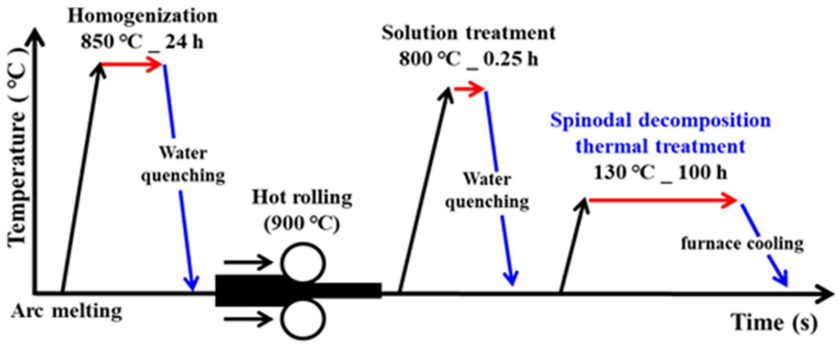
S80. 상기 스피노달 열처리(spinodal thermal treatment) 한 합금을 노냉(furnace cooling)하는 제8단계

## 도면

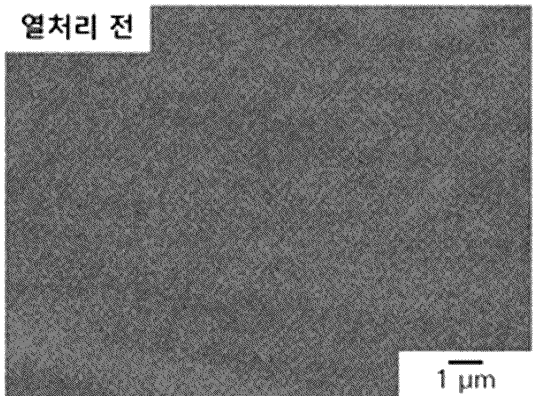
### 도면1



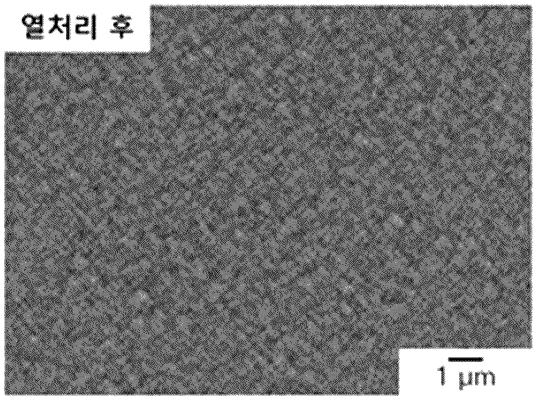

### 도면2



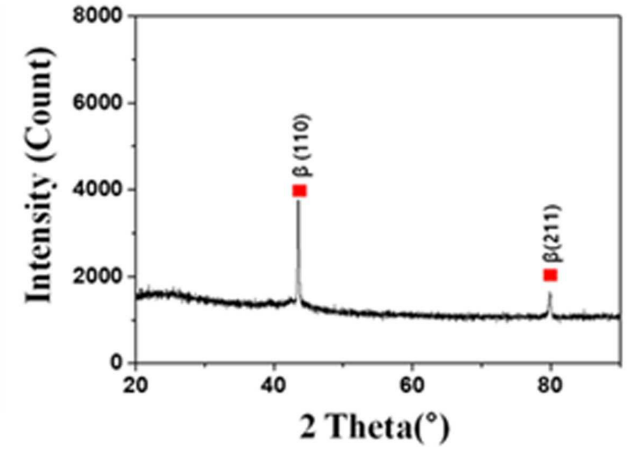
도면3


열처리 전
1 μm

