



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월26일

(11) 등록번호 10-1522725

(24) 등록일자 2015년05월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/205 (2006.01) C23C 16/455 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7014131(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2007년01월17일
심사청구일자 2014년05월26일
- (85) 번역문제출일자 2014년05월26일
- (65) 공개번호 10-2014-0081895
- (43) 공개일자 2014년07월01일
- (62) 원출원 특허 10-2008-7020164
원출원일자(국제) 2007년01월17일
심사청구일자 2012년01월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2007/001114
- (87) 국제공개번호 WO 2007/084493
국제공개일자 2007년07월26일
- (30) 우선권주장
60/760,243 2006년01월19일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20050208217 A1
US20050263197 A1

- (73) 특허권자
에이에스엠 아메리카, 인코포레이티드
미국 85034-7200 아리조나 피닉스 이스트 유니버
시티 드라이브 3440
- (72) 발명자
프로벤처 티모시 제이.
미국 애리조나 85296 빌버 이스트 펠프스 스트리트 379
릭슨 크레이그 비.
미국 애리조나 85044 피닉스 이스트 레이 로드 3625 #2020
- (74) 대리인
리엔특허법인

전체 청구항 수 : 총 24 항

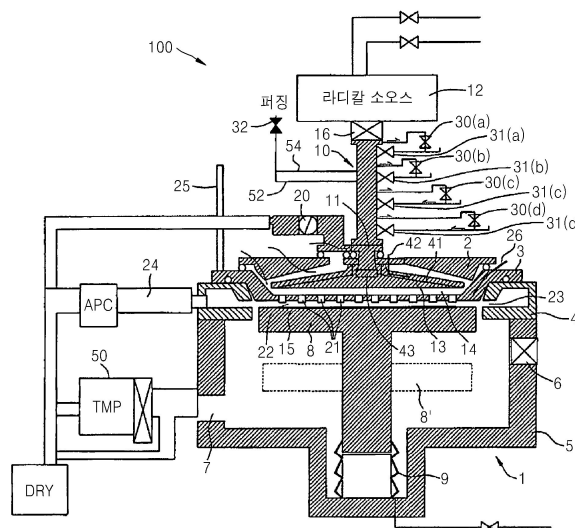
심사관 : 이성렬

(54) 발명의 명칭 고온 원자층 증착용 인렛 매니폴드

(57) 요약

원자층 증착(atomic layer deposition; ALD) 반응로에 하나 이상을 가스를 분배하기 위한 시스템 및 방법이다. 샤워헤드 조립체 상으로 탑재되는 통합된 인렛 매니폴드 블록(integrated manifold block)은 이에 직접 탑재되는 (200 °C 까지의) 고온 율속되는 밸브들, 및 짧으면서 용이하게 퍼지는 반응종 라인들을 포함한다. 무결합의 통로들 및 금속 밀봉으로 인하여, O-링들 및 유동 경로들을 따라 수반되는 데드 존들이 회피된다. 본 매니폴드는 상기 블록 인렛 매니폴드 내에, 반응종 라인들을 퍼지기 위한 내부 비활성 가스 채널을 포함한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

가스를 분산하도록 구성된 분산 조립체;

상기 분산 조립체의 상류에 연결되고, 보어를 가지는 바디;

상기 바디 상에 탑재되고, 상기 보어로 제 1 반응종 가스의 공급을 제어하도록 구성된 제 1 반응종 밸브;

상기 바디 상에 탑재되고, 상기 보어로 제 2 반응종 가스의 공급을 제어하도록 구성된 제 2 반응종 밸브;

상기 바디 상에 탑재되고, 상기 보어로 비활성 가스의 공급을 제어하도록 구성된 비활성 가스 밸브; 및

상기 제 1 반응종 밸브, 상기 제 2 반응종 밸브 및 상기 비활성 가스 밸브 중 적어도 하나와 상기 바디 사이에 배치된 제 1 스페이서 블록을 포함하는 원자층 증착 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 스페이서 블록은 상기 바디에 용접된 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 스페이서 블록은 기저 플레이트 및 캡을 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 기저 플레이트 및 상기 캡은 함께 융합되는(fused) 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 스페이서 블록은 상기 바디와 상기 제 1 반응종 밸브 사이에 배치된 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 스페이서 블록과 상기 제 1 반응종 밸브 사이에 배치된 금속 밀봉을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 바디는 내부 비활성 가스 채널을 가지고, 상기 비활성 가스 밸브는 상기 내부 비활성 가스 채널로부터 상기 제 1 반응종 밸브로의 비활성 가스의 공급을 제어하도록 구성된 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 내부 비활성 가스 채널은 상기 제 1 스페이서 블록을 통하여 연장되는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장

치.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 바디와 상기 제 2 반응종 밸브 사이에 배치된 제 2 스페이서 블록을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 10

내부에 보어를 가지는 매니폴드 바디 및 반응로를 갖는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법으로서,

제 1 반응종 밸브와 상기 보어 사이에 O-링들을 갖지 않는 제 1 통로를 통하여 상기 보어로 제 1 반응종 가스를 이송하는 단계;

상기 제 1 반응종 가스의 유동을 억제하는 단계; 및

상기 제 1 통로의 상류에서, 제 1 비활성 가스 밸브와 상기 제 1 통로 사이에 O-링들을 갖지 않는 라인을 통하여 상기 제 1 비활성 가스 밸브로부터 상기 제 1 반응종 밸브로 비활성 가스를 이송하는 단계를 포함하고,

상기 라인의 적어도 일부는 상기 매니폴드 바디의 내부에 있는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 반응종 밸브와 상기 보어 사이의 일 지점에서 상기 제 1 반응종 가스를 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 보어 내에서 상기 제 1 반응종 가스를 소용돌이치게 하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

제 2 반응종 밸브와 상기 보어 사이에 O-링들을 갖지 않는 제 2 통로를 통하여 상기 보어로 제 2 반응종 가스를 이송하는 단계;

상기 제 2 반응종 가스의 유동을 억제하는 단계; 및

상기 제 2 통로의 상류에서, 제 2 비활성 가스 밸브와 상기 제 2 통로 사이에 O-링들을 갖지 않는 라인을 통하여 상기 보어로 상기 비활성 가스를 이송하는 단계를 더 포함하고,

상기 라인의 적어도 일부는 상기 매니폴드 바디 내에 있는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제 1 반응종 가스의 공급으로, 상기 보어로 상기 제 2 반응종 가스의 공급을 교번시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

적어도, 상기 보어로 상기 제 1 반응종 가스를 이송하는 단계와 상기 보어로 상기 제 2 반응종 가스를 이송하는

단계 사이의 시간에 상기 반응로를 배기시키는 단계를 더 포함하는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법.

청구항 16

가스를 분산하도록 구성된 분산 조립체;

상기 분산 조립체의 상류에 연결되고, 보어, 제 1 내부 반응종 라인 및 제 2 내부 반응종 라인을 가지며, 상기 제 1 및 제 2 내부 반응종 라인들은 상기 보어와 연통되는 바디;

상기 바디 상에 직접 탑재되고, 상기 제 1 내부 반응종 라인으로 제 1 반응종 가스의 공급을 제어하도록 구성된 제 1 반응종 밸브;

상기 바디 상에 직접 탑재되고, 상기 제 2 내부 반응종 라인으로 제 2 반응종 가스의 공급을 제어하도록 구성된 제 2 반응종 밸브; 및

상기 바디 상에 탑재되고, 상기 보어로 비활성 가스의 공급을 제어하도록 구성된 비활성 가스 밸브를 포함하는 원자층 증착 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 제 1 반응종 밸브 및 상기 제 2 반응종 밸브를 제어하도록 구성되고, 상기 제 1 내부 반응종 라인 및 상기 제 2 내부 반응종 라인으로 상기 제 1 반응종 가스 및 상기 제 2 반응종 가스의 공급을 각각 교번시키는 제어부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 분산 조립체는 샤워헤드 조립체를 포함하는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 보어의 적어도 일부는 상기 분산 조립체의 방향으로 감소하는 단면을 가지는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

상기 보어의 적어도 일부는 원뿔 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 제 1 내부 반응종 라인, 상기 보어 내에 상기 제 1 반응종 가스의 소용돌이를 촉진하도록 상기 원뿔 형상의 보어를 통과하는 중심선을 기준으로 각을 갖는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 원뿔 형상은 상기 분산 조립체의 방향으로 좁아지는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

청구항 23

제 16 항에 있어서,

상기 제 1 내부 반응종 라인, 상기 제 1 반응종 밸브와 상기 바디 사이에 O-링들을 갖지 않는 것을 특징으로

하는 원자층 증착 장치.

청구항 24

제 16 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 반응종 밸브들 그리고 상기 비활성 가스 밸브는 적어도 200 ℃의 온도에서 동작하도록 율속되는 것을 특징으로 하는 원자층 증착 장치.

발명의 설명

기술 분야

기술 분야

본 발명은 일반적으로 원자층 증착(atomic layer deposition; ALD) 반응로용 매니폴드 조립체에 관한 것이다.

관련 출원

본 출원은 2006년 1월 19일자로 출원된 고온 원자층 증착용 인렛 매니폴드(High Temperature ALD Inlet Manifold)라는 제하의 임시 출원 제60/760,243호를 기초로 우선권을 주장한다. 상기 출원의 발명 주제는 참조에 의해 그 전체가 본 명세서에 포함된다.

배경 기술

관련 기술의 설명

원자층 증착법은 반도체 산업에서 실리콘 웨이퍼와 같은 기판 상에 물질들의 박막을 형성하기 위한 잘 알려진 공정이다. ALD는 복수의 초박형의 층들의 증착을 통해 형성되고 증착되는 층들의 개수에 의해 박막의 두께가 결정되는 일종의 기상 증착법이다. ALD 공정에서, 증착될 재료로서 하나 이상의 화합물의 가스 상태의 분자들(전구체)은 기판, 즉, 웨이퍼로 공급되어, 상기 웨이퍼 상에 상기 재료로 이루어진 박막을 형성한다. 한번의 펄스 주입에서, 상기 웨이퍼 상에 자기제한적 공정(self-limiting process)으로써 제 1 전구체 재료로 이루어진 일반적으로 1 개 미만의 단일층이 대부분 그대로 흡착된다. 상기 흡착된 전구체 재료는 분해될 수 있으며, 그렇지 않은 경우, 후속하는 반응종의 펄스 또는 펄스들에서 반응하여 소정의 재료로 이루어진 하나의 단분자 층을 형성한다. 예를 들면, 상기 흡착된 전구체 재료는 후속하는 반응종 펄스의 반응종과 반응하여 원자 또는 화합물로 이루어진 하나의 단분자층을 형성할 수 있다. 예로서, 상기 흡착된 종들로부터 리간드들을 제거하는 반응종 펄스들, 리간드들을 다른 종들로 대체하여 화합물을 형성하는 반응종들 및 사이클당 3 이상의 반응종 및/또는 전구체 펄스들을 갖는 시퀀스들이 포함된다. 목표 두께가 얻어질 때까지 성장 사이클을 반복함으로써 더 두꺼운 막들이 형성된다.

ALD 공정에서, 반응로 또는 증착 챔버 내로 적어도 하나의 표면이 코팅되는 하나 이상의 기판들이 인입된다. 일반적으로, 상기 기판은 선택된 기상 반응종들의 응축 온도를 초과하면서도 열 분해 온도 미만인 소정의 온도로 가열된다. 상기 기판 표면 상에 소정의 생성물을 형성하기 위하여, 하나의 반응종이 이전의 반응종의 상기 흡착층과 반응할 수 있다. 상기 생성물은 막, 라이너 또는 층의 형태를 가질 수 있다.

ALD 공정 동안, 일반적으로 전부가 증기(vapor) 또는 가스 형태인 반응종 펄스들이 상기 반응로 내부로 연속적으로 펄스 주입되고, 상기 반응종 펄스 사이에는 제거 단계들이 제공된다. 예를 들면, 반응종들의 펄스들 사이에 비활성 가스 펄스들이 제공된다. 가스 상에서 일어나는 혼합 또는 CVD 유형의 반응들을 방지하기 위하여, 다음 반응종 펄스 이전에 비활성 가스에 의해 반응종 펄스가 챔버로부터 퍼징된다. ALD의 주목할만한 특징은 각 반응종들이 (전구체가 막을 형성하기 위한 종들에 기여하는지 또는 단순히 환원제로서 기여하는지 간에) 표면의 포화 조건이 얻어질 때까지 기판으로 전달된다는 것이다. 소정의 두께를 갖는 원자층을 형성하기 위하여 사이클들이 반복된다. 자기 제한적 성장을 달성하기 위하여, 충분한 양의 전구체가 제공되어 상기 기판을 포화시킨다. 성장 속도가 자기 제한적이므로, 상기 성장 속도는 CVD에서와 같이 반응종의 유동(flux) 및/또는 온도가 아니라, 반응 시퀀스들의 반복 속도에 비례한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 공정 시간은 더욱 단축되는 원자층 증착 장치가 제공된다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 시스템 및 방법은 몇몇 특징들을 가지며, 본 발명의 바람직한 특성들은 상기 몇몇 특징들 중 어느 하나의 특징에 의해서만 기인하는 것은 아니다. 이하에서는, 첨부된 청구항들에 의해 표현되는 본 발명의 범위를 제한하지 않고서, 본 발명의 현저한 특징들이 간단히 개시된다. 이러한 논의를 고려한 후에, 특히, "실시예(Detailed Description of the Preferred Embodiments"라는 제하의 항목을 읽은 후라면, 누구든지 종래의 ALD 혼합 방법들 및 시스템들에 비하여 본 명세서에 개시된 특징들이 어떻게 이점을 제공하는지를 이해할 수 있다.

[0011] 일 실시형태는 원자층 증착 장치이다. 상기 장치는 제 1 통로 및 제 2 통로를 가지며, 상기 제 1 통로 및 상기 제 2 통로가 O-링들을 갖지 않은 매니폴드 바디(manifold body)를 포함한다. 상기 장치는 상기 바디 내에 배치되고, 상기 제 1 통로 및 상기 제 2 통로와 연통된 보어(bore)를 더 포함한다. 또한, 상기 장치는 상기 보어와 연통되고, 내부에 기판을 수용하도록 구성된 기상 증착 챔버를 포함한다.

[0012] 다른 실시형태는 반도체 처리 장치를 위한 다편의(multi-piece) 매니폴드 조립체이다. 상기 매니폴드 조립체는 제 1 금속성 재료를 포함하며, 보어 및 상기 제 1 금속성 재료를 포함하고 상기 바디에 체결되는 기저 플레이트를 가지는 바디를 포함한다. 상기 조립체는 제 2 금속성 재료를 포함하고, 상기 기저 플레이트에 본딩되며, 상부에 밸브를 탑재하도록 구성된 캡을 더 포함한다. 또한, 상기 조립체는 상기 바디의 상기 보어와 상기 캡 사이에 형성된 내부 통로를 포함한다. 상기 내부 통로의 적어도 일부는 상기 바디와 상기 기저 플레이트 사이의 본드 계면에 데드 레그들(dead legs)을 형성하지 않고서 상기 바디 및 상기 기저 플레이트를 통하여 연장된다.

