



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년12월08일
(11) 등록번호 10-1807231
(24) 등록일자 2017년12월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/455 (2006.01) C23C 16/50 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7027394
(22) 출원일자(국제) 2011년04월07일
심사청구일자 2016년03월25일
(85) 번역문제출일자 2013년10월17일
(65) 공개번호 10-2014-0023321
(43) 공개일자 2014년02월26일
(86) 국제출원번호 PCT/FI2011/050302
(87) 국제공개번호 WO 2012/136875
국제공개일자 2012년10월11일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110008089 A*
US20100183825 A1*
KR1020110041547 A
KR1020150023017 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
피코순 오와이
핀랜드 에프아이-02150 에스푸 티에토티에 3
(72) 발명자
킬피 베이너
핀랜드 에프아이-02130 에스푸 라우둔티에 4 에이
리 웨이-민
핀랜드 에프아이-02260 에스푸 휠리에맨포르티 1
에이
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

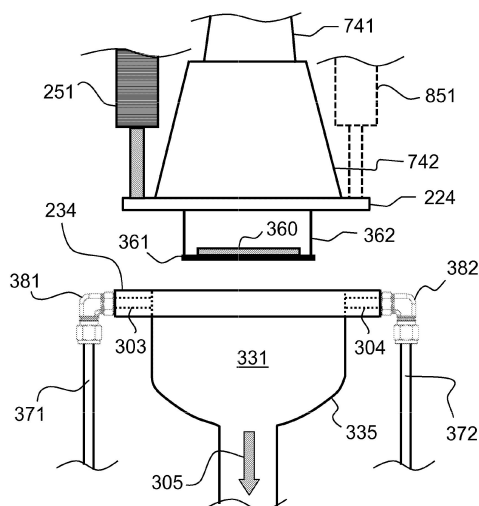
심사관 : 손동연

(54) 발명의 명칭 플라즈마 소오스를 갖는 퇴적 반응기

(57) 요약

본 발명은 반응물들을 플라즈마 소오스로부터 반응 챔버를 향하여 위에서 아래로의 흐름으로서 안내하기 위해 구성되며, 상기 반응 챔버를 향하여 넓어지는 확장 공간을 정의하는 인피드 부분; 및 상기 반응 챔버의 상부측으로부터 상기 반응 챔버로 적어도 하나의 기판을 로딩하기 위한 리프팅 메카니즘;을 포함한다. 상기 퇴적 반응기는 순차적인 자기포화(self-saturating) 표면 반응들에 의해 상기 반응 챔버 내에서 상기 적어도 하나의 기판 상에 물질을 퇴적하도록 구성된다.

대표도 - 도10



(72) 발명자

말리넨 티모

핀란드 에프아이-02940 에스푸 쿠닝칸티에 33 비

코스타모 유하나

핀란드 에프아이-02260 에스푸 노르파티에 4 씨 11

린드포르스 스벤

핀란드 에프아이-02230 에스푸 누오타미에헨티에 8

명세서

청구범위

청구항 1

반응물들을 플라즈마 소오스로부터 반응 챔버를 향하여 위에서 아래로의 흐름으로서 안내하기 위해 구성되며, 상기 반응 챔버를 향하여 넓어지는 확장 공간을 정의하는 인피드 부분; 및

상기 반응 챔버의 상부측으로부터 상기 반응 챔버로 적어도 하나의 기관을 로딩하기 위한 리프팅 메카니즘;을 포함하는 퇴적 반응기에서,

상기 퇴적 반응기는 순차적인 자기포화(self-saturating) 표면 반응들에 의해 상기 반응 챔버 내에서 상기 적어도 하나의 기관 상에 물질을 퇴적하도록 구성되고,

상기 인피드 부분은 수직적으로 변형되도록 구성된 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 리프팅 메카니즘은 상기 인피드 부분의 치수들을 변화시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 인피드 부분은 수축된 형상 및 연장된 형상을 가지며, 상기 리프팅 메카니즘은 상기 인피드 부분이 그것의 수축된 형상에 있을 때 상기 적어도 하나의 기관의 로딩을 허용하면서, 상기 연장된 형상으로부터 상기 수축된 형상으로 상기 인피드 부분을 밀거나 당기도록 구성된 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 인피드 부분은 서로의 내에 맞춰지도록 이동가능 한, 한 세트의 중첩된 서브 부분들 또는 링 형상의 부재들을 포함하는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 인피드 부분은 두개의 중첩된 서브 부분들로 구성된 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 인피드 부분은 퇴적 동안에 상기 반응 챔버의 상부 플랜지에 대하여 차례로 맞춰진 확장 공간 플랜지에 부착되는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 리프팅 메카니즘은 로딩 또는 언로딩을 위한 상부 위치와 퇴적을 위한 하부 위치 사이에서 상기 적어도 하나의 기관을 운반하는 기관 홀더를 이동시킬 수 있도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 플라즈마 소오스와 상기 반응 챔버 사이에 기관 전송 챔버를 포함하는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 기관 전송 챔버는 로드락을 위한 인터페이스를 포함하는 것을 특징으로 하는 퇴적

반응기.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 인피드 부분에 수동 접근 출입구를 포함하는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 리프팅 메카니즘은 복수의 대칭적으로 위치한 엘리베이터들을 포함하는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 퇴적 반응기는 상기 반응 챔버에서 가스 흐름에 대한 주된(primary) 장애로서 상기 적어도 하나의 기관을 운반하는 기관 홀더를 사용하도록 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 기관 홀더와 반응 챔버 벽체 사이에 흐름 조정 부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 퇴적 반응기.

청구항 15

제1항 내지 제3항, 및 제5항 내지 제14항 중 어느 하나의 항에 따른 퇴적 반응기를 동작시키는 단계를 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 플라즈마 소오스를 갖는 퇴적 반응기들에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 배타적인 것은 아니지만, 본 발명은 물질이 순차적인 자기 포화(self-saturating) 표면 반응들에 의해 표면들 상에 퇴적되는 퇴적 반응기들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원자층 에피택시(Atomic Layer Epitaxy; ALE) 방법은 1970년대 초반에 Tuomo Suntola 박사에 의해 발명되었다. 본 방법에 대한 다른 총괄 명칭은 원자층 퇴적(Atomic Layer Deposition; ALD)이며, 요즘에는 이것이 ALE를 대신해서 사용된다. ALD는 기관에 적어도 두개의 반응성 전구체 종들(precursor species)의 순차적인 도입에 기초한 특별한 화학적 퇴적 방법이다. 상기 기관은 반응 공간 내에 위치한다. 상기 반응 공간은 전형적으로 가열되어 있다. ALD의 기본적인 성장 메카니즘은 화학적 흡착(chemisorption) 및 물리적 흡착(physisorption) 사이의 결합력 차이들에 의존한다. ALD는 퇴적 공정 동안에 화학적 흡착을 이용하며, 물리적 흡착을 제거한다. 화학적 흡착 동안에 고상(solid phase) 표면의 원자(들)와 기상(gas phase)으로 도달한 분자 사이에 강력한 화학적 결합이 형성된다. 물리적 흡착에 의한 결합은 단지 반 데르 발스 힘이 수반되기 때문에 훨씬 약하다. 물리적 흡착의 결합들은 국부적 온도가 상기 분자들의 응축 온도 위일 때 열 에너지에 의해 쉽게 파괴된다.

[0003] ALD 반응기의 반응 공간은 박막들의 퇴적을 위해 사용된 ALD 전구체의 각각에 교대로 및 순차적으로 노출될 수 있는 모든 가열된 표면들을 포함한다. 기본 ALD 퇴적 사이클은 펄스 A, 퍼지 A, 펄스 B, 퍼지 B의 4개의 순차적인 단계들로 구성된다. 펄스 A는 전형적으로 금속 전구체 증기로 구성되며, 펄스 B는 비금속 전구체 증기, 특히 질소 또는 산소 전구체 증기로 구성된다. 질소 또는 아르곤과 같은 불활성 가스 및 진공 펌프가 퍼지 A 및 퍼지 B 동안에 상기 반응 공간으로부터 기체 반응 부산물 및 잔류 반응물 분자들을 퍼지하기 위해 사용된다. 퇴적 시퀀스는 적어도 하나의 퇴적 사이클을 포함한다. 퇴적 사이클들은 상기 퇴적 시퀀스가 원하는 두께의 박막을 생산할 때까지 반복된다.

[0004] 전구체 종들은 화학적 흡착을 통하여 상기 가열된 표면들의 반응성 사이트들에 화학적 결합을 형성한다. 전형적으로 하나의 전구체 펄스 동안에 고체 물질의 단지 하나의 단분자층이 상기 표면들 상에 형성되는 방식으로 조건들이 마련된다. 따라서 상기 성장 공정은 자기 종결적(self-terminating) 또는 포화적(saturative)이다. 예를 들어, 제1 전구체는 흡착 종들에 부착되어 잔류하며, 상기 표면을 포화시키는 리간드들(ligands)을 포함할 수

있어서, 추가의 화학적 흡착을 방지한다. 반응 공간 온도는, 상기 전구체 분자 종들이 본질적으로 온전하게 (essentially intact) 상기 기관(들) 상에 화학 흡착되도록 상기 활용된 전구체들의 응결 온도 위로 그리고 열 분해 온도 아래로 유지된다. 본질적으로 온전하게라는 것은 상기 전구체 분자 종들이 상기 표면 상에 화학 흡착 될 때 휘발성 리간드들이 상기 전구체 분자를 떼어낼 수도 있다는 것을 의미한다. 상기 표면은 제1 타입의 반응성 사이트들, 즉 상기 제1 전구체 분자들의 흡착된 종들로 기본적으로 포화된다. 이러한 화학적 흡착 단계는 전형적으로 제1 퍼지 단계(퍼지 A)가 수반되며, 여기서 과잉의 제1 전구체 및 있을 수 있는 반응 부산물들이 상기 반응 공간으로부터 제거된다. 이어서 제2 전구체 증기가 상기 반응 공간 내로 도입된다. 제2 전구체 분자들은 전형적으로 상기 제1 전구체 분자들의 흡착된 종들과 반응함으로써 원하는 박막 물질을 형성한다. 이러한 성장은 상기 흡착된 제1 전구체의 전체 양이 소모되고, 상기 표면이 본질적으로 제2 타입의 반응성 사이트들로 포화 될 때 종결된다. 이어서 과잉의 제2 전구체 증기와 있을 수 있는 반응 부산물 증기들이 제2 퍼지 단계(퍼지 B)에 의해 제거된다. 이어서 상기 막이 원하는 두께로 성장될 때까지 상기 사이클이 반복된다. 또한 퇴적 사이클들은 더 복잡할 수 있다. 예를 들어, 상기 사이클들은 퍼지 단계들에 의해 분리된 3개 이상의 반응물 증기 펄스를 포함할 수 있다. 모든 이러한 퇴적 사이클들은 로직 유닛 또는 마이크로프로세서에 의해 제어되는 시간조정된(timed) 퇴적 시퀀스를 형성한다.

[0005] ALD에 의해 성장된 박막들은 조밀하며, 핀홀이 없고, 일정한 두께를 갖는다. 예를 들어, 250 - 300℃에서 TMA로서 언급되는 트리메틸알루미늄($(CH_3)_3Al$)과 물로부터 열적 ALD에 의해 성장된 알루미늄 옥사이드는 100 - 200 mm 직경의 웨이퍼 상에서 통상적으로 약 1%의 불균일성을 갖는다. ALD에 의해 성장한 금속 옥사이드 박막들은 게이트 유전체들, 전자발광 표시장치 절연체들, 자성 관독 헤드 겹들을 위한 충전층들, 커패시터 유전체들 및 보호층들에 적합하다. ALD에 의해 성장된 금속 나이트라이드 박막들은 예를 들어, 이중 다마신 구조들에서 확산 장벽들을 위해 적합하다.

