



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0122295
(43) 공개일자 2018년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01J 37/32623 (2013.01)

H01J 37/32183 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0050689

(22) 출원일자 2018년05월02일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

62/500,120 2017년05월02일 미국(US)

(71) 출원인

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

왕, 하이타오

미국 94538 캘리포니아 프리몬트 프론트낙 파크 코트 4689

후사인, 안와르

미국 94566 캘리포니아 플레젠튼 라구나 크릭 레인 1115

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤남

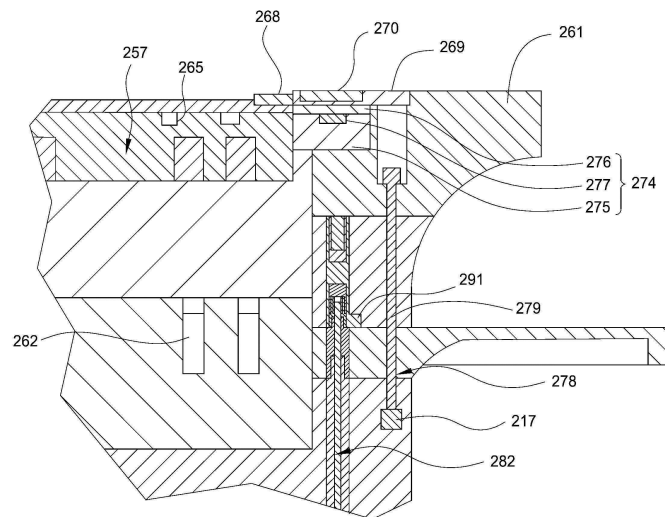
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 수동 방식으로 동작되는 경우에 접지에 대한 제어가능한 임피던스를 가능하게 하고 능동적으로 전력공급되는 경우에 플라스마로의 대칭적인 RF 전력 입력을 가능하게 하는 대칭적인 피드 구조 및 드라이브를 갖는 보조 전극을 사용하여 플라스마 프로세싱 챔버에서 웨이퍼 에지 시스를 조절하기 위한 방법

(57) 요약

본 개시내용은 일반적으로, 기관 에지 근처에서 플라스마 시스를 제어하기 위한 방법들 및 장치들에 관한 것이다. 장치는 정전 척에 인접하게 위치될 수 있는 보조 전극을 포함한다. 보조 전극은 동일한 길이 및 동일한 임피던스 피드들을 사용하여 전력 소스로부터 재귀적으로 피드된다. 보조 전극은 수직으로 작동가능하고, 접지 또는 플라스마 생성을 담당하는 다른 주파수들에 대하여 튜닝가능하다. 그러한 장치를 사용하는 방법들이 또한 제공된다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/32532 (2013.01)

H01J 37/32715 (2013.01)

(72) 발명자

라마스와미, 카르틱

미국 95120 캘리포니아 새너제이 뷰포인트 레인
10020

케니, 제이슨 에이.

미국 95008 캘리포니아 캠프벨 사우스 산 토마스
아퀴노 로드 2283

루드윅, 제프리

미국 95118 캘리포니아 새너제이 파인 포레스트 레
인 4775

장, 춘레이

미국 95051 캘리포니아 산타 클라라 유럽 코트
3708

이, 원석

미국 94588 캘리포니아 플레젠튼 그렌 아일 코트
2725

명세서

청구범위

청구항 1

프로세싱 챔버로서,

챔버 바디;

상기 챔버 바디 내에 배치된 기관 지지부;

상기 기관 지지부 내에 배치된 반복 분배 조립체(recursive distribution assembly);

상기 기관 지지부 내에 배치되고, 상기 반복 분배 조립체에 커플링된 에지 링 조립체 — 상기 에지 링 조립체는 전기 전도성 전극을 포함함 —;

상기 전극 위에서 상기 기관 지지부 상에 위치한 절연성 지지부; 및

상기 절연성 지지부 상에 배치된 제1 실리콘 링

을 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 기관 지지부는 하나 또는 그 초과 of 척킹 전극들을 갖는 정전 척을 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 에지 링 조립체는 세라믹 캡 및 세라믹 베이스를 포함하고, 상기 에지 링 조립체의 전극은 상기 세라믹 캡과 상기 세라믹 베이스 사이에 배치되는,

프로세싱 챔버.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 에지 링 조립체, 전도성 링, 및 상기 절연성 지지부로부터 방사상 외측으로 연장되는 배플 링을 더 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 반복 분배 조립체는 복수의 분기 전기 연결부(diverging electrical connection)들을 포함하고, 상기 분기 전기 연결부들은 동일한 길이들을 갖는,

프로세싱 챔버.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 기관 지지부 내에 배치된 리프트 메커니즘을 더 포함하고, 상기 리프트 메커니즘은 상기 실리콘 링 및 상기 절연성 지지부를 수직으로 작동시키도록 구성되는,

프로세싱 챔버.

청구항 7

제1 항에 있어서,

반복 분배 커넥터는 복수의 반원형 엘리먼트들을 포함하고, 상기 복수의 반원형 엘리먼트들은 축방향으로 이격되고, 수직 연결부들에 의해 연결되는,

프로세싱 챔버.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 복수의 반원형 엘리먼트들 주위에 배치된 폴리테트라플루오로에틸렌을 더 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 전극에 커플링된 회로를 더 포함하고, 상기 회로는 접지 조정부, 바이어스-감응 조정부(bias-sensitive adjustment), 및 소스-감응 조정부를 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 10

제1 항에 있어서,

회로는, 접지 조정부, 바이어스-감응 조정부, 및 소스-감응 조정부에 상기 전극을 커플링시키는 스위칭 엘리먼트를 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 11

프로세싱 챔버로서,

챔버 바디;

상기 챔버 바디 내에 배치된 기관 지지부;

상기 기관 지지부 내에 배치된 반복 분배 조립체;

상기 기관 지지부 내에 배치되고, 상기 반복 분배 조립체에 커플링된 에지 링 조립체 - 상기 에지 링 조립체는 전기 전도성 원형 전극을 포함함 -;

상기 전극 위에서 상기 기관 지지부 상에 위치한 절연성 지지부; 및

상기 절연성 지지부 상에 배치된 제1 실리콘 링

을 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 에지 링 조립체는 세라믹 캡 및 세라믹 베이스를 포함하고, 상기 세라믹 베이스 및 상기 세라믹 캡은 원형

이고, 상기 전극은 상기 세라믹 베이스와 상기 세라믹 캡 사이에 배치되는,
프로세싱 챔버.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 반복 분배 조립체는 복수의 분기 전기 연결부들을 포함하고, 상기 반복 분배 조립체는 복수의 반원형 엘리먼트들을 포함하는,

프로세싱 챔버.

청구항 14

반복 분배 커넥터로서,

제1 반원형 엘리먼트;

상기 제1 반원형 엘리먼트의 중앙 부분에서 상기 제1 반원형 엘리먼트에 커플링된 동축 구조;

상기 제1 반원형 엘리먼트의 제1 단부에 배치되고, 상기 제1 반원형 엘리먼트의 평면으로부터 직각으로 연장되는 제1 수직 커플링;

상기 제1 반원형 엘리먼트의 제2 단부에 배치되고, 상기 제1 반원형 엘리먼트의 평면으로부터 직각으로 연장되는 제2 수직 커플링;

상기 제1 수직 커플링에 연결된 제2 반원형 엘리먼트 — 상기 제1 수직 커플링은 상기 제2 반원형 엘리먼트의 중앙 부분에 연결됨 —; 및

상기 제2 수직 커플링에 연결된 제3 반원형 엘리먼트

를 포함하며,

상기 제2 수직 커플링은 상기 제3 반원형 엘리먼트의 중앙 부분에 연결되는,

반복 분배 커넥터.

