(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년06월30일
(11) 등록번호 10-2825479
(24) 등록일자 2025년06월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 21/67* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02046 (2013.01)
H01L 21/67028 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7015845
(22) 출원일자(국제) 2020년10월12일
심사청구일자 2023년07월19일
(85) 번역문제출일자 2022년05월11일
(65) 공개번호 10-2022-0086606
(43) 공개일자 2022년06월23일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2020/038507
(87) 국제공개번호 WO 2021/079779
국제공개일자 2021년04월29일
(30) 우선권주장
JP-P-2019-193049 2019년10월23일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2013046001 A*
KR1020150021462 A*
US20100193472 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
도쿄엘렉트론가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5쵸메 3반 1고
(72) 발명자
오노, 히로키
일본 861-1116 구마모토껭 고시시 후쿠하라 1-1 도쿄 엘렉트론 큐슈 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
장수길, 김성환, 성재동

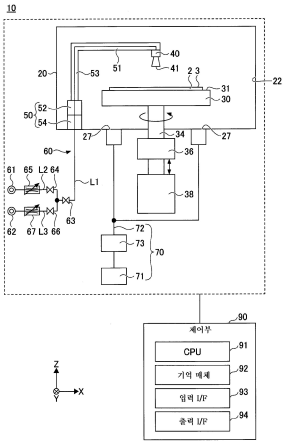
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 강명희

(54) 발명의 명칭 **기판 세정 방법 및 기판 세정 장치**

(57) 요 약

단열팽창에 의해 클러스터를 형성하는 클러스터 형성 가스와, 상기 클러스터 형성 가스보다도 작은 분자량 또는 원자량을 갖는 캐리어 가스의 혼합 가스를 노즐에 공급하는 공정과, 상기 노즐로부터 상기 혼합 가스를 분사함으로써 상기 클러스터를 형성하는 공정과, 상기 클러스터에 의해 기판에 부착된 파티클을 제거하는 공정과, 상기 클러스터 형성 가스를 상기 노즐에 공급하는 것을 종료할 때부터 설정 시간, 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 계속해서 공급하는 공정을 갖는 기판 세정 방법.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 21/67103 (2013.01)
H01L 21/67109 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

단열팽창에 의해 클러스터를 형성하는 클러스터 형성 가스와, 상기 클러스터 형성 가스보다도 작은 분자량 또는 원자량을 갖는 캐리어 가스의 혼합 가스를 노즐에 공급하는 공정과,

상기 노즐로부터 상기 혼합 가스를 분사함으로써 상기 클러스터를 형성하는 공정과,

상기 클러스터에 의해 기판에 부착된 파티클을 제거하는 공정과,

상기 캐리어 가스가 상기 노즐에 공급되는 중에 상기 노즐에 상기 클러스터 형성 가스의 공급을 종료하는 공정과,

상기 클러스터 형성 가스를 상기 노즐에 공급하는 것을 종료할 때부터 상기 노즐을 히터로 가열하는 것과 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 계속해서 공급하는_것에 의해 설정 시간 동안 상기 클러스터 형성 가스의 액화를 억제하는 공정을 포함하는 기판 세정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 혼합 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정은, 제1 유량으로 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정을 포함하고,

상기 설정 시간 중에, 상기 제1 유량보다도 많은 제2 유량으로 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정을 포함하는, 기판 세정 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 혼합 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정 중에, 히터로 상기 노즐을 가열하는 것을 금지하는 공정을 포함하는, 기판 세정 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 혼합 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정 중에, 냉매를 상기 노즐에 공급하는 공정과,

상기 설정 시간 중에, 상기 냉매를 상기 노즐에 공급하는 것을 금지하는 공정을 포함하는, 기판 세정 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 설정 시간, 상기 노즐과 상기 기판의 상대 위치를, 상기 노즐로부터 상기 기판을 향해서 가스를 분사하는 위치에 두는 공정을 포함하는, 기판 세정 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 클러스터 형성 가스는, 이산화탄소 가스 및 아르곤 가스에서 선택되는 하나 이상의 가스를 포함하고,

상기 캐리어 가스는, 수소 가스 및 헬륨 가스에서 선택되는 하나 이상의 가스를 포함하는, 기판 세정 방법.

청구항 7

기판을 보유 지지하는 기판 보유 지지부와,

상기 기판 보유 지지부에서 보유 지지되어 있는 상기 기판에 대하여 가스를 분사하는 노즐과,

상기 노즐로부터의 분사에 의해 단열팽창해서 클러스터를 형성하는 클러스터 형성 가스와, 상기 클러스터 형성 가스보다도 작은 분자량 또는 원자량을 갖는 캐리어 가스를 상기 노즐에 공급하는 가스 공급부와,

상기 가스 공급부를 제어하는 가스 공급 제어부와,

상기 노즐을 가열하는 히터와,

상기 히터를 제어하는 히터 제어부를 포함하고,

상기 가스 공급 제어부는, 상기 클러스터 형성 가스와 상기 캐리어 가스의 혼합 가스를 상기 노즐에 공급하고, 상기 캐리어 가스가 상기 노즐에 공급되는 중에 상기 노즐에 상기 클러스터 형성 가스의 공급을 종료하고,

상기 가스 공급 제어부와 상기 히터 제어부는, 상기 클러스터 형성 가스를 상기 노즐에 공급하는 것을 종료할 때부터 상기 노즐을 히터로 가열하는 것과 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 계속해서 공급하는 것에 의해 설정 시간 동안 상기 클러스터 형성 가스의 액화를 억제하는, 기판 세정 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 가스 공급 제어부는,

상기 혼합 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정 중에, 제1 유량으로 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 공급하고,

상기 설정 시간 중에, 상기 제1 유량보다도 많은 제2 유량으로 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 공급하는, 기판 세정 장치.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 히터 제어부는,

상기 혼합 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정 중에, 상기 히터로 상기 노즐을 가열하는 것을 금지하는, 기판 세정 장치.

청구항 10

제7항 또는 제8항에 있어서, 냉매를 상기 노즐에 공급함으로써 상기 노즐의 온도를 조절하는 냉매 공급부와,

상기 냉매 공급부를 제어하는 냉매 공급 제어부를 포함하고,

상기 냉매 공급 제어부는,

상기 혼합 가스를 상기 노즐에 공급하는 공정 중에, 상기 냉매를 상기 노즐에 공급하고,

상기 설정 시간 중에, 상기 냉매를 상기 노즐에 공급하는 것을 금지하는, 기판 세정 장치.

청구항 11

제7항 또는 제8항에 있어서, 상기 노즐과 상기 기판 보유 지지부를 상대적으로 이동하는 구동부와,

상기 구동부를 제어하는 상대 위치 제어부를 포함하고,

상기 상대 위치 제어부는, 상기 설정 시간, 상기 노즐과 상기 기판 보유 지지부의 상대 위치를, 상기 노즐로부터 상기 기판 보유 지지부에서 보유 지지되어 있는 상기 기판을 향해서 가스를 분사하는 위치에 두는, 기판 세정 장치.

