



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년03월12일
(11) 등록번호 10-2226603
(24) 등록일자 2021년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02274 (2013.01)
H01L 21/02164 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0112195
(22) 출원일자 2019년09월10일
심사청구일자 2019년09월10일
(65) 공개번호 10-2020-0034605
(43) 공개일자 2020년03월31일
(30) 우선권주장
JP-P-2018-177863 2018년09월21일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP08203893 A*
KR1020110119870 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시킴가이샤 코쿠사이 엘렉트릭
일본 도쿄도 치요다쿠 칸다카지쵸 3쵸메 4번지
(72) 발명자
야마카도, 유키
일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쯔오마치 야스
우치 2쵸메 1반치 가부시킴가이샤 코쿠사이 엘렉
트릭 내
나카야마, 마사노리
일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쯔오마치 야스
우치 2쵸메 1반치 가부시킴가이샤 코쿠사이 엘렉
트릭 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 박상돈, 이중희

전체 청구항 수 : 총 19 항

심사관 : 오주철

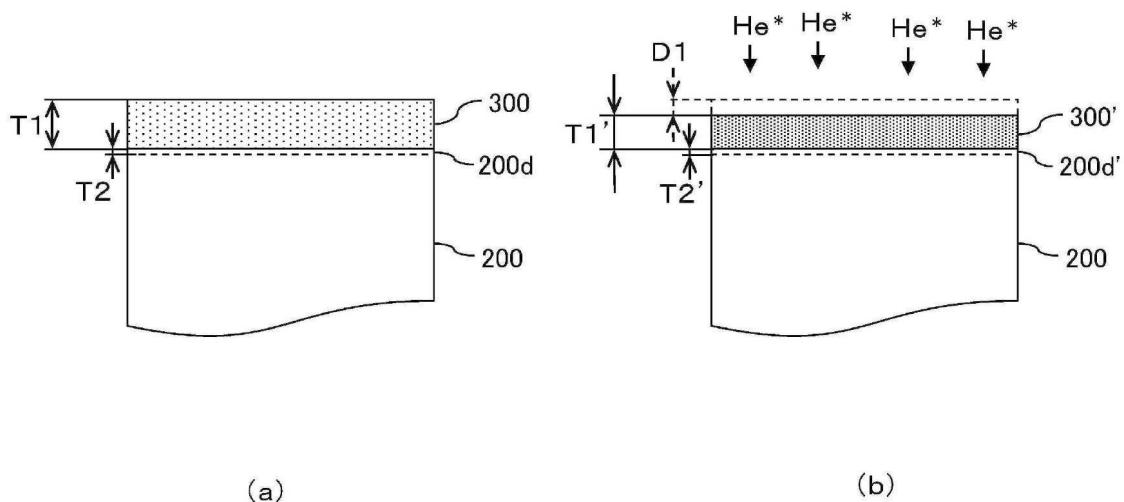
(54) 발명의 명칭 반도체 장치의 제조 방법, 기판 처리 장치, 및 프로그램

(57) 요약

[과제] 기판 상에 형성된 막을 플라즈마를 이용하여 개질할 때, 막의 품질을 이 막의 두께 방향의 광범위에 걸쳐 조정한다.

[해결 수단] (a) 하지와, 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 처리 용기 내로 반입하는 공정과, (b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과, (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 개질 가스를 기판의 표면에 공급하여 제1 막과, 하지 중 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정을 갖는다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H01L 21/02315 (2013.01)

H01L 21/67017 (2013.01)

H01L 21/67276 (2013.01)

H01L 2924/01002 (2013.01)

(72) 발명자

후나기, 가츠노리

일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시키키가이샤 코쿠사이 엘렉트
릭 내

우에다, 다츠시

일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시키키가이샤 코쿠사이 엘렉트
릭 내

즈보타, 야스토시

일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시키키가이샤 코쿠사이 엘렉트
릭 내

다카미, 에이코

일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시키키가이샤 코쿠사이 엘렉트
릭 내

다케시마, 유이치로

일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시키키가이샤 코쿠사이 엘렉트
릭 내

이가와, 히로토

일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시키키가이샤 코쿠사이 엘렉트
릭 내

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,
- (b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,
- (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기판의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정

을 포함하고,

(c)에서는, 개질 후의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 상기 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 상기 계면층의 합계 두께보다도 증가시키지 않도록 하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

개질 전의 상기 제1 막의 두께는, 해당 막의 두께 방향 전체에 걸쳐 해당 막 중에 상기 반응종을 고루 퍼뜨리고, 또한 해당 막을 통하여 상기 계면층에 상기 반응종을 도달시키는 것이 가능한 두께인, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

개질 전의 상기 제1 막의 두께는 10nm 이하인, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

개질 전의 상기 제1 막의 막 밀도는, 해당 막의 두께 방향 전체에 걸쳐 해당 막 중에 상기 반응종을 고루 퍼뜨리고, 또한 해당 막을 통하여 상기 계면층에 상기 반응종을 도달시키는 것이 가능한 크기인, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

개질 전의 상기 제1 막의 막 밀도는 3.00g/cm³ 이하인, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

- (a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,
- (b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,
- (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기판의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정

을 포함하고,

(c)에서는, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 상기 계면층의 두께에 대한, 개질에 의하여 조성이 변화된 후의 상기 계면층의 두께의 증대량이, 개질 전의 상기 제1 막의 두께에 대한, 개질 후의 상기 제1 막의 두께의 감소량을 초과하지 않도록 하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

(a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,
(b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,
(c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기판의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정

을 포함하고,

상기 제1 막은 실리콘 산화막이고,

상기 개질 가스는 산화제를 더 포함하는 가스이고,

(c)에서는, 상기 제1 막을 산화시켜 상기 제1 막의 조성을 산화 실리콘의 화학양론 조성에 근접시키는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

개질 전의 상기 계면층은 실리콘층이고, (c)에서는 상기 계면층을 실리콘 산화층으로 개질시키는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 11

(a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,
(b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,

(c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기판의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정

을 포함하고,

상기 제1 막은 실리콘 질화막이고,

상기 개질 가스로서, 헬륨 가스를 포함하고 질화제를 더 포함하는 가스를 이용하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

(c)에서는, 상기 제1 막을 질화시켜 상기 제1 막의 조성을 질화 실리콘의 화학양론 조성에 근접시키는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

개질 전의 상기 계면층은 실리콘층이고, (c)에서는 상기 계면층을 실리콘 질화층으로 개질시키는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 14

(a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,

- (b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,
- (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기관의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정을 포함하고,
- (c)에서는, 개질 후의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 상기 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 상기 계면층의 합계 두께와 동등하게 하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 15

- (a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기관을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,
- (b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,
- (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기관의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정을 포함하고,
- (c)에서는, 개질에 의하여 조성을 변화시키는 상기 계면층의 두께의 증가량을, 개질에 의한 상기 제1 막의 두께의 감소량과 일치시키는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 16

- (a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기관을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,
- (b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,
- (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기관의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정을 포함하고,
- (c)에서는, 개질 후의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 상기 계면층의 합계 두께를, 상기 처리 용기 내로 공급하는 헬륨 가스의 유량 A에 대한, 상기 처리 용기 내로 공급하는 산화제 또는 질화제의 유량 B의 비율(B/A)에 따라 조정하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 17

- 제16항에 있어서,
- (c)에 있어서의 비율 B/A를 증가시킴으로써 상기 합계 두께를 크게 하는 방향으로 조정하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 18

- 제16항에 있어서,
- (c)에 있어서의 비율 B/A를 감소시킴으로써 상기 합계 두께를 작게 하는 방향으로 조정하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 19

- 제1항에 있어서,
- 상기 개질 가스로서, 헬륨 가스를 포함하고 산화제 및 질화제를 어느 것도 포함하지 않는 가스를 이용하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 20

- 기관을 수용하는 처리 용기와,

헬륨을 함유하는 개질 가스를 상기 처리 용기 내로 공급하는 개질 가스 공급계와,

상기 개질 가스를 상기 처리 용기 내에서 플라즈마화시키는 플라즈마 생성부와,

(a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 상기 처리 용기 내로 반입하는 처리와, (b) 상기 개질 가스를 상기 처리 용기 내에 공급하여 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 처리와, (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기판의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 처리를 행하게 하도록, 상기 개질 가스 공급계 및 상기 플라즈마 생성부를 제어하도록 구성되는 제어부

를 포함하고,

(c)에서는, 개질 후의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 상기 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 상기 계면층의 합계 두께보다도 증가시키지 않도록 하는, 기판 처리 장치.

청구항 21

(a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기판을 기판 처리 장치의 처리 용기 내로 반입하는 수순과,

(b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 수순과,

(c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기판의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 수순을 포함하고,

(c)에서는, 개질 후의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 상기 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 상기 제1 막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 상기 계면층의 합계 두께보다도 증가시키지 않도록 하는 수순을,

컴퓨터에 의하여 상기 기판 처리 장치에 실행시키는, 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 반도체 장치의 제조 방법, 기판 처리 장치, 및 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 장치의 제조 공정 일 공정으로서, 기판 상에 형성된 막을 플라즈마를 이용하여 개질하는 처리가 행해지는 경우가 있다(예를 들어 특허문헌 1, 2 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2008-53308호 공보

(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2010-27928호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시의 목적은, 기판 상에 형성된 막을 플라즈마를 이용하여 개질할 때, 막의 품질을 이 막의 두께 방향의 광범위에 걸쳐 조정하는 것이 가능한 기술을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

- [0005] 본 개시의 일 양태에 의하면,
- [0006] (a) 하지와, 상기 하지 상에 형성된 실리콘을 함유하는 제1 막을 갖는 기관을 처리 용기 내로 반입하는 공정과,
- [0007] (b) 헬륨을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 헬륨의 반응종을 생성하는 공정과,
- [0008] (c) 헬륨의 반응종을 포함하는 상기 개질 가스를 상기 기관의 표면에 공급하여 상기 제1 막과, 상기 하지 중 상기 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 공정
- [0009] 을 갖는 기술이 제공된다.

