



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월30일

(11) 등록번호 10-1607725

(24) 등록일자 2016년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/20 (2006.01) *H01L 21/265* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7012761

(22) 출원일자(국제) 2009년12월10일

심사청구일자 2014년09월15일

(85) 번역문제출일자 2011년06월03일

(65) 공개번호 10-2011-0099008

(43) 공개일자 2011년09월05일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2009/070656

(87) 국제공개번호 WO 2010/067835

국제공개일자 2010년06월17일

(30) 우선권주장

JP-P-2008-315566 2008년12월11일 일본(JP)

JP-P-2009-278561 2009년12월08일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2003347176 A*

JP2004140266 A*

KR1020060058051 A*

KR1020080101868 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 지요다꾸 오테마치 2쪼메 6방 1고

(72) 발명자

아끼야마, 쇼지

일본 379-0195 군마켄 안나까시 이소베 2쫐메 13
반 1고 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 세미
쯔 기노 자이료 쟁꾸쇼 내

(74) 대리인

장수길, 김성완, 박보현

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 김종희

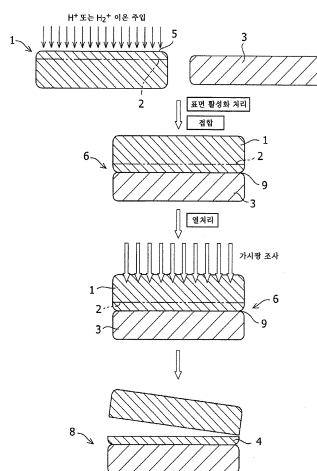
(54) 발명의 명칭 **와이드 밴드 갭 반도체를 적층한 복합 기판의 제조 방법**

(57) 요약

와이드 밴드 갭 반도체(1)의 벌크 결정을 기관의 파손을 발생시키지 않고 가능한 한 얇게 핸들 기관(3)에 전사할 수 있는 저비용의 접합 웨이퍼(8)의 제조 방법을 제공한다. 핸들 기관(3)의 표면에 와이드 밴드 갭 반도체 박막층(4)을 형성하여 접합 웨이퍼(8)를 제조하는 방법으로서, 밴드 갭 2.8eV 이상의 와이드 밴드 갭 반도체 기관

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



(1)의 표면(5)에서부터 이온을 주입하여 이온 주입층(2)을 형성하는 공정, 상기 핸들 기판(3)의 상기 표면 및 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판(1)의 상기 이온 주입면(5) 중 적어도 한쪽 면에 표면 활성화 처리를 실시하는 공정, 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판(1)의 상기 표면(5)과 상기 핸들 기판(3)의 표면을 접합하여 접합체(6)를 얻는 공정, 상기 접합체(6)에 150℃ 이상 400℃ 이하의 열처리를 가하는 공정, 상기 접합체(6)의 반도체 기판(1)에서부터 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판(1)의 이온 주입층(2)을 향하여 가시광을 조사하여, 상기 이온 주입층(2)의 계면을 취화하고, 와이드 밴드 갭 반도체 박막(4)을 핸들 기판(3)에 전사하는 공정을 이 순서로 포함하는 접합 웨이퍼의 제조 방법이다.

명세서

청구범위

청구항 1

헨들 기관의 표면에 와이드 밴드 갭 반도체 박막층을 형성하여 접합 웨이퍼를 제조하는 방법으로서,

밴드 갭 2.8eV 이상의 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 표면에서부터 이온을 주입하여 이온 주입층을 형성하는 공정,

상기 헨들 기관의 상기 표면 및 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 상기 이온 주입면 중 적어도 한쪽 면에 표면 활성화 처리를 실시하는 공정,

상기 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 상기 표면과 상기 헨들 기관의 상기 표면을 접합하여 접합체를 얻는 공정,

상기 접합체에 150℃ 이상 400℃ 이하의 열처리를 가하는 공정, 및

상기 접합체의 반도체 기관측에서부터 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 이온 주입층을 향하여 가시광을 조사하여, 상기 이온 주입층의 계면을 취화(embrittle)하고, 와이드 밴드 갭 반도체 박막을 헨들 기관에 전사하는 공정이며,

상기 가시광이 레이저광, 크세논 플래시 램프 광 및 스파이크 어닐을 포함하는 RTA(Rapid Thermal Anneal; 급속 열처리)로 이루어지는 군에서 선택되고,

상기 가시광이 레이저광 또는 크세논 플래시 램프 광인 경우, 상기 가시광의 조사에 앞서, 상기 접합체에 기계적 충격을 부여하여, 상기 가시광의 조사에 의하여 상기 기계적 충격을 기점부로부터 상기 접합체 전체면에 걸쳐서 상기 이온 주입층을 파괴하여 박리하거나, 또는 열 박리를 발생시키지 않을 정도로 상기 가시광을 조사하여 상기 이온 주입층의 계면을 취화한 후, 상기 이온 주입층의 계면에 기계적 충격을 가하여, 상기 계면을 따라 반도체 박막을 박리하는 공정을 포함하고, 또는

상기 가시광이 스파이크 어닐을 포함하는 RTA(Rapid Thermal Anneal; 급속 열처리)인 경우, 열 박리를 발생시키지 않을 정도로 상기 가시광을 조사하여 상기 이온 주입층의 계면을 취화한 후, 상기 이온 주입층의 계면에 기계적 충격을 가하여, 상기 계면을 따라 반도체 박막을 박리하는 공정을 포함하는, 와이드 밴드 갭 반도체 박막을 헨들 기관에 전사하는 공정

을 포함하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 2

헨들 기관의 표면에 와이드 밴드 갭 반도체 박막층을 형성하여 접합 웨이퍼를 제조하는 방법으로서,

밴드 갭 2.8eV 이상의 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 표면에서부터 이온을 주입하여 이온 주입층을 형성하는 공정,