청구항 12

제7항 또는 제8항에 있어서, 상기 클러스터 형성 가스는, 이산화탄소 가스 및 아르곤 가스에서 선택되는 하나 이상의 가스를 포함하고,

상기 캐리어 가스는, 수소 가스 및 헬륨 가스에서 선택되는 하나 이상의 가스를 포함하는, 기판 세정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 기판 세정 방법 및 기판 세정 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 특허문헌 1에 기재된 기판 세정 방법은, 삼불화염소 가스와 아르곤 가스의 혼합 가스를 노즐로부터 분사함으로써 삼불화염소의 클러스터를 형성하는 공정과, 형성한 클러스터를 실리콘 단결정의 표면에 충돌시키는 공정을 갖는다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개2013-46001호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시의 일 양태는, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 혼합 가스를 기판을 향해서 분사하는 것을 종료할 때, 기판에 결함이 생기는 것을 억제할 수 있는 기술을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 개시의 일 양태에 관한 기판 세정 방법은,

[0006] 단열팽창에 의해 클러스터를 형성하는 클러스터 형성 가스와, 상기 클러스터 형성 가스보다도 작은 분자량 또는 원자량을 갖는 캐리어 가스의 혼합 가스를 노즐에 공급하는 공정과,

[0007] 상기 노즐로부터 상기 혼합 가스를 분사함으로써 상기 클러스터를 형성하는 공정과,

[0008] 상기 클러스터에 의해 기판에 부착된 파티클을 제거하는 공정과,

[0009] 상기 클러스터 형성 가스를 상기 노즐에 공급하는 것을 종료할 때부터 설정 시간, 상기 캐리어 가스를 상기 노즐에 계속해서 공급하는 공정을 갖는다.

발명의 효과

[0010] 본 개시의 일 양태에 의하면, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 혼합 가스를 기판을 향해서 분사하는 것을 종료할 때, 기판에 결함이 생기는 것을 억제할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 일 실시 형태에 따른 기판 세정 장치를 도시하는 측면도이다.

도 2는 일 실시 형태에 따른 노즐 이동 기구를 도시하는 평면도이다.

도 3은 일 실시 형태에 따른 클러스터의 형성을 도시하는 단면도이다.

도 4는 일 실시 형태에 따른 제어부의 구성 요소를 기능 블록으로 도시하는 도면이다.

도 5는 일 실시 형태에 따른 기판 세정 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 6은 일 실시 형태에 따른 기판 세정 장치의 동작 타이밍을 도시하는 도면이다.

도 7은 실시예에 관한 세정 후의 기판의 오염 상황을 도시하는 도면이다.

도 8은 종래예에 관한 세정 후의 기판의 오염 상황을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 개시의 실시 형태에 대해서 도면을 참조하여 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일하거나 또는 대응하는 구성에는 동일하거나 또는 대응하는 부호를 붙이고, 설명을 생략하는 경우가 있다. 이하의 설명에서, X

축 방향, Y축 방향, Z축 방향은 서로 수직인 방향이며, X축 방향 및 Y축 방향은 수평 방향, Z축 방향은 연직 방향이다. 또한, 하방이란 연직 방향 하방(Z축 부방향)을 의미하고, 상방이란 연직 방향 상방(Z축 정방향)을 의미한다.

[0013] 도 1은, 일 실시 형태에 따른 기판 세정 장치를 도시하는 측면도이다. 기판 세정 장치(10)는, 기판(2)의 주표면(3)을 향해서 가스를 분사함으로써, 기판(2)의 주표면(3)에 부착된 파티클(5)(도 3 참조)을 제거한다. 기판(2)은, 예를 들어 실리콘 웨이퍼 등의 반도체 기판이다. 기판 세정 장치(10)는, 처리 용기(20)와, 기판 보유 지지부(30)와, 회전축부(34)와, 회전 구동부(36)와, 승강 구동부(38)와, 노즐(40)과, 구동부(50)와, 가스 공급부(60)와, 가스 흡인부(70)와, 제어부(90)를 구비한다.

[0014] 처리 용기(20)는, 기판(2)이 처리되는 공간을 내부에 갖는다. 처리 용기(20)의 내부는, 예를 들어 원주상의 공간이다. 처리 용기(20)는, 기판(2)의 반입출구인 게이트(도시하지 않음)와, 게이트를 개폐하는 게이트 밸브(도시하지 않음)를 갖는다.

[0015] 기판 보유 지지부(30)는, 처리 용기(20)의 내부에 배치되어, 기판(2)을 보유 지지하는 기판 보유 지지면(31)을 갖는다. 기판 보유 지지부(30)는, 예를 들어 기판(2)의 파티클(5)이 제거되는 주표면(3)을 위를 향하게 해서, 기판(2)을 수평하게 보유 지지한다.

[0016] 회전축부(34)는, 기판 보유 지지부(30)의 중앙으로부터 하방으로 연장되어 있어, 연직으로 배치된다. 회전축부(34)의 상단부는 처리 용기(20)의 내부에 배치되고, 회전축부(34)의 하단부는 처리 용기(20)의 외부에 배치된다.

[0017] 회전 구동부(36)는, 회전축부(34)를 연직축 주위로 회전시킴으로써, 기판 보유 지지부(30)를 회전시킨다. 회전 구동부(36)는, 예를 들어 회전 모터와, 회전 모터의 회전 구동력을 회전축부(34)에 전달하는 전달 기구를 갖는다.

[0018] 승강 구동부(38)는, 기판 보유 지지부(30)를 승강시킨다. 승강 구동부(38)는, 예를 들어 유체압 실린더 등으로 구성된다. 승강 구동부(38)는, 회전 구동부(36)를 통해서 기판 보유 지지부(30)를 승강시키지만, 회전 구동부(36)를 통하지 않고 기판 보유 지지부(30)를 승강시켜도 된다.

[0019] 노즐(40)은, 기판 보유 지지부(30)에 보유 지지되어 있는 기판(2)의 주표면(3)을 향해서 가스를 분사한다. 노즐(40)은, 가스의 분사구(41)를 아래를 향하게 하여, 기판 보유 지지부(30)의 상방에 배치된다.

[0020] 노즐(40)은, 예를 들어 기판 보유 지지부(30)에 보유 지지되어 있는 기판(2)의 주표면(3)에 대하여 수직인 방향(예를 들어 연직 방향)으로 가스를 분사한다. 기판(2)의 주표면(3)에 대하여 수직으로 가스가 충돌하므로, 기판(2)의 주표면(3)에 미리 형성된 요철 패턴의 패턴 도괴를 억제할 수 있다.

[0021] 구동부(50)는, 기판 보유 지지부(30)의 직경 방향으로 노즐(40)을 이동시킨다. 구동부(50)는, 기판 보유 지지부(30)의 중심부의 바로 위의 위치와, 기판 보유 지지부(30)의 외주부의 바로 위의 위치의 사이에서 노즐(40)을 이동시킨다. 또한, 구동부(50)는, 기판 보유 지지부(30)의 직경 방향 외측의 위치로 노즐(40)을 이동시킨다. 기판 보유 지지부(30)의 직경 방향 외측의 위치는, 가스를 분사하지 않을 때 대기하는 대기 위치이다.

[0022] 도 2는, 일 실시 형태에 따른 구동부를 도시하는 평면도이다. 도 2에 도시하는 바와 같이, 구동부(50)는, 예를 들어 선회 암(51)과, 선회 암(51)을 선회시키는 선회 구동부(52)를 갖는다. 선회 암(51)은 수평하게 배치되고, 그 선단부에, 노즐(40)의 분사구(41)를 아래를 향하게 해서 노즐(40)을 보유 지지한다. 선회 구동부(52)는, 선회 암(51)의 기단부로부터 하방으로 연장되는 선회 축(53)을 중심으로 선회 암(51)을 선회시킨다.

[0023] 또한, 구동부(50)는, 선회 암(51)과 선회 구동부(52) 대신에, 가이드 레일과 직선 구동 기구를 가져도 된다. 가이드 레일은 수평하게 배치되고, 직선 구동 기구가 가이드 레일을 따라 노즐(40)을 이동시킨다.

[0024] 구동부(50)는, 도 1에 도시하는 바와 같이, 노즐(40)을 승강시키는 승강 구동부(54)를 더 가져도 된다. 승강 구동부(54)는, 예를 들어 유체압 실린더 등으로 구성된다. 승강 구동부(54)는, 선회 구동부(52)를 통해서 노즐(40)을 승강시키지만, 선회 구동부(52)를 통하지 않고 노즐(40)을 승강시켜도 된다.

