



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월16일
(11) 등록번호 10-2718609
(24) 등록일자 2024년10월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H03H 3/08 (2006.01) H03H 9/25 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H03H 3/08 (2013.01)
H03H 9/25 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7019561
- (22) 출원일자(국제) 2017년01월06일
심사청구일자 2021년10월13일
- (85) 번역문제출일자 2018년07월09일
- (65) 공개번호 10-2018-0104610
- (43) 공개일자 2018년09월21일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/000272
- (87) 국제공개번호 WO 2017/134980
국제공개일자 2017년08월10일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-017916 2016년02월02일 일본(JP)
JP-P-2016-043992 2016년03월08일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020140093658 A*
KR1020120025633 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 4반 1고
- (72) 발명자
아키야마 쇼지
일본 군마켄 안나카시 이소베2초메 13방 1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 세이미츠키노우자 이료우켄큐쇼 내
탄노 마사유키
일본 군마켄 안나카시 이소베2초메 13방 1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 세이미츠키노우자 이료우켄큐쇼 내
- (74) 대리인
채종길

전체 청구항 수 : 총 11 항

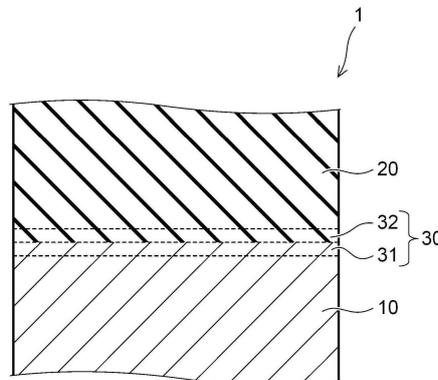
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 복합 기판 및 복합 기판의 제조 방법

(57) 요약

압전 재료층과 지지 기판의 접합에 있어서 충분한 접합 강도가 얻어지는 복합 기판 및 복합 기판의 제조 방법을 제공한다. 본 발명은 제1원소를 주성분으로 하는 단결정 지지 기판과, 단결정 지지 기판 상에 설치되고, 제2원소(산소를 제외한다)를 주성분으로 하는 산화물 단결정층과, 단결정 지지 기판과 산화물 단결정층 사이에 설치되고, 제1원소, 제2원소 및 Ar을 포함하는 비정질층을 구비한 복합 기판으로서, 비정질층은 제1원소의 비율이 제2원소의 비율보다 높게 되는 제1비정질 영역과, 제2원소의 비율이 제1원소의 비율보다 높게 되는 제2비정질 영역을 가지고, 제1비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도는 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도보다 높고, 또한 3원자% 이상인 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

제1원소를 주성분으로 하는 단결정 지지 기판과,
 상기 단결정 지지 기판 상에 설치되고, 제2원소(산소를 제외한다)를 주성분으로 하는 산화물 단결정층과,
 상기 단결정 지지 기판과 상기 산화물 단결정층 사이에 설치되고, 상기 제1원소, 상기 제2원소 및 Ar을 포함하는 비정질층을 구비한 복합 기판으로서,
 상기 비정질층은,
 상기 제1원소의 비율이 상기 제2원소의 비율보다 높게 되는 제1비정질 영역과,
 상기 제2원소의 비율이 상기 제1원소의 비율보다 높게 되는 제2비정질 영역을 가지고,
 상기 제1비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도는 상기 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도보다 높고, 또한 3원자% 이상 12.5원자% 이하이며,
 상기 단결정 지지 기판은 실리콘 단결정 기판 및 사파이어 단결정 기판으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하고,
 상기 산화물 단결정층은 탄탈산리튬 및 니오브산리튬으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하며,
 상기 단결정 지지 기판이 실리콘 단결정 기판인 경우 상기 제1원소는 Si이고, 상기 단결정 지지 기판이 사파이어 단결정 기판인 경우 상기 제1원소는 Al이며,
 상기 산화물 단결정층이 탄탈산리튬인 경우 상기 제2원소는 Ta이고, 상기 산화물 단결정층이 니오브산리튬인 경우 상기 제2원소는 Nb인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도는 3원자% 미만인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 산화물 단결정층의 두께는 50 μ m 이하인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 산화물 단결정층은 단일 분극인 것을 특징으로 하는 복합 기판.

청구항 7

제1원소를 주성분으로서 포함하는 단결정 지지 기판의 표면 및 제2원소(산소를 제외한다)를 주성분으로 하는 산

화물 단결정 기관의 각각의 표면을 Ar에 의해 활성화하는 공정과,

상기 Ar에 의해 활성화된 상기 단결정 지지 기관의 표면과, 상기 Ar에 의해 활성화된 상기 산화물 단결정 기관의 표면을 접합하여, 상기 단결정 지지 기관과 상기 산화물 단결정 기관 사이에 상기 제1원소, 상기 제2원소 및 Ar을 포함하는 비정질층을 형성하는 공정과,

상기 산화물 단결정 기관의 두께를 얇게 하여 산화물 단결정층을 형성하는 공정과,

열처리 공정을 구비하고,

상기 비정질층은,

상기 제1원소의 비율이 상기 제2원소의 비율보다 높게 되는 제1비정질 영역과,

상기 제2원소의 비율이 상기 제1원소의 비율보다 높게 되는 제2비정질 영역을 가지고,

상기 열처리 공정은 상기 제1비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도를 상기 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도보다 높게, 또한 3원자% 이상 12.5원자% 이하로 하는 것을 포함하며,

상기 단결정 지지 기관은 실리콘 단결정 기관 및 사파이어 단결정 기관으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하고,

상기 산화물 단결정층은 탄탈산리튬 및 니오브산리튬으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하며,

상기 단결정 지지 기관이 실리콘 단결정 기관인 경우 상기 제1원소는 Si이고, 상기 단결정 지지 기관이 사파이어 단결정 기관인 경우 상기 제1원소는 Al이며,

상기 산화물 단결정층이 탄탈산리튬인 경우 상기 제2원소는 Ta이고, 상기 산화물 단결정층이 니오브산리튬인 경우 상기 제2원소는 Nb인 복합 기관의 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 열처리 공정은 상기 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도를 3원자% 미만으로 하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 복합 기관의 제조 방법.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 열처리 공정은 상기 비정질층을 150℃ 이상으로 가열하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 복합 기관의 제조 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 산화물 단결정층을 형성하는 공정은 상기 산화물 단결정 기관의 두께를 50 μ m 이하로 하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 복합 기관의 제조 방법.

청구항 13

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 단결정 지지 기관과 상기 산화물 단결정 기관을 접합하기 전에, 상기 산화물 단결정 기관의 소정 깊이

이온주입을 하는 공정을 더 구비하고,

상기 산화물 단결정층을 형성하는 공정은 상기 이온주입된 위치에서 상기 산화물 단결정 기관의 일부를 박리하는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 복합 기관의 제조 방법.

