



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0100800
(43) 공개일자 2025년07월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/683 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) H01L 21/687 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/6833 (2013.01)
H01J 37/32724 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7021454(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2019년05월03일
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2022-7041112
원출원일자(국제) 2019년05월03일
심사청구일자 2022년11월23일
- (85) 번역문제출일자 2025년06월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/030741
- (87) 국제공개번호 WO 2019/231614
국제공개일자 2019년12월05일
- (30) 우선권주장
62/678,540 2018년05월31일 미국(US)

- (71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
- (72) 발명자
벤자민슨, 데이비드
미국 95008 캘리포니아주 캠벨 화이트 오크스 로드 1689
파케, 비제이 디.
미국 95135 캘리포니아주 산 호세 부케 파크 레인 4054
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
양영준, 백만기

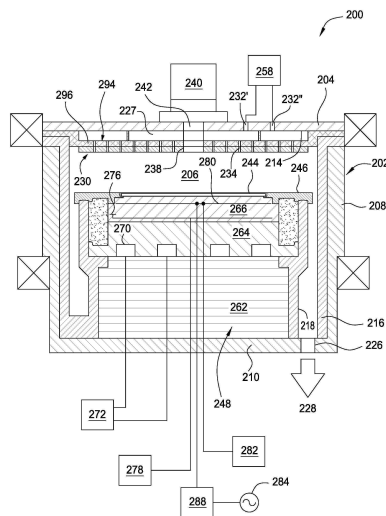
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 **극도의 균일성의 가열식 기관 지지 조립체**

(57) 요약

본원에 설명된 구현들은 작업물 표면에 걸친 온도 균일성을 가능하게 하는 기관 지지 조립체를 제공한다. 일 실시예에서, 몸체를 포함하는 기관 지지 조립체가 제공된다. 몸체는 세라믹으로 만들어진다. 몸체는 작업물 지지 표면 및 장착 표면을 갖는다. 작업물 지지 표면 및 접합 척 몸체 표면은 10 마이크로 미만의 편평도를 갖는다. 제1 가열기는 몸체 외부의 바닥 표면 상에 배치된다. 접합 층은 제1 가열기 위에 배치되고, 접합 층은 전기 절연성이고, 금속으로 만들어진 몸체를 갖는 냉각 베이스이다. 냉각 몸체는 상부 냉각 몸체 표면 및 하부 냉각 몸체 표면을 갖고, 상부 냉각 몸체 표면은 약 10 마이크로 미만으로 편평하다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 21/67103 (2013.01)

H01L 21/67109 (2013.01)

H01L 21/67248 (2013.01)

H01L 21/68735 (2013.01)

H01L 21/68757 (2013.01)

(72) 발명자

코라 시다라마이아, 온카라 스와미

미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 보워스 애비뉴 3050

플로이드, 커비 에이치.

미국 95119 캘리포니아주 산 호세 로스 피노스 웨이 327

왕, 저스틴

미국 95054 캘리포니아주 산타 클라라 보워스 애비뉴 3050

사미르, 메흐메트 투그룰

미국 94043 캘리포니아주 마운틴 뷰 애즈버리 웨이 1019

루보미르스키, 드미트리

미국 95014 캘리포니아주 쿠파티노 베트 애비뉴 862

명세서

청구범위

청구항 1

제1항에 기재된 기관 지지 조립체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원에 설명된 구현들은 일반적으로, 반도체 제조에 관한 것으로, 더 구체적으로, 온도 제어식 기관 지지 조립체 및 이를 사용하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 디바이스 패턴들의 피쳐 크기가 더 작아짐에 따라, 이러한 피쳐들의 임계 치수(CD) 요건들은 안정적이고 반복 가능한 디바이스 성능을 위해 더 중요한 기준이 된다. 처리 챔버 내에서 처리된 기관에 걸친 허용가능한 CD 변동은, 챔버 비대칭들, 예컨대, 챔버 및 기관 온도, 유동 컨딕턴스 및 RF 장들로 인해 달성하기 어렵다.

[0003] 정전 척을 활용하는 프로세스들에서, 기관의 표면에 걸친 온도 제어의 균일성은 기관 아래의 척의 불균일한 구성으로 인해 훨씬 더 난제이다. 예를 들어, 정전 척의 일부 영역들은 가스 홀들을 갖는 반면, 다른 영역들은 가스 홀들로부터 측방향으로 오프셋된 리프트 핀 홀들을 갖는다. 또 다른 영역들은 척킹 전극들을 갖는 반면, 다른 영역들은 척킹 전극들로부터 측방향으로 오프셋된 가열기 전극들을 갖는다. 정전 척의 구조는 측방향 및 방위각 양쪽 모두로 변할 수 있기 때문에, 척과 기관 사이의 열 전달의 균일성은 복잡하고 획득하기 매우 어려우며, 척 표면에 걸쳐 국부적인 열점들 및 냉점들을 초래하고, 이는 결과적으로, 기관의 표면을 따라 처리 결과들의 불균일성을 초래한다.

[0004] 척과 기관 사이의 열 전달의 측방향 및 방위각의 균일성은, 정전 척이 장착되는 종래의 기관 지지부들에서 일반적으로 활용되는 열 전달 방식들에 의해 더 복잡해진다. 불균일성은 기관에 걸쳐 식각 속도들을 제어하는 데 있어서 특정 문제들을 생성한다. 특히, 기관에 걸친 온도의 불균일성은, 작은 임계 치수들을 갖는 디바이스 패턴들을 기관에 형성할 때, 선택성을 갖는, 기관의 중심으로부터 에지까지의 식각을 제어하는 것을 어렵게 만든다.

[0005] 따라서, 개선된 기관 지지 조립체가 필요하다.

발명의 내용

[0006] 본원에 설명된 구현들은 작업물 표면에 걸친 온도 균일성을 가능하게 하는 기관 지지 조립체를 제공한다. 일 실시예에서, 몸체를 포함하는 기관 지지 조립체가 제공된다. 몸체는 세라믹으로 만들어진다. 몸체는 작업물 지지 표면 및 장착 표면을 갖는다. 작업물 지지 표면 및 접합 척 몸체 표면은 약 10 마이크로 미만의 편평도를 갖는다. 적어도 제1 가열기가 몸체 외부의 바닥 표면 상에 배치된다. 접합 층은 제1 가열기 위에 배치되고, 접합 층은 전기 절연성이고, 금속으로 만들어진 몸체를 갖는 냉각 베이스이다. 냉각 몸체는 상부 냉각 몸체 표면 및 하부 냉각 몸체 표면을 갖고, 상부 냉각 몸체 표면은 약 10 마이크로 미만의 편평도를 갖는다.

[0007] 다른 예에서, 정전 척, 적어도 제1 가열기, 절연성 층 및 샤프트를 포함하는 기관 지지 조립체가 제공된다. 정전 척은 세라믹으로 만들어진 척 몸체를 포함한다. 척 몸체는 내장된 고전압 척킹 전극을 갖는다. 척 몸체는 작업물 지지 표면 및 접합 척 몸체 표면을 갖는다. 작업물 지지 표면 및 접합 척 몸체 표면은 약 10 마이크로 미만의 편평도를 갖는다. 제1 가열기는 척 몸체 외부의 접합 척 몸체 표면 상에 배치된다. 절연성 층이 제1 가열기 위에 배치된다. 제1 가열기는 원하는 온도 출력을 제공하기 위해 제1 가열기의 인접 부분들보다 더 높은 원하는 저항을 달성하기 위해서 트리밍된 부분을 갖는다. 세라믹 샤프트는 정전 척에 내장된 척킹 전극에 연결된 리드들을 갖는다.

