



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년02월05일

(11) 등록번호 10-1490117

(24) 등록일자 2015년01월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/302 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7025556

(22) 출원일자(국제) 2008년05월02일

심사청구일자 2013년05월02일

(85) 번역문제출일자 2009년12월07일

(65) 공개번호 10-2010-0017700

(43) 공개일자 2010년02월16일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/062541

(87) 국제공개번호 WO 2008/140982

국제공개일자 2008년11월20일

(30) 우선권주장

11/745,451 2007년05월08일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR100349064 B1*

KR100739247 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애
브뉴 3050

(72) 발명자

메타, 비네트 에이치.

미국 94043 캘리포니아 마운틴 뷰 #8 콜로니 스트
리트 2000

브라운, 칼 엠.

미국 94041 캘리포니아 마운틴 뷰 오크 헤븐 플레
이스 104

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 21 항

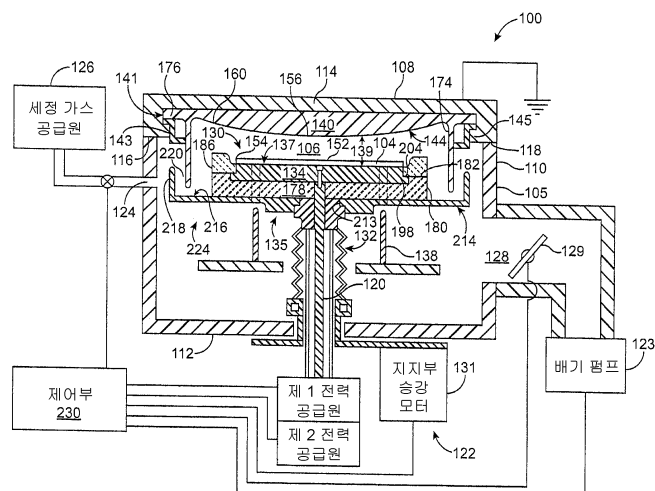
심사관 : 심병로

(54) 발명의 명칭 기관 세정 챔버 그리고 세정 및 컨디셔닝 방법

(57) 요약

기관 세정 챔버가 기관 지지부와 마주하는 원호형 표면을 구비하는 윤곽형 천장 전극을 포함하고 그리고 상기 기
관 지지부와 원호형 표면 사이의 갭 크기가 변화되어 기관 지지부에 걸쳐 가변적인 플라즈마 밀도를 제공하도록
하기 위한 가변 단면 두께를 가진다. 세정 챔버용 유전체 링은 베이스, 릿지, 및 기관 지지부의 둘레방향 릿을
덮는 방사상 내측 릿지를 포함한다. 베이스 차폐부는 하나 이상의 둘레 벽을 구비하는 원형 디스크를 포함한다.
세정 챔버를 위한 세정 및 컨디셔닝 프로세스들도 역시 설명된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

피피톤, 존 에이.

미국 94550 캘리포니아 리버모어 렉싱턴 플레이스
2447

호프만, 다니엘 제이.

미국 95070 캘리포니아 사라토가 아로요 데 아겔로
12343

샤논, 스티븐 씨.

미국 27607 노스 캐롤라이나 레일즈 레오나르드 스
트리트 3419

밀러, 케이쓰 에이.

미국 94089 캘리포니아 썬니베일 트윈레이크 드라
이브 246

파크히, 비자이 디.

미국 95135 캘리포니아 샌어제이 보우퀴 파크 레인
4054

특허청구의 범위

청구항 1

기관 수용 표면 및 지지부 전극을 구비하는 기관 지지부를 포함하는 세정 챔버용 윤곽형(contoured) 천장 전극으로서:

접지 링; 및

금속으로 이루어지는 윤곽형 천장 전극을 포함하며, 상기 윤곽형 천장 전극은 :

- (a) 상기 기관 지지부와 마주하는 원호형 표면;
- (b) 상기 기관 지지부를 둘러싸기 위해서 접지 링을 통하여 상기 원호형 표면의 둘레로부터 하향 연장하는 환형 밴드; 및
- (c) 상기 환형 밴드로부터 반경 방향 외측으로 연장하는 둘레방향 엣지를 포함하며,

상기 원호형 표면은 기관 지지부의 기관 수용 표면에 걸쳐 연장하도록 크기가 정해진 직경 그리고 기관 지지부의 지지부 전극과 원호형 표면 사이에 형성되는 갭의 치수가 변화되도록 기관 지지부에 걸쳐 변화되는 횡단면 두께를 가짐으로써, 상기 원호형 표면과 상기 기관 지지부 사이에 형성되는 플라즈마의 플라즈마 밀도가 기관 지지부에 걸쳐 반경방향으로 변화되며,

상기 둘레방향 엣지는 접지 링 상에 놓이고, 환형 밴드는 접지 링에 의해 세정 챔버의 측벽으로부터 이격되는 세정 챔버용 윤곽형 천장 전극.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 원호형 표면이 상기 기관 지지부의 기관 수용 표면적의 70% 이상에 걸쳐 연장하는

세정 챔버용 윤곽형 천장 전극.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기관 지지부는 중앙 영역 및 둘레 영역을 포함하고, 상기 원호형 표면이 원호형 프로파일을 포함하며,

상기 원호형 프로파일은 중앙 영역에 비해서 둘레 영역에서 플라즈마 밀도를 증대시키도록 볼록한 돌부로서 형성되는

세정 챔버용 윤곽형 천장 전극.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 볼록한 돌부가 다수-반경 원호를 포함하는

세정 챔버용 윤곽형 천장 전극.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 볼록한 돌부를 둘러싸는 둘레방향 오목 홈을 포함하는

세정 챔버용 윤곽형 천장 전극.

청구항 6

플라즈마 내에서 기관을 에칭하기 위한 세정 챔버로서:

- (a) 기관 수용 표면을 구비하고 지지부 전극을 포함하는 기관 지지부;
- (b) 상기 기관 지지부의 기관 수용 표면과 반대쪽에서 마주하는 금속 원호형 표면을 구비하는 윤곽형 천장 전극으로서, 상기 금속 원호형 표면은 상기 기관 지지부의 기관 수용 표면적에 걸쳐 연장하도록 크기가 정해진 직경, 및 기관 지지부의 지지부 전극과 금속 원호형 표면 사이에 형성되는 갭의 치수가 변화되도록 기관 지지부에 걸쳐 변화되는 횡단면 두께를 가짐으로써, 기관 수용 표면에 걸쳐 반경방향으로 변화되는 플라즈마 밀도를 제공하는, 윤곽형 천장 전극;
- (c) 상기 윤곽형 천장 전극들 및 상기 지지부에 걸쳐 전압 바이어스를 공급하기 위한 전극 전력 공급부;
- (d) 상기 챔버 내로 세정 가스를 도입하기 위한 가스 분배 장치;
- (e) 가스 배기부;
- (f) 접지 링;
- (g) 상기 접지 링과 접촉하는 금속 환형 밴드로서, 상기 금속 환형 밴드는 기관 지지부의 기관 수용 표면을 둘러싸기 위해서 접지 링을 통하여 금속 원호형 표면의 둘레로부터 하향 연장하는, 금속 환형 밴드; 및
- (h) 상기 환형 밴드로부터 반경 방향 외측으로 연장하는 둘레방향 앳지로서, 상기 둘레방향 앳지는 접지 링 상에 놓이고, 환형 밴드는 접지 링에 의해 세정 챔버의 측벽으로부터 이격되는, 둘레방향 앳지를 포함하는;

기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 윤곽형 천장 전극의 금속 원호형 표면이 불록한 돌부 또는 오목한 함몰부를 포함하는

기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 금속 원호형 표면 및 금속 환형 밴드 둘 다 알루미늄으로 이루어지는

기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 기관 수용 표면이 중앙 영역 및 둘레 영역을 포함하고,

상기 금속 원호형 표면은 중앙 영역에 비해서 둘레 영역에서 플라즈마 밀도를 증대시키도록 성형된 불록한 돌부를 포함하는

기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 금속 원호형 표면은 다수-반경 원호를 포함하는

기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 11

제 6 항에 있어서,
상기 금속 원호형 표면을 둘러싸는 둘레방향 오목 홈을 더 포함하는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 12

제 8 항에 있어서,
상기 지지부 전극에 연결되는 전기 커넥터 로드를 더 포함하고, 상기 전기 커넥터 로드는 구리를 포함하는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 13

제 6 항에 있어서,
상기 가스 분배 장치는 세정 챔버의 측벽 내에 위치되는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 14

제 6 항에 있어서,
상기 접지 링은 윤곽형 천장 전극과 전기적으로 상호 연결되고, 윤곽형 천장 전극과 접지 링은 플로팅 전위로
또는 접지된 상태로 유지될 수 있는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 15