청구항 14

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 산화물 단결정 기관은 단일 분극인 것을 특징으로 하는 복합 기관의 제조 방법.

청구항 15

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 복합 기관의 상기 산화물 단결정층을 단일 분극화하는 공정을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 복합 기관의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 표면 탄성파(SAW) 디바이스 등에 이용되는 복합 기관 및 복합 기관의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년, 스마트폰으로 대표되는 이동 통신의 시장에 있어서 통신량이 급격하게 증대하고 있다. 이것에 대응하기 위해, 필요한 밴드수를 증가시키고 아울러, 필연적으로 각종 부품의 소형화, 고성능화가 중요하게 되고 있다.

[0003] 일반적인 압전 재료인 탄탈산리튬(Lithium Tantalate: LT로 약칭되는 경우도 있음)이나 니오브산리튬(Lithium Niobate: LN으로 약칭되는 경우도 있음)은 표면 탄성파(SAW) 디바이스의 재료로서 널리 이용되고 있다. 이들 재료는 큰 전기 기계 결합 계수를 가지고, 광대역화가 가능한 반면, 온도 안정성이 낮고, 온도 변화에 따라 대응할 수 있는 주파수가 쉬프트(shift)해 버린다고 하는 문제점을 가진다. 이것은 탄탈산리튬이나 니오브산리튬이 매우 높은 열팽창 계수를 가지는 것에 기인한다.

[0004] 이 문제를 저감하기 위해, 탄탈산리튬이나 니오브산리튬에, 보다 작은 열팽창 계수를 가지는 재료, 구체적으로는 사파이어를 접합(貼合)하고, 탄탈산리튬이나 니오브산리튬의 웨이퍼를 연삭 등으로 수 μm ~수십 μm 로 박화함으로써, 열팽창을 억제하여 온도 특성을 개선하는 방법이 제안되어 있다(예를 들면 비특허문헌 1 참조). 또, 열팽창 계수가 더 작은 실리콘과의 접합도 제안되어 있다(예를 들면 특허문헌 1 참조).

[0005] 그러나, 이들 재료는 접합한 후에 열처리를 하여 결합 강도를 올리려고 하면 양 기관의 팽창 계수의 차에 의해 기관의 휨이나 벗겨짐, 깨짐 등이 생겨 버리는 것이 알려져 있다. 이 문제를 회피하기 위해, 불인 직후에 높은 결합 강도가 얻어지는 상온 접합이 제안되어 있다(예를 들면 비특허문헌 2 참조). 이 방법에서는 고진공하에 있어서 접합하는 기관에 아르곤(Ar) 빔을 조사하여, 표면을 활성화하고, 그대로 불인다고 하는 방법이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본국 특허공개 2005-347295호 공보

비특허문헌

[0007] (비특허문헌 0001) 전자신문하이테크놀로지, 2012년 11월 8일, 「스마트폰의 RF 프론트 엔드에 이용되는 SAW-Duplexer의 온도 보상 기술」

(비특허문헌 0002) Applied Physics Letters Vol. 74, Number 16, pp. 2387-2389, 19 APRIL 1999

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 그렇지만, 상기와 같은 상온에 의한 접합 방법에서는 실온에서 높은 접합 강도를 얻을 수 있다고 하는 특징은 있지만, 이와 같이 하여 얻어진 복합 기관에서도 충분한 접합 강도를 얻을 수 없는 경우도 많다. 이 때문에 디바이스 제작의 도중 등에서 벗겨짐을 일으켜 버릴 가능성이 있다. 또, 장기 신뢰성의 관점에서도 보다 완전한 접합성이 요구된다.
- [0009] 본 발명의 목적은 압전 재료층과 지지 기관의 첩합에 있어서 충분한 접합 강도를 얻을 수 있는 복합 기관 및 복합 기관의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 제1원소를 주성분으로 하는 단결정 지지 기관과, 단결정 지지 기관 상에 설치되고, 제2원소(산소를 제외한다)를 주성분으로 하는 산화물 단결정층과, 단결정 지지 기관과 산화물 단결정층 사이에 설치되고, 제1원소, 제2원소 및 Ar을 포함하는 비정질층을 구비한 복합 기관으로서, 비정질층은 제1원소의 비율이 제2원소의 비율보다 높게 되는 제1비정질 영역과, 제2원소의 비율이 제1원소의 비율보다 높게 되는 제2비정질 영역을 가지고, 제1비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도는 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도보다 높고, 또한 3원자% 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0011] 이러한 구성에 의하면, 비정질층에 포함되는 Ar의 편석 및 농도에 의해, 단결정 지지 기관과 산화물 단결정층의 접합 강도를 높일 수가 있다.
- [0012] 본 발명의 복합 기관에 있어서, 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도는 3원자% 미만이어도 좋다. 이에 의해 단결정 지지 기관과 산화물 단결정층의 가일층의 접합 강도의 향상을 도모할 수가 있다.
- [0013] 본 발명의 복합 기관에 있어서, 단결정 지지 기관은 실리콘 단결정 기관 및 사파이어 단결정 기관으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하고 있어도 좋다. 또, 산화물 단결정층은 탄탈산리튬 및 니오브산리튬으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하고 있어도 좋다. 또, 산화물 단결정층의 두께는 50 μ m 이하여도 좋다. 이에 의해 박막의 압전 디바이스에 대응할 수가 있다. 또, 산화물 단결정층은 단일 분극으로 하면 좋다. 이에 의해 복합 기관을 표면 탄성과 소자로서 매우 적합하게 사용할 수가 있다.
- [0014] 본 발명의 복합 기관의 제조 방법은, 제1원소를 주성분으로서 포함하는 단결정 지지 기관의 표면 및 제2원소(산소를 제외한다)를 주성분으로 하는 산화물 단결정 기관의 각각의 표면을 Ar에 의해 활성화하는 공정과, Ar에 의해 활성화된 단결정 지지 기관의 표면과 Ar에 의해 활성화된 산화물 단결정 기관의 표면을 첩합하여, 단결정 지지 기관과 산화물 단결정 기관 사이에 제1원소, 제2원소 및 Ar을 포함하는 비정질층을 형성하는 공정과, 산화물 단결정 기관의 두께를 얇게 하여 산화물 단결정층을 형성하는 공정과, 열처리 공정을 구비하고, 비정질층은 제1원소의 비율이 제2원소의 비율보다 높게 되는 제1비정질 영역과, 제2원소의 비율이 제1원소의 비율보다 높게 되는 제2비정질 영역을 가지고, 열처리 공정은 제1비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도를 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도보다 높게, 또한 3원자% 이상으로 하는 것을 포함한다.
- [0015] 이러한 구성에 의하면, 비정질층에 포함되는 Ar의 편석 및 농도에 의해, 단결정 지지 기관과 산화물 단결정층의 접합 강도를 높인 복합 기관을 제조할 수가 있다.
- [0016] 본 발명의 복합 기관의 제조 방법에 있어서, 열처리 공정은 제2비정질 영역에 포함되는 Ar의 농도를 3원자% 미만으로 하는 것을 포함하고 있어도 좋다. 이에 의해 단결정 지지 기관과 산화물 단결정층의 접합 강도를 더 향상시킨 복합 기관을 제조할 수가 있다.
- [0017] 본 발명의 복합 기관의 제조 방법에 있어서, 열처리 공정은 비정질층을 150 $^{\circ}$ C 이상으로 가열하는 것을 포함하고 있어도 좋다. 이에 의해 비정질층에 포함되는 Ar을, 단결정 지지 기관과 산화물 단결정층의 접합 강도를 높일 수가 있는 편석 및 농도로 할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 복합 기관의 제조 방법에 있어서, 단결정 지지 기관은 실리콘 단결정 기관 및 사파이어 단결정 기관으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하고 있어도 좋다. 또, 산화물 단결정층은 탄탈산리튬 및 니오브산리튬으로 이루어지는 군에서 선택된 하나를 포함하고 있어도 좋다. 또, 산화물 단결정층의 두께는 50 μ m 이하여도 좋다. 이에 의해 박막의 압전 디바이스에 대응할 수가 있다.

