(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0160114
(43) 공개일자 2024년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *C23C 16/34* (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01) *C23C 16/52* (2018.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/0228 (2013.01)
C23C 16/345 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7030327
(22) 출원일자(국제) 2022년09월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년09월10일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/034286
(87) 국제공개번호 WO 2023/176020
국제공개일자 2023년09월21일
(30) 우선권주장
JP-P-2022-041115 2022년03월16일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭
일본 도쿄도 치요다쿠 칸다카지쵸 3쵸메 4번지
(72) 발명자
오쿠다 카즈유키
일본국 토야마켄 토야마시 야츠오마치 야스우치 2초메 1, 가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭 내
이마무라 토모키
일본국 토야마켄 토야마시 야츠오마치 야스우치 2초메 1, 가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이창범, 이혁제

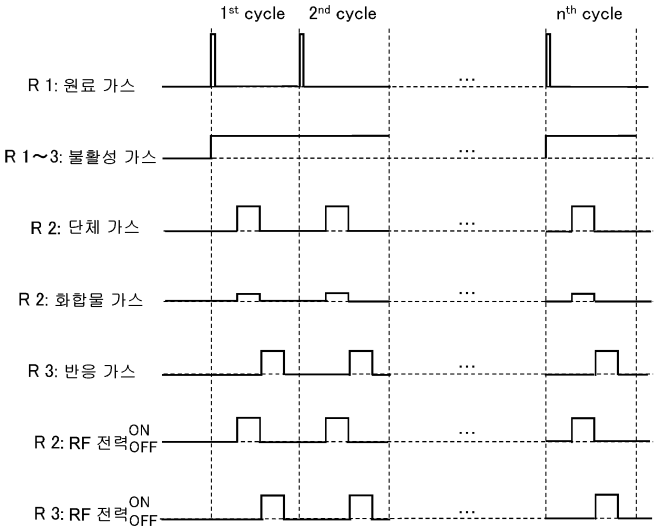
전체 청구항 수 : 총 22 항

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

(57) 요 약

(a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제1층을 형성하는 공정; (b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종X를 발생시키고, 활성종X를 포함하는 단체 가스를 기판에 대하여 공급하는 공정; 및 (c) 질소를 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Y를 발생시키고, 활성종Y를 포함하는 반응 가스를 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제2층을 형성하는 공정을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해 기판 상에 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 공정을 포함하고, (b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Z를 발생시키고, 활성종Z를 포함하는 화합 알맹이 가스를 기판에 대하여 공급하는 공정을 더 포함하고, (b)에서는 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
C23C 16/45542 (2013.01)
C23C 16/45544 (2013.01)
C23C 16/45553 (2013.01)
C23C 16/52 (2018.01)
H01L 21/0217 (2013.01)
H01L 21/02211 (2013.01)
H01L 21/02274 (2013.01)

(72) 발명자
노다 타카아키
일본국 토야마켄 토야마시 야츠오마치 야스우치 2초메 1, 가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭 내
테라사키 마사토
일본국 토야마켄 토야마시 야츠오마치 야스우치 2초메 1, 가부시키가이샤 코쿠사이 엘렉트릭 내

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제1층을 형성하는 공정;

(b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체(單體) 가스를 플라즈마 여기(勵起)시키는 것에 의해 활성종X를 발생시키고, 상기 활성종X를 포함하는 상기 단체 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정; 및

(c) 질소를 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Y를 발생시키고, 상기 활성종Y를 포함하는 상기 반응 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제2층을 형성하는 공정

을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해 상기 기판 상에 상기 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 공정

을 포함하고,

(b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Z를 발생시키고 상기 활성종Z를 포함하는 상기 화합물 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정을 더 포함하고,

(b)에서는 상기 단체 가스의 공급량에 대한 상기 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

(b)에서는 상기 단체 가스의 분압에 대한 상기 화합물 가스의 분압의 비율을 1/2 미만으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

(b)에서는 상기 단체 가스의 농도에 대한 상기 화합물 가스의 농도의 비율을 1/2 미만으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

(b)에서는 상기 단체 가스의 공급 유량에 대한 상기 화합물 가스의 공급 유량의 비율을 1/2 미만으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

(b)에서는 상기 단체 가스의 공급 시간에 대한 상기 화합물 가스의 공급 시간의 비율을 1/2 미만으로 하는 기판 처리 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

(b)에서는 상기 활성종X에 의한 상기 제1층으로부터의 상기 할로겐 원소의 탈리를 상기 활성종Z에 의해 저해시키는 것과 함께, 상기 기판의 외주부에서의 저해의 정도를 상기 기판의 중앙부에서의 저해의 정도보다 강하게

하는 기판 처리 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

(a)에서는 (b)를 수행하기 전의 상기 외주부에 형성된 상기 제1층 중의 상기 할로겐 원소 농도를, 상기 중앙부에 형성된 상기 제1층 중의 상기 할로겐 원소 농도와 동일한 농도로 하는 기판 처리 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

(b)에서는 (b)를 수행한 후의 상기 외주부에 형성된 상기 제1층 중의 상기 할로겐 원소 농도를, (b)를 수행하기 전의 상기 외주부에 형성된 상기 제1층 중의 상기 할로겐 원소 농도보다 낮은 농도로 하고, (b)를 수행한 후의 상기 중앙부에 형성된 상기 제1층 중의 상기 할로겐 원소 농도와 동일한 농도로 하는 기판 처리 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

(c)를 수행한 후에 불화수소 농도 1질량%의 불화수소 수용액을 이용해서 웨트 에칭을 수행했을 때의, 상기 중앙부에서의 웨트 에칭 레이트에 대한 상기 외주부에서의 웨트 에칭 레이트의 비율은 0.80 이상 1.20 이하인 기판 처리 방법.

청구항 10

제1항 또는 제2항에 있어서,

(a) 내지 (c)를 250℃ 내지 600℃의 온도 하에서 수행하는 기판 처리 방법.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 단체 가스는 H_2 가스, N_2 가스, Ar 가스 및 He 가스의 군(群)으로부터 선택되는 적어도 어느 하나인 기판 처리 방법.

청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서,

(b)에서는 상기 단체 가스의 공급량에 대한 상기 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/3 이하로 하는 기판 처리 방법.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서,

(b)에서는 상기 단체 가스와 상기 화합물 가스의 어느 가스도 상기 기판의 측방으로부터 공급하는 기판 처리 방법.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 원료 가스는 클로로실란계 가스인 기판 처리 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 클로로실란계 가스는 디클로로실란, 모노클로로실란, 트리클로로실란, 테트라클로로실란, 헥사클로로디실

란 및 옥타클로로트리실란의 군으로부터 선택되는 적어도 어느 하나인 기판 처리 방법.

청구항 16

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 화합물 가스는 질화수소계 가스이며,

상기 질화수소계 가스는 암모니아 가스 및 히드라진 가스 중 적어도 어느 하나인 기판 처리 방법.

청구항 17

(a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 기판에 대하여 공급하여 제1층을 형성하는 공정;

(b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종X를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정; 및

(c) 질소를 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종Y를 상기 기판에 대하여 공급하여 제2층을 형성하는 공정

을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해 상기 기판 상에 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 공정

을 포함하고,

(b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종Z를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정을 더 포함하고,

(b)에서는 상기 활성종X에 의한 상기 제1층으로부터의 상기 할로겐 원소의 탈리를 상기 활성종Z에 의해 저해시키는 것과 함께, 상기 기판의 외주부에서의 저해의 정도를 상기 기판의 중앙부에서의 저해의 정도보다 강하게 하는 기판 처리 방법.

청구항 18

(a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 기판에 대하여 공급하여 제1층을 형성하는 공정;

(b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종X를 상기 기판의 측방으로부터 상기 기판에 대하여 공급하는 공정; 및

(c) 질소를 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종Y를 상기 기판에 대하여 공급하여 제2층을 형성하는 공정

을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해 상기 기판 상에 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 공정

을 포함하고,

(b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종Z를 상기 기판의 측방으로부터 상기 기판에 대하여 공급하는 공정을 더 포함하고,

(b)에서는 상기 화합물 가스에 의한 입체적인 반응 장해 또는 극성에 의한 탈리 장해에 의해 상기 막의 웨트 에칭 레이트의 면내 분포를 조정하는 기판 처리 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

(b)에서는 상기 활성종X에 의한 상기 제1층으로부터의 상기 할로겐 원소의 탈리를 상기 활성종Z에 의해 저해시키는 것과 함께, 상기 기판의 외주부에서의 저해의 정도를 상기 기판의 중앙부에서의 저해의 정도보다 강하게 하도록 상기 화합물 가스를 공급하는 기판 처리 방법.

청구항 20

(a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제1층을 형성하는 공

정;

(b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종X를 발생시키고, 상기 활성종X를 포함하는 상기 단체 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정; 및

(c) 질소를 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Y를 발생시키고, 상기 활성종Y를 포함하는 상기 반응 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제2층을 형성하는 공정

을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해 상기 기판 상에 상기 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 공정

을 포함하고,

(b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Z를 발생시키고, 상기 활성종Z를 포함하는 상기 화합물 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정을 더 포함하고,

(b)에서는 상기 단체 가스의 공급량에 대한 상기 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 21

(a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제1층을 형성하는 단계;

(b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종X를 발생시키고, 상기 활성종X를 포함하는 상기 단체 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 단계; 및

(c) 질소를 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Y를 발생시키고, 상기 활성종Y를 포함하는 상기 반응 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제2층을 형성하는 단계

를 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해 상기 기판 상에 상기 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 단계

를 포함하고,

(b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Z를 발생시키고, 상기 활성종Z를 포함하는 상기 화합물 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 단계를 더 포함하고,

(b)에서 상기 단체 가스의 공급량에 대한 상기 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 단계를 컴퓨터에 의해 기판 처리 장치에 실행시키는 프로그램.

청구항 22

기판이 처리되는 처리실;

상기 처리실 내의 기판에 대하여 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급계;

상기 처리실 내의 기판에 대하여 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스를 공급하는 단체 가스 공급계;

상기 처리실 내의 기판에 대하여 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 공급하는 화합물 가스 공급계;

상기 처리실 내의 기판에 대하여 질소를 함유하는 반응 가스를 공급하는 반응 가스 공급계;

가스를 플라즈마 여기시키는 여기부; 및

상기 처리실 내에서, (a) 상기 원료 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제1층을 형성하는 처리와, (b) 상기 단체 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종X를 발생시키고, 상기 활성종X를 포함하는 상기 단체 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 처리와, (c) 상기 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Y를 발생시키고, 상기 활성종Y를 포함하는 상기 반응 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제2층을 형성하는 처리를 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해, 상기 기판 상에 상기 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 처리를 수행시키는 것과 함께, (b)는 상기 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Z를 발생시키고, 상기 활성종Z를 포함하는 상기 화합물 가스를 상기 기판에 대하여 공급하고, (b)에서 상

기 단체 가스의 공급량에 대한 상기 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하도록 상기 원료 가스 공급계, 상기 단체 가스 공급계, 상기 화합물 가스 공급계, 상기 반응 가스 공급계 및 상기 여기부를 제어하는 것이 가능하도록 구성되는 제어부

를 포함하는 기판 처리 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시(開示)는 기판 처리 방법, 반도체 장치의 제조 방법, 프로그램 및 기판 처리 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 장치의 제조 공정의 일 공정으로서 기판에 대하여 원료 가스와 반응 가스를 교호(交互)적으로 공급하는 것에 의해 기판 상에 막을 형성하는 처리가 수행되는 경우가 있다(예컨대 특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특개 2014-135475호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시의 목적은 기판 상에 기판 면내에서의 막 특성의 균일성이 뛰어난 막을 형성하는 기술을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 개시의 일 형태에 따르면, (a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제1층을 형성하는 공정; (b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체(單體) 가스를 플라즈마 여기(勵起)시키는 것에 의해 활성종X를 발생시키고, 상기 활성종X를 포함하는 상기 단체 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정; 및 (c) 질소를 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Y를 발생시키고, 상기 활성종Y를 포함하는 상기 반응 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 것에 의해 제2층을 형성하는 공정을 포함하는 사이클을 소정 횟수 수행하는 것에 의해 상기 기판 상에 상기 소정 원소 및 질소를 함유하는 막을 형성하는 공정을 포함하고, (b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Z를 발생시키고, 상기 활성종Z를 포함하는 상기 화합물 가스를 상기 기판에 대하여 공급하는 공정을 더 포함하고, (b)에서는 상기 단체 가스의 공급량에 대한 상기 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 기술이 제공된다.

발명의 효과

[0006] 본 개시에 따르면, 기판 상에 기판 면내에서의 막 특성의 균일성이 뛰어난 막을 형성하는 기술을 제공하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 개시의 일 형태에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 종형 처리로의 개략 구성도이며, 처리로 부분을 종단면도(縱斷面圖)로 도시하는 도면.

도 2는 본 개시의 일 형태에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 종형(縱型) 처리로의 개략 구성도이며, 처리로 부분을 A-A선 단면도로 도시하는 도면.

도 3은 본 개시의 일 형태에서 바람직하게 이용되는 기판 처리 장치의 컨트롤러의 개략 구성도이며, 컨트롤러의

제어계를 블록도로 도시하는 도면.

