(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월27일
(11) 등록번호 10-1268186
(24) 등록일자 2013년05월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/205 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)
C23C 16/455 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7000200
(22) 출원일자(국제) 2008년09월11일
심사청구일자 2011년01월06일
(85) 번역문제출일자 2010년01월06일
(65) 공개번호 10-2010-0058446
(43) 공개일자 2010년06월03일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2008/066455
(87) 국제공개번호 WO 2009/041282
국제공개일자 2009년04월02일
(30) 우선권주장
JP-P-2007-255780 2007년09월28일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2005000723 A*
JP2006299294 A*
KR100343144 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고
(72) 발명자
즈다 에이노스케
일본 야마나시켄 니라사키시 호사카초 미츠자와 650 도쿄엘렉트론 에이티 가부시키가이샤 나이
(74) 대리인
강승옥, 송승필

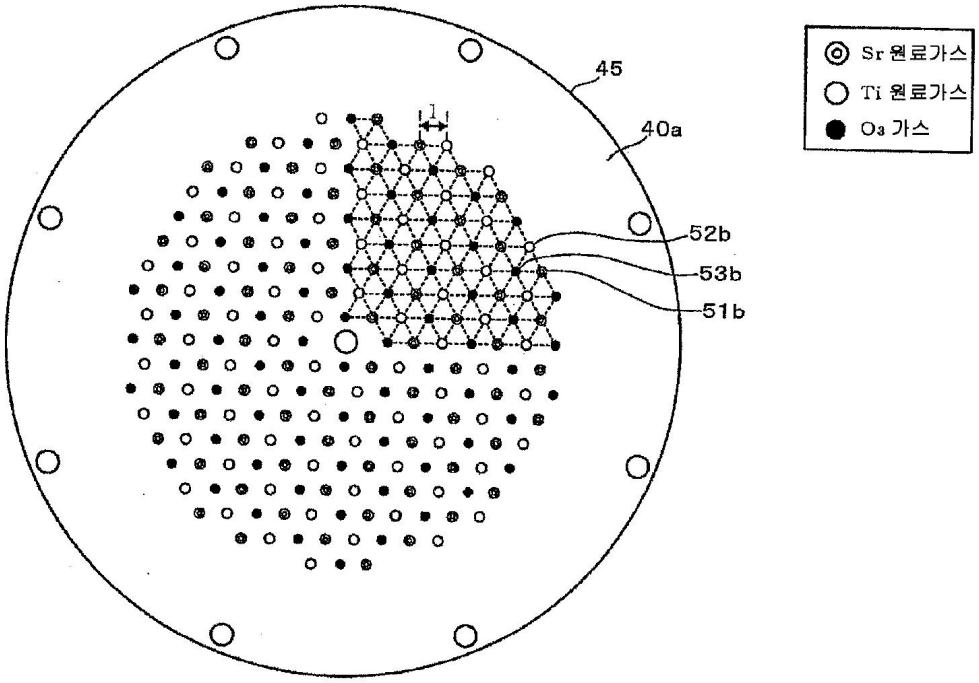
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 **성막 장치, 성막 방법, 기억 매체 및 가스 공급 장치**

(57) 요 약

성막 장치는, 처리 용기(2)와, 처리 용기(2) 내에 배치되어 기판(W)을 배치하기 위한 배치대(3)와, 배치대(3)에 대향하여 배치되어 제1 처리 가스를 공급하는 제1 가스 공급 구멍(51b)과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 가스 공급 구멍(52b)과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 가스 공급 구멍(53b)이 설치된 가스 공급면(40a)을 갖는 가스 샤워 헤드(4)를 구비하고 있다. 가스 공급면(40a)은 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획(401)으로 분할되고, 이 단위 구획(401)을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점의 각각에 제1 가스 공급 구멍(51b), 제2 가스 공급 구멍(52b) 및 제3 가스 공급 구멍(53b)이 설치되어 있다. 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 이들 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 서로 반응시켜 기판(W)의 표면에 박막을 성막한다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

처리 용기와,

상기 처리 용기 내에 배치되어, 기판을 배치하기 위한 배치대와,

상기 배치대에 대향하여 배치되어 제1 처리 가스를 공급하는 제1 가스 공급 구멍과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 가스 공급 구멍과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 가스 공급 구멍이 설치된 가스 공급면을 갖는 가스 샤워 헤드를 구비하고,

상기 가스 공급면은 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되며, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개의 정점의 각각에 상기 제1 가스 공급 구멍, 상기 제2 가스 공급 구멍 및 상기 제3 가스 공급 구멍이 설치되고,

상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 처리 분위기에서 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막하는 것이고,

상기 가스 공급면의 단위 구획을 이루는 하나의 정삼각형과, 그 정삼각형의 한변에 선대칭되는 다른 정삼각형에 있어서, 상기 한변을 사이에 두고 마주보는 2개의 정점에 동일한 가스 공급 구멍이 할당되는 것을 특징으로 하는 성막 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 가스 공급 구멍으로부터 공급되는 제1 처리 가스는 스트론튬 화합물을 함유하고,

상기 제2 가스 공급 구멍으로부터 공급되는 제2 처리 가스는 티탄 화합물을 함유하며,

상기 제3 가스 공급 구멍으로부터 공급되는 제3 처리 가스는 스트론튬 화합물 및 티탄 화합물과 반응하는 산화 가스이며,

상기 기판의 표면에 성막되는 박막은 티탄산스트론튬인 것을 특징으로 하는 성막 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 산화 가스는 오존 가스 또는 수증기인 것을 특징으로 하는 성막 장치.

청구항 4

처리 용기 내에 배치된 배치대 상에 기판을 배치하는 배치 공정과,

상기 배치대에 대향하여 배치되어 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개의 정점의 각각에 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍이 설치된 가스 샤워 헤드로부터, 가스를 공급하는 가스 공급 공정을 포함하며,

상기 가스 공급 공정은, 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급 공정과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급 공정과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급 공정을 포함하고,

상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 처리 분위기에서 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막하는 것이고,

상기 단위 구획을 이루는 하나의 정삼각형과, 그 정삼각형의 한변에 선대칭되는 다른 정삼각형에 있어서, 상기 한변을 사이에 두고 마주보는 2개의 정점에 동일한 가스 공급 구멍이 할당되는 것을 특징으로 하는 성막 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제1 처리 가스 공급 공정에서 공급되는 제1 처리 가스는 스트론튬 화합물을 함유하고,

상기 제2 처리 가스 공급 공정에서 공급되는 제2 처리 가스는 티탄 화합물을 함유하며,

상기 제3 처리 가스 공급 공정에서 공급되는 제3 처리 가스는 스트론튬 화합물 및 티탄 화합물과 반응하는 산화

가스이며,

상기 기판의 표면에 티탄산스트론튬으로 이루어진 박막을 성막하는 것을 특징으로 하는 성막 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 산화 가스는 오존 가스 또는 수증기인 것을 특징으로 하는 성막 방법.

청구항 7

성막 장치에 성막 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기억 매체로서,

상기 성막 방법은,

처리 용기 내에 배치된 배치대 상에 기판을 배치하는 배치 공정과,

상기 배치대에 대향하여 배치되어 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개의 정점의 각각에 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍이 설치된 가스 샤워 헤드로부터, 가스를 공급하는 가스 공급 공정을 포함하며,

상기 가스 공급 공정은, 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급 공정과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급 공정과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급 공정을 포함하고,

상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 처리 분위기에서 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막하는 방법인 것이고,

상기 단위 구획을 이루는 하나의 정삼각형과, 그 정삼각형의 한변에 선대칭되는 다른 정삼각형에 있어서, 상기 한변을 사이에 두고 마주보는 2개의 정점에 동일한 가스 공급 구멍이 할당되는 것을 특징으로 하는 기억 매체.

청구항 8

제1 처리 가스를 도입하기 위한 제1 도입 포트와,

제2 처리 가스를 도입하기 위한 제2 도입 포트와,

제3 처리 가스를 도입하기 위한 제3 도입 포트와,

상기 제1 도입 포트에 의해 도입된 상기 제1 처리 가스를 기판에 공급하기 위한 제1 가스 공급 구멍과,

상기 제2 도입 포트에 의해 도입된 상기 제2 처리 가스를 기판에 공급하기 위한 제2 가스 공급 구멍과,

상기 제3 도입 포트에 의해 도입된 상기 제3 처리 가스를 기판에 공급하기 위한 제3 가스 공급 구멍과,

상기 제1 도입 포트로부터 도입된 상기 제1 처리 가스, 상기 제2 도입 포트로부터 도입된 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 도입 포트로부터 도입된 상기 제3 처리 가스의 각각을, 상기 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍을 통해 독립적으로 토출시키도록 구성된 가스 유로 구조부를 구비하고,

상기 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍은 가스 공급면에 설치되며,

상기 가스 공급면은 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개의 정점의 각각에 상기 제1 가스 공급 구멍, 상기 제2 가스 공급 구멍 및 상기 제3 가스 공급 구멍이 설치되며,

상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하고, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 처리 분위기에서 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막하는 것이고,

상기 가스 공급면의 단위 구획을 이루는 하나의 정삼각형과, 그 정삼각형의 한변에 선대칭되는 다른 정삼각형에 있어서, 상기 한변을 사이에 두고 마주보는 2개의 정점에 동일한 가스 공급 구멍이 할당되는 것을 특징으로 하는 가스 공급 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 관련된 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2007년 9월 28일에 출원된 일본 특허 출원 제2007-255780호에 대하여 우선권을 주장하고, 그 일본 출원 제2007-255780호의 모든 내용이 참조되어 여기에 삽입된다.

[0003] 본 발명은, 기판에 대하여 처리 가스를 공급함으로써, 기판 상에 이 처리 가스의 반응 생성물을 성막(成膜)하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 반도체 제조 프로세스에 있어서의 성막 방법으로서, 기판인 반도체 웨이퍼(이하,「웨이퍼」라고 함) 등의 표면에 진공 분위기 하에서 제1 처리 가스(원료 가스)를 흡착시킨 후, 공급하는 가스를 제2 처리 가스(산화 가스)로 전환하여 양쪽 가스의 반응에 의해 1층 또는 소수 층의 원자층이나 분자층을 형성하고, 이 사이클을 복수회 행함으로써, 이들 층을 적층하여 기판 상으로의 성막을 행하는 프로세스가 알려져 있다. 이 프로세스는, 예컨대 ALD(Atomic Layer Deposition)나 MLD(Molecular Layer Deposition) 등으로 지칭되며, 사이클수에 따라 막 두께를 고정밀도로 제어할 수 있으며, 막질의 면내 균일성도 양호하고, 반도체 디바이스의 박막화에 대응할 수 있는 유효한 방법이다.

[0005] 이 방법을 실시하기 위해서, 예컨대, 일본 특허 공개 제2004-6733호 공보(제0056 단락 및 도 8 참조)에는, 처리 용기(진공 용기)의 좌측면에서 우측면을 향해 (또는 우측면에서 좌측면을 향해) 2종류의 처리 가스를 교대로 흐르게 함으로써 처리 용기 내에 배치된 기판의 표면에 성막을 행하는 성막 장치가 기재되어 있다. 이와 같이 기판의 한쪽 측에서 다른 쪽 측으로 처리 가스를 통류(通流)시키는 사이드 플로우 방식을 채용하는 경우에는, 막 두께나 막질의 가로 방향에서의 편차를 억제하기 위해서, 성막 처리는 예컨대 200℃ 정도의 비교적 저온의 온도 분위기 하에서 행해진다.

[0006] 한편, 예컨대 산화지르코늄(ZrO_2) 등의 고유전체 재료를 성막하는 경우에는, 제1 처리 가스(원료 가스)로서, 예컨대 TEMAZ(테트라키스에틸메틸아미노지르코늄) 가스 등이 이용되며, 제2 처리 가스(산화 가스)로서 오존 가스 등이 이용된다. 여기서, TEMAZ 가스와 같은 원료 가스는 분해 온도가 높기 때문에, 예컨대 280℃ 정도의 고온에서 성막이 행해지지만, 이러한 고온 조건 하에서는 반응의 진행 방식이 빨라서 한번의 사이클로 성막되는 막 두께가 두꺼워지는 경향이 있다. 특히, 사이드 플로우 방식의 경우에는 기판의 표면에서의 가스의 이동 거리가 길기 때문에, 예컨대 가스의 공급측에서는 막 두께가 두꺼워지고, 배기측에서는 막 두께가 얇아지는 등, 양호한 막 두께의 면내 균일성을 얻을 수 없게 될 우려가 있다.

[0007] 또한, 처리량을 향상시키기 위해서, 예컨대 산화 가스인 오존 가스의 공급 시간을 짧게 한 경우에는, 오존 가스의 공급원으로부터 멀어짐에 따라 오존 가스의 산화력이 약해지기(오존 가스가 소비되기) 때문에, 기판 상에 흡착된 고유전체 재료를 충분히 산화할 수 없게 될 우려가 있어, 그 경우에는 예컨대 웨이퍼 내에 작성되는 반도체 디바이스 사이에서의 누설 전류의 값에 편차가 발생한다고 하는 문제도 있다.

[0008] 이러한 사이드 플로우 방식의 문제점을 해결하기 위해서, 예컨대 통상의 CVD 장치에 이용되는 가스 샤워 헤드(일본 특허 공개 제2006-299294호 공보의 제0021 단락~제0026 단락 참조)를 이용하여 기판의 중앙부 상방측으로부터 처리 가스를 공급하고, 미반응의 처리 가스 및 반응 부생성물을 처리 용기의 바닥부로부터 배기하는 방법이 검토되고 있다. 가스 샤워 헤드를 이용한 경우에는, 공급된 처리 가스는 기판의 중앙으로부터 주연부를 향해 흐르기 때문에, 사이드 플로우 방식에 비하여 가스의 이동 거리가 짧아 성막 후의 막 두께나 막질에 대해서 높은 면내 균일성을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

[0009] 그런데, 디바이스의 적용 부위에 따라 요구되는 박막의 특성을 보다 향상시키기 위해서 박막 자체의 재질 및 원료 가스에 대해서 선정, 개발이 진행되고 있다. 본 발명자에 있어서도, 예컨대 게이트 산화막에 적용되는 고유전체 박막의 재질로서, 스트론튬(Sr) 및 티탄(Ti)을 함유하는 산화물에 주목하고 있고, 그 원료 가스로서 Sr 화합물을 함유하는 원료 가스, Ti 화합물을 함유하는 원료 가스 및 산화 가스의 3종류의 가스를 이용하는 것을 검토하고 있다. 이러한 프로세스를 행하기 위해서 이미 설명한 바와 같이 가스 샤워 헤드를 이용하여 ALD에 의해 박막을 성막하는 경우에는, 가스 공급면에 형성된 다수의 가스 공급 구멍에 각 종류의 가스를 할당하여 상술한 3종류의 가스를 독립적으로 토출하는 소위 포스트 믹스 타입의 가스 샤워 헤드일 필요가 있다.

[0010] 한편, 반도체 디바이스의 박막화, 고집적화, 고성능화의 요청에 따라, 막 두께 및 막질에 대해서 높은 면내 균

일성이 요구되기 때문에, 3종류의 가스를 이용하는 데 있어서 어떻게 면내 균일성을 확보할지를 검토해야 한다.

[0011] 또한, 일본 특허 공개 제2005-723호 공보(제0052 단락 및 도 4 참조)에는 가스 샤워 헤드의 가스 공급면을 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할하고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점에 가스 공급 구멍이 배치된 가스 공급 시스템이 기재되어 있지만, 전술한 과제에 대해서는 전혀 기재되어 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 이러한 사정에 기초하여 행해진 것으로서, 그 목적은, 기판에 대향하는 가스 공급면으로부터 3종류의 처리 가스를 기판에 공급하여 성막 처리를 행함에 있어서, 막 두께 및 막질에 대해서 높은 면내 균일성을 얻을 수 있는 성막 장치, 성막 방법 및 이 방법을 기억시킨 기억 매체 및 가스 공급 장치를 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명에 따른 성막 장치는,

[0014] 처리 용기와,

[0015] 상기 처리 용기 내에 배치되어 기판을 배치하기 위한 배치대와,

[0016] 상기 배치대에 대향하여 배치되어 제1 처리 가스를 공급하는 제1 가스 공급 구멍과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 가스 공급 구멍과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 가스 공급 구멍이 설치된 가스 공급면을 갖는 가스 샤워 헤드를 구비하고,

[0017] 상기 가스 공급면은 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되며, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점의 각각에 상기 제1 가스 공급 구멍, 상기 제2 가스 공급 구멍 및 상기 제3 가스 공급 구멍이 설치되고,

[0018] 상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막한다.

[0019] 본 발명에 따른 성막 장치에 있어서,

[0020] 상기 제1 가스 공급 구멍을 통해 공급되는 제1 처리 가스는 스트론튬 화합물을 함유하고,

[0021] 상기 제2 가스 공급 구멍을 통해 공급되는 제2 처리 가스는 티탄 화합물을 함유하며,

[0022] 상기 제3 가스 공급 구멍을 통해 공급되는 제3 처리 가스는 스트론튬 화합물 및 티탄 화합물과 반응하는 산화 가스이며,

[0023] 상기 기판의 표면에 성막되는 박막은 티탄산스트론튬인 것이 바람직하다.