[0019] 본 발명의 복합 기관의 제조 방법에 있어서, 단결정 지지 기관과 산화물 단결정층을 첩합하기 전에, 산화물 단결정층의 소정 깊이에 이온주입을 하는 공정을 더 구비하고, 산화물 단결정층의 두께를 얇게 하는 공정은 이온주입된 위치에서 산화물 단결정 기관의 일부를 박리하는 것을 포함하고 있어도 좋다. 이에 의해 이온주입된 위치에서 산화물 단결정층의 일부를 박리하여 박막의 산화물 단결정층을 포함하는 복합 기관을 제조할 수가 있다.

[0020] 본 발명의 복합 기관의 제조 방법에 있어서, 산화물 단결정 기관은 단일 분극으로 하면 좋다. 또, 복합 기관의 상기 산화물 단결정층을 단일 분극화하는 공정을 더 구비하도록 해도 좋다. 이들 수법에 의해 산화물 단결정층을 단일 분극으로 함으로써, 본 발명의 복합 기관의 제조 방법으로 제조한 복합 기관을 표면 탄성과 소자로서 매우 적합하게 사용할 수가 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 실시 형태에 관한 복합 기관을 예시하는 모식 단면도이다.
 도 2는 본 실시 형태에 관한 복합 기관의 단면 사진이다.
 도 3은 본 실시 형태에 관한 복합 기관의 제조 방법을 예시하는 흐름도이다.
 도 4의 (a) 및 (b)는 필(peel) 테스트에 의해 미소한 막 벗겨짐이 생긴 복합 기관의 광학 현미경 사진이다.
 도 5는 열처리를 행한 후의 복합 기관의 단면 TEM 사진이다.
 도 6의 (a) 및 (b)는 열처리 전후에서의 비정질층 상태를 나타내는 단면 TEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 본 발명의 실시 형태를 도면에 기초하여 설명한다. 또한, 이하의 설명에서는 동일한 부재에는 동일한 부호를 붙이고, 한 번 설명한 부재에 대해서는 적당히 그 설명을 생략한다.

[0023] [복합 기관의 구성]

[0024] 도 1은 본 실시 형태에 관한 복합 기관을 예시하는 모식 단면도이다. 또, 도 2는 본 실시 형태에 관한 복합 기관의 단면 사진이다. 도 2에 나타내는 단면 사진은 TEM상이다.

[0025] 본 실시 형태에 관한 복합 기관(1)은 제1원소를 주성분으로 하는 단결정 지지 기관(10)과, 제2원소(산소를 제외한다)를 주성분으로 하는 산화물 단결정층(20)과, 단결정 지지 기관(10)과 산화물 단결정층(20) 사이에 설치되는 예를 들면 비정질층(30)을 구비한다.

[0026] 단결정 지지 기관(10)은 복합 기관(1)에 있어서 박막인 산화물 단결정층(20)을 지지하는 기관이다. 단결정 지지 기관(10)의 열팽창 계수는 산화물 단결정층(20)의 열팽창 계수보다 작다. 단결정 지지 기관(10)에는 실리콘 단결정 기관 및 사파이어 단결정 기관으로 이루어지는 군에서 선택된 하나가 이용된다. 본 실시 형태에서는 단결정 지지 기관(10)으로서 실리콘 단결정 기관을 이용하는 경우를 예로 한다. 실리콘 단결정 기관을 이용하는 경우, 제1원소는 실리콘(Si)이다.

[0027] 산화물 단결정층(20)은 단결정 지지 기관(10) 상에 설치된다. 산화물 단결정층(20)은 단결정 지지 기관(10)에 의해 지지되는 박막상의 압전 재료막이다. 산화물 단결정층(20)은 연마나 일부 박리 등에 의해 수 μm ~수십 μm 의 두께로 되어 있다. 산화물 단결정층(20)은 단일 분극으로 되어 있으면 좋다.

[0028] 산화물 단결정층(20)에는 탄탈산리튬 및 니오브산리튬으로 이루어지는 군에서 선택된 하나가 포함된다. 본 실시 형태에서는 산화물 단결정층(20)으로서 탄탈산리튬을 이용하는 경우를 예로 한다. 탄탈산리튬을 이용하는 경우, 제2원소는 탄탈(Ta)이다.

[0029] 비정질층(30)은 제1원소, 제2원소 및 Ar을 포함한다. 비정질층(30)은 단결정 지지 기관(10)과 산화물 단결정층(20)의 첩합시에 첩합의 계면 근방에 형성된다. 단결정 지지 기관(10)으로서 실리콘 단결정 기관, 산화물 단결정층(20)으로서 탄탈산리튬을 이용한 경우, 첩합의 계면 근방에는 Si와 Ta의 비정질 영역이 형성되고, 이 비정질 영역 내에 Ar이 포함된다. 또한, Ar은 후술하는 복합 기관의 제조 방법에 있어서, 단결정 지지 기관(10) 및 산화물 단결정층(20)의 각각 첩합면에 Ar에 의해 활성화했을 때의 Ar이다.

[0030] 첩합의 계면 근방에 설치되는 비정질층(30)은 제1원소(예를 들면 Si)의 비율이 제2원소(예를 들면 Ta)의 비율보다 높게 되는 제1비정질 영역(31)과, 제2원소(예를 들면 Ta)의 비율이 제1원소(예를 들면 Si)의 비율보다 높게

되는 제2비정질 영역(32)을 가진다. 제1비정질 영역(31)과 제2비정질 영역(32)의 경계가 접합의 계면으로 된다.

