



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0093865
(43) 공개일자 2024년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32449 (2013.01)
H01J 37/32174 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7017003
(22) 출원일자(국제) 2022년10월27일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년05월22일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/078786
(87) 국제공개번호 WO 2023/077002
국제공개일자 2023년05월04일
(30) 우선권주장
63/263,290 2021년10월29일 미국(US)

(71) 출원인
램 리써치 코퍼레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650
(72) 발명자
밀러, 아론 블레이크
미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 피케이터블
유와이. 4650
비마라세티, 고티나트
미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 피케이터블
유와이. 4650
하트, 카일 와트
미국 캘리포니아 94538 프레몬트 쿠싱 피케이터블
유와이. 4650
(74) 대리인
특허법인 광장리앤코

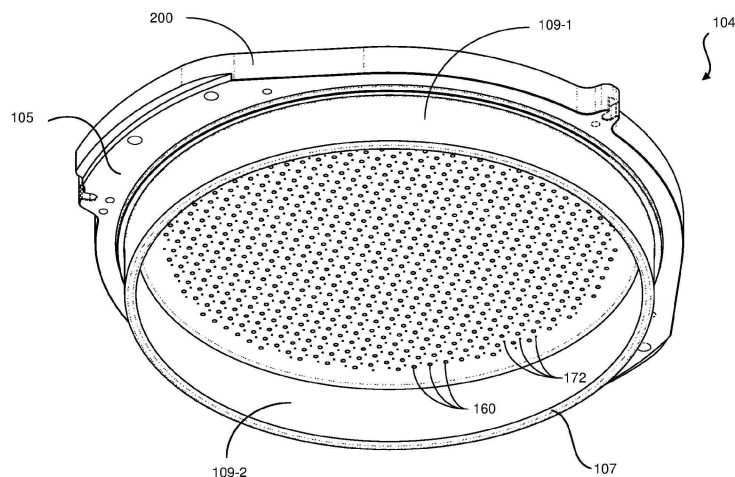
전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 라디칼 중 전달을 위한 구멍 크기를 갖는 샤워헤드

(57) 요약

샤워헤드는 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트를 포함한다. 제1 구멍 세트는 제2 구멍 세트보다 큰 직경 및 길이를 갖는다. 제1 구멍 세트는 샤워헤드의 두께를 통해 연장된다. 일부 실시예에서, 샤워헤드는 베이스 부분 및 베이스 부분으로부터 수직으로 연장되는 원통형 부분을 포함한다. 베이스 부분은 제2 구멍 세트와 유체 연통하지만 제1 구멍 세트와는 별개인 플레넘을 정의할 수 있다. 제2 구멍 세트는 플레넘으로부터 샤워헤드의 바닥 표면까지 연장된다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트의 제1 직경은 플라즈마로부터 이온을 필터링하고, 플라즈마로부터의 라디칼을 샤워헤드를 통해 통과시키며, 샤워헤드를 통한 전구체의 역확산을 제한하도록 최적화될 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/32642 (2013.01)

H01L 21/67248 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드로서,

상기 샤워헤드 내부에 플레넘(plenum)을 갖는 베이스 부분; 및

상기 베이스 부분으로부터 수직으로 연장되는 원통형 부분을 포함하고, 상기 베이스 부분은 상기 원통형 부분의 외경보다 큰 직경을 갖고, 상기 베이스 부분은 각각 제1 직경 및 제1 길이를 갖는 제1 구멍 세트, 및 각각 제2 직경 및 제2 길이를 갖는 제2 구멍 세트를 포함하고, 상기 제1 구멍 세트 및 상기 제2 구멍 세트는 상기 베이스 부분의 중심으로부터 상기 원통형 부분의 내경까지 분포되고, 상기 제1 구멍 세트는 상기 베이스 부분의 최상부 표면으로부터 상기 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 상기 제2 구멍 세트는 상기 플레넘으로부터 상기 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 상기 제1 직경은 상기 제2 직경보다 크고, 상기 제1 길이는 상기 제2 길이보다 길고, 상기 제1 구멍 세트의 단면적의 합 대 상기 원통형 부분의 단면적의 비는 약 0.5% 내지 약 3.0%인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 구멍 세트 및 상기 제2 구멍 세트는 육각형 패턴, 삼각형 패턴, 또는 육각형 패턴과 삼각형 패턴의 조합으로 배열되는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트의 밀도는 평방 인치 당 약 3개의 구멍 내지 평방 인치당 약 6개의 구멍인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 제1 길이(L_1) 대 상기 제1 직경(D_1)의 비는 약 8 내지 약 15인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 제1 길이(L_1) 대 상기 제1 직경(D_1)의 비는 약 10 내지 12인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 제1 직경은 0.03 인치 내지 약 0.1 인치인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 베이스 부분 및 상기 원통형 부분을 갖는 제1 구성요소;

디스크 형상이고 상기 베이스 부분 내 상기 제1 구멍 세트와 정렬된 제1 관통 구멍을 포함하는 제2 구성요소 - 상기 제2 구성요소는 최상부 표면, 측 표면 및 상기 원통형 부분의 맞은편 측 상에서 상기 제1 구성요소의 베이스 부분에 부착되고, 상기 제2 구멍 세트와 유체 연통하고 상기 제1 구멍 세트와 별개인 플레넘을 정의하는 바닥 표면을 가짐 - ; 및

디스크 형상이고, 상기 제2 구성요소 내 상기 제1 관통 구멍 및 상기 제1 구성요소 내 상기 제1 구멍 세트와 정렬된 제2 관통 구멍을 포함하고, 상기 제2 구성요소의 최상부 표면에 부착된 바닥 표면을 갖는 제3 구성요소를 더 포함하는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 제2 구성요소의 최상부 표면은 상기 최상부 표면의 주변부를 따라 그리고 맞은편 단부 상에 호 형상 홈 쌍을 포함하고, 상기 제2 구성요소의 최상부 표면은 상기 호 형상 홈 쌍 사이에서 연장되는 복수의 홈을 더 포함하는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 제3 구성요소는 상기 플레넘과 유체 연통하는 가스 입구, 상기 호 형상 홈 쌍 중 제1 호 형상 홈과 유체 연통하는 유체 입구, 및 상기 호 형상 홈 쌍 중 제2 호 형상 홈과 유체 연통하는 유체 출구를 포함하는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 샤워헤드는 상기 제2 구멍 세트로부터 상기 제1 구멍 세트를 통해 공급되는 가스의 역확산을 제한하도록 구성되는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 11

제1 항에 있어서,

상기 원통형 부분의 내경은 프로세싱되는 기관의 직경보다 큰,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 12

제1 항에 있어서,

상기 제1 구멍 세트는 육각형 패턴으로 배열되고, 상기 제2 구멍 세트는 상기 제1 구멍 세트에 의해 정의된 육각형 내의 삼각형의 꼭짓점 상에 놓이고, 상기 제1 구멍 세트 중 하나는 상기 삼각형 각각 내에 놓이는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 13

제1 항에 있어서,

상기 제2 구멍 세트는 육각형 패턴으로 배열되고, 상기 제1 구멍 세트는 상기 제2 구멍 세트에 의해 정의된 육각형 내의 삼각형의 꼭짓점 상에 놓이고, 상기 제2 구멍 세트 중 하나는 상기 삼각형 각각 내에 놓이는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 14

제1 항에 있어서,

상기 제1 구멍 세트의 수 대 상기 제2 구멍 세트의 수의 비는 약 1.00 내지 약 1.05인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 15

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드로서,

디스크 형상 부분 및 상기 디스크 형상 부분으로부터 수직으로 연장되는 원통형 부분을 포함하는 제1 구성요소 — 상기 디스크 형상 부분은 상기 원통형 부분의 외경보다 큰 직경을 갖고, 상기 디스크 형상 부분은 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트를 포함하며, 상기 제1 구멍 세트는 각각 제1 길이 및 제1 직경을 갖고, 상기 제2 구멍 세트는 각각 제2 길이 및 제2 직경을 갖고, 상기 제1 직경은 상기 제2 직경보다 크고, 상기 제1 길이는 상기 제2 길이보다 길고, 상기 제1 구멍 세트 및 상기 제2 구멍 세트는 상기 디스크 형상 부분의 중심으로부터 상기 원통형 부분의 내경까지 분포되고, 상기 제1 구멍 세트의 단면적의 합 대 상기 원통형 부분의 단면적의 비는 약 0.5% 내지 약 3.0%임 — ;

디스크 형상이고 상기 제1 구성요소 내 상기 제1 구멍 세트와 정렬된 제1 관통 구멍을 포함하는 제2 구성요소 — 상기 제2 구성요소는 최상부 표면, 측 표면 및 상기 원통형 부분의 맞은편 측 상에서 상기 제1 구성요소의 디스크 형상 부분에 부착되고, 상기 제1 구성요소 내 상기 제2 구멍 세트와 유체 연통하고 상기 제1 구성요소 내 상기 제1 구멍 세트와는 분리된 플레넘을 정의하는 바닥 표면을 가짐 — ; 및

디스크 형상이고, 상기 제2 구성요소 내 상기 제1 구멍 세트 및 상기 제1 구성요소 내 상기 제1 구멍 세트와 정렬된 제2 관통 구멍을 포함하는 제3 구성요소를 포함하고, 상기 제3 구성요소는 상기 제2 구성요소의 최상부 표면에 부착된 바닥 표면을 갖는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 제2 구성요소의 최상부 표면은 상기 제2 구성요소의 최상부 표면의 주변부를 따라 그리고 맞은편 단부 상에 호 형상 홈 쌍을 포함하고, 상기 제2 구성요소의 최상부 표면은 상기 호 형상 홈 쌍 사이에서 연장되는 복수의 홈을 더 포함하는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 17

제15 항에 있어서,

상기 제3 구성요소는 상기 제3 구성요소의 주변부를 따라 상기 제3 구성요소의 최상부 표면 상에 환형 리지(ridge)를 더 포함하고, 상기 제3 구성요소는 상기 환형 리지의 내경으로부터 상기 제3 구성요소의 최상부 표면의 중심까지 연장되는 리세스를 더 포함하는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 18

제15 항에 있어서,

상기 제1 구멍 세트 및 상기 제2 구멍 세트는 육각형 패턴, 삼각형 패턴, 또는 육각형 패턴과 삼각형 패턴의 조합으로 배열되는,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 19

제15 항에 있어서,

상기 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트의 밀도는 평방 인치 당 약 3개의 구멍 내지 평방 인치당 약 6개의 구멍인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 20

제15 항에 있어서,

상기 제1 길이(L_1) 대 상기 제1 직경(D_1)의 비는 약 8 내지 약 15인,

반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드.

청구항 21

플라즈마 장치로서,

프로세싱 챔버;

상기 프로세싱 챔버에 있고 기판을 지지하도록 구성된 페데스탈(pedestal);

상기 프로세싱 챔버 위에 배치된 플라즈마 소스; 및

상기 프로세싱 챔버와 상기 플라즈마 소스 사이에 배치된 샤워헤드를 포함하고, 상기 샤워헤드는,

상기 샤워헤드 내부에 플레넘을 갖는 베이스 부분; 및

상기 베이스 부분으로부터 수직으로 연장되는 원통형 부분을 포함하고, 상기 베이스 부분은 상기 원통형 부분의 외경보다 큰 직경을 갖고, 상기 베이스 부분은 각각 제1 직경 및 제1 길이를 갖는 제1 구멍 세트, 및 각각 제2 직경 및 제2 길이를 갖는 제2 구멍 세트를 포함하고, 상기 제1 구멍 세트 및 상기 제2 구멍 세트는 상기 베이스 부분의 중심으로부터 상기 원통형 부분의 내경까지 분포되고, 상기 제1 구멍 세트는 상기 베이스 부분의 최상부 표면으로부터 상기 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 상기 제2 구멍 세트는 상기 플레넘으로부터 상기 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 상기 제1 직경은 상기 제2 직경보다 크고, 상기 제1 길이는 상기 제2 길이보다 길고, 상기 제1 구멍 세트의 단면적의 합 대 상기 원통형 부분의 단면적의 비는 약 0.5% 내지 약 3.0%인,

플라즈마 장치.

청구항 22

제21 항에 있어서,

상기 플라즈마 소스는 플라즈마를 생성하고 상기 플라즈마를 상기 샤워헤드에 공급하도록 구성되고, 상기 샤워헤드 내 상기 제1 구멍 세트는 상기 플라즈마로부터 이온을 필터링하고 상기 플라즈마로부터의 라디칼을 상기 샤워헤드를 통해 상기 프로세싱 챔버 내로 전달하도록 구성되는,

플라즈마 장치.

청구항 23

제21 항에 있어서,

상기 제1 구멍 세트 및 상기 제2 구멍 세트는 육각형 패턴, 삼각형 패턴, 또는 육각형 패턴과 삼각형 패턴의 조

함으로 배열되는,
플라즈마 장치.

청구항 24

제21 항에 있어서,
상기 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트의 밀도는 평방 인치 당 약 3개의 구멍 내지 평방 인치당 약 6개의 구멍인,
플라즈마 장치.