상기 헨들 기관의 상기 표면 및 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 상기 이온 주입면 중 적어도 한쪽 면에 표면 활성화 처리를 실시하는 공정,

상기 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 상기 표면과 상기 헨들 기관의 상기 표면을 접합하여 접합체를 얻는 공정,

상기 접합체에 150℃ 이상 400℃ 이하의 열처리를 가하는 공정, 및

상기 접합체의 헨들 기관측에서부터 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 이온 주입층을 향하여 가시광을 조사하여, 상기 이온 주입층의 계면을 취화하고, 와이드 밴드 갭 반도체 박막을 헨들 기관에 전사하는 공정이며,

상기 가시광이 레이저광, 크세논 플래시 램프 광 및 스파이크 어닐을 포함하는 RTA(Rapid Thermal Anneal; 급속 열처리)로 이루어지는 군에서 선택되고,

상기 가시광이 레이저광 또는 크세논 플래시 램프 광인 경우, 상기 가시광의 조사에 앞서, 상기 접합체에 기계적 충격을 부여하여, 상기 가시광의 조사에 의하여 상기 기계적 충격을 기점부로부터 상기 접합체 전체면에 걸쳐

쳐서 상기 이온 주입층을 파괴하여 박리하거나, 또는 열 박리를 발생시키지 않을 정도로 상기 가시광을 조사하여 상기 이온 주입층의 계면을 취화한 후, 상기 이온 주입층의 계면에 기계적 충격을 가하여, 상기 계면을 따라 반도체 박막을 박리하는 공정을 포함하고, 또는

상기 가시광이 스파이크 어닐을 포함하는 RTA(Rapid Thermal Anneal; 급속 열처리)인 경우, 열 박리를 발생시키지 않을 정도로 상기 가시광을 조사하여 상기 이온 주입층의 계면을 취화한 후, 상기 이온 주입층의 계면에 기계적 충격을 가하여, 상기 계면을 따라 반도체 박막을 박리하는 공정을 포함하는, 와이드 밴드 갭 반도체 박막을 핸들 기판에 전사하는 공정

을 포함하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 표면 활성화가 오존수 처리, UV 오존 처리, 이온 빔 처리, 플라즈마 처리 중 어느 하나, 또는 조합으로 행해지는 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판이 탄화규소, 질화갈륨, 산화아연, 다이아몬드 또는 질화알루미늄 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판이 탄화규소, 질화갈륨, 산화아연, 다이아몬드 또는 질화알루미늄 중 어느 하나에 SiO_2 막이 부착되어 있는 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 가시광이 레이저광인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 가시광이 스파이크 어닐을 포함하는 RTA(Rapid Thermal Anneal; 급속 열처리)인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 가시광이 크세논 플래시 램프 광인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 핸들 기판이 실리콘, 산화막을 갖는 실리콘, 알루미늄, 비(非)단결정 질화알루미늄 또는 탄화규소 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 10

제2항에 있어서, 상기 핸들 기판이 유리, 석영 또는 사파이어 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 주입 이온이 수소 원자 이온(H^+)이며, 도우즈량이 5.0×10^{16} 원자/ cm^2 이상 3.0×10^{17} 원자/ cm^2 이하인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 주입 이온이 수소 분자 이온(H_2^+)이며, 도우즈량이 2.5×10^{15} 원자/ cm^2 이상 1.5

$\times 10^{17}$ 원자/cm² 이하인 것을 특징으로 하는 접합 웨이퍼의 제조 방법.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 기재된 제조 방법에 의해 얻어진 접합 웨이퍼.

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 와이드 밴드 갭 반도체를 적층한 복합 기판의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 파워 반도체나 단파장 레이저의 기판으로서 최근 와이드 밴드 갭 반도체가 주목을 받고 있다. 특히, 탄화규소 SiC(2.9eV 내지 3.0eV), 질화갈륨 GaN(3.4eV), 산화아연 ZnO(3.37eV), 다이아몬드(5.47eV), 질화알루미늄 AlN(6.0eV) 등은 그 높은 밴드 갭으로부터 특히 주목받는 재료이다.

[0003] 그러나, 예로서 GaN은 단결정 사파이어나 단결정 SiC에서 헤테로에피택셜(heteroepitaxial) 성장에 의해 성막되지만, 격자 정수의 차이에 따라 결함이 많아, 파워 반도체 디바이스나 고성능 레이저 등에는 응용이 어려운 것이 현실이다.

[0004] 이들 단결정의 제법 중에서 가장 품질이 좋은 결정을 제조하는 방법은 수열 합성법 등의 결정 성장법이며, 이 방법으로 제조된 벌크 결정으로부터 잘라낸 것(웨이퍼)이 가장 품질이 좋은 것이 알려져 있다. 그러나, 결정의 성장에는 시간이 걸리고, 그로 인해 가격이 매우 높아, 용도가 좀처럼 확대되지 않는 것이 현실이다. 그러나, 디바이스로서 실제로 사용하는 것은 표층으로부터 수백nm 내지 수μm의 극한된 영역이며, 이들 벌크 결정을 얇게 헐기 기판에 전사하여 비용을 낮추는 방법은 자연스러운 발상이라고 할 수 있다.

[0005] 대표적인 박막 전사의 방법으로서, SOITEC법을 들 수 있지만, 이 방법에서는, 실온에서 미리 수소 이온 주입을 실시한 반도체 기판(도너 기판)과 지지 기판이 되는 기판(헐기 기판)을 접합하고, 고온(500℃ 부근)에서 열처리를 실시하여 이온 주입 계면에서 마이크로캐비티라고 불리는 미소한 기포를 다수 발생시켜 박리를 행하고, 반도체 박막을 헐기 기판에 전사하는 것이다.