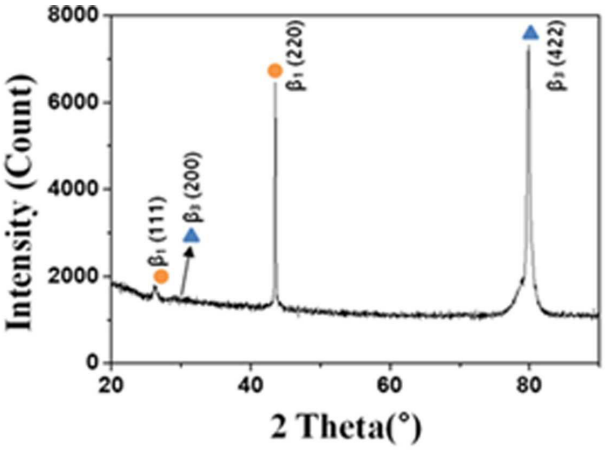
도면4


열처리 후
1 μm

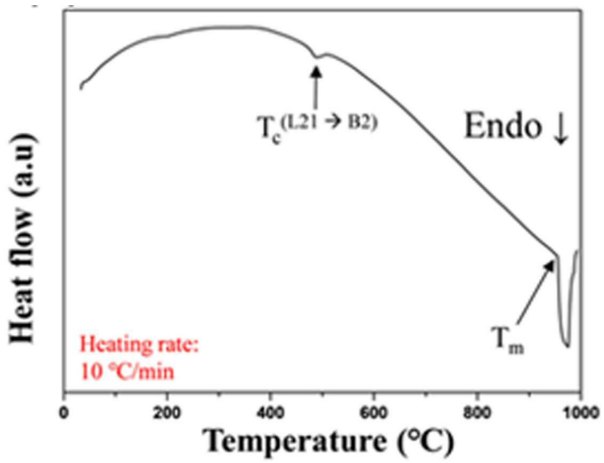
도면5


Intensity (Count)
8000
6000
4000
2000
0
β (110)
β(211)
20
40
60
80
2 Theta(°)

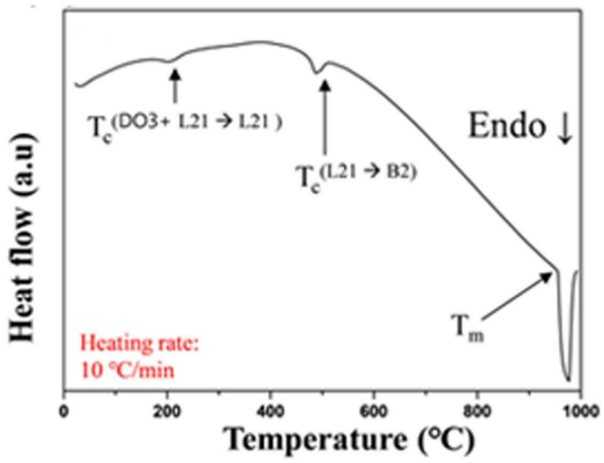
도면6


Intensity (Count)
2 Theta(°)
β1 (111)
β3 (200)
β1 (220)
β3 (422)