청구항 25

제21 항에 있어서,
상기 제1 길이(L_1) 대 상기 제1 직경(D_1)의 비는 약 8 내지 약 15인,
플라즈마 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] PCT 요청서는 본 출원의 일부로서 본 명세서와 동시에 제출된다. 본 출원은 동시에 제출된 PCT 요청서에서 식별된 바와 같이 우선권 또는 우선권의 이익을 주장하는 각각의 출원은 모든 목적을 위해 그리고 그 전체가 참조로 본원에 포함된다.
- [0002] 본원에서의 구현은 반도체 기관 프로세싱 시스템에 관한 것이며, 특히 플라즈마 프로세싱 시스템들에 사용되는 샤워헤드에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 반도체 기관 프로세싱 장치들은 에칭, PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PECVD(plasma-enhanced chemical vapor deposition), ALD(atomic layer deposition), PEALD(plasma-enhanced atomic layer deposition), PDL(pulsed deposition layer), PEPDL(plasma-enhanced pulsed deposition layer) 및 레지스트 제거를 포함하는 기술들에 의해 반도체 기관들을 프로세싱하는 데 사용된다. 반도체 기관 프로세싱 장치의 한 유형은 플라즈마 프로세싱 장치이다. 다수의 반도체 프로세스들은 웨이퍼를 플라즈마에 노출하고 웨이퍼를 주변 온도 또는 실온보다 높은 온도들에 노출한다. 프로세싱 챔버 내의 반도체 기관 프로세싱 장치 내에서 플라즈마가 스트라이킹될 수 있다. 대안적으로, 플라즈마는 프로세싱 챔버로부터 원격으로(즉, 외부에서) 생성될 수 있다. 프로세싱 챔버 외부에서 생성된 플라즈마를 원격 플라즈마라고 불리며 CCP(capacitively coupled plasma), ICP(inductively coupled plasma), TCP(transformer coupled plasma) 및 MW(microwave) 플라즈마를 포함한 임의의 방법을 사용하여 생성될 수 있다.
- [0004] 본원에서 제공된 배경은 본 개시내용의 맥락을 일반적으로 제시하기 위한 것이다. 이 배경기술 섹션에서 설명되는 것인, 현재 명명된 발명자의 성과물(work)뿐만 아니라, 출원 시점에 종래 기술로서 달리 자격이 되지 않을 수 있는 설명의 양상들은, 본 개시내용에 대한 종래 기술로서 명시적으로든 또는 암시적으로든 인정되는 것은 아니다.

발명의 내용

- [0005] 반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드가 본원에서 제공된다. 샤워헤드는 샤워헤드 내부에 플레넘(plenum)을 갖는 베이스 부분, 및 베이스 부분으로부터 수직으로 연장되는 원통형 부분을 포함하고, 베이스 부분은 원통형 부분의 외경보다 큰 직경을 갖고, 베이스 부분은 각각이 제1 직경 및 제1 길이를 갖는 제1 구멍 세트, 및 각각이 제2 직경 및 제2 길이를 갖는 제2 구멍 세트를 포함한다. 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트는 베이스 부분의 중심으로부터 원통형 부분의 내경까지 분포되고, 제1 구멍 세트는 베이스 부분의 최상부 표면으로

부터 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 제2 구멍 세트는 플레넘으로부터 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 제1 직경은 상기 제2 직경보다 크고, 상기 제1 길이는 상기 제2 길이보다 길고, 상기 제1 구멍 세트의 단면적의 합 대 원통형 부분의 단면적의 비는 약 0.5% 내지 약 3.0%이다.

[0006]

일부 구현에서, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트는 육각형 패턴, 삼각형 패턴, 또는 육각형 패턴과 삼각형 패턴의 조합으로 배열된다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트의 밀도는 평방 인치 당 약 3개의 구멍 내지 평방 인치당 약 6개의 구멍이다. 일부 구현에서, 제1 길이(L_1) 대 제1 직경(D_1)의 비는 약 8 내지 약 15이다. 일부 구현에서, 제1 길이(L_1) 대 제1 직경(D_1)의 비는 약 10 내지 12이다. 일부 구현에서, 제1 직경은 0.03 인치 내지 약 0.1 인치이다. 일부 구현에서, 샤워헤드는 베이스 부분 및 원통형 부분을 갖는 제1 구성요소, 디스크 형상이고 베이스 부분 내 제1 구멍 세트와 정렬된 제1 관통 구멍을 포함하는 제2 구성요소 — 제2 구성요소는 최상부 표면, 측 표면 및 원통형 부분의 맞은편 측 상에서 제1 구성요소의 베이스 부분에 부착되고, 제2 구멍 세트와 유체 연통하고 제1 구멍 세트와 별개인 플레넘을 정의하는 바닥 표면을 가짐 —, 및 디스크 형상이고, 제2 구성요소 내 제1 관통 구멍 및 제1 구성요소 내 제1 구멍 세트와 정렬된 제2 관통 구멍을 포함하고, 제2 구성요소의 최상부 표면에 부착된 바닥 표면을 갖는 제3 구성요소를 더 포함한다. 일부 구현에서, 제2 구성요소의 최상부 표면은 최상부 표면의 주변부를 따라 그리고 맞은편 단부 상에 호 형상 홈 쌍을 포함하고, 제2 구성요소의 최상부 표면은 호 형상 홈 쌍 사이에서 연장되는 복수의 홈을 더 포함한다. 일부 구현에서, 제3 구성요소는 플레넘과 유체 연통하는 가스 입구, 호 형상 홈 쌍 중 제1 호 형상 홈과 유체 연통하는 유체 입구, 및 호 형상 홈 쌍 중 제2 호 형상 홈과 유체 연통하는 유체 출구를 포함한다. 일부 구현에서, 샤워헤드는 제2 구멍 세트로부터 제1 구멍 세트를 통해 공급되는 가스의 역확산을 제한하도록 구성된다. 일부 구현에서, 원통형 부분의 내경은 프로세싱되는 기관의 직경보다 크다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트는 육각형 패턴으로 배열되고, 제2 구멍 세트는 제1 구멍 세트에 의해 정의된 육각형 내의 삼각형의 꼭짓점 상에 놓이고, 제1 구멍 세트 중 하나는 삼각형 각각 내에 놓인다. 일부 구현에서, 제2 구멍 세트는 육각형 패턴으로 배열되고, 제1 구멍 세트는 제2 구멍 세트에 의해 정의된 육각형 내의 삼각형의 꼭짓점 상에 놓이고, 제2 구멍 세트 중 하나는 삼각형 각각 내에 놓인다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트의 수 대 제2 구멍 세트의 수의 비는 약 1.00 내지 약 1.05이다.

[0007]

또한, 반도체 프로세싱 장치에 사용하기 위한 샤워헤드가 본원에서 제공된다. 샤워헤드는 디스크 형상 부분 및 디스크 형상 부분으로부터 수직으로 연장되는 원통형 부분을 포함하는 제1 구성요소를 포함하고, 디스크 형상 부분은 원통형 부분의 외경보다 큰 직경을 갖고, 디스크 형상 부분은 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트를 포함하며, 제1 구멍 세트는 각각 제1 길이 및 제1 직경을 갖고, 제2 구멍 세트는 각각 제2 길이 및 제2 직경을 갖고, 제1 직경은 제2 직경보다 크고, 제1 길이는 제2 길이보다 길고, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트는 디스크 형상 부분의 중심으로부터 원통형 부분의 내경까지 분포되고, 제1 구멍 세트의 단면적의 합 대 원통형 부분의 단면적의 비는 약 0.5% 내지 약 3.0%이다. 샤워헤드는 디스크 형상이고 제1 구성요소 내 제1 구멍 세트와 정렬된 제1 관통 구멍을 포함하는 제2 구성요소를 더 포함하고, 제2 구성요소는 최상부 표면, 측 표면 및 원통형 부분의 맞은편 측 상에서 제1 구성요소의 디스크 형상 부분에 부착되고, 제1 구성요소 내 제2 구멍 세트와 유체 연통하고 제1 구성요소 내 제1 구멍 세트와는 분리된 플레넘을 정의하는 바닥 표면을 갖는다. 샤워헤드는 디스크 형상이고, 제2 구성요소 내 제1 구멍 세트 및 제1 구성요소 내 제1 구멍 세트와 정렬된 제2 관통 구멍을 포함하는 제3 구성요소를 더 포함하고, 제3 구성요소는 제2 구성요소의 최상부 표면에 부착된 바닥 표면을 갖는다.

[0008]

일부 구현에서, 제2 구성요소의 최상부 표면은 제2 구성요소의 최상부 표면의 주변부를 따라 그리고 맞은편 단부 상에 호 형상 홈 쌍을 포함하고, 제2 구성요소의 최상부 표면은 호 형상 홈 쌍 사이에서 연장되는 복수의 홈을 더 포함한다. 일부 구현에서, 제3 구성요소는 제3 구성요소의 주변부를 따라 제3 구성요소의 최상부 표면에 환형 리지(ridge)를 더 포함하고, 제3 구성요소는 환형 리지의 내경으로부터 제3 구성요소의 최상부 표면의 중심까지 연장되는 리세스를 더 포함한다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트는 육각형 패턴, 삼각형 패턴, 또는 육각형 패턴과 삼각형 패턴의 조합으로 배열된다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트의 밀도는 평방 인치 당 약 3개의 구멍 내지 평방 인치당 약 6개의 구멍이다. 일부 구현에서, 제1 길이(L_1) 대 제1 직경(D_1)의 비는 약 8 내지 약 15이다.

[0009]

프로세싱 챔버, 프로세싱 챔버에 있고 기관을 지지하도록 구성된 페데스탈(pedestal), 프로세싱 챔버 위에 배치된 플라즈마 소스, 및 프로세싱 챔버와 플라즈마 소스 사이에 배치된 샤워헤드를 포함하는 플라즈마 장치가 본원에서 또한 제공된다. 샤워헤드는 샤워헤드 내부에 플레넘을 갖는 베이스 부분, 및 베이스 부분으로부터 수직으로 연장되는 원통형 부분을 포함하고, 베이스 부분은 원통형 부분의 외경보다 큰 직경을 갖고, 베이스 부분은

각각이 제1 직경 및 제1 길이를 갖는 제1 구멍 세트, 및 각각이 제2 직경 및 제2 길이를 갖는 제2 구멍 세트를 포함하고, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트는 베이스 부분의 중심으로부터 원통형 부분의 내경까지 분포되고, 제1 구멍 세트는 베이스 부분의 최상부 표면으로부터 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 제2 구멍 세트는 플레넘으로부터 베이스 부분의 바닥 표면까지 연장되고, 제1 직경은 제2 직경보다 크고, 제1 길이는 제2 길이보다 길고, 제1 구멍 세트의 단면적의 합 대 원통형 부분의 단면적의 비는 약 0.5% 내지 약 3.0%이다.

[0010]

일부 구현에서, 플라즈마 소스는 플라즈마를 생성하고 플라즈마를 샤워헤드에 공급하도록 구성되고, 샤워헤드 내 제1 구멍 세트는 플라즈마로부터 이온을 필터링하고 플라즈마로부터의 라디칼을 샤워헤드를 통해 프로세싱 챔버 내로 전달하도록 구성된다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트는 육각형 패턴, 삼각형 패턴, 또는 육각형 패턴과 삼각형 패턴의 조합으로 배열된다. 일부 구현에서, 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트의 밀도는 평방 인치 당 약 3개의 구멍 내지 평방 인치당 약 6개의 구멍이다. 일부 구현에서, 제1 길이(L_1) 대 제1 직경(D_1)의 비는 약 8 내지 약 15이다.

도면의 간단한 설명

[0011]

도 1은 일부 구현에 따른 샤워헤드 및 원격 플라즈마를 활용하는 예시적인 반도체 기관 프로세싱 시스템의 개략적 예시를 도시한다.

도 2는 일부 구현에 따른 반도체 기관 프로세싱 시스템에 사용하도록 구성된 샤워헤드의 측면면도를 도시한다.

도 3은 일부 구현에 따른 도 2의 샤워헤드의 측면면도의 확대된 상세도이다.

도 4는 일부 구현에 따른 도 2의 샤워헤드의 단면 사시도를 도시한다.

도 5는 일부 구현에 따른 샤워헤드에서 냉각제를 순환시키기 위해 도 2의 샤워헤드에 배열된 냉각 채널의 평면도를 도시한다.

도 6은 일부 구현에 따른 샤워헤드에 사용된 구멍 패턴을 갖는 도 2의 샤워헤드의 저면도를 도시한다.

도 7은 도 6의 구멍 패턴을 갖는 도 2의 샤워헤드의 저면도의 확대된 상세도이다.

도 8은 일부 구현에 따른 도 2의 샤워헤드의 오프각(off-angle) 저면도를 도시한다.

도 9는 일부 구현에 따른 도 2의 샤워헤드의 등각 평면도를 도시한다.