[0031] 도 2의 단면 TEM상에 나타내는 point1~point5에 있어서, 단면 TEM상의 취득과 동시에 극미 전자선 회절을 실시한 결과로부터, point2, point3 및 point4는 비정질화하고 있는 것을 알 수 있었다. 따라서, point2, point3 및 point4를 포함하는 층의 영역은 비정질층(30)으로 된다.

[0032] 표 1은 도 2의 단면 TEM상에 나타내는 point1~point5의 각 점의 조성 분석을 EDX(에너지 분산형 X선 분석)로 행한 결과이다. 또한, 대상 원소는 산소(O), Si, Ar, Ta의 넷이다. 또, 표 1에 나타내는 조성 분석은 단결정 지지 기판(10)과 산화물 단결정층(20)을 상온 접합한 후 열처리 전의 상태(Ar을 편석시키기 전)이다.

표 1

| | Si | Ta | O | Ar |
|--------|------|------|------|-----|
| point1 | 0 | 43.3 | 55.8 | 0.9 |
| point2 | 2.1 | 44.7 | 51.4 | 1.8 |
| point3 | 94.5 | 0.2 | 3.5 | 1.8 |
| point4 | 97.9 | 0 | 0.6 | 1.5 |
| point5 | 98.5 | 0 | 0.8 | 0.7 |

atomic%

[0033]

[0034] 표 1에 나타내듯이, point1에는 Si는 포함되지 않고, point5에는 Ta는 포함되지 않는다. 또, point2에서는 제2 원소인 Ta의 비율이 제1원소인 Si의 비율보다 높게 되어 있다. 한편, point3에서는 제1원소인 Si의 비율이 제2 원소인 Ta의 비율보다 높게 되어 있다. 즉, point2와 point3 사이에 Si의 농도가 급격히 변화하고 있는 것을 알 수 있고, 여기가 접합의 계면이라고 생각된다.

[0035] 또, 비정질층(30)인 point3의 영역은 제1원소(Si)의 비율이 제2원소(Ta)의 비율보다 높게 되는 제1비정질 영역(31)이고, point2의 영역은 제2원소(Ta)의 비율이 제1원소(Si)의 비율보다 높게 되는 제2비정질 영역(32)이다.

[0036] 또, 단결정 지지 기판(10)과 산화물 단결정층(20)의 접합에 의해 비정질층(30)이 형성되는 원인은, 표면의 활성화에 이용한 Ar이 결정 중에 잔존하여 그대로 받아들여지기 때문이라고 생각된다. 표 1에 나타내듯이, 단결정 지지 기판(10)과 산화물 단결정층(20)을 접합한 직후는 point1~point5까지 Ar이 넓고 얇게 분포하고 있는 것을 알 수 있다.

[0037] 한편, 접합 후에 열처리를 함으로써 Ar은 편석한다. 본원 발명자는 비정질층(30)에 포함되는 Ar의 편석 및 농도에 의해, 단결정 지지 기판(10)과 산화물 단결정층(20)의 접합 강도를 높일 수가 있는 것을 알아냈다. 접합 강도를 높일 수가 있는 Ar의 편석 및 농도에 대해서는 후술한다.

[0038] [복합 기판의 제조 방법]

[0039] 도 3은 본 실시 형태에 관한 복합 기판의 제조 방법을 예시하는 흐름도이다.

[0040] 먼저, 스텝 S101에 나타내듯이, 단결정 지지 기판(10)과 산화물 단결정 기판을 준비한다. 단결정 지지 기판(10)에는 실리콘 단결정 기판 및 사파이어 단결정 기판으로 이루어지는 군에서 선택된 하나가 이용된다. 본 실시 형태에서는 단결정 지지 기판으로서 실리콘 단결정 기판(예를 들면 실리콘 단결정 웨이퍼)을 이용하는 경우를 예로 한다. 또, 산화물 단결정 기판에는 탄탈산리튬 및 니오브산리튬으로 이루어지는 군에서 선택된 하나가 포함된다. 여기서 이용하는 산화물 단결정층은 단일 분극으로 되어 있으면 좋다. 본 실시 형태에서는 탄탈산리튬 기판(예를 들면 탄탈산리튬 웨이퍼)을 이용하는 경우를 예로 한다.

[0041] 실리콘 단결정 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 각각의 표면은 평탄화되어 있는 것이 바람직하다. 예를 들면, 양 웨이퍼의 표면 거칠기를 RMS로 1.0nm 이하로 해 둔다.

[0042] 다음에, 스텝 S102에 나타내듯이, Ar에 의한 활성화를 행한다. 즉, 실리콘 단결정 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 각각의 접합을 행하는 표면을 Ar에 의해 활성화한다. 예를 들면, 고진공하의 Ar 분위기 중에서 양 웨이퍼의 표면을 활성화 처리한다.