[0006] 그러나, 실제로는 헐기 기판(예로서 실리콘, 석영, 사파이어 등)과의 열팽창률의 차로부터, 단순히 양 기판을 접합 온도를 올리는 것만으로는 기판 균열을 일으켜, 기판의 복합화를 할 수 없는 것이 예상된다.

[0007] 다른 하나의 방법으로서 SiGen법이라고 불리는 방법이 있고, 마찬가지로 수소 이온 주입을 미리 실시한 반도체 기판과 헐기 기판 양쪽 또는 한쪽에 플라즈마 처리로 표면을 활성화시킨 후에 접합을 행하고, 그런 후에 기계적인 충격을 부여하여, 수소 이온 주입 계면에서 박리를 하는 방법이다. 그러나, 박막 전사를 기계적인 방법(충격 등)에 의지하므로, 이들의 소구경이고 얇은 반도체 기판의 박막 전사에는, 기계적 강도가 부족하여, 전사시에 기판이 파손되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은, 와이드 밴드 갭 반도체의 벌크 결정을 기판의 파손을 발생시키지 않고 가능한 한 얇게 헐기 기판에 전사할 수 있는 저비용의 접합 웨이퍼의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 이 문제를 해결하기 위하여, 본 발명자는 이하와 같은 제작법을 고안하였다.

[0010] 즉, 본 발명에 관한 접합 웨이퍼의 제조 방법은, 헐기 기판의 표면에 와이드 밴드 갭 반도체 박막층을 형성하여 접합 웨이퍼를 제조하는 방법으로서, 밴드 갭 2.8eV 이상의 와이드 밴드 갭 반도체 기판의 표면에서부터 이온을

주입하여 이온 주입층을 형성하는 공정, 상기 핸들 기판의 상기 표면 및 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판의 상기 이온 주입면 중 적어도 한쪽 면에 표면 활성화 처리를 실시하는 공정, 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판의 상기 표면과 상기 핸들 기판의 상기 표면을 접합하여 접합체를 얻는 공정, 상기 접합체에 150℃ 이상 400℃ 이하의 열처리를 가하는 공정, 상기 접합체의 반도체 기판측 또는 핸들 기판측에서부터 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기판의 이온 주입층을 향하여 가시광을 조사하여, 상기 이온 주입층의 계면을 취화(embrittle)하고, 와이드 밴드 갭 반도체 박막을 핸들 기판에 전사하는 공정을 포함한다.

발명의 효과

[0011]

본 발명에 의해, 와이드 밴드 갭 반도체 기판에 형성한 이온 주입층의 계면을, 기계적 충격에 의존하지 않고, 효과적 또한 효율적으로 취화할 수 있고, 와이드 밴드 갭 반도체의 벌크 결정을 가능한 한 얇게 핸들 기판에 전사할 수 있으므로, 비용을 낮출 수 있다. 또한 와이드 밴드 갭 반도체 기판과 핸들 기판의 열팽창 계수의 차이에 기인하는 웨이퍼의 균열이나 결함, 접합면의 박리 등의 발생을 방지할 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0012]

도 1은 본 발명에 관한 접합 웨이퍼의 제조 공정의 일 형태를 도시하는 모식도이다.

도 2는 본 발명에 관한 접합 웨이퍼의 제조 공정의 다른 형태를 도시하는 모식도이다.

<부호의 설명>

- 1: 와이드 밴드 갭 반도체 기판
- 2: 이온 주입 계면
- 3: 핸들 기판
- 4: 와이드 밴드 갭 반도체 박막
- 5: 이온 주입한 표면(이온 주입면)
- 6: 접합체
- 8: 접합 웨이퍼
- 9: 접합면

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013]

본 발명은, 핸들 기판의 표면에 와이드 밴드 갭 반도체 박막을 형성하여 접합 웨이퍼를 제조하는 방법이다.

[0014]

본 발명에서 다루는 와이드 밴드 갭 반도체 기판은, 그 높은 밴드 갭으로부터 가시광 파장 영역(450nm 내지 700nm)의 전역 또는 적어도 장파장 영역의 광에 대하여, 투명 또는 투과율이 70% 이상인 것이 알려져 있다. 와이드 밴드 갭 반도체로서는, 예를 들어, 탄화규소(SiC), 질화갈륨(GaN), 산화아연(ZnO), 다이아몬드, 질화알루미늄(AlN) 등을 들 수 있지만, 이들에 한정되는 것은 아니고, 밴드 갭이 2.8eV 이상인 반도체에 적용할 수 있다고 생각된다. 이유는 2.8eV의 흡수 단부는 450nm 정도이며<흡수단 파장=1.24/밴드 갭(eV)um>, 그것보다 장파장 영역의 광은 흡수되기 어렵기 때문이다. 밴드 갭의 상한은, 이 이상 높아지면 반도체로서의 성질이 없어지고 절연성이 높아지는 기준으로서, 예를 들어, 6.5eV로 할 수 있다.

[0015]

밴드 갭은, 순수한 반도체의 금제대(forbidden band) 폭을 의미하고, 불순물의 혼입에 의해 형성되는 불순물 준위는 고려하지 않는 값이다. 본 명세서에 있어서, 밴드 갭의 값은, 흡수 단부의 파장을 에너지로 바꾸어 구하였다.

[0016]

본 발명에 있어서는, 와이드 밴드 갭 반도체 기판의 구경은 25mm 내지 100mm이며, 두께는, 특별히 한정되지 않지만, 통상의 SEMI/JEIDA 규격 근방의 1mm 이하의 얇은 웨이퍼이면, 핸들링의 관계에서 취급하기 쉽다.

