

(11) 공개번호 10-2024-0117545
(43) 공개일자 2024년08월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/455 (2006.01) *C23C 16/52* (2018.01)
H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류
C23C 16/45565 (2013.01)
C23C 16/52 (2018.01)

(21) 출원번호 10-2024-7017881

(22) 출원일자(국제) 2022년11월17일
 심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2024년05월28일

(86) 국제출원번호 PCT/US2022/050241

(87) 국제공개번호 WO 2023/096817
 국제공개일자 2023년06월01일

(30) 우선권주장
 63/283,971 2021년11월29일 미국(US)

(71) 출원인
 램 리써치 코포레이션
 미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650

(72) 발명자
 루오, 빈
 미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
 토평, 스티븐
 미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
 (뒷면에 계속)

(74) 대리인
 특허법인 광장리앤코

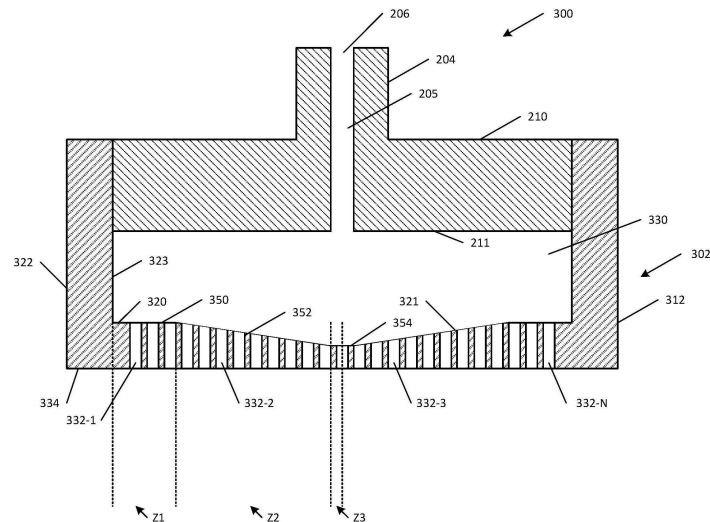
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 샤워헤드 면판 구성

(57) 요약

기판을 프로세싱하기 위한 샤워헤드는 뒤판 및 뒤판에 부착된 면판을 포함한다. 면판은 뒤판을 향하는 제1 표면, 제1 표면에 대향하는 제2 표면 및 제1 표면과 제2 표면 사이에서 연장되는 복수의 관통 구멍을 포함한다. 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나에는 적어도 부분적으로 윤곽이 형성된다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/32449 (2013.01)

H01J 37/32541 (2013.01)

(72) 발명자

마틴, 키스 조셉

미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650

첵, 웨이펑

미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650

바바, 요계쉬

미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650

서브라마늄, 프라모드

미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650

명세서

청구범위

청구항 1

기관을 프로세싱하기 위한 샤프헤드로서, 상기 샤프헤드는:

뒤판(backplate); 및

상기 뒤판에 부착되는 면판(faceplate)을 포함하며, 상기 면판은:

상기 뒤판을 향하는 제1 표면;

상기 제1 표면에 대향하는 제2 표면; 및

상기 제1 표면과 상기 제2 표면 사이에서 연장되는 복수의 관통 구멍을 포함하고,

상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나에는 적어도 부분적으로 윤곽이 형성되는(contoured), 샤프헤드.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 적어도 부분적으로 오목한, 샤프헤드.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 적어도 부분적으로 볼록한, 샤프헤드.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 뒤판 및 상기 면판은 원통형이고, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 상기 면판의 외경으로부터 상기 면판의 내경으로 경사지는, 샤프헤드.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 뒤판 및 상기 면판은 원통형이고, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 상기 면판의 내경으로부터 상기 면판의 외경으로 경사지는, 샤프헤드.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 뒤판 및 상기 면판은 원통형이고;

상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 하나의 제1 윤곽 부분은 상기 면판의 내경으로부터 상기 면판의 외경으로 경사지고; 및

상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 다른 하나의 제2 윤곽 부분은 상기 면판의 외경으로부터 상기 면판의 내경으로 경사지는, 샤프헤드.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 선형 경사를 갖는, 샤프헤드.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 적어도 일부의 윤곽 부분은 다항형(polynomial) 경사를 갖는, 샤프헤드.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 적어도 일부의 윤곽 부분은 선형 경사 및 다항형 경사를 갖는, 샤프헤드.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 상기 뒤판을 향해 적어도 부분적으로 연장되는, 샤프헤드.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 상기 뒤판으로부터 멀어지며 적어도 부분적으로 연장되는, 샤프헤드.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 하나의 제1 윤곽 부분은 상기 뒤판을 향해 적어도 부분적으로 연장되고; 및
상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 다른 하나의 제2 윤곽 부분은 상기 뒤판으로부터 멀어지며 적어도 부분적으로 연장되는, 샤프헤드.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 관통 구멍은 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분 내에 놓이는, 샤프헤드.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 관통 구멍의 일부는 상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분 외측에 놓이는, 샤프헤드.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 뒤판 및 상기 면판은 원통형이고; 및

상기 제1 표면 및 상기 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 상기 면판의 내경 내에서 연장되는, 샤프헤드.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 뒤판 및 상기 면판은 원통형이고; 및

상기 제2 표면의 윤곽 부분은 상기 면판의 외경 내에서 연장되는, 샤프헤드.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 뒤판 및 상기 면판은 원통형이고;

상기 제1 표면의 윤곽 부분은 상기 면판의 내경 내에서 연장되고; 및

상기 제2 표면의 윤곽 부분은 상기 면판의 외경 내에서 연장되는, 샤프헤드.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 뒤판 및 상기 면판은 원통형이고; 상기 면판은 상기 뒤판에 부착된 측벽을 포함하고; 상기 뒤판, 상기 면판 및 상기 측벽은 플레넘(plenum)을 정의하고; 상기 샤프헤드는:

상기 뒤판에 부착된 스템(stem) 부분 - 상기 스템 부분은 가스 입구를 포함함 -; 및

상기 가스 입구로부터 상기 스템 부분, 상기 뒤판 및 상기 면판을 통해 상기 플레넴으로 연장되는 도관 - 상기 가스 입구, 상기 플레넴 및 상기 관통 구멍은 서로 유체 연통함 - 을 더 포함하는, 샤워헤드.

청구항 19

시스템으로서,

제1항의 샤워헤드;

기관을 지지하기 위한 페데스탈(pedestal);

상기 샤워헤드에 대해 상기 페데스탈을 이동시키기 위한 액추에이터; 및

상기 액추에이터를 제어하기 위한 제어기를 포함하는, 시스템.

청구항 20

시스템으로서,

제18항의 샤워헤드;

입구에 가스를 공급하기 위한 가스 소스;

기관을 지지하기 위한 페데스탈;

상기 가스를 활성화하기 위해 무선 주파수 전력을 공급하기 위한 무선 주파수 소스;

상기 샤워헤드에 대해 상기 페데스탈을 이동시키기 위한 액추에이터; 및

상기 가스 소스, 상기 무선 주파수 소스 및 상기 액추에이터를 제어하기 위한 제어기를 포함하는, 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

관련 출원에 대한 상호 참조

[0002]

이 출원은 2021년 11월 29일 출원된 미국 가출원 제63/283,971호의 이익을 청구한다. 상기 참조된 출원의 전체 개시는 본원에 참조로 포함된다.

[0003]

본 개시는 일반적으로 기관 프로세싱 시스템에 관한 것이며, 더 특별하게는 기관 프로세싱 시스템에 사용되는 샤워헤드를 위한 면판(faceplate) 구성에 관한 것이다.

배경 기술

[0004]

여기서 제공되는 배경 기술 설명은 본 개시의 맥락을 일반적으로 나타내는 목적을 위한 것이다. 이 배경 기술 섹션에서 설명되는 것인, 현재 명명된 발명자의 성과물(work)뿐만 아니라, 출원 시점에 종래 기술로서 달리 자격이 되지 않을 수 있는 설명의 양태는, 본 개시에 대한 종래 기술로서 명시적으로든 또는 암시적으로든 인정되는 것은 아니다.

[0005]

기관 프로세싱 시스템(또한 도구라고 지칭됨)은 프로세싱 챔버(또한 스테이션 또는 프로세스 모듈이라고 지칭됨)를 포함한다. 프로세싱 챔버에서, 반도체 기관(또한 웨이퍼라고 지칭됨)이 페데스탈(pedestal) 상에 배열된다. 하나 이상의 프로세스 가스가 샤워헤드로부터 프로세싱 챔버로 공급된다. 플라즈마는 기관 상에 재료를 증착하거나 기관으로부터 재료를 제거(에칭)하기 위해 샤워헤드와 페데스탈 사이에 스트라이킹된다.

발명의 내용

[0006]

기관을 프로세싱하기 위한 샤워헤드는 뒤판(backplate) 및 뒤판에 부착된 면판을 포함한다. 면판은 뒤판을 향하는 제1 표면, 제1 표면에 대향하는 제2 표면 및 제1 표면과 제2 표면 사이에서 연장되는 복수의 관통 구멍을 포

함한다. 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나에는 적어도 부분적으로 윤곽이 형성된다(contoured).

- [0007] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 적어도 부분적으로 오목하다.
- [0008] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 적어도 부분적으로 볼록하다.
- [0009] 추가적인 특징에서, 뒤판 및 면판은 원통형이고, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 면판의 외경으로부터 면판의 내경으로 경사진다.
- [0010] 추가적인 특징에서, 뒤판 및 면판은 원통형이고, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 면판의 내경으로부터 면판의 외경으로 경사진다.
- [0011] 추가적인 특징에서, 뒤판 및 면판은 원통형이다. 제1 표면 및 제2 표면 중 하나의 제1 윤곽 부분은 면판의 내경으로부터 면판의 외경으로 경사진다. 제1 표면 및 제2 표면 중 다른 하나의 제2 윤곽 부분은 면판의 외경으로부터 면판의 내경으로 경사진다.
- [0012] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 선형 경사를 갖는다.
- [0013] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 적어도 일부의 윤곽 부분은 다항형(polynomial) 경사를 갖는다.
- [0014] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 적어도 일부의 윤곽 부분은 선형 경사 및 다항형 경사를 갖는다.
- [0015] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 뒤판을 향해 적어도 부분적으로 연장된다.
- [0016] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 뒤판으로부터 멀어지며 적어도 부분적으로 연장된다.
- [0017] 추가적인 특징에서, 제1 표면 및 제2 표면 중 하나의 제1 윤곽 부분은 뒤판을 향해 적어도 부분적으로 연장된다. 제1 표면 및 제2 표면 중 다른 하나의 제2 윤곽 부분은 뒤판으로부터 멀어지며 적어도 부분적으로 연장된다.
- [0018] 추가적인 특징에서, 관통 구멍은 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분 내에 놓인다.
- [0019] 추가적인 특징에서, 관통 구멍의 일부는 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분 외측에 놓인다.
- [0020] 추가적인 특징에서, 뒤판 및 면판은 원통형이고, 제1 표면 및 제2 표면 중 적어도 하나의 윤곽 부분은 면판의 내경 내에서 연장된다.
- [0021] 추가적인 특징에서, 뒤판 및 면판은 원통형이고, 제2 표면의 윤곽 부분은 면판의 외경 내에서 연장된다.
- [0022] 추가적인 특징에서, 뒤판 및 면판은 원통형이다. 제1 표면의 윤곽 부분은 면판의 내경 내에서 연장된다. 제2 표면의 윤곽 부분은 면판의 외경 내에서 연장된다.
- [0023] 추가적인 특징에서, 뒤판 및 면판은 원통형이다. 면판은 뒤판에 부착되는 측벽을 포함한다. 뒤판, 면판 및 측벽은 플레넘(plenum)을 정의한다. 샤워헤드는 뒤판에 부착되는 스템 부분을 더 포함한다. 스템 부분은 가스 입구를 포함한다. 도관이 가스 입구로부터 스템 부분, 뒤판 및 면판을 통해 플레넘으로 연장된다. 가스 입구, 플레넘 및 관통 구멍은 서로 유체 연통한다.
- [0024] 추가적인 특징에서, 시스템은 샤워헤드, 기관을 지지하기 위한 페데스탈, 샤워헤드에 대해 페데스탈을 이동시키기 위한 액추에이터 및 액추에이터를 제어하기 위한 제어기를 포함한다.
- [0025] 추가적인 특징에서, 시스템은 샤워헤드, 입구에 가스를 공급하기 위한 가스 소스, 기관을 지지하기 위한 페데스탈, 가스를 활성화시키기 위한 무선 주파수 전력을 공급하기 위한 무선 주파수 소스, 샤워헤드에 대해 페데스탈을 이동시키기 위한 액추에이터를 포함한다. 시스템은 가스 소스, 무선 주파수 소스 및 액추에이터를 제어하기 위한 제어기를 포함한다.
- [0026] 본 개시의 적용 가능한 추가 영역은 상세한 설명, 청구항 및 도면으로부터 명백해질 것이다. 상세한 설명 및 구체적인 예는 단지 예시의 목적을 위해 의도되고 본 개시의 범주를 제한하는 것이 의도되지 않는다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 본 개시는 상세한 설명 및 첨부 도면으로부터 더 완전하게 이해될 것이다.
- 도 1은 프로세싱 챔버를 포함하는 기관 프로세싱 시스템의 예를 도시한다.
- 도 2는 샤워헤드의 예의 단면도를 도시한다.
- 도 3은 내부 윤곽을 갖는(즉, 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 면판의 측 상의 윤곽을 갖는) 면판을 포함하는 샤워헤드의 예의 단면도를 도시한다.
- 도 4 내지 도 6은 외부 윤곽을 갖는(즉, 기관을 향하는 면판의 측 상의 윤곽을 갖는) 면판을 포함하는 샤워헤드의 예의 단면도를 도시한다.
- 도 7 내지 도 10은 내부 및 외부 윤곽을 갖는(즉, 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하고 기관을 향하는 면판의 양 측 상의 윤곽을 갖는) 면판을 포함하는 샤워헤드의 예의 단면도를 도시한다.
- 도면에서, 참조 번호는 유사한 및/또는 동일한 요소를 식별하기 위해 재사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 기관 프로세싱 시스템(도 1에 도시된 예 참조)에서, 막이 샤워헤드로부터 하나 이상의 프로세스 가스를 공급함으로써 페테스탈 상에 배열된 기관 상에 증착될 수 있다. 일부 증착 프로세스는 또한 증착 동안 플라즈마를 사용한다. 많은 요인이 기관 상에 증착된 막의 특성(즉, 두께 프로파일)에 영향을 미친다. 막 특성에 영향을 미치는 요인의 비제한적인 예는, 샤워헤드의 면판의 관통 구멍의 크기, 밀도 및 분포; 면판의 형상; 및 면판과 기관 사이의 거리를 포함한다.
- [0029] 일부 적용은 기관 상에 증착된 막에 대해 방사상으로 균일한(평평한) 두께 프로파일을 필요로 하는 반면, 다른 응용은 방사상으로 균일하지 않으며 방사상으로 변하는 프로파일을 필요로 한다. 많은 기술이 막의 특성을 변화시키기 위해 사용된다. 예를 들어, 샤워헤드를 통한 프로세스 가스의 유량, 플라즈마 밀도 분포 등과 같은 파라미터는 막 프로파일을 조정(tune)하기 위해 제어될 수 있다. 하지만, 이러한 기술은 부적절한 경향이 있고 바람직하지 않은 부작용을 갖는다.
- [0030] 본 개시는 기관 상에 증착된 막의 특성을 조정하기 위해 다양한 형상의 면판을 제공한다. 구체적으로, 아래에서 상세히 설명되는 바와 같이, 면판은 내측(즉, 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 측), 외측(즉, 기관을 향하는 측), 또는 이들의 조합 상에서 윤곽이 형성될 수 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, 표면의 윤곽을 형성하는 것은 본 개시에 설명된 바와 같이 표면을 형상화하는 것을 의미한다. 예를 들어, 윤곽 표면은 본원에 설명된 바와 같은 형상, 아웃라인(outline), 또는 프로파일을 갖는 표면이다. 예를 들어, 윤곽 표면은 만곡 표면, 경사를 갖는 표면 또는 만곡 부분, 경사를 갖는 부분, 평평한 표면, 또는 이들의 임의의 조합을 포함하는 표면을 포함한다. 면판의 윤곽은 샤워헤드의 반경을 따라 면판의 관통 구멍의 높이(또는 깊이)를 변화시킨다. 반경을 따른 관통 구멍의 깊이의 변화는 샤워헤드의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다.
- [0031] 특히, 면판의 내부 윤곽은 프로세스 가스의 압력 분포를 방사상으로 조정함으로써 막의 방사상 프로파일을 조정할 수 있다. 면판의 외부 윤곽은 프로세스 가스의 압력 분포를 방사상으로 조정함으로써 그리고 플라즈마 밀도를 방사상으로 조정함으로써 막의 방사상 프로파일을 조정할 수 있다. 예를 들어, 내부 윤곽 면판 및/또는 외부 윤곽 면판을 사용하는 것에 더하여, 면판과 기관 사이의 거리(즉, 샤워헤드와 페테스탈 사이의 갭)는 막 특성을 추가로 조정하기 위해 조절될 수 있다. 면판의 외부 윤곽은 또한 기관 상의 응력과 같은 다른 특성에 영향을 미칠 수 있다. 본 개시의 이들 및 다른 특징은 이하에서 상세히 설명된다.
- [0032] 기관 프로세싱 시스템
- [0033] 도 1은 기관 프로세싱 시스템(100)의 예를 도시한다. 기관 프로세싱 시스템(100)은 프로세싱 챔버(102), 가스 분배 시스템(104), 매니폴드(106), 무선 주파수(RF) 소스(108), 밸브(110), 펌프(112) 및 제어기(114)를 포함한다. 프로세싱 챔버(102)는 페테스탈(120) 및 페테스탈(120) 위에 배열된 샤워헤드(122)를 포함한다. 기관(124)은 프로세싱 동안 페테스탈(120) 상에 배열된다.
- [0034] 페테스탈(120)은 126으로 일반적으로 도시된 하나 이상의 히터를 포함한다. 도시되지는 않았지만, 페테스탈(120)은 냉각제가 통하여 순환될 수 있는 냉각 채널을 또한 포함할 수 있다. 페테스탈(120)은 128로 일반적으로

