



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월16일
 (11) 등록번호 10-1748082
 (24) 등록일자 2017년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01R 1/067 (2006.01) G01R 3/00 (2006.01)
 G01R 31/28 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G01R 1/06755 (2013.01)
 C22C 30/00 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0060598
 (22) 출원일자 2016년05월18일
 심사청구일자 2016년05월18일
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2001516812 A
 KR1019990069436 A
 KR1020040096300 A

(73) 특허권자
 세종대학교산학협력단
 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
 (72) 발명자
 김기범
 서울특별시 강남구 언주로130길 30 102동 1102호
 (논현동, 동양파라곤)
 홍성환
 대전광역시 중구 천근로69번길 114 계룡문화아파트 1310호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 17 항

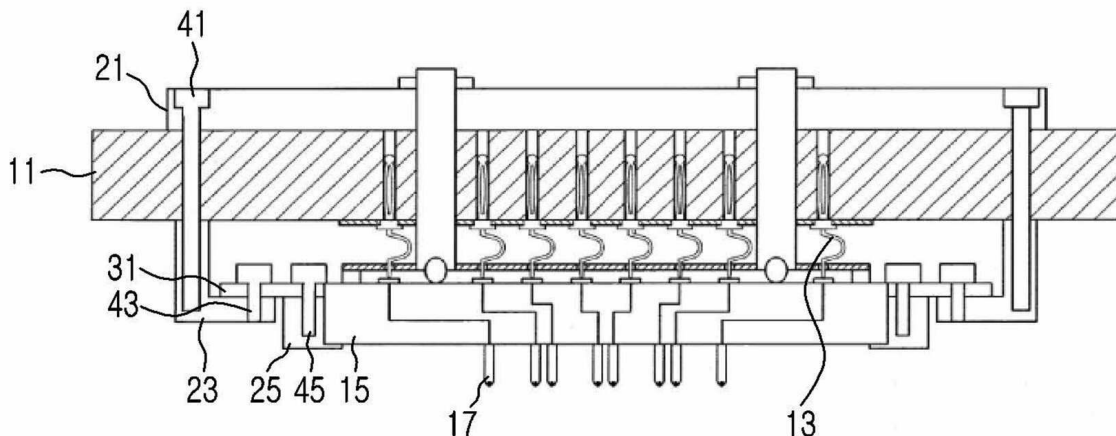
심사관 : 오경환

(54) 발명의 명칭 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금 또는 비정질 합금을 포함하는 프로브 팁, 이를 포함하는 프로브 카드 및 이의 형상 회복 방법

(57) 요약

비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁이 제공된다. 구체적으로, 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁은 선단부 및 몸체부를 포함한다. 선단부는 도전성 재질을 포함하고, 반도체 장치의 검사 패드와 접촉하도록 구성된다. 몸체부는 선단부에 연결되어 선단부에 대해 전기 신호를 전달하도록 구성된다. 도전성 재질은, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 로 표현되는 형상기억합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, a+b+c+d=100을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C22C 45/008 (2013.01)

G01R 1/06738 (2013.01)

G01R 3/00 (2013.01)

G01R 31/2886 (2013.01)

(72) 발명자

김정태

경기도 김포시 김포한강11로 275 롯데캐슬 310동
1903호

김영석

서울특별시 중랑구 동일로151길 19-9 (묵동)

박혜진

경기도 남양주시 경춘로 377 101동 3203호 (도농동, 마제스타워)

명세서

청구범위

청구항 1

도전성 재질을 포함하고, 반도체 장치의 검사 패드와 접촉하도록 구성되는 선단부; 및

상기 선단부에 연결되어 상기 선단부에 대해 전기 신호를 전달하도록 구성되는 몸체부를 포함하고,

상기 도전성 재질은,

$Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 형상기억합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)인, 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 형상기억합금의 M은,

Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속인, 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 형상기억합금은 1 nm 이상 및 1 μm 미만의 크기를 갖는 결정립을 포함하는, 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 형상기억합금은 400 K 이상 및 650 K 이하의 범위에서 형상이 회복되도록 구성되는, 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁.

청구항 5

도전성 재질을 포함하고, 반도체 장치의 검사 패드와 접촉하도록 구성되는 선단부; 및

상기 선단부에 연결되어 상기 선단부에 대해 전기 신호를 전달하도록 구성되는 몸체부를 포함하고,

상기 도전성 재질은,

$Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 비정질 합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)인, 비정질 합금을 포함하는 프로브 팁.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 비정질 합금의 M은,

Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속인, 비정질 합금을 포함하는 프로

브 팁.

청구항 7

제1항 또는 제5항에 있어서,
상기 선단부 및 상기 몸체부는 일체로 형성되는, 프로브 팁.

청구항 8

제1항 또는 제5항에 있어서,
상기 선단부는, 상기 몸체부에 전기적으로 접속되고 상기 몸체부로부터 분리될 수 있도록 구성되는, 프로브 팁.

청구항 9

회로 패턴을 포함하는 인쇄회로기판;
상기 인쇄회로기판에 전기적으로 연결되는 프로브 헤드; 및
상기 프로브 헤드 상에서, 상기 인쇄회로기판이 대향하는 면의 반대 면에 돌출되도록 배치되어, 상기 회로 패턴에 각각 전기적으로 연결되는 복수의 프로브 팁들을 포함하고,
각각의 상기 프로브 팁들은

$Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)을 포함하는, 프로브 카드.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 합금의 M은,
Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속인, 프로브 카드.

청구항 11

제9항에 있어서,
상기 합금은 1 nm 이상 및 1 μ m 미만의 크기를 갖는 결정립을 포함하는 형상기억합금인, 프로브 카드.

청구항 12

제9항에 있어서,
상기 프로브 팁은 상기 프로브 헤드에 대해 분리될 수 있도록 구성되는 프로브 카드.

청구항 13

제9항에 있어서,
상기 프로브 팁의 적어도 일부는 400 K 이상 및 650 K 이하의 범위에서 형상이 회복되도록 구성되는, 프로브 카드.

청구항 14

제13항에 있어서,
상기 형상이 회복되도록 구성되는 프로브 팁의 부분은, 상기 프로브 팁의 선단부인 프로브 카드.

청구항 15

(a) 프로브 팁을 프로브 카드로부터 분리하는 단계;

- (b) 상기 프로브 팁을 미리 설정된 제1 온도로 가열하는 단계;
- (c) 상기 프로브 팁을 미리 설정된 제2 온도로 냉각하는 단계; 및
- (d) 상기 프로브 팁을 프로브 카드에 재조립하는 단계를 포함하고,

상기 프로브 팁은 $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 형상기억합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, a+b+c+d=100을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)을 포함하며,

상기 제1 온도는 400 K 이상 및 650 K 이하의 온도이고, 상기 제2 온도는 273 K 이상 및 450 K 이하의 온도인 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁의 형상 회복 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 형상기억합금의 M은,

Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속인 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁의 형상 회복 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 형상기억합금은 1 nm 이상 및 1 μm 미만의 크기를 갖는 결정립을 포함하는 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁의 형상 회복 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 프로브 팁, 이를 포함하는 프로브 카드 및 이의 형상 회복 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 반도체 장치의 검사 공정에 사용될 수 있고 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금 또는 비정질 합금을 포함하는 프로브 팁, 이를 포함하는 프로브 카드 및 이의 형상 회복 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 반도체 장치는 웨이퍼 상에 전기 소자들이 포함된 회로 패턴 및 이를 검사하기 위한 접촉 패드가 형성되는 패브리케이션(fabrication) 공정과, 접촉 패드에 전기적으로 접촉하여 회로 패턴의 이상 유무를 검사하는 검사(electrical die sorting) 공정과, 검사 결과 양호한 품질로 선정된 회로 패턴이 반도체 패키지로 조립되는 패키지 조립(assembly) 공정을 포함하여 제조된다.

[0003] 상기 검사 공정의 경우, 접촉 패드에 전기 신호를 제공하기 위해 프로브 카드가 사용된다. 프로브 카드는 전기 신호를 인가하는 테스터에 전기적으로 연결되며, 프로브 팁을 반도체 장치의 접촉 패드에 접촉시킴으로써, 테스터로부터 인가되는 전기 신호를 전달한다. 프로브 카드를 통해 테스터로부터 접촉 패드에 인가된 전기 신호는 다시 테스터에 수신됨으로써, 반도체 장치의 불량 여부가 테스트된다.

[0004] 프로브 팁은 일반적으로, 접촉 패드 표면의 산화막을 제거하거나 전기 신호를 용이하게 전달하기 위해, 첨형이거나 접촉 단면이 좁은 형상의 선단부를 가질 수 있다.

[0005] 한편, 최근에는 반도체칩의 집적도가 커짐에 따라, 웨이퍼 상에서 이웃하는 접촉 패드들 간의 간격이 매우 좁아지며, 이에 접촉하기 위한 프로브 팁들 또한 미세한 형태로 제조되고 있다.

[0006] 또한, 접촉 패드의 표면이 공기 중에 노출되어 산화막이 형성된 경우 접촉 패드에 전기 신호를 전달하기 위해서는 프로브 팁에 충분한 힘을 가해 접촉 패드의 표면 산화막을 제거하거나 스크래치(scratch)해야 할 수 있는데, 이로 인해 여러 웨이퍼들의 검사에 사용되는 프로브 팁의 형상이 원래 갖고 있는 형상과 달리 변형되거나 왜곡될 수 있는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 반도체 웨이퍼의 반복된 검사 공정에서 재사용되더라도 선단부의 변형 및 왜곡이 감소될 수 있는 프로브 팁, 이러한 프로브 팁을 포함한 프로브 카드, 및 사용된 프로브 팁의 변형을 용이하게 회복시킬 수 있는 프로브 팁의 형상 회복 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 측면은 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁을 제공한다. 상기 프로브 팁은 선단부 및 몸체부를 포함한다. 상기 선단부는 도전성 재질을 포함하고, 반도체 장치의 검사 패드와 접촉하도록 구성된다. 상기 몸체부는 상기 선단부에 연결되어 상기 선단부에 대해 전기 신호를 전달하도록 구성된다. 상기 도전성 재질은, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 형상기억합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)이다.