청구항 15

제14 항에 있어서,

반복 분배 조립체는 전기 전도성 재료를 포함하는,

반복 분배 커넥터.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용의 양상들은 일반적으로, 기관 에지 근처에서 플라즈마 시스를 제어하기 위한 방법들 및 장치들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재의 반도체 제조 산업에서, 피치 사이즈가 지속적으로 감소되고, 트랜지스터 구조들이 점차적으로 복잡하게 되고 있다. 프로세싱 요구들을 만족시키기 위해, 비용을 조절하고 기관 및 다이 수율을 최대화하는 데 있어서, 진보된 프로세싱 제어 기법들이 유용하다. 일반적으로, 기관의 에지에서의 다이들은 수율 문제들, 이를테면 콘택 비아 오정렬, 및 하드 마스크에 대한 불량한 선택성을 겪는다. 이들 문제들의 원인들 중 하나는 기관 에지 근처에서의 플라즈마 시스의 휨이다.

[0003] 따라서, 기관의 에지에서 정밀한 국부적 프로세스 튜닝을 가능하게 하기 위한 방법들 및 장치가 필요하다.

발명의 내용

- [0004] [0004] 일 양상에서, 프로세싱 챔버는, 챔버 바디; 챔버 바디 내에 배치된 기관 지지부; 기관 지지부 내에 배치된 반복 분배 조립체(recursive distribution assembly); 기관 지지부 내에 배치되고, 반복 분배 조립체에 커플링된 에지 링 조립체 — 에지 링 조립체는 전기 전도성 전극을 포함함 —; 전극 위에서 기관 지지부 상에 위치된 절연성 지지부; 및 절연성 지지부 상에 배치된 제1 실리콘 링을 포함한다.
- [0005] [0005] 다른 양상에서, 프로세싱 챔버는, 챔버 바디; 챔버 바디 내에 배치된 기관 지지부; 기관 지지부 내에 배치된 반복 분배 조립체; 기관 지지부 내에 배치되고, 반복 분배 조립체에 커플링된 에지 링 조립체 — 에지 링 조립체는 전기 전도성 원형 전극을 포함함 —; 전극 위에서 기관 지지부 상에 위치된 절연성 지지부; 및 절연성 지지부 상에 배치된 제1 실리콘 링을 포함한다.
- [0006] [0006] 다른 양상에서, 반복 분배 조립체는, 제1 반원형 엘리먼트; 제1 반원형 엘리먼트의 중앙 부분에서 제1 반원형 엘리먼트에 커플링된 동축 구조; 제1 반원형 엘리먼트의 제1 단부에 배치되고, 제1 반원형 엘리먼트의 평면으로부터 직각으로 연장되는 제1 수직 커플링; 제1 반원형 엘리먼트의 제2 단부에 배치되고, 제1 반원형 엘리먼트의 평면으로부터 직각으로 연장되는 제2 수직 커플링; 제1 수직 커플링에 연결된 제2 반원형 엘리먼트 — 제1 수직 커플링은 제2 반원형 엘리먼트의 중앙 부분에 연결됨 —; 및 제2 수직 커플링에 연결된 제3 반원형 엘리먼트를 포함하며, 제2 수직 커플링은 제3 반원형 엘리먼트의 중앙 부분에 연결된다.

도면의 간단한 설명

- [0007] [0007] 본 개시내용의 상기 열거된 특징들이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된 본 개시내용의 보다 구체적인 설명이 양상들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 양상들의 일부는 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 단지 예시적인 양상들을 도시하는 것이므로 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 개시내용이 다른 균등하게 유효한 양상들을 허용할 수 있기 때문이다.
- [0008] 도 1은 본 개시내용의 일 양상에 따른 프로세싱 챔버의 단면도를 예시한다.
- [0009] 도 2a 및 도 2b는 본 개시내용의 일 양상에 따른 지지 조립체의 개략적인 단면도들이다.
- [0010] 도 3a 내지 도 3f는 본 개시내용의 양상들에 따른 전력 분배 조립체의 개략적인 투시도들이다.
- [0011] 도 4a 내지 도 4c는 본 개시내용의 양상들에 따른 회로 구성들의 개략도들이다.
- [0012] 이해를 용이하게 하기 위해, 도면들에 대해 공통인 동일한 엘리먼트들을 지정하기 위해 가능한 경우에 동일한 참조 번호들이 사용되었다. 일 양상의 엘리먼트들 및 특징들이 추가적인 설명 없이 다른 양상들에 유익하게 포함될 수 있는 것으로 의도된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] [0013] 본 개시내용은 일반적으로, 기관 에지 근처에서 플라즈마 시스를 제어하기 위한 방법들 및 장치들에 관한 것이다. 장치는 정전 척에 인접하게 위치될 수 있는 보조 전극을 포함한다. 보조 전극은 동일한 길이 및 동일한 임피던스 피드들을 사용하여 전력 소스로부터 반복적으로 피드된다. 보조 전극은 수직으로 작동가능하고, 접지 또는 플라즈마 생성을 담당하는 다른 주파수들에 대하여 튜닝가능하다. 그러한 장치를 사용하는 방법들이 또한 제공된다.
- [0009] [0014] 도 1은 본 개시내용의 일 양상에 따른 프로세싱 챔버(100)의 단면도이다. 도시된 바와 같이, 프로세싱 챔버(100)는 기관, 이를테면 기관(101)을 에칭하는 데 적합한 에칭 챔버이다. 본원에서 설명되는 양상들로부터 이익을 얻는 프로세싱 챔버들의 예들은 캘리포니아, 산타클라라에 위치한 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드로부터 입수가능하다. 다른 제조자들로부터의 프로세싱 챔버들을 포함하는 다른 프로세싱 챔버들이 본 개시내용의 양상들로부터 이익을 얻도록 적응될 수 있는 것으로 의도된다.
- [0010] [0015] 일 실시예에서, 프로세싱 챔버(100)는 챔버 바디(105), 가스 분배 플레이트 조립체(110), 및 지지 조립체(106)를 포함한다. 프로세싱 챔버(100)의 챔버 바디(105)는 예컨대, 하나 또는 그 초과 프로세스-양립가능 재료들, 이를테면, 알루미늄, 양극산화 알루미늄, 니켈 도금 알루미늄, 니켈 도금 알루미늄 6061-T6, 스테인리스 강뿐만 아니라, 이들의 조합 및 합금들로 형성될 수 있다. 지지 조립체(106)는 가스 분배 플레이트 조립체(110)와 연대하는 전극으로서 기능할 수 있고, 그에 따라, 가스 분배 플레이트 조립체(110)와 지지 조립체

(106)의 상부 표면 사이에 정의된 프로세싱 볼륨(120)에 플라즈마가 형성될 수 있다. 지지 조립체(106)는 전도성 재료, 이를테면 알루미늄 또는 세라믹 재료 또는 이들 둘의 조합으로 제조될 수 있다. 챔버 바디(105)는 또한, 펌프 및 밸브를 포함하는 진공 시스템(136)에 커플링될 수 있다. 라이너(138)가 또한, 프로세싱 볼륨(120)에서 챔버 바디(105)의 표면들 상에 배치될 수 있다.

[0011] [0016] 챔버 바디(105)는 챔버 바디(105)의 측벽에 형성된 포트(140)를 포함한다. 포트(140)는 기관 핸들링 로봇(미도시)에 의한 챔버 바디(105)의 내부로의 접근을 가능하게 하도록 선택적으로 개방 및 폐쇄된다. 기관(101)은 포트(140)를 통해, 프로세싱 챔버(100) 내로 이송될 수 있고, 그리고 인접한 이송 챔버 및/또는 로드-락 챔버, 또는 클러스터 툴 내의 다른 챔버로 프로세싱 챔버(100) 밖으로 이송될 수 있다. 기관(101)은 프로세싱을 위해 지지 조립체(106)의 상부 표면(130) 상에 배치된다. 리프트 핀들(미도시)은 기관 이송 동안에 기관 핸들링 로봇과의 교환을 가능하게 하기 위하여, 지지 조립체(106)의 상부 표면으로부터 기관(101)을 이격시키기 위해 사용될 수 있다.