[0006] 여러 가지 ALD 반응기들에서 ALD 공정들에 적합한 전구체들이, R.Puurunen의 논문 "Surface chemistry of atomic layer deposition; A case study for the trimethylaluminium/water process" (J.Appl. Phys., 97(2005), p. 121301)에 개시되어 있으며, 여기에 참조로서 통합된다.

[0007] ALD 공정들에서 래디컬들의 사용은, 매우 낮은 퇴적 온도에서 열적으로 민감한 기관들을 사용할 가능성과 같은 몇가지 장점들을 얻을 수 있다. 플라즈마 ALD 반응기에서, 래디컬들은 플라즈마 소오스에 의해 발생된다. 그러나 플라즈마 소오스의 사용은 퇴적 반응기에 대해 일정한 요구사항들 또는 특정 문제점들을 야기시킬 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하려는 과제는 상기 요구사항들 또는 문제점들을 감안하여, 개선된 플라즈마 소오스를 갖는 퇴적 반응기를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 제1 실시예에 태양에 따라, 반응물들을 플라즈마 소오스로부터 반응 챔버를 향하여 위에서 아래로의 흐름으로서 안내하기 위해 구성되며, 상기 반응 챔버를 향하여 넓어지는 확장 공간을 정의하는 인피드 부분; 및 상기 반응 챔버의 상부측으로부터 상기 반응 챔버로 적어도 하나의 기관을 로딩하기 위한 리프팅 메카니즘;을 포함하는 퇴적 반응기가 제공되며, 상기 퇴적 반응기는 순차적인 자기포화(self-saturating) 표면 반응들에 의해 상기 반응 챔버 내에서 상기 적어도 하나의 기관 상에 물질을 퇴적하도록 구성된다.

[0010] 어떤 실시예들에서, 상기 퇴적 반응기는 플라즈마 강화 원자층 퇴적 반응기, PEALD 반응기이다. 어떤 실시예들에서, 상기 퇴적 반응기는 상기 반응 챔버의 상부 측 상에 플라즈마 소오스를 포함한다. 어떤 실시예들에서, 상기 플라즈마 소오스는 유도 결합된(inductively coupled) 플라즈마 소오스이다. 어떤 실시예들에서, 상기 플라즈마 소오스는 상기 퇴적 반응기에서 반응물로서 사용된 래디컬들을 생산하도록 구성된다.

[0011] 어떤 실시예들에서, 상기 리프팅 메카니즘은 상기 반응 챔버의 상부 측으로부터 로딩을 가능하게 해준다.

[0012] 어떤 실시예들에서, 상기 확장 공간을 정의하거나 형성하는 상기 인피드 부분이 그것의 치수들 또는 그것의 형상들 또는 크기에서 다양하다. 어떤 실시예들에서, 상기 리프팅 메카니즘은 상기 인피드 부분의 치수들을 변화시키도록 구성된다.

- [0013] 어떤 실시예들에서, 상기 인피드 부분은 수축된 형상 및 연장된 형상을 가지며, 상기 리프팅 메카니즘은 상기 인피드 부분이 그것의 수축된 형상에 있을 때 상기 적어도 하나의 기관의 로딩을 허용하면서, 상기 연장된 형상으로부터 상기 수축된 형상으로 상기 인피드 부분을 밀거나 당기도록 구성된다.
- [0014] 어떤 실시예들에서, 상기 인피드 부분은 수직적으로 변형되도록 구성된다.
- [0015] 어떤 실시예들에서, 상기 인피드 부분은 서로의 내에 맞춰지도록 이동가능 한, 한 세트의 중첩된 서브 부분들 또는 링 형상의 부재들을 포함한다. 상기 서브 부분들은 내측으로부터 속이 비어 있을 수 있다. 상기 중첩된 서브 부분들의 수는 망원경 구조를 형성하기 위해 둘 또는 그 이상일 수 있다. 상기 중첩된 서브 부분들은 원뿔대일 수 있다. 하나의 실시예에서, 상기 인피드 부분이 실제로 둘 또는 그 이상의 서브 부분들로 구성될 때, 상기 반응 공간에 최근접한 적어도 상기 서브 부분은 원뿔대일 수 있다. 어떤 실시예들에서, 상기 인피드 부분은 두 개의 중첩된 서브 부분들로 구성된다.
- [0016] 어떤 실시예에서, 상기 리프팅 메카니즘은 리프트를 포함한다. 이것은 예를 들어 선형 피드스루를 포함할 수 있다.
- [0017] 어떤 실시예들에서, 상기 인피드 부분은 퇴적 동안에 상기 반응 챔버의 상부 플랜지에 대하여 교대로(in turn) 맞춰진 확장 공간 플랜지에 부착된다. 그리하여 표면 대 표면 밀봉이 제공될 수 있다.
- [0018] 어떤 실시예들에서, 상기 리프팅 메카니즘은 로딩 또는 언로딩을 위한 상부 위치와 퇴적을 위한 하부 위치 사이에서 상기 적어도 하나의 기관을 운반하는 기관 홀더를 이동시킬 수 있도록 구성되어 있다.
- [0019] 어떤 실시예들에서, 상기 플라즈마 소오스와 상기 반응 챔버 사이에 기관 전송 챔버를 포함한다. 상기 기관 전송 챔버는 로드락을 위한 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0020] 어떤 실시예들에서, 상기 인피드 부분에 수동 접근 출입구를 포함한다.
- [0021] 어떤 실시예들에서, 상기 퇴적 반응기는 복수의 대칭적으로 위치한 엘리베이터들을 포함하는 상기 리프팅 메카니즘을 포함한다. 어떤 실시예들에서, 상기 엘리베이터들의 수는 두 개이다. 어떤 다른 실시예들에서, 상기 엘리베이터들의 수는 세 개, 네 개 또는 그 이상이다. 상기 엘리베이터들은 상기 인피드 부분에 대하여 대칭적일 수 있다.
- [0022] 어떤 실시예들에서, 상기 퇴적 반응기는 상기 반응 공간에서 가스 흐름에 대한 주된(primary) 장애로서 상기 적어도 하나의 기관을 운반하는 기관 홀더를 사용하도록 구성되어 있다.
- [0023] 어떤 실시예들에서, 상기 퇴적 반응기는 흐름 조정 부분을 포함하거나, 상기 흐름 조정 부분이 제공될 수 있다. 상기 흐름 조정 부분은 상기 기관 홀더와 반응 챔버 벽체 사이에 위치한다. 이것은 상기 기관 홀더를 둘러쌀 수 있다. 어떤 실시예들에서, 이것은 본질적으로 상기 기관 홀더와 상기 반응 챔버 벽체 사이의 공간을 충전할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 상기 흐름 조정 부분은 그 내에 홀들을 갖는 링일 수 있다. 상기 홀들은 크기가 균일할 수 있으며, 또는 상기 홀들은 보다 큰 홀들에서 보다 많은 흐름을 통과시키도록 크기가 다양할 수 있다.
- [0024] 어떤 실시예들에서, 상기 인피드 부분은 변형가능하며, 상기 장치는 수축된 형상과 연장된 형상 사이에서 상기 인피드 부분을 변형하기 위한 적어도 하나의 기계적 액츄에이터를 포함한다.
- [0025] 어떤 실시예들에서, 적어도 하나의 기관을 운반하는 기관 홀더가 상기 변형가능한 인피드 부분에 기계적으로 결합되며, 여기서 상기 변형가능한 인피드 부분을 변형하는 것은 적어도 하나의 기관을 운반하는 상기 기관 홀더를 로딩 또는 언로딩을 위한 상부 위치로 들어올리게 해준다.
- [0026] 본 발명의 제2 실시예 태양에 따라, 상기 제공된 어떠한 실시예들에 따른 퇴적 반응기를 동작시키는 단계를 포함하는 방법이 제공된다.
- [0027] 어떤 실시예들에서, 상기 방법은 적어도 하나의 기계적 액츄에이터에 의해 수축된 형상과 연장된 형상 사이에서 변형가능한 인피드 부분을 사용하는 단계를 포함한다.
- [0028] 어떤 실시예들에서, 적어도 하나의 기관을 운반하는 기관 홀더가 상기 변형가능한 인피드 부분에 기계적으로 결합되며, 상기 방법은 상기 변형가능한 인피드 부분을 변형함으로써 적어도 하나의 기관을 운반하는 상기 기관 홀더를 로딩 또는 언로딩을 위한 상부 위치로 들어올리게 하는 단계를 포함한다.
- [0029] 본 발명의 상이하며 강제력이 없는 예시적 태양들 및 실시예들이 앞에서 묘사되었다. 상기 실시예들은 본 발명의 실현들에서 활용될 수 있는 선택된 태양들 또는 단계들을 단순히 설명하기 위해 사용된다. 일부 실시예들은

단지 본 발명의 어떤 예시적 태양들을 참조하여 제공될 수 있다. 대응하는 실시예들이 또한 다른 예시적 태양들에 적용될 수 있다는 것으로 인식되어야 할 것이다. 상기 실시예들의 어떠한 적절한 조합들도 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명에 따르면, 개선된 플라즈마 소오스를 갖는 퇴적 반응기가 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0031] 본 발명은 첨부하는 도면들을 참조하여 단지 예시적인 형태로서 설명될 것이다.

도1은 실시예에 따른 퇴적 반응기를 보여준다.

도2는 반응 챔버를 향하여 넓어지는 확장 공간을 갖는 실시예를 보여준다.

도3은 로딩을 위해 기관 홀더를 끌어올리는 엘리베이터를 갖는 실시예를 보여준다.

도4는 상승된 위치에서 도3의 실시예에서의 기관을 보여준다.

도5는 로딩을 위해 기관 홀더를 밀어올리는 엘리베이터를 갖는 실시예를 보여준다.

도6은 상승된 위치에서 도5의 실시예에서의 기관을 보여준다.

도7은 반응 챔버를 향하여 넓어지는 확장 공간을 갖는 다른 실시예를 보여준다.

도8은 대칭적으로 위치한 엘리베이터들을 갖는 실시예를 보여준다.

도9는 도3에서 보여지는 실시예에 기초한 다른 실시예를 보여준다.

도10은 상승된 위치에서 도9의 실시예에서의 기관을 보여준다.

도11은 실시예에 따라 주된 흐름 장애(primary flow obstacle)로서 기관 홀더를 사용하는 원리를 보여준다.

도12는 흐름 조정 부분을 갖는 실시예를 보여준다.

도13은 도12의 흐름 조정 부분의 실행예를 보여준다.

도14는 도12의 흐름 조절부의 다른 실행 예를 보여준다.

도15는 실시예에 따라 퇴적 반응기 내에서 한 배치의 기관들을 처리하는 것을 보여준다.

도16은 수동 접근 출입구를 갖는 다른 실시예를 보여준다.

도17은 실시예에 따라 퇴적 반응기 제어 시스템의 개략적인 블록도를 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하의 설명에서, ALD 기술이 예로서 사용된다. 그러나 이러한 목적은 이 기술로 엄격히 제한하는 것이 아니며, 이것은 다른 비교할만한 원자-스케일 퇴적 기술들을 활용하는 방법들 및 장치들에서도 일정한 실시예들이 또한 적용가능하다는 것으로 인식되어야 한다.

