



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년05월17일
(11) 등록번호 10-1737215
(24) 등록일자 2017년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/285 (2006.01) H01L 21/28 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/285 (2013.01)
H01L 21/28211 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0123493
(22) 출원일자 2015년09월01일
심사청구일자 2015년09월01일
(65) 공개번호 10-2016-0031413
(43) 공개일자 2016년03월22일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-186029 2014년09월12일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR101370460 B1*
KR101370460 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시킴가이샤 히다치 고쿠사이 덴키
일본국 도쿄도 미나토구 니시섬바시 2초메 15반 12고
(72) 발명자
오가와, 아리토
일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시킴가이샤 히다치 고쿠사
이 덴키 내
다케바야시, 유지
일본 9392393 토야마켄 토야마시 야쓰오마치 야스
우치 2초메 1반치 가부시킴가이샤 히다치 고쿠사
이 덴키 내
(74) 대리인
장수길, 이중희

전체 청구항 수 : 총 9 항

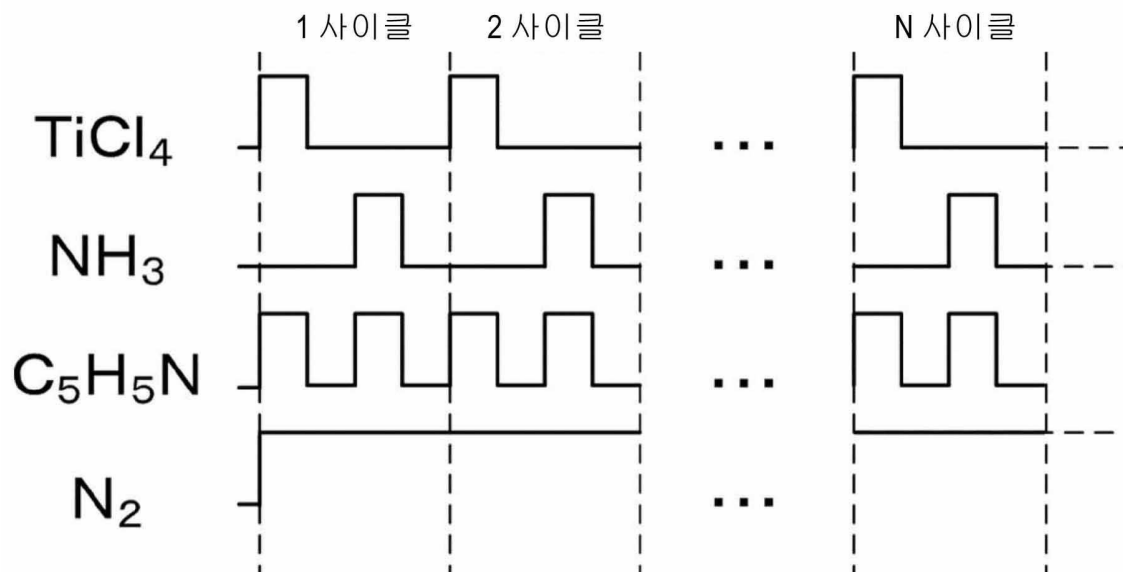
심사관 : 강병섭

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

(57) 요약

박막을 기판 위에 형성할 때 생성되는 부생성물을 처리할 외부로 배출한다. 기판에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 공정과, 상기 기판에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 공정을 소정 횟수 행함으로써, 상기 기판 위에 막을 형성하는 막을 공정을 포함하는 반도체 장치의 제조 방법으로서, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기판을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고, 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정 중 적어도 어느 하나와 동시에 상기 기판에 대하여 공급한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류
H01L 2924/01017 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기판에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 공정과,

상기 기판의 표면으로부터, 상기 제1 처리 가스를 제거하는 공정과,

상기 기판에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 공정과,

상기 기판의 표면으로부터, 상기 제2 처리 가스를 제거하는 공정

을 당해 순번으로 복수회 행함으로써, 상기 기판 위에 막을 형성하는 공정을 포함하는 반도체 장치의 제조 방법으로서,

상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기판을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고,

상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기판에 대하여, 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스의 공급을 개시하는 스텝과, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 개시하는 스텝과, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 정지하는 스텝과, 상기 제1 처리 가스의 공급을 정지한 후에 상기 제3 처리 가스의 공급을 정지하는 스텝을 포함하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 부생성물은 염화물인, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제3 처리 가스는 상기 부생성물과 반응해서 염을 생성하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 처리 가스는 금속 함유 염화물이며,

상기 제2 처리 가스는 질화 가스이며,

상기 부생성물은 HCl 또는 NH_4Cl 이며,

상기 막은 금속 질화막인, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 5

기판을 수용하는 처리실과,

상기 기판을 가열하는 가열체와,

상기 기판에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급계와,

상기 기판에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급계와,

상기 기판에 대하여 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급계와,

상기 처리실 내의 분위기를 배기하는 배기계와,

상기 가열계, 상기 제1 처리 가스 공급계, 상기 제2 처리 가스 공급계, 상기 제3 처리 가스 공급계 및 상기 배기계를 제어하고, 상기 처리실에 수용된 상기 기판에 대하여 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리, 상기 기판으로부터 상기 제1 처리 가스를 제거하는 처리, 상기 기판에 대하여 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리, 및 상기 기판으로부터 상기 제2 처리 가스를 제거하는 처리를 당해 순번으로 복수회 행함으로써, 상기 기판 위에 막을 형성하는 처리를 행하고, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리는, 상기 기판을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리에서는, 상기 기판에 대하여 상기 제3 처리 가스의 공급을 개시하고, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 개시하고, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 정지하고, 상기 제1 처리 가스의 공급을 정지한 후에 상기 제3 처리 가스의 공급을 정지하도록 구성되는 제어부를 포함하는 기판 처리 장치.

청구항 6

기판에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 단계와,

상기 기판의 표면으로부터, 상기 제1 처리 가스를 제거하는 단계와,

상기 기판에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 단계와,

상기 기판의 표면으로부터, 상기 제2 처리 가스를 제거하는 단계

를 당해 순번으로 복수회 행함으로써, 상기 기판 위에 막을 형성하는 단계를 컴퓨터에 실행시키기 위해 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 제1 처리 가스를 공급하는 단계 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 단계를, 상기 기판을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하게 하고,

상기 제1 처리 가스를 공급하는 단계는, 상기 기판에 대하여, 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스의 공급을 개시하는 단계와, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 개시하는 단계와, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 정지하는 단계와, 상기 제1 처리 가스의 공급을 정지한 후에 상기 제3 처리 가스의 공급을 정지하는 단계를 포함하는, 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기판에 대하여 상기 제3 처리 가스의 공급을 개시하는 스텝과, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 개시하는 스텝과, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 정지하는 스텝과, 상기 제2 처리 가스의 공급을 정지한 후에 상기 제3 처리 가스의 공급을 정지하는 스텝을 포함하는, 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리에서는, 상기 기판에 대하여 상기 제3 처리 가스의 공급을 개시하고, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 개시하고, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 정지하고, 상기 제2 처리 가스의 공급을 정지한 후에 상기 제3 처리 가스의 공급을 정지하도록 구성되는, 기판 처리 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 제2 처리 가스를 공급하는 단계는, 상기 기판에 대하여 상기 제3 처리 가스의 공급을 개시하는 단계와, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 개시하는 단계와, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 정지하는 단계와, 상기 제2 처리 가스의 공급을 정지한 후에 상기

제3 처리 가스의 공급을 정지하는 단계를 포함하는, 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[0002] MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) 등의 트랜지스터를 포함하는 반도체 장치에서는, 고집적화 및 고성능화에 수반하여, 다종다양한 막의 적용이 검토되고 있다. 특히, 금속막이 MOSFET의 게이트 전극이나 DRAM 캐패시터의 캐패시터 전극 막으로서 널리 사용되고 있다(특허문헌 1).

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2011-6783호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 그러나, 금속막 등의 박막을 기관 위에 형성할 때, 부생성물이 생성되어서 성막 반응을 저해하는 요인이 되는 경우가 있다. 그리고, 이들의 영향에 의해 성막 속도의 저하나 저항률 상승 등의 막질 저하를 야기하는 경우가 있다.

[0005] 본 발명의 목적은, 박막을 기관 위에 형성할 때 생성되는 부생성물을 처리할 외부로 배출할 수 있는 기술을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 형태에 의하면, 기관에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 공정과, 상기 기관에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 공정을 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 공정을 포함하는 반도체 장치의 제조 방법으로서, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기관을

실은 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고, 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정 중 적어도 어느 하나와 동시에 상기 기관에 대하여 공급하는 반도체 장치의 제조 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0007] 본 발명에 따르면, 박막을 생성할 때 형성되는 부생성물을 처리실 외부로 배출할 수 있는 기술을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 제1 실시 형태에서 바람직하게 사용되는 기관 처리 장치의 처리 로의 개략 구성도로서, 처리 로 부분을 종단면도로 도시하는 도면이다.

도 2는 도 1의 A-A선 단면도이다.

도 3은 도 1에 도시하는 기관 처리 장치가 갖는 컨트롤러의 구성을 도시하는 블록도이다.

도 4는 본 발명의 제1 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 5는 본 발명의 제2 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 제3 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 제4 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 8은 본 발명의 제5 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 9는 본 발명의 제6 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 제7 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 11은 본 발명의 제8 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 12는 본 발명의 제9 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 13은 본 발명의 제10 실시 형태에서의 성막 시퀀스의 타임차트를 도시하는 도면이다.

도 14는 본 발명의 실시예의 데이터를 도시하는 도면이다.

도 15는 본 발명의 비교예의 데이터를 도시하는 도면이다.

도 16은 본 발명의 다른 실시 형태에서 바람직하게 사용되는 기관 처리 장치의 처리 로의 개략 구성도로서, 처리 로 부분을 종단면도로 도시하는 도면이다.

도 17은 본 발명의 다른 실시 형태에서 바람직하게 사용되는 기관 처리 장치의 처리 로의 개략 구성도로서, 처리 로 부분을 종단면도로 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] <본 발명의 제1 실시 형태>

[0010] 이하, 본 발명의 제1 실시 형태에 대해 도 1 및 도 2를 사용해서 설명한다. 기관 처리 장치(10)는, 반도체 장치(디바이스)의 제조 공정의 일 공정인 기관 처리 공정에서 사용되는 장치의 일례로서 구성되어 있다.

[0011] (1) 처리 로의 구성

[0012] 처리 로(202)에는 가열 수단(가열 기구, 가열계)으로서의 히터(207)가 설치되어 있다. 히터(207)는 상방이 폐색된 원통 형상으로 형성되어 있다.

[0013] 히터(207)의 내측에는, 히터(207)와 동심원 형상으로 반응 용기(처리 용기)를 구성하는 반응관(203)이 배치되어 있다. 반응관(203)은 내열성 재료 등(예를 들어 석영(SiO₂) 또는 탄화 실리콘(SiC))으로 이루어지고, 상단이 폐색되고 하단이 개구된 원통 형상으로 형성되어 있다.

- [0014] 반응관(203)의 하단에는, 스테인리스 등의 금속 재료로 이루어지는 매니폴드(209)가 설치되어 있다. 매니폴드(209)는 통 형상으로 형성되고, 그 하단 개구는, 스테인리스 등의 금속 재료로 이루어지는 덮개로서의 시일 캡(219)에 의해 기밀하게 폐쇄된다. 반응관(203)과 매니폴드(209)의 사이, 및 매니폴드(209)와 시일 캡(219)의 사이에는, 각각 시일 부재로서의 O링(220)이 설치되어 있다. 주로, 반응관(203), 매니폴드(209) 및 시일 캡(219)에 의해 처리 용기가 구성되고, 이 처리 용기의 내부에 처리실(201)이 형성된다. 처리실(201)은, 기관으로서의 웨이퍼(200)를 후술하는 보트(217)에 의해 수평 자세로 수직 방향으로 다단으로 정렬한 상태에서 수용 가능하도록 구성되어 있다.
- [0015] 시일 캡(219)의 처리실(201)과 반대측에는, 보트(217)를 회전시키는 회전 기구(267)가 설치되어 있다. 회전 기구(267)의 회전축(255)은, 시일 캡(219)을 관통해서 보트(217)에 접속되어 있다. 회전 기구(267)는, 보트(217)를 회전시킴으로써 웨이퍼(200)를 회전시키도록 구성되어 있다. 시일 캡(219)은, 반응관(203)의 외부에 수직으로 설치된 승강 기구로서의 보트 엘리베이터(115)에 의해 수직 방향으로 승강되게 구성되어 있다. 보트 엘리베이터(115)는, 시일 캡(219)을 승강시킴으로써, 보트(217)를 처리실(201) 내외로 반입 및 반출하는 것이 가능하도록 구성되어 있다. 즉, 보트 엘리베이터(115)는, 보트(217), 즉 웨이퍼(200)를, 처리실(201) 내외로 반송하는 반송 장치(반송 기구)로서 구성되어 있다.
- [0016] 기관 유지구로서의 보트(217)는, 복수, 예를 들어 25 내지 200매의 웨이퍼(200)를, 수평 자세이면서 또한 서로 중심을 맞춘 상태에서 수직 방향으로 정렬시켜서 다단으로 지지하도록, 즉, 간격을 두고 배열시키도록 구성되어 있다. 보트(217)는, 내열성 재료 등(예를 들어 석영이나 SiC)으로 이루어진다. 보트(217)의 하부에는, 내열성 재료 등(예를 들어 석영이나 SiC)으로 이루어지는 단열판(218)이 수평 자세로 다단으로 지지되어 있다. 이 구성에 의해, 히터(207)로부터의 열이 시일 캡(219)측에 전해지기 어렵게 되어 있다. 단, 본 실시 형태는 상술한 형태에 한정되지 않는다. 예를 들어, 보트(217)의 하부에 단열판(218)을 설치하지 않고, 석영이나 SiC 등의 내열성 재료로 이루어지는 통 형상의 부재로서 구성된 단열 통을 설치해도 된다. 히터(207)는 처리실(201) 내에 수용된 웨이퍼(200)를 소정의 온도로 가열할 수 있다.
- [0017] 처리실(201) 내에는, 노즐(410, 420, 430)이 매니폴드(209)의 측벽을 관통하도록 설치되어 있다. 노즐(410, 420, 430)에는, 가스 공급 라인으로서의 가스 공급관(310, 320, 330)이 각각 접속되어 있다. 이와 같이, 처리로(202)에는 3개의 노즐(410, 420, 430)과, 3개의 가스 공급관(310, 320, 330)이 설치되어 있고, 처리실(201) 내에 복수 종류, 여기에서는 3종류의 가스(처리 가스, 원료가스)를 각각 전용 라인으로 공급할 수 있도록 구성되어 있다.
- [0018] 가스 공급관(310, 320, 330)에는 상류측부터 순서대로 유량 제어기(유량 제어부)인 매스 플로우 컨트롤러(MFC)(312, 322, 332), 및 개폐 밸브인 밸브(314, 324, 334)가 각각 설치되어 있다. 가스 공급관(310, 320, 330)의 선단부에는 노즐(410, 420, 430)이 각각 연결(접속)되어 있다. 노즐(410, 420, 430)은, L자형의 긴 노즐로서 구성되어 있고, 그 수평부는 매니폴드(209)의 측벽을 관통하도록 설치되어 있다. 노즐(410, 420, 430)의 수직부는, 반응관(203)의 내벽과 웨이퍼(200)의 사이에 형성되는 원 환상의 공간에, 반응관(203)의 내벽을 따라 상방(웨이퍼(200)의 적재 방향 상방)을 향해서 상승되도록(즉, 웨이퍼 배열 영역의 일단측으로부터 타단측을 향해서 상승되도록) 설치되어 있다. 즉, 노즐(410, 420, 430)은, 웨이퍼(200)가 배열되는 웨이퍼 배열 영역의 측방의, 웨이퍼 배열 영역을 수평하게 둘러싸는 영역에, 웨이퍼 배열 영역을 따르도록 설치되어 있다.
- [0019] 노즐(410, 420, 430)의 측면에는 가스를 공급하는(분출시키는) 가스 공급 구멍(410a, 420a, 430a)이 각각 형성되어 있다. 가스 공급 구멍(410a, 420a, 430a)은 반응관(203)의 중심을 향하도록 각각 개구되어 있다. 이 가스 공급 구멍(410a, 420a, 430a)은, 반응관(203)의 하부로부터 상부에 걸쳐 복수 형성되고, 각각 동일한 개구면적을 갖고, 또한 동일한 개구 피치로 형성되어 있다.
- [0020] 이와 같이, 본 실시 형태에서의 가스 공급의 방법은, 반응관(203)의 내벽과, 적재된 복수매의 웨이퍼(200)의 단부로 정의되는 원 환상의 세로로 긴 공간 내, 즉, 원통 형상의 공간 내에 배치한 노즐(410, 420, 430)을 경유해서 가스를 반송하여, 노즐(410, 420, 430)에 각각 개구된 가스 공급 구멍(410a, 420a, 430a)으로부터 웨이퍼(200)의 근방에서 비로소 반응관(203) 내에 가스를 분출시키고 있어, 반응관(203) 내에서의 가스의 주된 흐름을 웨이퍼(200)의 표면과 평행한 방향, 즉 수평 방향으로 하고 있다. 이러한 구성으로 함으로써, 각 웨이퍼(200)에 균일하게 가스를 공급할 수 있어, 각 웨이퍼(200)에 형성되는 박막의 막 두께를 균일하게 할 수 있는 효과가 있다. 또한, 각 웨이퍼(200)의 표면 위를 흐른 가스, 즉, 반응 후에 잔류하는 가스(잔류 가스)는, 배기구, 즉, 후술하는 배기관(231)의 방향을 향해서 흐르는데, 이 잔류 가스의 흐름 방향은, 배기구의 위치에 따라 적절히 특정되며, 수직 방향에 한정되는 것은 아니다.