도 4는 본 개시의 일 형태의 성막 시퀀스에서의 주요한 가스의 공급 타이밍 및 RF 전력의 공급 타이밍의 일례를 도시하는 도면.

도 5는 실시예에서의 성막 시퀀스의 예를 도시하는 도면.

도 6은 실시예에서 형성한 막의 웨트 에칭 레이트의 측정 결과를 도시하는 도면.

도 7은 실시예에서 형성한 막의 웨트 에칭 레이트와 염소 농도의 관계를 도시하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] <본 개시의 일 형태>

[0009] 이하, 본 개시의 일 형태에 대해서 주로 도 1 내지 도 4을 참조하면서 설명한다. 또한 이하의 설명에서 이용되는 도면은 모두 모식적인 것이며, 도면에 도시되는 각 요소의 치수 관계, 각 요소의 비율 등은 현실의 것과 반드시 일치하지 않는다. 또한 복수의 도면의 상호 간에서도 각 요소의 치수 관계, 각 요소의 비율 등은 반드시 일치하지 않는다.

[0010] (1) 기판 처리 장치의 구성

[0011] 도 1에 도시하는 바와 같이 처리로(202)는 가열 수단(가열 기구)로서의 히터(207)를 포함한다. 히터(207)는 원통 형상이며, 보지판(保持板)에 지지되는 것에 의해 수직으로 설치된다. 히터(207)는 가스를 열로 활성화(여기)시키는 활성화 기구(열 여기부)로서도 기능한다.

[0012] 히터(207)의 내측에는 히터(207)와 동심원 형상으로 반응관(203)이 배설(配設)된다. 반응관(203)은 예컨대 석영(SiO_2) 또는 탄화실리콘(SiC) 등의 내열성 재료에 의해 구성되고, 상단이 폐색(閉塞)되고 하단이 개구(開口)된 원통 형상으로 형성된다. 반응관(203)의 하방(下方)에는 반응관(203)과 동심원 형상으로, 매니폴드(209)가 배설된다. 매니폴드(209)는 예컨대 스텐레스강(SUS) 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 상단 및 하단이 개구된 원통 형상으로 형성된다. 매니폴드(209)의 상단부는 반응관(203)의 하단부에 계합(係合)되고, 반응관(203)을 지지하도록 구성된다. 매니폴드(209)와 반응관(203) 사이에는 씰 부재로서의 O링(220a)이 설치된다. 반응관(203)은 히터(207)와 마찬가지로 수직으로 설치된다. 주로 반응관(203)과 매니폴드(209)에 의해 처리 용기(반응 용기)가 구성된다. 처리 용기의 통중공부(筒中空部)에는 처리실(201)이 형성된다. 처리실(201)은 기판으로서의 웨이퍼(200)를 수용 가능하도록 구성된다. 이 처리실(201) 내, 즉 이 처리 용기 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 설치된다. 노즐(249a 내지 249c)을 각각 제1 내지 제3 노즐이라고도 부른다. 노즐(249a 내지 249c)은 예컨대 석영 또는 SiC 등의 내열성 재료에 의해 구성된다. 노즐(249a 내지 249c)에는 가스 공급관(232a 내지 232c)이 각각 접속된다. 가스 공급관(232a 내지 232c)을 각각 제1 내지 제3 가스 공급관(R1 내지 R3)이라고도 부른다.

[0014] 가스 공급관(232a)에는 가스의 흐름의 상류측부터 순서대로 MFC(241a) 및 개폐 밸브인 밸브(243a), 밸브(242a)가 설치된다. 가스 공급관(232a)의 밸브(242a)보다 하류측에는 가스 공급관(232d)이 접속된다. 가스 공급관(232d)에는 가스의 흐름의 상류측부터 순서대로 MFC(241d) 및 개폐 밸브인 밸브(243d)가 설치된다.

[0015] 가스 공급관(232b, 232c)에는 가스의 흐름의 상류측부터 순서대로 유량 제어기(유량 제어부)인 매스 플로우 컨트롤러(MFC)(241b, 241c) 및 개폐 밸브인 밸브(243b, 243c)가 각각 설치된다. 가스 공급관(232b)의 밸브(243b)보다 하류측에는 가스 공급관(232e)이 접속된다. 가스 공급관(232c)의 밸브(243c)보다 하류측에는 가스 공급관(232f, 232g)이 각각 접속된다. 가스 공급관(232e 내지 232g)에는 가스의 흐름의 상류측부터 순서대로 MFC(241e 내지 241g) 및 밸브(243e 내지 243g)가 각각 설치된다. 가스 공급관(232a 내지 232g)은 예컨대 스텐레스강(SUS) 등의 금속 재료에 의해 구성된다.

[0016] 가스 공급관(232b, 232c)의 밸브(243b, 243c)보다 하류측에는 가스를 플라즈마로 활성화(여기)시키는 여기부(플라즈마 여기부, 플라즈마 활성화 기구)로서의 리모트 플라즈마 유닛(300b, 300c)이 각각 설치된다.

[0017] 리모트 플라즈마 유닛(300b, 300c)의 내부에는 각각 플라즈마 생성용의 미도시의 전극이 2개씩 설치된다. 이 2개의 전극과 전극 사이에 전력을 인가하는 것에 의해, 리모트 플라즈마 유닛(300b, 300c)의 내부에서 가스를 플라즈마화 시켜서 여기시키는 것, 즉 가스를 플라즈마 여기시키는 것이 가능하도록 이루어진다. 이하, 가스를 플

라즈마 여기시키는 것을 단순히 플라즈마 여기라고도 부른다. 전극은 전력, 즉 고주파 전력(RF 전력)이 인가되는 것에 의해 리모트 플라즈마 유닛(300b, 300c)의 내부에서 플라즈마 여기된 가스를 가스 공급관(232b, 232c), 노즐(249b, 249c)을 개재하여 처리실(201) 내에 공급할 수 있다. 또한 후술하는 노즐(249b) 및 제1 플라즈마 생성용 전극을 내측에 수용하는 제1 버퍼실(버퍼 구조)을 반응관(203)의 내측 또는 외측에 반응관(203)의 벽면을 따라 설치하고, 제1 버퍼실 및 제1 플라즈마 생성용 전극에 의해 노즐(249b)로부터 공급되는 가스를 플라즈마 여기시키는 리모트 플라즈마 유닛을 구성할 수도 있다. 마찬가지로 후술하는 노즐(249c) 및 제2 플라즈마 생성용 전극을 내측에 수용하는 제2 버퍼실을 반응관(203)의 내측 또는 외측에 반응관(203)의 벽면을 따라 설치하고, 제2 버퍼실 및 제2 플라즈마 생성용 전극에 의해, 노즐(249c)로부터 공급되는 가스를 플라즈마 여기시키는 리모트 플라즈마 유닛을 구성할 수도 있다. 또한 제1 버퍼실 및 제2 버퍼실과, 제1 플라즈마 생성용 전극 및 제2 플라즈마 생성용 전극은 각각 공통의 1개 버퍼실과 플라즈마 생성용 전극으로서 구성되어도 좋다.

[0018] 도 1, 도 2에 도시하는 바와 같이, 노즐(249a 내지 249c)은 반응관(203)의 내벽과 웨이퍼(200) 사이에서의 평면시에서 원환(圓環) 형상의 공간에 반응관(203)의 내벽의 하부로부터 상부를 따라, 웨이퍼(200)의 배열 방향 상방(上方)을 향하여 상승[立上]하도록 각각 설치된다. 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 설치된다.

[0019] 노즐(249a)은 노즐(249b, 249c)보다, 후술하는 배기구(231a)로부터 먼 측에 배치된다. 즉 노즐(249b, 249c)은 노즐(249a)보다 배기구(231a)와 가까운 측에 배치된다. 또한 노즐(249b, 249c)는 평면시에서 처리실(201) 내에 웨이퍼(200)가 반입된 상태에서의 웨이퍼(200)의 중심, 즉 반응관(203)의 중심과 배기구(231a)의 중심을 통과하는 직선을 대칭축으로서 선대칭으로 배치된다. 또한 노즐(249a, 249b)은 반응관(203)의 중심을 개재하여 일직선 상에 대향되도록 배치된다.

[0020] 노즐(249a 내지 249c)의 측면에는 가스를 공급하는 가스 공급공(250a 내지 250c)이 각각 설치된다. 가스 공급공(250a 내지 250c)은 반응관(203)의 중심을 향하도록 각각 개구되고, 웨이퍼(200)를 향하여 가스를 공급하는 것이 가능하도록 이루어진다. 가스 공급공(250a, 250b)은 전술한 웨이퍼(200)의 중심, 즉 반응관(203)의 중심을 개재하여 일직선 상에 대향(대면)되도록 개구한다. 가스 공급공(250a 내지 250c)은 반응관(203)의 하부로부터 상부에 걸쳐서 복수 설치된다.

[0021] 가스 공급관(232a)으로부터는 원료 가스로서 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 가스가 MFC(241a), 밸브(243a), 밸브(242a), 노즐(249a)을 개재하여 처리실(201) 내에 공급된다.

[0022] 가스 공급관(232b)으로부터는 단체 가스로서 한 종류의 원소로 구성되는 가스가 MFC(241b), 밸브(243b), 노즐(249b)을 개재하여 처리실(201) 내에 공급된다.

[0023] 가스 공급관(232c)으로부터는 반응 가스로서 질소(N)를 함유하는 가스가 MFC(241c), 밸브(243c), 노즐(249c)을 개재하여 처리실(201) 내에 공급된다.

[0024] 가스 공급관(232f)으로부터는 화합물 가스로서 복수 종류의 원소로 구성되는 가스가 MFC(241f), 밸브(243f), 가스 공급관(232c), 노즐(249c)을 개재하여 처리실(201) 내에 공급된다. 또한 단체 가스와 화합물 가스는 각각의 노즐(249b, 249c)로부터 공급되는 구성으로 설명했지만, 각각의 가스를 동일한 노즐로부터 공급해도 좋다. 또한 단체 가스와 반응 가스는 각각의 노즐(249b, 249c)로부터 공급되는 구성으로 설명했지만, 각각의 가스를 동일한 노즐로부터 공급해도 좋다. 또한 단체 가스와 반응 가스와 화합물 가스는 1개의 노즐[예컨대 노즐(249b과 249c) 중 어느 일방(一方)]로부터 공급해도 좋다.

[0025] 가스 공급관(232d, 232e, 232g)으로부터는 불활성 가스가 각각 MFC(241d, 241e, 241g), 밸브(243d, 243e, 243g), 가스 공급관(232a 내지 232c), 노즐(249a 내지 249c)을 개재하여 처리실(201) 내에 공급된다. 불활성 가스는 퍼지 가스, 캐리어 가스, 희석 가스 등으로서 작용한다.

[0026] 주로 가스 공급관(232a), MFC(241a), 밸브(243a, 242a), 가스 저장부에 의해 원료 가스 공급계가 구성된다. 주로 가스 공급관(232b), MFC(241b), 밸브(243b)에 의해 반응 가스 공급계가 구성된다. 주로 가스 공급관(232c), MFC(241c), 밸브(243c)에 의해 단체 가스 공급계가 구성된다. 주로 가스 공급관(232f), MFC(241f), 밸브(243f)에 의해 화합물 가스 공급계가 구성된다. 주로 가스 공급관(232d, 232e, 232g), MFC(241d, 241e, 241g), 밸브(243d, 243e, 243g)에 의해 불활성 가스 공급계가 구성된다.

[0027] 전술한 각종 가스 공급계 중 어느 하나 또는 모든 가스 공급계는, 밸브(243a 내지 243g), 가스 저장부, MFC(241a 내지 241g) 등이 집적되어 이루어지는 집적형 가스 공급 시스템(248)으로서 구성되어도 좋다. 집적형

가스 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 구성된다. 집적형 가스 공급 시스템(248)은 일체형 또는 분할형의 집적 유닛으로서 구성되고, 가스 공급관(232a 내지 232f) 등에 대하여 집적 유닛 단위로 탈착을 수행할 수 있고, 집적형 가스 공급 시스템(248)의 메인터넌스, 교환, 증설 등을 집적 유닛 단위로 수행하는 것이 가능하도록 구성된다.

[0028] 반응관(203)의 측벽 하방에는 처리실(201) 내의 분위기를 배기하는 배기구(231a)가 설치된다. 배기구(231a)는 반응관(203)의 측벽의 하부로부터 상부를 따라, 즉 웨이퍼 배열 영역을 따라 설치되어도 좋다. 배기구(231a)에는 배기관(231)이 접속된다. 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 접속된다. 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 기초하여 밸브의 개도(開度)를 조절하는 것에 의해 처리실(201) 내의 압력을 조정할 수 있도록 구성된다. 주로 배기관(231), APC 밸브(244), 압력 센서(245)에 의해 배기계가 구성된다. 진공 펌프(246)를 배기계에 포함시켜서 생각해도 좋다.