[0012] [0017] 가스 분배 플레이트 조립체(110)는 챔버 바디(105) 상에 배치된다. 무선 주파수(RF) 전력 소스(132)는 프로세싱 챔버(100) 내의 플라즈마 생성을 가능하게 하기 위하여, 지지 조립체(106)에 대해 가스 분배 플레이트 조립체(110)를 전기적으로 바이어싱하기 위해, 분배 플레이트 조립체(110)에 커플링될 수 있다. 지지 조립체(106)는, 기관(101)의 척킹을 가능하게 하고 그리고/또는 프로세싱 구역(120) 내에 위치한 플라즈마에 영향을 미치기 위해 전력 소스(109a)에 연결될 수 있는 정전 척(159)을 포함한다. 전력 소스(109a)는 전력 공급부, 이를테면 DC 또는 RF 전력 공급부를 포함하고, 정전 척(159)의 하나 또는 그 초과 전극들에 연결된다. 선택적으로, 바이어스 소스(109b)가 플라즈마 생성 및/또는 제어를 보조하기 위해, 지지 조립체(106)와 커플링될 수 있다.

[0013] [0018] 예시적으로, 바이어스 소스(109b)는, 예컨대 대략 13.56 Mhz의 주파수의 최대 약 1000 W(그러나 약 1000 W로 제한되지는 않음)의 RF 에너지의 소스일 수 있지만, 다른 주파수들 및 전력들이 특정한 애플리케이션들에 대해 요구되는 대로 제공될 수 있다. 바이어스 소스(109b)는 연속 또는 펄스 전력 중 어느 하나 또는 둘 모두를 생성할 수 있다. 일부 양상들에서, 바이어스 소스는 다수의 주파수들, 이를테면 13.56 MHz 및 2 MHz를 제공하는 것이 가능할 수 있다.

[0014] [0019] 프로세싱 챔버(100)는 또한, 제어기(191)를 포함할 수 있다. 제어기(191)는, 메모리(194) 및 대용량 저장 디바이스와 동작가능한 프로그래머블 중앙 프로세싱 유닛(CPU)(192), 입력 제어 유닛, 및 디스플레이 유닛(미도시)을 포함하고, 기관 프로세싱의 제어를 가능하게 하기 위해, 프로세싱 시스템의 다양한 컴포넌트들, 이를테면 전력 공급부들, 클록들, 캐시, 입력/출력(I/O) 회로들, 및 라이너에 커플링된다.

[0015] [0020] 위에서 설명된 프로세싱 챔버(100)의 제어를 가능하게 하기 위해, CPU(192)는 다양한 챔버들 및 서브-프로세서들을 제어하기 위해 산업 현장에서 사용될 수 있는 임의의 형태의 범용 컴퓨터 프로세서 중 하나, 이를테면 프로그래머블 로직 제어기(PLC)일 수 있다. 메모리(194)는 CPU(192)에 커플링되고, 메모리(194)는 비-일시적이며, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 플로피 디스크 드라이브, 하드 디스크, 또는 로컬 또는 원격의 임의의 다른 형태의 디지털 저장소 중 하나 또는 그 초과 일 수 있다. 지원 회로들(196)이 프로세서를 지원하기 위해 CPU(192)에 커플링된다. 일반적으로, 대전된 중 생성, 가열, 및 다른 프로세스들을 위한 애플리케이션들 또는 프로그램들이 전형적으로는 소프트웨어 루틴으로서 메모리(194)에 저장된다. 또한, 소프트웨어 루틴은 CPU(192)에 의해 제어되고 있는 프로세싱 챔버(100)로부터 원격으로 위치한 제2 CPU(미도시)에 의해 저장 및/또는 실행될 수 있다.

[0016] [0021] 메모리(194)는, CPU(192)에 의해 실행되는 경우에 프로세싱 챔버(100)의 동작을 가능하게 하는 명령들을 포함하는 컴퓨터-판독가능 저장 매체들의 형태이다. 메모리(194) 내의 명령들은 프로그램 제품, 이를테면 본 개시내용의 방법을 구현하는 프로그램의 형태이다. 프로그램 코드는 다수의 상이한 프로그래밍 언어들 중 임의의 하나를 준수할 수 있다. 일 예에서, 본 개시내용은 컴퓨터 시스템과 함께 사용하기 위한, 컴퓨터-판독가능 저장 매체들 상에 저장된 프로그램 제품으로서 구현될 수 있다. 프로그램 제품의 프로그램(들)은 (본원에서 설명되는 방법들을 포함하는) 양상들의 기능들을 정의한다. 예시적인 컴퓨터-판독가능 저장 매체들은, (i) 정보가 영구적으로 저장되는 비-기록가능 저장 매체들(예컨대, 컴퓨터 내의 판독-전용 메모리 디바이스들, 이를테면, CD-ROM 드라이브에 의해 판독가능한 CD-ROM 디스크들, 플래시 메모리, ROM 칩들, 또는 임의의 타입의 솔리드-스테이트 비-휘발성 반도체 메모리); 및 (ii) 변경가능한 정보가 저장되는 기록가능 저장 매체들(예컨대, 하드-디스크 드라이브 또는 디스켓 드라이브 내의 플로피 디스크들 또는 임의의 타입의 솔리드-스테이트 랜덤-액세스 반도체 메모리)을 포함한다(그러나 이에 제한되지는 않는다). 그러한 컴퓨터-판독가능

저장 매체들은, 본원에서 설명되는 방법들의 기능들을 지시하는 컴퓨터-판독가능 명령들을 운반하는 경우에, 본 개시내용의 양상들이다.