- [0021] 또한, 가스 공급관(310, 320, 330)에는 캐리어 가스를 공급하기 위한 캐리어 가스 공급관(510, 520, 530)이 각각 접속되어 있다. 캐리어 가스 공급관(510, 520, 530)에는 MFC(512, 522, 532) 및 밸브(514, 524, 534)가 각각 설치되어 있다.
- [0022] 상기 구성에서의 일례로서, 가스 공급관(310)으로부터는, 처리 가스로서, 원료 가스가, MFC(312), 밸브(314), 노즐(410)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다. 원료 가스로서는, 예를 들어 금속 원소인 티타늄(Ti)을 포함하는 Ti 함유 원료인 사염화티타늄($TiCl_4$)이 사용된다. $TiCl_4$ 는, 염화물을 포함하는 할로겐화물(할로겐계 원료)이며, Ti는 전이 금속 원소로 분류되어 있다.
- [0023] 가스 공급관(320)으로부터는, 처리 가스로서, 원료 가스와 반응하는 반응 가스가, MFC(322), 밸브(324), 노즐(420)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다. 반응 가스로서는, 질화·환원제이며, 예를 들어 질소(N)를 포함하는 N 함유 가스인 암모니아(NH_3)가 사용된다.
- [0024] 가스 공급관(330)으로부터는, 처리 가스로서, MFC(332), 밸브(334), 노즐(430)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다. 처리 가스로서는, 원료 가스 및 반응 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 처리 가스이며, 예를 들어 피리딘(C_5H_5N)이 사용된다.
- [0025] 캐리어 가스 공급관(510, 520, 530)으로부터는, 불활성 가스로서, 예를 들어 질소(N_2) 가스가, 각각 MFC(512, 522, 532), 밸브(514, 524, 534), 노즐(410, 420, 430)을 통해서 처리실(201) 내에 공급된다.
- [0026] 여기서, 본 명세서에서, 원료 가스(처리 가스)란, 기체 상태의 원료, 예를 들어 상온 상압 하에서 액체 상태 또는 고체 상태인 원료를 기화 또는 승화함으로써 얻어지는 가스나, 상온 상압 하에서 기체 상태인 원료 등이다. 본 명세서에서 「원료」라는 말을 사용한 경우에는, 「액체 상태인 액체 원료」, 「고체 상태인 고체 원료」, 「기체 상태인 원료 가스」, 또는, 그 복합을 의미하는 경우가 있다. $TiCl_4$ 등과 같이, 상온 상압 하에서 액체 상태인 액체 원료나 상온 상압 하에서 고체 상태인 고체 원료를 사용하는 경우에는, 액체 원료나 고체 원료를 기화기, 버블러 또는 승화기 등의 시스템에 의해 기화 또는 승화하여, 원료 가스($TiCl_4$ 가스 등)로서 공급하게 된다.
- [0027] 가스 공급관(310, 320, 330)으로부터 상술한 바와 같은 처리 가스를 흘리는 경우, 주로, 가스 공급관(310, 320, 330), MFC(312, 322, 332), 밸브(314, 324, 334)에 의해 처리 가스 공급계가 구성된다. 노즐(410, 420, 430)을 처리 가스 공급계에 포함해서 생각해도 된다. 처리 가스 공급계를, 간단히 가스 공급계라고 칭할 수도 있다.
- [0028] 가스 공급관(310)으로부터 처리 가스로서 Ti 함유 가스(Ti 소스)를 흘리는 경우, 주로, 가스 공급관(310), MFC(312), 밸브(314)에 의해 Ti 함유 가스 공급계가 구성된다. 노즐(410)을 Ti 함유 가스 공급계에 포함해서 생각해도 된다. Ti 함유 가스 공급계를 Ti 함유 원료 공급계라고 칭할 수도 있고, 간단히 Ti 원료 공급계라고 칭할 수도 있다. 가스 공급관(310)으로부터 $TiCl_4$ 가스를 흘리는 경우, Ti 함유 가스 공급계를 $TiCl_4$ 가스 공급계라고 칭할 수도 있다. $TiCl_4$ 가스 공급계를 $TiCl_4$ 공급계라고 칭할 수도 있다. 또한, Ti 함유 가스 공급계를 할로겐계 원료 공급계라고 칭할 수도 있다.
- [0029] 가스 공급관(320)으로부터 처리 가스로서 질화·환원제를 흘리는 경우, 주로, 가스 공급관(320), MFC(322), 밸브(324)에 의해 질화·환원제 공급계가 구성된다. 노즐(420)을 질화·환원제 공급계에 포함해서 생각해도 된다. 질화·환원제로서 N 함유 가스(N 소스)를 흘리는 경우, 질화·환원제 공급계를 N 함유 가스 공급계라고 칭할 수도 있다. 가스 공급관(320)으로부터 NH_3 가스를 흘리는 경우, N 함유 가스 공급계를 NH_3 가스 공급계라고 칭할 수도 있다. NH_3 가스 공급계를 NH_3 공급계라고 칭할 수도 있다.
- [0030] 가스 공급관(330)으로부터 처리 가스로서 C_5H_5N (피리딘)을 흘리는 경우, 주로, 가스 공급관(330), MFC(332), 밸브(334)에 의해 C_5H_5N 가스 공급계가 구성된다. 노즐(430)을 C_5H_5N 가스 공급계에 포함해서 생각해도 된다.
- [0031] 또한, 주로, 캐리어 가스 공급관(510, 520, 530), MFC(512, 522, 532), 밸브(514, 524, 534)에 의해 캐리어 가스 공급계가 구성된다. 캐리어 가스로서 불활성 가스를 흘리는 경우, 캐리어 가스 공급계를 불활성 가스 공급계라고 칭할 수도 있다. 이 불활성 가스는, 퍼지 가스로서도 작용하므로 불활성 가스 공급계를 퍼지 가스 공급계라고 칭할 수도 있다.

- [0032] 매니폴드(209)에는, 처리실(201) 내의 분위기를 배기하는 배기관(231)이 설치되어 있다. 배기관(231)은, 노즐(410, 420, 430)과 마찬가지로, 매니폴드(209)의 측벽을 관통하도록 설치되어 있다. 배기관(231)은, 도 2에 도시한 바와 같이, 평면에서 볼 때, 웨이퍼(200)를 사이에 두고 노즐(410, 420, 430)과 대향하는 위치에 설치되어 있다. 이 구성에 의해, 가스 공급 구멍(410a, 420a, 430a)으로부터 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)의 근방에 공급된 가스는, 수평 방향, 즉, 웨이퍼(200)의 표면과 평행한 방향을 향해서 흐른 후, 하방을 향해서 흘러, 배기관(231) 통하여 배기되게 된다. 처리실(201) 내에서의 가스의 주된 흐름이 수평 방향을 향하는 흐름으로 되는 것은 상술한 바와 같다.
- [0033] 배기관(231)에는, 상류측부터 순서대로 처리실(201) 내의 압력을 검출하는 압력 검출기(압력 검출부)로서의 압력 센서(245), 처리실(201) 내의 압력을 제어하는 압력 제어기(압력 제어부)로서의 APC(Auto Pressure Controller) 밸브(243), 진공 배기 장치로서의 진공 펌프(246)가 접속되어 있다. APC 밸브(243)는, 진공 펌프(246)를 작동시킨 상태에서 밸브를 개폐함으로써, 처리실(201) 내의 진공 배기 및 진공 배기 정지를 행할 수 있고, 또한, 진공 펌프(246)를 작동시킨 상태에서, 압력 센서(245)에 의해 검출된 압력 정보에 기초하여 밸브 개방도를 조절함으로써, 처리실(201) 내의 압력을 조정할 수 있도록 구성되어 있다. APC 밸브(243)는, 배기계의 배기 유로의 일부를 구성하고 있어, 압력 조정부로서 기능할 뿐만 아니라, 배기계의 배기 유로를 폐쇄하거나, 나아가, 밀폐하거나 하는 것이 가능한 배기 유로 개폐부, 즉, 배기 밸브로서도 기능한다. 또한, 배기관(231)에는, 배기 가스 중의 반응 부생성물이나 미반응된 원료 가스 등을 포착하는 트랩 장치나 배기 가스 중에 포함되는 부식성 성분이나 유독 성분 등을 제해하는 제해 장치가 접속되어 있는 경우가 있다. 주로, 배기관(231), APC 밸브(243), 압력 센서(245)에 의해, 배기계, 즉 배기 라인이 구성된다. 또한, 진공 펌프(246)를 배기계에 포함해서 생각해도 된다. 나아가, 트랩 장치나 제해 장치를 배기계에 포함해서 생각해도 된다.
- [0034] 반응관(203) 내에는 온도 검출기로서의 온도 센서(263)가 설치되어 있고, 온도 센서(263)에 의해 검출된 온도 정보에 기초하여 히터(207)에의 통전량을 조정함으로써, 처리실(201) 내의 온도가 원하는 온도 분포로 되도록 구성되어 있다. 온도 센서(263)는, 노즐(410, 420, 430)과 마찬가지로 L자형으로 구성되어 있고, 반응관(203)의 내벽을 따라 설치되어 있다.
- [0035] 도 3에 도시한 바와 같이, 제어부(제어 수단)인 컨트롤러(121)는, CPU(Central Processing Unit)(121a), RAM(Random Access Memory)(121b), 기억 장치(121c), I/O 포트(121d)를 구비한 컴퓨터로서 구성되어 있다. RAM(121b), 기억 장치(121c), I/O 포트(121d)는, 내부 버스(121e)를 통해서, CPU(121a)와 데이터 교환 가능하도록 구성되어 있다. 컨트롤러(121)에는, 터치 패널 등으로서 구성된 입출력 장치(122)가 접속되어 있다.
- [0036] 기억 장치(121c)는, 플래시 메모리, HDD(Hard Disk Drive) 등으로 구성되어 있다. 기억 장치(121c) 내에는, 기관 처리 장치의 동작을 제어하는 제어 프로그램이나, 후술하는 기관 처리의 수순이나 조건 등이 기재된 프로세스 레시피 등이, 관독 가능하게 저장되어 있다. 프로세스 레시피는, 후술하는 기관 처리 공정에서의 각 수순을 컨트롤러(121)에 실행시켜, 소정의 결과를 얻을 수 있도록 조합된 것이며, 프로그램으로서 기능한다. 이하, 이 프로세스 레시피나 제어 프로그램 등을 총칭하여, 간단히 프로그램이라고도 한다. 본 명세서에서 프로그램이라는 말을 사용한 경우에는, 프로세스 레시피 단체만을 포함하는 경우, 제어 프로그램 단체만을 포함하는 경우, 또는, 그 양쪽을 포함하는 경우가 있다. 또한, RAM(121b)은, CPU(121a)에 의해 관독된 프로그램이나 데이터 등이 일시적으로 유지되는 메모리 영역(워크에리어)으로서 구성되어 있다.
- [0037] I/O 포트(121d)는, 상술한 MFC(312, 322, 332, 512, 522, 532), 밸브(314, 324, 334, 514, 524, 534), APC 밸브(243), 압력 센서(245), 진공 펌프(246), 히터(207), 온도 센서(263), 회전 기구(267), 보트 엘리베이터(115) 등에 접속되어 있다.
- [0038] CPU(121a)는, 기억 장치(121c)로부터 제어 프로그램을 관독해서 실행함과 함께, 입출력 장치(122)로부터의 조작 커맨드의 입력 등에 따라서 기억 장치(121c)로부터 프로세스 레시피를 관독하도록 구성되어 있다. CPU(121a)는, 관독한 프로세스 레시피에 따라, MFC(312, 322, 332, 512, 522, 532)에 의한 각종 가스의 유량 조정 동작, 밸브(314, 324, 334, 514, 524, 534)의 개폐 동작, APC 밸브(243)의 개폐 동작 및 APC 밸브(243)에 의한 압력 센서(245)에 기초하는 압력 조정 동작, 온도 센서(263)에 기초하는 히터(207)의 온도 조정 동작, 진공 펌프(246)의 기동 및 정지, 회전 기구(267)에 의한 보트(217)의 회전 및 회전 속도 조절 동작, 보트 엘리베이터(115)에 의한 보트(217)의 승강 동작 등을 제어하도록 구성되어 있다.
- [0039] 컨트롤러(121)는, 전용의 컴퓨터로서 구성되어 있는 경우에 한하지 않고, 범용의 컴퓨터로서 구성되어 있어도 된다. 예를 들어, 상술한 프로그램을 저장한 외부 기억 장치(예를 들어, 자기 테이프, 플렉시블 디스크나 하드 디스크 등의 자기 디스크, CD나 DVD 등의 광 디스크, MO 등의 광자기 디스크, USB 메모리나 메모리 카드 등의

반도체 메모리)(123)를 준비하고, 이 외부 기억 장치(123)를 사용해서 범용의 컴퓨터에 프로그램을 인스톨하거나 함으로써, 본 실시 형태의 컨트롤러(121)를 구성할 수 있다. 단, 컴퓨터에 프로그램을 공급하기 위한 수단은, 외부 기억 장치(123)를 통해서 공급하는 경우에 한정되지 않는다. 예를 들어, 인터넷이나 전용 회선 등의 통신 수단을 사용하여, 외부 기억 장치(123)를 통하지 않고 프로그램을 공급하도록 해도 된다. 기억 장치(121c)나 외부 기억 장치(123)는, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체로서 구성된다. 이하, 이들을 총칭하여, 간단히 기록 매체라고도 한다. 본 명세서에서 기록 매체라는 말을 사용한 경우에는, 기억 장치(121c) 단체만을 포함하는 경우, 외부 기억 장치(123) 단체만을 포함하는 경우, 또는 그 양쪽을 포함하는 경우가 있다.

