(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0041869
(43) 공개일자 2024년04월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/31 (2006.01) *H01L 21/67* (2006.01)
H01L 21/687 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/31 (2021.01)
H01L 21/67051 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-7043337
(22) 출원일자(국제) 2021년08월23일
심사청구일자 2024년03월04일
(85) 번역문제출일자 2023년12월14일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2021/030846
(87) 국제공개번호 WO 2023/026329
국제공개일자 2023년03월02일

(71) 출원인
가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭
일본 도쿄도 치요다쿠 칸다카지쵸 3쵸메 4번지
(72) 발명자
야마구치 다이고
일본국 토야마켄 토야마시 야츠오마치 야스우치 2초메 1, 가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭 내
카도시마 마사루
일본국 토야마켄 토야마시 야츠오마치 야스우치 2초메 1, 가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭 내
(74) 대리인
이창범, 이혁제

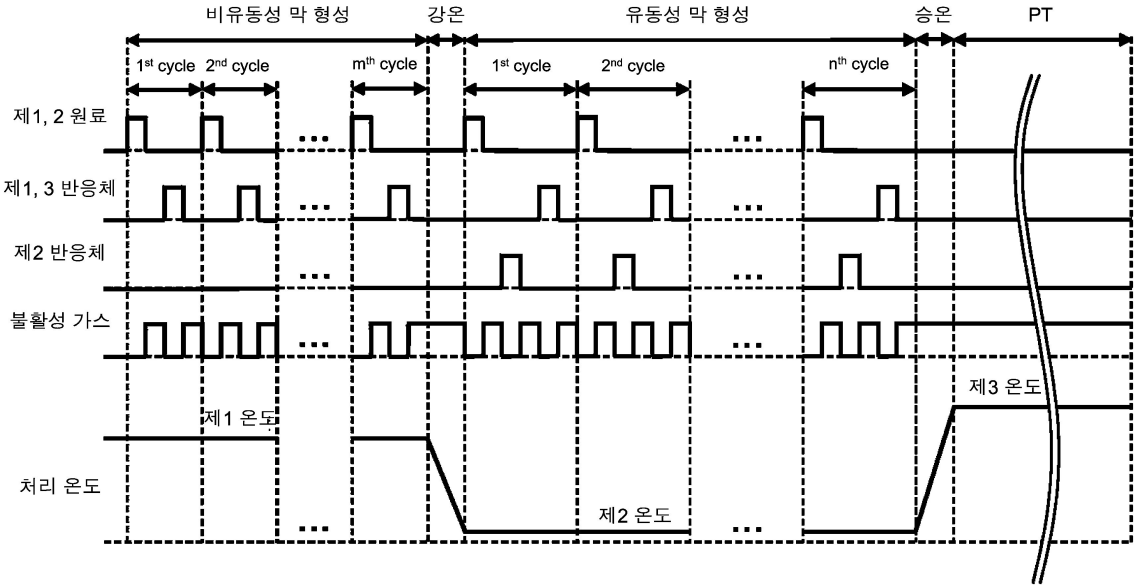
전체 청구항 수 : 총 25 항

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

(57) 요 약

(a) 표면에 요부(凹部)가 설치되고 산소 함유막이 노출된 기판에 대하여 제1 온도 하에서 제1 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 기판의 표면 상에 비유동성 막을 형성하는 공정; 및 (b) 상기 기판에 대하여 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도 하에서 제2 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 공정을 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H01L 21/67098 (2013.01)
H01L 21/67248 (2013.01)
H01L 21/68742 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 표면에 요부(凹部)가 설치되고 산소 함유막이 노출된 기판에 대하여 제1 온도 하에서 제1 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 기판의 표면 상에 비유동성 막을 형성하는 공정; 및

(b) 상기 기판에 대하여 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도 하에서 제2 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 공정

을 포함하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 비유동성 막의 두께를, 상기 유동성 막의 두께 이하로 하거나 또는 상기 유동성 막의 두께보다도 얇게 하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 비유동성 막의 두께를 0.2nm 이상 10nm 이하로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 산소 함유막은 실리콘 및 산소 함유막인 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비유동성 막은 산소 비함유막인 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비유동성 막은 실리콘 및 질소 함유막인 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비유동성 막은 실리콘, 탄소 및 질소 함유막인 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비유동성 막은 상기 산소 함유막보다도 친수성이 낮은 막인 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 산소 함유막은 친수성 막이며, 상기 비유동성 막은 비친수성 막인 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 반응물은 제1 원료와 제1 반응체를 포함하고,

(a)에서는, 상기 제1 원료가 단독으로 존재했을 경우에 상기 제1 원료의 물리 흡착보다도 상기 제1 원료의 화학 흡착 또는 열 분해가 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 상기 기판에 대하여 상기 제1 원료와 상기 제1 반응체를 공급하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

(a)에서는, (a1) 상기 기판에 대하여 상기 제1 원료를 공급하는 공정 및 (a2) 상기 기판에 대하여 상기 제1 반응체를 공급하는 공정을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

(a1)에서는 상기 제1 원료의 분자의 분자 구조의 일부를 상기 산소 함유막의 표면에 흡착시키고, (a2)에서는 상기 산소 함유막의 표면에 흡착시킨 상기 제1 원료의 분자의 분자 구조의 일부를 상기 제1 반응체와 반응시켜서 비유동성 층을 형성하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 제1 원료 및 상기 제1 반응체 가운데 적어도 어느 하나는 알킬기를 포함하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 14

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 반응물은 알킬기를 포함하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 15

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 반응물은, 제2 원료와 제2 반응체와 제3 반응체를 포함하고,

(b)에서는, 상기 제2 원료가 단독으로 존재했을 경우에 상기 제2 원료가 열분해하지 않고 상기 제2 원료의 화학 흡착보다도 상기 제2 원료의 물리 흡착이 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 상기 기판에 대하여, 상기 제2 원료와 상기 제2 반응체와 상기 제3 반응체를 공급하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

(b)에서는, (b1) 상기 기판에 대하여 상기 제2 원료를 공급하는 공정, (b2) 상기 기판에 대하여 상기 제2 반응체를 공급하는 공정 및 (b3) 상기 기판에 대하여 상기 제3 반응체를 공급하는 공정을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

(b)에서는, 상기 제2 원료, 상기 제2 반응체, 상기 제3 반응체 가운데 적어도 어느 하나에 포함되는 원소를 포함하는 올리고머를 생성하고 성장시키고 유동시켜서, 상기 비유동성 막 위에 상기 유동성 막으로서 올리고머 함유막을 형성하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 18

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

(c) 상기 비유동성 막 위에 상기 유동성 막이 형성된 후의 상기 기판에 대하여 상기 제2 온도보다도 높은 제3 온도 하에서 포스트 트리트먼트를 수행하는 것에 의해, 상기 유동성 막을 개질시키는 공정

을 더 포함하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 제1 원료는 상기 제2 원료와 분자 구조가 동일하고,

상기 제1 반응체는 상기 제2 반응체 및 상기 제3 반응체의 어느 하나와 분자 구조가 동일한 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 제1 원료 및 상기 제2 원료는 실리콘 함유 원료이며,

상기 제1 반응체, 상기 제2 반응체 및 상기 제3 반응체는, 질소 및 수소 함유 반응체 또는 탄소, 질소 및 수소 함유 반응체인 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 21

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

(a) 및 (b)를 동일 처리실 내에서 수행하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 22

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

(a)에서는 상기 기판의 표면과 상기 요부의 표면에 상기 비유동성 막을 형성하고, (b)에서는 상기 기판의 표면과 상기 요부 내에 형성된 상기 비유동성 막 위에 상기 유동성 막을 형성하고 상기 요부 내를 상기 유동성 막에 의해 매립하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 23

(a) 표면에 요부가 설치되고 산소 함유막이 노출된 기판에 대하여 제1 온도 하에서 제1 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 기판의 표면 상에 비유동성 막을 형성하는 공정; 및

(b) 상기 기판에 대하여 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도 하에서 제2 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 공정

을 포함하는 기판 처리 방법.

청구항 24

기판이 처리되는 처리실;

상기 처리실 내의 기판에 대하여 제1 반응물을 공급하는 제1 반응물 공급계;

상기 처리실 내의 기판에 대하여 제2 반응물을 공급하는 제2 반응물 공급계;

상기 처리실 내의 기판을 가열하는 히터; 및

상기 처리실 내에 있어서, (a) 표면에 요부가 설치되고 산소 함유막이 노출된 기판에 대하여 제1 온도 하에서 상기 제1 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 기판의 표면 상에 비유동성 막을 형성하는 처리와, (b) 상기 기판에 대하여 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도 하에서 제2 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 비유동성 막 상

에 유동성 막을 형성하는 처리를 수행하도록 상기 제1 반응물 공급계, 상기 제2 반응물 공급계 및 상기 히터를 제어하는 것이 가능하도록 구성되는 제어부

를 포함하는 기판 처리 장치.

청구항 25

기판 처리 장치의 처리실 내에서,

(a) 표면에 요부가 설치되고 산소 함유막이 노출된 기판에 대하여 제1 온도 하에서 제1 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 기판의 표면 상에 비유동성 막을 형성하는 단계; 및

(b) 상기 기판에 대하여 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도 하에서 제2 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 단계

를 컴퓨터에 의해 상기 기판 처리 장치에 실행시키는 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

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

배 경 기 술

[0002] 반도체 장치의 제조 공정의 일 공정으로서, 기판 상에 막을 형성하는 처리가 수행되는 경우가 있다(예컨대 특허문헌 1, 2 참조). 이 경우에, 표면에 요부(凹部)가 설치된 기판 상에 유동성(流動性)이 있는 막(이하, "유동성 막"이라고도 부른다)을 형성하는 처리가 수행되는 경우가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특개 2017-34196호 공보

(특허문헌 0002) 특허문헌 2: 일본 특개 2013-30752호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는, 표면에 요부가 설치된 기판 상에 형성되는 막의 특성을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 개시의 일 형태에 따르면, (a) 표면에 요부가 설치되고 산소 함유막이 노출된 기판에 대하여 제1 온도 하에서 제1 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 기판의 표면 상에 비유동성 막을 형성하는 공정; 및 (b) 상기 기판에 대하여 상기 제1 온도보다도 낮은 제2 온도 하에서 제2 반응물을 공급하는 것에 의해, 상기 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 공정을 수행하는 기술이 제공된다.

발명의 효과

[0006] 본 개시에 따르면, 표면에 요부가 설치된 기판 상에 형성되는 막의 특성을 향상시키는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 개시의 각 형태에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 종형 처리로의 개략 구성도이며, 처리로 부분을 종단면도로 도시하는 도면이다.

도 2는 본 개시의 각 형태에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 종형 처리로의 개략 구성도이며, 처리로

부분을 도 1의 A-A선 단면도로 도시하는 도면이다.

도 3은 본 개시의 각 형태에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 컨트롤러의 개략 구성도이며, 컨트롤러의 제어계를 블록도로서 도시하는 도면이다.

도 4는 본 개시의 제1 형태에 있어서의 기판 처리 시퀀스를 도시하는 도면이다.

도 5는 본 개시의 제2 형태에 있어서의 기판 처리 시퀀스를 도시하는 도면이다.

도 6은 본 개시의 제3 형태에 있어서의 기판 처리 시퀀스를 도시하는 도면이다.

도 7은 실시예 및 비교예를 도시하는 도면이다.

도 8의 (a)는 실시예에 있어서의 웨이퍼 표면의 부분 단면 확대도이며, 도 8의 (b)는 비교예에 있어서의 웨이퍼 표면의 부분 단면 확대도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] <본 개시의 제1 형태>

[0009] 이하, 본 개시의 제1 형태에 대해서, 주로 도 1 내지 도 4를 참조하면서 설명한다. 또한 이하의 설명에 있어서 이용되는 도면은, 모두 모식적인 것이며, 도면에 도시되는 각 요소의 치수의 관계, 각 요소의 비율 등은, 현실의 것과 반드시 일치하지는 않는다. 또한 복수의 도면의 상호간에 있어서도, 각 요소의 치수의 관계, 각 요소의 비율 등은 반드시 일치하지는 않는다.

[0010] (1)기판 처리 장치의 구성

[0011] 도 1에 도시하는 바와 같이, 처리로(202)는 가열 기구(온도 조정부)로서의 히터(207)를 포함한다. 히터(207)는 원통 형상이며, 보지판에 지지되는 것에 의해 수직으로 설치되어 있다. 히터(207)는, 가스를 열로 활성화(여기)시키는 활성화 기구(여기부)로서도 기능한다.

[0012] 히터(207)의 내측에는, 히터(207)와 동심원 형상으로 반응관(203)이 배설되어 있다. 반응관(203)은, 예컨대 석영(SiO_2) 또는 탄화실리콘(SiC) 등의 내열성 재료에 의해 구성되고, 상단이 폐색하고 하단이 개구한 원통 형상으로 형성되어 있다. 반응관(203)의 하방에는, 반응관(203)과 동심원 형상으로 매니폴드(209)가 배설되어 있다. 매니폴드(209)는, 예컨대 스텐레스 강철(SUS) 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 상단 및 하단이 개구한 원통 형상으로 형성되어 있다. 매니폴드(209)의 상단부는, 반응관(203)의 하단부에 계합되어 있고, 반응관(203)을 지지하도록 구성되어 있다. 매니폴드(209)와 반응관(203)과의 사이에는, 씰 부재로서의 O링(220a)이 설치되어 있다. 반응관(203)은 히터(207)와 마찬가지로 수직으로 설치되어 있다. 주로 반응관(203)과 매니폴드(209)에 의해 처리 용기(반응 용기)가 구성된다. 처리 용기의 통중공부에는 처리실(201)이 형성된다. 처리실(201)은, 기판으로서의 웨이퍼(200)를 수용 가능하도록 구성되어 있다. 이 처리실(201) 내에서 웨이퍼(200)에 대한 처리가 수행된다.

[0013] 처리실(201) 내에는, 제1 내지 제3 공급부로서의 노즐(249a 내지 249c)이, 매니폴드(209)의 측벽을 관통하도록 각각 설치되어 있다. 노즐(249a 내지 249c)을 제1 내지 제3 노즐이라고도 부른다. 노즐(249a 내지 249c)은, 예컨대 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)의 각각은, 노즐(249b)에 인접해서 설치되어 있다.

