



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월22일
(11) 등록번호 10-2218724
(24) 등록일자 2021년02월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/205 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0024538
(22) 출원일자 2014년02월28일
심사청구일자 2019년02월26일
(65) 공개번호 10-2014-0108178
(43) 공개일자 2014년09월05일
(30) 우선권주장
13/858,477 2013년04월08일 미국(US)
61/770,894 2013년02월28일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP11111626 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
노벨러스 시스템즈, 인코포레이티드
미국, 94538 캘리포니아주, 프레몬트, 쿡스 파크
웨이 4650
(72) 발명자
모하메드 사브리
미국, 오리건 97007, 비버튼, 에스터블유 제러미
스트리트 18145
오거스티니아크 에드워드
미국, 오리건 97062, 투알라틴, 에스터블유 반노
츠 코트 10555
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 22 항

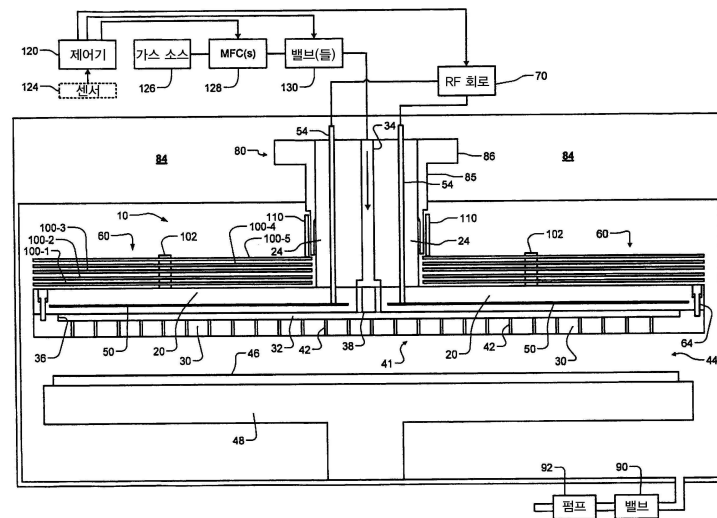
심사관 : 오창석

(54) 발명의 명칭 용량성 커패시터 플라즈마 반응기를 위한 무선주파수 전극이 임베디드된 세라믹 샤워헤드

(57) 요약

기관 처리 시스템을 위한 샤워헤드 어셈블리는 가스 채널과 연결된 백 플레이트를 포함한다. 페이스 플레이트는 백 플레이트의 제1 표면에 인접하여 연결되고 가스 확산 표면을 포함한다. 전극은 백 플레이트 및 페이스 플레이트 중 하나 내에 배열되고 일 이상의 전도체와 연결된다. 가스 플레넘은 백 플레이트 및 페이스 플레이트 사이에 정의되고 가스 채널과 유체 연통한다. 백 플레이트 및 페이스 플레이트는 비금속성 재료로 이뤄진다.

대표도



(72) 발명자

케일 더글라스 엘.

미국, 오리건 97062, 웨스트 린, 미크 웨이 1062

링엄펠리 람키산 라오

미국, 캘리포니아 94568, 더블린, 아텔라 코트
5616

리저 칼

미국, 오리건 97035, 레이크 오스웨고, 에스더블유
보니타 로드 6152, 에이퍼티 에이201

바네트 코디

미국, 오리건 97266, 포틀랜드, 에스이 브룩사이드
드라이브 11243

(56) 선행기술조사문헌

KR1020070111881 A*

US20120222815 A1*

US20090165713 A1

KR1020140011364 A

KR1020080061811 A

KR101161407 B1

JP2010059522 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

기관 처리 시스템을 위한 샤워헤드 어셈블리로서,
 가스 채널과 연결되는 백 플레이트;
 상기 백 플레이트의 제1 표면에 인접하여 연결되고 가스 확산 표면을 포함하는 페이스 플레이트 (face plate);
 일 이상의 전도체; 및
 상기 백 플레이트 내에 임베디드되고 상기 일 이상의 전도체와 연결되는 전극을 포함하고,
 가스 플레넘 (plenum) 이 (i) 상기 전극 아래의 상기 페이스 플레이트와 상기 백 플레이트 사이의 리세스 (recess) 내에 정의되도록 그리고 (ii) 상기 가스 채널과 유체 연통하도록 상기 백 플레이트의 하부면 및 상기 페이스 플레이트의 상부면 중 적어도 하나는 상기 리세스를 포함하고,
 상기 백 플레이트 및 상기 페이스 플레이트는 비금속성 재료로 이루어진, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 백 플레이트와 연결되고 상기 가스 채널을 정의하는 스템 (stem) 을 더 포함하고,
 상기 스템은 비금속성 재료로 이뤄지고,
 상기 일 이상의 전도체는 상기 스템을 통과하는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 페이스 플레이트의 상기 가스 확산 표면은 이격된 홀 (hole) 들을 포함하거나;
 상기 페이스 플레이트의 상기 가스 확산 표면은 천공들을 포함하거나;
 상기 페이스 플레이트의 상기 가스 확산 표면은 다공성인, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
 상기 백 플레이트의 제2 표면에 인접하여 배열된 플라즈마-억제 구조체를 더 포함하고,
 상기 백 플레이트의 상기 제1 표면은 상기 백 플레이트의 상기 제2 표면과 반대편에 있는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
 상기 플라즈마-억제 구조체는 이격된 관계로 서로 평행하게 위치된 N개의 플레이트를 포함하고, 여기서, N은 1 보다 큰 정수이고,
 상기 N개의 플레이트는 유전체 재료로 이뤄지는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
 상기 플라즈마-억제 구조체는 상기 N개의 플레이트 중 하나로부터 상기 기관 처리 시스템의 처리 챔버의 상면을

향해 확장하는 칼라 (collar) 를 포함하고,
상기 칼라는 유전체 재료로 이루어진, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 7

제 5 항에 있어서,
N은 2 보다 크고 상기 N개의 플레이트는 균일한 방식으로 이격된, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 8

제 5 항에 있어서,
N은 2 보다 크고 상기 N개의 플레이트 중 적어도 일부는 불균일한 방식으로 이격된, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 9

제 5 항에 있어서,
상기 N개의 플레이트 중 적어도 하나는 복수의 천공을 포함하는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 10

제 5 항에 있어서,
상기 N개의 플레이트 중 적어도 하나는 톱니 표면을 포함하는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 11

제 2 항에 있어서,
상기 스템, 상기 백 플레이트 및 상기 페이스 플레이트는 세라믹 재료로 이루어진, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 12

제 2 항에 있어서,
상기 스템, 상기 백 플레이트 및 상기 페이스 플레이트는 알루미늄 나이트라이드 (aluminum nitride) 및 알루미늄 옥사이드 (aluminum oxide) 중 적어도 하나로 이루어진, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 13

제 1 항에 있어서,
상기 가스 채널과 상기 가스 플레넘 사이에 배치되는 배플 (baffle) 을 더 포함하는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 14

제 2 항에 있어서,
기관 처리 챔버의 상부면과 상기 스템을 연결하는 칼라를 더 포함하는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 15

제 1 항에 있어서,
상기 페이스 플레이트는 상기 페이스 플레이트 및 상기 백 플레이트 사이의 씰 (seal) 을 유지하는 동안 상기 백 플레이트에 대하여 상기 페이스 플레이트의 측방향 이동을 허용하도록 상기 백 플레이트와 연결되는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 16

제 1 항에 있어서,
상기 가스 플레넘의 높이 치수 (dimension) 는 예상되는 플라즈마 시스 (sheath) 두께의 두 배 미만인, 샤워헤드 어셈블리.