[0040] (2) 기관 처리 공정

[0041] 반도체 장치(디바이스)의 제조 공정의 일 공정으로서, 기관 위에, 예를 들어 게이트 전극을 구성하는 금속막을 형성하는 공정의 제1 실시 형태에 대해 도 4를 사용해서 설명한다. 금속막을 형성하는 공정은, 상술한 기관 처리 장치(10)의 처리 로(202)를 사용해서 실행된다. 이하의 설명에서, 기관 처리 장치(10)를 구성하는 각 부의 동작은 컨트롤러(121)에 의해 제어된다.

[0042] 본 실시 형태의 바람직한 성막 시퀀스(간단히, 시퀀스라고도 함)는, 웨이퍼(200)에 대하여 금속 원소(예를 들어 Ti)를 포함하는 제1 처리 가스(예를 들어 $TiCl_4$ 가스)를 공급하는 공정과, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스와는 다른 원소를 포함하는 질화·환원제로서의 제2 처리 가스(예를 들어 NH_3 가스)를 공급하는 공정과, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스(예를 들어 C_5H_5N 가스)를 공급하는 공정을 소정 횟수 행함으로써, 웨이퍼(200) 위에 금속막으로서 금속 질화막(예를 들어 TiN막)을 형성한다.

[0043] 구체적으로는 도 4에 도시하는 시퀀스와 같이, $TiCl_4$ 가스와 C_5H_5N 가스를 공급하는 공정과, NH_3 가스와 C_5H_5N 가스를 공급하는 공정을 시분할해서 행하는 사이클을 소정 횟수(n회) 행함으로써, 티타늄 질화막(TiN막)을 형성한다.

[0044] 본 명세서에서, 「처리(또는 공정, 사이클, 스텝 등이라고 함)를 소정 횟수 행한다」라는 것은, 이 처리 등을 1회 또는 복수회 행하는 것을 의미한다. 즉, 처리를 1회 이상 행하는 것을 의미한다. 도 4는, 각 처리(사이클)를 2사이클 반복하는 예를 나타내고 있다. 각 처리 등을 행하는 횟수는, 최종적으로 형성되는 TiN막에 있어서 필요로 되는 막 두께에 따라서 적절히 선택된다. 즉, 상술한 각 처리를 행하는 횟수는, 목표로 하는 막 두께에 따라서 결정된다.

[0045] 또한, 본 명세서에서 「시분할」이란 시간적으로 분할(세퍼레이트)되어 있는 것을 의미하고 있다. 예를 들어, 본 명세서에서, 각 처리를 시분할해서 행한다는 것은, 각 처리를 비동기, 즉 동기시키지 않고 행하는 것을 의미하고 있다. 바꾸어 말하면, 각 처리를 간헐적(펄스식)이면서 또한 교대로 행하는 것을 의미하고 있다. 즉, 각 처리에서 공급되는 처리 가스는, 서로 혼합되지 않도록 공급되는 것을 의미하고 있다. 각 처리를 복수회 행하는 경우에는, 각 처리에서 공급되는 처리 가스는, 서로 혼합되지 않도록 교대로 공급된다.

[0046] 또한, 본 명세서에서 「웨이퍼」라는 말을 사용한 경우에는, 「웨이퍼 그 자체」를 의미하는 경우나, 「웨이퍼와 그 표면에 형성된 소정의 층이나 막 등과의 적층체(집합체)」를 의미하는 경우, 즉, 표면에 형성된 소정의 층이나 막 등을 포함해서 웨이퍼라 칭하는 경우가 있다. 또한, 본 명세서에서 「웨이퍼의 표면」이라는 말을 사용한 경우에는, 「웨이퍼 그 자체의 표면(노출면)」을 의미하는 경우나, 「웨이퍼 위에 형성된 소정의 층이나 막 등의 표면, 즉, 적층체로서의 웨이퍼의 최외측 표면」을 의미하는 경우가 있다.

[0047] 따라서, 본 명세서에서 「웨이퍼에 대하여 소정의 가스를 공급한다」라고 기재한 경우에는, 「웨이퍼 그 자체의 표면(노출면)에 대하여 소정의 가스를 직접 공급한다」는 것을 의미하는 경우나, 「웨이퍼 위에 형성되어 있는 층이나 막 등에 대하여, 즉, 적층체로서의 웨이퍼의 최외측 표면에 대하여 소정의 가스를 공급한다」는 것을 의미하는 경우가 있다. 또한, 본 명세서에서 「웨이퍼 위에 소정의 층(또는 막)을 형성한다」라고 기재한 경우에는, 「웨이퍼 그 자체의 표면(노출면) 위에 소정의 층(또는 막)을 직접 형성한다」는 것을 의미하는 경우나, 「웨이퍼 위에 형성되어 있는 층이나 막 등의 위, 즉, 적층체로서의 웨이퍼의 최외측 표면 위에 소정의 층(또는 막)을 형성한다」는 것을 의미하는 경우가 있다.

[0048] 또한, 본 명세서에서 「기관」이라는 말을 사용한 경우도, 「웨이퍼」라는 말을 사용한 경우와 마찬가지로, 그 경우, 상기 설명에서, 「웨이퍼」를 「기관」으로 바꾸어서 생각하면 된다.

[0049] 또한, 본 명세서에서 「금속막」이라는 용어는, 금속 원자를 포함하는 도전성의 물질로 구성되는 막(간단히 도

체막이라고도 함)을 의미하고, 이것에는, 도전성의 금속 질화막(메탈 나이트라이드막), 도전성의 금속 산화막(메탈 옥사이드막), 도전성의 금속 산질화막(메탈 옥시나이트라이드막), 도전성의 금속 산탄화막(메탈옥시카바이드막), 도전성의 금속 복합막, 도전성의 금속 합금막, 도전성의 금속 실리사이드막(메탈 실리사이드막), 도전성의 금속 탄화막(메탈 카바이드막), 도전성의 금속 탄질화막(메탈카르보나이트라이드막) 등이 포함된다. 또한, TiN막(티타늄 질화막)은 도전성의 금속 질화막이다.

[0050] (웨이퍼 차지 및 보트 로드)

[0051] 복수매의 웨이퍼(200)가 보트(217)에 장전(웨이퍼 차지)되면, 도 1에 도시되어 있는 바와 같이, 복수매의 웨이퍼(200)를 지지한 보트(217)는, 보트 엘리베이터(115)에 의해 들어 올려져서 처리실(201) 내에 반입(보트 로드)된다. 이 상태에서, 시일 캡(219)은 O링(220)을 개재해서 매니폴드(209)의 하단 개구를 폐색한 상태가 된다.

[0052] (압력 조정 및 온도 조정)

[0053] 처리실(201) 내가 원하는 압력(진공도)이 되도록 진공 펌프(246)에 의해 진공 배기된다. 이때, 처리실(201) 내의 압력은, 압력 센서(245)로 측정되고, 이 측정된 압력 정보에 기초하여, APC 밸브(243)가 피드백 제어된다(압력 조정). 진공 펌프(246)는, 적어도 웨이퍼(200)에 대한 처리가 완료될 때까지의 동안은 항상 작동시킨 상태를 유지한다. 또한, 처리실(201) 내의 웨이퍼(200)가 원하는 온도로 되도록 히터(207)에 의해 가열된다. 이때, 처리실(201) 내가 원하는 온도 분포로 되도록, 온도 센서(263)가 검출한 온도 정보에 기초하여 히터(207)에의 통전량이 피드백 제어된다(온도 조정). 또한, 히터(207)에 의한 처리실(201) 내의 가열은, 적어도 웨이퍼(200)에 대한 처리가 완료될 때까지의 동안은 계속해서 행하여진다. 계속해서, 회전 기구(267)에 의해 보트(217) 및 웨이퍼(200)의 회전을 개시한다. 또한, 회전 기구(267)에 의한 보트(217) 및 웨이퍼(200)의 회전은, 적어도, 웨이퍼(200)에 대한 처리가 완료될 때까지의 동안은 계속해서 행하여진다.

[0054] (TiN막 형성 스텝)

[0055] 계속해서, TiN막을 형성하는 제1 실시 형태를 설명한다. TiN막 형성 스텝은, 이하에 설명하는 $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 공급 스텝 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝을 포함한다.

[0056] ($TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝)

[0057] 밸브(314)를 개방하고, 가스 공급관(310) 내에 $TiCl_4$ 가스를 흘린다. 가스 공급관(310) 내를 흐른 $TiCl_4$ 가스는 MFC(312)에 의해 유량 조정되어서 노즐(410)의 가스 공급 구멍(410a)으로부터 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231)으로부터 배기된다. 동시에 밸브(334)를 개방하여, 가스 공급관(330) 내에 C_5H_5N 가스를 흘린다. 가스 공급관(330) 내를 흐른 C_5H_5N 가스는 MFC(332)에 의해 유량 조정되어서 노즐(430)의 가스 공급 구멍(430a)으로부터 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231)으로부터 배기된다.

[0058] 이때, 웨이퍼(200)에 대하여 $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스가 공급되게 된다. 즉 웨이퍼(200)의 표면은 $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스에 노출되게 된다. 이때 동시에 밸브(514) 및 밸브(534)를 개방하여, 캐리어 가스 공급관(510, 530) 내에 N_2 가스를 흘린다. 캐리어 가스 공급관(510, 530) 내를 흐른 N_2 가스는, MFC(512, 532)에 의해 유량 조정되어서 $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스와 함께 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231)으로부터 배기된다. 이때, 노즐(420) 내로의 $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스의 침입을 방지하기 위해서, 밸브(524)를 개방하여, 캐리어 가스 공급관(520) 내에 N_2 가스를 흘린다. N_2 가스는, 가스 공급관(320), 노즐(420)을 통해서 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231)으로부터 배기된다.

[0059] 처리실(201) 내의 압력은, APC 밸브(243)를 적정하게 조정하여, 예를 들어 1 내지 3000Pa의 범위 내의 압력이며, 예를 들어 60Pa로 한다. MFC(312)로 제어하는 $TiCl_4$ 가스의 공급 유량은, 예를 들어 1 내지 2000sccm의 범위 내의 유량이며, 예를 들어 100sccm으로 한다. MFC(332)로 제어하는 C_5H_5N 가스의 공급 유량은, 예를 들어 1 내지 4000sccm의 범위 내의 유량이며, 예를 들어 1000sccm으로 한다. MFC(512, 522, 532)로 제어하는 N_2 가스의 공급 유량은, 각각 예를 들어 100 내지 10000sccm의 범위 내의 유량이며, 예를 들어

1000sccm으로 한다. TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스를 웨이퍼(200)에 대하여 공급하는 시간, 즉 가스 공급 시간(조사 시간)은, 예를 들어 0.1 내지 30초의 범위 내의 시간이며, 예를 들어 10초로 한다. 이때 히터(207)의 온도는, 웨이퍼(200)의 온도가, 예를 들어 실온 내지 450°C 의 범위 내의 온도가 되는 온도이며, 바람직하게는 실온 내지 400°C 의 범위 내의 온도이며, 예를 들어 350°C 로 설정한다. 처리실(201) 내에 홀리고 있는 가스는 TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스와 N_2 가스만이며, TiCl_4 가스의 공급에 의해, 웨이퍼(200)(표면의 하지막)의 최외측 표면 위에, 예를 들어 1 원자층 미만 내지 수 원자층 정도의 두께의 Ti 함유층이 형성된다. 또한, TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스를 동시에 공급하는 경우에는, NH_3 가스를 공급함으로써 생성되는 부생성물인 HCl 등이 처리실 내에 잔류하고 있는 2사이클째(2nd 사이클) 이후에 있어서 특히 유효하다.

[0060] Ti 함유층은 이상적으로는 Ti층인 것이 바람직하지만, Ti(Cl)층이 주된 요소가 되는 경우가 있다. 또한, Ti층은 Ti에 의해 구성되는 연속적인 층 외에, 불연속인 층도 포함한다. 즉, Ti층은 Ti에 의해 구성되는 1 원자층 미만 내지 수 원자층 정도의 두께의 Ti 퇴적층을 포함한다. Ti(Cl)층은 Cl을 포함하는 Ti 함유층이며, Cl을 포함하는 Ti층이어도 되고, TiCl_4 의 흡착층이어도 된다.

[0061] Cl을 포함하는 Ti층이란, Ti에 의해 구성되고 Cl을 포함하는 연속적인 층 외에, 불연속인 층이나, 이들이 겹쳐져서 생긴 Cl을 포함하는 Ti 박막도 포함하는 총칭이다. Ti에 의해 구성되고 Cl을 포함하는 연속적인 층을, Cl을 포함하는 Ti 박막이라고 하는 경우도 있다. Cl을 포함하는 Ti층을 구성하는 Ti는, Cl과의 결합이 완전히 끊어져 있지 않은 것 외에, Cl과의 결합이 완전히 끊어져 있는 것도 포함한다.

[0062] TiCl_4 의 흡착층은, TiCl_4 분자로 구성되는 연속적인 흡착층 외에, 불연속인 흡착층도 포함한다. 즉, TiCl_4 의 흡착층은, TiCl_4 분자로 구성되는 1 분자층 또는 1 분자층 미만의 두께의 흡착층을 포함한다. TiCl_4 의 흡착층을 구성하는 TiCl_4 분자는, Ti와 Cl의 결합이 일부 끊어진 것도 포함한다. 즉, TiCl_4 의 흡착층은, TiCl_4 의 물리 흡착층이어도 되고, TiCl_4 의 화학 흡착층이어도 되고, 그 양쪽을 포함하고 있어도 된다.

[0063] 여기서, 1 원자층 미만의 두께의 층이란 불연속으로 형성되는 원자층을 의미하고 있으며, 1 원자층의 두께의 층이란 연속적으로 형성되는 원자층을 의미하고 있다. 1 분자층 미만의 두께의 층이란 불연속으로 형성되는 분자층을 의미하고 있고, 1 분자층의 두께의 층이란 연속적으로 형성되는 분자층을 의미하고 있다. Ti(Cl)층은, Cl을 포함하는 Ti층과 TiCl_4 의 흡착층의 양쪽을 포함할 수 있다. 단, 상술한 바와 같이, Ti(Cl)층에 대해서는 「1 원자층」, 「수 원자층」 등의 표현을 사용해서 나타내는 것으로 한다. 이 점은 후술하는 예에 대해서도 마찬가지이다.