[0014] 가스 공급관(232a 내지 232c)에는, 가스의 흐름의 상류측에서 순서대로 유량 제어기(유량 제어부)인 매스 플로우 컨트롤러(MFC)(241a 내지 241c) 및 개폐 밸브인 밸브(243a 내지 243c)가 각각 설치되어 있다. 가스 공급관(232a)의 밸브(243a)보다도 하류측에는, 가스 공급관(232e)이 접속되어 있다. 가스 공급관(232b)의 밸브(243b)보다도 하류측에는, 가스 공급관(232d, 232f)이 각각 접속되어 있다. 가스 공급관(232c)의 밸브(243c)보다도 하류측에는, 가스 공급관(232g)이 접속되어 있다. 가스 공급관(232d 내지 232g)에는, 가스의 흐름의 상류측에서 순서대로 MFC(241d 내지 241g) 및 밸브(243d 내지 243g)가 각각 설치되어 있다. 가스 공급관(232a 내지 232g)은, 예컨대, SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되어 있다.

[0015] 도 2에 도시하는 바와 같이, 노즐(249a 내지 249c)은, 반응관(203)의 내벽과 웨이퍼(200)와의 사이에서의 평면시에 있어서 원환 형상의 공간에, 반응관(203)의 내벽의 하부로부터 상부를 따라, 웨이퍼(200)의 배열 방향 상방을 향해서 상승하도록 각각 설치되어 있다. 즉 노즐(249a 내지 249c)은, 웨이퍼(200)가 배열되는 웨이퍼 배열

영역의 측방의, 웨이퍼 배열 영역을 수평하게 둘러싸는 영역에, 웨이퍼 배열 영역에 따르도록 각각 설치되어 있다. 평면시에 있어서, 노즐(249b)은, 처리실(201) 내에 반입되는 웨이퍼(200)의 중심을 개재해서 후술하는 배기구(231a)와 일직선 상에 대향하게 배치되어 있다. 노즐(249a, 249c)은, 노즐(249b)과 배기구(231a)의 중심을 통하는 직선(L)을, 반응관(203)의 내벽(웨이퍼(200)의 외주부)에 따라 양측에서 끼워 넣게 배치되어 있다. 직선(L)은, 노즐(249b)과 웨이퍼(200)의 중심을 통하는 직선이기도 한다. 즉 노즐(249c)은, 직선(L)을 개재해서 노즐(249a)과 반대측에 설치되어 있다고 할 수도 있다. 노즐(249a, 249c)은, 직선(L)을 대칭축으로서 선대칭으로, 즉 시메트리로 배치되어 있다. 노즐(249a 내지 249c)의 측면에는, 가스를 공급하는 가스 공급공(250a 내지 250c)이 각각 설치되어 있다. 가스 공급공(250a 내지 250c)은, 각각이 평면시에 있어서 배기구(231a)와 상대(대면)하게 개구하고 있어, 웨이퍼(200)를 향해서 가스를 공급하는 것이 가능하도록 되어 있다. 가스 공급공(250a 내지 250c)은, 반응관(203)의 하부로부터 상부에 걸쳐서 복수 설치되어 있다.

[0016] 가스 공급관(232a)으로부터는, 제1 반응물로서의 제1 원료 및 제2 반응물로서의 제2 원료가, MFC(241a), 밸브(243a), 노즐(249a)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급된다.

[0017] 가스 공급관(232b)으로부터는, 제1 반응물로서의 제1 반응체가, MFC(241b), 밸브(243b), 노즐(249b)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급된다.

[0018] 가스 공급관(232c)으로부터는, 제2 반응물로서의 제2 반응체가, MFC(241c), 밸브(243c), 노즐(249c)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급된다.

[0019] 가스 공급관(232d)으로부터는, 제2 반응물로서의 제3 반응체가, MFC(241d), 밸브(243d), 가스 공급관(232b), 노즐(249b)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급된다.

[0020] 가스 공급관(232e 내지 232g)으로부터는, 불활성 가스가, 각각 MFC(241e 내지 241g), 밸브(243e 내지 243g), 가스 공급관(232a 내지 232c), 노즐(249a 내지 249c)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급된다. 불활성 가스는, 퍼지 가스, 캐리어 가스, 희석 가스 등으로서 작용한다.

[0021] 주로 가스 공급관(232a, 232b), MFC(241a, 241b), 밸브(243a, 243b)에 의해, 제1 반응물 공급계(제1 원료 공급계, 제1 반응체 공급계)가 구성된다. 주로 가스 공급관(232a, 232c, 232d), MFC(241a, 241c, 241d), 밸브(243a, 243c, 243d)에 의해, 제2 반응물 공급계(제2 원료 공급계, 제2 반응체 공급계, 제3 반응체 공급계)가 구성된다. 주로 가스 공급관(232e 내지 232g), MFC(241e 내지 241g), 밸브(243e 내지 243g)에 의해, 불활성 가스 공급계가 구성된다.

[0022] 전술한 각종 공급계 가운데 어느 하나 또는 모든 공급계는, 밸브(243a 내지 243g)나 MFC(241a 내지 241g) 등이 집적되는 집적형 공급 시스템(248)으로서 구성되어 있어도 좋다. 집적형 공급 시스템(248)은, 가스 공급관(232a 내지 232g)의 각각에 대하여 접속되고, 가스 공급관(232a 내지 232g) 내로의 각종 가스의 공급 동작, 즉 밸브(243a 내지 243g)의 개폐 동작이나 MFC(241a 내지 241g)에 의한 유량 조정 동작 등이, 후술하는 컨트롤러(121)에 의해 제어되도록 구성되어 있다. 집적형 공급 시스템(248)은, 일체형 또는 분할형의 집적 유닛으로서 구성되어 있어, 가스 공급관(232a 내지 232g) 등에 대하여 집적 유닛 단위로 탈착을 수행할 수 있고, 집적형 공급 시스템(248)의 메인터넌스, 교환, 증설 등을 집적 유닛 단위로 수행하는 것이 가능하도록 구성되어 있다.

[0023] 반응관(203)의 측벽 하방으로는, 처리실(201) 내의 분위기를 배기하는 배기구(231a)가 설치되어 있다. 도 2에 도시하는 바와 같이, 배기구(231a)는, 평면시에 있어서, 웨이퍼(200)를 개재해서 노즐(249a 내지 249c)(가스 공급공(250a 내지 250c))과 상대(대면)하는 위치에 설치되어 있다. 배기구(231a)는, 반응관(203)의 측벽의 하부로부터 상부를 따라, 즉 웨이퍼 배열 영역에 따라 설치되어 있어도 좋다. 배기구(231a)에는 배기관(231)이 접속되어 있다. 배기관(231)은, 예컨대 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되어 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 개재하여, 진공 배기 장치로서의 진공 펌프(246)가 접속되어 있다. APC 밸브(244)는, 진공 펌프(246)를 작동시킨 상태에서 밸브를 개폐하는 것에 의해, 처리실(201) 내의 진공 배기 및 진공 배기 정지를 수행할 수 있고, 또한 진공 펌프(246)를 작동시킨 상태에서, 압력 센서(245)에 의해 검출된 압력 정보에 기초해서 밸브 개도를 조절하는 것에 의해, 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 포함시켜서 생각해도 좋다.

[0024] 매니폴드(209)의 하방에는, 매니폴드(209)의 하단 개구를 기밀하게 폐색 가능한 노구 개체(蓋體)로서의 씰 캡(219)이 설치되어 있다. 씰 캡(219)은, 예컨대 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 원반 형상으로 형성되어

있다. 씰 캡(219)의 상면에는, 매니폴드(209)의 하단과 당접(當接)하는 씰 부재로서의 O링(220b)이 설치되어 있다. 씰 캡(219)의 하방에는, 후술하는 보트(217)를 회전시키는 회전 기구(267)가 설치된다. 회전 기구(267)의 회전축(255)은, 예컨대 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 씰 캡(219)을 관통해서 보트(217)에 접속되어 있다. 회전 기구(267)는, 보트(217)를 회전시키는 것에 의해 웨이퍼(200)를 회전시키도록 구성되어 있다. 씰 캡(219)은, 반응관(203)의 외부에 설치된 승강 기구로서의 보트 엘리베이터(115)에 의해 수직 방향으로 승강되도록 구성되어 있다. 보트 엘리베이터(115)는, 씰 캡(219)을 승강시키는 것에 의해, 웨이퍼(200)를 처리실(201) 내외에 반입 및 반출(반송)하는 반송 장치(반송 기구)로서 구성되어 있다.

[0025] 매니폴드(209)의 하방에는, 씰 캡(219)을 강하시켜 보트(217)를 처리실(201) 내에서 반출한 상태에서, 매니폴드(209)의 하단 개구를 기밀하게 폐색 가능한 노구 개체로서의 셔터(219s)가 설치되어 있다. 셔터(219s)는, 예컨대 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 원반 형상으로 형성되어 있다. 셔터(219s)의 상면에는, 매니폴드(209)의 하단과 당접하는 씰 부재로서의 O링(220c)이 설치되어 있다. 셔터(219s)의 개폐 동작(승강 동작이나 회동 동작 등)은, 셔터 개폐 기구(115s)에 의해 제어된다.

[0026] 기판 지지구로서의 보트(217)는, 복수 매, 예컨대 25 내지 200장의 웨이퍼(200)를, 수평 자세에서 또한, 서로 중심을 맞춘 상태에서 수직 방향으로 정렬시켜서 다단으로 지지하도록, 즉 간격을 두고서 배열시키도록 구성되어 있다. 보트(217)는, 예컨대 석영이나 SiC 등의 내열성 재료에 의해 구성된다. 보트(217)의 하부에는, 예컨대 석영이나 SiC 등의 내열성 재료에 의해 구성되는 단열판(218)이 다단으로 지지되어 있다.

[0027] 반응관(203) 내에는, 온도 검출기로서의 온도 센서(263)가 설치된다. 온도 센서(263)에 의해 검출된 온도 정보에 기초해 히터(207)에의 통전 상태를 조정하는 것에 의해, 처리실(201) 내의 온도가 원하는 온도 분포가 된다. 온도 센서(263)는, 반응관(203)의 내벽을 따라 설치되어 있다.

[0028] 도 3에 도시하는 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 개재하고, CPU(121a)와 데이터 교환 가능하도록 구성되어 있다. 컨트롤러(121)에는, 예컨대 터치 패널 등으로서 구성된 입출력 장치(122)가 접속되어 있다. 또한 컨트롤러(121)에는, 외부 기억 장치(123)를 접속하는 것이 가능하도록 되어 있다.

[0029] 기억 장치(121c)는, 예컨대 플래시 메모리, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive) 등으로 구성되어 있다. 기억 장치(121c) 내에는, 기판 처리 장치의 동작을 제어하는 제어 프로그램이나 후술하는 기판 처리의 순서나 조건 등이 기재된 프로세스 레시피 등이, 판독 가능하도록 격납되어 있다. 프로세스 레시피는, 후술하는 기판 처리에 있어서의 각 순서를 컨트롤러(121)에 의해서 기판 처리 장치에 실행시켜, 소정의 결과를 얻을 수 있게 조합된 것이며, 프로그램으로서 기능한다. 이하, 프로세스 레시피나 제어 프로그램 등을 총칭하여 단순히 프로그램이라고도 말한다. 또한 프로세스 레시피를 단순히 레시피라고도 말한다. 본 명세서에 있어서 프로그램이라고 하는 용어를 이용하는 경우는, 레시피 단체(單體)만을 포함하는 경우, 제어 프로그램 단체만을 포함하는 경우 또는 그들의 양방을 포함하는 경우가 있다. RAM(121b)은, CPU(121a)에 의해 판독된 프로그램이나 데이터 등이 일시적으로 보지되는 메모리 영역(work area)으로서 구성되어 있다.

[0030] I/O 포트(121d)는, 전술한 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.

[0031] CPU(121a)는, 기억 장치(121c)로부터 제어 프로그램을 판독해서 실행하는 것과 함께, 입출력 장치(122)로부터의 조작 커맨드의 입력 등에 따라서 기억 장치(121c)로부터 레시피를 판독하는 것이 가능하도록 구성되어 있다. CPU(121a)는, 판독한 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 가능하도록 구성되어 있다.

[0032] 컨트롤러(121)는, 외부 기억 장치(123)에 격납된 전술한 프로그램을 컴퓨터에 인스톨하는 것에 의해 구성할 수 있다. 외부 기억 장치(123)는, 예컨대 HDD 등의 자기 디스크, CD 등의 광 디스크, MO 등의 광자기 디스크, USB 메모리, SSD 등의 반도체 메모리 등을 포함한다. 기억 장치(121c)나 외부 기억 장치(123)는, 컴퓨터 판독 가능

한 기록 매체로서 구성되어 있다. 이하, 이들을 총칭하여 단순히 기록 매체라고도 한다. 본 명세서에 있어서 기록 매체라고 하는 용어를 이용하는 경우는, 기억 장치(121c) 단체만을 포함하는 경우, 외부 기억 장치(123) 단체만을 포함하는 경우 또는 그들의 양방을 포함하는 경우가 있다. 또한 컴퓨터로의 프로그램의 제공은, 외부 기억 장치(123)를 이용하지 않고, 인터넷이나 전용 회선 등의 통신 수단을 이용해서 수행해도 좋다.

[0033] (2) 기판 처리 공정

[0034] 전술한 기판 처리 장치를 이용하여, 반도체 장치의 제조 공정의 일 공정으로서 기판으로서의 웨이퍼(200)의 표면 상에 막을 형성하는 처리 시퀀스예에 대해서, 주로 도 4를 이용해서 설명한다. 또한 본 형태에서는, 웨이퍼(200)로서, 그 표면에 트렌치나 홀 등의 요부가 설치되고, 실리콘(Si) 및 산소(O) 함유막 등의 O 함유막이 노출된 실리콘 기판(실리콘 웨이퍼)을 이용하는 예에 대해서 설명한다. 또한 웨이퍼(200)의 표면에 노출되는 O 함유막은 자연 산화막이여도 좋다. 이하의 설명에 있어서, 기판 처리 장치를 구성하는 각 부의 동작은 컨트롤러(121)에 의해 제어된다.

[0035] 도 4에 도시하는 바와 같이, 본 형태의 처리 시퀀스에서는, 표면에 요부가 설치되고 O 함유막이 노출된 웨이퍼(200)에 대하여 제1 온도 하에서 제1 반응물(제1 원료, 제1 반응체)을 공급하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 표면 상에 유동성이 없는 막(이하, "비유동성 막"이라고도 부른다)을 형성하는 스텝A(비유동성 막 형성)와 (b) 웨이퍼(200)에 대하여 제1 온도보다도 낮은 제2 온도 하에서 제2 반응물(제2 원료, 제2 반응체, 제3 반응체)을 공급하는 것에 의해, 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 스텝B(유동성 막 형성)를 수행한다.