[0013] 또 다른 실시형태는 원자층 증착 장치이며, 상기 원자층 증착 장치는 가스를 분산하도록 구성된 분산 조립체; 상기 분산 조립체 상에 탑재되고, 보어 및 상기 보어와 연통된 제 1 및 제 2 내부 반응종 라인들을 갖는 인렛 매니폴드 블록을 포함한다. 상기 조립체는 상기 인렛 매니폴드 블록 상에 탑재되고, 상기 제 1 내부 반응종 라인으로 제 1 반응종 가스의 공급을 제어하도록 구성된 제 1 반응종 밸브 및 상기 인렛 매니폴드 블록 상에 탑재되고, 상기 제 1 반응종 밸브로 비활성 가스의 공급을 제어하도록 구성된 비활성 가스 밸브를 더 포함한다. 상기 조립체는 상기 인렛 매니폴드 블록에 체결되고, 상기 제 2 내부 반응종 라인으로 제 2 반응종 가스의 공급을 제어하도록 구성된 제 2 반응종 밸브 및 상기 인렛 매니폴드 블록 상에 탑재되고, 상기 제 2 반응종 밸브로 상기 비활성 가스의 공급을 제어하도록 구성된 제 2 비활성 가스 밸브를 더 포함한다.

[0014] 또 다른 실시형태는 매니폴드 및 반응로를 갖는 원자층 증착 장치에 가스들을 분배하는 방법이다. 상기 방법은, 제 1 반응종 밸브와 매니폴드 아웃렛 사이에 O-링들을 갖지 않는 제 1 통로를 통하여 상기 매니폴드로 제 1 반응종 가스의 경로를 정하는 단계, 상기 제 1 반응종 가스의 유동을 억제하는 단계 및 상기 제 1 통로의 상류에서, 제 1 비활성 가스 밸브와 상기 제 1 통로 사이에 O-링들을 갖지 않는 제 2 통로를 통하여 상기 매니폴드로 비활성 가스의 경로를 정하는 단계를 포함한다.

상기 제 1 스페이서 블록은 기저 플레이트 및 캡을 포함할 수 있다.

상기 제 1 및 제 2 반응종 밸브들 그리고 상기 비활성 가스 밸브는 적어도 200 °C의 온도에서 동작하도록 율속될(rated) 수 있다.

발명의 효과

[0015] ALD 공정 동안, 전구체를 제거하기 위해 필요한 시간은 매우 중요하다. ALD 공정은 전구체와 퍼지 가스의 "속사포(rapid fire)"이다. 라인들이 더 짧아지고 컨덕턴스(펌핑 효율)가 더 우수할수록, 공정 시간은 더욱 단축된다. 이러한 점이 ALD 시장에서 중요하다.

도면의 간단한 설명

[0016] 이하에서는, 바람직한 실시예들에 관한 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 특징들, 실시형태 및 이점들이 개시되며, 이러한 실시예들은 예시적이며 본 발명을 제한하지 않는다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 원자층 증착(ALD) 장치를 개략적으로 도시한다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 장치에 적용가능한 중간 분산 부재의 일 예를 개략적으로 도시한다.

도 3은 일 실시예에 따른 박막 형성 단계들의 일 실시예를 개략적으로 도시한다.

도 4는 일 실시예에 따른 ALD 반응로에 체결되는 매니폴드 조립체를 도시하는 ALD 장치의 단면도이다.

도 5는 도 4에 도시된 매니폴드 조립체의 투시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 도 5의 매니폴드 조립체를 통과하는 가스 유동 경로들을 개략적으로 도시하며, 각각 개별적인 반응중 가스 밸브와 연통되는 4 개의 비활성 가스 밸브들을 도시한다.

도 7은 도 5의 매니폴드 조립체의 상면도이다.

도 8은 도 7의 선 8-8을 따라 절취한 단면도이다.

도 9는 도 7의 선 9-9를 따라 절취한 확대 단면도이며, 반응중 밸브들, 비활성 가스 밸브들 및 매니폴드 조립체의 바디 사이의 유동 통로들을 도시한다.

도 10은 또 다른 실시예에 따른 알루미늄 및 스테인레스 스틸과 같은 이종의 재료로서 서로 분당된 하위 부품들을 갖는 매니폴드 조립체를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하에서는, 바람직한 실시예들에 관한 도면들을 참조하여 본 발명의 특징들 및 이점들이 개시되며, 이러한 실시예들은 예시적이며, 본 발명을 제한하는 것이 아니다. 매니폴드 바디에 관한 일부 실시예들은 하나 이상의 특징들을 갖는다. 이러한 특징들은 내부 비활성 가스 채널, 통합(integral) 히터, 짧은 반응중 가스 통로들을 포함하지만, 전구체 경로 내에 O-링(O-ring) 또는 데드 존(dead zone)은 포함하지 않는다.

[0018] ALD가 자기 제한적 반응과 이로 인하여 완전히 균일한 조건이 없이도 이론적으로 완전히 균일한 증착(conformal deposition)을 얻을 수 있다는 점에서 각광을 얻음에도 불구하고, ALD로부터 고품질의 층들을 확보하기 위해서는, 다양한 공정 파라미터들이 주의 깊게 제어되어야만 한다. 상기 반응 가스들이 충분히 퍼징되지 않은 경우, 다른 전구체가 펄스 주입되었을 때 상기 전구체가 존재하게 되어, 표면 ALD 반응 대신에, 기상에서 또는 챔버/기관 표면 상에서 CVD 반응들이 초래될 수 있다. 반응중 가스들의 퍼징 단계는, ALD 장치의 부품들을 조립하기 위한 O-링들의 사용에 의해 더 복잡해진다. 이들 O-링들은, 상기 O-링의 밀봉 표면과 전구체를 공급하는 가스 오리피스 근처에, 일반적으로 데드 레그(dead legs)라고 지칭되는 작은 공간들을 생성한다. 이들 공간들 내의 트랩된 체적으로 인하여 이들 전구체들을 적합하게 진공화할 수 없기 때문에 파티클들이 생성되어, ALD 공정에 부정적인 영향을 끼친다. 이러한 O-링들도 밀봉 표면(sealing surface) 그 자체의 파열을 통하여 또는 고온 및 화학적 양립성을 고려하여 선택된 O-링들 재료의 투과성에 의해 누설의 원인이 될 수 있다.

[0019] 상기 소스(대부분 고형 전구체를 수용하는 용기)로부터 웨이퍼 표면으로 상기 전구체 가스들에 대한 열적 제어를 유지하는 것은 중요하다. 일반적으로 허용되는 열적 허용 오차를 갖는 작은 윈도우가 있다(각 전구체는 다르지만, 동일한 주재(principal)를 따른다). 즉, 고형 매체(solid media)의 열적 특징을 제어함으로써, 증기의 끌어트림(vapor draw; 또는 전구체의 양)이 유지된다. 온도가 임계 설정점 미만이면, 가스 흐름 경로에서의 응축이 발생하여 부정적인 공정 결과를 초래하고 유지 보수 간격을 단축시킨다. 온도가 임계 설정점을 초과하면, 상기 매체의 "분해(decomposition)"가 발생하고, 상기 공정은 위험해진다. 양호한 열적 안정성을 유지하기 위해서는, 모든 영역들을 가능한 한 짧게 유지시키는 것이 중요하다.

[0020] 매니폴드 조립체가 열적 무결성(thermal integration)이나 제어를 가지지 않는다면, 매니폴드 조립체 내에서 혼합 가스들의 온도가 변할 수 있으며, CVD 성장이 초래될 수 있다. 매니폴드 조립체에 대한 열적 무결성을 추가함으로써 바람직하지 못한 CVD 반응들을 방지할 수 있으면서, 이것은, 또한, 예를 들면, 고속 밸브와 같은 매니폴드의 하위 부품들에 해로운 영향을 줄 수 있다. 상기 고속 밸브는 상승된 온도 환경에서는 동작을 위해 제어되지 않을 수 있다. 또한, 유동 경로를 따라서 데드 존은 반응중 가스들이 증착 챔버의 상류를 재순환시킬 수도 있다.

[0021] ALD 공정 동안, 전구체를 제거하기 위해 필요한 시간은 매우 중요하다. ALD 공정은 전구체와 퍼지 가스의 "속사포(rapid fire)"이다. 라인들이 더 짧아지고 컨덕턴스(펄핑 효율)가 더 우수할수록, 공정 시간은 더욱 단축된다. 이러한 점이 ALD 시장에서 중요하다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 형성 장치(100)의 단면도이다. 박막 증착 장치(100)는 진공 이송 챔버(미도시)로부터 게이트 밸브(6)를 경유하여 반응 챔버(1)로 시편 또는 피처리체인 반도체 기관(15)을 이송하

는 로봇릭스(미도시)를 포함한다. 반응 챔버(1)는 상부 덮개(2), 분산 플레이트(3, 또는 샤워헤드 플레이트라 지칭됨), 배기 덕트(4), 하부 챔버(5), 기관 이송 게이트 밸브(6), 배기 포트(7), 기관 지지부(8) 및 기관 지지부(8)를 상하로 이동시키기 위한 승강 메커니즘(9)을 포함한다.

[0023] 기관 지지부(8)가 하강 위치(8')에 있을 때, 기관 지지부(8) 상으로 기관(15)이 탑재된다. 이후, 분산 플레이트(3)로부터 적절한 거리에 반도체 기관(15)이 위치할 때까지, 기관 지지부(8)는 상방으로 이동한다. 지지부(8)는, 증착 공정 동안, 장치 내에 배치되고 기관(15) 또는 웨이퍼를 지지하도록 구성된다. 또한, 지지부(8)에는 공정 이전 및 공정 동안 기관(15)을 가열하기 위한 내부 또는 외부 히터(미도시)가 제공된다. 기관(15)이 진공 이송 챔버로부터 반응 챔버(1)로 이송된 이후에, 박막 증착 장치는 예를 들면, 밸브들(31(a), 31(b), 31(c) 및 31(d))을 통하여 반응 가스들과 밸브들(30(a), 30(b), 30(c) 및 30(d))을 통하여 비활성 가스들을 사이클링시켜 반응 공간(22) 내에서 박막 형성 공정을 수행한다.

[0024] 일부 실시예에서, 각 반응종 가스 밸브 31(a) ~ (d)는 비활성 가스 밸브 30(a) ~ (d)와 연통되고 관련된다. 바람직하게는, 반응종 가스 라인의 적어도 일부는 상기 관련된 비활성 가스 밸브(3)와 직렬로 배치된다. 이러한 방법으로, 상기 반응 가스는, 전체 반응종 가스 라인의 퍼징을 향상시키기 위하여, 바람직하게는 상기 관련된 반응종 밸브(31)의 근처, 그렇지만 상류측의 반응 가스의 유동 경로에 인입된다.

[0025] 예를 들면, 각 반응종 가스 밸브 31(a) ~ (d)는 3 포트 밸브일 수 있다. 상기 3 포트 밸브는 반응종 가스 소오스 및 비활성 가스 밸브와 연통된 2 개의 입력 포트들을 갖는다. 상기 3 포트 밸브의 출력 포트는 반응 공간(22)과 연통되어 있다. 반응 가스 밸브들(31(a) ~ (d))은 반응 공간(22)로 인입되는 상기 반응종 가스들 및 상기 비활성 가스들의 유동을 개별적으로 제어한다.

[0026] 일부 실시예에서, 각 비활성 가스 밸브(31(a) ~ (d))는 2 포트 밸브이다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(도 4의 610)과 연통된 하나의 입력 포트와 반응종 가스 밸브들(31(a) ~ (d)) 중 어느 하나와 연통된 출력 포트들을 갖는다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 반응종 가스 밸브들(31(a) ~ (d)) 중 관련된 어느 하나의 밸브 사이에서 비활성 가스의 유동을 제어한다. 예시적인 본 구성에서, 반응종 가스 밸브(31(a) ~ (d))는 관련된 비활성 가스 밸브(30(a) ~ (d))와 직렬로 그리고 그들의 하류에 배치된다. 반응 공간(22)을 향하여 가스가 흐르기 위해서는, 기관의 처리 공정 동안, 제 1 위치를 향하여 제 2 위치의 가스가 흐르는 경우, 상기 제 1 위치는 상기 제 2 위치의 하류이다.

[0027] 각 비활성 가스 밸브(30(a) ~ (d))는 관련된 반응종 가스 밸브(31(a) ~ (d))로 흐르는 비활성 가스의 유동을 제어한다. 반응종 가스 밸브(31(a) ~ (d))는 반응종들을 펼친 이후 반응종 증기 라인을 퍼징하기 위하여 관련된 비활성 가스 밸브(30(a) ~ (d))로부터 인입된 비활성 가스의 유동을 제어한다. 예를 들면, 밸브들(31(a), 31(b), 31(c), 31(d))에 연결된 반응종 증기 소오스들과 관련된 비활성 가스 소오스(들)은 밸브들(30(a), 30(b), 30(c), 30(d))에 각각 연결된다. 이들 비활성 가스 소오스(들)은 가압될 수도 있으며, 그렇지 않을 수도 있다. 이들 비활성 가스 소오스(들)은, 예를 들면, 비부식성의(noble) 또는 질소 가스 소오스들일 수 있다. ALD 제어 시스템(미도시)은 메모리 및 처리 모듈들을 포함하며, 각각 반응 공간(22)에 다양한 가스들이 도달하도록 하거나, 도달되지 않도록 하는 다양한 밸브들을 제어할 수 있도록 프로그래밍된다. 예를 들면, 비활성 가스 밸브(30)로부터의 유동은 관련된 반응종 가스 라인으로 인입되어 반응 챔버(1) 내로 연속적으로 인입되고 상기 챔버로부터 반응종 가스가 퍼징될 수 있다.

[0028] 상기 비활성 가스들 및 반응종 가스들과 관련된 밸브들(30, 31)과 함께, 상기 ALD 장치는 비활성 가스 소오스를 반응 챔버(1)에 연결하는 분리된 비활성 가스 라인(54) 및 밸브(32)를 포함할 수 있다. 비활성 가스 밸브(32)는 상기 ALD 장치에 부가적인 비활성 가스를 제공하고, 소정의 기관 처리에 따라 연속적으로 또는 주기적으로 동작할 수 있다. 또한, 도시된 실시예에서, 비활성 가스는 비활성 가스 채널 공급 라인(52)을 통하여 내부 비활성 가스 채널(610)로 흐른다(도 6). 비활성 채널 공급 라인(52)은 비활성 가스 밸브(32) 또는 분리된 비활성 가스 밸브(미도시)를 통하여 비활성 가스를 수용할 수 있다. 내부 비활성 가스 채널(610)은 비활성 가스 밸브들(30(a)-30(d))과 연통된다.