[0024] 본 발명에 따른 성막 장치에 있어서,

[0025] 상기 산화 가스는 오존 가스 또는 수증기인 것이 바람직하다.

[0026] 본 발명에 따른 성막 방법은,

[0027] 처리 용기 내에 배치된 배치대 상에 기판을 배치하는 배치 공정과,

[0028] 상기 배치대에 대향하여 배치되어 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점의 각각에 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍이 설치된 가스 샤워 헤드로부터, 가스를 공급하는 가스 공급 공정을 포함하며,

[0029] 상기 가스 공급 공정은, 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급 공정과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급 공정과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급 공정을 포함하고,

[0030] 상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막한다.

[0031] 본 발명에 따른 성막 방법에 있어서,

[0032] 상기 제1 처리 가스 공급 공정에서 공급되는 제1 처리 가스는 스트론튬 화합물을 함유하고,

[0033] 상기 제2 처리 가스 공급 공정에서 공급되는 제2 처리 가스는 티탄 화합물을 함유하며,

[0034] 상기 제3 처리 가스 공급 공정에서 공급되는 제3 처리 가스는 스트론튬 화합물 및 티탄 화합물과 반응하는 산화 가스이며,

[0035] 상기 기판의 표면에 티탄산스트론튬으로 이루어진 박막을 성막하는 것이 바람직하다.

[0036] 본 발명에 따른 성막 방법에 있어서,

[0037] 상기 산화 가스는, 오존 가스 또는 수증기인 것이 바람직하다.

[0038] 본 발명에 따른 기억 매체는,

[0039] 성막 장치에 성막 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램을 저장한 기억 매체로서,

[0040] 상기 성막 방법은,

[0041] 처리 용기 내에 배치된 배치대 상에 기판을 배치하는 배치 공정과,

[0042] 상기 배치대에 대향하여 배치되어 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점의 각각에 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍이 설치된 가스 샤워 헤드로부터, 가스를 공급하는 가스 공급 공정을 포함하며,

[0043] 상기 가스 공급 공정은, 제1 처리 가스를 공급하는 제1 처리 가스 공급 공정과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 처리 가스 공급 공정과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 처리 가스 공급 공정을 포함하고,

[0044] 상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막하는 방법으로 이루어져 있다.

[0045] 본 발명에 따른 가스 공급 장치는,

[0046] 제1 처리 가스를 도입하기 위한 제1 도입 포트와,

[0047] 제2 처리 가스를 도입하기 위한 제2 도입 포트와,

[0048] 제3 처리 가스를 도입하기 위한 제3 도입 포트와,

[0049] 상기 제1 도입 포트에 의해 도입된 상기 제1 처리 가스를 기판에 공급하기 위한 제1 가스 공급 구멍과,

[0050] 상기 제2 도입 포트에 의해 도입된 상기 제2 처리 가스를 기판에 공급하기 위한 제2 가스 공급 구멍과,

[0051] 상기 제3 도입 포트에 의해 도입된 상기 제3 처리 가스를 기판에 공급하기 위한 제3 가스 공급 구멍과,

[0052] 상기 제1 도입 포트로 부터 도입된 상기 제1 처리 가스, 상기 제2 도입 포트로 부터 도입된 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 도입 포트로 부터 도입된 상기 제3 처리 가스의 각각을, 상기 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍을 통해 독립적으로 토출하도록 구성된 가스 유로 구조부를 구비하고,

[0053] 상기 제1 가스 공급 구멍, 제2 가스 공급 구멍 및 제3 가스 공급 구멍은 가스 공급면에 설치되며,

[0054] 상기 가스 공급면은 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할되고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점의 각각에 상기 제1 가스 공급 구멍, 상기 제2 가스 공급 구멍 및 상기 제3 가스 공급 구멍이 설치되며,

[0055] 상기 제1 처리 가스, 상기 제2 처리 가스 및 상기 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하고, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 서로 반응시켜 상기 기판의 표면에 박막을 성막한다.

[0056] 본 발명은, 가스 공급면을 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할하고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점으로부터 각각 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 공급하도록 하고 있다. 이 때문에 어느 쪽 단위 구획을 취하여도 제1~제3 처리 가스를 토출하는 3개의 가스 공급 구멍이 존재하고, 이들 3개의 가스 공급 구멍이 서로 등간격으로 배열되어 있기 때문에, 제1~제3 처리 가스를 동시에 토출하여 CVD에 의해 성막하는 경우에 있어서도, 또는 이들 가스의 공급 타이밍이 다른 소위 ALD에 의해 성막하

는 경우에 있어서도, 막 두께 및 막질에 대해서 높은 면내 균일성을 얻을 수 있다.

발명의 효과

[0057] 본 발명은, 가스 공급면을 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획으로 분할하고, 이 단위 구획을 구성하는 각 정삼각형의 3개 정점으로부터 각각 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 공급하도록 하고 있다. 이 때문에 어느 쪽 단위 구획을 취하여도 제1~제3 처리 가스를 토출하는 3개의 가스 공급 구멍이 존재하고, 이들 3개의 가스 공급 구멍이 서로 등간격으로 배열되어 있기 때문에, 제1~제3 처리 가스를 동시에 토출하여 CVD에 의해 성막하는 경우에 있어서도, 또는 이들 가스의 공급 타이밍이 다른 소위 ALD에 의해 성막하는 경우에 있어서도, 막 두께 및 막질에 대해서 높은 면내 균일성을 얻을 수 있다

도면의 간단한 설명

[0058] 도 1은 실시형태에 따른 성막 장치의 종단면도이다.

도 2는 상기 성막 장치에 설치된 가스 샤워 헤드의 분해 사시도이다.

도 3은 상기 가스 샤워 헤드의 종단 사시도이다.

도 4는 상기 가스 샤워 헤드의 종단면도이다.

도 5는 가스 샤워 헤드 내의 가스 도입로 및 가스 공급로 부분의 종단면도이다.

도 6은 상기 성막 장치의 가스 공급 경로도이다.

도 7은 상기 가스 샤워 헤드에 설치된 가스 공급 구멍의 배열을 도시한 평면도이다.

도 8은 가스 공급 구멍의 전사 현상에 관한 설명도이다.

도 9는 상기 성막 장치에서의 웨이퍼의 처리 위치를 도시한 설명도이다.

도 10은 본 실시형태 및 참조예에서의 가스 공급 구멍의 배열을 도시한 설명도이다.

도 11은 상기 배열을 도시한 제2 설명도이다.

도 12는 상기 성막 장치의 제1 작용도이다.

도 13은 상기 성막 장치에 따른 성막 처리에서의 가스 공급 시퀀스도이다.

도 14는 상기 성막 장치의 제2 작용도이다.

도 15는 상기 성막 장치의 제3 작용도이다.

도 16은 상기 성막 장치의 제4 작용도이다.

도 17은 상기 성막 장치의 제5 작용도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0059] 우선, 본 발명의 실시형태인 성막 장치(1) 전체의 구성에 대해서 도 1을 참조하면서 설명한다. 본 실시형태에 따른 성막 장치(1)는, 진공 용기를 이루는 처리 용기(2)와, 이 처리 용기(2) 내에 배치되어 기판인 웨이퍼(W)를 배치하기 위한 배치대(3)와, 배치대(3)에 대향하도록 처리 용기(2)의 상부에 설치되어 제1 처리 가스를 공급하는 제1 가스 공급 구멍(51b)과, 제2 처리 가스를 공급하는 제2 가스 공급 구멍(52b)과, 제3 처리 가스를 공급하는 제3 가스 공급 구멍(53b)이 설치된 가스 공급면(40a)을 갖는 가스 샤워 헤드(4)를 구비하고 있다.

[0060] 또한, 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스의 각각은 서로 상이하며, 이들 제1 처리 가스, 제2 처리 가스 및 제3 처리 가스를 서로 반응시켜 웨이퍼(W)의 표면에 박막을 성막하도록 구성되어 있다. 예컨대, 제1 처리 가스로서 스트론튬(Sr)을 함유하는 원료 가스(이하, Sr 원료 가스라 함)를 이용하고, 제2 처리 가스로서 티탄(Ti)을 함유하는 원료 가스(이하, Ti 원료 가스라 함)를 이용하며, 제3 처리 가스로서 산화 가스인 오존 가스를 이용할 수 있다. 그리고, Sr 원료 가스 및 Ti 원료 가스와, 오존 가스를 반응시켜 ALD 프로세스에 의해 웨이퍼(W)의 표면에 고유전체 재료인 티탄산스트론튬($SrTiO_3$,이하 STO라 약기함)의 박막을 성막할 수 있다.

[0061] 배치대(3)는 웨이퍼(W)를 지지하는 배치대 본체에 해당하는 스테이지(31)와, 이 스테이지(31)를 덮는 스테이지

커버(32)로 구성되어 있고, 스테이지(31)는 예컨대 질화알루미늄이나 석영 등을 재료로 하여 예컨대 편평한 원판 형상으로 형성되어 있다. 스테이지(31)의 내부에는 배치대(3)의 배치면을 가열함으로써, 웨이퍼(W)를 성막 온도까지 승온하기 위한 스테이지 히터(33)가 매설되어 있다. 이 스테이지 히터(33)는, 예컨대 시트 형상의 저항 발열체로 구성되어 있고, 전원부(68)로부터 전력을 공급함으로써 배치대(3) 상에 배치된 웨이퍼(W)를 예컨대 280℃로 가열할 수 있다. 또한, 스테이지(31) 내에는 도시하지 않은 정전 척이 설치되어 있고, 배치대(3) 상에 배치된 웨이퍼(W)를 정전 흡착하여 고정할 수 있도록 되어 있다.

[0062] 한편, 스테이지(31)와 함께 배치대(3)를 구성하는 스테이지 커버(32)는, 스테이지(31)의 상면 및 측면을 덮음으로써, 반응 생성물이나 반응 부생성물과 같은 반응물이 스테이지(31) 표면에 퇴적되는 것을 방지하는 역할을 수행하고 있다. 스테이지 커버(32)는 예컨대 석영제(製)의 착탈이 자유로운 커버 부재(증착 실드 등으로 지칭함)로서 구성되어 있고, 그 상면 중앙 영역에는 웨이퍼(W)보다 약간 큰 직경을 갖는 원형의 오목부가 형성되어 그 스테이지 커버(32) 상의 배치면에 배치되는 웨이퍼(W)를 위치 결정할 수 있도록 되어 있다.

[0063] 배치대(3)는 기둥 형상의 지지 부재(34)에 의해 예컨대 스테이지(31)의 하면측 중앙부가 지지되어 있고, 그 지지 부재(34)는 승강 기구(69)에 의해 승강되도록 구성되어 있다. 그리고, 이 지지 부재(34)를 승강시킴으로써 배치대(3)는, 외부의 반송 기구와의 사이에서 웨이퍼(W)의 전달이 행해지는 전달 위치와, 웨이퍼(W)의 처리가 행해지는 처리 위치 사이에서 예컨대 최장 80 ㎜ 정도 승강시킬 수 있다.

[0064] 도 1에 도시된 바와 같이 지지 부재(34)는, 처리 용기(2)의 바닥면부, 상세하게는 후술하는 하측 용기(22)의 바닥면부를 관통하고, 이미 설명한 승강 기구(69)에 의해 승강되는 승강판(23)에 접속되어 있으며, 이 승강판(23)과 하측 용기(22) 사이는 벨로우즈(24)에 의해 기밀하게 접합되어 있다.

[0065] 또한, 배치대(3)는, 웨이퍼(W)의 이면을 지지하여 그 웨이퍼(W)를 배치대(3)의 배치면으로부터 승강시키기 위한 예컨대 3개의 승강핀(35)을 구비하고 있다. 이들 승강핀(35)은, 예컨대 도 1에 도시된 바와 같이 배치대(3)를 웨이퍼(W)의 처리 위치까지 이동시킨 상태로 각 승강핀(35)의 편평한 머리 부분이 스테이지(31)의 상면에서 걸리고, 그 하단부가 스테이지(31)의 바닥면으로부터 돌출되도록 스테이지(31)를 상하 방향으로 관통한 상태로 부착되어 있다.

[0066] 스테이지(31)를 관통한 각 승강핀(35)의 하방측에는, 링 형상의 승강 부재(36)가 설치되어 배치대(3)를 웨이퍼(W)의 전달 위치까지 강하시킨 상태로 승강 부재(36)를 승강시키고, 각 승강핀(35)을 밀어 올리거나 강하시키거나 함으로써, 이들 승강핀(35)에 지지된 웨이퍼(W)를 배치대(3)의 배치면으로부터 승강시킬 수 있다.

[0067] 여기서, 스테이지 커버(32)의 상면측에 있어서의, 이미 설명한 승강핀(35)이 관통하고 있는 위치에는 승강핀(35)의 머리 부분을 격납하기 위한 개구부가 설치되어 있다. 이 때문에, 도 1에 도시된 바와 같이 웨이퍼(W)의 처리 위치까지 배치대(3)를 이동시킨 상태에서는, 스테이지 커버(32) 상면과 각 승강핀(35)의 머리 부분 상면이 거의 동일면이 되어 배치대(3)의 상면에 평탄한 웨이퍼(W) 배치면이 형성되도록 되어 있다. 또한, 이 스테이지 커버(32)의 측벽부는 스테이지(31)의 하방측까지 연신되어 스테이지(31)의 하방 영역을 측면으로부터 둘러싸는 스커트부(321)를 형성하고, 스테이지(31) 본체와 일체의 측둘레면을 구성하고 있다.

[0068] 다음에, 처리 용기(2)의 구성에 대해서 설명한다. 본 실시형태에 따른 처리 용기(2)는, 편평한 공기 형태의 하측 용기(22) 상에 환상(環狀)으로 형성된 배기 덕트(21)를 중첩시킨 구성으로 되어 있다. 이 하측 용기(22)는, 예컨대 알루미늄 등에 의해 구성되고, 그 바닥면에는 관통 구멍(221)이 설치되어 이미 설명한 스테이지(31)의 지지 부재(34)를 관통시키도록 되어 있다. 또한, 그 관통 구멍(221)의 주위에는, 예컨대 4 지점에 퍼지 가스 공급로(222)가 설치되고, 퍼지 가스 공급원(66)으로부터 공급된 질소 가스 등의 퍼지 가스를 하측 용기(22) 내로 보낼 수 있다. 또한, 도 1 중, 파선으로 나타낸 반송구(28)는, 외부의 반송 기구에 의해 웨이퍼(W)의 반입/반출을 행하기 위한 것으로서, 도시하지 않은 게이트 밸브에 의해 개폐되도록 되어 있다.

[0069] 배기 덕트(21)는, 예컨대 알루미늄제의 각진 형상의 덕트를 만곡시켜 형성된 환상체로서 구성되어 있고, 이 환상체의 내경 및 외경은 이미 설명한 하측 용기(22)의 측벽부(223)의 내경 및 외경과 거의 동일한 사이즈로 구성되어 있다. 또한, 이 배기 덕트(21)의 처리 분위기에 가까운 쪽의 벽면을 내벽면, 처리 분위기에서 먼 쪽의 벽면을 외벽면이라고 각각 부르는 것으로 하면, 내벽면 상단부에는, 가로 방향으로 신장되는 슬릿 형상의 진공 배기구(211)가 간격을 두고 둘레 방향을 따라 복수개 배열되어 있다. 이 배기 덕트(21)의 외벽면의 예컨대 한 지점에는 배기관(29)이 접속되어 있고, 예컨대 이 배기관(29)에 접속된 진공 펌프(67)를 이용하여 각 진공 배기구(211)를 통한 진공 배기를 행할 수 있도록 되어 있다. 또한, 도 1에 도시된 바와 같이, 배기 덕트(21)에는 그 상면측에서 외벽면 및 하면측에 이르기까지의 외주부를 덮도록 단열 부재(212)가 설치되어 있다.

[0070] 이상으로 설명한 구성을 갖춘 배기 덕트(21)는 단열 부재(212)를 통해 하측 용기(22) 상에 중첩되고, 서로 단열된 상태에서 일체가 되어 처리 용기(2)를 구성하고 있다. 그리고, 배기 덕트(21)의 내벽면에 설치된 복수의 진공 배기구(211)는, 가스 샤워 헤드(4)와 배치대(3) 사이에 형성된 처리 분위기(10)를 포함하는 공간을 향해 개구되어 있기 때문에, 이들 진공 배기구(211)를 통해 처리 분위기(10)의 진공 배기를 행할 수 있다.

[0071] 또한, 처리 용기(2)의 내부에는, 도 1에 도시된 바와 같이 배치대(3)와 협동하여 하측 용기(22) 내의 공간인 하부 공간을, 배치대(3)보다도 상부인 상부 공간으로부터 구획하기 위한 내측 블록(26)이 설치되어 있다. 이 내측 블록(26)은, 예컨대 알루미늄에 의해 형성된 링 형상 부재로서, 하측 용기(22)의 측벽부(223) 내벽면과, 배치대(3)의 측둘레면 사이의 공간에 장전(裝塡)할 수 있는 사이즈로 형성되어 있다. 또한, 내측 블록(26)의 상면 외주부에는 이 외주부로부터 외측으로 넓어지도록 돌출 가장자리(262)가 형성되어 있고, 내측 블록(26)은 하측 용기(22)의 측벽부(223)와 배기 덕트(21)의 내벽면측 하단부 사이에 설치된 중간 링체(252)에 이 돌출 가장자리(262)를 걸어 처리 용기(2) 내에 고정되어 있다.