[0033] ALD 성장 메커니즘의 기초들은 당업자에게 알려져 있다. ALD 방법들에 대한 상세한 내용들은 본 특허출원의 도입부에 또한 기술되어 있다. 이러한 상세한 내용들은 여기서 반복되지 않지만, 이 점과 관련하여 상기 도입부에 대해 참조가 이루어진다.

[0034] 도1은 측면에서의 퇴적 반응기(플라즈마 ALD 반응기 또는 유사한 것)를 보여준다. 상기 퇴적 반응기는 ALD 반응기 모듈(130) 내측에 기관 전송 챔버(120) 아래로 반응 챔버(도1에는 도시 안됨)를 포함한다. 소오스 가스가 상기 반응 챔버의 상측에서 소오스 가스 라인(101)을 경유하여 플라즈마 소오스(110)로 흐른다. 상기 소오스 가스로부터 상기 플라즈마 소오스(110)에 의해 생성된 래디컬들이 라인(102)을 경유하여 상기 반응 챔버를 향해 흐른다. 상기 플라즈마 소오스(110)와 상기 반응 챔버 사이에 상기 기관 전송 챔버(120)가 있다. 적어도 하나의 기관이 상기 기관 전송 챔버(120)를 경유하여 상기 반응 챔버 속으로 로딩된다. 상기 기관 전송 챔버(120)는 상기 적어도 하나의 기관을 로딩하기 위한 로드락(load lock) 또는 이와 유사한 것을 위한 인터페이스를 포함한다. 하나의 실시예에서, 상기 인터페이스는 게이트 밸브를 갖는 로드락이 부착될 수 있는, 로드락 플랜지(122) 또는 유사한 것일 수 있다. 하나의 실시예에서, 상기 전송 챔버 내로 적어도 하나의 기관을 로딩하는 것

은 자동화된 절차일 수 있다. 대안적으로, 상기 적어도 하나의 기관은 수동으로 로딩될 수 있다. 상기 전송 챔버에 결합된 보다 큰 출입구(123)가 수동 로딩 및 언로딩을 위해 특히 적합하다.

[0035] 상기 플라즈마 소오스로부터의 인피드(in-feed) 라인(102)은, 상기 라인(102)에 부착된 게이트 밸브 또는 이와 유사한 것 등과 같은 폐쇄 부재 또는 밸브(115)에 의해 상기 전송 챔버(120)에 앞서 폐쇄될 수 있다. 하나의 실시예에서, 상기 폐쇄 부재 또는 밸브(115)가 상기 구성으로부터 생략될 수 있으며, 퇴적 공정 동안에 상기 소오스 가스 라인(101)으로부터 상기 플라즈마 발생기(110)를 통과하여 반응 공간(도3의 331)으로 향하여 흐르는 (아르곤과 같은)보호성 불활성 가스가 있다. 상기 밸브(115)가 개방되면, 상기 소오스 가스로부터 상기 플라즈마 소오스(110)에 의해 발생된 래디컬들이 상기 인피드 라인(102)을 경유하여 상기 반응 챔버를 향하여 흐른다. 상기 래디컬들은 상기 반응 챔버를 향하여 넓어지는 확장 공간(도1에는 도시 안됨)으로 상기 전송 챔버 상부 플랜지(121)를 통과하여 흐른다. 이것은 도2에서 보다 상세히 보여진다.

[0036] 상기 확장 공간은 인피드 부분 또는 서로의 내에서 맞닿도록 이동가능한 중첩된 서브-부분들 또는 링 형상 부재들(241-245)의 세트를 포함하는 조립체에 의해 정의 또는 형성된다. 따라서 상기 서브-부분들(241-245)은 망원경 구조를 형성한다. 도2에서 보여지는 하나의 실시예에서, 최상부 서브-부분(241)은 상기 전송 챔버 상부 플랜지(121)에 부착된다. 상기 플랜지(121)는, 진공 또는 거의 진공이 전형적으로 상기 인피드 부분을 둘러싸는 상기 전송 챔버의 부분으로 발생될 수 있기 때문에, 진공 챔버 플랜지로서 표시될 수도 있다. 도2에서 보여지는 실시예에서, 최하부 서브-부분(245)은 확장 공간 플랜지(224)에 부착되며, 이것은 퇴적 동안에 반응 공간(도3의 331)과 상기 반응 챔버(도3의 335)를 둘러싸는 가스 공간 사이에서 가스 누설을 방지하기 위하여 반응 챔버 플랜지(234)에 대해 실질적으로 누설밀봉(leak-tightly)되도록 고정된다.

[0037] 도2에서 보여지는 실시예에서, 엘리베이터(250)의 접개들이(retractable) 축이 상기 확장 공간 플랜지(224)에, 또는 직접적으로 상기 인피드 부분에 부착된다. 상기 엘리베이터(250)의 몸체는 또한 상기 전송 챔버 상부 플랜지(121) 또는 상기 퇴적 반응기 내에서 다른 적합한 대응부분에 부착될 수 있다. 상기 엘리베이터(250)는 예를 들어, 적어도 부분적으로 벨로우즈(bellows, 251) 또는 이와 유사한 것으로 커버되는 접개들이 축에 의해 동작하는 엘리베이터일 수 있다. 실시예에서, 이런 배열은 공압 또는 선형 액츄에이터와 상기 확장 공간 플랜지(224) 또는 인피드 부분 사이에 수직적으로 유연한 누설밀봉 커버를 형성한다. 하나의 실시예에서, 진공 및 대기측으로부터 제어된 상태에서 상기 기관 홀더와 함께 상기 인피드 부분 및 확장 공간 플랜지를 이동하기 위한 선형 피드스루(feedthrough)가 사용된다.

[0038] 하나의 실시예에서, 상기 엘리베이터 벨로우즈(251)의 바닥단은 상기 축과 누설밀봉되게 결합된다. 상기 액츄에이터와 함께 상기 엘리베이터 벨로우즈(251) 내에서 상기 축을 당기는 것은 상기 엘리베이터 벨로우즈(251)를 수축시키며, 그리고 상기 적어도 하나의 기관(360) 또는 상기 기관 홀더(361)는 상기 기관 취급 영역 및 그 둘레를 진공으로 유지하면서 로딩 또는 언로딩 하기 위해 당겨 올려질 수 있다.

[0039] 대안적인 실시예에서, 상기 확장 공간 플랜지(224)는 상기 인피드 부분으로부터 분리되지 않고 상기 인피드 부분의 일부를 형성하여, 상기 인피드 부분의 바닥부를 형성한다. 이 실시예에서 상기 바닥부는 상기 반응 챔버에 대하여 가장자리 시일(rim seal)로서 역할을 한다. 다른 한편, 이것은 상기 엘리베이터(250, 엘리베이터축)를 위한 고정 포인트 역할을 한다.

[0040] 상기 인피드 부분은 도3에서 보여지는 연장된 형상 및 도4에서 보여지는 수축된 형상을 가진다. 상기 적어도 하나의 수평적으로 위치하는 기관(360)은, 상기 확장 공간을 정의하는 상기 인피드 부분이 그것의 수축된 형상(도4)에 있을 때 상기 전송 챔버(120, 도1)를 경유하여 로딩 및 언로딩된다. 상기 반응 챔버(335)의 상기 반응 공간(331) 내에서 연속적인 자기-포화적 표면 반응들에 의한 상기 적어도 하나의 기관(360) 상에서의 물질의 퇴적이 결국 상기 인피드 부분이 그것의 연장된 형상(도3)일 때 발생한다. 상기 연장된 형상과 상기 수축된 형상 사이의 이행들이 상기 엘리베이터(250, 도2) 또는 이와 유사한 것에 의해 수행된다. 도2 내지 도4에서 보여지는 실시예들에서, 상기 엘리베이터 벨로우즈(251)가 확장될 때, 상기 확장 공간을 정의하는 부분은 그것의 연장된 형상(도3) 내에 있다. 그리고, 상기 엘리베이터 벨로우즈(251)가 수축될 때, 상기 확장 공간을 정의하는 부분은 그것의 수축된 형상(도4) 내에 있다.

[0041] 도3에서 보여지는 실시예에서, 상기 적어도 하나의 기관(360)은 기관 홀더(361)에 의해 지지되고 또는 그 상에 놓인다. 하나의 실시예에서, 상기 기관 홀더는 두개의 분리된 구역들을 포함하며, 상기 구역들 사이에서 기관 포크를 자유롭게 이동하기에 충분히 넓은 오픈갭(open gap)을 갖는다. 상기 기관 홀더(361)는 홀더 지지대들(362)에 의해 상기 확장 공간 플랜지(224)에 부착된다. 대안적으로, 상기 플라즈마 소오스(110, 도1 및 도2) 및 전구체 증기로부터의 래디컬들이 상기 반응 챔버(335)의 상기 반응 공간(331)으로 흐른다. 상기 플라즈마 소오

스(110)로부터의 래디컬들은 상기 확장 공간을 경유하여 상기 반응 공간(331)으로 상부에서 하부로 흐름으로 흐르며, 전구체 증기는 인피드 라인(371)을 경유하고, 상기 반응 챔버 플랜지(234) 내의 예시적인 관이음(381)과 채널(303)을 경유하여 흐르거나, 또는 인피드 라인(372)을 경유하고, 상기 반응 챔버 플랜지(234) 내의 예시적인 관이음(382)과 채널(304)을 경유하여 흐른다. 배기 가스들이 흐름 방향 화살표(305)로 표시된 것처럼 상기 바닥 상의 배기 가이드를 경유하여 제거된다.

[0042] 하나의 실시예에서, 상기 기관 홀더는 상기 확장 공간 플랜지(224)와 함께 또는 상기 인피드 부분과 함께 이동하도록 구성된다. 그런 식으로 상기 적어도 하나의 기관(360) 또는 상기 기관 홀더(361)는 로딩 또는 언로딩을 위해 당겨올려질 수 있다. 하나의 실시예에서, 상기 기관 홀더(361)는 상기 확장 공간 플랜지(224)에 분리가능하게 부착될 수 있다. 그런 식으로 상기 적어도 하나의 기관(360)과 함께 상기 기관 홀더(361)는 상부 위치(도 4)일 때 로드 또는 언로드될 수 있다. 비슷하게, 기관 홀더에 수직적으로 놓인 한 배치(batch)의 기관들이, 도 15를 참조하는 이하의 설명에서 보다 면밀하게 설명된 바와 같이 상기 퇴적 반응기로의 로드 및 상기 퇴적 반응기로부터 언로드될 수 있다.

[0043] 도5 및 도6에서 보여지는 실시예는 도2 내지 도4에서 보여지는 실시예들에 대응하며, 단 로딩 또는 언로딩을 위해 상기 연장된 형상에서 상기 수축된 형상으로 상기 인피드 부분을 당기는 엘리베이터를 사용하는 대신에 상기 부분을 상기 연장된 형상에서 상기 수축된 형상으로 미는 엘리베이터가 사용된다.

[0044] 도5 및 도6에서 보여지는 엘리베이터는 상기 엘리베이터에 의해 동작된 리프팅 프레임(591)을 포함한다. 상기 엘리베이터는 예를 들어, 스텝 모터 및 리드 스쿠류 및 선형 피드스루(551)와 이와 유사한 것을 갖는 공압 액츄에이터 또는 선형 액츄에이터에 의해 동작하는 엘리베이터일 수 있다. 하나의 실시예에서, 상기 엘리베이터는 실내 공기로부터 격리된 진공 공간을 유지하기 위하여 플렉시블 부분, 예를 들어 가장자리 용접된 벨로우즈 연결기를 포함한다. 상기 리프팅 프레임(591)은 상기 확장 공간 플랜지(224)에 부착되거나 또는 직접 상기 인피드 부분에 부착된다.