드 어셈블리.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 백 플레이트의 상기 제1 표면과 상기 전극 사이의 제1 치수는 상기 백 플레이트의 제2 표면과 상기 전극 사이의 제2 치수 보다 작고,

상기 백 플레이트의 상기 제1 표면은 상기 백 플레이트의 상기 제2 표면과 반대편에 있는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 전극은 디스크 형상인, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 19

제 2 항에 있어서,

상기 일 이상의 전도체는 상기 가스 채널을 둘러싸는 원통형 전도체를 포함하는, 샤워헤드 어셈블리.

청구항 20

기관 처리 시스템으로서:

반응 부피 (reaction volume) 를 포함하는 처리 챔버;

상기 반응 부피 내에 배치된 제 1 항에 기재된 샤워헤드 어셈블리; 및

상기 페이스 플레이트에 인접하여 상기 반응 부피 내에 배치된 페데스탈 (pedestal) 을 포함하는, 기관 처리 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

1MHz 보다 큰 주파수를 갖는 상기 일 이상의 전도체로, 무선주파수 (RF) 신호를 공급하도록 구성된 RF 회로; 및

상기 RF 회로의 동작을 제어하고 상기 가스 채널로 흐르는 처리 가스를 제어하도록 구성된 제어기를 더 포함하는, 기관 처리 시스템.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 백 플레이트는 상기 처리 챔버의 벽과 직접 연결되는, 기관 처리 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 명세서는 기관 처리 시스템과 관련하고, 특히 기관 처리 시스템을 위한 샤워헤드 (showerhead) 와 관련한다.

배경 기술

[0002] 본 명세서에 제공되는 배경기술 설명은 본 명세서의 내용을 전반적으로 나타내는 목적을 위해서이다. 본 배경 기술과 출원시 선행 기술로서 자격을 부여할 수 없는 명세서의 양상에서 설명된, 현재 지명된 발명자의 작업은 본 명세서에 대항하여 선행 기술로서 명시적 또는 묵시적으로 인정되지 않는다.

[0003] 기관 처리 시스템은 통상적으로 일 이상의 반응 부피를 가진 처리 챔버를 포함한다. 페데스탈 (pedestal) 은 통상적으로 반응 부피 내에 위치된다. 반도체 웨이퍼와 같은 기관은 페데스탈 상에 배치된다. 일 이상의 처리

가스는 샤워헤드를 이용하여 반응 부피로 전달되고 플라즈마는 반응 부피 내에 충돌될 수도 있다. 유전체 층과 같은 막은 기관 상에 형성된다.

- [0004] 샤워헤드는 용량성 커플링된 플라즈마 (CCP; capacitively coupled plasma) 반응기 (reactor) 내에 이용될 수도 있다. 샤워헤드는 기관 위에 처리 가스를 분배하고 플라즈마를 구동하도록 무선주파수 (RF) 전극으로서의 역할을 한다. 샤워헤드는 통상적으로 금속성 재료로 이뤄진다. 금속 전극은 샤워헤드 내부의 플라즈마 형성 및 가스의 조기 활성화를 방지하도록 샤워헤드의 가스 플레넘 (plenum) 내부의 전기장을 실질적으로 감소시키거나 제거한다.
- [0005] CCP 반응기를 위한 샤워헤드는 통상적으로 알루미늄으로 이뤄지고 바디 (body) 로 용접되는 페이스 플레이트 (face plate) 를 포함한다. 샤워헤드의 페이스 플레이트는 통상적으로 기관의 노출된 표면 위에 균일한 가스 분배를 제공하도록 다수의 이격된 가스 홀 (hole) 들을 가진다. RF 전압은 샤워헤드, (페데스탈과 같은) 다른 전극 또는 샤워헤드 및 다른 전극으로 인가될 수도 있다.
- [0006] 알루미늄 샤워헤드는 다수의 처리 화학물질 (또는 가스 조성물) 과 우수하게 작동한다. 그러나, 알루미늄은 금속성 표면으로부터 엘리먼트 (element) 를 침출하는 처리 가스와 호환 가능하지 않다. 특히, 염소-기반 화학물질은 300℃를 초과하는 동작 온도 (operating temperature) 에서 알루미늄을 침출하는 성향이 있다. 샤워헤드의 금속 표면 상에 함염소 가스의 케미컬 어택 (chemical attack)의 결과로서, 금속성 재료는 기관 상에 증착된 막 내에 이를 수도 있다. 이는 종종 기관 상의 디바이스 제조에 유해하다. 예를 들어, 몇몇의 경우 금속성 재료는 집적 디바이스 동작을 해할 수 있는 도펀트 (dopant) 이다.
- [0007] 또한, 원치 않는 금속 오염은 처리 챔버의 세정 동안 발생할 수 있다. 플루오르 원자 (atomic fluorine) 는 세정을 위해 흔히 이용되므로, 페이스 플레이트 (샤워헤드의 최고온 영역) 는 플루오르 (fluorine) 와 반응하고 알루미늄 플루오라이드 (aluminum fluoride) 를 형성한다. 알루미늄 플루오라이드의 두께가 시간에 따라 증가하는 경우, 샤워헤드 표면 특성 (예컨대, 조도 (roughness), 전도도 (conductivity) 및 복사율 (emissivity)) 은 변화한다. 결과적으로, 증착 처리는 드리프팅 (drifting) 할 수 있고, 미립자 오염에 대해 높은 위험에 있게 된다.
- [0008] 또한, 샤워헤드의 설계 (design) 는 샤워헤드가 처리 챔버 내에 설치된 경우 (그것은 용접되므로) 샤워헤드의 내부를 세정하는 것을 허가하지 않는다. 극단적인 경우에, 페이스 플레이트 내에 가스 홀 내부에 알루미늄 표면의 플루오르화 (fluorination) 는 홀의 직경을 변화시킬 수도 있고 가스 흐름의 균일도를 변경시킬 수도 있다.
- [0009] 알루미늄과 같은 몇몇의 금속성 재료는 더 높은 온도 (400℃ 이상) 에서 더 유연하게 되고 샤워헤드의 페이스 플레이트는 늘어지는 것 (droop) 을 시작할 수도 있다. 이는 가스 흐름 및 플라즈마 밀도 분포에 변화를 야기할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0010] 기관 처리 시스템을 위한 샤워헤드 어셈블리는 가스 채널과 연결된 백 플레이트를 포함한다. 페이스 플레이트는 백 플레이트 (back plate) 의 제1 표면에 인접하여 연결되고 가스 확산 표면을 포함한다. 전극은 백 플레이트 중 하나 내에 배열되고 페이스 플레이트는 일 이상의 전도체와 연결된다. 가스 플레넘은 백 플레이트 및 페이스 플레이트 사이에서 정의되고 가스 채널과 유체 연통한다. 백 플레이트와 페이스 플레이트는 비금속성 재료로 이뤄진다.
- [0011] 다른 특징에서, 스템 (stem) 은 백 플레이트와 연결되고 가스 채널을 정의한다. 일 이상의 전도체는 스템을 통과한다.
- [0012] 다른 특징에서, 페이스 플레이트의 가스 확산 표면은 이격된 홀들을 포함하거나, 페이스 플레이트의 가스 확산 표면은 천공들을 포함하거나, 페이스 플레이트의 가스 확산 표면은 다공성이다.
- [0013] 다른 특징에서 플라즈마-억제 구조체 (plasma-suppressing structure) 는 백 플레이트의 제2 표면에 인접하여