제 6 항에 있어서,
베이스 차폐부를 더 포함하며,
상기 베이스 차폐부는:
유전체 베이스플레이트를 지지하기 위한 상단 표면을 가지는 원형 디스크;
승강 핀들이 통과하여 연장할 수 있도록 상기 원형 디스크를 관통하는 다수의 승강 핀 홀들; 및
상기 원형 디스크를 둘러싸고 상기 원형 디스크로부터 위쪽으로 연장하는 둘레 벽을 포함하며,
상기 둘레 벽은 상기 유전체 베이스플레이트의 둘레방향 플랜지로부터 이격되는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 16

제 15 항에 있어서,
상기 둘레 벽은 5 mm 이상의 높이를 갖는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 17

제 15 항에 있어서,
상기 둘레 벽은 상기 원형 디스크로부터 실질적으로 수직으로 연장하는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 18

제 15 항에 있어서,
상기 베이스 차폐부는 전기 전도체를 포함하는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 19

제 6 항에 있어서,
유전체 링을 더 포함하며,
상기 유전체 링은:
상기 기관 지지부를 둘러싸기 위해서 유전체 베이스플레이트의 둘레방향 플랜지 상에 놓이는 베이스;
상기 기관 수용 표면 보다 높은 높이를 가지는 릿지; 및
상기 기관 지지부의 둘레방향 릿지를 덮는 반경 방향 내측 릿지를 포함하는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 20

제 19 항에 있어서,
상기 유전체 링이 상기 릿지와 상기 릿지 사이의 경사진 내측 면(face)을 포함하는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

청구항 21

제 20 항에 있어서,
상기 경사진 내측 면이 둥근형의 엣지들을 포함하는
기관을 에칭하기 위한 세정 챔버.

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명의 실시예는 기관 세정 챔버, 챔버 부품, 그리고 기관 세정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

집적 회로 및 디스플레이의 제조에 있어서, 반도체 웨이퍼 또는 디스플레이와 같은 기관이 프로세스 챔버 내에 배치되고 그리고 기관 상에 다양한 능동 및 수동 피쳐(features)를 형성하도록 프로세싱 조건(conditions)들이 설정된다. 진보된 집적 회로 및 디스플레이는 기관 상에 형성된 피쳐들을 연결하기 위해서 크기가 미크론 이하(sub-micron) 사이즈인 인터커넥트의 다양한 레벨(multiple levels)을 이용한다. 회로 신뢰성 개선을 위해서, 인터커넥트 또는 다른 피쳐들의 표면 상에 증착되는 물질을 부착하기에 앞서서 기관 상의 표면 피쳐들이 세척된다. 통상적인 사전-세정(pre-clean) 또는 세정 챔버는 챔버 부품들을 포함하는 프로세스 영역을 둘러싸는 외장부(enclosure)를 포함하며, 상기 챔버 부품들에는 기관을 홀딩하기 위한 기관 지지부, 세정 가스를 공급하기 위한 가스 공급부, 기관을 세정하기 위해서 피쳐의 표면을 에칭하도록 세정 가스를 에너지화하는(energize) 가스 에너지라이저, 그리고 소비된 가스를 제거하기 위한 가스 배기부를 포함하며, 그러한 예가 2000년 8월 22일자로 Subrahmanyam 등에게 허여되고 전체가 본 명세서에 참조에 의해 병합되는 미국 특허 제 6,107,192 호에 개시되어 있다.

[0003]

그러나, 종래의 사전-세정 챔버 및 프로세스들은 기관 상에 제조되는 보다 작은 피쳐들의 표면을 균일하게 세정하지 못하는 경우가 종종 있다. 이러한 피쳐들을 적절하게 세정하지 못하면, 표면 피쳐들 사이의 전기 저항이 증대되거나 또는 공극(void)이 형성될 수 있다. 예를 들어, 피쳐 상에 남아 있는 오염물질 및 자연 산화물의 층은, 후속 프로세싱 단계에서 기관 상에 부착되는 물질의 불균일한 분포를 촉진함으로써, 또는 피쳐들이 부착물질로 충전되기 전에 피쳐의 모서리들이 성장, 통합 및 밀봉(seal off)되게 함으로써, 공극의 형성을 초래할

수 있을 것이다. 사전-세정 프로세스는 후속하는 배리어 층 또는 금속의 부착(deposition; 또는 증착) 프로세스를 위해서 기관 표면을 균일하게 에칭 및 세정하는데 있어서 특히 바람직할 것이다.

[0004] 또한, 챔버 부품들이 서로 고착되거나, 또는 축적된 부착물이 세정 사이클들의 중간에 벗겨지는 것이 없이, 증가된 양의 축적된 부착물을 수용할 수 있는 사전-세정 챔버를 구비하는 것도 바람직할 것이다.

[0005] 에칭 세정 프로세스 중에, 세정 잔류물이 종종 챔버 내의 노출된 내부 표면 상에 부착된다. 이러한 잔류물의 축적은 바람직하지 못하는데, 이는 열적으로 응력을 받았을 때 축적된 부착물이 벗겨져 낙하될 수 있고 그리고 기관 및 기타 챔버 표면을 오염시킬 수 있기 때문이다. 챔버 부품으로부터 잔류물을 주기적으로 세정하는 것은 이러한 문제를 줄일 수 있을 것이나, 챔버 부품들의 분해 및 세정과 챔버의 작동 중단을 필요로 할 것이다. 또한, 세정 가스의 에너지화를 위해서 천장(ceiling)을 통해서 유도 에너지를 커플링하기 위한 외부 인덕터 코일 가스 에너지ай저를 구비하는 챔버의 천장(ceiling)에 금속-함유 프로세스 잔류물들이 축적되면, 그러한 금속 함유 잔류물들은 천장을 통한 유도 에너지의 커플링을 감소시키거나 또는 방해한다. 종래의 세정 챔버들은 그러한 프로세스 잔류물들을 수용하기 위해서 기관 지지부를 중심으로 배치된 다양한 부착 링 또는 커버 링, 그리고 하부 및 상부 차폐부(shields)를 포함하는 프로세스 키트(kit)를 이용한다. 주기적으로, 프로세스 키트 부품들이 세정을 위해서 챔버로부터 분해되고 제거된다. 그러나, 챔버의 작동 중단까지 챔버가 보다 많은 수의 프로세스 사이클에 사용될 수 있도록, 보다 많은 양의 축적된 부착물을 수용할 수 있는 챔버 및 내부 부품을 구비하는 것이 바람직할 것이다.

발명의 상세한 설명

[0006] 윤곽형(contoured) 천장 전극이 세정 챔버에서 이용되며, 그러한 세정 챔버는 기관 수용 표면 및 지지부(support) 전극을 구비하는 기관 지지부를 포함한다. 윤곽형 천장 전극은 기관 지지부와 마주하는 원호형(arcuate) 표면을 포함한다. 원호형 표면은 기관 지지부의 기관 수용 표면에 걸쳐 연장하도록 크기가 정해진 직경 그리고 기관 지지부의 지지부 전극과 원호형 표면 사이에 형성되는 갭의 치수가 변화되도록 기관 지지부에 걸쳐 변화되는 횡단면 두께를 가짐으로써, 원호형 표면과 기관 지지부 사이에 형성되는 플라즈마의 플라즈마 밀도가 기관 지지부를 가로질러 반경방향으로 변화될 수 있을 것이다. 또한, 천장 전극은 기관 지지부를 둘러싸기 위해서 원호형 표면의 둘레로부터 하향 연장하는 환형 밴드를 구비할 수 있을 것이다. 지지부 랫지(ledge)가 환형 밴드로부터 방사상 외측으로 연장한다.

[0007] 세정 챔버를 위한 유전체 링은 기관 지지부를 둘러싸기 위해서 챔버 내의 유전체 베이스플레이트(baseplate)의 둘레방향 플랜지 상에 놓이는 베이스를 포함한다. 또한, 유전체 링은 기관 수용 표면 보다 높은 높이의 릿지(ridge)를 구비한다. 방사상 내향 랫지는 기관 지지부의 둘레방향 립(lip)을 덮는다.

[0008] 기관 세정 챔버를 위한 베이스 차폐부는 유전체 베이스플레이트를 지지하기 위해서 상단부 표면을 가지는 원형 디스크, 그리고 챔버 승강 핀이 관통하여 연장할 수 있게 허용하도록 원형 디스크를 통과하는 다수의 승강 핀 홀(holes)을 포함한다. 또한, 상기 베이스 차폐부는 원형 디스크를 둘러싸고 그로부터 위쪽으로 연장하는 둘레 벽을 구비하며, 상기 둘레 벽은 상기 유전체 베이스플레이트의 둘레방향 플랜지로부터 이격된다.

[0009] 세정 챔버 내에서 기관 상의 층을 에칭 세정하기 위한 프로세스는 세정 챔버 내의 기관 지지부 상에 기관을 위치시키는 단계, 상기 지지부와 윤곽형 천장 전극 사이의 갭을 설정(setting)하는 단계, 챔버 내에서 세정 가스의 압력을 유지하는 단계, 그리고 천장 및 지지부 전극으로 듀얼 주파수 전력(dual frequency electrical power)을 인가함으로써 세정 가스를 에너지화하는 단계를 포함하며, 상기 듀얼 주파수 전력은 제 1 주파수 대 제 2 주파수의 비율이 약 1 : 2 이상인 전력 비율을 포함하며, 상기 제 1 주파수는 약 20 KHz 미만이고 상기 제 2 주파수는 20 MHz 이상이다.