[0072] 게다가, 도 1에 도시된 바와 같이, 이 내측 블록(26)의 상면으로부터 내주면에 이르기까지의 영역은, 석영제의 블록 커버(261)로 덮여 있고, 표면으로의 반응물이 퇴적되는 것을 억제할 수 있도록 되어 있다. 그리고, 배치대(3)가 처리 위치에 있을 때, 이 블록 커버(261)가 예컨대 2 ㎜의 간극을 통해 스테이지 커버(32)의 측면[스커트부(321)의 측면]을 둘러쌈으로써, 처리 분위기(10)의 가스가 하부 공간으로 확산되기 어려운 상태가 된다.

[0073] 또한, 배기 덕트(21)의 내벽면에 형성된 진공 배기구(211)와 처리 분위기(10) 사이의 링 형상의 공간에는, 이 공간의 통류 컨덕턴스를 작게 함으로써, 그 처리 분위기(10)에서 보아 처리 용기(2)의 둘레 방향에서의 배기의 균일화를 도모하기 위한, 단면이 역 L자형으로 형성된 링 부재인 배플링(27)이 설치되어 있다.

[0074] 다음에, 가스 샤워 헤드(4)에 대해서 설명한다. 도 2는 가스 샤워 헤드(4)의 분해 사시도, 도 3 및 도 4는 도 2에 도시된 일점 파선의 위치에서 가스 샤워 헤드(4)를 절단한 종단 사시도 및 종단면도이며, 도 3, 도 4는 중심 위치에서 보아 좌우의 절단 방향이 상이하다. 본 실시형태에 따른 가스 샤워 헤드(4)는, 배치대(3) 상의 웨이퍼(W)의 중앙부에 대향하는 중앙 영역으로부터 3종류의 처리 가스인 Sr 원료 가스, Ti 원료 가스 및 오존 가스 또는 퍼지 가스를 처리 분위기(10)로 토출하고, 그 중앙 영역을 둘러싸는 링 형상의 주연부 영역으로부터 퍼지 가스를 토출할 수 있도록 되어 있다. 그리고, 이 가스 샤워 헤드(4)의 중앙 영역에서는, Sr 원료 가스, Ti 원료 가스 및 오존 가스를 각각 전용의 가스 공급 구멍을 통해 공급하는 소위 포스트 믹스 타입의 가스 샤워 헤드로서 구성되어 있다.

[0075] 우선, 상기 중앙 영역에서의 처리 가스의 공급 구조에 대해서 설명하면, 도 3, 도 4에 도시된 바와 같이 가스 샤워 헤드(4)의 상면에는 Sr 원료 가스, Ti 원료 가스 및 오존 가스를 각각 도입하기 위한 제1 도입 포트(51a), 제2 도입 포트(52a) 및 제3 도입 포트(53a)가 설치되어 있고, 이들 도입 포트(51a~53a)에는 전술한 각종 처리 가스와는 별도로 퍼지 가스도 공급할 수 있도록 되어 있다. 가스 샤워 헤드(4)의 내부에는 위에서부터 차례로 각각 편평한 제1 확산 공간(421), 제2 확산 공간(422) 및 제3 확산 공간(431)이 서로 간격을 두고 적층되어 있고, 이들 확산 공간(421~431)은 동축의 원형상으로 형성되어 있으며, 제3 확산 공간(431)은 제1 확산 공간(421) 및 제2 확산 공간(422)보다도 직경이 크게 구성되어 있다.

[0076] 다음에, 가스 샤워 헤드(4) 상면에서의 각 도입 포트(51a~54a)의 배치에 대해서 설명하면, 도 2에 도시된 바와 같이 제1 도입 포트(51a)는 가스 샤워 헤드(4)의 상면 중앙부의 한 지점에 설치되어 있고, 도 2에 도시된 Y 방향을 앞쪽으로 하면 제2 도입 포트(52a)는 상기 제1 도입 포트(51a)를 둘러싸는 전후좌우의 4지점에 설치되어 있다. 또한, 제3 도입 포트(53a)는 이들 제2 도입 포트(52a)의 외측 4지점에 설치되어 있고, 전체적으로 9개의 도입 포트(51a~53a)가 가스 샤워 헤드(4) 상면의 중앙 영역에 십자 모양으로 배열되어 있다. 또한, 퍼지 가스용 제4 도입 포트(54a)는, 이 중앙 영역의 외측에, 이미 설명한 제1 도입 포트(51a)를 중심으로 하는 대각선상의 2지점에 설치되어 있다.

[0077] 제1 도입 포트(51a)는 제1 가스 도입로(511)를 사이에 두고 제1 확산 공간(421)으로 연통하고 있다. 가스 샤워 헤드(4)는 후술하는 바와 같이 플레이트를 4단 적층하여 구성되어 있고, 제1 가스 도입로(511)는 이들 플레이트군의 최상단의 플레이트(41)에 수직으로 형성되어 있다.

[0078] 또한, 제2 도입 포트(52a)는 제2 가스 도입로(521)를 사이에 두고 제2 확산 공간(422)으로 연통하고, 제3 도입 포트(53a)는 제3 가스 도입로(531)를 사이에 두고 제3 확산 공간(431)으로 연통하고 있다. 제2 가스 도입로(521)는 상기 최상단의 플레이트(41)로부터 제1 확산 공간(421)을 통과하여 수직으로 신장되어 있으므로, 제1 확산 공간(421)에는, 그 내부 공간이 제2 가스 도입로(521)를 형성하는 작은 통형상부(423)가 배치되어 있다.

제3 가스 도입로(531)는 평면 방향의 위치가 제1 확산 공간(421), 제2 확산 공간(422)보다도 외측 위치에서 상기 최상단의 플레이트(41)로부터 제3 확산 공간(431)까지 신장되어 있다.

[0079] 또한, 제1 확산 공간(421)의 바닥면과 가스 샤워 헤드(4)의 하면의 가스 공급면(40a) 사이에는 상하 양단이 각각 상기 바닥면 및 가스 공급면(40a)으로 개구되는 수직의 제1 가스 공급로(512)가 다수 설치되어 있다. 이들 제1 가스 공급로(512)는, 제2 확산 공간(422) 및 제3 확산 공간(431)을 통과하고 있기 때문에, 이들 확산 공간(422, 431)에서의 제1 가스 공급로(512)의 통과 부위에는, 그 내부 공간이 이 제1 가스 공급로(512)를 형성하는 작은 통형상부(425, 432)가 각각 배치되어 있다.

[0080] 또한, 제2 확산 공간(422)의 바닥면과 가스 샤워 헤드(4) 하면의 가스 공급면(40a) 사이에는 상하 양단이 각각 상기 바닥면 및 가스 공급면(40a)으로 개구되는 수직의 제2 가스 공급로(522)가 다수 설치되어 있다. 이들 제2 가스 공급로(522)는 제3 확산 공간(431)을 통과하고 있기 때문에, 이 제3 확산 공간(431)에서의 제2 가스 공급로(522)의 통과 부위에는, 그 내부 공간이 제2 가스 공급로(522)를 형성하는 작은 통형상부(433)가 배치되어 있다.

[0081] 게다가, 제3 확산 공간(431)의 바닥면과 가스 샤워 헤드(4) 하면의 가스 공급면(40a) 사이에는 상하 양단이 각각 이들 바닥면 및 가스 공급면(40a)으로 개구되는 수직의 제3 가스 공급로(532)가 다수 설치되어 있다. 또한, 가스 유로의 명칭에 대해서는, 이와 같이 도입 포트로부터 확산 공간까지의 가스 유로를 「가스 도입로」라고 지칭하며, 확산 공간으로부터 가스 샤워 헤드(4)의 하면까지의 유로를 「가스 공급로」라고 지칭한다.

[0082] 가스 샤워 헤드(4)의 중앙 영역은 상술한 바와 같이 구성되어 있기 때문에, Sr 원료 가스, Ti 원료 가스 및 오존 가스의 각각을 제1 도입 포트(51a), 제2 도입 포트(52a) 및 제3 도입 포트(53a)에 도입함으로써, 이들 가스는 서로 독립된 유로를 통해 가스 샤워 헤드(4)의 하면의 가스 공급면(40a)으로부터, 도 1에 도시된 처리 분위기(10)의 중앙 영역(10a)으로 공급되게 된다. 또한 이들 도입 포트(51a~53a)에 공급하는 가스를 퍼지 가스로 전환함으로써, 이 중앙 영역(10a)에 퍼지 가스를 공급하는 것도 가능해진다.

[0083] 다음에, 가스 샤워 헤드(4)의 주연부 영역에서의 처리 가스의 공급 구조에 대해서 설명하면, 가스 샤워 헤드(4)의 상면에서의 상기 중앙 영역에서 벗어난 영역에는, 이미 설명한 바와 같이 이 가스 샤워 헤드(4)의 중심을 사이에 두고 서로 대향하는 위치에 2개의 제4 도입 포트(54a)가 설치되어 있다. 또한, 상기 주연부 영역에 있어서는, 상기 제1 확산 공간(421)보다도 높은 위치에 링 형상의 제4 확산 공간(411)이 형성되고, 2개의 제4 도입 포트(54a)로부터 이 제4 확산 공간(411)에 각각 가스를 도입하도록 수직으로 신장되는 제4 가스 도입로(541)가 형성되어 있다. 또한, 제4 확산 공간(411)의 하방측 투영 영역으로서, 제3 확산 공간(431)보다도 낮은 위치에 링 형상의 제5 확산 공간(441)이 형성되어 있고, 제4 확산 공간(411)으로부터 제5 확산 공간(441)으로 가스가 흐르도록 수직으로 신장되는 2개의 제5 가스 도입로(542)가 형성되어 있다.

[0084] 그리고, 상측의 제4 가스 도입로(541)와 하측의 제5 가스 도입로(542)는 가스 샤워 헤드(4)의 둘레 방향으로 90도씩 어긋나게 하여 교대로 배치되어 있다. 그리고, 제5 확산 공간(441)의 바닥면과 가스 샤워 헤드(4) 하면의 가스 공급면(40b) 사이에는 상하 양단이 각각 상기 바닥면 및 가스 공급면(40b)으로 개구되는 수직의 제4 가스 공급로(543)가 다수 설치되어 있다.

[0085] 가스 샤워 헤드(4)의 주연부 영역은 상술한 바와 같이 구성되어 있기 때문에, 퍼지 가스를 제4 도입 포트(54a)에 도입함으로써, 가스 샤워 헤드(4) 하면의 가스 공급면(40b)에 있어서, 이미 설명한 처리 가스의 공급 부위인 중앙 영역(10a) 바깥쪽의 주연부 영역(10b)으로부터 퍼지 가스를 공급하는 것이 가능해진다.

[0086] 여기서, 가스 샤워 헤드(4)는, 도 2에 도시된 바와 같이 플레이트를 4단으로 적층하여 구성되고, 최상단을 1번째 단으로 하면, 1~3번째 단까지는 각각 평면 형상이 원형인 플레이트(41, 42, 43)로 이루어지며, 4번째 단은 상기 중앙 영역에 위치하는 원형의 플레이트(45)와, 이 플레이트(45)를 둘러싸고, 상기 주연부 영역에 위치하는 링 형상의 플레이트(44)로 구성되어 있다.

[0087] 1번째 단의 플레이트(41)는 상연부에 플랜지부(41a)를 구비하고, 이 플랜지부(41a)는, 도 1에 도시된 바와 같이 내측 블록(26)과의 사이에 설치되며, 이 플랜지부(41a)와 맞물리는 단차를 구비한 링 형상의 지지 부재(25)의 단차부 상면에 밀접하고 있다. 또한, 이 플레이트(41)에 있어서의 플랜지부(41a)의 하방측 및 2번째 단 이후의 플레이트(42, 43, 44)의 측둘레면은 상기 지지 부재(25) 및 배플링(27)의 내주면에 밀합(密合)한 상태로 처리 용기(2)에 고정되어 있다.

[0088] 또한, 도 3, 도 4에 도시된 바와 같이 1번째 단의 플레이트(41)의 하면에는 링 형상의 홈이 형성되어 있고, 이 홈과 2번째 단의 플레이트(42)의 상면에 의해 구획되는 공간이 상기 링 형상의 제4 확산 공간(411)에 해당한다.

또한, 상기 제1 가스 도입로(511) 및 제4 가스 도입로(541)는 이 1번째 단의 플레이트(41)에 형성되어 있다.

[0089] 2번째 단의 플레이트(42)의 중앙 영역에서의 상하 양면에는 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이 각각 평면 형상이 원형인 오목부가 형성되어 있고, 상면측의 오목부와 1번째 단의 플레이트(41)로 구획되는 공간이 상기 제1 확산 공간(421)에 해당하며, 하면측의 오목부와 3번째 단의 플레이트(43)로 구획되는 공간이 상기 제2 확산 공간(422)에 해당한다.

[0090] 3번째 단의 플레이트(43)의 중앙 영역에서의 하면에는, 도 3, 도 4에 도시된 바와 같이 평면 형상이 원형인 오목부가 형성되어 있고, 이 오목부와 4번째 단의 원형의 플레이트(45)의 상면에 의해 구획되는 공간이 상기 제3 확산 공간(431)에 해당한다.

[0091] 4번째 단의 링 형상의 플레이트(44)의 상면에는, 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이 이 플레이트(44)의 둘레 방향을 따라 링 형상으로 오목부가 형성되어 있고, 이 오목부와 3번째 단의 원형의 플레이트(43)의 하면에 의해 구획되는 공간이 상기 제5 확산 공간(441)에 해당한다. 또한, 도 2에 있어서, 오목부의 부호는 대응하는 확산 공간의 부호로서 기재되어 있다.

[0092] 그리고, 이미 설명한 가스 도입로(521, 531, 542) 및 가스 공급로(512, 522)는, 도 3, 도 4에 도시된 바와 같이 1번째 단에서 4번째 단의 플레이트(41, 42, 43, 45, 44) 중에서 대응하는 복수의 플레이트로 분할하여 형성되어 있다. 또한, 이미 설명한 바와 같이 가스 도입로 또는 가스 공급로가 확산 공간을 통과하는 부분은 통형상부(423, 425, 432, 433)로서 구성되어 있기 때문에, 이들 통형상부(423, 425, 432, 433)는 확산 공간(421, 422, 431)을 형성하는 오목부의 천장면으로부터 하방으로 돌출하여 또는 오목부의 바닥면으로부터 상방으로 돌출하여 설치되어 있다.

[0093] 확산 공간(422, 431)에 있어서는, 다수의 통형상부(425, 432, 433)가 있기 때문에, 이 부분을 통해 열의 전달이 행해지지만, 확산 공간(421)에서는 통형상부(423)가 적기 때문에, 상하의 플레이트(41, 42) 사이에서 열전달이 쉽게 되도록 이미 설명한 통형상부(423) 이외의 지점에 있어서도, 오목부의 바닥면으로부터 상측의 플레이트에 도달할 때까지 상방으로 돌출되어 있는 기둥부(424)가 설치되어 있다.

[0094] 통형상부(423, 425, 432, 433) 및 기둥부(424)의 상단면 또는 하단면은 오목부 이외의 플레이트(42, 43)의 면과 동일면(동일한 높이)으로 되어 있고, 따라서, 통형상부(423, 425, 432, 433)의 상단면 또는 하단면은, 대향하는 플레이트(41, 43, 45)의 면과 밀접하며, 통형상부(423, 425, 432, 433) 내부에서 흐르는 가스가 가스 확산 공간(421, 422, 432)으로 누설되는 것이 억제된다. 상술한 바와 같이, 각 플레이트(41~45) 내의 이미 설명한 가스 확산 공간(421, 422, 431, 411, 441), 가스 도입로(511, 521, 531, 541, 542), 가스 공급로(512, 522, 532, 543)는 제1~제3 처리 가스(Sr 원료 가스, Ti 원료 가스 및 오존 가스)를 독립적으로 처리 분위기에 공급하기 위한 가스 유로 구조부를 구성하고 있다.

[0095] 또한, 상기 가스 도입로(511, 521, 541, 542)가 가스 확산 공간(421, 422, 411, 441)으로 개구되는 부분에는, 확대된 직경부가 형성되어 있다. 상세하게는, 도 5의 (a)에 예컨대 제1 가스 도입로(511)에 대해서 대표하여 도시하는 바와 같이, 제1 가스 도입로(511) 및 그 개구부(511a)는 예컨대 원관형(圓管狀)으로 형성되어 있고, 개구부(511a)의 단로 면적 $A_2(=\pi r_2^2$:r_2는 이 단로(斷路)의 반경)는 제1 가스 도입로(511)의 단로 면적 $A_1(=\pi r_1^2$:r_1은 이 단로의 반경)의 약 2배로 되어 있으며, 제1 가스 도입로(511)의 종단부와 개구부(511a)의 종단부를 가상적으로 연결하는 면(도 5의 (a) 내에 파선으로 도시되어 있음)과, 개구부(511a)의 측둘레면이 이루는 각도가 30° 가 되도록 구성되어 있다. 이와 같이 확대된 직경부를 설치함으로써, 가스 도입로(511, 521, 541, 542)로부터 가스 확산 공간(421, 422, 411, 441) 내로 가스를 확산시키기 쉽게 할 수 있다.