[0064] (잔류 가스 제거 스텝)

[0065] Ti 함유층이 형성된 후, 밸브(314) 및 밸브(334)를 폐쇄하고, TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스의 공급을 정지한다. 이때, APC 밸브(243)는 개방된 상태 그대로 두고, 진공 펌프(246)에 의해 처리실(201) 내를 진공 배기하여, 처리실(201) 내에 잔류하는 미반응 또는 Ti 함유층의 형성에 기여한 후의 TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스를 처리실(201) 내로부터 배제한다. 즉, Ti 함유층이 형성된 웨이퍼(200)가 존재하는 공간에 잔류하는 미반응 또는 Ti 함유층의 형성에 기여한 후의 TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스를 제거한다. 이때 밸브(514, 524, 534)는 개방된 상태 그대로 두어, N_2 가스의 처리실(201) 내의 공급을 유지한다. N_2 가스는 퍼지 가스로서 작용하여, 처리실(201) 내에 잔류하는 미반응 또는 Ti 함유층의 형성에 기여한 후의 TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스를 처리실(201) 내로부터 배제하는 효과를 높일 수 있다.

[0066] 이때, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스를 완전히 배제하지 않아도 되고, 처리실(201) 내를 완전히 퍼지하지 않아도 된다. 처리실(201) 내에 잔류하는 가스가 미량이면, 그 후에 행하여지는 스텝에서 악영향이 발생하지 않는다. 처리실(201) 내에 공급하는 N_2 가스의 유량을 대유량으로 할 필요는 없으며, 예를 들어 반응관(203)(처리실(201))의 용적과 동일 정도의 양의 N_2 가스를 공급함으로써, 그 후의 스텝에서 악영향이 발생하지 않을 정도의 퍼지를 행할 수 있다. 이와 같이, 처리실(201) 내를 완전히 퍼지하지 않음으로써, 퍼지 시간을 단축하여, 스루풋을 향상시킬 수 있다. 또한, N_2 가스의 소비도 필요 최소한으로 억제하는 것이 가능하게 된다.

- [0067] (NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스 공급 스텝)
- [0068] 처리실(201) 내의 잔류 가스를 제거한 후, 밸브(324)를 개방하고, 가스 공급관(320) 내에 NH_3 가스를 흘린다. 가스 공급관(320) 내를 흐른 NH_3 가스는, MFC(322)에 의해 유량 조정되어서 노즐(420)의 가스 공급 구멍(420a) 으로부터 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231) 으로부터 배기된다. 이때 웨이퍼(200)에 대하여 NH_3 가스가 공급되게 된다. 이때 동시에 밸브(334)를 개방하고, 가스 공급관(330) 내에 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스를 흘린다. 가스 공급관(330) 내를 흐른 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스는, MFC(332)에 의해 유량 조정되어서 노즐(430)의 가스 공급 구멍(430a) 으로부터 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231) 으로부터 배기된다. 이때 웨이퍼(200)에 대하여 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스가 공급되게 된다. 즉 웨이퍼(200)의 표면은 NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스에 노출되게 된다. 이때 동시에 밸브(524) 및 밸브(534)를 개방하여, 캐리어 가스 공급관(520) 및 캐리어 가스 공급관(530) 내에 N_2 가스를 흘린다. 캐리어 가스 공급관(520) 내 및 캐리어 가스 공급관(530) 내를 흐른 N_2 가스는, MFC(522) 및 MFC(532)에 의해 유량 조정되어서 NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스와 함께 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231) 으로부터 배기된다. 이때, 노즐(410) 내로의 NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스의 침입을 방지하기 위해서, 밸브(514)를 개방하여, 캐리어 가스 공급관(510) 내에 N_2 가스를 흘린다. N_2 가스는, 가스 공급관(310), 노즐(410)을 통해서 처리실(201) 내에 공급되고, 배기관(231) 으로부터 배기된다.
- [0069] NH_3 가스를 흘릴 때는, APC 밸브(243)를 적정하게 조정하여, 처리실(201) 내의 압력을, 예를 들어 1 내지 3000Pa의 범위 내의 압력이며, 예를 들어 60Pa로 한다. MFC(322)로 제어하는 NH_3 가스의 공급 유량은, 예를 들어 1 내지 20000sccm의 범위 내의 유량이며, 예를 들어 10000sccm으로 한다. MFC(512, 522, 532)로 제어하는 N_2 가스의 공급 유량은, 각각 예를 들어 100 내지 10000sccm의 범위 내의 유량이며, 예를 들어 1000sccm으로 한다. NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스를 웨이퍼(200)에 대하여 공급하는 시간, 즉 가스 공급 시간(조사 시간)은, 예를 들어 0.1 내지 60초의 범위 내의 시간이며, 예를 들어 30초로 한다. 이때의 히터(207)의 온도는, TiCl_4 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스 공급 스텝과 마찬가지로의 온도로 설정한다.
- [0070] 이때 처리실(201) 내에 흘리고 있는 가스는, NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스와 N_2 가스만이다. NH_3 가스는, TiCl_4 가스 공급 스텝에서 웨이퍼(200) 위에 형성된 Ti 함유층의 적어도 일부와 치환 반응한다. 치환 반응 시에는, Ti 함유층에 포함되는 Ti와 NH_3 가스에 포함되는 N이 결합해서 N이 Ti 함유층에 흡착됨과 함께, Ti 함유층에 포함되는 염소(Cl)의 대부분이 NH_3 가스에 포함되는 수소(H)와 결합해서 Ti 함유층 내로부터 뽑히거나 탈리하거나 함으로써, 염화물인 HCl 또는 NH_4Cl 등의 반응 부생성물(부생성물, 불순물이라 칭하는 경우도 있음)로서 Ti 함유층 으로부터 분리한다. 이에 의해, 웨이퍼(200) 위에 Ti와 N을 포함하는 층(이하, 간단히 TiN층이라고도 함)이 형성된다. 이때 분리된 염화물인 HCl 등의 부생성물이, $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스와 반응해서 염을 형성하여, HCl을 염의 형태로 배출하는 것이 가능하게 된다.
- [0071] (잔류 가스 제거 스텝)
- [0072] TiN층이 형성된 후, 밸브(324) 및 밸브(334)를 폐쇄하고, NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스의 공급을 정지한다. 이때, APC 밸브(243)는 개방한 상태 그대로 두고, 진공 펌프(246)에 의해 처리실(201) 내를 진공 배기하여, 처리실(201) 내에 잔류하는 미반응 또는 TiN층 형성에 기여한 후의, NH_3 가스나 염으로 된 부생성물을 처리실(201) 내로부터 배제한다. 즉, TiN층이 형성된 웨이퍼(200)가 존재하는 공간에 잔류하는 미반응 또는 TiN층 형성에 기여한 후의 NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스나 부생성물을 제거한다. 이때 밸브(514, 524, 534)는 개방한 상태 그대로 두고, N_2 가스의 처리실(201) 내의 공급을 유지한다. N_2 가스는 퍼지 가스로서 작용하여, 이에 의해, 처리실(201) 내에 잔류하는 미반응 또는 TiN층 형성에 기여한 후의 NH_3 가스 및 $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ 가스나 부생성물을 처리실(201) 내로부터 배제하는 효과를 높일 수 있다.
- [0073] 이때, TiCl_4 가스 공급 스텝 후의 잔류 가스 제거 스텝과 마찬가지로, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스를 완전히 배제하지 않아도 되며, 처리실(201) 내를 완전히 퍼지하지 않아도 된다.

- [0074] (소정 횟수 실시)
- [0075] 상술한 $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝을 순서대로 시분할해서 행하는 사이클을 1회 이상(소정 횟수) 행함으로써, 즉, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 처리를 1 사이클로 하고, 이 처리를 n 사이클(n은 1 이상의 정수)만큼 실행함으로써, 웨이퍼(200) 위에 소정의 두께(예를 들어 0.1 내지 10nm)의 TiN막을 형성한다. 상술한 사이클은, 복수회 반복하는 것이 바람직하다.
- [0076] (퍼지 및 대기압 복귀)
- [0077] 소정 막 두께의 TiN막을 형성한 후, 밸브(514, 524, 534)를 개방하여, 캐리어 가스 공급관(510, 520, 530) 각각으로부터 N_2 가스를 처리실(201) 내에 공급하고, 배기관(231)으로부터 배기한다. N_2 가스는 퍼지 가스로서 작용하고, 이에 의해 처리실(201) 내가 불활성 가스로 퍼지되어, 처리실(201) 내에 잔류하는 가스나 부생성물이 처리실(201) 내로부터 제거된다(퍼지). 그 후, 처리실(201) 내의 분위기가 불활성 가스로 치환되고(불활성 가스 치환), 처리실(201) 내의 압력이 상압으로 복귀된다(대기압 복귀).
- [0078] (보트 언로드 및 웨이퍼 디스차지)
- [0079] 보트 엘리베이터(115)에 의해 시일 캡(219)이 하강되고, 매니폴드(209)의 하단이 개구된다. 그리고, 처리 완료된 웨이퍼(200)가 보트(217)에 지지된 상태에서 매니폴드(209)의 하단으로부터 처리실(201)의 외부로 반출(보트 언로드)된다. 처리 완료된 웨이퍼(200)는, 보트(217)로부터 취출된다(웨이퍼 디스차지).
- [0080] (3) 본 실시 형태에 의한 효과
- [0081] 본 실시 형태에 따르면, 이하에 나타내는 하나 또는 복수의 효과를 발휘한다.
- [0082] 본 실시 형태에서는, 기판을 실온 이상 450℃ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 와 C_5H_5N 을 동시에 공급→잔류 가스 제거→ NH_3 과 C_5H_5N 을 동시에 공급→잔류 가스 제거라는 사이클을 1 사이클로 하여, 소정 사이클을 반복함으로써 TiN막을 형성하고, 그때 분리된 염화물로서의 HCl 등의 부생성물을 염의 형태로 배출하므로,
- [0083] (1) 반응 부생성물인 HCl이나 NH_4Cl 이 기판에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기판 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,
- [0084] (2) NH_3 을 공급할 때, 반응 부생성물인 HCl과 NH_3 이 반응하는 것을 억제하여, 공급한 NH_3 을 효율적으로 성막 프로세스에 사용할 수 있다. 또한, $TiCl_4$ 를 공급할 때는, 특히 반응 부생성물이 생성되는 2사이클째 이후에 있어서 유효하며,
- [0085] (3) 잔류하는 Cl을 저감할 수 있기 때문에, Cl에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있고,
- [0086] (4) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다
- [0087] 는 효과를 발휘한다.
- [0088] <본 발명의 제2 실시 형태>
- [0089] 제1 실시 형태에서는, TiN막을, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급하고, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급해서 형성하는 예에 대해서 설명하였다. 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스를 공급하고, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급해서 TiN막을 형성하는 예에 대해, 도 5를 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.
- [0090] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여, 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급하고, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스와의 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 동시에 공급하는 사이클을 소정 횟수(n회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN막을 형성한다.
- [0091] 본 실시 형태에서는, TiN막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 및

C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n 회(n 은 1 이상의 정수) 행하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.

[0092] 본 실시 형태에서는, 기판을 실온 이상 $450^{\circ}C$ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 를 공급→잔류 가스 제거→ NH_3 과 C_5H_5N 을 동시에 공급→잔류 가스 제거라는 사이클을 1 사이클로 하여, 소정 사이클을 반복함으로써 TiN 막을 형성하고, 그때 분리된 염화물로서의 HCl 등의 부생성물을 염의 형태로 배출하므로,

[0093] (1) 반응 부생성물인 HCl 이나 NH_4Cl 이 기판에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기판 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,

[0094] (2) NH_3 을 공급할 때, 반응 부생성물인 HCl 과 NH_3 이 반응하는 것을 억제하여, 공급한 NH_3 을 효율적으로 성막 프로세스에 사용할 수 있으며,

[0095] (3) 잔류하는 Cl 을 저감할 수 있기 때문에, Cl 에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있고,

[0096] (4) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다

[0097] 라는 효과를 발휘한다.

[0098] <본 발명의 제3 실시 형태>

[0099] 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급하고, NH_3 가스를 공급해서 TiN 막을 형성하는 예에 대해, 도 6을 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.

[0100] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스와, 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 동시에 공급하고, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스를 공급하는 사이클을 소정 횟수(n 회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN 막을 형성한다.

[0101] 본 실시 형태에서는, TiN 막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n 회(n 은 1 이상의 정수) 행하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.

[0102] 본 실시 형태에서는, 기판을 실온 이상 $450^{\circ}C$ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급→잔류 가스 제거→ NH_3 공급→잔류 가스 제거라는 사이클을 1 사이클로 하여, 소정 사이클을 반복함으로써 TiN 막을 형성하고, 그때 분리된 염화물로서의 HCl 등의 부생성물을 염의 형태로 배출하므로,

[0103] (1) 반응 부생성물인 HCl 이나 NH_4Cl 이 기판에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기판 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,

[0104] (2) $TiCl_4$ 를 공급할 때, 특히 반응 부생성물이 생성되는 2사이클째 이후에 있어서 유효하며,

[0105] (3) 잔류하는 Cl 을 저감할 수 있기 때문에, Cl 에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있고,

[0106] (4) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다

[0107] 라는 효과를 발휘한다.

[0108] <본 발명의 제4 실시 형태>

[0109] 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급하고, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급해서 TiN 막을 형성하는 예에 대하여 더욱 상세하게, 도 7을 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.

[0110] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써

생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 공급 개시하고, 공급을 종료하기 전에, 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급 개시하고 또한 공급을 종료하고, 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스인 C_5H_5N 가스를 공급 개시하고, 공급을 종료하기 전에, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스를 공급 개시하고 또한 공급을 종료하는 사이클을 소정 횟수(n 회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN막을 형성한다.

[0111] 본 실시 형태에서는, TiN막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n 회(n 은 1 이상의 정수) 행할 때, $TiCl_4$ 가스, NH_3 가스의 공급 시간보다도 C_5H_5N 가스의 공급 시간을 각각 길게 하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.

[0112] 본 실시 형태에 의해,

[0113] (1) 반응 부생성물인 HCl이나 NH_4Cl 이 기관에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기관 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,

[0114] (2) NH_3 을 공급할 때, 반응 부생성물인 HCl과 NH_3 이 반응하는 것을 억제하여, 공급한 NH_3 을 효율적으로 성막 프로세스에 사용할 수 있다. 또한, $TiCl_4$ 를 공급할 때는, 특히 반응 부생성물이 생성되는 2사이클째 이후에 있어서 유효하며,

[0115] (3) 잔류하는 Cl을 저감할 수 있기 때문에, Cl에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있고,

[0116] (4) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다

[0117] 라는 효과를 발휘한다.

[0118] <본 발명의 제5 실시 형태>

[0119] 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스를 공급하고, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급해서 TiN막을 형성하는 예에 대하여 더욱 상세하게, 도 8을 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.

[0120] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급 개시하고, 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 공급 개시하고, 공급을 종료하기 전에, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스를 공급 개시하고, 또한 공급을 종료하는 사이클을 소정 횟수(n 회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN막을 형성한다.

[0121] 본 실시 형태에서는, TiN막 형성 스텝에 있어서, 기관을 실온 이상 $450^\circ C$ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n 회(n 은 1 이상의 정수) 행할 때, NH_3 가스의 공급 시간보다도 C_5H_5N 가스의 공급 시간을 길게 하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.