[0008] 본원에 설명된 다른 구현들은, 작업물 표면에 걸쳐 측방향 및 방위각 양쪽 모두의 균일성을 가능하게 하는 기관

지지 조립체를 갖는 처리 챔버를 제공한다. 처리 챔버는, 내부 용적을 에워싸는, 벽들, 바닥 및 덮개를 갖는 챔버 몸체를 갖는다. 기관 지지 조립체는 내부 용적에 배치된다. 기관 지지 조립체는 세라믹으로 만들어진 몸체를 갖는 정전 척을 갖는다. 몸체는 작업물 지지 표면 및 장착 표면을 갖는다. 작업물 지지 표면 및 집합 척 몸체 표면은 10 마이크로 미만의 편평도를 갖는다. 복수의 가열기들이 몸체 외부의 바닥 표면 상에 배치되고, 가열기들은 다수의 구역들에 배열된다. 집합 층은 복수의 가열기들 위에 배치되고, 집합 층은 전기 절연성이고, 금속으로 만들어진 몸체를 갖는 냉각 베이스이다. 냉각 몸체는 상부 냉각 몸체 표면 및 하부 냉각 몸체 표면을 갖고, 상부 냉각 몸체 표면은 약 10 마이크로 미만으로 편평하다.

[0009] 또 다른 실시예에서, 작업물의 온도 균일성을 제어하기 위한 방법이 제공된다. 방법은 ESC의 바닥 표면 상에 형성된 4개 이상의 구역들을 갖는 주 저항성 가열기에 전력을 제공함으로써 시작한다. 온도는 기관에 걸친 복수의 온도 센서들로 측정된다. 기관의 온도 균일성은 기관 표면에 걸쳐 섭씨 1 도 내로 제어된다. 방법은 기관 지지 조립체 상에 배치된 기관을 선택적으로 식각하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 발명의 위에서 언급된 특징들이 상세히 이해될 수 있도록, 위에 간략히 요약된 본 발명의 더 구체적인 설명이 구현들을 참조하여 이루어질 수 있으며, 이들 중 일부는 첨부 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 본 발명은 동등한 효과의 다른 구현들을 허용할 수 있기 때문에, 첨부 도면들은 본 발명의 전형적인 구현들만을 예시하고 그러므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다는 점에 주목해야 한다.

이해를 용이하게 하기 위해, 가능한 경우, 도면들에 공통된 동일한 요소들을 지시하는 데에 동일한 참조 번호들이 사용되었다. 일 구현에 개시된 요소들이 특정 언급 없이 다른 구현들에 유익하게 사용될 수 있다는 점이 고려된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본원에 설명된 구현들은, 기관 지지 조립체를 이루는 정전 척의 온도의 측방향 및 방위각 양쪽 모두의 균일성을 가능하게 하는 기관 지지 조립체를 제공하며, 이는 차례로, 기관 지지 조립체 상에서 처리되는 기관의 측방향 온도 프로파일의 측방향 및 방위각 양쪽 모두의 균일성을 허용한다. 게다가, 기관 지지 조립체는 또한, 선택적 식각을 가능하게 한다. 이하에서 기관 지지 조립체가 식각 처리 챔버에서 설명되지만, 기관 지지 조립체는 다른 유형들의 플라즈마 처리 챔버들, 예컨대, 특히, 물리 기상 증착 챔버들, 화학 기상 증착 챔버들, 이온 주입 챔버들, 및 측방향 온도 프로파일의 방위각 조정이 바람직한 다른 시스템들에서 활용될 수 있다.

[0012] 하나 이상의 실시예에서, 기관 지지 조립체는, 챔버 불균일성들, 예컨대, 온도, 유동 컨덕턴스, 전기장들, 플라즈마 밀도 등을 보상하기 위해 기관 온도가 활용되는 것을 허용함으로써, 진공 프로세스, 예컨대, 식각, 증착, 주입 등 동안에 기관의 에지에서의 임계 치수(CD) 변동의 보정을 허용한다. 본원의 실시예들은 세라믹 구성요소들을 갖는 정전 척(ESC)을 설명하고, 세라믹 구성요소들은 그 위에 인쇄된 하나 이상의 가열기 요소 및 내장된 전극을 갖는다. ESC 구조는 알루미늄 냉각 베이스에 접합된다. 이러한 베이스는 소프트 및 통합 구성요소들로부터 열적으로 격리된다. 온도는 복수의 온도 탐침들로 측정되고, 기관 지지 조립체의 온도는 페루프 챔버 온도 제어기에 의해 제어된다.

[0013] 실시예 1은 기관 지지 조립체를 갖는 예시적인 식각 처리 챔버의 개략적인 단면도와 관련된 것이다. 처리 챔버는, 특히, 식각 챔버, 플라즈마 처리 챔버, 어닐링 챔버, 물리 기상 증착 챔버, 화학 기상 증착 챔버, 및 이온 주입 챔버뿐만 아니라, 기관의 온도 프로파일을 제어하는 능력이 바람직한 다른 처리 시스템들일 수 있다. 기관 지지 조립체의 개별 영역들에 걸친 온도의 독립적이고 국부적인 제어는 유익하게, 온도 프로파일의 방위각 조정, 온도 프로파일의 중심에서 에지까지의 조정, 및 플라즈마 처리 속도들, 예컨대, 식각 속도를 제어하기 위한 국부적인 온도 이상점들, 예컨대, 열점들 및 냉점들의 감소를 가능하게 한다.

[0014] 처리 챔버는 접지된 챔버 몸체를 포함한다. 챔버 몸체는, 내부 용적을 에워싸는, 벽들, 바닥 및 덮개를 포함한다. 기관 지지 조립체는 내부 용적에 배치되고, 처리 동안에 기관을 기관 지지 조립체 상에 지지한다.

[0015] 처리 챔버의 벽들은 개구부를 포함하고, 이 개구부를 통해 기관은 내부 용적 안팎으로 로봇으로 이송된다. 펌핑 포트는 챔버 몸체의 벽들 또는 바닥 중 하나에 형성되고 펌핑 시스템에 유체적으로 연결된다. 펌핑 시스템은 처리 부산물들을 제거하면서 처리 챔버의 내부 용적 내의 진공 환경을 유지하는 데 활용된다.

[0016] 가스 패널은 챔버 몸체의 벽들 또는 덮개 중 적어도 하나를 통해 형성된 하나 이상의 유입구 포트를 통해 처리

챔버의 내부 용적에 프로세스 및/또는 다른 가스들을 제공한다. 가스 패널에 의해 제공되는 프로세스 가스는, 기관 지지 조립체 상에 배치된 기관을 처리하는 데 활용되는 플라즈마를 형성하기 위해 내부 용적 내에서 에너지를 공급받는다. 프로세스 가스들은, 챔버 몸체 외부에 위치된 플라즈마 어플리케이션으로부터의 프로세스 가스들에 유도성 결합된 RF 전력에 의해 에너지를 공급받는다. 실시예 1과 관련된 일 실시예에서, 플라즈마 어플리케이션은 정합 회로를 통해 RF 전원에 결합된 한 쌍의 동축 코일들이다. 다른 실시예들에서, 플라즈마 어플리케이션은 챔버 구성요소들 중 하나 이상, 예컨대, 정합 회로를 통해 RF 전원에 결합된 샤워헤드 조립체일 수 있다.