[0009] 상기 형상기억합금의 M은, Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속일 수 있다.

[0010] 상기 형상기억합금은 1 nm 이상 및 1 μ m 미만의 크기를 갖는 결정립을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 형상기억합금은 400 K 이상 및 650 K 이하의 범위에서 형상이 회복되도록 구성될 수 있다.

[0012] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 측면은 비정질 합금을 포함하는 프로브 팁을 제공한다. 상기 프로브 팁은 선단부 및 몸체부를 포함한다. 상기 선단부는 도전성 재질을 포함하고, 반도체 장치의 검사 패드와 접촉하도록 구성된다. 상기 몸체부는 상기 선단부에 연결되어 상기 선단부에 대해 전기 신호를 전달하도록 구성된다. 상기 도전성 재질은, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 비정질 합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)이다.

[0013] 상기 비정질 합금의 M은, Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속일 수 있다.

[0014] 상기 선단부 및 상기 몸체부는 일체로 형성될 수 있다.

[0015] 상기 선단부는, 상기 몸체부에 전기적으로 접속되고 상기 몸체부로부터 분리될 수 있도록 구성될 수 있다.

[0016] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 측면은 프로브 카드를 포함한다. 상기 프로브 카드는 인쇄회로기판, 프로브 헤드, 및 복수의 프로브 팁들을 포함한다. 상기 인쇄회로기판은 회로 패턴을 포함한다. 상기 프로브 헤드는 상기 인쇄회로기판에 전기적으로 연결된다. 상기 각각의 프로브 팁들은 상기 프로브 헤드 상에서, 상기 인쇄회로기판이 대향하는 면의 반대 면에 돌출되도록 배치되어, 상기 회로 패턴에 전기적으로 연결된다. 상기 프로브 팁은 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁으로서, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)을 포함한다.

[0017] 상기 합금의 M은, Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속일 수 있다.

[0018] 상기 합금은 1 nm 이상 및 1 μ m 미만의 크기를 갖는 결정립을 포함하는 형상기억합금일 수 있다.

[0019] 상기 프로브 팁은 상기 프로브 헤드에 대해 분리될 수 있도록 구성될 수 있다.

[0020] 상기 프로브 팁의 적어도 일부는 400 K 이상 및 650 K 이하의 범위에서 형상이 회복되도록 구성될 수 있다.

[0021] 상기 형상이 회복되도록 구성되는 프로브 팁의 부분은, 상기 프로브 팁의 선단부일 수 있다.

[0022] 상기 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 측면은 비정질 전구체를 이용한 나노결정립 형상기억합금을 포함하

는 프로브 팁의 형상 회복 방법을 제공한다. 상기 방법은, (a) 프로브 팁을 프로브 카드로부터 분리하는 단계; (b) 상기 프로브 팁을 미리 설정된 제1 온도로 가열하는 단계; (c) 상기 프로브 팁을 미리 설정된 제2 온도로 냉각하는 단계; 및 (d) 상기 프로브 팁을 프로브 카드에 재조립하는 단계를 포함한다. 상기 프로브 팁은 $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 으로 표현되는 형상기억합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)을 포함한다. 상기 제1 온도는 400 K 이상 및 650 K 이하의 온도이고, 상기 제2 온도는 273 K 이상 및 450 K 이하의 온도이다.

[0023] 상기 형상기억합금의 M은, Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속일 수 있다.

[0024] 상기 형상기억합금은 1 nm 이상 및 1 μ m 미만의 크기를 갖는 결정립을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따르면, 반도체 장치의 검사 공정에 사용될 수 있는 프로브 팁의 형상이 반복된 검사 공정에 의해 지속적으로 압력을 받아 변형되거나 왜곡되더라도, 이러한 왜곡된 형상을 회복시켜 재사용할 수 있게 함으로써, 반도체 장치의 검사 공정에 소요되는 비용을 절감할 수 있다.

[0026] 또한, 프로브 팁의 형상을 간단한 열처리에 의해 용이하게 회복시킴으로써, 프로브 팁의 재사용성을 증가시키고 반도체 장치의 검사 공정에 관련된 전체적인 비용을 절감할 수 있다.

[0027] 다만, 발명의 효과는 상기에서 언급한 효과로 제한되지 아니하며, 언급되지 않은 또 다른 효과들을 하기의 기재로부터 당업자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 카드를 도시한 단면도이다.

도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁의 예를 도시한 도면들이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁의 제조방법의 흐름을 도시한 순서도이다.

도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금의 비정질 전구체들의 X선 회절도(X-ray diffraction, XRD)들이다.

도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함되는 형상기억합금의 유리천이에 따른 과냉각 액상 영역에서의 초소성 특징을 도시한 도면이다.

도 5b는 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함된 형상기억합금의 결정화 거동을 온도에 따라 도시한 시차주사열량분석(differential scanning calorimetry, DSC) 그래프들이다.

도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함되는 결정화된 형상기억합금의 X선 회절도이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함되는 형상기억합금의 합금 조성에 따른, 결정화 이후 승온 및 냉각 시 상변태 온도의 변화를 나타내는 시차주사열량분석(DSC) 그래프들이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁의 형상 회복 방법의 순서를 도시한 흐름도이다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금의 이차전자영상(secondary electron image)을 도시한 도면들이다.

도 9a 내지 도 9d는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금의 TEM(transmission electron microscopy) 이미지들 및 SAD(selected area diffraction) 패턴을 나타낸 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다.

[0030] 도면들에 있어서, 층이 다른 층 또는 기판 "상"에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 층 또는 기판 상에 직접

형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 층이 개재될 수도 있다. 도면들에 있어서, 층 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장 또는 축소된 것일 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0032] 프로브 카드

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 카드를 도시한 단면도이다.

[0035] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 프로브 카드는, 인쇄회로기판(11), 프로브 헤드(15) 및 복수의 프로브 팁들(17)을 포함한다. 상기 프로브 카드는, 복수의 전도성 탄성 접촉 핀들(13), 하나 이상의 보강판들(21, 23, 25), 판 스프링(31), 및 하나 이상의 고정부재들(41, 43, 45)을 더 포함할 수 있다.

[0036] 인쇄회로기판(11)은 전도성 탄성 접촉 핀들(13)을 통해 프로브 헤드(15)에 대해 전기적인 신호를 제공하기 위한 회로부분으로서, 반도체 장치의 검사용 접촉 패드들을 통해 반도체 장치의 불량 여부를 확인하기 위한 전기 신호를 전달하도록 구성될 수 있다. 이러한 전기 신호는 별도로 구비되는 테스터(미도시됨)로부터 제공되는 신호일 수 있다. 인쇄회로기판(11)에 제공된 전기 신호는 전도성 탄성 접촉 핀들(13)을 통해 프로브 헤드(15)로 전달되도록 구성될 수 있다. 이를 위해, 인쇄회로기판(11)에는 전도성 탄성 접촉 핀들(13)이 회로에 전기적으로 연결될 수 있도록 복수의 접촉 홀들이 정의될 수 있다. 다만, 인쇄회로기판(11)이 프로브 헤드(15)와 전도성 탄성 접촉 핀들(13)에 의해 전기적으로 연결되는 것은 예시적인 것으로서, 다른 실시예들에서는 얼마든지 다양한 방법으로 인쇄회로기판(11)의 전기 신호가 프로브 헤드(15)에 전달되도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 인쇄회로기판(11) 상에 프로브 헤드(15)가 직접 배치되어 접촉되거나 그들 사이에 다른 부재가 더 배치되어 전기적으로 연결되도록 구성될 수 있다. 본 실시예에서는, 예시적으로, 전도성 탄성 접촉 핀들(13)에 의해 인쇄회로기판(11) 및 프로브 헤드(15)가 전기적으로 연결되는 것으로 가정한다.

[0037] 전도성 탄성 접촉 핀들(13)은 인쇄회로기판(11) 및 프로브 헤드(15)의 사이에 배치될 수 있다. 전도성 탄성 접촉 핀들(13)은 인쇄회로기판(11)의 접촉 홀들에 각각 삽입되고 부분적으로 돌출될 수 있다. 실시예에 따라, 전도성 탄성 접촉 핀들(13)은 인쇄회로기판(11) 및 프로브 헤드(15) 사이의 이격된 거리가 적어도 부분적으로 변할 수 있도록 상기 인쇄회로기판(11) 및 프로브 헤드(15)의 사이에서 굴곡진(curved) 형상을 가질 수 있다. 이러한 굴곡진 형상이 탄성에 의해 변형 및 회복됨으로써, 인쇄회로기판(11) 및 프로브 헤드(15) 사이의 이격 거리가 변할 수 있다. 다만, 이러한 탄성 부재가 인쇄회로기판(11) 및 프로브 헤드(15) 사이에 배치되는 것은 예시적인 것으로서, 실시예에 따라서는 탄성 부재가 프로브 헤드(15) 및 후술할 프로브 팁들(17) 사이에 배치되는 등 다양한 위치에 배치될 수 있다. 이와 같이, 탄성 부재는 프로브 팁들(17)을 통해 반도체 장치의 검사용 기판에 압력이 가해지는 방향을 따라 탄성을 제공하도록 프로브 카드 내에서 다양한 위치에 배치될 수 있다.

[0038] 프로브 헤드(15)는 전도성 탄성 접촉 핀들(13)로부터 제공되는 전기 신호를 프로브 팁(17)으로 전달하도록 구성될 수 있다. 프로브 헤드(15)는 전도성 탄성 접촉 핀들(13)에 의해 인쇄회로기판(11)과 이격될 수 있으며, 인쇄회로기판(11)에 대향할 수 있다.