배열된다. 백 플레이트의 제1 표면은 백 플레이트의 제2 표면과 반대편에 있다.

- [0014] 다른 특징에서, 플라즈마-억제 구조체는 이격된 관계로 서로 평행하게 위치한 N개의 플레이트를 포함한다. N은 1 보다 큰 정수이고, N개의 플레이트는 유전체 재료로 이뤄진다.
- [0015] 다른 특징에서, 플라즈마-억제 구조체는 N개의 플레이트 중 하나로부터 기관 처리 시스템의 처리 챔버의 상면을 향해 확장되는 칼라 (collar) 를 포함한다. 칼라는 유전체 재료로 이뤄진다.
- [0016] 다른 특징에서, N은 2보다 크고 N개의 플레이트는 균일한 방식으로 이격된다. N은 2보다 크고 N개의 플레이트 중 적어도 일부는 불균일한 방식으로 이격된다. N개의 플레이트 중 적어도 하나는 복수의 천공을 포함한다. N개의 플레이트 중 적어도 하나는 톱니 표면 (saw tooth surface) 을 포함한다. 스템, 백 플레이트 및 페이스 플레이트는 세라믹 재료로 이뤄진다. 스템, 백 플레이트 및 페이스 플레이트는 알루미늄 나이트라이드 (aluminum nitride) 및 알루미늄 옥사이드 (aluminum oxide) 중 적어도 하나로 이뤄진다.
- [0017] 다른 특징에서, 페이스 플레이트는 백 플레이트 및 페이스 플레이트 사이의 씰 (seal) 을 유지하는 동안 백 플레이트에 대하여 페이스 플레이트의 측방향 이동을 허용하도록 백 플레이트와 연결된다.
- [0018] 다른 특징에서, 배플 (baffle) 은 가스 채널 및 가스 플레넘 사이에 배치된다. 칼라는 기관 처리 챔버의 상부면과 스템을 연결한다. 백 플레이트는 패스너 (fastener) 를 이용하여 페이스 플레이트와 연결된다. 가스 플레넘의 높이 치수 (dimension) 는 예상되는 플라즈마 시스 (sheath) 두께의 두배 미만이다. 전극 및 백 플레이트의 제1 표면 사이의 제1 치수는 전극 및 백 플레이트의 제2 표면 사이의 제2 치수보다 작다. 백 플레이트의 제1 표면은 백 플레이트의 제2 표면과 반대편에 있다. 전극은 디스크 형상이다.
- [0019] 다른 특징에서, 기관 처리 시스템은 반응 부피를 포함하는 처리 챔버를 포함한다. 샤워헤드 어셈블리는 반응 부피 내에 배치된다. 페데스탈은 페이스 플레이트에 인접하여 반응 부피 내에 배치된다.
- [0020] 다른 특징에서, 무선 주파수 (RF) 회로는 일 이상의 전도체로 1 M Ω 보다 더 큰 주파수를 가지는 RF 신호를 공급하도록 구성된다. 제어기는 RF 회로의 동작을 제어하고 가스 채널으로 흐르는 처리 가스를 제어하도록 구성된다.
- [0021] 다른 특징에서, 일 이상의 전도체는 가스 채널을 둘러싸는 원통형 전도체를 포함한다.
- [0022] 본 명세서의 이용 가능성의 추가의 영역은 상세한 설명, 청구항 및 도면으로부터 분명히 될 것이다. 상세한 설명 및 특정한 실시예는 설명의 목적을 위해서만 의도되고 본 명세서의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 본 명세서의 상세한 설명 및 첨부한 도면으로부터 더 완전히 이해될 것이고, 여기서:
- 도 1a 및 도 1b 는 기능상의 블록도 및 본 명세서에 따르는 기관 처리 시스템의 실시예의 단순화된 단면도이다.
- 도 2a 및 도 2b는 본 명세서에 따르는 샤워헤드 실시예의 부분의 부분적인 단면도이다.
- 도 3은 플라즈마-억제 구조체의 플레이트 사이에 불균일한 간격이 두어진 실시예를 도시한다.
- 도 4는 플라즈마-억제 구조체의 플레이트 상에 스칼롭 (scalloped) 표면의 실시예를 도시한다.
- 도 5는 플라즈마-억제 구조체의 천공 (perforated) 플레이트의 실시예를 도시한다.
- 도면에서, 도면 부호는 비슷한 및/또는 동일한 엘리먼트 (element) 를 식별하도록 재사용될 수도 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 출원은 2013년 2월 28일에 출원된 미국 가출원 번호 41/770,894 의 이익을 주장한다. 위에 언급된 출원의 전체 명세서의 참조로써 본 명세서에서 통합된다.
- [0025] 도 1a, 1b, 2a 및 2b는 본 명세서에 따른 샤워헤드 (10) 의 실시예를 도시한다. 도 1a에서, 샤워헤드 (10) 는 백 플레이트 (20), 스템 (24) 및 페이스 플레이트 (30) 를 포함한다. 몇몇의 실시예에서, 샤워헤드 (10) 의 백 플레이트 (20), 스템 (24) 및 페이스 플레이트 (30) 는 세라믹 재료와 같은 비금속 재료로 이뤄진다. 스템 (24) 이 도시되나, 스템 (24) 은 생략될 수 있고 백 플레이트는 처리 챔버의 표면 상에 배열되거나, 인접하거나 그리고/또는 처리 챔버의 표면으로 리세스될 (recessed) 수도 있다 (도 1b). 몇몇의 실시예에서, 세라믹 재료

는 알루미늄 나이트라이드 (AlN), 알루미늄 옥사이드 (Al_2O_3) 또는 다른 적합한 세라믹 물질을 포함한다.

