



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년04월17일
(11) 등록번호 10-2658526
(24) 등록일자 2024년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/18 (2024.01)
H01L 21/265 (2006.01) H01L 21/324 (2017.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02403 (2013.01)
H01L 21/02598 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7033743
(22) 출원일자(국제) 2016년06월01일
심사청구일자 2021년05월10일
(85) 번역문제출일자 2017년11월22일
(65) 공개번호 10-2018-0014700
(43) 공개일자 2018년02월09일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2016/066282
(87) 국제공개번호 WO 2016/194976
국제공개일자 2016년12월08일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-112332 2015년06월02일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120025633 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자
신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 4반 1고
(72) 발명자
아키야마 쇼지
일본 3790195 군마켄 안나카시 이소베2초메 13방
1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 세이미즈
키노우자이료우켄큐쇼 내
카와이 마코토
일본 3790195 군마켄 안나카시 이소베2초메 13방
1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 세이미즈
키노우자이료우켄큐쇼 내
(74) 대리인
채종길

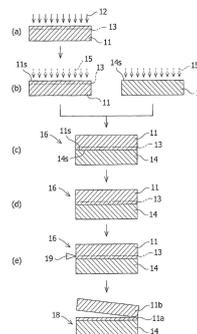
심사관 : 한상국

(54) 발명의 명칭 산화물 단결정 박막을 구비한 복합 웨이퍼의 제조 방법

(57) 요약

지지 웨이퍼와 산화물 단결정 박막의 접합 계면에 깨짐이나 벗겨짐이 없고, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 또는 니오브산리튬인 산화물 단결정의 박막이 전사된 복합 웨이퍼를 제공한다. 구체적으로는 표면으로부터 수소 원자 이온 또는 수소분자 이온을 주입하여, 산화물 단결정 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성하는 공정과, 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과 지지 웨이퍼 표면의 적어도 일방에 표면 활성화 처리를 하는 공정과, 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과 지지 웨이퍼의 표면을 접합하여 접합체를 얻는 공정과, 접합체를 90 °C 이상으로서 깨짐을 일으키지 않는 온도에서 열처리하는 공정과, 열처리한 접합체의 이온 주입층에 기계적 충격을 주는 공정으로서, 이온 주입층을 따라 박리하여 지지 웨이퍼 상에 전사된 산화물 단결정 박막을 얻는 공정을 적어도 포함하는 복합 웨이퍼의 제조 방법이다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01L 21/02694 (2013.01)

H01L 21/187 (2013.01)

H01L 21/265 (2021.01)

H01L 21/324 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2010161359 A*

KR1020150033687 A*

JP2011138932 A

KR1020100024952 A

KR1020110081771 A

KR1020110084228 A

US20130092320 A1

WO2008098404 A2

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

탄탈산리튬 웨이퍼 또는 니오브산리튬 웨이퍼인 산화물 단결정 웨이퍼의 표면으로부터 수소원자 이온 또는 수소 분자 이온을 주입하여, 상기 산화물 단결정 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성하는 공정과,

상기 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과, 상기 산화물 단결정 웨이퍼와 접합하려고 하는 지지 웨이퍼 표면의 적어도 일방에 표면 활성화 처리를 하는 공정과,

상기 표면 활성화 처리를 한 후, 상기 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과, 상기 지지 웨이퍼의 표면을 10~50℃에서 접합하여 접합체를 얻는 공정과,

상기 접합체를 90℃ 이상으로서 깨짐을 일으키지 않는 온도에서 열처리하는 공정과,

상기 열처리한 접합체의 상기 이온 주입층에 기계적 충격을 주는 공정으로서, 상기 이온 주입층을 따라 박리하여 상기 지지 웨이퍼 상에 전사된 산화물 단결정 박막을 얻는 공정을 적어도 포함하고,

상기 수소원자 이온의 주입량이 $5.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2 \sim 2.75 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^2$ 이고, 상기 수소분자 이온의 주입량이 $2.5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2 \sim 1.37 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^2$ 인, 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정 박막을 구비한 복합 웨이퍼의 제조 방법으로서,

상기 지지 웨이퍼가 사파이어, 실리콘, 산화막 부착 실리콘, 및 유리로 이루어지는 군에서 선택되는 웨이퍼이고,

상기 열처리하는 공정에 있어서의 상기 온도가, 상기 지지 웨이퍼가 사파이어 웨이퍼일 때는 90~225℃이고, 상기 지지 웨이퍼가 실리콘 웨이퍼 또는 산화막 부착 실리콘 웨이퍼일 때는 90~200℃이고, 상기 지지 웨이퍼가 유리 웨이퍼일 때는 90~110℃인 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 표면 활성화 처리가 오존수 처리, UV 오존 처리, 이온빔 처리, 및 플라즈마 처리로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 접합체를 얻기 위한 상기 접합시의 온도와, 상기 기계적 충격을 줄 때의 상기 접합체의 온도의 차가 0~40℃ 이내인 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기계적 충격을 주는 공정이, 상기 접합체의 일측 또는 양측의 표면에 보강재를 고정한 후에, 상기 이온 주입층에 상기 기계적 충격을 주는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 보강재가 진공 척, 정전 척 또는 보강관인 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 보강판이 양면 테이프에 의해 고정되는 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기계적 충격이, 상기 이온 주입층에 썸머 모양의 칼날을 접촉시키는 것으로 주어지는 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기계적 충격이, 상기 이온 주입층에 기체 혹은 액체의 유체를 뿜어내는 것으로 주어지는 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기계적 충격이, 상기 이온 주입층에 썸머 모양의 칼날을 접촉시키는 것과, 상기 이온 주입층에 기체 혹은 액체의 유체를 뿜어내는 것으로 주어지는 것을 특징으로 하는 복합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복합 웨이퍼의 제조에 관한 것이다. 보다 상세하게는 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정 박막을 구비한 복합 웨이퍼의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년, 스마트폰으로 대표되는 소형 통신기기의 분야에 있어서 통신량의 급격한 증대나 다기능화는 진행되고 있다. 통신량의 증대에 대응하여 밴드 수를 증가시키는 것이 행해지고 있는 한편, 소형 통신기기는 그 형상을 스케일업(scale up)시키지 않고 다기능화하는 것이 요구되고 있다. 따라서, 소형 통신기기에 이용되는 각종 부품은 가일층의 소형화, 고성능화가 필수로 되고 있다.

[0003] 탄탈산리튬(Lithium Tantalate: LT)이나 니오브산리튬(Lithium Niobate: LN) 등의 산화물 단결정은 일반적인 압전 재료이고, 표면탄성파(surface acoustic wave: SAW) 디바이스의 재료로서 널리 이용되고 있다. 압전 재료에 산화물 단결정을 이용한 경우, 전자적 에너지가 역학적 에너지로 변환되는 효율을 나타내는 전기 기계 결합 계수의 값이 크기 때문에 광대역화를 가능하게 하지만, 온도 안정성은 낮고, 온도 변화에 의해 대응할 수 있는 주파수가 쉬프트(shift)해 버린다. 온도에 대한 낮은 안정성은 산화물 단결정의 열팽창계수에 기인한다.

[0004] 전압 재료에 산화물 단결정을 이용한 경우의 온도 안정성을 향상시키는 방법으로서 예를 들면, 산화물 단결정 웨이퍼에 산화물 단결정보다 작은 열팽창계수를 가지는 재료, 구체적으로는 사파이어 웨이퍼를 첩합(貼合)하여, 산화물 단결정 웨이퍼측을 연삭 등으로 수 μm ~수십 μm 로 박화함으로써, 산화물 단결정의 열팽창의 영향을 억제하는 것이 제안되어 있다(비특허문헌 1). 그러나, 이 방법은 첩합한 후에 산화물 단결정 웨이퍼를 깎아들어가기 때문에, 산화물 단결정 웨이퍼의 대부분을 버려 버림으로써, 재료의 사용 효율이 나쁘다. 또, 산화물 단결정으로서 이용되는 탄탈산리튬이나 니오브산리튬은 고가의 재료이므로, 생산 비용을 억제하기 위해서도 제품에의 이용 효율이 높아 폐기하는 양이 적은 수법이 바람직하다.