도면들에서, 참조 번호들은 유사한 및/또는 동일한 요소들을 식별하기 위해 재사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012]

본 개시내용에서, "반도체 웨이퍼", "웨이퍼", "기관", "웨이퍼 기관" 및 "부분적으로 제작된 집적 회로"라는 용어들은 상호 교환 가능하게 사용된다. 당업자는 "부분적으로 제작된 집적 회로"라는 용어가 집적 회로 제작의 여러 스테이지들 중 임의의 것 동안 실리콘 웨이퍼를 지칭할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 반도체 디바이스 산업에 사용되는 웨이퍼 또는 기관은 통상적으로 200mm, 300mm, 450mm의 직경을 갖는다. 다음의 상세한 설명은 본 개시내용이 웨이퍼 상에서 구현되는 것을 가정한다. 그러나, 본 개시내용이 이에 제한되지 않는다. 공작물은 다양한 형상, 크기 및 재료로 이루어질 수 있다. 반도체 웨이퍼 이외에, 본 개시내용의 이점을 취할 수 있는 다른 공작물은 인쇄 회로 보드 등과 같은 다양한 물품을 포함한다.

[0013]

본 개시내용은 샤워헤드를 사용하는 기관 프로세싱 시스템에 관한 것이다. 샤워헤드는 상이한 치수의 2개의 구멍 세트를 가질 수 있다. 제1 구멍 세트는 제2 구멍 세트보다 직경이 더 클 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 구멍 세트는 제2 구멍 세트보다 직경이 적어도 2배 더 클 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 구멍 세트는 제2 구멍 세트보다 길이가 더 길 수 있다. 제1 구멍 세트는 샤워헤드의 두께를 통해 연장될 수 있고, 제2 구멍 세트는 샤워헤드의 두께를 통해 부분적으로만 연장될 수 있다. 제1 구멍 세트의 단면적의 합 대 샤워헤드의 원통형 부분의 내경에 의해 정의되는 단면적의 비는 3% 이하, 2.5% 이하, 2% 이하, 또는 0.5% 내지 3%이다. 제1 구멍 세트 및 제2 구멍 세트의 밀도는 평방 인치당 약 3개의 구멍 내지 6개의 구멍, 또는 평방 인치당 약 4개의 구멍 내지 약 5개의 구멍이다.

[0014]

본 개시내용의 샤워헤드는 플라즈마를 생성하도록 구성된 반도체 프로세싱 장치에 사용될 수 있다. 샤워헤드는 원격 플라즈마로부터 손상-유발 이온들을 필터링하고 원격 플라즈마 내 라디칼이 프로세싱 챔버 내로 전달되도록 허용하게 구성될 수 있다. 라디칼은 제2 구멍 세트를 통해 전달되며, 여기서 제2 구멍 세트는 샤워헤드를

통해 원격 플라즈마 소스와 프로세싱 챔버 사이에 유체 연통을 제공한다. 원격 플라즈마 소스를 프로세싱 챔버에 연결하는 샤워헤드 내 구멍은 이온을 필터링하고 원격 플라즈마로부터의 라디칼을 전달하도록 최적화된다. 편의상, 이러한 구멍은 본 개시내용 전반에 걸쳐 "라디칼 구멍"으로 불린다.

[0015] 또한, 하나 이상의 전구체가 샤워헤드의 별개의 플레넘을 통해 프로세싱 챔버에 공급된다. 일부 실시예에서, 샤워헤드의 별개의 플레넘은 ALD(atomic layer deposition) 또는 CVD(chemical vapor deposition) 동작에서 도즈 균일성 및 퍼지 효율을 위해 최적화될 수 있다. 전구체는 샤워헤드 내 제2 구멍 세트를 통해 별개의 플레넘으로부터 프로세싱 챔버 내로 공급된다. 편의상, 이러한 구멍은 본 개시내용 전반에 걸쳐 "전구체 구멍"으로 불린다. 라디칼 및 전구체의 전달을 분리하는 것은 둘 모두를 독립적으로 최적화하여 최적의 막 성질 및 균일성을 달성하도록 허용한다. 본 개시내용의 샤워헤드는 증착 동작 및/또는 에칭 동작을 위해 구성된 플라즈마 프로세싱 장치에서 구현될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0016] 라디칼 구멍의 직경, 종횡비 및 양과 같은 특성은 프로세싱 챔버 내 기관에 전달되는 라디칼의 양을 최적화하는 동시에, 보통은 기관에 대한 손상을 야기할 수 있는 이온 필터링의 효율성의 균형을 맞추도록 선택된다. 플라즈마 소스로부터 샤워헤드를 통해 전달되는 라디칼에 대한 개방 영역의 퍼센티지와 같은 특성은 기관에 전달되는 라디칼의 양을 최적화하면서, 샤워헤드를 통한 전구체 및 원치 않는 종의 역류를 제한하도록 선택된다. 일부 구현에서, 라디칼 구멍 및 전구체 구멍의 패턴(예컨대, 레이아웃, 분포 및 밀도)은 또한 전체 기관에 걸쳐 막 균일성을 제공하도록 최적화될 수 있다. 이 샤워헤드 아키텍처는 임의의 유형의 플라즈마 소스와 함께 사용할 수 있으며 원격 플라즈마 강화 ALD 프로세스, CVD 프로세스 또는 에칭 프로세스와 함께 또한 사용될 수 있다.

[0017] 샤워헤드는 평면형 베이스 부분 및 베이스 부분의 주변부로부터 수직으로 하향으로 연장되는 원통형 부분을 포함한다. 베이스 부분은 냉각 및 전구체 플레넘, 라디칼 구멍 및 전구체 구멍을 포함한다. 원통형 부분은 외벽 및 내벽을 갖는다. 원통형 부분의 내벽은 샤워헤드의 구멍을 정의한다. 기관을 지지하는 페데스탈은 프로세싱 챔버에서 샤워헤드의 베이스 부분 바로 아래 배열된다. 페데스탈은 평면형 최상부 부분 및 최상부 부분의 중심으로부터 수직으로 하향으로 연장되는 수직 베이스 부분을 포함한다. 샤워헤드의 원통형 부분의 내경(ID)(즉, 샤워헤드 내벽의 직경)은 페데스탈의 최상부 부분의 외경(OD)보다 크다. 샤워헤드의 원통형 부분의 내벽은 페데스탈의 최상부 부분 아래에서 수직으로 연장되고 이를 둘러싼다. 샤워헤드의 원통형 부분은 페데스탈의 최상부 부분을 덮는다. 페데스탈은 아래로 이동하여 기관을 로드하고, 위로 이동하여 기관을 프로세싱하고, 아래로 이동하여 기관을 제거한다. 페데스탈의 최상부 부분은 샤워헤드의 원통형 부분 내에서 수직으로 위아래로 이동되어 샤워헤드의 베이스 부분과 페데스탈의 최상부 부분 사이의 간격을 조정할 수 있다.

[0018] 샤워헤드의 원통형 부분은 페데스탈의 에지 주위에 비교적 안정적인 열 및 가스 유동 환경을 제공하며, 이는 차례로, 샤워헤드와 페데스탈 사이의 간격을 변동시키는 프로세스를 단순화한다. 구체적으로, 페데스탈의 최상부 부분 아래에서 수직으로 연장되는 샤워헤드의 원통형 부분은 샤워헤드와 페데스탈 사이의 간격을 조정하기 위해 페데스탈이 샤워헤드의 원통형 부분 내에서 수직으로 이동하는 동안 페데스탈의 에지 주위에 대칭적인 열 경계 조건(즉, 비교적 일정한 온도의 구역)을 제공한다.

[0019] 또한, 샤워헤드의 원통형 부분은 또한 페데스탈이 샤워헤드의 원통형 부분 내에서 이동하는 동안 페데스탈의 에지 주위의 가스 유동에 대한 비교적 일정한 수축을 제공하며, 이는 증착(예컨대, ALD) 프로세스에서 샤워헤드와 페데스탈 사이의 간격 내 마이크로 볼륨의 가스를 제어하는 프로세스를 단순화한다. 샤워헤드와 페데스탈 사이의 튜닝 가능한 간격은 증착 프로세스에서 마이크로 볼륨의 정밀한 제어를 허용한다. 샤워헤드와 페데스탈 사이의 좁은 간격은 증착 프로세스에서 마이크로 볼륨의 라디칼의 고갈을 방지한다. 본 개시내용의 샤워헤드의 이들 및 다른 특징이 아래에 상세히 설명된다.

[0020] 도 1은 일부 구현에 따른 샤워헤드 및 원격 플라즈마를 활용하는 예시적인 반도체 기관 프로세싱 시스템의 개략적 예시를 도시한다. 도 1은 기관 프로세싱 시스템(100)을 도시한다. 기관 프로세싱 시스템(100)은 프로세싱 챔버(103) 및 샤워헤드(104)를 포함한다. 샤워헤드(104)는 금속(예컨대, 알루미늄) 또는 합금으로 만들어질 수 있다. 샤워헤드(104)는 평면형 베이스 부분(105) 및 베이스 부분(105)으로부터 수직으로 하향으로 연장되는 원통형 부분(107)을 포함한다. 베이스 부분(105)은 플랜지(200)를 형성하도록 원통형 부분(107)의 최상부에서 방사상 외측으로 연장된다. 베이스 부분(105)은 도 2 내지 도 4를 참조하여 아래에서 더 자세히 설명된다. 원통형 부분(107)은 외벽(109-1) 및 내벽(109-2)을 갖는다. 원통형 부분(107)의 내벽(109-2)은 샤워헤드(104)의 보어(bore)(106)를 정의한다(도 2에서 보여짐). 보어(106)의 직경은 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 내벽(109-2)의 직경(즉, 원통형 부분(107)의 내경)과 동일하다.

- [0021] 프로세싱 챔버(103)는 측벽(108) 및 바닥 벽(110)을 갖는다. 측벽(108)은 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 바닥에 부착된다. 측벽(108)은 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)에 수직이고 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 외벽(109-1)의 바닥으로부터 수직으로 하향으로 연장된다. 프로세싱 챔버(103)의 바닥 벽(110)은 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)에 평행하고 프로세싱 챔버(103)의 측벽(108)에 수직이며 프로세싱 챔버(103)의 측벽(108)에 부착된다.
- [0022] 기관 프로세싱 시스템(100)은 샤워헤드(104) 위에 배열된 플라즈마 소스(102)를 포함한다. 샤워헤드(104)는 플라즈마 소스(102)와 프로세싱 챔버(103) 사이에 배열된다. 샤워헤드(104)는 프로세싱 챔버(103)로부터 플라즈마 소스(102)를 분리한다. 플라즈마 소스(102)는 아래에서 더 자세히 설명된다.
- [0023] 페데스탈(112)은 프로세싱 챔버(103)에서 샤워헤드(104) 바로 아래에 배열된다. 프로세싱 동안 기관(114)이 페데스탈(112)의 최상부 표면(116) 상에 배열된다. 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)은 평면형이고 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)에 평행하며 프로세싱 챔버(103)의 바닥 벽(110)에 평행할 수 있다. 따라서, 기관(114)은 페데스탈(112)의 최상부 표면(116), 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105), 및 프로세싱 챔버(103)의 바닥 벽(110)에 평행하다. 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 내경(즉, 샤워헤드(104)의 내벽(109-2)의 직경)은 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 외경보다 크다. 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 내경(즉, 샤워헤드(104)의 내벽(109-2)의 직경)은 또한 기관(114)의 외경보다 크다.
- [0024] 모터(122)에 의해 구동되는 액추에이터(120)는 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107) 내에서 샤워헤드(104)에 대해 페데스탈(112)을 수직으로 상하로 이동시킬 수 있다. 플라즈마 소스(102) 및 샤워헤드(104)는 페데스탈(112)에 대해 고정될 수 있다. 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)의 바닥과 페데스탈(112)의 최상부 표면(116) 사이의 간격은 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107) 내에서 페데스탈(112)을 수직으로 이동시킴으로써 조정될 수 있다. 예컨대, 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)의 바닥과 페데스탈(112)의 최상부 표면(116) 사이의 간격은 약 0.2인치 이하, 약 0.15인치 이하, 또는 0.11인치 이하일 수 있다.
- [0025] 플라즈마 소스(102)는 도시된 바와 같이 돔 형상일 수 있거나 임의의 다른 형상으로 이루어질 수 있다. 플라즈마 소스(102)의 하단은 개방되어 있고 제1 원통형 구성요소(124)의 상단에 부착된다. 제1 원통형 구성요소(124)는 제1 원통형 구성요소(124)의 중심으로부터 방사상 외측으로 연장되는 제1 플랜지(126)를 갖는다. 이에 따라, 제1 원통형 구성요소(124)는 글자 "T"가 왼쪽으로 90도 회전되어 있는 글자 "T"의 형상을 갖는다.
- [0026] 제2 원통형 구성요소(128)는 제1 원통형 구성요소(124)를 둘러싼다. 제2 원통형 구성요소(128)는 제2 원통형 구성요소(128)의 하단으로부터 방사상 내측으로 연장되는 제2 플랜지(129)를 갖는다. 따라서, 제2 원통형 구성요소(128)는 글자 "L"이 수평으로 뒤집힌 글자 "L"의 형상을 갖는다. 제1 원통형 구성요소(124)의 제1 플랜지(126)는 제2 원통형 구성요소(128)의 제2 플랜지(129) 위로 돌출한다. 제1 및 제2 원통형 구성요소들(124, 128)의 하단은 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)의 주변부 근처에서 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)의 최상부에 부착된다.
- [0027] 예시로서, 플라즈마 소스(102)는 ICP를 사용하여 원격 플라즈마(즉, 프로세싱 챔버(103) 외부의 플라즈마)를 생성한다. 그러나 플라즈마 소스(102)는 CCP, TCP 또는 MW와 같은 다른 방법을 사용하여 원격 플라즈마를 생성할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 플라즈마 소스(102)는 플라즈마 소스(102)의 최상부에 배열된 가스 주입기(132)를 통해 가스 분배 시스템(130)으로부터 수신된 하나 이상의 가스를 수신하지만, 가스는 다른 방식으로 플라즈마 소스(102)에 주입될 수 있다. 코일(134)은 플라즈마 소스(102) 주위에 배열될 수 있다. 코일(134)의 제1 단부는 접지되고, 코일(134)의 제2 단부는 RF 생성 시스템(136)에 연결된다.
- [0028] RF 생성 시스템(136)은 RF 전력을 생성하여 코일(134)에 출력한다. 예로서, RF 생성 시스템(136)은 RF 전력을 생성하는 RF 생성기(138)를 포함할 수 있다. RF 전력은 매칭 네트워크(140)에 의해 코일(134)로 전달된다. 코일(134)에 공급된 RF 전력은 가스 주입기(132)에 의해 플라즈마 소스(102)에 주입된 가스 또는 가스들을 점화시켜 플라즈마(142)를 생성한다. 플라즈마 소스(102)는 프로세싱 챔버(103)로부터 원격으로(즉, 외부에서) 플라즈마(142)를 생성하기 때문에, 플라즈마(142)는 원격 플라즈마(142)로 불린다.
- [0029] 가스 분배 시스템(130)은 하나 이상의 가스 소스(150)를 포함한다. 하나 이상의 가스 소스(150)는 밸브(152) 및 질량 유동 제어기(154)에 의해 매니폴드(156)에 연결된다. 매니폴드(156)는 하나 이상의 가스를 플라즈마 소스(102)로 전달하기 위해 가스 주입기에 연결된다.
- [0030] 샤워헤드(104)는 도 2 내지 도 9를 참조하여 아래에서 더 자세히 설명된다. 간략하게, 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)은 제1 구멍 세트(160)를 포함한다. 제1 구멍 세트(160)는 또한 라디칼 구멍(160)으로서 지칭될 수