[0029] ALD 장치(100)는 반응 챔버(1) 내에 기관(15)이 삽입될 때 기관(15) 상에 박막을 증착하도록 구성된다. 일반적으로, 상기 ALD 장치는 하나 이상의 밸브들(31(a), 31(b), 31(c), 31(d))을 통하여 제 1 반응종 가스를 입력받는다. 또한, ALD 장치(100)는 하나 이상의 다른 밸브들(30(a), 30(b), 30(c), 30(d))을 통하여 비활성 가스를 입력받을 수도 있다. 적절한 밸브들을 스위칭함으로써, 상기 제 1 반응종 가스의 유동은 정지되고, 이후, 상기 반응 챔버 및 상기 가스 라인들은 비활성 가스 라인(54)으로부터 흐르는 주 퍼징 유동에 따라, 하나 이상의 밸브들(30(a), 30(b), 30(c), 30(d))로부터 흐르는 비활성 가스로 퍼징된다. 반응 챔버(1) 및 가스 라인들이 퍼

진된 이후에, 하나 이상의 다른 반응종 가스들을 사용하는 증착 사이클이 지속된다. 교번하는 펄스들로부터 유입되는 반응종들은 상기 기관의 표면 또는 웨이퍼 상에서만 서로 반응하여, 각 사이클에서 소정의 결과물인 하나의 단일층만을 형성하고, 기상에서는 반응하거나 만나지 않는다. 일부 동작 모드에서, 균일도를 어느 정도 희생하면서 사이클당 하나의 단일층을 초과하는 증가된 증착 속도를 얻을 수 있음을 주목하여야 한다.

[0030]

ALD 장치(100)의 실시예들에서는, 각 사이클에서 ALD 장치(100)를 통하여 2 이상의 반응종 가스들이 순차적으로 유입되어(퍼징의 주기에 의해 분리됨) 상기 웨이퍼 상에 물질을 형성한다. 후속하여, 상기 반응 공간 내의 각 반응종 가스의 과잉량은, 상기 반응 공간(22) 내에서 흡착되거나 반응한 이후에, 배기 파이프(24)를 통하여 배기된다. 배기 파이프(24)는 터보 분자 펌프(turbo molecular pump; TMP, 50)에 연통되어 반응 챔버(1)로부터 가스들을 제거하는 것을 돕고 반응 챔버(1)에 저압 조건을 제공한다. 또한, 전체 ALD 장치(100)는 ALD 장치(100)의 저부 상의 체결부(couplings)를 진공 펌프, 예를 들면, TMP(50) 또는 건식 펌프(DRY)에 연결함으로써 저압으로 펌핑될 수 있다.

[0031]

ALD 장치(100)는 가스 인입 매니폴드 조립체(10)를 포함한다. 매니폴드 조립체(10)는 바디(27, 도 5), 내부 비활성 가스 채널(610) 및 중앙 보어(28)를 포함한다. 또한, 매니폴드 조립체(10)는 하나 이상의 반응종 가스 밸브들(31(a), 31(b), 31(c), 31(d)), 하나 이상의 비활성 가스 밸브들(30(a), 30(b), 30(c), 30(d))을 더 포함한다. 매니폴드 조립체(10)는 반응종 밸브들(31(a), 31(b), 31(c), 31(d))을 통하여 인입되는 반응종 가스들, 비활성 가스 밸브들(30(a), 31(b), 31(c), 31(d))을 통하여 인입되는 비활성 가스들이 ALD 장치(100)를 통과하여 이송되도록 구성된다(도 3 참조). 또한, 매니폴드 조립체(10)는, 소정의 펄스 동안, 밸브들 (30(a) ~ 30(d))을 통하여 인입되는 비활성 가스들 중 하나 이상을 밸브들(31(a) ~ 31(d))을 통하여 인입되는 반응종 가스들 중 하나와 선택적으로 혼합하도록 구성된다. 그 결과물인 혼합물은 반응 챔버(1)로 인입된다. 각 펄스 이후에, ALD 장치(100)는 예를 들면, 퍼징을 통하여, 배기 파이프(24)를 통하여 반응 챔버(1)로부터 반응하지 않은 반응종과 비활성 가스들을 배기한다. 본 도면에 도시된 밸브들의 위치들은 예시적인 목적으로 개시된 것이며, 가스 라인을 따라 다른 위치에 배치될 수도 있다. 바람직하게는, 상기 밸브들은 매니폴드 조립체(10)의 근처에 또는 매니폴드 조립체(10) 그 자체 상에 배치되어, 상기 밸브의 가스 라인 하류의 길이를 감소시킬 수 있다. 반응종 가스 밸브(31(a) ~ 31(d))는, 예를 들면, 인렛 매니폴드 블록으로부터 약 10 mm 이격되어 배치되어, 짧고 용이하게 퍼징되는 라인을 제공할 수 있다. 후술하는 바와 같이, 본 명세서에 개시된 예시적인 실시예들에 따른 다양한 밸브들은 가스와 하나 이상의 가스들의 혼합물이 매니폴드 조립체(10) 내로 유입되도록 지정된다. 그러나, 본 발명은 본 명세서에 개시된 예시적인 실시예에 제한되는 것은 아니다.

[0032]

반응종 가스들이 ALD 장치(100)를 통하여 사이클링되도록 하는 요청은 요구되는 생성물에 의존한다. 각각의 가스가 반응 챔버(10)로 인입되기 전에 하나 이상의 반응종 가스들 사이의 상호 작용을 최소화하기 위하여, 밸브들(30(a) ~ 30(d))을 통하여 인입되는 비활성 가스들은 상기 반응종 가스들의 펄스들 사이에서 ALD 장치(100)를 통하여 주기적으로 사이클링되거나 지속적으로 유입된다. 이러한 방식으로, 상기 비활성 가스들은 상기 라인들 및 반응 챔버(1)를 퍼징한다. 후술하는 바와 같이, 다양한 반응종 가스들 및 비활성 가스들은 게이트 밸브(6)를 통하여 투입된 웨이퍼 상에 증착물을 형성하도록, ALD 장치(100)를 통하여 체계적으로 사이클링된다.

[0033]

도 4에 상세히 도시된 바와 같이, 분산 플레이트(3) 상으로 가스 인입 매니폴드 조립체(10)가 탑재된다. 매니폴드 조립체(10)는 덮개부(lid, 2)를 통하여 연장된 관형(tubular) 가스 인입 부재(11)에 체결된다(도 1 참조). 이하에서는 도 1을 함께 참조하여, 매니폴드 조립체(10)의 실시예에 관하여 개시한다. 부재(11)는 매니폴드 조립체(10)의 하류 단부에 연결되고, 매니폴드 조립체(10)로부터 반응종 및 비활성 가스들을 입력받는다. 예시적인 비활성 가스들은 질소 및 아르곤 가스를 포함한다. 증착 공정은 퍼징하거나 비활성 가스들을 혼합하기 위하여 상기 비활성 가스들을 이용한다. 도시된 실시예에서, 라디컬 소오스(12)는 완전히 개방되는 밸브(fully opening valve)일 수 있는 밸브(16)를 통하여 매니폴드 조립체(10)에 연결된다. 일부 실시예들에서, 밸브(16)는 이중 액션 게이트 밸브(dual action gate valve)일 수 있다. 밸브(16)가 개방되면, 다양한 가스들의 라디칼들이 매니폴드 조립체(10) 내부로 인입된다. 부재(11)는 가스-분산부(13)와 연통된다. 부재(11)로부터 흐르는 가스는 가스-분산부(13)에 의해서 발산된다. 챔버 세정을 위하여 원격 플라즈마가 우선적으로 이용될 수 있지만, 처리 공정을 위해서도 사용될 수 있다.

[0034]

일부 실시예에서, 부재(11)는 중간 확산 부재(43)를 갖는다. 도 2는 중간 확산 부재(43)의 일 예를 개략적으로 도시하는 도면이다. 도시된 중간 확산 부재(43)는 도 2에 도시된 바와 같이 실린더 형태를 가지며, 부재(11)의 하류 단부에 또는 부재(11)의 첨부(tip)에 부착될 수 있다(도 1 참조). 일부 실시예에서는, 부재(43)의 벽들 내에 형성된 하나 이상의 기공들 또는 슬롯이 부재(11)를 통하여 인입되는 가스를 위한 확산 유동 배출 경로들을 제공한다. 기공들(44)은 부재(43)로부터 방사형 방향으로 균일하게 가스를 배출하도록 배치된다. 기공들

(44)과 함께 또는 이들 대신에, 하나 이상의 기공들(45)이 분산 플레이트(3)를 향하여 수직 방향으로 가스를 배출하는 부재(43)의 저면을 통하여 연장될 수 있다. 바람직하게는, 분산 플레이트(3)에 걸쳐 더 양호한 가스들의 분포를 얻기 위하여, 하나 이상의 기공들(45)이 분산 플레이트(3) 내의 기공들과 나란하게 배열되지 않을 수 있다.

- [0035] 도 1에 도시된 가스-분산부(13)의 단면 프로파일은 혼(horn) 형태를 갖는다. 짧은 시 주기 내에 반응 챔버(1)를 통하여 배출 유동의 변화를 수용하기 위하여, 가스 분산부(13)의 내부 용량은 바람직하게는 작다. 일부 실시예에서, 가스-분산부(13)는 가스-분산부(13)의 수평 저면에 대하여 약 3-30 도를 갖는 평평하게 절단된 콘 형태(flat truncated cone shape)를 갖는다. 실시예들은 5, 10, 15, 20, 25의 각들 및 이들 값들 사이의 각들을 포함할 수 있으며, 바람직하게는, 분산된 가스들 더욱 균일하게 분포시키도록 약 5 ~ 15도일 수 있다.
- [0036] 일부 실시예들에서, 가스-분산부(13)의 저면과 가스-분산 플레이트(3) 사이의 거리는 3 mm, 5 mm, 7 mm 및 이들 사이의 값들을 포함하도록 약 2 ~ 10 mm 이다. 분산부(13)를 분산 플레이트(3)에 더욱 밀착시킴으로써 플레이트(3)에 걸쳐 가스를 더욱 균일하게 분산시킬 수 있다. 일부 실시예에서, 가스-분산부(13)의 내부 벽들의 형상은 원활한 가스 유동을 촉진하기 위하여 평탄할 수 있다.
- [0037] 일부 실시예들에서는, 분산부(13)의 내벽 내에 히터(42)가 제공된다. 히터(42)는 분산부(13)로 인입되는 가스를 가열한다. 분산 플레이트(3) 내에, 특히 주변 가장자리에, 박막 형성을 조절하기 위해 제 2 히터(26)가 제공될 수 있다.
- [0038] 분산부(13)의 침부와 분산 플레이트(3) 사이에 슬릿 배기 포트(17)가 형성된다. 상기 슬릿은 분산부(13)의 외부 침부 주위로 연장된 환상(annular shape), 예를 들면, 원형일 수 있다. 상기 배기 포트를 위하여 다양한 형상이 이용될 수 있지만, 가스 유동이 유체역학적으로 교란되는 영역을 최소화하도록 선택되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 상기 배기 포트의 형상은 복수의 원호 형상의(multiple circular-arc-shaped) 슬릿들, 복수의 원형 기공(multiple circular pores) 등을 가질 수 있다. 상기 슬릿들 또는 기공들(17)을 통한 개구의 폭은 가스-분산부(13)의 저면과 가스-분산 플레이트(3) 사이의 거리와 동일하거나, 약 2 mm 내지 5 mm일 수 있다.
- [0039] 배기 슬릿(17)은 상부 공간(18)과 연통된다. 상부 공간(18)은 분산부(13)의 상부 외벽과 상부 덮개부(2)의 저면에 의해 형성된다. 상부 공간(18)은 가스 분산부(13)의 저면과 분산 플레이트(3) 사이에 배치된 샤워헤드 플레넘(showerhead plenum, 14)과 연통된다. 일부 실시예에서, 분산부(13)의 상부 외벽과 상부 덮개부(2)의 저면 사이의 거리는 가스 분산부(13)의 저면과 분산 플레이트(3) 사이의 거리와 대략적으로 동일하다.
- [0040] 배기 플랜지(19)는 상부 덮개부(2)에 연결되고, 상부 공간(18)과 샤워헤드 플레넘으로부터 배기되는 가스를 수용한다. 샤워헤드 배기 밸브(20)의 개폐는 가스가 상부 공간(18)과 샤워헤드 플레넘(14)으로부터 배기되는 것을 허용하거나 방지한다.
- [0041] 슬릿(17)을 통하여 상부 공간(18)으로 가스가 흐르면서 가스 압력이 감소되면, 반응중 펄스들 사이의 짧은 주기에 걸쳐서 상기 가스를 배기하는 것은 더욱 어려워질 수 있다. 그에 따라, 일부 실시예에서는, 슬릿(17)을 통하여 연장되고 배기 플랜지(19)에 연결된 덕트를 가지는 것이 바람직하다. 상부 공간(18)에 관한 실시예와 비교시, 환상 덕트가 배기 플랜지(19)로 흐르는 가스의 유동을 증가시키는 것이 관찰되었다. 이것은 가스와 접촉하는 상기 덕트의 내부 표면적이 상부 공간(18)으로부터 가스가 흐를 때에 상기 가스와 접촉하는 표면적보다 더 작기 때문이다. 그러나, 배기 플랜지(19)는 상기 환상 덕트에 대하여 오프셋되어 배치되기 때문에, 상기 환상 덕트는 상부 공간(18)을 사용하는 실시예와 비교시 가스를 균일하게 배기하지 않는다. 예를 들면, 상부 공간(18)을 사용하는 실시예에서, 배기 플랜지(19)는 상부 공간의 중심부 근처에 배치되고 배기된 가스를 균일하게 수용할 수 있다.
- [0042] 상기 가스는 가스-분산부(13)를 통하여 흐르고, 샤워헤드 플레넘(14)에 도달한다. 또한, 상기 가스는 분산 플레이트(14) 내의 가스-배출 포트들(21)을 통하여 유동한다. 가스-배출 포트(21)을 통과하는 가스는 기관 지지부(8)와 분산 또는 샤워헤드 플레이트(3) 사이의 반응 공간(22)에 도달한다. 이후, 상기 가스는 기관(15)의 표면에서 지속적으로 도달할 수 있다. 이후, 상기 가스는 배기 덕트(4) 내에 형성된 고리형 슬릿(23)을 통하여 연속되고, 슬릿(23)과 연통된 배기 파이프(24)로부터 배기된다. 일부 실시예에서, 분산 플레이트(3)로부터 반응 공간(22) 까지의 가스 유량은 약 2-3 리터/초이다.
- [0043] 전극(25)으로부터 분산 플레이트(3)에 라디오-주파수 전력을 공급함으로써, 분산 플레이트(3)와 기관 지지부(8) 사이에 플라즈마가 생성될 수 있다. 예를 들면, 분산 플레이트(3)와 기관 지지부(8) 사이에 플라즈마 강화 원자층 증착(PEALD) 처리를 위한 인시츄 플라즈마가 생성된다. PEALD의 특정 처리를 수행하기 위하여 그리고 기

관(15)의 처리 사이의, 예를 들면, 웨이퍼들의 매 로트들 사이의, 주기적인 반응 챔버(1)의 세정을 위하여 원격 플라즈마 생성이 이용될 수 있다. 상기 원격 플라즈마는 원격 라디컬 또는 여기종 소오스(12)로 도시된 엑스 시츄(ex-situ) 플라즈마 발생기를 사용하여 생성된다. 상기 발생기는, 예를 들면, 400 kHz의 주파수로 동작될 수 있으며, 미국 매사추세츠주(MA), 윌밍톤(Wilmington) 소재의 MKS 인스트루먼트로부터 얻을 수 있다. 상기 발생기는 매니폴드 조립체(10)의 상부 상에 또는 그보다 상류에 탑재될 수 있다. 밸브(16)는 원격 플라즈마 발생기를 매니폴드 조립체(10)로부터 격리시킨다. 챔버 세정 또는 증착을 위하여, 상기 원격 플라즈마 발생기 내에서는, 라디칼들이 생성된다. 상기 라디칼들은 분산부(13) 전체에 걸쳐 그리고 기관(15)의 표면으로 유동/표류/확산될 수 있다. 바람직하게는, 라디컬 소오스(12)는 챔버(1)에 가깝게 탑재되고, 밸브(16)는 크게 개방되어 여기된 종들의 수명을 최대화하여 세정 효율을 극대화한다.