[0096] 또한, 4번째 단의 원형의 플레이트(45)에 형성된 가스 공급로(512, 522, 532)는, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 가스 공급면(40a)으로 개구되는 하측 부분의 구경(口徑)이 그 상측 부분보다도 작게 되어 있다. 치수의 일례를 나타내면, 상측 부분의 구경 「L1=2 ㎜」, 하측 부분의 구경 「L2=1 ㎜」, 하측 부분의 길이「H=5 ㎜」이다. 이와 같이 가스 공급로(512, 522, 532)의 하측 부분의 구경을 작게 함으로써, 이들 공급로(512, 522, 532)의 페클릿수 「Pe」의 값을 크게 하는 것이 가능해져 처리 분위기(10)로 공급한 처리 가스 등이 확산 공간(421, 422, 431)으로 유입되는 것을 방지할 수 있다. 본 실시형태에서는, 예컨대 처리 가스의 공급을 행하지 않는 기간 동안의 가스 공급로(512, 522, 532)로부터는 소량의 퍼지 가스가 흐르도록 되어 있지만, 이 퍼지 가스가 흐를 때의 페클릿수가 「Pe≥20」이 되도록 하측 부분의 구경이 설정되어 있다. 여기서, Pe=Vs·H/D이며, Vs는 가스 공급로(512, 522, 532)의 하측 부분에서 흐르는 퍼지 가스의 유속, D는 퍼지 가스에 대한 처리 가스

의 확산 정수이다.

[0097] 이상으로 설명한 가스 샤워 헤드(4)의 각 플레이트(41~45)에는, 도 3, 도 4에 몇 가지를 대표하여 도시한 바와 같이, 서로를 체결하기 위한 볼트 구멍(81a~84a, 81b~84b)이 형성되어 있다. 이들 볼트 구멍(81a~84a, 81b~84b)을 이용하여 예컨대 도 2에 도시된 바와 같이 플레이트(41)와 플레이트(42)를 볼트(81)에 의해 체결하고, 플레이트(43)의 중심과 플레이트(45)의 중심을 볼트(82)에 의해 체결하고 나서, 이 플레이트(43)를 볼트(83)에 의해 플레이트(42)의 하면측에 체결하며, 마지막으로 볼트(84)에 의해 플레이트(44)를 플레이트(43)의 하면측에 체결함으로써, 도 3, 도 4에 도시된 가스 샤워 헤드(4)가 구성된다. 또한, 전술한 볼트(81~84)는 설명의 편의상 가스 샤워 헤드(4)의 각 부재(41~45)를 체결하고 있는 볼트의 일부를 뽑아내어 예시한 것이고, 실제로는 각 부재(41~45)는 더 많은 다수의 볼트에 의해 강고하게 체결되어 있다. 또한, 도시의 편의상 도 3, 도 4에 있어서는 볼트 구멍(81a~84a, 81b~84b)의 기재를 생략하고 있다.

[0098] 최상단의 플레이트(41) 상면의 각 도입 포트(51a~54a)에는 도 4에 도시된 바와 같이 각종 가스를 공급하기 위한 가스 공급 라인(610~640)이 접속되어 있고, 제1 도입 포트(51a)는 Sr 원료 가스 공급 라인(610)과, 제2 도입 포트(52a)는 Ti 원료 가스 공급 라인(620)과, 제3 도입 포트(53a)는 오존 가스 공급 라인(630)과, 또한, 제4 도입 포트(54a)는 퍼지 가스 공급 라인(640)과, 각각 접속되어 있다. 또한, 이들 각 가스 공급 라인(610~640)은 도 6의 가스 공급 경로도에 도시한 바와 같이, 상류측에서 각각 각종 공급원(61~64)과 접속되어 있다.

[0099] 상세하게는, Sr 원료 가스 공급 라인(610)은 Sr 원료 공급원(61)과 접속되어 있고, 이 공급원(61)에는, 예컨대 $Sr(THD)_2$(스트론튬비스테트라메틸헵탄디오네이트)나 $Sr(Me_5Cp)_2$(비스펜타메틸시클로펜타디에닐스트론튬) 등의 액체 Sr 원료가 저장되어 있고, 이 Sr 원료가 공급 라인으로 압출되며, 기화기(611)에 의해 기화되어 Sr 원료 가스가 Sr 원료 가스 공급 라인(610)으로 공급되도록 되어 있다.

[0100] Ti 원료 가스 공급 라인(620)은 Ti 원료 공급원(62)과 접속되어 있고, 이 공급원(62)에는, 예컨대 $Ti(OiPr)_2(THD)_2$(티탄비스이소프로폭사이드비스테트라메틸헵탄디오네이트)나 Ti(OiPr)(티탄테트라이소프로폭사이드) 등의 Ti 원료가 저장되어 있고, Sr 원료의 경우와 마찬가지로 기화기(621)에 의해 기화된 Ti 원료 가스가 공급되도록 되어 있다.

[0101] 또한, 오존 가스 공급 라인(630)은 예컨대 주지의 오조나이저 등에 의해 구성되는 오존 가스 공급원(63)에 접속되고, 퍼지 가스 공급 라인(640)은 아르곤 가스 봄베 등에 의해 구성되는 퍼지 가스 공급원(64)에 접속되어 있으며, 각각의 공급 라인(630, 640)에 오존 가스 및 아르곤 가스를 공급할 수 있다. 또한, Sr 원료 가스 공급 라인(610), Ti 원료 가스 공급 라인(620), 오존 가스 공급 라인(630)은 각각 경로의 도중에서 분기되어 퍼지 가스 공급원(64)에 접속되어 있고, 각각의 처리 가스로 바꾸어 퍼지 가스를 공급할 수 있다. 또한, 각 가스 공급 라인(610~640)과 가스 공급원(61~64) 사이에는 밸브, 유량계 등으로 이루어진 유량 제어 기기군(65)이 개재되어 있고, 후술하는 제어부(7)로부터의 지시에 기초하여 각종 가스의 공급 타이밍 및 공급량이 제어된다. 또한, 각 가스 공급 라인(610~640)은 도 2에 도시된 11개의 도입 포트(51a~54a) 모두에 접속되어 있지만, 도 1이나 도 6 등에서는 도입 포트(51a~54a)의 수를 생략하여 기재하고 있다.

[0102] 성막 장치(1)의 장치 구성의 설명으로 되돌아가면, 가스 샤워 헤드(4)의 상면이나 배기 덕트(21)의 외벽면의 하면측 및 상면측 등에는 도 1에 도시된 바와 같이 시트 형상의 저항 발열체 등으로 이루어진 샤워 헤드 히터(47)나 덕트 히터(213)가 설치되고, 전원부(68)로부터 공급되는 전력에 의해 가스 샤워 헤드(4)나 배기 덕트(21) 전체를 가열함으로써 가스 샤워 헤드(4)의 가스 공급면(40)이나 배기 덕트(21) 내면으로의 반응물의 부착을 방지할 수 있도록 되어 있다. 또한, 도시의 편의상, 도 1 이외의 도면으로의 히터(47, 213)의 기재는 생략하였다. 또한, 전술한 사물의 다른 것과, 반응물의 부착을 방지하기 위한 히터는 예컨대 내측 블록(26) 내에도 매설되어 있지만, 설명의 편의상 도시는 생략한다.

[0103] 이상으로 설명한 성막 장치(1)는, 이미 설명한 가스 공급원(61~63)으로부터의 가스 공급 동작, 스테이지(31)의 승강 동작이나 진공 펌프(67)에 의한 처리 용기(2) 내의 배기 동작, 각 히터(47, 213)에 의한 가열 동작 등을 제어하는 제어부(7)를 구비하고 있다. 제어부(7)는 예컨대 도시하지 않은 CPU와 프로그램을 구비한 컴퓨터로 이루어지고, 이 프로그램에는 그 성막 장치(1)에 의해 웨이퍼(W)에의 성막 처리를 행하는 데 필요한 제어, 예컨대 가스 공급원(61~64)으로부터의 각종 가스 공급의 공급/차단 타이밍이나 공급량 조정에 관한 제어, 처리 용기(2) 내의 진공도를 조절하는 제어, 스테이지(31)의 승강 동작 제어나 각 히터(47, 213)의 온도 제어 등에 대한 단계(명령)군이 짜여져 있다. 이 프로그램은, 예컨대 하드디스크, 콤팩트디스크, 마그넷 광디스크, 메모리 카드 등의 기억 매체에 저장되며, 그곳으로부터 컴퓨터에 설치된다.

[0104] 이상으로 설명한 장치 구성을 갖춘 성막 장치(1)에 있어서, Sr 원료 가스, Ti 원료 가스, 오존 가스의 3종류의 처리 가스를 이용하여 STO의 박막을 성막하는 데 있어서, 본 실시형태에 따른 가스 샤워 헤드(4)는 그 STO막의 막 두께나 막질의 면내 균일성을 확보할 수 있도록 가스 공급면(40a)에 설치된 각 처리 가스의 공급 구멍의 배열이 정해져 있다. 이하, 도 7 내지 도 11을 이용하여 그 배열의 상세한 내용에 대해서 설명한다.

[0105] 도 7은, 도 2에 도시된 4번째 단의 원형 플레이트(45)를 하면측에서 본 평면도로서, 가스 샤워 헤드(4)의 중앙 영역의 가스 공급면(40a)에 각 처리 가스의 가스 공급 구멍(51b~53b)이 배치된 상태를 나타내고 있다. 설명의 편의상, 도 7, 도 10 및 도 11에 도시된 각 가스 공급 구멍(51b~53b)은 표기 기호에 의해 식별할 수 있도록 되어 있고, Sr 원료 가스 공급용 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)은 「◎」, Ti 원료 가스 공급용 Ti 원료 가스 공급 구멍(52b)은 「○」, 오존 가스 공급용 오존 가스 공급 구멍(53b)은 「●」의 기호로써, 가스 공급면(40a) 상의 배치 위치에 표기되어 있다.

[0106] 본 실시형태와 같이, 가스 공급면(40a)에 다수 설치된 가스 공급 구멍(51b~53b)을 통해 대향하는 웨이퍼(W)에 대하여 처리 가스를 공급함으로써 성막을 행하는 타입의 가스 샤워 헤드(4)에서는, 가스 공급 구멍(51b~53b) 끼리의 간격(이하, 피치라 함)이나 배치대(3) 상에 배치된 웨이퍼(W)의 표면으로부터 가스 샤워 헤드(4)의 가스 공급면(40a)까지의 거리(이하, 갭이라 함)가 막질이나 막 두께의 면내 균일성에 영향을 준다.

[0107] 즉, 어느 종류의 처리 가스를 공급하는 가스 공급 구멍(50b) 끼리의 피치를「a」, 가스 공급면(40a)과 웨이퍼(W) 표면과의 사이의 갭을 「h」라고 했을 때, 도 8의 (a)에 모식적으로 나타낸 바와 같이 가스 공급 구멍(50b) 끼리의 피치가 크면, 각 가스 공급 구멍(50b)을 통해 공급된 처리 가스는 충분히 확산되어 인접한 가스 공급 구멍(50b)을 통해 공급된 처리 가스와 균일한 처리 가스 분위기를 형성하기 전에 웨이퍼(W)에 도달하게 된다. 이 결과, 웨이퍼(W) 면내에서 처리 가스의 흡착량이 많은 영역과 적은 영역이 형성되며, 가스 공급 구멍(50b)의 배열 패턴에 맞추어 가스 공급 구멍(50b)에 가까운 부분에서 박막(F)의 막 두께가 두꺼워지거나 하는 현상[이하, 가스 공급 구멍(50b)의 전사라 함]을 일으킨다. 또한, 가스 공급 구멍(50b)의 피치를 작게 하여도, 가스 공급면(40a)과 웨이퍼(W)와의 갭이 작은 경우에는, 분사되는 가스의 유속이 지나치게 빨라서 가스 공급 구멍(50b)에 가까운 부분에서 박막(F)의 막 두께가 얇아지거나 하는 사상이 발생하여 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이 가스 공급 구멍(50b)의 전사를 발생시킨다.

[0108] 이와 같이 가스 공급 구멍(50b)의 전사는, 피치 「a」의 값이 커질수록(「a」의 값에 비례하여), 또한, 갭 「h」의 값이 지나치게 커도 지나치게 작아도 발생되기 쉽게 되기 때문에, 전사가 없는 균일한 막 두께의 박막(F)을 얻기 위해서는, 예컨대 도 8의 (c)에 도시된 바와 같이 피치 「a」를 작게 하는 한편, 갭 「h」를 최적의 크기의 조건을 기초로 성막을 행하는 것이 바람직하다. 또한, 도 8의 (a) 내지 도 8의 (c)의 각 도면에 있어서는, 설명의 편의상, 전술한 의론으로 착안한 특정 종류의 처리 가스를 공급하는 가스 공급 구멍(50b)만을 표시하고, 다른 종류의 가스 공급 구멍에 대해서는 기재를 생략하고 있다.

[0109] 또한, 실제의 성막 장치(1)에 있어서는, 도 1에서 설명한 바와 같이 처리 용기(2)의 내부는 진공 펌프(67)에 의해 항상 배기되어 있고, 가스 공급면(40a)과 웨이퍼(W) 사이에는 이 배기에 의한 처리 가스의 흐름이 형성되기 때문에, 가스 공급 구멍(50b)을 통해 공급된 처리 가스는 도 8의 (a) 내지 도 8의 (c)에서 모델적으로 나타낸 것보다도 복잡한 거동을 나타낸다. 그러나, 박막(F)으로의 가스 공급 구멍(50b)의 전사의 정도는, 이미 설명한 메커니즘에 의해 가스 공급 구멍(50b) 끼리의 피치나 가스 공급면(40a)과 웨이퍼(W)와의 갭에 크게 영향을 받는다.

[0110] 여기서, 본 실시형태에 따른 성막 장치(1)에 있어서는, 이미 도 1에서 설명한 바와 같이 웨이퍼(W)의 전달 위치로부터, 웨이퍼(W)의 처리 위치까지 배치대(3)를 승강시키는 것이 가능하게 되어 있고, 이 처리 위치는 예컨대 도 9의 (a)에 도시된 바와 같이 갭이 「h=40 ㎜」로 가장 커지는 경우에서부터, 도 9의 (b)에 도시된 바와 같이 「h=8 ㎜」로 가장 작아지는 경우까지, 처리 위치를 상하 방향으로 자유롭게 변경할 수 있다. 이 처리 위치는, 예컨대 성막 조건을 지정한 레시피에 따라 미리 기억되어 있는 최적의 처리 위치를 선택하는 등의 방법에 의해 결정되지만, 각 원료 가스의 사용량 억제의 관점에서, 가능한 한 갭이 짧은 처리 위치에서 성막 처리를 행하는 요청이 강하다. 그래서, 가스 샤워 헤드(4)에 있어서는 갭 「h」가 최소가 되는 위치에서 처리가 행해지는 경우라도 전사가 억제되는 피치로 각 가스 공급 구멍(51b~53b)을 가스 공급면(40a)에 배열해야 한다.

[0111] 이러한 관점에서, 본 실시형태에 따른 가스 샤워 헤드(4)의 가스 공급면(40a)은, 도 7 및 도 10의 (a)에 도시된 바와 같이, 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획(401)으로 분할되어 있다. 그리고, 단위 구획(401)을 구성하는 각 정삼각형의 3개의 정점의 각각에는 제1 가스 공급 구멍(51b), 제2 가스 공급 구멍(52b) 및

제3 가스 공급 구멍(53b)이 설치되어 있다.

[0112] 즉, 도 10의 (a)에 있어서의 배열법은, 삼각형 ABC의 정점 A에 예컨대 오존 가스 공급 구멍(53b)을 할당하고, 정점 B에 예컨대 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)을 할당하며, 정점 C에 예컨대 Ti 원료 가스 공급 구멍(52b)을 할당한다. 이 후, 삼각형 ABC의 변 BC에 대하여 선대칭인 삼각형 BCD를 그리면, 정점 D에는 이것과 선대칭인 정점 A의 오존 가스 공급 구멍(53b)이 할당된다. 동일한 것이 삼각형 ABC의 각 변 AB, AC에 대해서도 행해지고, 정점 E에는 Ti 원료 가스 공급 구멍(52b)이 할당되며, 정점 F에는 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)이 할당된다. 이하는 이것을 반복하여 가스 샤워 헤드(4)의 가스 공급면(40a)에 각 처리 가스의 가스 공급 구멍이 형성되게 된다. 이것에 따르면 단위 구획(401) 내에는 반드시 3종류의 가스 구멍이 하나씩 존재하며, 즉, 3종류의 가스 구멍의 분포 밀도가 같아진다. 또한, 각각의 가스종의 인접한 가스 구멍의 거리도 같아지고(후술하지만 3종류의 가스 구멍 전부에 대하여, $\sqrt{3}l$이 됨), 모든 가스종이 균일하게 처리 분위기(10)로 토출되게 된다.