발명의 효과

- [0010] 본 개시에 의하면, 기관 상에 형성된 막을 플라즈마를 이용하여 개질할 때, 막의 품질을 이 막의 두께 방향의 광범위에 걸쳐 조정하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 본 개시의 일 실시 형태에서 적합하게 이용되는 기관 처리 장치(100)의 개략 구성도이며, 처리로(202) 부분을 중단면도로 도시하는 도면이다.
- 도 2는 본 개시의 일 실시 형태에 있어서의 플라즈마의 발생 원리를 예시하는 도면이다.
- 도 3은 본 개시의 일 실시 형태에서 적합하게 이용되는 기관 처리 장치(100)의 컨트롤러(221)의 개략 구성도이며, 컨트롤러(221)의 제어계를 블록도로 도시하는 도면이다.
- 도 4의 (a)는 개질 처리 전의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이고, (b)는 개질 처리 후의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이다.
- 도 5의 (a)는 개질 처리 전의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이고, (b)는 개질 처리 후의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이다.
- 도 6의 (a)는 개질 처리 전의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이고, (b)는 개질 처리 후의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이다.
- 도 7의 (a)는 개질 처리 전의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이고, (b)는 개질 처리 후의 웨이퍼(200)의 단면 구성을 예시하는 도면이다.
- 도 8의 (a)는 기관 상에 형성된 막의 습식 에칭 내성의 측정 결과를 나타내는 도면이고, (b)는 기관 상에 형성된 막의 막 두께 측정 결과를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] <본 개시의 일 실시 형태>
- [0013] 이하, 본 개시의 일 실시 형태에 대하여 도 1 내지 도 3을 참조하면서 설명한다.
- [0014] (1) 기관 처리 장치
- [0015] 도 1에 도시한 바와 같이 기관 처리 장치(100)는, 기관으로서의 웨이퍼(200)를 수용하여 플라즈마 처리하는 처리로(202)를 구비하고 있다. 처리로(202)는, 처리실(201)을 구성하는 처리 용기(203)를 구비하고 있다. 처리 용기(203)는 돔형의 상측 용기(210)와 사발형의 하측 용기(211)를 구비하고 있다. 상측 용기(210)가 하측 용기(211) 상에 덮어씌워짐으로써 처리실(201)이 형성된다.
- [0016] 하측 용기(211)의 하부 측벽에는 반입출 밸브(구획 밸브)로서의 게이트 밸브(244)가 마련되어 있다. 게이트 밸브(244)를 오픈으로써, 반입 출구(245)를 통하여 처리실(201) 내외로 웨이퍼(200)를 반출입할 수 있다. 게이트 밸브(244)를 닫음으로써 처리실(201) 내의 기밀성을 유지할 수 있다.
- [0017] 도 2에 도시한 바와 같이 처리실(201)은, 플라즈마 생성 공간(201a)과, 플라즈마 생성 공간(201a)에 연통되어 웨이퍼(200)가 처리되는 기관 처리 공간(201b)을 갖고 있다. 플라즈마 생성 공간(201a)의 주위이자 처리 용기(203)의 외주측에는 후술하는 공진 코일(212)이 마련되어 있다. 플라즈마 생성 공간(201a)은, 플라즈마가 생성되는 공간이며, 처리실(201) 중, 예를 들어 공진 코일(212)의 하단(도 1에 있어서의 1점 쇄선)보다도 상방측의

공간을 말한다. 한편, 기관 처리 공간(201b)은, 웨이퍼(200)가 플라즈마로 처리되는 공간이며, 공진 코일(212)의 하단보다도 하방측의 공간을 말한다.

- [0018] 처리실(201) 내의 바닥측 중앙에는 기관 적재부로서의 서셉터(217)가 배치되어 있다. 서셉터(217)의 상면에는, 웨이퍼(200)가 적재되는 기관 적재면(217d)이 마련되어 있다. 서셉터(217)의 내부에는 가열 기구로서의 히터(217b)가 매립되어 있다. 히터 전력 조정 기구(276)를 통하여 히터(217b)에 전력이 공급됨으로써, 기관 적재면(217d) 상에 적재된 웨이퍼(200)를, 예를 들어 25 내지 1000℃의 범위 내의 소정의 온도로 가열할 수 있다.
- [0019] 서셉터(217)는 하측 용기(211)와는 전기적으로 절연되어 있다. 서셉터(217)의 내부에는 임피던스 조정 전극(217c)이 장비되어 있다. 임피던스 조정 전극(217c)은 임피던스 조정부로서의 임피던스 가변 기구(275)를 거쳐 접지되어 있다. 임피던스 가변 기구(275)는 코일이나 가변 콘덴서 등을 구비하고 있으며, 코일의 인덕턴스, 저항, 가변 콘덴서의 용량값 등을 제어함으로써 임피던스 조정 전극(217c)의 임피던스를 약 0Ω으로부터 처리실(201)의 기생 임피던스값까지의 소정의 범위 내에서 변화시키는 것이 가능하도록 구성되어 있다. 이것에 의하여, 임피던스 조정 전극(217c) 및 서셉터(217)를 통하여, 플라즈마 처리 중인 웨이퍼(200)의 전위(바이어스 전압)를 제어하는 것이 가능해진다.
- [0020] 서셉터(217)의 하방에는, 서셉터(217)를 승강시키는 서셉터 승강 기구(268)가 마련되어 있다. 서셉터(217)에는 관통 구멍(217a)이 3개 마련되어 있다. 하측 용기(211)의 저면에는, 웨이퍼(200)를 지지하는 지지체로서의 지지 핀(266)이 3개의 관통 구멍(217a)의 각각에 대응하도록 3개 마련되어 있다. 서셉터(217)가 하강되었을 때, 3개의 지지 핀(266)의 각 선단이, 대응하는 각 관통 구멍(217a)을 뚫고 나가 서셉터(217)의 기관 적재면(217d)보다도 상면측으로 각각 돌출된다. 이것에 의하여 웨이퍼(200)를 하방으로부터 보유 지지하는 것이 가능해진다.
- [0021] 처리실(201)의 상방, 즉, 상측 용기(210)의 상부에는 가스 공급 헤드(236)가 마련되어 있다. 가스 공급 헤드(236)는 캡 모양의 덮개체(233)와 가스 도입구(234)와 버퍼실(237)과 개구(238)와 차폐 플레이트(240)와 가스 분출구(239)를 구비하며, 처리실(201) 내로 가스를 공급하도록 구성되어 있다. 버퍼실(237)은, 가스 도입구(234)로부터 도입되는 가스를 분산시키는 분산 공간으로서 기능한다.
- [0022] 가스 도입구(234)에는, 헬륨(He) 등의 희가스를 함유하는 개질 가스를 공급하는 가스 공급관(232a)의 하류 단과, 산소 가스(O₂) 등의 산소(O) 함유 가스를 공급하는 가스 공급관(232b)의 하류 단과, 질소 가스(N₂) 등의 질소(N) 함유 가스를 공급하는 가스 공급관(232c)이 합류하도록 접속되어 있다. 가스 공급관(232a)에는 가스류의 상류측으로부터 순서대로 개질 가스 공급원(250a), 유량 제어 장치로서의 매스 플로우 컨트롤러(MFC)(252a), 개폐 밸브로서의 밸브(253a)가 마련되어 있다. 가스 공급관(232b)에는 가스류의 상류측으로부터 순서대로 O 함유 가스 공급원(250b), MFC(252b), 밸브(253b)가 마련되어 있다. 가스 공급관(232c)에는 가스류의 상류측으로부터 순서대로 N 함유 가스 공급원(250c), MFC(252c), 밸브(253c)가 마련되어 있다. 가스 공급관(232a 내지 232c)이 합류된 하류측에는 밸브(243a)가 마련되어 있다. 밸브(253a 내지 253c, 243a)를 개폐시킴으로써, MFC(252a 내지 252c)에 의하여 유량을 조정하면서 개질 가스, O 함유 가스, N 함유 가스의 각각을 처리실(201) 내로 공급하는 것이 가능해진다.
- [0023] 개질 가스는, 후술하는 기관 처리 공정에 있어서 플라즈마화되어 웨이퍼(200)에 대하여 공급되어, 웨이퍼(200) 상에 형성되어 있는 막이나 이 막의 하지의 적어도 일부를 개질하도록 작용한다. 또한 O 함유 가스는, 후술하는 기관 처리 공정에 있어서 개질 가스 중에 첨가되고 플라즈마화되어 산화제로서 작용하는 경우가 있다. 또한 N 함유 가스는, 후술하는 기관 처리 공정에 있어서 개질 가스 중에 첨가되고 플라즈마화되어 질화제로서 작용하는 경우가 있다. 또한 N 함유 가스의 일종인 N₂ 가스는, 후술하는 기관 처리 공정에 있어서 플라즈마화되는 일 없이 이용되어 퍼지 가스, 캐리어 가스 등으로서 작용하는 경우가 있다.
- [0024] 주로 가스 공급 헤드(236)(덮개체(233), 가스 도입구(234), 버퍼실(237), 개구(238), 차폐 플레이트(240), 가스 분출구(239)), 가스 공급관(232a), MFC(252a), 밸브(253a, 243a)에 의하여 개질 가스 공급계가 구성된다. 또한 주로 가스 공급 헤드(236), 가스 공급관(232b), MFC(252b), 밸브(253b, 243a)에 의하여 O 함유 가스 공급계(산화제 공급계)가 구성된다. 또한 주로 가스 공급 헤드(236), 가스 공급관(232c), MFC(252c), 밸브(253c, 243a)에 의하여 N 함유 가스 공급계(질화제 공급계, 불활성 가스 공급계)가 구성된다.
- [0025] 하측 용기(211)의 측벽에는, 처리실(201) 내를 배기하는 배기구(235)가 마련되어 있다. 배기구(235)에는 배기관(231)의 상류 단이 접속되어 있다. 배기관(231)에는 상류측으로부터 순서대로 압력 조정기(압력 조정부)로서의 APC(Auto Pressure Controller) 밸브(242), 밸브(243b), 진공 배기 장치로서의 진공 펌프(246)가 마련되어

있다.