- [0017] 처리 챔버의 작동 및 기관의 처리를 제어하기 위해 제어기가 처리 챔버에 결합된다. 제어기는 다양한 하위 프로세서들 및 하위 제어기들을 제어하기 위해 산업 현장에서 사용될 수 있는 임의의 형태의 범용 데이터 처리 시스템 중 하나일 수 있다. 일반적으로, 제어기는, 다른 공통 구성요소들 중에서도, 메모리 및 입력/출력(I/O) 회로망과 통신하는 중앙 처리 유닛(CPU)을 포함한다. 제어기의 CPU에 의해 실행되는 소프트웨어 명령들은, 처리 챔버로 하여금, 예를 들어, 식각제 가스 혼합물(즉, 처리 가스)을 내부 용적 내에 도입하고, 플라즈마 어플리케이션으로부터의 RF 전력의 인가에 의해 처리 가스로부터 플라즈마를 형성하고, 기관 상의 물질의 층을 식각하게 한다.
- [0018] 기관 지지 조립체는 지지 페디스털에 제거가능하게 결합된다. 지지 페디스털은 챔버 몸체에 장착된 페디스털 베이스를 포함한다. 기관 지지 조립체는 기관 지지 조립체의 하나 이상의 구성요소의 보수를 허용하기 위해 지지 페디스털로부터 주기적으로 제거될 수 있다.
- [0019] 기관 지지 조립체는 일반적으로, 적어도 기관 지지부를 포함한다. 기관 지지부는 진공 척, 정전 척, 서셉터, 또는 다른 작업물 지지 표면일 수 있다. 실시예 1의 일 실시예에서, 기관 지지부는 정전 척이고, 이하에서 정전 척(ESC)으로서 설명될 것이다. 기관 지지 조립체는 또한, 냉각 베이스를 포함한다. 기관 지지 조립체는 열 격리기 및 베이스 플레이트를 추가적으로 포함한다. 정전 척, 냉각 베이스, 열 격리기 및 베이스 플레이트는 예지 링에 의해 둘러싸인다.
- [0020] 일 실시예에서, 예지 링은 규소 기재의 물질로 형성된다. 예지 링은 예지 링과 정전 척 사이의 퍼지 가스 전달을 위해 제공되는 갭을 형성한다. 예지 링이 기관 아래에 전달되는 퍼지 가스를 제공하게 구성되도록, 추가적인 공간이 예지 링과 기관 사이에 제공된다. 기관의 극단 예지에서 예지 링 상에 증착이 발생하지 않도록, 예지 링 퍼지 가스는 기관의 중심으로부터 배기부 쪽으로 지향된다. 퍼지 가스에 대한 제한된 유동 및 다공성 플러그들을 갖는 종래의 ESC들과 달리, 갭 및 추가적인 공간은, 기관 위 아래로 연통하여, 기관이 핀들 상에서 어닐링될 때 16개의 홀들을 통한 유동의 높은 유동(최대 15 slm)을 허용하는 큰 컨덕턴스의 퍼지 가스 채널을 제공한다. 퍼지 가스는 추가적으로, 정전 척에 배치된 홀들로부터 비롯된다. 기관은 핀들 상에 리프팅되고, 후면 유동은 정전 척을, 표면 상에 응축되는 임의의 부산물로부터 깨끗하게 유지한다.
- [0021] 베이스 플레이트는 복수의 리프팅 핀들을 상승 및 하강시키도록 구성된 복수의 구동 메커니즘들을 수용하도록 구성된다. 추가적으로, 베이스 플레이트는 정전 척 및 냉각 베이스로부터의 복수의 유체 연결들을 수용하도록 구성된다. 베이스 플레이트는 또한, 정전 척으로부터의 복수의 전기적 연결들을 수용하도록 구성된다. 기관 지지 조립체의 외부적으로 또는 내부적으로 무수한 연결들이 이어질 수 있는 반면에, 베이스 플레이트는 각각의 말단으로의 연결들을 위한 인터페이스를 제공한다. 베이스 플레이트는 임의의 금속으로 형성될 수 있다.
- [0022] 열 격리기는 베이스 플레이트와 냉각 베이스 사이에 배치된다. 열 격리기는 화학적 및 물리적 안정성을 갖는 열 절연성 물질, 예컨대, 가교 결합된 폴리스티렌, 폴리에테르에테르케톤, 알루미나(Al_2O_3) 또는 다른 적합한 물질로 형성된다.
- [0023] 냉각 베이스는 열 격리기와 정전 척 사이에 배치된다. 냉각 베이스는 열 전달 유체 공급원에 결합된다. 열 전달 유체 공급원은 냉각 베이스에 배치된 하나 이상의 도관을 통해 순환되는 비-전기 전도성 열 전달 유체를 제공한다. 이웃하는 도관들을 통해 유동하는 유체는 정전 척과 냉각 베이스의 상이한 영역들 사이의 열 전달의 국부적인 제어를 가능하게 하도록 격리되는데, 이는 기관의 측방향 온도 프로파일을 제어하는 것을 보조한다.
- [0024] 유체 분배기는 열 전달 유체 공급원의 배출구와 온도 제어식 냉각 베이스 사이에 유체적으로 결합된다. 유체 분배기는 도관들에 제공된 열 전달 유체의 양을 제어하도록 작동한다. 유체 분배기는 처리 챔버의 외부에, 기관 지지 조립체 내에, 페디스털 베이스 내에 또는 다른 적합한 위치에 배치된다.
- [0025] 정전 척은 장착 표면 및 장착 표면에 대향하는 작업물 표면을 갖는다. 정전 척은 일반적으로, 유전체 몸체에

내장된 하나 이상의 주 저항성 가열기 및 척킹 전극을 포함한다. 유전체 몸체는 세라믹 물질, 예컨대, Y_2O_3 , Er_2O_3 , AlN 또는 Al_2O_3 로 제조된다. 대안적으로, 유전체 몸체는 하나 이상의 중합체 층, 예컨대, 폴리이미드, 폴리에테르에테르케톤, 폴리아릴에테르케톤 등으로 제조된다.

- [0026] 척킹 전극은 단극성 또는 양극성 전극, 또는 다른 적합한 배열로서 구성된다. 척킹 전극은, 유전체 몸체의 작업물 표면에 기관을 정전기적으로 고정하기 위해 RF 또는 DC 전력을 제공하는 척킹 전원에 RF 필터를 통해 결합된다. RF 필터는 처리 챔버 내에 플라즈마를 형성하는 데 활용되는 RF 전력이 전기 장비를 손상시키거나 처리 챔버 외부에 전기적 위험을 제공하는 것을 방지한다.
- [0027] 정전 척의 작업물 표면은, 기관과 정전 척의 작업물 표면 사이에 한정된 틈새 공간에 후면 열 전달 가스를 제공하기 위한 가스 통로들을 포함할 수 있다. 정전 척은 또한, 처리 챔버 안팎으로의 로봇식 이송을 용이하게 하기 위해 정전 척의 작업물 표면 위로 기관을 상승시키기 위한 리프트 핀들을 수용하기 위한 리프트 핀 홀들을 포함한다. 이는 작업물 표면에 배치된 기관에 대한 저압 척킹 및 양압 후면 제어를 가능하게 한다.
- [0028] 정전 척은 장착 표면 상에 배치된 하나 이상의 주 저항성 가열기를 추가적으로 갖는다. 예를 들어, 주 저항성 가열기들에는, 그에 부착되거나 장착 표면 상에, 즉, 유전체 몸체와 냉각 베이스 사이에 직접 인쇄된 중합체 시트가 제공된다. 주 저항성 가열기들은 기관 지지 조립체의 온도를 챔버 프로세스들을 수행하기 위한 온도로 상승시키기 위해 제공된다. 주 저항성 가열기들은 주 저항성 가열기들에 의해 한정되는 복수의 측방향으로 분리된 가열 구역들에서 정전 척의 온도를 조정하도록 구성된다. 주 저항성 가열기들은 RF 필터를 통해 주 가열기 전원에 결합된다. 주 가열기 전원은 주 저항성 가열기들에 전력을 제공한다. 제어기는 기관을 대략 미리 정의된 온도로 가열하도록 일반적으로 설정되는 주 가열기 전원의 작동을 제어한다.
- [0029] 일 실시예에서, 단일 주 저항성 가열기가 단일 가열 구역을 생성하는 데 활용된다. 다른 실시예들에서, 복수의 주 저항성 가열기들이, 복수의 측방향으로 분리된 가열 구역들을 생성하는 데 활용되고, 제어기는 주 저항성 가열기들의 하나의 구역이, 다른 구역들 중 하나 이상의 구역에 위치한 주 저항성 가열기들에 대해 우선적으로 가열되는 것을 가능하게 한다. 예를 들어, 주 저항성 가열기들은 복수의 4개의 분리된 동심 가열 구역들에 동심으로 배열된다.
- [0030] 정전 척은 주 가열기 전원에 의해 주 저항성 가열기들에 인가되는 전력을 제어하기 위해 제어기에 온도 피드백 정보를 제공하기 위한 하나 이상의 온도 센서를 포함한다. 제어기는 또한, 냉각 베이스의 작동을 제어할 수 있다. 처리 챔버의 기관에 대한 표면의 온도는, 펌프에 의한 프로세스 가스들의 배기, 슬릿 밸브 도어, 플라즈마 및 다른 인자들에 의해 영향을 받는다. 냉각 베이스 및 주 저항성 가열기들 모두는 기관의 표면 온도를 제어하는 데 도움이 된다.
- [0031] 실시예 2는 기관 지지 조립체의 부분들을 예시하는 개략적인 부분 단면도와 관련된 것이다. 정전 척(ESC), 집합 층, 냉각 베이스, 및 열 격리기의 부분들이 실시예 2에 포함된다. ESC는, 구역들 간의 섭씨 약 0.3° 내지 섭씨 약 0.7° 의 균일성을 갖는, 4개 구역 이상의 온도 제어를 위해 구성된다. ESC는 저온 프로세스들의 경우 섭씨 약 -20° 내지 섭씨 $+200^\circ$ 미만의 온도들에서, 그리고 고온 프로세스들의 경우 섭씨 약 $+200^\circ$ 초과 온도들에서 작동할 수 있다. 예를 들어, ESC는 섭씨 약 -20° 내지 섭씨 약 150° 와 같은 온도들에서 작동할 수 있다.
- [0032] 장착 표면 및 작업물 표면은 ESC의 몸체의 대향 측들에 배치되고 약 2 mm 내지 약 7 mm만큼 분리된다. 장착 표면은 약 1 마이크로 내지 약 10 마이크로, 예컨대, 약 2 마이크로미터의 편평도를 갖는다. 장착 표면은 작업물 표면에 대해 실질적으로 평탄하다. 작업물 표면은 약 1 마이크로 내지 약 10 마이크로미터의 편평도를 갖는다. 몸체는 세라믹 물질, 예컨대, 알루미늄 또는 다른 적합한 물질로 형성된다.
- [0033] 주 저항성 가열기들은 몸체 외부에 그리고 장착 표면 상에 배치된다. 주 저항성 가열기들은 ESC의 중심 주위의 동심 구역들에 배열되고, 제1 구역의 가열기들은 제1 반경을 따라 위치되고, 제2 구역의 가열기들은 제1 반경보다 큰 제2 반경을 따라 위치되고, 제3 구역의 주 저항성 가열기들은 제2 반경보다 큰 제3 반경을 따라 위치되고, 제4 구역의 외측 주 가열기들은 제3 반경보다 큰 제4 반경을 따라 위치된다. 주 저항성 가열기들은 도금, 잉크젯 인쇄, 스크린 인쇄, 물리 기상 증착, 스템핑, 와이어 메쉬, 패턴 폴리이미드 플렉스 회로, 또는 다른 적합한 방식에 의해 장착 표면 상에 형성된다. 예를 들어, 주 저항성 가열기들은 몸체의 장착 표면에 인쇄된다. 다른 예들에서, 주 저항성 가열기들은 장착 표면 상에 물리 기상 증착, 화학 기상 증착에 의해 증착되거나, 사전제조된 시트로서 도포되거나, 다른 적합한 방법들에 의해 증착될 수 있다.