도시된 하나 이상의 온도 센서를 또한 포함한다. 히터(126) 및 냉각 채널은 프로세싱 동안 기관(124)의 온도를 제어한다.

[0035] 샤워헤드(122)는 베이스 부분(130) 및 스템 부분(132)을 포함한다. 베이스 부분(130)은 일반적으로 원통형 형상이고, 도 2 내지 도 10을 참조하여 아래에서 상세히 도시되고 설명되는 뒤판 및 면판을 포함한다. 스템 부분(132)은 베이스 부분(130)의 중심으로부터 연장되고, 프로세싱 챔버(102)의 정상 부분에 부착된다. 샤워헤드(130)는 히터 및 냉각 채널(둘 모두 도시되지 않음)을 또한 포함할 수 있다. 샤워헤드(130)는 134로 일반적으로 도시된 하나 이상의 온도 센서를 또한 포함한다.

[0036] 가스 분배 시스템(104)은 복수의 가스 소스(140), 복수의 밸브(142), 복수의 질량 유량 제어기(mass flow controller, MFC)(144)를 포함한다. 가스 소스(140)는 밸브(142) 및 MFC(144)를 통해 매니폴드(106)에 프로세스 가스를 공급한다. 가스 분배 시스템(104)은 하나 이상의 밸브(148)를 통해 하나 이상의 기화된 전구체(146)를 매니폴드(106)에 또한 공급한다. 매니폴드(106)는 샤워헤드(130)의 스템 부분(132)을 통해 샤워헤드(130)에 하나 이상의 프로세스 가스 및/또는 하나 이상의 기화된 전구체를 공급한다. 샤워헤드(130)는, 도 2 내지 도 10에 도시된, 샤워헤드의 면판의 관통 구멍을 통해 프로세싱 챔버(102) 내로 가스를 공급한다.

[0037] RF 소스(108)는 RF 발생기(150) 및 정합 회로(152)를 포함한다. RF 발생기는 RF 전력을 발생시킨다. 정합 회로(152)는 페테스탈(120)이 접지된 상태로 샤워헤드(130)에 RF 전력을 공급한다. 대안적으로, RF 전력은 페테스탈(120)에 공급될 수 있고 샤워헤드(130)는 접지될 수 있다. RF 전력은 플라즈마(154)를 발생하기 위해 프로세스 가스 및/또는 전구체를 활성화시킨다.

[0038] 액추에이터(116)는 프로세싱 동안 페테스탈(120)과 샤워헤드(130) 사이의 갭을 조절하기 위해 페테스탈(120)을 상방 및 하방 방향으로 이동시킨다. 대안적으로 또는 추가적으로, 도시되지 않았지만, 하나 이상의 액추에이터가 페테스탈(120)에 대해 샤워헤드(130)를 이동시키는 데 사용될 수 있다. 밸브(110) 및 펌프(112)는 프로세싱 챔버(102) 내의 압력을 유지하고 프로세싱 챔버(102)로부터 가스를 배기한다. 제어기(114)는 상기 설명된 기관 프로세싱 시스템(100)의 모든 요소(즉, 구성 요소)를 제어한다.

[0039] 샤워헤드

[0040] 도 2는 도 1에 도시된 기관 프로세싱 시스템(100)에서 사용될 수 있는 샤워헤드(200)의 단면을 도시한다. 샤워헤드(200)는 베이스 부분(202) 및 베이스 부분(202)으로부터 연장되는 스템 부분(204)을 포함한다. 스템 부분(204)은 프로세스 가스를 수용하기 위한 입구(206)를 포함한다. 베이스 부분(202)은 뒤판(210) 및 면판(212)을 포함한다. 뒤판(210)은 일반적으로 원통형이다. 면판(212)은 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이 뒤판(210)의 외경(OD)에 부착된다. 스템 부분(204)은 뒤판(210)의 중심으로부터 연장된다.

[0041] 면판(212)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(212)은 원통형 베이스 부분(220) 및 측벽(222)을 포함한다. 측벽(222)은 원통형 베이스 부분(220)으로부터 연장된다. 측벽(222)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(222)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(222)의 내부 표면(223)에 수직이다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 원통형 베이스 부분(220)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 평행하다.

[0042] 뒤판(210) 및 면판(212)은 플레넵(230)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(220)의 정상 표면(221) 및 측벽(222)의 내부 표면(223)은 플레넵(230)을 정의한다. 도관(205)은 입구(206)로부터 스템 부분(204) 및 뒤판(210)을 통해 연장된다. 도관(205)은 플레넵(230)과 유체 연통한다. 플레넵(230)은 입구(206)와 유체 연통한다. 도 3 내지 도 10을 참조하여 설명되지 않았지만, 도관(205)은 도 3 내지 도 10에 도시되어 있고 유사하게 입구(206)를 도 3 내지 도 10에 도시된 각각의 플레넵에 연결한다.

[0043] 원통형 베이스 부분(220)은 복수의 관통 구멍들(232-1, 232-2, 232-3, ..., 및 232-N)(집합적으로 관통 구멍(232))을 포함한다. 관통 구멍(232)은 면판(212)의 바닥으로부터 면판(212)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(232)은 원통형 베이스 부분(220)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(220)의 정상까지 연장된다. 보다 구체적으로, 관통 구멍(232)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(220)의 바닥 표면(234)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(220)의 정상 표면(221)까지 연장된다.

[0044] 원통형 베이스 부분(220)의 정상 표면(221) 및 바닥 표면(234)에 대한 이후의 설명은 도 3 내지 도 10을 참조하여 아래에 도시되고 설명되는 모든 샤워헤드의 원통형 베이스 부분의 정상 표면 및 바닥 표면에 적용된다. 원통형 베이스 부분(220)의 정상 표면(221)은 뒤판(210)의 바닥 표면(211)을 향하고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 따라서, 원통형 베이스 부분(220)의 정상 표면(221)은 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향한다. 정상 표

면(221)은 원통형 베이스 부분(220)의 내부 표면(221)으로 또한 지칭될 수 있고, 바닥 표면(234)은 원통형 베이스 부분(220)의 외부 표면(234)으로 또한 지칭될 수 있다. 일반적으로, 정상 표면(221)은 원통형 베이스 부분(220)의 제1 표면으로 지칭될 수 있고, 바닥 표면(234)은 원통형 베이스 부분(220)의 제2 표면으로 지칭될 수 있다. 원통형 베이스 부분의 정상 표면 및 바닥 표면에 대한 대안적인 용어 및 뒤판(210) 및 기관에 대한 원통형 베이스 부분의 정상 표면 및 바닥 표면의 공간적 관계는 도 3 내지 도 10을 참조하여 아래에 설명되는 모든 샤워헤드의 원통형 베이스 부분의 정상 표면 및 바닥 표면에 적용된다.

[0045] 관통 구멍(232)은 원통형 베이스 부분(220)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(220)을 통해 연장된다. 관통 구멍(232)은 원통형 베이스 부분(220)의 중심으로부터 측벽(222)의 내경(ID)까지 분포된다. 관통 구멍(232)은 플레넘(230) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(230)을 통해 그리고 관통 구멍(232)을 통해 프로세싱 챔버 내로 유동한다.

[0046] 관통 구멍(232)에 대한 이후의 설명은 도 3 내지 도 10을 참조하여 도시되고 설명되는 모든 관통 구멍에 적용된다. 예시적인 편의를 위해 단지 몇 개의 관통 구멍(232)만이 도시되어 있지만, 관통 구멍(232)의 수는 약 수천 개일 수 있다. 일부 적용에서, 도시되지는 않았지만, 관통 구멍(232)은 상이한 패턴으로 배열될 수 있다. 예를 들어, 관통 구멍(232)은 정사각형 패턴, 육각형(벌집) 패턴 등으로 배열될 수 있다. 일부 적용에서, 관통 구멍(232)은 원통형 베이스 부분(220)에 걸쳐 분포된 상이한 형상의 상이한 영역 또는 구역에 배열될 수 있다. 일부 적용에서, 관통 구멍(232)은 가변 직경일 수 있고, 관통 구멍(232)의 밀도는 구역에 걸쳐 변할 수 있다. 일부 적용에서, 관통 구멍(232)은 수직이 아닐 수 있다. 추가적으로, 관통 구멍(232)의 높이는 도 3 내지 도 10을 참조하여 아래에서 설명되는 바와 같이 원통형 베이스 부분(220)을 윤곽 형성함으로써 변경될 수 있다. 일부 적용에서, 관통 구멍(232)의 이러한 배열의 임의의 조합이 사용될 수 있다.

[0047] 도 3 내지 도 10은 본 개시에 따른 면판의 다양한 구성을 포함하는 샤워헤드를 도시한다. 도 3 내지 도 10에 도시된 샤워헤드는 도 1에 도시된 기관 프로세싱 시스템(100)에 사용될 수 있다. 도 3 내지 도 10에 도시된 샤워헤드의 면판은 아래에 도시되고 설명되는 바와 같은 면판(212)과 상이하다. 도 3은 내부 윤곽을 갖는 면판의 예를 도시한다. 도 4 내지 도 6은 외부 윤곽을 갖는 면판의 예를 도시한다. 도 7 내지 도 10은 내부 윤곽 및 외부 윤곽을 갖는 면판의 예를 도시한다. 원통형 베이스 부분의 정상 표면 및 바닥 표면 중 하나 또는 둘 모두의 윤곽 부분의 형상은 프로세스 요건에 따라 많은 방식으로 변화될 수 있음에 유의한다. 도 3 내지 도 10에 도시된 윤곽은 단지 예시적이며 비제한적인 것이다.

[0048] 내부 윤곽을 갖는 면판

[0049] 도 3은 본 개시에 따른 면판을 포함하는 샤워헤드(300)를 도시한다. 면판은 아래에 상세히 설명되는 바와 같은 내부 윤곽을 포함한다. 샤워헤드(300)는 베이스 부분(302) 및 스템 부분(204)을 포함한다. 베이스 부분(302)은 뒤판(210) 및 면판(312)을 포함한다. 면판(312)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(312)은 원통형 베이스 부분(320) 및 측벽(322)을 포함한다. 측벽(322)은 원통형 베이스 부분(320)으로부터 연장된다. 측벽(322)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(322)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(322)의 내부 표면(323)에 수직이다.

[0050] 뒤판(210) 및 면판(312)은 플레넘(330)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321) 및 측벽(322)의 내부 표면(323)은 플레넘(330)을 정의한다. 플레넘(330)은 입구(206)와 유체 연통한다.

[0051] 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)은 평평하지 않다. 대신, 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)에는 윤곽이 형성된다. 예를 들어, 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)은 일반적으로 오목하다. 구체적으로, 정상 표면(321)의 제1 부분(350)은 제1 거리만큼 측벽(322)의 ID로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(350)은 제1 거리만큼 측벽(322)의 내부 표면(323)으로부터 수직으로 연장된다. 제1 부분(350)은 원통형 베이스 부분(320)의 바닥 표면(334)에 평행하게 그리고 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다.

[0052] 그 후, 정상 표면(321)의 제2 부분(352)은 제1 부분(350)으로부터 방사상 내측으로 연장되고 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(320)의 바닥 표면(334)을 향해 테이퍼진다. 제2 부분(352)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(320)의 중심을 향해 테이퍼진다. 그 후, 정상 표면(321)의 제3 부분(354)은 제3 거리만큼 제2 부분(352)으로부터 원통형 베이스 부분(320)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(354)은 제3 거리만큼 원통형 베이스 부분(320)의 바닥 표면(334)에 평행하게 연장된다. 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(320)의 바닥 표면(334)은 측벽(322)의

내부 표면(323)에 수직이고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 따라서, 정상 표면(321)의 제3 부분(354)은 제3 거리만큼 측벽(322)의 내부 표면(323)에 수직으로 또한 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다.

[0053] 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)이 또한 면판(312)의 내부 표면이기 때문에, 상기 설명된 정상 표면(321)의 일반적으로 오목한 형상은 또한 면판(312)의 내부 윤곽으로 지칭된다. 정상 표면(321)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 정상 표면(321)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 정상 표면(321)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.

[0054] 원통형 베이스 부분(320)은 복수의 관통 구멍들(332-1, 332-2, 332-3, ..., 및 332-N)(집합적으로 관통 구멍(332))을 포함한다. 관통 구멍(332)은 면판(312)의 바닥으로부터 면판(312)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(332)은 원통형 베이스 부분(320)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(320)의 정상까지 연장된다. 보다 구체적으로, 관통 구멍(332)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(320)의 바닥 표면(334)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)까지 연장된다. 바닥 표면(334)은 원통형 베이스 부분(320)의 외부 표면(334)으로 또한 지칭될 수 있고, 정상 표면(321)은 원통형 베이스 부분(320)의 내부 표면(321)으로 또한 지칭될 수 있다.

[0055] 관통 구멍(332)은 원통형 베이스 부분(320)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(320)을 통해 연장된다. 관통 구멍(332)은 원통형 베이스 부분(320)의 중심으로부터 측벽(322)의 ID까지 분포된다. 관통 구멍(332)은 플레넘(330) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(330)을 통해 그리고 관통 구멍(332)을 통해 프로세싱 챔버 내로 유동한다.

[0056] 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(320)의 관통 구멍(332)의 높이(또는 깊이)는 도시된 바와 같이 측벽(322)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(320)의 중심까지 변한다. 관통 구멍(332)의 가변 높이는 샤워헤드(300)의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다. 또한, 샤워헤드(300)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(300)와 기관 사이의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다.