[0029] 매니폴드(209)의 하방에는 매니폴드(209)의 하단 개구를 기밀하게 폐색 가능한 노구(爐口) 개체(蓋體)로서의 씰 캡(219)이 설치된다. 씰 캡(219)은 예컨대 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 원반 형상으로 형성된다. 씰 캡(219)의 상면에는 매니폴드(209)의 하단과 당접(當接)하는 씰 부재로서의 O링(220b)이 설치된다. 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 접속된다. 회전 기구(267)는 보트(217)를 회전시키는 것에 의해 웨이퍼(200)를 회전시키도록 구성된다. 씰 캡(219)은 반응관(203)의 외부에 설치된 승강 기구로서의 보트 엘리베이터(115)에 의해 수직 방향으로 승강되도록 구성된다. 보트 엘리베이터(115)는 씰 캡(219)을 승강시키는 것에 의해 웨이퍼(200)를 처리실(201) 내외로 반입 및 반출(반송)하는 반송 장치(반송 기구)로서 구성된다.

[0030] 매니폴드(209)의 하방에는 씰 캡(219)을 강하시켜 보트(217)를 처리실(201) 내로부터 반출한 상태에서 매니폴드(209)의 하단 개구를 기밀하게 폐색 가능한 노구 개체로서의 셔터(219s)가 설치된다. 셔터(219s)는 예컨대 SUS 등의 금속 재료에 의해 구성되고, 원반 형상으로 형성된다. 셔터(219s)의 상면에는 매니폴드(209)의 하단과 당접하는 씰 부재로서의 O링(220c)이 설치된다. 셔터(219s)의 개폐 동작[승강 동작이나 회동(回動) 동작 등]은 셔터 개폐 기구(115s)에 의해 제어된다.

[0031] 기판을 지지하는 지지구로서의 보트(217)는 복수 매, 예컨대 25매 내지 200매의 웨이퍼(200)를 수평 자세로, 또한 서로 중심을 맞춘 상태에서 수직 방향으로 정렬시켜서 다단으로 지지하도록 구성된다. 즉 보트(217)는 복수 매의 웨이퍼(200)를 수평 자세로, 또한 수직 방향으로 간격을 두고 배열시키도록 구성된다. 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 지지된다. 보트(217)는 복수 매의 웨이퍼(200)를 각각 지지할 수 있도록 구성된다.

[0032] 반응관(203) 내에는 온도 검출기로서의 온도 센서(263)가 설치된다. 온도 센서(263)에 의해 검출된 온도 정보에 기초하여 히터(207)로의 통전 상태를 조정하는 것에 의해 처리실(201) 내의 온도가 원하는 온도 분포가 된다. 온도 센서(263)는 반응관(203)의 내벽을 따라 설치된다.

[0033] 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 구성된다. RAM(121b), 기억 장치(121c), I/O 포트(121d)는 내부 버스(121e)를 개재하여 CPU(121a)와 데이터 교환 가능하도록 구성된다. 컨트롤러(121)에는 예컨대 터치패널 등으로서 구성된 입출력 장치(122)가 접속된다. 또한 컨트롤러(121)에는 외부 기억 장치(123)를 접속하는 것이 가능하도록 이루어진다.

[0034] 기억 장치(121c)는 예컨대 플래시 메모리, HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive) 등으로 구성된다. 기억 장치(121c) 내에는 성막 장치의 동작을 제어하는 제어 프로그램이나, 후술하는 처리의 순서나 조건 등이 기재된 프로세스 레시피 등이 판독 가능하도록 격납된다. 프로세스 레시피는 후술하는 처리에서의 각 순서를 컨트롤러(121)에 의해 성막 장치에 실행시켜 소정의 결과를 얻을 수 있도록 조합된 것이며, 프로그램으로서 기능한다. 이하, 프로세스 레시피나 제어 프로그램 등을 총칭하여 단순히 프로그램이라고도 부른다. 또한 프로세스

레시피를 단순히 레시피라고도 부른다. 본 명세서에서 프로그램이라는 단어를 사용한 경우는 레시피 단체만을 포함하는 경우, 제어 프로그램 단체만을 포함하는 경우, 또는 그것들의 양방(兩方)을 포함하는 경우가 있다. RAM(121b)은 CPU(121a)에 의해 판독된 프로그램이나 데이터 등이 일시적으로 보지되는 메모리 영역(work area)으로서 구성된다.

[0035] 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 접속된다.

[0036] CPU(121a)는 기억 장치(121c)로부터 제어 프로그램을 판독해서 실행하는 것과 함께, 입출력 장치(122)로부터의 조작 커맨드의 입력 등에 따라 기억 장치(121c)로부터 레시피를 판독하는 것이 가능하도록 구성된다. 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 구성된다.

[0037] 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(磁氣) 디스크, CD 등의 광(光) 디스크, MO 등의 광자기 디스크, USB 메모리나 SSD 등의 반도체 메모리 등을 포함한다. 기억 장치(121c)나 외부 기억 장치(123)는 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체로서 구성된다. 이하, 이들을 총칭하여 단순히 기록 매체라고도 부른다. 본 명세서에서 기록 매체라는 단어를 사용한 경우는 기억 장치(121c) 단체만을 포함하는 경우, 외부 기억 장치(123) 단체만을 포함하는 경우 또는 그것들의 양방을 포함하는 경우가 있다. 또한 컴퓨터로의 프로그램의 제공은 외부 기억 장치(123)를 이용하지 않고, 인터넷이나 전용 회선 등의 통신 수단을 이용하여 수행해도 좋다.

[0038] (2) 기판 처리 공정

[0039] 전술한 기판 처리 장치를 이용하여 반도체 장치의 제조 공정의 일 공정으로서 기판으로서의 웨이퍼(200) 상에 소정 원소 및 질소(N)를 함유하는 막을 형성하는 기판 처리 시퀀스, 즉 성막 시퀀스의 예에 대해서 설명한다. 이하의 설명에서 기판 처리 장치를 구성하는 각(各) 부(部)의 동작은 컨트롤러(121)에 의해 제어된다.

[0040] 도 4에 도시하는 본 형태의 성막 시퀀스에서는, (a) 소정 원소 및 할로겐 원소를 함유하는 원료 가스를 웨이퍼(200)에 대하여 공급하는 것에 의해 제1층을 형성하는 공정; (b) 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종X를 발생시키고, 활성종X를 포함하는 단체 가스를 웨이퍼(200)에 대하여 공급하는 공정; 및 (c) N을 함유하는 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종Y를 발생시키고, 활성종Y를 포함하는 반응 가스를 웨이퍼(200)에 대하여 공급하는 것에 의해 제2층을 형성하는 공정을 포함하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1 이상의 정수) 수행하는 것에 의해 웨이퍼(200) 상에 소정 원소 및 N을 함유하는 막을 형성하는 공정을 포함하고, (b)는 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종Z를 웨이퍼(200)에 대하여 공급하는 공정을 더 포함하고, (b)에서는 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 한다.

[0041] 도 4에 도시하는 성막 시퀀스에서는, (b)에서 단체 가스의 공급 유량에 대한 화합물 가스의 공급 유량의 비율을 1/2 미만으로 하는 것에 의해, 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 예를 도시한다. 또한 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율은 1/3 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0042] 또한 도 4에 도시하는 성막 시퀀스에서는, (b)에서 웨이퍼(200)에 대하여 단체 가스, 화합물 가스를 각각 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종X, 활성종Z를 공급하는 예를 도시한다. (c)에서 웨이퍼(200)에 대하여 반응 가스를 플라즈마 여기시키는 것에 의해 발생시킨 활성종Y를 공급하는 예를 도시한다.

[0043] 본 명세서에서는 이러한 성막 시퀀스를 편의상, 다음과 같이 도시하는 경우도 있다. 이하의 다른 형태나 변형예 등의 설명에서도 마찬가지의 표기를 이용한다.

[0044] (원료 가스 → 플라즈마 여기 단체 가스 및 화합물 가스 → 플라즈마 여기 반응 가스)×n

[0045] 도 4에 도시하는 성막 시퀀스에서는(a), (c)를 수행한 후에 각각 진공 배기를 수행하는 것이 바람직하다. 이 경우의 성막 시퀀스는 다음과 같이 도시할 수 있다.

[0046] (원료 가스 → 퍼지 → 플라즈마 여기 단체 가스 및 화합물 가스 → 플라즈마 여기 반응 가스 → 퍼지)×n

[0047] 본 개시에서의 소정 원소 및 N을 함유하는 막이란, 실리콘 등의 소정 원소를 함유하는 질화막(SiN막) 외에 탄소(C)나 산소(O)를 포함하는 질화막도 포함한다. 예컨대 질화막은 실리콘질화막(SiN막), 실리콘탄질화막(SiCN막), 실리콘산질화막(SiON막), 실리콘산탄질화막(SiOCN막) 등을 포함한다. 이하에서는 소정 원소를 Si로 하고, Si 및 N을 함유하는 막으로서 SiN막을 형성하는 예에 대해서 설명한다.

[0048] 본 명세서에서 「웨이퍼」라는 단어를 사용한 경우는 웨이퍼 그 자체를 의미하는 경우나, 웨이퍼와 그 표면에 형성된 소정의 층이나 막과의 적층체를 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에서 「웨이퍼의 표면」이라는 단어를 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 형성된 층 등의 상에 소정의 층을 형성하는 것을 의미하는 경우가 있다. 본 명세서에서 「기판」이라는 단어를 사용한 경우도 「웨이퍼」라는 단어를 사용한 경우와 같은 의미다.

[0049] (웨이퍼 차지 및 보트 로드)

[0050] 복수 매의 웨이퍼(200)가 보트(217)에 장전(裝塡)(웨이퍼 차지)되면, 도 1에 도시하는 바와 같이 복수 매의 웨이퍼(200)를 지지한 보트(217)는 보트 엘리베이터(115)에 의해 들어 올려져 처리실(201) 내에 반입(보트 로드)된다. 이 상태에서 씰 캡(219)은 O링(220b)을 개재하여 반응관(203)의 하단을 밀봉한 상태가 된다.

[0051] (압력 조정 및 온도 조정)

[0052] 보트 로드가 종료된 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. 이때 처리실(201) 내의 압력은 압력 센서(245)로 측정되고, 이 측정된 압력 정보에 기초하여 APC 밸브(244)가 피드백 제어된다(압력 조정). 또한 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)가 원하는 처리 온도가 되도록 히터(207)에 의해 가열된다. 이때 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. 진공 펌프(246)의 가동, 웨이퍼(200)의 가열 및 회전은 모두, 적어도 웨이퍼(200)에 대한 처리가 종료될 때까지의 동안은 계속해서 수행된다.

[0053] (가스 차지)

[0054] 그 후, 밸브(242a)는 닫은 상태로 하여 밸브(243a)를 열고, 가스 공급관(232a) 내에 원료 가스를 흘린다. 원료 가스는 MFC(241a)에 의해 유량 조정되어 밸브(243a, 242a) 간의 가스 공급관(232a) 내(이하, 가스 저장부라고도 부른다)에 저장된다. 이에 의해 가스 저장부 내에 원료 가스가 충전된다. 가스 저장부 내에 소정 량의 원료 가스가 충전되면 밸브(243a)를 닫고, 가스 저장부 내에 원료 가스가 충전된 상태를 유지한다.

[0055] (성막 처리)

[0056] 그 후, 다음 스텝A, 스텝B, 스텝C를 순차 실행한다.

[0057] [스텝A]

[0058] 스텝A에서는 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)에 대하여 원료 가스를 공급한다.

[0059] 구체적으로는 밸브(242a)를 열고, 가스 저장부 내에 충전된 고압의 원료 가스를 가스 공급관(232a), 노즐(249a)을 개재하여 처리실(201) 내에 한 번에(펄스적으로) 공급한다. 이하, 이 공급 방법을 플래시 플로우라고 부른다. 이때 밸브(243d, 243e, 243g)를 열고, 노즐(249a 내지 249c)의 각각을 개재하여 처리실(201) 내에 불활성 가스를 공급한다. 또한 이하에 나타내는 몇몇 방법에 대해서는 불활성 가스의 공급을 불실시로 해도 좋다. 또한 본 스텝은 배기계를 실질적으로 전폐(全閉)[APC 밸브(244)를 실질적으로 전폐] 상태로 하여 실시하는 것이 바람직하다. APC 밸브(244)가 닫혀 있으면 처리실(201) 내의 압력은 급격하게 상승하여 소정 압력까지 승압된다. 그 후, 처리실(201) 내의 승압 상태를 소정 시간 유지하고, 고압의 원료 가스 분위기 중에 웨이퍼(200)를 폭로한다.

[0060] 본 스텝에서의 처리 조건은 예컨대 다음과 같다.

[0061] 처리 온도: 250℃ 내지 600℃, 바람직하게는 300℃ 내지 600℃

[0062] 처리 압력(플래시 플로우 전): 30Pa 내지 600Pa

[0063] 처리 압력(플래시 플로우 후): 500Pa 내지 1,500Pa

[0064] 원료 가스 공급량(R1): 120cc 내지 360cc, 바람직하게는 120cc 내지 240cc

[0065] 원료 가스 폭로 시간: 1초 내지 20초, 바람직하게는 5초 내지 10초

[0066] 불활성 가스 공급 유량(R1 내지 R3마다): 0slm 내지 10slm, 바람직하게는 0slm 내지 5slm

[0067] 또한 본 명세서에서의 「250℃ 내지 600℃」와 같은 수치 범위의 표기는 하한값 및 상한값이 그 범위에 포함되는 것을 의미한다. 따라서 예컨대 「250℃ 내지 600℃」란 「250℃ 이상 600℃ 이하」를 의미한다. 다른 수치 범위에 대해서도 마찬가지다. 또한 본 명세서에서의 처리 온도란 웨이퍼(200)의 온도 또는 처리실(201) 내의 온도를 의미하고, 처리 압력이란 처리실(201) 내의 압력을 의미한다. 또한 가스 공급 유량: 0slm이란 그 가스를 공급하지 않는 경우를 의미한다. 이것들은 이하의 설명에서도 마찬가지다.