[0036] 또한 도 4에서는, 제1 원료와 제2 원료가 동일한 원료이며, 제1 반응체와 제3 반응체가 동일한 반응체인 예를 제시하고 있다. 즉 도 4에서는, 제1 원료와 제2 원료의 분자 구조가 동일하고, 제1 반응체와 제3 반응체의 분자 구조가 동일한 예를 제시하고 있다. 이러한 점은, 후술하는 제2 형태, 제3 형태에서의 도 5, 도 6에서도 마찬가지이다.

[0037] 또한 본 형태의 처리 시퀀스에서는, 비유동성 막 상에 유동성 막이 형성된 후의 웨이퍼(200)에 대하여 제2 온도보다도 높은 제3 온도 하에서 포스트 트리트먼트를 수행하는 것에 의해, 유동성 막을 개질시키는 스텝C(포스트 트리트먼트)을 더 수행한다. 본 명세서에서는, 포스트 트리트먼트를 "PT"라고도 칭한다.

[0038] 또한 본 형태의 처리 시퀀스에서는, 전술한 스텝A에 있어서, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 원료를 공급하는 스텝A1 및 웨이퍼(200)에 대하여 제1 반응체를 공급하는 스텝A2를 포함하는 사이클을 소정 횟수(m회, m은 1이상의 정수) 수행한다. 본 형태의 처리 시퀀스에서는, 스텝A1, A2를 비동시로 수행한다.

[0039] 또한 본 형태의 처리 시퀀스에서는, 전술한 스텝B에 있어서, 웨이퍼(200)에 대하여 제2 원료를 공급하는 스텝B1과 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응체를 공급하는 스텝B2와 웨이퍼(200)에 대하여 제3 반응체를 공급하는 스텝B3를 포함하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1이상의 정수) 수행한다. 본 형태의 처리 시퀀스에서는, 스텝B1, B2, B3을 비동시로 수행한다.

[0040] 본 명세서에서는, 전술한 처리 시퀀스를, 편의상, 아래와 같이 도시할 수도 있다. 이하의 제2, 제3 형태 등을 포함하는 변형예 등의 설명에 있어서도, 같은 표기를 이용한다.

[0041] (제1 원료→제1 반응체)×m→(제2 원료→제2 반응체→제3 반응체)×n→PT

[0042] 본 명세서에 있어서 「웨이퍼」라고 하는 용어를 이용하는 경우는, 웨이퍼 그 자체를 의미하는 경우나, 웨이퍼와 그 표면에 형성된 소정의 층이나 막과의 적층체를 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에 있어서 「웨이퍼의 표면」이라고 하는 용어를 이용하는 경우는, 웨이퍼 그 자체의 표면을 의미하는 경우나, 웨이퍼 상에 형성된 소정의 층 등의 표면을 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에 있어서 「웨이퍼 상에 소정의 층을 형성한다」라고 기재했을 경우는, 웨이퍼 그 자체의 표면 상에 소정의 층을 직접 형성하는 것을 의미하는 경우나, 웨이퍼 상에 형성되어 있는 층 등 위에 소정의 층을 형성하는 것을 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에 있어서 「기판」이라고 하는 용어를 이용하는 경우도, 「웨이퍼」라는 용어를 이용하는 경우와 같은 의미이다.

[0043] (웨이퍼 차지 및 보트 로드)

[0044] 복수 매의 웨이퍼(200)가 보트(217)에 장전(웨이퍼 차지)된 후, 셔터 개폐 기구(115s)에 의해 셔터(219s)를 이동시켜, 매니폴드(209)의 하단 개구가 개방된다(셔터 오픈). 그 후, 도 1에 도시하는 바와 같이, 복수 매의 웨이퍼(200)를 지지한 보트(217)는, 보트 엘리베이터(115)에 의해 들어 올려져서 처리실(201) 내에 반입(보트 로드)된다. 이 상태에서 씰 캡(219)은, O링(220b)을 개재해서 매니폴드(209)의 하단을 밀봉한 상태가 된다.

[0045] (압력 조정 및 온도 조정)

[0046] 보트 로드가 종료한 후, 처리실(201) 내, 즉 웨이퍼(200)가 존재하는 공간이 원하는 압력(진공도)이 되도록, 진공 펌프(246)에 의해 진공 배기(감압 배기)된다. 이 때 처리실(201) 내의 압력은 압력 센서(245)에서 측정되고, 이 측정된 압력 정보에 기초해 APC 밸브(244)가 피드백 제어된다(압력 조정). 또한 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)가 원하는 처리 온도가 되도록, 히터(207)에 의해 가열된다. 이 때 처리실(201) 내가 원하는 온도 분포가 되도록, 온도 센서(263)가 검출한 온도 정보에 기초하여 히터(207)로의 통전 상태가 피드백 제어된다(온도 조정). 또한 회전 기구(267)에 의한 웨이퍼(200)의 회전을 시작한다. 처리실(201) 내의 배기, 웨이퍼(200)의 가열 및 회전은, 모두 적어도 웨이퍼(200)에 대한 처리가 종료할 때까지의 동안에는 계속해서 수행된다.

[0047] (성막 처리)

[0048] 그 후, 스텝A 내지 C를 이 순서대로 실행하여, 웨이퍼(200) 상에의 성막 처리를 수행한다. 본 명세서에서는, 웨이퍼(200)의 표면에 설치된 요부 내로의 성막 처리를, 매립 처리라고도 부른다. 이하, 이들의 각 스텝에 대해서 설명한다.

[0049] [스텝A(비유동성 막 형성)]

[0050] 스텝A에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200), 즉 표면에 요부가 설치되고 O 함유막이 노출된 웨이퍼(200)에 대하여, 제1 반응물(제1 원료, 제1 반응체)을 공급하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 표면 상에 비유동성 막을 형성한다. 스텝A에서는, 제1 원료가 단독으로 존재했을 경우에 제1 원료의 물리 흡착보다도 제1 원료의 화학 흡착 또는 열 분해가 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 제1 원료와 제1 반응체를 공급한다.

[0051] 구체적으로는, 스텝A에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 원료를 공급하는 스텝A1과 웨이퍼(200)에 대하여 제1 반응체를 공급하는 스텝A2를 포함하는 사이클을 소정 횟수(m회, m은 1이상의 정수) 수행한다. 이하, 스텝A1, A2를 포함하는 스텝A에 대해서 보다 구체적으로 설명한다.

[0052] [스텝A1]

[0053] 스텝A1에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 제1 원료를 공급한다.

[0054] 구체적으로는, 밸브(243a)를 열고, 가스 공급관(232a) 내에 제1 원료를 흘린다. 제1 원료는, MFC(241a)에 의해 유량 조정되고, 노즐(249a)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급되고, 배기구(231a)를 통하여 배기된다. 이 때 웨이퍼(200)에 대하여 제1 원료가 공급된다(제1 원료 공급). 이 때 밸브(243e 내지 243g)를 열고, 노즐(249a 내지 249c)의 각각을 개재해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급해도 좋다.

[0055] 소정의 시간이 경과한 후, 밸브(243a)를 닫고, 처리실(201) 내로의 제1 원료의 공급을 정지한다. 그리고 처리실(201) 내를 진공 배기하여, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 상(狀) 물질 등을 처리실(201) 내에서 배제한다. 이 때 밸브(243e 내지 243g)를 열고, 노즐(249a 내지 249c)을 개재해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급한다. 노즐(249a 내지 249c)을 통하여 공급되는 불활성 가스는 퍼지 가스로서 작용하고, 이에 의해 웨이퍼(200)가 존재하는 공간, 즉 처리실(201) 내가 퍼지된다(퍼지).

[0056] 제1 원료로서는, 예컨대 웨이퍼(200)의 표면 상에 형성되는 비유동성 막을 구성하는 주 원소로서의 실리콘(Si)을 포함하는 실란계 가스를 이용할 수 있다. 실란계 가스로서는, 예컨대 Si 및 할로겐을 함유하는 가스, 즉 할로실란계 가스를 이용할 수 있다. 할로겐에는, 염소(Cl), 불소(F), 브롬(Br), 요오드(I) 등이 포함된다. 즉 할로실란계 가스는, 클로로실란계 가스, 플루오로실란계 가스, 브로모실란계 가스, 요오드실란계 가스 등을 포함한다. 할로실란계 가스로서는, 예컨대 실리콘, 탄소(C) 및 할로겐을 함유하는 가스, 즉 유기 할로실란계 가스를 이용할 수 있다. 유기 할로실란계 가스로서는, 예컨대 Si, C 및 Cl을 포함하는 가스, 즉 유기 클로로실란계 가스를 이용할 수 있다.

[0057] 제1 원료로서는, 예컨대 모노실란(SiH_4, 약칭:MS) 가스, 디실란(Si_2H_6, 약칭:DS) 가스 등의 C 및 할로겐 비함유의 실란계 가스나, 디클로로실란(SiH_2Cl_2, 약칭:DCS) 가스, 헥사클로로디실란(Si_2Cl_6, 약칭:HCDS) 가스 등의 C비함유의 할로실란계 가스나, 트리메틸실란($SiH(CH_3)_3$, 약칭:TMS) 가스, 디메틸실란($SiH_2(CH_3)_2$, 약칭:DMS) 가스, 트리에틸실란($SiH(C_2H_5)_3$, 약칭:TES) 가스, 디에틸실란($SiH_2(C_2H_5)_2$, 약칭:DES) 가스 등의 알킬실란계 가스나, 비스(트리클로로실릴)메탄($(SiCl_3)_2CH_2$,, 약칭:BTCSM) 가스, 1, 2-비스(트리클로로실릴)에탄($(SiCl_3)_2C_2H_4$, 약칭:BTCSE) 가스 등의 알킬렌할로실란계 가스나, 트리메틸클로로실란($SiCl(CH_3)_3$, 약칭:TMCS) 가스, 디메틸디클로

로실란($SiCl_2(CH_3)_2$, 약칭:DMDCS) 가스, 트리에틸클로로실란($SiCl(C_2H_5)_3$, 약칭:TECS) 가스, 디에틸디클로로실란($SiCl_2(C_2H_5)_2$, 약칭:DEDCS) 가스, 1, 1, 2, 2-테트라클로로-1, 2- 디메틸디실란($(CH_3)_2Si_2Cl_4$, 약칭:TCDMDS) 가스, 1, 2-디클로로-1, 1, 2, 2-테트라메틸디실란($(CH_3)_4Si_2Cl_2$, 약칭:DCTMDS) 가스 등의 알킬할로실란계 가스를 이용할 수 있다. 또한 제1 원료로서는, 예컨대 (디메틸아미노)트리메틸실란($(CH_3)_2NSi(CH_3)_3$, 약칭:DMATMS) 가스, (디에틸아미노)트리에틸실란)$(C_2H_5)_2NSi(C_2H_5)_3$, 약칭:DEATES) 가스, (디메틸아미노)트리에틸실란($(CH_3)_2NSi(C_2H_5)_3$, 약칭:DMATES) 가스, (디에틸아미노)트리메틸실란($(C_2H_5)_2NSi(CH_3)_3$, 약칭:DEATMS) 가스, (트리메틸실릴)아민($(CH_3)_3SiNH_2$, 약칭:TMSA) 가스, (트리에틸실릴)아민($(C_2H_5)_3SiNH_2$, 약칭:TESA), (디메틸아미노)실란($(CH_3)_2NSiH_3$, 약칭:DMAS) 가스, (디에틸아미노)실란($(C_2H_5)_2NSiH_3$, 약칭:DEAS) 가스 등의 알킬아미노실란계 가스를 이용할 수 있다. 제1 원료로서는, 이들의 실리콘 함유 원료 가운데 1 이상을 이용할 수 있다.

[0058] 또한 이들의 제1 원료의 일부는 아미노기 비함유이며 할로겐을 함유한다. 또한 이들의 제1 원료의 일부는 실리콘과 실리콘의 화학 결합(Si-Si결합)을 함유한다. 또한 이들의 제1 원료의 일부는 실리콘 및 할로겐을 함유하거나 또는 실리콘, 할로겐 및 탄소를 함유한다. 또한 이들의 제1 원료의 일부는 알킬기와 할로겐을 함유한다.

[0059] 불활성 가스로서는, 질소(N_2) 가스나, 아르곤(Ar) 가스, 헬륨(He) 가스, 네온(Ne) 가스, 크세논(Xe) 가스 등의 희가스를 이용할 수 있다. 이 점은, 후술하는 각 스텝에 있어서도 마찬가지이다. 불활성 가스로서는, 이들 가운데 1 이상을 이용할 수 있다.

[0060] [스텝A2]

[0061] 스텝A2에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 제1 반응체를 공급한다.

[0062] 구체적으로는, 밸브(243b)를 열고, 가스 공급관(232b) 내에 제1 반응체를 흘린다. 제1 반응체는, MFC(241b)에 의해 유량 조정되고, 노즐(249b)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급되고, 배기구(231a)를 통하여 배기된다. 이 때 웨이퍼(200)에 대하여 제1 반응체가 공급된다(제1 반응체 공급). 이 때 밸브(243e 내지 243g)를 열고, 노즐(249a 내지 249c)의 각각을 개재해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 좋다.

[0063] 소정의 시간이 경과한 후, 밸브(243b)를 닫고, 처리실(201) 내로의 제1 반응체의 공급을 정지한다. 그리고 스텝A1에서의 퍼지와 같은 처리 순서에 의해, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 상 물질 등을 처리실(201) 내에서 배제한다.

[0064] 제1 반응체로서는, 예컨대 질소(N) 및 수소(H) 함유 가스를 이용할 수 있다. N 및 H 함유 가스로서는, 예컨대 암모니아(NH_3) 가스 등의 질화수소계 가스나, 모노에틸아민($C_2H_5NH_2$, 약칭:MEA) 가스, 디에틸아민($(C_2H_5)_2NH$, 약칭:DEA) 가스, 트리에틸아민($(C_2H_5)_3N$, 약칭:TEA) 가스 등의 에틸아민계 가스나, 모노메틸아민(CH_3NH_2, 약칭:MMA) 가스, 디메틸아민($(CH_3)_2NH$, 약칭: DMA) 가스, 트리메틸아민($(CH_3)_3N$, 약칭: TMA) 가스 등의 메틸아민계 가스나, 피리딘(C_5H_5N) 가스, 피페라진($C_4H_{10}N_2$) 가스 등의 환 형상 아민계 가스나, 모노메틸히드라진($(CH_3)HN_2H_2$, 약칭:MMH) 가스, 디메틸히드라진($(CH_3)_2N_2H_2$, 약칭:DMH) 가스, 트리메틸히드라진($(CH_3)_2N_2(CH_3)H$, 약칭:TMH) 가스 등의 유기 히드라진계 가스를 이용할 수 있다. 또한 아민계 가스나 유기 히드라진계 가스는, C, N 및 H에 의해 구성되는 것이므로, 이들의 가스를 C, N 및 H 함유 가스라고 부를 수도 있다. 전술한 알킬기를 포함하는 아민계 가스를 알킬 아민계 가스라고 부를 수도 있다. C, N 및 H 함유 가스의 대신에, 에틸렌(C_2H_4) 가스, 아세틸렌(C_2H_2) 가스, 프로필렌(C_3H_6) 등의 C 함유 가스(C 및 H 함유 가스) 및 NH_3가스 등의 N함유 가스(N 및 H 함유 가스)를 동시 또는 비동시에 공급하도록 해도 좋다. 제1 반응체로서는, 이들의 N 및 H 함유 반응체 또는 C, N 및 H 함유 반응체 가운데 1 이상을 이용할 수 있다.