- [0034] 주 저항성 가열기들은 니크롬, 레늄, 텅스텐, 탄탈럼 또는 다른 적합한 물질들의 막으로 형성된 저항기이다. 저항기는 전기 저항률(ρ)을 가지며, 여기서 낮은 ρ 는, 가열기 저항기에 걸친 전하의 이동을 쉽게 허용하는 물질을 나타낸다. 저항(R)은 ρ 곱하기 길이(l)를 와이어의 단면적(A)으로 나눈 것에 따르거나, 간단히 $R = \rho \cdot l/A$ 이다. 백금은 20 °C에서 약 1.06×10^{-7} ($\Omega \cdot m$)의 ρ 를 갖는다. 텅스텐은 20 °C에서 약 6.60×10^{-8} ($\Omega \cdot m$)의 ρ 를 갖는다. 니크롬은 20 °C에서 약 1.1×10^{-8} 내지 약 1.5×10^{-8} ($\Omega \cdot m$)의 ρ 를 갖는다. 따라서, 개별 가열기들의 저항 및 열 출력은 와이어의 길이 또는 단면적을 변화시킴으로써 변경될 수 있다.
- [0035] 추가적으로 실시예 4를 간략히 참조하면, 주 저항성 가열기들은 전류가 주 저항성 가열기들의 와이어를 따라 통과될 때 열을 효율적으로 제공하도록 구성된 막 두께 또는 와이어 두께를 갖는다. 가열기들에 대한 막 두께의 감소는 주 저항성 가열기들의 저항(R)의 증가 및 그로부터의 더 큰 열 출력을 초래한다. 예를 들어, 주 저항성 가열기가 장착 표면 상에 배치된 후에 주 저항성 가열기의 부분에 생성되는 열을 제어하기 위해, 막 두께는 감소된 막 두께로 주 저항성 가열기들에 대해 수정되거나 선택된다. 이러한 방식으로, 각각의 구역의 주 저항성 가열기들은 ESC의 작업물 표면에 걸쳐 원하는 온도 균일성을 제공하도록 미세조정될 수 있다.
- [0036] ESC의 장착 표면 상에 배치된 주 저항성 가열기들 중 하나 이상의 주 저항성 가열기의 저항이 조정된다. 주 저항성 가열기들은 원하는 온도 프로파일 제어 기준을 더 정밀하게 충족시키기 위해 시험되고 더 조정될 수 있다.
- [0037] 접합 층은 전기 절연성 층이다. 접합 층은 ESC를 냉각 베이스에 접촉시킨다. 접합 층은 주 저항성 가열기들 상에 도포되고, 냉각 베이스와의 접촉 및 주 저항성 가열기들의 단락을 방지하기 위해 주 저항성 가열기를 전기적으로 절연시킨다. 접합 층은 접착제, 예컨대, 아크릴 기재의 접착제, 에폭시, 실리콘 기재의 접착제, 네오프렌 기재의 접착제 또는 다른 적합한 접착제이다. 접합 층은 0.1 내지 160 W/mK의 범위에서 선택된 열 전도 계수를 갖는다. 접합 층을 구성하는 접착 물질들은 추가적으로, 적어도 하나의 열 전도성 충전제, 예컨대, 산화알루미늄(Al_2O_3), 질화알루미늄(AlN), 및 티타늄 디보라이드(TiB_2) 등을 포함할 수 있다.
- [0038] 일 실시예에서, 접합 층은 약 0.3 mm 내지 약 2.0 mm, 예컨대, 약 1.0 mm의 두께, 및 약 1.0 W/m-K 내지 약 3.0 W/m-K, 예컨대, 약 1.0 W/m-K의 열 전도율을 갖는다. 접합 층의 두께가 증가함에 따라, 주 저항성 가열기들에 대한 전력이 감소한다. 추가적으로, 접합 층의 두께의 변동은 ESC와 냉각 베이스 사이의 갭을 정밀하게 설정하도록 제어될 수 있다. 접합 층의 낮은 두께 변동은 접합 층을 통한 ESC와 냉각 베이스 사이의 열 전달 속도의 균일성을 향상시키고, 따라서 ESC의 몸체의 작업물 표면, 그리고 유리하게, 처리 동안 작업물 표면 상에 배치된 기관에 걸친 원하는 온도 프로파일을 유지하는 능력을 개선한다.
- [0039] 실시예 2와 관련된 일 실시예에서, 밀봉부, 예컨대, o-링이 ESC와 냉각 베이스 사이에 배치된다. 밀봉부는 접합 층을 둘러싸고 처리 챔버의 처리 영역으로부터 접합 층을 격리시키며, 따라서, 침식된 접합 물질이 프로세스 오염물질이 되는 것을 방지하면서 접합 층의 내용 연한을 연장시킨다.
- [0040] 냉각 베이스는 최상부 표면 및 바닥 표면을 갖는 몸체를 갖는다. 몸체는 금속 물질, 예컨대, 알루미늄 합금으로 형성된다. 최상부 표면 및 바닥 표면은 몸체의 대향 측들을 한정하고 약 10 mm 내지 약 32 mm 이격된다. 최상부 표면은 바닥 표면에 대해 실질적으로 평탄하다. 최상부 표면은 약 10 마이크로 미만, 예컨대, 약 1 마이크로 또는 약 2 마이크로 미만의 편평도를 갖는다. 바닥 표면은 약 10 마이크로 미만의 편평도를 갖는다. 냉각 베이스의 최상부 표면은 접합 층과 접촉한다. 냉각 베이스는 약 $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ 내지 약 $1400 \text{ W/m}^2\text{K}$ 의 유효 교환 계수로 냉각 베이스의 온도들을 섭씨 약 90 ° 내지 섭씨 약 -20 ° 로 유지하기에 적합한 냉각 유체, 예컨대, 퍼플루오로 폴리에테르 플루오린화물(PFPE) 유체 또는 물을 순환시킨다.
- [0041] 바닥 표면은 열 격리기의 상부 표면과 접촉한다. 열 격리기는 추가적으로, 상부 표면에 대항하는 하부 표면을 갖는다. 상부 표면은 약 10 마이크로 미만의 편평도를 갖는다.
- [0042] ESC, 냉각 베이스 및 열 격리기 각각에 대한 편평도는, ESC, 냉각 베이스 및 열 격리기 각각 사이에 20 마이크로 미만, 예컨대, 약 1 마이크로 미만의 접합 두께 변동을 갖는 조립체를 용이하게 한다. 그러한 갭은, 서로 실질적으로 평행한, ESC, 냉각 베이스 및 열 격리기의 표면들을 유지하면서 달성된다. 기관 지지 조립체는 섭씨 약 -20 ° 내지 섭씨 약 150 ° 의 온도 제어 범위에 걸쳐 더 큰 온도 균일성을 시너지적으로 가능하게 한다. 작업물 표면에 걸친 기관 지지 조립체의 온도 균일성은 섭씨 1 ° 미만 내에 유지될 수 있다. 온도 균일성은 유리하게, 기관의 선택적 식각을 가능하게 한다.
- [0043] 단자는 주 저항성 가열기를 주 가열기 전원에 결합하기 위해 적어도 외측 주 가열기에 연결된다. 단자는 브레이징, 납땜 또는 다른 적합한 방법에 의해 외측 주 가열기에 연결된다. 단자는 냉각 베이스에 형성된 통로를