[0010] 세정 챔버 내에서 기관 상의 층을 에칭 세정하기 위한 프로세스는 세정 챔버의 내측 표면 상의 제 1 물질을 포함하는 프로세스 잔류물을 형성하기 위해서 세정 챔버 내에서 제품 기관의 제 1 배치(batch) 상의 제 1 물질을 세정하는 단계를 포함한다. 그 후에, 세정 챔버 내에서 제 2 물질을 포함하는 컨디셔닝 기관을 에칭 스퍼터링함으로써 제 2 물질의 컨디셔닝 층이 세정 챔버의 내측 표면 상의 프로세스 잔류물 위에 부착되게 하고, 이때 상기 제 2 물질은 상기 제 1 물질과 상이한 물질이다. 세정 챔버 내에 제공된 제품 기관의 제 2 배치 상의 제 1 물질을 세정하여 컨디셔닝 층 상의 제 1 물질을 포함하는 추가적인 프로세스 잔류물을 형성할 수 있을 것이다. 이러한 프로세스는 챔버 세정을 지연(delay)시킨다.

[0011] 본 발명의 이러한 특징들, 측면들 및 이점들은 본 발명의 예를 설명하는 이하의 상세한 설명, 특허청구범위, 및 첨부 도면을 통해서 보다 잘 이해될 수 있을 것이다. 그러나, 각각의 특징들은 일반적으로, 단지 도면에 도시

된 대로만 이용될 수 있는 것은 아니며, 본 발명은 이러한 특징들의 임의 조합을 포함한다.

실시예

- [0020] 기관(104)의 표면 층을 세정할 수 있는 세정 챔버(100)의 예시적인 실시예가 도 1에 도시되어 있다. 일반적으로, 세정 챔버(100)는 프로세스 영역(106)을 둘러싸는 외장부 벽(105)을 포함하며, 상기 벽(105)은 천장 덮개(lid; 108), 측벽(110), 및 바닥 벽(112)을 포함한다. 챔버의 폐쇄 벽들은 알루미늄, 스테인리스 강, 구리-크롬 또는 구리-아연과 같은 금속으로 제조될 수 있을 것이다. 천장 덮개(108)는 하향 연장하는 측부 랫지(116)를 구비하는 플레이트(114)를 포함한다. 천장 덮개(108)의 측부 랫지(116)는 측벽(110)의 상단부 표면(118)상에 놓인다. 측벽(110)은 가스 유동 제어 밸브(127)에 의해서 모니터링되는 유량으로 세정 가스 공급원(126)으로부터 세정 가스를 도입하기 위한 가스 유입구(124), 그리고 배기 펌프(123)를 이용하여 스로틀 밸브(129)를 통과해서 챔버(100)로부터 가스를 배기하기 위한 배기 포트(128)를 구비한다. 바닥 벽(122)은 전기 커넥터(120) 및 승강 메커니즘(122)을 수용하기 위한 개구부들을 구비한다. 도시된 버전에서, 세정 챔버(100)는 물질의 표면 부분을 에칭하여 제거함으로써 금속 또는 금속 화합물과 같은 금속 함유 물질을 기관(104)으로부터 세정하는데 특히 적합하다. 그러한 챔버는, 예를 들어, 미국 캘리포니아 산타클라라에 소재하는 Applied Materials, Inc.가 공급하는 DAVINCI 챔버와 같은 REACTIVE PRE-CLEAN™ 타입 세정 챔버가 될 수 있을 것이다. 챔버(100)는 미국 캘리포니아 산타클라라에 소재하는 Applied Materials, Inc.가 공급하는 ENDURA®, PRODUCER® 및 CENTURA® 프로세싱 플랫폼 계열과 같이 상호연결된 챔버들의 클러스터를 구비하는 다수-챔버 플랫폼(도시하지 않음)의 일부일 수 있을 것이다.
- [0021] 챔버(100)는 또한 지지부 전극(134)을 포함하는 기관 지지부(130)를 포함한다. 기관 지지부(130)는 기관 수용 표면(137) 주위를 둘러싸는 둘레방향 립(136)을 구비하는 상승된 받침대(135)를 포함한다. 둘레방향 립(136)은 받침대(135)의 바닥 부분으로부터 외측으로 연장하고 그리고 낮은 높이에 위치된다. 기관 수용 표면(137)은 평면형이고 그리고 기관(104)을 수용하도록 그 크기가 결정된다. 도시된 실시예에서, 지지부 전극(134) 및 기관 지지부(130)는 동일한 구조를 가지나; 다른 실시예에서, 기관 지지부(130)는 지지부 전극(134)을 둘러싸는 또는 덮는(도시하지 않음) 유전체를 구비할 수 있을 것이다. 도시된 버전에서, 지지부 전극(134)으로의 역할도 하는 기관 지지부(130)는 예를 들어, 알루미늄, 구리, 티타늄, 또는 이들의 합금과 같은 금속으로 이루어지거나 포함한다. 고온 사전-세정 프로세스에 바람직한 하나의 버전에서는, 지지부 전극(134)이 티타늄으로 제조된다. 이러한 버전은 알루미늄으로 제조된 종래의 지지부 전극(134)에 비해서 보다 높은 작동 온도를 제공한다. 기관을 로딩하기 위해서, 기관 지지부(130)가 승강 모터(131) 및 승강 벨로우즈(132)에 의해서 하강되며, 그에 따라 고정 승강 핑거(138)가 지지부(130) 내의 홀을 통해서 연장하게 된다. 기관(104)이 챔버(100)의 측벽(116) 내의 기관 로딩 유입구(도시하지 않음)를 통해서 챔버(100) 내로 도입되고 승강 핑거(138) 상에 위치된다. 이어서, 기관 지지부(130)가 상승되어 승강 핑거(138)로부터 기관(104)을 상승시킨다.
- [0022] 윤곽형 천장 전극(140)은 반대쪽에서 기관 지지부(130) 및 지지부 전극(134)과 마주한다. 기관 지지부(130)는 지지부 전극(134)과 천장 전극(140) 사이에 소정 갭(139)이 설정되도록 위치된다. 윤곽형 천장 전극(140)은 접지 링(143) 상에 놓이는 둘레방향 앵지(141)를 구비하며, 계속해서 상기 접지 링은 챔버 덮개(108)의 랫지(145) 상에 놓인다. 윤곽형 천장 전극(140) 및 지지부 모두는, 예를 들어, 알루미늄과 같은 전도성 물질로 제조되고, 그리고 마찬가지로 알루미늄과 같은 금속 전도체로 제조되는 챔버 본체에 볼트로 체결된다. 윤곽형 천장 전극(140) 및 접지 링(143)은 전기적으로 상호 연결되고 그리고 플로팅 전위(floating potential)로 또는 접지된 상태로 유지될 수 있을 것이다. 윤곽형 천장 전극(140)의 둘레방향 앵지(141) 및 접지 링(143)은, 작은-각도(low-angle)로 스퍼터링되는 플라스마 종(species)의 침투 및 그 표면들을 지난 결과적인 프로세스 부착물을 방지하도록, 성형된다.
- [0023] 기관(104)을 세정하는 플라스마를 형성하기 위해서, 종래의 세정 챔버들은 돔(dome) 형상의 유전체 천장을 둘러싸는 인덕터 코일을 이용하여 챔버 내에서 세정 가스로 에너지를 유도적으로 커플링시켰다. 그러나, 기관(104) 상의 금속 층을 세정할 때, 금속 층을 포함하는 프로세스 잔류물들이 챔버 천장(114)의 내측 표면 상에 부착되고, 이러한 금속-함유 층은 천장(114)을 통한 에너지의 유도적 커플링을 방해한다.
- [0024] 현재의 세정 챔버의 버전에서, 종래에 이용되었던 인덕터 코일은 윤곽형 천장 전극(140)에 의해서 대체되며, 그러한 윤곽형 천장 전극(140)은 윤곽형 프로파일을 가지며 지지부 전극(134)과 커플링되어 챔버(100) 내에 제공된 세정 가스로부터의 플라스마를 에너지화한다. 천장 전극(140)은 전극(140)의 기능에 영향을 미치지 않고 금속-함유 부착물을 수용할 수 있는데, 이는 전극(140) 자체가 금속과 같은 전도체로 제조되기 때문이다. 이는, 기관(104) 상의 금속-함유 물질의 세정 시에 세정 챔버(100)의 성능을 개선한다.