[0044] 인-시츄 다이렉트 플라즈마 생성을 위한 RF 발생기는, 예를 들면, 13.56 MHz로 동작할 수 있다. 이러한 RF 발생기 및 매칭 네트워크는 미국 캘리포니아주(CA), 프리몽(Fremont) 소재의 ADTEC 테크놀로지사로부터 얻을 수 있다. 상기 매칭 네트워크는 반응 챔버(1)의 상부 상에 탑재될 수 있다. 상기 매칭 네트워크의 출력부와 분산 플레이트(3) 사이에는, 전송 라인이 연결된다. 분산 플레이트(도 1의 3), 분산부(도 1의 13) 및 상부 덮개 링(도 4의 113)은 RF 핫(hot)이다. 반응 공간(22)을 한정하는 도전형 부재들의 나머지, 특히 기관 지지부(8)는 접지된다. 다이렉트 플라즈마는 분산 플레이트(3)와 기관 지지부(8) 사이에만 생성된다.

[0045] 일단 처리가 완결되면, 기관 지지부(8)는 하향되고 기관(15)은 동일한 게이트 밸브(6)를 통하여 상기 증착 챔버로부터 제거될 수 있다.

[0046] 제어 시스템(미도시)은 기관(15)의 처리 동안 상기 장치를 제어하도록 구성된다. 예를 들면, 상기 제어 시스템은 컴퓨터 제어 시스템 및 상기 장치의 내부로 및 상기 장치로부터 반응종 가스들과 비활성 가스들의 유동을 제어하기 위한 전기적으로 제어되는 밸브들 및 RF 전력의 인가를 포함한다. 상기 제어 시스템은 특정 임무를 수행하는 FPGA 또는 ASIC과 같은 소프트웨어 또는 하드웨어 부품과 같은 모듈들을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 모듈은 상기 컴퓨터 제어 시스템의 주소 접근이 가능한 스토리지 매체에 상주하도록 구성될 수도 있으며, 하나 이상의 프로세서들 상에서 실행되도록 구성될 수도 있다.

[0047] 도 3은 반응 챔버(1)로 가스들을 인입하기 위한 대표적인 순서를 도시한다. 도 3에 도시된 단계 1에서, 샤워헤드 배기 밸브(20)가 폐쇄된다. 가스 A가 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 인입될 수 있도록, 반응종 가스 밸브(31(a))가 개방된다. 본 실시예에서, 가스 A는 가스-분산부(13) 내로 지속적으로 흐르고, 분산 플레이트(3)를 통과하여, 반응 공간(22) 내로 공급된다. 가스 A는 반응 공간(22)으로부터 배기 슬릿(23)을 통하여 배기 파이프(24)로 배기된다.

[0048] 가스 A가 소정의 시 주기 동안 공급된 후에, 단계 2에서, 가스 A에 대한 반응종 가스 밸브(31(a))는 가스 A가 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 인입되는 것을 방지하고, 비활성 가스 밸브(30(a))로부터 흐르는 비활성 가스가 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)로 인입되도록 구성된다. 이 경우, 관련된 특정 공정 또는 캐미스트리에 따라, 샤워헤드 배기 밸브(20)는 완전히 개방될 수 있다. 잔류하는 가스 A는 비활성 가스에 의해 퍼징된다. 상기 비활성 가스는 반응종 가스 밸브(31(a))의 일 지점의 상류에서 비활성 가스 밸브(30(a))로부터 가스 A용인 상기 반응종 가스 라인 내부로 인입된다. 이와 같이, 상기 비활성 가스는 반응종 가스 밸브(31(a))를 통과하여 후속하는 단계들 동안 반응종의 확산을 방지하기 위하여 상기 반응종 가스 라인들을 플러싱 또는 퍼징한다. 내부 비활성 가스 채널(도 4의 610)은 비활성 가스 밸브(30(a))로 인입되는 비활성 가스를 공급한다. 일부 실시예에서, 내부 비활성 가스 채널(610)은 매니폴드 조립체(10) 내에 배치된다.

[0049] 단계 3에서, 반응종 가스 밸브(31(a))는 반응종 가스 A 및 비활성 가스가 모두 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 인입되는 것을 방지하도록 구성된다. 도 3의 비활성 가스 밸브(30(a))는 단계 3에서 폐쇄되지만, 반드시 그러한 것은 아니다. 도시된 실시예에서는 이 채널을 통과하는 비활성 가스를 중단하는 것이 바람직하며, 3 방향 반응종 가스 밸브(31(a))는 비활성 가스 밸브(30(a))의 구성에 관계없이, 비활성 가스가 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)로 인입되는 것을 방지한다.

[0050] 가스 B는 반응종 가스 밸브(31(b))를 개방함으로써 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28) 내로 인입된다. 이 경우, 가스 B는 가스 인입부(도 1의 11)로부터 가스-분산부(13)의 내부로 인입된다. 이후, 가스(B)는 분산 플레이트(3)를 통하여 지속되고 기관 표면(15) 상으로 공급된다. 기관 표면(15)을 가로지르면서, 가스 B의 펄스는 기관의 표면을 포화시킨다. 가스 B와 이전의 펄스에 의해 남겨진 상태의 기관의 표면 사이에서 흡착 또는 반응이 일어난다.

- [0051] 반응 공간(22)을 걸쳐 방사상의 방향으로 흐른 뒤에, 상기 가스 B는 배기 파이프(24)를 향하여 배기 밸브(23)을 통하여 흐른다. 배기 파이프(24)는 상기 가스가 상기 웨이퍼 상에서 포화된 후에 과잉의 가스 및 부산물들을 수집하도록 구성된다. 일 실시예에서, 배기 파이프(24) 내의 영역은 반응 챔버(1)의 압력 보다 낮은 압력이다. 음의 압력 소오스 또는 진공은 반응 챔버(1)로부터 가스를 끌기 위하여 배기 파이프(24) 및/또는 배기 슬릿(23)과 연통될 수 있다. 가스 B는 배기 슬릿(23)으로부터 배기 파이프(24)로 배기된다.
- [0052] 소정의 시 주기 후에, 반응중 가스 밸브(31(b))는 폐쇄되고 가스 B의 공급은 차단된다. 가스 A 채널 대신에 가스 B 채널을 통하여 비활성 가스가 흐르는 점을 제외하고는 단계 2에서 도시된 바와 유사하게, 나머지 가스 B는 밸브(20)로부터 배기된다. 이들 4 단계들의 일부로서, 반응 가스 A의 공급과 반응 가스 B의 공급을 반복함으로써, 각 사이클은 하나의 단분자 단일층 미만을 증착한다. 당업자라면, 부피가 큰 전구체의 입체적 방해(steric hindrance)가 반응성 사이트들을 차단하고 사이클당 1 개의 단일층 미만으로 성장 속도를 감소시키는 경향이 있음을 이해할 수 있다.
- [0053] 3 종류 또는 그 이상의 반응 가스들이 사용되는 경우라 하더라도, 박막 형성은 3 종류의 또는 그 이상의 반응 가스들을 공급하는 단계들 및 각 가스들을 퍼징하는 단계를 반복함으로써 용이하게 얻어질 수 있다.
- [0054] 일부 실시예에서, 샤워헤드 배기 밸브(20)를 개방하거나 폐쇄함으로써 분산 플레이트(3)의 내부 영역을 용이하게 퍼징하는 것이 가능하다. 또한, 밸브가 개방되거나 폐쇄되는 정도가 변할 수 있기 때문에 완전한 차단이 요구되지는 않는다.
- [0055] 또한, 일부 실시예들에서는, 케미스트리에 따라, 하나 이상의 반응중 라인들(A, B, C, D)이 처리 동안 항상 개방될 수 있다. 예를 들면, 상기 반응중 가스 소오스들이 펄스 단계들에서 전달되고 RF 전력이 인가된 때에만 반응하는 전구체들에 대한 환원제로서 작용할 때, 이와 같이 될 수 있다.
- [0056] 가스-분산 플레이트(3)에 라디오-주파수 전력을 인가하면, 다이렉트 플라즈마 가스로서 상기 반응 가스도 공급될 수 있다. 가스-분산부(13) 내에 히터(도 1의 42)를 제공함으로써, 분산부(13) 내부의 온도를 상승시키는 것이 가능하다. 결과적으로, 낮은 증기압과 쉽게 응집하는 유기 금속 재료를 사용하면, 응집없이 이들을 배기시키는 것이 가능해진다.
- [0057] *도 4는 ALD 장치(100)의 실시예를 상세히 도시하는 단면도이다. 본 도면에서는, 기관 지지부 또는 서셉터 및 모든 가스 밸브들을 도시하지 않았다. 가스 A 반응중 가스는 밸브(31(a))를 통하여 매니폴드 조립체(10)로 인입된다. 이후, 가스 A는 중간 분산 부재(43) 내의 슬릿들(44)을 통하여 분산부(13)의 제 1 구획부(82) 내부로 인입된다. 제 1 구획부(82)는 부분적으로 슬릿들을 갖는 저부 플레이트에 의해 정의된다. 가스 A 반응중 가스는 상기 슬릿을 통과하여 복수의 보어들(미도시)을 갖는 분산 플레이트(3)의 상부 표면 위에 있는 제 2 구획부(81) 내부로 흐른다. 제 1 구획부(82) 및 제 2 구획부(81)는 샤워헤드 플레인을 구성한다.
- [0058] 일부 실시예에서, 제 1 구획부(82)는 저부 플레이트를 갖지 않으며, 제 1 구획부(82)와 제 2 구획부(81) 사이에 분명한 경계가 없다. 가스 A는 분산 플레이트(3)에 형성된 보어들을 통하여 반응 챔버(1)의 반응 공간(22)으로 배출된다. 반응 공간들(22)은 기관 지지부(도 1의 8) 상에 배치된다. 상기 공정 동안에, 반응 공간(22)은 상기 가스가 반응 공간(22)의 외주부를 향하여 방사상으로 끌리는 환상 슬릿(23)을 통하여 배기 덕트(4)를 사용하여 일정하게 배기된다. 기관 지지부(8)의 상기 외주부 주위에는 환상 슬릿(23)이 배치된다. 가스 분산부(13)는 상부에 절연 플레이트(150)가 배치되는 상부 리드 링(113)을 통하여 분산 플레이트(3)에 고정된다.
- [0059] 가스 분산부(13) 및 분산 플레이트(3)는 서로 직접 접촉하지 않으며, 가스 분산부(13)의 외주부를 따라 환상 갭(83)이 형성된다. 이 환상 갭(83)은 상부 리드 플레이트(113)를 통하여 배기 플랜지(도 1의 19 참조)와 연통된다.
- [0060] 제 1 및 제 2 구획부(82, 81)를 퍼징할 때, 밸브들(30(a)-30(d)) 중 어느 하나, 반응중 가스 밸브들(31(a) ~ 30(d)) 중 관련된 어느 하나, 매니폴드 조립체(10) 및 중간 분산 부재(13)를 통하여 이들에 퍼징 가스가 인입된다. 주요 퍼징은 비활성 가스 라인(54)으로부터 매니폴드 조립체(10)를 통하여 흐른다. 반응중 가스 밸브들(31(a) ~ 31(d)) 및 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))로부터 흐르는 비활성 가스는 상기 반응중 밸브들과 중앙 보어(28) 사이의 상기 라인들을 플러싱 또는 퍼징한다. 동시에, 제 1 및 제 2 구획부(82, 81)는 환상 갭(83)을 통하여 배기 플랜지(19)를 사용하여 진공화된다. 반응 공간(22)은 슬릿들(23) 및 배기 덕트(4)를 통하여 일정하게 진공화된다.