- [0017] [0022] 도 2a 및 도 2b는 본 개시내용의 일 양상에 따른 지지 조립체(206)의 개략적인 단면도들이다. 도 2b는 도 2a의 확대도이다. 지지 조립체(206)는 지지 조립체(106)와 유사하고, 지지 조립체(106) 대신에 사용될 수 있다. 지지 조립체(206)는 베이스(255), 캐소드 베이스(256), 설비 플레이트(257), 유전체 플레이트(258), 및 정전 척(259)을 포함하며, 이들은 수직 스택으로 배열된다. 수직 개구(297)가 전력 및/또는 바이어스 소스들에 대한 커플링들을 수용하기 위해, 캐소드 베이스(256), 설비 플레이트(257), 및 유전체 플레이트(258)를 통해 배열된다. 베이스(255)는 하부 챔버 라이너로서 기능할 수 있는 측방향으로 연장되는 부분을 포함한다. 석영 파이프 링(미도시)이 캐소드 베이스(256)로부터 정전 척(259)의 전기 절연을 가능하게 하기 위해, 유전체 플레이트(258)를 에워쌀 수 있다. 프로세싱 챔버(100)(도 1에서 도시됨) 내의 플라즈마 밀폐를 가능하게 하기 위해, 캐소드 베이스(256)의 방사상-외측 상부 표면, 및 알루미늄과 같은 금속으로 형성될 수 있고 접지될 수 있는 전도성 링(230)의 하부 표면에 인접하게 메시 유동 등화기(260)가 배치된다. 알루미늄과 같은 금속으로 형성되고 전기적으로 접지될 수 있는 배플 링(261)이 전도성 링(230)의 상부 표면 상에 위치되고, 메시 유동 등화기(260) 위에서 방사상 외측으로 연장된다. 일 예에서, 선택적으로, 배플 링(261)은 배플 링(261)에 매립된 가열기, 이를테면 저항성 가열 엘리먼트를 포함할 수 있다. 일 예에서, 전도성 링(230) 및 배플 링(261)은 일체형 컴포넌트일 수 있다.
- [0018] [0023] 설비 플레이트(257)는 전기 전도성 재료로 형성되고, 캐소드 베이스(256)와 유전체 플레이트(258) 사이에 위치된다. 일 예에서, 유전체 플레이트(258)는 석영으로 형성된다. 선택적으로, 설비 플레이트(257)는 하나 또는 그 초과 채널들(262)(2개가 도시됨)을 포함하고, 그 하나 또는 그 초과 채널들(262)을 통해 유체가 제공되어, 기관 지지부(180)(도 1에서 도시됨)의 온도 제어를 가능하게 한다. 정전 척(259)은 전도성 플레이트(267), 및 전도성 플레이트(267)의 상단 상에 배치된 세라믹 플레이트(266)를 포함한다. 전도성 재료의 얇은 섹션으로 형성된 하나 또는 그 초과 전극들(263)이 전도성 플레이트(267)의 세라믹 또는 유전체 재료에 매립된다. 고 전압 DC 소스가 기관(101)의 척킹을 가능하게 하기 위해 하나 또는 그 초과 전극들(263)에 커플링되고, 그리고 바이어스 RF 소스가 캐소드에 전력을 공급하기 위해 정합 네트워크를 통해 전도성 플레이트(267)에 커플링된다.
- [0019] [0024] 가열기(265)가 기관(111)의 온도 제어를 가능하게 하기 위해 정전 척(259)의 상부 표면 상에 배치될 수 있다. 예컨대, 가열기(265)는 하나 또는 그 초과 저항성 가열 엘리먼트들을 포함하는 저항성 가열기일 수 있다. 실리콘 탄화물 또는 알루미늄과 같은 세라믹 층(266)이 가열기(235) 위에 배치되고, 가열기(235) 및/또는 정전 척(259)과 기관(101) 사이에 보호 인터페이스를 제공한다.
- [0020] [0025] 도 2b를 참조하면, 예컨대 세라믹 또는 실리콘으로 형성될 수 있는 유전체 링(268)이, 정전기적으로 적소에 척킹되는 경우에 기관에 대해 측면 지지를 제공하기 위해, 세라믹 층(266)의 방사상-외측 상부 표면 상에 위치된다. 석영으로 형성될 수 있는 절연성 지지부(269)가 유전체 링(268)을 둘러싼다. 절연성 지지부(269)는 절연성 지지부(269)의 상부 표면에 매립된 제2 실리콘 링(270)을 포함한다. 실리콘 링(270)은 에지 링 조립체(274)에 대한, 기관 지지부(206) 위에서 내부 볼륨(108)에 생성된 플라즈마(미도시)의 커플링을 가능하게 한다. 그러한 예에서, 제2 실리콘 링(270)은 전극으로서 기능하고, 에지 링 조립체(274)에 용량성-커플링될 수 있다. 일 예에서, 제2 실리콘 링(270)은 단결정질 실리콘이다. 그러나, 다른 형태의 실리콘, 이를테면 폴리실리콘이 활용될 수 있는 것으로 의도된다.
- [0021] [0026] 에지 링 조립체(274)는 세라믹 베이스(275), 세라믹 캡(276), 및 세라믹 베이스(275)와 세라믹 캡(276) 사이에 매립된 전극(277)을 포함한다. 세라믹 베이스(275), 세라믹 캡(276), 및 전극(277) 각각은 원형 형상을 갖는다. 그러나, 다른 형상들이 또한 의도된다. 일 예에서, 전극(277)을 보호하기 위해, 전극(277)은 세라믹 베이스(275)와 세라믹 캡(276) 중 하나 또는 둘 모두에 매립될 수 있거나 또는 부분적으로 매립될 수 있다. 그러한 예에서, 세라믹 베이스(275) 및 세라믹 캡(276)의 대향 표면들은, 예컨대, 세라믹 베이스(275) 및 세라믹 캡(276)의 대향 표면들의 각각의 방사상-내측 및 방사상-외측 에지들에서, 서로 접촉할 수 있다. 전극(277)은 전기 전도성 와이어 또는 평탄한 링, 이를테면 포일일 수 있다. 일 예에서, 전극(277)은 알루미늄 또는 구리, 또는 다른 전기 전도성 금속들 또는 재료들로 형성될 수 있다. 일 예에서, 전극(277)은 약 0.2 인치 내지 약 0.4 인치, 이를테면 약 0.3 인치의 폭을 갖는 평탄한 링일 수 있다. 전극(277)이 세라믹 베이스(275) 및 세라믹 캡(276)의 폭들에 대하여 중앙에 위치된 것으로 예시되어 있지만, 전극은 세라믹 캡(276) 및 세라믹 베이스(275)의 방사상 내측 에지와 정렬될 수 있는 것으로 의도된다. 일 예에서, 전극(277)은 기관, 이를테면 도 1에

서 도시된 기관(101)의 외측 직경으로부터 약 1 센티미터 떨어져 위치된다.

[0022] [0027] 세라믹 캡(276)의 상부 표면은 프로세싱 동안에 절연성 지지부(269)의 하부 표면과 접촉하도록 위치된다. 그러나, 절연성 지지부(269)는 리프트 메커니즘(278)에 의해 세라믹 캡(276) 위로 상승될 수 있고, 세라믹 캡(276)과 분리될 수 있다. 리프트 메커니즘(278)은 액추에이터(217)에 의해 구동되는 하나 또는 그 초과와 지지 핀들(279)(1개가 도시됨)을 포함한다. 절연성 지지부(269)의 수직 작동은 제2 실리콘 링(270)의 대응하는 작동을 발생시키고, 그에 의해, 프로세싱 챔버(100)의 내부 볼륨(108)(도 1에서 도시됨)에 형성된 플라즈마와 제2 실리콘 링(270) 사이의 간격을 조정한다. 부가적으로, 절연성 지지부(269)의 수직 작동은 제2 실리콘 링(270)과 전극(277) 사이의 간격의 조정을 발생시키고, 그에 의해, 제2 실리콘 링(270)과 전극(277) 사이의 용량성 커플링에 영향을 미친다. 제2 실리콘 링(270)의 위치는 제2 실리콘 링(270)에 인접한, 그리고 그에 따라 기관의 에지에 인접한 플라즈마 시스템에 영향을 미친다. 따라서, 제2 실리콘 링(270)을 수직으로 작동시킴으로써, 기관 에지에 인접한 플라즈마 시스템이 조정될 수 있다.

[0023] [0028] 전력이 RF 커넥터(281) 및 전력 분배 조립체(282)를 통해 에지 링 조립체(274)에 인가된다. RF 커넥터(281)는 에지 링 조립체(274)로의 전력의 전달을 가능하게 하기 위해, 조정가능 RF 소스(예컨대, 바이어스 소스(109b)), 또는 예컨대 도 4a 내지 도 4c에서 도시된 것)에 커플링된다. 그러나, 일부 양상들에서, 에지 링 조립체(274)가 RF 전력에 의해 능동적으로 전력 공급되지 않을 수 있는 것으로 의도된다. 그러한 예에서, RF 커넥터(281)는 외부 RF 임피던스 튜닝 유닛 또는 튜닝가능 부하에 연결될 것이다. 튜닝 유닛이 SRC RF 주파수에서 임피던스를 조정하여 플라즈마 밀도 분포를 변화시키거나, 또는 바이어스 RF 주파수에서 임피던스를 조정하여 기관 에지 플라즈마 시스템을 튜닝하도록 설계되거나, 또는 RF 커넥터(281)가 접지에 연결될 수 있고, 그에 따라, 접지된 전극(277) 및 대응하여 커플링된 실리콘 링(270)을 통해, 접지를 기관 에지에 더 근접하게 위치시키는 것이 가능할 수 있다.

[0024] [0029] 도 3a 내지 도 3e는 본 개시내용의 양상들에 따른 전력 분배 조립체(282)의 개략적인 투시도들이다. 전력 분배 조립체(282)는 반복 분배 조립체(284)에 연결된 동축 구조(283)를 포함한다. 에지 링 조립체(274)는 반복 분배 조립체(284) 상에 위치되고, 반복 분배 조립체(284)에 커플링된다. 전력 분배 조립체(282)는 에지 링 조립체(274)의 전극(277)(도 2에서 도시됨)에 전기적으로 연결된다.