- [0043] 다음에, 스텝 S103에 나타내듯이, 접합을 행한다. 앞의 스텝 S102에서 Ar에 의해 활성화된 실리콘 단결정 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 면을 접합한다. 표면은 활성화되어 있기 때문에 상온에서의 접합이 가능하게 된다. 이 접합에 의해 실리콘 단결정 웨이퍼와 탄탈산리튬 웨이퍼의 접합면의 근방에는 비정질층(30)(제1비정질 영역(31) 및 제2비정질 영역(32))이 형성된다.
- [0044] 다음에, 스텝 S104에 나타내듯이, 산화물 단결정층(20)을 형성하는 처리를 행한다. 즉, 탄탈산리튬 웨이퍼를 연삭 및 연마하여, 소망의 두께(예를 들면 50 μ m 이하)로 하여, 박막화한 산화물 단결정층(탄탈산리튬층)(20)을 형성한다.
- [0045] 다음에, 스텝 S105에 나타내듯이, 열처리를 행한다. 이 열처리에 의해 Ar의 편석을 행한다. 구체적으로는 제1비정질 영역(31)에 포함되는 Ar의 농도를 제2비정질 영역(32)에 포함되는 Ar의 농도보다 높게, 또한 3원자% 이상으로 한다. 이러한 처리에 의해 복합 기관(1)이 완성된다.
- [0046] 본원 발명자는 이러한 복합 기관(1) 및 그 제조 방법에 있어서 여러 가지 실험을 행한 결과, 비정질층(30) 중의 불순물로 되는 Ar을 열처리에 의해 단결정 지지 기관(10)측에 편석시킴으로써, 강고한 결합 강도를 얻을 수 있다고 하는 새로운 지견(知見)을 얻었다.
- [0047] 이때 접합 계면 근방의 실리콘 단결정 웨이퍼측의 Ar 농도가 3원자% 이상, 그 이외의 개소에서는 3원자% 미만으로 되는 것이, 보다 강고한 결합을 얻기 위한 최적 조건인 것이 판명되었다.
- [0048] Ar을 이와 같이 편석시킴으로써 강고한 결합이 얻어지는 이유의 하나로서 다음과 같은 것이 생각된다. 즉, Ar과 같이 결합수(手)를 갖지 않는 원소는 계면에 국부적으로 존재하면 계면의 막 벗겨짐을 일으킬 가능성이 있다. Ar을 비교적 불순물을 함유하기 쉬운 Si측에 편석시킴으로써, 계면의 결합 강도를 증가시킬 수가 있다고 생각된다. 이때의 열처리 온도나 시간 등은 정의하는 것은 어렵지만, 일례로서 비교적 고온(예를 들면 250 $^{\circ}$ C 이상 550 $^{\circ}$ C 이하 정도)에서 단시간 행하는 것도 가능하고, 비교적 저온(예를 들면 150 $^{\circ}$ C 이상 250 $^{\circ}$ C 이하 정도)에서 매우 긴 시간(예를 들면 24시간 정도) 행하는 것도 가능하다.
- [0049] 이 방법은 연삭·연마에 의한 박화뿐만 아니라 이온주입 박리법에 의해 얻어지는 박막의 결합력 강화에도 마찬가지로 적용이 가능하다. 왜냐하면, 이 현상은 결합 계면의 현상이기 때문에, 박리를 위해 박아 넣는 이온은 접합 계면과는 수백nm~수 μ m 정도 떨어져 있으므로, 접합 계면에서의 현상에 주는 영향은 적기 때문이다.
- [0050] 여기서, 이온주입 박리법은 양 웨이퍼를 접합하기 전에, 산화물 단결정 기관(탄탈산리튬 웨이퍼)의 소정 깊이에서 이온주입을 행해 두고, 접합 후 이 이온주입된 위치에서 탄탈산리튬 웨이퍼의 일부를 박리하여 산화물 단결정층(탄탈산리튬층)(20)을 형성하는 방법이다.
- [0051] 구체적으로는 탄탈산리튬 혹은 니오브산리튬의 웨이퍼에 미리 이온을 주입한 웨이퍼(도너 웨이퍼)와, 지지 웨이퍼로서 석영(유리), Si, 사파이어 등의 저열팽창 계수(탄탈산리튬 및 니오브산리튬과 비교하여 저열팽창 계수)를 가지는 재료를 준비한다. 이 쌍방의 웨이퍼의 표면 거칠기를 RMS로 1.0nm 이하로 하고, 일방 혹은 양방의 웨이퍼에 표면 활성화 처리를 한다. 이 양 웨이퍼를 접합한 후에 이온주입한 위치에서 도너 웨이퍼의 일부를 박리하여, 탄탈산리튬 혹은 니오브산리튬의 박막을 형성한다. 이에 의해 지지 웨이퍼에 탄탈산리튬 혹은 니오브산리튬의 박막이 지지된 복합 기관(1)이 완성된다. 이때 박리 방법으로서 SiGen법과 같은 기계 박리법이 간편한 방법으로서 들어지지만, 특히 한정은 되지 않는다.
- [0052] 이러한 제조 방법에 의해, 비정질층(30)에 포함되는 Ar의 편석 및 농도에 의해, 단결정 지지 기관(10)과 산화물 단결정층(20)의 접합 강도를 높인 복합 기관(1)을 얻을 수 있다. 또한, 상기의 제조 방법에 있어서 산화물 단결정 기관으로서 단일 분극인 것을 이용하면, 당해 제조 방법으로 제조한 복합 기관을 표면 탄성과 소자로서 매우 적합하게 사용할 수가 있다. 또, 상기 제조 방법에 있어서 산화물 단결정 기관을 단일 분극화하는 공정을 더 구비하는 경우에도, 마찬가지로 당해 제조 방법으로 제조한 복합 기관을 표면 탄성과 소자로서 매우 적합하게 사용할 수가 있다.
- [0053] [제1실시예]
- [0054] 제1실시예의 조건을 이하에 나타낸다. 직경 100mm, 두께 0.35mm의 탄탈산리튬 웨이퍼(이하 「LT 웨이퍼」라고도 한다)와 지지 웨이퍼로 되는 Si 웨이퍼를 준비한다. 양 웨이퍼의 표면 거칠기는 RMS로 1.0nm 이하이다. 이들 웨이퍼에 고진공하에 있어서 Ar 빔을 조사하여 표면 활성화를 행한 후 접합을 행한다. 접합 후에 LT 웨이퍼를 5 μ m 까지 박화하고, 각 조건에 의해 열처리를 한다. 각각의 열처리 조건으로 제작된 시료에 대해 필(peel) 테스트를 행한다. 필 테스트는 폴리이미드의 테이프를 붙이고 밀착시킨 후에 벗긴다고 하는 방법이다. 접합의 결합 강도

가 충분하지 않은 경우, 필 테스트를 행하면, 도 4 (a) 및 (b)의 광학 현미경 사진에 나타난 것 같은 미소한 벗겨짐이 생긴다. 필 테스트의 결과 및 접합 웨이퍼 각 층의 Ar을 대상 원소로 하는 EDX 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.

표 2

| | | 열처리 없음 | 120°C6h | 150°C6h | 150°C24h | 200°C6h | 250°C6h | 300°C6h | 350°C6h | 400°C6h | 450°C6h | 500°C6h |
|-------------|--------|--------|------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EDX 검사결과 | point1 | 0.9 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| | point2 | 1.8 | 2 | 2.1 | 2.9 | 2.8 | 2.6 | 2.4 | 2.1 | 1.7 | 1.5 | 1.4 |
| | point3 | 1.8 | 2.3 | 2.8 | 3 | 3.3 | 3.7 | 3.9 | 5.1 | 7.2 | 8.9 | 12.5 |
| | point4 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 2.8 | 2.7 | 2.4 | 1.9 | 1.5 | 0.9 | 0.7 | 0.5 |
| | point5 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 필 테스트 결과 | 벗겨짐 있음 | 벗겨짐 있음 | 일부에 벗겨짐 있음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 | 벗겨짐 없음 |

atomic%

[0055]

[0056] 도 5는 제1실시예에 있어서의 열처리의 조건으로서 500°C, 6시간의 열처리를 행한 후의 복합 기관(1)의 단면 TEM 사진이다. 도 6 (a) 및 (b)는 열처리 전후에서의 비정질층 상태를 나타내는 단면 TEM 사진이다. 500°C, 6시간의 열처리를 행함으로써, point3인 비정질층(30)의 제1비정질 영역(31)의 Ar의 농도가 매우 높게 되어 있는 것을 알 수 있다.