[0039] 프로브 팁들(17)은 프로브 헤드(15)로부터 돌출되도록, 프로브 헤드(15)의 일 면에 배치될 수 있다. 구체적으로, 프로브 팁들(17)은 프로브 헤드(15)가 인쇄회로기판(11)에 대향하는 면의 반대 면에서 돌출되도록 배치될 수 있다. 프로브 팁(17)은 전도성 탄성 접촉 핀들(13)로부터 제공되는 전기 신호를 반도체 장치의 검사용 접촉 패드에 대해 전달하도록 구성될 수 있다. 프로브 팁(17)의 형상은 다양할 수 있는데, 프로브 팁(17)에 대해서는 도 2a 내지 도 2c를 참조하여 보다 상세히 설명하도록 한다.

[0041] 프로브 팁

[0043] 도 2a 내지 도 2c는 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁의 예를 도시한 도면들이다.

[0044] 도 2a 내지 도 2c를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁은 반도체 장치의 검사용 접촉 패드와 접촉할 수 있는 선단부(17a)를 포함한다. 프로브 팁은 선단부(17a)에 연결되고 선단부에 대해 전기 신호를 전달하도록 구성되는 몸체부(17b)를 더 포함할 수 있다. 실시예에 따라, 프로브 팁의 선단부(17a)와 몸체부(17b)는 일체로 형성될 수 있다. 이 경우, 프로브 팁의 선단부(17a) 및 몸체부(17b)는 동일한 성분으로 조성될 수 있다. 이와 달리, 다른 실시예에서는, 프로브 팁의 선단부(17a)가 몸체부(17b)와 분리되도록 구성될 수 있다. 이 경우, 프로브 팁의 선단부(17a)에는 프로브 팁의 몸체부(17b)로부터 전기 신호가 전달될 수 있다. 즉, 프로브 팁의 선단부(17a)는 프로브 팁의 몸체부(17b)에 전기적으로 접속될 수 있다. 다만, 도 2a 내지 도 2c에 도시된 프로브 팁은 예시적인 것으로서, 본 발명에 따른 프로브 팁이 도 2a 내지 도 2c에 도시된 실시예들만으로 한정되는 것

은 아니고, 얼마든지 이와 다른 형상을 갖도록 구성될 수 있는 것으로 이해되어야 한다.

- [0045] 이러한 프로브 팁은 반도체 장치의 검사 공정에서, 반도체 장치의 검사용 접촉 패드에 대해 소정의 압력으로 직접 접촉될 수 있다. 이때, 프로브 팁이 반도체 장치의 검사 공정에 반복하여 사용됨에 따라, 검사용 접촉 패드에 접하는 프로브 팁의 형상이 부분적으로 변형되거나 왜곡될 수 있다. 예를 들어, 반도체 장치의 검사용 접촉 패드에 접하는 프로브 팁의 선단부(17a)가 침형 형상을 갖는 경우, 프로브 팁의 선단부(17a)가 소정의 압력으로 여러 접촉 패드에 반복하여 접촉됨으로써, 침형 형상이 변형되어 둔탁한 형상으로 왜곡될 수 있다. 이 경우, 프로브 팁(17a)의 왜곡된 형상에 의해 반도체 장치의 검사 결과가 영향을 받을 수 있다.
- [0046] 이와 같은 프로브 팁의 형상 왜곡을 바로잡기 위해, 본 실시예에 따른 프로브 팁은 형상기억합금 또는 비정질 합금을 포함할 수 있다. 즉, 프로브 팁은 반도체 장치의 검사용 접촉 패드에 대해 전기 신호를 제공하기 위해, 도전성 재질을 포함하는데, 특히, 프로브 팁의 선단부(17a)는 도전성 재질로서, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 로 표현되는 형상기억합금 또는 비정질 합금을 포함할 수 있다. 여기서, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족한다. 또한, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속 성분으로서, 보다 구체적으로는, Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속일 수 있다.
- [0047] 일반적으로 형상기억합금은 형상기억(shape memory) 특성 및 초탄성(superelasticity) 특성을 가진다. 형상기억 특성은, 형상기억합금이 저온 냉각되어 얻어진 저온 안정 상(phase)의 마르텐사이트(martensite)를, 낮은 온도에서 외부 형상을 변형시킨 후 가열하면, 고온 안정 상의 오스테나이트(austenite)로 상변태(phase transformation)되면서 변형 전의 형상을 회복하는 특성이다.
- [0048] 초탄성 특성은 고온 안정 상(phase)의 온도 영역에서 응력(stress)을 가한 뒤 가해진 응력을 제거하면, 변형되었던 합금이 안정한 고온 상으로 돌아가면서 초기 형상으로 복원되는 특성이다.
- [0049] 이러한 형상기억합금의 형상기억 특성 및 초탄성 특성은 고온/저온 안정 상의 오스테나이트 또는 마르텐사이트가 상변태함에 따라 나타나는 특성으로서, 온도에 따라 안정한 상의 종류 및 정도 등의 물리적인 특성이 달라지므로, 형상기억합금을 적용함에 있어서, 형상기억합금의 상변태 온도가 중요한 요인이 된다.
- [0050] 통상적인 형상기억합금의 경우, Ni-Ti의 2원계 형상기억합금을 사용함으로써, 합금을 적용할 수 있는 온도 범위가 약 80°C 이하로 제한된다. 이에 따라, 고온 환경에 노출될 수 있는 부품에는 이러한 2원계 Ni-Ti 형상기억합금을 적용하기에 어려움이 있다.
- [0051] 또한, Ni-Ti의 2원계 형상기억합금에 다른 원소를 첨가하여 고온용 형상기억합금을 개발하는 시도도 이뤄지고 있으나, 이 경우 가용 한계 온도가 상승할수록 성형성이 급속히 완화되어 실제 부품에 적용되기는 어렵다. 또한, 고온용 형상기억합금의 결정립을 초미세화하기 위해서는 약 600°C 이상의 높은 온도에서 강소성 가공(severe plastic working)을 수행해야 하는 문제가 있다.
- [0052] 특히, 반도체 장치의 크기가 미세화되고, 그와 함께 반도체 장치의 검사용 접촉 패드의 크기 또한 미세화됨에 따라, 이러한 초소형 반도체 장치의 검사용 접촉 패드에 접촉하는 프로브 팁의 형상 또한 정밀하게 가공될 필요가 있다. 그러나, 이러한 형상기억합금이 나노 결정립을 갖도록 가공하기 위해서는 강소성 가공법이 수행되어야 하므로, 프로브 팁의 형상을 원하는 형태로 가공하기에 복잡한 공정이 필요하고 높은 비용이 소요될 수 있다.
- [0053] 그러나, 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함되는 형상기억합금은, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 로 표현되는 비정질 전구체 합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)의 과냉각 액상 영역에서의 간단한 열소성 가공 및 열처리 공정에 의해 나노 결정립을 갖도록 제조될 수 있어, 프로브 팁의 제조비용이 감소되면서도, 형상기억합금의 형상기억 특성을 이용한 프로브 팁의 재사용성이 향상될 수 있다.
- [0054] 한편, 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁이 $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 로 표현되는 비정질 합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)을 포함하는 경우에는, 상기 프로브 팁이 결정립 합금을 포함하는 경우에 비해 탄성 변형률이 약 2% 이상으로 향상되고(결정립의 경우 1% 미만의 탄성 변형률을 보임), 합금의 강도가 높아져서, 소성 변형에 대

한 저항성이 증가한다. 따라서, 프로브 팁이 이러한 비정질 합금을 포함하는 경우에는, 반도체 장치의 반복적인 검사 공정에서 결정립 합금을 포함한 프로브 팁에 비해 탄성 회복성이 향상되어 프로브 팁의 수명이 증가할 수 있다.

[0055] 한편, 이와 같이, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 로 표현되는 비정질 합금 또는 $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 로 표현되는 비정질 전구체를 이용한 나노 결정립을 포함한 형상기억합금(단, a는 40 이상 및 50 이하이고, b는 25 이상 및 35 이하이며, c는 10 이상 및 20 이하이고, d는 5 이상 및 10 이하로서, $a+b+c+d=100$ 을 만족하며, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)의 원자 비율(atm.%)이 상술한 범위를 벗어나는 경우에는, 비정질 합금 또는 비정질 전구체 합금의 부분 결정화에 따라, 비정질 합금으로서 향상된 탄성 변형률을 얻기 어렵거나, 결정립 합금으로서 나노결정립을 형성하기 어렵게 만든다. 이러한 비정질 (전구체) 합금의 부분 결정화는 첨부된 도 4a 내지 도 4d를 참조하여 후술하도록 한다.

[0056] 이하에서는, 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁의 제조방법은 도 3을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0058] Ni-Ti-Hf-M계 형상기억합금을 포함한 프로브 팁의 제조방법

[0060] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁의 제조방법의 흐름을 도시한 순서도이다.

[0061] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁의 형상기억합금을 제조하는 방법은, Ni-Ti-Hf-M계(M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임) 합금을 급속응고하여 비정질 전구체 합금으로 주조하는 단계(S12), 비정질 전구체 합금을 과냉각 액상 영역에서 100 MPa 이하의 하중으로 성형하는 단계(S14), 및 성형된 비정질 전구체 합금을 결정화 완료 온도 이상으로 가열하는 단계(S16)를 포함할 수 있다.

[0062] 본 실시예에서, 프로브 팁은 선단부 및 몸체부가 일체로 형성되거나, 선단부가 몸체로부터 분리 가능하도록 형성될 수 있다(도 2a 내지 도 2c 참조). 이때, 어느 경우이든지 프로브 팁의 선단부는 형상기억합금을 포함한다. 실시예에 따라서는, 프로브 팁의 선단부 및 몸체부가 일체로 형성되더라도, 각각 서로 다른 조성비의 형상기억합금을 포함하여 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로브 팁의 선단부는 $Ni_{50}Ti_{33}Hf_{12}Zr_5$ 의 나노 결정립 형상기억합금을 포함하도록 구성되고, 프로브 팁의 몸체부는 $Ni_{50}Ti_{28}Hf_{12}Zr_{10}$ 의 나노 결정립 형상기억합금을 포함하도록 구성될 수 있다. 다만, 본 실시예에서는 설명의 편의를 위해, 프로브 팁의 선단부 및 몸체부가 일체로 형성되어 동일한 조성의 형상기억합금을 포함하는 것으로 가정한다.