있다. 제1 구멍 세트(160)는 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)의 최상부 표면(162)으로부터 샤워 헤드(104)의 베이스 부분(105)의 기관-대면 바닥 표면(164)(면판(164)으로도 불림)까지 연장된다. 즉, 제1 구멍 세트(160)는 샤워헤드(104)의 두께를 통해 완전히 연장된다.

[0031] 또한, 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)은 제1 구멍 세트(160)와 유체 연통하지 않고 그와 별개인 플레넘(166)을 포함한다. 플레넘(166)은 가스 전달 시스템(170)으로부터 하나 이상의 전구체 가스를 수신한다. 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)은 제2 구멍 세트(172)를 더 포함한다. 제2 구멍 세트(172)는 전구체 구멍(172)으로서 또한 지칭될 수 있다. 제2 구멍 세트(172)는 플레넘(166)으로부터 샤워헤드(104)의 면판(164)까지 연장된다. 제1 구멍 세트(160)는 플레넘(166) 및 제2 구멍 세트(172)와 유체 연통하지 않는다. 제1 구멍 세트(160)는 제2 구멍 세트(172)보다 직경 및 길이가 더 크다. 일부 실시예에서, 제1 구멍 세트(160)는 제2 구멍 세트(172)보다 적어도 2배 더 큰 직경을 가질 수 있다.

[0032] 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)은 복수의 홈(168)을 더 포함할 수 있다. 홈(168)은 냉각제가 유동하는 냉각 채널을 형성한다. 유체 전달 시스템(180)은 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105) 내 입구를 통해 홈(168)에 냉각제를 공급한다.

[0033] 하나 이상의 온도 센서(미도시)가 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)에 배치될 수 있다. 하나 이상의 온도 센서는 온도 제어기(182)에 연결될 수 있다. 온도 제어기(182)는 샤워헤드(104)의 온도를 제어하기 위해 유체 전달 시스템(180)으로부터 홈(168)으로의 냉각제의 공급을 제어할 수 있다.

[0034] 또한, 도시되지는 않았지만, 페데스탈(112)은 하나 이상의 히터, 유체 전달 시스템(180)으로부터 냉각제를 수신하는 냉각 시스템, 및 하나 이상의 온도 센서를 포함할 수 있다. 온도 제어기(182)는 페데스탈(112) 내 하나 이상의 온도 센서에 연결될 수 있다. 온도 제어기(182)는 하나 이상의 히터에 대한 전력 공급을 제어할 수 있다. 온도 제어기(182)는 페데스탈(112)의 온도를 제어하기 위해 유체 전달 시스템(180)으로부터 페데스탈(112) 내 냉각 시스템으로의 냉각제의 공급을 제어할 수 있다.

[0035] 밸브(186) 및 펌프(188)는 프로세싱 챔버(103)의 압력을 제어하고 프로세싱 동안 프로세싱 챔버(103)로부터 반응물을 배기시킬 수 있다. 시스템 제어기(190)는 위에서 설명된 기관 프로세싱 시스템(100)의 구성요소를 제어할 수 있다.

[0036] 위에서 설명된 바와 같이, 샤워헤드(104)는 원격 플라즈마(142)로부터의 라디칼을 이온을 필터링하고 원격 플라즈마(142)로부터 라디칼 구멍(160)을 통해 프로세싱 챔버(103) 내로 전달한다. 일부 실시예에서, 원격 플라즈마(142)는 기관(114)의 프로세싱과 연관된 예칭, 처리, 세정 또는 증착 동작을 위해 사용될 수 있다. 예컨대, 라디칼은 샤워헤드(104)와 페데스탈(112) 사이의 간격에서 전구체와 반응할 수 있고, ALD 또는 CVD와 같은 증착 프로세스를 사용하여 기관(114) 상에 박막이 증착될 수 있다. 라디칼이 샤워헤드(104)를 통과하기 위한 라디칼 구멍(160)에 의해 제공되는 개방 영역, 라디칼 구멍(160)과 전구체 구멍(172)의 밀도 및 패턴, 및 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 구조적 및 기능적 성질 — 이들 모두는 아래에서 자세히 설명됨 — 은 샤워헤드(104)를 사용하여 증착된 막에 0에 가까운 방사상 및 방위각 불균일성을 제공할 수 있다.

[0037] 도 2는 일부 구현에 따른 반도체 기관 프로세싱 시스템에 사용하도록 구성된 샤워헤드의 측면면도를 도시한다. 도 3은 일부 구현에 따른 도 2의 샤워헤드의 측면면도의 확대된 상세도이다. 샤워헤드(104)는 베이스 부분(105) 및 샤워 헤드(104)의 베이스 부분(105)으로부터 수직으로 하향으로 연장되는 원통형 부분(107)을 포함한다. 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)은 수평이고, 페데스탈(112)(도 1 참조)의 최상부 표면(116) 및 프로세싱 챔버(103)(도 1 참조)의 바닥 벽(110)에 평행하다. 베이스 부분(105)은 원통형 부분(107)의 외경으로부터 방사상 외향으로 연장되어 플랜지(200)를 형성한다. 플랜지(200)는 패스너(미도시)를 사용하여 프로세싱 챔버(103)의 최상부 플레이트(미도시)에 체결될 수 있다. O-링(미도시)은 샤워헤드(104)와 최상부 플레이트 사이에 밀봉을 형성하기 위해 플랜지(200)와 최상부 플레이트 사이에 배치될 수 있다.

[0038] 일부 실시예에서, 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)의 최상부 표면(162)은 비교적 작은 높이를 갖는 환형 리지(210)를 포함한다. 환형 리지(210)는 또한 도 4, 도 8 및 도 9에 도시된다. 환형 리지(210)는 샤워헤드(104)가 베이스 부분(105)의 최상부 표면(162)이 표면 상에 놓이는 상태로 표면에 배치되는 경우(즉, 샤워헤드(104)가 표면 상에 면을 아래로 향하여 배치되는 경우) 샤워헤드(104)의 취급 동안 라디칼 구멍(160)을 보호할 수 있다. 환형 리지(210)의 폭은 원통형 부분(107)의 두께와 대략 동일할 수 있다(그러나 반드시 그럴 필요는 없음).

[0039] 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)의 최상부 표면(162)은 또한 환형 리지(210)의 내경으로부터 샤워헤드(104)의

중심까지 연장되는 리세스(212)를 포함할 수 있다. 리세스(212)는 또한 도 4에 도시된다. 리세스(212)의 직경은 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 내경과 대략 동일할 수 있다(그러나 반드시 그럴 필요는 없음). 예컨대, 리세스(212)의 직경은 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 내경 이하일 수 있다. 라디칼 구멍(160)은 리세스(212)의 영역 내에 배열된다. 리세스(212) 및 환형 리지(210)는 함께 샤워헤드(104)의 취급 동안 라디칼 구멍(160)을 보호할 수 있다.

[0040] 환형 리지(210)의 내경 및 리세스(212)의 직경은 원통형 부분(107)의 내경과 대략 동일할 수 있다. 일부 실시예에서, 환형 리지(210)의 내경 및 리세스(212)의 직경은 원통형 부분(107)의 내경보다 클 수 있다. 환형 리지(210)의 외경은 원통형 부분(107)의 외경 이상일 수 있다. 일부 실시예에서, 환형 리지(210)의 내경 및 리세스(212)의 직경은 원통형 부분(107)의 내경보다 작을 수 있으며; 환형 리지(210)의 외경은 원통형 부분(107)의 외경보다 작을 수 있다. 따라서, 환형 리지(210)의 폭은 원통형 부분(107)의 두께보다 크거나, 동일하거나, 작을 수 있다.

[0041] 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)은 플레넘(166) 및 베이스 부분(105)을 통해 그리고 샤워헤드(104)의 면판(164)을 통해 플레넘(166)으로부터 수직으로 연장되는 전구체 구멍(172)을 포함할 수 있다. 플레넘(166)은 전구체 구멍(172)과 유체 연통하지만 라디칼 구멍(160)과는 유체 연통하지 않는 베이스 부분(105)에 정의된 볼륨, 공간, 또는 캐비티를 표현한다.

[0042] 라디칼 구멍(160)은 전구체 구멍(172)보다 큰 직경 및 길이를 가질 수 있다. 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 원통형이지만, 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 임의의 적합한 형상일 수 있다는 것이 이해될 것이다. 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 특정 기하학적 패턴으로 배열될 수 있으며, 이는 도 6 및 도 7을 참조하여 아래에서 자세히 설명된다. 라디칼 구멍(160)의 총 단면적은 원격 플라즈마(142)로부터 이온을 필터링하고, 원격 플라즈마(142)로부터의 라디칼만을 샤워헤드(104)를 통해 프로세싱 챔버(103)로 통과시키고, 샤워헤드(104)를 통한 플라즈마 소스(102) 내로의 전구체의 역확산을 제한하도록 최적화될 수 있다.

[0043] 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 상단(즉, 플라즈마 소스(102)를 향하는 측)에서 테이퍼링/챔퍼처리(tapered/chamfered)될 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 라디칼 구멍(160)은 하단(즉, 페데스탈(112)을 향하는 측)에서 테이퍼링/챔퍼처리될 수 있다. 도 2 및 도 3에 도시된 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 테이퍼링/챔퍼처리되지 않는다. 일부 실시예에서, 전구체 구멍(172)은 상단(즉, 플라즈마 소스(102)를 향하는 측)에서 테이퍼링/챔퍼처리될 수 있다. 대안적으로 또는 부가적으로, 전구체 구멍(172)은 하단(즉, 페데스탈(112)을 향하는 측)에서 테이퍼링/챔퍼처리될 수 있다.

[0044] 일부 실시예에서, 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)은 냉각제가 순환되는 냉각 채널을 형성하는 홈(168)을 포함한다. 홈(168) 및 냉각 채널은 도 4 및 도 5를 참조하여 아래에 더 자세히 도시되고 설명된다.

[0045] 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 외벽(109-1)은 프로세싱 챔버(103)의 최상부 플레이트와 직접 접촉하지 않는다. 이러한 특징으로 인해 그리고 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)은 기관(114)이 배열되는 페데스탈(112)의 최상부 표면(116) 아래로 수직으로 연장되므로(도 1 참조), 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)은 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 에지 주위에 대칭적 열 경계 조건(즉, 비교적 일정한 온도의 구역)을 제공한다(도 1 참조). 따라서, 페데스탈(112)은 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 에지를 둘러싸는 열 경계 조건의 현저한 변화 없이 — 이는 기관 프로세싱 동안 유리할 수 있음 — 샤워헤드(104)와 페데스탈(112) 사이의 간격을 조정하기 위해 원통형 부분(107) 내에서(즉, 원통형 부분(107)의 높이를 통해) 수직으로 이동될 수 있다.