- [0026] 몇몇의 실시예에서, 백 플레이트 (20) 는 통상적으로 평탄한 디스크를 포함한다. 스템 (24) 은 백 플레이트 (20) 와 연결된다. 몇몇의 실시예에서, 스템 (24) 은 원통형이고 스템 (24) 의 측은 백 플레이트 (20) 를 포함하는 평면에 수직으로 연결된다. 오직 예시로서, 스템 (24) 및 백 플레이트 (20) 는 확산 본딩 (bonding) 또는 브레이징 (brazing) 을 이용하여 함께 고정되도록 연결될 수도 있다. 그렇지 않으면, 스템 (24) 및 백 플레이트 (20) 는 패스너, 암수 커넥터 (male and female connectors) 또는 다른 방법을 이용하여 제거 가능하게 연결될 수도 있다.
- [0027] 스템 (24) 은 스템 (24) 을 통해 축방향으로 확장되는 가스 채널 (34) 을 정의한다. 가스는 가스 채널 (34) 을 통해 선택적인 배플 (38) 로 그리고 가스 플레넘 (32) 으로 흐르고, 이는 백 플레이트 (20) 및 페이스 플레이트 (30) 사이에 정의된다. 백 플레이트 (20) 및 페이스 플레이트 (30) 중 하나 또는 양자는 가스 플레넘 (32) 의 높이를 정의하도록 리세스 (recess) (36) 를 포함할 수도 있다.
- [0028] 페이스 플레이트 (30) 는 가스 플레넘 (32) 및 반응 부피 (44) 사이에서 가스 확산기로서 기능하는 가스 확산 표면 (41) 을 정의한다. 가스 확산 표면 (41) 은 천공될 수도 있고, 홀들을 가질 수도 있고, 다공성일 수도 있다. 도 1에서 오직 예시로서, 가스 플레넘 (32) 내의 처리 가스는 페이스 플레이트 (30) 의 이격된 홀 (42) 들을 통해 반응 부피 (44) 로 흐를 수도 있다. 이격된 홀 (42) 들은 페데스탈 (48) 상에 배열된 기관 (46) 의 노출된 표면을 가로질러 상대적으로 균일한 방식으로 처리 가스를 분배한다.
- [0029] 무선 주파수 (RF) 전극 (50) 은 백 플레이트 (20) (도 1 및 2a) 또는 페이스 플레이트 (30) (도 2b) 중 하나 내부에 임베디드 (embedded) 된다. 일 이상의 전도체 또는 로드 (rod) (54) 는 스템 (24) 및 백 플레이트 (20) 의 일부를 통과한다. 전도체 (54) 는 RF 전극 (50) 과 전기적으로 접촉한다. 몇몇의 실시예에서, 추가적인 또는 더 적은 전도체 (54) 가 이용될 수도 있으나, 4개의 전도체 (54) 가 이용된다. 가스 채널 (34) 을 따르는 전기장은 로드 (54) 의 수가 증가할수록 감소한다. 몇몇의 실시예에서, 전도체 (54) 는 원통형이고 가스 채널 (34) 을 둘러싼다. 일 이상의 전도체 (54) 는 샤워헤드 (10) 가 접지된 전극으로 구성된다면 접지와 같은 기준 전위 또는 RF 전압으로 연결될 수도 있다.
- [0030] 샤워헤드 (10) 는 백 플레이트 (20) 를 통해 흘러지는 기생 방전 (parasitic discharge) 을 감소시키거나 제거하도록 백 플레이트 (20) 의 상면 및 처리 챔버의 상면 사이에 배열된 플라즈마-억제 구조체 (60) 를 포함한다. 몇몇의 실시예에서, 플라즈마-억제 구조체 (60) 는 공통 양도된 2011년 11월 23일에 출원된 미국 특허 출원 일련 번호 13/303,386 "기관 처리 챔버 내에 기생 플라즈마의 기계적 억제" 에 따라 만들어질 수도 있고, 이 특허 출원은 이에 의하여 특허 출원의 전문으로 참조로서 통합된다.
- [0031] 스템 (24) 은 칼라 (80) 에 부착될 수도 있다. 결국, 칼라 (80) 는 처리 챔버의 상단면에 부착될 수도 있다. 칼라 (80) 는 칼라 (80) 의 상단부에 인접하여 스템 (85) 으로부터 외부로 방사상으로 확장하는 플랜지 (flange) (86) 및 스템 (85) 을 포함할 수도 있다. 칼라 (80) 는 유전체 (절연) 재료로 이뤄질 수도 있고 접지로 용량성 커플링을 최소화하는 치수를 가질 수도 있다 (즉, 두께 또는 높이를 가질 수도 있다). 밸브 (90) 및 펌프 (92) 는 반응 부피 (44) 내에 진공을 생성하도록 이용될 수도 있다.
- [0032] 페이스 플레이트 (30) 는 어떤 의미로는 열팽창의 차이로 인해 페이스 플레이트 (30) 와 백 플레이트 (20) 사이의 몇몇의 상대적인 축방향의 이동을 허용하도록 그리고 가스 씰을 제공하도록 백 플레이트 (20) 에 부착된다. 본 명세서에 이용된 것과 같이, 축방향의 이동은 페이스 플레이트를 포함하는 평면에 평행한 이동을 참조한다. 다시 말해서, 페이스 플레이트 (30) 는 가스 플레넘 (32) 내부의 가스/증기를 동시에 씰링 (sealing) 하는 동안 페이스 플레이트 (30) 가 백 플레이트 (20) 로 스트레스 (stress) 를 전송하는 것 없이 열팽창 할 수 있도록 백 플레이트 (20) 로 마운트 (mount) 된다.
- [0033] 도 2a에서 최적으로 보여질 수 있는 것과 같이, 몇몇의 실시예에서, 페이스 플레이트 (30) 및 백 플레이트 (20) 의 에지는 패스너 (64) 를 이용하여 연결된다. 몇몇의 실시예에서, 패스너 (64) 는 와셔 (washer) (67) 와 프리로드된 (preloaded) 스크류 (screw) (66) 를 포함한다. 스크류 (66) 는 미리 결정된 (predetermined) 토크 (torque) 가 페이스 플레이트 (30) 및 백 플레이트 (20) 사이에 접촉을 유지하도록 인가될 때까지 회전될 수도 있다. 몇몇의 실시예에서, 패스너 (64) 는 숄더 스크류 (shoulder screw) 일 수도 있고 와셔 (67) 는 스프링 와셔 (spring washer) 일 수도 있다. 숄더 스크류는 미리 정의된 (predefined) 하중을 생성하도록 스프링 와셔로 미리 결정된 압축을 가한다. 몇몇의 실시예에서, 샤워헤드 (10) 의 페이스 플레이트 (30) 는 패스너 (64) 를 제거하고, 새로운 페이스 플레이트를 설치하고, 패스너 (64) 를 재설치함으로써 교체될 수 있다.