[0065] [소정 횟수 실시]

[0066] 전술한 스텝A1 및 스텝A2을 비 동시에 즉 동기시키지 않고 수행하는 사이클을 소정 횟수(m회, m은 1이상의 정수) 수행한다. 이 때 제1 원료가 단독으로 존재했을 경우에 제1 원료의 물리 흡착보다도 제1 원료의 화학 흡착 또는 열 분해가 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 전술한 사이클을 소정 횟수 수행한다.

[0067] 스텝A1에 있어서 제1 원료를 공급할 때의 처리 조건으로서는, 처리 온도(제1 온도): 350 ℃ 내지 700 ℃, 보다 바람직하게는 450 ℃ 내지 650 ℃, 처리 압력: 1 Pa 내지 2666 Pa, 바람직하게는 67 Pa 내지 1333 Pa, 제1 원

료 공급 유량: 0.001 slm 내지 2 slm, 바람직하게는 0.01 slm 내지 1 slm, 제1 원료 공급 시간: 1초 내지 120초, 바람직하게는 1초 내지 60초, 불활성 가스 공급 유량(가스 공급관마다): 0 slm 내지 20 slm, 바람직하게는 0.01 slm 내지 10 slm이 예시된다.

[0068] 본 명세서에서 「350 ℃ 내지 700 ℃」와 같은 수치 범위의 표기는, 하한값 및 상한치가 그 범위에 포함되는 것을 의미한다. 따라서 예컨대 「350 ℃ 내지 700 ℃」는 「350 ℃ 이상 700 ℃ 이하」를 의미한다. 다른 수치 범위에 대해서도 마찬가지이다. 또한 본 명세서에서 처리 온도는 웨이퍼(200)의 온도 또는 처리실(201) 내의 온도를 의미하고, 처리 압력은 처리실(201) 내의 압력을 의미한다. 또한 가스 공급 유량이 0 slm이라는 것은, 그 가스를 공급하지 않는 케이스를 의미한다. 이러한 점들은, 이하의 설명에 있어서도 마찬가지이다.

[0069] 스텝A2에 있어서 제1 반응체를 공급할 때의 처리 조건으로서는, 처리 압력: 1 Pa 내지 4000 Pa, 바람직하게는 1 Pa 내지 3000 Pa, 제1 반응체 공급 유량: 0.001 slm 내지 20 slm, 바람직하게는 1 slm 내지 10 slm, 제1 반응체 공급 시간: 1초 내지 120초, 바람직하게는 1초 내지 60초가 예시된다. 다른 처리 조건은, 제1 원료를 공급할 때의 처리 조건과 동일하게 할 수 있다.

[0070] 전술한 처리 조건 하에서 스텝A1에서 제1 원료를 공급하는 것에 의해, 스텝A1에서는, 제1 원료의 분자의 분자 구조의 일부를, 웨이퍼(200)의 표면과 요부 내의 표면, 즉 O 함유막의 표면에 흡착시킬 수 있다. 또한 전술한 처리 조건 하에서 스텝A2에서 제1 반응체를 공급하는 것에 의해, 스텝A2에서는, O 함유막의 표면에 흡착시킨 제1 원료의 분자의 분자 구조의 일부를 제1 반응체와 반응시켜서 비유동성 층을 형성할 수 있다. 비유동성 층은, 웨이퍼(200)의 표면과 요부 내의 표면에 컨포멀(conformal)하게 형성되고, 높은 스텝 커버리지를 가지는 층이 된다. 그리고 전술한 처리 조건 하에서 전술한 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 표면과 요부 내의 표면, 즉 O 함유막의 표면에 소정 두께의 비유동성 막이 형성된다.

[0071] 전술한 사이클은, 복수 회 반복하는 것이 바람직하다. 즉 1사이클당 형성되는 비유동성 층의 두께를 원하는 두께보다도 얇게 하고, 비유동성 층을 적층하는 것에 의해 형성되는 비유동성 막의 두께가 원하는 두께가 될때까지, 전술한 사이클을 복수 회 반복하는 것이 바람직하다. 또한 비유동성 막의 두께는, 후술하는 유동성 막의 두께 이하로 하거나 또는 후술하는 유동성 막의 두께보다도 얇게 하는 것이 바람직하다. 비유동성 막의 두께는, 예컨대 0.2nm 이상 10nm 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0072] 전술에서 예시한 각종 제1 원료, 각종 제1 반응체를 이용하는 경우, 비유동성 막으로서 예컨대 실리콘 질화막(SiN막) 등의 Si 및 N 함유막이나, 실리콘 탄질화막(SiCN막) 등의 Si, C 및 N 함유막을 형성할 수 있다. 전술한 각종 제1 원료, 각종 제1 반응체는 모두 O 비함유이므로, 비유동성 막은 O 비함유막이 된다. 또한 비유동성 막은, 성막의 하지가 되는 O 함유막보다도 친수성이 낮은 막이 된다. 성막의 하지가 되는 O 함유막이 친수성 막일 경우, 비유동성 막을 비친수성 막(소수성 막)로 하는 것이 바람직하다.

[0073] [스텝B(유동성 막 형성)]

[0074] 웨이퍼(200)의 표면 상에 비유동성 막이 형성된 후, 웨이퍼(200)의 온도를 전술한 제1 온도보다도 낮은 제2 온도에 변경시키도록, 히터(207)의 출력을 조정한다(강온). 그리고 웨이퍼(200)의 온도가 제2 온도로 되어 안정된 상태에서, 스텝B를 수행한다.

[0075] 스텝B에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응물(제2 원료, 제2 반응체, 제3 반응체)을 공급하는 것에 의해, 스텝A를 수행하는 것에 의해 형성된 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성한다. 스텝B에서는, 제2 원료가 단독으로 존재했을 경우에 제2 원료가 열 분해하지 않고 제2 원료의 화학 흡착보다도 제2 원료의 물리 흡착이 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 제2 원료와 제2 반응체와 제3 반응체를 공급한다.

[0076] 구체적으로는, 스텝B에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제2 원료를 공급하는 스텝B1과, 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응체를 공급하는 스텝B2와, 웨이퍼(200)에 대하여 제3 반응체를 공급하는 스텝B3를 포함하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1이상의 정수) 수행한다. 이하, 스텝B1 내지 B3를 포함하는 스텝B에 대해서 보다 구체적으로 설명한다.

[0077] [스텝B1]

[0078] 스텝B1에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 제2 원료를 공급한다.

[0079] 구체적으로는, 밸브(243a)를 열고, 가스 공급관(232a) 내에 제2 원료를 흘린다. 제2 원료는, MFC(241a)에 의해 유량 조정되고, 노즐(249a)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급되어, 배기구(231a)를 통하여 배기된다. 이 때 웨이퍼(200)에 대하여 제2 원료가 공급된다(제2 원료 공급). 이 때 밸브(243e 내지 243g)를 열고, 노즐(249a 내지

249c)의 각각을 개재해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 좋다.

[0080] 소정의 시간이 경과한 후, 밸브(243a)를 닫고, 처리실(201) 내로의 제2 원료의 공급을 정지한다. 그리고 스텝A1에서의 퍼지와 같은 처리 순서에 의해, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 상 물질 등을 처리실(201) 내에서 배제한다.

[0081] 제2 원료로서는, 예컨대 웨이퍼(200)의 표면 상에 형성되는 유동성 막을 구성하는 주 원소로서의 Si를 포함하는 실란계 가스를 이용할 수 있다. 실란계 가스로서는, 예컨대 Si 및 할로겐을 함유하는 가스, 즉 할로실란계 가스를 이용할 수 있다. 할로겐에는, Cl, F, Br, I 등이 포함된다. 즉 할로실란계 가스는, 클로로실란계 가스, 플루오로실란계 가스, 브로모실란계 가스, 요오드실란계 가스 등을 포함한다. 할로실란계 가스로서는, 예컨대 실리콘, 탄소 및 할로겐을 함유하는 가스, 즉 유기 할로실란계 가스를 이용할 수 있다. 유기 할로실란계 가스로서는, 예컨대 Si, C 및 Cl을 포함하는 가스, 즉 유기 클로로실란계 가스를 이용할 수 있다.

[0082] 제2 원료로서는, 예컨대 MS 가스, DS 가스 등의 C 및 할로겐 비함유의 실란계 가스나, DCS 가스, HCDS 가스 등의 C 비함유의 할로실란계 가스나, TMS 가스, DMS 가스, TES 가스, DES 가스 등의 알킬실란계 가스나, BTCSM 가스, BTCSE 가스 등의 알킬렌할로실란계 가스나, TMCS 가스, DMDCS 가스, TECS 가스, DEDCS 가스, TCDMDS 가스, DCTMDS 가스 등의 알킬할로실란계 가스를 이용할 수 있다. 제2 원료로서는, 이들의 실리콘 함유 원료 가운데 1 이상을 이용할 수 있다. 제2 원료로서는, 제1 원료와 분자 구조가 동일한 원료를 이용할 수 있다.

[0083] 또한 이들의 제2 원료의 일부는 아미노기 비함유이며 할로겐을 함유한다. 또한 이들의 제2 원료의 일부는 Si-Si 결합을 함유한다. 또한 이들의 제2 원료의 일부는, 실리콘 및 할로겐을 함유하거나 또는 실리콘, 할로겐 및 탄소를 함유한다. 또한 이들의 제2 원료의 일부는 알킬기와 할로겐을 함유한다.

[0084] [스텝B2]

[0085] 스텝B2에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응체를 공급한다.

[0086] 구체적으로는, 밸브(243c)를 열고, 가스 공급관(232c) 내에 제2 반응체를 흘린다. 제2 반응체는, MFC(241c)에 의해 유량 조정되고, 노즐(249c)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급되어, 배기구(231a)를 통하여 배기된다. 이 때 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응체가 공급된다(제2 반응체 공급). 이 때 밸브(243e 내지 243g)를 열고, 노즐(249a 내지 249c)의 각각을 개재해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 좋다.

[0087] 소정의 시간이 경과한 후, 밸브(243c)를 닫고, 처리실(201) 내로의 제2 반응체의 공급을 정지한다. 그리고 스텝A1에서의 퍼지와 같은 처리 순서에 의해, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 등을 처리실(201) 내에서 배제한다.

[0088] 제2 반응체로서는, 예컨대 N 및 H 함유 가스를 이용할 수 있다. N 및 H 함유 가스로서는, 예컨대 NH_3 가스 등의 질화수소계 가스나, MEA 가스, DEA 가스, TEA 가스 등의 에틸아민계 가스나, MMA 가스, DMA 가스, TMA 가스 등의 메틸아민계 가스나, C_5H_5N 가스, $C_4H_{10}N_2$ 가스 등의 환 형상 아민계 가스나, MMH 가스, DMH 가스, TMH 가스 등의 유기 히드라진계 가스를 이용할 수 있다. 전술한 바와 같이, 이들의 가스를 C, N 및 H 함유 가스라고 부를 수도 있다. 전술한 알킬기를 포함하는 아민계 가스를 알킬아민계 가스라고 부를 수도 있다. C, N 및 H 함유 가스의 대신에, C_2H_4 가스, C_2H_2 가스, C_3H_6 등의 C 함유 가스(C 및 H 함유 가스)와 NH_3 가스 등의 N 함유 가스(N 및 H 함유 가스)를 동시 또는 비동시에 공급하도록 해도 좋다. 제2 반응체로서는, 이들의 N 및 H 함유 반응체 또는 C, N 및 H 함유 반응체 가운데 1 이상을 이용할 수 있다. 제2 반응체로서는 제1 반응체와 분자 구조가 동일한 반응체를 이용할 수 있다.

[0089] [스텝B3]

[0090] 스텝B3에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 제3 반응체를 공급한다.

[0091] 구체적으로는, 밸브(243d)를 열고, 가스 공급관(232d) 내에 제3 반응체를 흘린다. 제3 반응체는, MFC(241d)에 의해 유량 조정되고, 가스 공급관(232b), 노즐(249b)을 개재해서 처리실(201) 내에 공급되고, 배기구(231a)를 통하여 배기된다. 이 때 웨이퍼(200)에 대하여 제3 반응체가 공급된다(제3 반응체 공급). 이 때 밸브(243e 내지 243g)를 열고, 노즐(249a 내지 249c)의 각각을 개재해서 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급하도록 해도 좋다.

[0092] 소정의 시간이 경과한 후, 밸브(243d)를 닫고, 처리실(201) 내로의 제3 반응체의 공급을 정지한다. 그리고 스텝A1에서의 퍼지와 같은 처리 순서에 의해, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 등을 처리실(201) 내에서 배제한다.

[0093] 제3 반응체로서는, 예컨대 N 및 H 함유 가스를 이용할 수 있다. N 및 H 함유 가스로서는, 예컨대 NH_3 가스 등의 질화수소계 가스나, MEA 가스, DEA 가스, TEA 가스 등의 에틸아민계 가스나, MMA 가스, DMA 가스, TMA 가스 등의 메틸아민계 가스나, C_5H_5N 가스, $C_4H_{10}N_2$ 가스 등의 환 형상 아민계 가스나, MMH 가스, DMH 가스, TMH 가스 등의 유기 히드라진계 가스를 이용할 수 있다. 전술한 바와 같이, 이들의 가스를 C, N 및 H 함유 가스라고 부를 수도 있다. 전술한 알킬기를 포함하는 아민계 가스를 알킬아민계 가스라고 부를 수도 있다. C, N 및 H 함유 가스의 대신에 C_2H_4 가스, C_2H_2 가스, C_3H_6 등의 C 함유 가스(C 및 H 함유 가스)와 NH_3 가스 등의 N 함유 가스(N 및 H 함유 가스)를 동시 또는 비동시에 공급하도록 해도 좋다. 제3 반응체로서는, 이들의 N 및 H 함유 반응체 또는 C, N 및 H 함유 반응체 가운데 1 이상을 이용할 수 있다. 제3 반응체로서는, 제1 반응체와 분자 구조가 동일한 반응체를 이용할 수 있다.