[0025] 가스 공급부(60)는, 클러스터 형성 가스를 노즐(40)에 공급한다. 클러스터 형성 가스는 노즐(40)로부터 분사된다. 클러스터 형성 가스는, 미리 감압된 처리 용기(20)의 내부에서 단열팽창하므로, 응축 온도까지 냉각되어, 분자 또는 원자의 집합체인 클러스터(4)를 형성한다. 클러스터 형성 가스는, 예를 들어 이산화탄소(CO_2) 가스 및 아르곤(Ar) 가스에서 선택되는 적어도 하나 이상의 가스를 포함한다.

[0026] 또한, 가스 공급부(60)는, 캐리어 가스를 노즐(40)에 공급한다. 캐리어 가스는, 클러스터 형성 가스보다도 작은 분자량 또는 원자량을 갖는다. 그 때문에, 캐리어 가스는, 클러스터 형성 가스보다도 높은 응축 온도를 갖는다. 따라서, 캐리어 가스는 클러스터(4)를 형성하지 않는다. 캐리어 가스는, 예를 들어 수소(H_2) 가스 및 헬륨(He) 가스에서 선택되는 적어도 하나 이상의 가스를 포함한다.

[0027] 가스 공급부(60)는, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 혼합 가스를 노즐(40)에 공급한다. 본 실시 형태에서는, 클러스터 형성 가스로서 CO_2 가스가 사용되고, 캐리어 가스로서 H_2 가스가 사용된다. 또한, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 조합은, 특별히 한정되지 않는다.

[0028] 가스 공급부(60)는, 하류단이 노즐(40)에 접속되는 공통 라인(L1)과, 공통 라인(L1)의 상류단으로부터 제1 공급원(61)까지 연장되는 제1 분기 라인(L2)과, 공통 라인(L1)의 상류단으로부터 제2 공급원(62)까지 연장되는 제2 분기 라인(L3)을 갖는다. 제1 공급원(61)은 CO_2 가스의 공급원이다. 또한, 제2 공급원(62)은 H_2 가스의 공급원이다.

[0029] 공통 라인(L1)에는, 노즐(40)에의 가스의 공급압(P)을 조정하는 압력 조정기(63)가 마련된다. 압력 조정기(63)는, 제어부(90)에 의한 제어 하에서, 노즐(40)에의 가스의 공급압(P)을 조정한다. 또한, 공통 라인(L1)의, 압력 조정기(63)의 상류측에는, 가스 부스터 등의 승압기가 더 마련되어도 된다.

[0030] 제1 분기 라인(L2)에는, 제1 개폐 밸브(64)와, 제1 유량 조정 밸브(65)가 마련된다. 제어부(90)가 제1 개폐 밸브(64)를 개방하면, 제1 공급원(61)으로부터 노즐(40)에 CO_2 가스가 공급된다. 그 동안에, 제어부(90)는, 제1 유량 조정 밸브(65)에 의해 CO_2 가스의 유량을 조정한다. 제어부(90)가 제1 개폐 밸브(64)를 닫으면, 제1 공급원(61)으로부터 노즐(40)에의 CO_2 가스의 공급이 정지된다.

[0031] 제2 분기 라인(L3)에는, 제2 개폐 밸브(66)와, 제2 유량 조정 밸브(67)가 마련된다. 제어부(90)가 제2 개폐 밸브(66)를 개방하면, 제2 공급원(62)으로부터 노즐(40)에 H_2 가스가 공급된다. 그 동안에, 제어부(90)는, 제2 유량 조정 밸브(67)에 의해 H_2 가스의 유량을 조정한다. 제어부(90)가 제2 개폐 밸브(66)를 닫으면, 제2 공급원(62)으로부터 노즐(40)에의 H_2 가스의 공급이 정지된다.

[0032] 가스 흡인부(70)는 처리 용기(20)의 내부를 감압한다. 가스 흡인부(70)는, 예를 들어 처리 용기(20)의 내부의 가스를 흡인하는 흡인 펌프(71)와, 처리 용기(20)의 내벽면(22)에 형성되는 흡인구(27)로부터 흡인 펌프(71)까지 연장되는 흡인 라인(72)과, 흡인 라인(72) 도중에 마련되는 압력 조정기(73)를 갖는다. 압력 조정기(73)는, 제어부(90)에 의한 제어 하에서 처리 용기(20)의 내부의 기압을 조정한다.

[0033] 도 3은, 일 실시 형태에 따른 클러스터의 형성을 도시하는 단면도이다. 노즐(40)은, 예를 들어 일반적으로 라발 노즐이라고 불리는 것이며, 분사구(41) 및 공급구(42) 양쪽보다도 작은 직경의 스로트(43)를 갖는다. 노즐(40)은, 스로트(43)와 분사구(41)의 사이에, 스로트(43)로부터 분사구(41)를 향할수록 직경이 커지는 테이퍼 구멍(45)을 갖는다.

[0034] 노즐(40)은 처리 용기(20)의 내부에 배치된다. 처리 용기(20)의 내부는, 가스 흡인부(70)에 의해 미리 감압된다. 노즐(40)의 공급구(42)에 공급된 가스는, 스로트(43)를 통과함으로써 가속되어 분사구(41)로부터 분사된다. 분사된 CO_2 가스는, 미리 감압된 처리 용기(20)의 내부에서 단열팽창하므로, 응축 온도까지 냉각된다. 이에 의해, CO_2 분자끼리 반데르발스힘에 의해 결합하여, CO_2 분자의 집합체인 클러스터(4)가 형성된다.

[0035] 클러스터(4)는, 기판(2)의 주표면(3)에 부착된 파티클(5)에 충돌하여, 파티클(5)을 날려버린다. 클러스터(4)는, 파티클(5)에 직접 충돌하지 않고 주표면(3)에 충돌하는 경우에도, 충돌하는 위치 주변의 파티클(5)을 날려버릴 수 있다. 또한, 클러스터(4)는, 충돌에 의해 고온으로 되므로, 뿔뿔히 분해되어 가스 흡인부(70)에 의해 흡인된다.

[0036] 그런데, 클러스터(4)의 사이즈가 너무 작으면, 파티클(5)의 제거 효율이 너무 낮다. 한편, 클러스터(4)의 사이즈가 너무 크면, 기판(2)의 주표면(3)에 미리 형성된 요철 패턴이 도괴된다. 또한, 클러스터(4)의 사이즈가 너무 크면, 기판(2)의 주표면(3)에 얼룩 형상의 결함이 생기는 경우도 있다.

[0037] 그래서, 클러스터(4)의 사이즈가 조정된다. 클러스터(4)의 사이즈는, 예를 들어 노즐(40)에의 가스의 공급압(P), 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 유량비, 및 처리 용기(20)의 내부의 기압 등으로 조정할 수 있다.

노즐(40)에의 가스의 공급압(P)은, 예를 들어 0.5MPa 내지 5MPa이며, 바람직하게는 0.5MPa 내지 0.9MPa이다. 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 유량비는, 예를 들어 10:90 내지 90:10이다. 유량이란, 0℃, 대기압에서 측정한 노르말 유량(단위: slm)을 의미한다. 노즐(40)의 온도는, 예를 들어 -50℃ 내지 -10℃이다. 처리 용기(20)의 내부의 기압은, 예를 들어 5Pa 내지 120Pa이다.

[0038] 제어부(90)는, 예를 들어 컴퓨터로 구성되고, CPU(Central Processing Unit)(91)와, 메모리 등의 기억 매체(92)를 구비한다. 기억 매체(92)에는, 기판 세정 장치(10)에서 실행되는 각종 처리를 제어하는 프로그램이 저장된다. 제어부(90)는, 기억 매체(92)에 기억된 프로그램을 CPU(91)에 실행시킴으로써, 기판 세정 장치(10)의 동작을 제어한다. 또한, 제어부(90)는, 입력 인터페이스(93)와, 출력 인터페이스(94)를 구비한다. 제어부(90)는, 입력 인터페이스(93)에서 외부로부터의 신호를 수신하고, 출력 인터페이스(94)에서 외부로 신호를 송신한다.