- [0034] 몇몇의 실시예에서, 페이스 플레이트 (30) 내의 이격된 홀 (42) 은 이격된 홀 (42) 의 내부에 플라즈마 접화를 방지하도록 0.02" 에서 0.06" 범위 내에 직경을 가진다. 페이스 플레이트 (30) 의 이격된 홀 (42) 은 웨이퍼 상의 막 특성을 최적화하도록 다양한 패턴으로 배열된다. 추가의 또는 더 적은 홀이 이용될 수도 있으나, 이격된 홀 (42) 의 수는 50 에서 6000 범위 내에 있다. 이격된 홀 (42) 의 직경은 주어진 페이스 플레이트에 대해 같을 수 있고 또는 2 이상의 다양한 크기가 주어진 페이스 플레이트에 대해 이용될 수 있다.
- [0035] 몇몇의 실시예에서, 백 플레이트 (20) 내에 임베디드된 RF 전극 (50) 은 디스크 형상을 갖고 샤워헤드 (10) 에 대해 이용되는 재료의 제2 CTE와 비교 가능한 제1 열팽창 계수 (CTE) 를 갖는 금속으로 이뤄진다. 도 2a에서 보여질 수 있는 것 것과 같이, 전극 (50) 은 페이스 플레이트 (30) 내에 배열될 수 있다. 인식될 수 있는 것 것과 같이, 전극 (50) 은 어떤 의미로는 이격된 홀 (42) 의 패턴을 수용하도록 패턴닝 (patterning) 될 것이다. 페이스 플레이트 (30) 또는 백 플레이트 (20) 내의 RF 전극 (50) 은 고주파 RF가 라이트업 (lightup) 없이 샤워헤드 (10) 의 가스 플레넘 (32) 을 통과하는 것을 가능하게 한다.
- [0036] 도 2a에서 최적으로 보여질 수 있는 것 것과 같이, 몇몇의 실시예에서, RF 전극 (50) 은 전력 커플링 (도 2a에서 치수 d_2) 을 향상시키도록 기관에 대항하는 백 플레이트 (20) 의 하부면으로 가능한 한 가깝게 위치된다. 몇몇의 실시예에서, 치수 d_1 은 치수 d_2 보다 더 크다. 전도체 (54) 는 RF 회로 (70) 로 RF 전극 (50) 을 연결하도록 스텝 (24) 의 벽 내에 임베디드된다. 몇몇의 실시예에서, 전도체 (54) 는 가스가 도입되는 것을 통해 채널을 따라 전기장을 최소화하도록 배열된다. 페이스 플레이트 (30) 는 임의의 적합한 두께 (치수 d_4) 를 가질 수 있다.
- [0037] RF 전극 (50) 이 백 플레이트 (20) 내에 임베디드되는 경우, 방전을 구동하는 전기장은 가스 플레넘 (32) 및 페이스 플레이트 (30) 를 통과해야 한다. 몇몇의 실시예에서, 가스 플레넘의 높이 치수 (도 2a에서 치수 d_3) 는 예상되는 플라즈마 시스 두께의 2배 보다 작다. 이 접근을 이용하는 것은 기생 플라즈마 방전이 유지될 수 없는 것을 보장한다. 몇몇의 실시예에서, 치수 d_3 는 가스 플레넘 (32) 내부의 기생 플라즈마를 유지할 상태를 방지하고 가스 플레넘 (32) 을 가로지르는 전압 강하를 최소화 하도록 1/8" 또는 그 이하이다.
- [0038] 도 1a에서 최적으로 보여질 수 있는 것 것과 같이, RF 전극 (50) 이 백 플레이트 (20) 내부에 임베디드되는 경우, 샤워헤드 (10) 의 배면 또는 상단면 상의 기생 방전의 억제 플라즈마-억제 구조체 (60) 를 이용하여 수행될 수도 있다. 몇몇의 실시예에서, 플라즈마-억제 구조체 (60) 는 2 이상의 이격된 플레이트 (100-1, 100-2, ..., 및 100-N) (일괄하여 플레이트 100) 를 포함하고, 여기서 N은 1 보다 큰 정수이다. 몇몇의 실시예에서, 추가적인 또는 더 적은 플레이트 (100) 가 이용될 수도 있으나, N은 5이다. 몇몇의 실시예에서, 플레이트 (100) 는 세라믹 재료 또는 임의의 다른 적합한 유전체 재료로 이뤄진다. 플레이트 (100) 사이에 이격시킨 것은 플레이트 (100) 사이에 자체-유지되는 방전을 방지하도록 그리고 플라즈마-유지 구조체 (60) 내의 유효 전압 (significant voltage) 을 강하시키도록 최적화되어, 기생 방전이 플라즈마-억제 구조체 (60) 뒤에 유지될 수 없다. 1 이상의 스페이서 (spacer) (102) 는 플라즈마-억제 구조체 (60) 의 플레이트 (100) 사이에 일정한 공간을 정의하도록 제공될 수도 있다. 칼라 (110) 는 또한 플레이트 (100) 중 상단의 하나 (도 1a에서 100-5) 위에 그리고 칼라 (80) 의 스텝 (85) 주위에 제공될 수도 있다. 칼라 (110) 는 유전체 재료로 이뤄질 수도 있다.
- [0039] 제어기 (120) 는 일 이상의 센서 (124) 와 연결될 수도 있고, 센서는 처리 챔버의 내부 및 외부에 배열될 수도 있다. 센서 (124) 는 시스템 동작 상태를 감지하고 압력 센서, 온도 센서 및/또는 다른 센서를 포함할 수도 있다. 컨트롤러 (120) 는 일 이상의 질량 유량 (mass flow) 제어기 (MFC) (128) 및 밸브 (130) 를 이용하여 가스 소스 (126) 로부터 가스 채널 (34) 로 처리 가스를 선택적으로 공급한다.
- [0040] 몇몇의 실시예에서, RF 전극 (50) 은 RF 회로 (70) 와 연결되고, RF 회로는 고주파 여기 (excitation) 를 제공한다. 몇몇의 실시예에서, 고주파 여기는 1MHz 이상이다. 가스 플레넘 (32) 및 세라믹 재료의 적층된 층은 방전 임피던스 (impedance) 를 추가하는 용량성 구조체를 생성한다. 여기 주파수가 증가할수록, 임피던스는 감소한다. 샤워헤드 (10) 의 효율적인 동작을 공급하기 위해서, 대부분의 전달된 전력은 기관 위에 방전을 소멸시켜야 한다. 샤워헤드 (10) 뒤의 플라즈마는 기생하는 것으로 생각된다. 기관 위에 전력 소멸을 극대화하기 위하여, 페이스 플레이트 (30) 를 통과하는 임피던스는 백 플레이트 (20) 를 통과하는 임피던스 보다 더 작다 (그렇지 않으면 배면 플라즈마는 전달된 전력의 유효 분율 (significant fraction) 을 소비할 수도 있다). 샤워헤드 (10) 가 백 플레이트 (20) 내에 임베디드된 RF 전극 (50) 을 포함하는 경우, 더 많은 전력이 백 플레이트 (20) 를 통해 커플링하는 성향이 있다. 본 현상은 플라즈마-억제 구조체 (60) 를 이용하여 감소될 수도 있다.