- [0026] 주로 배기구(235), 배기관(231), APC 밸브(242), 밸브(243b)에 의하여 배기부가 구성되어 있다. 진공 펌프(246)를 배기부에 포함시켜도 된다.
- [0027] 처리실(201)의 외주부, 즉, 상측 용기(210)의 측벽의 외측에는, 처리실(201)을 둘러싸도록 나선형의 공진 코일(212)이 마련되어 있다. 공진 코일(212)에는 RF(Radio Frequency) 센서(272), 고주파 전원(273) 및 주파수 정합기(주파수 제어부)(274)가 접속되어 있다. 공진 코일(212)의 외주측에는 차폐판(223)이 마련되어 있다.
- [0028] 고주파 전원(273)은 공진 코일(212)에 대하여 고주파 전력을 공급하도록 구성되어 있다. RF 센서(272)는 고주파 전원(273)의 출력측에 마련되어 있다. RF 센서(272)는, 고주파 전원(273)으로부터 공급되는 고주파 전력의 진행파나 반사파의 정보를 모니터링하도록 구성되어 있다. 주파수 정합기(274)는, RF 센서(272)에서 모니터링된 반사파의 정보에 기초하여 반사파가 최소로 되도록, 고주파 전원(273)으로부터 출력되는 고주파 전력의 주파수를 정합시키도록 구성되어 있다.
- [0029] 공진 코일(212)의 양 단은 전기적으로 접지되어 있다. 공진 코일(212)의 일단은 가동 탭(213)을 통하여 접지되어 있다. 공진 코일(212)의 타 단은 고정 그라운드(214)를 통하여 접지되어 있다. 공진 코일(212)의 이들 양 단 사이에는, 고주파 전원(273)으로부터 급전을 받는 위치를 임의로 설정할 수 있는 가동 탭(215)이 마련되어 있다. 이들 구성에 의하여 기관 처리 장치(100)의 맨 처음의 설치 시나 처리 조건의 변경 시에 공진 코일(212)의 전기적 길이나 임피던스를 미세 조정할 수 있으며, 공진 특성을 고주파 전원(273)과 대략 동등하게 하게 하는 것을 용이하게 행할 수 있게 된다.
- [0030] 차폐판(223)은, 공진 코일(212)의 외측으로의 전자파의 누설을 차폐함과 함께, 공진 회로를 구성하는 데에 필요한 용량 성분을 공진 코일(212)과의 사이에 형성하도록 구성되어 있다.
- [0031] 주로 공진 코일(212), RF 센서(272), 주파수 정합기(274)에 의하여 플라즈마 생성부가 구성되어 있다. 고주파 전원(273)이나 차폐판(223)을 플라즈마 생성부에 포함시켜도 된다.
- [0032] 이하, 플라즈마 생성부의 동작이나 생성되는 플라즈마의 성질에 대하여 도 2를 이용하여 보충한다.
- [0033] 공진 코일(212)은 고주파 유도 결합 플라즈마(ICP) 전극으로서 기능하도록 구성되어 있다. 공진 코일(212)은, 소정의 파장의 정재파를 형성하여 모든 파장 모드에서 공진하도록 그 권취 직경, 권회 피치, 권수 등이 설정된다. 공진 코일(212)의 전기적 길이, 즉, 어스 간의 전극 길이는, 고주파 전원(273)으로부터 공급되는 고주파 전력의 파장의 정수 배의 길이로 되도록 조정된다. 이들 구성이나, 공진 코일(212)에 대하여 공급되는 전력, 및 공진 코일(212)에서 발생시키는 자계 강도 등은, 기관 처리 장치(100)의 외형이나 처리 내용 등을 감안하여 적절히 결정된다. 일례로서, 공진 코일(212)의 유효 단면적은 50 내지 300mm²로 하고, 코일 직경은 200 내지 500mm로 하고, 코일의 권회 수는 2 내지 60회로 한다. 공진 코일(212)에 공급되는 고주파 전력의 크기는 0.5 내지 5kW, 바람직하게는 1.0 내지 4.0kW로 하고, 주파수는 800kHz 내지 50MHz로 한다. 공진 코일(212)에서 발생시키는 자장은 0.01 내지 10가우스로 한다.
- [0034] 고주파 전원(273)은 전원 제어 수단과 증폭기를 구비하고 있다. 전원 제어 수단은, 조작 패널을 통하여 미리 설정된 전력이나 주파수에 관한 출력 조건에 기초하여 소정의 고주파 신호(제어 신호)를 증폭기에 대하여 출력하도록 구성되어 있다. 증폭기는, 전원 제어 수단으로부터 수신한 제어 신호를 증폭함으로써 얻어진 고주파 전력을 전송 선로를 통하여 공진 코일(212)을 향하여 출력하도록 구성되어 있다. 증폭기의 출력측에는, 상술한 바와 같이, 전송 선로에 있어서의 반사파 전력을 검출하고, 그 전압 신호를 주파수 정합기(274)를 향하여 피드백하는 RF 센서(272)가 마련되어 있다.
- [0035] 주파수 정합기(274)는, 반사파 전력에 관한 전압 신호를 RF 센서(272)로부터 수신하여 반사파 전력이 최소로 되도록, 고주파 전원(273)이 출력하는 고주파 전력의 주파수(발진 주파수)를 증가 또는 감소시키는 보정 제어를 행한다. 발진 주파수의 보정은, 주파수 정합기(274)가 구비하는 주파수 제어 회로를 이용하여 행해진다. 주파수 제어 회로는, 플라즈마 점등 전에는 공진 코일(212)의 무부하 공진 주파수로 발진하고, 플라즈마 점등 후에는 반사파 전력이 최소로 되도록 미리 설정된 주파수(무부하 공진 주파수를 증가 또는 감소시킨 주파수)로 발진하도록 구성된다. 주파수 제어 회로는, 보정 후의 주파수를 포함하는 제어 신호를 고주파 전원(273)을 향하여 피드백한다. 고주파 전원(273)은 이 제어 신호에 기초하여 고주파 전력의 주파수를 보정한다. 고주파 전력의 주파수는, 전송 선로에 있어서의 반사파 전력이 0으로 되는 공진 주파수로 최적화된다.
- [0036] 이상의 구성에 의하여, 플라즈마 생성 공간(201a) 내에 여기되는 유도 플라즈마는, 처리실(201)의 내벽이나 서

셉터(217) 등과의 용량 결합이 거의 없는 양질의 것으로 된다. 플라즈마 생성 공간(201a) 중에는, 전기적 포텐셜이 극히 낮은, 평면으로 보아 도넛형 플라즈마가 생성되게 된다.

- [0037] 도 3에 도시한 바와 같이 제어부로서의 컨트롤러(221)는, CPU(Central Processing Unit)(221a), RAM(Random Access Memory)(221b), 기억 장치(221c), I/O 포트(221d)를 구비한 컴퓨터로서 구성되어 있다. RAM(221b), 기억 장치(221c), I/O 포트(221d)는 내부 버스(221e)를 통하여 CPU(221a)와 데이터 교환 가능하도록 구성되어 있다. 컨트롤러(221)에는 입출력 장치(225)로서, 예를 들어 터치 패널, 마우스, 키보드, 조작 단말기 등이 접속되어 있어도 된다. 컨트롤러(221)에는 표시부로서, 예를 들어 디스플레이 등이 접속되어 있어도 된다.
- [0038] 기억 장치(221c)는, 예를 들어 플래시 메모리, HDD(Hard Disk Drive), CD-ROM 등으로 구성되어 있다. 기억 장치(221c) 내에는, 기관 처리 장치(100)의 동작을 제어하는 제어 프로그램, 기관 처리의 수순이나 조건 등이 기재된 프로세스 레시피 등이, 판독 가능하게 저장되어 있다. 프로세스 레시피는, 후술하는 기관 처리 공정에 있어서의 각 수순을 컨트롤러(221)에 실행시켜 소정의 결과를 얻을 수 있게 조합된 것이며, 프로그램으로서 기능한다. RAM(221b)는, CPU(221a)에 의하여 판독된 프로그램이나 데이터 등이 일시적으로 유지되는 메모리 영역(워크 에어리어)으로서 구성되어 있다.
- [0039] I/O 포트(221d)는 상술한 MFC(252a, 252b, 252c), 밸브(253a, 253b, 253c, 243a, 243b), 게이트 밸브(244), APC 밸브(242), 진공 펌프(246), 히터(217b), RF 센서(272), 고주파 전원(273), 주파수 정합기(274), 서셉터 승강 기구(268), 임피던스 가변 기구(275) 등에 접속되어 있다.
- [0040] CPU(221a)는, 기억 장치(221c)로부터 제어 프로그램을 판독하여 실행함과 함께, 입출력 장치(225)로부터의 조작 커맨드의 입력 등에 따라 기억 장치(221c)로부터 프로세스 레시피를 판독하도록 구성되어 있다. 도 1에 도시한 바와 같이 CPU(221a)는, 판독한 프로세스 레시피의 내용에 따르도록 I/O 포트(221d) 및 신호선 A를 통하여 APC 밸브(242)의 개방도 조정 동작, 밸브(243b)의 개폐 동작, 그리고 진공 펌프(246)의 기동 및 정지를, 신호선 B를 통하여 서셉터 승강 기구(268)의 승강 동작을, 신호선 C를 통하여 히터 전력 조정 기구(276)에 의한 온도 센서에 기초하는 히터(217b)로의 공급 전력량 조정 동작(온도 조정 동작) 및 임피던스 가변 기구(275)에 의한 임피던스값 조정 동작을, 신호선 D를 통하여 게이트 밸브(244)의 개폐 동작을, 신호선 E를 통하여 RF 센서(272), 주파수 정합기(274) 및 고주파 전원(273)의 동작을, 신호선 F를 통하여 MFC(252a, 252b, 252c)에 의한 각종 가스의 유량 조정 동작 및 밸브(253a, 253b, 253c, 243a)의 개폐 동작을 각각 제어하도록 구성되어 있다.
- [0041] (2) 기관 처리 공정
- [0042] 상술한 기관 처리 장치(100)를 이용하여, 반도체 장치의 제조 공정의 일 공정으로서, 기관으로서의 웨이퍼(200) 상에 형성된 막을 플라즈마를 이용하여 개질하는 기관 처리 시퀀스에 대하여 주로 도 4의 (a), 도 4의 (b)를 이용하여 설명한다. 이하의 설명에 있어서, 기관 처리 장치(100)를 구성하는 각 부의 동작은 컨트롤러(221)에 의하여 제어된다.
- [0043] 본 실시 형태의 기관 처리 시퀀스에서는,
- [0044] 하지와, 하지 상에 형성된 실리콘(Si)을 함유하는 제1 막을 갖는 웨이퍼(200)를 처리 용기(203) 내로 반입하는 스텝 A와,
- [0045] 헬륨(He)을 함유하는 개질 가스를 플라즈마화하여 He의 반응종을 생성하는 스텝 B와,
- [0046] He의 반응종을 포함하는 개질 가스를 웨이퍼(200)의 표면에 공급하여 제1 막과, 하지 중 제1 막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 스텝 C
- [0047] 를 실시한다.
- [0048] 본 실시 형태에서는, 웨이퍼(200)가 Si의 단결정을 포함하고, 제1 막이 웨이퍼(200)의 표면 상에 직접 형성되어 있는 경우, 즉, 제1 막의 하지가 Si 결정을 포함하는 경우에 대하여 설명한다. 또한 개질 대상인 제1 막이, Si 및 O를 포함하는 막, 즉, 실리콘 산화막(SiO₂막)인 경우에 대하여 설명한다. 또한 개질 가스로서 He 가스를 단체(單體)로 이용하는 경우에 대하여 설명한다.
- [0049] 본 명세서에서는, 개질 전의 SiO₂막에 대해서는 부호 300을, 개질 후의 SiO₂막에 대해서는 부호 300'을 붙여 이들을 구별한다. 또한 개질 전의 계면층에 대해서는 부호 200d를, 개질 후의 계면층에 대해서는 부호 200d'을 붙여 이들을 구별한다. 또한 본 명세서에서 말하는 계면층(200d)이란, SiO₂막(300)의 하지(웨이퍼(200)의 표면)의 일부이며, 웨이퍼(200)의 표면층 중, SiO₂막(300)과의 계면을 구성하는 부위를 말한다. 계면층(200d)에는, 후술

하는 스텝 C의 개질 처리에 있어서 SiO막(300)을 통하여 He의 반응종이 도달한다.

[0050] 본 명세서에 있어서 「웨이퍼」라는 용어를 이용한 경우에는, 웨이퍼 자체를 의미하는 경우나, 웨이퍼와, 그 표면에 형성된 소정의 층이나 막과의 적층체를 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에 있어서 「웨이퍼의 표면」이라는 용어를 이용한 경우에는, 웨이퍼 자체의 표면을 의미하는 경우나, 웨이퍼 상에 형성된 소정의 층 등의 표면을 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에 있어서 「웨이퍼 상에 소정의 층을 형성한다」고 기재한 경우에는, 웨이퍼 자체의 표면 상에 소정의 층을 직접 형성하는 것을 의미하는 경우나, 웨이퍼 상에 형성되어 있는 층 등의 상에 소정의 층을 형성하는 것을 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에 있어서 「기관」이라는 용어를 이용한 경우도 「웨이퍼」라는 말을 이용한 경우와 동의이다.