[0057] 구체적으로, 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(320)은 다수의 동심 방사상 구역으로 분할된다. 도시된 예에서, 원통형 베이스 부분(320)은 각각 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 동심 방사상 구역, 제2 동심 방사상 구역 및 제3 동심 방사상 구역으로 분할된다. 원통형 베이스 부분(320)의 제1 구역(Z1)은 제1 거리만큼 측벽(322)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(320)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제1 구역(Z1)의 OD는 측벽(322)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(320)의 제2 구역(Z2)은 제2 거리만큼 제1 구역(Z1)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(320)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제2 구역(Z2)의 OD는 제1 구역(Z1)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(320)의 제3 구역(Z3)은 제3 거리만큼 제2 구역(Z2)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(320)의 중심까지 방사상 내측으로 연장된다. 제3 구역(Z3)의 OD는 제2 구역(Z2)의 ID와 동일하다.

[0058] 제1 구역(Z1)의 폭(즉, 제1 구역(Z1)의 OD와 ID의 차이)은 제1 거리와 동일하다. 제2 구역(Z2)의 폭(즉, 제2 구역(Z2)의 OD와 ID의 차이)은 제2 거리와 동일하다. 제3 구역(Z3)의 폭(즉, 제3 구역(Z3)의 OD와 원통형 베이스 부분(320)의 중심 사이의 거리)은 제3 거리와 동일하다. 원통형 베이스 부분(320)의 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 방사상 구역, 제2 방사상 구역 및 제3 방사상 구역의 관통 구멍(332)의 높이는 다음과 같이 변한다.

[0059] 원통형 베이스 부분(320)의 정상 표면(321)의 윤곽으로 인해, 측벽(322)의 ID에 근접한 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(332)은 제2 구역(Z2) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(332)보다 큰 높이를 갖는다. 원통형 베이스 부분(320)의 중심에 근접한 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(332)은 제1 구역(Z1) 및 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(332)보다 작은 높이를 갖는다. 따라서, 원통형 베이스 부분(320)의 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(332)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 낮은 저항을 제공하고, 원통형 베이스 부분(320)의 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(332)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 큰 저항을 제공한다. 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(332)의 높이는 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(332)의 높이보다 크고, 제1 구역(Z1)의 관통 구멍(332)의 높이보다 작다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(332)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(332)보다 큰 저

항을 제공하고, 프로세스 가스의 유동에 대해 제1 구역(Z1)의 관통 구멍(332)보다 작은 저항을 제공한다.

[0060] 구체적으로, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(332)은, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(332)의 높이가 제2 구역(Z2)의 윤곽 부분 전반에 걸쳐 변하기 때문에, 프로세스 가스의 유동에 대한 가변 저항을 제공한다. 보다 구체적으로, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(332)의 높이는 제2 구역(Z2)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(320)의 중심을 향해(즉, 제2 구역(Z2)의 ID를 향해) 점진적으로 감소한다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(332)은 제2 구역(Z2)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(320)의 중심을 향하는(즉, 제2 구역(Z2)의 ID를 향하는) 프로세스 가스의 유동에 대해 점진적으로 감소하는 저항을 제공한다. 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(332)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 큰 저항을 제공한다. 따라서, 샤워헤드(300)를 사용하여 프로세싱되는 기관의 막 프로파일은 샤워헤드(200)를 사용하여 프로세싱되는 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0061] 또한, 샤워헤드(300)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(400)와 기관의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 따라서, 샤워헤드(300)를 사용하여 프로세싱되는 기관의 막 프로파일은 샤워헤드(200)를 사용하여 프로세싱되는 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0062] 외부 윤곽을 갖는 면판

[0063] 도 4는 본 개시에 따른 면판을 포함하는 샤워헤드(400)를 도시한다. 면판은 아래에 상세히 설명되는 바와 같은 외부 윤곽을 포함한다. 샤워헤드(400)는 베이스 부분(402) 및 스템 부분(204)을 포함한다. 베이스 부분(402)은 뒤판(210) 및 면판(412)을 포함한다. 면판(412)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(412)은 원통형 베이스 부분(420) 및 측벽(422)을 포함한다. 측벽(422)은 원통형 베이스 부분(420)으로부터 연장된다. 측벽(422)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(422)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(422)의 내부 표면(423)에 수직이다.

[0064] 뒤판(210) 및 면판(412)은 플레넘(430)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421) 및 측벽(422)의 내부 표면(423)은 플레넘(430)을 정의한다. 플레넘(430)은 입구(206)와 유체 연통한다.

[0065] 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421)은 평평하다. 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421)은 측벽(422)의 내부 표면(423)에 수직이다. 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421)은 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)은 평평하지 않다. 대신, 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)에는 윤곽이 형성된다.

[0066] 구체적으로, 바닥 표면(434)의 제1 부분(450)은 제1 거리만큼 측벽(422)의 OD로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(450)은 제1 거리만큼 측벽(422)으로부터 수직으로 연장된다. 제1 부분(450)은 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421)에 평행하게 그리고 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다.

[0067] 그 후, 바닥 표면(434)의 제2 부분(452)은 제2 거리만큼 제1 부분(450)으로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제2 부분(452)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(420)의 중심을 향해 정상 표면(421)에 대해 멀어지며 테이퍼진다. 그 후, 바닥 표면(434)의 제3 부분(454)은 제3 거리만큼 제2 부분(452)으로부터 원통형 베이스 부분(420)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(454)은 제3 거리만큼 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421)에 평행하게 연장된다. 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421)은 측벽(422)의 내부 표면(423)에 수직이고 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 따라서, 바닥 표면(434)의 제3 부분(454)은 제3 거리만큼 측벽(422)의 내부 표면(423)에 수직으로 또한 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다.

[0068] 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)이 또한 면판(412)의 외부 표면이기 때문에, 상기 설명된 바닥 표면(434)의 일반적으로 볼록한 형상은 또한 면판(412)의 외부 윤곽으로 지칭된다. 바닥 표면(434)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 바닥 표면(434)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 바닥 표면(434)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.

[0069] 원통형 베이스 부분(420)은 복수의 관통 구멍들(432-1, 432-2, 432-3, ..., 및 432-N)(집합적으로 관통 구멍(432))을 포함한다. 관통 구멍(432)은 면판(412)의 바닥으로부터 면판(412)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(432)은 원통형 베이스 부분(420)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(420)의 정상까지 연장된다. 보

다 구체적으로, 관통 구멍(432)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(420)의 정상 표면(421)까지 연장된다. 바닥 표면(434)은 원통형 베이스 부분(420)의 외부 표면(434)으로 또한 지칭될 수 있고, 정상 표면(421)은 원통형 베이스 부분(420)의 내부 표면(421)으로 또한 지칭될 수 있다.

[0070] 관통 구멍(432)은 원통형 베이스 부분(420)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(420)을 통해 연장된다. 관통 구멍(432)은 원통형 베이스 부분(420)의 중심으로부터 측벽(422)의 ID까지 분포된다. 관통 구멍(432)은 플레넘(430) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(430)을 통해 그리고 관통 구멍(432)을 통해 프로세싱 챔버 내로 유동한다.

[0071] 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(420)의 관통 구멍(432)의 높이(또는 깊이)는 도시된 바와 같이 측벽(422)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(420)의 중심까지 변한다. 관통 구멍(432)의 가변 높이는 샤워헤드(400)의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다.

[0072] 추가적으로, 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스가 관통 구멍(432)을 빠져나가는 방향이 또한 변하며, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 또한, 샤워헤드(400)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(400)와 기관의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다.

[0073] 구체적으로, 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(420)은 다수의 동심 방사상 구역으로 분할된다. 도시된 예에서, 원통형 베이스 부분(420)은 각각 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 동심 방사상 구역, 제2 동심 방사상 구역 및 제3 동심 방사상 구역으로 분할된다. 원통형 베이스 부분(420)의 제1 구역(Z1)은 제1 거리만큼 측벽(422)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(420)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제1 구역(Z1)의 OD는 측벽(422)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(420)의 제2 구역(Z2)은 제2 거리만큼 제1 구역(Z1)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(420)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제2 구역(Z2)의 OD는 제1 구역(Z1)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(420)의 제3 구역(Z3)은 제3 거리만큼 제2 구역(Z2)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(420)의 중심까지 방사상 내측으로 연장된다. 제3 구역(Z3)의 OD는 제2 구역(Z2)의 ID와 동일하다.

[0074] 제1 구역(Z1)의 폭(즉, 제1 구역(Z1)의 OD와 ID의 차이)은 제1 거리와 동일하다. 제2 구역(Z2)의 폭(즉, 제2 구역(Z2)의 OD와 ID의 차이)은 제2 거리와 동일하다. 제3 구역(Z3)의 폭(즉, 제3 구역(Z3)의 OD와 원통형 베이스 부분(420)의 중심 사이의 거리)은 제3 거리와 동일하다. 원통형 베이스 부분(420)의 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 방사상 구역, 제2 방사상 구역 및 제3 방사상 구역의 관통 구멍(432)의 높이는 다음과 같이 변한다.

[0075] 원통형 베이스 부분(420)의 바닥 표면(434)의 윤곽으로 인해, 측벽(422)의 ID에 근접한 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(432)은 제2 구역(Z2) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(432)보다 작은 높이를 갖는다. 원통형 베이스 부분(420)의 중심에 근접한 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(432)은 제1 구역(Z1) 및 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)보다 큰 높이를 갖는다. 따라서, 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(432)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 낮은 저항을 제공하고, 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(432)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 큰 저항을 제공한다. 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)의 높이는 제1 구역(Z1)의 관통 구멍(432)의 높이보다 크고, 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(432)의 높이보다 작다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제1 구역(Z1)의 관통 구멍(432)보다 큰 저항을 제공하고, 프로세스 가스의 유동에 대해 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(432)보다 작은 저항을 제공한다.

[0076] 구체적으로, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)은, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)의 높이가 제2 구역(Z2)의 윤곽 부분 전반에 걸쳐 변하기 때문에, 프로세스 가스의 유동에 대한 가변 저항을 제공한다. 보다 구체적으로, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)의 높이는 제2 구역(Z2)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(420)의 중심을 향해(즉, 제2 구역(Z2)의 ID를 향해) 점진적으로 증가한다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)은 제2 구역(Z2)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(420)의 중심을 향하는(즉, 제2 구역(Z2)의 ID를 향하는) 프로세스 가스의 유동에 대해 점진적으로 증가하는 저항을 제공한다. 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(432)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 큰 저항을 제공한다.

[0077] 또한, 윤곽으로 인해, 프로세스 가스는 제1 구역(Z1) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(432)과 비교하여 상이한 방

향으로 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(432)을 통해 빠져나간다. 또한, 상이한 구역의 관통 구멍(432)과 기관 사이의 거리는 또한 상이하다. 따라서, 샤프헤드(400)를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일은 샤프헤드들(200 및 300)을 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0078] 도 5는 본 개시에 따른 면판을 포함하는 샤프헤드(500)를 도시한다. 면판은 아래에 상세히 설명되는 바와 같은 외부 윤곽을 포함한다. 샤프헤드(500)는 베이스 부분(502) 및 스텝 부분(204)을 포함한다. 베이스 부분(502)은 뒤판(210) 및 면판(512)을 포함한다. 면판(512)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(512)은 원통형 베이스 부분(520) 및 측벽(522)을 포함한다. 측벽(522)은 원통형 베이스 부분(520)으로부터 연장된다. 측벽(522)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(522)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(522)의 내부 표면(523)에 수직이다.

[0079] 뒤판(210) 및 면판(512)은 플레넘(530)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(520)의 정상 표면(521) 및 측벽(522)의 내부 표면(523)은 플레넘(530)을 정의한다. 플레넘(530)은 입구(206)와 유체 연통한다.

[0080] 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(520)의 정상 표면(521)은 평평하다. 원통형 베이스 부분(520)의 정상 표면(521)은 측벽(522)의 내부 표면(523)에 수직이다. 원통형 베이스 부분(520)의 정상 표면(521)은 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)은 평평하지 않다. 대신, 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)에는 윤곽이 형성된다.

[0081] 구체적으로, 바닥 표면(534)의 제1 부분(550)은 제1 거리만큼 측벽(522)의 OD로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(550)은 측벽(522)으로부터 제1 거리만큼 수직으로 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 그 후, 바닥 표면(534)의 제2 부분(552)은 제2 거리만큼 제1 부분(550)으로부터 연장된다. 제2 부분(552)은 제2 거리만큼 정상 표면(521)을 향해 방사상 내측으로 테이퍼진다. 제2 부분(552)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해 테이퍼진다.

[0082] 그 후, 바닥 표면(534)의 제3 부분(554)은 제3 거리만큼 제2 부분(552)으로부터 연장된다. 제3 부분(554)은 제3 거리만큼 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제3 부분(554)은 제3 거리만큼 측벽(522)에 수직으로 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 제3 부분(554)은 제1 부분(550)에 평행하다.

[0083] 그 후, 바닥 표면(534)의 제4 부분(556)은 제4 거리만큼 제3 부분(554)으로부터 연장된다. 제4 부분(556)은 제4 거리만큼 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해 정상 표면(521)에 대해 멀어지며 테이퍼진다. 그 후, 바닥 표면(534)의 제5 부분(558)은 제5 거리만큼 제4 부분(556)으로부터 연장된다. 제5 부분(558)은 제5 거리만큼 제4 부분(556)으로부터 원통형 베이스 부분(520)의 중심까지 연장된다. 제5 부분(558)은 제5 거리만큼 원통형 베이스 부분(520)의 정상 표면(521)에 평행하게 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(520)의 정상 표면(521)은 측벽(522)의 내부 표면(523)에 수직이고 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 따라서, 바닥 표면(534)의 제5 부분(558)은 제5 거리만큼 측벽(522)의 내부 표면(523)에 수직으로 또한 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 제5 부분(558)은 제3 부분(554) 및 제1 부분(550)에 평행하다.

[0084] 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)이 또한 면판(512)의 외부 표면이기 때문에, 상기 설명된 바닥 표면(534)의 일반적으로 볼록한 형상은 또한 면판(512)의 외부 윤곽으로 지칭된다. 바닥 표면(534)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 바닥 표면(534)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 제1 거리, 제2 거리, 제3 거리, 제4 거리 및 제5 거리는 변경될 수 있다. 또한, 바닥 표면(534)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.

[0085] 원통형 베이스 부분(520)은 복수의 관통 구멍들(532-1, 532-2, 532-3, ..., 및 532-N)(집합적으로 관통 구멍(532))을 포함한다. 관통 구멍(532)은 면판(512)의 바닥으로부터 면판(512)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(532)은 원통형 베이스 부분(520)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(520)의 정상까지 연장된다. 보다 구체적으로, 관통 구멍(532)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(520)의 정상 표면(521)까지 연장된다. 바닥 표면(534)은 원통형 베이스 부분(520)의 외부 표면(534)으로 또한 지칭될 수 있고, 정상 표면(521)은 원통형 베이스 부분(520)의 내부 표면(521)으로 또한 지칭될 수 있다.