[0113] 여기서, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 예컨대 각 가스 공급로(512, 522, 532)의 상측 부분의 구경이 「L1=2 ㎜」인 경우에는, 공작 정밀도나 인접한 가스 공급로(512, 522, 532) 사이에 필요한 벽의 두께 등의 관점에서 인접한 각 가스 공급로(512, 522, 532) 끼리의 거리는 예컨대 약 7 ㎜가 가공 한계라고 한다. 이 경우에는 도 10의 (a)에 도시된 바와 같이 단위 구획(401)의 한 변의 길이 「l」은 7 ㎜이기 때문에, 예컨대 오존 가스 공급 구멍(53b) 끼리의 피치는 「$a=(\sqrt{3})l$」로서 약 12 ㎜가 되고, 다른 가스 공급 구멍(51b, 52b)에 대해서도 동일한 것을 말할 수 있다.

[0114] 이러한 배열법에 대하여, 예컨대 도 10의 (b)의 참조예에 도시한 배열법을 검토해본다. 이 배열법에서는, 예컨대 가스 공급면(40a)을 서로 동일한 크기의 정방형으로 이루어진 단위 구획(402)으로 격자형으로 분할하고, 각 격자점 상의 행 방향(가로 방향)으로 가스 공급 구멍(51b~53b)을 예컨대 「51b→52b→53b」의 순으로 할당함으로써 각 행을 구성하며, 1번째 행과 2번째 행 사이에서는 각각 동일한 종류의 가스 공급 구멍(51b~53b)의 위치가 1열씩 우측으로 어긋나도록 이들 행을 배치하고, 이후도 n번째 행과 (n+1)번째 행 사이가 동일한 관계가 되도록 각 행을 배치하고 있다.

[0115] 여기서, 도 10의 (a)에 도시된 본 실시형태에 따른 배열과 마찬가지로, 이 배열법에 있어서의 단위 구획(402)의 길이를 「l=7 ㎜」로 하면, 예컨대 오존 가스 공급 구멍(53b) 끼리의 피치는 2종류 존재하고, 한쪽 피치는 「$a_1=(\sqrt{2})l$」로서 약 9.9 ㎜가 되어 도 10의 (a)에 도시된 본 실시형태에 따른 배열의 피치보다도 작아지지만, 다른 한쪽의 피치는 「$a_2=(\sqrt{5})l$」로서 약 15.7 ㎜가 되기 때문에, 실시형태에 따른 배열의 피치보다도 커지게 된다.

[0116] 이상으로 설명한 배열법과 같이, 작은 피치 「a_1」과 큰 피치 「a_2」가 혼재하는 가스 공급면(40a)을 갖는 가스 샤워 헤드를 이용하여 성막을 행한 경우에는, 성막된 막으로의 가스 공급 구멍(51b~53b)의 전사의 정도에 대해서도, 전사의 정도가 큰 영역과 작은 영역이 혼재하게 된다. 그러나, 일반적으로 막 두께의 균일성은 막 두께의 평균값과 실제 막 두께와의 차의 최대값을 이용하여 평가된다. 이 때문에, 막 전체의 막 두께의 균일성 평가는 전사의 정도가 큰 영역에 있어서 행해지기 때문에, 도 10의 (a)에 도시된 배열법을 채용한 경우와 비교하여 막 전체의 막 두께의 균일성이 나빠지게 된다.

[0117] 또한, 막질이라는 관점에서 도 10의 (a), 도 10의 (b)의 배열법을 비교하면, 예컨대 STO는 스트론튬, 티탄, 산소의 각 원자가 1:1:3의 비율로 화합한 화합물로서, 이러한 비율의 조정은 예컨대 각 원료 공급원(61~63)으로부터의 공급 가스의 농도 등에 의해 조정된다. 여기서, 도 10의 (a)에 도시된 실시형태에 따른 배열법의 웨이퍼(W) 로의 가스 흡착의 영향을 검토하기 위해서, 도 11의 (a)에 도시된 바와 같이, 어떤 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)을 둘러싸는 6개의 단위 구획(401)에 대해서 생각해 본다. 이 때, 이 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)의 바로 아래에 있는 영역의 웨이퍼(W)에서 보면, Ti 원료 가스 공급 구멍(52b)이나 오존 가스 공급 구멍(53b)을 통해 공급되는 처리 가스는 모두 중심의 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)으로부터 동일한 거리 「l」만큼 떨어진 가스 공급 구멍(52b, 53b)을 통해 공급되기 때문에, 이 웨이퍼(W) 영역에 도달하는 타이밍이나 흡착이 행해지는 시간 등이 동일하게 되어 이 웨이퍼(W) 영역에서의 가스 흡착 농도도 균일해진다고 생각된다.

[0118] 이것에 대하여, 도 11의 (b)에 도시된 바와 같이, 어떤 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)을 둘러싸는 4개의 단위 구획(402)에 대해서 동일한 검토를 하면, 예컨대 중심의 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)에 대하여 좌측 및 하방의 2개의 오존 가스 공급 구멍(53b)은 거리 「l」만큼 떨어져 있는 데 반하여, 이 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b) 우측 상방의 오존 가스 공급 구멍(53b)은 거리「$(\sqrt{2})l$」만큼 떨어져 있고, Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)으로부터의 거리가 상이하다. 이 때문에 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b) 바로 아래의 웨이퍼(W) 영역에서는, 이 영역의

우측 상방과 좌측 하방에서는, 이들 공급 구멍(53b)을 통해 공급된 가스가 도달하는 타이밍이나 흡착이 행해지는 시간 등이 상이하며, 예컨대 우측 상방 영역에서의 흡착 농도가 낮고, 좌측 하방 영역에서의 흡착 농도가 높아진다고 하는 가스 흡착 농도의 편차가 발생할 우려가 있다. 한편, 중심의 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)을 둘러싸는 3개의 Ti 원료 가스 공급 구멍(52b)에 대해서는, 전술한 오존 가스 공급 구멍(53b)에 대한 배열 상태를 180° 회전시킨 상태로 되어 있기 때문에, 예컨대 좌측 하방 영역에서 흡착 농도가 낮고, 우측 상방 영역에서 흡착 농도가 높아진다고 하는 가스 흡착 농도의 편차가 발생할 수 있다.

[0119] 이러한 배열 상태의 편차에 따라 3종류의 가스 중 어느 하나의 가스 흡착량이 많거나 적거나 하면, 스트론튬, 티탄, 산소의 각 원자가 1:1:3의 비율로 화합될 수 없고, 예컨대 STO막 내에 산화스트론튬(SrO)이나 산화티탄(TiO_2)이 혼입되어 버릴 가능성이 있으며, 균질한 막질의 STO막을 얻을 수 없게 될 우려가 있다.

[0120] 이상으로 설명한 도 10의 (a)에 의한 가스 구멍의 배열법에 따르면, 예컨대 정사각형의 각 정점에 4종류의 상이한 가스종을 할당하고, 다음은 사각형의 각 변에 대하여 선대칭으로 사각형을 그려 각 가스종의 가스 구멍을 할당해 나가면, 4종류의 가스 구멍의 분포 밀도가 동일하며, 각 가스종의 인접한 가스 구멍의 거리도 동일한 샤워 헤드를 만들 수 있고, 나아가서는 정다각형(정오각형, 정육각형 등)에까지 적용할 수 있다. 또한, 도 10의 (a)에 도시된 배열법은 예컨대 도 10의 (b)에 참조예로서 도시한 배열법과 비교하여 막 두께 및 막질에 대해서 높은 면내 균일성을 얻을 수 있다고 생각되며, 본 실시형태에 따른 가스 샤워 헤드(4)에서는 이러한 사고방식에 기초하여 3종류의 가스 공급 구멍(51b~53b)의 배치법이 채용되고 있다. 이하, 이러한 가스 샤워 헤드(4)를 채용한 성막 장치(1)의 작용에 대해서 설명한다.

[0121] 우선, 도 12에 도시된 바와 같이, 반송구(28)를 개방하여 외부의 반송 기구를 반송구(28)를 통해 진입시켜 처리 용기(2) 내로 웨이퍼(W)를 반입한다. 계속해서 승강핀(35)을 통해 전달 위치에 있는 배치대(3) 상에 웨이퍼(W)를 배치하는 도시되지 않은 정전 척에 의해 이 웨이퍼(W)를 흡착한다(배치 공정). 이 때, 각 히터(213, 47) 등에 의해 배기 덕트(21)나 내측 블록(26)의 표면은 예컨대 각각 230℃까지 가열되고, 또한 가스 샤워 헤드(4)의 가스 공급면(40)은 예컨대 250℃까지 가열되고 있다. 계속해서, 반송구(28)를 폐쇄하여 처리 용기(2) 내부를 기밀한 상태로 한 후, 진공 펌프(67)에 의해 배기 덕트(21)를 통해 처리 용기(2) 내부를 진공 상태로 한다.

[0122] 이 때, 이미 설명한 바와 같이 내측 블록(26)은 웨이퍼(W)의 전달 위치보다도 높은 위치에 고정되어 있기 때문에, 도 12에 도시된 바와 같이 배치대(3)를 웨이퍼(W)의 전달 위치까지 강하시킨 상태에서는, 하측 용기(22) 내의 공간은 처리 분위기(10)와 연통한(구획되어 있지 않은) 상태로 되어 있다. 이 때문에, 전술한 진공 배기에 있어서는 하측 용기(22) 내부를 포함한 처리 용기(2) 내부 전체가 진공 배기된다.

[0123] 처리 용기(2) 내부가 미리 결정된 압력까지 진공 배기되면, 진공 배기를 계속한 채로 웨이퍼(W)가 배치된 배치대(3)를, 레시피에 따라 선택된 처리 위치, 예컨대 「h=8 ㎜」의 위치까지 상승시킨다. 여기서, 처리 위치까지 배치대(3)를 상승시키면, 예컨대 도 9의 (a)나 도 9의 (b)에 도시된 바와 같이 스테이지 커버(32)의 측둘레면, 또는 이 측둘레면으로부터 연신된 스커트부(321)가 내측 블록(26)에 둘러싸인 상태가 되어 배치대(3) 상측의 처리 분위기(10)와, 하측 용기(22) 내의 공간이 배치대(3) 및 내측 블록(26)에 의해 차단되어 서로 구획된 상태가 된다.

[0124] 이와 같이 하여 처리 분위기(10)와 하측 용기(22) 내의 공간이 구획되면, 퍼지 가스 공급로(222)로부터 하측 용기(22) 내로의 퍼지 가스 도입을 시작한다. 그리고, 스테이지 히터(33)에 의해 웨이퍼(W)의 온도가 예컨대 280℃까지 가열된 후, STO의 성막 처리를 시작한다. 또한, 도 9의 (a), 도 9의 (b) 및 도 12에 있어서는, 도시의 편의상 스테이지 히터(33)의 기재는 생략되어 있다. 또한, 이하의 작용 설명에서는, 웨이퍼(W)의 처리 위치가 도 9의 (b)에 도시된 위치(h=8 ㎜)에 있는 경우를 예를 들어 설명한다.

[0125] ALD 프로세스에 의한 STO의 성막 처리(가스 공급 공정)는, 도 13의 (a) 내지 도 13의 (d)에 도시된 가스 공급 시퀀스에 기초하여 실행된다. 도 13의 (a) 내지 도 13의 (c)의 각 도면에 도시한 희게 표시한 칼럼은 각 가스 공급 라인(610~630)으로부터의 처리 가스(Sr 원료 가스, Ti 원료 가스, 오존 가스)의 공급량을 나타내고, 또한 도 13의 (a) 내지 도 13의 (d)의 사선의 해칭으로 전부 칠한 칼럼은, 각 가스 공급 라인(610~640)으로부터의 퍼지 가스의 공급량을 나타내고 있다. 또한, 도 14 내지 도 17은 이들의 시퀀스 실행 중에서의 가스 샤워 헤드(4) 내부 및 처리 분위기(10)의 각 가스의 흐름을 모식적으로 나타내고 있다.

[0126] 가스 공급 시퀀스에 따르면, 도 13의 (a)에 도시된 바와 같이, 우선 Sr 원료 가스의 공급을 행한다(Sr 원료 가스 공급 공정). 이 때, 가스 샤워 헤드(4) 내에 있어서 Sr 원료 가스는, 도 14에 도시된 바와 같이 제1 가스 도입로(511)를 통과하여 제1 확산 공간(421) 내로 확산되고, 제1 확산 공간(421) 바닥면에 다수 설치된 제1 가

스 공급로(512)를 통과하여 가스 공급면(40a)의 각 Sr 원료 가스 공급 구멍(51b)(도 7 참조)을 통해 처리 분위기(10)의 중앙 영역(10a)으로 공급된다.

[0127] 이와 같이 하여, Sr 원료 가스는, 가스 샤워 헤드(4)의 중앙 영역측의 가스 공급면(40a)으로부터 처리 분위기(10) 내로 공급되고, 배치대(3) 상의 웨이퍼(W)의 중앙부에 도달한다. 이 때, 도 1에 도시된 바와 같이, 처리 분위기(10)의 주위에는 배기 덕트(21)에 설치된 진공 배기구(211)가 이 처리 분위기(10)를 둘러싸도록 배치되어 있기 때문에, 웨이퍼(W) 중앙부에 도달한 원료 가스는 이들 진공 배기구(211)를 향해 웨이퍼(W)의 중앙부에서 주연부로 흘러간다. 이와 같이 웨이퍼(W)의 중앙부에서 주연부로 원료 가스가 흐름으로써, 원료 가스의 이동 거리가 짧아져서 각 원료 가스의 분자를 웨이퍼(W)의 직경 방향으로 균일하게 흡착시킬 수 있다.

[0128] 또한, 이 때, 도 13의 (b) 내지 도 13의 (d) 및 도 14에 도시된 바와 같이 원료 가스의 역류를 방지하기 위해서, 제2 가스 공급로(522), 제3 가스 공급로(532) 및 제4 가스 도입로(541)로부터는 소량의 퍼지 가스가 흐르고 있다. 한편, 도 1에 도시된 하측 용기(22)의 퍼지 가스 공급로(222)로부터 공급된 퍼지 가스는, 배치대(3)와 내측 블록(26)과의 간극을 통과하여 처리 분위기(10) 내로 진입하고, 이에 따라 원료 가스가 하측 용기(22) 내의 공간으로 유입되는 것을 억제하여 반응물이 부착함에 따른 부착물의 형성을 방지하고 있다. 이 배치대(3)와 내측 블록(26)과의 간극으로부터의 퍼지 가스의 공급은, 가스 공급 시퀀스의 실행 중, 계속해서 행해진다.

[0129] 이와 같이 하여 미리 결정된 시간이 경과하고, 웨이퍼(W) 상에 Sr 원료 가스의 흡착층을 형성하면, 각 원료 가스의 공급을 정지하고, 도 13의 (a) 내지 도 13의 (d)에 도시된 바와 같이 Sr 원료 가스 공급 라인(610) 및 퍼지 가스 공급 라인(640)으로부터 퍼지 가스를 공급하여 처리 분위기(10) 및 가스 샤워 헤드(4) 내부에 잔존하는 Sr 원료 가스를 퍼지한다(Sr 원료 가스 퍼지 공정). 이 때, 가스 샤워 헤드(4) 내에서, Sr 원료 가스 공급 라인(610)을 통해 공급된 퍼지 가스는, 도 15에 도시된 바와 같이 이미 설명한 Sr 원료 가스와 동일한 경로를 거쳐 처리 분위기(10)의 중앙 영역(10a)으로 공급된다. 한편, 퍼지 가스 공급 라인(640)을 통해 공급된 퍼지 가스는 제4 가스 도입로(541)→제4 확산 공간(411)→제5 가스 도입로(542)를 거쳐 링 형상의 제5 확산 공간(441)에 도달하고, 이 바닥면에 다수 설치된 제4 가스 공급로(543)를 통과하여 처리 분위기(10)의 주연부 영역(10b)으로 공급된다.

[0130] 이와 같이 처리 용기(2) 내의 처리 분위기(10)에는, 중앙 영역(10a)과 주연부 영역(10b) 쌍방에 동시에 퍼지 가스가 공급되기 때문에, 예컨대 이들 영역 중 어느 한쪽에만 퍼지 가스를 공급하는 경우에 비하여 퍼지 가스량이 많아져서 짧은 시간으로 원료 가스의 퍼지를 종료할 수 있다. 또한, 이 때, 도 13의 (b), 도 13의 (c) 및 도 15에 도시된 바와 같이 제2 가스 공급로(522) 및 제3 가스 공급로(532)로부터도 소량의 퍼지 가스가 흐르고 있다.

[0131] 처리 분위기(10)로부터의 Sr 원료 가스의 퍼지를 종료하면, 도 13의 (b)에 도시된 바와 같이 Ti 원료 가스를 공급한다. Ti 원료 가스는 도 16에 도시된 바와 같이 제2 가스 도입로(521)→제2 확산 공간(422)→제3 가스 공급로(532)를 거쳐 가스 공급면(40a)의 각 Ti 원료 가스 공급 구멍(52b)(도 7 참조)을 통해 처리 분위기(10)의 중앙 영역(10a)으로 공급된다(Ti 원료 가스 공급 공정). 그리고, Sr 원료 가스의 경우와 같이, Ti 원료 가스는 웨이퍼(W) 중앙부에서 주연부를 향해 흐르고, Ti 원료 가스의 분자가 이 웨이퍼(W)의 직경 방향으로 균일하게 흡착된다. 또한, 도 13의 (a), 도 13의 (c), 도 13의 (d) 및 도 16에 도시된 바와 같이 제1 가스 공급로(512), 제3 가스 공급로(532) 및 제4 가스 도입로(541)로부터는 소량의 퍼지 가스가 흘러 원료 가스의 역류를 방지하고 있다.