[0025] [0030] 반복 분배 조립체(284)는, 2개 또는 그 초과와 동일 길이 세그먼트들로 분기함으로써, 전극(277)에 대한 전력 인가 균일성을 가능하게 한다. 각각의 분기 세그먼트는 부가적인 동일 길이 세그먼트들로 더 분할 또는 분기될 수 있다. 따라서, 전극(277)에 대한 전력 인가는 더 균등하게 분배되고, 그에 의해, 프로세스 균일성이 개선된다. 예컨대, 반복 분배 조립체(284)는 제1 반원형 엘리먼트(285)를 포함하고, 그 제1 반원형 엘리먼트(285)는 제1 반원형 엘리먼트(285)의 중앙 위치에서 동축 구조(283)에 전기적으로 커플링된다. 제1 반원형 엘리먼트(285)의 각각의 절반은 서로 반대편으로 연장된다. 제1 반원형 엘리먼트(285)의 말단 단부들은 제1 반원형 엘리먼트(285)의 평면으로부터 직각으로 연장되는 수직 커플링들(286)을 포함한다. 수직 커플링들(286)은 제1 반원형 엘리먼트(285)를 제2 반원형 엘리먼트들(287)에 전기적으로 연결시킨다. 수직 커플링들(286)은 제2 반원형 엘리먼트들(287)의 중앙 위치들에 연결되고, 그에 따라, 제2 반원형 엘리먼트들(287)의 각각의 단부는 반대편 방향으로 연장된다. 부가적인 수직 커플링들(288)이 제2 반원형 엘리먼트들(287)을 에지 링 조립체(274)의 전극(277)(도 2b에서 도시됨)에 전기적으로 커플링시킨다. 그러한 방식으로, 예컨대 RF 커넥터(281)를 통한 단일 소스로부터의 전력이 다수의 접촉 포인트들을 통해 전극(277)에 더 균등하게 분배된다. 부가적으로, RF 커넥터(281), 그리고 그에 따라 전력 소스와, 전극(277)에서의 각각의 연결 사이의 거리는 실질적으로 동일하다. 일 예에서, 제1 반원형 엘리먼트(285), 제2 반원형 엘리먼트들(287), 및 수직 커플링들(288)은 전기 전도성 재료, 이를테면 금속, 예컨대 구리 또는 알루미늄으로 형성된다.

[0026] [0031] 본원에서 사용되는 바와 같은 반복 분배 조립체(284)는 동일 길이들의 다수의 세그먼트들로 하나 또는 그 초과와 횡수로 분할되는 전기 커넥터를 지칭한다. 반복 분배 조립체(284)가 반원형 컴포넌트들에 대하여 본원에서 설명되고 있지만, 원하는 경우에 선형 컴포넌트들이 활용될 수 있는 것으로 의도된다. 더욱이, 전류의 이동 경로는 도시된 것보다 더 많은 섹션들로 분할될 수 있다. 예컨대, 이동 경로는 하나 또는 그 초과와 횡수, 2회 또는 그 초과와 횡수, 3회 또는 그 초과와 횡수, 또는 4회 또는 그 초과와 횡수로 분할될 수 있다. 일 예에서, 제1 반원형 엘리먼트(285)는 약 180 도만큼 연장되는 한편, 제2 반원형 엘리먼트들(287) 각각은 약 90 도만큼 연장된다. 따라서, 각각의 세그먼트는 이전의 세그먼트의 대략 절반의 길이를 가질 수 있다. 그러나, 다른 거리들이 또한 의도된다. 제1 반원형 엘리먼트(285), 수직 커플링들(286), 제2 반원형 엘리먼트들(287), 및 수직 커플링들(288)을 위한 적합한 재료들은 전기 재료들, 이를테면 금속들, 예컨대 알루미늄 및 구

리를 포함한다.

- [0027] [0032] 도 3b는 반복 분배 조립체(284)의 전기 전도성 엘리먼트들, 이를테면 제1 반원형 엘리먼트(285)(도 3a에서 도시됨) 및 제2 반원형 엘리먼트(287)(도 3a에서 도시됨) 위에 배치된 전기 절연체들(289a, 289b)을 갖는 전력 분배 조립체(282)의 개략도이다. 전기 절연체들(289a, 289b)은 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 또는 다른 전기 절연성 재료일 수 있다. 예시된 예에서, 전기 절연체들(289a, 289b)은, 컴포넌트들(예컨대, 제1 반원형 엘리먼트(285) 및 제2 반원형 엘리먼트(287))이 내부에 매립된 절연성 재료의 완전한 링들이다. 그러나, 재료의 불완전한 링들이 활용될 수 있는 것으로 의도된다.
- [0028] [0033] 도 3c는 전기 절연체들(289a, 289b)(도 3b에서 도시됨) 주위에 배치된 하우징(290)을 포함하는 전력 분배 조립체(282)의 개략도이다. 하우징(290)은 전기 절연체들(289a, 289b), 그리고 그에 따라 제1 반원형 엘리먼트(285) 및 제2 반원형 엘리먼트(287)가 내부에 매립된 원통형 섹션이다. 하우징은 전기 접지에 커플링될 수 있고, 전기 절연체들(289a, 289b)에 의해 제1 반원형 엘리먼트(285) 및 제2 반원형 엘리먼트(287)로부터 전기적으로 격리된다. 일 예에서, 하우징(290)은 하우징(290)의 방사상 외측 하부 표면에 립(291)을 포함하고, 그 립(291)은 하우징(290)을 에워싼다. 일 예에서, 립(291)은 “H” 형상을 갖거나, 또는 그렇지 않으면, 방사상 외측 컴포넌트에 커플링된 방사상 내측 컴포넌트를 포함하며, 그 방사상 외측 컴포넌트는 방사상 내측 컴포넌트보다 더 큰 수직 높이를 갖는다. 립(291)은 반복 분배 조립체의 컴포넌트들의 조립 및/또는 정렬을 가능하게 한다. 하우징(290)은 금속으로 형성될 수 있고, 전기적으로 접지될 수 있다.
- [0029] [0034] 도 3d는 도 3c에서 도시된 바와 같은 전력 분배 조립체(282)의 단면도이다. 예시된 바와 같이, 전기 절연체(292), 이를테면 고무 또는 PTFE에 의해 둘러싸인 동축 구조(283)가 제1 반원형 엘리먼트(285)에 연결된다. 제1 반원형 엘리먼트(285)는 전기 절연체(289a)에 의해 둘러싸이고, 하우징(290)에 배치된다. 제1 반원형 엘리먼트(285)의 축방향 위에 전기 절연체(289b)가 위치된다. 제2 반원형 엘리먼트(287)가 완전한 원으로 연장되지 않기 때문에, 부가적인 전기 절연체(292)가 전기 절연체(289b) 내에 위치되어, 그렇지 않으면 제2 반원형 엘리먼트(287)에 의해 점유되지 않은 공간을 점유할 수 있다. 부가적인 전기 절연체가 또한, PTFE로 형성될 수 있다. 도시되어 있지 않지만, 제1 반원형 엘리먼트(285)에 의해 점유되지 않은, 전기 절연체(289b) 내의 공간이 또한, PTFE에 의해 점유될 수 있다. 따라서, 일 예에서, 부가적인 전기 절연체(292)와 제2 반원형 엘리먼트(287)는 함께 완전한 링을 형성한다. 제1 반원형 엘리먼트(285)가 유사하게 구성될 수 있다.
- [0030] [0035] 도 3e는 도 3c에서 도시된 바와 같은 전력 분배 조립체(282)의 다른 단면도이다. 도 3e에서 도시된 단면도는 제2 반원형 엘리먼트(287)를 에지 링 조립체(274)의 전극(277)에 전기적으로 연결시키는 수직 커플링(288)을 예시한다. 수직 커플링(288)은 전기 절연의 하나 또는 그 초과층들(294a, 294b)(2개가 도시됨), 이를테면 PTFE에 의해 둘러싸인 전기 전도성 연결부(293)를 포함한다. 수직 커플링은 전극(277)과 접촉하기 위해 세라믹 베이스(275)의 하부 표면을 통해 연장된다.
- [0031] [0036] 도 3f는 도 3c에서 도시된 바와 같은 전력 분배 조립체(282)의 다른 단면도이다. 도 3f에서 도시된 단면도는 제2 반원형 엘리먼트(287)를 제1 반원형 엘리먼트(285)에 전기적으로 연결시키는 수직 커플링(286)을 예시한다. 수직 커플링(286), 제1 반원형 엘리먼트(285), 및 제2 반원형 엘리먼트(287)는 각각, 하우징(290), 전기 절연체(289a), 및 전기 절연체(289b)에 의해 둘러싸인다. 전기 절연체(289a) 및 전기 절연체(289b)는 수직 커플링(286), 제1 반원형 엘리먼트(285), 및 제2 반원형 엘리먼트(287)를 프로세싱 동안에 접지될 수 있는 하우징(290)으로부터 전기적으로 격리시키는 것을 가능하게 한다.
- [0032] [0037] 도 4a 내지 도 4c는 본 개시내용의 양상들에 따른 회로 구성들의 개략도들이다. 도 4a는 기관 지지부(206)를 내부에 갖는 프로세싱 챔버(400a)에서 플라즈마(456)를 조정하기 위한 회로(455a)의 수동 구성을 예시한다. 프로세싱 챔버(400a)는 프로세싱 챔버(100)와 유사하다. 플라즈마(456)는 소스(132)에 의해 생성된다. 바이어스 소스(109b)가 프로세싱 챔버(400a) 내의 플라즈마 프로세싱을 가능하게 하기 위해 기관 지지부(206)에 커플링된다. 회로(455a)는 동축 케이블(283) 및 반복 분배 조립체(284)를 통해 전극(277)에 커플링된다. 회로(455a)의 튜닝은 전극(277)의 전기적 특성들에 영향을 미치고, 그에 의해, 기관에 인접한 플라즈마(456) 또는 플라즈마(456)의 시스에 영향을 미친다. 본원에서 설명되는 양상들을 사용하여, 플라즈마(456)는 기관의 더 균일한 프로세싱을 발생시킴으로써 기관 에지 불균일성들을 완화시키도록 조정될 수 있다.
- [0033] [0038] 회로(455a)는 접지 조정부(457), 바이어스-감응 조정부(458), 및 소스-감응 조정부(459)를 포함한다. 접지 조정부(457), 바이어스-감응 조정부(458), 및 소스-감응 조정부(459) 각각은 스위칭 엘리먼트(437)를 통해 동축 구조(283)에 커플링된다. 접지 조정부(457), 바이어스-감응 조정부(458), 및 소스-감응 조정부(459) 각각은 조정가능 캐패시터 및 인덕터를 포함한다. 접지 조정부(457), 바이어스-감응 조정부(458), 및 소스-감응 조