- [0086] 관통 구멍(532)은 원통형 베이스 부분(520)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(520)을 통해 연장된다. 관통 구멍(532)은 원통형 베이스 부분(520)의 중심으로부터 측벽(522)의 ID까지 분포된다. 관통 구멍(532)은 플레넘(530) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(530)을 통해 그리고 관통 구멍(532)을 통해 프로세스 챔버 내로 유동한다.
- [0087] 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(520)의 관통 구멍(532)의 높이(또는 깊이)는 도시된 바와 같이 측벽(522)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(520)의 중심까지 변한다. 관통 구멍(532)의 가변 높이는 샤워헤드(500)의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다.
- [0088] 추가적으로, 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스가 관통 구멍(532)을 빠져나가는 방향이 또한 변하며, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 또한, 샤워헤드(500)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(500)와 기관의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다.
- [0089] 구체적으로, 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(520)은 다수의 동심 방사상 구역으로 분할된다. 도시된 예에서, 원통형 베이스 부분(520)은 각각 Z1, Z2, Z3, Z4 및 Z5로 도시된 제1 동심 방사상 구역, 제2 동심 방사상 구역, 제3 동심 방사상 구역, 제4 동심 방사상 구역 및 제5 동심 방사상 구역으로 분할된다. 원통형 베이스 부분(520)의 제1 구역(Z1)은 제1 거리만큼 측벽(522)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제1 구역(Z1)의 OD는 측벽(522)의 OD와 동일하다. 도시된 예에서, 제1 구역(Z1)은 어떠한 관통 구멍(532)도 포함하지 않는다.
- [0090] 원통형 베이스 부분(520)의 제2 구역(Z2)은 제2 거리만큼 제1 구역(Z1)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제2 구역(Z2)의 OD는 제1 구역(Z1)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(520)의 제3 구역(Z3)은 제3 거리만큼 제2 구역(Z2)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제3 구역(Z3)의 OD는 제2 구역(Z2)의 ID와 동일하다.
- [0091] 원통형 베이스 부분(520)의 제4 구역(Z4)은 제4 거리만큼 제3 구역(Z3)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제4 구역(Z4)의 OD는 제3 구역(Z3)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(520)의 제5 구역(Z5)은 제5 거리만큼 제4 구역(Z4)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(520)의 중심까지 방사상 내측으로 연장된다. 제5 구역(Z5)의 OD는 제4 구역(Z4)의 ID와 동일하다.
- [0092] 제1 구역(Z1)의 폭(즉, 제1 구역(Z1)의 OD와 ID의 차이)은 제1 거리와 동일하다. 제2 구역(Z2)의 폭(즉, 제2 구역(Z2)의 OD와 ID의 차이)은 제2 거리와 동일하다. 제3 구역(Z3)의 폭(즉, 제3 구역(Z3)의 OD와 ID의 차이)은 제3 거리와 동일하다. 제4 구역(Z4)의 폭(즉, 제4 구역(Z4)의 OD와 ID의 차이)은 제4 거리와 동일하다. 제5 구역(Z5)의 폭(즉, 제5 구역(Z5)의 OD와 원통형 베이스 부분(520)의 중심 사이의 거리)은 제5 거리와 동일하다. 원통형 베이스 부분(520)의 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 방사상 구역, 제2 방사상 구역 및 제3 방사상 구역의 관통 구멍(532)의 높이는 다음과 같이 변한다.
- [0093] 원통형 베이스 부분(520)의 바닥 표면(534)의 윤곽으로 인해, 제2 구역(Z2)의 최외측 관통 구멍(532)은 가변 높이를 갖고, 따라서 프로세스 가스의 유동에 대해 가변 저항을 제공한다. 구체적으로, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(532)의 높이는 제2 구역(Z2)의 OD로부터 제2 구역(Z2)의 ID까지(즉, 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해) 점진적으로 감소한다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(532)은 제2 구역(Z2)의 OD로부터 제2 구역(Z2)의 ID로의(즉, 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향하는) 프로세스 가스의 유동에 대해 점진적으로 감소하는 저항을 제공한다.
- [0094] 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(532)은 제2 구역(Z2), 제4 구역(Z4) 및 제5 구역(Z5)의 관통 구멍(532)보다 작은 높이를 갖는다. 따라서, 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(532)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제2 구역(Z2), 제4 구역(Z4) 및 제5 구역(Z5)의 관통 구멍(532)보다 작은 저항을 제공한다. 도시된 예에서, 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(532)은 제2 구역(Z2), 제4 구역(Z4) 및 제5 구역(Z5)의 관통 구멍(532)에 비해 가장 작은 높이를 갖는다. 따라서, 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(532)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제2 구역(Z2), 제4 구역(Z4) 및 제5 구역(Z5)의 관통 구멍(532)에 비해 가장 낮은 저항을 제공한다.
- [0095] 제4 구역(Z4)의 관통 구멍(532)은 가변 높이를 갖고, 따라서 프로세스 가스의 유동에 대한 가변 저항을 제공한다. 구체적으로, 제4 구역(Z4)의 관통 구멍(532)의 높이는 제4 구역(Z4)의 OD로부터 제4 구역(Z4)의 ID까지(즉,

원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향해) 점진적으로 증가한다. 따라서, 제4 구역(Z4)의 관통 구멍(532)은 제4 구역(Z4)의 OD로부터 제4 구역(Z4)의 ID로의(즉, 원통형 베이스 부분(520)의 중심을 향하는) 프로세스 가스의 유동에 대해 점진적으로 증가하는 저항을 제공한다. 제4 구역(Z4)의 관통 구멍(532)의 높이는 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(532)보다 크고 제5 구역(Z5)의 관통 구멍(532)보다 작다. 따라서, 제4 구역(Z4)의 관통 구멍(532)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(532)보다 큰 저항을 제공하고, 프로세스 가스의 유동에 대해 제5 구역(Z5)의 관통 구멍(532)보다 작은 저항을 제공한다.

[0096] 제5 구역(Z5)의 최내측 관통 구멍(532)은 가장 큰 높이를 갖고, 따라서 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 큰 저항을 제공한다. 또한, 윤곽으로 인해, 프로세스 가스는 제3 구역(Z3) 및 제5 구역(Z5)의 관통 구멍(532)과 비교하여 상이한 방향으로 제2 구역(Z2) 및 제4 구역(Z4)의 관통 구멍(532)을 빠져나간다. 또한, 상이한 구역의 관통 구멍(532)과 기관 사이의 거리는 또한 상이하다. 따라서, 샤워헤드(500)를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일은 샤워헤드들(200, 300 및 400)을 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0097] 도 6은 본 개시에 따른 면판을 포함하는 샤워헤드(600)를 도시한다. 면판은 아래에 상세히 설명되는 바와 같은 외부 윤곽을 포함한다. 샤워헤드(600)는 베이스 부분(602) 및 스템 부분(204)을 포함한다. 베이스 부분(602)은 뒤판(210) 및 면판(612)을 포함한다. 면판(612)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(612)은 원통형 베이스 부분(620) 및 측벽(622)을 포함한다. 측벽(622)은 원통형 베이스 부분(620)으로부터 연장된다. 측벽(622)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(622)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(622)의 내부 표면(623)에 수직이다.

[0098] 뒤판(210) 및 면판(612)은 플레넘(630)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621) 및 측벽(622)의 내부 표면(623)은 플레넘(630)을 정의한다. 플레넘(630)은 입구(206)와 유체 연통한다.

[0099] 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)은 평평하다. 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)은 측벽(622)의 내부 표면(623)에 수직이다. 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)은 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)은 평평하지 않다. 대신, 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)에는 윤곽이 형성된다.

[0100] 구체적으로, 바닥 표면(634)의 제1 부분(650)은 제1 거리만큼 측벽(622)의 OD로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(650)은 제1 거리만큼 측벽(622)으로부터 수직으로 연장된다. 제1 부분(650)은 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)에 평행하게 그리고 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다.

[0101] 그 후, 바닥 표면(634)의 제2 부분(652)은 제2 거리만큼 제1 부분(650)으로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제2 부분(652)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)을 향해 테이퍼진다. 제2 부분(652)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(620)의 중심을 향해 테이퍼진다.

[0102] 그 후, 바닥 표면(434)의 제3 부분(654)은 제3 거리만큼 제2 부분(652)으로부터 원통형 베이스 부분(620)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(654)은 제3 거리만큼 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)에 평행하게 연장된다. 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)은 측벽(622)의 내부 표면(623)에 수직이고 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 따라서, 바닥 표면(634)의 제3 부분(654)은 제3 거리만큼 측벽(622)의 내부 표면(623)에 수직으로 또한 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다.

[0103] 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)이 또한 면판(612)의 외측 표면이기 때문에, 전술된 바닥 표면(634)의 일반적으로 오목한 형상은 또한 면판(612)의 외부 윤곽으로 지칭된다. 바닥 표면(634)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 바닥 표면(634)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 바닥 표면(634)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.

[0104] 원통형 베이스 부분(620)은 복수의 관통 구멍들(632-1, 632-2, 632-3, ..., 및 632-N)(집합적으로 관통 구멍(632))을 포함한다. 관통 구멍(632)은 면판(612)의 바닥으로부터 면판(612)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(632)은 원통형 베이스 부분(620)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(620)의 정상까지 연장된다. 보다 구체적으로, 관통 구멍(632)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(620)의 정상 표면(621)까지 연장된다. 바닥 표면(634)은 원통형 베이스 부분(620)의 외부 표면(634)으로 또한 지칭될 수 있고, 정상 표면(621)은 원통형 베이스 부분(620)의 내

부 표면(621)으로 또한 지칭될 수 있다.

- [0105] 관통 구멍(632)은 원통형 베이스 부분(620)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(620)을 통해 연장된다. 관통 구멍(632)은 원통형 베이스 부분(620)의 중심으로부터 측벽(622)의 ID까지 분포된다. 관통 구멍(632)은 플레넘(630) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(630)을 통해 그리고 관통 구멍(632)을 통해 프로세싱 챔버 내로 유동한다.
- [0106] 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(620)의 관통 구멍(632)의 높이(또는 깊이)는 도시된 바와 같이 측벽(622)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(620)의 중심까지 변한다. 관통 구멍(632)의 가변 높이는 샤워헤드(600)의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다.
- [0107] 추가적으로, 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스가 관통 구멍(632)을 빠져나가는 방향이 또한 변하며, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 또한, 샤워헤드(600)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(600)와 기관의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다.
- [0108] 구체적으로, 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(620)은 다수의 동심 방사상 구역으로 분할된다. 도시된 예에서, 원통형 베이스 부분(620)은 각각 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 동심 방사상 구역, 제2 동심 방사상 구역 및 제3 동심 방사상 구역으로 분할된다. 원통형 베이스 부분(620)의 제1 구역(Z1)은 제1 거리만큼 측벽(622)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(620)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제1 구역(Z1)의 OD는 측벽(622)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(620)의 제2 구역(Z2)은 제2 거리만큼 제1 구역(Z1)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(620)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제2 구역(Z2)의 OD는 제1 구역(Z1)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(620)의 제3 구역(Z3)은 제3 거리만큼 제2 구역(Z2)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(620)의 중심까지 방사상 내측으로 연장된다. 제3 구역(Z3)의 OD는 제2 구역(Z2)의 ID와 동일하다.
- [0109] 제1 구역(Z1)의 폭(즉, 제1 구역(Z1)의 OD와 ID의 차이)은 제1 거리와 동일하다. 제2 구역(Z2)의 폭(즉, 제2 구역(Z2)의 OD와 ID의 차이)은 제2 거리와 동일하다. 제3 구역(Z3)의 폭(즉, 제3 구역(Z3)의 OD와 원통형 베이스 부분(620)의 중심 사이의 거리)은 제3 거리와 동일하다. 원통형 베이스 부분(620)의 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 방사상 구역, 제2 방사상 구역 및 제3 방사상 구역의 관통 구멍(632)의 높이는 다음과 같이 변한다.
- [0110] 원통형 베이스 부분(620)의 바닥 표면(634)의 윤곽으로 인해, 측벽(622)의 ID에 근접한 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(632)은 제2 구역(Z2) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(632)보다 큰 높이를 갖는다. 원통형 베이스 부분(620)의 중심에 근접한 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(632)은 제1 구역(Z1) 및 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)보다 작은 높이를 갖는다. 따라서, 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(632)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 큰 저항을 제공하고, 제3 구역(Z2)의 최내측 관통 구멍(632)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 낮은 저항을 제공한다. 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)의 높이는 제1 구역(Z1)의 관통 구멍(632)의 높이보다 작고, 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(632)의 높이보다 크다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제1 구역(Z1)의 관통 구멍(632)보다 적은 저항을 제공하고, 프로세스 가스의 유동에 대해 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(632)보다 큰 저항을 제공한다.
- [0111] 구체적으로, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)은, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)의 높이가 제2 구역(Z2)의 윤곽 부분 전반에 걸쳐 변하기 때문에, 프로세스 가스의 유동에 대한 가변 저항을 제공한다. 구체적으로, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)의 높이는 제2 구역(Z2)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(620)의 중심을 향해(즉, 제2 구역(Z2)의 ID를 향해) 점진적으로 감소한다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)은 제2 구역(Z2)의 OD로부터 원통형 베이스 부분(620)의 중심을 향하는(즉, 제2 구역(Z2)의 ID를 향하는) 프로세스 가스의 유동에 대해 점진적으로 감소하는 저항을 제공한다. 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(632)은 프로세스 가스의 유동에 대해 가장 낮은 저항을 제공한다.
- [0112] 또한, 윤곽으로 인해, 프로세스 가스는 제1 구역(Z1) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(632)과 비교하여 상이한 방향으로 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(632)을 빠져나간다. 또한, 상이한 구역의 관통 구멍(632)과 기관 사이의 거리는 또한 상이하다. 따라서, 샤워헤드(600)를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일은 도 2 내지 도 5에 도시된 샤워헤드를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일과 상이하다.

- [0113] 내부 윤곽 및 외부 윤곽을 갖는 면판
- [0114] 도 7은 본 개시에 따른 면판을 포함하는 샤워헤드(700)를 도시한다. 면판은 아래에 상세히 설명되는 바와 같은 내부 윤곽 및 외부 윤곽 모두를 포함한다. 샤워헤드(700)는 베이스 부분(702) 및 스템 부분(204)을 포함한다. 베이스 부분(702)은 뒤판(210) 및 면판(712)을 포함한다. 면판(712)은 도 3 및 도 4에 도시된 면판들(302 및 402)의 특징의 조합을 포함한다.
- [0115] 면판(712)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(712)은 원통형 베이스 부분(720) 및 측벽(722)을 포함한다. 측벽(722)은 원통형 베이스 부분(720)으로부터 연장된다. 측벽(722)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(722)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(722)의 내부 표면(723)에 수직이다.
- [0116] 뒤판(210) 및 면판(712)은 플레넘(730)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 및 측벽(722)의 내부 표면(723)은 플레넘(730)을 정의한다. 플레넘(730)은 입구(206)와 유체 연통한다.
- [0117] 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 및 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734) 모두는 평평한 대신 윤곽이 형성된다. 예를 들어, 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721)은 일반적으로 오목하고, 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734)은 일반적으로 볼록하다.
- [0118] 구체적으로, 정상 표면(721)의 제1 부분(750)은 제1 거리만큼 측벽(722)의 ID로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(750)은 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 그 후, 정상 표면(721)의 제2 부분(752)은 제1 부분(750)으로부터 방사상 내측으로 연장되고 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734)을 향해 테이퍼진다. 제2 부분(752)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(720)의 중심을 향해 테이퍼진다.
- [0119] 그 후, 정상 표면(721)의 제3 부분(754)은 제3 거리만큼 제2 부분(752)으로부터 원통형 베이스 부분(720)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(754)은 제3 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(722)의 내부 표면(723)에 수직이다. 따라서, 정상 표면(721)의 제3 부분(754)은 제3 거리만큼 측벽(722)의 내부 표면(723)에 수직으로 또한 연장된다.
- [0120] 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721)이 또한 면판(712)의 내부 표면이기 때문에, 상기 설명된 정상 표면(721)의 일반적으로 오목한 형상은 또한 면판(712)의 내부 윤곽으로 지칭된다. 정상 표면(721)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 정상 표면(721)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 정상 표면(721)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 정상 표면(721)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.
- [0121] 또한, 바닥 표면(734)의 제1 부분(751)은 제1 거리만큼 측벽(722)의 OD로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(751)은 제1 거리만큼 측벽(722)으로부터 수직으로 연장된다. 제1 부분(751)은 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 그 후, 바닥 표면(734)의 제2 부분(753)은 제2 거리만큼 제1 부분(751)으로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제2 부분(753)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(720)의 중심을 향해 정상 표면(721)에 대해 멀어지며 테이퍼진다.
- [0122] 그 후, 바닥 표면(734)의 제3 부분(755)은 제3 거리만큼 제2 부분(753)으로부터 원통형 베이스 부분(720)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(755)은 제3 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(722)의 내부 표면(723)에 수직이다. 따라서, 바닥 표면(734)의 제3 부분(755)은 제3 거리만큼 측벽(722)의 내부 표면(723)에 수직으로 또한 연장된다.
- [0123] 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734)이 또한 면판(712)의 외부 표면이기 때문에, 상기 설명된 바닥 표면(734)의 일반적으로 볼록한 형상은 또한 면판(712)의 외부 윤곽으로 지칭된다. 바닥 표면(734)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 바닥 표면(734)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 바닥 표면(734)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 바닥 표면(734)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.
- [0124] 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 및 바닥 표면(734)의 윤곽이 대칭인 것으로 도시되어 있지만, 정상

표면(721) 및 바닥 표면(734)의 윤곽은 비대칭일 수 있다. 예를 들어, 일부 적용에서, 정상 표면(721) 및 바닥 표면(734)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 상이하게 변할 수 있다.