통해 냉각 베이스의 바닥 표면에 대체로 수직인 방향으로 연장된다. 단자는 냉각 베이스의 바닥 표면에 대체로 수직인 방향으로 연장된다. 외측 주 가열기들 바로 아래의 단자의 위치는, 척킹 전극으로의 전기적 연결들 및 가스 통로들을 위한 ESC의 중심에서의 공간을 확보한다. 열 격리기는 또한, 전기적 연결들을 용이하게 하기 위해 단자가 열 격리기를 통해 연장되는 것을 허용하기 위한 통로를 포함한다. 다른 주 저항성 가열기들은 또한, 유사한 방식으로 그에 결합된 단자들을 가질 수 있다.

[0044] 실시예 3은, 기관 지지 조립체, 예컨대, 특히, 위에서 설명된 기관 지지 조립체를 활용하여 기관을 처리하기 위한 방법의 일 실시예이다. 방법은, ESC의 바닥 표면 상에 형성된 4개 이상의 구역들을 갖는 주 저항성 가열기에 전력이 인가되는 블록에서 시작한다. 정전 척(ESC)은, 위에서 설명된 바와 같이 하부측 상에 인쇄된 4개 이상의 독립적인 가열기 요소들 및 내장된 전극을 갖는 세라믹 구성요소들을 갖는다. 주 저항성 가열기는, 기관 지지 조립체 상에서 처리되는 기관의 측방향 온도 프로파일의 측방향 및 방위각 양쪽 모두의 조정을 가능하게 하도록 독립적으로 제어가능한 구역들로 세그먼트화된다. 게다가, 각각의 세그먼트화된 구역의 주 저항성 가열기는 국부적 저항 및 온도 출력을 미세조정하기 위해 선택적으로 제거된 물질을 갖는다. 따라서, 기관에 걸쳐 섭씨 1 ° 미만의 균일한 온도의 실현을 가능하게 한다.

[0045] 블록에서, 온도는 기관에 걸친 복수의 저항 온도계들로 측정된다. 일 실시예에서, 온도는 저항 온도 검출기들(RTD들)로 측정된다.

[0046] 블록에서, 기관의 온도 균일성은 기관 표면에 걸쳐 섭씨 1 도 내로 제어된다. 온도계들은 기관에 대한 실시간 온도 정보를, 가열기들을 제어하고 기관에 걸쳐 온도 균일성을 유지하기 위한 펄스 챔버 온도 제어기에 제공한다.

[0047] 블록에서, 기관 지지 조립체 상에 배치된 기관이 식각된다. 기관은 기관 상에 노출된 식각 층을 갖는다. 일 실시예에서, 식각 층은 유전체 물질, 예컨대, 규소 함유 물질들, 예를 들어, SiO₂, SiN, SiON, SiC, SiOC, SiOCN, SiCN, a-Si일 수 있다. 다른 실시예에서, 식각 층은 금속 유전체 물질, 예컨대, AlN, HfO₂, AlO₃, WN, NiSi 등일 수 있다. 또 다른 실시예에서, 식각 층은 금속 물질, 예컨대, Cu, Al, W, Ni, Co 등일 수 있다. 각각의 실시예들에서, 식각 층은 기관 상의 다른 물질들 또는 층들에 대해 선택적으로 식각된다.

[0048] 실시예 5는, 기관 지지 조립체의 다른 예의 개략적인 부분 측단면도와 관련된 것이다. 기관 지지 조립체는 샤프트에 결합된 정전 척을 포함한다. 샤프트는 세라믹 물질, 예컨대, AlN 또는 다른 적합한 물질로 형성될 수 있다.

[0049] 정전 척은 일반적으로, 정전 척에 관하여 위에서 논의된 바와 같이 제조된다. 정전 척은 내장된 고전압 척킹 전극을 갖는 세라믹 몸체를 포함한다. 척킹 전극은 작업물 표면에 가까이 배치된다. 하나 이상의 주 저항성 가열기가 세라믹 몸체의 장착 표면 상에 배치된다. 하나 이상의 주 저항성 가열기는, 하나 이상의 주 저항성 가열기의 저항, 및 그에 따른 열 출력을 조정하기 위해 위에서 논의된 바와 같이 트리밍될 수 있다. 일부 경우들에서, 주 저항성 가열기들은 샤프트가 세라믹 몸체에 결합된 후에 트리밍될 수 있다.

[0050] 세라믹 몸체의 중심은 몸체를 샤프트에 결합시킨 후 전기적 연결들을 만드는 것을 용이하게 하도록 제조된다. 예를 들어, 세라믹 몸체의 중심은 소성 후에 몸체를 기계가공하는 것에 의해 제조될 수 있다. 주 저항성 가열기들은, 전극 및 주 저항성 가열기들로의 리드들의 전기적 연결을 용이하게 하기 위해 샤프트의 중심이 기계가공되기 이전 또는 이후에, 예를 들어, 스크린 인쇄 또는 막에 의해 도포될 수 있다.

[0051] 주 저항성 가열기들을 트리밍한 후에, 절연성 코팅이 주 저항성 가열기들 위에 배치된다. 절연성 코팅은 세라믹 층, 예컨대, AlN, 세라믹 또는 다른 절연성 테이프, 예컨대, 그린 테이프 또는 유리 테이프일 수 있다. 그린 테이프는 소성되지 않은 세라믹 테이프, 예를 들어, AlN 테이프이다. 절연성 코팅이 유리 테이프인 일 예에서, 유리는 Al, N, O 및 Y로 구성되는 군으로부터 선택된 하나 이상의 원소를 포함한다. 절연성 코팅은 샤프트의 단부가 세라믹 몸체의 장착 표면에 직접 결합되는 것을 허용하기 위한 홈을 포함할 수 있다. 샤프트의 단부는 세라믹 몸체의 장착 표면에 확산, 고온 접착제에 의해 접합될 수 있거나, 브레이징되거나 다른 적합한 방식으로 직접적으로 결합될 수 있다.