- [0025] 하나의 버전에서, 윤곽형 천장 전극(140)은 기관 지지부(130)와 마주하는 원호형 표면(144)을 포함하며, 그러한 것의 하나의 버전이 도 1 내지 도 4에 도시되어 있다. 원호형 표면(144)은 단일-반경의 또는 다수-반경의 곡선형 표면을 포함하며, 그러한 곡선형 표면은 기관 지지부(130)의 기관 수용 표면에 걸쳐 연장하기에 충분히 큰 크기의 지름을 가진다. 지지부 전극(134) 또는 기관 지지부(130)와 원호형 표면(144) 사이에 형성되는 플라즈마의 플럭스 또는 플라즈마 밀도를 제어하도록, 원호형 표면(144)의 형상이 선택된다. 하나의 예로서, 원호형 표면(144)은 지지부 전극(134) 또는 기관 지지부(130)의 실질적으로 전체의 기관 수용 표면에 걸쳐 연장할 수 있고, 예를 들어 기관 지지부(130)의 기관 수용 표면적의 약 70% 이상, 또는 약 90% 이상에 걸쳐 연장할 수 있다.
- [0026] 또한, 원호형 표면(144)은 기관 지지부(130)의 지지부 전극(134)과 천장 전극(140) 사이의 갭(139)의 크기 또는 치수가 변화되도록 성형된 가변적인 단면 두께 또는 프로파일을 가진다. 이는, 지지부 전극(134) 및/또는 기관 지지부(130)의 상응하는 면적과 원호형 표면(144) 사이의 갭 거리를 변화시킨다. 가변적인 갭 거리는 기관 지지부(130)의 기관 수용 표면(137) 상에서 홀딩되는 기관(104)의 전체 표면에 걸쳐 방사상 방향을 따라 변화되는 플라즈마 밀도를 제공한다. 종래의 천장형 전극들은 천장 전극과 기관 수용 표면 사이의 갭을 가로질러 균일한 전기 플럭스를 제공하기 위해서 평평한 표면을 가진다. 대조적으로, 윤곽형 천장 전극(140)은 세정 챔버(100)의 프로세스 영역(106)을 가로질러 불균일한 또는 가변적인 전기 플럭스를 생성할 수 있는 프로파일(146)을 가지며, 이는 종래의 평평한 전극 디자인에 대해서 반직관적인(counterintuitive) 것이라 할 수 있다. 이러한 전극 형상은 기관 지지부(130)와 원호형 표면(144) 사이에 형성되는 플라즈마의 플라즈마 밀도가 기관 지지부(130)를 가로질러 방사상으로 변화시키도록 한다.
- [0027] 윤곽형 천장 전극(140)의 원호형 표면(144)의 원호형 프로파일(146)의 형상은 평평한 천장 전극(도시하지 않음)을 이용하여 에칭된 테스트 기관(104)에 대해서 얻어진 테스트 결과를 기초로 하여 실험적으로 결정된다. 에칭 깊이 또는 에칭 속도(rate)와 같은 에칭 파라미터가 테스트 기관(104)의 표면에 걸쳐 다수의 불연속적인 지점들에서 측정됨으로써, 기관(104)에 걸친 에칭 프로파일(148)을 제공하는 다수의 측정 포인트들을 획득하게 된다. 이어서, 평평한 전극에서 얻어진 에칭 프로파일을 보상하도록 윤곽형 천장 전극(140)의 원호형 프로파일(146)이 성형된다. 예를 들어, 윤곽형 천장 전극(140)의 원호형 프로파일(146)은 평평한 전극에서 보다 얇은 에칭 깊이 또는 보다 느린 에칭 속도를 가지는 것으로 측정되는 기관(104)의 영역들에서 보다 약한 전기장 및 그에 따른 보다 높은 플라즈마 밀도를 제공하도록 성형될 수 있고, 그리고 반대로, 평평한 전극에서 보다 깊은 에칭 깊이 또는 보다 빠른 에칭 속도로 에칭되는 것으로 판명된 기관(104)의 영역들에서 보다 강한 전기장 및 그에 따른 보다 낮은 플라즈마 밀도를 제공하도록 성형될 수 있을 것이다. 따라서, 지지부 전극(134)과 윤곽형 천장 전극(140) 사이의 갭(139)이 평평한 천장 전극을 이용하여 획득된 테스트 기관(104)의 에칭 프로파일(148)과 관련하여 변화되도록, 원호형 프로파일(146)이 기관(104)의 에칭 깊이 프로파일(148)과 관련하여 성형된다. 기관(104)의 에칭 깊이가 가장 깊은 위치에서, 윤곽형 천장 전극(140)의 원호형 프로파일(146)이 가장 깊이 함몰되어(recessed) 그 영역에서 전기장을 감소시키고 그리고 상응하는 플라즈마 밀도를 증대시키며, 또는 그 반대가 되게 한다.
- [0028] 평평한 표면형 천장 전극을 이용하여 에칭 세팅된 테스트 기관(104)에 대해 획득된 에칭 프로파일(148)의 그래프, 그리고 이러한 에칭 프로파일(148)을 보상할 수 있는 윤곽형 천장 전극(140)에 대해서 선택된 원호형 프로파일(146)의 상응하는 맵핑(mapping)이 도 2 및 도 3에 도시되어 있다. 그래프화된 이러한 실시예에서, 원호형 프로파일(146)은 기관 지지부(130)와 마주하고 챔버(100) 내에서 노출되는 윤곽형 천장 전극(140)의 면적의 약 70% 이상에 걸쳐 연장하는 매끄러운 곡선형(smoothly curving) 표면을 형성하는 볼록한 돌부(bulge; 150)를 포함한다. 도 1은 기관 지지부(130) 내의 지지부 전극(134)에 대한 윤곽형 천장 전극의 관계를 도시한다. 기관 지지부(130)는 중앙 영역 및 둘레 영역(152 및 154)을 포함하고, 그리고 볼록한 돌부(150)는 챔버(100) 내의 기관(104)의 프로세싱 동안에 중앙 영역(152)에 대한 둘레 영역(154)에서의 플라즈마 밀도를 증대시키도록 성형된다. 이는, 내부의 플라즈마 밀도를 감소시키기 위해서 중앙 영역(152)에서 기관 수용 표면(137)과 윤곽형 천장 전극(140) 사이의 갭 거리를 제 1의 보다 작은 거리로 감소시킴으로써, 그리고 내부의 플라즈마 밀도를 증대시키기 위해서 둘레 영역(154)에서 기관 수용 표면(137)과 윤곽형 천장 전극(140) 사이의 갭 거리를 제 2의 보다 큰 갭 거리로 증대시킴으로써 달성된다. 볼록한 돌부(150)는 기관 지지부(130)의 둘레 영역(154) 보다 중앙 영역(152)에서 지지부 전극(134)과 윤곽형 천장 전극(140) 사이의 갭이 보다 더 좁아지도록 설정한다. 하나의 버전에서, 지지부 전극(134)과 윤곽형 천장 전극(140)의 볼록한 돌부(150)의 정점(156) 사이의 갭의 가장 근접한 거리는 약 3 cm 이상이다. 그에 따라, 윤곽형 천장 전극(140)은 평평형 천장 전극을 이용하여 기관(104)을 가로질러 측정된 에칭 속도에 대해서 보상하여, 기관(104)에 걸쳐 실질적으로 균일한 에칭 세팅 속도 및 에칭 균

일도를 초래한다.

[0029] 또한, 윤곽형 천장 전극(140)은 다른 형상을 가지는 볼록한 돌부(150)를 구비할 수 있을 것이다. 예를 들어, 볼록한 돌부(150)는 상이한 곡률반경에 걸쳐 연속적으로 전이하는 다수-반경 원호(160)를 구비할 수 있으며, 그리고 오목한 함몰형 돌레방향 홈(162)에 의해서 둘러싸인다. 또 다른 버전에서, 볼록한 돌부(150)의 중앙 부분(164)이 약간 평평화될 수 있을 것이다. 볼록한 돌부(150)는 돌레의 오목한 홈(162)으로부터 곡선형이고 그리고 평탄화된 중앙 부분의 평면에 대해서 약간 경사진 환형 림(rim; 166)을 통해서 정점(156)으로 전이된다.

[0030] 다른 예상 버전에서, 도 4에 도시된 바와 같이, 윤곽형 천장 전극(140)의 원호형 표면(144)이 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이 성형된 윤곽형 천장 전극으로부터 얻어진 것에 대해서 반대되는 기능을 수행하는 오목한 함몰부(170)를 가지도록 성형된다. 이러한 버전에서, 오목한 함몰부(170)는 챔버(100) 내의 기관(104) 프로세싱 동안에 돌레 영역(154)에 비해 중앙 영역(152)에서 플라스마 밀도를 높이도록 성형된다. 이는, 해당 영역들에서 플라스마 밀도를 높이기 위해서 중앙 영역(152)에서 갭 거리를 증대시킴으로써, 그리고 내부의 플라스마 밀도를 낮추기 위해서 돌레 영역(154)에서 지지부 전극(134)과 윤곽형 천장 전극(140) 사이의 갭 거리를 감소시킴으로써 달성된다. 또한, 원호형 표면(144)이 다수-반경 원호(160)가 될 수 있을 것이고, 또는 상단 부분에서 평탄화된 평평부(plateau)를 가질 수 있을 것이다. 또한, 평평형 전극으로 프로세싱된 테스트 기관(104)의 돌레 영역(154)에 대비하여 중앙 영역(152)에서 보다 빠른 에칭 속도가 얻어지는 경우에, 윤곽형 천장 전극(140)의 이러한 버전은 평평한 천장 전극을 이용하여 기관(104)에 걸쳐 달성되는 에칭 속도를 보상함으로써 기관이 그 표면에 걸쳐 균일하게 에칭 세정되는 에칭 세정 프로세스를 제공한다.