[0132] 계속해서, 이미 설명한 도 15에 도시된 바와 같이 퍼지 가스에 의한 가스 샤워 헤드(4) 내부 및 처리 분위기(10)로부터의 Ti 원료 가스의 퍼지가 행해지지만(Ti 원료 가스 퍼지 공정), 도 13의 (b), 도 13의 (d)에 도시된 바와 같이, Ti 원료 가스 공급 라인(620)과 퍼지 가스 공급 라인(640)을 통한 퍼지 가스 공급이 주로 행해지는 한편, 도 13의 (a), 도 13의 (c)에 도시된 바와 같이 Sr 원료 가스 공급 라인(610), 오존 가스 공급 라인(630)으로부터 각각 제1 가스 공급로(512), 제3 가스 공급로(532)에는 원료 가스의 역류 방지를 목적으로 한 소량의 퍼지 가스 공급이 행해지고 있는 점이 이미 설명한 Sr 원료 가스 퍼지 공정과 상이하다.

[0133] 이와 같이 하여, Sr 원료 가스, Ti 원료 가스의 공급 및 각각의 퍼지를 종료하면 도 13의 (c)에 도시된 바와 같이 오존 가스 공급 라인(630)을 통한 오존 가스의 공급을 행한다(오존 가스 공급 공정). 이 때, 오존 가스는, 도 17에 도시된 바와 같이 가스 샤워 헤드(4)의 제3 가스 도입로(531)를 통과하여 제3 확산 공간(431) 내로 확산되고, 이 제3 확산 공간(431)의 바닥면에 다수 설치된 제3 가스 공급로(532)를 통과하여 가스 공급면(40a)의 각 오존 가스 공급 구멍(53b)(도 7 참조)을 통해 처리 분위기(10)의 중앙 영역(10a)에 공급된다. 또한, 이 때,

도 13의 (a), 도 13의 (b), 도 13의 (d)에 도시된 바와 같이 Sr 원료 가스 공급 라인(610), Ti 원료 가스 공급 라인(620), 퍼지 가스 공급 라인(640)을 통해서는 소량의 퍼지가 공급되어 가스 샤워 헤드(4) 내로의 오존 가스의 진입을 방지하고 있다.

[0134] 이 결과, 처리 분위기(10) 내에서 웨이퍼(W) 표면에 도달한 오존이, 이미 웨이퍼(W)의 표면에 흡착되어 있는 원료 가스와 스테이지 히터(32)로부터의 열에너지에 의해 반응하여 STO의 분자층이 형성된다. 이렇게 해서 소정 시간 오존 가스를 공급하면 오존 가스의 공급을 정지하고, 도 13의 (c), 도 13의 (d) 및 도 15에 도시된 바와 같이 오존 가스 공급 라인(630), 퍼지 가스 공급 라인(640)을 통해 퍼지 가스를 공급하여 처리 분위기(10) 및 가스 샤워 헤드(4) 내부에 잔존하는 오존 가스를 퍼지한다(오존 가스 퍼지 공정). 또한, 이 때에도 도 13의 (a), 도 13의 (b)에 도시된 바와 같이, 제1 가스 공급로(512), 제2 가스 공급로(522)로부터는 소량의 퍼지 가스가 흐르고 있다.

[0135] 도 13에 도시된 바와 같이, 이상으로 설명한 6개의 공정을 1사이클로 하면, 이 사이클을 미리 정해진 횟수, 예컨대 100회 반복하여 STO의 분자층을 다층화하고, 소정의 막 두께를 구비한 STO막의 성막을 완료한다. 이와 같이 Sr 원료 가스 공급 공정~오존 가스 퍼지 공정의 각 공정에 있어서, 원래 대유량으로 흐르는 가스 유로 이외의 가스 유로를 통해서도 반드시 소유량의 퍼지 가스가 흐르도록 하고 있다. 그리고, 성막을 끝내면 각종 가스 공급을 정지하고, 웨이퍼(W)가 배치된 배치대(3)를 반송구(28)까지 강하시켜 처리 용기(2) 내의 압력을 진공 배기 전의 상태로 되돌린 후, 반입시와는 반대의 경로로 외부의 반송 기구에 의해 웨이퍼(W)를 반출하고, 일련의 성막 동작을 종료한다.

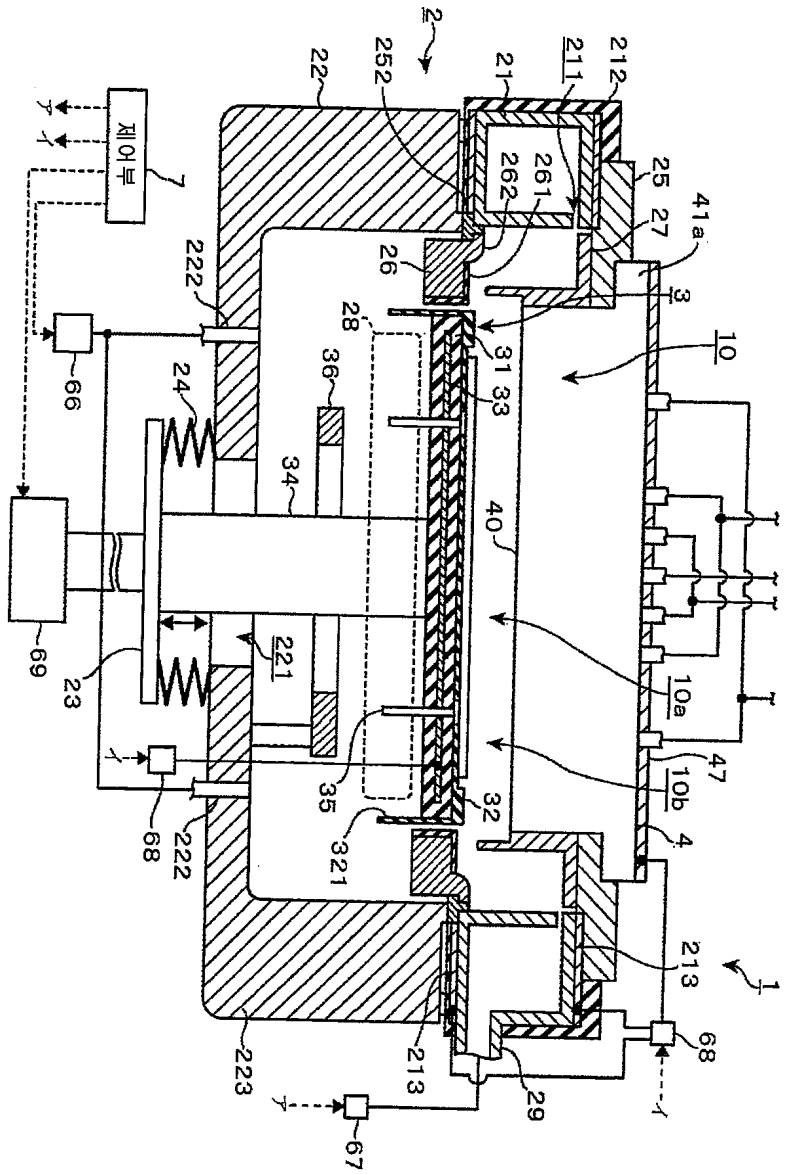
[0136] 본 발명은, 가스 공급면(40a)을 서로 동일한 크기의 정삼각형으로 이루어진 단위 구획(401)으로 분할하고, 이 단위 구획(401)을 구성하는 각 정삼각형의 3개의 정점으로부터 각각 Sr 원료 가스(제1 처리 가스), Ti 원료 가스(제2 처리 가스) 및 오존 가스(제3 처리 가스)를 공급하도록 하고 있다. 이 때문에 어느 쪽 단위 구획을 취하여도 제1~제3 처리 가스를 토출하는 3개의 가스 공급 구멍(51b~53b)이 존재하고, 이들 3개의 가스 공급 구멍(51b~53b)이 서로 등간격으로 배열되어 있기 때문에, 가스의 공급 타이밍이 다른 소위 ALD에 의해 성막하는 경우에 있어서, 막 두께 및 막질에 대해서 높은 면내 균일성을 얻을 수 있다.

[0137] 또한, 전술한 바와 같이 제1~제3 처리 가스를 동시에 토출한 경우라도 이들 가스를 균일화된 상태로 흡착시킬 수 있기 때문에, 본 실시형태에 따른 가스 공급 구멍(51b~53b)의 배열은 ALD 프로세스에 한정되지 않고, 제1~제3 처리 가스를 동시에 토출하여 CVD에 의해 성막하는 타입의 성막 장치의 가스 샤워 헤드에도 적용할 수 있다.

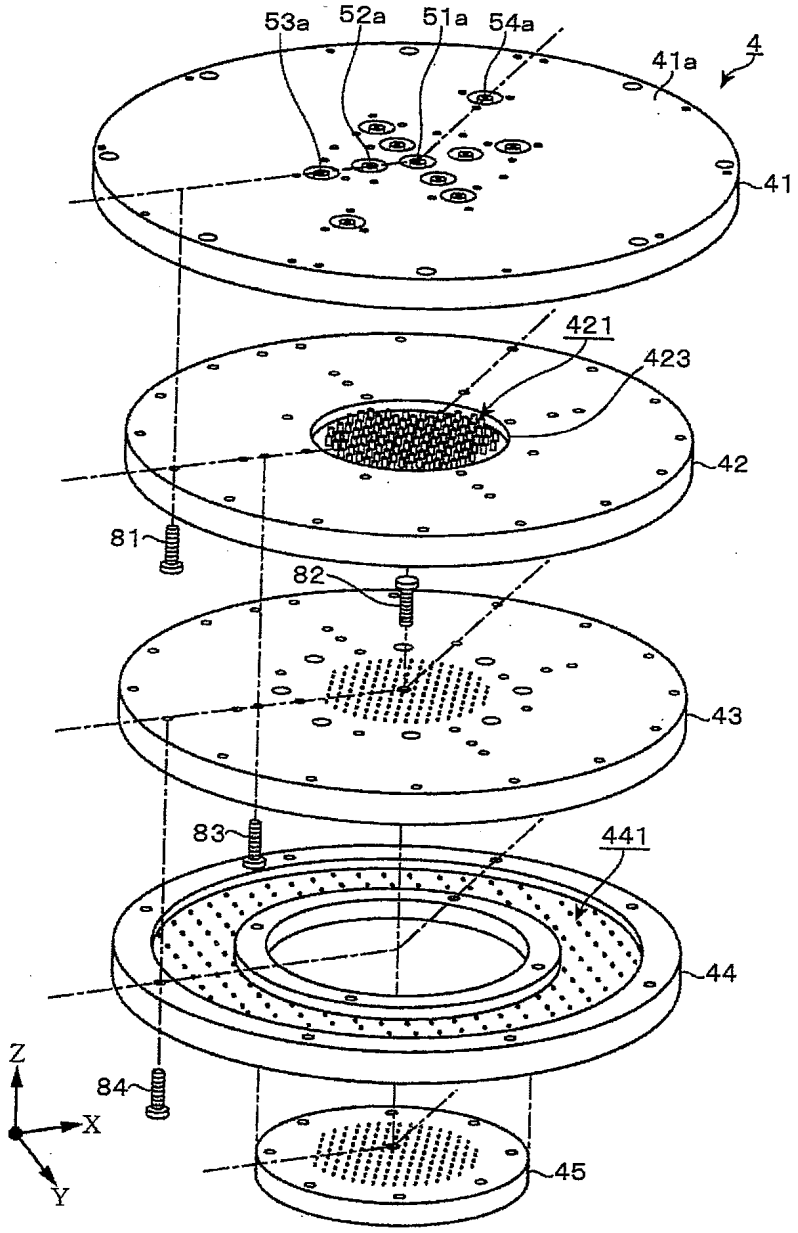
[0138] 또한, 전술한 성막 장치(1)에서는 Sr 원료 가스(제1 처리 가스)와 Ti 원료 가스(제2 처리 가스)를 원료 가스로 하여 산화 가스인 오존 가스(제3 처리 가스)와 반응시켜 STO의 박막을 성막하는 경우에 대해서 설명하였지만, 이 성막 장치(1)로써 성막 가능한 박막의 종류는 이것에 한정되지 않는다. 예컨대, 실시형태에 나타낸 오존 가스로 바꾸어 수증기를 산화 가스로서 채용하여도 좋고, 바륨 화합물을 함유하는 제1 처리 가스와, 티탄 화합물을 함유하는 제2 처리 가스를, 제3 처리 가스인 산화 가스에 의해 반응시켜 티탄산바륨($BaTiO_3$)막의 성막을 행하는 프로세스에 적용하여도 된다.

도면

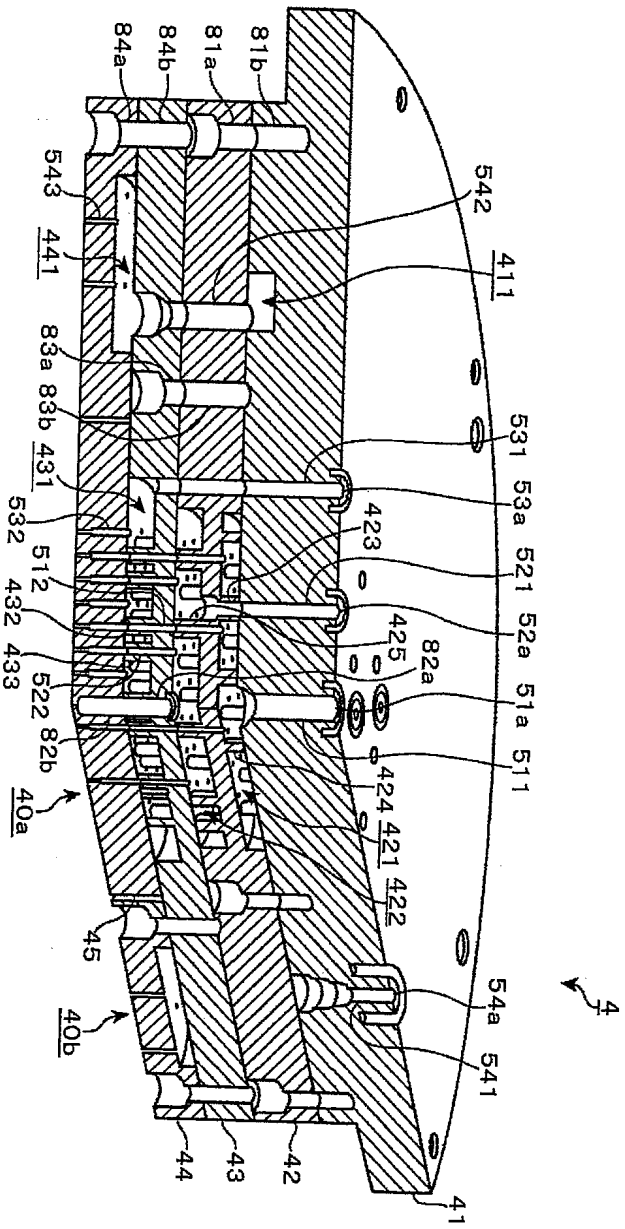
도면1


제어부
2
22
252
21
211
212
25
27
41a
3
10
10a
10b
47
4
1
213
68
29
67
223
213
321
32
35
221
23
69
66
24
36
34
28
26
262
261
31
33
40
222
222
68

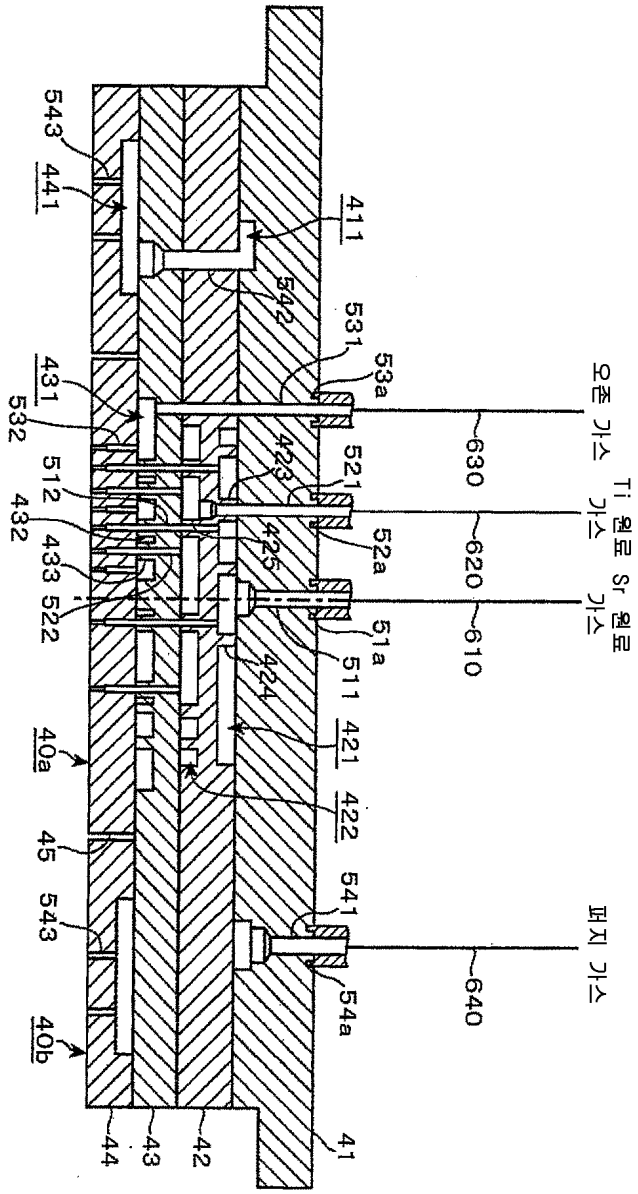
도면2



도면3

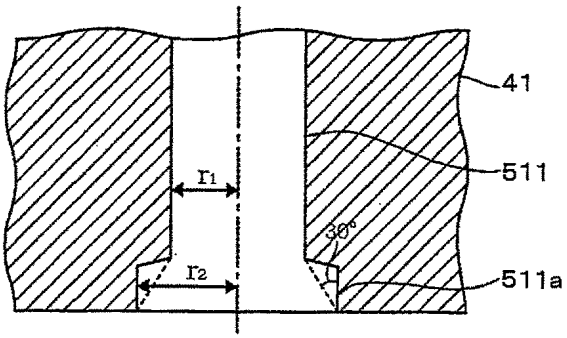

84a
84b
81a
81b
543
542
441
411
83a
83b
431
531
53a
532
423
521
512
52a
432
425
82a
433
51a
522
82b
511
424
421
422
40a
45
54a
4
40b
541
44
43
42
41

