



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월23일  
(11) 등록번호 10-2758532  
(24) 등록일자 2025년01월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/02 (2006.01) C23C 16/24 (2006.01)  
C23C 16/455 (2006.01) C23C 16/56 (2006.01)  
H01L 21/3205 (2025.01)
- (52) CPC특허분류  
H01L 21/0262 (2013.01)  
C23C 16/24 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7041669
- (22) 출원일자(국제) 2021년05월21일  
심사청구일자 2022년11월28일
- (85) 번역문제출일자 2022년11월28일
- (65) 공개번호 10-2023-0003142
- (43) 공개일자 2023년01월05일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2021/019395
- (87) 국제공개번호 WO 2021/241448  
국제공개일자 2021년12월02일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2020-094304 2020년05월29일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP11026385 A\*  
JP2004022575 A\*  
KR1020120022568 A\*  
KR1020140109288 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭  
일본 도쿄도 치요다쿠 칸다카지쵸 3쵸메 4번지
- (72) 발명자  
다카하시, 마사히로  
일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쯔오마치 야스  
우치 2쵸메 1 가부시키가이샤 고쿠사이 엘렉트릭  
내  
호리타, 히데키  
일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쯔오마치 야스  
우치 2쵸메 1 가부시키가이샤 고쿠사이 엘렉트릭  
내
- (74) 대리인  
양영준, 박상돈, 이중희

전체 청구항 수 : 총 19 항

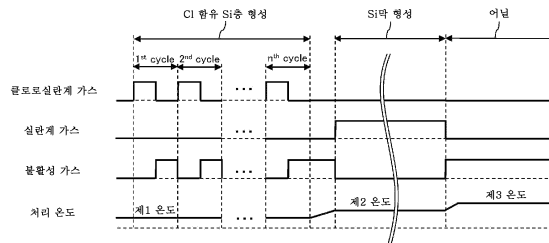
심사관 : 노병규

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

(57) 요약

(a) 기관에 대하여 반도체 원소 및 염소를 포함하는 제1 가스를 공급하여, 기관의 표면에 마련된 절연막 상에 염소 함유 반도체층을 형성하는 공정과, (b) 기관에 대하여 반도체 원소를 포함하는 제2 가스를 공급하여, 염소 함유 반도체층 상에 반도체막을 형성하는 공정을 갖고, (a)에서 형성하는 염소 함유 반도체층의 염소 농도를  $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  이상  $1.0 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$  이하로 한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

*C23C 16/45527* (2013.01)

*C23C 16/56* (2013.01)

*H01L 21/02532* (2013.01)

*H01L 21/02667* (2013.01)

*H01L 21/32055* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

(a) 기판에 대하여 반도체 원소 및 염소를 포함하는 제1 가스를 공급하여, 상기 기판의 표면에 마련된 절연막 상에 염소 함유 반도체층을 형성하는 공정과,

(b) 상기 기판에 대하여 반도체 원소를 포함하는 제2 가스를 공급하여, 상기 염소 함유 반도체층 상에 반도체막을 형성하는 공정을 갖고,

(a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 염소 농도를  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $1.0 \times 10^{22}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 하고,

상기 염소 함유 반도체층은 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면을 구성하고,

상기 절연막 및 상기 반도체막 각각은, 염소 프리인,

기판 처리 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, (a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 염소 농도를  $3.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $5.0 \times 10^{21}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 하는, 방법.

**청구항 3**

제1항에 있어서, (a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 두께를 1모노 레이어 이상 30Å 이하로 하는, 방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서, (a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 두께를 2.5Å 이상 30Å 이하로 하는, 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서, (a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 두께를 3Å 이상 20Å 이하로 하는, 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서, (a)에서는, (a1) 상기 기판에 대하여 상기 제1 가스를 공급하는 공정과, (a2) 상기 기판이 존재하는 공간에 잔류하는 상기 제1 가스를 제거하는 공정을 포함하는 사이클을 소정 횟수 행하는, 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서, (a)에서는, (a1) 상기 기판에 대하여 상기 제1 가스를 공급하는 공정과, (a2) 상기 기판이 존재하는 공간에 잔류하는 상기 제1 가스를 제거하는 공정과, (a3) 상기 기판에 대하여 반도체 원소 및 수소를 포함하는 제3 가스를 공급하는 공정과, (a4) 상기 기판이 존재하는 공간에 잔류하는 상기 제3 가스를 제거하는 공정을 포함하는 사이클을 소정 횟수 행하는, 방법.

**청구항 8**

제6항 또는 제7항에 있어서, (a)에서의 상기 기판의 온도, 상기 기판이 존재하는 공간의 압력, 상기 제1 가스의 공급 유량, 상기 제1 가스의 공급 시간 중 1개 이상에 의해, 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면에서의 염소 농도를 제어하는, 방법.

**청구항 9**

제6항 또는 제7항에 있어서, (a)에서의 상기 사이클수에 의해, 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면에서의 염소 농도를 제어하는, 방법.

**청구항 10**

제6항 또는 제7항에 있어서, (a)에서의 상기 기관의 온도, 상기 기관이 존재하는 공간의 압력, 상기 제1 가스의 공급 유량, 상기 제1 가스의 공급 시간 중 1개 이상에 의해, 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면에서의 덩글링 본드 밀도를 제어하는, 방법.

**청구항 11**

제6항 또는 제7항에 있어서, 상기 사이클수에 의해, 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면에서의 덩글링 본드 밀도를 제어하는, 방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 염소 함유 반도체층의 두께를, 상기 절연막 및 상기 반도체막 각각의 두께보다도 얇게 하는, 방법.

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

제1항에 있어서, 상기 반도체 원소는, 실리콘 및 게르마늄 중 적어도 어느 것을 포함하는, 방법.

**청구항 15**

제1항에 있어서, 상기 염소 함유 반도체층은, 염소 함유 실리콘층, 염소 함유 게르마늄층 및 염소 함유 실리콘 게르마늄층 중 적어도 어느 것을 포함하고,

상기 반도체막은, 실리콘막, 게르마늄막 및 실리콘게르마늄막 중 적어도 어느 것을 포함하는, 방법.

**청구항 16**

제1항에 있어서, (c) 상기 염소 함유 반도체층 상에 상기 반도체막을 형성한 후의 상기 기관에 대하여 어닐을 행하는 공정을 더 갖는, 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 어닐에서는, 상기 염소 함유 반도체층과 상기 반도체막을 결정화시키는, 방법.

**청구항 18**

(a) 기관에 대하여 반도체 원소 및 염소를 포함하는 제1 가스를 공급하여, 상기 기관의 표면에 마련된 절연막 상에 염소 함유 반도체층을 형성하는 공정과,

(b) 상기 기관에 대하여 반도체 원소를 포함하는 제2 가스를 공급하여, 상기 염소 함유 반도체층 상에 반도체막을 형성하는 공정을 갖고,

(a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 염소 농도를  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $1.0 \times 10^{22}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 하고,

상기 염소 함유 반도체층은 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면을 구성하고,

상기 절연막 및 상기 반도체막 각각은, 염소 프리인,

반도체 장치의 제조 방법.

**청구항 19**

기관에 대하여 반도체 원소 및 염소를 포함하는 제1 가스를 공급하는 제1 가스 공급계와,

기관에 대하여 반도체 원소를 포함하는 제2 가스를 공급하는 제2 가스 공급계와,

(a) 기관에 대하여 상기 제1 가스를 공급하여, 상기 기관의 표면에 마련된 절연막 상에 염소 함유 반도체층을 형성하는 처리와, (b) 상기 기관에 대하여 상기 제2 가스를 공급하여, 상기 염소 함유 반도체층 상에 반도체막을 형성하는 처리를 행하게 하고, (a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 염소 농도를  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $1.0 \times 10^{22}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 하도록, 상기 제1 가스 공급계 및 상기 제2 가스 공급계를 제어하는 것이 가능하게 구성되는 제어부

를 갖고,

상기 염소 함유 반도체층은 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면을 구성하고,

상기 절연막 및 상기 반도체막 각각은, 염소 프리인,

기관 처리 장치.

### 청구항 20

(a) 기관에 대하여 반도체 원소 및 염소를 포함하는 제1 가스를 공급하여, 상기 기관의 표면에 마련된 절연막 상에 염소 함유 반도체층을 형성하는 수순과,

(b) 상기 기관에 대하여 반도체 원소를 포함하는 제2 가스를 공급하여, 상기 염소 함유 반도체층 상에 반도체막을 형성하는 수순과,

(a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 염소 농도를  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $1.0 \times 10^{22}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 하는 수순

을 컴퓨터에 의해 기관 처리 장치에 실행시키는, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록된 프로그램으로서,

상기 염소 함유 반도체층은 상기 절연막과 상기 반도체막의 계면을 구성하고,

상기 절연막 및 상기 반도체막 각각은, 염소 프리인,

컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 기록된 프로그램.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

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

#### 배경 기술

[0002] 반도체 장치의 제조 공정의 일 공정으로서, 기관의 표면에 마련된 절연막 상에 반도체막을 형성하는 공정이 행하여지는 경우가 있다(예를 들어 특허문헌 1 참조).

#### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2014-175320호 공보

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004] 본 개시는, 반도체 장치의 특성을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0005] 본 개시의 일 양태에 의하면,

[0006] (a) 기관에 대하여 반도체 원소 및 염소를 포함하는 제1 가스를 공급하여, 상기 기관의 표면에 마련된 절연막 상에 염소 함유 반도체층을 형성하는 공정과,

[0007] (b) 상기 기관에 대하여 반도체 원소를 포함하는 제2 가스를 공급하여, 상기 염소 함유 반도체층 상에 반도체막을 형성하는 공정을 갖고,

[0008] (a)에서 형성하는 상기 염소 함유 반도체층의 염소 농도를  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $1.0 \times 10^{22}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 하는 기술이 제공된다.