[0005] SOI 웨이퍼의 제조 수법, 예를 들면 스마트컷(Smart-Cut)법은 단적으로 말하면, 수소이온층을 형성한 실리콘 웨이퍼에 지지 웨이퍼를 접합한 후에, 500℃ 전후의 열처리를 가함으로써 이온 주입층을 열적으로 박리시키는 방법이다(특허문헌 1). 산화물 단결정 웨이퍼의 제품에의 이용 효율을 올리기 위해, 스마트컷법의 실리콘 웨이퍼 대신에 산화물 단결정 웨이퍼를 적용하여, 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정의 박막을 형성하는 것이 시도되고 있다(비특허문헌 2, 3).

[0006] 비특허문헌 2는 이온 주입층을 형성한 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면에 두께 121nm의 Cr 금속층을 형성하고, 금속층을 개재하여 두께 수백nm의 SiO₂ 기판과 접합하고, 200~500℃에서 열처리하여 이온 주입층에서 박리시키고, 금속층을 개재하여 SiO₂ 기판 상에 탄탈산리튬 박막을 전사한 후에, SiO₂ 기판의 탄탈산리튬 박막을 전사한 면의 반대측에 탄탈산리튬 웨이퍼를 접합하여, LTMOI(lithium-tantalate-metal-on-insulator) 구조를 제작하는 것을 보고하고 있다. 또, 비특허문헌 3은 이온 주입층을 형성한 탄탈산리튬 웨이퍼에 실리콘 웨이퍼를 접합하고, 200℃에서 열처리하여 이온 주입층에서 박리시켜, 실리콘 웨이퍼 상에 탄탈산리튬 박막을 열적으로 전사한 것을 보고하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본국 특허 제3048201호 공보

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) 타이요유덴주식회사, “스마트폰의 RF 프론트 엔드에 이용되는 SAW-Duplexer의 온도 보상 기술”, [online], 2012년 11월 8일, 전자신문하이테크놀로지, [2015년 3월 20일 검색], 인터넷(URL: <http://www.yuden.co.jp/jp/product/tech/column/20121108.html>)

(비특허문헌 0002) A Tauzin 등, “3-inch single-crystal LiTaO₃ films onto metallic electrode using Smart Cut TM technology”, Electric Letters, 19th June 2008, Vol. 44, No. 13, p. 822

(비특허문헌 0003) Weill Liu 등, “Fabrication of single-crystalline LiTaO₃ film on silicon substrate using thin film transfer technology”, J. Vac. Sci. Technol. B26(1), Jan/Feb 2008, p. 206

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 탄탈산리튬(LT)이나 니오브산리튬(LN) 등의 산화물 단결정은 단단하고 또한 매우 깨지기 쉬운 것이고, 또 도 6에 나타내듯이, 실리콘, 유리 및 사파이어와 비교하여 열팽창계수가 매우 크다. 이 때문에 산화물 단결정은 실리콘, 유리 및 사파이어 등의 이종의 웨이퍼와 접합한 후에 고온에서 열처리하면, 양 웨이퍼의 열팽창계수의 차에 의해, 접합한 웨이퍼 사이에서 벗겨짐이나 깨짐이 발생해 버린다고 하는 문제가 있다. 예를 들면, 탄탈산리튬과, 일반적으로 지지 웨이퍼로서 이용되는, 특히 열팽창계수가 큰 사파이어의 차는, 도 6에서 확인할 수 있는 바와 같이, $7 \times 10^{-6}/K(=7ppm/K)$ 이상이나 된다.

[0010] 비특허문헌 2는 탄탈산리튬의 웨이퍼와 박막 사이에, 금속층과 SiO₂ 기판을 끼우는 구조로 함으로써, 열처리시에 열팽창의 차에 의한 웨이퍼의 벗겨짐이나 깨짐을 억제하여, 탄탈산리튬 박막의 전사를 가능하게 하는 보고이다. 그러나, 이 방법에서는 하지(下地)의 기판을 박막과 같은 탄탈산리튬으로 하기 때문에, 상술한 압전 재료로서의 과제인 온도 안정성은 해결할 수 없다. 또, 열처리를 200℃ 이상으로 하지 않으면 박막을 전사할 수가 없다. 또한, 금속층을 끼워넣는 구조이기 때문에 적용 가능한 용도는 제한된다. 또, 웨이퍼의 깨짐을 억제하기 위해 고가의 탄탈산리튬을 필요 이상으로 사용하지 않으면 안되어 제조 비용이 높아진다.

[0011] 비특허문헌 3은 열처리를 200~800℃에서 시도했다고 기재하고 있지만, 구체적으로 스마트컷법을 이용하여 실리콘 웨이퍼 상에 탄탈산리튬 박막을 전사한 예로서는 200℃뿐이고, 또 이 예에 있어서, 실리콘 웨이퍼의 전면에

탄탈산리튬 박막을 전사할 수 있었는지 아닌지에 대해서는 기재되지 않았다. 본 발명자들은 비특허문헌 3과 마찬가지로의 수법을 이용하여, 200℃에서의 열처리에 의한 박리에 대한 검증 실험을 행한 바, 탄탈산리튬 박막은 실리콘 웨이퍼의 전면에는 전사되지 않고, 매우 일부분에 대해서만 전사가 인지되었다. 특히, 실리콘 웨이퍼의 외주 부분에 있어서는 탄탈산리튬 박막이 전혀 전사되지 않았다. 이것은 열처리 중에 양 웨이퍼의 열팽창의 차에 기인하여 첩합 웨이퍼의 휨이 생겨, 실리콘 웨이퍼의 외주 부분에 있어서 탄탈산리튬 웨이퍼와의 첩합 계면으로부터 벗겨진 것이라고 생각된다. 또, 열처리 온도를 200℃ 이상으로 한 경우에 대해서도, 상술한 것처럼, 양 웨이퍼의 열팽창의 차에 기인한 첩합 웨이퍼의 휨을 억제할 수 없어, 실리콘 웨이퍼의 전면에 탄탈산리튬 박막을 안정적으로 전사할 수가 없다고 추측한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명자들은 예의 검토를 행한 결과, 예상에 반하여, 열팽창계수가 가까운 재료를 조합하여 응력의 발생을 억제하는 종래의 접근과는 달리, 감히 산화물 단결정과 열팽창계수가 크게 다른(구체적으로는 산화물 단결정보다 7ppm/K 이상 열팽창계수가 작은) 재료를 지지 웨이퍼로서 선택함으로써, 저비용, 또한 첩합 계면에서 벗겨짐이나 깨짐이 생기기 어려운, 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정 박막을 구비한 복합 웨이퍼의 제조 방법을 알아냈다. 구체적으로는 소정의 수소이온 주입량을 이용하여 이온 주입층을 형성한 산화물 단결정 웨이퍼와, 산화물 단결정보다 열팽창계수가 작은 지지 웨이퍼를, 표면 활성화 처리 등으로 웨이퍼간에 결합력을 부여한 상태로 첩합하고, 열박리를 발생시키지 않을 정도의 저온에서 열처리를 가한 후에, 이온 주입층에 물리적인 충격을 줌으로써, 이온 주입층의 취화(脆化)를 단번에 진행하여 박리시키는 것을 알아냈다.
- [0013] 즉, 본 발명은, 일태양에 의하면,
- [0014] 탄탈산리튬 웨이퍼 또는 니오브산리튬 웨이퍼인 산화물 단결정 웨이퍼의 표면으로부터 수소원자 이온 또는 수소 분자 이온을 주입하여, 상기 산화물 단결정 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성하는 공정과,
- [0015] 상기 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과, 상기 산화물 단결정 웨이퍼와 첩합하려고 하는 지지 웨이퍼 표면의 적어도 일방에 표면 활성화 처리를 하는 공정과,
- [0016] 상기 표면 활성화 처리를 한 후, 상기 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과, 상기 지지 웨이퍼의 표면을 첩합하여 첩합체를 얻는 공정과,
- [0017] 상기 첩합체를 90℃ 이상으로서서 깨짐을 일으키지 않는 온도에서 열처리하는 공정과,
- [0018] 상기 열처리한 첩합체의 상기 이온 주입층에 기계적 충격을 주는 공정으로서, 상기 이온 주입층을 따라 박리하여 상기 지지 웨이퍼 상에 전사된 산화물 단결정 박막을 얻는 공정을 적어도 포함하고,
- [0019] 상기 수소원자 이온의 주입량이 $5.0 \times 10^{16} \text{atom/cm}^2 \sim 2.75 \times 10^{17} \text{atom/cm}^2$ 이고, 상기 수소분자 이온의 주입량이 $2.5 \times 10^{16} \text{atoms/cm}^2 \sim 1.37 \times 10^{17} \text{atoms/cm}^2$ 인, 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정 박막을 구비한 복합 웨이퍼의 제조 방법을 제공할 수가 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 제조 방법에 의하면, 지지 웨이퍼와 산화물 단결정 박막의 첩합 계면에서의 밀착성이 높고, 또한 벗겨짐이나 깨짐이 생기기 어렵고, 지지 웨이퍼 상의 전면에 균일한 두께의 산화물 단결정 박막이 전사된 복합 웨이퍼를 얻을 수 있다. 또, 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정 박막을 전사하여 분리한 후의 산화물 단결정 웨이퍼를 재차 복합 웨이퍼의 제조에 이용할 수가 있어 저비용화하는 것이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일태양의 복합 웨이퍼의 제조 방법의 모식도이다.
- 도 2는 본 발명의 기계적 충격을 주는 공정에 있어서 보강 지그(jig)를 이용한 경우의 일태양의 배치도이다.
- 도 3은 본 발명의 기계적 충격을 주는 공정에 있어서 보강 지그를 이용한 경우의 다른 태양의 배치도이다.
- 도 4는 본 발명의 기계적 충격을 주는 공정에 있어서 보강 지그를 이용한 경우의 다른 태양의 배치도이다.
- 도 5는 본 발명의 기계적 충격을 주는 공정에 있어서 보강 지그를 이용한 경우의 다른 태양의 배치도이다.