[0063] 단계 S12에서는, Ni-Ti-Hf-M계 합금이 급속 응고되어 비정질 전구체 합금으로 주조될 수 있다. 이때, M은 Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 금속일 수 있다. 이러한 비정질 전구체 합금의 조성은 도 4a 내지 도 4d의 X선 회절도(X-ray diffraction, XRD)에서 확인된다.

[0064] 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금의 비정질 전구체들의 X선 회절도들이다.

[0065] 도 4a를 참조하면, 형상기억합금의 조성으로서, $Ni_{50}Ti_{33}Hf_{12}M_5$ 인 경우, $Ni_{47}Ti_{32}Hf_{13}M_5$ 인 경우, $Ni_{45}Ti_{35}Hf_{15}M_5$ 인 경우, $Ni_{40}Ti_{33}Hf_{20}M_7$ 인 경우의 XRD가 확인된다. 도 4a를 참조하면, 각각의 경우 모두, $2\theta = 40$ deg. 근방에서 넓은 피크(peak)를 갖는 비정질 구조를 나타냄을 확인할 수 있다. 이때, Ni-Ti-Hf-M계의 형상기억합금의 조성에서, M으로서 Zr이 사용되었다. 후술하는 도 4b 내지 도 4d에서도 M으로서 Zr이 사용되었지만, 본 실시예에 따른 형상기억합금의 조성에서 M이 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속이며, Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V 중에서 선택된 하나의 금속일 수 있다. 도 4a에서는, Ni-Ti-Hf-M계의 형상기억합금의 조성에서 특히, Ni이 40 내지 50의 범위로 포함되는 경우의 비정질 상태를 나타낸다. 이에 반해, Ni이 상기 40 내지 50의 범위를 벗어나는 경우에는 합금의 XRD 패턴이 부분적으로 결정화된 상태로 나타나는데, 이는 도 4b를 참조하여 설명하도록 한다.

[0066] 도 4b를 참조하면, 형상기억합금의 조성으로서, $Ni_{53}Ti_{30}Hf_{12}M_5$ 인 경우 및 $Ni_{38}Ti_{35}Hf_{17}M_{10}$ 인 경우의 XRD가 확인된다. 도 4b를 참조하면, 두 경우 모두, 부분적으로 결정화된(partially crystallized) 모습의 XRD 피크들이 확인되는데, 구체적으로, $Ni_{53}Ti_{30}Hf_{12}M_5$ 인 경우에는 $2\theta = 30$ deg., 42 deg., 60 deg. 등에서 부분적으로 좁은 피크가 발생하는 것으로 확인된다. 또한, $Ni_{38}Ti_{35}Hf_{17}M_{10}$ 인 경우에는 $2\theta = 42$ deg.에서 강한 피크가 발생하는 것으로 확인된다. 따라서, 도 4a 및 도 4b에 비추어 볼 때, Ni-Ti-Hf-M계 형상기억합금의 조성 비율 중 Ni의 함량

이 40 미만이거나 50을 초과하는 경우, 비정질 전구체 합금이 부분적으로 결정화되는 것을 알 수 있었다.

[0067] 도 4c를 참조하면, 형상기억합금의 조성으로서, $Ni_{50}Ti_{33}Hf_{12}M_5$ 인 경우 및 $Ni_{50}Ti_{28}Hf_{12}M_{10}$ 인 경우의 XRD가 확인된다. 도 4c를 참조하면, 두 경우 모두, 비정질 상태에서 $2\theta = 40 \text{ deg.}$ 에서 넓은 피크가 나타나는 것으로 확인된다. 따라서, Ti이 25 내지 35의 범위의 조성비로 포함되고, M이 5 내지 10의 범위의 조성비로 포함되는 경우, 본 발명에 따른 프로브 팁에 사용되기 위한 비정질 전구체로서의 특징을 가질 수 있음을 알 수 있다. 이에 반해, M의 조성비가 5 내지 10의 범위를 벗어나거나, Ti의 조성비가 25 내지 35의 범위를 벗어나는 경우에는 비정질 전구체가 부분적으로 결정화될 수 있는데, 이는 도 4d를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0068] 도 4d를 참조하면, 형상기억합금의 조성으로서, $Ni_{50}Ti_{23}Hf_{12}M_{15}$ 인 경우, $Ni_{50}Ti_{25}Hf_{12}M_{13}$ 인 경우, $Ni_{50}Ti_{35}Hf_{12}M_3$ 인 경우, $Ni_{50}Ti_{38}Hf_{12}$ 인 경우의 XRD가 확인된다. 도 4d에서는 4개의 XRD 모두 부분적으로 결정화된 모습의 패턴이 나타나는데, 도 4d에 도시된 2번째 및 3번째의 XRD를 도 4c의 경우와 비교하면, M이 5 내지 10의 범위를 벗어나는 경우에, 합금이 부분적으로 결정화되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 4d에 도시된 1번째 및 4번째의 XRD를 도 4c의 경우와 비교하면, Ti이 25 내지 35의 범위를 벗어나는 경우와, Ni-Ti-Hf의 3원계 합금만으로 조성되는 경우에도 합금이 부분적으로 결정화된 것이 확인되었다.

[0069] 따라서, 본 발명에 따른 프로브 팁에 사용되기 위한 Ni-Ti-Hf-M계의 형상기억합금 $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 의 조성비율이, a는 40 내지 50이고, b는 25 내지 35이며, c는 10 내지 20이고, d는 5 내지 10일 경우($a+b+c+d=100$)에 비로소, Ni-Ti-Hf-M계의 형상기억합금이 나노결정립을 갖기 위한 비정질 전구체로 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

[0070] 한편, 전술한 Ni-Ti-Hf-M계의 비정질 전구체를 이용한 형상기억합금의 조성비율은, 비정질 합금에도 동일하게 적용될 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 원자 비율로 설명된 형상기억합금 또는 비정질 합금의 조성비는, Ni 28 내지 45wt%, Ti 14 내지 26wt%, Hf 22 내지 42wt%, 잔부 M 및 불가피한 불순물을 포함할 수 있으며, 상기 M은 Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V 중에서 선택될 수 있다.

표 1

	원자 비율(at.%)		중량 비(wt.%)	
	최소	최대	최소	최대
Ni	40	50	28	45
Ti	25	35	14	26
Hf	10	20	22	42
M	5	10	잔부	잔부

[0072] 이하에서는, 설명의 편의를 위해, Ni-Ti-Hf-M계의 합금의 조성비를 원자 비율로 표현하여 설명하도록 한다.

[0073] 다시 도 3을 참조하면, 단계 S14에서는 앞선 단계 S12에서 주조된 비정질 (전구체) 합금을 과냉각 액상 영역에서 100 MPa 이하의 하중으로 성형할 수 있다. 통상적인 Ni-Ti에 다른 금속을 첨가한 3원계 형상기억합금(예컨대, $Ni_{50}Ti_{38}Hf_{12}$)의 경우, 결정립을 초미세화하여 형상기억특성을 향상시키기 위해서는 약 600 °C 이상의 고온에서 강소성 가공을 수행해야 한다. 이에 따라, 미세화된 결정립을 갖는 형상기억합금을 처리하는 데에 필요한 공정이 복잡해지고, 제조비용 및 시간이 많이 소요된다.

[0074] 이에 반해, 단계 S14에서는 주조된 비정질 (전구체) 합금을 과냉각 액상 영역에서 수 MPa 내지 수십 MPa의 현저히 낮은 하중으로 성형함으로써, 비정질 (전구체) 합금의 성형 공정을 단순화하고 제조비용도 감소시킬 수 있다. 이러한 성형 공정을 통해 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁을 원하는 형상으로 성형할 수 있다.

[0075] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함되는 형상기억합금의 유리천이에 따른 과냉각 액상 영역에서의 초소성 특징을 도시한 도면이다.

[0076] 도 5a를 참조하면, 본 실시예에 따른 프로브 팁에 포함된 형상기억합금은 Ni-Ti-Hf-M계(M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임) 비정질 전구체 합금이 유리천이됨에 따라 과냉각 액상 영역 중 약 400°C 내지 약 550°C의 온도 영역에서 초소성(super plasticity) 특성이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이러한 초소성 특성이 나타나는 온도 영역은 본 발명의 실시예들에 따른 형상기억합금을 원하는 형상으로 성형하는 데에 사용될 수 있다.

[0077] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 프로브 팁이 Ni-Ti-Hf-M계(M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로

서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)의 비정질 합금을 포함하는 경우에는, 상술한 단계 S12 및 S14에 의해 과냉각 액상 영역에서 성형된 프로브 팁이 그 자체로, 반도체 검사 공정에 사용되도록 구성될 수 있다. 이 경우, Ni-Ti-Hf-M계의 비정질 합금을 금속 응고하여, 전술한 원자 비율의 조성비를 포함하는 비정질 합금으로 주조하고(S12), 이를 과냉각 액상 영역에서 100 MPa 이하의 하중으로 성형함으로써(S14), 프로브 팁을 제조할 수 있다. 이렇게 비정질 합금을 포함하여 제조된 경우, 프로브 팁의 탄성 변형률이 향상되고, 프로브 팁에 포함된 합금의 강도가 높아져서, 소성 변형에 대한 저항성이 증가할 수 있다. 이에 따라, 반도체 장치의 반복적인 검사 공정에서 프로브 팁의 탄성 회복성이 향상되고, 프로브 팁의 수명이 증가할 수 있다.