정부(459)의 각각의 캐패시터 및 인덕터는 플라즈마 특성들의 조정을 가능하게 하기 위해, 바이어스 주파수, 또는 바이어스 주파수들의 범위를 조정하도록 선택될 수 있다. 일 예에서, 접지 조정부(457), 바이어스-감응 조정부(458), 및 소스-감응 조정부(459)는 각각, 서로 상이한 범위들에서 주파수 조정을 가능하게 하도록 구성된다.

- [0034] [0039] 추가적으로, 전력 소스(435), 이를테면 DC 전력 소스가 스위칭 엘리먼트(437)에 추가적으로 커플링된다. 스위칭 엘리먼트(437)는, 전력 소스(433), 접지 조정부(457), 바이어스-감응 조정부(458), 및/또는 소스-감응 조정부(459) 중 임의의 것에 전극(277)을 선택적으로 커플링시키기 위해, 제어기(191)(도 1에서 도시됨)에 의해 제어될 수 있다. 따라서, 스위칭 엘리먼트(437)의 조절은 기판 예지에 인접한 전극(277)에서의 플라즈마 특성들의 제어를 가능하게 한다.
- [0035] [0040] 예컨대, 스위칭 엘리먼트(437)는 전극(277)에 바이어스-감응 조정부(458)를 커플링시키게 될 수 있다. 바이어스-감응 조정부(458)는 전극(277)이 바이어스 소스(109b)의 기본 또는 고조파 주파수와 직렬 또는 병렬로 되게 하도록 조정될 수 있다. 그러한 조정은 전극(277)(그리고 결과적으로, 도 2b에서 도시된 제2 실리콘 링(270)) 상에 원하는 전압을 부과하고, 그에 의해, 플라즈마(456)의 국부적 시스템을 변경한다.
- [0036] [0041] 유사하게, 스위칭 엘리먼트(437)에 대하여 소스-감응 조정부(459)가 선택될 수 있다. 그러한 예에서, 전극(277)은 바이어스-감응 조정부(458) 및 바이어스 소스(109b)에 대하여 위에서 설명된 바와 유사한 방식으로, 전력 소스(132)에 대하여 튜닝될 수 있다. 소스-감응 조정부(459)를 통한 플라즈마(456)의 튜닝은 플라즈마 밀도를 증가시킨다(또는 감소시킨다). 증가된 플라즈마 밀도는 압축된 플라즈마 시스템을 발생시킨다.
- [0037] [0042] 다른 예에서, 스위칭 엘리먼트(437)는 전극(277)에 접지 조정부(457)를 커플링시키게 될 수 있다. 일 예에서, 접지 조정부는 전극(277)의 접지를 가능하게 하는 PIN 다이오드 및/또는 RF 릴레이일 수 있다. 전극(277)의 접지는 전극(277)에서의 플라즈마(456)의 시스템의 종결(termination)을 가능하게 한다. 플라즈마(456)에 더 영향을 미치기 위해, 전극(277)이 접지된 경우에 제2 실리콘 링(270)(도 2b에서 도시됨)이 수직으로 작동될 수 있고, 그에 의해, 기판 예지 근처에서 증가된 플라즈마 튜닝성을 제공할 수 있다. 일 예에서, PIN 다이오드를 활용하는 경우에, PIN 다이오드는 전극(277)에서 DC 단락을 형성하도록 순방향 바이어싱될 수 있거나, 또는 전기 단락을 가능하게 하도록 역방향 바이어싱될 수 있다. 다른 예에서, 전력 소스(433)는 전극(277)을 향한 제2 실리콘 링(270)의 정전 척킹을 가능하게 함으로써, 제2 실리콘 링(270), 절연성 지지부(269)(도 2b에서 도시됨), 및 예지 링 조립체(274) 사이의 열 접촉을 증가시킨다. 증가된 열 접촉은 열 제거를 증가시키고, 그에 의해, 컴포넌트 수명을 개선하고, 기판의 예지들에 인접한 열적 불-균일성들을 감소시킨다.
- [0038] [0043] 도 4b는 프로세싱 챔버(400b)에서 플라즈마(456)를 조정하기 위한 회로(455b)의 능동 구성을 예시한다. 프로세싱 챔버(400b)는 프로세싱 챔버(100) 및 프로세싱 챔버(400a)와 유사하다. 능동 구성에서, 회로(455b)는 정합 회로(429)를 통해 동축 케이블(283)에 커플링된 보조 전력 소스(427), 이를테면 RF 소스를 포함한다. 회로(455b)는 또한, 정합 회로(429)에 커플링된 전력 소스(433)를 포함한다. 전력 소스(433)는 프로세싱 챔버(400a)에 대하여 위에서 설명된 바와 유사하게 동작한다. 추가하여, 프로세싱 챔버(400b)는 제2 정합 회로(405)를 포함하고, 그 제2 정합 회로(405)를 통해 바이어스 소스(109b)가 기판 지지부(206)에 커플링된다. 기판 지지부(480)는 도 2a에 대하여 위에서 설명된 기판 지지부(280)와 유사하다. 정합 회로(429) 및 전력 소스(427)의 포함은 플라즈마 특성들에 대한 추가적인 제어를 제공한다.
- [0039] [0044] 도 4c는 기판 지지부(206)를 내부에 갖는 프로세싱 챔버(400c)에서 플라즈마(456)를 조정하기 위한 회로(455c)의 능동 구성을 예시한다. 회로(455c)는 회로(455b)와 유사하지만, 동축 케이블(283), 그리고 그에 따라 반복 분배 조립체(284)가 정합 회로(405)에 연결된다. 따라서, 프로세싱 챔버(400b)와 대조적으로, 정합 회로(429) 및 전력 소스(427)가 배제된다. 일 예에서, RF 분할기(미도시)가 원하는 챔버 컴포넌트들로의 RF 전력의 인가를 가능하게 하기 위해, 정합 회로(405)와 전력 소스(433) 사이에서 동축 케이블(283)의 라인에, 또는 정합 회로(405) 내부에 위치될 수 있다.
- [0040] [0045] 선택적으로, 도 4a 내지 도 4c에서 예시된 구성들 중 임의의 구성이 선택적으로, 전극(277)에 커플링된 DC 전력 공급부를 활용할 수 있는 것으로 의도된다. 전극(277)으로의 DC 전력의 인가는 기판의 예지 근처에서 열 전달을 향상시킨다. 그러한 예에서, 세라믹 캡(276)은 알루미늄 질화물로 형성될 수 있다.
- [0041] [0046] 본 개시내용의 이익들은 기판의 예지들에 인접한 플라즈마의 증가된 제어를 포함한다. 증가된 플라즈마 제어는, 특히 기판의 예지들 근처에서, 프로세싱 균일성을 증가시킨다. 추가적으로, 본 개시내용의 양상들에 따른 플라즈마 조정은 기판 예지에서 국부적으로 발생하고, 그에 따라, 기판 표면에 걸친 플라즈마 균일성에 악