- [0061] 도 5에 가장 잘 도시된 바와 같이, 본 실시예에서는, 매니폴드 조립체(10)가 4 개의 반응중 가스 밸브들(31(a) ~ 31(d)), 비활성 채널 공급 라인(52) 및 비활성 믹서 공급 라인(54)을 포함한다. 각 반응중 밸브(31(a) ~ 31(d))는 비활성 가스 밸브(30(a) ~ 30(d))와 쌍을 이룬다. 반응중 밸브(31(a))은 비활성 밸브(30(a))에 결합된다. 반응중 밸브(31(b))은 비활성 밸브(30(b))와 쌍을 이룬다. 반응중 밸브(31(c))는 비활성 밸브(30(c))와 쌍을 이룬다. 반응중 밸브(31(d))는 비활성 밸브(30(d))와 쌍을 이룬다. ALD 장치(100)는, ALD 장치(100)의 구성에 따라, 더 많거나 더 적은 수의 반응중 밸브들 및 비활성 밸브들을 포함할 수 있다. 또한, 각 반응중 라인은 비활성 가스 밸브와 쌍을 이루거나 이루지 않을 수도 있다. 예를 들면, 하나 이상의 반응중 라인들은 비활성 가스 밸브들에 결합되지만, 다른 반응중 라인은 그렇지 않을 수도 있다. 상기 밸브들과 쌍을 이루지 않는 반응중 라인은 다른 수단들에 의해 퍼징될 수 있다.
- [0062] 체결부(190(a))는 반응중 가스 밸브(31(a))를 반응중 소오스 A(도 6의 620)에 결합시킨다. 체결부(190(b))는 반응중 가스 밸브(31(b))를 반응중 소오스 B(도 6의 626)에 결합시킨다. 체결부(190(c))는 반응중 가스 밸브(31(c))를 반응중 소오스 C(도 6의 632)에 결합시킨다. 체결부(190(d))는 반응중 가스 밸브(31(d))를 반응중 소오스 D(도 6의 638)에 결합시킨다.
- [0063] 체결부(190(f))는 내부 비활성 가스 채널(도 6의 610)을 비활성 또는 퍼징 가스 소오스(도 6의 644)에 결합시킨다. 체결부(190(e))는 중앙 보어(28) 또는 매니폴드 조립체(10)의 내부를 내부 비활성 가스 채널(610)로부터 분리된 비활성 가스 소오스(644)에 결합시킨다.
- [0064] 도 5에 도시된 실시예에서, 비활성 채널 공급 라인(52) 및 체결부들(190(a) ~ (d))은 밸브로 그리고 매니폴드 조립체(10)의 내부를 향하는 유동 경로를 제공한다. 비활성 채널 공급 라인(52)은 내부 비활성 가스 채널(610)에 연결된다. 도시된 실시예에서, 각각의 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ (d))은 내부 비활성 가스 채널(610)의 하류에 배치된다. 라인(54)은 밸브를 통과하지 않고서 매니폴드 조립체(10)의 내부로 향하는 경로를 제공한다.
- [0065] 도 5에 도시된 실시예에서, 체결부들(190(a) ~ (d))은 매니폴드 조립체(10) 내부로 반응중 가스들을 유입시킨다. 비활성 가스 라인(54)은 중앙 보어(28)로 직접 비활성 가스를 유입시키기 위한 통로를 제공한다. 그 결과물인 혼합물(비활성 가스와 당시의 반응중)은 반응 챔버(1)를 향하여 하류로 흐른다. 절연체 플레이트(56)는 ALD 장치(100) 상에 조립될 때 절연 플레이트(도 4의 150)에 인접하도록 배치된다.
- [0066] 매니폴드 조립체(10)는 벽의 온도를 제어하도록 구성된 하나 이상의 히터 카트리지들(180)을 포함한다. 매니폴드 조립체(10)를 통과하는 반응중 가스는 매니폴드 및 히터 카트리지들(180)에 의해 가열된다. 반응중 가스들이 매니폴드 조립체(10)를 통과할 때 반응중 가스들의 온도를 제어함으로써 상기 가스의 응축 또는 열 분해가 일어날 수 있는 가능성이 감소된다. 일부 실시예에서, 각 반응중 밸브들(31(a) ~ (d))은 하나 이상의 히터 카트리지들(180)에 의해 개별적으로 가열된다. 도시된 실시예에서, 반응중 밸브들 중 2 개는 (예를 들면, 표준 조건에서, ZrCl₂, HfCl₂, TMA 및 다른 금속 유기물과 같은) 낮은 증기압을 갖는 전구체들의 사용을 용이하게 하기 위한 히터들을 가지며, 다른 2 개는 그렇지 않을 수 있다. 예를 들면, 하나 이상의 히터 카트리지들(180)의 제 1 세트가 매니폴드 조립체(10) 내에 그리고 반응중 가스 A를 운반하는 라인들 근처에 배치된다. 하나 이상의 히터 카트리지들(180)의 제 2 세트는 매니폴드 조립체(10) 내에 그리고 반응중 가스 B를 운반하는 라인들의 근처에 배치될 수 있다. 히터 카트리지들(180)의 제 1 및 제 2 세트들은 가스 B와 다른 온도로 가스 A를 가열하도록 개별적으로 제어될 수 있다. 일부 실시예에서, 히터 카트리지들(180)은 매니폴드 조립체(10) 내에서 200 °C까지 벽 온도를 유지한다. 매니폴드 조립체(10)의 온도를 관찰하기 위하여 하나 이상의 열적 스위치들이 채용될 수 있다. 상기 시스템은 다른 온도 센서 및 소정의 온도로 상기 시스템의 다양한 구성 요소들을 유지하기 위한 제어 기구들을 포함한다는 것을 이해할 수 있다.
- [0067] 또한, 상기 시스템은 소정의 처리 공정에 따라 제 1 쌍의 밸브들(30, 31)을 위한 다른 온도 및 제 2 세트의 밸브들(30, 31)에 대한 제 2 온도를 유지할 수 있다. 도시된 실시예는 모노리식 ALD 인렛 매니폴드의 온도 제어를 위한 단일 존(single zone)을 정의하는 온도 센서(들)에 의해 구동되는 히터 카트리지들을 고려하고 있지만, 도시된 실시예는 상기 바디(27) 내에서 각 전구체를 위한 개별적인 존 제어를 위해 채택될 수도 있다. 예를 들면, 개별적인 매니폴드 경로들을 가진 4 개의 전구체들이 도시된 경우에서, 각 전구체를 위한 유동 경로의 개별적인 열적 제어를 위하여 5 개의 존들이 제공될 수 있다: 중심 허브 및 (밸브들을 포함하여) 4 개의 전구체 라인들의 각각은 개별적인 존들로서 취급된다. 존들의 열적 분리를 용이하게 하기 위하여, 상기 허브는, 열적 공기 차단(thermal air break)이 예를 들면, 바디(27)와 기저 플레이트(도 10의 606) 사이의 기계적 및 열적 연결을 전구체 가스 인렛 어퍼처들 주위의 작은 스팟 돌출부(spot protrusions)로 제한하도록 제조될 수 있다. 열

적 제어를 관찰하기 위한 부가적인 히터들 및 열전대들이 채용될 수 있다. 바람직하게는, 응축, 반응에 의한 것인지 또는 흡착에 의한 것인지와 관련하여 상기 라인들의 코팅을 최소화하기 위하여, 각 반응중에 대하여, 혼합 지점(예를 들면, 상기 중앙 보어)의 유동 경로의 상류의 온도들이 개별적으로 조절될 수 있으며, 이로 인하여, 막힘(clogging) 및/또는 하류의 오염을 최소화한다.

[0068] 도 6은 도 5에 도시된 매니폴드 조립체(10)를 통하는 가스 유동 경로들을 개략적으로 도시하는 도면으로서, 각각이 개별적인 반응중 가스 밸브들(30(a) ~ (d))과 연통되는 4 개의 비활성 가스 밸브들(31(a) ~ (d))을 도시한다. 매니폴드 조립체(10)는 4 개의 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ (d))과 연통되는 내부 비활성 가스 채널(610)을 포함한다. 또한, 도 6은 각각의 반응중 및 비활성 가스를 위한 소오스를 도시한다. 상기 반응중 소오스들은 반응중들이 표준 조건하에서 고상인지, 액상인지 또는 기상인지에 따른 가스 용기들, 버블러들 또는 다른 기화기들을 나타낸다. 상기 반응중 및 비활성 가스 소오스들과 관련된 부가적인 밸브들(미도시)은 매니폴드 조립체(10)의 외부에 배치될 수도 있다.

[0069] 가스 A는 그 소오스(620)로부터 반응중 밸브(31(a))에 도달하기 전에 라인(622)을 통하여 흐른다. 반응중 가스 밸브(31(a))는 소정의 처리 단계에 따라 라인(624)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28) 내부로 인입되는 가스 A의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다. 가스 B는 그 소오스(626)로부터 반응중 밸브(31(b))에 도달하기 전에 라인(628)을 통하여 흐른다. 반응중 가스 밸브(31(b))는, 소정의 공정 단계에 따라, 라인(630)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)의 내부로 흐르는 것을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.

[0070] 가스 C는 그 소오스(632)로부터 반응중 밸브(31(c))에 도달하기 전에 라인(634)을 통하여 흐른다. 반응중 가스 밸브(31(c))는 소정의 처리 단계에 따라 라인(636)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28) 내부로 인입되는 가스 C의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다. 가스 D는 그 소오스(638)로부터 반응중 밸브(31(d))에 도달하기 전에 라인(640)을 통하여 흐른다. 반응중 가스 밸브(31(d))는, 소정의 공정 단계에 따라, 라인(642)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)의 내부로 흐르는 것을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다. 도시된 4 개의 반응중 밸브에 관한 실시예들은 예시적이며, 다양한 수의 반응중 밸브들이 사용될 수 있다.

[0071] 비활성 가스는 (복수의 가스 용기들을 포함할 수 있는) 소오스(644)로부터 내부 비활성 가스 채널(610)에 도달하기 전에 비활성 채널 공급 라인(52)을 통하여 흐른다. 바람직하게는, 내부 비활성 가스 채널(610)은 매니폴드 조립체(10) 내에 배치된다. 매니폴드 조립체(10) 내에 비회발성 가스 채널(610)을 포함함으로써, 유지 능력(maintenance proficiency)이 향상된다. 바람직하게는, 매니폴드 조립체(10)는 반응로로 제조되기 전에 작업대 상에서 테스트될 수 있다. 매니폴드 조립체(10) 내에 비활성 가스 채널(610)이 포함되어 있고 상기 비활성 가스 및 상기 전구체 가스가 동일한 열 질량 또는 매니폴드 조립체(10)를 통하여 공급되기 때문에 전구체 가스와 함께 비활성 가스의 열적 제어는 더욱 균일하다.

[0072] 상기 비활성 가스 채널이 매니폴드의 외부와 반응로의 상부의 내부에 배치되는 경우, 상기 챔버 내에 부가적인 O-링들이 요구된다. 이들 부가적인 O-링들은 상기 반응로의 무결함의 진공 상태에 영향을 줄 수 있다. 또한, 상기 반응로 내부에 배치된 비활성 가스 채널에 접근하기 위하여 전체 반응로를 해체되는 경우에 세정은 더욱 복잡할 수 있다.

[0073] 또한, 내부 비활성 가스 채널(610)은 하나 이상의 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ (d))과 연통된다. 도 6에 도시된 예시적인 실시예에서, 내부 비활성 가스 채널(610)은 4 개의 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ (d))과 연통된다.

[0074] 비활성 가스는 내부 비활성 가스 채널(610)로부터 비활성 가스 밸브(30(a))에 도달하기 전에 라인(646)을 통하여 흐른다. 일부 실시예에서, 비활성 가스 밸브(30(a))는 2 포트 밸브이다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 반응중 가스 밸브(31(a)) 사이에서의 비활성 가스의 유동을 제어한다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 연통되는 입력 포트 및 라인(648)을 통하여 반응중 가스 밸브(31(a))와 연통되는 출력 포트를 갖는다. 이와 같이, 비활성 가스 밸브(30a)는 라인(646)과 라인(648) 사이의 비활성 가스의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.

[0075] 반응중 가스 밸브(31(a))는 라인(648)과 연통된다. 또한, 상술한 바와 같이, 반응중 가스 A가 라인(622)로부터 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 도달하는 것을 허용하거나 방지하는 것과 함께, 반응중 가스 밸브(31(a))는 라인(624)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28) 내부로 비활성 가스의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성된다. 따라서, 반응중 가스 밸브(31(a))는 상기 비활성 가스 및 상기 반응중 가스 A가 라인

(624)에 인입되는 것을 개별적으로 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.

- [0076] 바람직한 실시예에서, 반응종 가스 밸브(31(a))는 3 포트 밸브이다. 반응종 가스 밸브(31(a))의 제 1 부는 라인(622)에 연통되고 반응종 가스 A를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(a))의 제 2 부는 라인(648)에 연통되고 비활성 가스를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(a))를 위한 제 3 또는 배출 포트는 라인(624)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)와 연통된다.
- [0077] 상기 비활성 가스는 내부 비활성 가스 채널(610)로부터 비활성 가스 밸브(30(b))에 도달하기 전에 라인(650)을 통하여 흐른다. 일부 실시예에서, 비활성 가스 밸브(30(b))는 2 포트 밸브이다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 반응종 가스 밸브(31(b)) 사이의 비활성 가스의 흐름을 제어한다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 연통되는 입력 포트 및 라인(652)을 통하여 반응종 가스 밸브(31(b))와 연통되는 출력 포트를 갖는다. 이와 같이, 비활성 가스 밸브(30(b))는 라인(650)과 라인(652) 사이의 비활성 가스의 흐름을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.
- [0078] 반응종 가스 밸브(31(b))는 라인(652)와 연통된다. 또한, 상술한 바와 같이, 반응종 가스 B가 라인(628)으로부터 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 도달하는 것을 허용하거나 방지하는 것과 함께, 반응종 가스 밸브(31(b))는 라인(630)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28) 내부로 비활성 가스의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성된다. 따라서, 반응종 가스 밸브(31(b))는 상기 비활성 가스 및 상기 반응종 가스 B가 라인(630)에 인입되는 것을 개별적으로 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.
- [0079] 바람직한 실시예에서, 반응종 가스 밸브(31(b))는 3 포트 밸브이다. 반응종 가스 밸브(31(b))의 제 1 부는 라인(628)에 연통되고 반응종 가스 B를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(b))의 제 2 부는 라인(652)에 연통되고 비활성 가스를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(b))를 위한 제 3 또는 배출 포트는 라인(630)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)와 연통된다.
- [0080] 상기 비활성 가스는 내부 비활성 가스 채널(610)로부터 비활성 가스 밸브(30(c))에 도달하기 전에 라인(654)을 통하여 흐른다. 일부 실시예에서, 비활성 가스 밸브(30(c))는 2 포트 밸브이다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 반응종 가스 밸브(31(c)) 사이의 비활성 가스의 흐름을 제어한다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 연통되는 입력 포트 및 라인(656)을 통하여 반응종 가스 밸브(31(c))와 연통되는 출력 포트를 갖는다. 이와 같이, 비활성 가스 밸브(30(c))는 라인(654)과 라인(656) 사이의 비활성 가스의 흐름을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.
- [0081] 반응종 가스 밸브(31(c))는 라인(656)과 연통된다. 또한, 상술한 바와 같이, 반응종 가스 C가 라인(634)으로부터 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 도달하는 것을 허용하거나 방지하는 것과 함께, 반응종 가스 밸브(31(c))는 라인(636)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28) 내부로 비활성 가스의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성된다. 따라서, 반응종 가스 밸브(31(c))는 상기 비활성 가스 및 상기 반응종 가스 C가 라인(636)에 인입되는 것을 개별적으로 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.
- [0082] 바람직한 실시예에서, 반응종 가스 밸브(31(c))는 3 포트 밸브이다. 반응종 가스 밸브(31(c))의 제 1 포트는 라인(634)과 연통되고, 반응종 가스(C)를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(c))의 제 2 포트는 라인(656)과 연통되고, 비활성 가스를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(c))에 대한 제 3 포트 또는 배출 포트는 라인(636)을 통하는 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)와 연통된다.
- [0083] 상기 비활성 가스는 상기 내부 비활성 가스 채널(610)로부터 비활성 가스 밸브(30(d))에 도달하기 전까지 라인(658)을 통하여 흐른다. 일부 실시예에서, 비활성 가스 밸브(30(d))는 2 포트 밸브이다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 반응종 가스 밸브(31(d)) 사이의 상기 비활성 가스의 유동을 제어한다. 상기 2 포트 밸브는 내부 비활성 가스 채널(610)과 연통되는 하나의 입력 포트를 갖고, 라인(660)을 통하여 반응종 가스 밸브(31(d))와 연통되는 출력 포트를 갖는다. 이러한 방법으로, 비활성 가스 밸브(30(d))는 라인(658)과 라인(660) 사이에 비활성 가스의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.
- [0084] 반응종 가스 밸브(31(d))는 라인(660)과 연통된다. 전술한 바와 같이, 반응종 가스(D)가 라인(640)으로부터 상기 매니폴드 조립체(10)의 상기 중앙 보어(28)에 도달하는 것을 허용하거나 방지하는 것과 함께, 상기 반응종 가스 밸브(31(d))는 라인(642)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)의 내부로 비활성 가스의 유동을 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다. 따라서, 반응종 가스 밸브(31(d))는 인입 라인(642)으로부터 상기 비활성 가스 및 상기 반응종 가스(D)를 허용하거나 방지하도록 개별적으로 구성될 수 있다.
- [0085] 바람직한 실시예에서, 반응종 가스 밸브(31(d))는 3 포트 밸브이다. 반응종 가스 밸브(31(d))의 제 1 포트는

라인(640)과 연통되고 반응종 가스(D)를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(d))의 제 2 포트는 라인(660)과 연통되고 비활성 가스를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(d))를 위한 제 3 포트 또는 배출 포트는 라인(642)를 통하여 상기 매니폴드 어셈블리(10)의 상기 중앙 보어(28)와 연통된다.