[0079] 다시 도 3을 참조하면, 프로브 팁이 Ni-Ti-Hf-M계(M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임)의 비정질 전구체를 이용한 나노결정립을 포함하는 형상 기억합금인 경우, 단계 S16에서는 단계 S14에서 성형된 비정질 전구체 합금을, 결정화 완료 온도 이상으로 가열하여, 결정화시킬 수 있다. 이렇게 결정화된 Ni-Ti-Hf-M계(M은 Ni, Ti 및 Hf과 음의 혼합열을 갖는 용질 원소로서 Ni-Ti-Hf으로 이뤄진 B2-B19' 상에 고용될 수 있는 금속임) 형상기억합금은 서브 마이크로미터 크기의 결정립을 포함할 수 있다. 예를 들어, 본 단계에서 결정화된 Ni-Ti-Hf-M계 형상기억합금은 1 nm 이상 및 1 μm 미만의 크기의 결정립을 가질 수 있다. 이와 같이, 초미세화된 결정립을 갖는 형상기억합금이 제조됨에 따라, 반도체 장치의 미세화된 검사용 접촉 패드에 적용되는 미세 성형된 프로브 팁의 형상이 왜곡되거나 변형되더라도 원래의 형상으로 회복되도록 하는 형상회복 특성을 향상시킬 수 있다.

[0080] 도 5b는 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함된 형상기억합금의 결정화 거동을 온도에 따라 도시한 시차주사열량분석(differential scanning calorimetry, DSC) 그래프들이고, 도 5c는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함되는 결정화된 형상기억합금의 X선 회절도이다.

[0081] 도 5b를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함된 형상기억합금이, Ni₅₀Ti₃₃Hf₁₂Zr₅의 조성을 포함하거나, Ni₅₀Ti₃₃Hf₁₂Cu₅의 조성을 포함하는 경우, 비정질 전구체 합금을 약 0.33 K/s로 가열할 때 약 770 K 내지 약 800 K의 온도 범위에서 결정화되는 것을 확인할 수 있다. 이 경우, 단계 S16에서의 비정질 전구체 합금을 가열시키기 위한 결정화 완료 온도는 약 800 K일 수 있다. 즉, 단계 S14에서 100 MPa 미만의 비교적 낮은 하중으로 성형된 비정질 전구체 합금은 약 0.33 K/s의 속도로 800 K 이상의 온도로 가열됨에 따라 수 내지 수백 나노미터 크기의 결정립을 갖도록 결정화될 수 있다.

[0082] 도 5c를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁이 Ni₅₀Ti₃₃Hf₁₂Zr₅의 형상기억합금을 포함하여 결정화된 경우, 도 5c에 도시된 바와 같은 오스테나이트 상 및 마르텐사이트 상의 XRD를 나타낼 수 있다.

[0083] 이와 같이 제조된 형상기억합금이 프로브 팁에 포함되는 경우, 형상기억합금의 형상기억 특성을 이용하여 프로브 팁의 왜곡된 형상이 회복될 수 있는데, 이에 대해서는 도 6a, 도 6b 및 도 7을 참조하여 보다 상세히 설명하도록 한다.

[0085] 프로브 팁의 형상 회복 방법

[0087] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함되는 형상기억합금의 합금 조성에 따른, 결정화 이후 승온 및 냉각 시 상변태 온도의 변화를 나타내는 시차주사열량분석(DSC) 그래프들이다.

[0088] 도 6a를 참조하면, 본 실시예에 따른 형상기억합금이 Ni-Ti-Hf-Zr계 합금(보다 구체적으로는, Ni₅₀Ti₃₃Hf₁₂Zr₅)을 포함하는 경우, 이러한 형상기억합금이 냉각되면 고온 상(phase)이 저온 상으로 변태되는 마르텐사이트 변태(martensitic transformation)를 겪게 되는데, 이 변태가 시작되는 온도를 마르텐사이트 변태 개시온도(Ms)라 하고, 변태가 종료되는 온도를 마르텐사이트 변태 종료온도(Mf)라 한다.

[0089] 반면에, 본 실시예에 따른 형상기억합금이 가열될 경우, 저온 상은 고온 상으로 오스테나이트 변태(austenitic transformation)되는데, 고온 상으로 변태되기 시작하는 온도를 오스테나이트 변태 개시온도(As), 변태가 종료되는 온도를 오스테나이트 변태 종료온도(Af)라 한다.

[0090] 이 경우, 마르텐사이트 변태 종료온도(Mf) 이하의 온도에서는 마르텐사이트가 안정한 상(phase)이다. 이에 따라, 마르텐사이트에 응력이 가해져서 합금의 형상이 변형된 경우, 상기 변형된 형상의 합금을 고온 상의 안정 온도인 오스테나이트 변태 종료온도(Af) 이상으로 가열함으로써, 오스테나이트 상으로 변태시킬 수 있다. 이때, 형상기억합금은, 오스테나이트 상변태가 이뤄짐에 따라, 마르텐사이트 변태 종료온도(Mf) 이하에서 왜곡되었던 형상과 달리, 원래 성형 시에 의도했던 형상으로 회복될 수 있다. 다만, 오스테나이트 상은 고온에서 안정한 상이므로, 반도체 장치의 검사 환경과 같은 저온에서 안정한 상으로 만들기 위해, 이어서, 오스테나이트 변태 종

료온도(Af) 이상의 온도에서 안정한 오스테나이트를, 외부의 형상 변화 없이 마르텐사이트 변태 종료온도(Mf) 이하의 온도로 냉각시켜, 저온의 안정 상인 마르텐사이트로 변태시킬 수 있다. 이와 같이, 오스테나이트 상변태 및 후속된 마르텐사이트 상변태를 거치면, 저온에서 가해진 응력에 의해 왜곡되었던 형상이 원래의 형상으로 회복될 수 있다.

[0091] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 프로브 팁에 포함된 형상기억합금은, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 의 조성($a+b+c+d=100$) 중, 금속 M의 몰 비(atm.%)에 따라 오스테나이트 변태 온도범위 및 마르텐사이트 변태 온도범위가 달라질 수 있다. 예를 들어, $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 의 조성($a+b+c+d=100$) 중 금속 M이 포함되는 비율이 상대적으로 더 크면, 오스테나이트 변태 온도범위 및 마르텐사이트 변태 온도범위가, 더 높은 온도 쪽으로 시프트(shift)될 수 있다. 구체적으로, $Ni_{50}Ti_{33}Hf_{12}Zr_5$ 의 마르텐사이트 변태 종료온도(Mf) 및 오스테나이트 변태 종료온도(Af)에 비해, $Ni_{50}Ti_{28}Hf_{12}Zr_{10}$ 의 마르텐사이트 변태 종료온도(Mf) 및 오스테나이트 변태 종료온도(Af)가 더 높게 나타난다.

[0092] 도 6a 및 도 6b에서, 본 실시예에 따른 프로브 팁에 포함되는 형상기억합금은 $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 의 조성($a+b+c+d=100$, a는 40 이상 및 50 이하, b는 25 이상 및 35 이하, c는 10 이상 및 20 이하, d는 5 이상 및 10 이하)에서, 금속 M으로서 Zr이 사용될 수 있다. 다만, 상기 금속 M이 Zr에 한정되는 것이 아니고, M은 예를 들어 Zr, Pd, Pt, Au, Al, Fe, Cu, Sn, Cr 및 V로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나의 금속일 수 있다. 도 6b에서는 비교를 위해, 형상기억합금의 조성이 Ni-Ti-Hf의 3원계인 경우(즉, Zr의 몰 비율이 0 atm.%인 경우)의 시차주사열량분석 그래프도 도시되었다. 그러나 이러한 Ni-Ti-Hf의 3원계 형상기억합금은 주조 시 부분적으로 결정화가 발생하여 과냉각 액상 영역에서의 균일한 형상 가공이 제한적이고, 균일한 초미세 결정립을 갖게 하기 위해서는 전술한 바와 같이 강소성 가공에 의한 처리가 필요하므로, 제조공정이 복잡화되고 비용이 상승될 것이다.

[0093] 다시, 도 6a 및 도 6b를 함께 참조하면, 형상기억합금의 조성 $Ni_aTi_bHf_cZr_d$ ($a+b+c+d=100$, a는 40 이상 및 50 이하, b는 25 이상 및 35 이하, c는 10 이상 및 20 이하, d는 5 이상 및 10 이하)에서 Zr이 10 atm.% 포함되는 경우에는, Zr이 5 atm.% 포함되는 경우에 비해 오스테나이트 변태 및 마르텐사이트 변태를 위한 개시온도 및 종료온도가 더 높게 나타난다. 이에 따라, 형상기억합금의 형상기억 특성을 이용하여 원래의 형상을 회복하기 위한 가열 및 냉각이 더 높은 온도에서 수행될 수 있다.

[0094] 이와 같이, 형상기억합금의 $Ni_aTi_bHf_cM_d$ 의 조성($a+b+c+d=100$, a는 40 이상 및 50 이하, b는 25 이상 및 35 이하, c는 10 이상 및 20 이하, d는 5 이상 및 10 이하)에서 금속 M의 몰 비율을 5 atm.% 내지 10 atm.% 범위에서 달리 구성함에 따라, 다양한 가공 온도에서 적용되는 부품에 상기 형상기억합금을 적용시킬 수 있다. 본 발명의 실시예들에서는, 이러한 조성의 형상기억합금이 반도체 장치의 검사 공정에 사용되는 프로브 카드의 프로브 팁에 적용된다. 즉, 반도체 장치의 검사 공정에서 접촉 패드들에 반복적으로 접촉함에 따라, 프로브 팁의 형상이 원래의 형상과 다르게 변형될 수 있는데, 형상기억합금의 전술한 형상기억 특성을 이용하여 왜곡된 형상을 원래의 형상으로 바로잡을 수 있다. 프로브 팁의 왜곡된 형상을 회복시키는 방법은 도 7을 참조하여 보다 상세히 설명하도록 한다.

[0095] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁의 형상 회복 방법의 순서를 도시한 흐름도이다.