**발명의 효과**

[0009] 본 개시에 의하면, 반도체 장치의 특성을 향상시키는 것이 가능하게 된다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] 도 1은 본 개시의 일 양태에서 적합하게 사용되는 기관 처리 장치의 종형 처리로의 개략 구성도이며, 처리로 부분을 중단면도로 나타내는 도면이다.

도 2는 본 개시의 일 양태에서 적합하게 사용되는 기관 처리 장치의 종형 처리로의 개략 구성도이며, 처리로 부분을 도 1의 A-A선 단면도로 나타내는 도면이다.

도 3은 본 개시의 일 양태에서 적합하게 사용되는 기관 처리 장치의 컨트롤러의 개략 구성도이며, 컨트롤러의 제어계를 블록도로 나타내는 도면이다.

도 4는 본 개시의 일 양태에서의 기관 처리 시퀀스를 도시하는 도면이다.

도 5는 본 개시의 일 양태의 실시예에서의 염소 농도와 탱글링 본드 밀도의 관계를 나타내는 플롯도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0011] <본 개시의 일 양태>

[0012] 이하, 본 개시의 일 양태에 대해서 도 1 내지 도 4를 참조하면서 설명한다. 또한, 이하의 설명에서 사용되는 도면은, 모두 모식적인 것이며, 도면 상의 각 요소의 치수 관계, 각 요소의 비율 등은, 현실의 것과 반드시 일치하는 것은 아니다. 또한, 복수의 도면의 상호간에 있어서도, 각 요소의 치수 관계, 각 요소의 비율 등은 반드시 일치하는 것은 아니다.

[0013] (1) 기관 처리 장치의 구성

[0014] 도 1에 도시하는 바와 같이, 처리로(202)는 가열 기구(온도 조정부)로서의 히터(207)를 갖는다. 히터(207)는 원통 형상이며, 보유 지지판에 지지됨으로써 수직으로 거치되어 있다. 히터(207)는, 가스를 열로 활성화(여기)시키는 활성화 기구(여기부)로서도 기능한다.

[0015] 히터(207)의 내측에는, 히터(207)와 동심원상으로 반응관(203)이 배치되어 있다. 반응관(203)은, 예를 들어 석영(SiO<sub>2</sub>) 또는 탄화실리콘(SiC) 등의 내열성 재료에 의해 구성되고, 상단이 폐색되고 하단이 개구된 원통 형상으로 형성되어 있다. 반응관(203)의 하방에는, 반응관(203)과 동심원상으로 매니폴드(209)가 배치되어 있다. 매니폴드(209)는, 예를 들어 스테인리스강(SUS) 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 상단 및 하단이 개구된 원통 형상으로 형성되어 있다. 매니폴드(209)의 상단부는, 반응관(203)의 하단부에 걸림 결합하고 있어, 반응관(203)을 지지하도록 구성되어 있다. 매니폴드(209)와 반응관(203)의 사이에는, 시일 부재로서의 O링(220a)이 마련되어 있다. 반응관(203)은 히터(207)와 마찬가지로 수직으로 거치되어 있다. 주로, 반응관(203)과 매니폴드(209)에 의해 처리 용기(반응 용기)가 구성된다. 처리 용기의 통 중공부에는 처리실(201)이 형성된다. 처리실(201)은, 기관으로서의 웨이퍼(200)를 수용 가능하게 구성되어 있다. 이 처리실(201) 내에서 웨이퍼(200)에 대한 처리가 행하여진다.

- [0016] 처리실(201) 내에는, 제1 내지 제3 공급부로서의 노즐(249a 내지 249c)이, 매니폴드(209)의 측벽을 관통하도록 각각 마련되어 있다. 노즐(249a 내지 249c)을 제1 내지 제3 노즐이라고도 칭한다. 노즐(249a 내지 249c)은, 예를 들어 석영 또는 SiC 등의 내열성 재료인 비금속 재료에 의해 구성되어 있다. 노즐(249a 내지 249c)에는, 가스 공급관(232a 내지 232c)이 각각 접속되어 있다. 노즐(249a 내지 249c)은 각각 다른 노즐이며, 노즐(249a, 249c) 각각은, 노즐(249b)에 인접해서 마련되어 있다.
- [0017] 가스 공급관(232a 내지 232c)에는, 가스류의 상류측부터 순서대로 유량 제어기(유량 제어부)인 매스 플로 컨트롤러(MFC)(241a 내지 241c) 및 개폐 밸브인 밸브(243a 내지 243c)가 각각 마련되어 있다. 가스 공급관(232a)의 밸브(243a)보다도 하류측에는, 가스 공급관(232d, 232f)이 각각 접속되어 있다. 가스 공급관(232b)의 밸브(243b)보다도 하류측에는, 가스 공급관(232e, 232g)이 각각 접속되어 있다. 가스 공급관(232d 내지 232g)에는, 가스류의 상류측부터 순서대로 MFC(241d 내지 241g) 및 밸브(243d 내지 243g)가 각각 마련되어 있다. 가스 공급관(232a 내지 232g)은, 예를 들어 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되어 있다.
- [0018] 도 2에 도시하는 바와 같이, 노즐(249a 내지 249c)은, 반응관(203)의 내벽과 웨이퍼(200)의 사이에서의 평면으로 보아 원환상의 공간에, 반응관(203)의 내벽 하부로부터 상부를 따라, 웨이퍼(200)의 배열 방향 상방을 향해서 직립되도록 각각 마련되어 있다. 즉, 노즐(249a 내지 249c)은, 웨이퍼(200)가 배열되는 웨이퍼 배열 영역의 측방의, 웨이퍼 배열 영역을 수평하게 둘러싸는 영역에, 웨이퍼 배열 영역을 따르도록 각각 마련되어 있다. 평면으로 보아, 노즐(249b)은, 처리실(201) 내에 반입되는 웨이퍼(200)의 중심을 사이에 두고 후술하는 배기구(231a)와 일직선 상에 대향하도록 배치되어 있다. 노즐(249a, 249c)은, 노즐(249b)과 배기구(231a)의 중심을 통과하는 직선 L을, 반응관(203)의 내벽(웨이퍼(200)의 외주부)을 따라 양측 사이에 두도록 배치되어 있다. 직선 L은, 노즐(249b)과 웨이퍼(200)의 중심을 통과하는 직선이기도 하다. 즉, 노즐(249c)은, 직선 L을 사이에 두고 노즐(249a)과 반대측에 마련되어 있다고 할 수도 있다. 노즐(249a, 249c)은, 직선 L을 대칭 축으로 해서 선 대칭으로 배치되어 있다. 노즐(249a 내지 249c)의 측면에는, 가스를 공급하는 가스 공급 구멍(250a 내지 250c)이 각각 마련되어 있다. 가스 공급 구멍(250a 내지 250c)은 각각이, 평면으로 보아 배기구(231a)와 대향(대면)하도록 개구되어 있어, 웨이퍼(200)를 향해서 가스를 공급하는 것이 가능하게 되어 있다. 가스 공급 구멍(250a 내지 250c)은, 반응관(203)의 하부로부터 상부에 걸쳐 복수 마련되어 있다.
- [0019] 가스 공급관(232a)으로부터는, 제1 가스로서, 예를 들어 웨이퍼(200) 상에 형성되는 막을 구성하는 반도체 원소로서의 실리콘(Si) 및 염소(Cl)를 포함하는 가스, 즉, 클로로실란계 가스가, MFC(241a), 밸브(243a), 노즐(249a)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다. 클로로실란계 가스는, Si와 Cl의 화학 결합(Si-Cl 결합)을 포함한다.
- [0020] 가스 공급관(232b)으로부터는, 제2 가스로서, 예를 들어 반도체 원소로서의 Si를 포함하는 가스, 즉, 실란계 가스가, MFC(241b), 밸브(243b), 노즐(249b)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다.
- [0021] 가스 공급관(232d)으로부터는, 제3 가스로서, 예를 들어 반도체 원소로서의 Si 및 수소(H)를 포함하는 가스, 즉 수소화규소 가스가, MFC(241d), 밸브(243d), 가스 공급관(232a), 노즐(249a)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다.
- [0022] 가스 공급관(232e)으로부터는, 제4 가스로서, 예를 들어 H 함유 가스가, MFC(241e), 밸브(243e), 가스 공급관(232b), 노즐(249b)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다.
- [0023] 가스 공급관(232c, 232f, 232g)으로부터는, 불활성 가스가, 각각 MFC(241c, 241f, 241g), 밸브(243c, 243f, 243g), 가스 공급관(232a 내지 232c), 노즐(249a 내지 249c)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다. 불활성 가스는, 퍼지 가스, 캐리어 가스, 희석 가스 등으로서 작용한다.
- [0024] 주로, 가스 공급관(232a), MFC(241a), 밸브(243a)에 의해, 제1 가스 공급계가 구성된다. 주로, 가스 공급관(232b), MFC(241b), 밸브(243b)에 의해, 제2 가스 공급계가 구성된다. 주로, 가스 공급관(232d), MFC(241d), 밸브(243d)에 의해, 제3 가스 공급계가 구성된다. 주로, 가스 공급관(232e), MFC(241e), 밸브(243e)에 의해, 제4 가스 공급계가 구성된다. 주로, 가스 공급관(232c, 232f, 232g), MFC(241c, 241f, 241g), 밸브(243c, 243f, 243g)에 의해, 불활성 가스 공급계가 구성된다.
- [0025] 상술한 각종 가스 공급계 중, 어느 것, 혹은 모든 가스 공급계는, 밸브(243a 내지 243g)나 MFC(241a 내지 241g) 등이 집적되어 이루어지는 집적형 가스 공급 시스템(248)으로서 구성되어 있어도 된다. 집적형 가스 공급 시스템(248)은, 가스 공급관(232a 내지 232g) 각각에 대하여 접속되어, 가스 공급관(232a 내지 232g) 내의 각종 가스의 공급 동작, 즉, 밸브(243a 내지 243g)의 개폐 동작이나 MFC(241a 내지 241g)에 의한 유량 조정 동작 등

이, 후술하는 컨트롤러(121)에 의해 제어되도록 구성되어 있다. 집적형 가스 공급 시스템(248)은, 일체형, 혹은 분할형의 집적 유닛으로서 구성되어 있고, 가스 공급관(232a 내지 232g) 등에 대하여 집적 유닛 단위로 착탈을 행할 수 있어, 집적형 가스 공급 시스템(248)의 메인テナンス, 교환, 증설 등을, 집적 유닛 단위로 행하는 것이 가능하게 구성되어 있다.