[0046] 또한, 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)은 또한 페데스탈(112)이 원통형 부분(107) 내에서 위 또는 아래로 이동될 때 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 에지 주위의 가스 유동에 비교적 일정한 수축을 제공할 수 있다. 이는 샤워헤드(104)와 페데스탈(112) 사이의 간격에서 가스의 마이크로 볼륨을 제어하는 프로세스를 단순화하는데, 그 이유는 원통형 부분(107)이 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 에지를 둘러싸고 그에 근접해 있음으로 인해 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 에지 주위의 가스 유동 조건이 비교적 일정하게 유지되기 때문이다. 따라서, 페데스탈(112)은 원통형 부분(107) 내에서(즉, 원통형 부분(107)의 높이를 통해) 수직으로 이동되어 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 에지 주위의 가스 유동 조건에 현저한 변화 없이 샤워헤드(104)와 페데스탈(112) 사이의 간격을 조정할 수 있다.

[0047] 샤워헤드(104)의 면판(164)과 페데스탈(112)의 최상부 표면(116) 사이의 튜닝 가능한 갭은 증착(예컨대, ALD) 프로세스에서 마이크로 볼륨의 정밀한 제어를 허용한다. 더욱이, 샤워헤드(104)의 면판(164)과 페데스탈(112)의 최상부 표면(116) 사이의 좁은 간격은 간격 내 마이크로 볼륨에서 라디칼의 고갈을 방지한다. 이들 특징 모

두는 적어도 부분적으로 샤프헤드(104)의 원통형 부분(107)의 구조로 인해 제공될 수 있다.

- [0048] 도 4는 일부 구현에 따른 도 2의 샤프헤드의 단면 사시도를 도시한다. 샤프헤드(104)의 단면 사시도는 샤프헤드(104)의 구조를 더 자세히 도시한다. 샤프헤드(104)는 3개의 구성요소, 즉 제1 구성요소(230-1), 제2 구성요소(230-2) 및 제3 구성요소(230-3)를 포함할 수 있다. 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2, 230-3)은 함께 확산 본딩(또는 패스너 또는 브레이징을 사용하여 함께 결합)되어 샤프헤드(104)를 형성할 수 있다.
- [0049] 제1 구성요소(230-1)는 샤프헤드(104)의 최상부 부분(231) 및 원통형 부분(107)을 포함할 수 있다. 제1 구성요소(230-1), 제2 구성요소(230-2) 및 제3 구성요소(230-3)의 최상부 부분(231)은 샤프헤드(104)의 베이스 부분(105)을 형성한다. 제1 구성요소(230-1)의 최상부 부분(231)은 평면형이며 디스크 형상이다. 원통형 부분(107)은 최상부 부분(231)의 주변부로부터 수직으로 하향으로 연장된다. 제1 구성요소(230-1)의 최상부 부분(231)은 원통형 부분(107)의 외경을 넘어 방사상 외향으로 연장된다. 이에 따라, 제1 구성요소(230-1)의 최상부 부분(231)의 직경은 원통형 부분(107)의 외경보다 크다. 원통형 부분(107)의 내벽(109-2) 내의(즉, 원통형 부분(107)의 내경 내의) 최상부 부분(231)의 구역은 샤프헤드(104)의 면판(164)을 형성한다.
- [0050] 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 원통형 부분(107)의 내경 이하인 직경을 갖는 면판(164)의 구역 내에 놓인다. 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)이 놓인 구역의 직경은 프로세싱되는 기관(114)의 직경보다 크고 또한 도 1에 도시된 바와 같이 페데스탈(112)의 최상부 표면(116)의 외경 이상이다. 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)이 놓이는 면판(164)의 구역은 리세스(212)의 영역과 동일한 직경 및 영역을 가지며, 이는 도 2를 참조하여 위에서 도시되고 설명되었다.
- [0051] 일부 실시예에서, 제1 구성요소(230-1)는 모놀리식(monolithic)일 수 있다. 즉, 제1 구성요소(230-1)의 최상부 부분(231) 및 원통형 부분(107)은 서로 부착되는 별개의 구성요소가 아닐 수 있으며, 오히려, 제1 구성요소(230-1)는 일체형 구조일 수 있고, 제1 구성요소(230-1)의 최상부 부분(231)은 단일 모놀리식 구조로서 원통형 부분(107)과 통합될 수 있다. 대안적으로, 일부 실시예에서, 최상부 부분(231) 및 원통형 부분(107)은 제1 구성요소(230-1)를 형성하기 위해 (예컨대, 패스너 또는 확산 본딩에 의해) 함께 결합되는 별개의 구성요소일 수 있다.
- [0052] 제2 구성요소(230-2)는 도 4 및 도 5를 추가로 참조하여 설명된다. 제2 구성요소(230-2)는 제1 구성요소(230-1)의 최상부 표면(232) 상에 배열되고 그에 부착된다. 제2 구성요소(230-2)는 디스크 형상이며, 제1 구성요소(230-1)의 최상부 부분(231)과 동일한 직경을 갖는다. 이에 따라, 제2 구성요소(230-2)의 직경이 또한 원통형 부분(107)의 외경보다 크다.
- [0053] 제2 구성요소(230-2)의 최상부 표면(234) 및 측 표면(236) 및 제1 구성요소(230-1)의 최상부 표면(232)은 플레넘(166)을 정의한다. 도 4는 플레넘(166)을 더 자세히 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 제2 구성요소(230-2)의 바닥 표면(237)은 바닥 표면(237)의 주변부를 따라 반원형 또는 말굽 형상 홈(167)을 포함한다. 홈(167)은 복수의 출구를 통해 플레넘(166)과 유체 연통한다. 홈(167)은 하나 이상의 입구를 통해 제3 구성요소(230-3) 상에 제공된 가스 입구(240)와 유체 연통된다. 따라서, 플레넘(166)은 홈(167)을 통해 가스 입구(240)와 유체 연통한다.
- [0054] 가스 입구(240)는 도 1에 도시된 가스 전달 시스템(170)에 연결된다. 플레넘(166)은 가스 입구(240) 및 홈(167)을 통해 가스 전달 시스템(170)으로부터 하나 이상의 전구체를 수신한다. 플레넘(166)은 제1 구성요소(230-1) 내 전구체 구멍(172)과 유체 연통된다. 전구체는 가스 입구(240)로부터 홈(167), 플레넘(166) 및 전구체 구멍(172)을 통해 프로세싱 챔버(103) 내로 유동된다.
- [0055] 라디칼 구멍(160)은 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2 및 230-3)을 관통하여 천공될 수 있다. 따라서, 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2, 230-3) 각각은 라디칼 구멍(160)의 일부인 관통 구멍을 포함한다. 라디칼 구멍(160)은 제2 구성요소(230-2)를 통과하므로, 제2 구성요소(230-2)는 라디칼 구멍(160)의 일부(따라서 160으로서 또한 도시됨)이고 제1 구성요소(230-1) 및 제3 구성요소(230-3) 내 라디칼 구멍(160)의 일부와 정렬되는 관통 구멍을 포함한다.
- [0056] 일부 실시예에서, 홈(167)은 라디칼 구멍(160)의 일부인 제2 구성요소(230-2)의 관통 구멍을 둘러싸지만 이와 유체 연통하지 않는다. 라디칼 구멍(160)의 일부인 제2 구성요소(230-2) 내 관통 구멍은 홈(167), 플레넘(166) 및 전구체 구멍(172)과 유체 연통하지 않는다. 따라서, 라디칼 구멍(160)은 플레넘(166) 및 전구체 구멍(172)과 유체 연통하지 않는다.
- [0057] 제2 구성요소(230-2)의 최상부 표면(234)은 냉각 채널을 형성하는 홈(168)을 포함한다. 도 5는 일부 구현에 따

른 샤워헤드에서 냉각제를 순환시키기 위해 도 2의 샤워헤드에 배열된 냉각 채널의 평면도를 도시한다. 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같이, 제2 구성요소(230-2)의 최상부 표면(234)은 최상부 표면(234)의 주변부를 따라 2개의 호 형상 또는 반원형 홈(173)(개별적으로 라벨링된 홈(173-1 및 173-2))을 포함한다. 홈(173)은 최상부 표면(234)의 맞은편 측들 상에 로케이팅된다. 홈(173-1)은 제3 구성요소(230-3) 상에 제공된 유체 입구(242)와 연통하는 입구(171-1)를 포함하고, 홈(173-2)은 제3 구성요소(230-3) 상에 제공된 유체 출구(244)(도 8 및 도 9에 도시됨)와 유체 연통하는 출구(171-2)를 포함한다.

[0058] 홈(168)은 서로 평행할 수 있고 홈들(173) 사이의 최상부 표면(234)에 걸쳐 연장될 수 있다. 각각의 홈(168)은 홈(173) 중 하나(예컨대, 홈(173-1))에 연결된 일 단부 및 홈(173) 중 다른 하나(예컨대, 홈(173-2))에 연결된 다른 단부를 갖는다. 따라서, 홈(168)은 홈(173)과 유체 연통한다. 홈들(173 및 168)은 샤워헤드(104)의 냉각 채널을 형성할 수 있다.

[0059] 홈(173)은 반원형이므로, 홈(168)은 가변 길이를 가질 수 있다. 홈(168)은 동일한 폭 및 깊이를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 홈(168)은 물결 모양이거나 구부러질 수 있지만(즉, 지그재그 형상을 가짐), 대신 또한 직선일 수 있다. 일부 실시예에서, 홈(173)은 서로 직접 연결되지 않으며; 오히려 홈(173)은 홈(168)에 의해 서로 연결된다. 홈들(173 및 168)에 의해 형성된 냉각 채널은 기관(114)의 직경을 넘어 연장될 수 있다.

[0060] 제3 구성요소(230-3) 상에 제공된 유체 입구(242)는 유체 전달 시스템(180)과 연결될 수 있다. 유체 전달 시스템(180)은 유체 입구(242)에 냉각제를 공급할 수 있다. 냉각제는 유체 입구(242)를 통해, 홈(173-1), 홈(168) 및 홈(173-2)을 통해 유동하고, 유체 출구(244)를 통해 빠져나갈 수 있다.

[0061] 홈(173)은 복수의 리지들(175)을 포함한다. 리지(175)는 형상이 대략 타원형일 수 있지만, 리지(175)는 임의의 다른 형상일 수 있다. 리지(175)는 홈(173)의 바닥 부분으로부터 수직으로 상향으로 연장되고 제3 구성요소(230-3)의 바닥 표면(238)과 접촉할 수 있다. 각각의 홈(173) 내 리지(175)의 수는 홈(168)의 수와 대략 동일하다(그러나 반드시 그럴 필요는 없음).

[0062] 리지(175)는 홈들(173 및 168)을 통한 냉각제의 유동을 유도하는 데 도움을 준다. 홈(168)의 깊이는 리지(175)의 높이와 대략 동일할 수 있다. 홈들(173 및 168)은 동일한 깊이를 가질 수 있다. 제2 구성요소(230-2)의 바닥 표면(237) 내 홈(167)은 제2 구성요소(230-2)의 최상부 표면(234) 내 홈(173)을 둘러쌀 수 있다.

[0063] 일부 실시예에서, 홈(173)은 라디칼 구멍(160)의 일부인 제2 구성요소(230-2)의 관통 구멍을 둘러싸지만 이와 유체 연통하지 않는다. 이는 도 5에서 알 수 있다. 라디칼 구멍(160)의 일부인 제2 구성요소(230-2) 내 관통 구멍이 홈(168)의 양 측 상에 놓인다.

[0064] 제3 구성요소(230-3)는 제2 구성요소(230-2)의 최상부 표면(234) 상에 배열되고 그에 부착된다. 제3 구성요소(230-3)는 또한 디스크 형상이며, 제1 구성요소(230-1)의 최상부 부분(231)과 동일한 직경을 또한 갖는다. 이에 따라, 제3 구성요소(230-3)의 직경이 또한 원통형 부분(107)의 외경보다 크다. 또한, 제2 및 제3 구성요소들(230-2 및 230-3)은 동일한 직경을 갖는다.

[0065] 제3 구성요소(230-3)의 최상부 표면(162)은 환형 리지(210) 및 리세스(212)를 포함한다. 리세스(212)는 환형 리지(210)의 내경으로부터 제3 구성요소(230-3)의 최상부 표면(162)의 중심까지 연장된다.