[0068] 전술한 처리 조건 하에서 웨이퍼(200)에 대하여 원료 가스로서 예컨대 클로로실란계 가스를 공급하는 것에 의해, 하지(下地)로서의 웨이퍼(200)의 최표면(最表面) 상에 제1층으로서 Cl을 포함하는 Si 함유층이 형성된다. Cl을 포함하는 Si 함유층은 웨이퍼(200)의 최표면으로의, 클로로실란계 가스의 분자의 물리 흡착이나 화학 흡착, 클로로실란계 가스의 일부가 분해된 물질의 분자의 물리 흡착이나 화학 흡착, 클로로실란계 가스의 열분해에 의한 Si의 퇴적 등에 의해 형성된다. Cl을 포함하는 Si 함유층은 클로로실란계 가스의 분자나 클로로실란계 가스의 일부가 분해된 물질의 분자의 흡착층(물리 흡착층이나 화학 흡착층)이어도 좋고, Cl을 포함하는 Si의 퇴적층이어도 좋다. 본 명세서에서는 Cl을 포함하는 Si 함유층을 단순히 Si 함유층이라고도 부른다.

[0069] 처리 온도가 250℃ 미만이 되면, 웨이퍼(200) 상에 Si가 흡착되기 어려워져, 제1층의 형성이 곤란해지는 경우가 있다. 처리 온도를 250℃ 이상으로 하는 것에 의해 웨이퍼(200) 상에 제1층을 형성하는 것이 가능해진다. 처리 온도를 300℃ 이상으로 하는 것에 의해 웨이퍼(200) 상에 제1층을 보다 충분히 형성하는 것이 가능해진다.

[0070] 처리 온도가 600℃를 초과하면, 원료 가스로서의 예컨대 클로로실란계 가스가 열분해되고, 웨이퍼(200) 상에 Si가 다중에 퇴적하는 것에 의해, 1원자층 미만의 두께의 대략 균일한 두께의 제1층을 형성하는 것이 어려워지는 경우가 있다. 처리 온도를 600℃ 이하로 하는 것에 의해 1원자층 미만의 두께의 대략 균일한 두께의 제1층을 형성할 수 있고, 웨이퍼 면내 막 두께 균일성을 향상시킬 수 있다. 여기서 1원자층 미만의 두께의 층이란 불연속적으로 형성되는 원자층을 의미하고, 1원자층의 두께의 층이란 연속적으로 형성되는 원자층을 의미한다. 또한 1원자층 미만의 두께의 층이 대략 균일하다는 것은, 웨이퍼(200)의 표면 상에 대략 균일한 밀도로 원자가 흡착되고 있음을 의미한다.

[0071] 전술한 처리 조건 하에서 웨이퍼(200)에 대하여 원료 가스로서 예컨대 클로로실란계 가스를 공급하는 것에 의해 웨이퍼(200) 상에 Cl을 포함하는 제1층을 형성할 수 있고, 또한 웨이퍼(200)의 외주부에 형성된 제1층 중의 Cl 농도를, 웨이퍼(200)의 중앙부에 형성된 제1층 중의 Cl 농도와 동일한 Cl 농도로 할 수 있다. 여기서 「동일한 Cl 농도」란 Cl 농도가 완전히 일치하는 것에 더해, 소정의 오차 범위를 포함하는 의미에서 이용하는 것으로 한다. 소정의 오차 범위란 예컨대 웨이퍼(200)의 외주부와 중앙부에서의 Cl 농도의 비율(외주부)/(중앙부)이 0.80 이상 1.20 이하에 있는 것을 말한다.

[0072] 제1층이 형성된 후, 밸브(242a)를 닫고 처리실(201) 내로의 원료 가스의 공급을 정지한다. 그리고 APC 밸브(244)를 예컨대 전개(全開)로 하여 처리실(201) 내를 진공 배기하고, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 등을 처리실(201) 내로부터 배제한다(퍼지). 이때 밸브(243d, 243e, 243g)를 연 상태로 하여 불활성 가스의 처리실(201) 내로의 공급을 유지한다. 노즐(249a 내지 249c)의 각각을 개재하여 공급되는 불활성 가스는 퍼지 가스로서 작용하고, 이에 의해 처리실(201) 내가 퍼지된다(퍼지).

[0073] 퍼지에서의 처리 조건은 예컨대 다음과 같다.

[0074] 처리 온도: 250℃ 내지 600℃, 바람직하게는 300℃ 내지 600℃

[0075] 처리 압력: 1Pa 내지 70Pa, 바람직하게는 1Pa 내지 30Pa

[0076] 불활성 가스 공급 유량(R1 내지 R3마다): 0.05slm 내지 20slm, 바람직하게는 1slm 내지 5slm

[0077] 불활성 가스 공급 시간: 1초 내지 20초, 바람직하게는 1초 내지 10초

[0078] 원료 가스로서는 예컨대 웨이퍼(200) 상에 형성되는 막을 구성하는 주원소로서의 실리콘(Si)을 포함하는 실란계 가스를 이용할 수 있다. 실란계 가스로서는 예컨대 할로겐 및 Si를 포함하는 가스, 즉 할로실란계 가스를 이용

할 수 있다. 할로겐에는 염소(Cl), 불소(F), 브롬(Br), 요오드(I) 등이 포함된다. 할로실란계 가스로서는 예컨대 Cl 및 Si를 포함하는 전술한 클로로실란계 가스를 이용할 수 있다.

[0079] 원료 가스로서는 예컨대 디클로로실란(SiH_2Cl_2, 약칭: DCS) 가스, 모노클로로실란(SiH_3Cl, 약칭: MCS) 가스, 트리클로로실란($SiHCl_3$, 약칭: TCS) 가스, 테트라클로로실란($SiCl_4$, 약칭: 4CS) 가스, 헥사클로로디실란 가스(Si_2Cl_6, 약칭: HCDS) 가스, 옥타클로로트리실란(Si_3Cl_8, 약칭: OCTS) 가스 등의 클로로실란계 가스를 이용할 수 있다. 원료 가스로서는 이들 중 1개 이상을 이용할 수 있다.

[0080] 불활성 가스로서는 예컨대 질소(N_2) 가스나, 아르곤(Ar) 가스, 헬륨(He) 가스, 네온(Ne) 가스, 크세논(Xe) 가스 등의 희(希)가스를 이용할 수 있다. 불활성 가스로서는 이들 중 1개 이상을 이용할 수 있다. 이 점은 후술하는 각 스텝에서도 마찬가지다.

[0081] [스텝B]

[0082] 스텝A가 종료된 후, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200), 즉 웨이퍼(200) 상에 형성된 제1층(Si 함유층)에 대하여 단체 가스, 화합물 가스를 각각 플라즈마 여기시켜서 공급한다.

[0083] 구체적으로는 APC 밸브(244)를 연 상태에서, 즉 처리실(201) 내를 배기한 상태에서 밸브(243b, 243f)를 열고, 가스 공급관(232b, 232c) 내에 각각 단체 가스, 화합물 가스를 흘린다. 단체 가스, 화합물 가스는 각각 MFC(241b, 241f)에 의해 유량 조정되어 노즐(249b, 249c)를 개재하여 처리실(201) 내에 공급되고, 배기구(231a)로부터 배기된다. 이때 웨이퍼(200)의 측방으로부터[즉 웨이퍼(200)의 외연으로부터 면내의 방향으로] 웨이퍼(200)에 대하여 단체 가스, 화합물 가스가 공급된다(단체 가스, 화합물 가스 공급). 이때 밸브(243d, 243e, 243g)를 연 상태로 하여 불활성 가스의 처리실(201) 내로의 공급을 유지한다.

[0084] 또한 이때 플라즈마 생성용 전극에 RF 전력을 인가하는 것에 의해, 가스 공급관(232b, 232c) 내에 공급된 단체 가스, 화합물 가스는 리모트 플라즈마 유닛(300b, 300c) 내에서 각각 플라즈마 여기되고, 단체 가스로부터는 활성종X, 화합물 가스로부터는 활성종Z가 각각 생성된다. 이와 같이 하여 생성된 활성종X, 활성종Z를 각각 포함하는 단체 가스와 화합물 가스가 웨이퍼(200)에 대하여 공급된다(플라즈마 여기 단체 가스 및 화합물 가스 공급).

[0085] 한 종류의 원소로 구성되는 단체 가스로서 예컨대 수소(H_2) 가스를 이용하는 경우에는, H_2 가스가 플라즈마 여기되어 H_2^* 등의 활성종X가 생성되고, 웨이퍼(200)에 대하여 공급된다. 또한 *은 래디컬을 의미한다. 이하의 설명에서도 마찬가지다.

[0086] 복수 종류의 원소로 구성되는 화합물 가스로서 예컨대 질소(N) 및 수소(H)를 함유하는 질화수소계 가스를 이용하는 것에 의해 질화수소계 가스가 플라즈마 여기되어 NH_3^* 등의 활성종Z가 생성되고, 웨이퍼(200)에 대하여 공급된다.

[0087] 본 스텝에서의 처리 조건은 예컨대 다음과 같다.

[0088] 처리 온도: 250℃ 내지 600℃, 바람직하게는 300℃ 내지 600℃

[0089] 처리 압력: 1Pa 내지 100Pa, 바람직하게는 1Pa 내지 50Pa

[0090] 단체 가스 공급 유량: 0.1slm 내지 3.0slm, 바람직하게는 0.2slm 내지 1.0slm

[0091] 단체 가스 공급 시간: 5초 내지 60초, 바람직하게는 5초 내지 20초

[0092] 화합물 가스 공급 유량: 0.05slm 내지 1.0slm, 바람직하게는 0.1slm 내지 0.5slm

[0093] 화합물 가스 공급 시간: 5초 내지 60초, 바람직하게는 5초 내지 20초

[0094] 불활성 가스 공급 유량(R1 내지 3마다): 0slm 내지 10slm, 바람직하게는 0slm 내지 1.5slm

[0095] 고주파 전력(RF 전력): 50W 내지 1,000W, 바람직하게는 50W 내지 300W

[0096] 전술한 조건 하에서 웨이퍼(200)에 대하여 플라즈마 여기된 단체 가스와 화합물 가스를 공급하는 것에 의해, 스텝A에서 웨이퍼(200)의 표면 상에 형성된 제1층(Si 함유층)으로부터 할로겐 원소인 Cl이 탈리되도록 제1층이 개질된다. 또한 제1층의 일부가 예컨대 질화되도록 개질된다. 이와 같이 하여 웨이퍼(200)의 표면 상에 제1층을

개질한 층(이하, 개질층이라고 부른다)이 형성된다. 이하, 구체적으로 설명한다.

[0097] 전술한 조건 하에서 단체 가스를 플라즈마 여기시켜서 웨이퍼(200)에 대하여 활성종X를 포함하는 단체 가스를 공급하는 것에 의해 웨이퍼(200) 상에 형성된 제1층으로부터 Cl을 탈리시킬 수 있다.

[0098] 하지만 단체 가스가 웨이퍼(200)의 측방으로부터 공급되는 경우에는, 처리실(201) 내에 공급된 활성종X는 웨이퍼(200)의 외주부로부터 중앙부를 향하여 유입된다. 이에 의해 처리실(201) 내에 공급된 활성종X(예컨대 H_2^*)는 예컨대 웨이퍼(200)의 외주부에 형성된 제1층 상의 Cl과 결합되어 소비(배출)되어, 중앙부에 도달하기 어려운 경향이 있다. 그렇기 때문에 웨이퍼(200)의 중앙부에서의 Cl의 탈리의 정도는, 웨이퍼(200)의 외주부에서의 Cl의 탈리의 정도보다 약해지고, 웨이퍼(200)의 중앙부에서의 Cl 농도는 외주부에서의 Cl 농도보다 높아지는 경우가 있었다.