[0017]

핸들 기판으로서, 상기 와이드 밴드 갭 반도체 박막을 지지할 수 있는 것이면 특별히 한정되지 않고, 실리콘, 산화막을 갖는 실리콘, 알루미늄, 비(非)단결정 질화알루미늄, 탄화규소, 유리, 석영, 사파이어 등을 들 수 있다.

[0018]

후술하는 가시광 조사 공정에 있어서, 핸들 기판측에서부터 가시광 조사를 행하는 경우에는, 조사하는 가시광

파장 영역에 있어서, 에너지 손실이 적은 것인 것이 바람직하고, 상기 가시광 영역의 투과율이 70% 이상인 기판이면 특별히 한정되지 않지만, 그 중에서도 절연성·투명성이 우수한 점에서, 유리, 석영 또는 사파이어 중 어느 하나인 것이 바람직하다. 본 발명에 있어서는, 핸들 기판의 구경은, 통상 25mm 내지 100mm이며, 두께는, 특별히 한정되지 않지만, 통상의 SEMI/JEIDA 규격 근방의 1mm 이하의 얇은 웨이퍼이면, 핸들링의 관계에서 취급하기 쉽다.

[0019] 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 우선, 와이드 밴드 갭 반도체 기판(1)의 표면(5)으로부터 이온을 주입하여 이온 주입층(2)을 형성한 후, 각각의 접합면에 표면 활성화 처리를 실시한 후, 와이드 밴드 갭 반도체 기판의 상기 표면(5)과 핸들 기판(3)을 접합하여 접합체(6)를 얻는다. 이온 주입의 상세에 대해서는 후술한다.

[0020] 그 때에, 이온 주입층을 형성한 후, 와이드 밴드 갭 기판 상에 50nm 정도의 두께로, SiO₂막을 부착한 것을 사용해도 된다.

[0021] 그 경우, 접합 공정에 있어서의 접합 강도가 증가하는 효과를 얻을 수 있다.

[0022] 표면 활성화 처리의 방법으로서, 오존수 처리, UV 오존 처리, 이온 빔 처리, 플라즈마 처리 등을 들 수 있다. 표면 활성화에 의한 결합력 증가의 메커니즘은 완전히 풀려 밝혀진 것은 아니지만, 이하와 같이 설명할 수 있다. 오존수 처리나 UV 오존 처리 등에서는, 표면의 유기물을 오존에 의해 분해하고, 표면의 OH기를 증가시킴으로써 활성화를 행한다. 한편, 이온 빔 처리나 플라즈마 처리 등은, 웨이퍼 표면의 반응성이 높은 미결합손(덴글링 본드)을 노출시킴으로써, 또는 그 미결합손에 OH기가 부여됨으로써 활성화를 행한다. 표면 활성화의 확인에는 친수성의 정도(습윤성)를 봄으로써 확인을 할 수 있다.

[0023] 구체적으로는, 웨이퍼 표면에 물을 흘려, 그 접촉각(콘택트 앵글)을 측정함으로써 간편하게 측정을 할 수 있다.

[0024] 오존수로 처리하는 경우에는, 오존을 10mg/L 정도 용존한 순수에 웨이퍼를 침지함으로써 실현할 수 있다.

[0025] UV 오존으로 처리를 하는 경우에는, 오존 가스, 또는 대기로부터 생성된 오존 가스에 UV광(예 185nm)을 조사함으로써 행하는 것이 가능하다.

[0026] 이온 빔으로 처리하는 경우에는, 스퍼터법과 같이 고진공 하에서 웨이퍼 표면을 아르곤 등의 불활성 가스의 빔으로 처리함으로써, 표면의 미결합손을 노출시켜, 결합력을 증가시키는 것이 가능하다.

[0027] 플라즈마 처리의 경우에는, 챔버 중에 와이드 밴드 갭 반도체 기판 및/또는 핸들 기판을 적재하고, 플라즈마용 가스를 감압 하에서 도입한 후, 100W 정도의 고주파 플라즈마에 5 내지 10초 정도 노출시켜, 표면을 플라즈마 처리한다. 플라즈마용 가스로서는, 와이드 밴드 갭 반도체 기판을 처리하는 경우, 표면을 산화하는 경우에는 산소 가스의 플라즈마, 산화하지 않는 경우에는 수소 가스, 아르곤 가스, 또는 이들의 혼합 가스 또는 수소 가스와 헬륨 가스의 혼합 가스를 사용할 수 있다. 핸들 기판을 처리하는 경우는 어떠한 가스라도 좋다. 이 처리에 의해 와이드 밴드 갭 반도체 기판 및/또는 핸들 기판의 표면의 유기물이 산화되어 제거되고, 또한 표면의 OH기가 증가하여 활성화된다.

[0028] 상기 4개의 처리는 와이드 밴드 갭 반도체 기판의 이온 주입한 표면, 및 핸들 기판의 접합면의 양쪽에 대하여 행하는 것이 보다 바람직하지만, 어느 한쪽만 행해도 된다.

[0029] 다음에, 얻어진 접합체(6)에 150℃ 이상 400℃ 이하의 열처리를 실시한다. 열처리를 행하는 이유는, 후공정의 가시광 조사로 접합 계면(9)이 고온으로 되었을 때에 급격한 온도 상승에서 접합 계면(9)이 어긋나는 것에 의한 결정 결함 도입을 방지하기 위해서이다. 온도를 150℃ 이상 400℃ 이하로 하는 이유는, 150℃ 미만에서는 결합 강도가 올라가지 않는 경우가 있기 때문이고, 400℃를 초과하면 접합한 기판이 파손될 가능성이 생기기 때문이다.