[0094] [소정 횟수 실시]

[0095] 전술한 스텝B1 내지 B3을 비동시에 즉 동기시키지 않고 수행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1이상의 정수) 수행한다. 이 때 제2 원료가 단독으로 존재했을 경우에 제2 원료가 열분해하지 않고 제2 원료의 화학 흡착보다도 제2 원료의 물리 흡착이 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 전술한 사이클을 소정 횟수 수행한다.

[0096] 스텝B1에 있어서 제2 원료를 공급할 때의 처리 조건으로서는, 처리 온도(제2 온도): 0 ℃ 내지 150 ℃, 바람직하게는 10 ℃ 내지 100 ℃, 보다 바람직하게는 20 ℃ 내지 60 ℃, 처리 압력:10 Pa 내지 6000 Pa, 바람직하게는 50 Pa 내지 2000 Pa, 제2 원료 공급 유량: 0.01 slm 내지 1 slm, 제2 원료 공급 시간: 1초 내지 300초, 불활성 가스 공급 유량(가스 공급관마다): 0 slm 내지 20 slm, 바람직하게는 0.01 slm 내지 10 slm이 예시된다.

[0097] 스텝B2에 있어서 제2 반응체를 공급할 때의 처리 조건으로서는, 제2 반응체 공급 유량: 0.01 slm 내지 5 slm, 제2 반응체 공급 시간: 1초 내지 300초가 예시된다. 다른 처리 조건은, 제2 원료를 공급할 때의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0098] 스텝B3에 있어서 제3 반응체를 공급할 때의 처리 조건으로서는, 제3 반응체 공급 유량: 0.01 slm 내지 5slm, 제3 반응체 공급 시간: 1초 내지 300초가 예시된다. 다른 처리 조건은, 제2 원료를 공급할 때의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0099] 전술한 처리 조건 하에서 전술한 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해, 제2 원료, 제2 반응체, 제3 반응체 가운데 적어도 어느 하나에 포함되는 원소를 포함하는 올리고머를 생성하고 성장시키고 유동시켜서, 웨이퍼(200)의 표면과 요부 내에 형성된 비유동성 막 위에, 유동성 막으로서 올리고머 함유막을 형성하고, 요부 내를 유동성 막에 의해 매립할 수 있다. 또한 올리고머는, 비교적 소량(예컨대 10개 내지 100개)의 모노머(단량체)가 결합한 비교적 분자량이 낮은(예컨대 분자량이 10000 이하의) 중합체를 말한다. 전술에서 예시한 제2 원료, 제2 반응체, 제3 반응체를 이용하는 경우, 비유동성 막은, 예컨대 Si, Cl, N 등의 각종 원소나, CH_3이나 C_2H_5와 같은 C_xH_{2x+1}(x는 1 내지 3의 정수)의 화학식으로 도시되는 물질을 포함하는 막이 된다.

[0100] 또한 스텝B1 내지 B3을 포함하는 사이클을 전술한 처리 조건 하에서 수행하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 표면과 요부 내에 형성되는 올리고머의 성장이나 유동을 촉진시키면서, 올리고머의 표층이나 올리고머의 내부에 포함되는 잉여 성분, 예컨대 잉여 가스나 Cl 등을 포함하는 불순물이나 반응 부생성물(이하, 단순히 부생성물과도 부른다) 등을 제거하고 배출시키는 것이 가능해진다.

[0101] 또한 전술한 처리 온도를 0 ℃ 미만으로 하면, 처리실(201) 내에 공급된 제2 원료가 액화하기 쉬워져서, 제2 원료를 기체 상태에서 웨이퍼(200)에 대하여 공급하는 것이 어려울 수도 있다. 이 경우, 전술한 유동성 막을 형성하는 반응이 진행하기 어려워질 수 있어서, 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 것이 어려울 수도 있다. 처리 온도를 0 ℃ 이상으로 하는 것에 의해, 이 과제를 해소하는 것이 가능해진다. 처리 온도를 10 ℃ 이상으로 하는 것에 의해, 이 과제를 충분히 해소하는 것이 가능해지고, 처리 온도를 20 ℃ 이상으로 하는 것에 의해, 이 과제를 보다 충분히 해소하는 것이 가능해진다.

[0102] 또한 처리 온도를 150 ℃ 보다도 높은 온도로 하면, 전술한 유동성 막을 형성하는 반응이 진행하기 어려울 수도 있다. 이 경우, 비유동성 막 상에 생성된 올리고머가 성장하는 것 보다도 탈리하는 양이 지배적으로 되고, 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하는 것이 어려울 수도 있다. 처리 온도를 150 ℃ 이하로 하는 것에 의해, 이 과제를 해소하는 것이 가능해진다. 처리 온도를 100 ℃ 이하로 하는 것에 의해, 이 과제를 충분히 해소하는 것이 가능해지고, 처리 온도를 60 ℃ 이하로 하는 것에 의해, 이 과제를 보다 충분히 해소하는 것이 가능해진다.

[0103] 이로부터, 처리 온도는, 0 ℃ 이상 150 ℃ 이하, 바람직하게는 10 ℃ 이상 100 ℃ 이하, 보다 바람직하게는 20 ℃ 이상 60 ℃ 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0104] [스텝C(PT)]

[0105] 비유동성 막 상에 유동성 막이 형성된 후, 웨이퍼(200)의 온도를 전술한 제2 온도 이상의 제3 온도로 변경시키도록, 바람직하게는, 전술한 제2 온도보다도 높은 제3 온도로 변경시키도록, 히터(207)의 출력을 조정한다(승온). 그리고 웨이퍼(200)의 온도가 제3 온도로 되어 안정된 상태에서, 스텝C를 수행한다.

[0106] 스텝C에서는, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 불활성 가스를 공급한다. 구체적으로는, 밸브(243e 내지 243g)를 열고, 가스 공급관(232e 내지 232g) 내에 불활성 가스를 흘린다. 불활성 가스는, MFC(241e 내지 241g)에 의해 유량 조정되고, 노즐(249a 내지 249c)를 개재해서 처리실(201) 내에 공급되고, 배기구(231a)를 통하여 배기된다. 이 때 웨이퍼(200)에 대하여 불활성 가스가 공급된다.

[0107] 스텝C에 있어서의 처리 조건으로서는, 처리 온도(제3 온도): 100 ℃ 내지 1000 ℃, 바람직하게는 200 ℃ 내지 600 ℃, 처리 압력: 10 Pa 내지 80000 Pa, 바람직하게는 200 Pa 내지 6000 Pa, 불활성 가스 공급 유량(가스 공급관마다): 0.01 slm 내지 2slm, 불활성 가스 공급 시간: 300초 내지 10800초가 예시된다.

[0108] 전술한 처리 조건 하에서 스텝C를 수행하는 것에 의해, 비유동성 막 상에 형성된 유동성 막을 개질시킬 수 있다. 이에 의해 비유동성 막이 표면에 형성된 요부 내를 매립하도록, 유동성 막이 개질되는 막으로서, SiN막 등의 Si 및 N 함유막이나, SiCN막 등의 Si, C 및 N 함유막을 형성하는 것이 가능해진다. 또한 유동성 막의 유동을 촉진시키면서 유동성 막에 포함되는 잉여 성분을 배출시켜서, 유동성 막을 치밀화시키는 것이 가능해진다. 또한 스텝C에 있어서의 처리 온도(제3 온도)를 스텝A에 있어서의 처리 온도(제1 온도)보다도 높은 온도로 하는 것에 의해, 유동성 막을 개질시킬뿐만 아니라, 그 하지인 비유동성 막을 개질시키는 것도 가능해진다. 즉 비유동성 막에 포함되는 잉여 성분을 배출시켜, 비유동성 막을 치밀화시키는 것이 가능해진다.

[0109] (애프터 퍼지 및 대기압 복귀)

[0110] 스텝C가 종료한 후, 노즐(249a 내지 249c)의 각각으로부터 퍼지 가스로서의 불활성 가스를 처리실(201) 내에 공급하고, 배기구(231a)를 통하여 배기한다. 이에 의해 처리실(201) 내가 퍼지되어, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스나 반응 부생성물이 처리실(201) 내에서 제거된다(애프터 퍼지). 그 후, 처리실(201) 내의 분위기가 불활성 가스에 치환되고(불활성 가스 치환), 처리실(201) 내의 압력이 상압에 복귀된다(대기압 복귀).

[0111] (보트 언로드 및 웨이퍼 디스차지)

[0112] 그 후, 보트 엘리베이터(115)에 의해 씰 캡(219)이 하강되어, 매니폴드(209)의 하단이 개구된다. 그리고 처리 완료된 웨이퍼(200)가 보트(217)에 지지된 상태에서 매니폴드(209)의 하단에서 반응관(203)의 외부로 반출(보트 언로드)된다. 보트 언로드 후, 셔터(219s)를 이동시키고, 매니폴드(209)의 하단 개구가 O링(220c)을 개재해서 셔터(219s)에 의해 밀봉된다(셔터 클로즈). 처리 완료된 웨이퍼(200)는, 반응관(203)의 외부에 반출된 후, 보트(217)로부터 취출된다(웨이퍼 디스차지).

[0113] (3) 본 형태에 의한 효과

[0114] 본 형태에 의하면, 이하에 나타내는 1개 또는 복수의 효과를 얻을 수 있다.

[0115] (a)스텝A, B를 이 순서대로 수행하여, 표면에 요부가 설치되고 O 함유막이 노출된 웨이퍼(200)의 표면 상에 유동성 막을 형성하기 전에, 유동성 막 형성 때보다도 높은 온도 하에서 비유동성 막을 형성하는 것에 의해, 성막 처리의 하지가 되는 O 함유막의 표면 상태의 영향을 막을 수 있다. 이에 의해 웨이퍼(200)의 표면 상에의 막의 이상 성장, 성막 불량의 발생을 억제하면서, 웨이퍼(200)의 표면 상에 유동성 막을 적절하게 형성하는 것이 가능해진다. 결과적으로 매립 특성을 향상시킬 수 있고, 고품질의 막에 의한 보이드-프리(void-free) 및 심리스(seamless) 매립이 가능해진다.

[0116] 또한 전술한 이상 성장은, 웨이퍼(200) 상에 형성하고자 하는 막이, 성막 처리의 하지가 되는 O 함유막의 표면 상태의 영향, 즉 O 함유막의 표면에 있어서의 OH(수산기) 종단의 영향을 받아, 소위 액적상(液滴狀)(아일랜드상)으로 성장하는 것을 말한다. 이상 성장은, 웨이퍼(200) 상에 형성하고자 하는 막의 웨이퍼 면내 막 두께 균일성을 저하시킬 경우가 있다. 또한 이상 성장은, 웨이퍼(200) 상에 있어서의 컨포멀한 성막을 저해하고, 요부 내로의 매립 등을 방해하는 경우가 있다. 또한 이상 성장은, 웨이퍼(200) 상에 형성하고자 하는 막의 표면 러프니스(평탄성)를 악화되게 할 경우가 있다. 또한 이상 성장은, 처리실(201) 내에 있어서의 파티클의 발생 요인이

될 경우가 있다.

[0117] (b)비유동성 막의 두께를, 유동성 막의 두께 이하로 하거나 또는 유동성 막의 두께보다도 얇게 하는 것에 의해, 유동성 막의 유동성을 유지하면서 비유동성 막의 막 박리의 발생을 억제하는 것이 가능해진다.

[0118] 또한 비유동성 막의 두께를 0.2nm 미만으로 하면, 유동성 막을 형성하는 처리가 성막 처리의 하지가 되는 O 함유막의 표면 상태의 영향을 받을 수 있다. 즉 비유동성 막의 두께를 지나치게 얇게 하면, 비유동성 막에 의한 O 함유막의 표면 상태의 영향의 블록 효과가 불충분하게 될 수 있다. 이 경우, 웨이퍼(200)의 표면 상에서의 막의 이상 성장, 즉 성막 불량이 발생할 수 있다.

[0119] 이에 대하여, 비유동성 막의 두께를 0.2nm 이상으로 하는 것에 의해, 유동성 막을 형성하는 처리에의 O 함유막의 표면 상태의 영향을 충분히 막을 수 있다. 즉 비유동성 막에 적당한 두께를 갖게 하는 것에 의해, 비유동성 막에 의한 O 함유막의 표면 상태의 영향의 블록 효과를 충분히 발휘시킬 수 있다. 이에 의해 웨이퍼(200)의 표면 상에서의 막의 이상 성장, 즉 성막 불량의 발생을 충분히 억제하는 것이 가능해진다.

[0120] 또한 비유동성 막의 두께를 0.5nm 이상으로 하는 것에 의해, 비유동성 막에 의한 O 함유막의 표면 상태의 영향의 블록 효과를 더 높일 수 있고, 전술한 효과를 보다 충분히 얻을 수 있게 된다. 또한 비유동성 막의 두께를 1.5nm 이상으로 하는 것에 의해, 비유동성 막에 의한 O 함유막의 표면 상태의 영향의 블록 효과를 더 높일 수 있고, 전술한 효과를 보다 충분히 얻을 수 있게 된다.

[0121] 이상으로부터, 비유동성 막의 두께는, 0.2nm 이상, 바람직하게는 0.5nm 이상, 보다 바람직하게는 1.5nm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0122] 또한 비유동성 막의 두께를, 10nm를 초과하는 두께로 하면, 막 박리가 발생할 수 있고, 이 막 박리가 파티클 발생이나 성막 불량 발생의 요인이 될 수 있다. 즉 비유동성 막을 지나치게 두껍게 하면, 전술한 블록 효과는 높아지지만, 막 박리에 기인하는 성막에의 악영향이 발생할 수 있다.

[0123] 이에 대하여, 비유동성 막의 두께를 10nm 이하로 하는 것에 의해, 막 박리의 발생을 충분히 억제할 수 있고, 이 막 박리에 기인하는 파티클 발생이나 성막 불량 발생을 억제하는 것이 가능해진다. 즉 비유동성 막에 적당한 두께를 갖게 하는 것에 의해, 막 박리의 발생을 충분히 억제할 수 있고, 이에 기인하는 성막으로의 악영향을 발생시키지 않도록 하는 것이 가능해진다.

[0124] 또한 비유동성 막의 두께를 5nm 이하로 하는 것에 의해, 막 박리의 발생의 억제 효과를 보다 높일 수 있고, 전술한 효과를 보다 충분히 얻을 수 있게 된다. 또한 비유동성 막의 두께를 3nm 이하로 하는 것에 의해, 막 박리의 발생의 억제 효과를 보다 높일 수 있고, 전술한 효과를 보다 충분히 얻을 수 있게 된다.