[0041] 전력 커플링은 임피던스 모델에 관하여 분석될 수 있다. 페이스 플레이트의 앞쪽에 (웨이퍼 위에) 발생하는 플라즈마 방전을 위해, 임피던스 Z_{face} 는 다음과 같이 계산된다:

$$Z_{face} = \sum \frac{1}{2\pi f C_i} = \sum \frac{d_i}{2\pi f A \epsilon_0 \epsilon_i} = \frac{1}{2\pi f A \epsilon_0} \sum \frac{d_i}{\epsilon_i} = \frac{1}{2\pi f A \epsilon_0} \left(\frac{d_2}{9} + d_3 + \frac{d_4}{9} \right),$$

[0042]

[0043] 여기서 C_i 는 층 i 의 커패시턴스, A 는 면적, f 는 주파수, d_i 는 층 i 의 두께, ϵ_0 는 유전율, $\epsilon_2 = \epsilon_4 = 9$ 는 AlN 또는 Al_2O_3 의 비유전율, $\epsilon_3 = 1$ 은 진공의 비유전율이다.

[0044] AlN 및 Al_2O_3 의 유전율이 약 9이므로, 플레이트는 비슷한 두께의 진공 갭 (gap) 보다 임피던스로 더욱 적게 기여한다. 샤워헤드의 배면 위에 발생하는 플라즈마 방전 (기생 플라즈마)에 대하여, 플라즈마-억제 구조체 (60)

$$Z_{back} = \frac{1}{2\pi f A \epsilon_0} \cdot \frac{d_1}{9}$$

가 없는 임피던스는 와 같이 계산된다. 플라즈마-억제 구조체 (60)가 없는 샤워헤드에 대하여, 가스 플레임의 높은 임피던스 ($\epsilon = 1$)로 인해 $Z_{face} > Z_{back}$ 이다. 대응하기 위하여, 큰 임피던스 Z_{supp} 를 갖는 플라즈마-억제 구조체 (60)는 $Z_{face} \ll Z_{back} + Z_{supp}$ 를 보장하도록 백 플레이트 (20)상에 설치된다.

[0045] 플라즈마-억제 구조체 (60)의 임피던스는 플레이트 (100)사이의 진공 갭에 주로 의존한다. 그러나, 갭이 너무 넓다면, 용량성 기생 방전이 플레이트 (100)사이에 발생할 수도 있다.

[0046] 위에 구성된 임피던스 모델은 평행한 플레이트 커패시터 및 균일한 전기장을 가정한다. 실제로는, 위 결과를 변경할 프린지 필드 (fringe field)가 발생할 것이지만 이 효과는 작을 것으로 예상된다. 프린지 필드는 RF 전극 (50)의 바로 부근 내에서 가장 높다. 결과적으로, (백 플레이트 (20) 및 플라즈마-억제 구조체 (60)의 제1 플레이트 (100-1)사이의) 제1 갭은 기생 방전을 점화하기에 가장 용이하다.

[0047] 몇몇의 실시예에서, 플레이트 사이 갭은 균일하다. 다른 실시예에서, 플레이트 사이 갭은 균일하지 않다. 도 3에서 오직 예시로서, 플레이트 사이의 갭 (200-1, 200-2, 200-3, 200-4 및 200-5) (일괄하여 플레이트 사이의 갭 (200))의 일부 또는 전부는 백 플레이트 (20)로부터 거리에 따라 증가할 수도 있다. 오직 예시로서, 다른 값이 이용될 수도 있으나, 플레이트 사이의 갭 (200)은 40-60-100-150-200 (mil 단위로)을 따라 증가할 수도 있다. 이해될 수 있는 바와 같이, 플레이트 (100)의 말단은 예를 들어 일 이상의 (도시되지 않은) 플러그 (plug)를 이용하여 인클로즈 (enclose)될 수도 있다.

[0048] 플라즈마-억제 구조체 (60)의 플레이트 (100)사이의 플레이트 사이 기생 방전을 방지하는 것은 갭 폭 및 플라즈마 시스 두께의 관계에 의존한다. 도 4에서 예를 들어, 원치 않는 점화에 대항하여 향상된 보호는 일 이상의 톱니 또는 스칼롭 표면 (230)을 포함하는 플레이트 (220-1, 220-2, 220-3 및 220-4) (일괄하여 플레이트 (220))에 의해 성취된다. 하나의 스칼롭 표면 (230)만이 각각의 플레이트 (220)에 대하여 도시된 반면에, 각각의 플레이트 (220)의 양쪽 표면이 스칼롭될 수도 있다. 높은 표면 영역은 전자 및 이온의 손실률을 증가시키고 자체-유지되는 기생 방전을 아마도 더 적게 만드는 전자 및 이온에 대해 더 많은 재결합 위치를 제공한다. 이해될 수 있는 바와 같이, 플레이트 (220)의 말단은 예를 들어 일 이상의 (도시되지 않은) 플러그를 이용하여 인클로즈될 수도 있다.

[0049] 도 5에서 예를 들어, 원치 않는 점화에 대항하여 향상된 보호는 일 이상의 천공 (260)을 각각 포함하는 플레이트 250-1, 250-2 및 250-3 (일괄하여 플레이트 (250))에 의하여 성취될 수도 있다. 높은 표면 영역은 전자 및 이온의 손실률을 증가시키고 자체-유지되는 기생 방전을 아마도 더 적게 만드는 전자 및 이온에 대해 더 많은 재결합 위치를 제공한다. 이해될 수 있는 바와 같이, 플레이트 (250)의 말단은 예를 들어 일 이상의 (도시되지 않은) 플러그를 이용하여 인클로즈될 수도 있다.

[0050] 이해될 수 있는 바와 같이, 주어진 기관 처리 챔버를 위한 플라즈마-억제 구조체 (60)는 균일하고 불균일한 공간, 일 이상의 스칼롭 표면, 및/또는 천공과 같은 위에 설명된 특성의 변화를 포함한다.

[0051] 상술한 설명은 사실상 단지 분명히 보여주고 결코 본 명세서, 그 출원, 또는 이용을 제한하도록 의도되지 않는다. 본 명세서의 광범위한 교시는 다양한 형태로 구현될 수 있다. 따라서, 본 명세서는 특정한 실시예를 포함

하는 반면에, 다른 변경이 도면, 명세서, 및 아래의 청구항의 고찰로 명백히 되므로 본 명세서의 진정한 범위는 제한되지 않아야 한다. 본 명세서에 이용된 것과 같이, 어구 A, B, 및 C 중 적어도 하나는 비배타적 논리의 "OR" 을 이용하여 논리상 (A 또는 B 또는 C) 를 의미하도록 해석되어야 한다. 방법에서 일 이상의 단계는 본 명세서의 본질을 변화하는것 없이 순서를 바꾸어 (또는 동시에) 실행될 수도 있는 것이 이해되어야 한다.