[0039] 이러한 프로그램은, 컴퓨터에 의해 판독 가능한 기억 매체에 기억되어 있던 것으로서, 그 기억 매체로부터 제어부(90)의 기억 매체(92)에 인스톨된 것이어도 된다. 컴퓨터에 의해 판독 가능한 기억 매체로서는, 예를 들어 하드 디스크(HD), 플렉시블 디스크(FD), 콤팩트 디스크(CD), 마그넷 옵티컬 디스크(MO), 메모리 카드 등을 들 수 있다. 또한, 프로그램은, 인터넷을 통해서 서버로부터 다운로드되어, 제어부(90)의 기억 매체(92)에 인스톨되어도 된다.

[0040] 도 4는, 일 실시 형태에 따른 제어부의 구성 요소를 기능 블록으로 도시하는 도면이다. 도 4에 도시되는 각 기능 블록은 개념적인 것이며, 반드시 물리적으로 도시된 바와 같이 구성되어 있을 것을 요하지는 않는다. 각 기능 블록의 전부 또는 일부를, 임의의 단위로 기능적 또는 물리적으로 분산·통합해서 구성하는 것이 가능하다. 각 기능 블록에서 행하여지는 각 처리 기능은, 그 전부 또는 임의의 일부가, CPU에서 실행되는 프로그램으로 실현되고, 혹은, 와이어드 로직에 의한 하드웨어로서 실현될 수 있다.

[0041] 도 4에 도시하는 바와 같이, 제어부(90)는, 가스 공급 제어부(95)와, 히터 제어부(96)와, 냉매 공급 제어부(97)와, 상대 위치 제어부(98)를 구비한다. 가스 공급 제어부(95)는 가스 공급부(60)를 제어한다. 가스 공급부(60)는, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스를 노즐(40)에 공급한다. 히터 제어부(96)는 히터(80)를 제어한다. 히터(80)는 노즐(40)을 가열한다. 히터(80)는, 예를 들어 노즐(40)의 내부에 배치되는 전열선이다. 냉매 공급 제어부(97)는 냉매 공급부(81)를 제어한다. 냉매 공급부(81)는, 냉매를 노즐(40)에 공급함으로써 노즐(40)의 온도를 조절한다. 노즐(40)의 주위에는 냉매가 흐르는 유로가 형성된다. 냉매는, 기체, 액체의 어느 것이어도 된다. 냉매의 온도는 실온보다도 낮아, 냉매 공급 제어부(97)가 냉매를 노즐(40)에 공급하는 것을 금지하면, 노즐(40)을 가열하지 않아도 노즐(40)의 온도가 자연스럽게 상승한다. 상대 위치 제어부(98)는 구동부(50)를 제어한다. 구동부(50)는, 노즐(40)과 기판 보유 지지부(30)의 상대 위치를, 노즐(40)로부터 기판(2)을 향해서 가스를 분사하는 위치와, 노즐(40)로부터 기판(2)의 밖(外)을 향해서 가스를 분사하는 위치의 사이에서 이동한다.

[0042] 도 5는, 일 실시 형태에 따른 기판 세정 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 5에 도시하는 각 공정은, 제어부(90)에 의한 제어 하에서 실시된다.

[0043] 기판 세정 방법은, 처리 용기(20)의 내부에 기판(2)을 반입하는 공정 S101을 갖는다. 이 공정 S101에서는, 도시하지 않은 반송 장치가, 처리 용기(20)의 외부로부터 처리 용기(20)의 내부에 기판(2)을 반입하고, 반입한 기판(2)을 기판 보유 지지부(30)의 기판 보유 지지면(31)에 배치한다. 기판 보유 지지부(30)는, 기판(2)의 주표면(3)을 위를 향하게 해서, 기판(2)을 수평하게 보유 지지한다.

[0044] 기판 세정 방법은, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 혼합 가스를 노즐(40)에 공급하는 공정 S102를 갖는다. 이 공정 S102에서는, 가스 공급부(60)가 혼합 가스를 노즐(40)에 공급한다. 클러스터 형성 가스는 예를 들어 CO_2 가스이며, 캐리어 가스는 예를 들어 H_2 가스이다. 캐리어 가스는, 노즐(40)의 내부에서의 클러스터 형성 가스의 액화를 억제하면서, 노즐(40)에의 가스의 공급압(P)을 원하는 기압까지 높인다.

[0045] 공급압(P)이 너무 낮으면, 클러스터 형성 가스의 단열팽창, 즉 클러스터 형성 가스의 가속이 충분하지 않아, 클러스터(4)가 파티클(5)의 제거에 충분한 크기까지 성장하지 않는다. 한편, 클러스터 형성 가스만으로 공급압(P)을 원하는 기압까지 높이면, 클러스터 형성 가스의 기압이 포화 증기압을 초과하여, 클러스터 형성 가스가 노즐(40)의 내부에서 액화한다.

[0046] 캐리어 가스는, 클러스터 형성 가스의 분압을 낮춤으로써, 노즐(40)의 내부에서의 클러스터 형성 가스의 액화를 억제한다. 또한, 캐리어 가스는, 노즐(40)에의 가스의 공급압(P)을 원하는 기압까지 높임으로써, 클러스터 형

성 가스를 충분히 가속할 수 있어, 클러스터(4)를 파티클(5)의 제거에 충분한 크기까지 성장시킬 수 있다.

[0047] 가스 공급부(60)가 혼합 가스를 노즐(40)에 공급하는 것과 병행하여, 가스 흡인부(70)가 처리 용기(20)의 내부의 가스를 흡인하여, 처리 용기(20)의 내부의 기압을 일정하게 유지한다.

[0048] 기판 세정 방법은, 노즐(40)로부터 혼합 가스를 분사함으로써 클러스터(4)를 형성하는 공정 S103을 갖는다. 혼합 가스에 포함되는 CO_2 가스는, 미리 감압된 처리 용기(20)의 내부에서 단열팽창하므로, 응축 온도까지 냉각된다. 이에 의해, CO_2 분자끼리 반데르발스힘에 의해 결합하여, CO_2 분자의 집합체인 클러스터(4)가 형성된다.

[0049] 기판 세정 방법은, 클러스터(4)에 의해 기판(2)의 주표면(3)에 부착된 파티클(5)을 제거하는 공정 S104를 갖는다. 클러스터(4)는, 파티클(5)에 충돌하여, 파티클(5)을 날려버린다. 클러스터(4)는, 파티클(5)에 직접 충돌하지 않고 주표면(3)에 충돌하는 경우에도, 충돌하는 위치 주변의 파티클(5)을 날려버릴 수 있다.

[0050] 상기 공정 S102 내지 공정 S104는, 기판(2)의 주표면(3)의 클러스터(4)가 충돌하는 위치를 변경하면서 반복해서 행하여진다. 그 변경은, 예를 들어 회전 구동부(36)가 기판 보유 지지부(30)를 회전시키면서, 구동부(50)가 기판(2)의 직경 방향으로 노즐(40)을 이동시킴으로써 실시된다. 기판(2)의 주표면(3) 전체에 클러스터(4)를 충돌시킬 수 있어, 기판(2)의 주표면(3) 전체를 세정할 수 있다.

[0051] 또한, 본 실시 형태에서는 기판 보유 지지부(30)를 회전시킴과 함께 기판(2)의 직경 방향으로 노즐(40)을 이동시킴으로써, 기판(2)의 주표면(3)의 클러스터(4)가 충돌하는 위치를 변경하지만, 본 개시의 기술은 이것에 한정되지 않는다. 예를 들어, 노즐(40)을 고정한 상태에서, 기판 보유 지지부(30)를 X축 방향 및 Y축 방향으로 이동시켜도 된다.