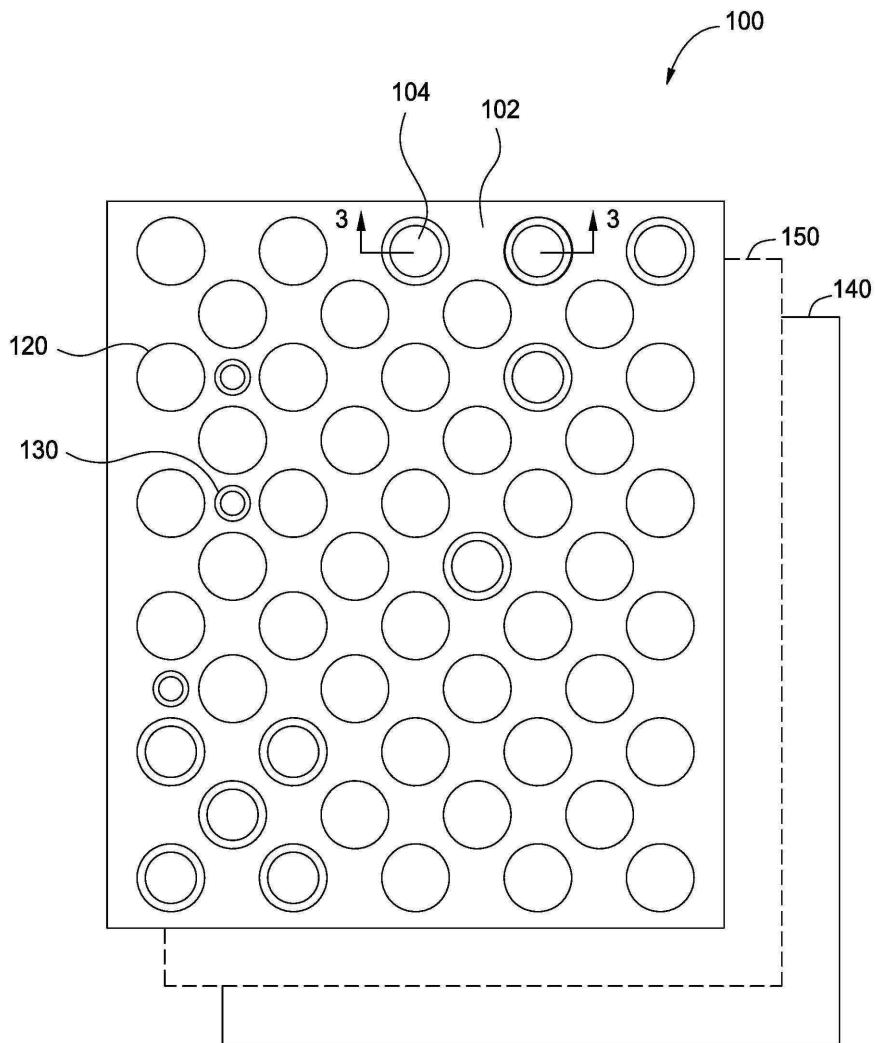
[0052] 절연성 코팅은 대안적으로, 코팅에 알루미늄(Al₂O₃), 실리카(SiO₂), 산화마그네슘(MgO), 이트리아(Y₂O₃), (즉, ASMY) 중 하나 이상을 갖는 코팅으로 대체될 수 있다. 절연성 코팅 또는 ASMY 코팅은 주 저항성 가열기들 상에 약 300 μm의 두께로 플라즈마 분무 코팅된다. 다른 기법들이, ASMY 코팅을 주 저항성 가열기들에 도포하기에 동일하게 적합하다는 것이 이해되어야 한다. 절연성 코팅 및 세라믹 몸체는 열 처리될 수 있다. ASMY의 절연

성 코팅은 절연성 코팅에 약 4 KV의 절연 파괴를 생성하도록 열 처리된다.

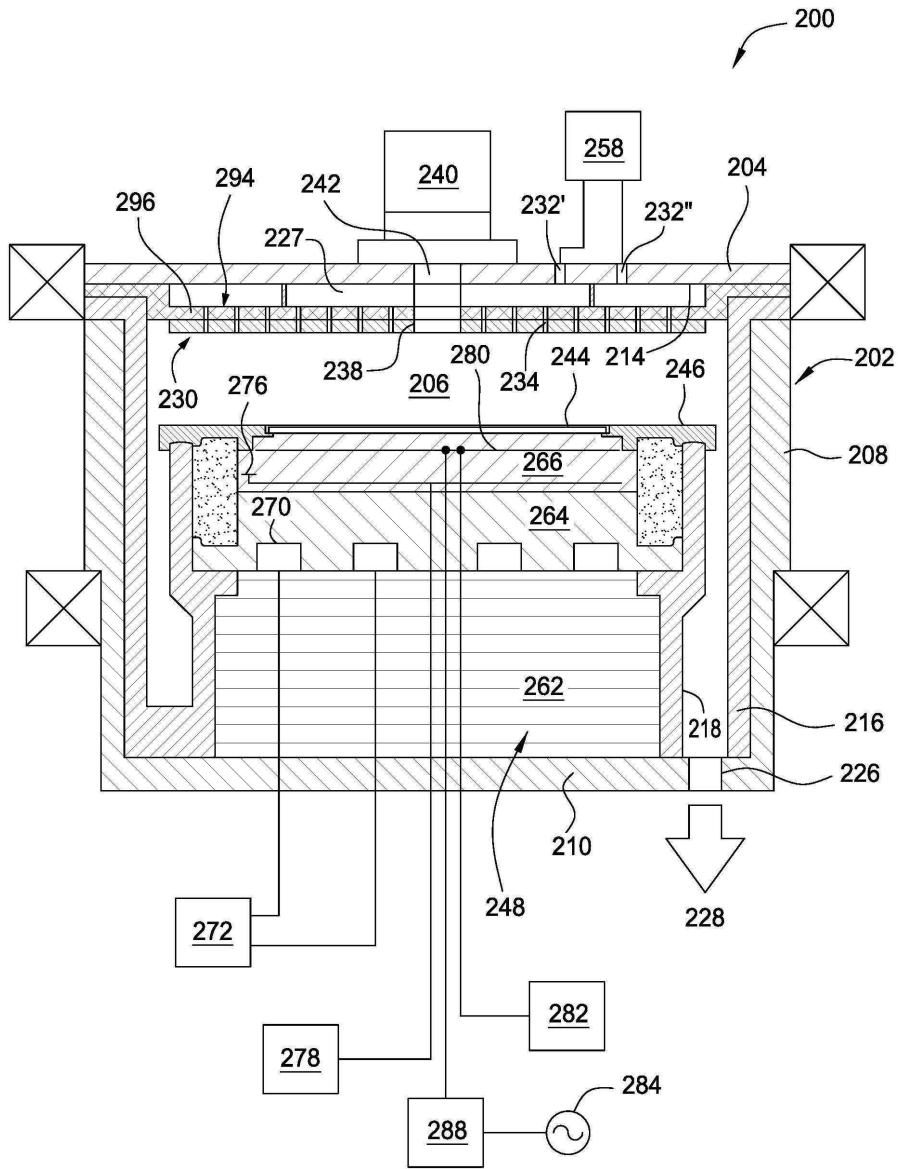
- [0053] 일 예에서, 기관 지지 조립체를 제조하기 위한 제조 순서는, 내장된 고전압 척킹 전극을 갖는 AlN 세라믹 몸체를 소결하는 단계, 그에 후속하여, 단일 또는 다수의 가열 구역들을 형성하기 위해 세라믹 몸체의 바닥 상에 하나 이상의 주 저항성 가열기를 스크린 인쇄하는 단계, 세라믹 몸체 상에 배치된 주 저항성 가열기들을 갖는 세라믹 몸체를 소성하는 단계를 포함한다. 소성 후에, 주 저항성 가열기들은, 가열기들의 저항을 조정하기 위해, 예를 들어, 레이저를 사용하여 트리밍된다. 트리밍 후에, 세라믹 몸체의 중심은 전극 브레이징을 위한 중심을 제조하기 위해 기계가공된다. 절연성 층은 트리밍된 가열기들 위에 배치되고 소성된다. 후속하여, 샤프트는 AlN 함유 테이프 또는 유리 접합 테이프를 사용하여 ESC의 세라믹 몸체에 접합된다. AlN 함유 테이프 또는 유리 접합 테이프는 절연성 층을 형성할 수 있다. 절연성 층은, 부착되고 있는 샤프트에 동시에 가열기들 위에 접합될 수 있다. 샤프트의 부착 후에, 고전압 척킹 전극의 단자들은 샤프트 내부에 브레이징된다.
- [0054] 위에서 설명된 순서에 대안적으로 또는 추가적으로, 주 저항성 가열기들은 샤프트가 ESC의 세라믹 몸체에 접합된 후에 트리밍될 수 있다. 기관 지지 조립체는 원하는 항복 전압을 생성하기 위해 열 처리된다.
- [0055] 실시예 6은, 기관 지지 조립체의 다른 예의 개략적인 부분 측단면도와 관련된 것이다. 기관 지지 조립체는, 샤프트가 절연성 코팅의 하부 노출된 표면에 고정되도록 절연성 코팅이 세라믹 몸체의 장착 표면과 샤프트의 단부 사이에 연장되는 것을 제외하고, 위에서 설명된 기관 지지 조립체와 본질적으로 동일하다.
- [0056] 유리하게, 위에서 설명된 바와 같은 기관 지지부는, 식각 속도를 조정할 수 있는 온도 균일성을 제공하기 위해, 하나 이상의 구역의 온도들을 조정할 수 있다. 추가적으로, ESC 척킹은 웨이퍼에 걸친 온도 제어를 더 양호하게 조정하기 위해, 챔버 압력에 독립적인 다양한 후면 압력 설정 지점들을 허용한다. 이는 웨이퍼에 걸친 중심에서 에지까지의 식각 양의 방사상 조정을 가능하게 하여, 수율 및 챔버 성능을 조정하는 능력을 추가한다.
- [0057] 전술한 내용은 본 발명의 구현들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 및 추가적인 구현들은 그의 기본 범위로부터 벗어나지 않고 안출될 수 있으며, 그의 범위는 이하의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