[0030] 본 발명자들이 실험 검토한 결과, 핸들 기판(3)이 석영 또는 유리인 경우의 적절한 온도는 150℃ 이상 400℃ 이하이고, 사파이어의 경우에는 150℃ 이상 350℃ 이하이었다. 이들 온도 영역은 기판에 따라 다르다. 열처리는, 상기 적절한 온도 범위에서 온도를 바꾸어 2단계 이상으로 나누어 행해도 된다.

[0031] 열처리 시간으로서, 온도에도 어느 정도 의존하지만 12시간 내지 72시간이 바람직하다.

[0032] 계속해서, 접합체(6)를 실온까지 냉각하고, 반도체 기판(1)측 또는 핸들 기판(3)측으로부터, 와이드 밴드 갭 반도체 기판(1)의 이온 주입층(2)을 향하여 가시광을 단시간 조사하고, 어닐을 실시한다.

[0033] 본 명세서에 있어서, 「가시광」이란, 450 내지 700nm의 파장 영역에 극대 파장을 갖는 광을 말하고, 파장은,

와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)의 투과율이 높은 파장이 적절히 선택된다. 가시광은, 코히런트광 또는 인코히런트광 중 어느 것이어도 된다.

- [0034] 통상, 이 파장 영역에서는 상기 반도체 기관(1)은 투명하며 흡수 계수는 매우 낮지만, 수소 이온 주입 개소는 이 파장 영역의 광을 흡수하여, 내부에서 화학 반응이 가속되고, 그 결과 기관 전체면을 과열하지 않고 이온 주입층(2)의 계면에서 취화가 일어나고, 와이드 밴드 갭 반도체 박막(4)의 일부가 핸들 기관(3)에 전사되어, 접합 웨이퍼(8)의 형성이 가능해진다.
- [0035] 이 가시광 파장 영역에서 채용 가능한 레이저로서는, 예를 들어, 액정용 아몰퍼스 실리콘의 결정화에 사용되고 있는 파장 532nm의 그린 레이저, 파장 633nm의 적색 레이저 등을 들 수 있고, Nd:YAG 레이저의 제2차 고조파(파장=532nm), YVO₄ 레이저의 제2차 고조파(파장=532nm) 등이 있다.
- [0036] 이때의 조사 방법으로서 특별히 한정되는 것은 아니지만, 기관 전체가 가열되어 버리면 힘에 의해 기관이 파손되어 버리므로, 기관 전체가 가열되기 전에 처리를 종료할 수 있는 방법이 바람직하다.
- [0037] 본 발명에 관한 방법에서는, 도 1에 도시한 바와 같이, 반도체 기관(1)측으로부터 조사를 행할 수 있는 것이지만 가시광 영역(파장 450nm 내지 700nm)의 광이 접합한 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 이온 주입층에 도달할 때까지, 에너지 손실이 적고, 상기 가시광 영역의 투과율이 70% 이상인 기관, 예를 들어, 석영, 유리, 사파이어 등으로 핸들 기관이 구성될 때에는, 도 2 도시한 바와 같이, 핸들 기관(3)측으로부터 조사하는 것도 가능하다.
- [0038] 반대로 핸들 기관이 실리콘 등의 불투명 재료로 구성될 때는 와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)측으로부터의 조사가 필수적이다.
- [0039] 상기 가시광의 대부분의 파장 영역은 반도체 기관(1)을 통과하여, 이온 주입 개소에서만 흡수되므로, 투명 기관 전체가 가열되지 않고, 에너지가 필요한 개소(이온 주입 개소)에만 에너지를 부여할 수 있어, 이상적인 방법이다. 여기서는 이온 주입 개소는 충분히 취화되어 있기 때문에, 기관에 부담을 주지 않고 박막 전사가 가능해진다.
- [0040] 여기서 주의해야만 하는 것은 레이저의 조사에 의해 이온 주입 부분을 지나치게 가열하면, 부분적으로 열 박리가 발생하여, 블리스터라고 불리는 팽창 결함이 발생한다. 이것은, 접합체(6)의 투명 기관측에서부터 육안으로 관찰된다. 이 블리스터에 의해 한번 박리가 시작되면, 접합체(6)에 응력이 국재화되어, 접합체(6)의 파괴를 발생시킨다. 따라서, 열 박리를 발생시키지 않을 정도로 레이저를 조사하는 것, 또는 레이저의 조사에 앞서, 접합체(6)의 단부, 접합면(9) 근방에 기계적 충격을 부여해 두고, 레이저 조사에 의한 열의 충격이 단부의 기계적 충격의 기점부로부터 접합체(6) 전체면에 걸쳐서 이온 주입 계면의 파괴를 발생시키게 하는 것이 바람직하다.
- [0041] 레이저의 조사 조건으로서, 출력 50W 내지 100W이고 발진 주파수가 25mJ@3kHz인 것을 사용하는 경우, 단위 면적당의 조사 에너지가, 경험상 0.4J/cm² 내지 1.6J/cm²인 것이 바람직하다. 0.4J/cm² 미만이면 이온 주입 계면에서의 취화가 일어나지 않을 가능성이 있고, 1.6J/cm²를 초과하면 취화가 지나치게 강해서 기관이 파손될 가능성이 있기 때문이다. 조사는 스폿 형상의 레이저광을 웨이퍼 상에서 주사하므로, 시간으로 규정하는 것은 어렵지만, 처리 후의 조사 에너지가 상기의 범위에 들어가 있는 것이 바람직하다.
- [0042] 가시광 조사의 방법으로서, 반도체 프로세스 등에 사용되는 RTA 등도 유용한 방법이다. RTA는 50℃/초 내지 150℃/초라는 빠른 승온·강온이 가능하여, 기관 전체를 따뜻하게 하기 전에 프로세스를 종료할 수 있는 우수한 방법이다. 이때에는 이온 주입 계면 근방만을, 열 박리가 발생하지 않을 정도로 과열하는 것이 중요하다. 통상의 RTA에 사용되는 열원은 할로겐 램프이므로, 가시광 조사원으로서도 적합하다.
- [0043] 또한, 가시광으로서, 크세논 플래시 램프 등도 응용 가능하다. 크세논 램프 광을 사용하는 경우, 가시광 영역 외의 광을 컷트하는 파장 필터를 통하여 조사를 행해도 된다. 또한, 와이드 밴드 갭 기관에 대하여 투명한 가시광 파장 영역 이외의 파장 영역을 차단하는 필터 등도 프로세스의 안정화를 위하여 유효하다. 전술한 블리스터의 발생을 억제하기 위해서는, 본 크세논 램프 광으로 접합 기관 전체면의 일괄 조사를 행하는 것이 바람직하다. 일괄 조사에 의해, 접합 기관의 응력 국재화를 방지하여, 접합 기관의 파괴를 방지하는 것이 용이해진다. 따라서, 열 박리를 발생시키지 않을 정도로 크세논 램프 광을 조사하는 것, 또는 크세논 램프 광의 조사에 앞서, 접합체(6)의 단부, 접합면(9) 근방에 기계적 충격을 부여해 두고, 크세논 램프 광 조사에 의한 열의 충격이 단부의 기계적 충격의 기점부로부터 접합 기관 전체면에 걸쳐서 이온 주입 계면에 파괴를 발생시키게 하는 것이 바람직하다.
- [0044] 레이저광 조사, RTA 처리 또는 플래시 램프 조사 후에, 와이드 밴드 갭 반도체 박막의 핸들 기관에의 전사를 확