[0052] 상기 공정 S102 내지 공정 S104 후에, 노즐(40)에 대한 클러스터 형성 가스의 공급 종료(공정 S105)와, 노즐(40)에 대한 캐리어 가스의 공급 종료(공정 S107)가 행하여진다.

[0053] 기판 세정 방법은, 클러스터 형성 가스를 노즐(40)에 공급하는 것을 종료하는 공정 S105를 갖는다. 이 공정 S105에서는, 가스 공급 제어부(95)가, 제1 개폐 밸브(64)를 닫아, 클러스터 형성 가스를 노즐(40)에 공급하는 것을 종료한다. 이때, 가스 공급 제어부(95)는, 제2 개폐 밸브(66)를 닫지 않고, 제2 개폐 밸브(66)를 계속해서 개방한다.

[0054] 기판 세정 방법은, 클러스터 형성 가스를 노즐(40)에 공급하는 것을 종료할 때부터 설정 시간(Δt), 캐리어 가스를 노즐(40)에 계속해서 공급하는 공정 S106을 갖는다. 이 공정 S106에서는, 가스 공급 제어부(95)가, 제2 개폐 밸브(66)를 계속해서 개방하여, 캐리어 가스를 노즐(40)에 계속해서 공급한다. 노즐(40)의 내부에 잔류하는 클러스터 형성 가스를 캐리어 가스로 치환할 수 있다. 설정 시간(Δt)은, 후술하는 바와 같이 노즐(40)의 내부에서 클러스터 형성 가스가 액화하지 않도록, 즉, 클러스터 형성 가스의 분압이 포화 증기압보다도 충분히 낮아지도록, 실험 등으로 미리 정해진다.

[0055] 기판 세정 방법은, 캐리어 가스를 노즐(40)에 공급하는 것을 종료하는 공정 S107을 갖는다. 이 공정 S107에서는, 가스 공급 제어부(95)가, 제2 개폐 밸브(66)를 닫아, 캐리어 가스를 노즐(40)에 공급하는 것을 종료한다. 가스 공급 제어부(95)는, 노즐(40)의 내부에 잔류하는 클러스터 형성 가스를 캐리어 가스로 치환한 후에, 노즐(40)에 대한 캐리어 가스의 공급을 종료한다.

[0056] 기판 세정 방법은, 기판(2)을 처리 용기(20)의 내부로부터 처리 용기(20)의 외부로 반출하는 공정 S108을 갖는다. 이 공정 S108에서는, 기판 보유 지지부(30)가, 기판(2)의 보유 지지를 해제하여, 도시하지 않은 반송 장치가 기판 보유 지지부(30)로부터 기판(2)을 수취하고, 수취한 기판(2)을 처리 용기(20)의 내부로부터 처리 용기(20)의 외부로 반출한다. 그 후, 금회의 처리가 종료된다.

[0057] 종래, 노즐(40)에 대한 클러스터 형성 가스의 공급 종료(공정 S105)와, 노즐(40)에 대한 캐리어 가스의 공급 종료(공정 S107)가 동시에 행하여지고 있었다. 이것이, 기판(2)의 주표면(3)에 얼룩 형상의 결함을 생기게 하는 한 요인이었다.

[0058] 클러스터 형성 가스의 공급 종료(공정 S105)와, 캐리어 가스의 공급 종료(공정 S107)가 동시에 행하여지면, 캐리어 가스가 클러스터 형성 가스보다도 먼저 노즐(40)로부터 빠져버린다. 캐리어 가스의 분자량 또는 원자량은, 클러스터 형성 가스의 분자량 또는 원자량보다도 작기 때문이다.

[0059] 캐리어 가스가 클러스터 형성 가스보다도 먼저 노즐(40)로부터 빠지려고 하기 때문에, 노즐(40)의 내부 공간에서 차지하는 클러스터 형성 가스의 비율이 높아진다. 그 결과, 노즐(40)의 내부 공간에서, 클러스터 형성 가스

또는 클러스터 형성 가스에 불가피하게 포함되는 불순물이 액화되는 경우가 있었다.

[0060] 액화된 가스가 노즐(40)로부터 분사되면, 기판(2)의 주표면(3)에 부착되어버린다. 이 부착물이 얼룩 형상의 결함이었다. 또한, 노즐(40)의 내부에서 클러스터 형성 가스 또는 그 불순물이 액화되면, 거대한 클러스터(4)가 형성되어, 기판(2)의 주표면(3)의 요철 패턴이 도괴된다는 문제도 있었다.

[0061] 본 실시 형태의 기판 세정 방법은, 클러스터 형성 가스의 공급 종료(공정 S105) 후에, 캐리어 가스의 공급 종료(공정 S107)를 행한다. 즉, 본 실시 형태의 기판 세정 방법은, 클러스터 형성 가스의 공급 종료로부터 설정 시간(Δt), 캐리어 가스를 노즐(40)에 계속해서 공급하는 공정 S106을 갖는다.

[0062] 본 실시 형태에 따르면, 노즐(40)의 내부에 잔류하는 클러스터 형성 가스를 캐리어 가스로 치환한 후에, 노즐(40)에 대한 캐리어 가스의 공급을 종료한다. 그 결과, 기판(2)의 주표면(3)에 얼룩 형상의 결함이 생기는 것을 억제할 수 있다. 또한, 기판(2)의 주표면(3)의 요철 패턴이 도괴되는 것을 억제할 수 있다.

[0063] 도 6은, 일 실시 형태에 따른 기판 세정 장치의 동작 타이밍을 도시하는 도면이다. 예를 들어, 가스 공급 제어부(95)는, 시각 t0에서 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스 양쪽을 노즐(40)에 공급하는 것을 개시한다.

[0064] 가스 공급 제어부(95)는, 시각 t0부터 시각 t1까지, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스 양쪽을 노즐(40)에 공급한다. 가스 공급 제어부(95)는, 시각 t0부터 시각 t1까지, 제1 유량(FR1)으로 캐리어 가스를 노즐(40)에 공급한다.

[0065] 또한, 히터 제어부(96)는, 시각 t0부터 시각 t1까지, 히터(80)로 노즐(40)을 가열하는 것을 금지한다. 이에 의해, 노즐(40)을 클러스터 형성 가스의 응축 온도 부근까지 냉각할 수 있어, 클러스터(4)의 형성을 지원할 수 있다.

[0066] 냉매 공급 제어부(97)는, 시각 t0부터 시각 t1까지, 냉매를 노즐(40)에 공급한다. 이에 의해, 노즐(40)을 클러스터 형성 가스의 응축 온도 부근까지 냉각할 수 있어, 클러스터(4)의 형성을 지원할 수 있다.

[0067] 그 후, 가스 공급 제어부(95)는, 시각 t1에서, 클러스터 형성 가스를 노즐(40)에 공급하는 것을 종료한다. 계속해서, 가스 공급 제어부(95)는, 시각 t1부터 시각 t2까지, 캐리어 가스를 노즐(40)에 계속해서 공급한다. 시각 t1부터 시각 t2까지의 시간이 설정 시간(Δt)이다.

[0068] 가스 공급 제어부(95)는, 시각 t1부터 시각 t2까지, 제1 유량(FR1)보다도 많은 제2 유량(FR2)(FR2>FR1)으로 캐리어 가스를 노즐(40)에 공급한다. 노즐(40)의 내부에 잔류하는 클러스터 형성 가스를 캐리어 가스로 빠르게 치환할 수 있다.