[0051] (웨이퍼 반입)

[0052] 서셉터(217)를 소정의 반송 위치까지 강하시킨 상태에서 게이트 밸브(244)를 열고, 처리 대상인 웨이퍼(200)를, 도시하지 않은 반송 로봇에 의하여 처리실(201) 내로 반입한다(스텝 A). 처리실(201) 내로 반입된 웨이퍼(200)는, 서셉터(217)의 기관 적재면(217d)으로부터 상방으로 돌출된 3개의 지지 핀(266) 상에 수평 자세로 지지된다. 처리실(201) 내로의 웨이퍼(200)의 반입이 완료된 후, 처리실(201) 내로부터 반송 로봇의 암부를 퇴거시키고 게이트 밸브(244)를 닫는다. 그 후, 서셉터(217)를 소정의 처리 위치까지 상승시키고, 처리 대상인 웨이퍼(200)를 지지 핀(266) 상으로부터 서셉터(217) 상으로 이동 탑재시킨다.

[0053] 도 4의 (a)에 도시한 바와 같이, 처리 대상인 웨이퍼(200) 상에는 개질 대상인 막인 SiO막(300)이 미리 형성되어 있다. SiO막(300)은, 예를 들어 CVD법이나 ALD법 등의 방법을 이용하여 비교적 저온의 온도 조건, 예를 들어 실온 내지 600℃, 바람직하게는 100 내지 500℃의 범위 내의 온도 조건 하에서 웨이퍼(200) 상에 SiO를 퇴적시키거나 함으로써 형성되어 있다.

[0054] SiO막(300)은, 상술한 바와 같이 비교적 낮은 온도 조건 하에서 형성되어 있는 점에서, 이 온도 조건보다도 높은 온도 조건 하에서 형성된 SiO막에 비해 불순물을 많이 포함하고 또한 낮은 막 밀도를 갖는 경향이 있다. 불순물에는, 예를 들어 수소(H), 산소(O), 수분(H₂O), 탄소(C), 질소(N), 인(P), 황(S), 불소(F), 염소(Cl)로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나가 포함되는 경향이 있다.

[0055] SiO막의 막 밀도는, 후술하는 스텝 C에 있어서의 개질 처리의 작용을 이 막의 두께 방향 전체에 걸쳐 고루 퍼뜨리는 것이 가능한 밀도이며, 나아가 이 개질 처리에 이용하는 He의 반응종을 SiO막(300)의 하지(웨이퍼(200)의 표면) 중, SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에 도달시키는 것이 가능한 밀도이다. 개질 전의 SiO막(300)의 막 밀도는, 예를 들어 3.00g/cm³ 이하, 바람직하게는 2.50g/cm³ 이하의 소정의 밀도이며, 본 실시 형태에서는 2.26g/cm³이다. 개질 전의 막 밀도가 3.00g/cm³을 초과하면, He의 반응종이 SiO막(300)의 하지까지 도달할 확률이 저하되어, 이 개질 처리의 작용을 하지까지 충분히 고루 퍼뜨리는 것이 어려워진다. 또한 SiO막(300)이 하지와의 계면을 갖도록 존재하면 본 실시 형태에 있어서의 개질 처리를 적용할 수 있으며, SiO막(300)의 밀도는, 예를 들어 1g/cm³ 이상이면 된다.

[0056] SiO막(300)의 두께는, 후술하는 스텝 C에 있어서의 개질 처리의 작용을 이 막의 두께 방향 전체에 걸쳐 고루 퍼뜨리는 것이 가능한 두께이며, 나아가 이 개질 처리에 이용하는 He의 반응종을 SiO막(300)의 하지(웨이퍼(200)의 표면) 중, SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에 도달시키는 것이 가능한 두께이다. SiO막(300)의 두께는, 예를 들어 10nm 이하, 바람직하게는 7nm 이하의 소정의 두께이며, 본 실시 형태에서는 3nm이다. SiO막(300)의 두께가 10nm를 초과하면, He의 반응종이 SiO막(300)의 하지까지 도달할 확률이 저하되어, 이 개질 처리의 작용을 하지까지 충분히 고루 퍼뜨리는 것이 어려워진다. 또한 SiO막(300)이 하지와의 계면을 갖도록 존재하면 본 실시 형태에 있어서의 개질 처리를 적용할 수 있으며, SiO막(300)의 두께는, 예를 들어 0.1nm 이상의 두께이면 된다.

[0057] (압력 조정, 온도 조정)

[0058] 계속해서, 처리실(201) 내가 원하는 처리 압력으로 되도록 진공 펌프(246)에 의하여 진공 배기된다. 처리실(201) 내의 압력은 압력 센서로 측정되며, 이 측정된 압력 정보에 기초하여 APC 밸브(242)이 피드백 제어된다. 또한 웨이퍼(200)가 원하는 처리 온도로 되도록 히터(217b)에 의하여 가열된다. 처리실(201) 내가 원하는 처리 압력으로 되고, 또한 웨이퍼(200)의 온도가 원하는 처리 온도에 도달하여 안정되면, 후술하는 개질 처리를 개시한다.

[0059] (개질 처리)

- [0060] 이 처리에서는 먼저, 개질 가스로서의 He 가스를 플라즈마화하여 He의 반응종을 생성한다(스텝 B). 구체적으로는, 밸브(253a, 243a)를 열고 MFC(252a)로 유량 제어하면서 버퍼실(237)을 통하여 처리실(201) 내로 He 가스를 공급한다. 이때, 공진 코일(212)에 대하여 고주파 전원(273)으로부터 고주파 전력을 공급한다. 이것에 의하여, 플라즈마 생성 공간(201a) 내에 있어서의 공진 코일(212)의 전기적 중점에 상당하는 높이 위치에, 평면으로 보아 도넛형인 유도 플라즈마가 여기된다. 유도 플라즈마의 여기에 의하여 He 가스가 활성화되어 He의 반응종이 생성된다. He의 반응종에는, 여기 상태의 He 원자(He*) 및 이온화된 He 원자 중 적어도 어느 것이 포함된다.
- [0061] 스텝 B를 행함으로써, He의 반응종을 포함하는 He 가스가 웨이퍼(200)의 표면에 대하여 공급된다. He는 매우 작은 원자 반경을 갖는 원소인 점에서 He의 반응종은, 웨이퍼(200) 상에 형성된 SiO막(300)의 내부로 깊이 침입(침투)하여 SiO막(300)의 두께 방향 전체에 걸쳐 구석구석까지 고루 퍼진다. 또한 He의 반응종은 SiO막(300)의 두께 방향 전체에 걸쳐 고루 퍼질 뿐 아니라 SiO막(300)의 하지(웨이퍼(200)의 표면) 중, SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에도 도달한다. 이들에 의하여, 웨이퍼(200)의 표면에 형성되어 있는 SiO막(300)과, SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)을 각각 개질하는 것이 가능해진다(스텝 C). 이와 같이 본 실시 형태의 개질 처리의 작용은 SiO막(300)의 표면뿐 아니라 SiO막(300)의 두께 방향의 전체에 걸쳐, 또한 SiO막(300)의 하지 중 SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에 대하여 이루어진다.
- [0062] 스텝 B, C에 있어서의 처리 조건으로서는,
- [0063] He 가스 공급 유량: 10 내지 5000sccm, 바람직하게는 100 내지 1000sccm, 예를 들어 150sccm
- [0064] He 가스 공급 시간: 0.2 내지 60분, 바람직하게는 0.5 내지 10분, 예를 들어 1분
- [0065] 고주파 전력: 100 내지 5000W, 바람직하게는 500 내지 3500W, 예를 들어 1500W
- [0066] 처리 온도: 실온 내지 1000℃, 보다 바람직하게는 600 내지 900℃, 예를 들어 700℃
- [0067] 처리 압력: 1 내지 250Pa, 보다 바람직하게는 50 내지 150Pa, 예를 들어 100Pa
- [0068] 이 예시된다. 또한 본 명세서에 있어서의 「10 내지 5000sccm」과 같은 수치 범위의 표기는 「10sccm 이상 5000sccm 이하」를 의미한다. 다른 수치 범위에 대해서도 마찬가지이다.
- [0069] 스텝 C에 있어서, SiO막(300) 중에서, H, O, H₂O, C, N, P, S, F, Cl로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 불순물을 탈리시켜 배기관(231)으로부터 배출하는 것이 가능해진다. 즉, SiO막(300) 중에 포함되어 있던 상술한 불순물을 SiO막(300) 중에서 제거하는 것이 가능해진다. 또한 He의 반응종은 계면층(200d)에도 도달하는 점에서, 계면층(200d)에 상술한 불순물이 포함되어 있는 경우에는 계면층(200d)으로부터 상술한 불순물을 탈리시키는 것도 가능해진다. 개질 후의 SiO막(300')은 개질 전의 SiO막(300)에 비해 불순물 함유량이 적은 양질의 막으로 되고, 개질 후의 계면층(200d')은 개질 전의 계면층(200d)에 비해 불순물 함유량이 동등 이하인 양질의 층으로 된다.
- [0070] 또한 스텝 C를 행함으로써, SiO막(300)의 막 밀도를 높여 이 막을 치밀화시키는 것이 가능해진다. 이것에 의하여, 개질 후의 SiO막(300')의 두께를 개질 전의 SiO막(300)의 두께 미만의 두께로 감소시키는 것이 가능해진다. 이하의 설명에서는 개질 전의 SiO막(300)의 두께를 T1이라 하고, 개질 후의 SiO막(300')의 두께를 T1'이라 한다. 또한 개질 전의 계면층의 두께를 T2라 하고, 개질 후의 계면층(200d')의 두께를 T2'이라 한다.
- [0071] 상술한 바와 같이 T1'은 T1보다도 작아지는데, 이들의 차인 SiO막의 두께의 감소량은 D1(=T1-T1')이라 표기하고 있다. 또한 개질 가스로서 He 가스를 단체로 이용하는 경우, 개질 전의 계면층(200d)의 두께 T2와 개질 후의 계면층(200d')의 두께 T2'은 거의 변화가 없다(T2≒T2'). 이 점에서, 개질 후의 SiO막(300')과 개질 후의 계면층(200d')의 합계 두께(T1'+T2')는, 개질 전의 SiO막(300)과 개질 전의 계면층(200d)의 합계 두께(T1+T2)보다도 얇게 되는 경향이 있다(T1'+T2'<T1+T2).
- [0072] (애프터 퍼지 및 대기압 복귀)
- [0073] 상술한 개질 처리가 완료된 후, 처리실(201) 내로의 He 가스의 공급을 정지함과 함께 공진 코일(212)로의 고주파 전력의 공급을 정지한다. 그리고 밸브(253c)를 열어 N₂ 가스를 처리실(201) 내로 공급하고 배기관(231)으로부터 배기한다. 이것에 의하여 처리실(201) 내가 퍼지되어, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스나 반응 부산물이 처리실(201) 내로부터 제거된다. 그 후, 처리실(201) 내의 분위기가 N₂ 가스로 치환되어 처리실(201) 내의

압력이 상압으로 복귀된다.