[0099] 그래서 본 스텝에서는 플라즈마 여기된 화합물 가스를 그 공급량(본 실시 형태에서는 공급 유량)이 플라즈마 여기된 단체 가스의 공급량(본 실시 형태에서는 공급 유량)의 1/2 미만이 되도록 웨이퍼(200)의 측방으로부터 공급한다. 이러한 조건 하에서 처리실(201) 내에 공급된 활성종Z는 웨이퍼(200)의 외주부로부터 중앙부를 향하여 유입된다. 본 스텝에서의 화합물 가스의 공급량은 단체 가스의 공급량에 비해 소량이기 때문에, 처리실(201) 내에 공급된 활성종Z(예컨대 NH_3^*)은 예컨대 웨이퍼(200)의 외주부에 형성된 제1층 상의 Si와 결합되어 소비되고, 중앙부에는 대부분 도달하지 않는다. 이에 의해 웨이퍼(200)의 외주부에서의 Cl 탈리의 저해의 정도를 중앙부에서의 Cl 탈리의 저해의 정도보다 강하게 할 수 있다. 따라서 활성종X에 의한 웨이퍼(200)의 외주부에서의 Cl의 탈리의 정도를 중앙부에서의 Cl의 탈리의 정도와 같은 정도로 할 수 있고, 외주부에서의 Cl 농도를 중앙부에서의 Cl 농도와 동일한 Cl 농도로 하는 것이 가능해진다. 여기서 「동일한 Cl 농도」란 Cl 농도가 완전히 일치하는 것에 더해, 소정의 오차 범위를 포함하는 의미에서 사용하는 것으로 한다. 소정의 오차 범위란 예컨대 웨이퍼(200)의 외주부와 중앙부와에서의 Cl 농도의 비율(외주부)/(중앙부)이 0.80 이상 1.20 이하에 있는 것을 말한다.

[0100] 또한 웨이퍼(200)에 대하여 활성종Z를 공급하는 것에 의해 제1층으로부터의 Cl의 탈리를 저해할 수 있는 것은, 웨이퍼(200)의 표면에 입체적인 구성을 가진 활성종Z가 흡착하는 것에 의해, 또한 극성을 가지는 활성종Z가 흡착하는 것에 의해, 활성종X의 제1층으로의 도달이 저해되기 때문이라고 생각된다.

[0101] 플라즈마 여기된 단체 가스의 공급량에 대한 플라즈마 여기된 화합물 가스의 공급량의 비율이 1/2 이상이 되면, 공급된 활성종Z 중, Cl의 탈리를 저해하는 효과를 발생시키는 양 이상의 양이 웨이퍼(200)의 중앙부에 도달하여, 제1층의 거의 전면에서 Cl의 탈리가 저해되는 경우가 있다. 즉 플라즈마 여기된 단체 가스의 공급량에 대한 플라즈마 여기된 화합물 가스의 공급량의 비율이 1/2 이상이 되면, 활성종X를 공급하는 것에 의해 얻어진 Cl의 탈리 효과가 웨이퍼(200)의 면내 전체에 걸쳐서 억제되고, 활성종X에 의한 Cl의 탈리 효과를 충분히 얻지 못하게 되는 경우가 있다. 플라즈마 여기된 단체 가스의 공급량에 대한 플라즈마 여기된 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 중앙부로의 활성종Z의 도달을 제한하고, 중앙부에서의 활성종X에 의한 Cl의 탈리 효과를 유지한 상태에서, 외주부에서의 활성종Z에 의한 Cl의 탈리 억제 효과를 얻을 수 있다.

[0102] 처리 온도가 250℃ 미만이 되면, 활성종X에 의한 Cl의 탈리 반응이 일어나기 어려워지는 경우가 있다. 처리 온도를 250℃ 이상으로 하는 것에 의해 활성종X에 의한 Cl의 탈리 반응을 촉진시키는 것이 가능해진다. 처리 온도를 300℃ 이상으로 하는 것에 의해, 활성종X에 의한 Cl의 탈리 반응을 보다 확실하게 진행시키는 것이 가능해진다.

[0103] 처리 온도가 600℃를 초과하면, 활성종Z에 의한 Cl의 탈리 저해 반응이 일어나기 어려워지는 경우가 있다. 처리 온도를 600℃ 이하로 하는 것에 의해 활성종Z에 의한 Cl의 탈리 저해 반응을 촉진시키는 것이 가능해진다.

[0104] 웨이퍼(200) 상에 개질층을 형성한 후, 밸브(243b, 243f)를 닫고, 플라즈마 생성용 전극으로의 RF 전력의 인가를 정지하고, 처리실(201) 내로의 단체 가스, 화합물 가스의 공급을 정지한다. 이때 밸브(243d, 243e, 243g)를 연 상태로 하여 불활성 가스의 처리실(201) 내로의 공급을 유지한다.

[0105] 단체 가스로서는 전술한 H_2 가스 외에 예컨대 질소(N_2) 가스나, 아르곤(Ar) 가스, 헬륨(He) 가스 등의 희가스나, 이들 중 적어도 어느 하나를 이용할 수 있다.

[0106] 단체 가스로서 예컨대 N_2 가스를 이용하는 경우에는, N_2 가스가 플라즈마 여기되어 N^*, N_2^* 등의 활성종X가 생성된다. 단체 가스로서 예컨대 Ar 가스를 이용하는 경우에는, Ar 가스가 플라즈마 여기되어 Ar^* 등의 활성종X가 생성된다. 단체 가스로서 예컨대 He 가스를 이용하는 경우에는, He 가스가 플라즈마 여기되어 He^* 등의 활성종X가 생성된다.

[0107] 화합물 가스로서는 예컨대 암모니아(NH_3) 가스, 디아젠(N_2H_2) 가스, 히드라진(N_2H_4) 가스, N_3H_8 가스 등의 질화수소계 가스를 이용할 수 있다. 화합물 가스로서는 이들 중 1개 이상을 이용할 수 있다.

[0108] 화합물 가스로서 질화수소계 가스를 이용하는 경우에는, 질화수소계 가스가 플라즈마 여기되어 NH^*, NH_2^*, NH_3^* 등의 활성종Z가 생성된다.

[0109] [스텝C]

[0110] 스텝B가 종료된 후, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200), 즉 웨이퍼(200) 상에 형성된 개질층에 대하여 반응 가스를 플라즈마 여기시켜서 공급한다. 또한 본 실시 형태에서는 스텝B와 스텝C 사이에 처리실(201) 내의 퍼지는 수행하지 않는다.

[0111] 구체적으로는 APC 밸브(244)를 연 상태에서, 즉 처리실(201) 내를 배기한 상태에서 밸브(243c)를 열고 가스 공급관(232c) 내에 반응 가스를 흘린다. 반응 가스는 각각 MFC(241c)에 의해 유량 조정되어 노즐(249c)을 개재하여 처리실(201) 내에 공급되고, 배기구(231a)로부터 배기된다. 이때 웨이퍼(200)의 측방으로부터 웨이퍼(200)에 대하여 반응 가스가 공급된다(반응 가스 공급). 이때 밸브(243d, 243e, 243g)를 연 상태로 하여 불활성 가스의 처리실(201) 내로의 공급을 유지한다.

[0112] 또한 이때 플라즈마 생성용 전극으로의 RF 전력을 인가하는 것에 의해 가스 공급관(232c) 내에 공급된 반응 가스는 리모트 플라즈마 유닛(300c) 내에서 플라즈마 여기되어 활성종Y가 생성된다. 이와 같이 하여 생성된 활성종Y를 포함하는 반응 가스가 웨이퍼(200)에 대하여 공급된다(플라즈마 여기 반응 가스 공급).

[0113] N을 함유하는 반응 가스로서 예컨대 N 및 H를 함유하는 질화수소계 가스를 이용하는 경우에는, 질화수소계 가스가 플라즈마 여기되어 NH^*, NH_2^*, NH_3^* 등의 활성종Y가 생성되고, 웨이퍼(200)에 대하여 공급된다.

[0114] 본 스텝에서의 처리 조건은 예컨대 다음과 같다.

[0115] 처리 온도: 250℃ 내지 600℃, 바람직하게는 300℃ 내지 600℃

[0116] 처리 압력: 1Pa 내지 100Pa, 바람직하게는 1Pa 내지 50Pa

[0117] 반응 가스 공급 유량: 0.1slm 내지 10slm, 바람직하게는 0.5slm 내지 5.0slm

[0118] 반응 가스 공급 시간: 1초 내지 60초, 바람직하게는 10초 내지 40초

[0119] 불활성 가스 공급 유량(R1 내지 R3마다): 0slm 내지 10slm, 바람직하게는 0slm 내지 1.5slm

[0120] 고주파 전력(RF 전력): 50W 내지 1,000W, 바람직하게는 50W 내지 300W

[0121] 전술한 처리 조건 하에서 웨이퍼(200)에 대하여 반응 가스를 공급하는 것에 의해, 스텝B에서 웨이퍼(200)의 표면 상에 형성된 개질층의 적어도 일부가 질화(개질)된다. 결과적으로 웨이퍼(200)의 표면 상에 제2층으로서 Si 및 N을 포함하는 층인 실리콘질화층(SiN층)이 형성된다. 제2층을 형성할 때, 개질층에 포함되었던 Cl 등의 불순물은, 플라즈마 여기된 반응 가스에 의한 개질 반응의 과정에서 적어도 Cl을 포함하는 가스상 물질을 구성하고, 처리실(201) 내로부터 배출된다. 이에 의해 제2층은 스텝B에서 형성된 개질층에 비해 Cl 등의 불순물이 적은 층이 된다.

[0122] 처리 온도가 250℃ 미만이 되면, 반응 가스가 열분해되기 어려워져, 제2층의 형성이 곤란해지는 경우가 있다. 처리 온도를 250℃ 이상으로 하는 것에 의해 제2층을 형성하는 것이 가능해진다. 처리 온도를 300℃ 이상으로 하는 것에 의해 제2층을 확실하게 형성하는 것이 가능해진다.

[0123] 처리 온도가 600℃를 초과하면, 반응 가스의 열분해가 과잉이 되어 제2층의 형성이 곤란해지는 경우가 있다. 처리 온도를 600℃ 이하로 하는 것에 의해 반응 가스의 과잉한 열분해를 억제하여, 제2층을 형성하는 것이 가능해

진다.

[0124] 웨이퍼(200) 상에 제2층을 형성한 후, 밸브(243c)를 닫고 플라즈마 생성용 전극으로의 RF 전력의 인가를 정지하고, 처리실(201) 내로의 반응 가스의 공급을 정지한다. 그리고 스텝A에서의 퍼지와 마찬가지의 처리 순서, 처리 조건에 의해 처리실(201) 내에 잔류하는 가스 등을 처리실(201) 내로부터 배제한다.

[0125] 반응 가스로서는 예컨대 NH_3 가스, N_2H_2 가스, N_2H_4 가스, N_3H_8 가스 등의 질화수소계 가스를 이용할 수 있다. 반응 가스로서는 이들 중 1개 이상을 이용할 수 있다.

[0126] 반응 가스로서는 이것들 외에 예컨대 N, C 및 H 함유 가스도 이용할 수 있다. N, C 및 H 함유 가스로서는 예컨대 아민계 가스나 유기 히드라진계 가스를 이용할 수 있다. N, C 및 H 함유 가스는 N 함유 가스이자, C 함유 가스이자, H 함유 가스이자, N 및 C 함유 가스이기도 한다.

[0127] 반응 가스로서는 예컨대 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, 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 가스 등을 이용할 수 있다. 반응 가스로서는 이들 중 1개 이상을 이용할 수 있다. 또한 반응 가스는 화합물 가스와 같은 가스이어도 좋고, 또한 다른 가스이어도 좋다. 같은 가스를 이용하는 경우, 활성종Z와 활성종Y는 같은 활성종이어도 좋다.

[0128] [사이클의 소정 횟수 실시]

[0129] 전술한 스텝A, 스텝B, 스텝C를 비동시에, 즉 동기시키지 않고 수행하는 사이클을 소정 횟수(n회, n은 1 이상의 정수) 수행하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 표면 상에 SiN막을 형성할 수 있다. 전술한 사이클은 복수 회 반복하는 것이 바람직하다. 즉 1사이클 당 형성되는 SiN층의 두께를 원하는 막 두께보다 얇게 하고, SiN층을 적층하는 것에 의해 형성되는 막의 막 두께가 원하는 막 두께가 될 때까지, 전술한 사이클을 복수 회 반복하는 것이 바람직하다.

[0130] 전술한 스텝B에서, 제1층으로부터 Cl을 탈리시키는 것에 의해 전술한 사이클을 반복해서 형성되는 SiN막의 웨트 에칭 레이트(WER)을 저하시킬 수 있다.

[0131] 전술한 스텝B에서 웨이퍼(200)의 외주부에서의 Cl 농도를, 웨이퍼(200)의 중앙부에서의 Cl 농도와(실질적으로) 동일 농도로 하는 것에 의해, 전술한 사이클을 반복해서 형성되는 SiN막의 중앙부와 외주부에서의 WER을 실질적으로 같은 정도로 할 수 있다. 이에 의해 SiN막의 웨트 에칭 처리의 웨이퍼 면내에서의 균일성(이하, 단순히 면내 균일성이라고도 부른다)을 향상시킬 수 있다. 즉 SiN막의 중앙부와 외주부에서의 막 특성을 실질적으로 같은 정도로 해서 SiN막의 막 특성의 면내 균일성을 향상시킬 수 있다.

[0132] (애프터 퍼지 및 대기압 복귀)

[0133] 웨이퍼(200) 상에 원하는 두께의 질화막을 형성하는 처리가 완료된 후, 노즐(249a 내지 249c)의 각각으로부터 퍼지 가스로서 불활성 가스를 처리실(201) 내에 공급하고, 배기구(231a)로부터 배기한다. 이에 의해 처리실(201) 내가 퍼지되고, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스나 반응 부생성물 등이 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).