[0031] 또한, 도 1 및 도 3에 도시된 바와 같이, 윤곽형 천장 전극(140)은 볼록한 돌부(150)의 돌레로부터 하향 연장하여 기관 지지부(130)의 기관 수용 표면(137)을 둘러싸는 환형 밴드(174)를 구비한다. 환형 밴드(174)는 기관 지지부(130)와 윤곽형 천장 전극(140)의 원호형 표면(144) 사이에 생성되는 프로세스 영역(106)을 둘러싼다. 환형 밴드(174)는 기관 지지부(130)의 외측 돌레를 충분히 둘러쌀 수 있을 정도로 그리고 프로세스 사이클 동안에 챔버(100)의 측벽(110)을 충분히 차단(shadow)할 수 있을 정도로 천장 덮개(108)로부터 하향 연장된다. 환형 밴드(174)는, 그렇지 않았다면 챔버(100)의 측벽(110) 및 챔버의 다른 내측 표면으로 낙하될 수 있었던, 기관(104)의 표면으로부터 기원하는 프로세스 잔류물의 부착물을 감소 또는 예방하는 상부 차단부로서의 역할을 한다. 또한, 환형 밴드(174)는 기관(104)의 표면 상에서 세정 플라스마를 수용(contain)하는 역할을 한다. 이는 세정 플라스마에 의한 내측 챔버 표면의 침식을 감소시킨다. 윤곽형 천장 전극의 돌레방향 엣지(141)는 윤곽형 천장 전극(140)을 지지하는 역할을 하고, 환형 밴드(174)의 돌레로부터 방사상 외측으로 연장하는 지지부 랫지(176)를 포함한다. 이러한 버전에서, 윤곽형 천장 전극(140)은 알루미늄으로 이루어질 수 있으나, 스테인리스 강과 같은 금속을 포함하여, 다른 전기 전도체로 제조될 수도 있을 것이다.

[0032] 도 1 및 도 5에 도시된 바와 같이, 유전체 베이스플레이트(178)가 기관 지지부(130)의 지지부 전극(134)의 아래쪽에 위치된다. 유전체 베이스플레이트(178)는 지지부 전극(134)을 주변의 챔버 부품들로부터 전기적으로 격리시키는 역할을 한다. 유전체 베이스플레이트(178)는 상단 표면 상에 지지부 전극(134)을 가지는 기관 지지부(130)를 수용한다. 유전체 베이스플레이트(178)는 지지부 전극(134)의 돌레방향 엣지(198)를 절연시키기 위해서 지지부(130)의 상단 표면을 둘러싸는 돌레방향 플랜지(180)를 구비한다. 돌레방향 플랜지(180)는 지지부 전극(134)의 돌레방향 림(204)을 둘러싸는 환형 상단 표면(182)을 구비한다.

[0033] 도 5를 참조하면, 유전체 링(186)은 기관 지지부(130)의 지지부 전극(134)을 둘러싸기 위해 돌레방향 플랜지(180)의 환형 상단 표면(182) 상에 놓이는 베이스(188)를 포함한다. 또한, 유전체 링(186)은 기관 수용 표면(137) 보다 높은 높이를 가지는 릿지(196)를 구비한다. 유전체 링(186)의 릿지(196)는 세정 플라스마를 수용하고 기관(104)의 표면 상으로 포커싱하는 역할을 한다. 또한, 릿지(196)는 윤곽형 천장 전극(140)의 윤곽형 프로파일(146)과 시너지를 일으켜서 기관(104)의 돌레방향 엣지에서 플라스마 밀도 및 플라스마 종의 에너지를 제어하는 작용을 한다. 예를 들어, 유전체 링(186)은 기관(104)의 돌레방향 영역에서 기관(104)을 타격하는 플라스마 이온 플럭스를 감소시킬 수 있고, 그에 따라 기관(104)의 중앙 영역에 비해서 돌레방향 영역의 에칭 속도를 감소시킬 수 있다. 이는, 기관(104)에 걸쳐 에칭 속도를 제어함으로써 기관(104)에 걸친 보다 균일한 세정을 제공한다. 유전체 링(186)은 기관 지지부(130)의 돌레방향 림(204)을 덮는 방사상 내측 랫지(202)를 구비하며, 또한 지지부 전극(134)의 돌레방향 엣지(198)를 둘러싸고 보호하는 역할을 한다. 또한, 방사상 내측 랫지(202)는 기관 지지부(130) 상에서 프로세싱되는 기관(104)의 돌레를 직접적으로 둘러싸는(immediately surrounding) 낮은 높이(reduced height)의 단차부를 제공한다.

[0034] 유전체 링(186)의 방사상 내측 랫지(202) 및 릿지(196)가 실질적으로 직선형 또는 경사형(sloped)일 수 있는 내

측 페이스(face; 208)에 의해서 결합된다. 하나의 버전에서, 내측 페이스(208)는 실질적으로 직선형이고 기관 표면의 평면에 수직이다. 다른 버전에서, 경사진 내측 페이스(208)는 약 60° 이상, 예를 들어 약 82° 내지 약 98°의 각도(r3) 만큼 릿지(196)의 상단 표면 평면에 대해서 상대적으로 경사진다. 경사진 내측 페이스(208)는 기관(104)의 위에 형성된 플라스마에 대한 점진적인 전이 영역을 제공한다. 경사진 내측 페이스(208)는 또한, 그렇지 않았더라면 날카로운 엣지 또는 모서리를 덮고 있는 코팅에서 발생될 수 있었던 응력을 감소시키기 위해서 둥근형의 엣지(212)를 포함하는데, 그러한 응력은 해당 영역들에 부착된 잔류물들이 조기에 박리되게 하는 원인이 된다. 그에 따라, 둥근형의 엣지(212)로 인해서 프로세스 잔류물이 유전체 링(186) 상에 보다 더 두꺼운 두께로 부착될 수 있게 된다. 또한, 둥근형의 엣지(212)는 유전체 링(186)의 엣지에 대한 세정 플라스마의 침식 효과를 추가적으로 감소시킨다.

[0035] 베이스 차폐부(214)(하부 차폐부라고도 한다)를 이용하여 도 1에 도시된 바와 같이 유전체 베이스플레이트(178)를 지지한다. 도 6A를 참조하면, 베이스 차폐부(214)는 다수의 승강 핀(138)이 통과하여 연장하기 위한 다수의 승강 핀 홀(217)을 구비하는 상단 표면(216)을 가지는 원형 디스크(215)를 포함한다. 원형 디스크(215)의 상단 표면(216)은 유전체 베이스플레이트(178)를 지지하는데 이용된다. 상단 표면(216)은 또한 전기 커넥터(120) 및 기타 구조물이 관통하여 연장할 수 있도록 허용하는 중앙 홀(213)을 구비할 수 있다. 또한, 베이스 차폐부(214)는 원형 디스크(215)의 둘레에서 그리고 그로부터 상향으로 연장하는 둘레 벽(218)을 구비한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 둘레 벽(218)은 유전체 베이스플레이트(178)의 둘레방향 플랜지(180)로부터 이격된다.

[0036] 예를 들어, 둘레 벽(218)은 약 1 cm 이상의 이격 거리 만큼 유전체 베이스플레이트(178)의 둘레방향 플랜지(180)로부터 이격될 수 있다. 또한, 둘레 벽(218)은 원형 디스크(215)의 상단 표면(216)으로부터 실질적으로 수직 방향으로, 예를 들어, 약 5 mm 이상의 높이까지 연장한다. 또한, 둘레 벽(218)은 윤곽형 천장 전극(140)의 밴드 차폐부(174)와 평행하게 그리고 그로부터 이격된다. 예를 들어, 둘레 벽(218)은 약 1 cm 이상의 이격 거리만큼 밴드 차폐부(174)로부터 이격될 수 있다. 둘레 벽(218)은 밴드 차폐부(174)와 함께 회선형의(convoluted) 통로를 형성하여, 플라스마 중의 통로를 방해하는 미로로서 역할을 하는 좁은 갭(220)을 그 사이에 형성한다. 좁은 갭(220)의 제한된(constricted) 유동 경로는 측벽(110)과 같은 챔버의 외측 방사상 표면 상에 저-에너지 플라스마 부착물이 축적되는 것을 제한한다. 또한, 밴드 차폐부(174) 및 베이스 차폐부(214)의 둘레 벽(218)의 노출된 표면들은 잔류 증착물이 챔버 측벽(110)에 접근하기 전에 잔류 증착물을 수용하는 부착 표면으로서 작용한다. 이러한 방식에서, 베이스 차폐부(214)는 프로세스 잔류물로부터 챔버 측벽(110)을 추가적으로 보호한다. 베이스 차폐부(214)는 플로팅 또는 기타 전기 전위에서 유지되거나 전기적으로 접지될 수 있을 것이다. 하나의 버전에서, 베이스 차폐부(214)는, 예를 들어, 알루미늄과 같은 금속 또는 기타 금속과 같은 전기 전도체로 구성된다.