[0125] 원통형 베이스 부분(720)은 복수의 관통 구멍들(732-1, 732-2, 732-3, ..., 및 732-N)(집합적으로 관통 구멍(732))을 포함한다. 관통 구멍(732)은 면판(712)의 바닥으로부터 면판(712)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(732)은 원통형 베이스 부분(720)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(720)의 정상까지 연장된다. 보다 구체적으로, 관통 구멍(732)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721)까지 연장된다. 바닥 표면(734)은 원통형 베이스 부분(720)의 외부 표면(734)으로 또한 지칭될 수 있고, 정상 표면(721)은 원통형 베이스 부분(720)의 내부 표면(721)으로 또한 지칭될 수 있다.

[0126] 관통 구멍(732)은 원통형 베이스 부분(720)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(720)을 통해 연장된다. 관통 구멍(732)은 원통형 베이스 부분(720)의 중심으로부터 측벽(722)의 ID까지 분포된다. 관통 구멍(732)은 플레넘(730) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(730)을 통해 그리고 관통 구멍(732)을 통해 프로세싱 챔버 내로 유동한다.

[0127] 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 및 바닥 표면(734)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(720)의 관통 구멍(732)의 높이(또는 깊이)는 측벽(722)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(720)의 중심까지 변할 수 있다. 예를 들어, 정상 표면(721) 및 바닥 표면(734)의 부분이 연장되는 거리는 동일한 것으로 도시되지만, 거리는 상이할 수 있다. 따라서, 도시된 예에서 관통 구멍(732)의 높이는 동일한 것으로 보이지만, 관통 구멍(732)의 높이는 상이한 구역에서 상이할 수 있다(아래에 설명됨). 관통 구멍(732)의 가변 높이는 샤워헤드(700)의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다.

[0128] 추가적으로, 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스가 관통 구멍(732)을 빠져나가는 방향이 또한 변하며, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 또한, 샤워헤드(700)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(700)와 기관의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다.

[0129] 구체적으로, 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 및 바닥 표면(734)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(720)은 다수의 동심 방사상 구역으로 분할된다. 도시된 예에서, 원통형 베이스 부분(720)은 각각 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 동심 방사상 구역, 제2 동심 방사상 구역 및 제3 동심 방사상 구역으로 분할된다. 원통형 베이스 부분(720)의 제1 구역(Z1)은 제1 거리만큼 측벽(722)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(720)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제1 구역(Z1)의 OD는 측벽(722)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(720)의 제2 구역(Z2)은 제2 거리만큼 제1 구역(Z1)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(720)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제2 구역(Z2)의 OD는 제1 구역(Z1)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(720)의 제3 구역(Z3)은 제3 거리만큼 제2 구역(Z2)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(720)의 중심까지 방사상 내측으로 연장된다. 제3 구역(Z3)의 OD는 제2 구역(Z2)의 ID와 동일하다.

[0130] 제1 구역(Z1)의 폭(즉, 제1 구역(Z1)의 OD와 ID의 차이)은 제1 거리와 동일하다. 제2 구역(Z2)의 폭(즉, 제2 구역(Z2)의 OD와 ID의 차이)은 제2 거리와 동일하다. 제3 구역(Z3)의 폭(즉, 제3 구역(Z3)의 OD와 원통형 베이스 부분(720)의 중심 사이의 거리)은 제3 거리와 동일하다. 원통형 베이스 부분(720)의 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 방사상 구역, 제2 방사상 구역 및 제3 방사상 구역의 관통 구멍(732)의 높이는 원통형 베이스 부분(720)의 정상 표면(721) 및 바닥 표면(734)의 윤곽에 따라 변할 수 있다. 또한, 원통형 베이스 부분(720)의 바닥 표면(734)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스는 제1 구역(Z1) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(732)과 비교하여 상이한 방향으로 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(732)을 빠져나간다. 또한, 상이한 구역의 관통 구멍(732)과 기관 사이의 거리는 또한 상이하다. 따라서, 샤워헤드(700)를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일은 도 2 내지 도 6에 도시된 샤워헤드를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0131] 도 8은 본 개시에 따른 면판을 포함하는 샤워헤드(800)를 도시한다. 면판은 아래에 상세히 설명되는 바와 같은 내부 윤곽 및 외부 윤곽 모두를 포함한다. 샤워헤드(800)는 베이스 부분(802) 및 스텝 부분(204)을 포함한다. 베이스 부분(802)은 뒤판(210) 및 면판(812)을 포함한다. 면판(812)은 도 3 및 도 5에 도시된 면판들(302 및 502)의 특징의 조합을 포함한다.

- [0132] 면판(812)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(812)은 원통형 베이스 부분(820) 및 측벽(822)을 포함한다. 측벽(822)은 원통형 베이스 부분(820)으로부터 연장된다. 측벽(822)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(822)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(822)의 내부 표면(823)에 수직이다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(822)의 내부 표면(823)에 수직이다.
- [0133] 뒤판(210) 및 면판(812)은 플레넘(830)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821) 및 측벽(822)의 내부 표면(823)은 플레넘(830)을 정의한다. 플레넘(830)은 입구(206)와 유체 연통한다.
- [0134] 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821) 및 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834) 모두는 평평한 대신 윤곽이 형성된다. 예를 들어, 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821)은 일반적으로 오목하고, 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834)은 일반적으로 볼록하다.
- [0135] 구체적으로, 정상 표면(821)의 제1 부분(850)은 제1 거리만큼 측벽(822)의 ID로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(850)은 제1 거리만큼 측벽(822)의 내부 표면(823)으로부터 수직으로 연장된다. 제1 부분(850)은 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 그 후, 정상 표면(821)의 제2 부분(852)은 제1 부분(850)으로부터 방사상 내측으로 연장되고 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834)을 향해 테이퍼진다. 제2 부분(852)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(820)의 중심을 향해 테이퍼진다.
- [0136] 그 후, 정상 표면(821)의 제3 부분(854)은 제3 거리만큼 제2 부분(852)으로부터 원통형 베이스 부분(820)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(854)은 제3 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(822)의 내부 표면(823)에 수직이다. 정상 표면(821)의 제3 부분(854)은 제3 거리만큼 측벽(822)의 내부 표면(823)에 수직으로 또한 연장된다.
- [0137] 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821)이 또한 면판(812)의 내부 표면이기 때문에, 상기 설명된 정상 표면(821)의 일반적으로 오목한 형상은 또한 면판(812)의 내부 윤곽으로 지칭된다. 정상 표면(821)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 정상 표면(821)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 정상 표면(821)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 정상 표면(821)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.
- [0138] 또한, 바닥 표면(834)의 제1 부분(860)은 제1 거리만큼 측벽(822)의 OD로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(860)은 측벽(822)으로부터 제1 거리만큼 수직으로 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 그 후, 바닥 표면(834)의 제2 부분(862)은 제2 거리만큼 제1 부분(860)으로부터 연장된다. 제2 부분(862)은 제2 거리만큼 정상 표면(821)을 향해 방사상 내측으로 테이퍼진다. 제2 부분(862)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(820)의 중심을 향해 테이퍼진다.
- [0139] 그 후, 바닥 표면(834)의 제3 부분(864)은 제3 거리만큼 제2 부분(862)으로부터 연장된다. 제3 부분(864)은 제3 거리만큼 원통형 베이스 부분(820)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제3 부분(864)은 제3 거리만큼 측벽(822)에 수직으로 연장되고, 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하다. 제3 부분(864)은 또한 제1 부분(860)에 평행하다. 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리와 상이하다는 것에 유의한다.
- [0140] 그 후, 바닥 표면(834)의 제4 부분(866)은 제4 거리만큼 제3 부분(864)으로부터 연장된다. 제4 부분(866)은 제4 거리만큼 원통형 베이스 부분(820)의 중심을 향해 정상 표면(821)에 대해 멀어지며 테이퍼진다. 그 후, 바닥 표면(834)의 제5 부분(868)은 제5 거리만큼 제4 부분(866)으로부터 연장된다. 제5 부분(868)은 제5 거리만큼 제4 부분(866)으로부터 원통형 베이스 부분(820)의 중심까지 연장된다. 제5 부분(868)은 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 제5 부분(868)은 제5 거리만큼 측벽(822)의 내부 표면(823)에 수직으로 연장된다. 제5 부분(868)은 또한 제3 부분(864) 및 제1 부분(860)에 평행하다.
- [0141] 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834)이 또한 면판(812)의 외부 표면이기 때문에, 상기 설명된 바닥 표면(834)의 일반적으로 볼록한 형상은 또한 면판(812)의 외부 윤곽으로 지칭된다. 바닥 표면(834)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 바닥 표면(834)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 일부 적용에서, 바닥 표면(834)에 대한 제1 거리, 제2 거리, 제3 거리, 제4 거리 및 제5

거리는 상이하게 변할 수 있다. 또한, 바닥 표면(834)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.

[0142] 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821) 및 바닥 표면(834)의 부분의 윤곽이 대칭인 것으로 도시되어 있지만, 정상 표면(821) 및 바닥 표면(834)의 이러한 부분의 윤곽은 비대칭일 수 있다. 예를 들어, 일부 적용에서, 정상 표면(821)에 대한 제2 거리 및 제3 거리 및 바닥 표면(834)에 대한 제4 거리 및 제5 거리는 상이하게 변할 수 있다.

[0143] 원통형 베이스 부분(820)은 복수의 관통 구멍들(832-1, 832-2, 832-3, ..., 및 832-N)(집합적으로 관통 구멍(832))을 포함한다. 관통 구멍(832)은 면판(812)의 바닥으로부터 면판(812)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(832)은 원통형 베이스 부분(820)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(820)의 정상까지 연장된다. 보다 구체적으로, 관통 구멍(832)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821)까지 연장된다. 바닥 표면(834)은 원통형 베이스 부분(820)의 외부 표면(834)으로 또한 지칭될 수 있고, 정상 표면(821)은 원통형 베이스 부분(820)의 내부 표면(821)으로 또한 지칭될 수 있다.

[0144] 관통 구멍(832)은 원통형 베이스 부분(820)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(820)을 통해 연장된다. 관통 구멍(832)은 원통형 베이스 부분(820)의 중심으로부터 측벽(822)의 ID까지 분포된다. 관통 구멍(832)은 플레넘(830) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(830)을 통해 그리고 관통 구멍(832)을 통해 프로세싱 챔버 내로 유동한다.

[0145] 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821) 및 바닥 표면(834)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(820)의 관통 구멍(832)의 높이(또는 깊이)는 측벽(822)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(820)의 중심까지 변할 수 있다. 예를 들어, 정상 표면(821) 및 바닥 표면(834)의 윤곽의 부분이 유사하게 도시되어 있지만, 정상 표면(821) 및 바닥 표면(834)의 이러한 부분의 윤곽은 상이할 수 있다. 따라서, 도시된 예에서 관통 구멍(832)의 일부의 높이가 동일한 것으로 보이지만, 관통 구멍(832)의 높이는, 도 3 및 도 5를 참조하여 상기 설명된 것과 유사한 상이한 구역에서 상이할 수 있다.

[0146] 또한, 도시된 예에서, 측벽(822)의 ID에 근접한 최외측 구역의 관통 구멍(832)의 높이는 관통 구멍(832)의 나머지의 높이보다 크다. 최외측 구역의 예는 도 5에 도시된 제2 구역(Z2)으로 도시된다. 또한, 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834)의 윤곽으로 인해, 최외측 구역의 관통 구멍(832)은 가변 높이를 갖고, 따라서 프로세스 가스의 유동에 대해 가변 저항을 제공한다. 구체적으로, 최외측 구역의 관통 구멍(832)의 높이는 측벽(822)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(820)의 중심을 향해 점진적으로 감소한다. 따라서, 최외측 구역의 관통 구멍(832)은 측벽(822)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(820)의 중심을 향하는 프로세스 가스의 유동에 대해 점진적으로 감소하는 저항을 제공한다.

[0147] 따라서, 관통 구멍(832)의 가변 높이는 샤워헤드(800)의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다. 추가적으로, 원통형 베이스 부분(820)의 바닥 표면(834)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스가 관통 구멍(832)을 빠져나가는 방향이 또한 변하며, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 또한, 상이한 구역의 관통 구멍(832)과 기관 사이의 거리는 또한 상이하다. 또한, 샤워헤드(800)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(800)와 기관의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 따라서, 샤워헤드(800)를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일은 도 2 내지 도 7에 도시된 샤워헤드를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0148] 도 9는 도 8에 도시된 샤워헤드(800)의 변형인 샤워헤드(900)를 도시한다. 샤워헤드(900)는 본 개시에 따른 면판(812-1)을 포함한다. 샤워헤드(900)는 면판(812-1)에서의 다음의 차이를 제외하면 샤워헤드(800)와 유사하다. 샤워헤드(800)에서, 원통형 베이스 부분(820)의 정상 표면(821)의 제1 부분(850)은 도 8을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 대신, 샤워헤드(900)에서, 정상 표면(821)의 최외측 부분은 도 9에서 870으로 도시된 바와 같이 테이퍼진다. 따라서, 도 8에 도시된 제1 부분(850)은 도 9의 제1 부분(850-1)으로 도시된다.

[0149] 구체적으로, 정상 표면(821)의 최외측 부분(870)은 제4 거리만큼 측벽(822)의 ID로부터 방사상 내측으로 연장된다. 최외측 부분(870)은 제4 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)을 향해 연장된다. 그 후, 제1 부분(850-1)은 도 8에 도시된 제1 부분(850)을 참조하여 설명된 제1 거리 미만으로 최외측 부분(870)으로부터 방사상 내측으로

연장된다. 제1 부분(850-1)은 측벽(822)의 내부 표면(823)에 수직으로 그리고 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 제1 거리 미만으로 연장된다. 샤워헤드(900)의 나머지는 샤워헤드(800)의 나머지와 유사하다.

[0150] 테이퍼진 최외측 부분(870)으로 인해, 최외측 관통 구멍(832)(예를 들어, 도 5에 도시된 제2 구역(Z2)의 관통 구멍)은 가변 높이를 갖고 프로세스 가스의 유동에 대해 가변 저항을 제공한다. 추가적으로, 최외측 부분(870)의 테이퍼링으로 인해, 프로세스 가스가 최외측 관통 구멍(832)을 빠져나가는 방향이 또한 변하며, 이는 샤워헤드(800)에 비교하여 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 또한, 최외측 관통 구멍(832)과 기관 사이의 거리는 또한 상이하다. 따라서, 샤워헤드(900)를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일은 샤워헤드(800) 및 또한 도 2 내지 도 7에 도시된 다른 샤워헤드를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0151] 도 10은 본 개시에 따른 면판을 포함하는 샤워헤드(1000)를 도시한다. 면판은 아래에 상세히 설명되는 바와 같은 내부 윤곽 및 외부 윤곽 모두를 포함한다. 샤워헤드(1000)는 베이스 부분(1002) 및 스텝 부분(204)을 포함한다. 베이스 부분(1002)은 뒤판(210) 및 면판(1012)을 포함한다. 면판(1012)은 도 3 및 도 6에 도시된 면판들(302 및 602)의 특징의 조합을 포함한다.

[0152] 면판(1012)은 일반적으로 C-형상이고 또한 원통형이다. 구체적으로, 면판(1012)은 원통형 베이스 부분(1020) 및 측벽(1022)을 포함한다. 측벽(1022)은 원통형 베이스 부분(1020)으로부터 연장된다. 측벽(1022)은 뒤판(210)을 향해 연장되고, 뒤판(210)에 부착된다. 구체적으로, 측벽(1022)은 뒤판(210)의 OD에 부착된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(1022)의 내부 표면(1023)에 수직이다.