[0134] (보트 언로드 및 웨이퍼 디스차지)

[0135] 그 후, 보트 엘리베이터(115)에 의해 씰 캡(219)이 하강되어 반응관(203)의 하단이 개구된다. 그리고 처리 완료된 웨이퍼(200)가 보트(217)에 지지된 상태에서 반응관(203)의 하단으로부터 반응관(203)의 외부에 반출(보트 언로드)된다. 그 후 처리 완료된 웨이퍼(200)는 보트(217)로부터 취출(取出)된다(웨이퍼 디스차지).

[0136] (3) 본 형태에 따른 효과

[0137] 본 형태에 따르면, 이하에 나타내는 1개 또는 복수의 효과를 얻을 수 있다.

[0138] (a) 스텝B에서 단체 가스를 공급하는 것에 의해, 활성종X에 의해 제1층으로부터 Cl을 탈리시킬 수 있다. 이에 의해 제1층을 치밀화시키고, 최종적으로 웨이퍼(200) 상에 형성되는 막을 WER이 낮은 막으로 하는 것이 가능해

진다. 또한 스텝B에서 화합물 가스를 공급하는 것에 의해, 활성종Z에 의해 제1층으로부터의 Cl의 탈리를 저해시키고, 웨이퍼(200)의 면내에서의 활성종X에 의한 Cl의 탈리의 정도의 분포를 제어할 수 있다.

[0139] 또한 스텝B에서 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 것에 의해, 웨이퍼(200)의 외주부에서의 Cl의 탈리의 정도가 웨이퍼(200)의 중앙부에서의 Cl의 탈리의 정도보다 강한 상황 하에서, 웨이퍼(200)의 외주부에서의(Cl 탈리의) 저해의 정도를 웨이퍼(200)의 중앙부에서의(Cl 탈리의) 저해의 정도보다 강하게 할 수 있다. 이에 의해 스텝B를 수행한 후의, 웨이퍼(200)의 외주부에서의 제1층 중의 Cl 농도를 웨이퍼(200)의 중앙부에서의 제1층 중의 Cl 농도와 동일한 Cl 농도로 할 수 있다. 그 결과, 최종적으로 웨이퍼(200) 상에 형성되는 막의 중앙부와 외주부에서의 WER을 실질적으로 같은 정도로 할 수 있고, 상기 막을 WER의 면내 균일성이 뛰어난 막으로 할 수 있다. 이상으로부터, WER이 낮고, WER의 면내 균일성이 뛰어난 막을 형성하는 것이 가능해진다. 즉 막 특성이 뛰어나고, 막 특성의 면내 균일성이 뛰어난 막을 형성하는 것이 가능해진다.

[0140] (b) 또한 스텝B에서 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/3 이하로 하는 것에 의해, WER이 낮고, WER의 면내 균일성이 뛰어난 막을 확실하게 형성하는 것이 가능해진다. 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/3 초과로 한 경우, 특히 웨이퍼(200)의 중앙부에서의 Cl 농도를 충분히 저감시킬 수 없어, 원하는 WER의 면내 균일성을 얻지 못하는 경우가 있다.

[0141] (c) 스텝B에서 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 것에 의해, 스텝A 내지 스텝C에서의 처리 온도를 250℃ 내지 600℃라는 비교적 저온으로 해도 WER이 낮고, WER의 면내 균일성이 뛰어난 막을 형성하는 것이 가능해진다. 스텝A 내지 스텝C에서의 처리 온도를 비교적 저온으로 할 수 있는 것에 의해, 처리로(202)나 웨이퍼(200)에 주어지는 손상을 작게 할 수 있다.

[0142] (d) 스텝B에서 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 하는 것에 의해, 단체 가스와 화합물 가스 중 어느 하나의 가스도, 웨이퍼(200)의 측방으로부터 공급하는 소위 종형(縦型) 처리로를 이용해서 처리한 경우에도 WER이 낮고, WER의 면내 균일성이 뛰어난 막을 형성하는 것이 가능해진다. 한 번에 복수 매의 웨이퍼(200)를 처리하는 뱃치(batch)식의 종형 처리로를 이용할 수 있으므로, 성막 처리의 생산성을 향상시킬 수 있다.

[0143] <본 개시의 다른 형태>

[0144] 이상, 본 개시의 형태를 구체적으로 설명했지만, 본 개시는 전술한 형태에 한정되지 않고, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 다양한 변경이 가능하다.

[0145] 전술한 형태에서는 실리콘질화막을 이용하는 예에 대해서 설명했지만, 본 개시는 이에 한정되지 않는다. 예컨대 본 개시는 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 탄탈(Ta), 니오브(Nb), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 이트륨(Y), 스트론튬(Sr), 란탄(La), 루테늄(Ru), 알루미늄(Al) 등의 금속 원소를 주원소로서 포함하는 질화막(금속질화막)을 형성하는 경우에도 바람직하게 적용 가능하다.

[0146] 예컨대 원료 가스로서 티타늄테트라클로라이드($TiCl_4$) 가스, 하프늄테트라클로라이드($HfCl_4$) 가스, 탄탈펜타클로라이드($TaCl_5$) 가스, 트리메틸알루미늄($Al(CH_3)_3$, 약칭: TMA) 가스 등을 이용하여, 이하에 나타내는 성막 시퀀스에 의해 웨이퍼(200) 상에 티타늄질화막(TiN막), 하프늄질화막(HfN막), 탄탈질화막(TaN막), 알루미늄질화막(AlN막) 등의 금속질화막을 형성하는 경우에서도 본 개시는 바람직하게 적용 가능하다.

[0147] $(TiCl_4 \rightarrow H_2^* \rightarrow NH_3^*) \times n \Rightarrow TiN$

[0148] $(HfCl_4 \rightarrow H_2^* \rightarrow NH_3^*) \times n \Rightarrow HfN$

[0149] $(TaCl_5 \rightarrow H_2^* \rightarrow NH_3^*) \times n \Rightarrow TaN$

[0150] $(TMA \rightarrow H_2^* \rightarrow NH_3^*) \times n \Rightarrow AlN$

[0151] 이때의 성막 처리의 처리 순서, 처리 조건은 전술한 형태나 변형예의 처리 순서, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다. 이 경우에서도 전술한 형태나 변형예와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다. 즉 본 개시는 Si 등의 반금속 원소를 주원소로서 포함하는 반금속질화막을 형성하는 경우나, 전술한 각종 금속 원소를 주원소로서 포함하는 금속질화막을 형성하는 경우에 바람직하게 적용할 수 있다.

[0152] 전술한 형태에서는 스텝B에서의 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 조정을, 단체 가스의 공급 유량에 대한 화합물 가스의 공급 유량을 조정하는 것에 의해 수행하는 예에 대해서 설명했지만, 본 개시는 이에 한정되지 않는다. 예컨대 처리실(201) 내에서의 단체 가스의 분압에 대한 화합물 가스의 분압, 단체 가스의 농도에 대한 화합물 가스의 농도, 단체 가스의 공급 시간에 대한 화합물 가스의 공급 시간 중 적어도 어느 하나를 조정하는 것에 의해 수행해도 좋다. 구체적으로는 단체 가스의 분압에 대한 화합물 가스의 분압의 비율, 단체 가스의 공급 유량에 대한 화합물 가스의 공급 유량의 비율, 단체 가스의 농도에 대한 화합물 가스의 농도의 비율, 단체 가스의 공급 시간에 대한 화합물 가스의 공급 시간의 비율, 또는 이들 중 2개 이상을 1/2 미만으로 하는 것에 의해 단체 가스의 공급량에 대한 화합물 가스의 공급량의 비율을 1/2 미만으로 해도 좋다. 이러한 경우에서도 전술한 형태에서의 효과와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0153] 전술한 형태에서는 스텝B에서의 웨이퍼(200)에 대한 단체 가스의 공급과 화합물 가스의 공급을 동시에 시작 및 정지하는 예에 대해서 설명했지만, 본 개시는 이에 한정되지 않는다. 예컨대 화합물 가스의 공급을 단체 가스의 공급의 시작보다 전에 시작하고, 그 후에 단체 가스와 화합물 가스를 동시에 공급해도 좋다. 또한 단체 가스와 화합물 가스를 동시에 공급한 상태에서 화합물 가스의 공급을 단체 가스의 공급의 정지보다 전에 정지하고, 그 후에 단체 가스의 공급을 정지해도 좋다. 이러한 경우에서도 전술한 형태에서의 효과와 마찬가지인 효과를 얻을 수 있다.

[0154] 전술한 형태에서는 단체 가스를 리모트 플라즈마 유닛(300b) 내에서, 또한 화합물 가스를 리모트 플라즈마 유닛(300c) 내에서 각각 플라즈마 여기시키고, 활성종X 및 활성종Z를 각각 노즐(249b) 및 노즐(249c)을 개재하여 개별로 처리실(201) 내에 공급하는 예에 대해서 설명했지만, 본 개시는 이에 한정되지 않는다. 예컨대 단체 가스와 화합물 가스를 공급관 내에서 혼합한 후, 혼합된 양 가스를 1개의 리모트 플라즈마 유닛 내에서 플라즈마 여기시키는 것에 의해 활성종X 및 활성종Z를 생성시켜도 좋다. 이 경우, 활성종X 및 활성종Z를 포함하는 단체 가스 및 화합물 가스의 혼합 가스가 웨이퍼(200)에 대하여 공급된다.

[0155] 전술한 형태에서는 스텝A에서의 원료 가스의 공급은 플래시 플로우에 의해 수행하는 예에 대해서 설명했지만, 본 개시는 이에 한정되지 않는다. 예컨대 스텝B, 스텝C에서의 가스의 공급 방법과 마찬가지의 방법으로 공급해도 좋다. 이 경우에서도 전술한 형태에서의 효과와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0156] 각 처리에 이용되는 레시피는 처리 내용에 따라 개별로 준비하고, 전기 통신 회선이나 외부 기억 장치(123)를 개재하여 기억 장치(121c) 내에 격납해두는 것이 바람직하다. 그리고 각 처리를 시작할 때, CPU(121a)가, 기억 장치(121c) 내에 격납된 복수의 레시피 중으로부터 처리 내용에 따라 적절한 레시피를 적절히 선택하는 것이 바람직하다. 이에 의해 1대(臺)의 기판 처리 장치에서 다양한 막종, 조성비, 막질, 막 두께의 막을 재현성 좋게 형성할 수 있게 된다. 또한 오퍼레이터의 부담을 저감할 수 있고, 조작 실수를 회피하면서 각 처리를 신속하게 시작할 수 있게 된다.

[0157] 전술한 레시피는 새로 작성하는 경우에 한정되지 않고, 예컨대 기판 처리 장치에 이미 인스톨된 기존의 레시피를 변경하는 것에 의해 준비해도 좋다. 레시피를 변경하는 경우에는 변경 후의 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 인스톨된 기존의 레시피를 직접 변경해도 좋다.

[0158] 전술한 형태에서는 핫 월형의 처리로를 포함하는 기판 처리 장치를 이용해서 막을 형성하는 예에 대해서 설명했다. 본 개시는 전술한 형태에 한정되지 않고, 콜드 월형의 처리로를 포함하는 기판 처리 장치를 이용해서 막을 형성하는 경우에도 바람직하게 적용할 수 있다.

[0159] 이러한 기판 처리 장치를 이용하는 경우에서도 전술한 형태와 마찬가지의 처리 순서, 처리 조건으로 각 처리를 수행할 수 있고, 전술한 형태와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0160] 전술한 형태는 적절히 조합해서 이용할 수 있다. 이때의 처리 순서, 처리 조건은 예컨대 전술한 형태의 처리 순서, 처리 조건과 마찬가지로 할 수 있다.

[0161] <실시예>

[0162] (실시예)

[0163] 전술한 기판 처리 장치를 이용하여 이하의 성막 시퀀스를 수행하는 것에 의해 웨이퍼 상에 SiN막을 형성하고, 샘플 1 내지 샘플 6을 제작했다(도 5 참조).

[0164] 샘플 1: (원료 가스 → 퍼지 → 플라즈마 여기 반응 가스 → 퍼지)×n

[0165] 샘플 2: (원료 가스 → 퍼지 → 플라즈마 여기 반응 가스 → 퍼지)×n

[0166] 샘플 3: (원료 가스 → 퍼지 → 플라즈마 여기 화합물 가스 → 플라즈마 여기 반응 가스 → 퍼지)×n

[0167] 샘플 4: (원료 가스 → 퍼지 → 플라즈마 여기 단체 가스 → 플라즈마 여기 반응 가스 → 퍼지)×n

[0168] 샘플 5: (원료 가스 → 퍼지 → 플라즈마 여기 단체 가스 및 화합물 가스 → 플라즈마 여기 반응 가스 → 퍼지)×n

[0169] 샘플 6: (원료 가스 → 퍼지 → 플라즈마 여기 단체 가스 및 화합물 가스 → 플라즈마 여기 반응 가스 → 퍼지)×n

[0170] 또한 도 5에서는 단체 가스, 반응 가스, 화합물 가스를 여기시켜서 각각 활성종X, 활성종Y, 활성종Z를 공급한 것을 도시한다.

[0171] 원료 가스로서는 DCS 가스를, 단체 가스로서는 H_2 가스를, 화합물 가스, 반응 가스로서는 각각 NH_3 가스를, 불활성 가스로서는 N_2 가스를 이용했다. 단, 샘플 6에서는 단체 가스로서 N_2 가스를 이용했다.