[0037] 도 6B에 도시된 바와 같이, 베이스 차폐부(214)의 다른 버전은 유전체 베이스플레이트(178)의 둘레방향 플랜지(180)와 베이스 차폐부(214)의 둘레 벽(218) 사이에서 내측 벽(219)을 포함한다. 하나의 버전에서, 내측 벽(219)은 또한 원형 디스크(215)의 상단 표면(216)으로부터 수직방향을 따라 위쪽으로 연장한다. 하나의 버전에서, 내측 벽(219)은 약 1 cm 이상의 이격 거리만큼 둘레 벽(218)으로부터 이격되고, 내측 벽(219)은 약 5 mm 이상의 높이를 가진다. 내측 벽(219)은, 베이스 차폐부(214)의 나머지와 유사하게, 전기 전도체로 구성될 수 있을 것이다. 내측 벽(219)은, 예를 들어, 윤곽형 천장 전극(140)에 보다 근접한 전기 전도 경로를 제공함으로써 접지 면(ground plane)을 상승(raise)시키는 역할을 할 수 있을 것이다. 이는 기관(104)의 엣지 및 내측 벽(219) 주변의 국부적인 영역에서 전기 플럭스 또는 플라스마 밀도를 변화시키고, 그리고 결과적으로 에칭 속도를 변화시켜, 전체 기관(104)에 걸쳐 보다 균일한 에칭을 달성할 수 있게 한다. 그에 따라, 내측 벽(219)은 기관(104)에 걸친 플라스마 분포를 제어하기 위해서 베이스 차폐부(214)의 이러한 버전에서 다른 형태의 플라스마 제어부로서의 역할을 하도록 구성된다.

[0038] 세정 프로세스의 예시적인 버전에서, 기관(104)이 세정 챔버(100) 내의 기관 지지부(130) 상에 위치되고, 그리고 기관 지지부(130)가 이동되어 지지부 전극(134)과 윤곽형 천장 전극(140) 사이에 갭(139)을 설정한다. 세정 가스가 가스 유입구(124)를 통해서 챔버(100) 내로 도입되고, 상기 가스 유입구는 가스 공급원(126)으로부터 세정 가스를 제공하며, 상기 가스 공급원은 회망 유동 비율로 함께 혼합되는 여러 가스들을 제공하는 다수의 가스 공급부 또는 단일형의 가스 공급부일 수 있을 것이다. 세정 가스의 유량(flow rate)은 챔버 내로 세정 가스의 설정 유량을 통과시키기 위한, 질량 유동 제어부와 같은, 다수의 가스 유동 제어 밸브(128)를 통해서 제어된다. 가스 압력은 스로틀 밸브(129)를 이용하여 배기 펌프(123)로의 가스 유동을 제어함으로써 설정된다. 통상적으로, 챔버(100) 내의 세정 가스의 압력은 진공 분위기와 같은 대기압 이하의 레벨로, 예를 들어, 약 1 mTorr 내지 약 1 Torr의 가스 압력으로 설정된다. 세정 가스는 플라스마 중을 형성하도록 에너지화 될 수 있고 그리고

기관(104) 상에 에너지적으로 충돌하여(energetically impinging) 기관(104)으로부터 물질을 스퍼터링할 수 있는 비-반응성 가스를 포함할 수 있을 것이다. 또한, 세정 가스는 자연 산화물, 폴리머 잔류물, 또는 기관(104) 표면 상의 기타 물질과 반응하여 배기 시스템에 의해서 챔버(100)로부터 제거되는 휘발성 화합물을 형성할 수 있는 산소-함유 가스 또는 할로젠-함유 가스와 같은 반응성 가스를 포함할 수도 있을 것이다.

[0039]

폴리실리콘, 구리 및 금속 표면으로부터의 자연 산화물 및 기타 오염물질을 제거하기 위한 하나의 프로세스는 세정 프로세스 단계를 이용하며, 그러한 단계에서 기관 표면은 에너지화된 세정 가스에 노출되고, 그리고 그 후에는 환원 프로세스 단계가 선택적으로 후속될 수 있으며, 그러한 환원 프로세스 단계에서는 기관 표면이 에너지화된 환원 가스에 노출된다. 세정 프로세스 단계는 산소, CF_4IO_2 의 혼합물, 또는 NF_3 및 He와 같은 혼합 가스와 같은 세정 가스를 이용한다. 잔류하는 자연 산화물은 또한 수소 라디칼을 포함하는 플라즈마를 이용한 처리에 의해 환원 프로세스 단계에서 환원될 수 있을 것이다. 세정 프로세스 동안에, 자연 산화물 및 기타 표면 오염물질의 제거는 기관(104) 상의 노출 층의 반사도 측정에 의해서 모니터링될 수 있다. 표면 반사도가 기관 상의 자연 산화물 또는 다른 오염물질의 존재를 측정에 이용될 수 있는데, 이는 이러한 물질들이 기관 표면의 반사도를 변화시키기 때문이다. 통상적으로, 반사도는 광학 장치를 이용하여 세정 프로세스에서 측정된다.

[0040]

챔버(100) 내에서 기관(104)을 프로세싱하기 위해서 챔버(100)의 부품들을 작동시키기 위한 명령어 세트를 가지는 프로그램 코드를 포함하는 제어부(230)에 의해서 챔버(100)가 제어된다. 예를 들어, 제어부(230)는 기관 지지부(130)의 승강 모터(131) 그리고 기관 이송 및 로봇 기구를 작동시키기 위한 기관 위치결정 명령어 세트; 챔버(100)로의 세정 가스의 유동을 설정하기 위해서 가스 유동 제어 밸브(127)를 작동시키는 가스 유동 제어 명령어 세트; 챔버(100) 내의 압력을 유지하기 위해서 배기 스로틀 밸브(129)를 작동시키기 위한 가스 압력 제어 명령어 세트; 가스 에너지화 파워 레벨(power level)을 설정하기 위해서 지지부 전극(134) 및 그 반대쪽의 윤곽형 천장 전극(140)을 포함하는 가스 에너지라이저를 작동시키기 위한 가스 에너지라이저 제어 명령어 세트; 챔버(100) 내의 여러 부품들의 온도를 설정하기 위해서 챔버 벽(105) 또는 기관 지지부(130) 내의 온도 제어 시스템을 제어하기 위한 온도 제어 명령어 세트; 그리고 챔버 내의 프로세스를 모니터링하기 위한 프로세스 모니터링 명령어 세트를 포함하는 프로그램 코드를 포함할 수 있다.

[0041]

하나의 세정 프로세스에서, 세정 가스는 제 1 주파수를 포함하는 제 1 전압 및 제 2 주파수를 포함하는 제 2 전압을 지지부 전극(134) 및 윤곽형 천장 전극(140)으로 인가하는 듀얼 주파수 전력(전기 파워; electrical power)에 의해서 에너지화된다. 제 1 주파수는 제 2 주파수 보다 낮으며, 예를 들어, 제 1 주파수는 약 10 KHz 이상만큼 제 2 주파수 보다 낮을 수 있다. 하나의 버전에서, 제 1 주파수는 약 20 KHz 미만이고 그리고 제 2 주파수는 약 20 MHz 이상이다. 예를 들어, 제 1 주파수는 13.5 KHz일 수 있고, 그리고 제 2 주파수는 60 MHz일 수 있다.