[0125] 이상으로부터, 비유동성 막의 두께는, 10nm 이하, 바람직하게는 5nm 이하, 보다 바람직하게는 3nm 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0126] 이들을 고려하면, 비유동성 막의 두께는, 예컨대 0.2nm 이상 10nm 이하, 바람직하게는 0.5nm 이상 5nm 이하, 보다 바람직하게는 1.5nm 이상 3nm 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0127] (c)성막의 하지가 되는 O 함유막이 Si 및 O 함유막일 경우, 이 막은 표면에 많은 OH(수산기) 종단을 포함하는 막이 되고, 전술한 효과를 특히 현저히 얻을 수 있게 된다.

[0128] (d)웨이퍼(200) 상에 형성하고자 하는 비유동성 막이 O 비함유막일 경우, 전술한 효과를 특히 현저히 얻을 수 있게 된다. 예컨대 웨이퍼(200) 상에 형성하고자 하는 비유동성 막이, Si 및 N 함유막이나 Si, C 및 N 함유막일 경우, 전술한 효과를 특히 현저히 얻을 수 있게 된다.

[0129] (e)웨이퍼(200) 상에 형성하고자 하는 비유동성 막이 성막의 하지가 되는 O 함유막보다도 친수성이 낮은 막일 경우, 전술한 효과를 특히 현저히 얻을 수 있게 된다. 또한 성막의 하지가 되는 O 함유막이 친수성 막이며 그 위에 형성하고자 하는 비유동성 막이 비친수성 막(소수성 막)일 경우, 전술한 효과를 특히 현저히 얻을 수 있게 된다.

[0130] (f)스텝A에서는, 제1 원료가 단독으로 존재했을 경우에 제1 원료의 물리 흡착보다도 제1 원료의 화학 흡착 또는 열 분해가 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 원료와 제1 반응체를 공급하는 것에 의해, 웨이퍼(200) 상에 비유동성 막을 효율적으로 형성하는 것이 가능해진다.

[0131] (g)스텝A에서는, 스텝A1, A2을 포함하는 사이클을 소정 횟수(m회, m은 1이상의 정수) 수행하는 것에 의해, 웨이

퍼(200) 상에 비유동성 막을 제어성 좋게 형성하는 것이 가능해진다. 또한 스텝A에서는, 스텝A1과 스텝A2을 비동시에 수행하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해, 웨이퍼(200) 상에, 비유동성 막을 보다 제어성 좋게 형성하는 것이 가능해진다.

[0132] 또한 스텝A에서는, 제1 원료의 분자의 분자 구조의 일부를 O 함유막의 표면에 흡착시키는 스텝A1과 O 함유막의 표면에 흡착시킨 제1 원료의 분자의 분자 구조의 일부를 제1 반응체와 반응시켜서 비유동성 층을 형성하는 스텝A2를 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해, 1사이클당 형성되는 비유동성 층이 적층되는 비유동성 막을 형성하는 것이 가능해지고, 비유동성 막을 보다 제어성 좋게 형성하는 것이 가능해진다.

[0133] (h)제1 원료 및 제1 반응체 가운데 적어도 어느 하나가 알킬기를 포함하는 것에 의해, 즉 제1 반응물이 알킬기를 포함하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 표면 상에 비유동성 막을 형성하기 위한 반응을 효율적으로 발생시키는 것이 가능해진다. 또한 제1 반응물이 알킬기를 포함하는 것에 의해, 비유동성 막에 의한 O 함유막의 표면 상태의 영향의 블록 효과를 보다 높이는 것이 가능해진다.

[0134] (i)스텝B에서는, 제2 원료가 단독으로 존재했을 경우에 제2 원료가 열 분해하지 않고 제2 원료의 화학 흡착보다도 제2 원료의 물리 흡착이 지배적으로 발생하는 조건 하에서, 웨이퍼(200)에 대하여 제2 원료와 제2 반응체와 제3 반응체를 공급하는 것에 의해, 웨이퍼(200) 상에 유동성 막을 효율적으로 형성하는 것이 가능해진다.

[0135] (j)스텝B에서는, 스텝B1 내지 B3을 포함하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1이상의 정수) 수행하는 것에 의해, 웨이퍼(200) 상에 유동성 막을 제어성 좋게 형성하는 것이 가능해진다.

[0136] (k)스텝B에서는, 제2 원료, 제2 반응체, 제3 반응체 가운데 적어도 어느 하나에 포함되는 원소를 포함하는 올리고머를 생성하고 성장시키고 유동시키는 것에 의해, 비유동성 막 상에 적절한 유동성 막을 형성하는 것이 가능해진다. 또한 스텝B에서는 올리고머를 생성하지만, 스텝A에서는 올리고머를 비생성으로 한다.

[0137] (l)스텝B에서는, 제2 반응체의 분자 구조와 제3 반응체의 분자 구조를 다르게 하는 것에 의해, 각각의 반응체에 다른 역할을 갖게 하는 것이 가능해진다. 제2 반응체로서 예컨대 아민계 가스를 이용하는 것에 의해, 이 반응체를 촉매로서 작용시켜, 스텝B1을 수행하는 것에 의해 웨이퍼(200)의 표면에 물리 흡착한 제2 원료를 액티베이트시키는 것이 가능해진다. 또한 제3 반응체로서 예컨대 질화수소계 가스를 이용하는 것에 의해, 이 반응체를 N 소스로서 작용시켜, 유동성 막에 N을 포함시키는 것이 가능해진다.

[0138] (m)스텝C에서는, 비유동성 막 상에 유동성 막이 형성된 후의 웨이퍼(200)에 대하여 제2 온도보다도 높은 제3 온도 하에서 포스트 트리트먼트를 수행하는 것에 의해, 유동성 막의 유동을 촉진시켜, 요부 내에 형성되는 막의 매립 특성을 향상시키는 것이 가능해진다.

[0139] 또한 스텝C에서는, 유동성 막의 유동을 촉진시키면서, 유동성 막에 포함되는 잉여 성분을 배출시켜, 유동성 막을 치밀화시키는 것에 의해, 요부 내에 형성되는 막의 매립 특성을 향상시키는 것이 가능해진다. 또한 요부 내를 매립하도록 형성되는 막의 불순물 농도를 저감시키고 또한 막 밀도를 높이는 것이 가능해진다. 이들에 의해, 요부 내에 형성되는 막의 웨트 에칭 내성을 향상시키는 것이 가능해진다.

[0140] 또한 스텝C에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 불활성 가스를 공급하는 것에 의해, 유동성 막의 유동을 촉진시켜서, 요부 내에 형성되는 막의 매립 특성을 향상시키는 것이 가능해진다. 또한 요부 내를 매립하도록 형성되는 막의 불순물 농도를 저감시키고 또한 막 밀도를 높이는 것이 가능해진다. 이들에 의해, 요부 내에 형성되는 막의 웨트 에칭 내성을 향상시키는 것이 가능해진다.

[0141] (n)제1 원료의 분자 구조를 제2 원료의 분자 구조와 동일하게 하고 제1 반응체의 분자 구조를 제2 반응체 및 제3 반응체의 어느 하나의 분자 구조와 동일하게 하는 것에 의해, 즉 스텝A, B에 있어서 동일한 원료, 반응체를 이용해서 비유동성 막과 유동성 막을 형성하는 것에 의해, 반응물 공급계에 있어서의 공급 라인의 개수를 적게 하는 등, 그 구조를 간소화시킬 수 있고, 장치 비용의 증가를 억제할 수 있다.

[0142] (o)제1 원료 및 제2 원료가 실리콘 함유 원료이며, 제1 반응체, 제2 반응체 및 제3 반응체가 N 및 H 함유 반응체 또는 C, N 및 H 함유 반응체일 경우, 전술한 효과를 특히 현저히 얻을 수 있게 된다.

[0143] (p)스텝A, B를 동일 처리실 내에서(in-situ로) 수행하는 것에 의해, 비유동성 막과 유동성 막을 연속적으로 형성하는 것이 가능해지고, 비유동성 막과 유동성 막과의 계면을 청정한 상태로 유지할 수 있고, 막 특성이나 전기 특성의 저하를 억제하는 것이 가능해진다. 또한 비유동성 막과 유동성 막을 다른 처리실 내에서(ex-situ로) 형성하면, 비유동성 막이 처리실 외의 분위기, 예컨대 대기에 폭로되는 것에 의해, 비유동성 막과 유동성 막과의 계면에 대기 중에 포함되는 수분이나 불순물이 도입되는 경우가 있고, 그 계면을 청정한 상태로 유지하는 것

이 어려워질 수 있다. 이 경우, 그 계면 상태에 기인해서 막 특성이나 전기 특성이 저하할 수 있다.

[0144] (q)스텝A에서는 웨이퍼(200)의 표면과 요부의 표면에 비유동성 막을 형성하고, 스텝B에서는 웨이퍼(200)의 표면과 요부 내에 형성된 비유동성 막 상에 유동성 막을 형성하고 요부 내를 유동성 막에 의해 매립하는 것에 의해, 전술한 효과를 얻을 수 있다. 결과적으로 웨이퍼(200)의 표면 상의 막의 이상 성장을 억제하면서, 매립 특성을 향상시킬 수 있고, 고품질인 막에 의한 보이드-프리 및 심리스 매립이 가능해진다.

[0145] (r)본 형태에 의하면, 일련의 처리를 논플라즈마의 분위기 하에서 수행할 수 있고, 웨이퍼(200) 등으로의 플라즈마 데미지를 방지하는 것이 가능해진다.

[0146] (s) 전술한 효과는, 스텝A, B에 있어서 전술한 각종 원료, 전술한 각종 반응체, 전술한 각종 불활성 가스를 이용하는 경우에도 마찬가지로 얻을 수 있다. 또한 전술한 효과는, 사이클에 있어서의 가스의 공급 순서를 변경하는 경우에도 마찬가지로 얻을 수 있다. 또한 전술한 효과는, 스텝C에 있어서, 전술한 각종 불활성 가스를 이용하는 경우에도 마찬가지로 얻을 수 있다.

[0147] <본 개시의 제2 형태>

[0148] 계속해서 본 개시의 제2 형태에 대해서, 주로 도 5를 참조하면서 설명한다.

[0149] 도 5나 이하에 도시하는 처리 시퀀스와 같이, 스텝B에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제2 원료를 공급하는 스텝과 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응체를 공급하는 스텝을 동시에 수행하는 스텝과, 웨이퍼(200)에 대하여 제3 반응체를 공급하는 스텝을 비동시에 수행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1이상의 정수) 수행하도록 해도 좋다.

[0150] (제1 원료→제1 반응체)×m→(제2 원료+제2 반응체→제3 반응체)×n→PT

[0151] 본 형태에 의하면, 전술한 제1 형태와 같은 효과를 얻을 수 있다. 또한 본 형태에 있어서는, 제2 원료와 제2 반응체를 동시에 공급하는 것에 의해, 사이클 레이트를 향상시켜, 기판 처리의 생산성을 높이는 것이 가능해진다. 제2 원료와 동시에 제2 반응체를 공급할 때의 처리 조건은, 전술한 스텝B2에 있어서 제2 반응체를 공급할 때의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0152] <본 개시의 제3 형태>

[0153] 계속해서 본 개시의 제3 형태에 대해서, 주로 도 6을 참조하면서 설명한다.

[0154] 도 6이나 이하에 도시하는 처리 시퀀스와 같이, 스텝B에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제2 원료를 공급하는 스텝과 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응체를 공급하는 스텝을 동시에 수행하는 스텝과, 웨이퍼(200)에 대하여 제3 반응체를 공급하는 스텝과, 웨이퍼(200)에 대하여 제2 반응체를 공급하는 스텝을 비동시에 수행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1이상의 정수) 수행하도록 해도 좋다.

[0155] (제1 원료→제1 반응체)×m→(제2 원료+제2 반응체→제3 반응체→제2 반응체)×n→PT

[0156] 본 형태에 의하면, 전술한 제1 형태와 같은 효과를 얻을 수 있다. 또한 본 형태에 있어서는, 제2 반응체로서 예컨대 아민계 가스를 이용하는 것에 의해, 사이클 중의 1회째에 흘리는 제2 반응체를 촉매로서 작용시켜, 제2 원료를 액티베이트시키는 것이 가능해진다. 또한 사이클 중의 2회째에 흘리는 제2 반응체를, 성막 처리의 과정에서 발생한 부생성물을 제거하는 가스, 즉 반응성 퍼지 가스로서 작용시키는 것이 가능해진다. 이들 제2 반응체를 공급할 때의 처리 조건은, 각각, 전술한 스텝B2에 있어서 제2 반응체를 공급할 때의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0157] <본 개시의 다른 형태>

[0158] 이상, 본 개시의 다양한 형태를 구체적으로 설명했다. 단, 본 개시는 전술한 형태에 한정되는 것이 아니고, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 다양하게 변경 가능하다.

[0159] 예컨대 제1 원료로서, 알킬 아미노실란계 가스와 같은 Si, C 및 N을 포함하는 원료를 이용하는 경우에는, 스텝A에 있어서, 제1 반응물로서, 제1 반응체를 이용하지 않고 제1 원료만을 이용하도록 해도 좋다. 즉 스텝A에 있어서는, 표면에 요부가 설치되고 O 함유막이 노출된 기판에 대하여, 제1 온도 하에서 제1 반응체를 공급하지 않고 제1 원료를 공급하도록 해도 좋다. 이 때 반응성 물질로서 제1 원료를 단독으로 공급하면 좋고, 불활성 가스를 동시에 공급하도록 해도 좋다. 제1 원료를 공급할 때의 처리 순서, 처리 조건은, 예컨대 전술한 형태의 스텝A1에 있어서의 그것과 마찬가지로 할 수 있다. 이 경우에 있어서도, 스텝A를 수행하는 것에 의해, 기판의 표면 상에 비유동성 막을 형성할 수 있고, 전술한 형태와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0160] 또한 이 경우에 있어서, 기판의 표면 상에의 제1 원료의 흡착에 셀프 리미트가 발생하는 조건 하에서 기판에 대하여 제1 원료를 공급하면, 제1 원료의 분자의 분자 구조의 일부가, O 함유막의 표면에 흡착(화학 흡착)하고, 스텝A를 수행하는 것에 의해 기판의 표면 상에 1 모노레이어의 두께의 Si, C 및 N을 포함하는 비유동성 막이 형성된다. 또한 이 경우에 있어서, 기판의 표면 상에의 제1 원료의 흡착에 셀프 리미트가 발생하지 않는 조건 하에서 기판에 대하여 제1 원료를 공급하면, 제1 원료가 분해하고, 스텝A를 수행하는 것에 의해 기판의 표면 상에 1 모노레이어를 초과하는 두께의 Si, C 및 N을 포함하는 비유동성 막이 형성된다.