[0122] 본 실시 형태에 의해,

[0123] (1) 반응 부생성물인 HCl이나 NH_4Cl 이 기관에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기관 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,

[0124] (2) NH_3 을 공급할 때, 반응 부생성물인 HCl과 NH_3 이 반응하는 것을 억제하여, 공급한 NH_3 을 효율적으로 성막 프로세스에 사용할 수 있으며,

[0125] (3) 잔류하는 Cl을 저감할 수 있기 때문에, Cl에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있고,

- [0126] (4) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다
- [0127] 라는 효과를 발휘한다.
- [0128] <본 발명의 제6 실시 형태>
- [0129] 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스를 동시에 공급하고, NH_3 가스를 공급해서 TiN 막을 형성하는 예에 대하여 더욱 상세하게, 도 9를 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.
- [0130] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 공급 개시하고, 공급을 종료하기 전에, 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급 개시하고, 또한 공급을 종료하고, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스를 공급하는 사이클을 소정 횟수(n 회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN 막을 형성한다.
- [0131] 본 실시 형태에서는, TiN 막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 및 C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n 회(n 은 1 이상의 정수) 행할 때, $TiCl_4$ 가스의 공급 시간보다도 C_5H_5N 가스의 공급 시간을 길게 하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.
- [0132] 본 실시 형태에 의해,
- [0133] (1) 반응 부생성물인 HCl 이나 NH_4Cl 이 기관에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기관 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,
- [0134] (2) NH_3 을 공급할 때, 반응 부생성물인 HCl 과 NH_3 이 반응하는 것을 억제하여, 공급한 NH_3 을 효율적으로 성막 프로세스에 사용할 수 있으며,
- [0135] (3) 잔류하는 Cl 을 저감할 수 있기 때문에, Cl 에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있고,
- [0136] (4) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다
- [0137] 라는 효과를 발휘한다.
- [0138] <본 발명의 제7 실시 형태>
- [0139] 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스를 공급하고, C_5H_5N 가스를 공급하고, NH_3 가스를 공급하고, C_5H_5N 가스를 공급해서 TiN 막을 형성하는 예에 대하여 더욱 상세하게, 도 10을 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.
- [0140] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급하고, 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 공급하고, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 을 공급하고, C_5H_5N 가스를 공급하는 사이클을 소정 횟수(n 회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN 막을 형성한다.
- [0141] 본 실시 형태에서는, TiN 막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 공급 스텝, C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 공급 스텝, C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n 회(n 은 1 이상의 정수) 행하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.
- [0142] 본 실시 형태에서는, 기관을 실온 이상 $450^\circ C$ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 가스 공급→ C_5H_5N 가스 공급→잔류 가스 제거→ NH_3 가스 공급→ C_5H_5N 가스 공급→잔류 가스 제거라는 사이클을 1 사이클로 하여, 소정 사이클을 반복함으로써 TiN 막을 형성하고, 그때 분리된 염화물로서의 HCl 등의 부생성물을 염의 형태로 배출하므로,
- [0143] (1) $TiCl_4$ 나 NH_3 이 흡착하는 사이트에 부착되어 있는 HCl 을 제거함으로써 성막 레이트를 향상시킬 수 있고,

- [0144] (2) 잔류하는 Cl을 저감할 수 있기 때문에, Cl에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있다
- [0145] 라는 효과를 발휘한다.
- [0146] <본 발명의 제8 실시 형태>
- [0147] 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스를 공급하고, NH_3 가스를 공급하고, C_5H_5N 가스를 공급해서 TiN막을 형성하는 예에 대하여 더욱 상세하게, 도 11을 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.
- [0148] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급하고, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스를 공급하고, 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 공급하는 사이클을 소정 횟수(n회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN막을 형성한다.
- [0149] 본 실시 형태에서는, TiN막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 공급 스텝, C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n회(n은 1 이상의 정수) 행하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.
- [0150] 본 실시 형태에서는, 기판을 실온 이상 $450^{\circ}C$ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 가스 공급→잔류 가스 제거→ NH_3 가스 공급→ C_5H_5N 가스 공급→잔류 가스 제거라는 사이클을 1 사이클로 하여, 소정 사이클을 반복함으로써 TiN막을 형성하고, 그때 분리된 염화물로서의 HCl 등의 부생성물을 염의 형태로 배출하므로,
- [0151] (1) $TiCl_4$ 나 NH_3 이 흡착하는 사이트에 부착되어 있는 HCl을 제거함으로써 성막 레이트를 향상시킬 수 있고,
- [0152] (2) 잔류하는 Cl을 저감할 수 있기 때문에, Cl에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있다
- [0153] 라는 효과를 발휘한다.
- [0154] <본 발명의 제9 실시 형태>
- [0155] 본 실시 형태에서는, $TiCl_4$ 가스를 공급하고, C_5H_5N 가스를 공급하고, NH_3 가스를 공급해서 TiN막을 형성하는 예에 대하여 더욱 상세하게, 도 12를 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.
- [0156] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급하고, 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 공급하고, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스를 공급하는 사이클을 소정 횟수(n회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN막을 형성한다.
- [0157] 본 실시 형태에서는, TiN막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 공급 스텝, C_5H_5N 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n회(n은 1 이상의 정수) 행하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.
- [0158] 본 실시 형태에서는, 기판을 실온 이상 $450^{\circ}C$ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 가스 공급→ C_5H_5N 가스 공급→잔류 가스 제거→ NH_3 가스 공급 잔류 가스 제거라는 사이클을 1 사이클로 하여, 소정 사이클을 반복함으로써 TiN막을 형성하고, 그때 분리된 염화물로서의 HCl 등의 부생성물을 염의 형태로 배출하므로,
- [0159] (1) 반응 부생성물인 HCl이나 NH_4Cl 이 기판에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기판 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,
- [0160] (2) 잔류하는 Cl을 저감할 수 있기 때문에, Cl에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있으며,
- [0161] (3) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다

- [0162] 라는 효과를 발휘한다.
- [0163] <본 발명의 제10 실시 형태>
- [0164] 본 실시 형태에서는, C_5H_5N 가스를 공급하고, $TiCl_4$ 가스를 공급하고, NH_3 가스를 공급해서 TiN 막을 형성하는 예에 대하여 더욱 상세하게, 도 13을 사용해서 설명한다. 제1 실시 형태와 마찬가지로의 부분에 대해서는 상세한 설명은 생략하고, 제1 실시 형태와 상이한 부분에 대해서 이하에 설명한다.
- [0165] 본 실시 형태의 바람직한 시퀀스에서는, 웨이퍼(200)에 대하여 제1 처리 가스 및 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스로서, 예를 들어 C_5H_5N 가스를 계속해서 공급하고, 그 동안에 제1 처리 가스로서, 예를 들어 $TiCl_4$ 가스를 공급하고, 제2 처리 가스로서, 예를 들어 NH_3 가스를 공급하는 사이클을 소정 횟수(n 회) 행함으로써, 웨이퍼 위에 금속막인 TiN 막을 형성한다.
- [0166] 본 실시 형태에서는, TiN 막 형성 스텝에 있어서, $TiCl_4$ 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝, NH_3 가스 공급 스텝, 잔류 가스 제거 스텝의 사이클을 순서대로 시분할해서 n 회(n 은 1 이상의 정수) 행하는 동안에, C_5H_5N 가스를 계속해서 공급하는 점에서 제1 실시 형태와 상이하지만, 각 스텝에서의 처리 수순, 처리 조건은 제1 실시 형태의 그것들과 실질적으로 마찬가지이다.
- [0167] 본 실시 형태에서는, 기판을 실온 이상 $450^{\circ}C$ 이하의 온도로 유지한 상태에서, $TiCl_4$ 가스 공급→잔류 가스 제거→ NH_3 가스 공급→ C_5H_5N 가스 공급→잔류 가스 제거라는 사이클을 1 사이클로 하고, 그 동안에 C_5H_5N 가스를 계속해서 공급한다는 사이클을 소정 사이클 반복함으로써 TiN 막을 형성하고, 그때 분리된 염화물로서의 HCl 등의 부생성물을 염의 형태로 배출하므로,
- [0168] (1) 반응 부생성물인 HCl 이나 NH_4Cl 이 기판에 재부착됨으로 인한 처리 가스($TiCl_4$ 나 NH_3)의 기판 표면 흡착 저해 요인을 저감할 수 있고,
- [0169] (2) NH_3 을 공급할 때, 반응 부생성물인 HCl 과 NH_3 이 반응하는 것을 억제하여, 공급한 NH_3 을 효율적으로 성막 프로세스에 사용할 수 있으며,
- [0170] (3) 잔류하는 Cl 을 저감할 수 있기 때문에, Cl 에 의해 저항률이 높아지는 것을 억제할 수 있고,
- [0171] (4) 처리 가스의 흡착 저해 요인을 배제함으로써 성막 레이트를 증가시킬 수 있다
- [0172] 라는 효과를 발휘한다.
- [0173] 본 발명에서는, C_5H_5N (피리딘) 가스를 공급하는 타이밍은 $TiCl_4$ 가스, NH_3 가스 공급의 전후 어느 때이든 상관없으며, 부생성물(예를 들어 HCl)이 발생된 때라면 모든 타이밍에서 유효하다. 특히, NH_3 (암모니아) 가스의 공급 시가 가장 유효하다.
- [0174] 본 발명의 실시예의 데이터를 도 14에, 비교예의 데이터를 도 15에 도시한다. 도 14에는, 본 발명에 의해, TiN 막을 $380^{\circ}C$ 에서 성막했을 때의 데이터, 도 15에는, 일반적인 방법으로 Si_3N_4 막을 $630^{\circ}C$ 에서 성막했을 때의 데이터이며, 각각 종축에 막 두께, 횡축에 웨이퍼의 중심으로부터의 거리를 나타내고 있다.
- [0175] 도 14의 TiN 막의 경우에는 1배 피치, 2배 피치의 데이터를 비교한 것이고, 도 15의 Si_3N_4 막은 1배 피치, 2배 피치, 3배 피치의 데이터를 비교한 것이다. 여기서, 1배 피치란, 예를 들어 100매 넣는 보트에 100매 웨이퍼를 넣는 것에 반해, 2배 피치는, 1매 간격으로 웨이퍼를 도입하여, 총 50매의 웨이퍼를 넣은 경우를 말한다. 즉, 웨이퍼와 웨이퍼의 공간 거리가 1배 피치에서 2배 피치로 함으로써 배가 된다는 것을 말한다.
- [0176] 1배 피치에서 2배 피치로 함으로써, 웨이퍼 중앙부에 흐르는 가스 유량이 증가하는데, TiN 성막에서는 막 두께 분포의 변화량이 작은 것에 반해, Si_3N_4 성막의 경우에는 막 두께 분포의 변화량이 큰 것을 알 수 있다. Si_3N_4 성막과 같이 고온 성막을 행한 경우 부생성물로서 NH_4Cl 등이 발생하는데, 이 NH_4Cl 등의 흡착에 의한 성막 저해(로딩 효과 등)는 발생하지 않아, 원료 가스의 공급만으로 막 두께 분포가 결정된다고 생각된다. 한편, TiN 성막에서 이러한 현상이 일어나는 요인으로서, TiN 과 같은 중온 이하, 예를 들어 $450^{\circ}C$ 이하의 성막(저온 성막 등)에서는 부생성물인 HCl 의 부착이나, HCl 과 NH_3 에서 반응한 NH_4Cl 부착 등이 일어나고 있다는 것을 생각할 수

있다. 따라서, 본 발명에서는, C_5H_5N (피리딘)을 공급함으로써, $450^{\circ}C$ 이하의 성막에 있어서, 부생성물인 HCl 등과 피리딘으로 염을 형성시켜서, HCl 과 NH_3 이 반응하는 것을 억제하고 있다. 또한, $450^{\circ}C$ 보다 높은 온도에서 처리하는 성막에 있어서는, NH_4Cl 등의 흡착에 의한 성막 저해(로딩 효과 등)가 발생하지 않아, 피리딘을 공급하는 효과는 얻어지지 않은 것으로 생각된다.

[0177] 일반적인 염소 가스인 $TiCl_4$ 와 질화·환원 가스인 NH_3 의 교대 공급에 의한 TiN 성막에서는, 그 부생성물인 HCl 이 막 표면에 흡착되어 성막 반응을 저해하거나, 공급한 NH_3 과 반응해서 염화암모늄을 형성하여, 성막을 저해하는 요인이 된다. 또한, 그러한 영향으로서 성막 속도의 저하나 저항률 상승 등의 막질 저하를 야기한다. 그러나, 본 발명에 따르면, 성막 반응 시에 HCl 이 발생했을 때, HCl 과 반응해서 염을 형성하는 가스인, 예를 들어 피리딘(C_5H_5N)을 동시에 공급함으로써 HCl 을 염의 형태로 배출할 수 있어, 성막 저해 요인을 제거할 수 있는 방법을 제공할 수 있다. 상기한 바와 같이 본 발명은 특히, $450^{\circ}C$ 이하의 온도에서 처리하는 성막에 있어서 유효하다. 또한, HCl 과 피리딘은 실온에서도 반응하기 때문에, TiN 막을 형성할 때 필요로 되는 처리 온도인 실온 이상의 처리에서, 본 발명은 유효하다.

[0178] <다른 실시 형태>

[0179] 본 발명은 상술한 실시 형태에 한정되는 것은 아니며, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 다양하게 변경 가능하다.

[0180] 상술한 실시 형태에서는, 금속막을 사용하는 예에 대해서 설명했지만, 이것에 한정되지 않고, 할로겐화물로서 특히 염화물을 포함하는 처리 가스를 사용하는 막종으로서, $450^{\circ}C$ 이하의 온도에서 형성되는 막종이라면 적용 가능하며, 예를 들어 TaN 막, WN 막 등의 금속막이나 이들의 복합막, SiN 막, AlN 막, HfN 막, ZrN 막 등의 절연막이나 이들의 복합막이어도 적용 가능하다. 또한, 상술한 금속막 및 절연막의 복합막이어도 적용 가능하다.

[0181] 또한, 상술한 금속막 및 절연막을 형성하는 경우에는, 할로겐화물로서 특히 염화물을 포함하는 처리 가스로서 $TiCl_4$ 이외에도, 5염화탄탈($TaCl_5$), 6염화텅스텐(WCl_6), 3염화알루미늄($AlCl_3$), 4염화하프늄($HfCl_4$), 4염화지르코늄($ZrCl_4$) 등을 사용하는 것도 가능하다.

[0182] 질화·환원제로서는, NH_3 가스 이외에도, 디아젠(N_2H_2) 가스, 히드라진(N_2H_4) 가스, N_3H_8 가스, 질소(N_2), 아산화질소(N_2O), 모노메틸히드라진(CH_6N_2), 디메틸히드라진($C_2H_8N_2$) 등을 사용하는 것도 가능하다.

[0183] 불활성 가스로서는, N_2 가스 이외에도, 아르곤(Ar) 가스, 헬륨(He) 가스, 네온(Ne) 가스, 크세논(Xe) 가스 등의 희가스를 사용해도 된다.

[0184] 상술한 실시 형태나 각 변형예나 각 응용예 등은, 적절히 조합해서 사용할 수 있다. 또한, 이때의 처리 조건은, 예를 들어 상술한 실시 형태와 마찬가지로의 처리 조건으로 할 수 있다.