[0086] 상기 "방지(prevent)" 및 "허용(allow)"이라는 용어는 상대적인 용어들이며, 가스 흐름을 밀봉하는 것 또는 완전히 유동하도록 허용하는 것에 한정되지 아니한다. 예를 들어, 상기 밸브를 통한 반응종 가스의 흐름이 증가하는 경우, 반응종 가스 밸브(31(a))는 반응종 가스가 흐르는 것을 허용하도록 구성된다. 유사하게는, 상기 밸브를 통한 반응종 가스의 흐름이 감소하는 경우에, 반응종 가스 밸브(31(a))는 반응종 가스가 흐르는 것을 방지하도록 구성된다. 또한, 도 6 에 도시된 상기 라인들의 길이는 용이하게 식별되고, 소정의 구성에 따라 더 짧거나 더 길 수 있다. 일부 실시예에서는, 매니폴드 조립체(10)로부터 퍼징될 미반응 반응종들의 양을 감소시키기 위하여 하나 이상의 라인들을 더 짧게하는 것이 적합할 수 있다. 실제로, 매니폴드 조립체(10) 내의 도 6의 "라인들"은 상기 밸브들과 상기 반응종 챔버 사이의 간격을 최소화하고, 퍼징 시간들을 감소시키기 위한 상기 중앙 블록 및/또는 부속된 플레이트들 내의 모든 가공된 채널들이며, 도 4 내지 도 5 및 도 7 내지 도 10으로부터 이해될 수 있다.

[0087] 비활성 믹서 공급 라인(54)은 내부 비활성 가스 챔버(610)로부터 개별적으로 상기 비활성 가스 소스(644)를 갖는 상기 중앙 보어(28) 또는 상기 매니폴드 조립체(10)의 내부와 결합한다. 라인(54)은 밸브를 통과함 없이 중앙 보어(28)로의 경로를 제공한다. 일부 실시예에서, 밸브(662)는 라인(54)으로부터 매니폴드 조립체(10)로 인입하는 상기 비활성 가스의 흐름을 제어한다.

[0088] 도 7은 매니폴드 조립체(10)의 중앙 바디(27)에 체결된 반응종 가스 밸브들(31(a) ~ 31(d)) 및 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))을 나타내는, 도 5의 매니폴드 조립체(10)의 평면도이다. 매니폴드 조립체(10)는 체결부들(190(a) ~ 190(d))을 통하여 인입하는 반응종 가스들 및 체결부(190e)를 통하여 인입하는 비활성 가스가 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)를 향하여 이송되도록 구성된다. 상기 체결부(190(a))는 라인(622)를 통하여 반응종 가스 밸브(31(a))와 연통된다. 체결부(190(b))는 라인(628)를 통하여 반응종 가스 밸브(31(b))와 연통된다. 체결부(190(c))는 라인(634)를 통하여 반응종 가스 밸브(31(c))와 연통된다. 상기 체결부(190(d))는 라인(640)를 통하여 반응종 가스 밸브(31(d))와 연통된다. 상기 커플링(190(e))은 라인(54)를 통하여 매니폴드 조립체(10)과 연통된다.

[0089] 매니폴드 조립체(10)는 동시에 하나의 가스 또는 복수의 가스들을 주어진 펄스 동안 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)를 향하여 이송할 수 있다. 적합하게는, ALD 모드에서, 하나의 반응종 가스는 보어(28) 내의 비활성 가스와 혼합된다. 상기 결과 혼합물은 증착 챔버(1, 도 1)로 인입된다. 각 펄스 이후에, 상기 ALD 는, 일부의 미반응된 반응종 및 비활성 가스들을 퍼징을 통하는 것처럼, 배출 파이프(24)를 통하여 상기 증착 챔버로부터 배출하고, 샤워헤드 배출 밸브(20, 도 1)를 통하여 상기 샤워헤드 어셈블리로부터 배출한다.

[0090] 비활성 가스는, 처리 동안, 중간에 삽입되어 또는 퍼징 동작 동안에만, 라인(54)를 통하여 상기 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 연속적으로 흐를 수 있다. 상술한 바와 같이, 비활성 가스도 매니폴드 조립체(10) 내의 비활성 채널 공급 라인(52, 도 6)을 통하여 내부 비활성 가스 채널(610)로 흐를 수 있다. 내부 비활성 가스 채널(610)은 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))과 연통된다.

[0091] 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))은 매니폴드 조립체(10)의 바디(27)에 직접적으로 부착된다. 도 8 및 도 9에서 나타난 바와 같이, 각 반응종 가스 밸브들(31(a) ~ 31(d))는 바디(26)에 부착된 스페이서 블록(700(a) ~ 700(d))을 이용하여 바디(27) 상에 탑재될 수 있다. 스페이서 블록들(700(a) ~ 700(d))은 반응종 가스 밸브들(31(a) ~ 31(d))과 체결(mate)되는 개구들 및 스크류 홀들과 함께 공급된다. 스페이서 블록들(700(a) ~ 700(d))은 매니폴드 조립체(10)의 제조를 용이하게 한다. 스페이서 블록(700(a))은 가스 밸브(31(a))와 연통되고, 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 및 상기 반응종 가스 밸브(31(a)) 사이의 유동 경로를 공급한다. 스페이서 블록(700(b))은 가스 밸브(31(b))와 연통되고, 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 및 반응종 가스 밸브(31(b)) 사이의 유동 경로를 공급한다. 스페이서 블록(700(c))은 가스 밸브(31(c))와 연통되고, 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 및 반응종 가스 밸브(31(c)) 사이의 유동 경로를 공급한다. 스페이서 블록(700(d))은 가스 밸브(31(d))와 연통되고, 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 및 반응종 가스 밸브(31(d)) 사이의 유동 경로를 공급한다.

[0092] 도 8은 도 7의 라인들(8-8)을 따라 절취한 단면도이며, 도 9는 도 7의 라인들(9-9)을 따라 절취한 단면도이다. 각 스페이서 블록(700(a) ~ 700(d))은 해당 반응종 가스 밸브(31(a) ~ 31(d))로의 및 해당 반응종 가스 밸브(31(a) ~ 31(d))로부터의 가스 이송 경로들(gas routing paths) 중 일부를 제공한다. 도 8 및 도 9에 도시된

가스 이송 경로들은 도 6를 참조하여 개시된 라인들에 대응된다. 도 6에 개시된 전체 라인은 매니폴드 조립체(10)의 단일 부품 내의 전체 통로 또는 상기 매니폴드 조립체(10)의 복수의 부품들의 통로들 중 일부분을 대표할 수 있다. 예를 들면, 도 6 및 도 8에 도시된 라인(652)은 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 및 스페이서 블록(700(b)) 내의 통로들의 적어도 일부에 대응된다. 도 6 및 도 8에 도시된 라인(660)은 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 및 스페이서 블록(700(d)) 내의 통로들의 적어도 일부에 대응된다.

[0093] 도시된 실시예의 바디(27)는 중앙 보어(28)를 갖는 관 형상을 갖는다. 바디(27)는 입구(612) 및 출구(614)를 포함한다. 중앙 보어(28)는 원통 형상을 갖는 하부와 원뿔 형상을 갖는 상부를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 입구(612)의 영역 내의 단면은 출구(614)의 단면보다 더 크다. 일부 실시예에서, 중앙 보어(28)의 단면 유동 면적은 상기 혼합물이 출구(614)를 향하여 이동함에 따라 점차적으로 감소하고, 테이퍼형(tapered) 또는 깔대기형(funnel) 통로를 형성한다.

[0094] 일부 실시예에서, 바디(27)의 내부 표면의 적어도 일부는 상기 혼합물이 출구(614)를 향하여 흐름에 따라 바디(27)를 통하여 상기 개구 단면이 감소하는 원뿔 형상을 갖는다. 바디(27)는 반응 챔버(1)의 샤워헤드 플레이트에 매니폴드 조립체(10)를 부착하기 위하여 하류 상의 또는 저면 상의 부착 홀들을 더 포함한다.

[0095] 도시된 실시예에서, 각 스페이서 블록(700(a) ~ 700(d))은 상기 두 개의 입력 포트들 및 상기 연관된 반응중 가스 밸브(31(a) ~ 31(d))의 단일 출력 포트와 연결된 세 개의 다른 통로들을 갖는다. 예를 들어, 제 1 통로 또는 스페이서 블록(700(b)) 및 상기 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 내의 라인(652)은 비활성 가스 밸브(30(b))의 출력 포트를 반응중 가스(31(b))를 위한 두 개의 입력 포트들 중 하나에 연결한다. 상기 제 2 통로 또는 라인(628)은 체결부(190(b))를 반응중 밸브(31(b))를 위한 다른 입력 포트에 연결한다. 상기 제 3 통로 또는 라인(630)은 반응중 가스 밸브(31(b))의 출력 포트를 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 연결한다. 반응중 가스 밸브(31(d))에 대하여, 제 1 통로 또는 스페이서 블록(700(d)) 및 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 내의 라인(660)은 비활성 가스 밸브(30(d))의 출력 포트를 반응중 가스 밸브(31(d))를 위한 상기 두 개의 입력 포트들 중 하나에 연결한다. 상기 제 2 통로 또는 라인(640)은 체결부(190(d))를 반응중 밸브(31(d))를 위한 다른 입력 포트에 연결한다. 상기 제 3 통로 또는 라인(642)은 반응중 가스 밸브(31(d))의 출력 포트를 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 연결한다. 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))는 도 7의 반응중 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))에 의하여 부분적으로 감춰져 있다.

[0096] 도 9는 반응중 가스 밸브들(31(a), 31(c)) 및 매니폴드 조립체(10)의 바디(27)에 연결된 비활성 가스 밸브들(30(a), 30(c))를 나타내는 도 7의 라인들(9-9)을 따라 절취된 확대된 단면도이다. 도 7 및 도 9를 참조하면, 스페이서 블록(700(a))은 반응중 가스 밸브(31(a))와 결합되어지고, 매니폴드 조립체(10)의 바디(27)와 반응중 가스 밸브(31(a)) 사이에 유동 경로들을 제공한다. 스페이서 블록(700(c))은 반응중 가스 밸브(31(c))와 결합되어지고, 매니폴드 조립체(10)의 바디(27)와 반응중 가스 밸브(31(c)) 사이에 유동 경로들을 제공한다. 제 1 통로 또는 스페이서 블록(700(a)) 및 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 내의 라인(648)은 비활성 가스 밸브(30(a))의 출력 포트를 반응중 가스 밸브(31(a))를 위한 상기 두 개의 입력 포트들 중 하나에 연결한다. 상기 제 2 통로 또는 라인(622)은 체결부(190(a))를 반응중 밸브(31(a))를 위한 다른 입력 포트에 연결한다. 상기 제 3 통로 또는 라인(624)은 반응중 가스 밸브(31(a))의 출력 포트를 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 연결한다. 반응중 가스 밸브(31(c))에 대하여, 제 1 통로 또는 스페이서 블록(700(c)) 및 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 내의 라인(656)은 비활성 가스 밸브(30(c))의 출력 포트를 반응중 가스 밸브(31(c))를 위한 상기 두 개의 입력 포트들 중 하나에 연결한다. 상기 제 2 통로 또는 라인(634)은 체결부(190(c))를 반응중 밸브(31(c))를 위한 다른 입력 포트에 연결한다. 상기 제 3 통로 또는 라인(636)은 반응중 가스 밸브(31(c))의 출력 포트를 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 연결한다.

[0097] 통로 또는 라인(654)은 비활성 가스 밸브(30(c))의 입력 포트를 내부 비활성 가스 채널(610)에 연결한다. 통로 또는 라인(646)은 비활성 가스 밸브(30(a))의 입력 포트를 내부 비활성 가스 채널(610)에 연결한다.

[0098] 도 8 및 도 9를 참조하면, 반응중 가스는, 혼합을 촉진하기 위하여 중앙 보어(28) 내에서 상기 가스가 소용돌이 치도록 라인들(624, 630, 636, 642)을 통하여 바람직하게는 센터라인(702)으로부터 벗어나서 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 인입된다. 소용돌이치는 가스는 상기 소정의 생성물에 따라서 비활성 가스 및/또는 다른 반응중 가스와 함께 상기 반응중 가스의 혼합을 촉진할 수 있다. 상기 가스 혼합물은 상기 혼합물이 증착 챔버(1)를 향하여 이동함에 따라 관 형상의 바디 내부를 일주한다.

[0099] 일부 실시예에서, 바디(27), 스페이서(700(a) ~ 700(d)), 및 밸브(30(a) ~ 30(d), 31(a) ~ 31(d)) 중 하나 이상의 부품들은 스테인레스 스틸 또는 다른 금속성 물질이다. 스테인레스 스틸을 포함하는, 매니폴드 조립체

(10)는 O-링을 포함할 필요가 없어 결과적으로 데드존을 갖지 아니한다. 바람직하게 상기 라인들 또는 통로들은 내화학성 금속 블록 또는 바디(27) 내부에 일체로(integrally) 형성된다. 일부 실시예에서, 상기 비활성 및 반응중 밸브들(30, 31)은 스테인레스 스틸로 형성되며, 미국 오하이오주 살론 소재의 스와지록사(Swagelok Co.)로부터 상업적으로 입수될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 상기 스와지록(Swagelok)사의 두 개의 포트 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))은 부분 번호 6LVV-MSM-ALD3T-W2-P-CS 와 동일하고, 상기 세 개의 포트 반응중 가스 밸브들(31(a) ~ 31(d))은 부분 번호 6LVV-MSM-ALD3T-W3-PCS와 동일하다. 금속 밸브들(30,31) 각각은 상기 금속에 대하여 밀봉될 수 있고, 적합하게는 금속 밀봉들을 갖는 스테인레스 스틸 스페이서(700) 및 상기 매니폴드들의 바디(27)일 수 있다. 일부 다른 실시예에서는, 세라믹 금속으로부터 매니폴드 조립체(10)의 하나 이상의 부품들을 제조할 수 있다.