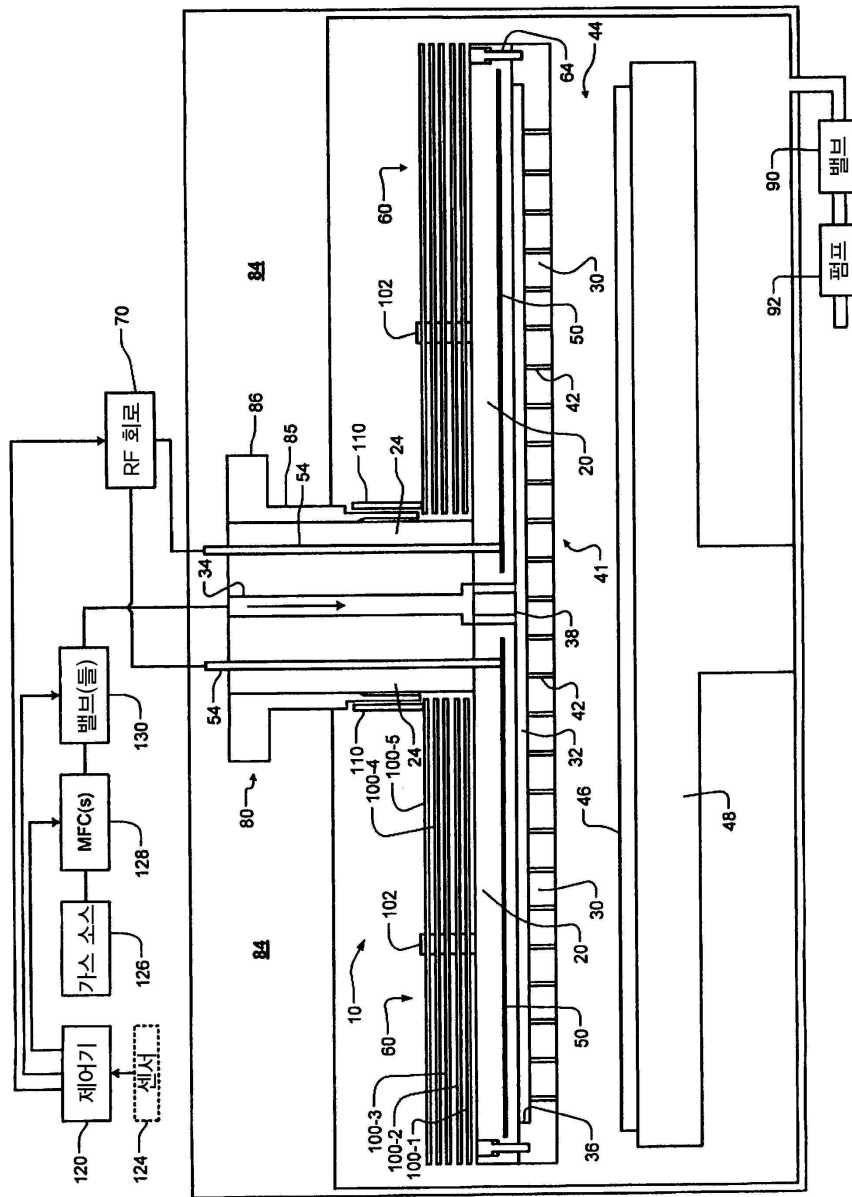
[0052] 이 출원에서, 아래의 정의를 포함하여, 용어 제어기는 용어 회로와 교체될 수도 있다. 용어 제어기는 주문형 반도체 (ASIC); 디지털, 아날로그, 또는 혼합된 아날로그/디지털 이산 회로; 디지털, 아날로그, 또는 혼합된 아날로그/디지털 집적회로; 조합 논리 회로; 필드 프로그래머블 게이트 어레이 (FPGA); 코드를 실행하는 (공유, 전용, 또는 그룹) 프로세서; 프로세서에 의해 실행되는 코드를 저장하는 (공유, 전용, 또는 그룹) 메모리; 설명된 기능을 제공하는 다른 적합한 하드웨어 컴포넌트; 또는 시스템 온 칩과 같이 상기한 것의 일부 또는 전부의 조합을 언급하거나, 일부로 하거나, 포함할 수도 있다.

[0053] 위에 이용된 것과 같이, 용어 코드는 소프트웨어, 펌웨어, 및/또는 마이크로코드를 포함할 수도 있고, 프로그램, 루틴, 함수, 클래스, 및/또는 오브젝트를 언급할 수도 있다. 용어 공유 프로세서는 복수의 제어기로부터 일부 또는 전부 코드를 실행하는 단일의 프로세서를 포함한다. 용어 그룹 프로세서는 추가적인 프로세서와 결합하여 일 이상의 제어기로부터 일부 또는 전부의 코드를 실행하는 프로세서를 포함한다. 용어 공유 메모리는 복수의 제어기로부터 일부 또는 전부의 코드를 저장하는 단일의 메모리를 포함한다. 용어 그룹 메모리는 추가적인 메모리와 결합하여 일 이상의 제어기로부터 일부 또는 전부의 코드를 저장하는 메모리를 포함한다. 용어 메모리는 용어 컴퓨터-판독가능 매체의 하위 집합일 수도 있다. 용어 컴퓨터-판독가능 매체는 매체를 통해 전파되는 일시적인 전기 및 전자기 신호를 포함하지 않고, 따라서 유형 (tangible) 이고 비일시적인 것으로 생각될 수도 있다. 비일시적인 유형의 컴퓨터 판독가능 매체는 비휘발성 메모리, 휘발성 메모리, 자기 스토리지 (storage), 및 광학 스토리지를 포함한다.