[0185] 이들 각종 박막의 형성에 사용되는 프로세스 레시피(처리 수순이나 처리 조건 등이 기재된 프로그램)는, 기관 처리의 내용(형성하는 박막의 막종, 조성비, 막질, 막 두께, 처리 수순, 처리 조건 등)에 따라 각각 개별로 준비하는(복수 준비하는) 것이 바람직하다. 그리고, 기관 처리를 개시할 때, 기관 처리의 내용에 따라, 복수의 프로세스 레시피 중에서 적절한 프로세스 레시피를 적절히 선택하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 기관 처리의 내용에 따라 개별로 준비된 복수의 프로세스 레시피를, 전기 통신 회선이나 당해 프로세스 레시피를 기록한 기록 매체(외부 기억 장치(123))를 통해서, 기관 처리 장치가 구비하는 기억 장치(121c) 내에 미리 저장(인스톨)해 두는 것이 바람직하다. 그리고, 기관 처리를 개시할 때, 기관 처리 장치가 구비하는 CPU(121a)가, 기억 장치(121c) 내에 저장된 복수의 프로세스 레시피 중에서 기관 처리의 내용에 따라, 적절한 프로세스 레시피를 적절히 선택하는 것이 바람직하다. 이렇게 구성함으로써, 1대의 기관 처리 장치로 다양한 막종, 조성비, 막질, 막 두께의 박막을 범용적이면서 또한 재현성 좋게 형성할 수 있게 된다. 또한, 오퍼레이터의 조작 부담(처리 수순이나 처리 조건 등의 입력 부담 등)을 저감할 수 있어, 조작 미스를 피하면서, 기관 처리를 신속히 개시할 수 있게 된다.

[0186] 상술한 프로세스 레시피는, 새롭게 작성하는 경우에 한하지 않고, 예를 들어 기존의 기관 처리 장치의 프로세스 레시피를 변경함으로써도 실현할 수 있다. 프로세스 레시피를 변경하는 경우에는, 본 발명에 따른 프로세스 레시피를 전기 통신 회선이나 당해 프로세스 레시피를 기록한 기록 매체를 통해서 기존의 기관 처리 장치에 인스톨하거나 또한 기존의 기관 처리 장치의 입출력 장치를 조작하여, 그 프로세스 레시피 자체를 본 발명에 따른

프로세스 레시피로 변경하거나 하는 것도 가능하다.

- [0187] 상술한 실시 형태에서는, 한번에 복수매의 기관을 처리하는 बै치식의 종형 장치인 기관 처리 장치이며, 1개의 반응관 내에 처리 가스를 공급하는 노즐이 세워 설치되고, 반응관의 하부에 배기구가 형성된 구조를 갖는 처리 로를 사용해서 성막하는 예에 대해서 설명했지만, 다른 구조를 갖는 처리 로를 사용해서 성막하는 경우에도 본 발명을 적용할 수 있다. 예를 들어, 동심원 형상의 단면을 갖는 2개의 반응관(외측의 반응관을 아우터 튜브, 내측의 반응관을 이너 튜브라고 함)을 갖고, 이너 튜브 내에 세워 설치된 노즐로부터, 아우터 튜브의 측벽이며 기관을 끼워서 노즐과 대향하는 위치(선 대칭의 위치)에 개구되는 배기구에 처리 가스가 흐르는 구조를 갖는 처리 로를 사용해서 성막하는 경우에도 본 발명을 적용할 수 있다. 또한, 처리 가스는 이너 튜브 내에 세워 설치된 노즐로부터 공급되는 것이 아니라, 이너 튜브의 측벽에 개구되는 가스 공급구로부터 공급되도록 해도 된다. 이때, 아우터 튜브에 개구되는 배기구는, 처리실 내에 적층해서 수용된 복수매의 기관이 존재하는 높이에 따라서 개구되어 있어도 된다. 또한, 배기구의 형상은 구멍 형상이어도 되고, 슬릿 형상이어도 된다.
- [0188] 상술한 실시 형태에서는, 한번에 복수매의 기관을 처리하는 बै치식의 종형 장치인 기관 처리 장치를 사용해서 성막하는 예에 대해서 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정되지 않고, 한번에 1매 또는 수매의 기관을 처리하는 매엽식의 기관 처리 장치를 사용해서 성막하는 경우에도, 적절하게 적용할 수 있다. 또한, 상술한 실시 형태에서는, 핫월형의 처리 로를 갖는 기관 처리 장치를 사용해서 박막을 성막하는 예에 대해서 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정되지 않고, 콜드월형의 처리 로를 갖는 기관 처리 장치를 사용해서 박막을 성막하는 경우에도, 적절하게 적용할 수 있다. 이들 경우에 있어서도, 처리 조건은, 예를 들어 상술한 실시 형태와 마찬가지로 처리 조건으로 할 수 있다.
- [0189] 예를 들어, 도 16에 나타내는 처리 로(302)를 구비한 기관 처리 장치를 사용해서 막을 형성하는 경우에도, 본 발명은 적절하게 적용할 수 있다. 처리 로(302)는, 처리실(301)을 형성하는 처리 용기(303)와, 처리실(301) 내에 가스를 샤워 형태로 공급하는 샤워 헤드(303s)와, 1매 또는 수매의 웨이퍼(200)를 수평 자세로 지지하는 지지대(317)와, 지지대(317)를 하방으로부터 지지하는 회전축(355)과, 지지대(317)에 설치된 히터(307)를 구비하고 있다. 샤워 헤드(303s)의 인렛(가스 도입구)에는, 상술한 원료 가스를 공급하는 가스 공급 포트(332a)와, 상술한 반응 가스를 공급하는 가스 공급 포트(332b)가 접속되어 있다. 가스 공급 포트(332a)에는, 상술한 실시 형태의 원료 가스 공급계와 마찬가지로의 원료 가스 공급계가 접속되어 있다. 가스 공급 포트(332b)에는, 상술한 실시 형태의 반응 가스 공급계와 마찬가지로의 반응 가스 공급계가 접속되어 있다. 샤워 헤드(303s)의 아울렛(가스 배출구)에는, 처리실(301) 내에 가스를 샤워 형태로 공급하는 가스 분산판이 설치되어 있다. 처리 용기(303)에는, 처리실(301) 내를 배기하는 배기 포트(331)가 형성되어 있다. 배기 포트(331)에는, 상술한 실시 형태의 배기계와 마찬가지로의 배기계가 접속되어 있다.
- [0190] 또한 예를 들어, 도 17에 나타내는 처리 로(402)를 구비한 기관 처리 장치를 사용해서 막을 형성하는 경우에도, 본 발명은 적절하게 적용할 수 있다. 처리 로(402)는, 처리실(401)을 형성하는 처리 용기(403)와, 1매 또는 수매의 웨이퍼(200)를 수평 자세로 지지하는 지지대(417)와, 지지대(417)를 하방으로부터 지지하는 회전축(455)과, 처리 용기(403)의 웨이퍼(200)를 향해서 광 조사를 행하는 램프 히터(407)와, 램프 히터(407)의 광을 투과시키는 석영창(403w)을 구비하고 있다. 처리 용기(403)에는, 상술한 원료 가스를 공급하는 가스 공급 포트(432a)와, 상술한 반응 가스를 공급하는 가스 공급 포트(432b)가 접속되어 있다. 가스 공급 포트(432a)에는, 상술한 실시 형태의 원료 가스 공급계와 마찬가지로의 원료 가스 공급계가 접속되어 있다. 가스 공급 포트(432b)에는, 상술한 실시 형태의 반응 가스 공급계와 마찬가지로의 반응 가스 공급계가 접속되어 있다. 처리 용기(403)에는, 처리실(401) 내를 배기하는 배기 포트(431)가 형성되어 있다. 배기 포트(431)에는, 상술한 실시 형태의 배기계와 마찬가지로의 배기계가 접속되어 있다.
- [0191] 이러한 기관 처리 장치를 사용하는 경우에도, 상술한 실시 형태나 변형예와 마찬가지로의 시퀀스, 처리 조건에서 성막을 행할 수 있다.
- [0192] 이하, 본 발명이 바람직한 형태에 대해서 부기한다.
- [0193] [부기 1]
- [0194] 본 발명의 일 형태에 의하면,
- [0195] 기관에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 공정과,
- [0196] 상기 기관에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 공정

- [0197] 을 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 공정을 포함하는 반도체 장치의 제조 방법으로서,
- [0198] 공급하는 공정을 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 공정을 포함하고,
- [0199] 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고,
- [0200] 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정 중 적어도 어느 하나와 동시에 상기 기관에 대하여 공급하는 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법.
- [0201] [부기 2]
- [0202] 부기 1에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법으로서, 상기 부생성물은 염화물이다.
- [0203] [부기 3]
- [0204] 부기 2에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스는 상기 부생성물과 반응해서 염을 생성한다.
- [0205] [부기 4]
- [0206] 부기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법이며, 상기 제3 처리 가스를 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기관에 대하여 공급할 때는, 상기 제3 처리 가스를 상기 기관에 대하여 공급하는 시간을 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정을 행하는 시간보다 길게 행한다.
- [0207] [부기 5]
- [0208] 부기 4에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스를 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기관에 대하여 공급할 때는, 상기 기관에 대하여, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 시작하고, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제1 처리 가스의 공급을 멈춘다.
- [0209] [부기 6]
- [0210] 부기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법이며, 상기 제3 처리 가스를 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기관에 대하여 공급할 때는, 상기 제3 처리 가스를 공급하는 시간을 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정을 행하는 시간보다 길게 행한다.
- [0211] [부기 7]
- [0212] 부기 6에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스를 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기관에 대하여 공급할 때는, 상기 기관에 대하여, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 시작하고, 상기 제3 처리 가스를 공급한 상태에서 상기 제2 처리 가스의 공급을 멈춘다.
- [0213] [부기 8]
- [0214] 부기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스를 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기관에 대하여 공급할 때는, 상기 제3 처리 가스를 공급하는 시간과 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정을 행하는 시간을 동등하게 한다.
- [0215] [부기 9]
- [0216] 부기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스를 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기관에 대하여 공급할 때는, 상기 제3 처리 가스를 공급하는 시간과 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정을 행하는 시간을 동등하게 한다.
- [0217] [부기 10]
- [0218] 부기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스를 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기관에 대하여 공급할 때는, 상기 기관에 대하여, 상기 제1 처리 가스의 공급을 시작하는 타이밍과 상기 제3 처리 가스의 공급을 시작하는 타이밍 및 상기 제1 처리 가

스의 공급을 멈추는 타이밍과 상기 제3 처리 가스의 공급을 멈추는 타이밍 중 적어도 어느 하나를 동일한 타이밍으로 한다.

[0219] [부기 11]

[0220] 부기 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스를 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 상기 기판에 대하여 공급할 때는, 상기 기판에 대하여, 상기 제2 처리 가스의 공급을 시작하는 타이밍과 상기 제3 처리 가스의 공급을 시작하는 타이밍 및 상기 제2 처리 가스의 공급을 멈추는 타이밍과 상기 제3 처리 가스의 공급을 멈추는 타이밍 중 적어도 어느 하나를 동일한 타이밍으로 한다.

[0221] [부기 12]

[0222] 부기 1 내지 11 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법으로서, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정, 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제3 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기판을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행한다.

[0223] [부기 13]

[0224] 부기 1 내지 12 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법으로서, 상기 막은 메탈(금속) 질화막이다.

[0225] [부기 14]

[0226] 부기 1 내지 13 중 어느 하나에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법으로서, 상기 제1 처리 가스는 염화물이다.

[0227] [부기 15]

[0228] 부기 14에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법으로서, 상기 제1 처리 가스는 $TiCl_4$ 이며, 상기 제2 처리 가스는 NH_3 이다.

[0229] [부기 16]

[0230] 부기 1 내지 15 중 어느 한 항에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법으로서, 상기 부생성물은 HCl 또는 NH_4Cl 이다.

[0231] [부기 17]

[0232] 부기 1 내지 16 중 어느 한 항에 기재된 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법으로서, 상기 제3 처리 가스는 C_5H_5N 이다.

[0233] [부기 18]

[0234] 다른 형태에 의하면,

[0235] 기판에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 공정과,

[0236] 상기 기판에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 공정

[0237] 을 소정 횟수 행함으로써, 상기 기판 위에 막을 형성하는 공정을 포함하는 반도체 장치의 제조 방법으로서,

[0238] 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 기판을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고,

[0239] 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정 중 적어도 어느 하나의 후에 상기 기판에 대하여 공급하는 반도체 장치의 제조 방법 및 기판 처리 방법.

[0240] [부기 19]

[0241] 기판에 대하여 제1 처리 가스와 제2 처리 가스를 시분할해서(비동기, 간헐적, 펄스식으로) 소정 횟수 공급하는 공정을 행함으로써, 상기 기판 위에 막을 형성하는 공정을 포함하고,

- [0242] 상기 기관에 대하여, 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를 연속적으로 공급하고,
- [0243] 상기 제1 처리 가스를 공급하는 공정 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고,
- [0244] 상기 제1 처리 가스와 상기 제2 처리 가스를 공급하는 공정은, 상기 제3 처리 가스를 공급하는 공정과 동시에 행하는 반도체 장치의 제조 방법 및 기관 처리 방법.
- [0245] [부기 20]
- [0246] 또 다른 형태에 의하면,
- [0247] 기관을 수용하는 처리실과,
- [0248] 상기 기관을 가열하는 가열계와,
- [0249] 상기 기관에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급계와,
- [0250] 상기 기관에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급계와,
- [0251] 상기 기관에 대하여 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급계와,
- [0252] 상기 가열계, 상기 제1 처리 가스 공급계, 상기 제2 처리 가스 공급계 및 상기 제3 처리 가스 공급계를 제어하고, 상기 처리실에 수용된 상기 기관에 대하여 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 기관에 대하여 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리를 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 처리를 행하고, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리는, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고, 상기 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리 중 적어도 어느 하나와 동시에 상기 기관에 대하여 공급하도록 구성되는 제어부
- [0253] 를 포함하는 기관 처리 장치.
- [0254] [부기 21]
- [0255] 기관을 수용하는 처리실과,
- [0256] 상기 기관을 가열하는 가열계와,
- [0257] 상기 기관에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급계와,
- [0258] 상기 기관에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급계와,
- [0259] 상기 기관에 대하여 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급계와,
- [0260] 상기 가열계, 상기 제1 처리 가스 공급계, 상기 제2 처리 가스 공급계 및 상기 제3 처리 가스 공급계를 제어하고, 상기 처리실에 수용된 기관에 대하여 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 기관에 대하여 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리를 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 처리를 행하고, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리는, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고, 상기 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리 중 적어도 어느 하나의 후에 상기 기관에 대하여 공급하도록 구성되는 제어부
- [0261] 를 포함하는 기관 처리 장치.
- [0262] [부기 22]
- [0263] 기관을 수용하는 처리실과,
- [0264] 상기 기관을 가열하는 가열계와,
- [0265] 상기 기관에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급계와,