[0069] 또한, 캐리어 가스의 유량을 제1 유량(FR1)에서 제2 유량(FR2)으로 전환하는 타이밍은, 시각 t1이 아니어도 되고, 시각 t1 직전 또는 시각 t1 후이어도 된다. 가스 공급 제어부(95)는, 설정 시간(Δt) 중에, 제2 유량(FR2)으로 캐리어 가스를 노즐(40)에 공급하면 된다. 노즐(40)의 내부에 잔류하는 클러스터 형성 가스를 캐리어 가스로 빠르게 치환할 수 있다.

[0070] 히터 제어부(96)는, 시각 t1부터 시각 t2까지, 히터(80)로 노즐(40)을 가열한다. 열이 노즐(40)에 공급되므로, 노즐(40)의 온도가 고온으로 된다. 그 결과, 노즐(40)의 내부에서 클러스터 형성 가스 또는 그 불순물이 액화되는 것을 억제할 수 있다.

[0071] 또한, 노즐(40)의 가열을 시작하는 타이밍은, 시각 t1이 아니어도 되고, 시각 t1 직전 또는 시각 t1 후이어도 된다. 히터 제어부(96)는, 설정 시간(Δt) 중에, 히터(80)로 노즐(40)을 가열하면 된다. 열이 노즐(40)에 공급되므로, 노즐(40)의 온도가 고온으로 된다. 그 결과, 노즐(40)의 내부에서, 클러스터 형성 가스 또는 그 불순물이 액화되는 것을 억제할 수 있다.

[0072] 냉매 공급 제어부(97)는, 시각 t1부터 시각 t2까지, 냉매를 노즐(40)에 공급하는 것을 금지한다. 냉매가 노즐(40)에 공급되지 않으므로, 노즐(40)의 온도가 고온으로 된다. 그 결과, 노즐(40)의 내부에서, 클러스터 형성 가스 또는 그 불순물이 액화되는 것을 억제할 수 있다.

[0073] 또한, 냉매의 공급을 종료하는 타이밍은, 시각 t1이 아니어도 되고, 시각 t1 직전 또는 시각 t1 후이어도 된다. 냉매 공급 제어부(97)는, 설정 시간(Δt) 중에, 냉매를 노즐(40)에 공급하는 것을 금지하면 된다. 냉매가 노즐(40)에 공급되지 않으므로, 노즐(40)을 가열하지 않아도 노즐(40)의 온도가 자연스럽게 고온으로 된다. 그 결과, 노즐(40)의 내부에서, 클러스터 형성 가스 또는 그 불순물이 액화되는 것을 억제할 수 있다.

[0074] 상대 위치 제어부(98)는, 시각 t1부터 시각 t2까지, 노즐(40)과 기판(2)의 상대 위치를, 노즐(40)로부터 기판(2)을 향해서 가스를 분사하는 위치에 둔다. 가령, 시각 t1부터 시각 t2까지, 노즐(40)과 기판(2)의 상대 위치를, 노즐(40)로부터 기판(2)의 밖을 향해서 가스를 분사하는 위치에 두면, 가스가 처리 용기(20)의 내벽면에 충돌한다. 그 결과, 처리 용기(20)의 내벽면에 부착된 퇴적물이 박리되어버린다. 박리된 퇴적물은, 날아올라 기판(2)의 주표면(3)에 부착되는 경우가 있다.

[0075] 상대 위치 제어부(98)는, 본 실시 형태에서는, 시각 t1부터 시각 t2까지, 노즐(40)과 기판(2)의 상대 위치를, 노즐(40)로부터 기판(2)을 향해서 가스를 분사하는 위치에 둔다. 노즐(40)로부터 분사된 가스는, 기판(2)에 충돌함으로써 유속을 약화시킨다. 유속이 작은 가스가 처리 용기(20)의 내벽면에 충돌한다. 따라서, 처리 용기(20)의 내벽면에 부착된 퇴적물이 박리되는 것을 억제할 수 있어, 퇴적물이 기판(2)의 주표면(3)에 부착되는 것을 억제할 수 있다.

[0076] 도 7은, 실시예에 관한 세정 후의 기판의 오염 상황을 도시하는 도면이다. 도 8은, 종래예에 관한 세정 후의 기판의 오염 상황을 도시하는 도면이다. 도 7 및 도 8에서, 흑점은 결함의 위치를 나타낸다.

[0077] 도 7에 도시하는 실시예에서는, 시각 t0부터 시각 t1까지, 노즐(40)에의 혼합 가스의 공급압(P)은 0.9MPa, 클러스터 형성 가스와 캐리어 가스의 유량비는 25:75, 노즐(40)의 온도는 -40℃, 처리 용기(20)의 내부의 기압은 예를 들어 100Pa, 노즐(40)과 기판(2)의 간격은 60㎜이었다. 클러스터 형성 가스는 CO_2 가스, 캐리어 가스는 H_2 가스이었다. 또한, 설정 시간(Δt)은 30초이었다.

[0078] 또한, 도 7에 도시하는 실시예에서는, 시각 t1부터 시각 t2까지, 도 6에 도시하는 캐리어 가스의 유량 증가, 히터(80)의 가열, 및 냉매의 정지는 실시하지 않았다. 즉, 도 7에 도시하는 실시예에서는, 시각 t0부터 시각 t2까지, 캐리어 가스의 유량은 일정하고, 히터(80)는 노즐(40)을 가열하지 않고, 냉매 공급부(81)는 노즐(40)에 냉매를 계속해서 공급하였다.

[0079] 도 8에 도시하는 종래예에서는, 클러스터 형성 가스의 공급을 종료하는 것과 동시에, 캐리어 가스의 공급을 종료한 점 이외에, 도 7에 도시하는 실시예와 마찬가지로 기판의 세정을 행하였다.

[0080] 도 7과 도 8을 비교하면 명백한 바와 같이, 클러스터 형성 가스의 공급 종료로부터 설정 시간(Δt), 캐리어 가스를 노즐(40)에 계속해서 공급함으로써, 기판(2)의 주표면(3)에 얼룩 형상의 결함이 생기는 것을 억제할 수 있음을 알 수 있다.

[0081] 이상, 본 개시에 관한 기판 세정 방법 및 기판 세정 장치의 실시 형태에 대해서 설명했지만, 본 개시는 상기 실시 형태 등에 한정되지 않는다. 특허 청구 범위에 기재된 범주 내에서, 각종 변경, 수정, 치환, 부가, 삭제 및 조합이 가능하다. 그것들에 대해서도 당연히 본 개시의 기술적 범위에 속한다.

[0082] 상기 실시 형태의 기판(2)은 실리콘 웨이퍼이지만, 탄화규소 기판, 사파이어 기판, 유리 기판 등이어도 된다.

[0083] 본 출원은, 2019년 10월 23일에 일본 특허청에 출원한 일본 특허 출원 제2019-193049호에 기초하는 우선권을 주장하는 것이며, 일본 특허 출원 제2019-193049호의 전체 내용을 본 출원에 원용한다.