[0161] 또한 예컨대 반응체(제1 반응체, 제2 반응체, 제3 반응체)로서는, 전술한 N 및 H 함유 가스나, C, N 및 H 함유 가스 외에, 에틸렌(C_2H_4) 가스, 아세틸렌(C_2H_2) 가스, 프로필렌(C_3H_6) 가스 등의 C 및 H 함유 가스나, 디보란(B_2H_6) 가스, 트리클로로보란(BCl_3) 가스 등의 붕소(B) 및 H 함유 가스 등을 이용할 수 있고, 이들의 반응체를 이용하여 전술한 처리 시퀀스에 의해 기판 상에, SiN막이나 SiCN막 외에, 실리콘 탄화막(SiC막), 실리콘 붕질화막(SiBN막), 실리콘붕탄질화막(SiBCN막) 등의 Si를 포함하는 O 비함유막을 형성하도록 해도 좋다. 원료, 반응체를 공급할 때의 처리 순서, 처리 조건은, 예컨대 전술한 형태의 각 스텝에 있어서의 그것과 마찬가지로 할 수 있다. 또한 이 경우에 있어서, 비유동성 막과 유동성 막과의 막종을 다르게 하도록 해도 좋다. 예컨대 유동성 막으로서 SiN막이나 SiCN막 등을 형성하는 경우에, 비유동성 막으로서, SiN막이나 SiCN막 외에, SiC막, SiBN막, SiBCN막 등을 형성하도록 해도 좋다. 이 경우에 있어서도, 전술한 형태와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0162] 또한 예컨대 원료(제1 원료, 제2 원료)로서, 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 하프늄(Hf), 지르코늄(Zr), 탄탈(Ta), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W) 등의 금속 원소를 포함하는 원료 가스를 이용하고, 전술한 처리 시퀀스에 의해 기판 상에, 알루미늄 질화막(AlN막), 티타늄 질화막(TiN막), 하프늄 질화막(HfN막), 지르코늄 질화막(ZrN막), 탄탈 질화막(TaN막), 몰리브덴 질화막(MoN), 텅스텐 질화막(WN), 알루미늄 탄질화막(AlCN막), 티타늄 탄질화막(TiCN막), 하프늄 탄질화막(HfCN막), 지르코늄 탄질화막(ZrCN막), 탄탈 탄질화막(TaCN막), 몰리브덴 탄질화막(MoCN), 텅스텐 탄질화막(WCN), 티타늄 알루미늄 질화막(TiAlN막), 티타늄 알루미늄 탄질화막(TiAlCN막), 티타늄 알루미늄 탄화막(TiAlC막) 등의 금속 원소를 포함하는 막을 형성하는 경우에도, 본 개시를 적용할 수 있다. 원료, 반응체를 공급할 때의 처리 순서, 처리 조건은, 예컨대 전술한 형태의 각 스텝에 있어서의 그것과 마찬가지로 할 수 있다. 또한 이 경우에 있어서, 비유동성 막과 유동성 막과의 막종을 다르게 하도록 해도 좋다. 예컨대 유동성 막으로서 SiN막이나 SiCN막 등을 형성하는 경우에, 비유동성 막으로서, AlN막, TiN막, HfN막, ZrN막, TaN막, MoN, WN, AlCN막, TiCN막, HfCN막, ZrCN막, TaCN막, MoCN, WCN, TiAlN막, TiAlCN막, TiAlC막 등을 형성하도록 해도 좋다. 이 경우에 있어서도, 전술한 형태와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0163] 또한 예컨대 PT에서는 기판에 대하여, 수소(H_2) 가스 등의 H 함유 가스를 공급해도 좋고, NH_3 가스 등의 N함유 가스, 즉 N 및 H 함유 가스를 공급하도록 해도 좋고, H_2O 가스 등의 O 함유 가스, 즉 O 및 H 함유 가스를 공급하도록 해도 좋다. 또한 O 함유 가스로서 O_2 가스를 공급하도록 해도 좋다. 즉 PT에서는 기판에 대하여, N 함유 가스, H 함유 가스, N 및 H 함유 가스, O 함유 가스, O 및 H 함유 가스 가운데 적어도 어느 하나를 공급하도록 해도 좋다.

[0164] PT에 있어서 H 함유 가스를 공급할 때의 처리 조건으로서는, H 함유 가스 공급 유량: 0.01 slm 내지 3 slm, 처리 압력: 10 Pa 내지 1000 Pa, 바람직하게는 200 Pa 내지 800 Pa이 예시된다. 다른 처리 조건은, 전술한 스텝C에 있어서의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0165] PT에 있어서 N 및 H 함유 가스를 공급할 때의 처리 조건으로서는, N 및 H 함유 가스 공급 유량: 10 sscm 내지 10000 sccm, 처리 압력: 10 Pa 내지 6000 Pa, 바람직하게는 200 Pa 내지 2000 Pa이 예시된다. 다른 처리 조건은, 전술한 스텝C에 있어서의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0166] PT에 있어서 O 함유 가스를 공급할 때의 처리 조건으로서는, O 함유 가스 공급 유량: 10 sccm 내지 10000 sccm, 처리 압력: 10 Pa 내지 90000 Pa, 바람직하게는 20000 Pa 내지 80000 Pa이 예시된다. 다른 처리 조건은, 전술한 스텝C에 있어서의 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0167] 이 경우에도, 전술한 제1 형태와 같은 효과를 얻을 수 있다. 또한 H 함유 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우나 N 및 H 함유 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우가, 불활성 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우보다도, 올리고머 함유층의 유동성을 높이고, 요부 내에 형성되는 막의 매립 특성을 향상시키는 것이 가능해진다. 또한 H 함유 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우나 N 및 H 함유 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우가, 불활성 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우보다도, 요부 내에 형성되는 막의 불순물 농도를 저감시켜, 막

밀도를 높이고, 웨트 에칭 내성을 향상시키는 것이 가능해진다. 또한 N 및 H 함유 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우가, H 함유 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는할 경우보다도, 이들의 효과를 높이는 것이 가능해진다. 또한 O 함유 가스 분위기 하에서 PT를 수행하는 경우, 올리고머 함유층이 개질되는 막에, O를 포함시키는 것이 가능해지고, 이 막을, Si, O, C 및 N을 포함하는 막인 실리콘 산탄질화막(SiOCN막)로 하는 것이 가능해진다.

[0168] 또한 예컨대 기판의 표면에 노출되어 있는 O 함유막이 SiO막일 경우에 한정되지 않고, 실리콘 산질화막(SiON막), 실리콘 산탄화막(SiOC막), 실리콘 산탄질화막(SiOCN막)일 경우에도, 본 개시를 적용할 수 있다. 즉 기판의 표면에 노출되고 있는 O 함유막의 표면에 OH 종단이 존재하는 경우에는, 본 개시를 적용할 수 있고, 전술한 형태와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0169] 여기까지 기판의 표면에 형성된 요부 내를 매립하도록 SiN막, SiCN막, SiOCN막 등을 형성하는 예에 대해서 설명했지만, 본 개시는 이들의 예에 한정되지 않는다. 즉 제1 반응물, 제2 반응물, PT에 있어서 이용하는 가스를 임의로 조합하는 것에 의해, 기판의 표면에 형성된 요부 내를 매립하도록, SiO막, SiOC막, Si막 등의 막을 형성하는 것도 가능하다. 이 경우에 있어서도, 전술한 형태에 있어서의 효과와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0170] 또한 본 개시는, 예컨대 STI(Shallow Trench Isolation), PMD(Pre-Metal dielectric), IMD(Inter-metal dielectric), ILD(Inter-layer dielectric), Gate Cut fill 등을 형성하는 경우에 바람직하게 적용할 수 있다.

[0171] 기판 처리에 이용되는 레시피는, 처리 내용에 따라서 개별로 준비하고, 전기 통신 회선이나 외부 기억 장치(123)를 개재해서 기억 장치(121c) 내에 격납해 두는 것이 바람직하다. 그리고 처리를 시작할 때, CPU(121a)가 기억 장치(121c) 내에 격납된 복수의 레시피 중에서 기판 처리의 내용에 따라서 적절한 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 있고, 조작 미스를 회피하면서, 처리를 신속히 시작할 수 있게 된다.

[0172] 전술한 레시피는, 새롭게 작성할 경우에 한하지 않고, 예컨대 기판 처리 장치에 이미 인스톨되어 있었던 기존의 레시피를 변경하는 것에 의해 준비해도 좋다. 레시피를 변경할 경우는, 변경후의 레시피를, 전기 통신 회선이나 상기 레시피를 기록한 기록 매체를 개재하여, 기판 처리 장치에 인스톨해도 좋다. 또한 기존의 기판 처리 장치가 구비하는 입출력 장치(122)를 조작하여, 기판 처리 장치에 이미 인스톨되어 있었던 기존의 레시피를 직접 변경하도록 해도 좋다.

[0173] 전술한 형태에서는, 한번에 복수 매의 기판을 처리하는 뱃치(batch)식의 기판 처리 장치를 이용해서 막을 형성하는 예에 대해서 설명했다. 본 개시는 전술한 형태에 한정되지 않고, 예컨대 한번에 1장 또는 몇장의 기판을 처리하는 매엽식의 기판 처리 장치를 이용해서 막을 형성하는 경우에도, 바람직하게 적용할 수 있다. 또한 전술한 형태에서는, 핫월 형의 처리로를 포함하는 기판 처리 장치를 이용해서 막을 형성하는 예에 대해서 설명했다. 본 개시는 전술한 형태에 한정되지 않고, 콜드월 형의 처리로를 포함하는 기판 처리 장치를 이용해서 막을 형성하는 경우에도, 바람직하게 적용할 수 있다.

[0174] 이들의 기판 처리 장치를 이용하는 경우에 있어서도, 전술한 형태나 변형예와 마찬가지인 시퀀스, 처리 조건에서 성막을 수행할 수 있고, 전술한 형태나 변형예와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0175] 또한 전술한 형태나 변형예 등은, 적절히 조합해서 이용할 수 있다. 이 때의 처리 순서, 처리 조건은, 예컨대 전술한 형태나 변형예의 처리 순서, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0176] [실시예]

[0177] 실시예로서, 도 1에 도시하는 기판 처리 장치를 이용하고, 제1 형태의 처리 시퀀스(비유동성 막 형성, 유동성 막 형성, 포스트 트리트먼트)에 의해, 표면에 요부가 설치되고 O 함유막이 노출된 웨이퍼에 대하여 성막 처리를 수행했다. 각 스텝에 있어서의 처리 조건은, 제1 형태의 처리 시퀀스의 각 스텝에 있어서의 처리 조건 범위 내의 소정의 조건으로 했다.

[0178] 비교예로서, 도 1에 도시하는 기판 처리 장치를 이용하고, 제1 형태의 처리 시퀀스 가운데 유동성 막 형성, 포스트 트리트먼트를 수행하는 것에 의해, 표면에 요부가 설치되고 O 함유막이 노출된 웨이퍼에 대하여 성막 처리를 수행했다. 각 스텝에 있어서의 처리 조건은, 실시예의 각 스텝에 있어서의 처리 조건과 마찬가지로 했다.

[0179] 그리고 실시예 및 비교예에 있어서의 성막 처리후의 웨이퍼의 표면을 관찰하고, 이상 성장의 발생 유무를 확인했다. 그 결과를 도 7, 도 8의 (a), 도 8의 (b)에 도시한다. 도 7, 도 8의 (a)에 도시하는 바와 같이, 유동성

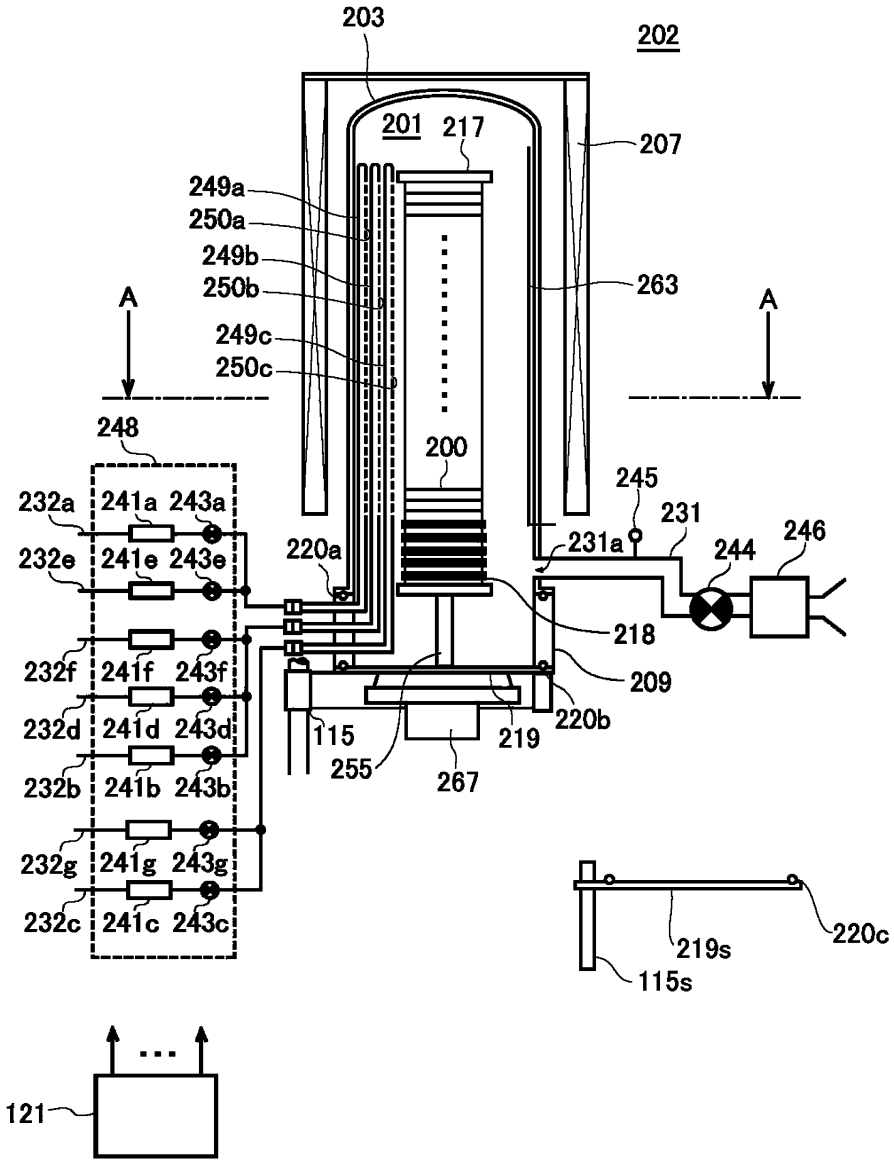
막을 형성하기 전에 비유동성 막을 형성한 실시예에 있어서는, 유동성 막의 이상 성장의 발생은 확인되지 않았다. 이에 대하여, 도 7, 도 8의 (b)에 도시하는 바와 같이, 유동성 막을 형성하기 전에 비유동성 막을 형성하지 않은 비교예에 있어서는, 유동성 막의 이상 성장의 발생이 확인되었다.