도 6은 각종 재료의 열팽창계수를 비교한 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명을 실시하기 위한 형태를 상세히 설명하지만, 본 발명의 범위는 이 형태에 한정되는 것은 아니다.
- [0023] 본 발명은, 일태양에 의하면, 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정 박막을 구비한 복합 웨이퍼의 제조 방법에 관한 것이다.
- [0024] 지지 웨이퍼는 예를 들면, 첩합하는 산화물 단결정 웨이퍼의 열팽창계수보다 7ppm/K 이상 작은 재료로 이루어지는 웨이퍼라도 좋다. 지지 웨이퍼는 사파이어 웨이퍼, 실리콘 웨이퍼, 산화막 부착 실리콘 웨이퍼 및 유리 웨이퍼 등을 들 수 있다. 지지 웨이퍼의 크기는 특히 한정되는 것은 아니지만, 예를 들면 직경 75~150mm, 두께 0.2~0.8mm의 웨이퍼라도 좋다. 지지 웨이퍼는 시판되고 있는 것을 이용해도 좋지만, 특히 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 산화막 부착 실리콘 웨이퍼는 적어도 첩합하는 표면에 산화막을 가지는 실리콘 웨이퍼이고, 실리콘 웨이퍼를 대기 분위기하 700~1200℃에서 열처리함으로써, 실리콘 웨이퍼의 표면 상에 산화막을 제작해도 좋다. 산화막 부착 실리콘 웨이퍼의 산화막의 두께는 특히 한정되는 것은 아니지만, 10~500nm인 것이 바람직하다.
- [0025] 산화물 단결정은 리튬과, 탄탈 또는 니오브 등의 금속 원소와, 산소로 이루어지는 화합물로서, 예를 들면 탄탈 산리튬(LiTaO₃)이나 니오브산리튬(LiNbO₃)을 들 수 있다. 산화물 단결정은 특히 레이저 소자 혹은 압전 소자, 표면탄성과 소자 등의 용도에 있어서, 탄탈산리튬 단결정 또는 니오브산리튬 단결정인 것이 바람직하다. 산화물 단결정은 통상, 웨이퍼의 형상으로 이용된다. 산화물 단결정 웨이퍼의 크기는 특히 한정되는 것은 아니지만, 예를 들면 직경 75~150mm, 두께 0.2~0.8mm의 웨이퍼라도 좋다. 산화물 단결정 웨이퍼는 시판되고 있는 것을 이용해도 좋지만, 초크랄스키법 등을 이용한 이미 보고된 제조 방법(예를 들면 일본국 특허공개 2003-165795호, 일본국 재공표 2004-079061호)을 그대로 이용하여 또는 그들에 기재되는 공정을 조합하여 제작해도 좋다.
- [0026] 지지 웨이퍼 및 산화물 단결정 웨이퍼는 첩합하는 표면에 있어서, 표면거칠기 RMS가 1.0nm 이하인 것이 바람직하다. 표면거칠기 RMS가 1.0nm보다 크면 첩합 계면에 공극이 생겨 벗겨짐의 원인으로 되는 경우가 있다. 이 때문에 표면거칠기 RMS가 1.0nm보다 큰 경우는 화학 기계 연마(Chemical Mechanical Polishing: CMP)에 의해 소망의 표면거칠기로 해도 좋다. 또한, 표면거칠기 RMS는 예를 들면 원자간력 현미경(Atomic Force Microscopy: AFM)에 의해 평가할 수 있다.
- [0027] 산화물 단결정 웨이퍼는 그 표면으로부터 수소이온을 주입하여, 산화물 단결정 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한다. 이온 주입층은 산화물 단결정 웨이퍼의 표면으로부터 소망의 깊이에 이온 주입층을 형성할 수 있을 것 같은 주입 에너지로, 소정 선량의 수소원자 이온(H⁺) 또는 수소분자 이온(H₂⁺)을 주입함으로써 형성된다. 이때의 조건으로서 예를 들면 주입 에너지는 50~200keV로 할 수가 있다. 수소원자 이온(H⁺)의 경우, 주입량은 5.0 × 10¹⁶ atom/cm² ~ 2.75 × 10¹⁷ atom/cm²이다. 5.0 × 10¹⁶ atom/cm² 미만이면, 후의 공정에서 이온 주입층의 취화가 일어나지 않는다. 2.75 × 10¹⁷ atom/cm²를 초과하면, 이온 주입시에 이온 주입한 면에 있어서 마이크로캐비티(microcavity)가 생겨, 웨이퍼 표면에 요철이 형성되어 소망의 표면거칠기가 얻어지지 않게 된다. 또, 수소분자 이온(H₂⁺)의 경우, 주입량은 2.5 × 10¹⁶ atoms/cm² ~ 1.37 × 10¹⁷ atoms/cm²이다. 2.5 × 10¹⁶ atoms/cm² 미만이면, 후의 공정에서 이온 주입층의 취화가 일어나지 않는다. 1.37 × 10¹⁷ atoms/cm²를 초과하면, 이온 주입시에 이온 주입한 면에 있어서 마이크로캐비티가 생겨, 웨이퍼 표면에 요철이 형성되어 소망의 표면거칠기가 얻어지지 않게 된다. 수소원자 이온의 주입량은 수소분자 이온의 주입량의 2배라도 좋다.
- [0028] 다음에, 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과, 산화물 단결정 웨이퍼와 첩합하려고 하는 지지 웨이퍼 표면의 적어도 일방에 표면 활성화 처리를 한다. 표면 활성화 처리를 하는 표면은 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과, 산화물 단결정 웨이퍼와 첩합하려고 하는 지지 웨이퍼 표면의 양방이라도 좋고, 적어도 일방이다. 표면 활성화 처리를 함으로써, 첩합한 후에 접합 강도를 높이기 위한 고온에서의 열처리를 이용하지 않아도 좋고, 비교적 저온에서도 소망의 접합 강도를 얻을 수 있다. 특히, 탄탈산리튬이나 니오브산리튬 등의 단단하고 깨지기 쉬운 산화물 단결정 웨이퍼와, 산화물 단결정 웨이퍼와 비교하여 열팽창계수가 매우 작은 지지 웨이퍼를 이용하여, 상술한 것처럼 표면 활성화 처리를 하여 첩합한 경우, 후의 비교적 저온에서의 열처리에 의해, 산화물 단결정 웨이퍼와 지지 웨이퍼의 열팽창계수의 차로부터, 첩합 계면과 병행하게 되는 방향으로 발생한 큰 전

단응력이, 표면 활성화 처리에 의해 전단응력에 대항할 수 있는 것에 충분한 접합 강도를 부여한 접합 계면이 아니라, 이온 주입층에 있어서 박리하지 않을 정도로 파괴를 촉진할 수가 있다.