[0096] 도 7을 참조하면, 본 실시예에 따른 프로브 팁의 형상 회복 방법은, 프로브 팁을 프로브 카드로부터 분리하는 단계(S22), 프로브 팁을 미리 설정된 제1 온도 이상으로 가열하는 단계(S24), 가열된 프로브 팁을 미리 설정된 제2 온도 이하로 냉각하는 단계(S26), 및 냉각된 프로브 팁을 프로브 카드에 재조립하는 단계(S28)를 포함할 수 있다.

[0097] 단계 S22에서는, 프로브 팁을 프로브 카드로부터 분리할 수 있다. 프로브 카드는 프로브 팁뿐만 아니라, 인쇄회로기판, 프로브 헤드 등과 같은 여러 부품들을 포함하여 구성되므로, 프로브 팁의 형상기억 특성을 회복시키기 위해 높은 온도로 가열하는 경우 다른 부품들이 손상될 수 있다. 따라서, 프로브 팁을 프로브 카드로부터 분리시켜 프로브 팁에 대해서만 후속되는 가열 및 냉각 공정을 처리하는 것이 바람직하다. 이때, 분리된 프로브 팁은, 원래 제조된 형상과 달리, 반도체 장치의 검사 공정에서 반도체 장치의 접촉 패드들에 반복적으로 접촉 및 가압됨으로써 적어도 부분적으로 왜곡된 형상을 가질 수 있다.

[0098] 단계 S24에서는, 프로브 카드로부터 분리된 프로브 팁을 미리 설정된 제1 온도 이상으로 가열할 수 있다. 여기서, 미리 설정된 제1 온도는, 프로브 팁에 포함되고 저온의 안정 상인 마르텐사이트 상을 갖는 형상기억합금이 고온의 안정 상인 오스테나이트 상으로 변태되기 위해 필요한 온도, 즉, 오스테나이트 변태 종료온도(도 6a의

Af 또는 도 6b의 Af)를 나타낸다. 예를 들어, 상기 형상기억합금이 $Ni_{50}Ti_{33}Hf_{12}Zr_5$ 의 조성을 포함하는 경우, 상기 제1 온도(도 6a의 Af)는 약 400 K 일 수 있다. 이 경우, 상기 프로브 팁은 약 0.33 K/s의 속도로 가열될 수 있다. 다른 실시예에서, 상기 형상기억합금이 $Ni_{50}Ti_{28}Hf_{12}Zr_{10}$ 의 조성을 포함하는 경우, 상기 제1 온도(도 6b의 Af)는 약 650 K 일 수 있다. 이 경우, 상기 프로브 팁은 약 0.67 K/s의 속도로 가열될 수 있다. 어느 경우든지, 상기 가열은 상기 형상기억합금의 녹는점 미만의 소정 온도까지 이뤄질 수 있다.

- [0099] 이때, 프로브 팁의 왜곡된 형상은, 상기 가열 처리에 의해 형상기억합금이 오스테나이트 상으로 상변태됨에 따라, 반도체 검사 공정에서 왜곡되었던 모습이 아닌, 원래 제조되었던 형상으로 회복될 수 있다.
- [0100] 단계 S26에서는, 가열된 프로브 팁을 미리 설정된 제2 온도 이하로 냉각시킬 수 있다. 여기서, 미리 설정된 제2 온도는, 프로브 팁에 포함되고 고온의 안정 상인 오스테나이트 상을 갖는 형상기억합금이 저온의 안정 상인 마르텐사이트 상으로 변태되기 위해 필요한 온도, 즉, 마르텐사이트 변태 종료온도(도 6a 또는 도 6b의 Mf)를 나타낸다. 예를 들어, 상기 형상기억합금이 $Ni_{50}Ti_{33}Hf_{12}Zr_5$ 의 조성을 포함하는 경우, 상기 제2 온도는 약 273 K 일 수 있다. 예를 들어, 상기 형상기억합금이 $Ni_{50}Ti_{28}Hf_{12}Zr_{10}$ 의 조성을 포함하는 경우, 상기 제2 온도는 약 450 K 일 수 있다.
- [0101] 이때, 상기 냉각 처리 동안에는 상기 프로브 팁의 형상기억합금에 대해 별도의 외력이 작용하지 않고, 이미 회복된 형상이 실질적으로 그대로 유지될 수 있다.
- [0102] 단계 S28에서는, 냉각된 프로브 팁을 프로브 카드에 재조립할 수 있다. 저온의 안정 상인 마르텐사이트 상으로 변태된 형상기억합금을 포함하는 프로브 팁은, 단계 S26에서 예를 들어 260 K 이하로 냉각되어 있을 수 있다. 이 경우, 프로브 카드의 적절한 동작 온도(예컨대, $-5^{\circ}C \sim 50^{\circ}C$)에 맞추어 프로브 팁이 상온(room temperature)으로 승온될 때까지 기다린 후 비로소, 프로브 카드에 재조립될 수 있다.
- [0103] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금의 이차전자영상(secondary electron image)을 도시한 도면들이다. 도 8b는 도 8a의 일부분을 확대한 도면이다.
- [0104] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 본 실시예에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금은 비정질 전구체의 과냉각 액상 영역 온도 범위에서 초소성(super plasticity) 특성을 이용한 성형을 통해 초미세화된 형상을 갖도록 성형될 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 제조된 나노 결정립을 포함한 형상기억합금은 초미세화된 반도체 장치를 검사하기 위한 프로브 팁을 초미세한 형상으로 제조할 수 있게 한다. 또한, 성형된 비정질 전구체를 결정화 온도 이상에서의 열처리를 통해 형상기억특성을 갖는 나노결정립을 포함하는 프로브 팁으로 제조함에 따라, 프로브 팁의 형상이 검사 공정에 의해 변형되거나 왜곡되더라도 간단한 열처리에 의해 원래의 형상을 회복할 수 있게 하여 프로브 팁의 재사용성을 향상시킬 수 있다.
- [0106] 도 9a 내지 도 9d는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금의 TEM(transmission electron microscopy) 이미지들 및 SAD(selected area diffraction) 패턴을 나타낸 도면들이다. 도 9a 및 도 9c는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로브 팁에 포함될 수 있는 형상기억합금의 TEM 이미지를 나타내고, 도 9b 및 도 9d는 도 9a 및 도 9c의 경우에 대한 SAD 패턴을 각각 나타낸다.
- [0107] 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 비정질 전구체 합금의 경우 TEM 이미지에서 결정립이 확인되지 않고 전체적으로 비정질인 상태(우측 상단을 제외한 나머지 회색 부분)로 나타난다. 이 경우, SAD 패턴에서는 비정질 시편으로 인한 조사 광의 회절이 연속적인 선형(구체적으로는, 고리(ring) 형태)으로 확인된다.
- [0108] 도 9c 및 도 9d를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 비정질 전구체를 열처리하여 얻어진 나노결정립 형상기억합금의 경우, TEM 이미지에서는 수 나노미터 크기의 미세한 결정립들이 확인된다. 또한, SAD 패턴에서는 이러한 나노결정립들로 인한 회절 광이, 분산된 스팟(spot) 형태로 확인된다.
- [0109] 따라서, 본 발명의 실시예들에 따른 비정질 전구체 합금을 이용한 나노결정립 형상기억합금을 프로브 팁에 적용함으로써, 미세하게 성형된 프로브 팁의 형상이 왜곡되거나 변형되더라도 나노결정립을 갖는 형상기억합금의 형상기억 특성을 이용하여 프로브 팁을 용이하게 회복시킬 수 있다.
- [0110] 상기와 같이, 본 발명에 따르면, 반도체 장치의 검사 공정에 사용될 수 있는 프로브 팁의 형상이 반복된 검사 공정에 의해 지속적으로 압력을 받아 변형되거나 왜곡되더라도, 이러한 왜곡된 형상을 회복시켜 재사용할 수 있게 함으로써, 반도체 장치의 검사 공정에 소요되는 비용을 절감할 수 있다.
- [0111] 또한, 프로브 팁의 형상을 강소성 가공법을 이용하지 않고도 간단한 열처리에 의해 용이하게 회복시킴으로써,

프로브 팁의 재사용성을 증가시키고 반도체 장치의 검사 공정에 관련된 전체적인 비용을 절감할 수 있다.

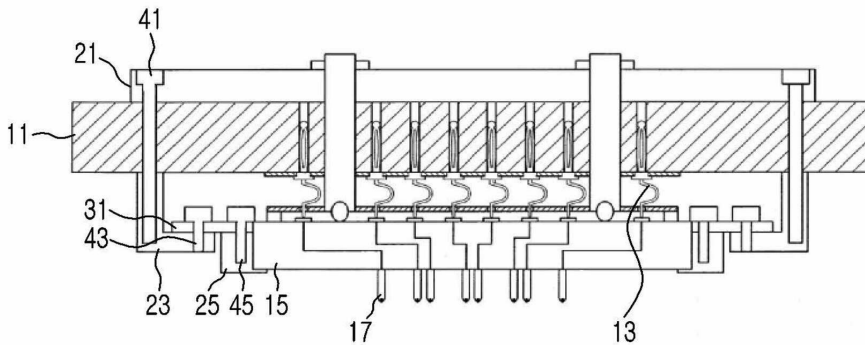
[0112] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

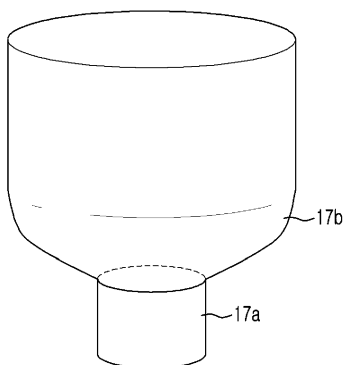
- [0113] 11: 인쇄회로기판
- 13: 전도성 탄성 접촉 핀
- 15: 프로브 헤드
- 17: 프로브 팁
- 17a: 선단부
- 17b: 몸체부
- 21, 23, 25: 보강판
- 41, 43, 45: 고정부재