[0066] 제3 구성요소(230-3)는 가스 입구(240), 유체 입구(242) 및 유체 출구(244)(도 8 및 도 9에 도시됨)를 포함한다. 가스 입구(240)는 제2 구성요소(230-2) 내 홈(167) 및 플레넘(166)과 유체 연통할 수 있다. 유체 입구(242)는 제2 구성요소(230-2) 내 홈(173) 중 하나(예컨대, 홈(173-1))와 유체 연통할 수 있다. 유체 출구(244)는 제2 구성요소(230-2) 내 홈(173) 중 다른 하나(예컨대, 홈(173-2))와 유체 연통할 수 있다.

[0067] 이에 따라, 유체 입구(242) 및 유체 출구(244)는 제2 구성요소(230-2) 내 홈들(173 및 168)과 유체 연통할 수 있다. 유체 전달 시스템(180)에 의해 공급되는 냉각제는 홈들(173 및 168)에 의해 형성된 냉각 채널을 통해 유체 입구(242) 내로 그리고 유체 출구(244)를 통해 냉각 채널 밖으로 유동된다. 일부 실시예에서, 유체 출구(244)를 빠져나가는 냉각제는 유체 전달 시스템(180)으로 리턴될 수 있다.

[0068] 라디칼 구멍(160)은 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2 및 230-3)을 통해 천공되고; 이에 따라, 제1, 제2, 제3 구성요소(230-1, 230-2 및 230-3) 각각은 라디칼 구멍(160)의 일부인 관통 구멍을 포함한다. 라디칼 구멍(160)은 제3 구성요소(230-3)를 통과하므로, 제3 구성요소(230-3)는 라디칼 구멍(160)의 일부(따라서 160으로서 또한 도시됨)이고 제2 구성요소(230-2) 및 제1 구성요소(230-1) 내 라디칼 구멍(160)의 일부와 정렬되는 관통 구멍을 포함한다. 라디칼 구멍(160)의 일부인 제3 구성요소(230-3) 내 관통 구멍은 제2 구성요소(230-2) 내

플레넘(166) 및 홈(167, 168 및 173)과 유체 연통하지 않는다. 따라서, 라디칼 구멍(160)의 일부인 제3 구성요소(230-3) 내 관통 구멍은 전구체 구멍(172)과 유체 연통하지 않는다. 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2 및 230-3)을 통해 균일한 직경을 갖는다. 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 샤워헤드(104)의 최상부 표면(162) 및 바닥 표면(164) 중 하나 또는 둘 모두에서 테이퍼링/챔퍼처리될 수 있다.

[0069] 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2, 230-3)은 확산 본딩에 의해 함께 결합될 수 있다. 확산 본딩은 브레이징을 사용하여 구성요소를 결합할 때 통상적으로 사용되는 필러를 제거한다. 필러의 제거는 브레이징 및 후속 세정 후에도 지속되는 경향이 있는 잔류 필러로 인한 오염의 가능성이 제거된다. 대안적으로, 패스너 및/또는 브레이징은 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2 및 230-3)을 결합하는데 사용될 수 있다.

[0070] 제1, 제2, 제3 구성요소들(230-1, 230-2 및 230-3)을 (임의의 방법을 사용하여) 함께 결합된 후, 특정 패턴으로 제1, 제2, 제3 구성요소(230-1, 230-2 및 230-3)를 통해 라디칼 구멍(160)이 천공된다. 전구체 구멍(172)은 다른 특정 패턴으로 제1 구성요소(230-1)를 통해 천공된다. 제1 구성요소(230-1) 내 전구체 구멍(172)은 제2 구성요소(230-2) 내 플레넘(166)과 정렬된다.

[0071] 라디칼 구멍(160)은 원통형일 수 있으며, 전구체 구멍(172)보다 큰 직경 및 길이를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 상단(즉, 플라스마 소스(102)를 향하는 단부)에서 테이퍼링될(원추형) 수 있다. 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 하단(즉, 페데스탈(112)을 향하는 단부)에서 테이퍼링될(원추형) 수 있다. 라디칼 구멍(160)은 홈(167, 168 및 173), 플레넘(166) 및 전구체 구멍(172)과 유체 연통하지 않는다.

[0072] 도 6 및 도 7은 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)을 도시한다. 도 6은 샤워헤드(104)의 저면도를 도시한다. 도 7은 샤워헤드(104)의 저면도의 일부의 확대도를 도시한다. 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 육각형/삼각형 패턴으로 배열된다. 이 패턴은 샤워헤드(104)의 중심 주위에서 균일하다. 육각형 및 삼각형은 정육각형 및 정삼각형으로서 아래에 도시되고 설명되지만, 다른 다각형 및 삼각형이 사용될 수 있다.

[0073] 구체적으로, 전구체 구멍(172)은 정육각형의 꼭짓점에 배열될 수 있다. 라디칼 구멍(160)은 또한 정육각형의 꼭짓점에 배열될 수 있다. 또한, 전구체 구멍(172)은 정삼각형의 꼭짓점에 배열될 수 있다. 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 삼각형의 꼭짓점으로부터 동일한 거리에 전구체 구멍(172)에 의해 형성된 삼각형 내에 놓인다. 라디칼 구멍(160)은 또한 정삼각형의 꼭짓점에 배열될 수 있다. 라디칼 구멍(160)에 의해 형성된 적어도 일부 삼각형에서, 전구체 구멍(172)은 라디칼 구멍(160)에 의해 형성된 삼각형에 놓인다. 일부 실시예에서, 전구체 구멍(172)은 라디칼 구멍(160)에 의해 형성된 삼각형의 꼭짓점으로부터 동일한 거리에 놓인다.

[0074] 도 6의 252에 도시된 바와 같이, 라디칼 구멍(160)은 정육각형의 꼭짓점에, 그리고 라디칼 구멍(160)에 의해 형성된 육각형 내에 배열되고; 전구체 구멍(172)은 삼각형의 꼭짓점에 배열되고, 라디칼 구멍(160)은 삼각형 내에 배열된다. 도 6의 254에 도시된 바와 같이, 전구체 구멍(172)은 정육각형의 꼭짓점에, 그리고 전구체 구멍(172)에 의해 형성된 육각형 내에 배열되고; 전구체 구멍(160)은 삼각형의 꼭짓점에 배열되고, 전구체 구멍(172)은 삼각형 내에 배열된다.

[0075] 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 면판(164) 전체에 걸쳐 비교적 조밀하게 위의 패턴으로 배열된다. 예컨대, 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)의 평균 밀도는 평방 인치당 약 4.5개의 구멍일 수 있다. 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)의 평균 밀도는 평방 인치당 3개의 구멍 내지 6개의 구멍 또는 평방 인치당 4개의 구멍 내지 5개의 구멍의 범위일 수 있다.

[0076] 또한, 라디칼 구멍(160)의 수 및 전구체 구멍(172)의 수는 거의 동일할 수 있다. 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)의 수는 전구체 구멍(172)의 수보다 약간 더 많을 수 있다. 예컨대, 라디칼 구멍(160)의 수 대 전구체 구멍(172)의 수의 비는 1.00 내지 1.10 또는 1.00 내지 1.05일 수 있다.

[0077] 또한, 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 면판(164) 전체에 걸쳐(즉, 원통형 부분(107)의 중심으로부터 내경까지) 전술한 밀도로 그리고 전술한 패턴으로 분포될 수 있다. 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)의 패턴 및 밀도는 방사상으로 기관(114)의 직경을 넘어 원통형 부분(107)의 내경까지 면판(164)에서 연장된다. 기관(114)의 직경을 넘는 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)의 밀도 및 패턴의 방사상 연장은 패턴 및 밀도가 면판(164)의 중심으로부터, 적어도 기관(114)의 외경이 면판(164) 상에서 연장되는 곳까지 균일한 것을 보장한다.

[0078] 이러한 패턴 및 밀도 특징의 정도 및 균일성으로 인해, 재료는 기관(114) 상에 균일하게 증착(또는 균일하게 예칭)될 수 있다. 예컨대, 플라스마 소스(102) 및 샤워헤드(104)를 사용하여 기관(114) 상에 증착된 재료에서

0.0%, 0.1% 미만, 0.5% 미만, 또는 1% 미만의 불균일성이 달성될 수 있다.

[0079] 또한, 라디칼 구멍(160)의 수 및 크기(직경 및 길이)와 같은 특성은 원격 플라즈마(142)로부터의 라디칼이 플라즈마 소스(102)로부터 샤워헤드(104)를 통해 프로세싱 챔버(103)로 전달될 수 있는 효율을 결정한다. 이러한 특성 중 일부는 라디칼 구멍(160)을 통과할 수 있는 라디칼의 수를 증가시키기 위해 증가될 수 있지만, 라디칼 구멍(160)의 일부 크기 또는 중형비에서, 샤워헤드(104)가 원격 플라즈마(142)로부터의 이온을 효과적으로 필터링하지 못할 수 있다.

[0080] 일부 실시예에서, 라디칼 구멍(160)은 이온을 필터링하고 원격 플라즈마(142)로부터의 라디칼을 전달하도록 최적화된 제1 직경(D_1) 및 제1 길이(L_1)를 가질 수 있다. 전구체 구멍(172)은 제2 직경(D_2) 및 제2 길이(L_2)를 가질 수 있다. 제1 직경(D_1)은 제2 직경(D_2)보다 크고, 제1 길이(L_1)는 제2 길이(L_2)보다 크다. 일부 실시예에서, 제1 직경(D_1)은 제2 직경(D_2)보다 적어도 2배 더 크다.

[0081] 전형적으로, 라디칼 구멍(160)의 길이 대 직경의 비는 이온 필터링 및 기관(114)으로의 라디칼 전달을 최적화하기 위해 약 5.0 내지 약 8.0, 또는 약 6.5 내지 약 7.0, 또는 약 6.8이다. 예컨대, 6.8의 L_1/D_1 비를 획득하기 위해 제1 길이(L_1)는 약 0.850인치일 수 있고 제1 직경(D_1)은 약 0.125인치일 수 있다. 이러한 구멍 크기 조정(sizing)은 이온 필터링을 용이하게 하고 샤워헤드(104)로부터 기관(114)으로의 라디칼 전달을 촉진하는 것으로 여겨진다.

[0082] 기관(114)으로의 라디칼 전달을 최적화하기 위해, 라디칼 구멍(160)은 라디칼이 플라즈마 소스(102)로부터 샤워헤드를 통해 전달되기 위해 개방된 영역의 퍼센티지가 비교적 높을 수 있도록 설계될 수 있다고 여겨진다. 라디칼이 플라즈마 소스(102)로부터 샤워헤드(104)를 통해 전달되기 위해 개방된 영역의 퍼센티지는 라디칼 개방 퍼센티지("R 개방%"로서 또한 지칭됨)로서 정의될 수 있다. 이러한 라디칼 개방 퍼센티지는 모든 라디칼 구멍(160)의 전체 단면적 대 샤워헤드(104)에 부착된 플라즈마 소스(102) 바닥의 단면적의 비로서 정의될 수 있다. 플라즈마 소스(102) 및 샤워헤드(104)는, 샤워헤드(104)의 보어(106)의 단면적(즉, 원통형 부분(107)의 내벽(109-2)의 단면적)이 플라즈마 소스(102) 바닥의 단면적과 실질적으로 동일하고 이에 따라 이를 대체할 수 있도록 설계된다. 따라서, 라디칼이 플라즈마 소스(102)로부터 샤워헤드(104)를 통해 전달되도록 개방된 영역의 퍼센티지는 라디칼 구멍(160)의 단면적의 합 대 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 내경에 의해 정의되는 단면적의 비로서 정의된다. 수학적으로, 이 비는 라디칼 구멍(160)의 수에 라디칼 구멍(160) 직경의 제곱을 곱하고 보어(106) 내경의 제곱으로 나눈 것과 동일하다. 이는 다음 공식:

$$R \text{ 개방 \%} = [(\text{라디칼 구멍의 수}) \times (\pi D_1^2/4)] / (\pi D_b^2/4)$$

으로 표현될 수 있으며, 여기서 D_b 는 보어(106)의 직경을 지칭하고 D_1 은 라디칼 구멍(160)의 직경을 지칭한다.

[0083] 일반적으로, 라디칼 구멍(160)의 단면적의 합 대 보어(106)의 직경에 의해 정의되는 단면적의 비는 약 2.5% 내지 약 8.0%, 약 3.0% 내지 약 7.0%, 약 4.0% 내지 약 6.0%, 약 4.5% 내지 약 5.5%, 또는 약 5.14%이다. 예컨대, 5.14%의 R 개방%를 획득하기 위해 라디칼 구멍(160)의 제1 직경(D_1)은 약 0.125인치일 수 있고, 보어(106)의 직경(D_b)은 약 14.55인치일 수 있으며, 라디칼 구멍(160)의 수는 약 696개일 수 있다. 라디칼이 전달되기 위해 개방된 영역의 이러한 퍼센티지는 기관(114)으로의 라디칼 전달을 최적화하는 것으로 여겨진다.