[0029] 표면 활성화 처리의 방법으로는 오존수 처리, UV 오존 처리, 이온빔 처리 및 플라즈마 처리 등을 들 수 있다. 오존으로 처리를 하는 경우는 예를 들면, 순수 중에 오존 가스를 도입하여 오존수로 하고, 오존수 중에 웨이퍼를 침지시킴으로써, 활성인 오존으로 표면을 활성화할 수가 있다. 또, UV 오존 처리를 하는 경우는 예를 들면, 대기 혹은 산소 가스에 단파장의 UV광(예를 들면 파장 195nm 정도)을 조사하여 활성인 오존을 발생시킨 분위기 중에 웨이퍼를 보지(保持)함으로써 표면을 활성화할 수가 있다. 이온빔 처리를 하는 경우는 예를 들면, 고진공 중(예를 들면 1×10^{-5} Pa 미만)에서 Ar 등의 이온빔을 웨이퍼 표면에 쬐여, 활성도가 높은 땀글링 본드(dangling bond)를 노출시킴으로써 행할 수가 있다. 플라즈마로 처리를 하는 경우, 예를 들면, 진공 챔버 중에 웨이퍼를 놓고, 플라즈마용 가스를 감압(예를 들면 0.2~1.0mTorr)하에서 5~60초 정도 쬐어 표면을 플라즈마 처리한다. 플라즈마용 가스로서는 표면을 산화하는 경우에는 산소 가스, 산화하지 않는 경우에는 수소 가스, 질소 가스, 아르곤 가스 또는 이들의 혼합 가스를 이용할 수가 있다. 플라즈마로 처리함으로써 웨이퍼 표면의 유기물이 산화하여 제거되고, 또한 표면의 OH기가 증가하여 활성화한다.

[0030] 다음에, 표면 활성화 처리를 한 후, 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면과 지지 웨이퍼의 표면을 접합하여 접합체를 얻는다. 산화물 단결정 웨이퍼와 지지 웨이퍼를 접합할 때의 온도는 실온 근방(실온을 포함한다)의 온도, 예를 들면 10~50℃에서 행하는 것이 바람직하다. 최종 제품인 복합 웨이퍼는 실온 전후에서 이용되는 것이 많아, 접합할 때 이 온도역에 준거하고 있는 것이 바람직하다. 또한, 접합할 때의 온도는 접합을 행하는 장소의 온도, 즉 주위 또는 장치 내의 분위기 온도라도 좋다. 접합할 때의 온도는 예를 들면 접합 장치 내의 분위기 온도를 설정함으로써 제어할 수가 있다. 또한, 실온은 대상물에 가열도 냉각도 행하지 않는 주위 온도이고, 특히 한정되지 않지만, 예를 들면 10~30℃, 바람직하게는 25℃ 전후이다.

[0031] 다음에, 접합체를 90℃ 이상으로서, 예를 들면 접합 계면에 깨짐을 일으키지 않는 온도에서 열처리한다. 90℃ 미만이면, 산화물 단결정 웨이퍼와 지지 웨이퍼의 접합 계면에서의 접합 강도가 불충분하게 되어, 접합 계면에서 벗겨짐이 생기는 경우가 있다. 열처리의 온도는 이용하는 지지 웨이퍼에 맞추어 변화시켜도 좋다. 열처리하는 공정에 있어서의 온도는 예를 들면, 지지 웨이퍼가 사파이어 웨이퍼인 경우는 바람직하게는 90~225℃이고, 보다 바람직하게는 90~200℃이다. 지지 웨이퍼가 실리콘 웨이퍼 또는 산화막 부착 실리콘 웨이퍼인 경우는 바람직하게는 90~200℃이고, 보다 바람직하게는 90~175℃이다. 또, 지지 웨이퍼가 유리 웨이퍼인 경우는 바람직하게는 90~110℃이고, 보다 바람직하게는 90~100℃이다. 접합체를 90℃ 이상으로서 깨짐을 일으키지 않는 온도에서 열처리함으로써, 지지 웨이퍼와 산화물 단결정 웨이퍼의 접합 계면에서의 접합력을 향상시킬 뿐만 아니라, 후의 공정에 있어서 이온 주입층을 취화하기 쉽게 하는 것도 가능하게 된다. 열처리 수단으로서의 예를 들면 열처리로나 오븐 등을 들 수 있지만, 특히 한정되지 않는다. 또한, 접합체의 온도는 예를 들면 열처리 장치 내에 부수하는 열전대 등을 이용하여, 노(爐)나 오븐 내의 분위기 온도를 측정할 온도라도 좋다. 상기 온도에서의 열처리의 시간은 깨짐이나 박리를 일으키지 않으면 특히 한정되지 않고, 10분으로부터 수십 시간, 예를 들면 100시간까지도 해도 좋다. 예를 들면, 열처리 온도가 90℃ 이상 110℃ 미만인 경우, 10분간~100시간으로 하는 것이 바람직하고, 열처리 온도가 110℃ 이상 175℃ 미만인 경우, 10분간~60시간으로 하는 것이 바람직하고, 열처리 온도가 175℃ 이상 200℃ 미만인 경우, 10분간~24시간으로 하는 것이 바람직하고, 열처리 온도가 200℃ 이상 225℃ 미만인 경우, 10분간~12시간으로 하는 것이 바람직하다. 본 발명에 의하면, 접합체에 보호 웨이퍼를 구비하지 않고 열처리할 수가 있기 때문에 공정을 보다 간이화하는 것이 가능하다.

[0032] 열처리한 접합체는 실온 근방(실온을 포함한다)의 온도, 예를 들면 10~50℃로 되도록 생각하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 열처리한 접합체를, 25℃로 조절할 방에서 가만히 두어 소망의 온도로 해도 좋다. 접합체를 접합시와 마찬가지로의 실온 근방의 온도로 함으로써, 접합체의 응력을 저감할 수 있어, 후의 기계적 충격을 주는 공정에 있어서 접합체의 깨짐이나 결함을 생기기 어렵게 하는 것이 가능하게 된다.

[0033] 다음에, 열처리 후의 접합체의 이온 주입층에 기계적 충격을 주어 이온 주입층을 따라 박리하여, 지지 웨이퍼 상에 산화물 단결정 박막을 전사한다. 기계적 충격을 주는 수단은 특히 한정되는 것은 아니지만, 예각인 도구나 췌기 모양의 예각인 칼날 등의 박리 기구를 이용해도 좋고, 기체 혹은 액체 등의 유체의 제트(jet)를 이용해도 좋다. 예각인 도구나 췌기 모양의 예각인 칼날 등의 박리 기구는 특히 한정되지 않지만, 플라스틱(예를 들면 폴리에테르에테르케톤)이나 금속, 지르코니아, 실리콘, 다이아몬드 등으로 제작해도 좋다. 또, 예각인 도구로서는 췌기나 가위 등의 칼날을 이용해도 좋다. 기체 혹은 액체 등의 유체의 제트로서는 특히 한정되지 않지만, 예를 들면 유속 10~1000L/min 정도의 고압 에어나 고압수의 제트를 이용해도 좋다. 유체의 제트는 예를 들면, 접합체

의 이온 주입층의 단부로부터 연속적 또는 단속적으로 뿜어내도 좋다.