[0045] 도5 및 도6에서 보여지는 실시예들에서, 상기 선형 피드스루(551)가 수축될 때 상기 인피드 부분은 그것의 연장된 형상(도5)에 있다. 그리고 상기 선형 피드스루(551)가 확장될 때 상기 인피드 부분은 그것의 수축된 형상(도 6)에 있다.

[0046] 도7은 상기 반응 챔버를 향하여 넓어지는 확장 공간을 갖는 다른 실시예를 보여준다. 도7에서 보여지는 실시예는 달리 구성되며, 여기서 상기 인피드 부분이 단지 두개의 중첩된 서브 부분들(741, 742)을 포함하고 있다는 것을 제외하고 도2 내지 도6에서 보여지는 실시예들과 유사하게 동작한다. 최하부 서브 부분(742)이 최상부 서브 부분(741) 주위로 들어맞도록 상기 최하부 서브 부분(742)이 상기 최상부 서브 부분(741)에 연결된다. 적어도 상기 최하부 서브 부분(742)은 원뿔대(truncated cone)의 형태일 수 있다. 상기 최상부 서브 부분(741)은 바람직하게는 원뿔대 또는 예를 들어 실린더 형태일 수 있다.

[0047] 도8은 대칭적으로 위치한 엘리베이터들을 갖는 실시예를 보여준다. 도2 내지 도4 및 도7에서 보여진 엘리베이터(250)에 더하여, 도8에서의 리프팅 메카니즘은 상기 인피드 부분의 반대측 상의 다른 엘리베이터(850)를 포함한다. 도8에서 보여지는 실시예는 달리 구성되며, 도2 내지 도4 및 도7에서 보여지는 실시예들과 유사하게 동작한다. 상기 엘리베이터(850)는 예를 들어 스텝 모터 및 리드 스쿠류 및 선형 피드스루(851) 또는 이와 유사한 것을 갖는 공압 액츄에이터 또는 선형 액츄에이터에 의해 동작하는 엘리베이터일 수 있다. 또다른 실시예들에서, 대칭적으로 위치하는 엘리베이터들의 수는 3개 또는 그 이상이다.

[0048] 도9 및 도10은 도7 및/또는 도8에서 보여지는 실시예들로부터의 특징에 의해 보완된 도3 및 도4의 실시예들에 기초한 실시예들을 보여준다. 따라서 도9 및 도10에서 보여지는 실시예들은 달리 구성되며, 여기에는 단지 상기 인피드 부분이 두개의 중첩된 서브 부분들(741, 742)을 포함하고 있다는 것을 제외하고 도3 및 도4에서 보여지는 실시예와 유사하게 동작한다. 선택적으로, 상기 리프팅 메카니즘은 또한 두개 또는 그 이상의 대칭적으로 위치한 엘리베이터들을 포함한다.

[0049] 도9에서, 상기 확장 공간을 정의하는 상기 인피드 부분은 그것의 연장된 형상에 있다(상기 기관 홀더(361) 및 상기 적어도 하나의 기관(360)은 퇴적을 위해 낮은 위치에 있다). 하나의 실시예에서, 상기 상부 서브 부분(741)은 상기 상부 서브 부분(741)의 바닥 가장자리로부터 외부로 향하여 연장되는 외부 림(예를 들어 폭이 3-10 mm)을 가지며, 상기 하부 서브 부분(742)은 상기 하부 서브 부분(742)의 상부 가장자리로부터 내부로 향하여 연장되는 내부 림(예를 들어 폭이 3-10mm)을 갖는다. 상기 인피드 부분이 그것의 연장된 형상에 있을 때, 상기 내부 림이 상기 외부 림 상에 놓여져, 상기 인피드 부분 내의 상기 확장 공간과 상기 인피드 부분을 둘러싸는

중간 공간 사이에서 본질적으로 표면-대-표면 누설밀봉 시일을 형성한다. 도10에서, 상기 인피드 부분은 상기 리프팅 메카니즘에 의해 그것의 수축된 형상으로 변형된다(상기 기관 홀더(361) 및 상기 적어도 하나의 기관(360)은 로딩 또는 언로딩을 위해 상승된 위치에 있다). 하나의 실시예에서, 상기 인피드 부분이 그것의 수축된 형상에 있을 때, 상기 내부 림과 상기 외부 림 사이에는 커다란 개방된 수평 갭이 있다. 상기 인피드 부분이 그것의 연장된 형상으로 변형되고, 상기 내부 림이 상기 외부 림에 대하여 조심스럽게 눌러질 때 상기 갭은 사라진다. 상기 인피드 부분이 그것의 연장된 형상에서 그것의 수축된 형상으로 변형되고, 그것의 연장된 형상으로 돌아갈 때 상기 인피드 서브-부분들의 표면들이 서로에 대하여 문지르지 않기 때문에 파티클들의 형성이 방지된다.

[0050] 도11은 하나의 실시예에 따라 흐름 장애로서 기관 홀더를 사용하는 원리를 보여준다. 이 실시예에서, 상기 기관 홀더(361)는 상기 반응 챔버(335)의 전체 폭과 비교하여 매우 크기 때문에 그것은 상기 반응 챔버(335) 내에서 가스 흐름의 중요한 또는 주된 장애를 형성한다. 하나의 실시예에서, 상기 확장 공간 플랜지(224) 또는 이와 유사한 것에서의 상기 기관 홀더 부착(들)은, 상기 기관 홀더(361)가 측면적으로 상기 반응 챔버의 중심에 가능한 한 근접하도록 위치한다. 그런 식에서, 상기 기관 홀더(361)로부터 대향하는 측면들 상의 상기 반응 챔버(335)의 벽체까지의 거리들(거리 a 및 b)은 동일하다. 상기 배기 가이드 내에서의 흐름 방향이 상기 기관 홀더(361)의 반대측 상에서 화살표(305)로 표시되어 있는, 상기 배기 가이드를 향한 가스 흐름들(1103, 1103')이 동일하게 근접할 때, 가압 단계(pressure step)가 상기 기관 홀더 아래의 가스 공간과 상기 기관 홀더 위의 가스 공간 사이에서 형성되기 때문에 상기 기관(360) 상에서 보다 균일한 물질 성장을 위한 조건들이 존재하며, 이것은 상기 기관의 중심으로부터 상기 기관(360)의 외부 가장자리 및 나아가 상기 기관 홀더(361)의 외부 가장자리 위로의 측면 방향으로 모든 가스 종들을 효과적으로 유도하는데 도움을 준다. 가압 단계는 압력이 상기 기관 홀더의 아래 보다 상기 기관 홀더의 위에서 크다는 것을 의미한다.

[0051] 비균일한 가스 흐름을 보상하기 위하여, 또는 그렇지 않으면 상기 적어도 하나의 기관 상에서 물질 성장이 가능한 한 균일하도록 가스 흐름을 조정하기 위하여, 도12에서 보여지는 부분(1290)과 같은 흐름 조정 부분이 반응 챔버(335) 내에 사용될 수 있다. 도12에서 보여지는 실시예에서, 상기 흐름 조정 부분(1290)은 상기 기관 홀더(361)와 상기 반응 챔버(335)의 벽체 사이에 위치한다. 하나의 실시예에서, 이것은 링 형상의 부재이다. 하나의 실시예에서, 이것은 상기 기관 홀더(361)를 둘러싼다. 하나의 실시예에서, 상기 흐름 조정 부분(1290)은 상기 기관 홀더(361)를 위한 지지대로서 동작한다. 하나의 실시예에서, 이것은 기본적으로 상기 기관 홀더(361)와 상기 반응 챔버 벽체 사이의 공간을 채운다. 상기 흐름 조정 부분(1290)은 상기 흐름 조정 부분을 통하여 또는 상기 흐름 조정 부분에 의하여 제어된 가스 흐름을 가능하게 하기 위해 바람직하게는 구멍이 뚫리거나(perforated) 수평적으로 또는 수직적으로 적어도 부분적으로 슬롯(slotted)되어져 있다.

[0052] 도13 및 도14는 그 내에 홀들(또는 채널들)을 포함하는 흐름 조정 부분(1290)을 보여준다. 이러한 실시예에서 흐름 조정 동작은 더 작은 홀(보다 작은 가스 흐름 전도성) 보다 더 큰 홀이 보다 많은 흐름을 통과시킬 수 있다(보다 큰 가스 흐름 전도성)는 사실에 기초한다. 요구조건들에 따라서, 상기 홀들은 도13에서의 홀들(1391)과 같이 크기가 균일하거나, 도14에서 보여지는 바와 같이 크기가 다양할 수 있다. 도14에서 보여지는 실시예에서, 일정한 구역(1495)에 있는 홀들(1492)은 다른 홀들(1491)과 비교하여 보다 작음으로써, 보다 작은 홀들의 영역에서 흐름 저항을 초래한다. 하나의 실시예에서, 상기 흐름 조정 부분은, 보다 높은 홀들의 밀도를 갖는 영역들이 보다 작은 밀도의 홀들을 갖는 영역들 보다 보다 큰 가스 흐름 전도성을 갖도록 다양한 밀도의 홀들을 가진다.

[0053] 도15는 하나의 실시예에 따라 퇴적 반응기 내에서 한 배치(batch)의 기관들의 처리를 보여준다. 상기 퇴적 반응기는 상기 반응 챔버(1535)의 상부측으로부터 로딩되거나 언로딩될 수 있다.

[0054] 상기 확장 공간 플랜지(224)가 그것의 상부 위치에 있을 때, 상기 반응 챔버(1535)는 수직으로 위치한 한 배치의 기관들(1560)을 운반하는 기관 홀더(1561)와 함께 로딩되거나 언로딩될 수 있다. 상기 기관들(1560)을 운반하는 상기 기관 홀더(1561)는 로딩을 위해 상기 확장 공간 플랜지(224) 또는 이와 유사한 것에서 부착구(attachments, 1563)로 그리고 언로딩을 위해 상기 부착구(1563)로부터 측면 방향(1501)으로 이동될 수 있다. 상기 기관 홀더(1561)는 상기 부착구(1563)에 들어맞는 고리들 또는 이와 유사한 것과 같은 그립핑 부재(gripping member)들(1564)을 포함한다. 상기 기관들(1560)을 운반하는 상기 기관 홀더(1561)와 함께 상기 확장 공간 플랜지(224)는 수직 방향(1502)으로 상기 리프팅 메카니즘(도5에 도시 안됨)의 도움으로 이동될 수 있다. 이것은 퇴적을 위해 상기 반응 챔버(1535) 속으로 하강될 수 있고, 처리 공정 후 연속적으로 언로딩을 위해 상기 반응 챔버(1535)로부터 상승될 수 있다. 퇴적 공정 동안에 상기 확장 공간 플랜지(224)는 상기 반응 챔버(1535)를 둘러

싸는 중간(intermediate) 공간으로부터 상기 반응 공간을 밀봉한다.