인할 수 없는 경우에는, 이온 주입층의 계면에 기계적 충격을 부여함으로써 박리를 행해도 된다.

- [0045] 이온 주입층의 계면에 기계적 충격을 부여하기 위해서는, 예를 들어 가스나 액체 등의 유체의 제트를 접합한 웨이퍼의 측면으로부터 연속적 또는 단속적으로 분사하거나, 박리 기구를 사용해도 되고, 충격에 의해 기계적 박리가 발생하는 방법이면 특별히 제한은 되지 않는다.
- [0046] 박리 기구는, 150℃ 이상 400℃ 이하의 온도에서 열처리된 접합체(6)의 수소 이온 주입층의 측면으로부터 기계적 충격을 부여할 수 있는 것이며, 바람직하게는, 수소 이온 주입층의 측면에 닿는 부분이 뾰족해지고, 이온 주입층을 따라 이동 가능한 것이며, 바람직하게는, 가위 형상의 예각인 도구나 가위 형상의 예각인 날을 구비하는 장치를 사용하고, 그 재질로서는 플라스틱(예를 들어 폴리에테르에테르케톤)이나 지르코니아, 실리콘, 다이아몬드 등을 사용할 수 있고, 오염에 구애되지 않으므로 금속 등을 사용할 수도 있다. 오염에 구애되는 경우에는, 플라스틱을 사용하면 된다. 또한, 췌기 형상의 예각인 도구로서, 가위 등의 날을 사용해도 된다.
- [0047] 상기 박리 공정에 의해, 핸들 기관(3) 상에 와이드 밴드 갭 반도체 박막층(4)이 형성된 접합 웨이퍼(8)가 얻어진다.
- [0048] 와이드 밴드 갭 반도체 박막(4)의 두께는, 통상, 50nm 내지 2000nm로 할 수 있다.
- [0049] 이하, 이온 주입과 표면 활성화 처리에 대하여 설명한다.
- [0050] 본 발명에 관한 접합 웨이퍼의 제조 방법은, 와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)과 핸들 기관(3)의 접합에 앞서, 와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)의 편측 표면(5)으로부터 이온을 주입하여 이온 주입층(2)을 형성하는 공정을 포함한다. 이때, 그 표면으로부터 원하는 깊이로 이온 주입층(2)을 형성할 수 있는 주입 에너지로, 소정의 선량의 수소 이온(H^+) 또는 수소 분자 이온(H_2^+)을 주입한다. 이때의 조건으로서, 예를 들어 주입 에너지는 50 내지 100keV로 할 수 있다.
- [0051] 상기 와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)에 주입하는 수소 이온(H^+)의 도우즈량은, $5.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$ 내지 $3.0 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^2$ 인 것이 바람직하다. $5.0 \times 10^{16} \text{ atom/cm}^2$ 미만이면, 계면의 취화가 일어나지 않는 경우가 있고, $3.0 \times 10^{17} \text{ atom/cm}^2$ 를 초과하면, 접합 후의 열처리 중에 기포로 되어 전사 불량으로 되는 경우가 있다.
- [0052] 주입 이온으로서 수소 분자 이온(H_2^+)을 사용하는 경우, 그 도우즈량은 $2.5 \times 10^{15} \text{ 원자/cm}^2$ 내지 $1.5 \times 10^{17} \text{ 원자/cm}^2$ 인 것이 바람직하다. $2.5 \times 10^{15} \text{ 원자/cm}^2$ 미만이면, 계면의 취화가 일어나지 않는 경우가 있고, $1.5 \times 10^{17} \text{ 원자/cm}^2$ 를 초과하면, 접합 후의 열처리 중에 기포로 되어 전사 불량으로 되는 경우가 있다.
- [0053] 또한, 와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)의 표면에 미리 수nm 내지 500nm 정도의 실리콘 산화막 등의 절연막을 형성해 두고, 그것을 통하여 수소 이온 또는 수소 분자 이온의 주입을 행하면, 주입 이온의 채널링을 억제하는 효과를 얻을 수 있다.
- [0054] 본 발명에 관한 접합 웨이퍼의 제조 방법은, 상기 이온 주입 후, 와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)과 핸들 기관(3)의 접합에 앞서, 와이드 밴드 갭 반도체 기관(1)의 상기 이온 주입면(5) 및/또는 핸들 기관(3)의 표면을 활성화 처리하는 공정을 포함한다. 표면 활성화 처리의 방법으로서, 플라즈마 처리, 오존 처리 등을 들 수 있다.
- [0055] 플라즈마로 처리를 하는 경우, 진공 챔버 중에 RCA 세정 등의 세정을 한 와이드 밴드 갭 반도체 기관 및/또는 핸들 기관을 적재하고, 플라즈마용 가스를 감압 하에서 도입한 후, 100W 정도의 고주파 플라즈마에 5 내지 10초 정도 노출시켜, 표면을 플라즈마 처리한다. 플라즈마용 가스로서는, 와이드 밴드 갭 반도체 기관을 처리하는 경우, 표면을 산화하는 경우에는 산소 가스의 플라즈마, 산화하지 않는 경우에는 수소 가스, 아르곤 가스, 또는 이들의 혼합 가스 또는 수소 가스와 헬륨 가스의 혼합 가스를 사용할 수 있다. 핸들 기관을 처리하는 경우에는 어떠한 가스이어도 된다.
- [0056] 플라즈마로 처리함으로써, 와이드 밴드 갭 반도체 기관 및/또는 핸들 기관의 표면의 유기물이 산화되어 제거되고, 또한 표면의 OH기가 증가하여 활성화된다. 처리는 와이드 밴드 갭 반도체 기관의 이온 주입한 표면, 및 핸들 기관의 접합면의 양쪽에 대하여 행하는 것이 보다 바람직하지만, 어느 한쪽만 행해도 된다.
- [0057] 오존으로 처리를 하는 경우에는, 대기를 도입한 챔버 중에 RCA 세정 등의 세정을 한 와이드 밴드 갭 반도체 기관 및/또는 핸들 기관을 적재하고, 질소 가스, 아르곤 가스 등의 플라즈마용 가스를 도입한 후, 고주파 플라즈