- [0034] 기계적 충격을, 예를 들면, 접합체의 측면, 예를 들면 이온 주입층의 단부에 썰기 모양의 칼날을 접촉시키는 또는 삽입하는 것으로 주어, 이온 주입층을 따라 박리해도 좋다. 또, 기계적 충격을, 예를 들면, 접합체의 이온 주입층의 단부로부터 기체 혹은 액체의 유체, 예를 들면 고압 에어나 고압수의 제트를 연속적 또는 단속적으로 뿜어내는 것으로 주어, 이온 주입층을 따라 박리해도 좋다. 또한, 예를 들면, 접합체의 이온 주입층의 단부에 썰기 모양의 칼날을 접촉시킨 상태로, 칼날을 접촉시킨 동일한 측면으로부터 기체 혹은 액체의 유체, 예를 들면 고압 에어나 고압수의 제트를 연속적 또는 단속적으로 뿜어냄으로써, 이온 주입층을 따라 박리해도 좋다. 박리는 일단부로부터 타단부로 향하는 벽개에 의하는 것이 바람직하다.
- [0035] 접합체의 이온 주입층에 기계적 충격을 주기 전에, 경우에 따라, 접합체의 일측 또는 양측의 표면에 보강재를 고정하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 보강재를, 접합체의 지지 웨이퍼측의 측면, 또는 접합체의 산화물 단결정 웨이퍼측의 측면, 혹은 접합체의 지지 웨이퍼측과 산화물 단결정 웨이퍼측 양방의 측면의 표면에 부착하고도 좋다. 보강재로서는 바람직하게는 진공 척(chuck), 정전 척, 보강판, 또는 보호 테이프이다. 진공 척은 특히 한정되는 것은 아니고, 다공질 폴리에틸렌, 알루미늄나 등의 진공 척을 들 수 있다. 정전 척은 특히 한정되는 것은 아니고, 탄화규소나 질화알루미늄 등의 세라믹스체의 정전 척을 들 수 있다. 진공 척 및 정전 척의 형상은 특히 한정되는 것은 아니지만, 접합체의 직경보다 큰 것이 바람직하다. 보강판은 특히 한정되는 것은 아니지만, 플라 스틱이나 금속, 세라믹스 등으로 제작해도 좋다. 보강판의 형상은 특히 한정되는 것은 아니지만, 접합체의 직경보다 큰 것이 바람직하다. 보강판은 예를 들면 양면 테이프에 의해 접합체에 고정되어도 좋다. 보호 테이프는 특히 재질, 두께 등에 한정되지 않고, 반도체 제조 공정에서 이용되는 다이싱 테이프나 BG 테이프 등을 사용할 수 있다. 보강재를 이용함으로써, 접합체에 기계적 충격을 주었을 때에 이온 주입층 이외에서의 박리나 접합체의 깨짐을 보다 방지하여 확실히 박리를 행할 수가 있다.
- [0036] 기계적 충격을 주는 공정에 있어서 접합체의 이온 주입층에 기계적 충격을 줄 때의 구체적인 태양을 도 2~5에 나타낸다. 도 2에 나타내듯이, 접합체(26)의 지지 웨이퍼(24)측의 표면(24s)을 진공 척(30a)으로 고정 스테이지(31) 상에 고정된 상태로, 접합체(26)의 이온 주입층(23)의 단부에 썰기 모양의 칼날(29)을 접촉시킴으로써, 이온 주입층(23)에 의해 박리해도 좋다. 또, 썰기 모양의 칼날(29) 대신에 고압 에어 또는 고압수를 이용하여 접합체의 측면, 예를 들면 이온 주입층의 단부로부터 뿜어냄으로써 박리해도 좋다. 기계적 충격을 주는 것으로서 고압 에어 또는 고압수를 이용하는 경우, 먼저, 접합체의 이온 주입층의 단부에 썰기 모양의 칼날을 접촉시켜 이온 주입층의 단부에 간극을 확보하고 나서 행해도 좋다.
- [0037] 도 3에 나타내듯이, 접합체(26)의 지지 웨이퍼(24)측의 표면(24s)을 진공 척(30a)으로 고정 스테이지(31) 상에 고정하고, 접합체(26)의 산화물 단결정 웨이퍼(21)측의 표면(21s)에 양면 테이프(32)를 이용하여 보강판(30b)을 설치한 상태로, 접합체(26)의 이온 주입층(23)의 단부에 썰기 모양의 칼날(29)을 접촉시킴으로써, 이온 주입층(23)에 의해 박리해도 좋다. 또한, 접합체의 산화물 단결정 웨이퍼측의 표면에 부착한 보강판은 진공 척 타입이라도 좋다.
- [0038] 도 4에 나타내듯이, 접합체(26)의 지지 웨이퍼(24)측의 표면(24s)을 진공 척(30a)으로 고정 스테이지(31) 상에 고정하고, 접합체(26)의 산화물 단결정 웨이퍼(21)측의 표면(21s)에 진공 패드(30c)를 부착하여 상방으로 예를 들면 2~10kg의 힘으로 끌어당긴 상태로, 접합체(26)의 이온 주입층(23)의 단부에 썰기 모양의 칼날(29)을 접촉시킴으로써, 이온 주입층(23)에 의해 박리해도 좋다. 또, 도 5에 나타내듯이, 접합체(26)의 지지 웨이퍼(24)측의 표면(24s)을 진공 척(30a)으로 고정 스테이지(31) 상에 고정하고, 접합체(26)의 산화물 단결정 웨이퍼(21)측의 표면(21s)에 양면 테이프(32)를 이용하여 보강판(30b)을 설치하고, 또한 보강판(30b)의 표면에 진공 패드(30c)를 부착하고 상방으로 예를 들면 2~10kg의 힘으로 끌어당긴 상태로, 접합체(26)의 이온 주입층(23)의 단부에 썰기 모양의 칼날(29)을 접촉시킴으로써, 이온 주입층(23)에 의해 박리해도 좋다. 또한, 도 4 및 5에 있어서 이용한 진공 패드는 웨이퍼 표면에 흡반으로 부착되는 지그이면 특히 한정되지 않고 대응해도 좋다. 도 2~5에 있어서는 접합체의 지지 웨이퍼측을 고정하는 태양을 나타내고 있지만, 접합체의 상하를 역으로 두어, 산화물 단결정 웨이퍼측을 고정하는 태양으로 해도 마찬가지로의 효과가 얻어진다.
- [0039] 기계적 충격을 주는 공정에 있어서, 접합체에 기계적 충격을 줄 때의 접합체의 온도는 가열이나 냉각을 행하지 않고, 혹은 가열이나 냉각을 행하여 실온 근방(실온을 포함한다)의 온도, 예를 들면 10~50℃로 하는 것이 바람직하고, 25~30℃로 하는 것이 보다 바람직하다. 기계적 충격을 줄 때의 접합체의 온도는 주위의 분위기 온도, 예를 들면 열처리 장치 내에 부수하는 열전대 등을 이용하여, 노나 오븐 내의 분위기 온도를 측정한 온도라도 좋고, 작업장의 실내의 온도라도 좋다. 접합체에 기계적 충격을 줄 때의 접합체의 온도는 상술한 접합체를 얻는

공정에 있어서의 접합할 때의 온도와의 사이에 소정의 바람직한 온도 범위를 가지고 있다. 예를 들면, 접합체를 얻기 위한 접합시의 온도와 기계적 충격을 줄 때의 접합체의 온도의 차는 바람직하게는 0~40℃ 이내이고, 차가 0℃에 가까울수록 바람직하다. 소정의 바람직한 온도 범위를 초과하면, 접합체의 접합 계면에 벗겨짐이나 깨짐이 생기는 경우가 있다. 접합할 때와 기계적 충격을 줄 때의 접합체의 온도의 차를 소정의 범위로 함으로써, 기계적 충격을 주는 공정에 있어서 열팽창에 기인하는 힘의 응력을 최소한으로 할 수가 있어, 결함 등의 발생이 극력 억제될 수 있다. 또한, 접합체를 얻는 공정은 청정실 등의 환경하(25~30℃)에서 행하는 것이 일반적이고, 이 경우 기계적 충격을 주는 공정에 대해서도 동일한 분위기 온도, 즉 25~30℃ 정도에서 행하는 것이 바람직하다.

[0040] 이상의 수법을 이용함으로써, 지지 웨이퍼와 지지 웨이퍼 상의 탄탈산리튬 박막 또는 니오브산리튬 박막인 산화물 단결정 박막을 구비한 복합 웨이퍼가 얻어진다. 얻어진 복합 웨이퍼의 산화물 단결정 박막의 두께는 수소이온 주입시의 수소이온의 주입 깊이에 대응하여 100~1000nm인 것이 바람직하다.

[0041] 본 발명에 관한 복합 웨이퍼의 제조 공정은 특히 한정되는 것은 아니지만, 그 일태양을 도 1에 나타낸다. 산화물 단결정 웨이퍼(11)의 표면으로부터 수소이온(12)을 주입하여, 산화물 단결정 웨이퍼(11)의 내부에 이온 주입층(13)을 형성한다(공정 a). 산화물 단결정 웨이퍼(11)의 이온 주입한 표면(11s)과, 산화물 단결정 웨이퍼와 접합하는 지지 웨이퍼(14)의 표면(14s)의 양방에, 이온빔(15)을 조사하여 표면 활성화 처리를 한다(공정 b). 표면 활성화 처리를 한 후, 산화물 단결정 웨이퍼의 이온 주입한 표면(11s)과, 산화물 단결정 웨이퍼와 접합하는 지지 웨이퍼의 표면(14s)을 접합하여 접합체(16)를 얻는다(공정 c). 얻어진 접합체(16)를 90℃ 이상의 온도에서 열처리한다(공정 d). 열처리한 접합체(16)의 측면, 즉 이온 주입층(13)의 단부에 쉘 모양의 칼날(19)을 접촉시켜 이온 주입층(13)을 따라 산화물 단결정 웨이퍼의 일부(11b)를 박리하여, 지지 웨이퍼(14) 상에 산화물 단결정 박막(11a)을 전사함으로써 복합 웨이퍼(18)를 얻을 수 있다(공정 e).