- [0055] 대안적으로, 상기 기관 홀더(1561) 내의 상기 기관들(1560)의 배치는, 상기 확장 공간 플랜지(224)에 부착되지 않고, 예를 들어 상기 기관 홀더를 새로운 것으로 대체하기 위해 상기 반응 챔버 위로 기관 홀더 조작기(도시 안됨)를 연장시키는 적절한 로봇으로, 상기 반응 챔버(1535) 속으로 그리고 상기 반응 챔버(1535)로부터 이동될 수 있다.
- [0056] 도15와 관련하여 기술된 상기 로딩 및 언로딩 방법들 및 부속들이 본 명세서에서 제시한 다른 실시예들에서도 적용가능하다.
- [0057] 도16은 수동 접근 출입구를 갖는 대안적인 실시예를 보여준다. 이전의 실시예들과 유사하게, 도16에서 보여지는 실시예에서 래디컬 흐름(1601)이 확장 공간(1640) 내에서 확장된 래디컬 흐름(1611)으로 확장된다. 이전의 실시예들에서 처럼, 상기 플라스마 발생기와 상기 기관 홀더 사이의 가스 공간은 본질적으로 개방 가스 공간으로 구성되어, 상기 플라스마 발생기에 의해 발생된 래디컬들의 대부분은 상기 기관 전에 어떠한 표면들을 때리지 않고서 상기 기관에 본질적으로 온전하게 도달할 수 있다. 표면들과의 어떠한 접촉도 래디컬들의 농도를 감소시킬 것이다. 그러나, 어떠한 이전의 실시예들에서 존재하는 것과 달리 이 실시예에서는, 확장 공간을 정의하는 부분(1640)(도16)은 그것의 치수에서는 다양화될 필요는 없고, 단지 상기 적어도 하나의 기관은 상기 확장 공간을 정의하는 부분의 측면에 배열된 수동 접근 출입구(1625)를 경유하여 로딩 및 언로딩될 수 있다. 상기 수동 접근 출입구(1625)는 전통적으로 예를 들어 도1에서 보여지는 출입구(123)를 경유하여 동작될 수 있다.
- [0058] 하나의 실시예에서, 여기에서 설명된 퇴적 반응기는 컴퓨터 제어된 시스템이다. 상기 시스템의 메모리 속에 저장된 컴퓨터 프로그램은, 상기 시스템의 적어도 하나의 프로세서에 의한 실행에 따라 상기 퇴적 반응기로 하여금 지시된 대로 동작하게 하는 지시들을 포함한다. 상기 지시들은 컴퓨터 판독가능한 프로그램 코드의 형태일 수 있다. 도17은 퇴적 반응기 제어 시스템(1700)의 개략적인 블록도를 보여준다. 기본 시스템에서 셋업 공정 파라미터들은 소프트웨어의 도움으로 프로그래밍되고, 지시들은 인간 기계 인터페이스(HMI) 단자(1706)로 수행되며, 이더넷(Ethernet) 버스(1704) 또는 이와 유사한 것을 경유하여 컨트롤 박스(1702)로 다운로드된다. 하나의 실시예에서, 상기 컨트롤 박스(1702)는 범용 PLC(Programable Logic Control) 유닛을 포함한다. 상기 컨트롤 박스(1702)는 메모리, 다이내믹 및 스태틱 메모리들, I/O 모듈들, A/D 및 D/A 컨버터들 및 파워 릴레이들에 저장된 프로그램 코드를 포함하는 컨트롤 박스 소프트웨어를 실행하기 위한 적어도 하나의 마이크로 프로세서를 포함한다. 상기 컨트롤 박스(1702)는 상기 퇴적 반응기의 적절한 밸브들의 공압식 컨트롤러들에 전기적 파워를 보내며, 적절한 매스 플로우 컨트롤러들과 양방향 통신을 하며, 상기 퇴적 반응기의 동작을 제어하는 외에도 상기 플라스마 소오스 및 래디컬 발생과 엘리베이터(들)의 동작을 제어한다. 상기 엘리베이터(들)의 동작을 제어하는 것은 로딩 및 언로딩을 위한 상부 위치와 퇴적을 위한 하부 위치 사이에서 상기 적어도 하나의 기관을 운반하는 기관 홀더를 이동하기 위해 상기 엘리베이터(들)를 제어하는 것을 포함한다. 상기 컨트롤 박스(1702)는 상기 퇴적 반응기로부터 상기 HMI 단자(1706)로의 프로브 판독들을 측정하고 전달한다. 점선(1716)은 상기 퇴적 반응기 부분들과 상기 컨트롤 박스(1702) 사이의 인터페이스 라인을 나타낸다.
- [0059] 이하의 실험적인 예들은 선택된 실시예들의 동작을 실례를 들어 더욱 더 보여준다.
- [0060] 실시예 1
- [0061] 이 실시예에서, ALD 반응기가 자동화된 웨이퍼 로딩 시스템 및 원격 플라스마 발생기로 장치가 준비된다. 상기 웨이퍼 로딩 시스템은 상기 로드락 플랜지(122, 도1)에 게이트 밸브로 부착된다. 본 실시예에서, 상기 퇴적 반응기는 폐쇄 부재(115) 없이 동작하며, 상기 플라스마 발생기는 상기 전송 챔버 상부 플랜지(121)의 상부에 부착된다. 상기 비래디컬 전구체들을 위한 상기 ALD 반응기의 인피드 라인들(371,372)은 질소 가스로 퍼지된다. 질소의 유량은 전형적으로 상기 각 인피드 라인들에서 50-150 sccm의 범위 내이다. 바람직하게는 상기 반응 챔버(331)의 압력을 래디컬들로 처리하기에 적합하게 유지하기 위해 작은 질소 유량(50 sccm)이 인피드 라인들에서 사용되었다.
- [0062] 상기 원격 플라스마 발생기와 상기 ALD 반응 챔버 사이의 상기 래디컬 소오스 라인은 아르곤 가스로 퍼지되었다. 상기 아르곤의 유량은 전형적으로 10-100 sccm의 범위 내이다. 바람직하게는 상기 플라스마를 신뢰성 있게 켜기 위해 작은 아르곤 유량(20 sccm)이 사용되었다.
- [0063] 상기 ALD 반응 챔버는 진공 펌프로 상기 반응기를 진공으로 유지하는 동안에 200℃로 가열되었다. 상기 반응 챔버의 압력은 바람직하게는 상기 플라스마 소오스로 래디컬들의 발생 동안에 0.2-1.0 hPa의 범위 내이다. 상기 확장 공간 플랜지(224)는 상기 엘리베이터(250)로 상기 중첩된 확장 공간 서브 부분들(241,242)과 함께 웨이퍼

취급 위치로 들어올려 졌다. 상기 게이트 밸브가 개방되고, 100 mm 실리콘 웨이퍼를 갖는 웨이퍼 포크가 자동화 웨이퍼 로딩 시스템으로 상기 확장 공간 플랜지(224)와 상기 반응 챔버 플랜지(234) 사이의 개방 갭을 통과하여 상기 기판 홀더(361) 구역들 위의 공간으로 밀려진다. 이어서 상기 웨이퍼 포크가 상기 기판이 상기 기판 홀더(361) 구역들 상에 받쳐질 때까지 하강된다. 상기 기판 홀더의 구역들이 상기 웨이퍼 포크로부터 픽업된 웨이퍼를 견고하게 지지하는 동안에 상기 기판 홀더의 측면들 사이에서 상기 웨이퍼 포크가 자유로이 상향 및 하향 이동할 수 있도록 상기 기판 홀더(361)는 상기 기판 홀더의 좌측 및 우측 구역들 사이에 충분히 넓은 개방 갭을 갖는다. 그 이후 상기 빈 웨이퍼 포크는 상기 기판 홀더(361) 구역들 아래의 공간으로부터 상기 로드락 공간(도시 안됨)으로 수평적으로 당겨진다.

[0064] 상기 반응 챔버를 둘러싸는 상기 반응기의 중간 공간은 상기 로드락 플랜지(122)에 부착된 게이트 밸브(도시 안됨)로 상기 로드락 공간으로부터 밀봉된다. 상기 기판 홀더(361)와 함께 상기 확장 공간 플랜지(224)는, 상기 중간 공간으로부터 상기 반응 챔버 공간을 밀봉하면서, 상기 반응 챔버 상의 퇴적 위치로 공압 리프팅 시스템에 의해 하강된다.

[0065] 상기 퇴적 공정은 상기 인피드(371)를 통하여 상기 반응 챔버로 0.1초 동안 트리메틸알루미늄(TMA) 증기를 펄스 함으로써 시작된다. TMA 분자들은 상기 기판 표면에 화학적 흡착이 되고, 상기 표면 상에 알루미늄 전구체 종들의 분자층을 형성한다. 그 이후, 과잉의 TMA 분자들과 상기 표면 반응들로부터 기인한 반응 부산물들(메탄 CH_4 분자들과 같은)을 제거하기 위해 상기 반응 챔버는 비레디컬 전구체 인피드 라인들(371,372)로부터 도달한 질소와 상기 플라즈마 발생기로부터 도달한 아르곤 가스로 퍼지된다.

[0066] 반응성 가스들이 상기 원격 플라즈마 발생기를 향하여 역류하는 것을 방지하기 위해 아르곤 가스가 상기 원격 플라즈마 발생기를 통과하여 상기 ALD 반응기로 끊임없이 흐른다. 상기 아르곤 가스의 질량 유량(mass flow rate)은 20 sccm이다. 상기 원격 플라즈마 발생기 앞의 상기 산소 가스 라인의 펄스 밸브는 산소 가스를 상기 흐르는 아르곤 가스에 주입하기 위해 개방된다. 산소 가스의 질량 유량은 50 sccm이다. 상기 산소 가스 주입은 상기 원격 플라즈마 발생기 내의 압력을 변화시키기 때문에, 상기 원격 플라즈마 발생기 내로 상기 아르곤 및 산소 가스 혼합물 흐름의 안정화를 위해 1.5 초 대기한다. 이런 사전 대기 상태(본 실시예에서 1.5초)는 퇴적 공정 동안에 매 펄스 시퀀스에서 상기 플라즈마를 신뢰성 있게 켤 수 있게 도와준다. 다음에 상기 플라즈마 발생기의 파워 레벨이 RF 파워 오프 레벨($p1=0\text{W}$)에서 RF 파워 온 레벨($p2=2500\text{W}$)로 증가되며, 산소 래디컬들을 발생시키기 위해 6초 동안 RF 파워 온 레벨에서 유지된다. 이어서, 상기 파워 레벨은 RF 파워 오프 레벨($p1=0\text{W}$)로 감소된다. 0.5초 후, 상기 산소 가스 라인의 펄스 밸브가 폐쇄된다. 상기 RF 파워 레벨을 감소시킨 후 본 선택적 사후 대기 상태(본 실시예에서 0.5초)가 퇴적 공정 동안에 매 펄스 시퀀스에서 제어된 방식으로 상기 플라즈마를 신뢰성 있게 끄는 데 도움이 되도록 사용된다.

[0067] 기본 펄스 시퀀스를 완성하기 위해, 상기 반응 챔버로부터 잔류하는 전구체 분자들 및 반응 부산물들을 제거하기 위해 TMA 펄스 후와 동일한 방식으로 상기 시스템이 퍼지된다. TMA 펄스/퍼지/래디컬 펄스/퍼지로 구성된 상기 펄스 시퀀스는 500 회 반복된다.

[0068] 퇴적 공정 후, 상기 확장 공간 플랜지(224)는 상기 엘리베이터(250)로 상기 중첩된 확장 공간 서브 부분들(241,242)과 함께 상기 웨이퍼 취급 위치로 들어올려진다.