- [0266] 상기 기관에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급계와,
- [0267] 상기 기관에 대하여 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급계와,
- [0268] 상기 가열계, 상기 제1 처리 가스 공급계, 상기 제2 처리 가스 공급계 및 상기 제3 처리 가스 공급계를 제어하고, 상기 처리실에 수용된 기관에 대하여 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 기관에 대하여 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리를 시분할해서(비동기, 간헐적, 펄스식으로) 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 처리를 행하고, 상기 기관에 대하여 상기 제3 처리 가스를 연속적으로 공급하고, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 처리 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리는, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고, 상기 제1 처리 가스와 상기 제2 처리 가스를 공급하는 처리는, 상기 제3 처리 가스를 공급하는 처리와 동시에 행하도록 구성되는 제어부를 포함하는 기관 처리 장치.
- [0270] [부기 23]
- [0271] 또 다른 형태에 의하면,
- [0272] 기관에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 수순과,
- [0273] 상기 기관에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 수순
- [0274] 을 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 수순을 컴퓨터에 실행시키고,
- [0275] 상기 제1 처리 가스를 공급하는 수순 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 수순은, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고,
- [0276] 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 수순 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 수순 중 적어도 어느 하나와 동시에 상기 기관에 대하여 공급하는
- [0277] 프로그램 및 해당 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.
- [0278] [부기 24]
- [0279] 기관에 대하여 제1 처리 가스를 공급하는 수순과,
- [0280] 상기 기관에 대하여 제2 처리 가스를 공급하는 수순
- [0281] 을 소정 횟수 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 수순을 컴퓨터에 실행시키고,
- [0282] 상기 제1 처리 가스를 공급하는 수순 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 수순은, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고,
- [0283] 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를, 상기 제1 처리 가스를 공급하는 수순 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 수순 중 적어도 어느 하나의 후에 상기 기관에 대하여 공급하는
- [0284] 프로그램 및 해당 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.
- [0285] [부기 25]
- [0286] 기관에 대하여 제1 처리 가스와 제2 처리 가스를 시분할해서(비동기, 간헐적, 펄스식으로) 소정 횟수 공급하는 수순과,
- [0287] 상기 기관에 대하여 상기 제1 처리 가스 및 상기 제2 처리 가스가 반응함으로써 생성되는 부생성물과 반응하는 제3 처리 가스를 연속적으로 공급하는 수순
- [0288] 을 행함으로써, 상기 기관 위에 막을 형성하는 수순을 컴퓨터에 실행시키고,
- [0289] 상기 제1 처리 가스를 공급하는 수순 및 상기 제2 처리 가스를 공급하는 수순은, 상기 기관을 실온 이상 450℃ 이하의 소정 온도로 유지한 상태에서 행하고,
- [0290] 상기 제1 처리 가스와 상기 제2 처리 가스를 공급하는 수순은, 상기 제3 처리 가스를 공급하는 수순과 동시에