[0084] 그러나, 라디칼이 전달되기 위해 개방된 영역의 퍼센티지가 약 4.0% 내지 약 6.0%가 되게 하는 것은 일부 구현에서 바람직하지 않을 수 있다. 라디칼이 전달되기 위해 개방된 영역의 이러한 퍼센티지는 너무 높을 수 있으며 프로세싱 챔버(103)로부터 샤워헤드(104)를 통해 플라즈마 소스(102)로의 전구체의 역확산으로 이어질 수 있다. 어떤 이론에 의해서도 제한됨이 없이, 전구체 구멍(172)을 통해 기관(114)으로의 전구체의 증가된 전달은 라디칼 구멍(160)을 통한 전구체의 역류를 초래할 수 있다. 전구체가 플라즈마 소스(102) 내로 도입될 때, 이들을 퍼지하는 것이 어려울 수 있다. 후속 플라즈마 생성 및 기관 프로세싱 동안, 전구체는 원격 플라즈마(142)와 혼합되어 오염 입자를 생성할 수 있다. 이는 기생 결합 형성을 증가시키고 그렇지 않으면 성능을 감소시키는 기관(114) 상의 오염 입자로 이어질 수 있다.

[0085] 이온 필터링 및 기관(114)으로의 라디칼 전달을 최적화하면서 역류의 효과를 제한하기 위해, 본 개시내용의 샤워헤드는 라디칼이 전달되기 위해 개방된 영역의 감소된 퍼센티지를 사용할 수 있다. 구체적으로, 라디칼이 전달되기 위해 개방된 영역의 감소된 퍼센티지는 약 3.0% 이하, 약 2.5% 이하, 약 2.0% 이하, 약 0.5% 내지 약 3.0% 또는 약 0.5% 내지 약 2.0%일 수 있다. 따라서 라디칼 구멍(160)의 단면적의 합 대 원통형 부분(107)의

내경에 의해 정의된 단면적의 비는 약 3.0% 이하, 약 2.5% 이하, 약 2.0% 이하, 약 0.5% 내지 약 3.0% 또는 약 0.5% 내지 약 2.0%일 수 있다. 예컨대, 라디칼 구멍(160)의 단면적의 합 대 원통형 부분(107)의 내경에 의해 정의된 단면적의 비는 1.85%일 수 있다. 비가 약 0.5% 내지 약 3.0%인 경우, 라디칼 구멍(160)의 직경은 약 1.0mm 내지 약 2.4mm일 수 있다.

[0086] 일부 실시예에서, 라디칼에 대한 개방된 영역의 감소된 퍼센티지는 라디칼 구멍(160)의 감소된 직경에 의해 달성될 수 있다. 감소된 직경은 L_1/D_1 비를 증가시키고 R 개방%를 감소시킨다. 예로서, 라디칼 구멍(160)의 제1 직경은 약 0.01인치 내지 약 0.1인치, 약 0.03인치 내지 약 0.1인치, 또는 약 0.05인치 내지 약 0.1인치일 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 길이 대 제1 직경의 비, 또는 L_1/D_1 비는 약 8 내지 약 15 또는 약 10 내지 약 12일 수 있다.

[0087] 라디칼에 대한 개방된 영역의 퍼센티지는 샤워헤드(104)를 통해 플라스마 소스(102) 내로 전구체 및 다른 원하지 않는 종의 역류를 제한하도록 구성될 수 있다. 영역의 퍼센티지는 원격 플라스마(142)로부터 이온을 필터링하는 동안 라디칼이 전달될 수 있는 효율성에 또한 영향을 미칠 수 있다. 그러나, 영역의 이 퍼센티지를 감소시키는 것은 기관(114)으로의 라디칼 전달의 효율에 실질적으로 해로운 영향을 미치지 않을 수 있다. 위에서 설명된 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)의 패턴 및 구멍 밀도를 사용하여, 라디칼에 대한 개방된 영역의 퍼센티지(예컨대, 약 0.5% 내지 약 3.0%)는 전구체의 역확산을 제한하고 이온 필터링을 촉진하고 라디칼 전달을 촉진할 수 있다. 라디칼에 대한 개방된 영역의 퍼센티지는 또한 ALD 프로세스 또는 CVD 프로세스와 같은 증착 동작을 수행할 때 불균일성을 개선할 수 있다. 예컨대, 기관(114) 상에 증착된 재료에서 0에 가까운 불균일성(위의 예 참조)을 달성하기 위해, 위에서 설명된 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)의 패턴 및 밀도에 추가하여, 라디칼이 샤워헤드(104)를 통과하도록 개방된 영역의 퍼센티지는 약 1.85%일 수 있다. 예컨대, 영역의 퍼센티지는 0.5% 내지 3.0%일 수 있다. 또는, 영역의 퍼센티지는 0.5% 내지 2.0%일 수 있다.

[0088] 또한, 영역의 퍼센티지의 최적화는 라디칼이 샤워헤드를 통해 프로세싱 챔버(103)로 전달될 수 있는 바람직한 효율을 유지하면서 전구체의 역확산을 제한하므로, 프로세스 사이클(예컨대, ALD 사이클)이 위와 같이 설계된 영역의 패턴, 밀도, 퍼센티지를 사용하여 신속하게 수행될 수 있다. 프로세스 사이클이 신속하게 수행될 수 있으므로, 주어진 양의 시간 내에 기관이 프로세싱될 수 있는 레이트(즉, 처리량)가 증가된다.

[0089] 도 8은 샤워헤드(104)의 오프각 저면도를 도시한다. 이 도면에서, 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)이 가시적이다. 라디칼 구멍(160) 및 전구체 구멍(172)은 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 내경까지 내내 연장되는 것으로 도시된다. 또한, 샤워헤드(104)의 베이스 부분(105)에 대한 샤워헤드(104)의 원통형 부분(107)의 정도(또는 높이)는 이 도면에서 샤워헤드(104)의 바닥으로부터 지각될 수 있다.

[0090] 도 9는 샤워헤드(104)의 등각 평면도를 도시한다. 이 도면에서는 라디칼 구멍(160)만이 가시적이고, 전구체 구멍(172)은 가시적이지 않다. 또한, 플레넘(166)에 연결되는 가스 입구(240)가 도시된다. 또한, 홈(168)에 의해 형성된 채널에 연결되는 유체 입구(242) 및 유체 출구(244)가 도시된다. 환형 리지(210) 및 리세스(212)가 이 도면에 도시된다.

[0091] 위의 설명은 본질적으로 단지 예시일 뿐이며 개시내용, 그의 응용 또는 용도들을 어떠한 방식으로든 제한하지 않는다. 본 개시내용의 폭넓은 교시내용은 다양한 형태로 구현될 수 있다. 따라서, 본 개시내용은 특정 예를 포함하지만, 도면, 명세서 및 다음 청구범위를 연구하면 다른 수정이 명백해질 것이기 때문에 본 개시내용의 실제 범위가 그렇게 제한되어서는 안 된다.

[0092] 요소들 사이(예컨대, 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.

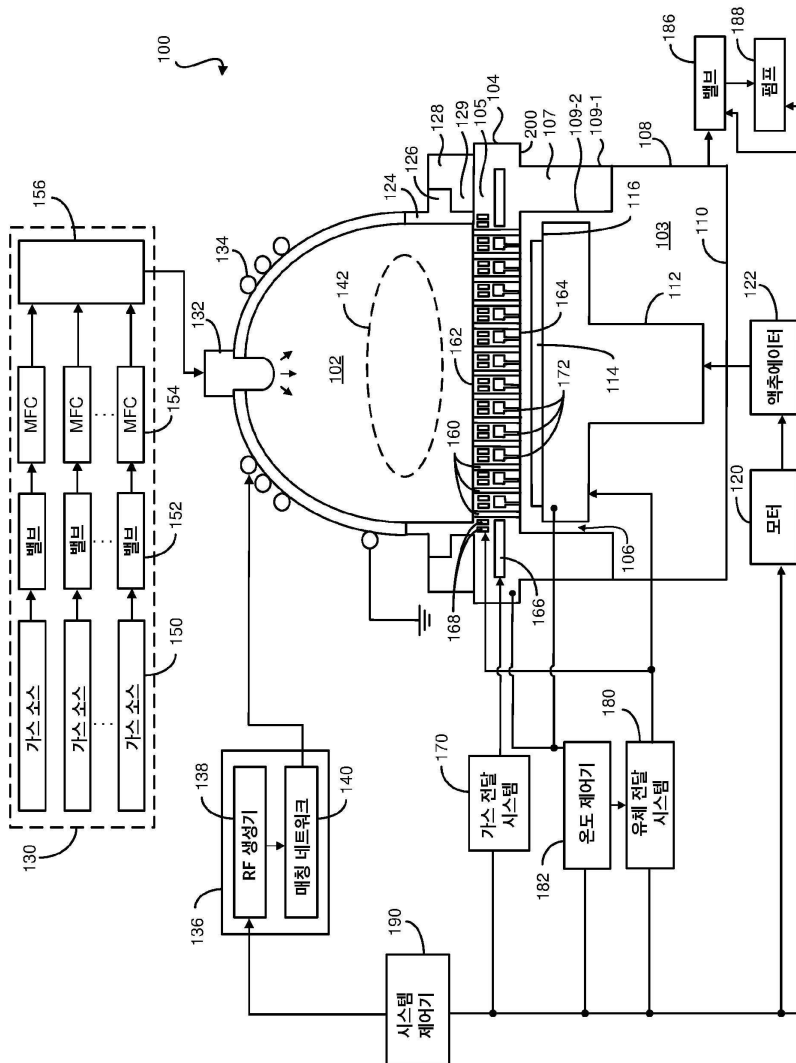
[0093] 일부 구현에서, 제어기는 위에서 설명된 예의 일부일 수 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템은 프로세싱 도구 또는 도구들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱을 위한 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 구성요소(페데스탈, 가스 유동 시스템 등)를 포함한 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이러한 시스템은 반도체 웨이퍼 또는 기관의 프로세싱 이전, 그 동안, 그 후에 그의 동작을 제어하기 위해 전자 장치와 통합될 수 있다. 전자 장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 구성요소나 하위 부분을 제어할 수 있는 "제어기"로서 지칭될 수

있다.

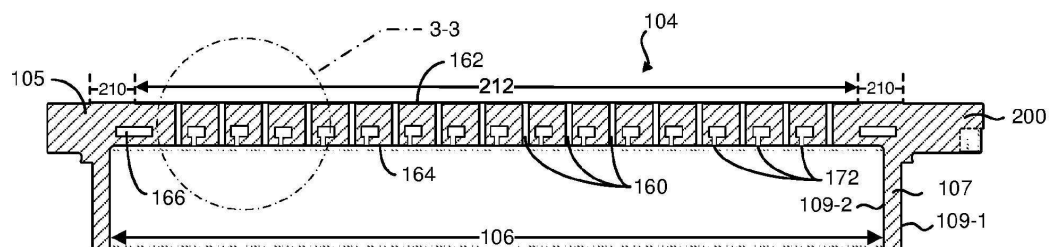
- [0094] 제어기는, 프로세싱 요건들 및/또는 시스템 유형에 의존하여, 프로세싱 가스의 전달, 온도 설정(예컨대, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정, 진공 설정, 전력 설정, RF(radio frequency) 생성기 설정, RF 매칭 회로 설정, 주파수 설정, 유량 설정, 유체 전달 설정, 포지션 및 동작 설정, 도구 및 다른 전달 도구 안팎으로 웨이퍼 전달 및/또는 특정 시스템에 연결되거나 인터페이싱되는 로드록을 포함하여, 본원에서 개시된 프로세스 중 임의의 것을 제어하기 위해 프로그래밍될 수 있다.
- [0095] 광범위하게 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, DSP(digital signal processor), ASIC(application specific integrated circuit)로서 정의된 칩, 및/또는 하나 이상의 마이크로프로세서 또는 프로그램 명령(예컨대, 소프트웨어)을 실행하는 마이크로제어기를 포함할 수 있다.
- [0096] 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.
- [0097] 제어기는, 일부 구현에서, 시스템과 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 그렇지 않으면 시스템에 네트워킹되거나, 이들의 조합일 수 있는 컴퓨터의 일부이거나 컴퓨터에 커플링될 수 있다. 예컨대, 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 동작들로부터 추세 또는 성능 메트릭을 검사하고, 현재 프로세싱의 파라미터를 변경하고, 현재 프로세싱에 뒤따르는 프로세싱 단계들을 세팅하거나 새로운 프로세스를 시작할 수 있다.
- [0098] 일부 예에서, 원격 컴퓨터(예컨대, 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. 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.
- [0099] 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 회로들일 것이다.
- [0100] 제한 없이, 예시적인 시스템은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에치 에칭 챔버 또는 모듈, PVD(physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD(chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD(atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE(atomic layer etch) 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.
- [0101] 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