[0042]

제 1 주파수 대 제 2 주파수의 파워 비율 역시 세정 프로세스에 영향을 미치는데, 이는 제 1 주파수가 플라즈마 종의 증가된 가속(increased acceleration)을 제공하고 그리고 제 2 주파수가 플라즈마 내에서의 추가적인 이온화 및 분해(dissociation)를 제공하기 때문인 것으로 믿어진다. 그에 따라, 제 1 주파수의 전압이 제 2 주파수의 전압 보다 높은 전력 레벨에서 공급되었을 때, 플라즈마 종의 양 대 플라즈마 종의 운동 에너지의 비율이 제어될 수 있을 것이다. 보다 높은 운동 에너지를 가지는 플라즈마 종은 기관에 대한 보다 증대된 또는 보다 깊은 침투 스퍼터링을 생성하는 반면 증대된 수의 플라즈마 종은 기관에 걸쳐 훨씬 균일한 분포 또는 플라즈마 플럭스를 생성한다. 예를 들어, 세정 프로세스의 일 실시예는 파워 레벨이 약 200 내지 약 200 Watts인 13.5 MHz의 제 1 주파수의 전압; 그리고 파워 레벨이 약 800 내지 약 1300 Watts인 60 MHz의 제 2 주파수의 전압을 인가한다. 이러한 버전에서, 60 Mhz 파워는 보다 많은 이온을 생성함으로써 플라즈마 밀도를 증대시키는데 기여하게 된다. 대조적으로, 13.56 Mhz 파워는 플라즈마 외장(sheath)에 걸쳐 이온을 가속시키기 위해서 60 Mhz 파워에 의해서 생성된 이온을 가속함으로써 이온 에너지에 기여하게 된다. 너무 적은 60 Mhz 파워는 이용가능한 플라즈마 종을 불충분하게 할 것이고, 그리고 너무 적은 13.56 Mhz 파워는 기관 표면을 에칭할 정도로 충분한 레벨의 운동 에너지를 플라즈마 이온이 가지지 못하게 할 것이다. 그에 따라, 하나의 세정 프로세스에서, 제 1 주파수 대 제 2 주파수의 파워 비율은 약 1 : 2 이상, 또는 약 1 : 3 이상으로 설정된다.

[0043]

도 7은 본 명세서에서 설명된 세정 프로세스를 이용하여 세정 챔버(100) 내에서 프로세싱되는 기관의 표면에 걸쳐 획득된 균일한 세정 속도를 윤곽선으로 도시한 것이다. 기관(104)은 열적(thermal) 이산화실리콘 층으로 코팅된 300 mm 실리콘 웨이퍼이다. 기관(104)은 이하의 프로세스 조건을 이용하여 세정되었다: 13.56 Mhz 파워의 300W 및 60 Mhz 파워의 1000W; 4.5mT의 챔버 압력; 아르곤 유동. 도 3에 도시된 바와 같이, 챔버(100)는 볼록한 돌부(150)를 가지는 원호형 표면(144)을 구비하는 윤곽형 천장 전극(140)을 이용하였다. 도 7의 윤곽선 맵

에 도시된 바와 같이, 세정 프로세스에서, 에칭 세정 속도가 기관(104)에 걸쳐 측정되었다. 평균 에칭 속도는 약 350 Å/분이었으며, 윤곽선 맵 상에 도시된 지점들은 평균 에칭 세정 속도를 초과하거나 그 미만인 에칭 속도 값에 상응한다. 윤곽형 천장 전극(140) 및 듀얼 주파수 세정 프로세스는 기관의 표면에 걸쳐 1.5% 미만으로 변화되는 에칭 세정 속도를 가지는 높은 에칭 세정 균일도를 제공하였다.

[0044]

또 다른 측면에서, 세정 챔버(100) 내의 기관(104) 상의 층을 에칭 세정하기 위한 프로세스는 세정 단계들 사이에서 챔버(100)의 내부 표면 상에 금속 층을 코팅하는 컨디셔닝 프로세스를 실행함으로써 보다 더 개선될 수 있다. 세정 프로세스 단계에서, 기관(104) 상의 제 1 물질로부터 오염물질 및 자연 산화물을 세정 및 제거하여 분리시키기 위해서, 제품 기관(104)의 제 1 배치(batch)가 세정 챔버(100) 내에서 세정된다. 이러한 세정 단계는 제 1 물질을 포함하는 프로세스 잔류물들이 세정 챔버(100)의 내측 표면 상에 부착되게 한다. 다수의 기관(104)을 프로세싱한 후에, 챔버(100)의 내측 표면 상의 프로세스 잔류물 및 부착물들이 필름 용액의 축적으로 인해서 후속 프로세스 사이클 중에 박리될 위험이 있을 정도의 큰 두께로 누적된다. 이러한 시점에서, 컨디셔너 기관이 세정 챔버(100) 내로 이동된다. 컨디셔너 기관은 세정 챔버(100) 내로 스퍼터링 가스를 도입함으로써 그리고 상기 스퍼터링 가스로 전력을 용량 결합(capacitively coupling)시켜 스퍼터링 가스를 에너지화함으로써 세정 챔버(100) 내에서 에칭 스퍼터링된다. 컨디셔너 기관은 제품 기관(104)으로부터 이전에 세정된 제 1 물질과 상이한 물질인 제 2 물질을 포함한다. 스퍼터링 프로세스는 컨디셔너 기관으로부터 물질을 스퍼터링하여 그러한 스퍼터링된 "페이스트(paste)" 물질로 세정 챔버(100)를 코팅하며, 상기 페이스트 물질은 프로세스 잔류물 상의 컨디셔닝 층으로서의 역할을 한다. 새롭게(freshly) 코팅된 챔버(100)의 내측 표면은 이제 이러한 프로세스 잔류 부착물의 박리를 일으키지 않고 추가적인 프로세스 잔류 부착물을 수용할 수 있게 된다.

[0045]

챔버 컨디셔닝 단계 후에, 세정 챔버(100)의 내부 표면 상에서 앞서서 부착된 프로세스 잔류물 위에 형성된 컨디셔닝 층 상에 추가적인 프로세스 잔류물을 축적하기 위해서 제품 기관의 제 2 배치가 세정 챔버(100) 내에서 세정되어 기관(104) 상의 제 1 물질을 세정한다. 이러한 프로세스는 챔버(100)의 프로세스 키트 부품들을 분해하고 세정하기 전에 부가적인 프로세스 사이클들이 실행될 수 있도록 허용하고, 그에 따라 챔버(100)의 작동 시간을 늘린다. 컨디셔닝 프로세스는, 세정을 위해서 세정 챔버 내의 프로세스 키트 부품들을 분리하여야 할 때까지 연속적인 기관 배치를 여러 번 프로세싱할 수 있게 허용한다. 예를 들어, 챔버 표면 상에 프로세스 잔류물을 축적시키기 위해 많은 수의 기관 배치가 세정될 수 있으며, 그 후에 컨디셔닝 층이 축적된 프로세스 잔류물 상에 부착될 수 있고, 그리고 축적된 프로세스 잔류물을 세정하기 위해서 세정 챔버 내에서 프로세스 키트를 분리할 때까지 이러한 프로세스는 2 차례 이상 반복될 수 있을 것이다.

[0046]

일 실시예에서, 제품 기관은, 예를 들어, 실리콘 질화물(SiN) 등의 실리콘 함유 물질과 같은 제 1 금속-함유 물질, 또는 폴리이미드와 같은 다른 물질을 포함하는 제 1 물질을 포함한다. 에칭 세정시에, 이들 기관은 실리콘 질화물 또는 폴리이미드로 이루어진 프로세스 잔류물이 내부 챔버 표면 상에 부착되게 한다. 적합한 컨디셔닝 물질은 예를 들어 알루미늄 또는 티타늄과 같은 제 2-금속 함유 물질일 수 있는 제 2 물질을 포함한다. 이러한 제 2 물질이 챔버 내에서 스퍼터링되어 축적된 프로세스 잔류물 상에 컨디셔닝 층을 부착시킨다. 하나의 버전에서, 약 1 미크론 이상의 두께로 프로세스 잔류물이 축적된 후에 주기적인 컨디셔닝 프로세스가 실행되나; 이는 잔류물의 타입이나 점착 품질에 따라서 그리고 하부의 챔버 표면의 구성에 따라서 달라진다. 하나의 버전에서, 컨디셔닝 프로세스가 실행되어 프로세스 챔버의 내측 표면 상에 약 500 옹스트롬 이상의 두께로 컨디셔닝 층을 부착시킨다.

[0047]

컨디셔닝 프로세스의 하나의 예시적인 버전에서, 아르곤을 포함하는 스퍼터링 가스가 세정 챔버 내로 도입되고, 그리고 가스가 300 watts 전력 레벨과 13.56 MHz 주파수의 RF 에너지; 및 1000 watts 전력 레벨과 60 MHz 주파수의 RF 에너지를 약 2분 동안 용량 결합시킴으로써 에너지화된다. 컨디셔닝 물질의 공급원은 챔버 자체 내의 프로세스 키트 및 기타 부품; 알루미늄 코팅을 구비하는 실리콘 웨이퍼와 같은 제 2 물질의 코팅을 구비하는 기관; 또는 챔버 내에서 스퍼터링될 수 있는 알루미늄제 희생 받침대(sacrificial pedestal)일 수 있을 것이다. 이러한 스퍼터링 프로세스는 내부 챔버 표면 상에 형성되어 있던 축적된 프로세스 잔류물 상에 약 0.08 내지 약 0.12 미크론 두께의 컨디셔닝 층을 부착한다. 약 50개 내지 약 100개의 기관을 세정한 후에 컨디셔닝 프로세스가 반복될 수 있다. 바람직하게, 컨디셔닝 프로세스는, 챔버 부품으로부터 프로세스 잔류물을 제거하기 위해서 챔버를 중단하는 중간 단계를 필요로 하지 않으면서, 더 많은 수의 기관, 예를 들어, 약 3500 내지 약 4500 개의 기관을 프로세싱할 수 있게 허용한다.