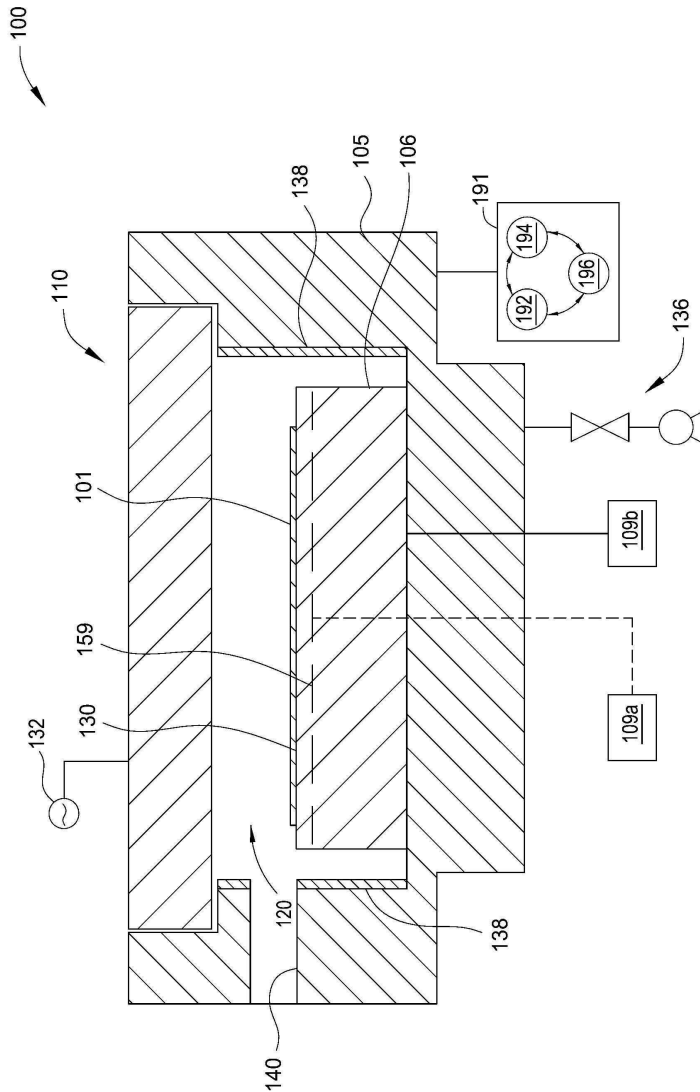
영향을 미치지 않는다.

[0042]

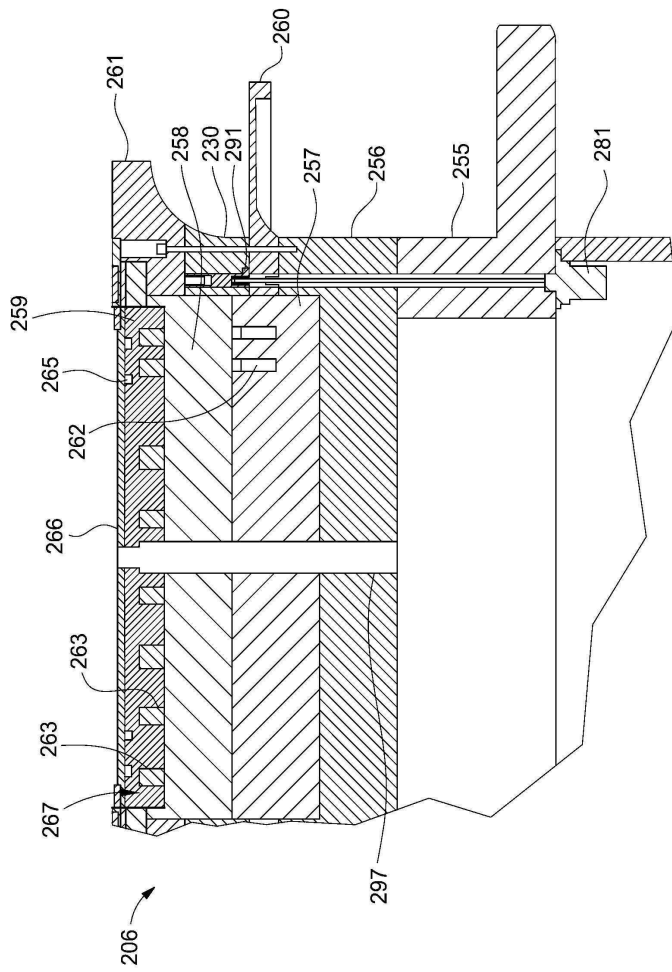
[0047] 전술한 바가 본 개시내용의 양상들에 관한 것이지만, 본 개시내용의 다른 및 추가적인 양상들이 본 개시내용의 기본적인 범위로부터 벗어나지 않으면서 고안될 수 있고, 본 개시내용의 범위는 다음의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