[0026] 반응관(203)의 측벽 하방에는, 처리실(201) 내의 분위기를 배기하는 배기구(231a)가 마련되어 있다. 도 2에 도시하는 바와 같이, 배기구(231a)는, 평면으로 보아, 웨이퍼(200)를 사이에 두고 노즐(249a 내지 249c)(가스 공급 구멍(250a 내지 250c))과 대향(대면)하는 위치에 마련되어 있다. 배기구(231a)는, 반응관(203)의 측벽 하부로부터 상부를 따라, 즉, 웨이퍼 배열 영역을 따라 마련되어 있어도 된다. 배기구(231a)에는 배기관(231)이 접속되어 있다. 배기관(231)에는, 처리실(201) 내의 압력을 검출하는 압력 검출기(압력 검출부)로서의 압력 센서(245) 및 압력 조정기(압력 조정부)로서의 APC(Auto Pressure Controller) 밸브(244)를 통해서, 진공 배기 장치로서의 진공 펌프(246)가 접속되어 있다. APC 밸브(244)는, 진공 펌프(246)를 작동시킨 상태에서 밸브를 개폐함으로써, 처리실(201) 내의 진공 배기 및 진공 배기 정지를 행할 수 있고, 또한, 진공 펌프(246)를 작동시킨 상태에서, 압력 센서(245)에 의해 검출된 압력 정보에 기초하여 밸브 개방도를 조절함으로써, 처리실(201) 내의 압력을 조정할 수 있도록 구성되어 있다. 주로, 배기관(231), APC 밸브(244), 압력 센서(245)에 의해 배기계가 구성된다. 진공 펌프(246)를 배기계에 포함해서 생각해도 된다.

[0027] 매니폴드(209)의 하방에는, 매니폴드(209)의 하단 개구를 기밀하게 폐색 가능한 노구 덮개로서의 시일 캡(219)이 마련되어 있다. 시일 캡(219)은, 예를 들어 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 원반상으로 형성되어 있다. 시일 캡(219)의 상면에는, 매니폴드(209)의 하단과 맞닿는 시일 부재로서의 O링(220b)이 마련되어 있다. 시일 캡(219)의 하방에는, 후술하는 보트(217)를 회전시키는 회전 기구(267)가 설치되어 있다. 회전 기구(267)의 회전축(255)은, 시일 캡(219)을 관통해서 보트(217)에 접속되어 있다. 회전 기구(267)는, 보트(217)를 회전시킴으로써 웨이퍼(200)를 회전시키도록 구성되어 있다. 시일 캡(219)은, 반응관(203)의 외부에 설치된 승강 기구로서의 보트 엘리베이터(115)에 의해 수직 방향으로 승강되도록 구성되어 있다. 보트 엘리베이터(115)는, 시일 캡(219)을 승강시킴으로써, 웨이퍼(200)를 처리실(201) 내외로 반입 및 반출(반송)하는 반송 장치(반송 기구)로서 구성되어 있다.

[0028] 매니폴드(209)의 하방에는, 시일 캡(219)을 강하시켜 보트(217)를 처리실(201) 내로부터 반출한 상태에서, 매니폴드(209)의 하단 개구를 기밀하게 폐색 가능한 노구 덮개로서의 셔터(219s)가 마련되어 있다. 셔터(219s)는, 예를 들어 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 원반상으로 형성되어 있다. 셔터(219s)의 상면에는, 매니폴드(209)의 하단과 맞닿는 시일 부재로서의 O링(220c)이 마련되어 있다. 셔터(219s)의 개폐 동작(승강 동작이나 회동 동작 등)은, 셔터 개폐 기구(115s)에 의해 제어된다.

[0029] 기관 지지구로서의 보트(217)는, 복수매, 예를 들어 25 내지 200매의 웨이퍼(200)를, 수평 자세이면서 또한 서로 중심을 맞춘 상태에서 수직 방향으로 정렬시켜 다단으로 지지하도록, 즉, 간격을 두고 배열시키도록 구성되어 있다. 보트(217)는, 예를 들어 석영이나 SiC 등의 내열성 재료에 의해 구성된다. 보트(217)의 하부에는, 예를 들어 석영이나 SiC 등의 내열성 재료에 의해 구성되는 단열판(218)이 다단으로 지지되어 있다.

[0030] 반응관(203) 내에는, 온도 검출기로서의 온도 센서(263)가 설치되어 있다. 온도 센서(263)에 의해 검출된 온도 정보에 기초하여 히터(207)에의 통전 정도를 조정함으로써, 처리실(201) 내의 온도가 원하는 온도 분포로 된다. 온도 센서(263)는, 반응관(203)의 내벽을 따라 마련되어 있다.

[0031] 도 3에 도시한 바와 같이, 제어부(제어 수단)인 컨트롤러(121)는, CPU(Central Processing Unit)(121a), RAM(Random Access Memory)(121b), 기억 장치(121c), I/O 포트(121d)를 구비한 컴퓨터로서 구성되어 있다. RAM(121b), 기억 장치(121c), I/O 포트(121d)는, 내부 버스(121e)를 통해서 CPU(121a)와 데이터 교환 가능하게 구성되어 있다. 컨트롤러(121)에는, 예를 들어 터치 패널 등으로서 구성된 입출력 장치(122)가 접속되어 있다. 또한, 컨트롤러(121)에는, 외부 기억 장치(123)를 접속하는 것이 가능하게 되어 있다.

[0032] 기억 장치(121c)는, 예를 들어 플래시 메모리, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive) 등으로 구성되어 있다. 기억 장치(121c) 내에는, 기관 처리 장치의 동작을 제어하는 제어 프로그램이나, 후술하는 기관 처리의 수순이나 조건 등이 기재된 프로세스 레시피 등이 판독 가능하게 저장되어 있다. 프로세스 레시피는, 후술하는 기관 처리에서의 각 수순을 컨트롤러(121)에 실행시켜, 소정의 결과를 얻을 수 있게 조합된 것이며, 프로그램으로서 기능한다. 이하, 프로세스 레시피나 제어 프로그램 등을 총칭하여, 단순히 프로그램이라고도 한다. 또한, 프로세스 레시피를, 단순히 레시피라고도 한다. 본 명세서에서 프로그램이라는 말을 사용한 경우는, 레시피 단체만을 포함하는 경우, 제어 프로그램 단체만을 포함하는 경우, 또는 그들 양쪽을 포함하는 경우가

있다. RAM(121b)은, CPU(121a)에 의해 관독된 프로그램이나 데이터 등이 일시적으로 보유되는 메모리 영역(워크 에어리어)으로서 구성되어 있다.