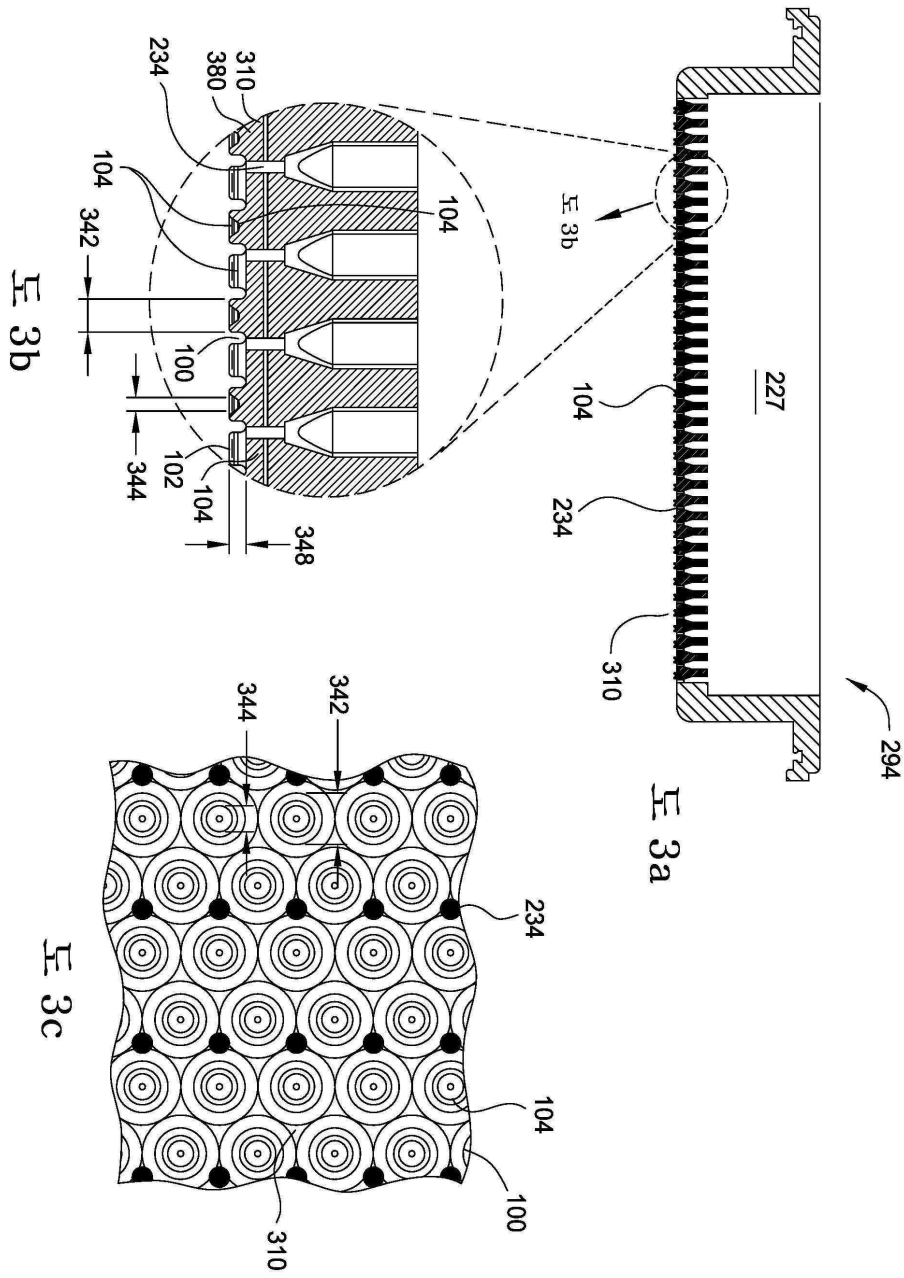
도면1



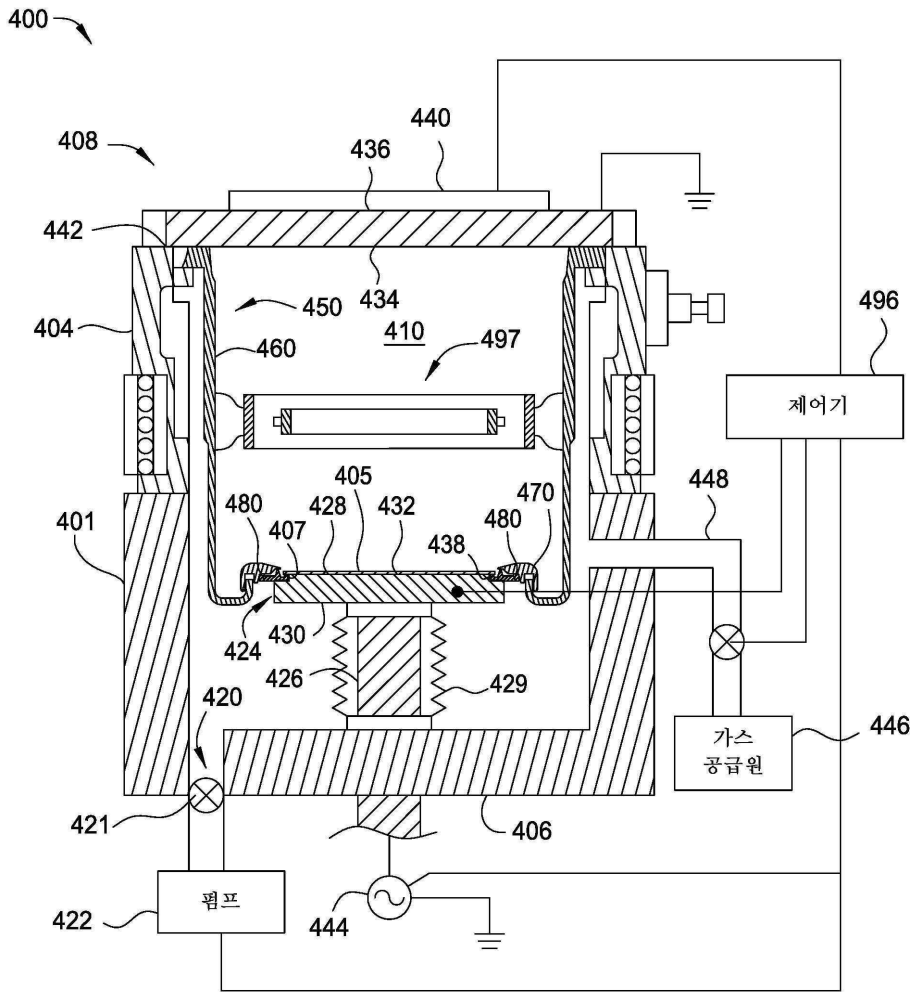
도면2



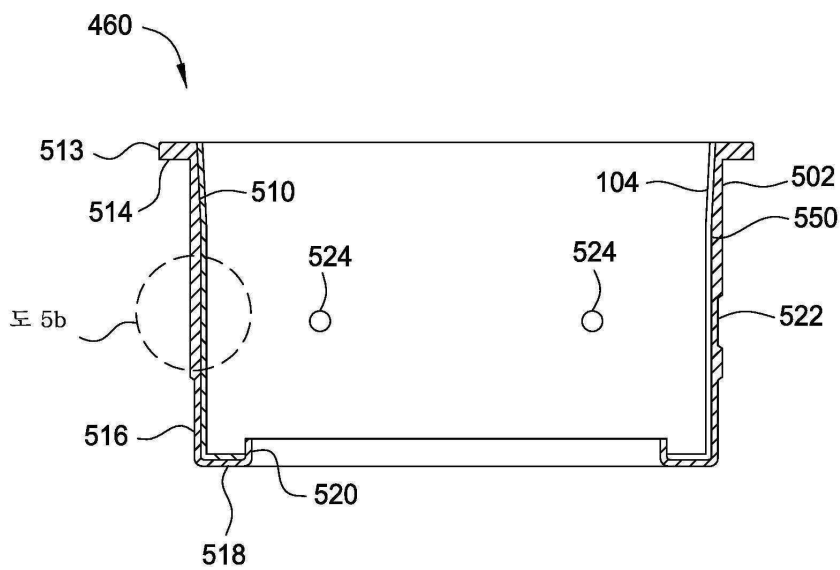
도면3



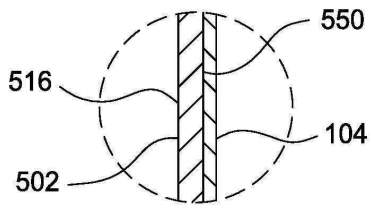
도면4



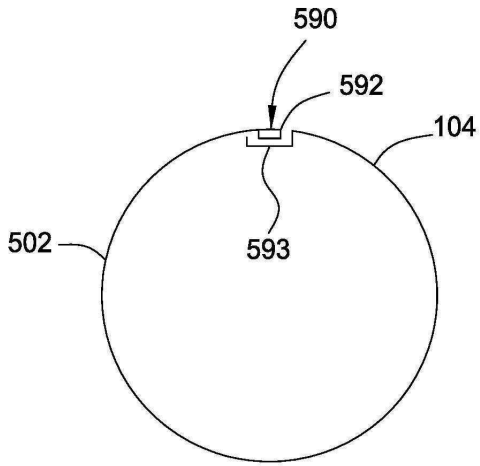
도면5a



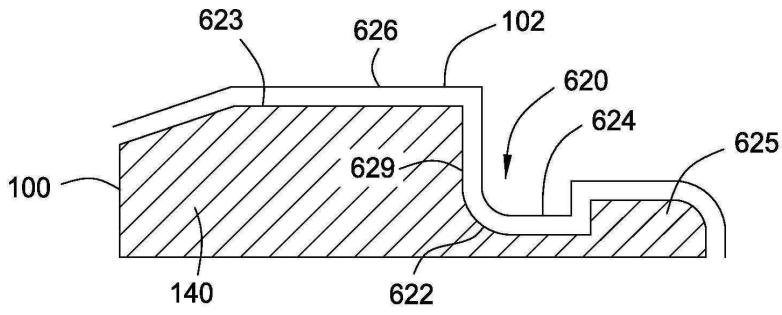
도면5b



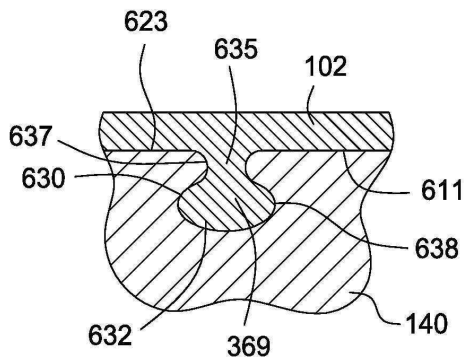
도면5c



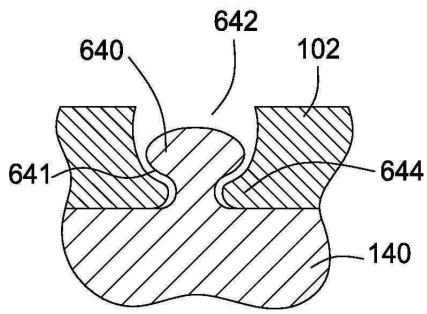
도면6a