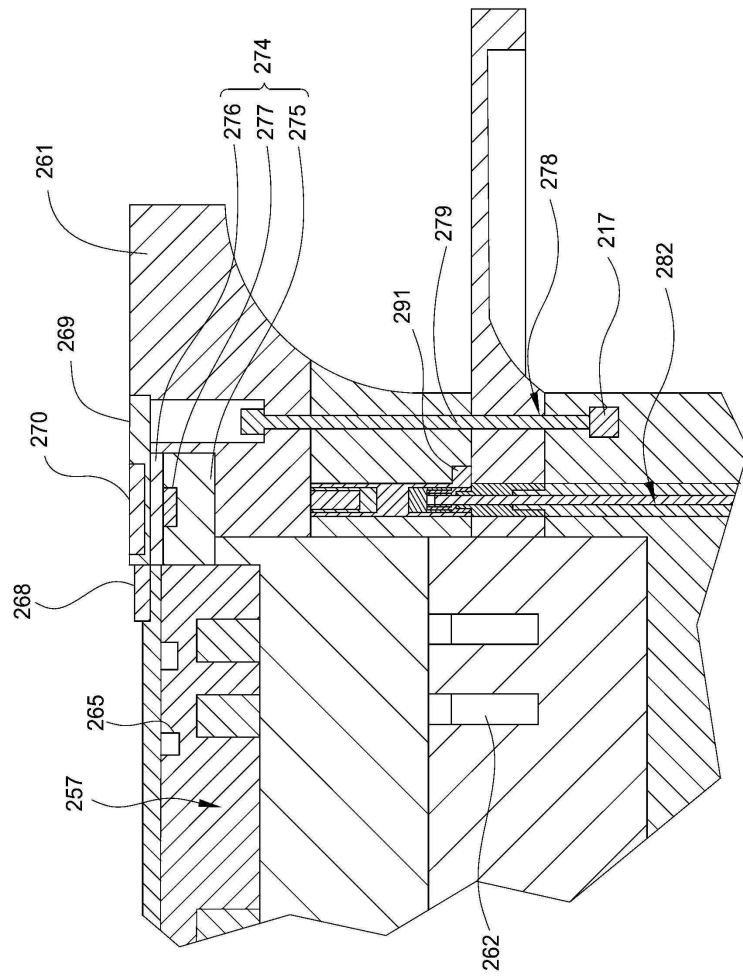
도면1



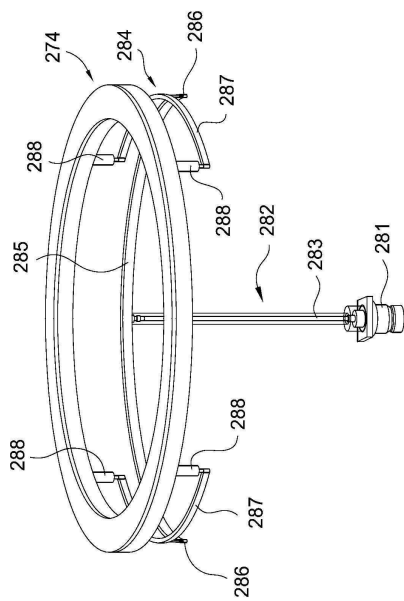
도면2a



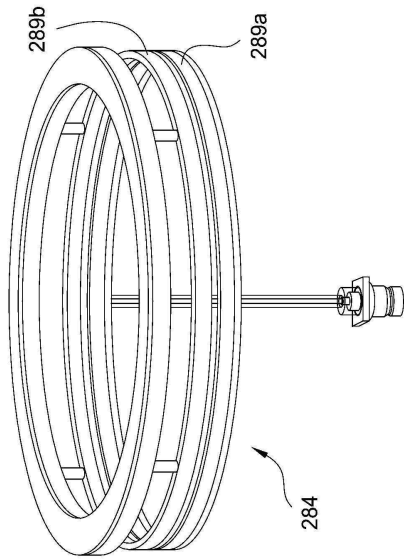
도면2b



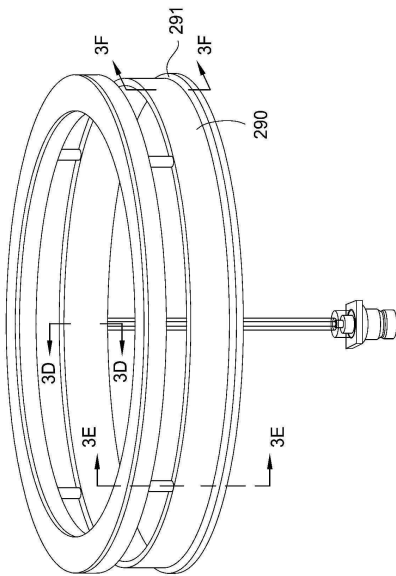
도면3a



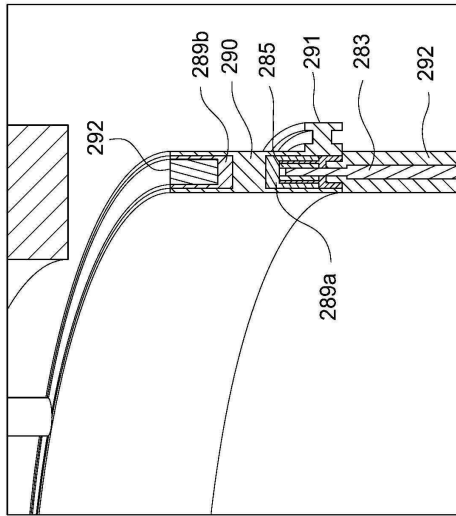
도면3b



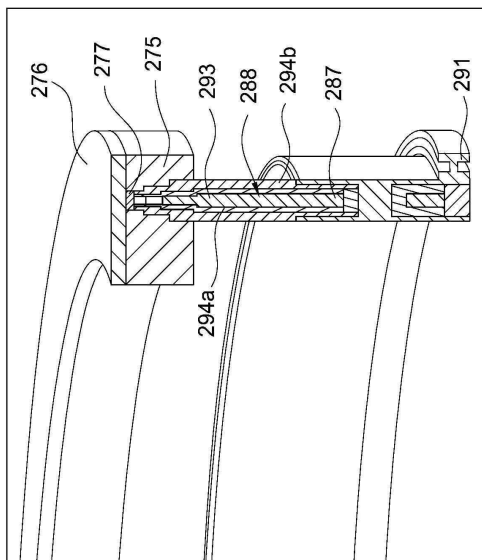
도면3c



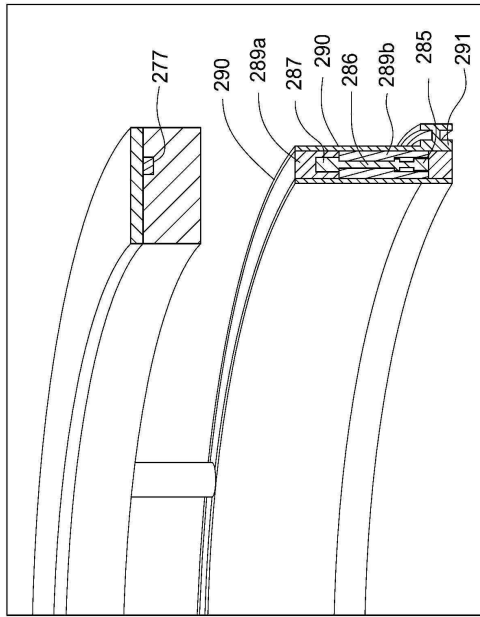
도면3d



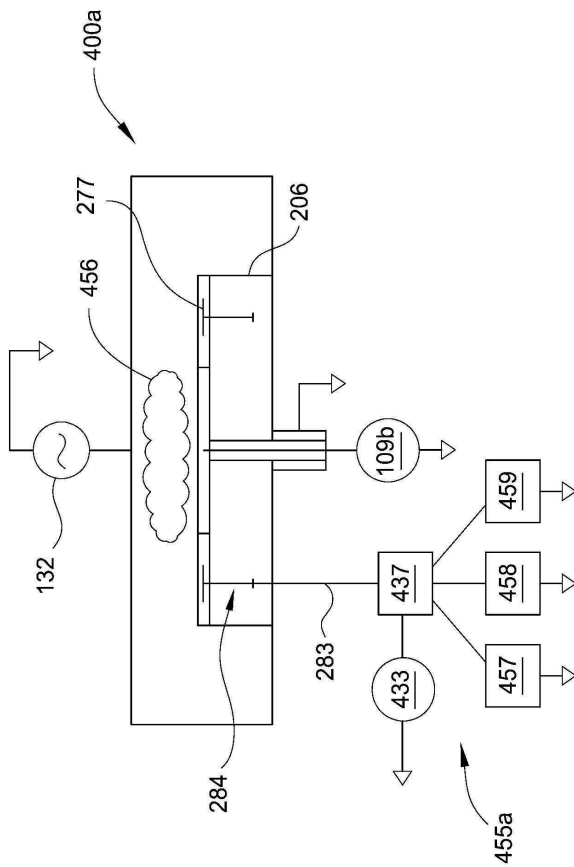
도면3e



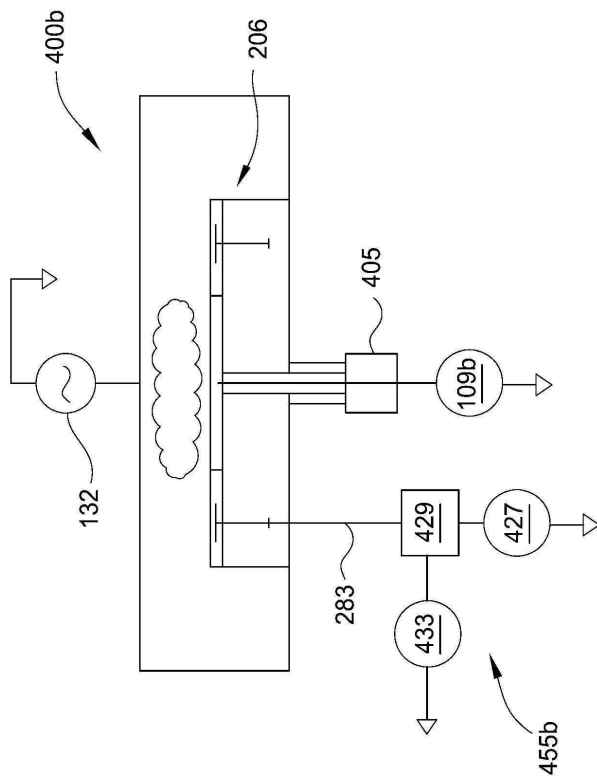
도면3f



도면4a



도면4b



도면4c