[0057] 표 1에 나타내는 결과로부터, 접합의 계면 근방의 Si측(point3)의 Ar 농도가 3원자% 이상, 그 이외의 개소가 3원자% 미만인 것이 높은 결합력을 가지기 위한 조건인 것을 알 수 있다.

[0058] [제2실시예]

[0059] 제2실시예에서는 상기 제1실시예에 있어서 LT 웨이퍼 대신에 니오브산리튬 웨이퍼(이하 「LN 웨이퍼」라고도 한다)를 이용하여 마찬가지로의 검사를 행한다. 제2실시예의 검사 결과도 제1실시예와 마찬가지로이다.

[0060] [제3실시예]

[0061] 제3실시예에서는 상기 제1실시예에 있어서 Si 웨이퍼 대신에 사파이어 웨이퍼를 이용하여 마찬가지로의 검사를 행한다. 제3실시예의 검사 결과도 제1실시예와 마찬가지로이다.

[0062] [제4실시예]

[0063] 제4실시예에서는 상기 제1실시예에 있어서 LT 웨이퍼의 박화로서 이온주입 박리법을 적용한다. 즉, 미리 LT 웨이퍼의 소정 위치에 수소 이온을 박아 넣고, Si 웨이퍼와 접합 후 기계 박리를 행한다. 그 후 각 조건에 의해 열처리를 하고, 제1실시예와 마찬가지로의 검사를 행한다. 제4실시예의 검사 결과도 제1실시예와 마찬가지로이다.

[0064] [제5실시예]

[0065] 제5실시예에서는 상기 제4실시예에 있어서 LT 웨이퍼 대신에 LN 웨이퍼를 이용하여 마찬가지로의 검사를 행한다. 제5실시예의 검사 결과도 제1실시예와 마찬가지로이다.

[0066] [제6실시예]

[0067] 제6실시예에서는 상기 제4실시예와 마찬가지로 LT 웨이퍼의 박화로서 이온주입 박리법을 적용한다. 즉, 미리 LT 웨이퍼의 소정 위치에 수소이온을 박아 넣고, 지지 기관으로서 사파이어 웨이퍼와 접합 후 기계 박리를 행하였다.

[0068] 이와 같이 하여 얻어진 박화 LT 웨이퍼와 사파이어 웨이퍼로 이루어지는 접합 기관의 상기 박화 LT의 두께는 1 μm였다.

[0069] 다음에 이와 같이 하여 얻어진 박화 LT 웨이퍼와 사파이어 웨이퍼를 500°C, 6시간의 열처리를 한 바, LT 웨이퍼와 사파이어 웨이퍼의 접합 계면의 EDX 검사 결과는 실시예 1의 표 2의 500°C, 6시간 처리의 경우와 마찬가지로, 필 테스트를 실시한 바 벗겨짐은 없는 결과가 얻어졌다.

[0070] 다음에, 상기 박화 LT 웨이퍼를 단일 분극화하기 위해, 상기 박화 LT 웨이퍼와 사파이어 웨이퍼로 이루어지는 접합 기관을 LT의 큐리점 온도 이상인 700°C로 가열하고, 상기 접합 기관 웨이퍼를 더 강온하는 과정의 700°C

~500℃의 사이에, 개략 +Z축 방향으로 4000V/m의 전계를 인가하고, 그 후 온도를 실온까지 내리는 처리를 행하였다. 상기 가열과 전계 인가 처리를 한 후의 상기 박화 LT 웨이퍼와 사파이어 웨이퍼로 이루어지는 접합 기관 접합 계면의 EDX 검사 결과는 실시예 1의 표 2의 500℃, 6시간 처리의 경우와 마찬가지로, 필 테스트를 실시한 바 벗겨짐은 없는 결과가 얻어졌다.

[0071] 다음에 상기 접합 기관 웨이퍼를, 중국과학원 성악연구소제 피에조 d33 미터(형식 ZJ-3BN)를 이용하여, 상기 접합 기관 웨이퍼의 주면과 이면에 두께 방향의 수직 진동을 주어 야기시킨 전압 파형을 관측한 바, 웨이퍼의 모든 장소에 있어서 압전 응답을 나타내는 파형이 얻어지고, d33치는 면 내 똑같이 5pC/N이었다.

[0072] 제6실시예의 박화 LT와 사파이어 웨이퍼로 이루어지는 접합 기관은 기관면 내 모두 압전성을 가지기 때문에, 단일로 분극되어 표면 탄성과 소자로서 사용 가능하다는 것이 확인되었다.

[0073] 이상 설명한 것처럼, 본 실시 형태에 관한 복합 기관(1) 및 복합 기관(1)의 제조 방법에 의하면, 압전 재료층과 지지 기관의 접합에 있어서 충분한 접합 강도를 얻는 것이 가능하게 된다.

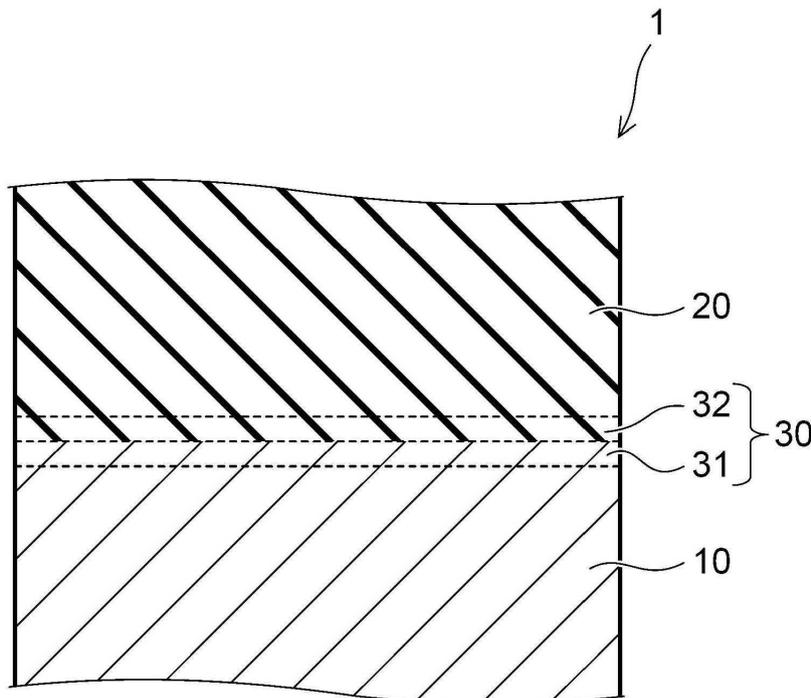
[0074] 또한, 상기에 본 실시 형태를 설명했지만, 본 발명은 이러한 예에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 전술의 각 실시 형태에 대해 당업자가 적당히 구성요소의 추가, 삭제, 설계변경을 행한 것이나, 각 실시 형태의 특징을 적당히 조합한 것도 본 발명의 요지를 구비하고 있는 한 본 발명의 범위에 함유된다.