- [0033] I/O 포트(121d)는, 상술한 MFC(241a 내지 241g), 밸브(243a 내지 243g), 압력 센서(245), APC 밸브(244), 진공 펌프(246), 온도 센서(263), 히터(207), 회전 기구(267), 보트 엘리베이터(115), 셔터 개폐 기구(115s) 등에 접속되어 있다.
- [0034] CPU(121a)는, 기억 장치(121c)로부터 제어 프로그램을 관독해서 실행함과 함께, 입출력 장치(122)로부터의 조작 커맨드의 입력 등에 따라서 기억 장치(121c)로부터 레시피를 관독하는 것이 가능하게 구성되어 있다. CPU(121a)는, 관독한 레시피의 내용을 따르도록, MFC(241a 내지 241g)에 의한 각종 가스의 유량 조정 동작, 밸브(243a 내지 243g)의 개폐 동작, APC 밸브(244)의 개폐 동작 및 압력 센서(245)에 기초하는 APC 밸브(244)에 의한 압력 조정 동작, 진공 펌프(246)의 기동 및 정지, 온도 센서(263)에 기초하는 히터(207)의 온도 조정 동작, 회전 기구(267)에 의한 보트(217)의 회전 및 회전 속도 조절 동작, 보트 엘리베이터(115)에 의한 보트(217)의 승강 동작, 셔터 개폐 기구(115s)에 의한 셔터(219s)의 개폐 동작 등을 제어하는 것이 가능하게 구성되어 있다.
- [0035] 컨트롤러(121)는, 외부 기억 장치(123)에 저장된 상술한 프로그램을, 컴퓨터에 인스톨함으로써 구성할 수 있다. 외부 기억 장치(123)는, 예를 들어 HDD 등의 자기 디스크, CD 등의 광 디스크, MO 등의 광자기 디스크, USB 메모리나 SSD 등의 반도체 메모리 등을 포함한다. 기억 장치(121c)나 외부 기억 장치(123)는, 컴퓨터 관독 가능한 기록 매체로서 구성되어 있다. 이하, 이들을 총칭하여, 단순히 기록 매체라고도 한다. 본 명세서에서 기록 매체라는 말을 사용한 경우는, 기억 장치(121c) 단체만을 포함하는 경우, 외부 기억 장치(123) 단체만을 포함하는 경우, 또는 그들 양쪽을 포함하는 경우가 있다. 또한, 컴퓨터에의 프로그램의 제공은, 외부 기억 장치(123)를 사용하지 않고, 인터넷이나 전용 회선 등의 통신 수단을 사용해서 행해도 된다.
- [0036] (2) 기관 처리 공정
- [0037] 상술한 기관 처리 장치를 사용하여, 반도체 장치의 제조 공정의 일 공정으로서, 기관으로서의 웨이퍼(200)의 표면에 마련된 절연막 상에 반도체막을 형성하는 기관 처리 시퀀스 예에 대해서, 주로 도 4를 사용해서 설명한다. 이하의 설명에서, 기관 처리 장치를 구성하는 각 부의 동작은 컨트롤러(121)에 의해 제어된다.
- [0038] 도 4에 도시하는 바와 같이, 본 양태의 기관 처리 시퀀스에서는,
- [0039] 웨이퍼(200)에 대하여 제1 가스로서의 클로로실란계 가스를 공급하여, 웨이퍼(200)의 표면에 마련된 절연막으로서의 실리콘 산화막(SiO<sub>2</sub>막) 상에 염소 함유 반도체층으로서의 Cl 함유 Si층을 형성하는 스텝 A(Cl 함유 Si층 형성)와,
- [0040] 웨이퍼(200)에 대하여 제2 가스로서의 실란계 가스를 공급하여, Cl 함유 Si층 상에 반도체막으로서의 실리콘막(Si막)을 형성하는 스텝 B(Si막 형성)를 행하고,
- [0041] 스텝 A에서 형성하는 Cl 함유 Si층의 Cl 농도를  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $1.0 \times 10^{22}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 한다.
- [0042] 또한, 스텝 A에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 클로로실란계 가스를 공급하는 스텝 A1과, 웨이퍼(200)가 존재하는 공간을 불활성 가스로 퍼지해서 이 공간에 잔류하는 클로로실란계 가스를 제거하는 스텝 A2를 비동시에 행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1 이상의 정수) 행한다.
- [0043] 또한, 본 양태의 기관 처리 시퀀스에서는,
- [0044] 스텝 B를 실시한 후에, Cl 함유 Si층 및 Si막을 어닐하는 스텝 C(어닐)를 또한 행한다.
- [0045] 본 명세서에서는, 상술한 기관 처리 시퀀스를, 편의상 이하와 같이 나타내는 경우도 있다. 이하의 변형예 등의 설명에서도, 마찬가지로 표기를 사용한다. 또한, 이하에서의 「ANL」은, 어닐을 나타낸다.
- [0046] (클로로실란계 가스→불활성 가스)×n→실란계 가스→ANL
- [0047] 본 명세서에서 「웨이퍼」라는 말을 사용한 경우는, 웨이퍼 그 자체를 의미하는 경우나, 웨이퍼와 그 표면에 형성된 소정의 층이나 막의 적층체를 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에서 「웨이퍼의 표면」이라는 말을 사용한 경우는, 웨이퍼 그 자체의 표면을 의미하는 경우나, 웨이퍼 상에 형성된 소정의 층 등의 표면을 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에서 「웨이퍼 상에 소정의 층을 형성한다」라고 기재한 경우는, 웨이퍼 그 자체의 표면에 소정의 층을 직접 형성하는 것을 의미하는 경우나, 웨이퍼 상에 형성되어 있는 층 등의 위에 소정의 층을

형성하는 것을 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에서 「기판」이라는 말을 사용한 경우도, 「웨이퍼」라는 말을 사용한 경우와 동의이다.

- [0048] (웨이퍼 차지 및 보트 로드)
- [0049] 복수매의 웨이퍼(200)가 보트(217)에 장전(웨이퍼 차지)되면, 셔터 개폐 기구(115s)에 의해 셔터(219s)가 이동되어, 매니폴드(209)의 하단 개구가 개방된다(셔터 오픈). 그 후, 도 1에 도시하는 바와 같이, 복수매의 웨이퍼(200)를 지지한 보트(217)는, 보트 엘리베이터(115)에 의해 들어 올려져서 처리실(201) 내에 반입(보트 로드)된다. 이 상태에서, 시일 캡(219)은, O링(220b)을 개재해서 매니폴드(209)의 하단을 시일한 상태로 된다.
- [0050] 웨이퍼(200)의 표면에는, 절연막으로서 SiO막이 미리 형성되어 있다. 절연막은, 실리콘 산질화막(SiON막)이어도 된다. 절연막은, Cl을 실질적으로 포함하지 않는 막, 즉, Cl 프리의 막인 것이 바람직하다.
- [0051] (압력 조정 및 온도 조정)
- [0052] 처리실(201) 내, 즉, 웨이퍼(200)가 존재하는 공간이 원하는 압력(진공도)으로 되도록, 진공 펌프(246)에 의해 진공 배기(감압 배기)된다. 이때, 처리실(201) 내의 압력은 압력 센서(245)에서 측정되고, 이 측정된 압력 정보에 기초하여 APC 밸브(244)가 피드백 제어된다. 또한, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)가 원하는 처리 온도로 되도록 히터(207)에 의해 가열된다. 이때, 처리실(201) 내가 원하는 온도 분포로 되도록, 온도 센서(263)가 검출한 온도 정보에 기초하여 히터(207)에의 통전 정도가 피드백 제어된다. 또한, 회전 기구(267)에 의한 웨이퍼(200)의 회전을 개시한다. 처리실(201) 내의 배기, 웨이퍼(200)의 가열 및 회전은 모두, 적어도 웨이퍼(200)에 대한 처리가 종료될 때까지의 동안에는 계속해서 행하여진다.
- [0053] (스텝 A: Cl 함유 Si층 형성)
- [0054] 그 후, 다음의 스텝 A1, A2를 순차 실행한다.
- [0055] [스텝 A1]
- [0056] 이 스텝에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200), 즉, 웨이퍼(200)의 표면에 마련된 SiO막에 대하여 클로로실란계 가스를 공급한다.
- [0057] 구체적으로는, 밸브(243a)를 개방하여, 가스 공급관(232a) 내에 클로로실란계 가스를 흘린다. 클로로실란계 가스는, MFC(241a)에 의해 유량 조정되어, 노즐(249a)을 통해서 처리실(201) 내에 공급되어, 배기구(231a)로부터 배기된다. 이때, 웨이퍼(200)에 대하여 클로로실란계 가스가 공급된다. 이때, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 노즐(249a 내지 249c) 각각을 통해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 된다.
- [0058] 후술하는 처리 조건 하에서 웨이퍼(200)에 대하여 클로로실란계 가스를 공급함으로써, 웨이퍼(200)의 표면에 마련된 SiO막 상에, 클로로실란계 가스에 포함되는 Si를, Si에 Cl이 결합한 상태에서 흡착(퇴적)시키는 것이 가능하게 된다. 즉, 클로로실란계 가스에 포함되는 Si를, Si와 Cl의 화학 결합(Si-Cl 결합)을 절단하지 않고 유지한 상태에서, SiO막 상에 화학 흡착시키는 것이 가능하게 된다.
- [0059] [스텝 A2]
- [0060] 소정의 시간이 경과한 후, 밸브(243a)를 닫아, 처리실(201) 내의 클로로실란계 가스의 공급을 정지한다. 그리고, 처리실(201) 내를 진공 배기하여, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 등을 처리실(201) 내로부터 배제한다(퍼지). 이때, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급한다. 불활성 가스는 퍼지 가스로서 작용한다.
- [0061] [소정 횟수 실시]
- [0062] 상술한 스텝 A1, A2를 교대로, 즉, 동기시키지 않고 비동시에 행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1 이상의 정수) 행함으로써, 웨이퍼(200)의 표면에 마련된 SiO막 상에, Cl을 고농도로 포함하는 실리콘층(Si층), 즉, Cl 함유 Si층을 형성하는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층은, 절연막인 SiO막과, 후술하는 반도체막인 Si막의 계면을 구성하는 층이 된다. Cl 함유 Si층은, Cl을 함유하는 아몰퍼스(비정질) 상태의 Si층으로 된다.
- [0063] Cl 함유 Si층의 Cl 농도는, 예를 들어  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $1.0 \times 10^{22}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하, 바람직하게는  $3.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상  $5.0 \times 10^{21}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이하로 한다.
- [0064] Cl 함유 Si층의 두께는, 웨이퍼(200)의 표면에 마련된 SiO막, 및 후술하는 Si막 각각보다도 얇은 것이 바람직하

다. Cl 함유 Si층의 두께는, 예를 들어 1모노 레이어(이하, ML) 이상 30Å(3nm) 이하, 바람직하게는 2.5Å(0.25nm) 이상 30Å(3nm) 이하, 보다 바람직하게는 3Å(0.3nm) 이상 20Å(2nm) 이하로 한다. 또한, 1ML은 단 분자층 또는 단원자층을 의미한다.