[0153] 뒤판(210) 및 면판(1012)은 플레넘(1030)을 정의한다. 구체적으로, 뒤판(210)의 바닥 표면(211), 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 측벽(1022)의 내부 표면(1023)은 플레넘(1030)을 정의한다. 플레넘(1030)은 입구(206)와 유체 연통한다.

[0154] 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034) 모두는 평평한 대신 윤곽이 형성된다. 예를 들어, 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021)은 일반적으로 오목하고, 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034)도 또한 일반적으로 오목하다. 도시된 예에서, 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)이 서로의 미러 이미지가 되도록 한다. 하지만, 일부 적용에서, 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)의 윤곽은 상이할 수 있다.

[0155] 도시된 바와 같이, 정상 표면(1021)의 제1 부분(1050)은 제1 거리만큼 측벽(1022)의 ID로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(1050)은 제1 거리만큼 측벽(1022)의 내부 표면(1023)으로부터 수직으로 연장된다. 제1 부분(1050)은 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 그 후, 정상 표면(1021)의 제2 부분(1052)은 제1 부분(1050)으로부터 방사상 내측으로 연장되고 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034)을 향해 테이퍼진다. 제2 부분(1052)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(1020)의 중심을 향해 테이퍼진다. 그 후, 정상 표면(1021)의 제3 부분(1054)은 제3 거리만큼 제2 부분(1052)으로부터 원통형 베이스 부분(1020)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(1054)은 제3 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(1022)의 내부 표면(1023)에 수직이다. 따라서, 정상 표면(1021)의 제3 부분(1054)은 제3 거리만큼 측벽(1022)의 내부 표면(1023)에 수직으로 또한 연장된다.

[0156] 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021)이 또한 면판(1012)의 내부 표면이기 때문에, 상기 설명된 정상 표면(1021)의 일반적으로 오목한 형상은 또한 면판(1012)의 내부 윤곽으로 지칭된다. 정상 표면(1021)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 정상 표면(1021)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 정상 표면(1021)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 정상 표면(1021)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.

[0157] 또한, 바닥 표면(1034)의 제1 부분(1051)은 제1 거리만큼 측벽(1022)의 OD로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제1 부분(1051)은 제1 거리만큼 측벽(1022)으로부터 수직으로 연장된다. 제1 부분(1051)은 제1 거리만큼 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 정상 표면(1021)의 제1 부분(1051)은 바닥 표면(1034)의 제1 부분(1050)에 평행하다. 그 후, 바닥 표면(1034)의 제2 부분(1053)은 제2 거리만큼 제1 부분(1051)으로부터 방사상 내측으로 연장된다. 제2 부분(1053)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021)을 향해 테이퍼진다. 제2 부분(1053)은 제2 거리만큼 원통형 베이스 부분(1020)의 중심을 향해 테이퍼진다.

- [0158] 그 후, 바닥 표면(1034)의 제3 부분(1055)은 제3 거리만큼 제2 부분(1053)으로부터 원통형 베이스 부분(1020)의 중심까지 연장된다. 제3 부분(1055)은 뒤판(210)의 바닥 표면(211)에 평행하게 연장된다. 뒤판(210)의 바닥 표면(211)은 측벽(1022)의 내부 표면(1023)에 수직이다. 따라서, 바닥 표면(1034)의 제3 부분(1055)은 제3 거리만큼 측벽(1022)의 내부 표면(1023)에 수직으로 또한 연장된다. 정상 표면(1021)의 제3 부분(1054)은 바닥 표면(1034)의 제3 부분(1055)에 평행하다.
- [0159] 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034)이 또한 면판(1012)의 외측 표면이기 때문에, 전술된 바닥 표면(1034)의 일반적으로 오목한 형상은 또한 면판(1012)의 외부 윤곽으로 지칭된다. 바닥 표면(1034)의 윤곽은 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034) 상의 임의의 방사상 지점에서 시작할 수 있다는 것에 유의한다. 유사하게, 바닥 표면(1034)의 윤곽은 또한 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034) 상의 임의의 방사상 지점에서 끝날 수 있다. 예를 들어, 바닥 표면(1034)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 변할 수 있다. 또한, 바닥 표면(1034)의 윤곽 부분의 경사는 선형 또는 다항형일 수 있다.
- [0160] 도시된 예에서, 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 동일한 것으로 도시된다. 하지만, 일부 적용에서, 정상 표면(1021)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리는 바닥 표면(1034)에 대한 제1 거리, 제2 거리 및 제3 거리와 상이할 수 있다. 따라서, 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)의 윤곽이 대칭인 것으로 도시되어 있지만, 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)의 윤곽은 비대칭일 수 있다.
- [0161] 원통형 베이스 부분(1020)은 복수의 관통 구멍(1032-1, 1032-2, 1032-3, ..., 및 1032-N)(집합적으로 관통 구멍(1032))을 포함한다. 관통 구멍(1032)은 면판(1012)의 바닥으로부터 면판(1012)의 정상까지 연장된다. 구체적으로, 관통 구멍(1032)은 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥으로부터 원통형 베이스 부분(1020)의 정상까지 연장된다. 보다 구체적으로, 관통 구멍(1032)은 기관을 향하는 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034)으로부터 기관으로부터 멀어지는 쪽을 향하는 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021)까지 연장된다. 바닥 표면(1034)은 원통형 베이스 부분(1020)의 외부 표면(1034)으로 또한 지칭될 수 있고, 정상 표면(1021)은 원통형 베이스 부분(1020)의 내부 표면(1021)으로 또한 지칭될 수 있다.
- [0162] 관통 구멍(1032)은 원통형 베이스 부분(1020)과 뒤판(210)이 놓이는 평면에 수직인 축선을 따라 수직으로 원통형 베이스 부분(1020)을 통해 연장된다. 관통 구멍(1032)은 원통형 베이스 부분(1020)의 중심으로부터 측벽(1022)의 ID까지 분포된다. 관통 구멍(1032)은 플레넘(1030) 및 입구(206)와 유체 연통한다. 입구(206)로부터 수용된 가스는 플레넘(1030)을 통해 그리고 관통 구멍(1032)을 통해 프로세싱 챔버 내로 유동한다.
- [0163] 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(1020)의 관통 구멍(1032)의 높이(또는 깊이)는 측벽(1022)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(1020)의 중심까지 변할 수 있다. 관통 구멍(1032)의 가변 높이는 샤워헤드(1000)의 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항을 변화시킨다. 반경에 걸친 프로세스 가스의 유동에 대한 저항의 변화는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 변화시킨다.
- [0164] 추가적으로, 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스가 관통 구멍(1032)을 빠져나가는 방향이 또한 변하며, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다. 또한, 샤워헤드(1000)와 기관 사이의 갭은 도 1을 참조하여 상기 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 갭을 변화시키는 것은 샤워헤드(1000)와 기관의 플라즈마 밀도를 변화시키고, 이는 기관 상에 증착된 막의 막 프로파일을 추가로 변화시킨다.
- [0165] 구체적으로, 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)의 윤곽으로 인해, 원통형 베이스 부분(1020)은 다수의 동심 방사상 구역으로 분할된다. 도시된 예에서, 원통형 베이스 부분(1020)은 각각 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 동심 방사상 구역, 제2 동심 방사상 구역 및 제3 동심 방사상 구역으로 분할된다. 원통형 베이스 부분(1020)의 제1 구역(Z1)은 제1 거리만큼 측벽(1022)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(1020)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제1 구역(Z1)의 OD는 측벽(1022)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(1020)의 제2 구역(Z2)은 제2 거리만큼 제1 구역(Z1)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(1020)의 중심을 향해 방사상 내측으로 연장된다. 제2 구역(Z2)의 OD는 제1 구역(Z1)의 ID와 동일하다. 원통형 베이스 부분(1020)의 제3 구역(Z3)은 제3 거리만큼 제2 구역(Z2)의 ID로부터 원통형 베이스 부분(1020)의 중심까지 방사상 내측으로 연장된다. 제3 구역(Z3)의 OD는 제2 구역(Z2)의 ID와 동일하다.
- [0166] 제1 구역(Z1)의 폭(즉, 제1 구역(Z1)의 OD와 ID의 차이)은 제1 거리와 동일하다. 제2 구역(Z2)의 폭(즉, 제2 구역(Z2)의 OD와 ID의 차이)은 제2 거리와 동일하다. 제3 구역(Z3)의 폭(즉, 제3 구역(Z3)의 OD와 원통형 베이스

부분(1020)의 중심 사이의 거리)은 제3 거리와 동일하다. 원통형 베이스 부분(1020)의 Z1, Z2 및 Z3으로 도시된 제1 방사상 구역, 제2 방사상 구역 및 제3 방사상 구역의 관통 구멍(1032)의 높이는 원통형 베이스 부분(1020)의 정상 표면(1021) 및 바닥 표면(1034)의 윤곽에 따라 변할 수 있다.

[0167] 예를 들어, 제1 구역(Z1)의 최외측 관통 구멍(1032)의 높이는 제2 구역(Z2) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(1032)보다 크다. 따라서, 제1 구역(Z1)의 관통 구멍(1032)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제2 구역(Z2) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(1032)보다 큰 저항을 제공한다. 제3 구역(Z3)의 최내측 관통 구멍(1032)의 높이는 제1 구역(Z1) 및 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(1032)보다 작다. 따라서, 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(1032)은 프로세스 가스의 유동에 대해 제1 구역(Z1) 및 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(1032)보다 작은 저항을 제공한다.

[0168] 또한, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(1032)의 높이는 제2 구역(Z2)의 OD로부터 제2 구역(Z2)의 ID까지(즉, 원통형 베이스 부분(1034)의 중심을 향해) 감소한다. 따라서, 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(1032)은 제2 구역(Z2)의 OD로부터 제2 구역(Z2)의 ID로의(즉, 원통형 베이스 부분(1034)의 중심을 향하는) 프로세스 가스의 유동에 대해 점진적으로 감소하는 저항을 제공한다.

[0169] 추가적으로, 원통형 베이스 부분(1020)의 바닥 표면(1034)의 윤곽으로 인해, 프로세스 가스는 제1 구역(Z1) 및 제3 구역(Z3)의 관통 구멍(1032)과 비교하여 상이한 방향으로 제2 구역(Z2)의 관통 구멍(1032)을 빠져나간다. 또한, 상이한 구역의 관통 구멍(1032)과 기관 사이의 거리는 또한 상이하다. 따라서, 샤워헤드(1000)를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일은 도 2 내지 도 9에 도시된 샤워헤드를 사용하여 프로세싱된 기관의 막 프로파일과 상이하다.

[0170] 면판의 볼록한 내부 윤곽이 명시적으로 도시되지는 않지만, 샤워헤드(200)에서, 면판(212)의 원통형 베이스 부분(234)의 정상 표면(221)은 볼록한 형상을 갖도록 윤곽이 형성될 수 있다는 것에 유의한다. 예를 들어, 면판(212)의 원통형 베이스 부분(234)의 정상 표면(221)은 뒤판(210)의 바닥 표면(211)을 향해 만곡될 수 있다. 이러한 구성에서, 관통 구멍의 특성 및 도 3을 참조하여 전술된 관통 구멍을 통한 프로세스 가스의 유동은 역전되거나 반전될 것이다. 또한, 원통형 베이스 부분의 정상 표면의 유사한 볼록한 윤곽은 추가적인 막 프로파일 및 특성을 달성하기 위해 도 4 내지 도 10에 도시된 샤워헤드에 도시된 원통형 베이스 부분의 바닥 표면의 윤곽과 함께 구현될 수 있다.

[0171] 위의 설명은 본질적으로 단지 예시적이며 개시, 그의 적용 또는 용도를 어떠한 방식으로든 제한하려는 의도는 아니다. 개시의 폭넓은 교시는 다양한 형태로 구현될 수 있다. 따라서, 본 개시는 특정 예를 포함하지만, 도면, 명세서 및 다음 청구 범위를 연구하면 다른 수정이 명백해질 것이기 때문에 본 개시의 실제 범주는 그렇게 제한되어서는 안 된다. 방법 내의 하나 이상의 단계는 본 개시의 원리를 변경하지 않고 상이한 순서로(또는 동시적으로) 실행될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 실시예 각각은 특정 특징을 갖는 것으로 위에서 설명되지만, 본 개시의 임의의 실시예에 관하여 설명된 이러한 특징 중 임의의 하나 이상은, 조합이 명시적으로 설명되지 않더라도, 다른 실시예 중 임의의 실시예의 특징으로 및/또는 특징과 조합되어 구현될 수 있다. 다시 말해서, 설명된 실시예는 상호 배타적이지 않으며, 하나 이상의 실시예의 서로 간의 치환은 본 개시의 범주 내에 남아 있다.

[0172] 요소 사이(예를 들어, 모듈, 회로 요소, 반도체 층 등 사이)의 공간적 및 기능적 관계는 "연결된", "맞물린", "커플링된", "인접한", "옆에 있는", "맨 위에", "위에", "아래에" 및 "배치된"을 포함하는 다양한 용어를 사용하여 설명된다. "직접적인" 것으로 명시적으로 설명되지 않는 한, 위의 개시내용에서 제1 요소와 제2 요소 사이의 관계가 설명될 때, 그 관계는 제1 요소와 제2 요소 사이에 다른 개재 요소가 존재하지 않는 직접적인 관계일 수 있지만, 제1 요소와 제2 요소 사이에 하나 이상의 개재 요소가 (공간적으로 또는 기능적으로) 존재하는 간접적인 관계일 수도 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, A, B 및 C 중 적어도 하나의 문구는 비배타적 논리 OR을 사용하는 논리(A OR B OR C)를 의미하는 것으로 이해되어야 하고, "A 중 적어도 하나, B 중 적어도 하나 및 C 중 적어도 하나"를 의미하는 것으로 이해되지 않아야 한다.

[0173] 일부 구현에서, 제어기는 상술된 예의 일부일 수 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템은 프로세싱 도구 또는 도구들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱을 위한 플랫폼 또는 플랫폼들 및/또는 특정 프로세싱 구성요소(웨이퍼 페데스탈, 가스 유동 시스템 등)를 포함한 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이러한 시스템은 반도체 웨이퍼 또는 기관의 프로세싱 이전, 그 동안, 그 후에 그의 동작을 제어하기 위해 전자 장치와 통합될 수 있다. 전자 장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 구성요소나 하위 부분을 제어할 수 있는 "제어기"로서 지칭될 수 있다. 제어기는, 프로세싱 요건 및/또는 시스템 유형에 의존하여, 프로세싱 가스의 전달, 온도 설정(예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정, 진공 설정, 전력 설정, 무선 주파수(RF) 발생기 설정, RF 정합 회로 설정, 주

파수 설정, 유량 설정, 유체 전달 설정, 포지션 및 동작 설정, 도구 및 다른 전달 도구 안팎으로 웨이퍼 전달 및/또는 특정 시스템에 연결되거나 인터페이싱되는 로드록을 포함하여, 본원에서 개시된 프로세스 중 임의의 것을 제어하기 위해 프로그래밍될 수 있다.

[0174] 광범위하게 말하면, 제어기는 명령을 수신하고, 명령을 발행하고, 동작을 제어하고, 세정 동작을 가능하게 하고, 엔드포인트 측정을 가능하게 하는 등을 하는 다양한 집적 회로, 로직, 메모리 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자 장치로서 정의될 수 있다. 집적 회로는 프로그램 명령을 저장하는 펌웨어 형태의 칩, 디지털 신호 프로세서(digital signal processor, DSP), 주문형 집적 회로(application specific integrated circuit, ASIC)로 정의된 칩 및/또는 하나 이상의 마이크로프로세서 또는 프로그램 명령(예를 들어, 소프트웨어)을 실행하는 마이크로제어기를 포함할 수 있다. 프로그램 명령은 다양한 개별 설정(또는 프로그램 파일)의 형태로 제어기에 통신되어, 시스템에 대한 또는 반도체 웨이퍼에 대한 또는 반도체 웨이퍼 상에서 특정 프로세스를 수행하기 위한 동작 파라미터를 정의하는 명령일 수 있다. 동작 파라미터는, 일부 실시예에서 하나 이상의 층, 재료, 금속, 산화물, 실리콘, 실리콘 이산화물, 표면, 회로 및/또는 웨이퍼의 다이의 제작 동안 하나 이상의 프로세싱 단계를 달성하기 위해 프로세스 엔지니어에 의해 정의된 레시피의 일부일 수 있다.