[0100] 도 9는 체결하는 부품들의 표면들 사이에 위치하는 다양한 금속 밀봉들을 도시한다. 물론, 더 많거나 더 적은 금속 밀봉들이 예를 들어, 상기 체결되는 부품들과 연관된 물질들, 허용 오차들, 동작 압력들 및 가스들에 의존하여 이용될 수 있다. 또한, 일부 실시예에서는, 하나 이상의 부품들이 단일의 부품에 결합될 수 있고, 그에 따라 상기 결합된 부품들 사이에 밀봉은 불필요해진다. 예를 들어, 스페이서 블록(700(a) ~ 700(d)) 및 연관된 반응중 가스 밸브(31(a) ~ 31(d))는 단일의 부품에 결합될 수 있고, 상기 결합된 부품들 사이에 밀봉들을 위한 필요는 제거될 수 있다. 또한, 반응중 가스 밸브와 연관된 스페이서 블록(700(a) ~ 700(d))은 상기 인접한 비활성 가스 밸브(도 10을 보라.)를 위한 스페이서를 형성하도록 상기 반응중 가스 밸브의 측면을 벗어나게 확장될 수 있다. 택일적으로, 상기 반응중 가스 밸브 및 상기 반응중 가스 밸브와 연관된 상기 비활성 가스 밸브는 별도의 스페이서들을 가질 수 있다. O-링들과 같은 중합 물질들로 만들어진 일반적인 밀봉들(900)도 상기 샤워 헤드 어셈블리에 대해 매니폴드 조립체(10)를 밀봉하기 위하여 채택될 수 있다.

[0101] 도 10은 매니폴드 조립체(10)의 다른 실시예를 개략적으로 도시하며, 상기 스페이서 블록들은 반응중 가스 밸브(31(a)), 그것의 연관된 비활성 가스 밸브(31(a)) 및 매니폴드 조립체(10)의 바디(27) 사이가 연결된 알루미늄 및 스테인레스 스틸과 같은 비유사 물질들의 하위 부품들을 포함한다. 본 실시예의 경우에, 반응중 가스 밸브들(31(b) ~ 31(d)) 및 비활성 가스 밸브들(30(a) ~ 30(d))가 도시되지 않는 반면, 반응중 가스 밸브(31(a)) 및 비활성 가스 밸브(30(a))가 도시된다. 그러나, 이하의 설명은 반응중 가스 밸브들의 다른 세 개의 집합과 연관된 비활성 가스 밸브들(30(b), 31(b); 30(c), 31(c); 30(d), 31(d))에 동일하게 적용된다.

[0102] 바람직한 실시예에서, 밸브들(31(a), 30(a))은 스테인레스 스틸, 예를 들어, 316 SS 로 형성된다. 바람직하게는 스테인레스 스틸은 더 작은 강도를 갖는 금속들에 비하여 상기 밸브들의 내구성을 증가시킨다. 매니폴드 조립체(10)의 바디(27)는 알루미늄 또는 유사 물질로부터 만들어지고, 높은 열 전도성을 제공한다. 바람직하게는, 알루미늄은 상대적 인 경 금속이며, 스테인레스 스틸과 비교시 향상된 열적 분포를 제공한다. 선택적으로는, 바디(27)는 316 스테인레스 스틸로 형성될 수 있다. 바디(27)를 위하여 다른 물질들도 이용될 수 있다.

[0103] 도 6에 도시된 것처럼, 매니폴드 조립체(10) 내의 많은 내부 통로들은 부품들 사이에 공유된다. 다른 부분들 내의 연결 통로들 사이의 경계면은 일반적으로 O-링 또는 다른 밀봉 장치(900, 도 9)를 공급하기 위하여 채택된 표면들 내의 리세스들을 이용한다. 상기 리세스들 및 연관된 밀봉들은 상기 계면에서 데드 존이 형성될 가능성을 증가시킨다. 더 적은 수의 리세스형(recessed) 또는 매입형(embedded) 밀봉들, O-링들 및 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28), 상기 반응중 및 비활성 가스 밸브들 사이의 유동 경로들을 따르는 임의의 생성된 데드 존들을 갖는 것이 바람직하다. 이러한 데드 존들은 상기 유동 경로들의 완전한 퍼지를 저지하는 갭들 또는 보이드(void)들을 제공할 수 있다. 불완전하게 퍼지된 제 1 반응중 가스는 상기 보이드의 위치에서 또는 상기 제 1 반응중이 확산가능한 상기 유동 경로들을 따르는 위치에서 부적합하게 반응할 수 있다.

[0104] 바디(27) 및 밸브들(30, 31) 사이에 위치한 중간 계면들의 수가 감소함에 의하여, 데드 존들을 형성에 대한 민감도에 따라 밀봉들의 수가 감소되는 것으로 관찰되었다. 계면들이 나타나는 위치에서, 향상된 제조 기술들이 상기 계면의 데드 존들의 형성을 최소화하기 위하여 이용될 수 있다. 이들 제조 기술들은 전자 빔 용접(electron beam welding), 금속 밀봉(metal sealing) 기술의 채택, 폭발 본딩(explosion bonding) 등을 포함한다. 매니폴드 조립체(10)의 제조를 위하여 이들 기술들 중 하나 이상을 사용할 수 있다.

[0105] 바람직한 실시예에서, 하나 이상의 부재들은 바디(27) 및 밸브들(31(a), 30(a)) 사이에 배치된다. 상기 도시된 실시예에서는, 알루미늄 기저 플레이트(606) 및 스테인레스 스틸 캡(608)가 바디(27)를 밸브들(30(a), 31(a))에 연결한다. 기저 플레이트(606) 과 캡(608)는 서로를 더 연결할 수 있다. 바람직하게는, 기저 플레이트(606) 및 캡(608)은 바디(27)에 연결되기 전에 함께 연결된다. 일부 실시예들에서는, 기저 플레이트(606) 및 캡(608)은 기술분야에서 알려진 폭발 본딩 기술을 이용하여 함께 부착된다. 폭발 본딩은 이들 사이에 밀봉이 없는

계면을 제공하기 위하여 기저 플레이트(606) 및 캡(608)의 다른 물질들을 융합한다.

- [0106] 바람직하게, 기저 플레이트(606)는 서로간에 부착을 간단하게 하기 위하여 바디(27)와 같은 동일한 물질로 제조된다. 대표 실시예에서는, 모두 알루미늄으로부터 제조된다. 기저 플레이트(606) 및 캡(608)의 어셈블리를 바디(27)에 부착하기 이전에, 내부 비활성 가스 채널(610)은 바디(27)에 탑재된다. 기저 플레이트(606)의 표면은 내부 비활성 가스 채널(610)의 바깥 표면을 형성한다. 내부 비활성 가스 채널(610)의 도시된 형상 및 크기는 단지 실시예이며, 다른 형상 및 크기를 가질 수 있다. 또한, 내부 비활성 가스 채널(610)의 위치는 단지 실시예이며, 바디(27) 내부의 상기 도시된 위치로부터 이동될 수 있다.
- [0107] 폭발 본딩된 기저 플레이트(606) 및 캡(608)은 바디(27)의 바깥 표면에 부착된다. 에너지 빔 용접 방법은 기저 플레이트(606)를 바디(27)에 부착하기 위하여 채용될 수 있다. 예를 들면, 레이저 빔 또는 전자 빔이 이용될 수 있고, 상기 물질들을 함께 용접하기 위한 고 집중된(highly-focused) 에너지 빔을 제공할 수 있다. 일부 실시예에서는, 기저 플레이트(606)는 바디(27)에 전자 빔 용접된다.
- [0108] 이후 상기 밸브들은 캡(608)과 연결된다. 일부 실시예에서는, 금속 밀봉이 밸브들(30, 31) 및 캡(608) 사이에 밀봉을 형성하기 위하여 채용된다. 중합체로 형성된 O-링들에 대조적으로 금속 밀봉들은 증가된 내화학성을 갖는다. 일부 실시예에서는, W 형상의 금속 밀봉이 밸브들(30, 31) 및 캡(608) 사이의 계면에서 채용된다. 또한, 금속 밀봉들은, 중합체로 형성된 O-링들과 비교시, 과도하게 변형됨이 없이 더 높은 부하를 견딜 수 있는 이점을 갖는다. 상기 금속 밀봉은 코팅되거나 코팅되지 않을 수 있다.
- [0109] 일단 조립되면, 상기 비활성 가스는 내부 비활성 가스 채널(610)로부터 비활성 가스 밸브(30(a))에 도달할 때까지 라인(646)을 통하여 흐른다. 바람직하게는, 바디(27)와 기저 플레이트(606) 사이의 상기 본드는 어떠한 개별적인 밀봉들도 갖지 않는 전자 빔 용접이다. 기저 플레이트(606) 및 캡(608) 사이의 상기 본드는 어떠한 개별적인 밀봉들도 갖지 않는 폭발 본드이다. 해제 가능한 금속 밀봉은 정밀 검사, 세척 및 유지를 위하여 밸브들(30(a), 31(a))의 제거를 허용하는 밸브들(30(a), 31(a)) 및 캡(608) 사이에 채용된다.
- [0110] 비활성 가스 밸브(30(a)) 출력 포트는 라인(648)을 통하여 반응종 가스 밸브(31(a))와 연동된다. 라인(648)은 바람직하게는 내부 비활성 가스 채널(610)의 부품들 중에 공유되지 않고, 라인(648)의 인렛 및 아웃렛을 제외하고는 밀봉들을 필요로 하지 아니한다. 라인(646)으로부터 상기 출구를 밀봉하는 상기 밀봉들, 라인(648)으로의 상기 인렛, 라인(648)으로부터의 상기 아웃렛, 라인(622)으로부터의 상기 출구 및 라인(624)으로의 상기 인렛은 바람직하게는 금속이다. 바람직하게는, 금속 밀봉들의 이용은 종래의 중합체로 된 밀봉들에 비하여 상기 밀봉의 수명을 증가시킬 수 있고, 그들의 높은 내화학성에 기인하여 오염의 배제를 강화할 수 있다.
- [0111] 반응종 가스 밸브(31(a))는 라인(648)에 연동한다. 반응종 가스(A)가 라인(622)으로부터 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 도달하는 것을 허용하거나 방지하는 것과 함께, 반응종 가스 밸브(31(a))도 라인(624)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28) 내로 비활성 가스의 흐름을 허용하거나 방지하도록 구성된다. 따라서, 반응종 가스 밸브(31(a))는 인입 라인(624)로부터 상기 비활성 가스 및 반응종 가스(A)를 개별적으로 허용하거나 방지하도록 구성될 수 있다.
- [0112] 바람직한 실시예에서는, 반응종 가스 밸브(31(a))는 3 포트 밸브이다. 반응종 가스 밸브(31(a))의 제 1 포트는 라인(622)과 연동하고, 반응종 가스(A)를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(a))의 제 2 포트는 라인(648)과 연동되고, 비활성 가스를 입력받는다. 반응종 가스 밸브(31(a))의 제 3 포트 또는 배출 포트는 라인(624)을 통하여 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)와 연통된다.
- [0113] 기저 플레이트(606) 및 캡(608)의 가공 허용 오차를 제어하는 것은 일 계면의 제 1 측부 상의 라인의 제 1 부를 상기 동일 계면의 제 2 측부 상의 동일한 라인의 제 2 부에 정렬하는 것에 도움이 되며, 그에 따라 매니폴드 조립체(10) 내의 재순환(recirculation) 또는 보이드들이 감소된다. 매니폴드 조립체(10)의 하위 부품들의 체결 표면들 상의 표면 마감과 편평도를 제어하는 것은 인접하는 하위 부품들을 밀봉하는데 도움이 될 수 있다. 일부 실시예에서는, 상기 밀봉 표면 상에서 16 내지 32의 마이크로 마감 표면이 유지된다.
- [0114] 상기 제어 시스템은 하나 이상의 밸브들(30, 31)이 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 도달하는 것을 선택적으로 허용하거나 방지하는 것을 제어한다. 바람직하게, 매니폴드 조립체(10)의 실시예들은 매니폴드 조립체(10)의 부품들 사이의 계면에서 일반적인 밀봉들이 필요하는 것을 감소시킨다. 일반적인 밀봉들의 수를 감소시키는 것은 데드 레그들 또는 데드 존들이 형성되는 기회를 감소시킨다. ALD 동작에 있어서, 데드 레그들을 감소시키는 것은, 반응 공간의 상류에서의 반응종들의 상호 작용을 방지하기 위하여 필요한 퍼징의 지속 시간을 감소시킨다. 이러한 상호 작용은, 기관들 상의 상기 증착시 오염 또는 불균일성을 초래할 수 있다. 계면들이

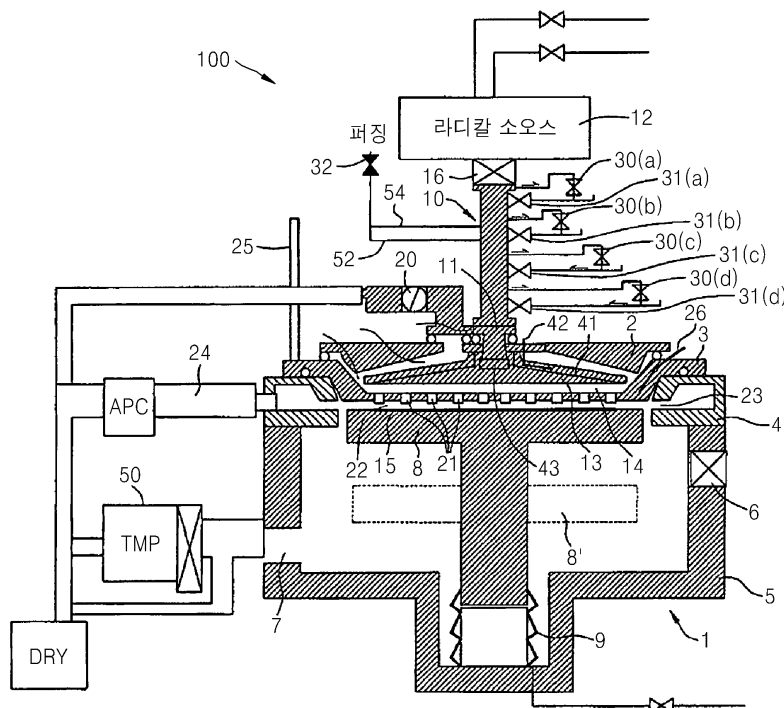
일어나는 경우에, 데드 존들의 형성을 최소화하기 위하여 향상된 제조 기술들이 채용될 수 있다. 이러한 제조 기술들은 전자 빔 용접, 금속 밀봉 기술의 채택, 폭발 본딩 등을 포함한다. 또한, 매니폴리 어셈블리(10)는, 매니폴드 조립체(10)의 중앙 보어(28)에 인입되는 다양한 가스들의 온도를 개별적으로 제어하기 위하여 분산된 히터들(180)을 채용한다.