부호의 설명

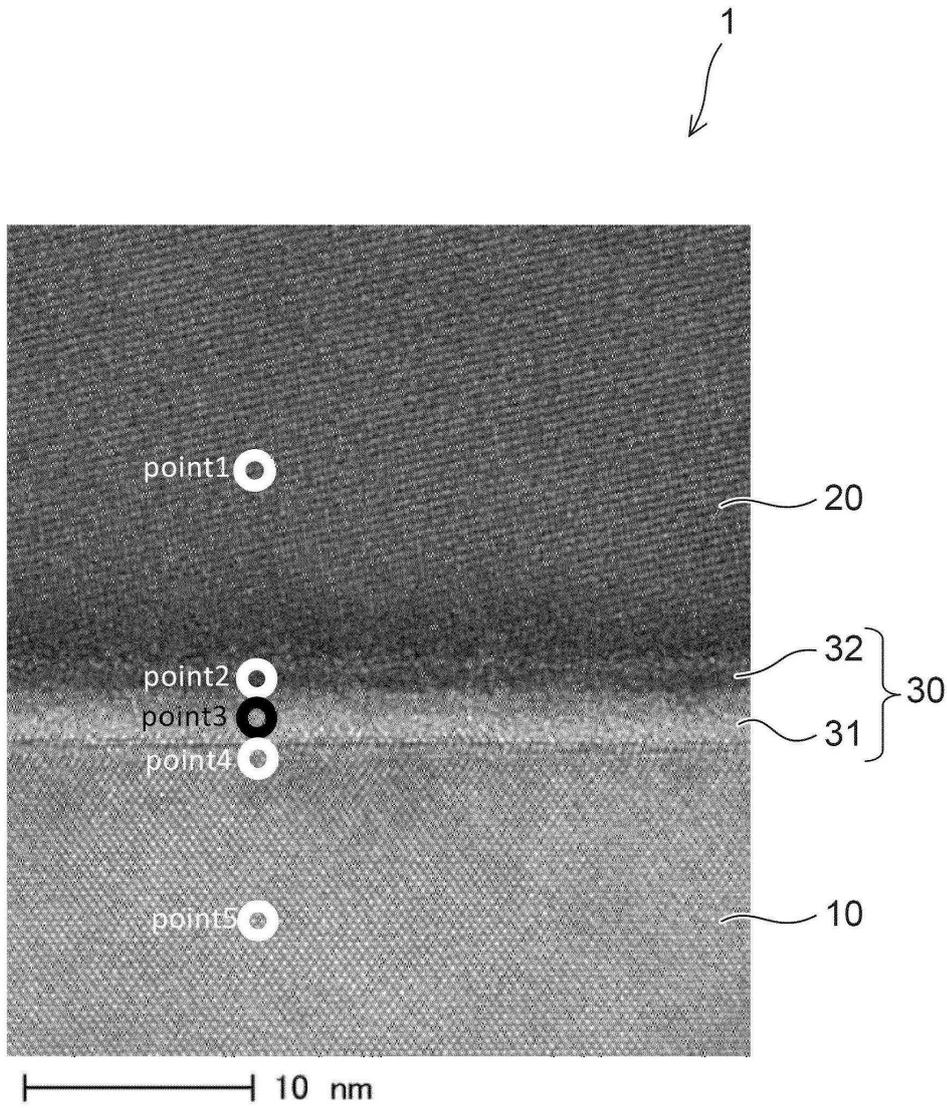
- [0075] 1...복합 기관
- 10...단결정 지지 기관
- 20...산화물 단결정층
- 30...비정질층
- 31...제1비정질 영역
- 32...제2비정질 영역