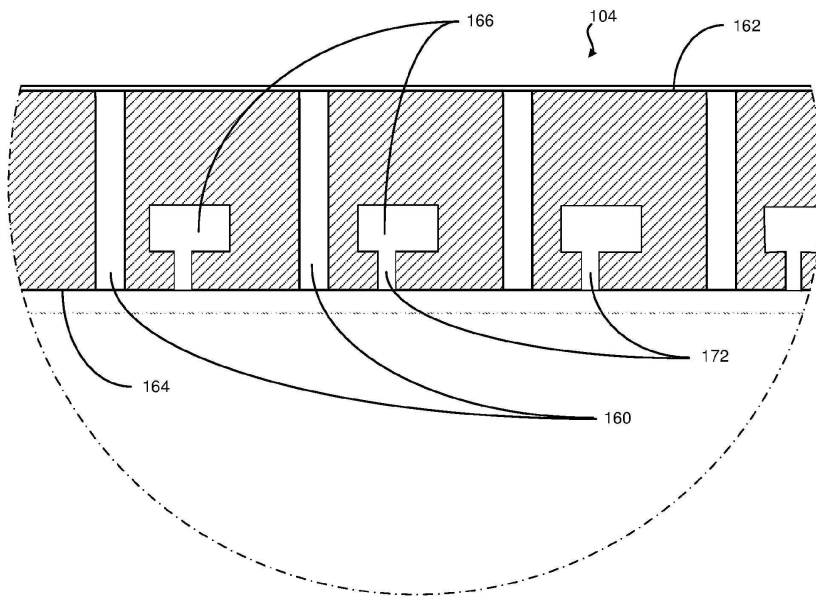
도면1



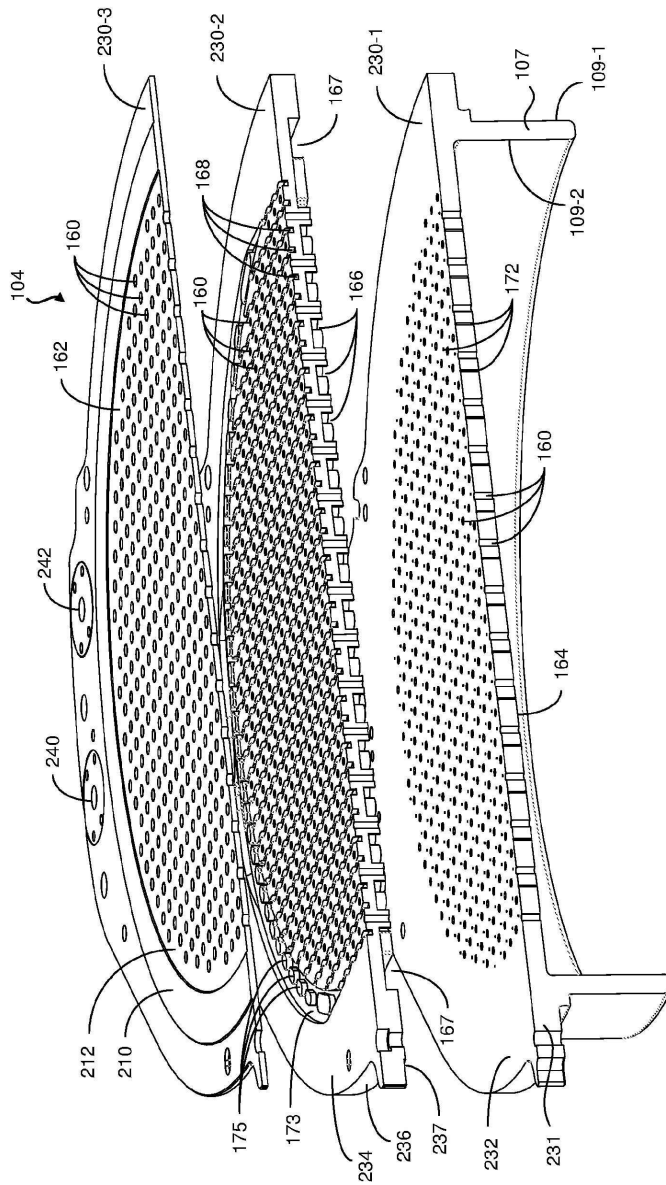
도면2



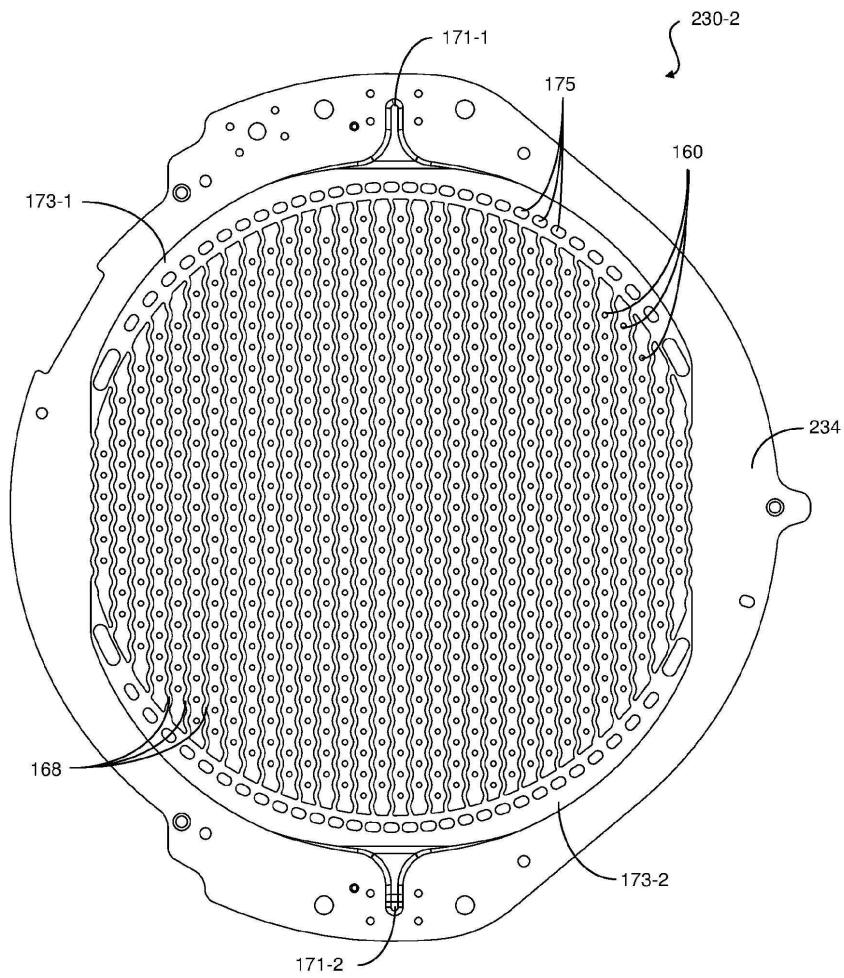
도면3



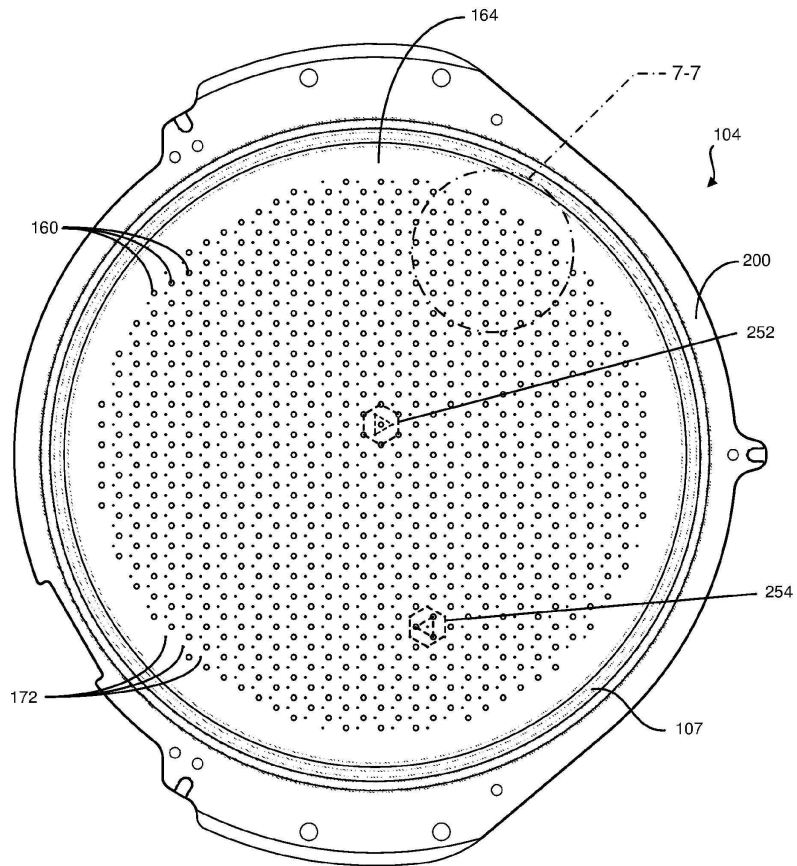
도면4



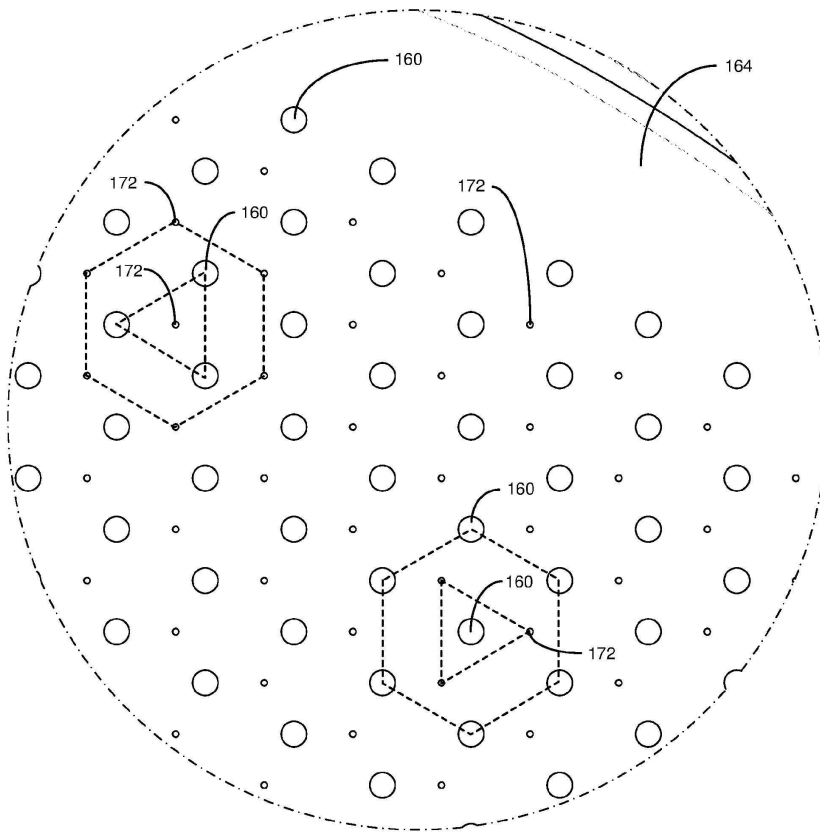
도면5



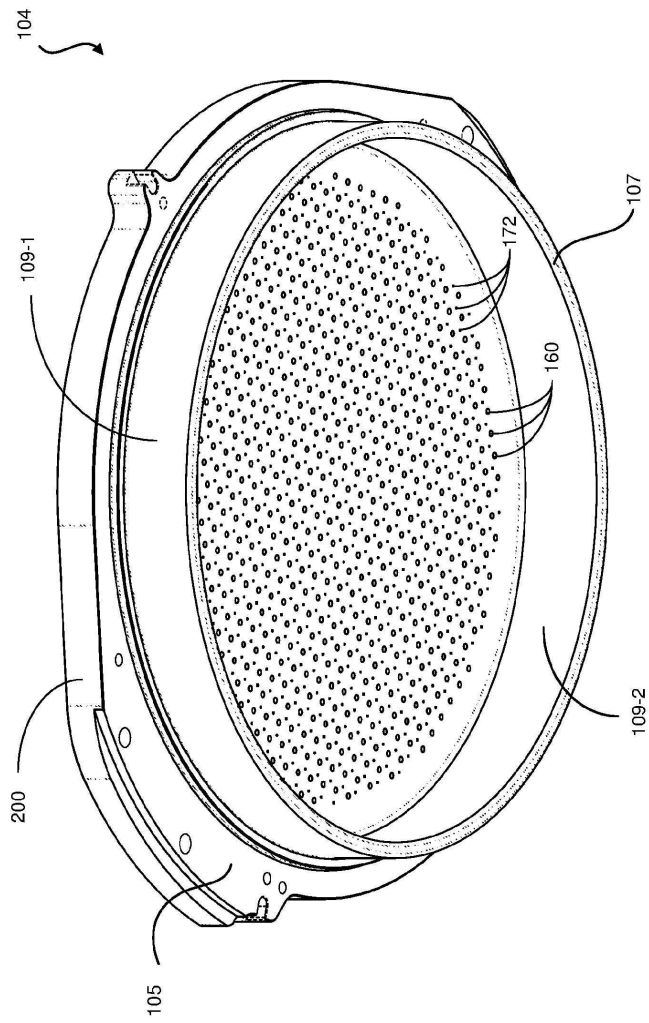
도면6



도면7



도면8



도면9