- [0074] (웨이퍼 반출)
- [0075] 계속해서, 서셉터(217)를 소정의 반송 위치까지 하강시키고, 웨이퍼(200)를 서셉터(217) 상으로부터 지지 핀(266) 상으로 이동 탑재시킨다. 그 후, 게이트 밸브(244)를 열고, 도시하지 않은 반송 로봇을 이용하여, 처리 후의 웨이퍼(200)를 처리실(201) 밖으로 반출한다. 이상에 의하여, 본 실시 형태에 따른 기관 처리 공정을 종료한다.
- [0076] (3) 본 실시 형태에 의한 효과
- [0077] 본 실시 형태에 의하면, 이하에 나타내는 하나 또는 복수의 효과가 얻어진다.
- [0078] (a) 스텝 C를 행함으로써, SiO막(300) 중에 포함되어 있던 상술한 불순물을 막 층으로부터 제거시키는 것이 가능해진다. 또한 개질 후의 SiO막(300')을 개질 전의 SiO막(300)보다도 치밀화시키는 것도 가능해진다. 이들 결과, 개질 후의 SiO막(300')의 습식 에칭 내성을 개질 전의 SiO막(300)의 습식 에칭 내성보다도 높이는 것이 가능해진다.
- [0079] (b) 개질 가스로서, 개질 처리 후의 막 내에 있어서 잔류하기 어렵고, 또한 불활성의 성질을 갖는 회가스를 포함하는 가스를 이용함으로써, 본 실시 형태와 같이, 처리 대상인 SiO막(300)뿐 아니라 하지의 계면층(200d)도 동시에 개질하는 경우에도, 계면층(200d)의 조성 변화를 제어하면서 SiO막(300)의 두께 방향 전역에 걸쳐 상술한 개질의 효과를 확실히 주는 것이 가능해진다. 즉, 본 실시 형태에서는 계면층(200d)을 포함시켜 개질을 행하는 것이 허용되기 때문에, SiO막(300)의 두께 방향 전역을 개질하는 것이 가능해진다. 따라서 본 실시 형태는, 처리 대상인 SiO막(300)의 두께가 작고, 또한 그 막 밀도가 작은 경우에 있어서 특히 적합하다.
- [0080] (c) 특히 개질 가스로서 회가스를 단체로 이용하는 점에서, 즉, 산화제 및 질화제를 어느 것도 포함하지 않는 회가스를 이용하는 점에서, 스텝 C를 행하는 것에 의한 SiO막(300) 및 계면층(200d)의 각각의 조성 변화를 방지하면서 SiO막(300)의 두께 방향 전역에 걸쳐 상술한 개질의 효과를 확실히 주는 것이 가능해진다. 이것에 의하여, 개질 후의 SiO막(300')과 개질 후의 계면층(200d')의 합계 두께를 개질 전의 SiO막(300)과 개질 전의 계면층(200d)의 합계 두께 이하의 두께로 억제하는 것이 가능해진다.
- [0081] (d) 처리 대상인 SiO막(300)의 두께를, 예를 들어 10nm 이하, 바람직하게는 7nm 이하의 소정의 두께로 함으로써, 상술한 개질의 효과가 SiO막(300)의 두께 방향 전역에 걸쳐 확실히 얻어지게 된다. 또한 상술한 개질의 효과를 SiO막(300)뿐 아니라 SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에까지 주는 것도 가능해진다.
- [0082] (e) 처리 대상인 SiO막(300)의 막 밀도를, 예를 들어 3.00g/cm³ 이하, 바람직하게는 2.50g/cm³ 이하의 소정의 크기로 설정함으로써, 상술한 개질의 효과가 SiO막(300)의 두께 방향 전역에 걸쳐 확실히 얻어지게 된다. 또한 상술한 개질의 효과를 SiO막(300)뿐 아니라 SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에까지 주는 것도 가능해진다.
- [0083] (f) 개질 가스로서, 원자 반경이 작아 막 층으로의 침투성이 극히 높은 He 가스를 이용함으로써, 상술한 개질의 효과가 SiO막(300)의 두께 방향 전역에 걸쳐 보다 확실히 얻어지게 된다. 또한 상술한 개질의 효과를 SiO막(300)뿐 아니라 SiO막(300)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에까지 보다 확실히 주는 것이 가능해진다.
- [0084] (g) 상술한 효과는, He 가스 이외의 회가스, 예를 들어 Ar 가스, Ne 가스, Xe 가스 등의 회가스 등을 개질 가스로서 이용하는 경우에도 마찬가지로 얻어진다. 단, 개질 가스로서 He 가스를 이용하는 편이, He 이외의 회가스를 이용하는 것보다도 원소의 원자 반경이 작아 상술한 효과를 보다 확실히 얻는 것이 가능해지는 점에서 바람직하다. 개질 가스로서 He 이외의 회가스를 이용하는 경우에는, 이 gas와 He 가스를 조합하여 이용하도록 하는 것이 바람직하다. 즉, 개질 가스에는 적어도 He 가스를 포함시키는 것이 바람직하다.
- [0085] (4) 변형예
- [0086] 본 실시 형태에 있어서의 기관 처리 시퀀스는 상술한 양태에 한정되지 않으며, 이하에 나타내는 변형예와 같이 변경할 수 있다. 이들 변형예는 임의로 조합할 수 있다. 특별히 설명이 없는 한, 각 변형예의 각 스텝에 있어서의 처리 수순, 처리 조건은, 도 4의 (a), 도 4의 (b)를 이용하여 설명한 기관 처리 시퀀스(이하, 단순히 상술한 기관 처리 시퀀스)의 각 스텝에 있어서의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.
- [0087] (변형예 1)

- [0088] 웨이퍼(200) 상에 미리 형성된 개질 대상인 제1 막은 SiO막에 한정되지 않으며, Si 및 Si이외의 원소를 포함하는 다른 막이어도 된다. 예를 들어 제1 막은, Si 및 N을 포함하는 막, 즉, 실리콘 질화막(SiN막)이어도 되고, 또한 Si, O 및 N을 포함하는 막, 즉, 실리콘 산질화막(SiON막)이어도 된다. 또한 제1 막은, Si 단체를 포함하는 Si막이어도 된다. 이들 경우에 있어서도, 개질 가스로서, He 가스를 포함하고 산화제 및 질화제를 어느 것도 포함하지 않는 가스를 이용함으로써, 상술한 기관 처리 시퀀스와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.
- [0089] (변형예 2)
- [0090] 개질 대상인 제1 막이 SiO막인 경우, 개질 가스로서, He 가스 등의 희가스를 포함하고 산화제를 더 포함하는 가스를 이용하도록 해도 된다. 산화제로서는, 예를 들어 O₂ 가스, 아산화질소(N₂O) 가스, 일산화질소(NO) 가스, 이산화질소(NO₂) 가스, 수증기(H₂O) 가스, 일산화탄소(CO) 가스, 이산화탄소(CO₂) 가스 등의 O 함유 가스를 이용할 수 있다. 이하, 일례로서, 산화제로서 O₂ 가스를 이용하고, 개질 가스로서, He 가스와 O₂ 가스를 포함하는 혼합 가스(He 가스+O₂ 가스)를 이용하는 경우에 대하여, 도 5의 (a), 도 5의 (b), 도 6의 (a), 도 6의 (b), 도 7의 (a), 도 7의 (b)를 이용하여 상세히 설명한다.
- [0091] 이하의 설명에서는, 개질 전의 SiO막에 대해서는 부호 301을 붙이고, 개질 후의 SiO막에 대해서는 부호 301'을 붙여 이들을 구별한다. 또한 개질 전후의 계면층에 대해서는, 상술한 기관 처리 시퀀스와 마찬가지로 부호 200d, 200d'을 붙여 이들을 구별한다. 또한 개질 전의 SiO막(301)의 두께를 T1이라 하고, 개질 후의 SiO막(301')의 두께를 T1'이라 한다. 본 변형예에 있어서도, T1'은 T1보다도 작아지는데, 이들의 차이 SiO막의 두께의 감소량을 D1(=T1-T1')이라 표기한다. 또한 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층(200d)의 두께를 T2라 하고, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 두께를 T2'이라 한다. 본 변형예에 있어서는, 계면층의 조성의 변화에 따라 T2'은 T2보다도 커지는데, 이들의 차이 계면층의 두께의 증가량을 D2(=T2'-T2)라 표기한다.
- [0092] 본 변형예의 스텝 B에서는, 개질 가스로서의 He 가스+O₂ 가스를 플라즈마화하여 He의 반응종 및 O의 반응종을 각각 생성한다. 구체적으로는, 밸브(253a, 253b, 243a)를 열고 MFC(252a, 252b)로 각각 유량 제어하면서 버퍼실(237)을 통하여 처리실(201) 내로 He 가스, O₂ 가스를 각각 공급한다. 이때, 공진 코일(212)에 대하여 고주파 전원(273)으로부터 고주파 전력을 공급함으로써 He 가스, O₂ 가스를 각각 플라즈마로 활성화시키고, 이것에 의하여 He의 반응종 및 O의 반응종을 각각 생성시킨다. O의 반응종에는, 여기 상태의 O₂ 분자(O₂*), 여기 상태의 O 원자(O*), 및 이온화된 O 원자 중 적어도 어느 것이 포함된다. 또한 산화제로서 작용하는 O의 반응종으로서, 여기 상태로 되어 있지 않은 O₂ 분자를 포함시켜도 된다.
- [0093] 스텝 B를 행함으로써, He의 반응종 및 O의 반응종을 포함하는 개질 가스가 웨이퍼(200)의 표면에 대하여 공급된다. 이들 반응종은, 웨이퍼(200) 상에 형성된 SiO막(301)의 내부로 깊이 침투하여, SiO막(301)의 두께 방향 전체에 걸쳐 구석구석까지 고루 퍼진다. 또한 이들 반응종은 SiO막(301) 중의 전역에 고루 퍼질 뿐 아니라 SiO막(301)의 하지(웨이퍼(200)의 표면) 중, SiO막(301)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에도 도달한다. 이들에 의하여, 웨이퍼(200)의 표면에 형성되어 있는 SiO막(301)과, SiO막(301)의 하지(웨이퍼(200)의 표면) 중, SiO막(301)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)을 각각 개질하는 것이 가능해진다(스텝 C). 이 개질 처리의 작용은 SiO막(301)의 표면뿐 아니라 SiO막(301)의 두께 방향의 전체에 걸쳐, 또한 SiO막(301)의 하지 중, SiO막(301)과의 계면을 구성하는 계면층(200d)에 대하여 이루어진다.
- [0094] 스텝 C에 있어서는, SiO막(301) 중에서, H, H₂O, C, N, P, S, F, Cl로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 불순물을 제거시키는 것이 가능해진다. 또한 SiO막(301)을 치밀화시키는 것이 가능해진다. 또한 He의 반응종이나 O의 반응종은 계면층(200d)에도 도달하는 점에서, 계면층(200d)에 상술한 불순물이 포함되어 있는 경우에는 계면층(200d)으로부터 상술한 불순물을 탈리시키는 것도 가능해진다. 개질 후의 SiO막(301')은 개질 전의 SiO막(301)에 비해 불순물 함유량이 적은 양질의 막으로 되고, 또한 개질 후의 계면층(200d')은 개질 전의 계면층(200d)에 비해 불순물 함유량이 동등 이하인 양질의 층으로 된다. 개질 후의 SiO막(301')은 개질 전의 SiO막(301)보다도 습식 에칭 내성이 높은 막으로 된다.
- [0095] 또한 스텝 C에 있어서는, 개질 가스에 포함되는 O의 반응종의 작용에 의하여, 웨이퍼(200) 상에 형성되어 있던 SiO막(301)을 산화시키는 것이 가능해진다. 그 결과, 개질 후의 SiO막(301')의 조성을 산화 실리콘(SiO₂)의 화학양론 조성에 근접시키는 방향으로 제어하는 것이 가능해진다. 또한 스텝 C에 있어서는, 개질 가스에 포함되

는 O의 반응종의 작용에 의하여, Si 단결정에 의하여 구성되어 있던 계면층(200d)을 산화시키는 것도 가능해진다. 그 결과, 개질 후의 계면층(200d') 중에 O를 첨가시켜 그 조성을 SiO로 변화시키는 것이 가능해진다. 즉, Si층으로서 구성되어 있던 계면층(200d)을, SiO층으로서 구성되는 계면층(200d')으로 개질시키는 것이 가능해진다. 또한 이들 반응에 의하여, 개질 후의 SiO막(301')의 두께 T1'은 개질 전의 SiO막의 두께 T1보다도 감소하는 경향이 있다. 또한 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 두께 T2'은 개질 전의 계면층의 두께 T2보다도 증가하는 경향이 있다.