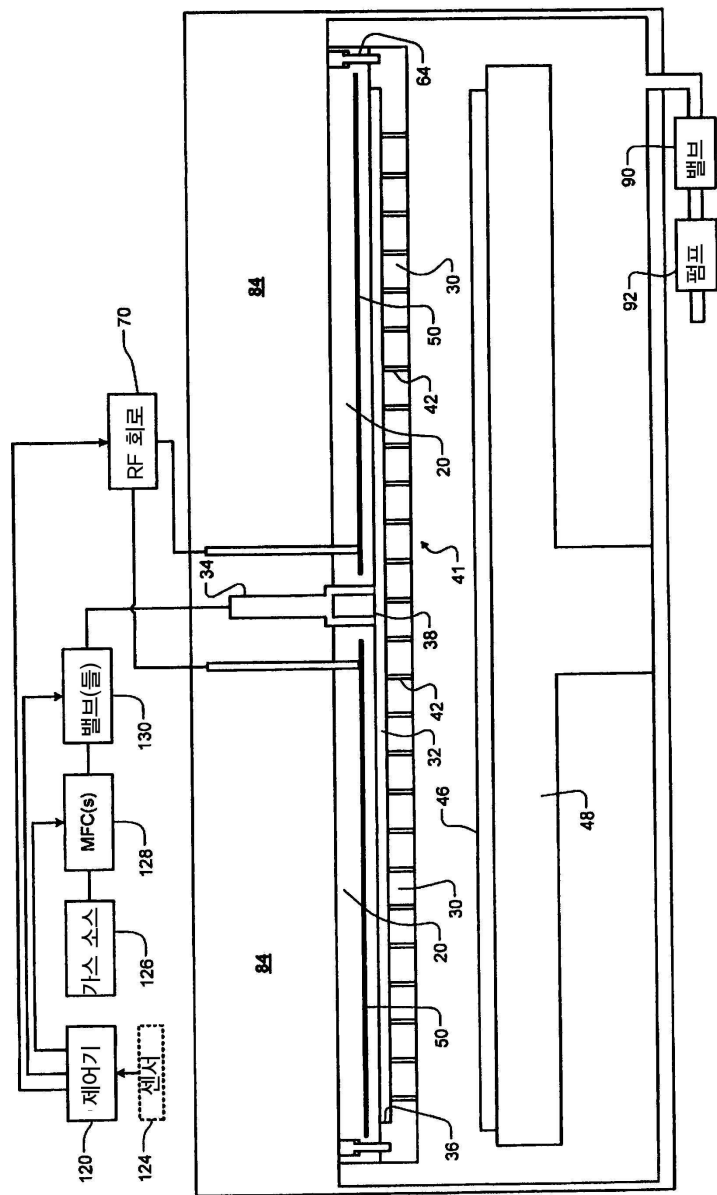
[0054] 이 출원에 설명된 장치 및 방법은 일 이상의 프로세서에 의해 실행되는 일 이상의 컴퓨터 프로그램에 의해 부분적으로 또는 전적으로 구현될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램은 적어도 하나의 비일시적인 유형의 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장된 프로세서로 실행가능한 명령어를 포함한다. 컴퓨터 프로그램은 또한 저장된 데이터에 의존하거나 저장된 데이터를 포함할 수도 있다.

도면

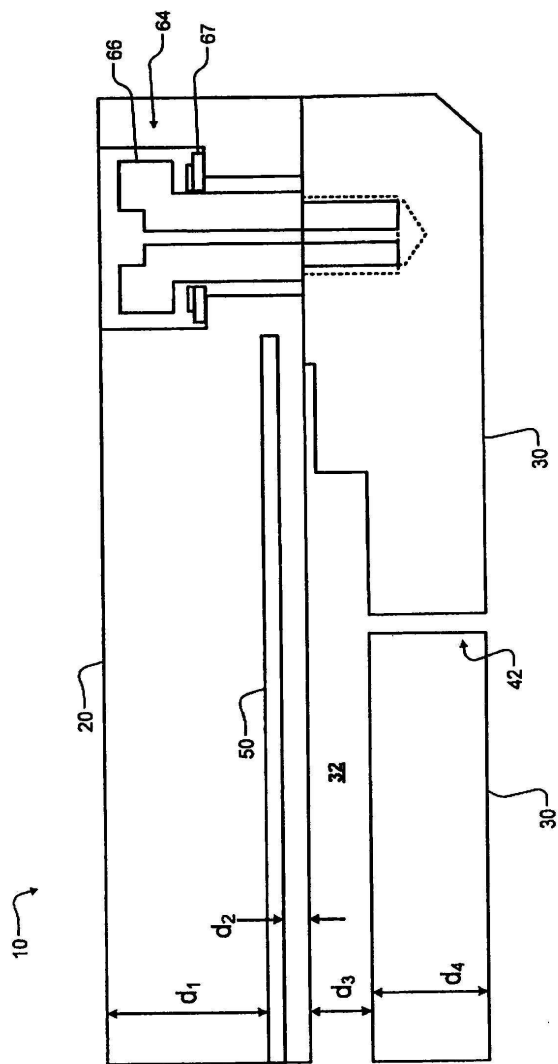
도면1a



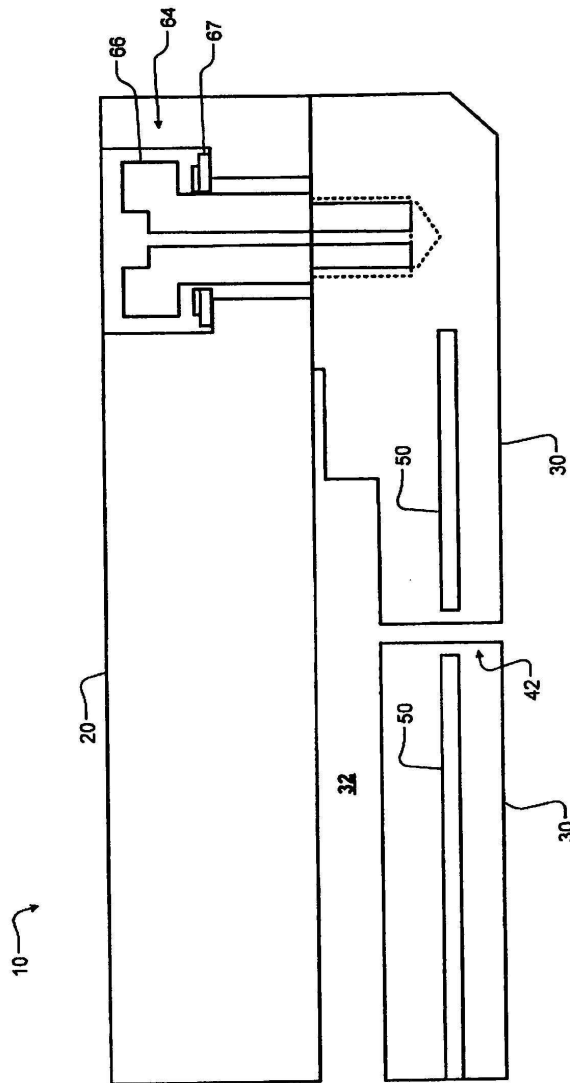
도면1b



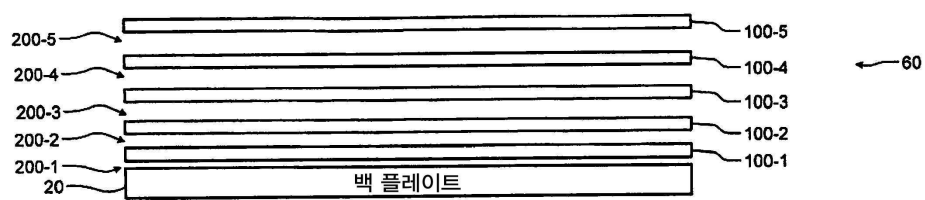
도면2a



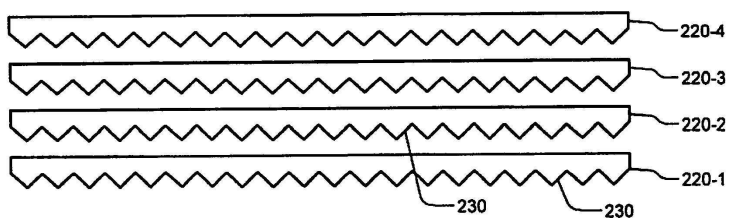
도면2b



도면3



도면4



도면5