도면

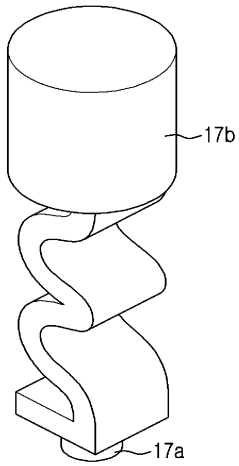
도면1



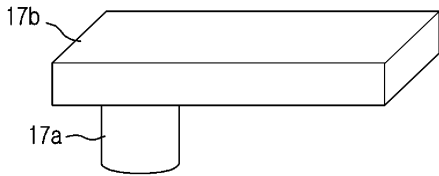
도면2a



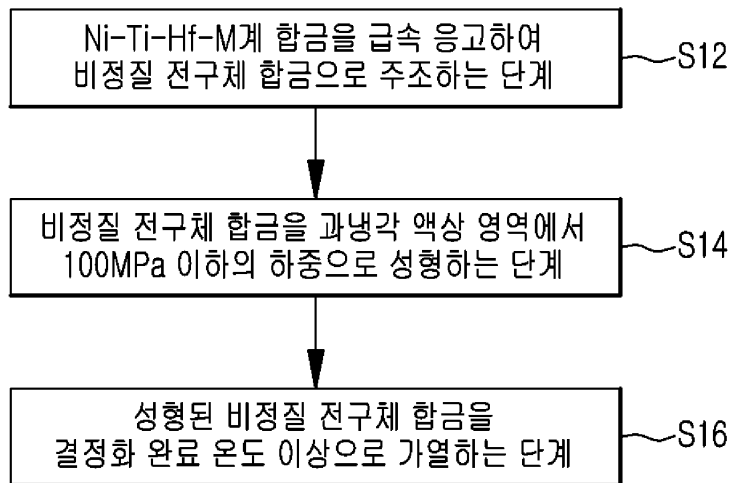
도면2b



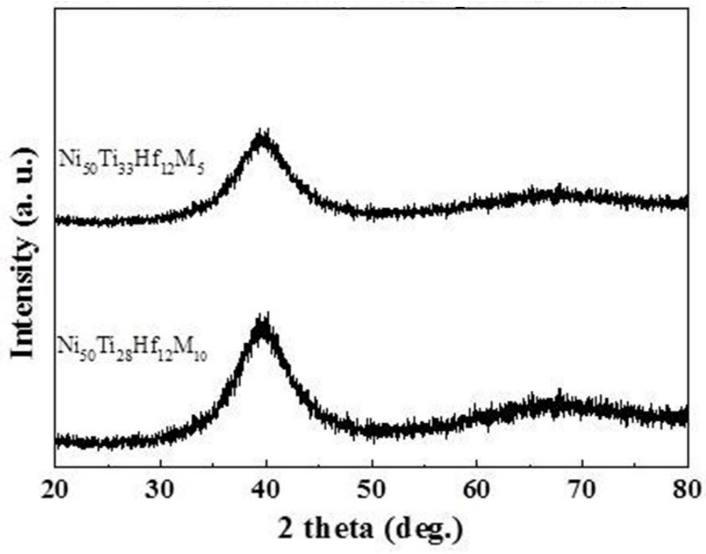
도면2c



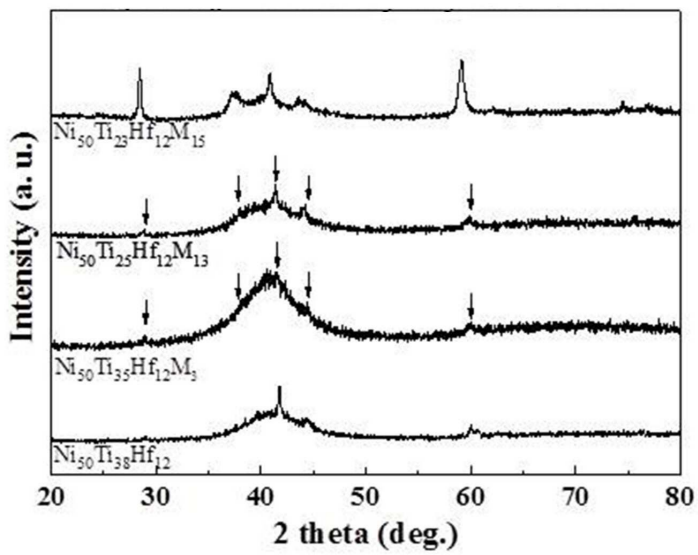
도면3



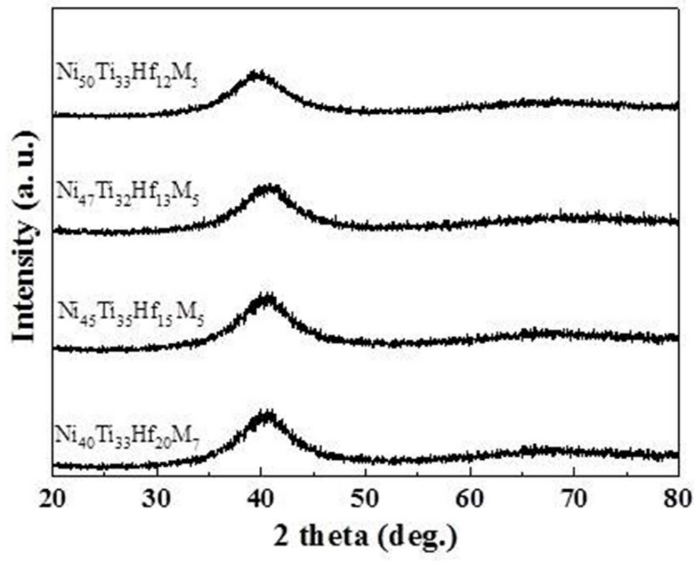
도면4a



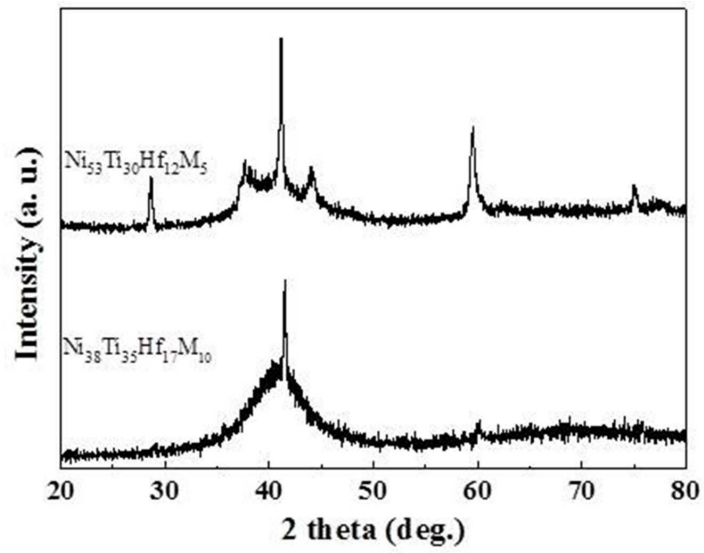
도면4b



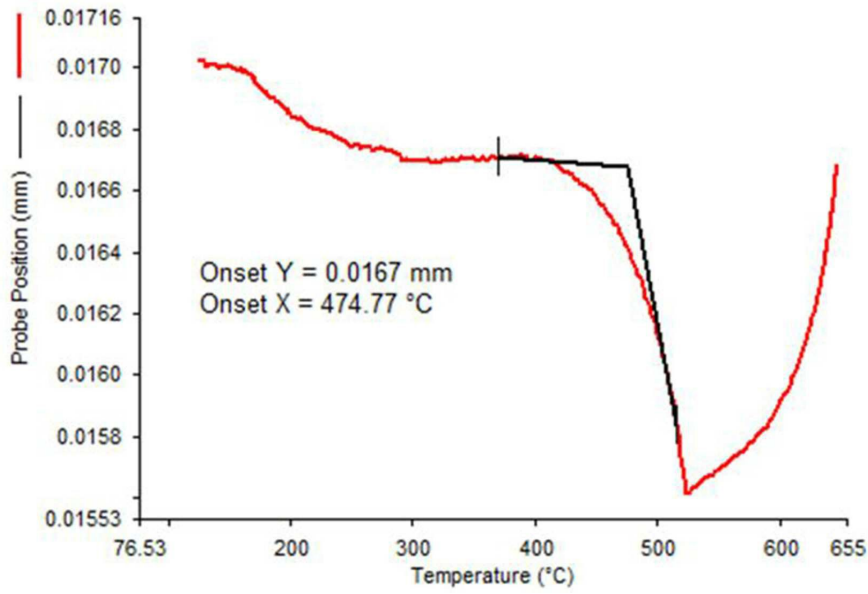
도면4c



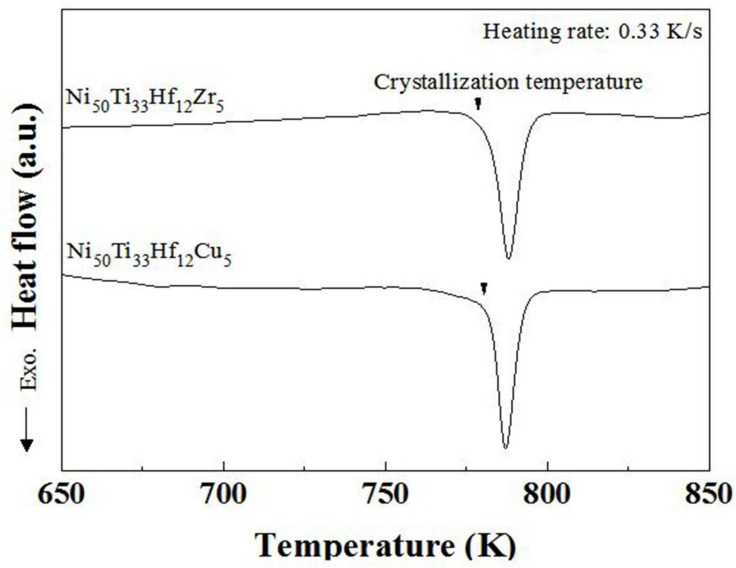
도면4d