- [0096] 여기서, 스텝 B, C에 있어서의 처리 조건을 적정하게 조정함으로써, 개질 후의 SiO막(301')과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 합계 두께를, 자유로이 조정하는 것이 가능해진다.
- [0097] 예를 들어 도 5의 (a), 도 5의 (b)에 도시한 바와 같이, 스텝 C에서는, 개질 후의 SiO막(301')과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 합계 두께를, 개질 전의 SiO막(301)과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층(200d)의 합계 두께보다도 얇게 할 수 있다($T1'+T2' < T1+T2$). 즉, 개질에 의한 계면층의 두께의 증가량 D2을, 개질에 의한 SiO막의 두께의 감소량 D1보다도 작게 할 수 있다.
- [0098] 또한, 예를 들어 도 6의 (a), 도 6의 (b)에 도시한 바와 같이, 스텝 C에서는, 개질 후의 SiO막(301')과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 합계 두께를, 개질 전의 SiO막(301)과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층(200d)의 합계 두께와 동등하게 할 수 있다($T1'+T2' = T1+T2$). 즉, 개질에 의한 계면층의 두께의 증가량 D2을, 개질에 의한 SiO막의 두께의 감소량 D1과 일치시킬 수 있다.
- [0099] 또한, 예를 들어 도 7의 (a), 도 7의 (b)에 도시한 바와 같이, 스텝 C에서는, 개질 후의 SiO막(301')과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 합계 두께를, 개질 전의 SiO막(301)과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층(200d)의 합계 두께보다도 두껍게 할 수 있다($T1'+T2' > T1+T2$). 즉, 개질에 의한 계면층의 두께의 증가량 D2을, 개질에 의한 SiO막의 두께의 감소량 D1보다도 크게 할 수 있다.
- [0100] 이들 제어를 행하기 위해서는, 예를 들어 스텝 B, C에 있어서, 처리 용기(203) 내로 공급하는 개질 가스에 포함되는 He와 O의 비율을 조정하면 된다. 보다 구체적으로는, 예를 들어 처리 용기(203) 내로 공급하는 He 가스의 유량 A에 대한, 처리 용기(203) 내로 공급하는 O₂ 가스의 유량 B의 비율(B/A)의 크기를 조정하면 된다.
- [0101] 예를 들어 스텝 B, C에 있어서의 B/A 비율을 증가시킴으로써, 개질 후의 SiO막(301')과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 합계 두께를 크게 하는 방향으로 조정하는 것이 가능해진다. 즉, 개질 후의 웨이퍼(200) 단면의 양태를, 도 5의 (b)에 도시하는 양태로부터 도 6의 (b)나 도 7의 (b)에 도시하는 양태에 근접시키는 것이 가능해진다.
- [0102] 또한, 예를 들어 스텝 B, C에 있어서의 B/A 비율을 감소시킴으로써, 개질 후의 SiO막(301')과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층(200d')의 합계 두께를 작게 하는 방향으로 조정하는 것이 가능해진다. 즉, 개질 후의 웨이퍼(200) 단면의 양태를, 도 7의 (b)에 도시하는 양태로부터 도 6의 (b)나 도 5의 (b)에 도시하는 양태에 근접시키는 것이 가능해진다.
- [0103] 스텝 B, C에 있어서의 처리 조건으로서는,
- [0104] He 가스 공급 유량: 10 내지 5000sccm, 바람직하게는 100 내지 1000sccm, 예를 들어 150sccm
- [0105] O₂ 가스 공급 유량: 10 내지 5000sccm, 바람직하게는 100 내지 1000sccm, 예를 들어 50sccm
- [0106] He 가스+O₂ 가스 공급 시간: 0.5 내지 60분, 바람직하게는 0.5 내지 10분, 예를 들어 1분
- [0107] 이 예시된다. 다른 처리 조건은, 상술한 기관 처리 시퀀스의 스텝 B, C에 있어서의 처리 조건과 마찬가지로이다.
- [0108] (변형예 3)
- [0109] 개질 대상인 제1 막이 SiN막인 경우, 개질 가스로서, He 가스 등의 희가스를 포함하고 질화제를 더 포함하는 가스를 이용하도록 해도 된다. 질화제로서는, 예를 들어 N₂ 가스나 암모니아(NH₃) 가스 등의 N 함유 가스를 이용하는 것이 가능하다. 이하, 일례로서, 질화제로서 N₂ 가스를 이용하고, 개질 가스로서, He 가스와 N₂ 가스를 포함하는 혼합 가스(He 가스+N₂ 가스)를 이용하는 경우에 대하여 설명한다.
- [0110] 본 변형예의 스텝 B에서는, 개질 가스로서의 He 가스+N₂ 가스를 플라즈마화하여 He의 반응종 및 N의 반응종을 각각 생성한다. 구체적으로는, 밸브(253a, 253c, 243a)를 열고 MFC(252a, 252c)로 각각 유량 제어하면서 버퍼

실(237)을 통하여 처리실(201) 내로 He 가스, N₂ 가스를 각각 공급한다. 이때, 공진 코일(212)에 대하여 고주파 전원(273)으로부터 고주파 전력을 공급함으로써 He 가스, N₂ 가스를 각각 플라즈마로 활성화시켜 He의 반응종 및 N의 반응종을 각각 생성시킨다. N의 반응종에는, 여기 상태의 N₂ 분자(N₂^{*}), 여기 상태의 N 원자(N^{*}), 및 이온화된 N 원자 중 적어도 어느 것이 포함된다. 또한 질화제로서 작용하는 N의 반응종으로서, 여기 상태로 되어 있지 않은 N₂ 분자를 포함시켜도 된다.

[0111] 스텝 B를 행함으로써, He의 반응종 및 N의 반응종을 포함하는 개질 가스가 웨이퍼(200)의 표면에 대하여 공급된다. 이들 반응종은, 웨이퍼(200) 상에 형성된 SiN막의 내부로 깊이 침투하여 SiN막의 두께 방향 전체에 걸쳐 구석구석까지 고루 퍼진다. 또한 이들 반응종은 SiN막 내의 전역에 고루 퍼질 뿐 아니라 SiN막의 하지(웨이퍼(200)의 표면) 중, SiN막과의 계면을 구성하는 계면층에도 도달한다. 이들에 의하여, 웨이퍼(200)의 표면에 형성되어 있는 SiN막과, SiN막과의 하지(웨이퍼(200)의 표면) 중, SiN막과의 계면을 구성하는 계면층을 각각 개질하는 것이 가능해진다(스텝 C). 이 개질 처리의 작용은 SiN막의 표면뿐 아니라 SiN막의 두께 방향의 전체에 걸쳐, 또한 SiN막의 하지 중 SiN막과의 계면을 구성하는 계면층에 대하여 이루어진다.

[0112] 본 변형예에 있어서도 변형예 2과 마찬가지로의 효과가 얻어진다.

[0113] 즉, 스텝 C에 있어서는, SiN 막 층으로부터, H, O, H₂O, C, P, S, F, Cl로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 불순물을 제거시키는 것이 가능해진다. 이것에 의하여, 개질 후의 SiN막은 개질 전의 SiN막에 비해 불순물 함유량이 적은 양질의 막으로 되고, 또한 개질 후의 계면층은 개질 전의 계면층에 비해 불순물 함유량이 동등 이하인 양질의 층으로 된다. 개질 후의 SiN막은 개질 전의 SiN막보다도 습식 에칭 내성이 높은 막으로 된다.

[0114] 또한 스텝 C에 있어서는, 개질 가스에 포함되는 N의 반응종의 작용에 의하여, 웨이퍼(200) 상에 형성되어 있던 SiN막을 질화시키는 것이 가능해진다. 그 결과, 개질 후의 SiN막의 조성을 질화 실리콘(Si₃N₄)의 화학양론 조성에 근접시키는 방향으로 제어하는 것이 가능해진다. 또한 스텝 C에 있어서는, 개질 가스에 포함되는 N의 반응종의 작용에 의하여, Si 단결정에 의하여 구성되어 있던 계면층을 질화시키는 것도 가능해진다. 그 결과, 개질 후의 계면층 중에 N을 첨가시켜 그 조성을 SiN으로 변화시키는 것이 가능해진다. 즉, Si층으로서 구성되어 있던 계면층을, SiN층으로서 구성되는 계면층으로 개질시키는 것이 가능해진다. 또한 이들 반응에 의하여, 개질 후의 SiN막의 두께는 개질 전의 SiN막의 두께보다도 감소되는 경향이 있다. 또한 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 두께는 개질 전의 계면층의 두께보다도 증가되는 경향이 있다.

[0115] 여기서, 스텝 B, C에 있어서의 처리 조건을 적정하게 조정함으로써, 개질 후의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 합계 두께를, 자유로이 조정하는 것이 가능해진다.

[0116] 예를 들어 스텝 C에서는, 개질 후의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층의 합계 두께보다도 얇게 할 수 있다. 즉, 개질에 의한 계면층의 두께의 증가량을, 개질에 의한 SiN막의 두께의 감소량보다도 작게 할 수 있다.

[0117] 또한, 예를 들어 스텝 C에서는, 개질 후의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층의 합계 두께와 동등하게 할 수 있다. 즉, 개질에 의한 계면층의 두께의 증가량을, 개질에 의한 SiN막의 두께의 감소량과 일치시킬 수 있다.

[0118] 또한, 예를 들어 스텝 C에서는, 개질 후의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층의 합계 두께보다도 두껍게 할 수 있다. 즉, 개질에 의한 계면층의 두께의 증가량을, 개질에 의한 SiN막의 두께의 감소량보다도 크게 할 수 있다.