[0042] 실시예

[0043] <실험 1>

[0044] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 사파이어 웨이퍼를 이용하였다. 산화물 단결정 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 탄탈산리튬 웨이퍼를 이용하였다. 사파이어 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 접합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS를 원자간력 현미경으로 평가한 바, 1.0nm 이하였다.

[0045] 먼저, 사파이어 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 접합에 이용하는 면에, 질소 분위기하에서 플라즈마 활성화 장치를 이용하여 플라즈마 처리를 하여 표면 활성화를 행하였다. 다음에, 표면 활성화한 사파이어 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면을 실온(25℃)에서 접합하여 접합체를 얻었다. 다음에, 접합체가 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 또는 275℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행하였다. 가열 수단에는 열처리 오븐을 이용하고, 열전대로 오븐 내의 분위기 온도를 측정하여 접합체의 온도로 하였다. 얻어진 접합체의 외관 검사의 결과를 표 1에 나타낸다. 또한, 외관 검사는 눈으로 행하여, 깨짐이나 이빠짐이 없는 것을 ○, 미소한 크랙(crack)이 있는 것을 △, 웨이퍼가 파손된 것을 ×로 하였다. 지지 웨이퍼를 사파이어로 하면, 열처리 온도를 70~225℃로 한 샘플에 대해서는 깨짐이나 이빠짐이 발생하지 않고 접합하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0046] <실험 2>

[0047] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 실리콘 웨이퍼를 이용하여, 접합체가 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 또는 225℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실험 1과 마찬가지로 행하였다. 또한, 실리콘 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 접합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다. 얻어진 접합체의 외관 검사의 결과를 표 1에 나타낸다. 지지 웨이퍼를 실리콘으로 하면, 열처리 온도를 70~200℃로 한 샘플에 대해서는 깨짐이나 이빠짐이 발생하지 않고 접합하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0048] <실험 3>

[0049] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 실리콘 웨이퍼 상에 100nm의 산화막을 붙인 실리콘 웨이퍼를 이용하여, 접합체가 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 또는 225℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실험 1과 마찬가지로 행하였다. 또한, 산화막 부착 실리콘 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 접합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다. 얻어진 접합체의 외관 검사의 결과를 표 1에 나타낸다. 또한, 산화막 부착 실리콘 웨이퍼는 미리 실리콘 웨이퍼를 1100℃에서 1시간 정

도 가열함으로써, 실리콘 웨이퍼 상에 100nm의 열산화막을 성장시킨 실리콘 웨이퍼로 하였다. 지지 웨이퍼를 산화막 부착 실리콘으로 하면, 열처리 온도를 70~200℃로 한 샘플에 대해서는 깨짐이나 이빠짐이 발생하지 않고 접합하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0050] <실험 4>

[0051] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 유리 웨이퍼를 이용하여, 접합체가 70, 80, 90, 100, 110, 또는 125℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실험 1과 마찬가지로 행하였다. 또한, 유리 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 접합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다. 얻어진 접합체의 외관 검사의 결과를 표 1에 나타낸다. 지지 웨이퍼를 유리로 하면, 열처리 온도를 70~110℃로 한 샘플에 대해서는 깨짐이나 이빠짐이 발생하지 않고 접합하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

표 1

지지 웨이퍼의 종류 (실험)	열처리를 하는 공정에 있어서의 접합체의 온도/℃											
	70	80	90	100	110	125	150	175	200	225	250	275
사파이어 (실험1)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×
실리콘 (실험2)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	-
산화막 부착 실리콘 (실험3)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	-
유리 (실험4)	○	○	○	○	○	△	-	-	-	-	-	-

[0052]

[0053] 실험 1~4는 탄탈산리튬 웨이퍼를 이용했지만, 산화물 단결정 웨이퍼로서 니오브산리튬 웨이퍼를 이용하여 실험 1~4와 마찬가지로 실험을 행해도 표 1과 동일한 결과를 얻었다. 또, 표면 활성화 처리를 플라즈마 처리 대신에 오존수 처리, UV 오존 처리, 진공 이온빔 처리로 한 경우에서도 완전히 동일한 결과가 얻어졌다. 이들 결과로부터 상기의 활성화 방법 어느 경우도 유효하고, 또한 탄탈산리튬과 니오브산리튬 사이에 차이는 없는 것이 판명되었다.

[0054] <실시에 1>

[0055] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 사파이어 웨이퍼를 이용하였다. 산화물 단결정 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 탄탈산리튬 웨이퍼를 이용하였다. 사파이어 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 접합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다.

[0056] 먼저, 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량 $7.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성하였다. 다음에, 이온 주입한 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면과, 탄탈산리튬 웨이퍼와 접합하려고 하는 사파이어 웨이퍼의 표면에, $7 \times 10^{-6} \text{ Pa}$ 하에서 진공 이온빔 장치를 이용하여 Ar을 이온원으로 하고, 진공 이온빔 처리를 하여 표면 활성화를 행하였다. 다음에, 표면 활성화한 사파이어 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면을 실온(25℃)에서 접합하여 접합체를 얻었다. 다음에, 접합체가 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 또는 225℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행하였다. 또한, 가열 수단으로서 열처리 오븐을 이용하고, 열전대로 오븐 내의 분위기 온도를 측정하여 접합체의 온도로 하였다. 열처리한 접합체를 실온으로 내릴 때까지 가만히 두고, 그 후 실온(25℃)에서 접합체의 이온 주입층에 썩기 모양의 칼날을 접촉시켜 이온 주입층을 따라 박리하여, 사파이어 웨이퍼 상에 탄탈산리튬 박막을 전사한 복합 웨이퍼를 얻었다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2

에 나타낸다. 또한, 외관 검사는 눈으로 행하여, 박막의 전사가 웨이퍼 전면에 있어서 되어 있는 것을 ○, 박막의 전사가 일부 불량인 것을 △, 박막의 전사가 되지 않은 것을 ×로 하였다.

- [0057] <비교예 1>
- [0058] 접합체를 70℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 1과 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0059] <비교예 2>
- [0060] 접합체를 80℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 1과 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0061] <실시예 2>
- [0062] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 실리콘 웨이퍼를 이용하여, 접합체가 90, 100, 110, 125, 150, 175, 또는 200℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실시예 1과 마찬가지로 행하였다. 또한, 실리콘 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 첩합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0063] <비교예 3>
- [0064] 접합체를 70℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 2와 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0065] <비교예 4>
- [0066] 접합체를 80℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 2와 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0067] <실시예 3>
- [0068] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 실리콘 웨이퍼 상에 100nm의 산화막을 붙인 실리콘 웨이퍼를 이용하여, 접합체가 90, 100, 110, 125, 150, 175, 또는 200℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실시예 1과 마찬가지로 행하였다. 또한, 산화막 부착 실리콘 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 첩합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다. 또한, 산화막 부착 실리콘 웨이퍼는 미리 실리콘 웨이퍼를 1100℃에서 1시간 가열함으로써, 실리콘 웨이퍼 상에 100nm의 열산화막을 성장시킨 실리콘 웨이퍼로 하였다.
- [0069] <비교예 5>
- [0070] 접합체를 70℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 3과 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0071] <비교예 6>
- [0072] 접합체를 80℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 3과 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0073] <실시예 4>
- [0074] 지지 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 유리 웨이퍼를 이용하여, 접합체가 90, 100, 또는 110℃로 되도록 각각 가열하고, 각 온도에 있어서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실시예 1과 마찬가지로 행하였다. 또한, 유리 웨이퍼 및 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 첩합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0075] <비교예 7>
- [0076] 접합체를 70℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 4와 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의 외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.
- [0077] <비교예 8>
- [0078] 접합체를 80℃에서 24시간 가열 처리한 외에는 실시예 4와 마찬가지로 하여 실시하였다. 얻어진 복합 웨이퍼의

외관 검사의 결과를 표 2에 나타낸다.