부호의 설명

[0084] 2: 기판

3: 주표면

4: 클러스터

5: 파티클

10: 기판 세정 장치

20: 처리 용기

30: 기판 보유 지지부

40: 노즐

50: 구동부

60: 가스 공급부

80: 히터

81: 냉매 공급부

90: 제어부

95: 가스 공급 제어부

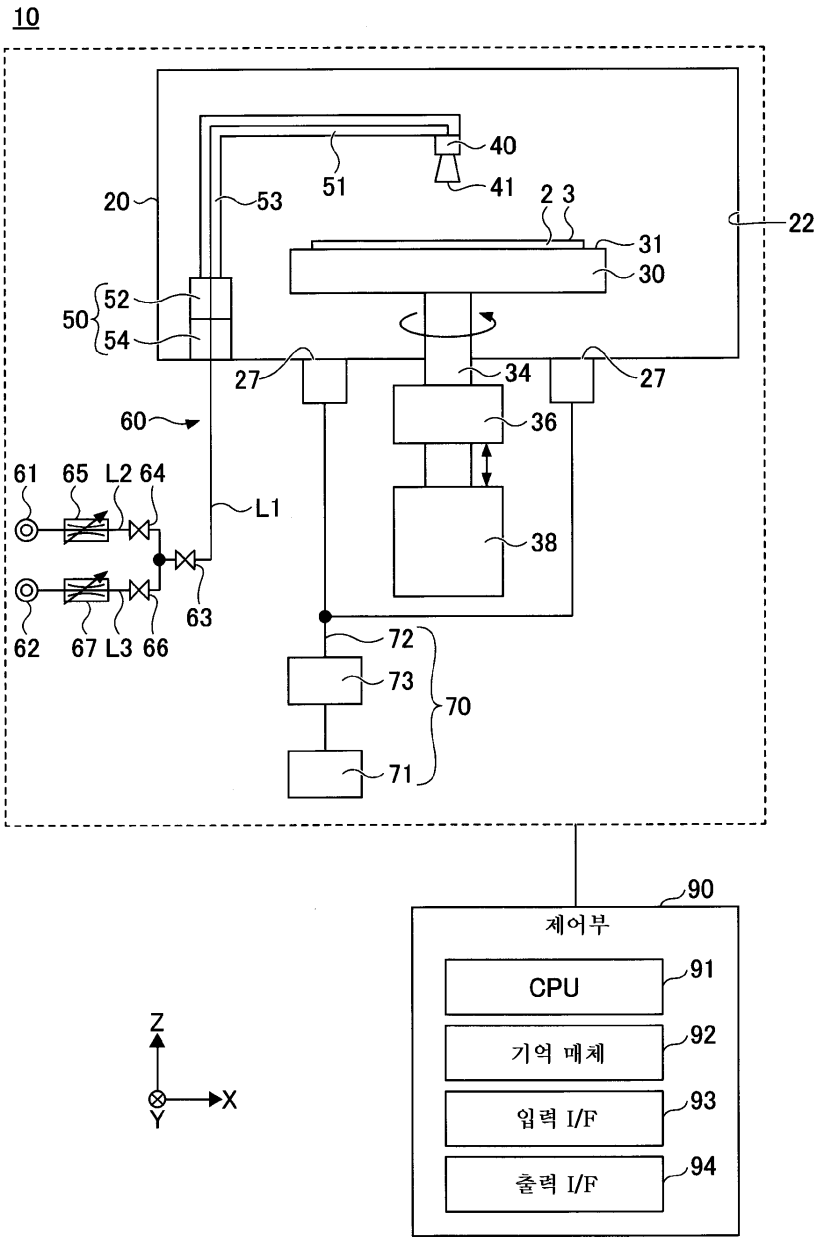
96: 히터 제어부

97: 냉매 공급 제어부

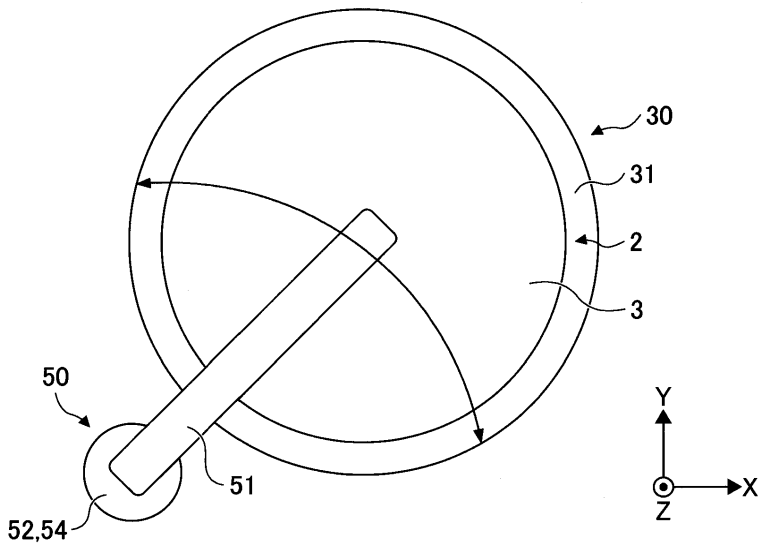
98: 상대 위치 제어부

도면

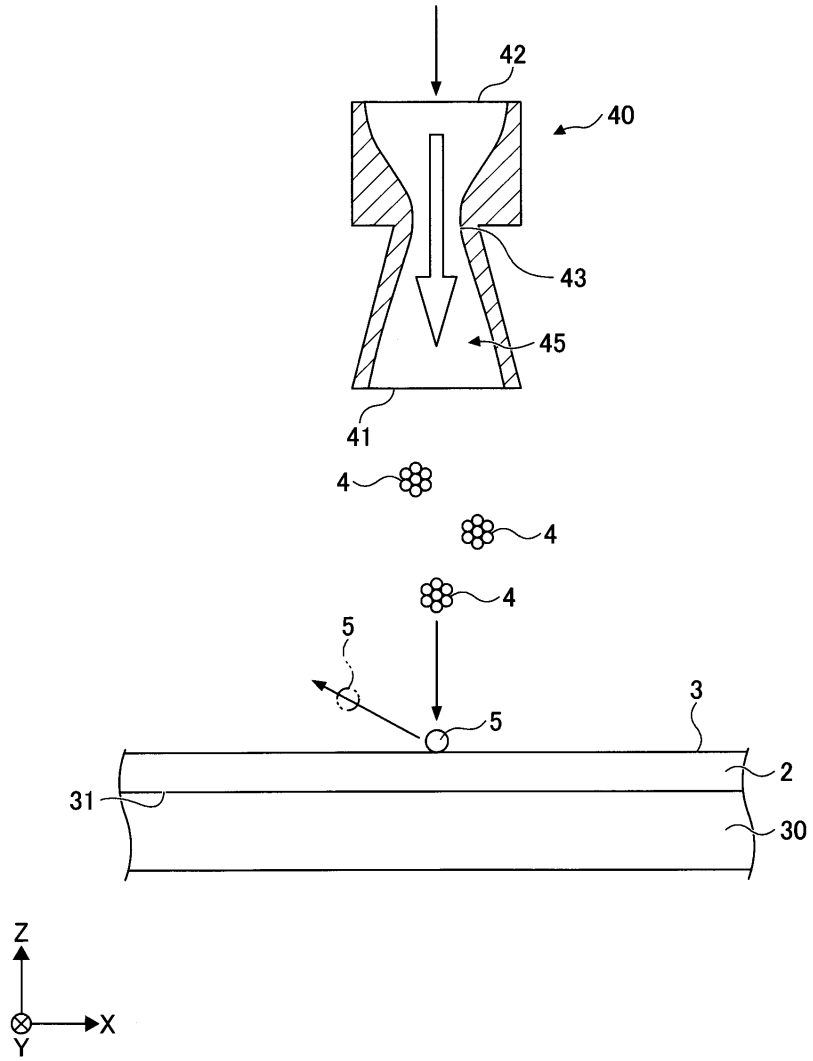
도면1



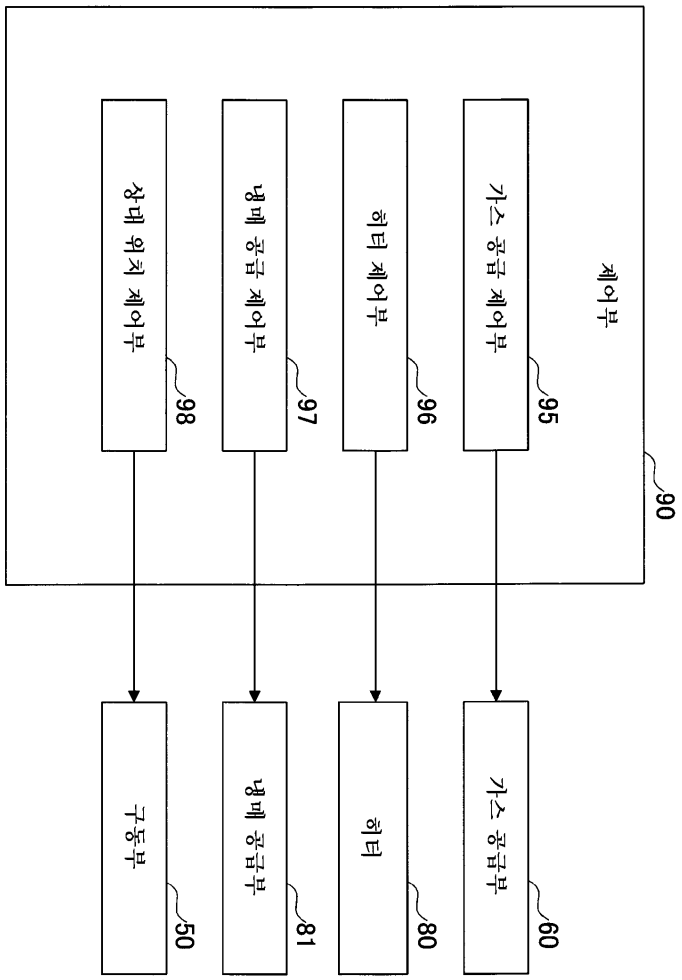
도면2



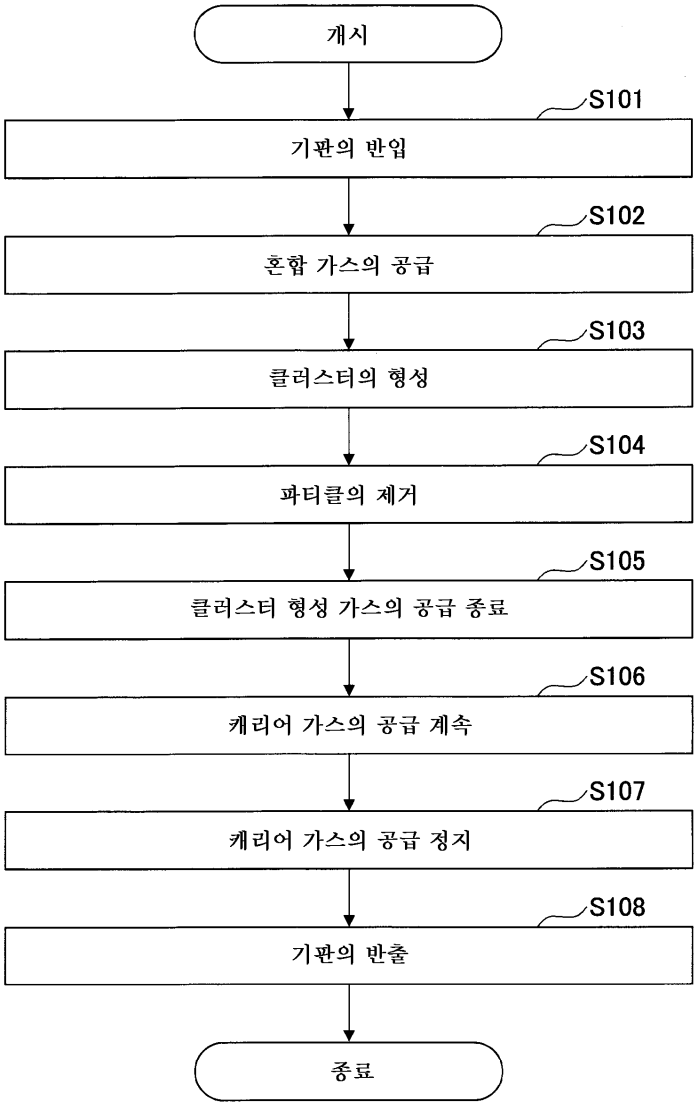