[0175] 제어기는, 일부 구현에서 시스템과 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 그렇지 않으면 시스템에 네트워킹되거나, 이들의 조합일 수 있는 컴퓨터의 일부이거나 컴퓨터에 커플링될 수 있다. 예를 들어, 제어기는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 허용할 수 있는 "클라우드" 또는 웹 호스트 컴퓨터 시스템(fab host computer system)의 전부 또는 일부에 있을 수 있다. 컴퓨터는 시스템에 대한 원격 액세스를 가능하게 하여 제작 동작의 현재 진행 상황을 모니터링하고, 과거 제작 동작의 이력을 검사하고, 복수의 제작 동작으로부터 추세 또는 성능 메트릭을 검사하고, 현재 프로세싱의 파라미터를 변경하고, 현재 프로세싱에 뒤따르는 프로세싱 단계를 세팅하거나 새로운 프로세스를 시작할 수 있다. 일부 예에서, 원격 컴퓨터(예를 들어, 서버)는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수 있는 네트워크를 통해 시스템에 프로세스 레시피를 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 파라미터 및/또는 설정의 엔트리 또는 프로그래밍을 가능하게 하는 사용자 인터페이스를 포함할 수 있으며, 이는 그 후 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 통신된다.

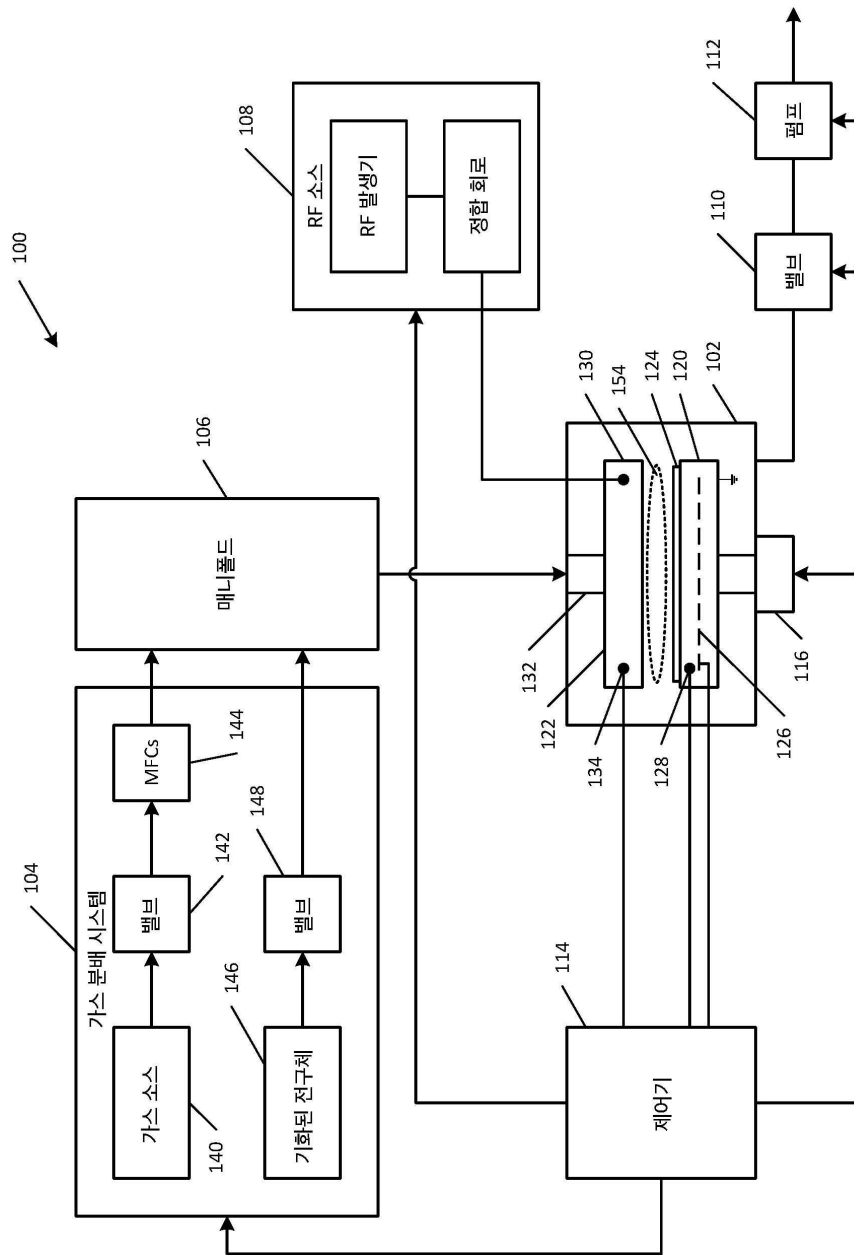
[0176] 일부 예에서, 제어기는 하나 이상의 동작 동안 수행될 프로세싱 단계 각각에 대한 파라미터를 지정하는 데이터의 형태의 명령을 수신한다. 파라미터는 수행될 프로세스의 유형 및 제어기가 인터페이싱하거나 제어하도록 구성된 도구의 유형에 특유할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서 위에서 설명된 바와 같이, 제어기는 이를테면, 함께 네트워킹되고 본원에서 설명된 프로세스 및 제어와 같은 공통 목적을 위해 작동하는 하나 이상의 개별 제어기를 포함함으로써 분산될 수 있다. 이러한 목적을 위한 분산된 제어기의 예로는 챔버에 대한 프로세스를 제어하기 위해 결합되는 원격(이를테면, 플랫폼 레벨의 또는 원격 컴퓨터의 일부로서)에 로케이팅된 하나 이상의 집적 회로와 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로일 것이다.

[0177] 제한 없이, 예시적인 시스템은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-런스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, 물리 기상 증착(physical vapor deposition, PVD) 챔버 또는 모듈, 화학 기상 증착(chemical vapor deposition, CVD) 챔버 또는 모듈, 원자 층 증착(atomic layer deposition, ALD) 챔버 또는 모듈, 원자 층 에칭(atomic layer etch, ALE) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 챔버 또는 모듈 및 반도체 웨이퍼의 제작 및/또는 제조에 연관되거나 그에 사용될 수 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템을 포함할 수 있다.

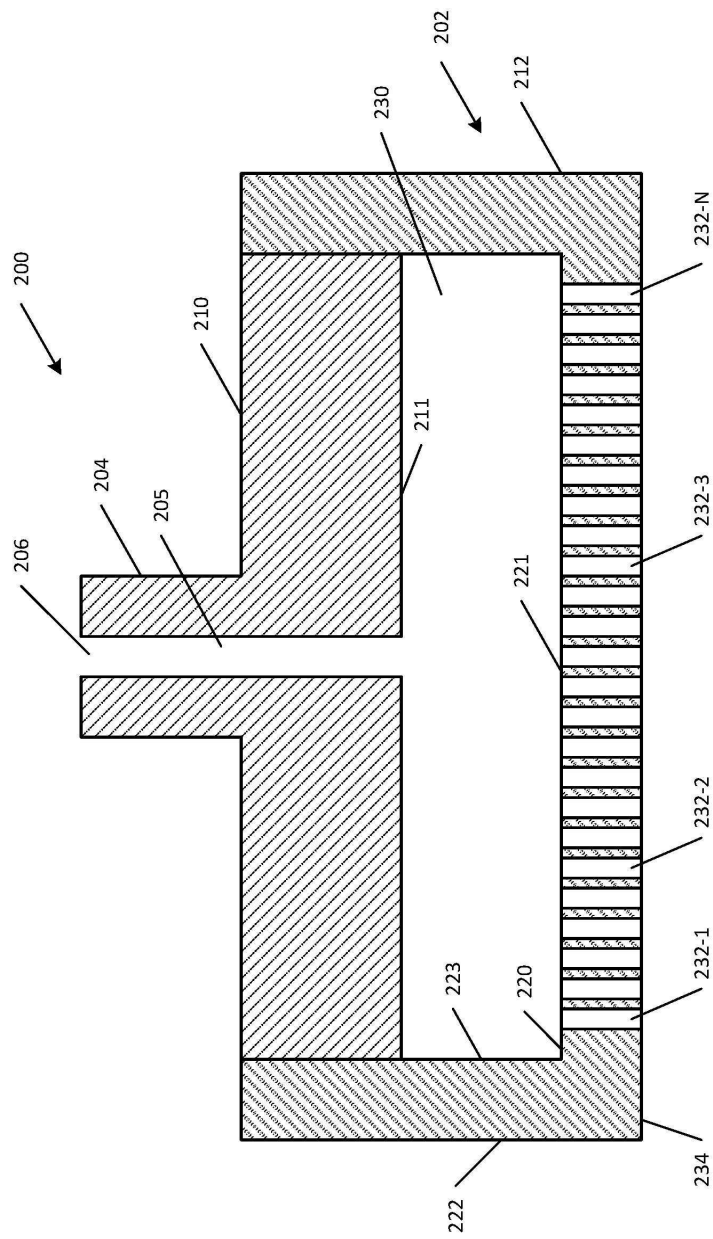
[0178] 위에서 언급된 바와 같이, 도구에 의해 수행되는 프로세스 단계 또는 단계들에 의존하여, 제어기는 다른 도구 회로 또는 모듈, 다른 도구 구성요소, 클러스터 도구, 다른 도구 인터페이스, 인접 도구, 이웃 도구, 공장 전체에 걸쳐 로케이팅된 도구, 메인 컴퓨터, 다른 제어기 또는 웨이퍼의 컨테이너를 반도체 제조 공장의 도구 로케이션 및/또는 로드 포트로 가져가고 가져 오는 재료 운송에 사용되는 도구 중 하나 이상과 통신할 수 있다.