행하는

[0291] 프로그램 및 해당 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

부호의 설명

- [0292]
- 10: 기관 처리 장치

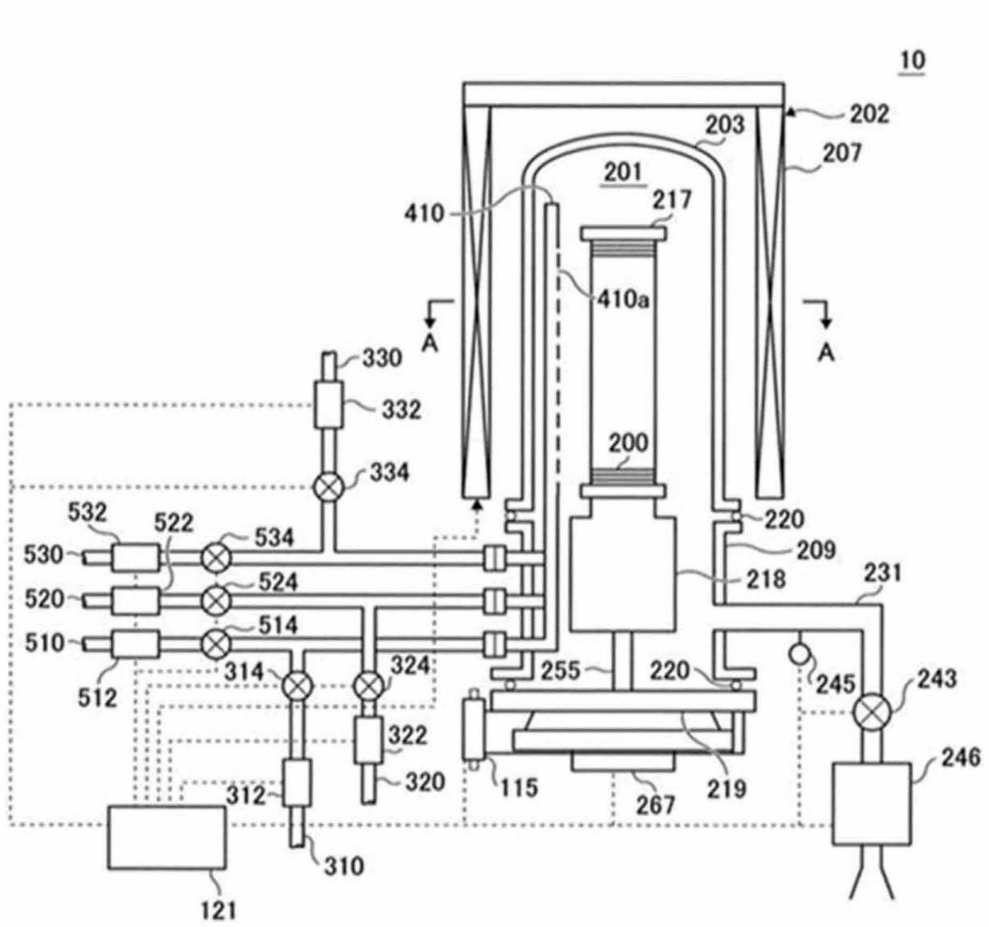
200: 웨이퍼

201: 처리실

202: 처리 로

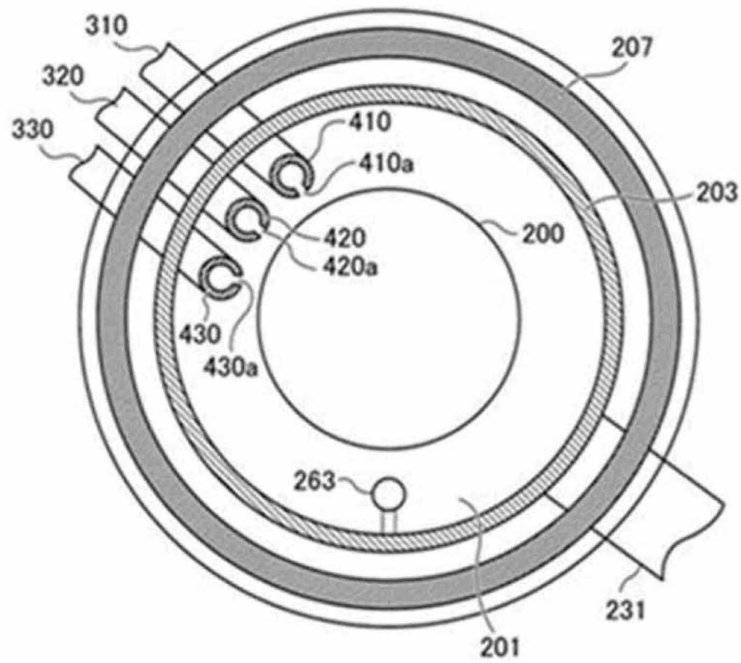
도면

도면1

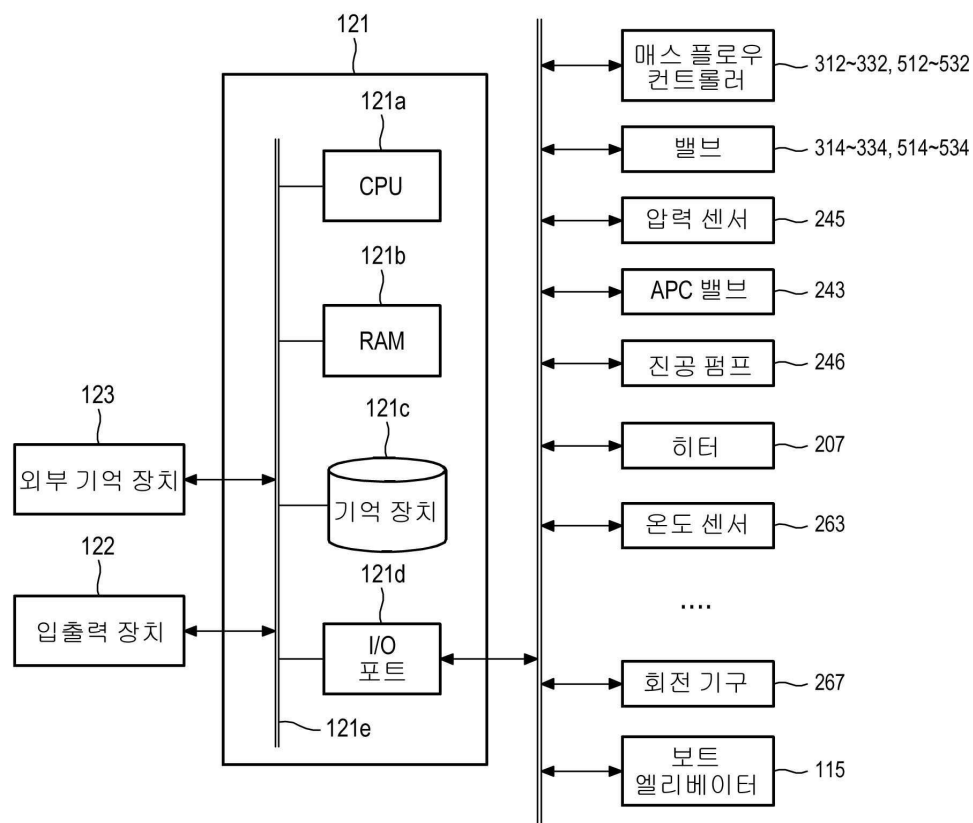


도면2

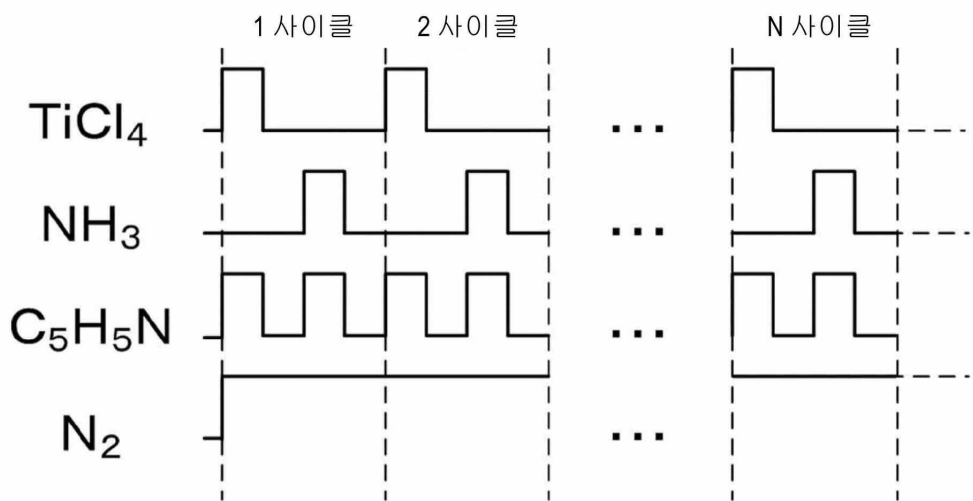
202



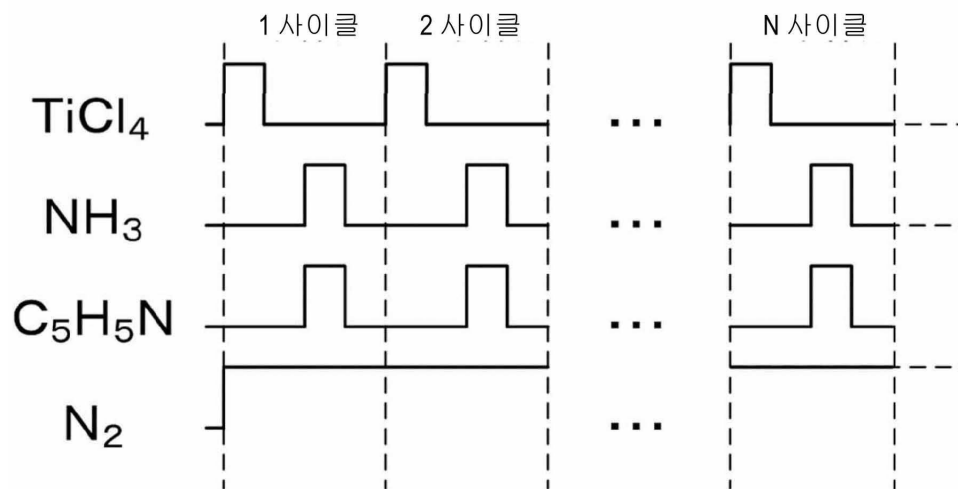
도면3



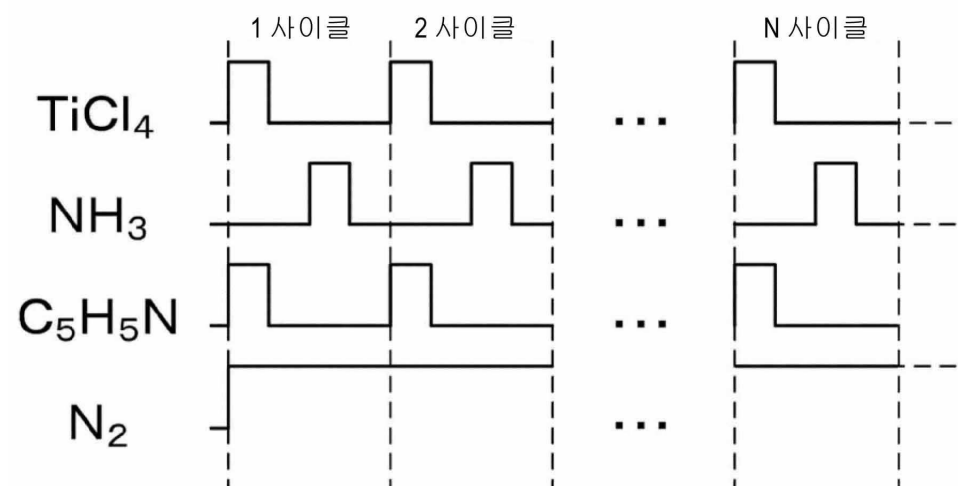
도면4



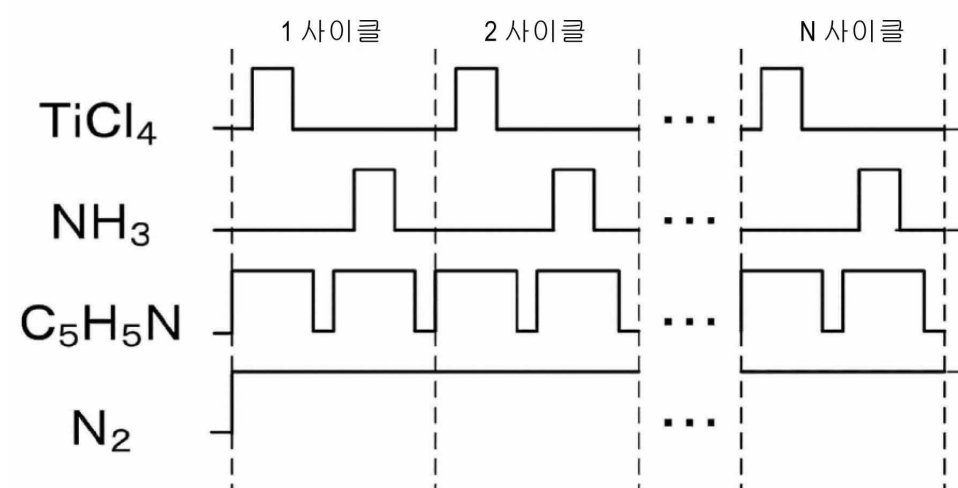
도면5



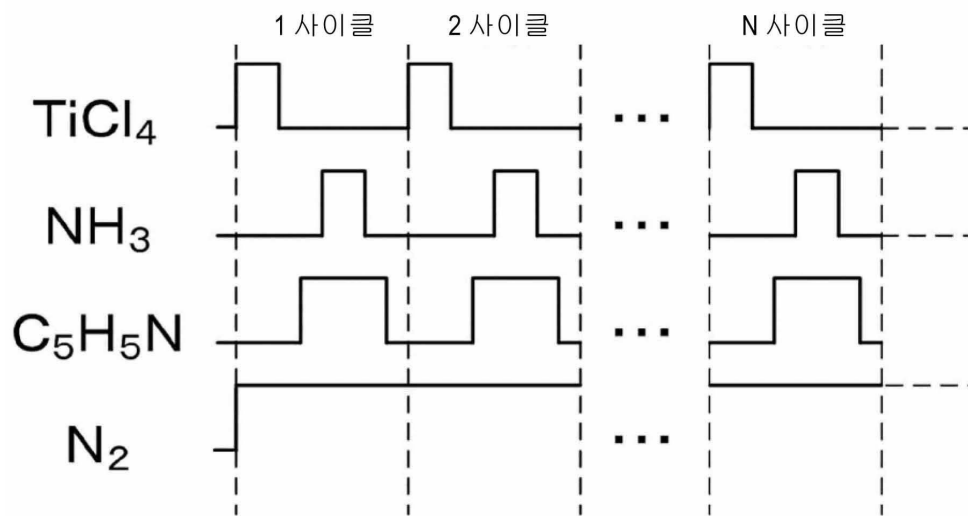
도면6



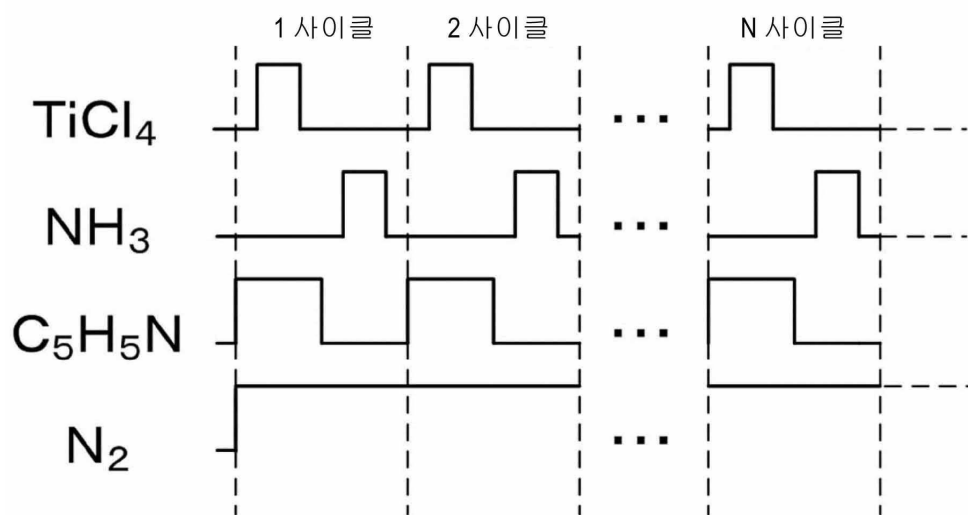
도면7



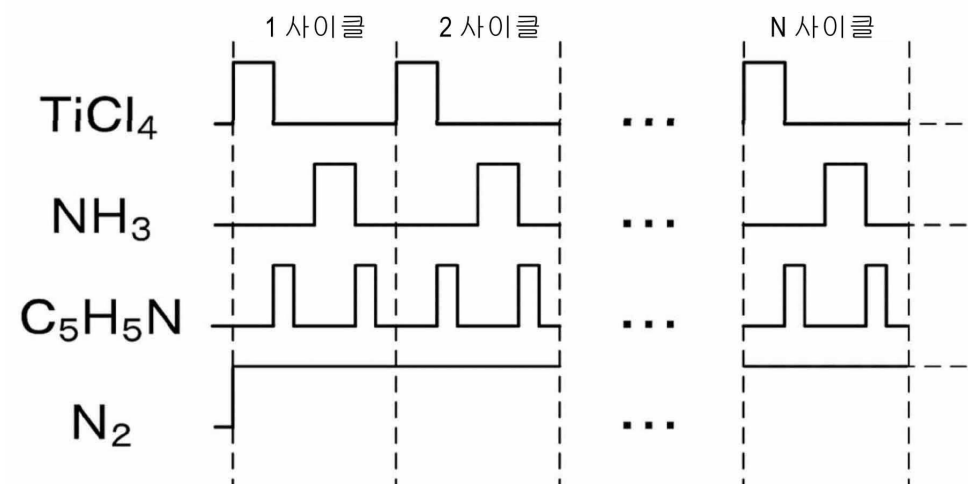
도면8



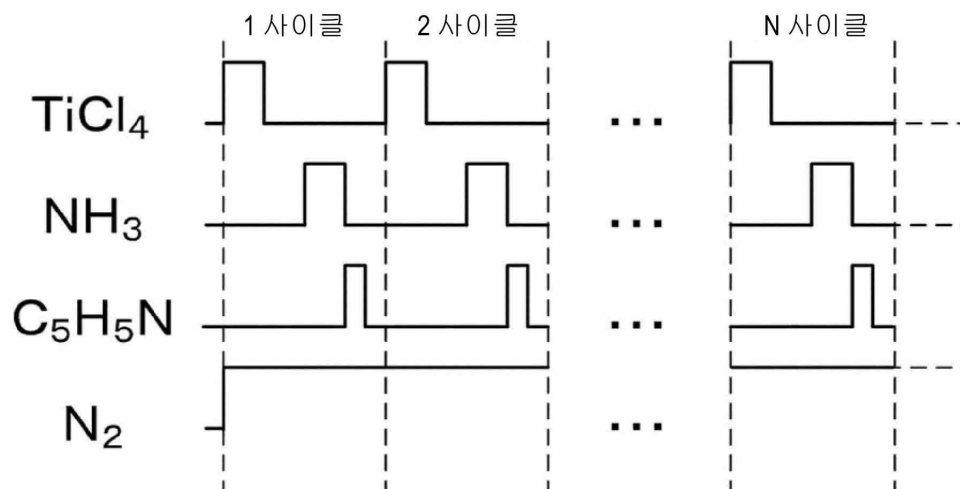
도면9



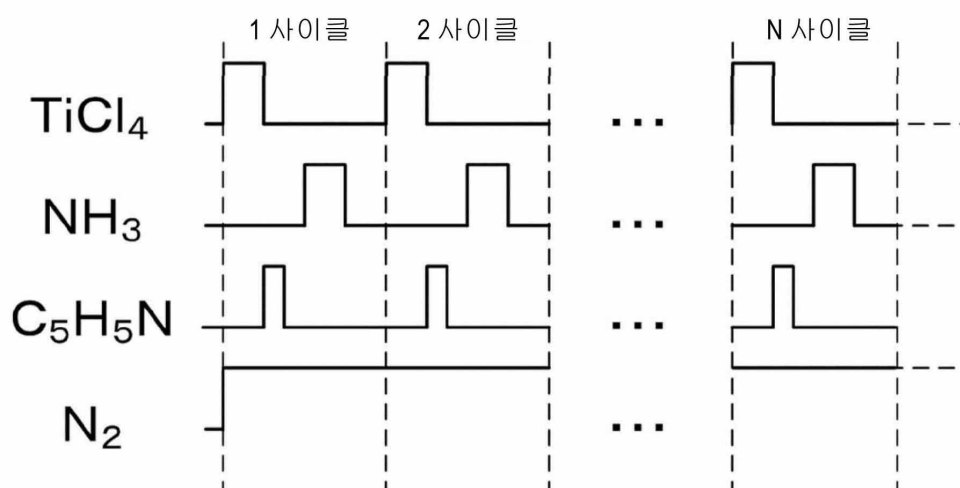
도면10



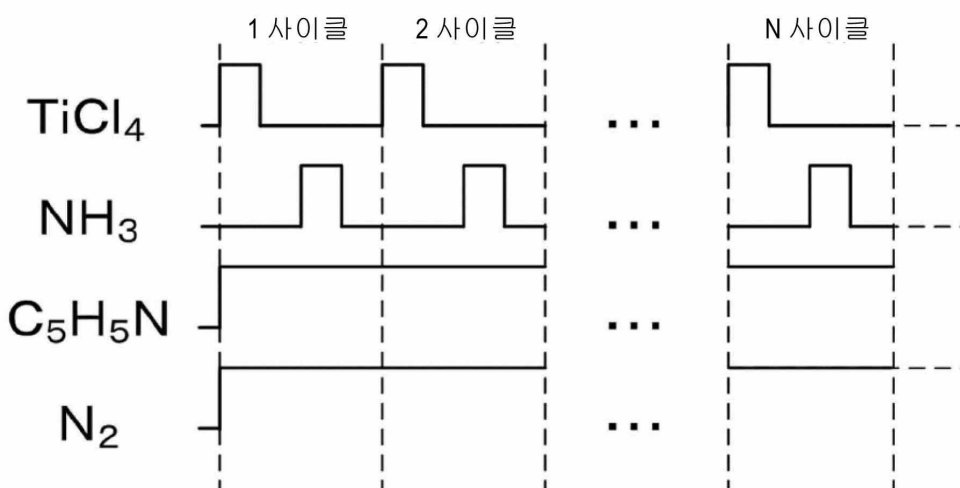
도면11



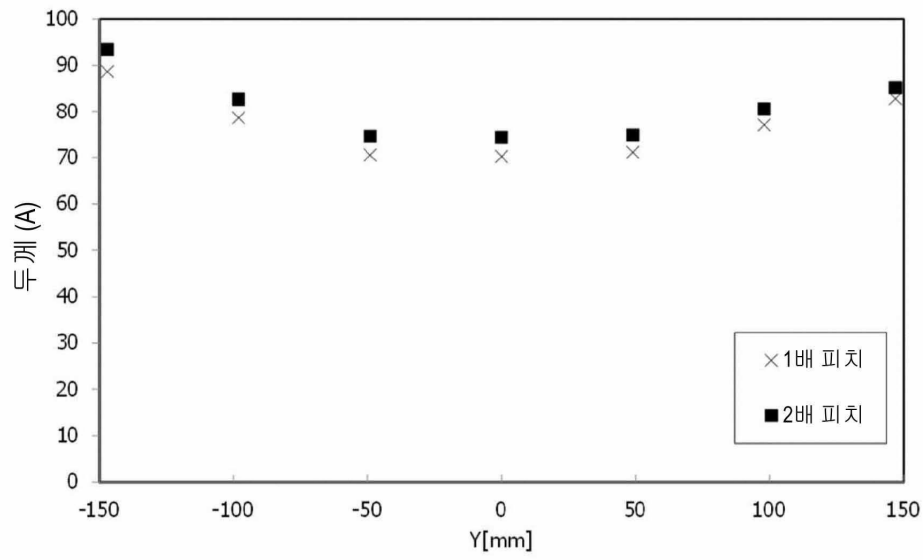
도면12



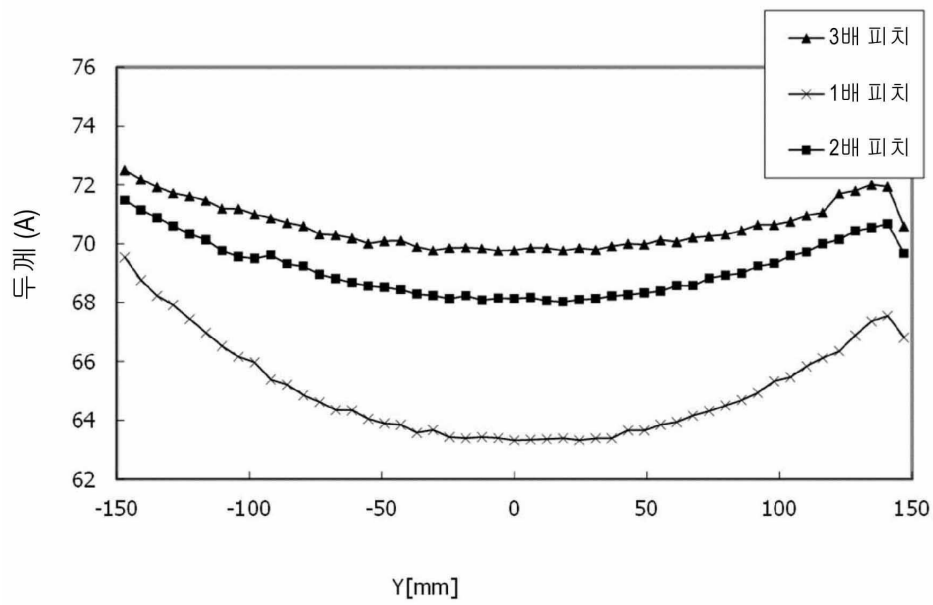
도면13



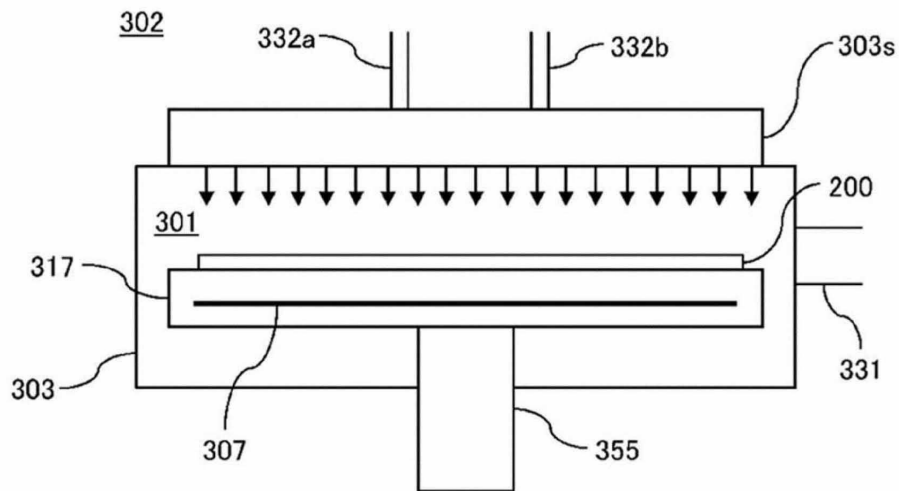
도면14



도면15



도면16



도면17