- [0065] Cl 함유 Si층의 Cl 농도, 및 두께는, 각각 스텝 A1에서의 처리 온도(웨이퍼(200)의 온도), 처리 압력(웨이퍼(200)가 존재하는 공간의 압력), 클로로실란계 가스의 공급 유량, 클로로실란계 가스의 공급 시간 중 1개 이상에 의해 제어하는 것이 가능하다. 이에 의해, 절연막인 SiO<sub>2</sub>막과, 후술하는 반도체막인 Si막의 계면에서의 뎅글링 본드 밀도를 제어하는 것이 가능하게 된다.
- [0066] 또한, Cl 함유 Si층의 Cl 농도, 및 두께는, 각각 스텝 A에서의 상술한 사이클수(n회)에 의해 제어하는 것이 가능하다. 이에 의해, 절연막인 SiO<sub>2</sub>막과, 후술하는 반도체막인 Si막의 계면에서의 뎅글링 본드 밀도를 제어하는 것이 가능하게 된다.
- [0067] 스텝 A1에서의 처리 조건으로서는,
- [0068] 클로로실란계 가스 공급 유량: 0.1 내지 1slm
- [0069] 클로로실란계 가스 공급 시간: 0.5 내지 2분
- [0070] 처리 온도(제1 온도): 350 내지 450℃, 바람직하게는 350 내지 400℃
- [0071] 처리 압력: 277 내지 1200Pa(2 내지 9Torr), 바람직하게는 667 내지 1200Pa(5 내지 9Torr)
- [0072] 이 예시된다.
- [0073] 스텝 A2에서의 처리 조건으로서는,
- [0074] 불활성 가스 공급 유량: 0.5 내지 20slm
- [0075] 불활성 가스 공급 시간: 10 내지 30초
- [0076] 처리 압력: 1 내지 30Pa
- [0077] 이 예시된다. 다른 처리 조건은, 스텝 A1에서의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.
- [0078] 또한, 본 명세서에서의 「350 내지 450℃」와 같은 수치 범위의 표기는, 하한값 및 상한값이 그 범위에 포함되는 것을 의미한다. 따라서, 예를 들어 「350 내지 450℃」란 「350℃ 이상 450℃ 이하」를 의미한다. 다른 수치 범위에 대해서도 마찬가지이다.
- [0079] 제1 가스(클로로실란계 가스)로서는, 예를 들어 모노클로로실란(SiH<sub>3</sub>Cl, 약칭: MCS) 가스, 디클로로실란(SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 약칭: DCS) 가스, 트리클로로실란(SiHCl<sub>3</sub>, 약칭: TCS) 가스, 테트라클로로실란(SiCl<sub>4</sub>, 약칭: STC) 가스, 헥사클로로디실란(Si<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>, 약칭: HCDS) 가스, 옥타클로로트리실란(Si<sub>3</sub>Cl<sub>8</sub>, 약칭: OCTS) 가스 등의 클로로실란계 가스를 사용할 수 있다. 이 점은, 후술하는 각 스텝이나 변형예에서도 마찬가지이다.
- [0080] 불활성 가스로서는, 질소(N<sub>2</sub>) 가스 외에, 아르곤(Ar) 가스, 헬륨(He) 가스, 네온(Ne) 가스, 크세논(Xe) 가스 등의 희가스를 사용할 수 있다. 이 점은, 후술하는 각 스텝이나 변형예에서도 마찬가지이다.
- [0081] (승온)
- [0082] 스텝 A가 완료된 후, 즉, SiO<sub>2</sub>막 상에의 Cl 함유 Si층의 형성이 완료된 후, 처리실(201) 내의 온도, 즉, 웨이퍼(200)의 온도를, 상술한 제1 온도보다도 높은 제2 온도로 변경시키도록 히터(207)의 출력을 조정한다. 본 스텝을 행할 때, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 노즐(249a 내지 249c)을 통해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하고, 배기구(231a)로부터 배기하여, 처리실(201) 내를 퍼지한 상태로 한다. 웨이퍼(200)의 온도가 제2 온도에 도달해서 안정된 후, 후술하는 스텝 B를 개시한다.
- [0083] (스텝 B: Si막 형성)
- [0084] 웨이퍼(200)의 온도가 제2 온도에 도달해서 안정된 후, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200), 즉, 웨이퍼(200) 상에 형성된 Cl 함유 Si층에 대하여 실란계 가스를 공급한다.
- [0085] 구체적으로는, 밸브(243b)를 개방하여, 가스 공급관(232b) 내에 실란계 가스를 흘린다. 실란계 가스는, MFC(241b)에 의해 유량 조정되어, 노즐(249b)을 통해서 처리실(201) 내에 공급되어, 배기구(231a)로부터 배기된

다. 이때, 웨이퍼(200)에 대하여 실란계 가스가 공급된다. 이때, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 노즐(249a 내지 249c) 각각을 통해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 된다.

- [0086] 후술하는 처리 조건 하에서 웨이퍼(200)에 대하여 실란계 가스를 공급함으로써, 실란계 가스를 기상 중에서 분해시켜서, 웨이퍼(200)의 표면 상, 즉, SiO<sub>2</sub>막 상에 형성된 Cl 함유 Si층 상에 Si를 흡착(퇴적)시켜, Si막을 형성하는 것이 가능하게 된다. 제2 가스로서, Cl을 포함하지 않는 실란계 가스를 사용함으로써 웨이퍼(200) 상에 형성되는 Si막을, Cl 프리인 막으로 할 수 있다.
- [0087] 또한, 스텝 B에서, Cl 함유 Si층 상에 형성되는 Si막은, 아몰퍼스(비정질) 상태의 Si막, 또는 아몰퍼스와 폴리(다결정)의 혼정 상태의 Si막으로 된다. 또한, 이때, Cl 함유 Si층의 일부가 폴리화하여, Cl 함유 Si층이, Cl을 함유하는 아몰퍼스와 폴리(다결정)의 혼정 상태의 Si층으로 되는 경우도 있다.
- [0088] 소정의 시간이 경과한 후, 밸브(243b)를 닫아, 처리실(201) 내의 실란계 가스의 공급을 정지한다. 그리고, 스텝 A2에서의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 처리 수순, 처리 조건에 의해, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 등을 처리실(201) 내로부터 배제한다.
- [0089] 스텝 B에서의 처리 조건으로서는,
- [0090] 실란계 가스 공급 유량: 0.01 내지 5slm
- [0091] 실란계 가스 공급 시간: 1 내지 300분
- [0092] 불활성 가스 공급 유량(가스 공급관마다): 0 내지 20slm
- [0093] 처리 온도(제2 온도): 450 내지 550℃
- [0094] 처리 압력: 30 내지 400Pa(1.5 내지 3Torr)
- [0095] 이 예시된다.
- [0096] 제2 가스(실란계 가스)로서는, 예를 들어 모노실란(SiH<sub>4</sub>) 가스, 디실란(Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) 가스, 트리실란(Si<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) 가스, 테트라실란(Si<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) 가스, 펜타실란(Si<sub>5</sub>H<sub>12</sub>) 가스, 헥사실란(Si<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) 가스 등의 수소화규소 가스나, 테트라키스(디메틸아미노)실란(Si[N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>4</sub>, 약칭: 4DMAS) 가스, 트리스(디메틸아미노)실란(Si[N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>3</sub>H, 약칭: 3DMAS) 가스, 비스(디에틸아미노)실란(Si[N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, 약칭: BDEAS) 가스, 비스(터셔리부틸아미노)실란(SiH<sub>2</sub>[NH(C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)]<sub>2</sub>, 약칭: BTBAS) 가스 등의 아미노실란계 가스를 사용할 수 있다. 또한, 스텝 B에서 형성되는 Si막 중의 H, N, C 등의 불순물의 혼입 억제 등을 고려하면, 실란계 가스로서는, N 및 C 비함유의 수소화규소 가스를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0097] (승온)
- [0098] 스텝 B가 완료된 후, 즉, Cl 함유 Si층 상에 Si막의 형성이 완료된 후, 처리실(201) 내의 온도, 즉, 웨이퍼(200)의 온도를, 상술한 제2 온도보다도 높은 제3 온도로 변경시키도록 히터(207)의 출력을 조정한다. 본 스텝을 행할 때, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 노즐(249a 내지 249c)을 통해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하고, 배기구(231a)로부터 배기하여, 처리실(201) 내를 퍼지한 상태로 한다. 웨이퍼(200)의 온도가 제3 온도에 도달해서 안정된 후, 후술하는 스텝 C를 개시한다.
- [0099] (스텝 C: 어닐)
- [0100] 웨이퍼(200)의 온도가 제3 온도에 도달해서 안정된 후, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200), 즉, 웨이퍼(200) 상에 형성된 Cl 함유 Si층 및 Si막 각각에 대하여 열처리(어닐)를 행한다. 이에 의해, Cl 함유 Si층과 Si막을 결정화(폴리화)시킬 수 있다. 즉, 아몰퍼스 상태 또는 아몰퍼스와 폴리(다결정)의 혼정 상태의 Cl 함유 Si층과 Si막을 결정화시켜서, 폴리 상태의 Cl 함유 Si층과 Si막으로 변화시킬 수 있다. 이 스텝은, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급한 상태에서 행해도 되고, 또한, 밸브(243c, 243f, 243g)를 닫아, 처리실(201) 내의 불활성 가스의 공급을 정지한 상태에서 행해도 된다.
- [0101] 스텝 C에서의 처리 조건으로서는,
- [0102] 불활성 가스 공급 유량(각 가스 공급관): 0 내지 20slm
- [0103] 처리 온도(제3 온도): 550 내지 1000℃, 바람직하게는 600 내지 800℃