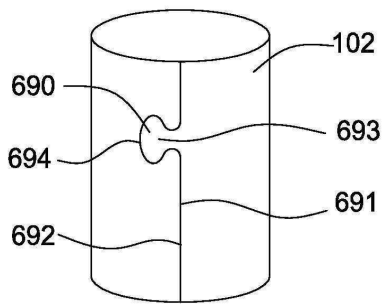
도면6b



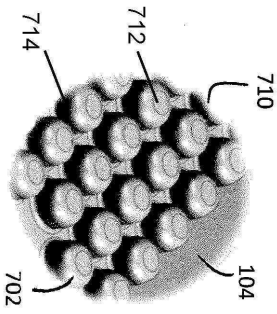
도면6c



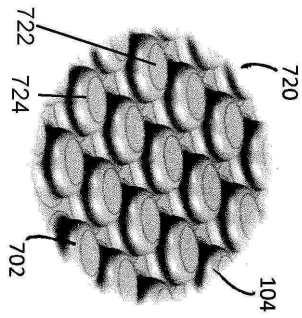
도면6d



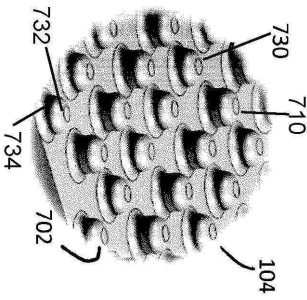
도면7



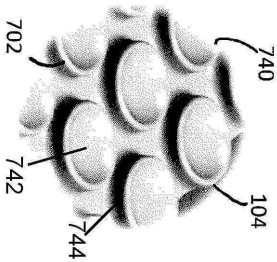
도 7a



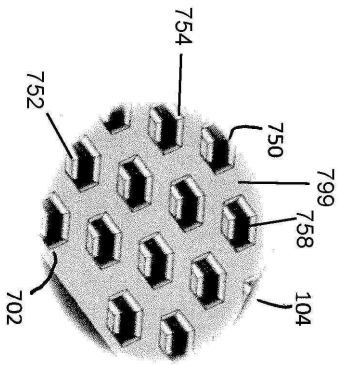
도 7b



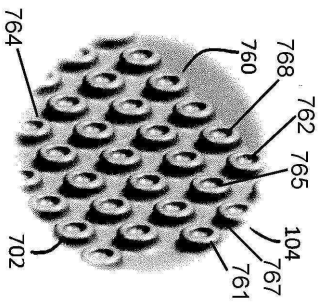
도 7c



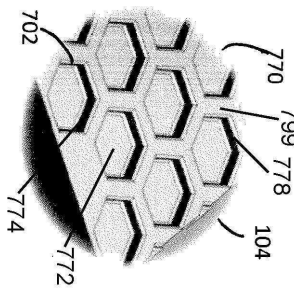
도 7d



도 7e



도 7f



도 7g