[0172] 처리 조건은 전술한 형태에 나타내는 각 스텝에서의 처리 조건 범위 내의 소정의 조건으로 했다. 단, 샘플 2에서는 원료 가스를 공급한 후에 수행하는 퍼지의 실시 시간을 30초로 장시간으로 했다.

[0173] 샘플 1 내지 샘플 6을 제작한 후, 샘플 1 내지 샘플 6의 각각에 대해서 웨이퍼 상에 형성된 SiN막의 소정의 복수 개소(箇所)에서의 WER을 측정했다. 도 6에 그 측정 결과를 도시한다.

[0174] 도 6의 세로축은 1% 농도의 불산(1% HF 수용액)에 대한 SiN막의 WER(Å/분)을 도시한다. 도 6의 가로축은 지름 300mm의 웨이퍼의 지름 상에서의 SiN막의 소정의 위치를 도시한다. 예컨대 -150(mm)은 웨이퍼의 지름상의 일단부(一端部)를, 0(mm)은 웨이퍼의 지름의 중점(웨이퍼의 중심점)을, 150(mm)은 웨이퍼의 지름 상의 타단부(他端部)를 각각 도시한다. 도 6 중의 ●, ■, ×, △, ◇, ■은 순서대로 샘플 1 내지 샘플 6의 측정 결과를 도시한다.

[0175] 도 6에 도시하는 바와 같이, 샘플 1의 WER이 가장 높아지는 것이 확인되었다. 또한 샘플 2의 WER이 두 번째로, 샘플 3의 WER이 세 번째로 높아지는 것이 확인되었다. 이것들에 의해 원료 가스 공급 후의 퍼지 시간을 길게 해도, 또한 원료 가스 공급 후에 화합물 가스를 공급해도 WER을 크게 저하시키지 않는다는 것을 알았다.

[0176] 이에 대하여 샘플 4는 WER이 크게 저하되고 있음이 확인되었다. 이에 의해 원료 가스 공급 후에 단체 가스를 공급하면, WER을 낮게 할 수 있다는 것을 알았다. 한편, 샘플 4는 샘플 1 내지 샘플 3과 비교하여, 웨이퍼 면내에서의 WER이 크게 달라지는 것이 확인되었다. 구체적으로는 웨이퍼의 외주부와 중앙부에서의 WER의 차이가, 샘플 1 내지 샘플 3은 모두 2Å/분 이내인 것에 대해, 샘플 4는 5Å/분 정도가 되는 것이 확인되었다. 이에 의해 원료 가스 공급 후에 단체 가스(만)를 공급하면, WER을 저하시킬 수 있으나, 웨트 에칭 처리의 웨이퍼 면내에서의 균일성(면내 균일성)을 악화시킨다는 것을 알았다.

[0177] 샘플 5는 샘플 1 내지 샘플 3과 비교하여 WER을 저하시킬 수 있고, 면내 균일성도 양호하게 유지 할 수 있다는 것이 확인되었다. 구체적으로는 샘플 5는 웨이퍼의 외주부와 중앙부에서의 WER의 차이를 2Å/분 이내로 유지할 수 있다는 것이 확인되었다. 이상으로부터, 원료 가스의 공급 후에 단체 가스와 화합물 가스의 양방의 가스를 공급하는 것에 의해 WER을 저하시킬 수 있고, 면내 균일성도 양호하게 유지 할 수 있다는 것을 알았다. 또한 웨이퍼의 외주부와 중앙부에서의 WER의 비율(외주부)/(중앙부)은 0.80 이상 1.20 이하인 것이 바람직하다.

[0178] 또한 샘플 6도 샘플 5와 마찬가지의 결과를 얻는다는 것이 확인되었다. 이에 의해 단체 가스로서 N_2 가스를 이용한 경우에도 샘플 5와 마찬가지의 결과를 얻을 수 있다는 것을 알았다.

[0179] 또한 샘플 1 내지 샘플 6을 제작한 후, 샘플 4, 샘플 5에 대해서 웨이퍼 상에 형성된 SiN막의 소정의 개소에서의 WER과 Cl 농도를 측정했다. 도 7에 그 측정 결과를 도시한다.

[0180] 도 7의 세로축은 SiN막 중의 Cl 농도(atoms/cm^3)를 도시한다. 도 7의 가로축은 1% 농도의 불산(1% HF 수용액)에 대한 SiN막의 WER(Å/분)을 도시한다. 도 7 중의 0, ◎, △, ▽은 순서대,로 샘플 4의 웨이퍼의 외주부에서의 WER과 Cl 농도, 샘플 4의 웨이퍼의 중앙부에서의 WER과 Cl 농도, 샘플 5의 웨이퍼의 외주부에서의 WER과 Cl 농

도, 샘플 5의 웨이퍼의 중앙부에서의 WER과 Cl 농도를 도시한다.

[0181] 도 7에 도시하는 바와 같이 샘플 4에서는 웨이퍼의 외주부와 중앙부에서의 Cl 농도의 차이가 비교적 크다는 것이 확인되었다. 이에 대하여 샘플 5에서는 웨이퍼의 외주부와 중앙부와에서의 Cl 농도의 차이가 비교적 작다는 것이 확인되었다.

[0182] 또한 샘플 4에서는 웨이퍼의 외주부와 중앙부에서의 WER의 차이가 비교적 크다는 것, 즉 면내 균일성이 나쁘다는 것이 확인되었다. 이에 대하여 샘플 5에서는 웨이퍼의 외주부와 중앙부에서의 WER의 차이가 비교적 작다는 것, 즉 면내 균일성이 양호하다는 것이 확인되었다.

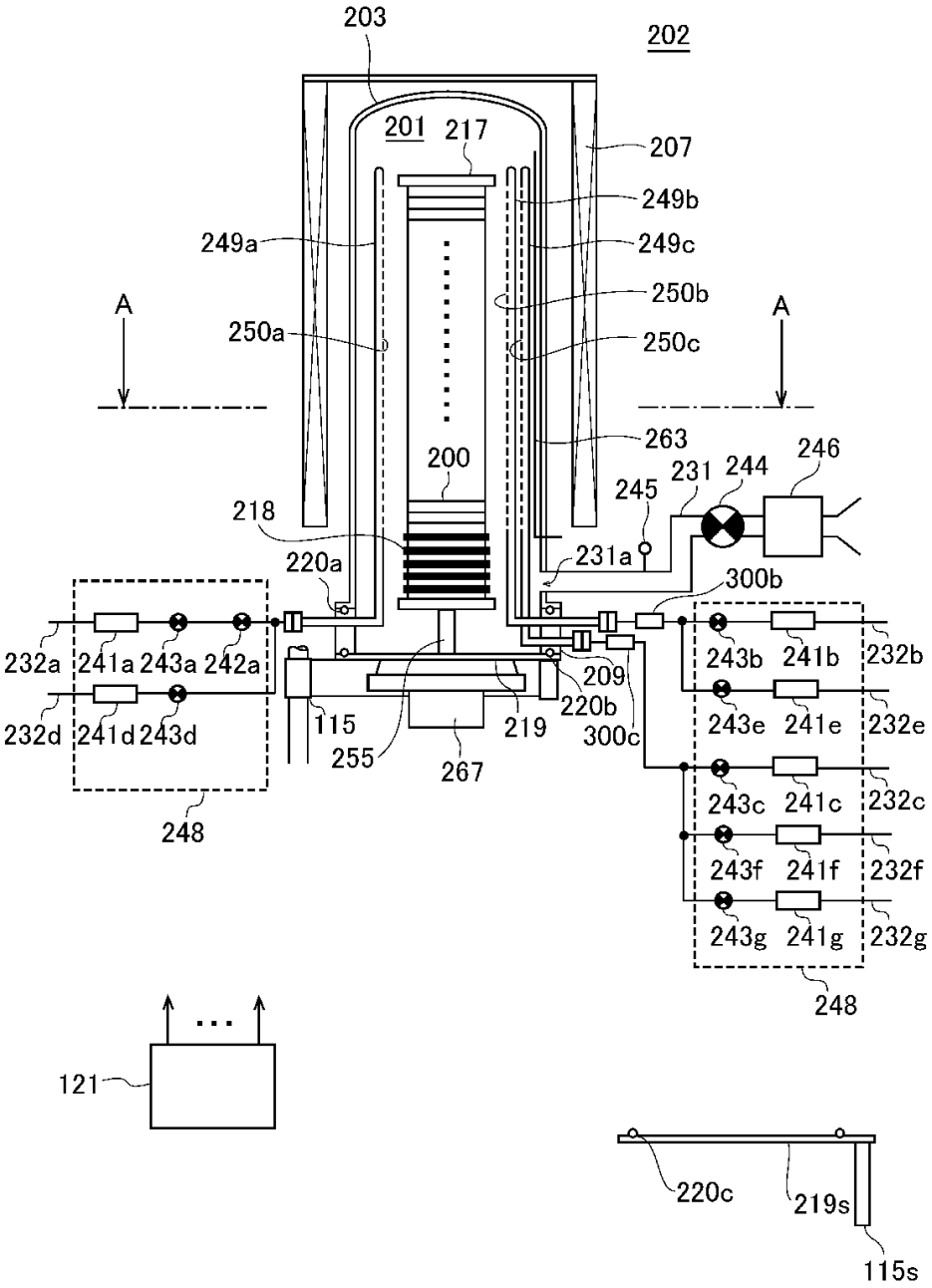
[0183] 이러한 결과에 의해, 웨이퍼의 외주부와 중앙부와에서의 Cl 농도의 차이의 대소와, WER의 면내 균일성의 양부(良否)는 상관되어 있으며, 웨이퍼의 외주부와 중앙부에서의 Cl 농도의 차이가 작아질수록, WER의 면내 균일성이 양호해진다는 것을 확인할 수 있었다.