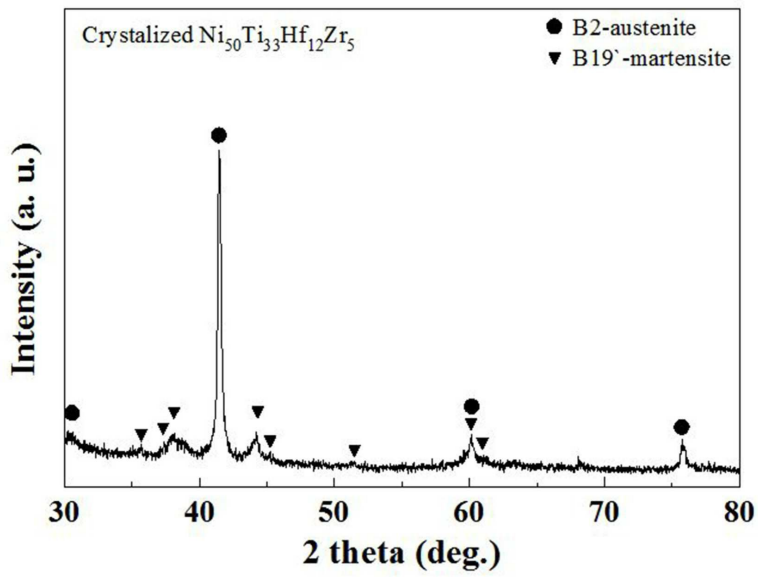
도면5a



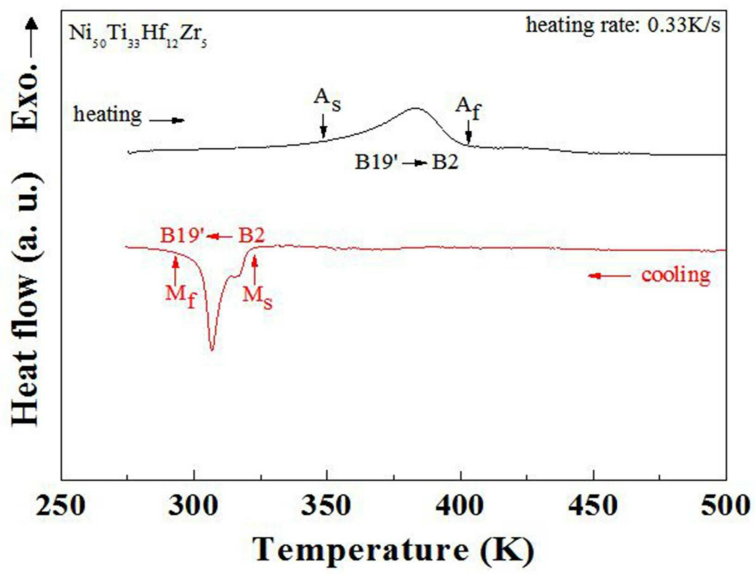
도면5b



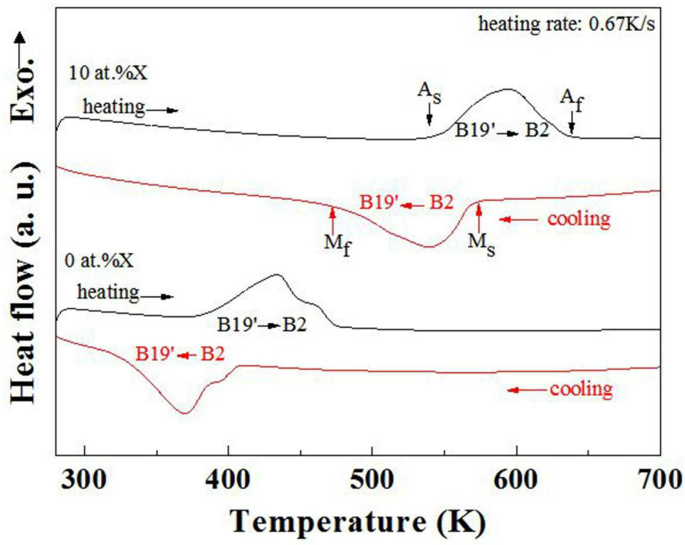
도면5c



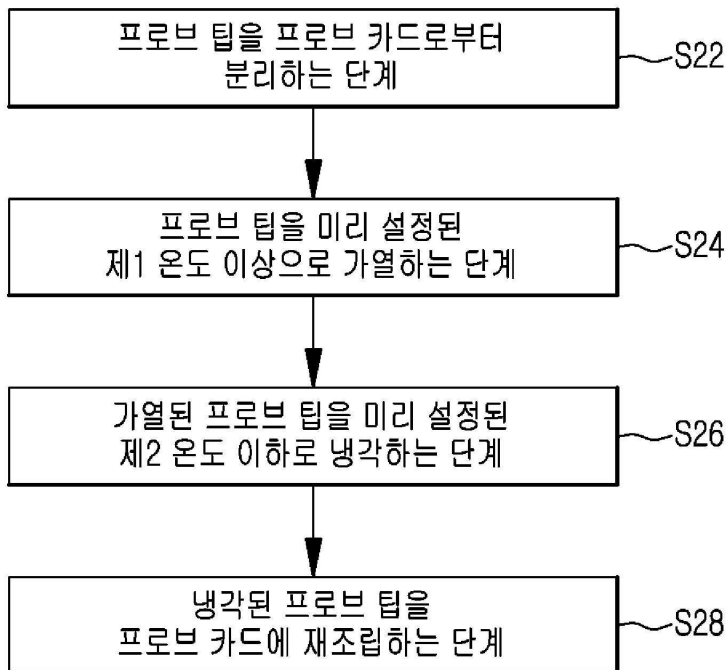
도면6a



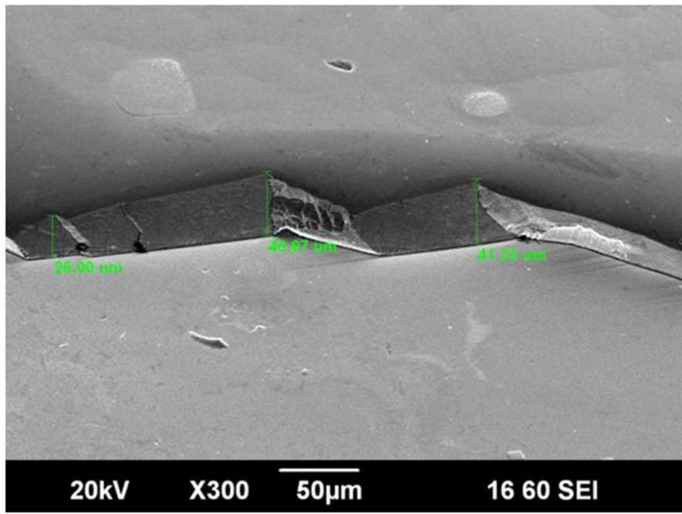
도면6b



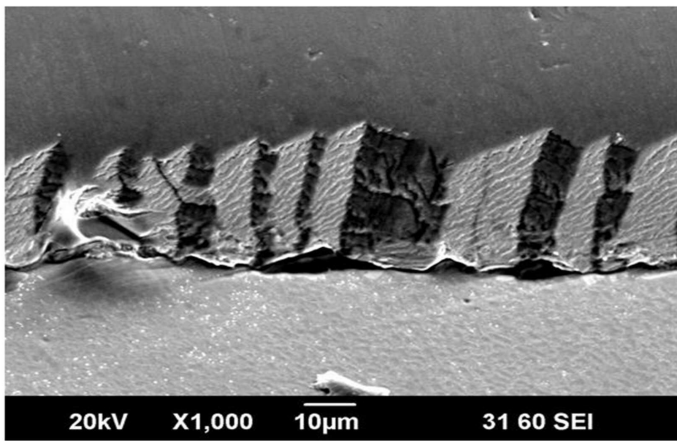
도면7



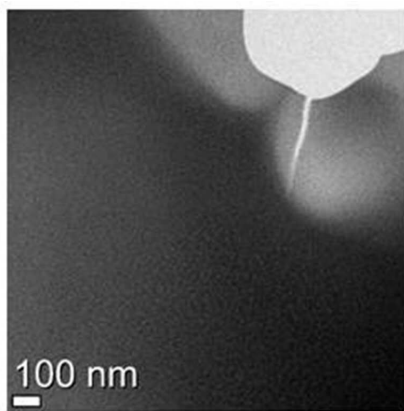
도면8a



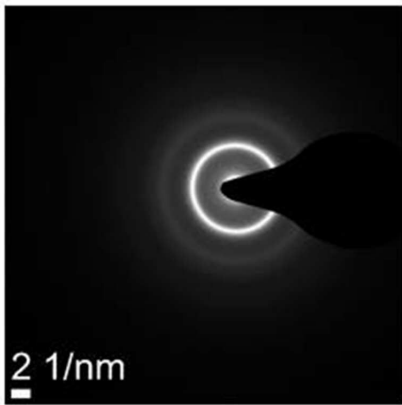
도면8b



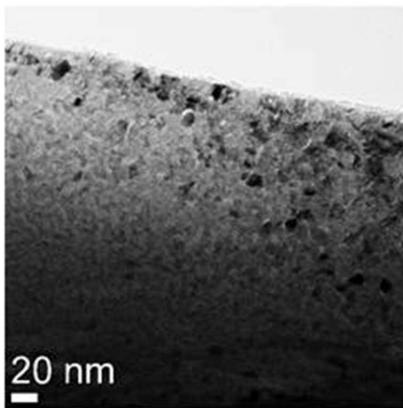
도면9a



도면9b



도면9c



도면9d