[0069] 상기 게이트 밸브가 개방되고, 빈 웨이퍼 포크가 상기 확장 공간 플랜지(224) 및 상기 반응 챔버 플랜지(234) 사이의 개방 갭을 통과하여 상기 기판 홀더(361) 구역들 아래의 공간으로 상기 자동 웨이퍼 로딩 시스템으로 밀려진다. 이어서 상기 웨이퍼 포크는 상기 기판이 상기 웨이퍼 포크 상에 받쳐질 때까지 들어올려진다. 그 이후, 상기 웨이퍼를 갖는 웨이퍼 포크는 상기 기판 홀더(361) 구역들 위의 공간으로부터 상기 로드락 공간(도시 안됨)으로 수평적으로 당겨진다.

[0070] 결과적으로, 100 mm 웨이퍼는 상기 웨이퍼 상의 49개 지점들에서 측정된 2% 1-시그마 두께 비균일도 보다 작은 고품질의 Al_2O_3 박막을 갖는다.

[0071] 실시예 2

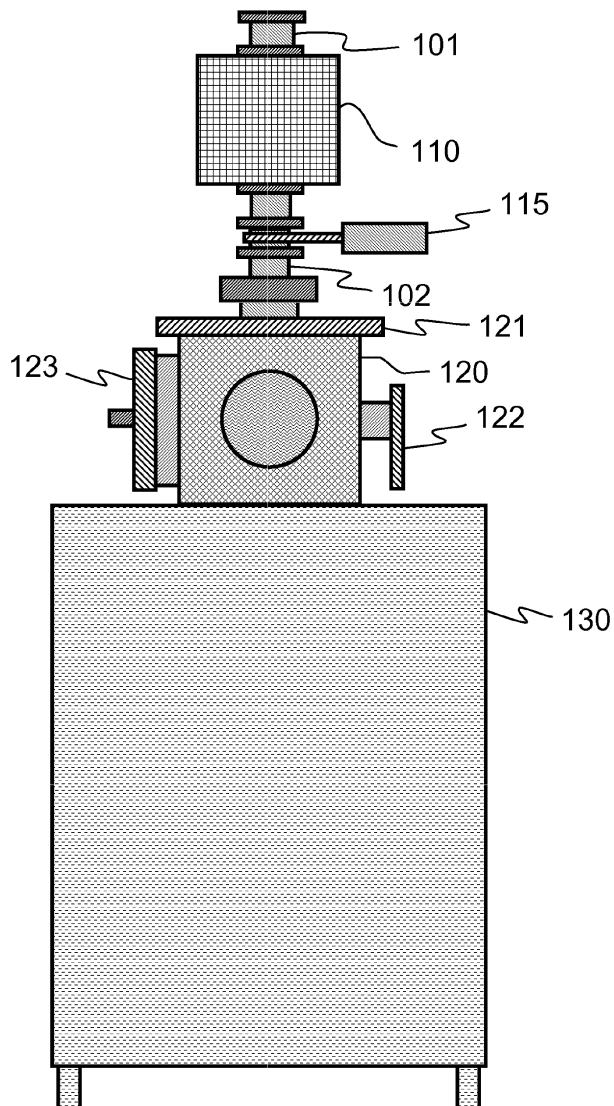
[0072] 퇴적 실험이 비교를 위해 열적 ALD 모드에서 TMA 및 분자성 산소(O_2)와 함께 200°C에서 이루어졌다. 산소는 TMA 분자들과 반응하기에는 너무 불활성적이었으며, 박막이 성장하지 않다는 것이 알려졌다. 따라서 산소 래디컬들(O^*)이 박막 성장을 위해 요구된다.

[0073] 앞서 말한 설명은, 본 발명의 특정 실현들 및 실시예들의 비제한적인 실시예들을 통해, 본 발명을 수행하기 위해 최근 발명자들에 의해 고려된 최적의 방식(best mode)에 대한 완전하며 유용한 설명을 제공했다. 그러나 당업자들에게 있어서는, 본 발명은 위에 제시한 실시예들의 상세한 내용들로 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 특징으로부터 벗어남이 없이 균등한 수단들을 사용하는 다른 실시예들에서 구현될 수 있다는 것이 명백할 것이다.

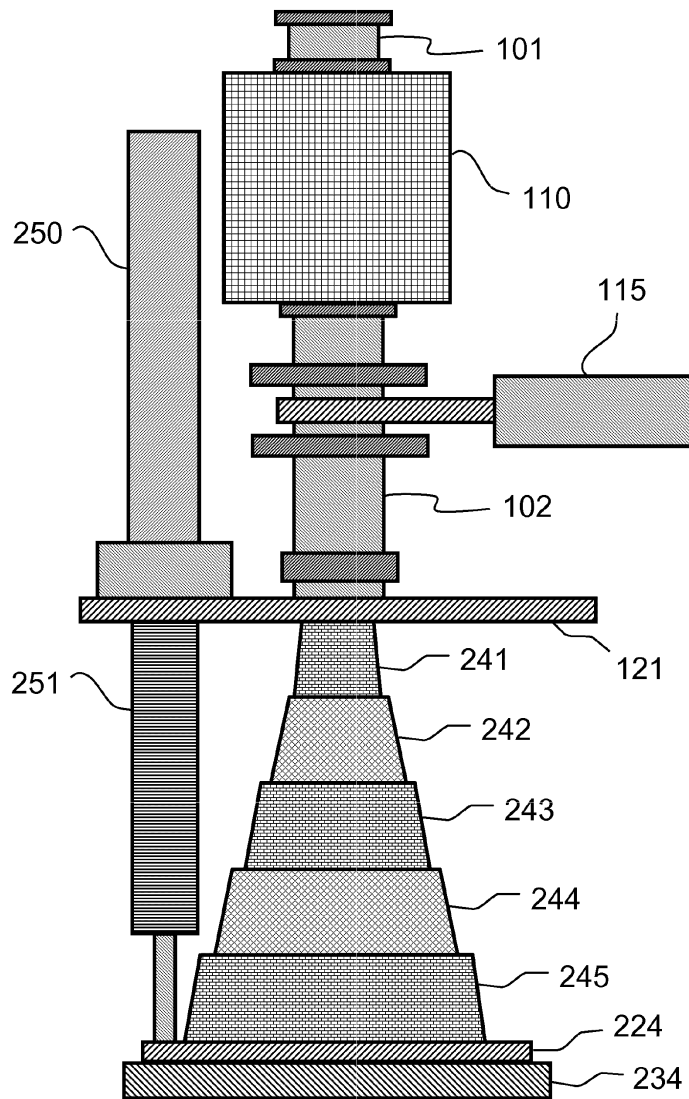
[0074] 나아가, 위에 제시한 본 발명의 실시예들의 특징들의 일부는 다른 특징들의 대응하는 사용이 없이 유리하게 사용될 수도 있다. 그러므로 앞의 설명은 본 발명의 원리들에 대한 단순한 실례로서 고려되어야 하며, 그들로의 제한으로 고려되서는 아니된다. 따라서 본 발명의 사상은 첨부한 특허 청구항들에 의해서만 제한된다.