부호의 설명

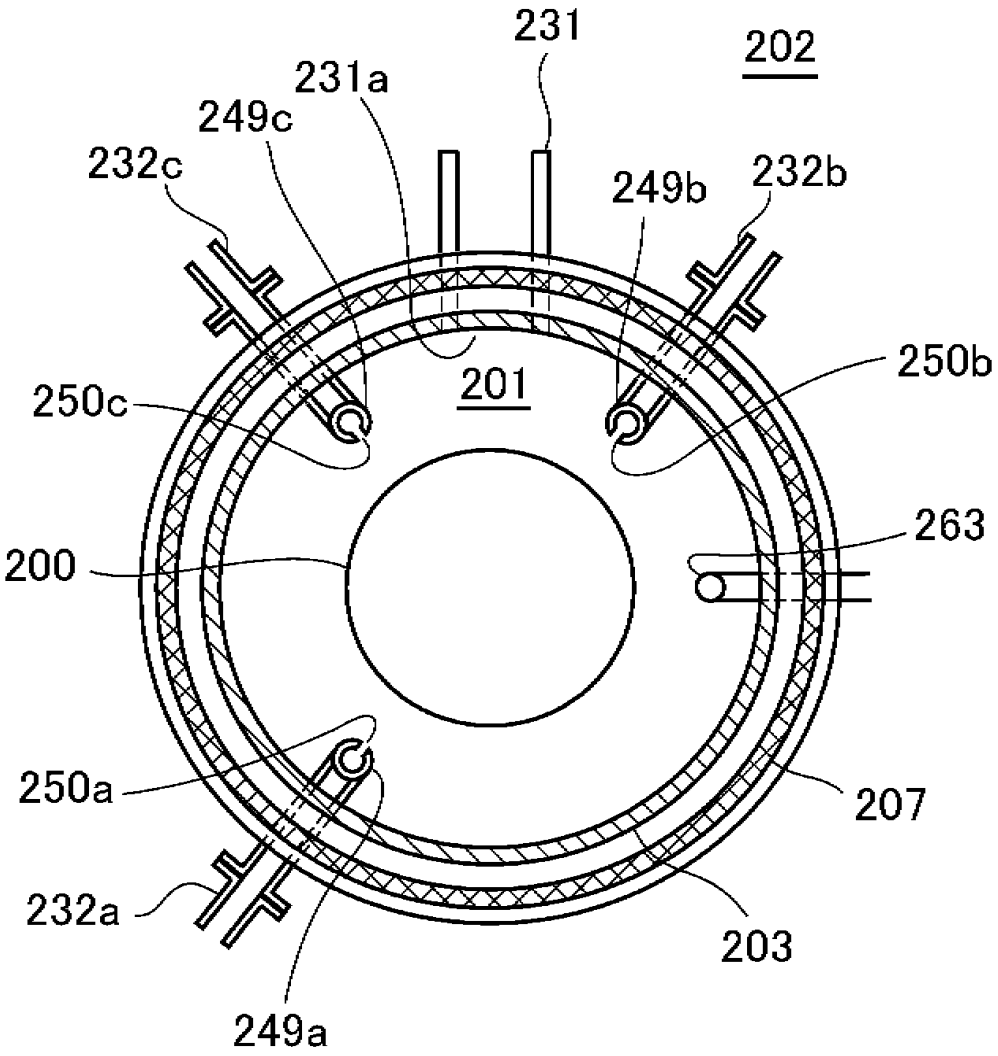
[0184] 200: 웨이퍼 201: 처리실

도면

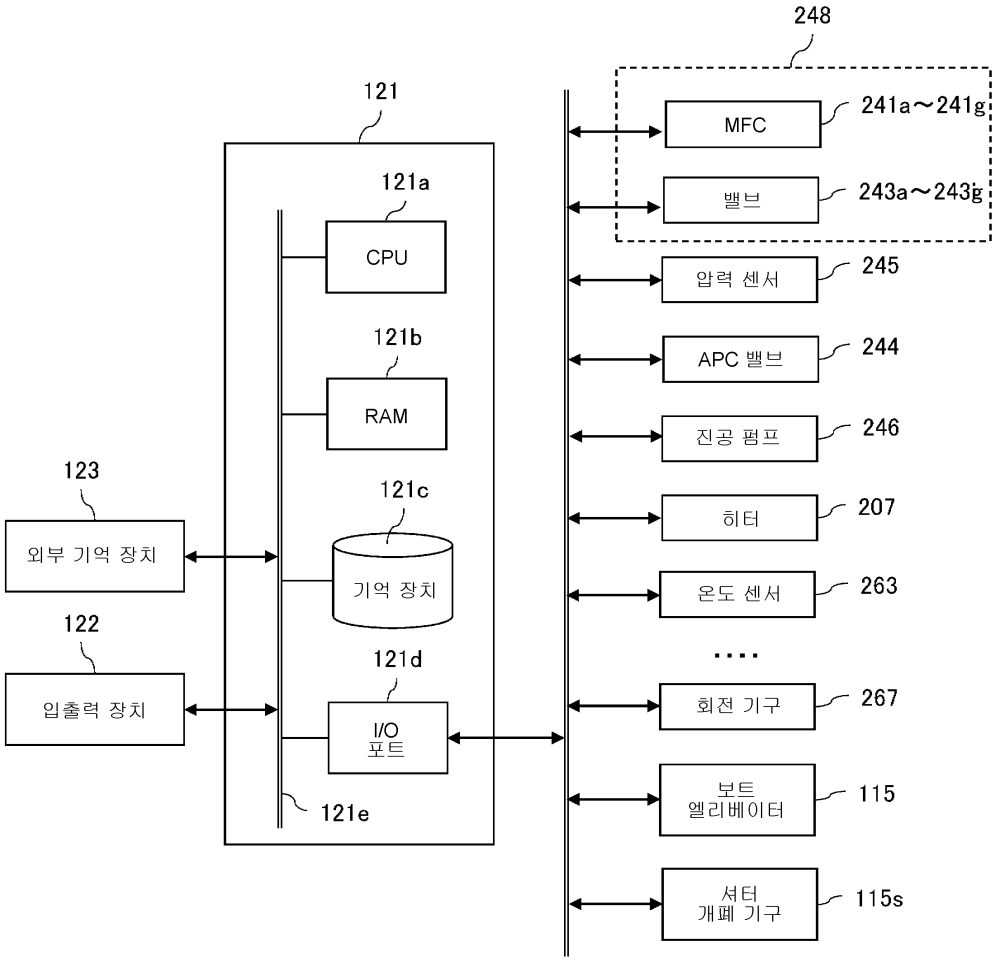
도면1


203
202
201
217
207
249b
249a
249c
250b
A
A
250a
250c
263
246
200
231
244
245
218
231a
220a
300b
232a
241a
243a
242a
209
243b
241b
232b
220b
232d
241d
243d
115
219
300c
243e
241e
232e
255
267
243c
241c
232c
243f
241f
232f
243g
241g
232g
248
248
121
220c
219s
115s

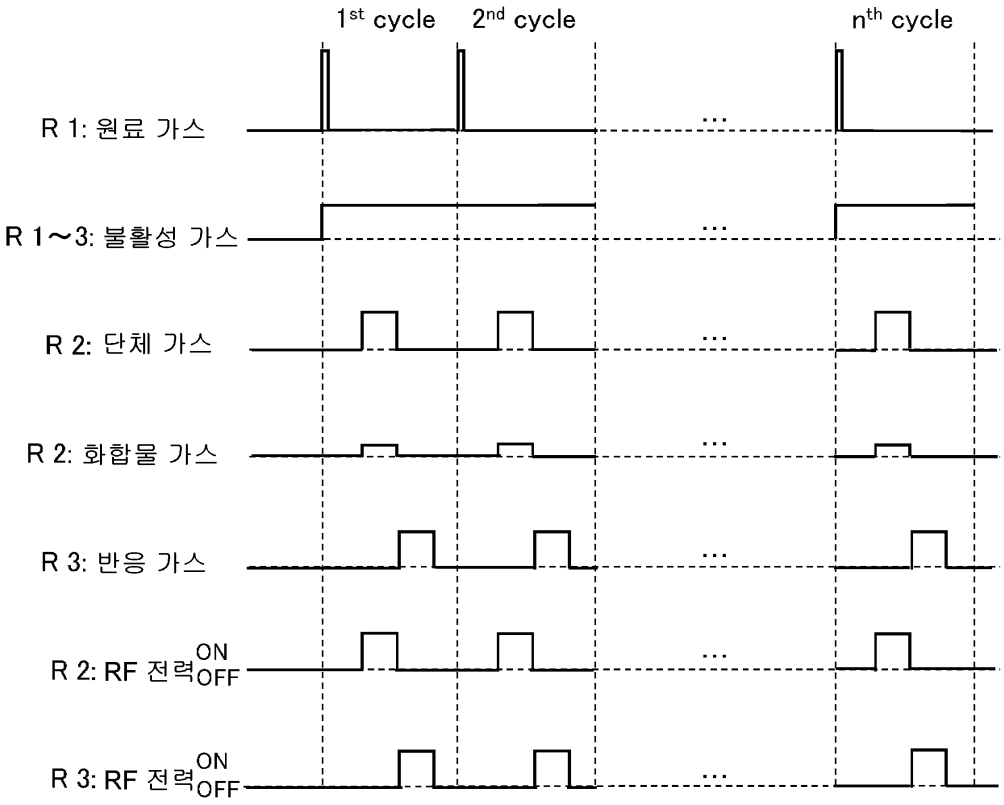
도면2


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

도면3


248
121
121a
CPU
121b
RAM
123
외부 기억 장치
121c
기억 장치
122
입출력 장치
121d
I/O
포트
121e
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

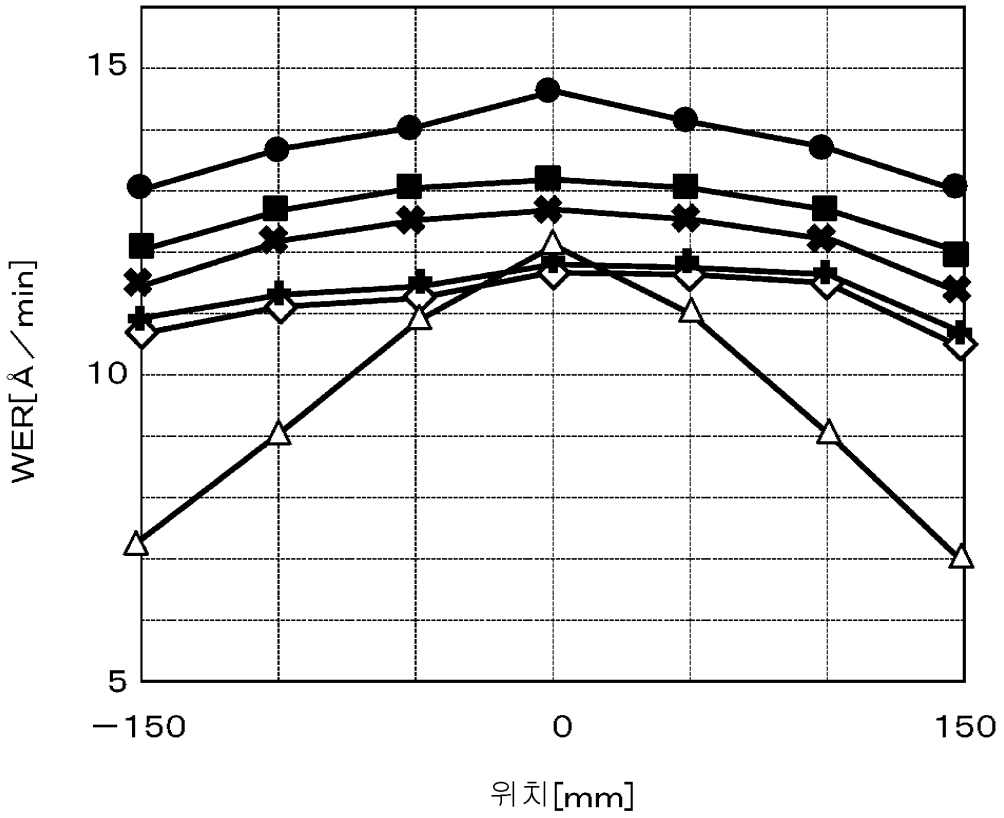
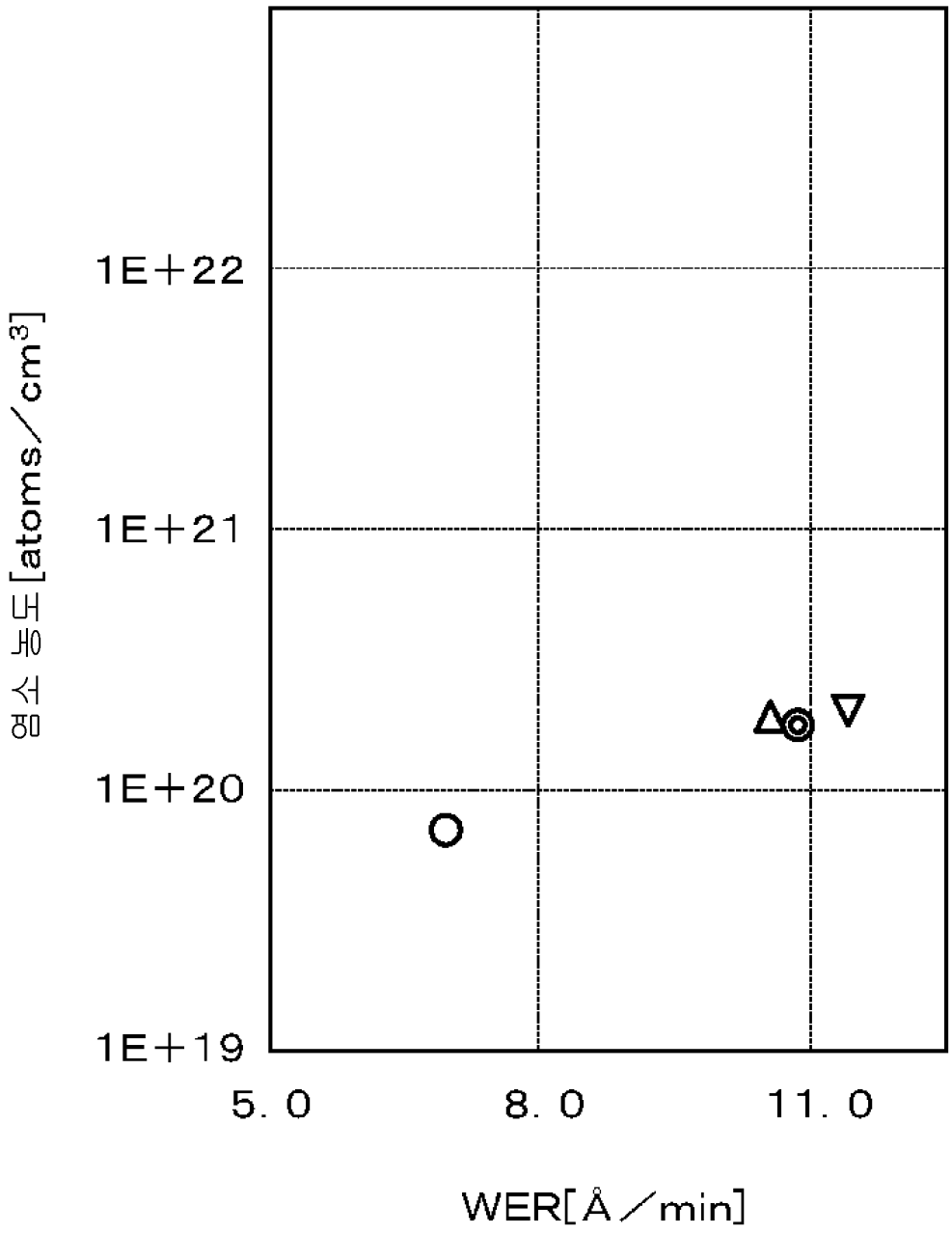
도면4



도면5

샘플 1	원료 가스	퍼지	활성종Y	퍼지
샘플 2	원료 가스	퍼지	활성종Y	퍼지
샘플 3	원료 가스	퍼지	활성종Z	활성종Y	퍼지
샘플 4	원료 가스	퍼지	활성종X	활성종Y	퍼지
샘플 5	원료 가스	퍼지	활성종(X+Z)	활성종Y	퍼지
샘플 6	원료 가스	퍼지	활성종(X+Z)	활성종Y	퍼지

도면6



도면7