[0119] 이들 제어를 행하기 위해서는, 변형예 2과 마찬가지로, 예를 들어 스텝 B, C에 있어서, 처리 용기(203) 내로 공급하는 개질 가스에 포함되는 He와 N의 비율을 조정하면 된다. 보다 구체적으로는, 예를 들어 처리 용기(203) 내로 공급하는 He 가스의 유량 A에 대한, 처리 용기(203) 내로 공급하는 N₂ 가스의 유량 B의 비율(B/A)의 크기를 조정하면 된다.

[0120] 예를 들어 스텝 B, C에 있어서의 B/A 비율을 증가시킴으로써, 개질 후의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 합계 두께를 크게 하는 방향으로 조정하는 것이 가능해진다. 또한, 예를 들어 스텝 B, C에 있어서의 B/A 비율을 감소시킴으로써, 개질 후의 SiN막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 합계 두께를 작게 하는

방향으로 조정하는 것이 가능해진다.

- [0121] 스텝 B, C에 있어서의 처리 조건으로서는,
- [0122] He 가스 공급 유량: 10 내지 5000sccm, 바람직하게는 100 내지 1000sccm, 예를 들어 150sccm
- [0123] N₂ 가스 공급 유량: 10 내지 5000sccm, 바람직하게는 100 내지 1000sccm, 예를 들어 50sccm
- [0124] He 가스+N₂ 가스 공급 시간: 0.2 내지 60분, 바람직하게는 0.5 내지 10분, 예를 들어 1분
- [0125] 이 예시된다. 다른 처리 조건은, 상술한 기관 처리 시퀀스의 스텝 B, C에 있어서의 처리 조건과 마찬가지로이다.
- [0126] (변형예 4)
- [0127] 개질 대상인 제1 막이 SiON막인 경우, 개질 가스로서, He 가스 등의 희가스를 포함하고 산화제 및 질화제 중 어느 것, 바람직하게는 이들 양쪽을 더 포함하는 가스를 이용하도록 해도 된다. 본 변형예의 스텝 B, C에 있어서의 처리 수순, 처리 조건은, 변형예 2, 3의 스텝 B, C에 있어서의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다. 본 변형예에 있어서도 변형예 2, 3과 대략 마찬가지로의 효과가 얻어진다.
- [0128] <다른 실시 형태>
- [0129] 이상, 본 개시의 실시 형태를 구체적으로 설명하였다. 단, 본 개시는 상술한 실시 형태에 한정되는 것은 아니며, 그 요지를 이탈하지 않는 범위에서 다양하게 변경 가능하다.
- [0130] 예를 들어 상술한 실시 형태에서는, 제1 막이 기관 상에 직접 형성되어 있는 예, 즉, 제1 막의 하지가 기관의 표면인 예(Si 단결정인 예)에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이와 같은 양태에 한정되지 않는다. 예를 들어 제1 막의 하지가, 기관 상에 형성되어 있는 막이어도 된다. 이 막으로서, 예를 들어 Si막, SiO막, SiN막, SiON막 등이 예시된다. 이와 같은 경우에도, 상술한 실시 형태와 마찬가지로의 기관 처리 시퀀스를 행함으로써 상술한 실시 형태와 마찬가지로의 효과가 얻어진다. 또한 변형예 2 내지 4에서는, 특히 제1 막의 하지는, 개질 가스에 포함되는 He 이외의 원소(변형예 2에서는 O, 변형예 3에서는 N이 해당함)가 비함유, 또는 실질적으로 포함되어 있지 않은 막인 것이 바람직하다. 예를 들어 변형예 2에서는 Si막이나 SiN막 등이 예시된다. 변형예 3에서는 Si막이나 SiO막 등이 예시된다.
- [0131] 또한, 예를 들어 상술한 실시 형태에서는, 개질 가스의 플라즈마화를 처리 용기 내에서 행하는 예에 대하여 설명하였지만, 본 개시는 이와 같은 양태에 한정되지 않는다. 즉, 개질 가스의 플라즈마화를 처리 용기의 외부에서 행하고, 생성된 각종 반응종을 포함하는 개질 가스를, 처리 용기 내에 수용된 기관에 대하여 공급하도록 해도 된다. 이와 같은 경우에도 상술한 실시 형태와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.
- [0132] 또한, 예를 들어 상술한 실시 형태에서는, 기관 상으로의 제1 막의 형성 처리와, 플라즈마를 이용한 제1 막의 개질 처리를, 다른 처리실 내에서 현장 밖에서(ex-situ) 행하는 예에 대하여 설명하였지만, 이들을 동일한 처리실 내에서 연속적으로 현장에서(in-situ) 행하도록 해도 된다. 이와 같은 경우에도, 개질 처리 시에 상술한 실시 형태와 마찬가지로의 기관 처리 시퀀스를 행함으로써 상술한 실시 형태와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.
- [0133] 상술한 실시 형태나 변형예 등은 적절히 조합하여 이용할 수 있다. 이때의 처리 수순, 처리 조건은, 예를 들어 상술한 실시 형태의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.
- [0134] 실시예
- [0135] 실시예로서, CVD법을 이용하여 Si 웨이퍼 상에 SiO막을 형성하였다. 온도 조건, 및 SiO막의 막 두께나 막 밀도 등의 여러 조건은, 상술한 실시 형태에 기재된 조건 범위 내의 소정의 조건으로 하였다. 그 후, 도 1에 도시하는 기관 처리 장치를 이용하여, 상술한 실시 형태에 나타내는 기관 처리 시퀀스에 의하여, Si 웨이퍼 상에 미리 형성된 SiO막을 플라즈마를 이용하여 개질 처리하였다. 개질 가스로서는 He 가스+O₂ 가스를 이용하였다. 처리 조건은, 상술한 실시 형태에 기재된 처리 조건 범위 내의 소정의 조건으로 하였다. 개질 처리를 실시한 후, 개질 후의 SiO막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 Si 웨이퍼의 계면층의 합계 두께를 측정하였다. 또한 개질 후의 SiO막의 표면에 불화수소수 용액을 공급하고 막의 습식 에칭 레이트(WER)을 측정하였다.
- [0136] 비교예 1로서, 실시예와 마찬가지로의 처리 수순, 처리 조건에 의하여 Si 웨이퍼 상에 SiO막을 형성하였다. 그리고 플라즈마를 이용한 개질 처리를 행하는 일 없이, Si 웨이퍼 상에 형성된 SiO막과, Si 웨이퍼의 계면층의 합계 두께를 측정하였다. 또한 개질 처리가 행해져 있지 않은 SiO막의 표면에 실시예 1과 마찬가지로의 처리 조건

에서 불화수소수 용액을 공급하고 막의 WER을 측정하였다.

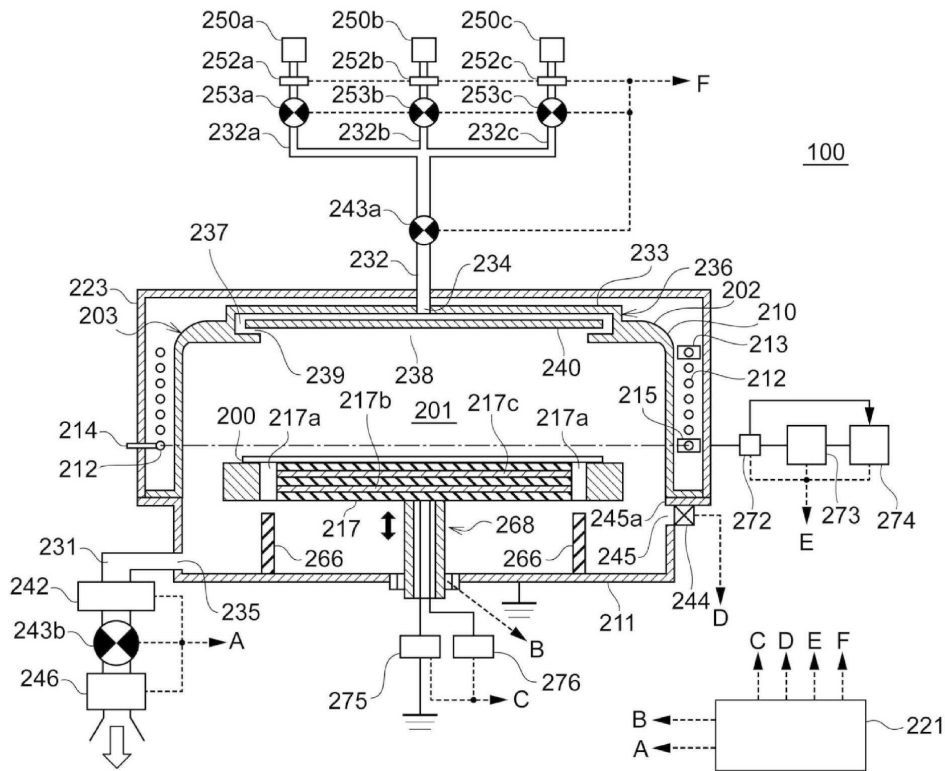
- [0137] 비교예 2로서, 실시예와 마찬가지로의 처리 수순, 처리 조건에 의하여 Si 웨이퍼 상에 SiO막을 형성하고, 그 후, 도 1에 도시하는 기관 처리 장치를 이용하여, Si 웨이퍼 상에 형성된 SiO막을 O₂플라스마를 이용하여 개질 처리하였다. 개질 가스에는 He 가스를 포함시키지 않았다. 개질 처리를 실시한 후, 개질 후의 SiO막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 Si 웨이퍼의 계면층의 합계 두께를 측정하였다. 또한 개질 후의 SiO막의 표면에 실시예 1과 마찬가지로의 처리 조건에서 불화수소수 용액을 공급하고 막의 WER을 측정하였다.
- [0138] 도 8의 (a)에 SiO막의 에칭 레이트의 측정 결과를, 도 8의 (b)에 SiO막과 계면층의 합계 두께의 측정 결과를 각각 나타낸다. 도 8의 (a)의 종축은 WER(Å/min)을, 횡축은 비교예 1, 비교예 2, 실시예를 순서대로 나타내고 있다. 도 8의 (b)의 종축은, 비교예 1의 합계 막 두께를 기준으로 하였을 때의 합계 막 두께의 크기를, 횡축은 비교예 2, 실시예를 순서대로 나타내고 있다.
- [0139] 도 8의 (a)에 의하면, 실시예의 SiO막의 WER은 비교예 1, 2의 SiO막의 WER보다도 작음을 알 수 있다. 즉, 상술한 실시 형태의 기관 처리 시퀀스를 이용한 개질 처리를 행함으로써, Si 웨이퍼 상에 형성된 SiO막을, 에칭 내성이 우수한 양질의 막으로 개질하는 것이 가능한 것을 알 수 있다.
- [0140] 도 8의 (b)에 의하면, 실시예에 있어서의 합계 막 두께는, 비교예 1에 있어서의 합계 막 두께(실질적으로 SiO막의 막 두께와 동등)에 비해 작게 되어 있음을 알 수 있다. 또한 비교예 2에 있어서의 합계 막 두께는 비교예 1에 있어서의 합계 막 두께보다도 크게 되어 있음을 알 수 있다. 즉, 상술한 실시 형태의 기관 처리 시퀀스를 행함으로써, 개질 후의 SiO막과, 개질에 의하여 조성이 변화된 계면층의 합계 두께를, 개질 전의 SiO막과, 개질에 의하여 조성이 변화되기 전의 계면층의 합계 두께로부터 증가시키지 않도록 하는 것이 가능한 것을 알 수 있다.