표 2

지지 웨이퍼의 종류 (실시에, 비교예)	열처리를 하는 공정에 있어서의 접합체의 온도/℃										
	70	80	90	100	110	125	150	175	200	225	250
사파이어 (실시에1, 비교예1,2)	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	-
실리콘 (실시에2, 비교예3,4)	×	△	○	○	○	○	○	○	○	-	-
산화막 부착 실리콘 (실시에3, 비교예5, 6)	×	△	○	○	○	○	○	○	○	-	-
유리 (실시에4, 비교예7, 8)	×	△	○	○	○	-	-	-	-	-	-

[0079]

[0080]

표 2에 나타내듯이, 지지 웨이퍼를 사파이어로 하고, 열처리 온도를 90~225℃로 한 샘플, 지지 웨이퍼를 실리콘으로 하고, 열처리 온도를 90~200℃로 한 샘플, 지지 웨이퍼를 산화막 부착 실리콘으로 하고, 열처리 온도를 90~200℃로 한 샘플, 및 지지 웨이퍼를 유리로 하고, 열처리 온도를 90~110℃로 한 샘플에 대해서는 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다.

[0081]

어느 지지 웨이퍼에 있어서도, 열처리 온도를 70℃로 한 경우에, 이온 주입층에서의 박리는 생기지 않고, 첩합한 양 웨이퍼의 계면에서 벗겨짐이 생겼다. 또, 열처리 온도를 80℃로 한 경우에는 지지 웨이퍼 상에 탄탈산리튬 박막을 전사할 수 있었던 부분과 일부 미전사 부분이 발생하였다. 70℃ 및 80℃에서는 이온 주입 계면에서의 취화가 충분하지 않고, 또 양 웨이퍼의 첩합의 접합력이 부족하여, 전면 전사에 이르지 않은 것이라고 생각된다.

[0082]

또, 산화물 단결정 웨이퍼로서 니오브산리튬 웨이퍼를 이용하여 실시예 1~4와 마찬가지로의 실험에 대해서도 행했지만, 표 2와 동일한 결과를 얻었다. 또, 표면 활성화 처리를 진공 이온빔 처리 대신에 오존수 처리, UV 오존 처리, 플라즈마 처리로 한 경우에서도 결과는 완전히 동일하였다.

[0083]

<실시에 5>

[0084]

탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 5.0×10^{16} , 7.5×10^{16} , 10×10^{16} , 12.5×10^{16} , 15×10^{16} , 17.5×10^{16} , 20×10^{16} , 22.5×10^{16} , 25×10^{16} , 또는 $27.5 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 각각 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 것과, 접합체를 90℃에서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실시예 1과 마찬가지로 실시하였다.

[0085]

<비교예 9>

[0086]

탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 $4.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 외에는 실시예 5와 마찬가지로 실시하였다.

[0087]

<참고예 1>

[0088]

산화물 단결정 웨이퍼로서 직경 100mm, 두께 0.35mm의 탄탈산리튬 웨이퍼를 이용하였다. 탄탈산리튬 웨이퍼의 서로의 첩합에 이용하는 면의 표면거칠기 RMS는 1.0nm 이하였다. 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량 $30 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성하였다. 그 결과 첩합하기 전의 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면 상에 요철이 관찰되

어, 접합시의 소망의 표면거칠기로 되지 않기 때문에 접합을 행하지 않았다. 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면 상의 요철은 주입한 수소가 고용(固溶)하지 못하고 내부에서 발포했기 때문에 생겼다고 생각된다.

- [0089] <실시에 6>
- [0090] 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 5.0×10^{16} , 7.5×10^{16} , 10×10^{16} , 12.5×10^{16} , 15×10^{16} , 17.5×10^{16} , 20×10^{16} , 22.5×10^{16} , 25×10^{16} , 또는 $27.5 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 각각 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 것과, 접합체를 90℃에서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실시예 2와 마찬가지로 실시하였다.
- [0091] <비교예 10>
- [0092] 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 $4.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 외에는 실시예 6과 마찬가지로 실시하였다.
- [0093] <실시에 7>
- [0094] 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 5.0×10^{16} , 7.5×10^{16} , 10×10^{16} , 12.5×10^{16} , 15×10^{16} , 17.5×10^{16} , 20×10^{16} , 22.5×10^{16} , 25×10^{16} , 또는 $27.5 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$ 가속 전압 100KeV의 조건으로 각각 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 것과, 접합체를 90℃에서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실시예 3과 마찬가지로 실시하였다.
- [0095] <비교예 11>
- [0096] 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 $4.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 외에는 실시예 7과 마찬가지로 실시하였다.
- [0097] <실시에 8>
- [0098] 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 5.0×10^{16} , 7.5×10^{16} , 10×10^{16} , 12.5×10^{16} , 15×10^{16} , 17.5×10^{16} , 20×10^{16} , 22.5×10^{16} , 25×10^{16} , 또는 $27.5 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 각각 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 것과, 접합체를 90℃에서 24시간 가열 처리를 행한 외에는 실시예 4와 마찬가지로 실시하였다.
- [0099] <비교예 12>
- [0100] 탄탈산리튬 웨이퍼의 표면으로부터, 수소원자 이온을 이용하여 주입량을 $4.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$, 가속 전압 100KeV의 조건으로 이온 주입을 행하여, 탄탈산리튬 웨이퍼의 내부에 이온 주입층을 형성한 외에는 실시예 8과 마찬가지로 실시하였다.
- [0101] 수소원자 이온 주입량을 $5.0 \times 10^{16} \sim 27.5 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$ 로 한 실시예 5~8의 경우, 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다. 한편, 수소원자 이온 주입량을 $4.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$ 로 한 비교예 9~12의 경우, 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 탄탈산리튬 웨이퍼의 이온 주입층에서 박리는 생기지 않았다. 이것은 이온 주입량이 충분하지 않아, 후의 공정에서 취화에 이르지 않았기 때문이라고 생각된다.
- [0102] 또한, 실시예 5~8에서는 수소원자 이온을 이용했지만, 수소분자 이온을 이용하여 그 주입량을 수소원자 이온의 주입량의 반으로 하는 것에서도, 마찬가지로의 결과를 얻을 수가 있었다. 또, 산화물 단결정 웨이퍼로서 니오브산리튬 웨이퍼를 이용해도 실시예 5~8과 동일한 결과를 얻을 수가 있었다.
- [0103] <실시에 9~12>
- [0104] 접합체를 110℃에서 24시간 가열 처리를 행하여 열처리한 후에 실온(25℃)까지 냉각한 접합체의 지지 웨이퍼측의 표면을 진공 척으로 고정 스테이지 상에 고정된 상태로, 접합체의 이온 주입층에 췌기 모양의 칼날을 접촉시

켜 이온 주입층을 따라 박리한 외에는 실시예 1~4와 마찬가지로 하여 행하였다. 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다.

[0105] <실시예 13~16>

[0106] 접합체를 110℃에서 24시간 가열 처리를 행하여 열처리한 후에 실온(25℃)까지 냉각한 접합체의 지지 웨이퍼측의 표면을 진공 척으로 고정 스테이지 상에 고정하고, 접합체의 탄탈산리튬 웨이퍼측의 표면에 양면 테이프를 이용하여 직경 100mm, 두께 0.35mm의 유리제 보강판을 설치한 상태로, 접합체의 이온 주입층에 쉐기 모양의 칼날을 접촉시켜 이온 주입층을 따라 박리한 외에는 실시예 1~4와 마찬가지로 하여 행하였다. 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다.

[0107] <실시예 17~20>

[0108] 접합체를 110℃에서 24시간 가열 처리를 행하여 열처리한 후에 실온(25℃)까지 냉각한 접합체의 지지 웨이퍼측의 표면을 진공 척으로 고정 스테이지 상에 고정하고, 접합체의 탄탈산리튬 웨이퍼측 표면의 단부로부터 10mm의 위치에 직경 10mm의 진공 패드를 부착하고, 진공 패드를 상방으로 5kg의 힘으로 끌어당긴 상태로, 접합체의 이온 주입층에 쉐기 모양의 칼날을 접촉시켜 이온 주입층을 따라 박리한 외에는 실시예 1~4와 마찬가지로 하여 행하였다. 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다.