- [0104] 처리 압력: 0.1 내지 100000Pa
- [0105] 처리 시간: 1 내지 300분
- [0106] 이 예시된다.
- [0107] (애프터 퍼지 및 대기압 복귀)
- [0108] 스텝 C가 완료된 후, 즉, 어닐이 완료된 후, 노즐(249a 내지 249c) 각각으로부터 퍼지 가스로서의 불활성 가스를 처리실(201) 내에 공급하여, 배기구(231a)로부터 배기한다. 이에 의해, 처리실(201) 내가 퍼지되어, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스나 반응 부생물이 처리실(201) 내로부터 제거된다(애프터 퍼지). 그 후, 처리실(201) 내의 분위기가 불활성 가스로 치환되고(불활성 가스 치환), 처리실(201) 내의 압력이 상압으로 복귀된다(대기압 복귀).
- [0109] (보트 언로드 및 웨이퍼 디스차지)
- [0110] 그 후, 보트 엘리베이터(115)에 의해 시일 캡(219)이 하강되어, 매니폴드(209)의 하단이 개구된다. 그리고, 처리가 끝난 웨이퍼(200)가, 보트(217)에 지지된 상태에서 매니폴드(209)의 하단으로부터 반응관(203)의 외부로 반출(보트 언로드)된다. 보트 언로드 후에는 셔터(219s)가 이동되어, 매니폴드(209)의 하단 개구가 0링(220c)을 개재해서 셔터(219s)에 의해 시일된다(셔터 클로즈). 처리가 끝난 웨이퍼(200)는, 반응관(203)의 외부로 반출된 후, 보트(217)로부터 취출된다(웨이퍼 디스차지).
- [0111] (3) 본 양태에 의한 효과
- [0112] 본 양태에 의하면, 이하에 나타내는 하나 또는 복수의 효과가 얻어진다.
- [0113] (a) 절연막으로서의 SiO<sub>2</sub>막과, 반도체막으로서의 Si막의 계면(이하, Si/SiO<sub>2</sub> 계면)에 Cl 함유 Si층을 형성함으로써, Si/SiO<sub>2</sub> 계면에서의 땀글링 본드를 Cl에 의해 중단시켜, 그 밀도를 저하시키는 방향으로 제어하는 것이 가능하게 된다. 이에 의해, Si/SiO<sub>2</sub> 계면에서의 계면 준위 밀도를 저감시키는 방향으로 제어할 수 있어, 반도체 장치의 전기 특성을 향상시키는 것이 가능하게 된다.
- [0114] (b) Cl 함유 Si층의 Cl 농도를,  $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  이상  $1.0 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$  이하로 함으로써, 상술한 효과를 적정하게 높이는 것이 가능하게 된다. 또한, Cl 함유 Si층의 Cl 농도를,  $3.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  이상  $5.0 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$  이하로 함으로써, 상술한 효과를 보다 적정하게 높이는 것이 가능하게 된다.
- [0115] Cl 함유 Si층의 Cl 농도를  $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  미만으로 하면, Si/SiO<sub>2</sub> 계면에서의 땀글링 본드를 충분히 Cl로 중단시킬 수 없어, 계면 준위 밀도를 충분히 저감시킬 수 없는 경우가 있다. 결과로서, 반도체 장치의 전기 특성을 향상시킬 수 없는 경우가 있다. Cl 함유 Si층의 Cl 농도를  $1.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  이상으로 함으로써 Si/SiO<sub>2</sub> 계면에서의 땀글링 본드를 충분히 Cl로 중단시켜, 계면 준위 밀도를 충분히 저감시킬 수 있어, 반도체 장치의 전기 특성을 향상시키는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층의 Cl 농도를  $3.0 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  이상으로 함으로써, 이 효과를 보다 높이는 것이 가능하게 된다.
- [0116] Cl 함유 Si층의 Cl 농도를  $1.0 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$  보다도 높게 하면, Si/SiO<sub>2</sub> 계면에서의 땀글링 본드 밀도에 대하여 Cl 농도가 과잉이 되고, Cl이 캐리어 산란 원인으로 되어, 반도체 장치의 전기 특성을 열화시켜버리는 경우가 있다. Cl 함유 Si층의 Cl 농도를  $1.0 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$  이하로 함으로써, Si/SiO<sub>2</sub> 계면에서의 땀글링 본드 밀도에 대하여 Cl 농도가 과잉이 되는 것을 억제할 수 있고, Cl이 캐리어 산란 원인으로 되는 것을 억제하여, 반도체 장치의 전기 특성 열화를 억제하는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층의 Cl 농도를  $5.0 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$  이하로 함으로써, 이 효과를 보다 높이는 것이 가능하게 된다.
- [0117] (c) Cl 함유 Si층의 두께를 1ML 이상 30Å 이하로 함으로써, 상술한 효과를 적정하게 높이는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층의 두께를 2.5Å 이상 30Å 이하로 함으로써, 상술한 효과를 보다 적정하게 높이는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층의 두께를 3Å 이상 20Å 이하로 함으로써, 상술한 효과를 더욱 적정하게 높이는 것이 가능하게 된다.
- [0118] Cl 함유 Si층의 두께를 1ML 미만으로 하면, Si/SiO<sub>2</sub> 계면에 첨가되는 Cl 원자가 Si/SiO<sub>2</sub> 계면에서의 땀글링 본드

를 중단시키기에 불충분해져서, 계면 준위 밀도를 충분히 저감시킬 수 없는 경우가 있다. 결과로서, 반도체 장치의 전기 특성을 향상시킬 수 없는 경우가 있다. Cl 함유 Si층의 두께를 1ML 이상으로 함으로써, Si/SiO 계면에 첨가되는 Cl 원자가 Si/SiO 계면에서의 덩글링 본드를 중단시키기에 충분해져서, 계면 준위 밀도를 충분히 저감시킬 수 있어, 반도체 장치의 전기 특성을 향상시키는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층의 두께를 2.5Å 이상으로 함으로써, 이 효과를 보다 높이는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층의 두께를 3Å 이상으로 함으로써, 이 효과를 더욱 높이는 것이 가능하게 된다.

[0119] Cl 함유 Si층의 두께를 30Å보다도 두껍게 하면, Cl 함유 Si층보다도 상층의 Si막에 Cl이 확산하기 쉬워지는 경우가 있다. 또한, Si/SiO 계면에서의 Cl양이 과잉으로 되는 경우가 있다. 이에 의해, 반도체 장치의 전기 특성을 열화시켜버리는 경우가 있다. Cl 함유 Si층의 두께를 30Å 이하로 함으로써, Cl 함유 Si층보다도 상층의 Si막에의 Cl의 확산을 억제할 수 있고, Si/SiO 계면에서 Cl양이 과잉으로 되는 것을 억제할 수 있어, 반도체 장치의 전기 특성의 열화를 억제하는 것이 가능하게 된다. Cl 함유 Si층의 두께를 20Å 이하로 함으로써, 이 효과를 보다 높이는 것이 가능하게 된다.

[0120] (d) Si/SiO 계면에, Cl 함유 Si층이라는 형태로 Cl을 도입하도록 하고 있고, 이에 의해, Si/SiO 계면에만, 핀포인트로(국소적으로) Cl을 첨가하는 것이 가능하게 된다. 이에 의해, Si막이나 SiO막에의 Cl의 확산, 혼입을 억제하는 것이 가능하게 되어, 이들 막에의 Cl 혼입에 기인하는 막 특성의 열화, 전기 특성의 열화를 억제하는 것이 가능하게 된다.

[0121] (e) Si/SiO 계면에, Cl 함유 Si층이라는 형태로 Cl을 도입하도록 하고 있고, 이에 의해, Si/SiO 계면에 Cl을 정착시키는 것이 가능하게 된다. 이에 의해, Si/SiO 계면으로부터 이 계면에 인접하는 막에의 Cl의 확산을 억제할 수 있고, 또한, Si/SiO 계면에서의 Cl 농도의 균일성을 유지하는 것이 가능하게 된다.

[0122] (f) Cl 함유 Si층 형성에 있어서, 스텝 A1, A2를 비동시에 행하는 사이클을 소정 횟수 행함으로써, Cl 함유 Si층의 Cl 농도 및 두께 중 적어도 어느 것을 정밀하게 제어하는 것이 가능하게 된다. 이에 의해, Si/SiO 계면에서의 Cl 농도 및 Cl양 중 적어도 어느 것을 정밀하게 제어하는 것이 가능하게 된다.

[0123] (g) 상술한 효과는, Cl 함유 Si층 형성에 있어서, 상술한 각종 클로로실란계 가스, 상술한 각종 불활성 가스를 사용하는 경우나, Si막 형성에 있어서, 상술한 각종 실란계 가스, 상술한 각종 불활성 가스를 사용하는 경우나, 어닐에 있어서, 상술한 각종 불활성 가스를 사용하는 경우에도, 마찬가지로 얻을 수 있다.

[0124] (4) 변형예

[0125] 본 양태에서의 기관 처리 시퀀스는, 이하에 나타내는 변형예와 같이 변경할 수 있다. 이들 변형예는 임의로 조합할 수 있다. 특별히 설명이 없는 한, 각 변형예의 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은, 상술한 처리 시퀀스의 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0126] (변형예 1)

[0127] 이하에 나타내는 기관 처리 시퀀스와 같이, 스텝 A에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 가스로서 클로로실란계 가스를 공급하는 스텝 A1과, 웨이퍼(200)가 존재하는 공간을 불활성 가스로 퍼지해서 이 공간에 잔류하는 클로로실란계 가스를 제거하는 스텝 A2와, 웨이퍼(200)에 대하여 제3 가스로서 수소화규소 가스를 공급하는 스텝 A3과, 웨이퍼(200)가 존재하는 공간을 불활성 가스로 퍼지해서 이 공간에 잔류하는 수소화규소 가스를 제거하는 스텝 A4를 비동시에 행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1 이상의 정수) 행하도록 해도 된다.