도면

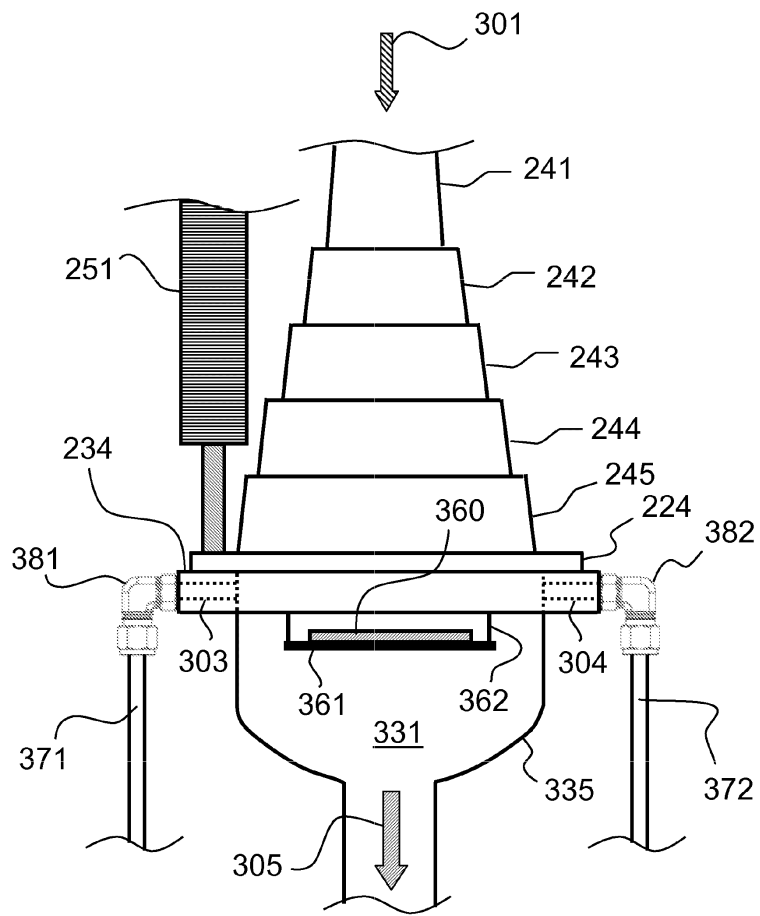
도면1



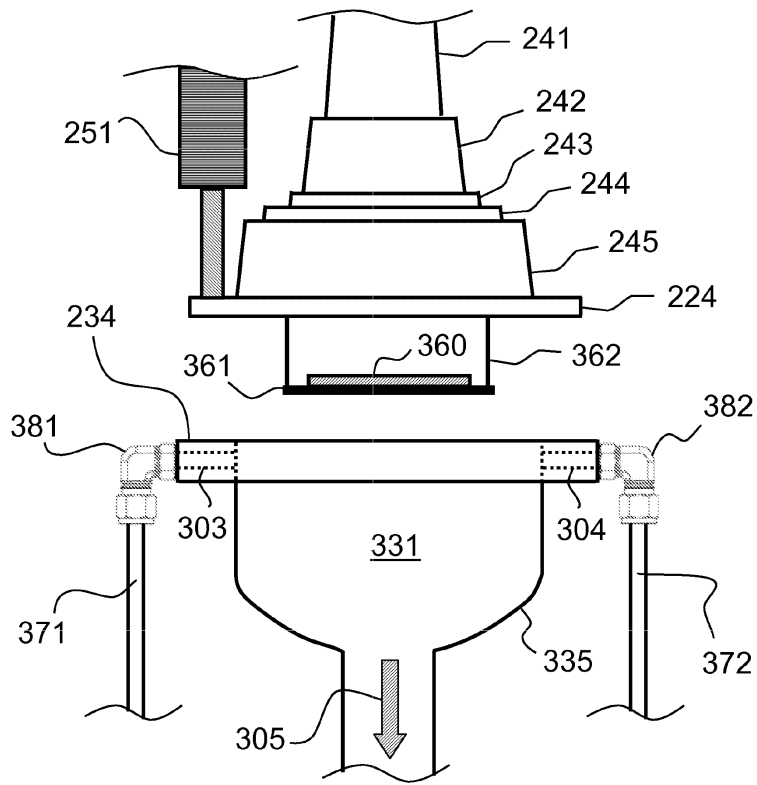
도면2



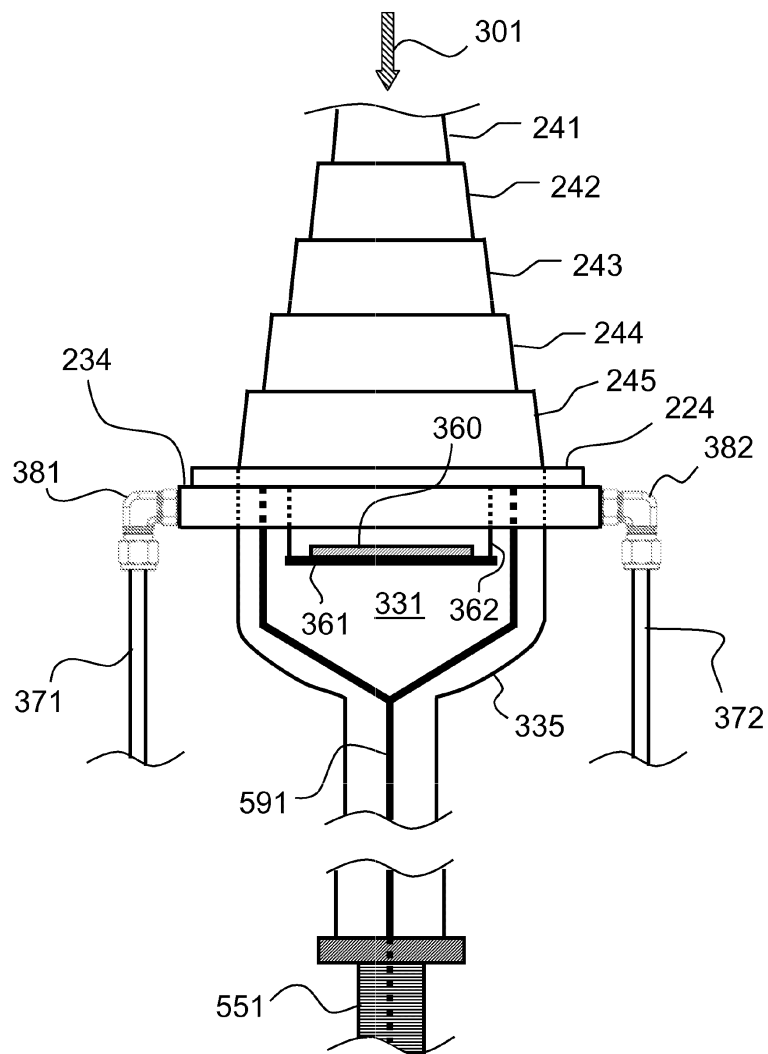
도면3



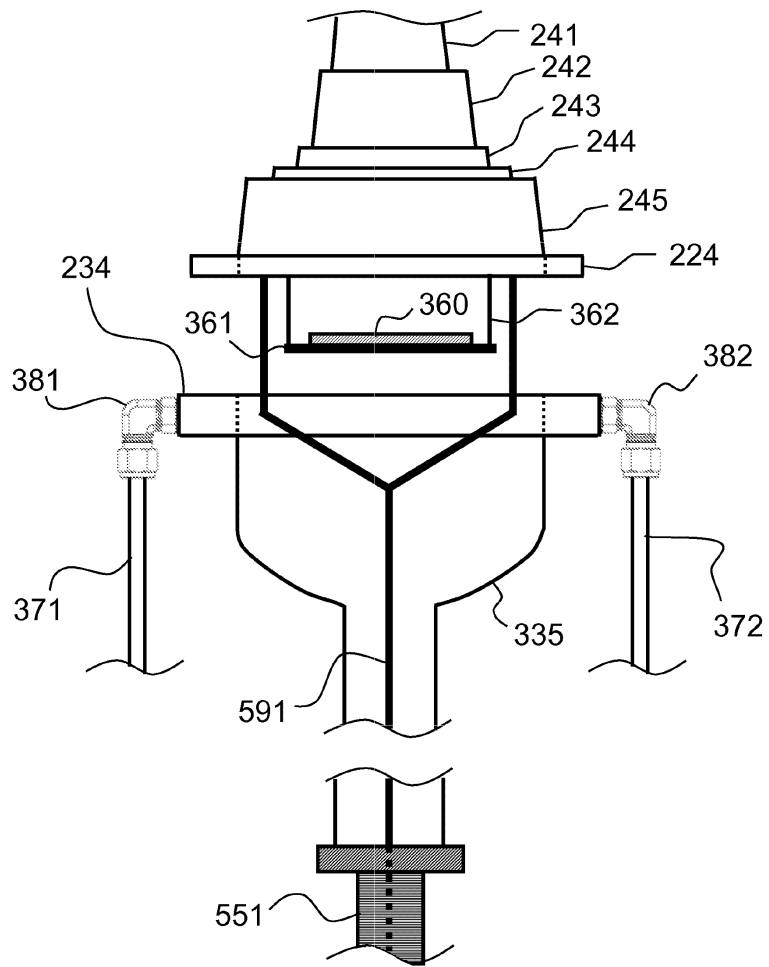
도면4



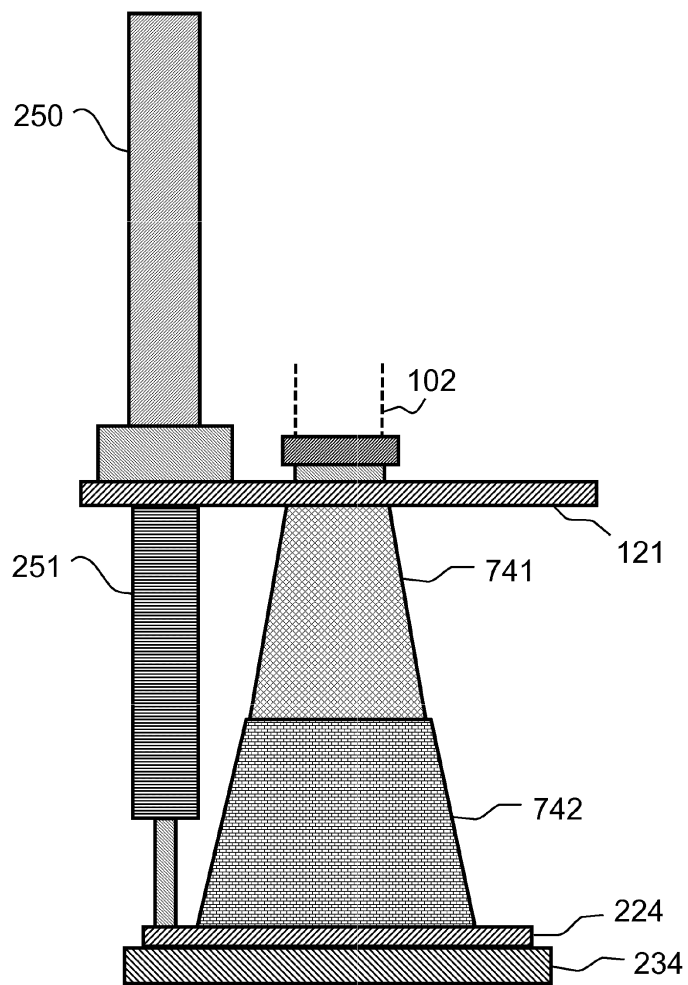
도면5



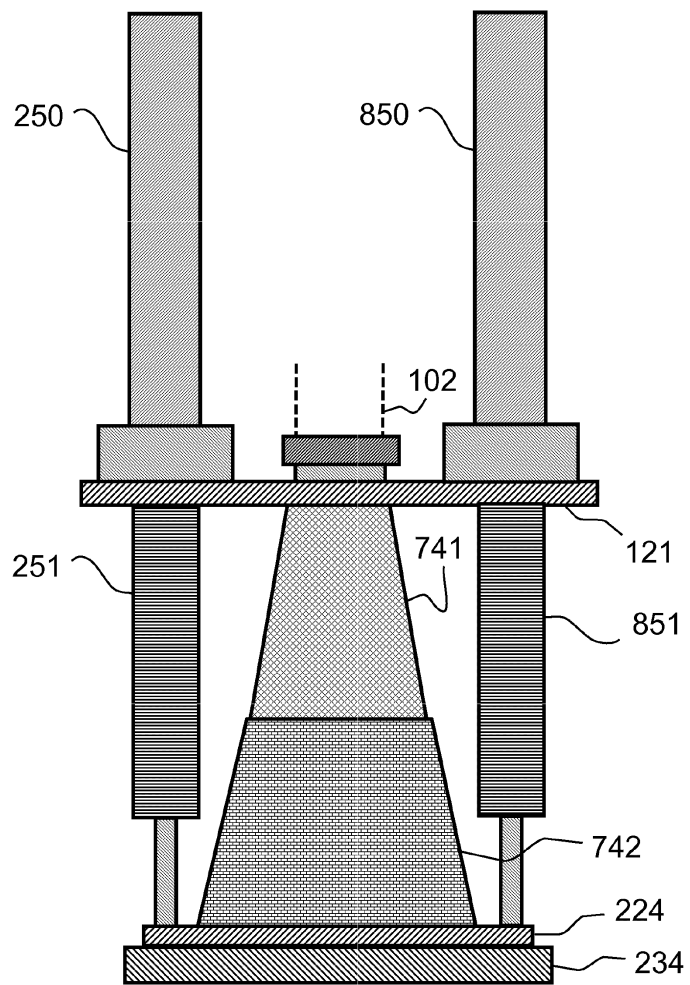
도면6



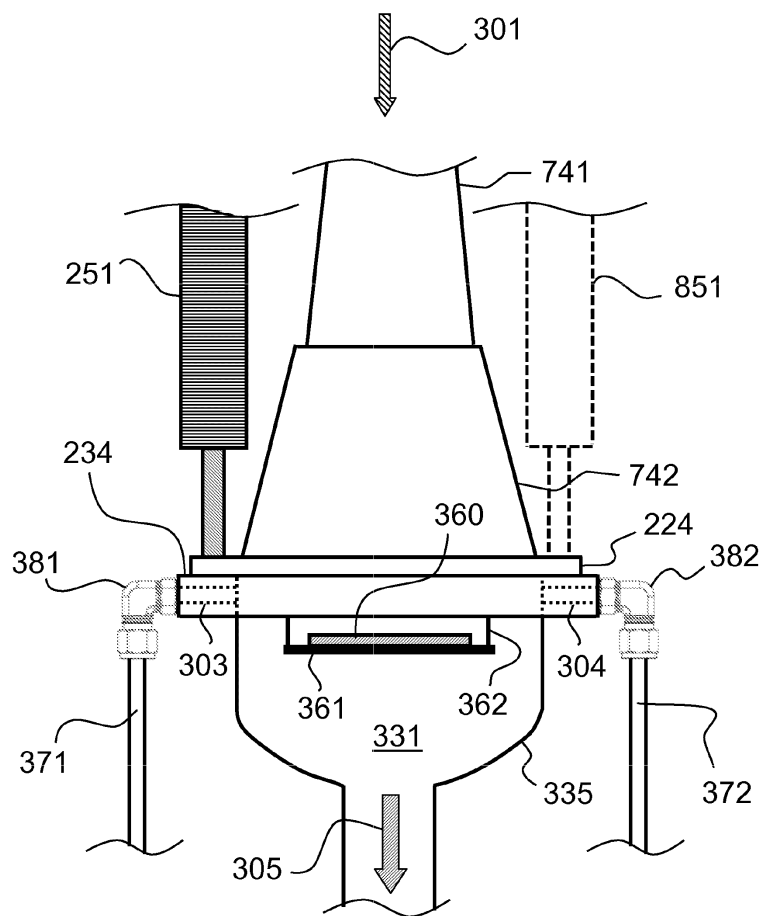
도면7