부호의 설명

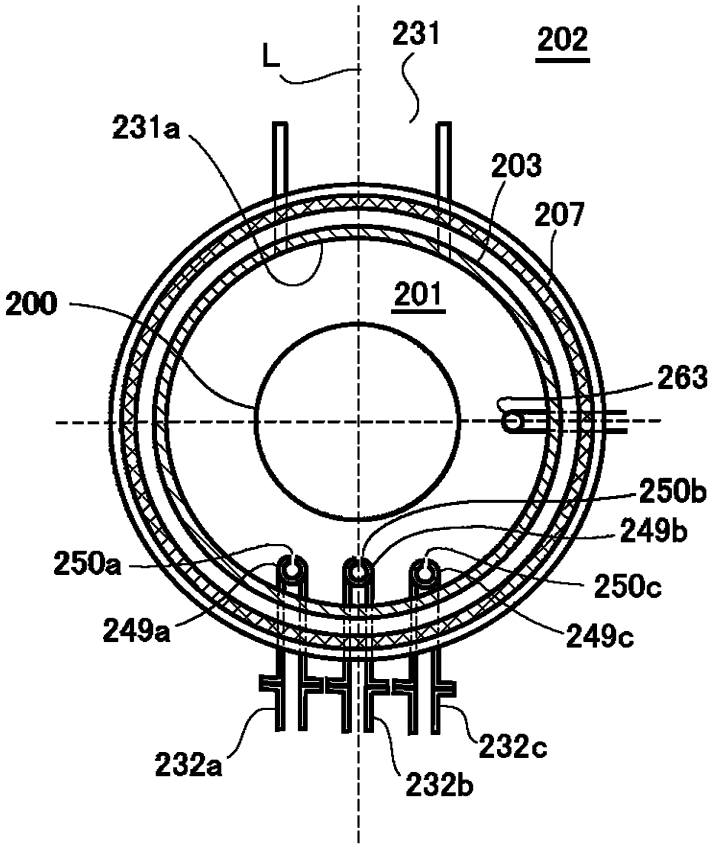
[0180] 200: 웨이퍼(기판) 201: 처리실

도면

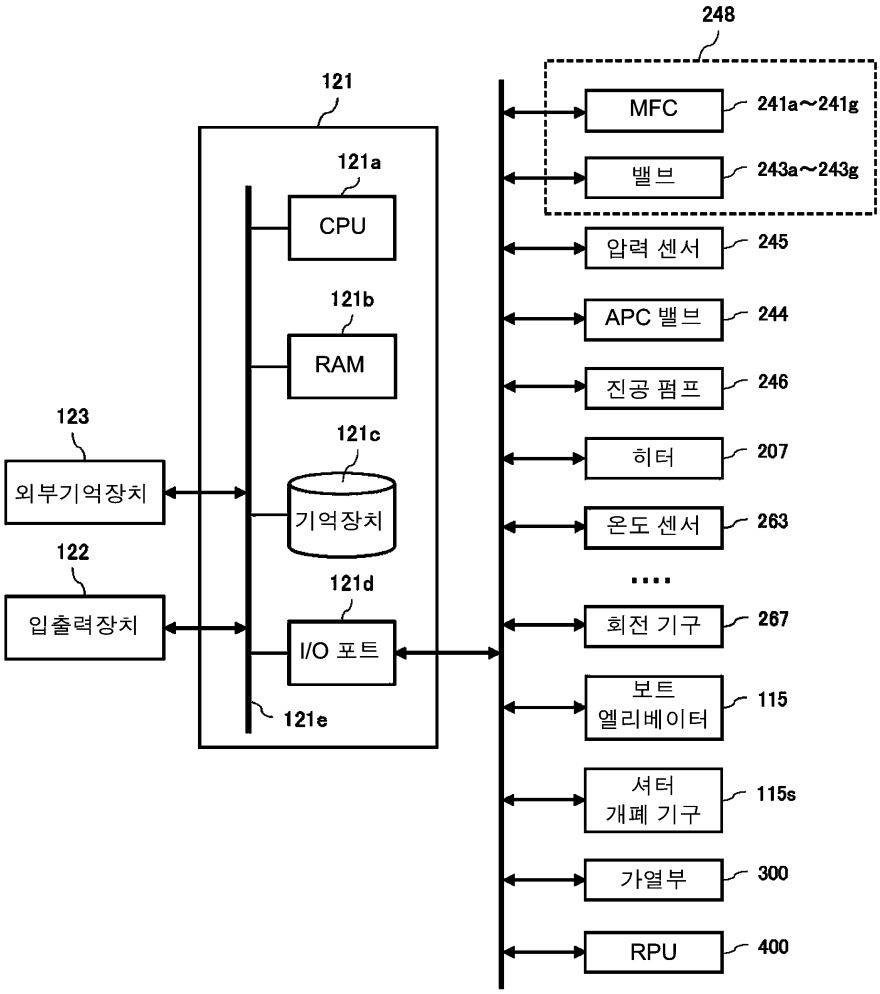
도면1



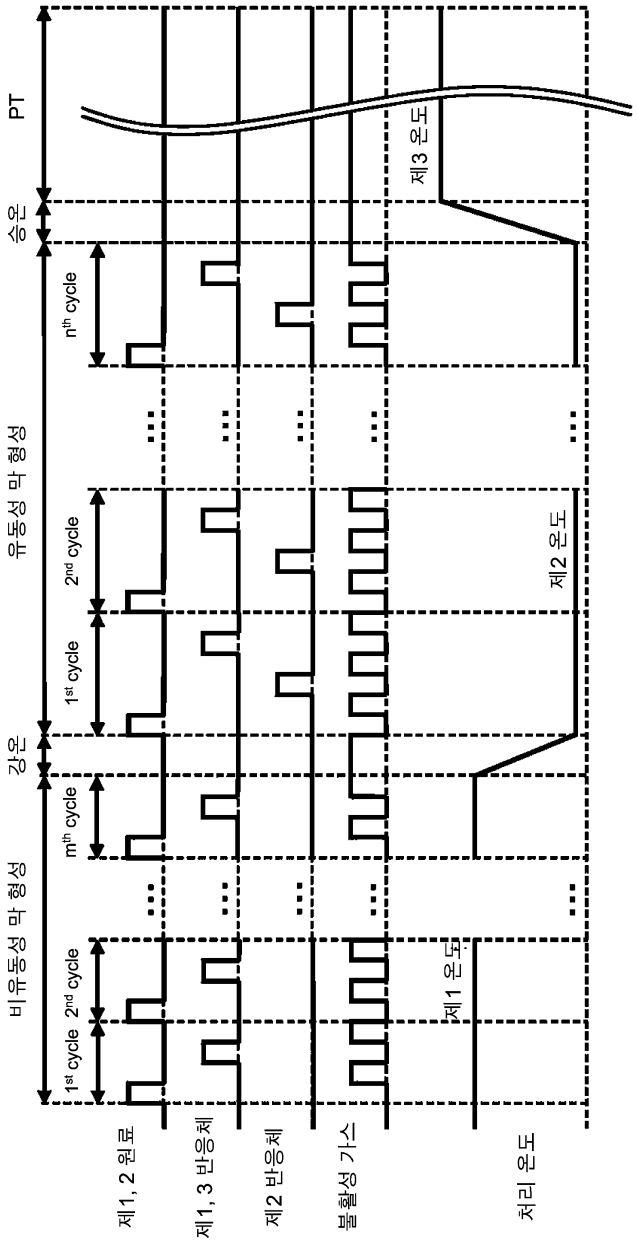
도면2


L
231
202
231a
203
207
200
201
263
250b
249b
250a
250c
249a
249c
232a
232b
232c

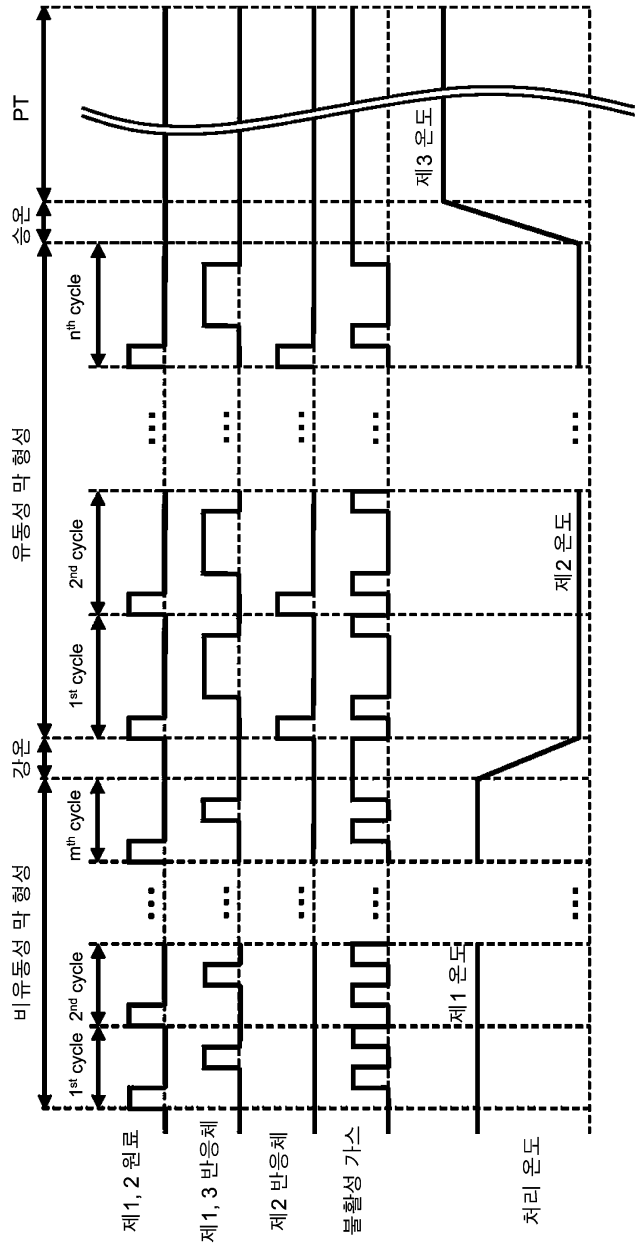
도면3


248
121
121a
CPU
121b
RAM
121c
기억장치
121d
I/O 포트
121e
123
외부기억장치
122
입출력장치
MFC
241a~241g
밸브
243a~243g
압력 센서
245
APC 밸브
244
진공 펌프
246
히터
207
온도 센서
263
....
회전 기구
267
보트 엘리베이터
115
셔터 개폐 기구
115s
가열부
300
RPU
400

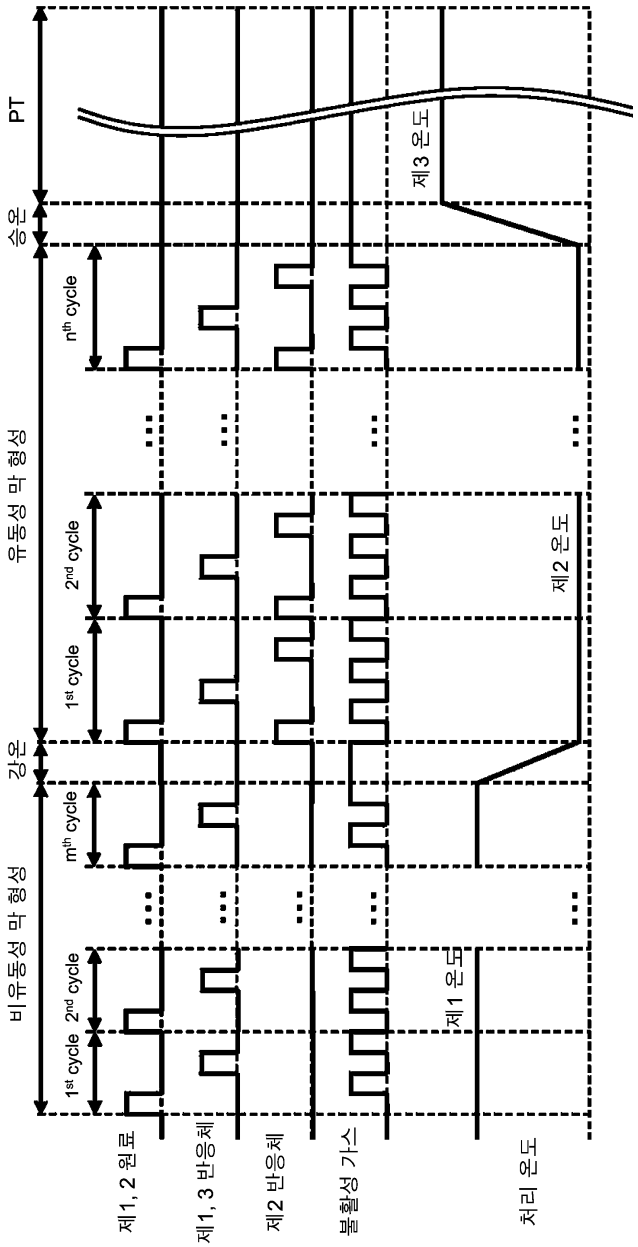
도면4


PT
승온
유동성 막 형성
강온
비유동성 막 형성
1st cycle
2nd cycle
mth cycle
1st cycle
2nd cycle
nth cycle
제3 온도
제2 온도
제1 온도
제1, 2 원료
제1, 3 반응체
제2 반응체
불활성 가스
처리 온도

도면5


PT
승온
유동성 막 형성
강온
비유동성 막 형성
n^th cycle
2^nd cycle
1^st cycle
m^th cycle
2^nd cycle
1^st cycle
제3 온도
제2 온도
제1 온도
제1, 2 원료
제1, 3 반응체
제2 반응체
불활성 가스
처리 온도

도면6

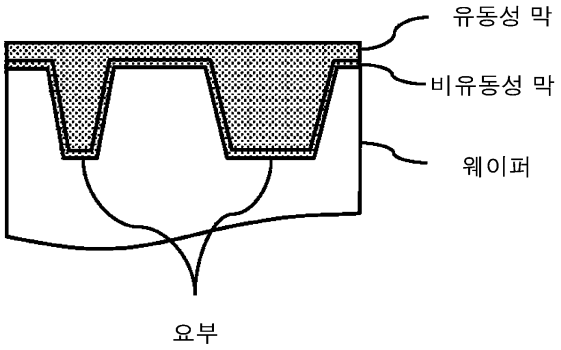


도면7

	비유동성 막	이상 성장의 발생
실시예	있음	없음
비교예	없음	있음

도면8

(a)



(b)