[0128] (클로로실란계 가스→불활성 가스→수소화규소 가스→불활성 가스)×n→실란계 가스→ANL

[0129] 스텝 A3을 행할 때는, 밸브(243d)를 개방하여, 가스 공급관(232d) 내에 수소화규소 가스를 흘린다. 수소화규소 가스는, MFC(241d)에 의해 유량 조정되어, 가스 공급관(232a), 노즐(249a)을 통해서 처리실(201) 내에 공급되어, 배기구(231a)로부터 배기된다. 이때, 웨이퍼(200)에 대하여 수소화규소 가스가 공급된다. 이때, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 노즐(249a 내지 249c) 각각을 통해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 된다.

[0130] 스텝 A3에서의 처리 조건으로서는,

[0131] 수소화규소 가스 공급 유량: 0.1 내지 1slm

[0132] 수소화규소 가스 공급 시간: 0.5 내지 2분

- [0133] 이 예시된다. 다른 처리 조건은, 스텝 A1에서의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다. 제3 가스(수소화규소 가스)로서는, 제2 가스로서 예시한 상술한 각종 수소화규소 가스를 사용할 수 있다.
- [0134] 스텝 A4에서의 처리 수순, 처리 조건은, 스텝 A2에서의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.
- [0135] 본 변형예에 의해서도, 상술한 양태와 마찬가지로의 효과가 얻어진다. 또한, 스텝 A1, A2를 행한 후, 스텝 A3, A4를 행함으로써, Cl 함유 Si층의 Cl 농도를 저하시키는 방향으로 제어하는 것이 가능하게 된다.
- [0136] (변형예 2)
- [0137] 이하에 나타내는 기관 처리 시퀀스와 같이, 스텝 A에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 가스로서 클로로실란계 가스를 공급하는 스텝 A1과, 웨이퍼(200)가 존재하는 공간을 불활성 가스로 퍼지해서 이 공간에 잔류하는 클로로실란계 가스를 제거하는 스텝 A2와, 웨이퍼(200)에 대하여 제4 가스로서 H 함유 가스를 공급하는 스텝 A5와, 웨이퍼(200)가 존재하는 공간을 불활성 가스로 퍼지해서 이 공간에 잔류하는 H 함유 가스를 제거하는 스텝 A6을 비동시에 행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1 이상의 정수) 행하도록 해도 된다.
- [0138] (클로로실란계 가스→불활성 가스→H 함유 가스→불활성 가스)×n→실란계 가스→ANL
- [0139] 스텝 A5를 행할 때는, 밸브(243e)를 개방하여, 가스 공급관(232e) 내에 H 함유 가스를 흘린다. H 함유 가스는, MFC(241d)에 의해 유량 조정되어, 가스 공급관(232b), 노즐(249b)을 통해서 처리실(201) 내에 공급되어, 배기구(231a)로부터 배기된다. 이때, 웨이퍼(200)에 대하여 H 함유 가스가 공급된다. 이때, 밸브(243c, 243f, 243g)를 개방하여, 노즐(249a 내지 249c) 각각을 통해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 된다.
- [0140] 스텝 A5에서의 처리 조건으로서는,
- [0141] H 함유 가스 공급 유량: 2 내지 10slm
- [0142] H 함유 가스 공급 시간: 2 내지 5분
- [0143] 처리 압력: 1333 내지 13332Pa(10 내지 100Torr)
- [0144] 이 예시된다. 다른 처리 조건은, 스텝 A1에서의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다. H 함유 가스로서는, 예를 들어 수소(H<sub>2</sub>) 가스를 사용할 수 있다.
- [0145] 스텝 A6에서의 처리 수순, 처리 조건은, 스텝 A2에서의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.
- [0146] 본 양태에 의해서도, 상술한 양태와 마찬가지로의 효과가 얻어진다. 또한, 스텝 A1, A2를 행한 후, 스텝 A5를 행함으로써, Cl 함유 Si층의 Cl 농도를 저하시키는 방향으로 제어하는 것이 가능하게 된다.
- [0147] <본 개시의 다른 양태>
- [0148] 이상, 본 개시의 양태를 구체적으로 설명했다. 단, 본 개시는 상술한 양태에 한정되는 것이 아니라, 그 요지를 이탈하지 않는 범위에서 다양하게 변경 가능하다.
- [0149] 상술한 양태에서는, Si막 형성 후에 어닐을 실시하는 경우에 대해서 설명했다. 그러나, 이하에 나타내는 기관 처리 시퀀스와 같이, Si막 형성 후, 어닐을 실시하지 않아도 된다. 이러한 경우에도, 상술한 양태와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.
- [0150] (클로로실란계 가스→불활성 가스)×n→실란계 가스
- [0151] (클로로실란계 가스→불활성 가스→수소화규소 가스→불활성 가스)×n→실란계 가스
- [0152] (클로로실란계 가스→불활성 가스→H 함유 가스→불활성 가스)×n→실란계 가스
- [0153] 상술한 양태에서는, Cl 함유 반도체층 및 반도체막 각각에 포함되는 반도체 원소가 Si를 포함하는 경우에 대해서 설명했다. 그러나, Cl 함유 반도체층 및 반도체막에 포함되는 반도체 원소는, Si를 포함하는 경우에 한하지 않고, Si 및 게르마늄(Ge) 중 적어도 어느 것을 포함하고 있어도 된다. 즉, Cl 함유 반도체층은, Cl 함유 Si층, Cl 함유 Ge층 및 Cl 함유 SiGe층 중 적어도 어느 것을 포함하고 있어도 된다. 또한, 반도체막은, Si막, Ge막 및 SiGe막 중 적어도 어느 것을 포함하고 있어도 된다. 이러한 경우에도, 상술한 양태와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.
- [0154] 상술한 양태에서는, Cl 함유 Si층 형성부터 어닐에 이르는 일련의 스텝을, 동일한 처리실(201) 내에서(in-

situ로) 행하는 예에 대해서 설명했다. 그러나, 본 개시는 이러한 양태에 한정되지 않는다. 예를 들어, C1 함유 Si층 형성부터 Si막 형성에 이르는 일련의 스텝을 동일한 처리실 내에서 행하고, 그 후, 어닐을 다른 처리실 내에서(ex-situ로) 행하도록 해도 된다. 이 경우에도 상술한 양태에서의 효과와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.

[0155] 또한 예를 들어, Si막 형성과 어닐의 사이에, Si막 이외의 막(실리콘 산화막이나 실리콘 질화막 등)을 형성하는 다른 스텝(다른 성막)을 행하도록 해도 된다. 이 경우, C1 함유 Si층 형성부터 어닐에 이르는 일련의 스텝, 즉, 다른 성막을 포함하는 일련의 스텝을, 동일한 처리실(제1 처리실) 내에서 행하도록 해도 된다. 또한, C1 함유 Si층 형성부터 Si막 형성에 이르는 일련의 스텝을 동일한 처리실(제1 처리실) 내에서 행하고, 다른 성막부터 어닐에 이르는 일련의 스텝을 다른 처리실(제2 처리실) 내에서 행하도록 해도 된다. 또한, C1 함유 Si층 형성부터 Si막 형성에 이르는 일련의 스텝을 동일한 처리실(제1 처리실) 내에서 행하고, 다른 성막을 다른 처리실(제2 처리실) 내에서 행하고, 어닐을 또 다른 처리실(제3 처리실) 내 또는 제1 처리실 내에서 행하도록 해도 된다. 이러한 경우에도 상술한 양태에서의 효과와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.

[0156] 상술한 다양한 경우에 있어서, 일련의 스텝을 in-situ로 행하면, 도중에 웨이퍼(200)가 대기 폭로되지 않아, 웨이퍼(200)를 진공 하에 둔 채 일관적으로 처리를 행할 수 있어, 안정된 기판 처리를 행할 수 있다. 또한, 일부 스텝을 ex-situ로 행하면, 각각의 처리실 내의 온도를 예를 들어 각 스텝에서의 처리 온도 또는 그에 가까운 온도로 미리 설정해 둘 수 있어, 온도 조정에 요하는 시간을 단축시켜, 생산 효율을 높일 수 있다.

[0157] 상술한 양태에서는, 노즐(249a 내지 249c)이 인접(근접)해서 마련되어 있는 예에 대해서 설명했지만, 본 개시는 이러한 양태에 한정되지 않는다. 예를 들어, 노즐(249a, 249c)은, 반응관(203)의 내벽과 웨이퍼(200)의 사이에서의 평면으로 보아 원환상의 공간 중, 노즐(249b)로부터 이격된 위치에 마련되어 있어도 된다. 이 경우에도 상술한 양태에서의 효과와 마찬가지로의 효과가 얻어진다.

[0158] 기판 처리에 사용되는 레시피는, 처리 내용에 따라서 개별로 준비하여, 전기 통신 회선이나 외부 기억 장치(123)를 통해서 기억 장치(121c) 내에 저장해 두는 것이 바람직하다. 그리고, 처리를 개시할 때, CPU(121a)가, 기억 장치(121c) 내에 저장된 복수의 레시피 중에서, 기판 처리의 내용에 따라 적정한 레시피를 적절히 선택하는 것이 바람직하다. 이에 의해, 1대의 기판 처리 장치에서 다양한 막종, 조성비, 막질, 막 두께의 막을, 재현성 좋게 형성할 수 있게 된다. 또한, 오퍼레이터의 부담을 저감할 수 있어, 조작 미스를 회피하면서, 처리를 신속하게 개시할 수 있게 된다.

[0159] 상술한 레시피는, 새롭게 작성하는 경우에 한하지 않고, 예를 들어 기판 처리 장치에 이미 인스톨되어 있던 기존의 레시피를 변경함으로써 준비해도 된다. 레시피를 변경하는 경우는, 변경 후의 레시피를, 전기 통신 회선이나 당해 레시피를 기록한 기록 매체를 통해서 기판 처리 장치에 인스톨해도 된다. 또한, 기존의 기판 처리 장치가 구비하는 입출력 장치(122)를 조작하여, 기판 처리 장치에 이미 인스톨되어 있던 기존의 레시피를 직접 변경하도록 해도 된다.