마를 발생시켜, 대기 중의 산소를 오존으로 변환함으로써, 표면을 오존 처리한다. 플라즈마 처리와 오존 처리는 어느 한쪽 또는 양쪽 모두 행할 수 있다.

[0058] 상술한 접합 웨이퍼의 제조 방법에 의해 얻어진 접합 웨이퍼도 또한, 본 발명에 포함된다. 접합 웨이퍼의 적용 예로서는, 액정 장치 등의 전기 광학 장치용 기관의 작성용, 파워 반도체나 단파장 레이저의 기관 등을 들 수 있다.

[0059] <실시예>

[0060] 실시예 1

[0061] 직경 50mm의 GaN 기관에 H_2^+ 이온을 75KeV의 가속 전압으로 1.35×10^{17} 원자/ cm^2 의 도우즈량으로 타입하였다. 계속해서 핸들 기관이 되는 직경 50mm의 실리콘 기관을 준비하고, 양쪽의 기관에 오존수 처리, UV 오존 처리, 이온 빔 처리, 플라즈마 활성화 처리를 행하였다. 실온에서 접합을 행하고, 250℃, 24시간의 열처리를 실시한 후에 532nm의 레이저로 투명한 GaN 기관측에서부터 조사를 행하였다. 조사 에너지는 0.5J/ cm^2 정도이다. 조사 후에 접합 계면에 가볍게 기계적 충격을 부여함으로써 GaN의 박막을 실리콘 기관에 전사할 수 있었다. 이 때 전사된 GaN의 두께는 290nm이었다.

[0062] 이에 의해, 전사되는 막의 품질은 상기 활성화의 종류에는 의존하지 않는 것이 판명되었다.

[0063] 실시예 2

[0064] 직경 50mm의 GaN 기관에 H_2^+ 이온을 75KeV의 가속 전압으로 1.35×10^{17} 원자/ cm^2 의 도우즈량으로 타입하였다. 계속해서 핸들 기관이 되는 직경 50mm의 실리콘 기관을 준비하고, 양쪽의 기관에 이온 빔 활성화 처리를 행하였다. 실온에서 접합을 행하고, 250℃, 24시간의 열처리를 실시하였다. 같은 기관을 총 3장 준비한 후에 그린 레이저(파장 532nm), RTA, 플래스 램프로 투명 기관측(석영측)으로부터 가시광 조사를 행하였다.

[0065] 이때의 레이저 조사 조건은, 출력 75W이고 발진 주파수가 25mJ@3kHz이었다. 기관 전체면을 1.2J/ cm^2 로 되도록 조사하였다.

[0066] RTA의 경우에는, 온도는 파이로미터로 GaN측에서부터 접합 계면을 관찰하는 방향으로 배치하였다. 이때, 접합 계면 근방의 온도를 관찰할 수 있게 된다.

[0067] 50℃/초의 승온 속도로, 350℃(파이로미터 읽기)까지 승온하여, 도달과 동시에 파워를 컷트하고, 기관을 냉각하였다.

[0068] 플래스 램프의 경우에는, 펄스폭 1m(밀리)초로서 조사를 행하였다. 조사 후에 접합 계면에 가볍게 기계적 충격을 부여함으로써 GaN의 박막을 실리콘 기관에 전사할 수 있었다. 이 때 전사된 GaN의 두께는 750nm이었다. 3개의 샘플을 육안으로 관찰한 결과, 유의차는 발견되지 않았다. 이에 의해, 전사되는 막의 품질은 상기 가시광 조사의 종류에는 의존하지 않는 것이 판명되었다.