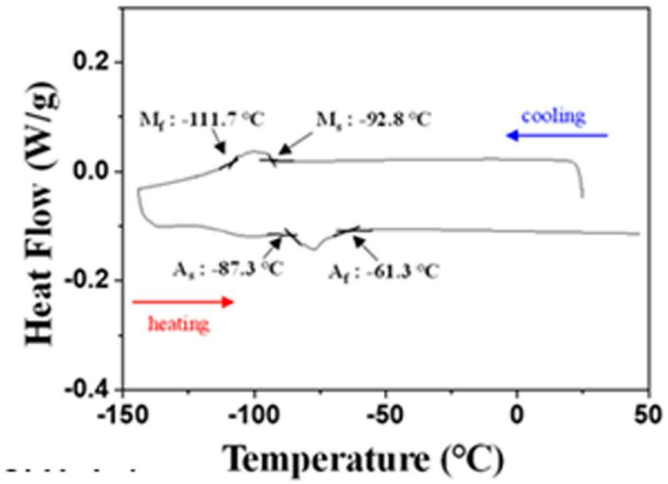
도면7


Heat flow (a.u)
Temperature (°C)
Endo ↓
Tc(L21 → B2)
Tm
Heating rate:
10 °C/min

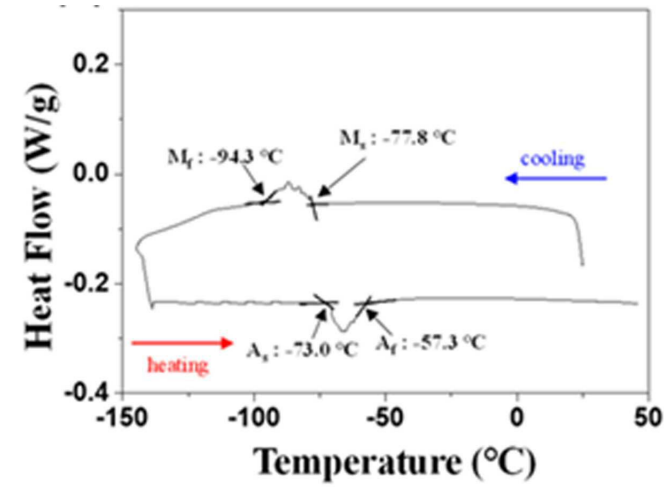
도면8


Heat flow (a.u)
Temperature (°C)
Endo ↓
Tc(DO3+ L21 → L21 )
Tc(L21 → B2)
Tm
Heating rate:
10 °C/min

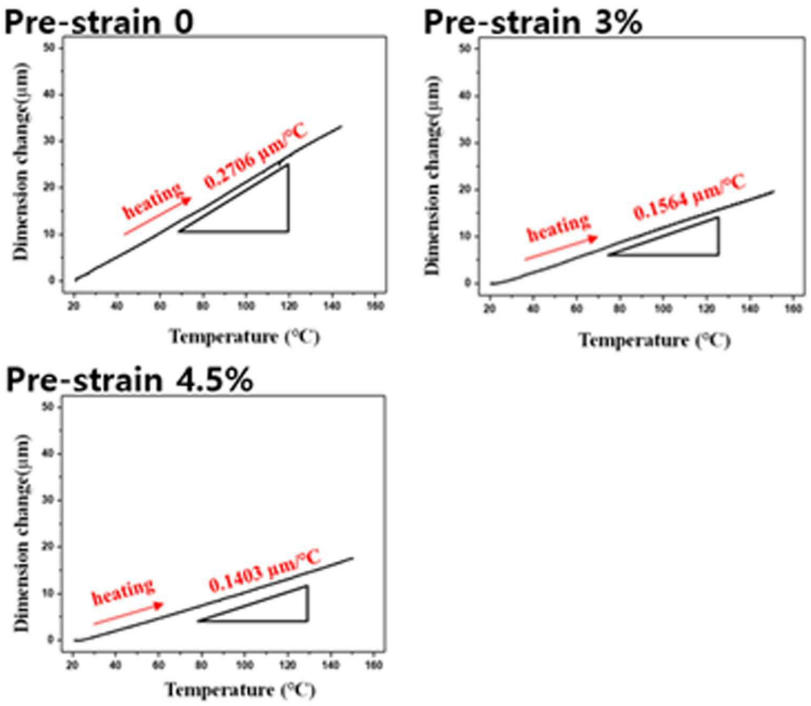
도면9


Heat Flow (W/g)
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-150
-100
-50
0
50
Temperature (°C)
$M_f$ : -111.7 °C
$M_s$ : -92.8 °C
cooling
$A_s$ : -87.3 °C
$A_f$ : -61.3 °C
heating

도면10


Heat Flow (W/g)
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-150
-100
-50
0
50
Temperature (°C)
$M_f$ : -94.3 °C
$M_s$ : -77.8 °C
cooling
$A_s$ : -73.0 °C
$A_f$ : -57.3 °C
heating

도면11


Pre-strain 0
Dimension change(μm)
Temperature (°C)
heating
0.2706 μm/°C
Pre-strain 3%
Dimension change(μm)
Temperature (°C)
heating
0.1564 μm/°C
Pre-strain 4.5%
Dimension change(μm)
Temperature (°C)
heating
0.1403 μm/°C