도면

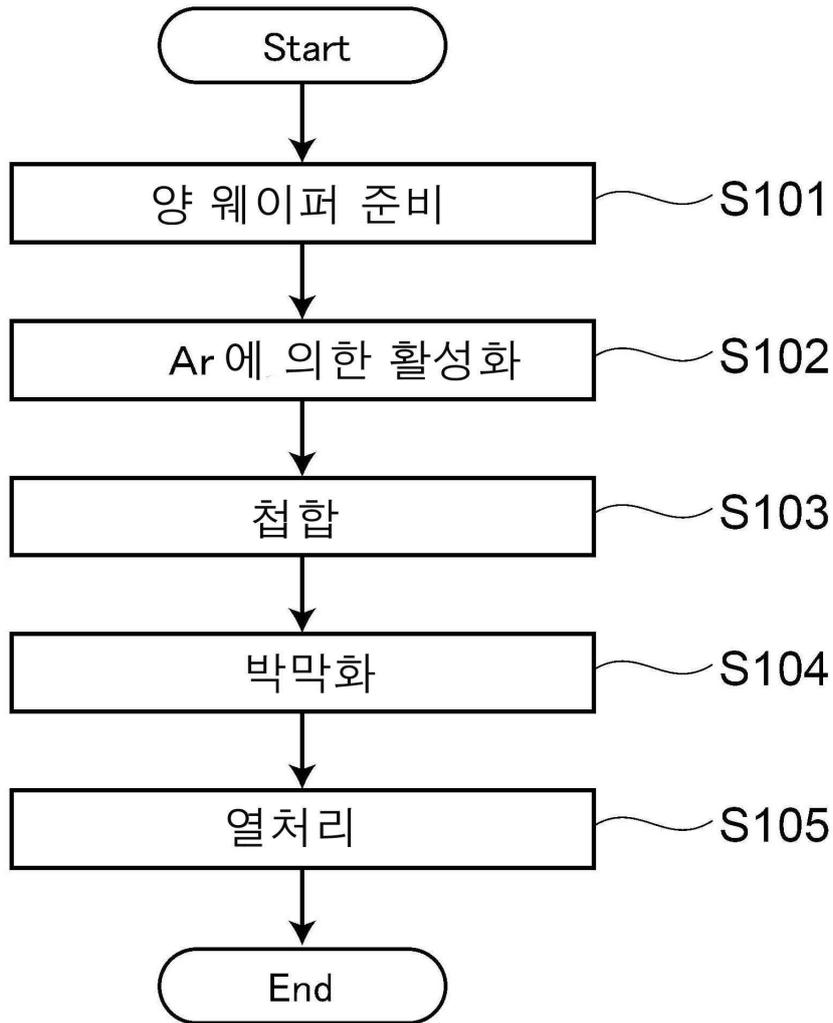
도면1



도면2

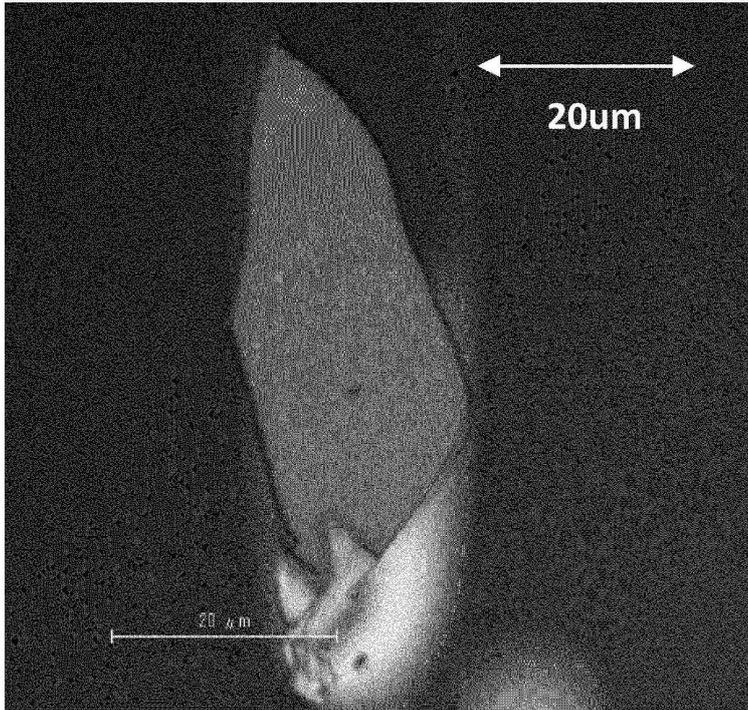


도면3

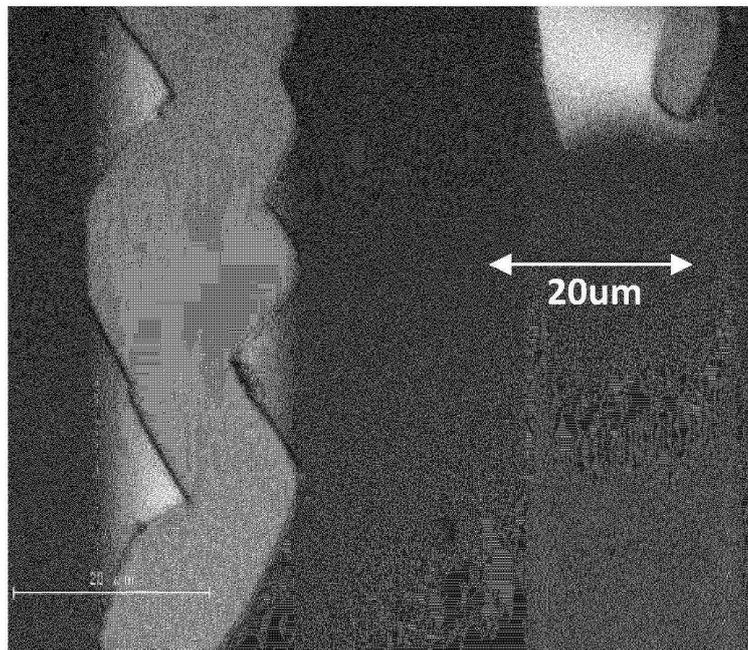


도면4

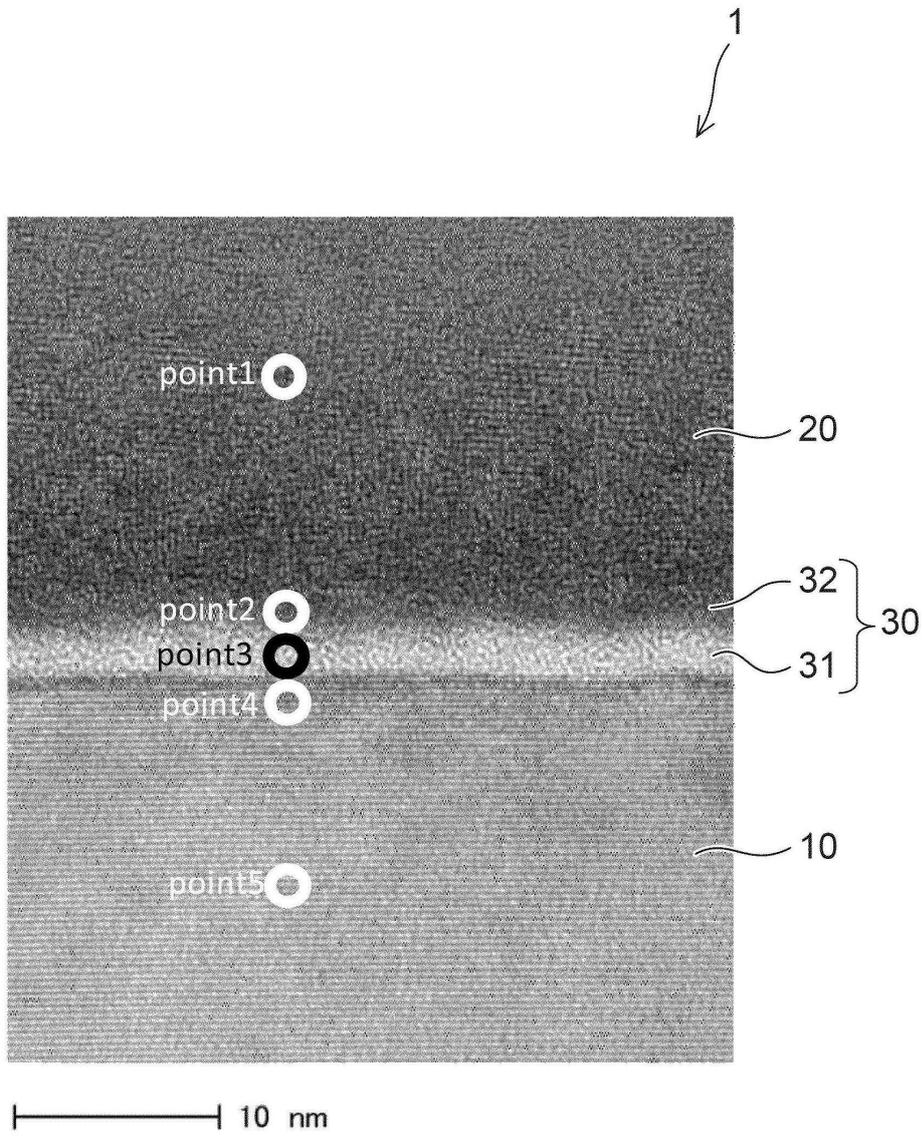
(a)



(b)



도면5



도면6