도면4


543
441
411
542
531
53a
431
532
512
432
433
522
423
521
425
52a
51a
511
424
421
422
40a
45
541
543
54a
40b
44
43
42
41
오존 가스
630
Ti 원료 가스
620
Sr 원료 가스
610
퍼지 가스
640

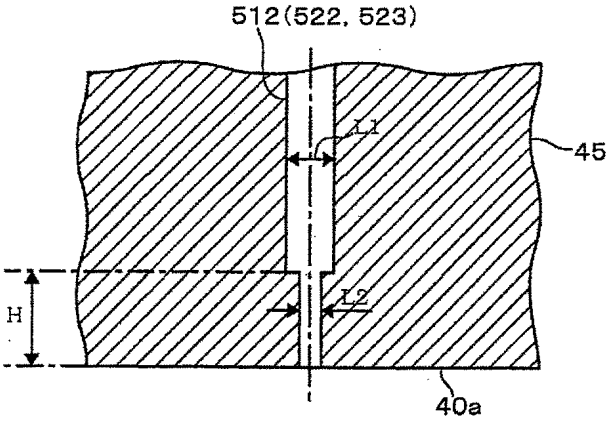
도면5

(a)

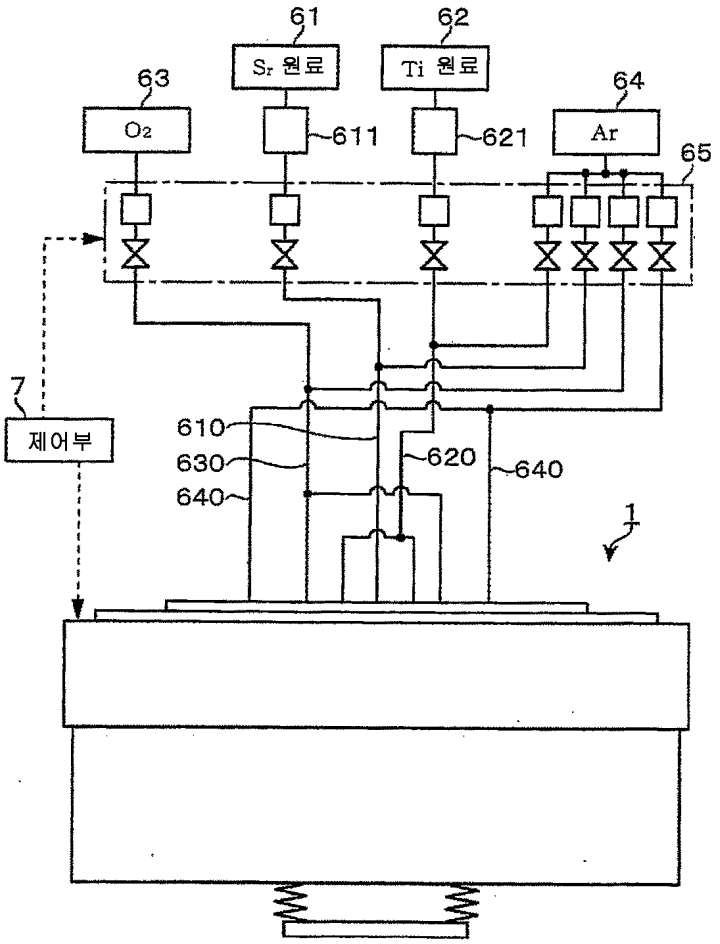


$$\left(\frac{A_2}{A_1}=\frac{\pi r_2^{\,2}}{\pi r_1^{\,2}}=2\right)$$

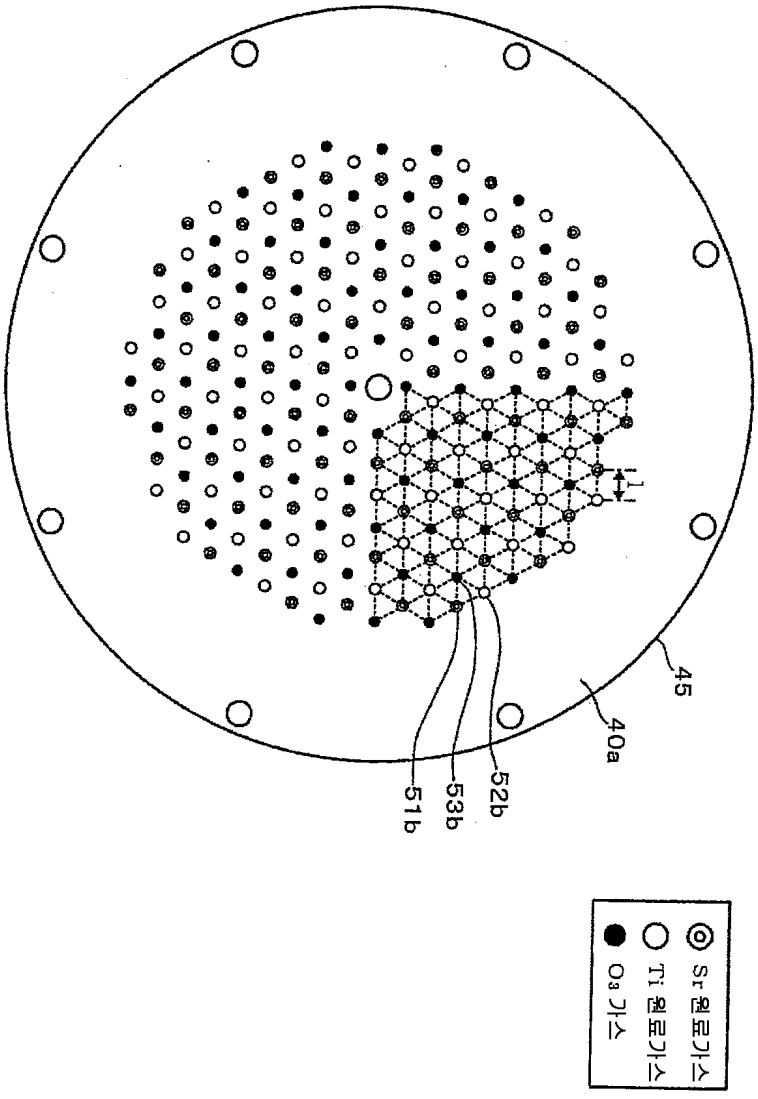
(b)



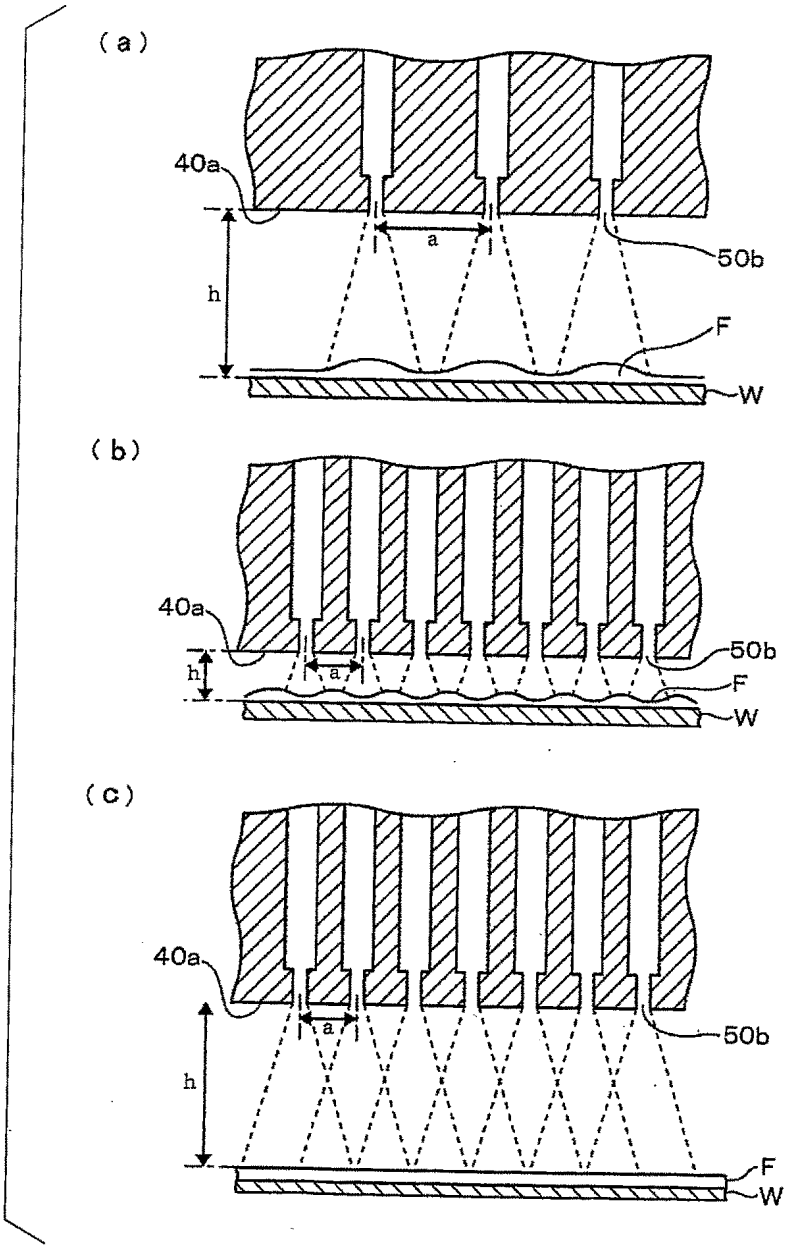
도면6



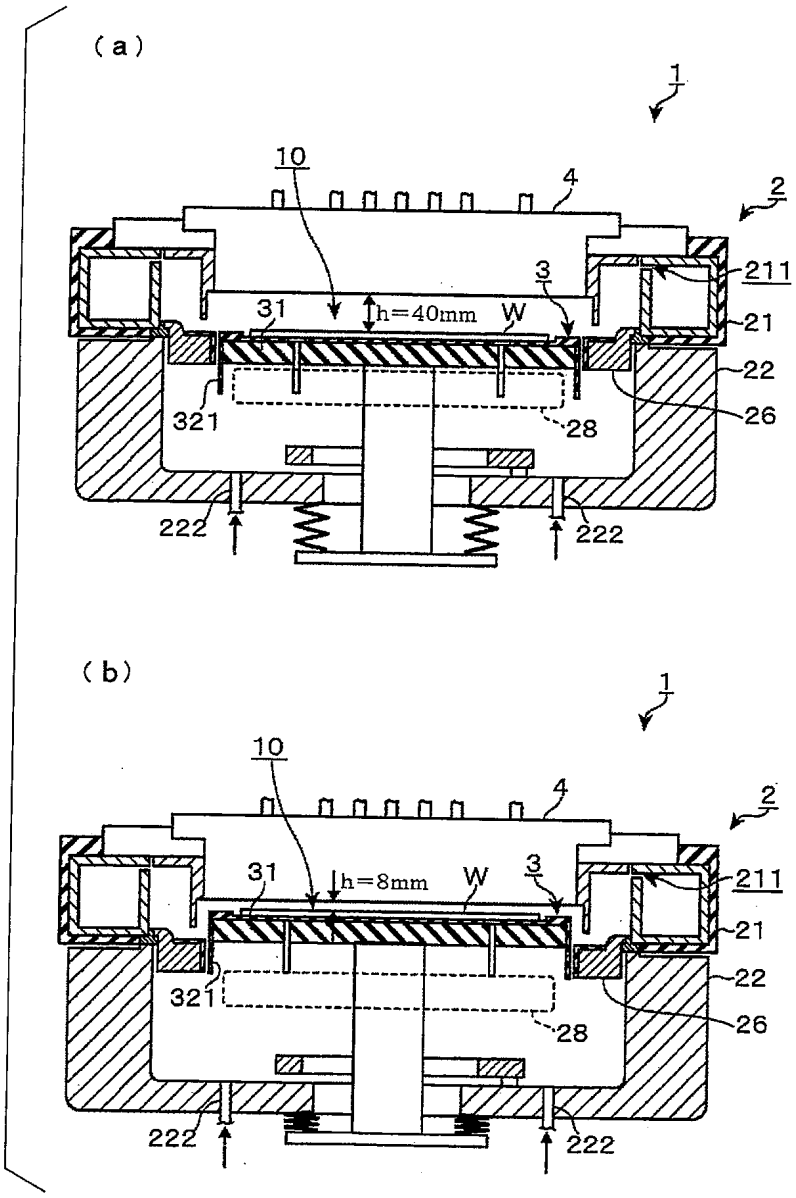
도면7



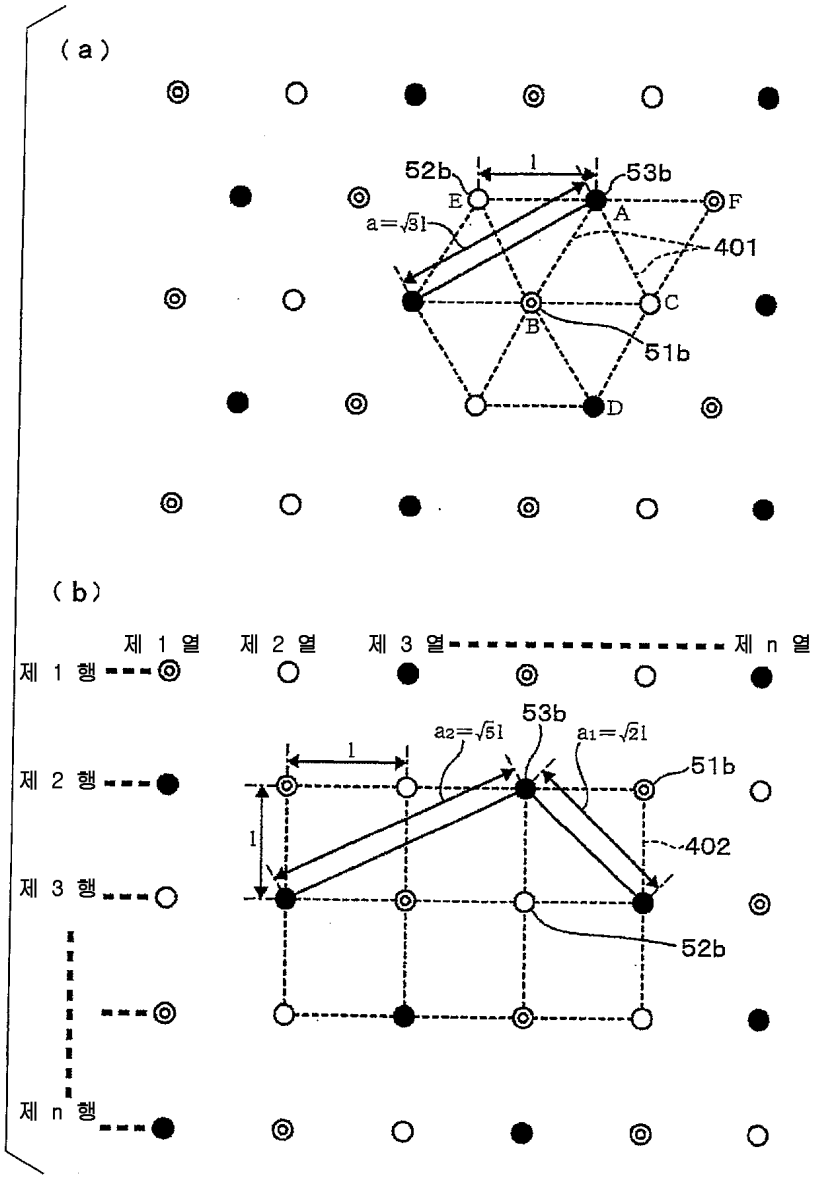
도면8



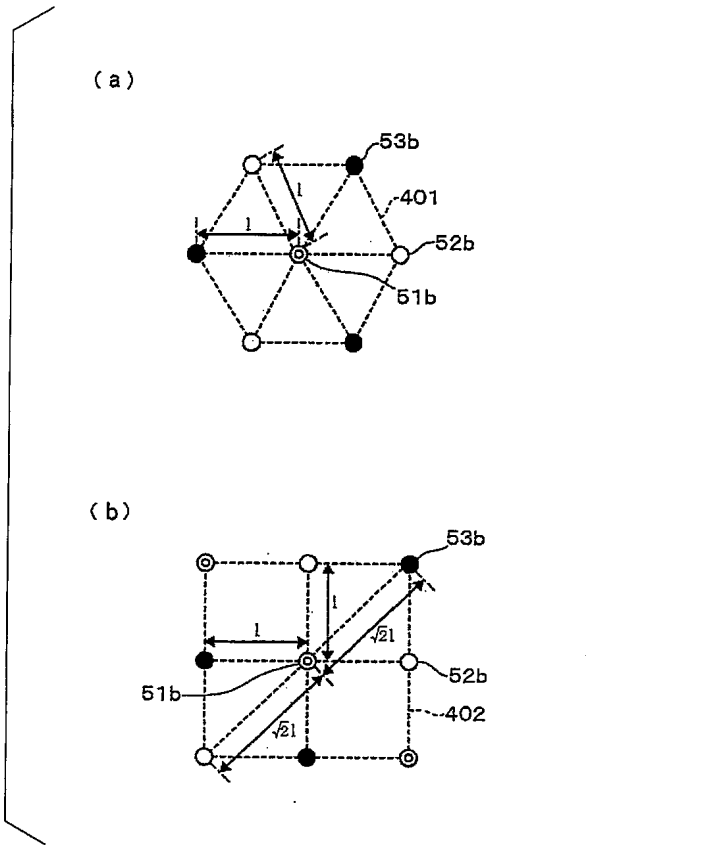
도면9


(a)
1
10
4
2
3
211
31
h=40mm
W
21
22
321
28
26
222
222
(b)
1
10
4
2
31
h=8mm
W
3
211
21
22
321
28
26
222
222