[0048]

전술한 바와 같은 프로세스 키트, 세정 챔버(100), 그리고 세정 및 컨디셔닝 프로세스의 실시예들은 상당한 이점을 제공한다. 윤곽형 천장 전극(140), 유전체 링(186), 기관 지지부(130), 베이스 차폐부(214), 및 세정 챔버(100)의 기타 프로세스 키트 부품들은 기관(104) 상의 자연 산화물 층 및 표면 오염물질에 대한 보다 균일한

세정을 제공하는 한편, 세정 사이클들 사이에 더 많은 수의 기관 프로세싱 사이클 역시 실시될 수 있게 허용한다. 또한, 듀얼 주파수, 용량 결합성 세정 프로세스는 기관 표면에 걸친 플라즈마 밀도 또는 플라즈마 종의 개체수 및 플라즈마 종의 운동 에너지 모두에 대한 보다 양호한 세정 제어를 제공한다. 또한, 인-시츄(in-situ) 금속 스퍼터링 프로세스는 챔버 세정 사이클들 사이의 프로세스 사이클의 횟수를 실질적으로 증대시킨다. 그에 따라, 이러한 프로세스 및 장치는 상당히 개선된 세정을 제공하는 한편, 챔버 부품의 세정을 위해서 챔버 부품을 개방하고 분리하는데 필요한 세정 챔버(100)의 중단 시간을 상당히 단축시킨다.

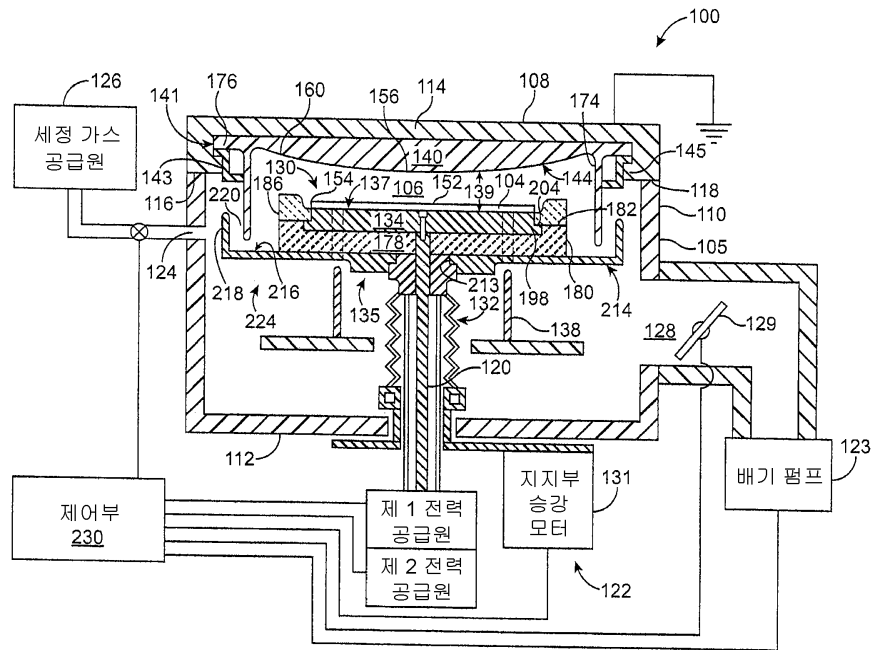
[0049] 본 발명의 특징의 바람직한 버전을 참조하여 본원 발명을 설명하였지만, 다른 버전도 가능할 것이다. 예를 들어, 윤곽형 천장 전극, 유전체 링, 지지부, 및 하부 차폐부는, 소위 당업자가 이해할 수 있는 바와 같이 다른 타입의 용도에서도, 예를 들어 에칭 챔버, CVD 챔버, 및 PVD 챔버에서도 이용될 수 있을 것이다. 그에 따라, 첨부된 특허청구범위의 사상 및 범위는 상세한 설명에 기재된 바람직한 버전에 대한 설명으로 제한되지 않을 것이다.

도면의 간단한 설명

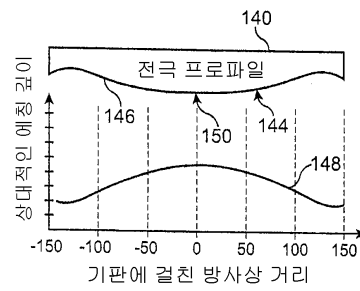
- [0012] 도 1은 윤곽형 천장 전극, 기관 지지부, 유전체 링, 전기 베이스플레이트, 및 하부 차폐부를 도시하는 세정 챔버의 일 실시예의 개략적인 측면면도이다.
- [0013] 도 2는 평평한 천장 전극을 이용하여 에칭 세정된 테스트 기관에서 얻어진 에칭 프로파일(etch profile), 및 그러한 에칭 프로파일을 보상하는 윤곽형 천장 전극을 위해서 선택된 원호형 프로파일의 상응하는 맵핑(corresponding mapping)을 도시한 그래프이다.
- [0014] 도 3은 볼록한 돌부, 둘레방향 홈, 및 둘레방향 벽을 포함하는 원호형 표면을 구비하는 윤곽형 천장 전극의 일 실시예를 도시한 사시도이다.
- [0015] 도 4는 오목한 함몰부인 원호형 표면을 구비하는 윤곽형 천장 전극의 측면면도이다.
- [0016] 도 5는 기관 지지부 및 유전체 베이스플레이트 상에 놓인 커버 링의 일 실시예의 부분 단면을 도시한 도면으로서, 기관 지지부 상에 위치된 기관을 도시한 도면이다.
- [0017] 도 6A는 둘러싸고 있는 둘레방향 벽과 함께 원형 디스크를 포함하는 베이스 차폐부의 일 실시예를 도시한 사시도이다.
- [0018] 도 6B는 서로 동심적인 주변의 둘레 벽 및 내측 벽을 포함하는 베이스 차폐부의 다른 실시예를 도시한 사시도이다.
- [0019] 도 7은 세정 챔버 내에서 프로세싱된 기관의 표면에 걸쳐 획득된 균일한 세정 속도를 도시한 윤곽선 플롯(plot)이다.

도면

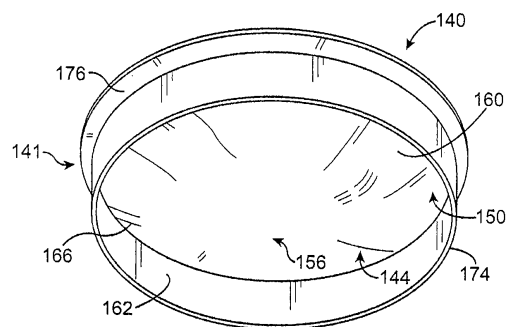
도면1



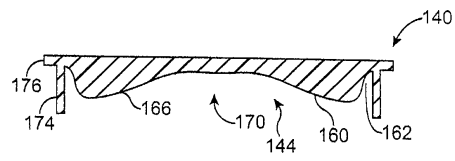
도면2



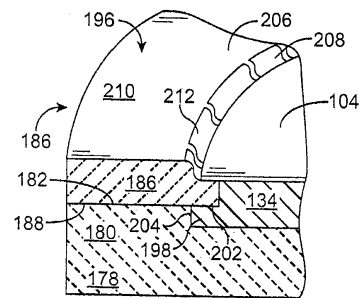
도면3



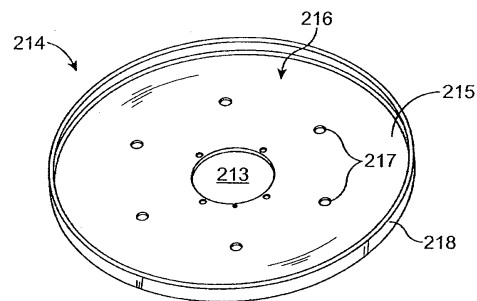
도면4



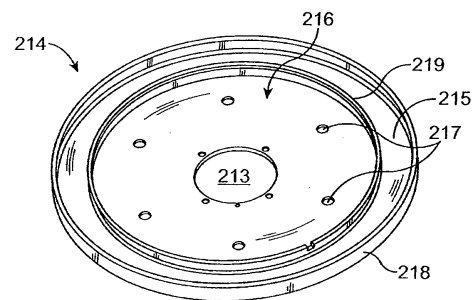
도면5



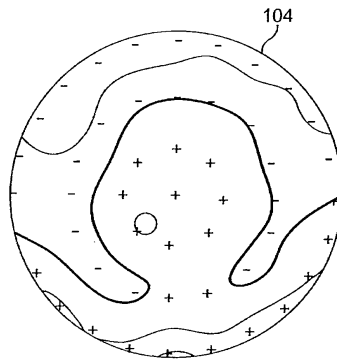
도면6A



도면6B



도면7



에칭 속도 > 350 Å/분
 에칭 비-균일도 < 1.5%
 평균(mean) 355
 표준편차 5
 - 계산된 평균 미만
 + 계산된 평균 초과