[0160] 상술한 양태에서는, 한번에 복수매의 기판을 처리하는 배치식 기판 처리 장치를 사용해서 막을 형성하는 예에 대해서 설명했다. 본 개시는 상술한 양태에 한정되지 않고, 예를 들어 한번에 1매 또는 수매의 기판을 처리하는 매엽식 기판 처리 장치를 사용해서 막을 형성하는 경우에도 적합하게 적용할 수 있다. 또한, 상술한 양태에서는, 핫월형의 처리로를 갖는 기판 처리 장치를 사용해서 막을 형성하는 예에 대해서 설명했다. 본 개시는 상술한 양태에 한정되지 않고, 콜드월형의 처리로를 갖는 기판 처리 장치를 사용해서 막을 형성하는 경우에도 적합하게 적용할 수 있다.

[0161] 이러한 기판 처리 장치를 사용하는 경우에도, 상술한 양태나 변형예와 마찬가지로의 시퀀스, 처리 조건에서 성막을 행할 수 있고, 이것들과 마찬가지로의 효과가 얻어진다.

[0162] 또한, 상술한 양태나 변형예 등은 적절히 조합해서 사용할 수 있다. 이때의 처리 수순, 처리 조건은, 예를 들어 상술한 양태의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0163] [실시예]

[0164] 도 1에 도시하는 기판 처리 장치를 사용하여, 도 4에 도시하는 기판 처리 시퀀스에 의해, 웨이퍼의 표면에 마련된 SiO막 상에 C1 함유 Si층 및 Si막을 이 순으로 형성하여, 평가 샘플을 제작했다. 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은, 상술한 양태의 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건과 마찬가지로 했다. 평가 샘플로서는, C1 함유 Si층에서의 C1 농도를 변화시킨 것을 복수 준비했다. 그리고, 각각의 평가 샘플에서의 탱글링 본드 밀도를 측정했다.

[0165] 도 5에, 각 평가 샘플의, Si막과 SiO막의 계면(이하, Si/SiO 계면)에서의, Cl 농도와 땀글링 본드 밀도의 관계, 즉, 땀글링 본드 밀도의 Si/SiO 계면에서의 Cl 농도 의존성을 나타낸다. 도 5의 횡축은 Si/SiO 계면에서의 Cl 농도[atoms/cm<sup>3</sup>]를, 종축은 Si/SiO 계면에서의 땀글링 본드 밀도[개/cm<sup>3</sup>]를 각각 나타내고 있다. 도면 중의 ● 표시는 각 평가 샘플에서의 땀글링 본드 밀도의 측정값을 플롯한 것을 나타내고 있다.

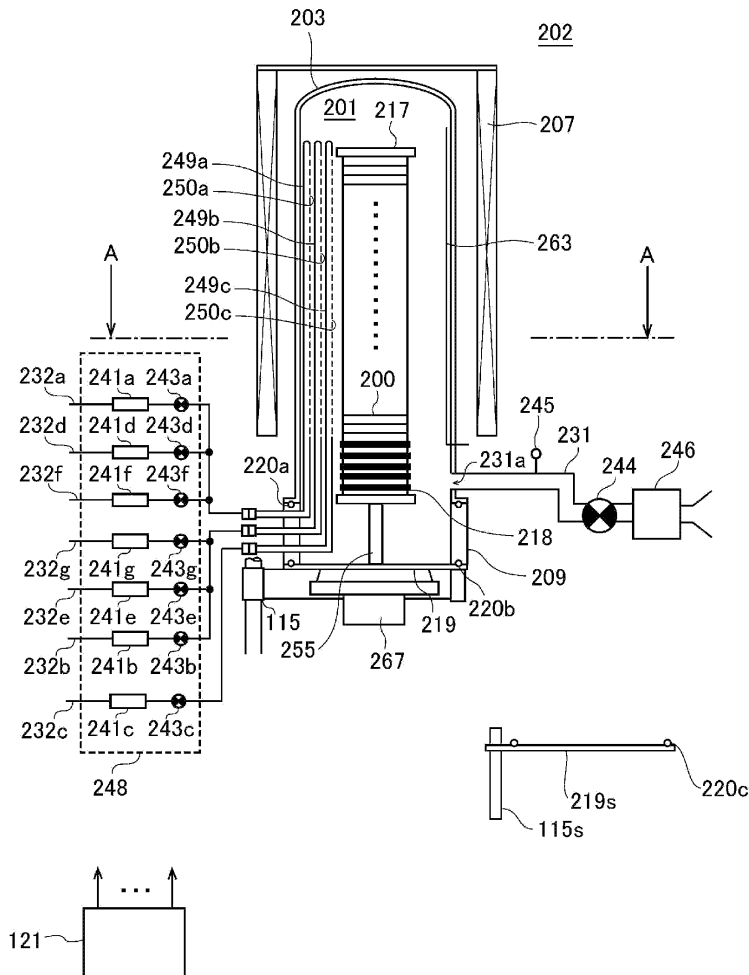
[0166] 도 5로부터, Si/SiO 계면에서의 Cl 농도가 높을수록, 땀글링 본드 밀도가 저하되어 있는 것을 알 수 있다. 특히, Si/SiO 계면에서의 Cl 농도를  $1.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상으로 함으로써, 바람직하게는  $3.0 \times 10^{20}$  atoms/cm<sup>3</sup> 이상으로 함으로써, 땀글링 본드 밀도를 대폭 저감할 수 있는 것을 알 수 있다.

**부호의 설명**

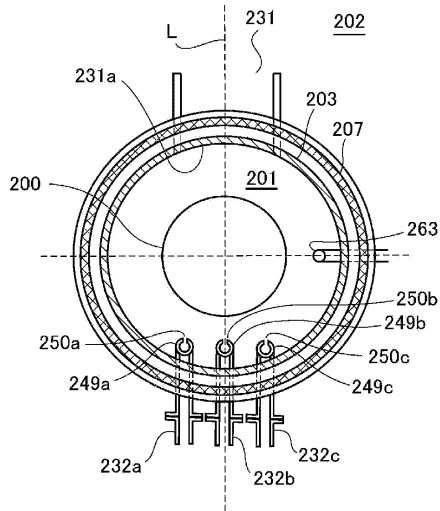
[0167] 200: 웨이퍼(기판)

**도면**

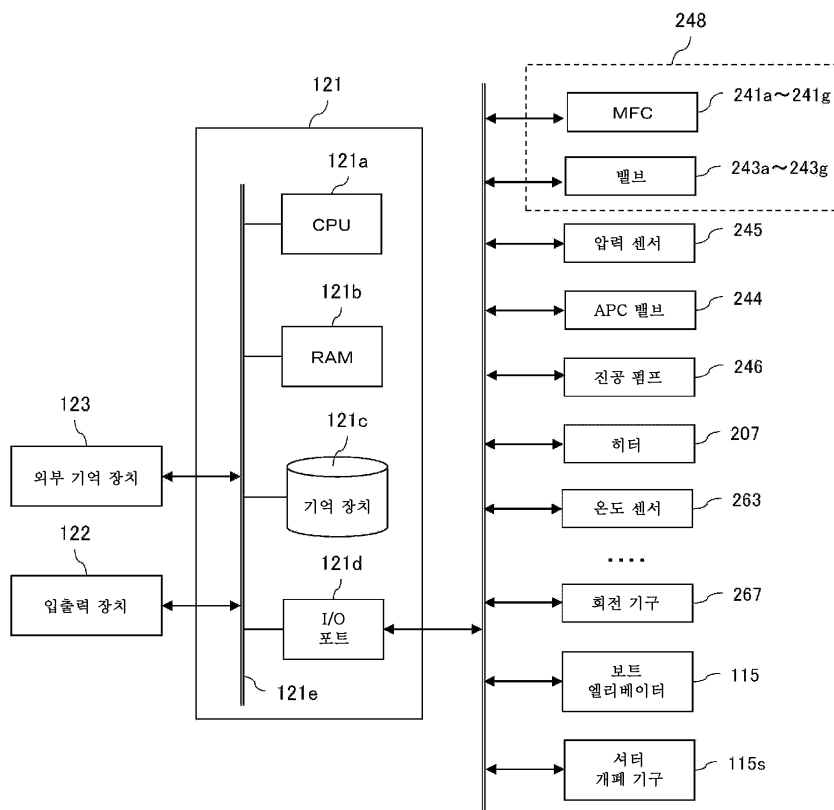
**도면1**



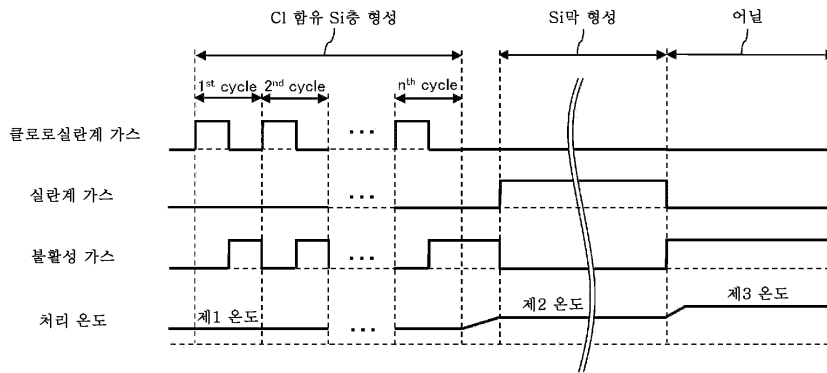
도면2



도면3



도면4



도면5