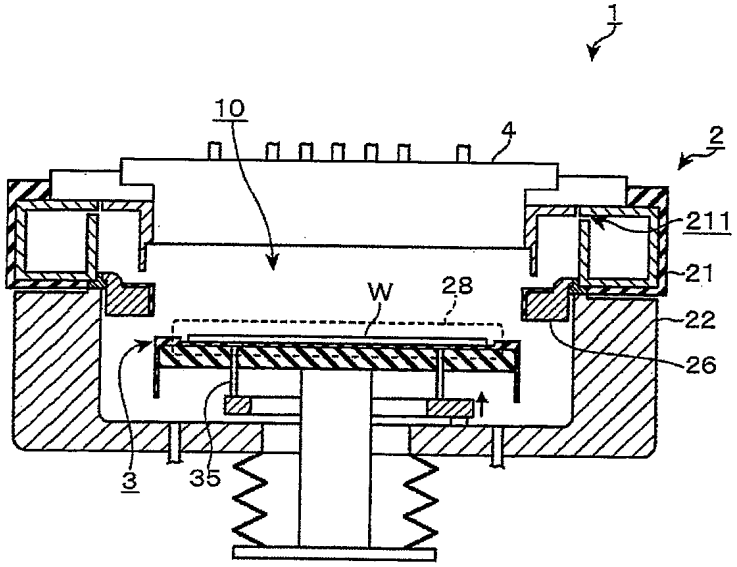
도면10


(a)
52b
53b
E
A
F
a=√3l
401
C
B
51b
D
(b)
제 1 열
제 2 열
제 3 열
제 n 열
제 1 행
제 2 행
제 3 행
제 n 행
l
a2=√5l
53b
a1=√2l
51b
402
52b

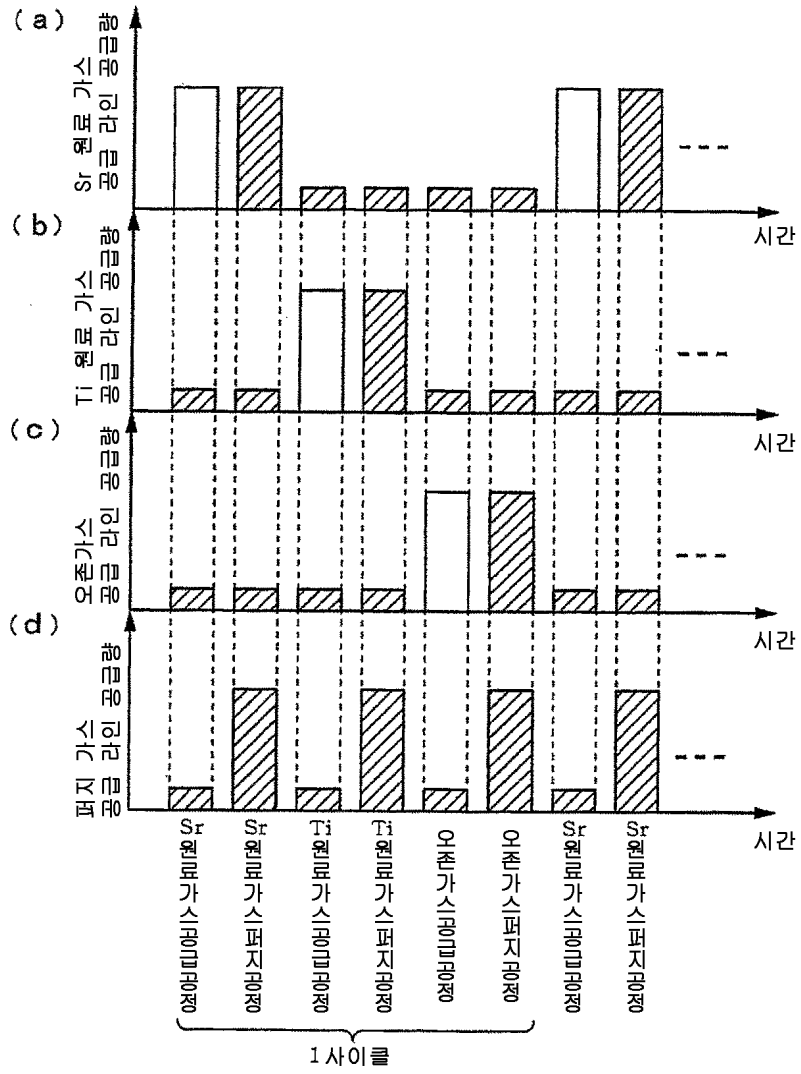
도면11


(a)
53b
401
52b
51b
l
(b)
53b
l
√2l
52b
51b
402

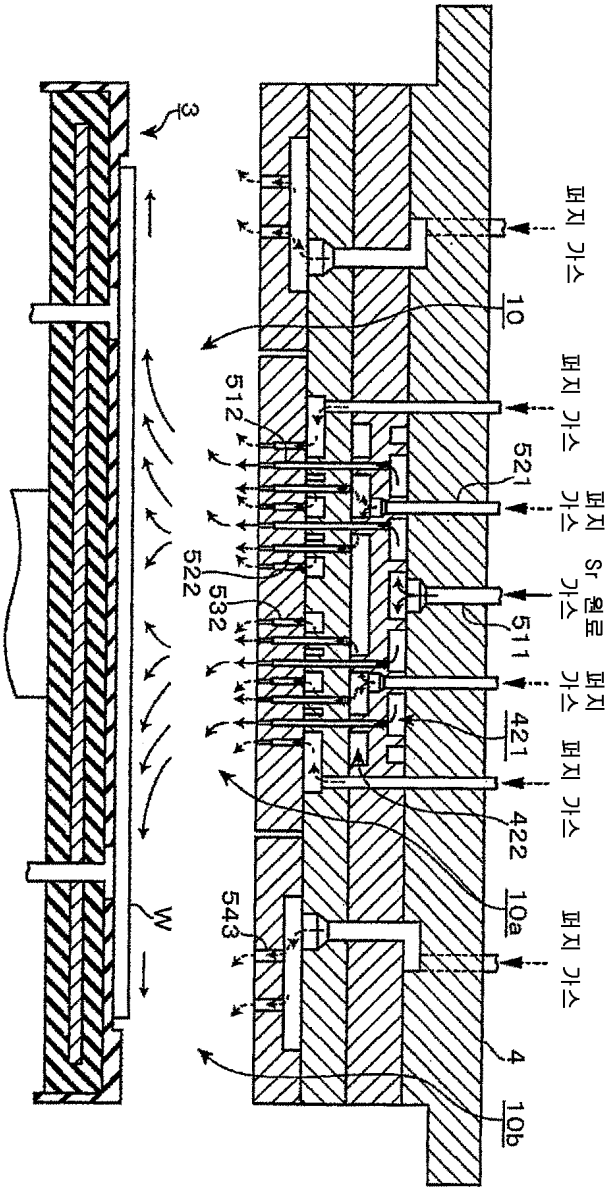
도면12


1
10
4
2
211
21
W
28
22
26
3
35

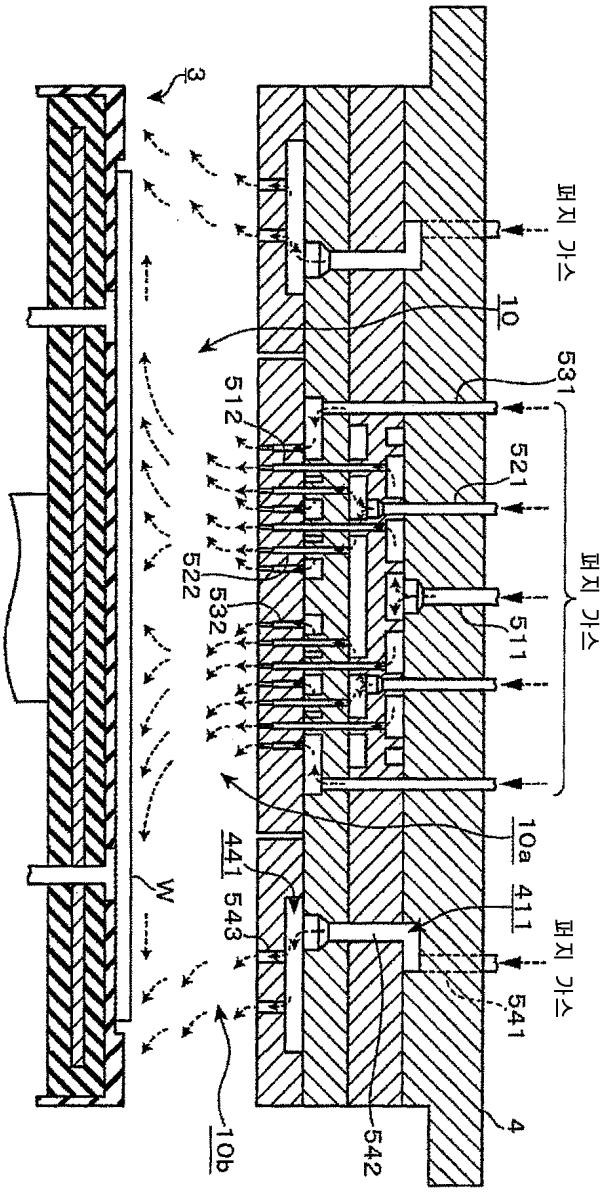
도면13


(a)
Sr 원료 가스 공급 라인 공급량
(b)
Ti 원료 가스 공급 라인 공급량
(c)
오존가스 공급 라인 공급량
(d)
퍼지 가스 공급 라인 공급량
시간
Sr 원료가스공급공정
Sr 원료가스퍼지공정
Ti 원료가스공급공정
Ti 원료가스퍼지공정
오존가스공급공정
오존가스퍼지공정
Sr 원료가스공급공정
Sr 원료가스퍼지공정
1 사이클

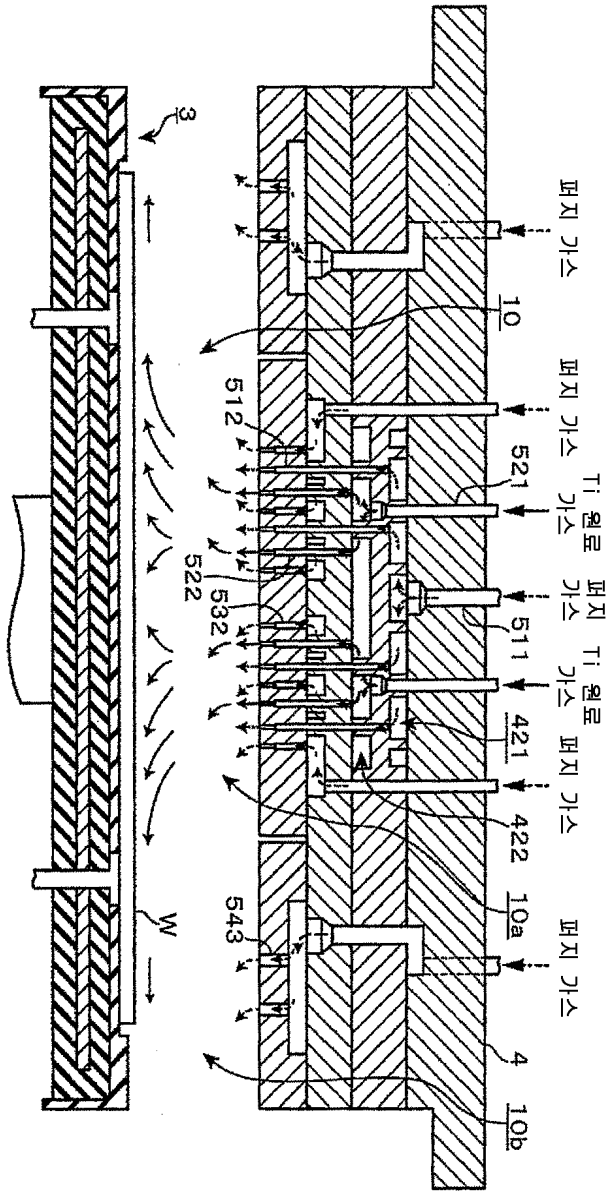
도면14


퍼지 가스
10
퍼지 가스
512
521
퍼지 가스
Sr 원료 가스
522
532
511
퍼지 가스
421
퍼지 가스
422
10a
퍼지 가스
543
4
10b
3
W

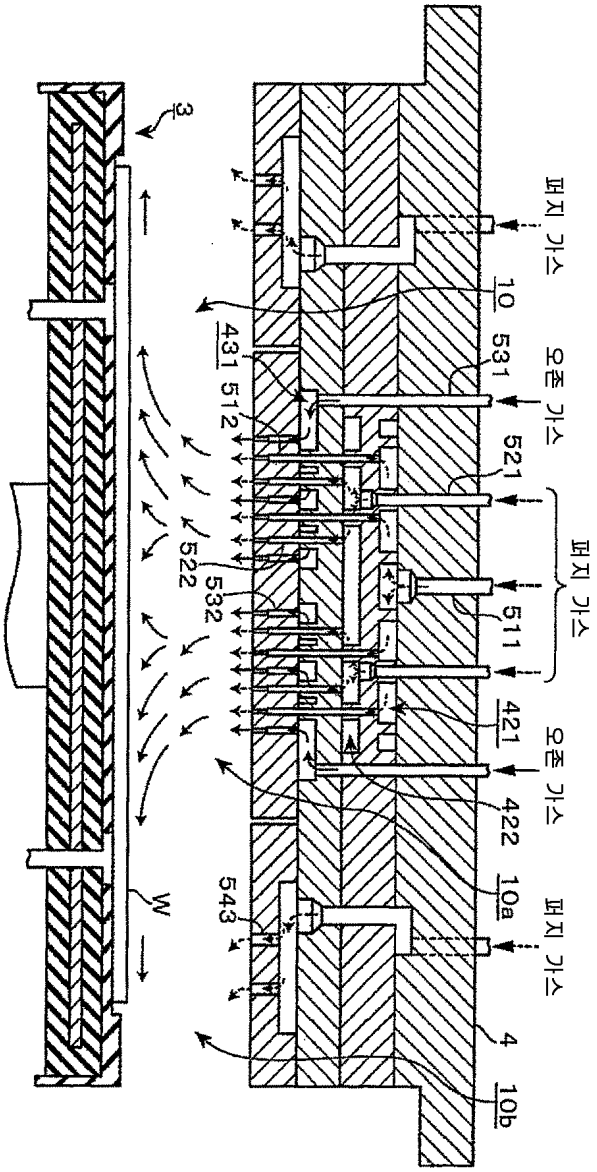
도면15


3
퍼지 가스
10
531
512
521
522
532
511
퍼지 가스
10a
441
543
411
퍼지 가스
W
541
4
10b
542

도면16


퍼지 가스
10
퍼지 가스
512
521
Ti 원료 가스
522
532
퍼지 가스
511
Ti 원료 가스
421
퍼지 가스
422
10a
543
퍼지 가스
4
10b
3
W

도면17


3
W
543
522
532
431
512
10
531
521
511
421
422
10a
4
10b
퍼지 가스
오존 가스
퍼지 가스
오존 가스
퍼지 가스