[0069] 비교예 1

[0070] 직경 50mm의 GaN 기관에 H_2^+ 이온을 75KeV의 가속 전압으로 1.35×10^{17} 원자/ cm^2 의 도우즈량으로 타입하였다. 계속해서 핸들 기관이 되는 직경 50mm의 실리콘 기관을 준비하고, 양쪽의 기관에 이온 빔 처리를 행하였다. 200℃에서 접합을 행하고, 250℃, 24시간의 열처리를 실시한 후에 200℃의 핫 플레이트 상에서 532nm의 레이저를 사용하여, 투명한 GaN 기관측에서부터 조사를 행하였다. 조사 에너지는 0.5J/ cm^2 정도이다.

[0071] 조사 후에 접합 계면에 가볍게 기계적 충격을 부여함으로써 GaN의 박막을 실리콘 기관에 전사할 수 있었다. 이 때 전사된 GaN의 두께는 290nm이었다.

[0072] 비교예 2

[0073] 직경 50mm의 GaN 기관에 H^+ 이온을 75KeV의 가속 전압으로 1.35×10^{17} 원자/ cm^2 의 도우즈량으로 타입하였다. 계속해서 핸들 기관이 되는 직경 50mm의 실리콘 기관을 준비하고, 양쪽의 기관에 이온 빔 처리를 행하였다. 200℃에서 접합을 행하고, 250℃, 24시간의 열처리를 실시한 후에 250℃의 핫 플레이트 상에서 532nm의 레이저를 사용하여, 투명한 GaN 기관측에서부터 조사를 행하였다. 조사 에너지는 0.5J/ cm^2 정도이다. 조사 후에 접합 계면에 가볍게 기계적 충격을 부여함으로써 GaN의 박막을 실리콘 기관에 전사할 수 있었다. 이 때 전사된 GaN의 두

께는 290nm이었다. 비교예 1과 2로부터 접합의 온도나 조사시의 온도의 자유도는 높다고 생각된다.

[0074]

실시예 3

[0075]

직경 50mm의 ZnO 기판에 H^+ 이온을 80KeV의 가속 전압으로 9.5×10^{16} 원자/cm²의 도우즈량으로 타입하였다. 계속해서 핸들 기판이 되는 직경 50mm의 실리콘 기판을 준비하고, 양쪽의 기판에 플라즈마 활성화 처리를 행하였다. 실온에서 접합을 행하고, 250℃, 24시간의 열처리를 실시한 후에 Xe 플래시 램프로 투명한 ZnO 기판측에서부터 조사를 행하였다. 펄스폭을 1밀리초 정도로 하였다. 조사 후에 접합 계면에 가볍게 기계적 충격을 부여함으로써 ZnO의 박막을 실리콘 기판에 전사할 수 있었다. 이 때 전사된 ZnO의 두께는 550nm이었다.

[0076]

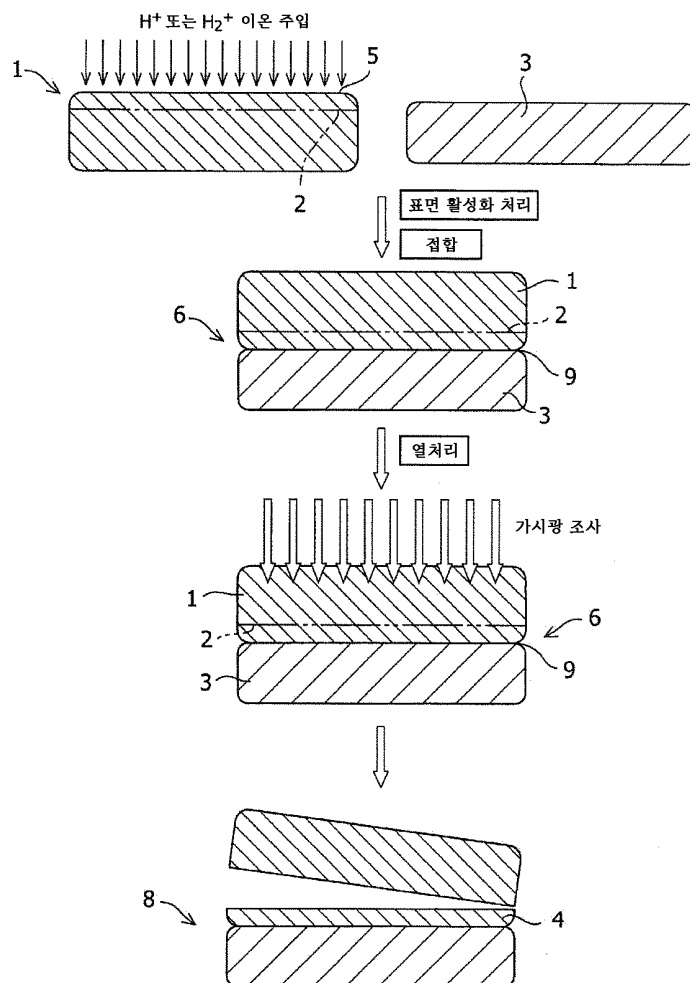
실시예 4

[0077]

직경 50mm의 GaN 기판에 H_2^+ 이온을 75KeV의 가속 전압으로 1.35×10^{17} 원자/cm²의 도우즈량으로 타입하였다. 계속해서 핸들 기판이 되는 직경 50mm 사파이어 기판을 준비하고, 양쪽의 기판에 플라즈마 활성화 처리를 행하였다. 실온에서 접합을 행하고, 150℃, 24시간과 250℃, 24시간의 열처리를 실시한 후에 Xe 플래시 램프로 사파이어 기판측에서부터 조사를 행하였다. 펄스폭을 1밀리초 정도로 하였다. 조사 후에 접합 계면에 가볍게 기계적 충격을 부여함으로써 GaN의 박막을 사파이어 기판에 전사할 수 있었다. 이 때 전사된 GaN의 두께는 290nm이었다.

도면

도면1



도면2