[0109] <실시예 21~24>

[0110] 접합체를 110℃에서 24시간 가열 처리를 행하여 열처리한 후에 실온(25℃)까지 냉각한 접합체의 지지 웨이퍼측의 표면을 진공 척으로 고정 스테이지 상에 고정하고, 접합체의 탄탈산리튬 웨이퍼측의 표면에 양면 테이프를 이용하여 직경 100mm, 두께 0.35mm의 유리제 보강판을 설치하고, 또한 보강판 표면의 단부로부터 10mm의 위치에 직경 10mm의 진공 패드를 부착하고, 진공 패드를 상방으로 5kg의 힘으로 끌어당긴 상태로, 접합체의 이온 주입층에 쉐기 모양의 칼날을 접촉시켜 이온 주입층을 따라 박리한 외에는 실시예 1~4와 마찬가지로 하여 행하였다. 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다.

[0111] <실시예 25~28>

[0112] 접합체를 110℃에서 24시간 가열 처리를 행하여 열처리한 후에 실온(25℃)까지 냉각한 접합체의 지지 웨이퍼측의 표면을 진공 척으로 고정 스테이지 상에 고정한 상태로, 접합체의 이온 주입층에 고압 에어를 유속 50L/min으로 뿜어내면서 이온 주입층을 따라 박리한 외에는 실시예 1~4와 마찬가지로 하여 행하였다. 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다.

[0113] <실시예 29~32>

[0114] 접합체를 110℃에서 24시간 가열 처리를 행하여 열처리한 후에 실온(25℃)까지 냉각한 접합체의 지지 웨이퍼측의 표면을 진공 척으로 고정 스테이지 상에 고정한 상태로, 접합체의 이온 주입층에 고압수를 유속 30L/min으로 뿜어내면서 이온 주입층을 따라 박리한 외에는 실시예 1~4와 마찬가지로 하여 행하였다. 어느 지지 웨이퍼를 이용한 경우에서도, 지지 웨이퍼 상의 전면에 탄탈산리튬 박막이 전사된 것을 확인하였다.

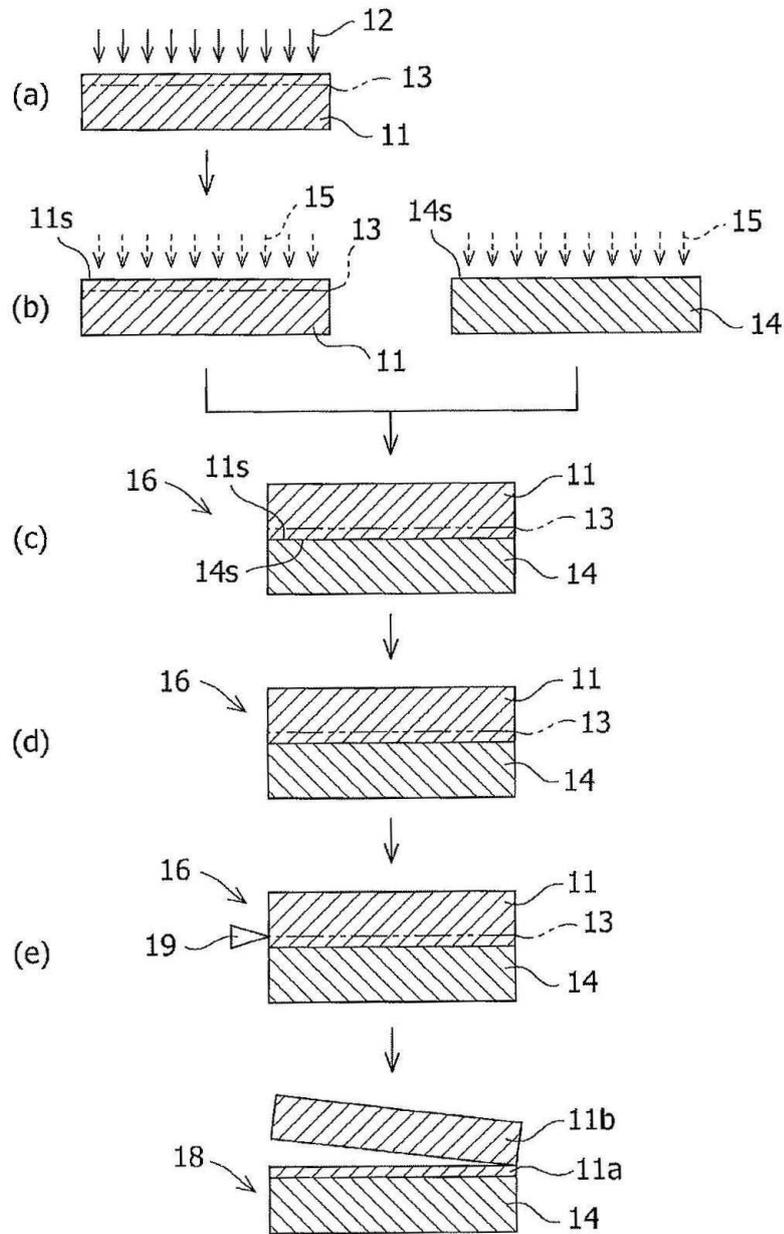
부호의 설명

- [0115] 11 : 산화물 단결정 웨이퍼
- 11s : 산화물 단결정 웨이퍼의 표면
- 11a : 산화물 단결정 웨이퍼 박막
- 11b : 박리한 후의 산화물 단결정 웨이퍼
- 12 : 수소이온
- 13 : 이온 주입층
- 14 : 지지 웨이퍼
- 14s : 지지 웨이퍼의 표면
- 15 : 이온빔 조사

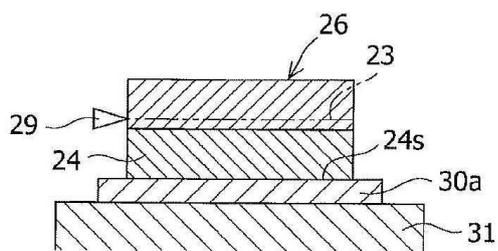
- 16 : 접합체
- 18 : 복합 웨이퍼
- 19 : 썬기 모양의 칼날
- 21 : 접합체의 산화물 단결정 웨이퍼
- 21s : 접합체의 산화물 단결정 웨이퍼층의 표면
- 23 : 접합체의 이온 주입층
- 24 : 접합체의 지지 웨이퍼
- 24s : 접합체의 지지 웨이퍼층의 표면
- 26 : 접합체
- 29 : 썬기 모양의 칼날
- 30a : 진공 척
- 30b : 보강판
- 30c : 진공 패드
- 31 : 고정 스테이지
- 32 : 양면 테이프

도면

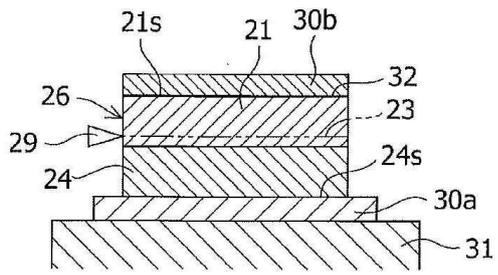
도면1



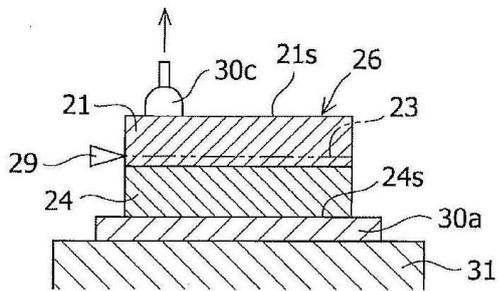
도면2



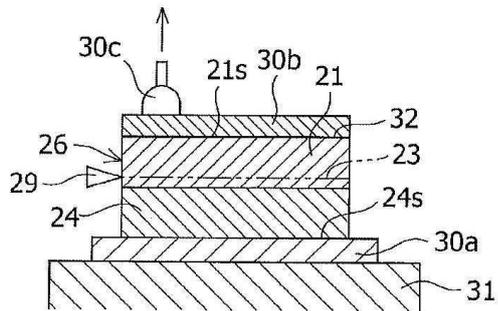
도면3



도면4



도면5



도면6