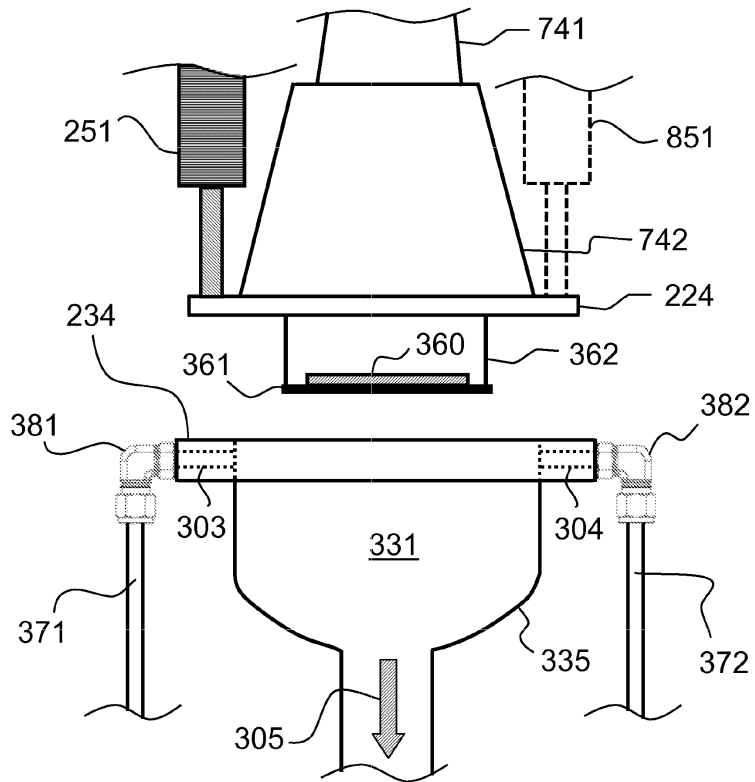
도면8



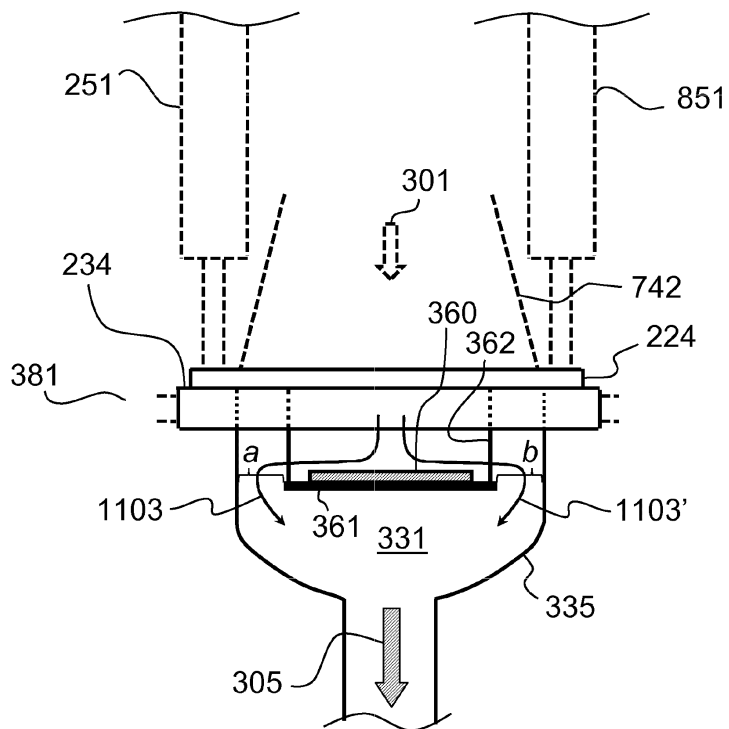
도면9



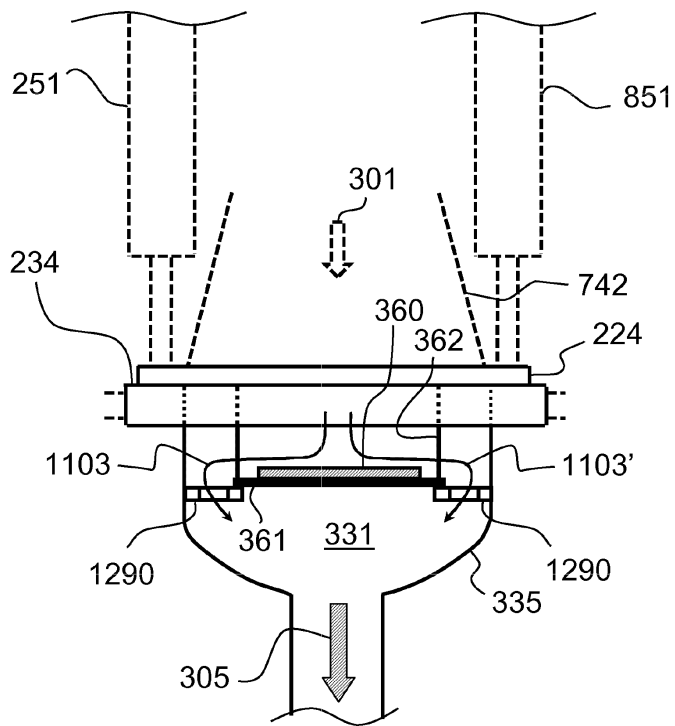
도면10



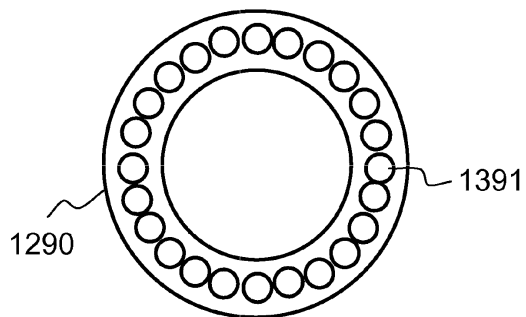
도면11



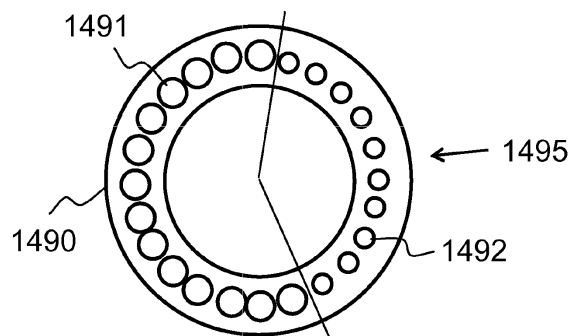
도면12



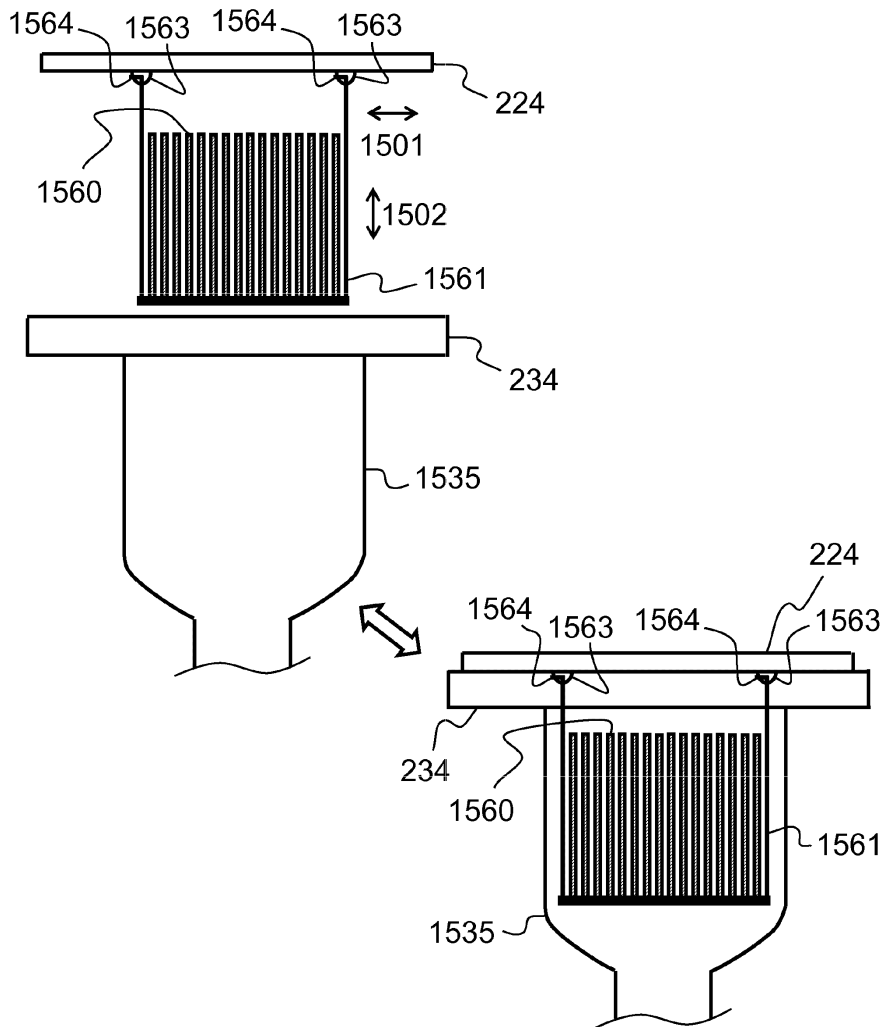
도면13



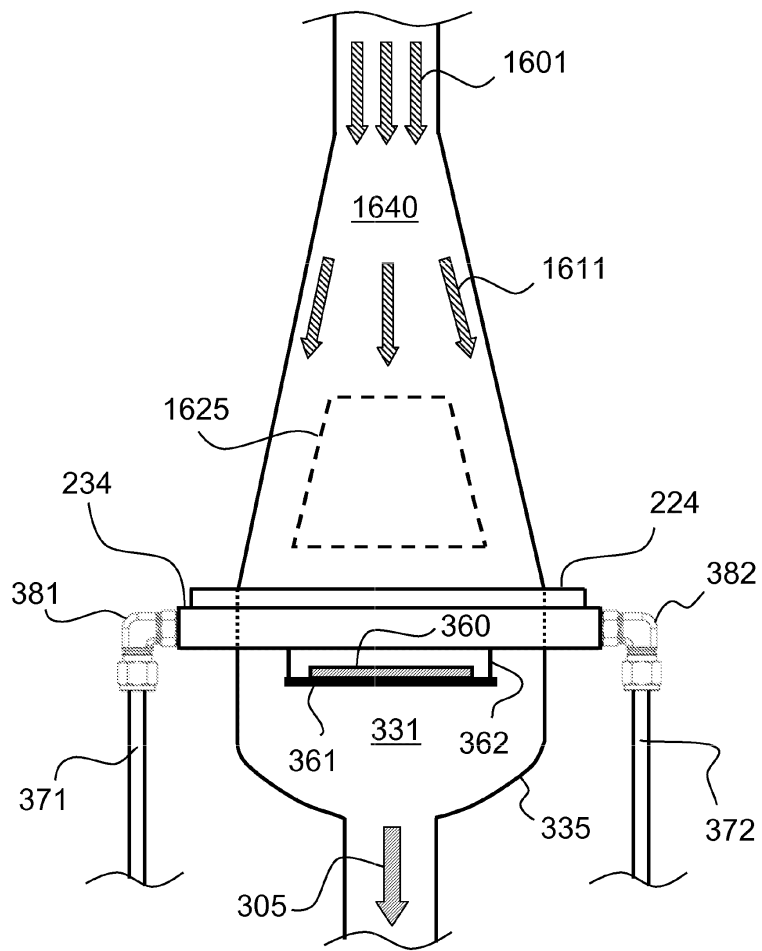
도면14



도면15



도면16



도면17