도면3



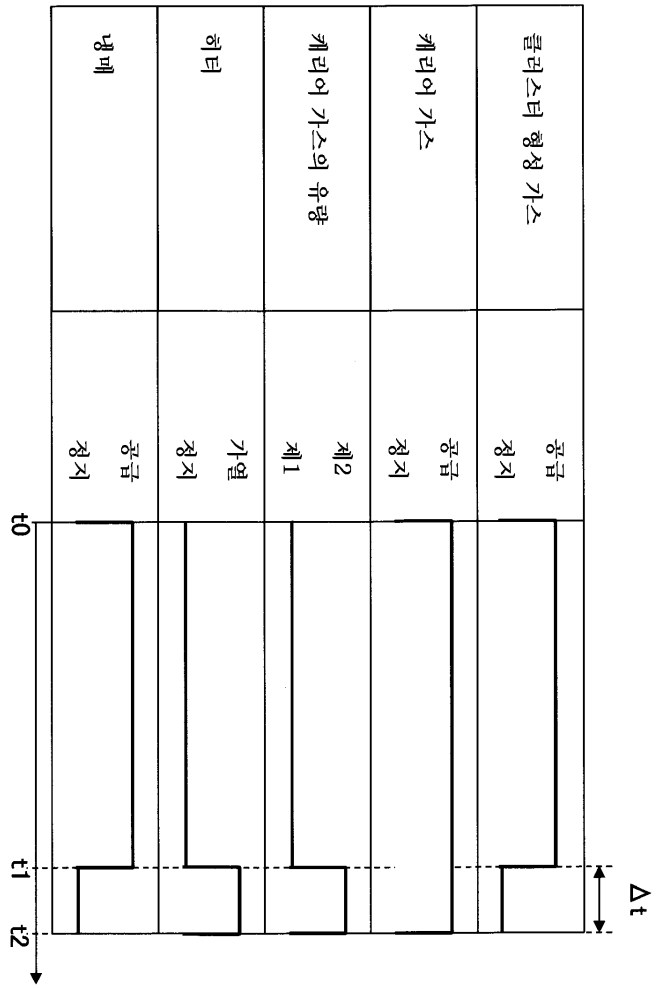
도면4


제어부
90
가스 공급 제어부
95
히터 제어부
96
냉매 공급 제어부
97
상대 위치 제어부
98
가스 공급부
60
히터
80
냉매 공급부
81
구동부
50

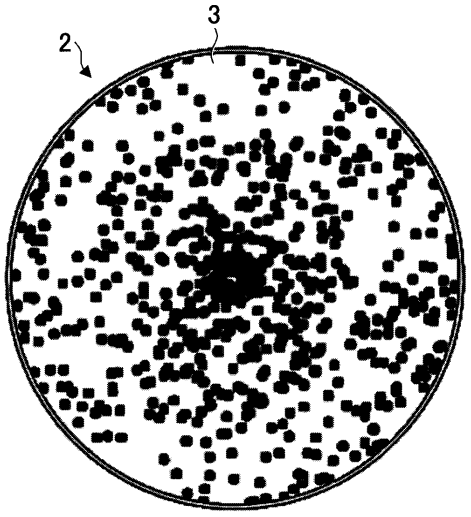
도면5


개시
S101
기판의 반입
S102
혼합 가스의 공급
S103
클러스터의 형성
S104
파티클의 제거
S105
클러스터 형성 가스의 공급 종료
S106
캐리어 가스의 공급 계속
S107
캐리어 가스의 공급 정지
S108
기판의 반출
종료

도면6


클러스터 형성 가스
공급 정지
케리어 가스
공급 정지
케리어 가스의 유량
제2
제1
히터
가열 정지
냉매
공급 정지
t0
t1
t2
Δt

도면7


2
3

도면8