[0115]

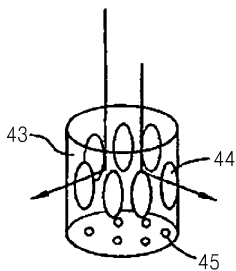
본 발명이 특정 바람직한 실시예들의 관점에서 개시되었지만, 당업자에게 자명한 다른 실시예들도 본 발명의 범위 내에 속한다. 따라서, 본 발명의 사상과 범위를 벗어나지 않고서도 다양한 변형과 변경이 실시될 수 있다. 예를 들면, 필요에 따라 다양한 구성 부재들이 재배치될 수 있다. 또한, 본 발명을 실시하기 위하여 특징들, 실시형태들 및 이점들 모두가 반드시 요구되는 것은 아니다.

도면

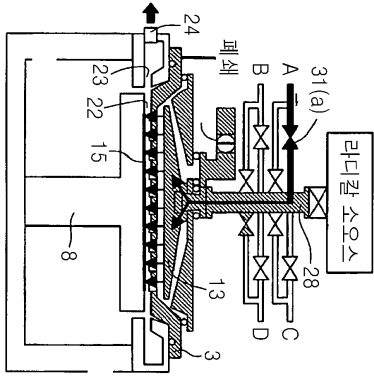
도면1



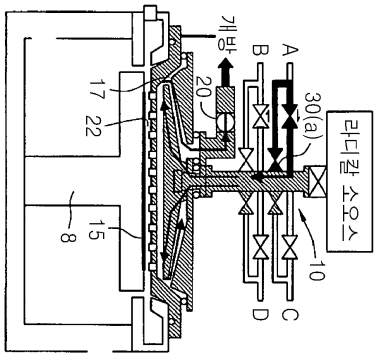
도면2



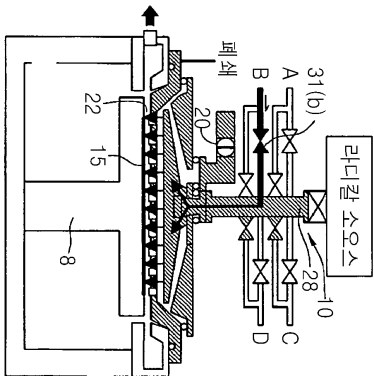
도면3



<단계 1>
가스공급
사위 배기 폐쇄

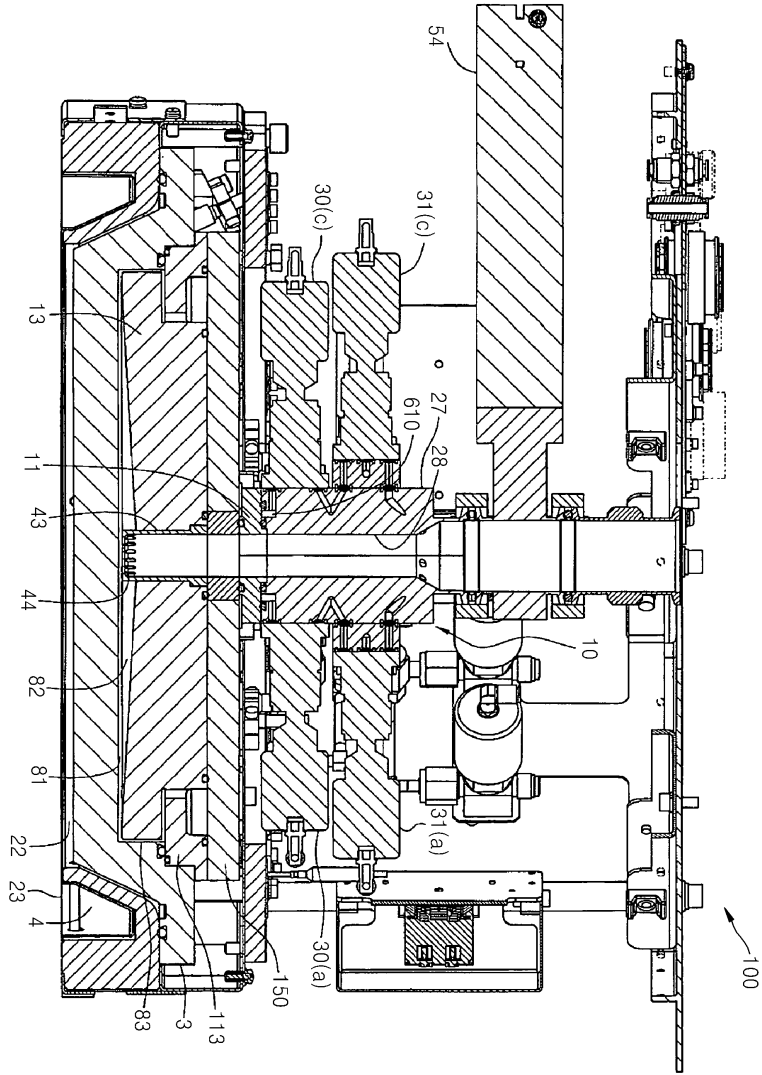


<단계 2>
비활성 가스 퍼징
사위 배기 개방

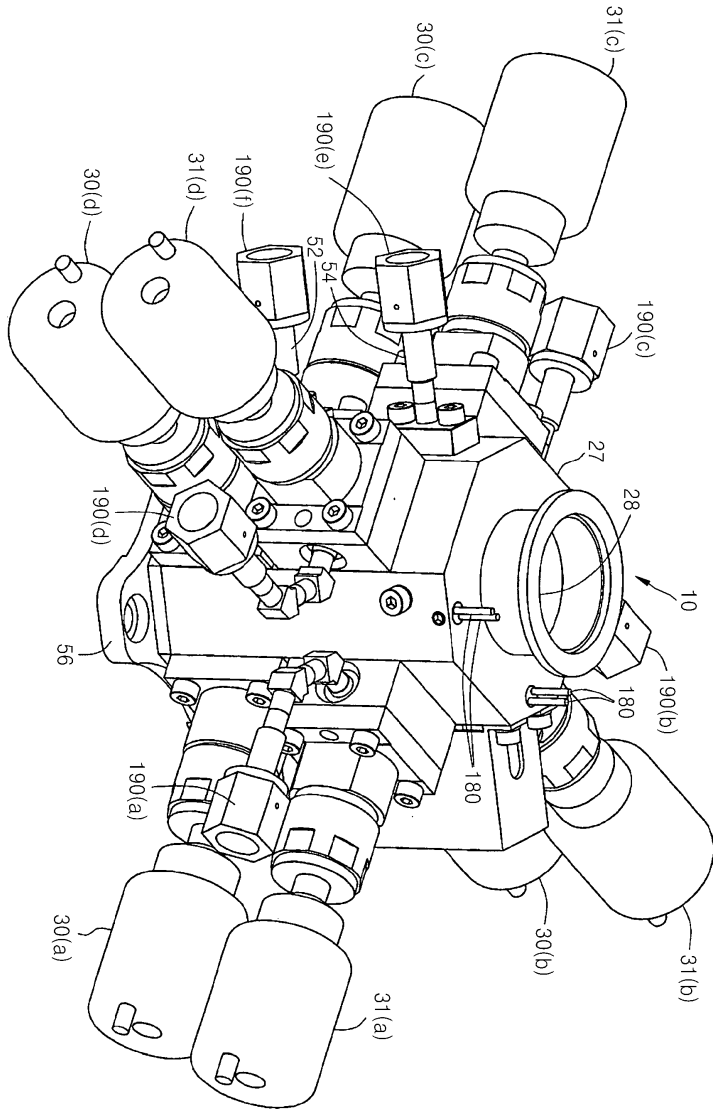


<단계 3>
가스공급
사위 배기 폐쇄

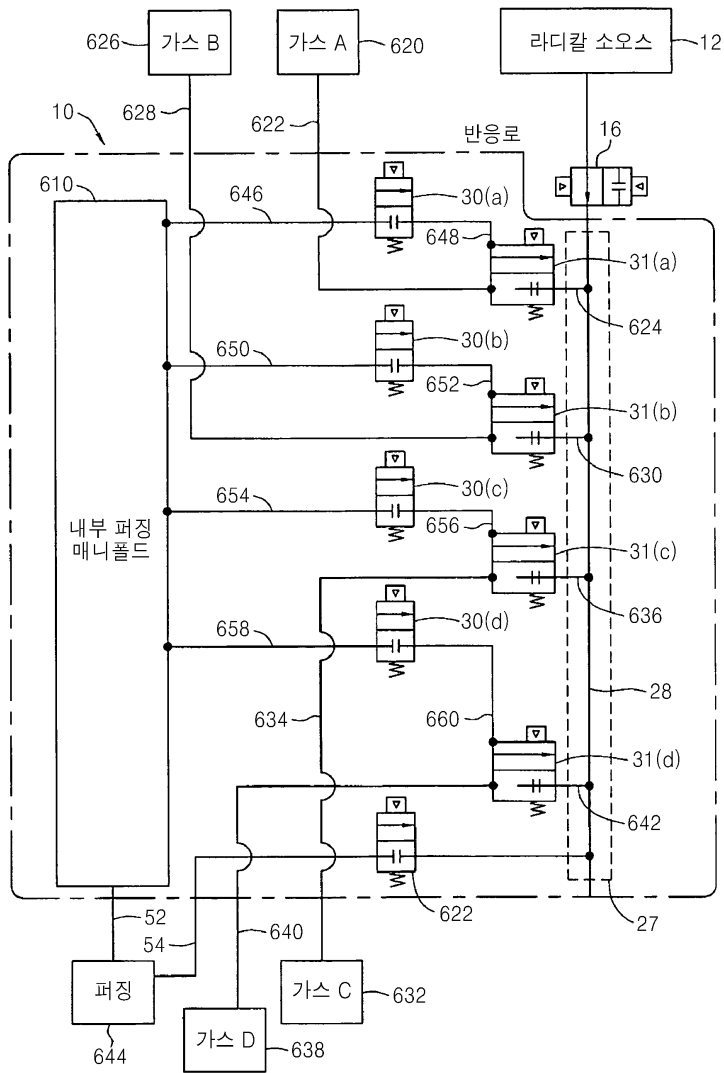
도면4



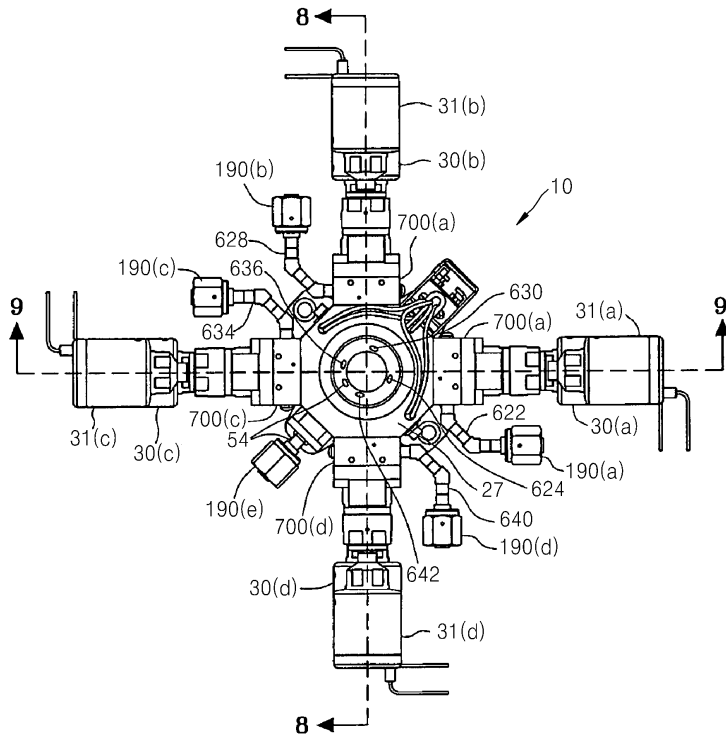
도면5



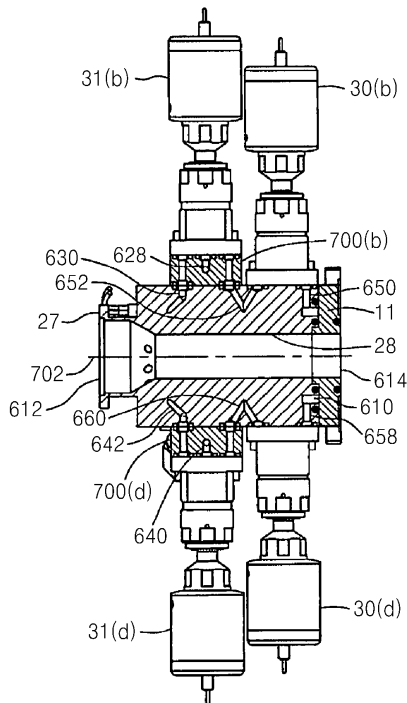
도면6



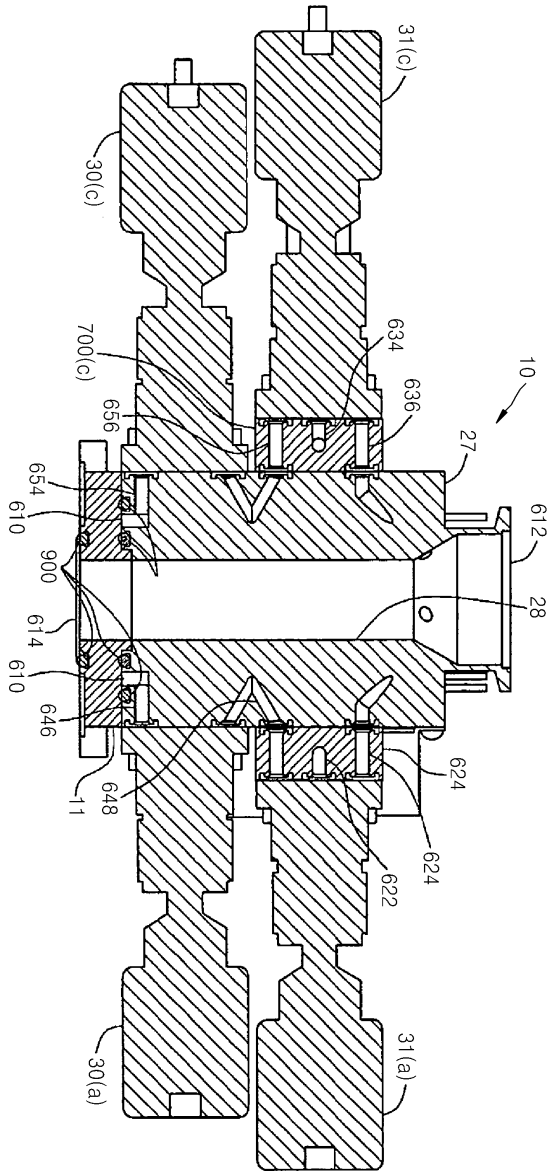
도면7



도면8



도면9



도면10