도면

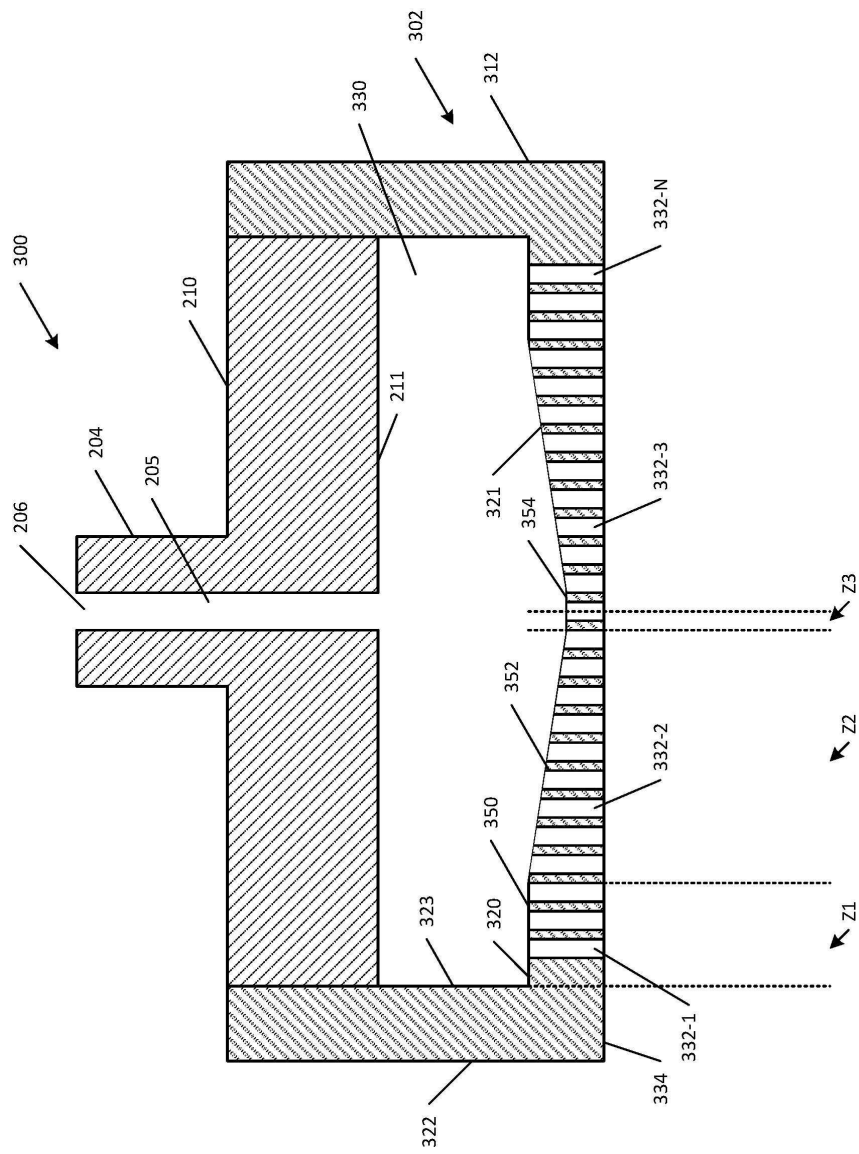
도면1



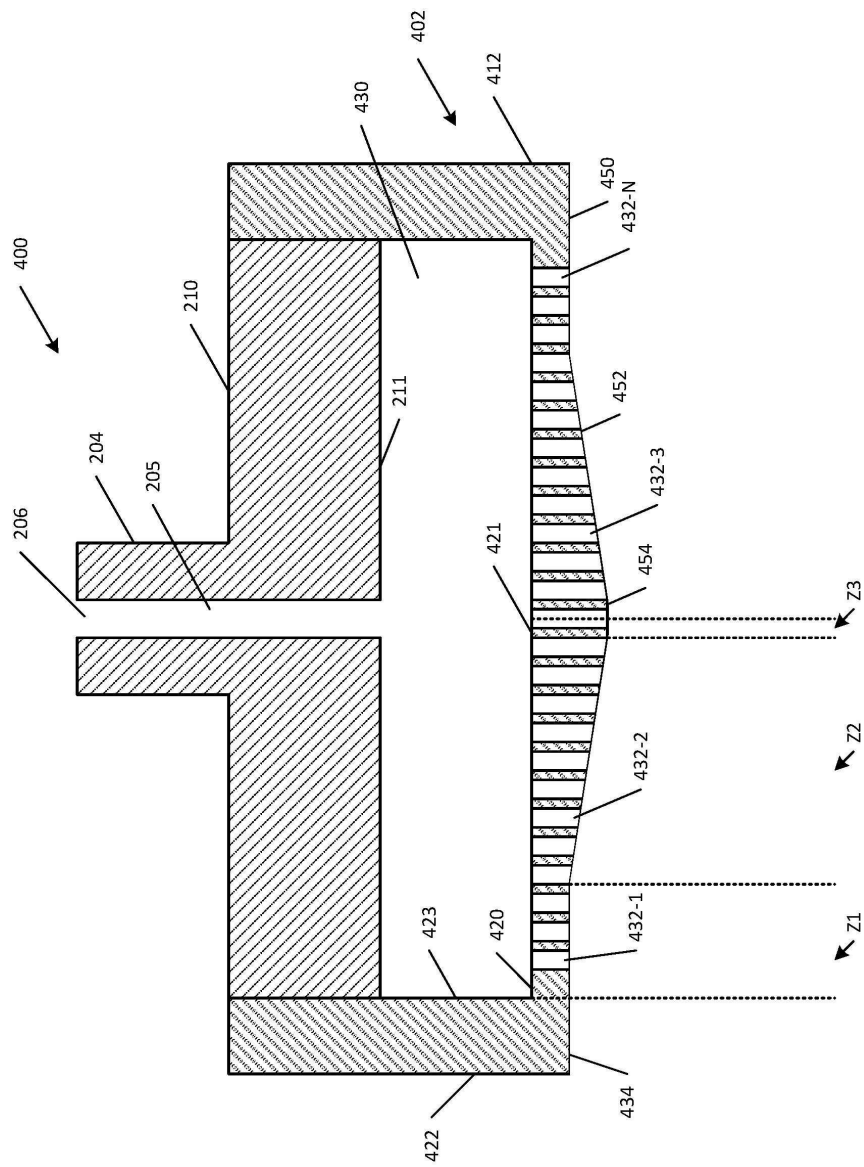
도면2



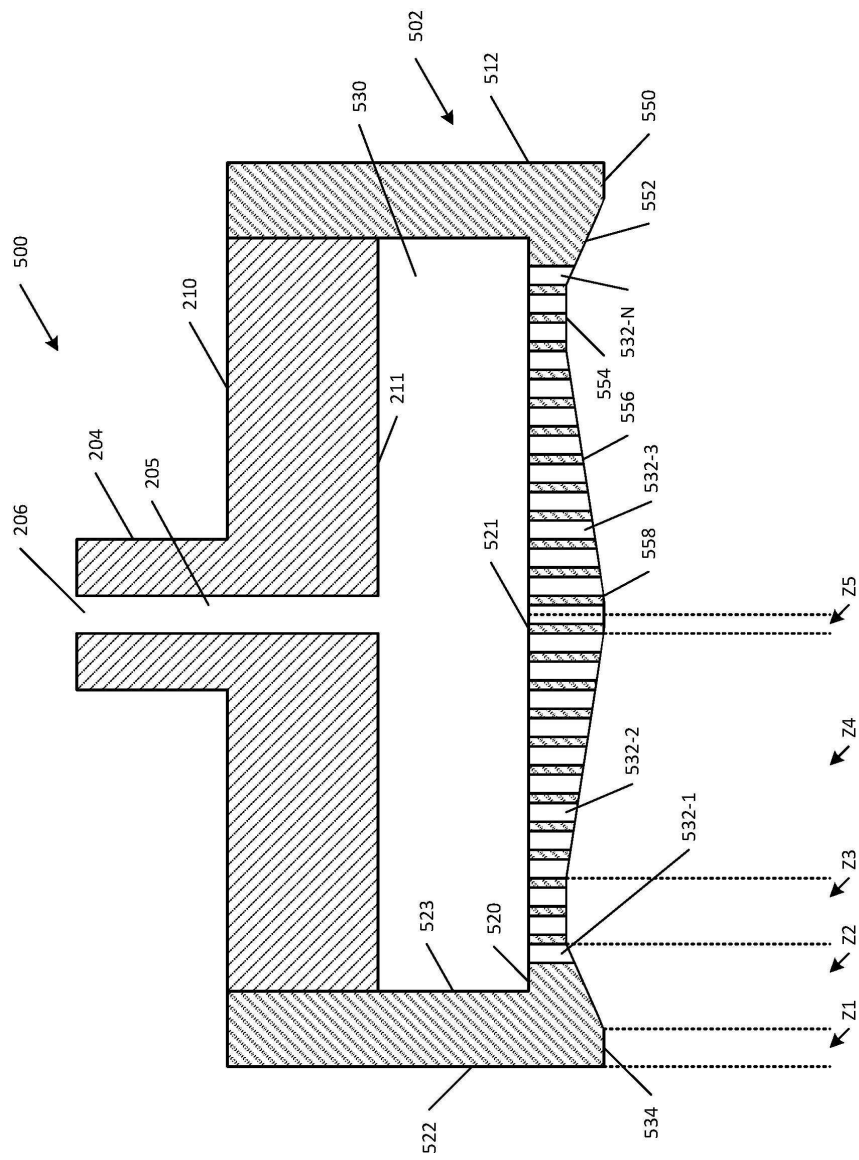
도면3



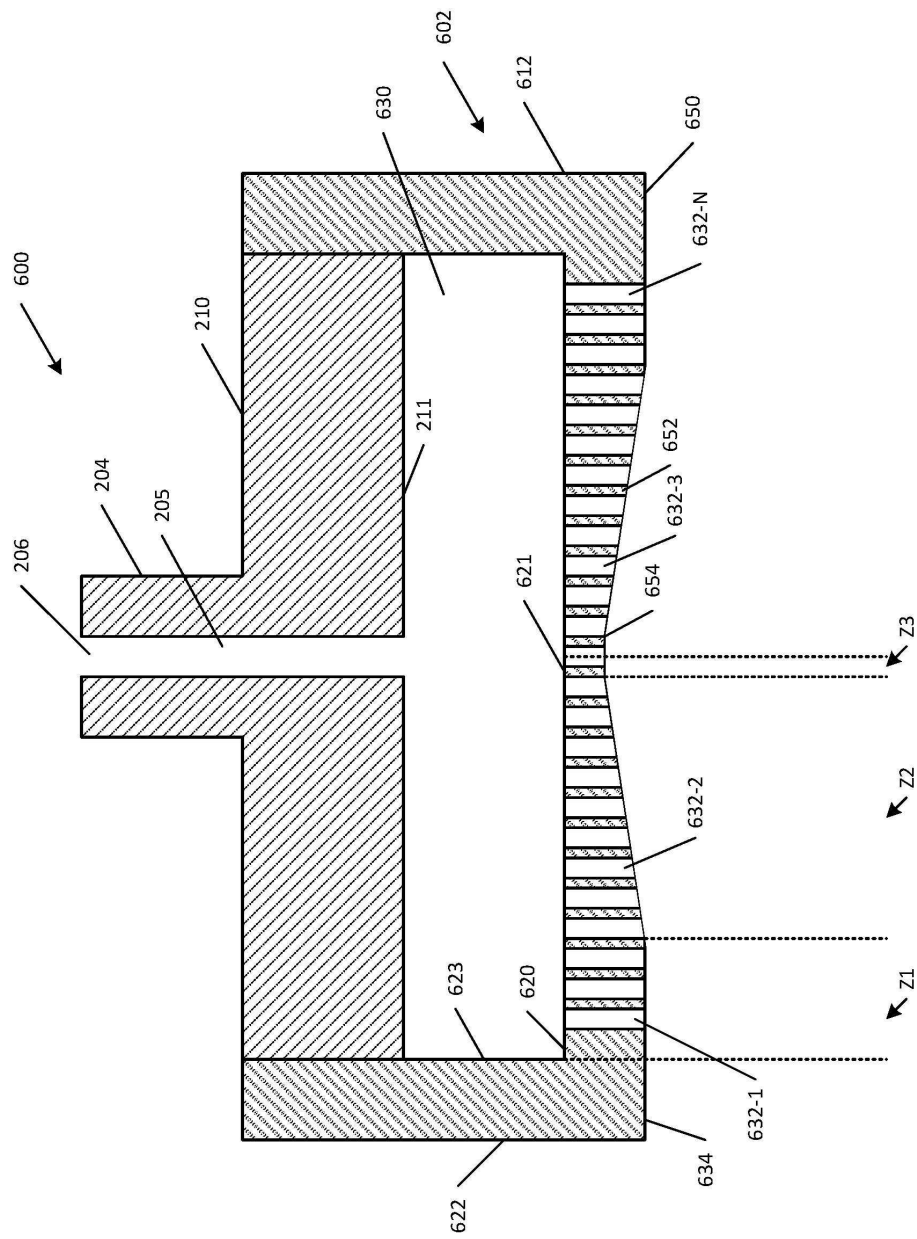
도면4



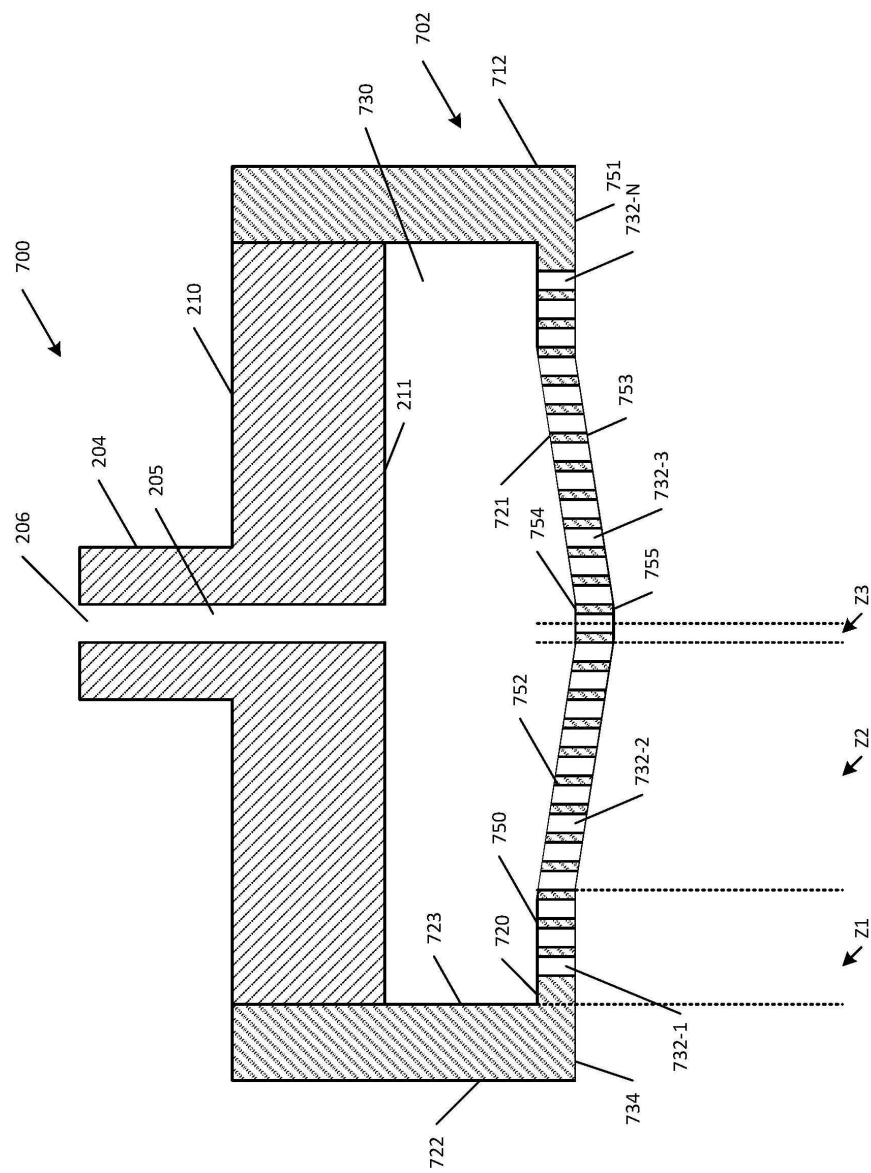
도면5



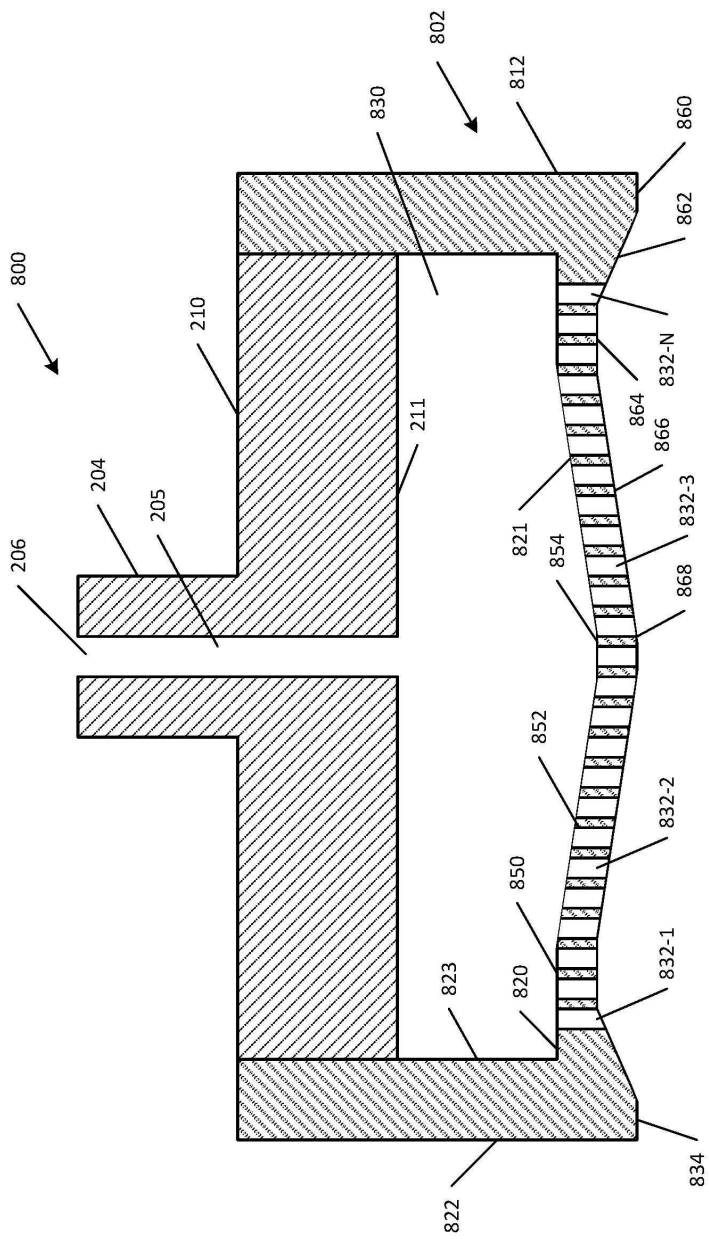
도면6



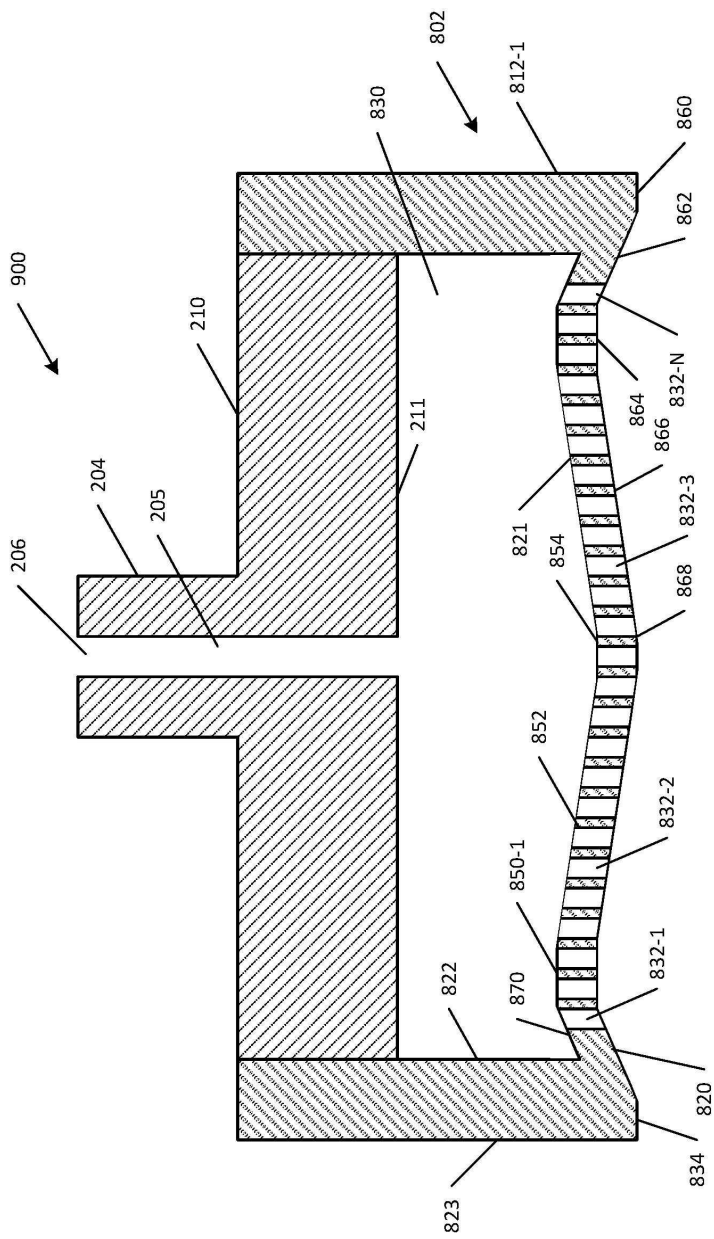
도면7



도면8



도면9



도면 10