부호의 설명

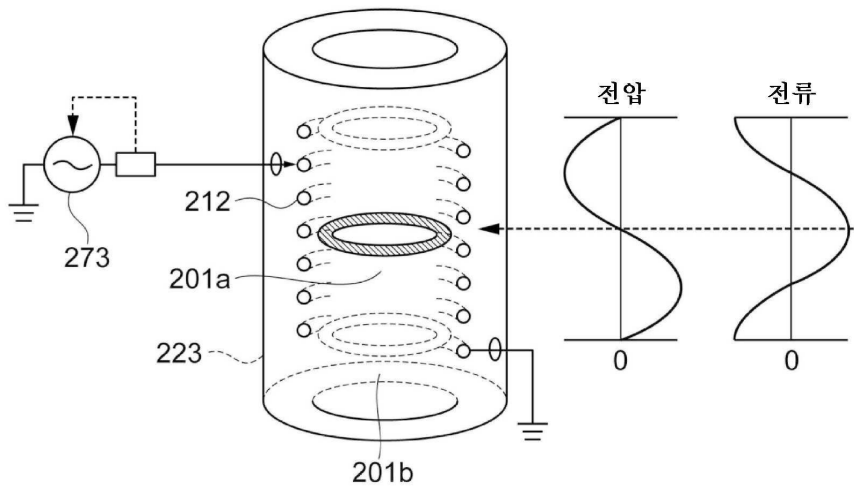
- [0141] 200: 웨이퍼(기관)
- 300: 개질 전의 제1 막
- 300': 개질 후의 제1 막
- 200d: 개질 전의 계면층
- 200d': 개질 후의 계면층

도면

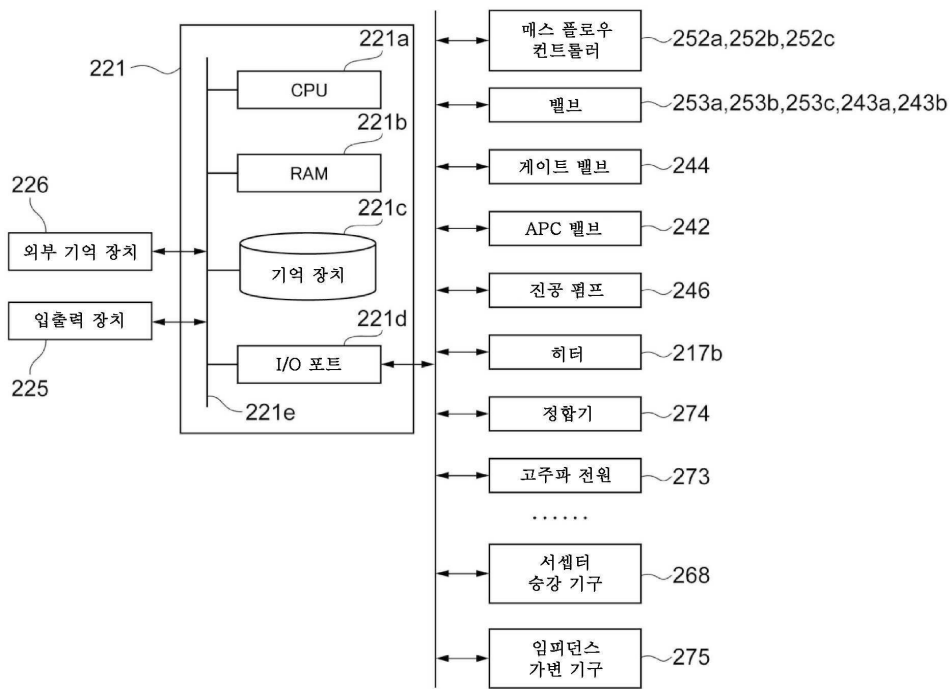
도면1



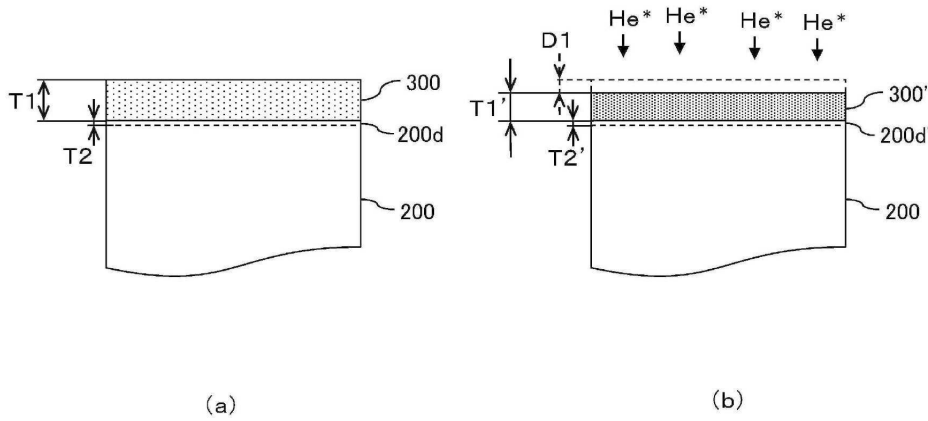
도면2



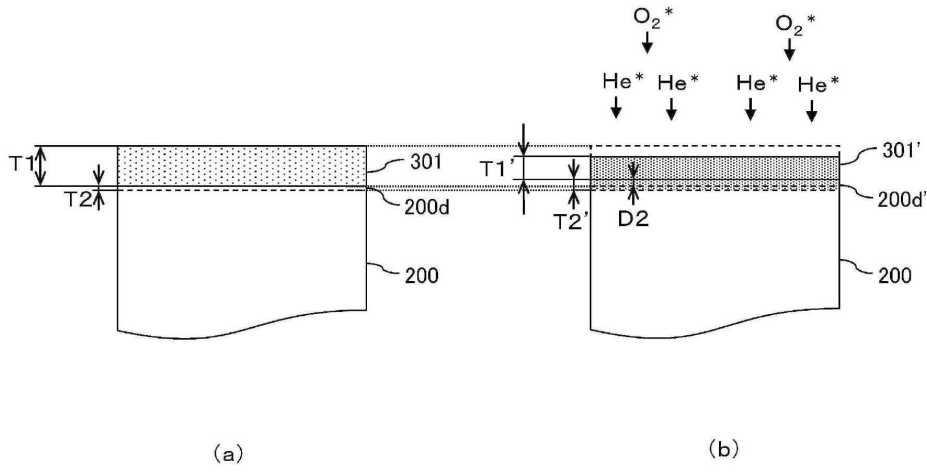
도면3



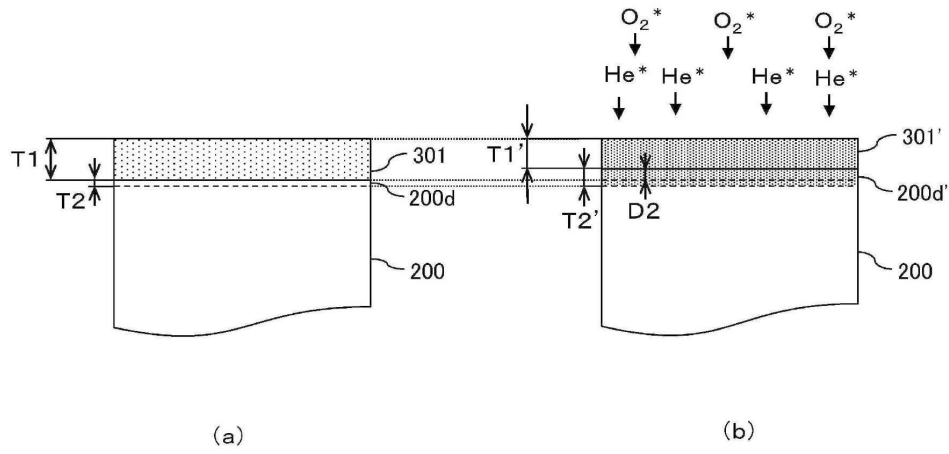
도면4



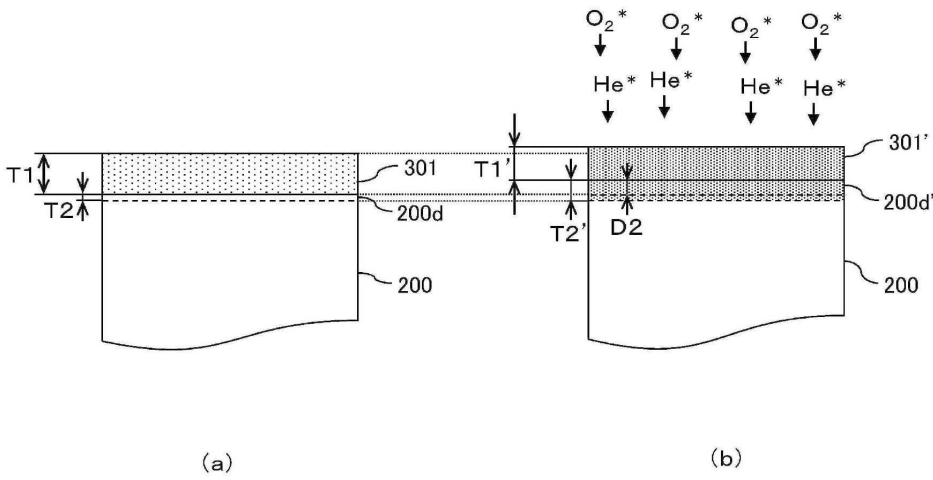
도면5



도면6

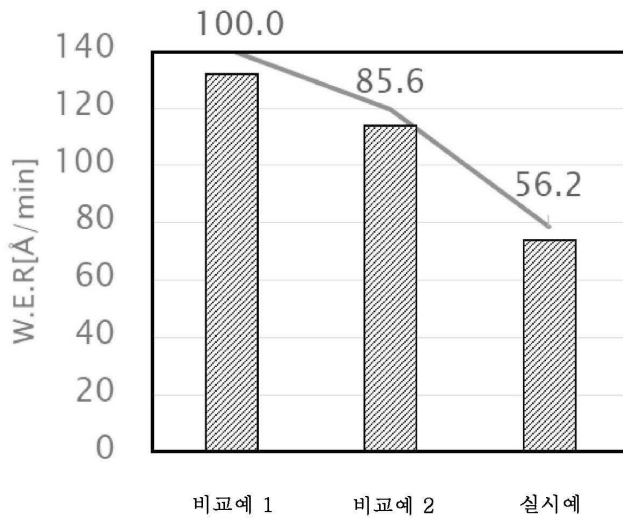


도면7



도면8

(a)



(b)

