



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월29일

(11) 등록번호 10-2171734

(24) 등록일자 2020년10월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/687 (2006.01) *H01L 21/02* (2006.01)
H01L 21/324 (2017.01) *H01L 21/66* (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01) *H05B 3/28* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/68792 (2013.01)
H01L 21/02002 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7029798
 (22) 출원일자(국제) 2014년03월14일
 심사청구일자 2019년03월14일
 (85) 번역문제출일자 2015년10월15일
 (65) 공개번호 10-2015-0132515
 (43) 공개일자 2015년11월25일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2014/028937
 (87) 국제공개번호 WO 2014/144502
 국제공개일자 2014년09월18일
 (30) 우선권주장
 13/831,670 2013년03월15일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2012080103 A
 JP2004247210 A
 JP2004356624 A
 JP2012069947 A

- (73) 특허권자
 컴포넌트 알이-엔지니어링 컴퍼니, 인코포레이티드
 미국 캘리포니아 산타 클라라 바세트 스트리트
 3508 (우 : 95054)
- (72) 발명자
 엘리오프, 브렌트 디.
 미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 리버사이드 드라이브 22353
 발마, 프랭크
 미국 95033 캘리포니아 로스 가토스 아파치 트레일 17985
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 14 항

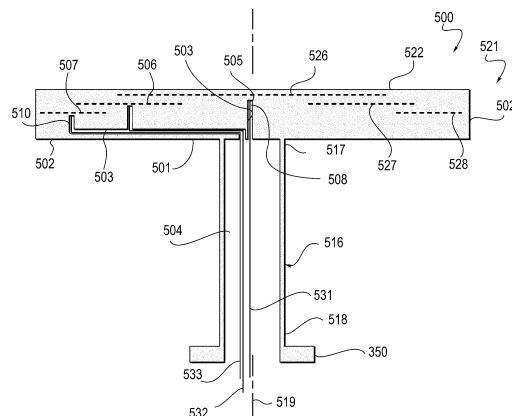
심사관 : 김대웅

(54) 발명의 명칭 멀티플 존 히터

(57) 요약

웨이퍼 척(500)은 샤프트의 단부(517)에 결합되는 축선(519) 및 플레이트(521)를 가지는 샤프트(516)를 포함한다. 플레이트는, 샤프트를 지나 축으로부터 반경 방향 외측으로 연장하는 부분(522)을 갖는다. 온도 센서(507)는 플레이트의 부분에 배치될 수 있으며, 전기 리드(533)는 반도체 제조 프로세스 동안 온도 센서의 근처의 플레이트의 온도를 측정하기 위해 온도 센서로부터 샤프트를 통해 연장할 수 있다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

H01L 21/324 (2013.01)

H01L 21/67098 (2013.01)

H01L 21/67103 (2013.01)

H01L 21/67248 (2013.01)

H01L 22/12 (2013.01)

H05B 3/283 (2013.01)

H05B 2203/002 (2013.01)

H05B 2203/037 (2013.01)

(72) 발명자

엘리오트, 알프레드 그랜트

미국 94303 캘리포니아 팔로 알토 오르테가 코트
3712

베이트저, 알렉산더

미국 94040 캘리포니아 마운틴 뷰 로이드 웨이
1429

렉스, 데니스 지.

미국 97544 오리곤 윌리엄즈 셰라톤 드라이브 2200
피.오. 박스 374

슈스터, 리차드 이.

미국 95035 캘리포니아 밀피타스 라구나 드라이브
313

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척으로서,

축선 및 단부를 가지는 샤프트,

샤프트의 단부에 결합되고 축선으로부터 샤프트를 넘어 외측으로 반경방향으로 연장하는 부분을 가지는 플레이트로서, 상기 부분 내에서 연장하는 오목부를 구비하는 플레이트,

플레이트의 상기 부분에 배치되는 온도 센서, 및

반도체 제조 프로세스 동안 온도 센서의 근처의 플레이트의 온도를 측정하기 위해 온도 센서로부터 샤프트 및 상기 오목부를 통해 연장하는 전기 리드를 포함하고,

중량으로 92% 초과인 알루미늄을 갖는 알루미늄 브레이징 소자로부터 제조되는 알루미늄 조인트에 의해 부식 프로세스 가스들로부터 상기 오목부는 밀폐식으로 밀봉되고 상기 플레이트는 상기 알루미늄 조인트 주위에서 확산층이 없는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

플레이트는 세라믹 플레이트인,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

제 1 로 불리는 온도 센서로부터 반경방향의 일정 거리만큼 이격된 플레이트의 부분 내에 배치되는 추가적인 온도 센서 및 추가적인 온도 센서의 근처의 플레이트의 온도를 측정하기 위해 추가적인 온도 센서로부터 샤프트를 통해 연장하는 추가적인 전기 리드를 더 포함하는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

제 1 로 불리는 온도 센서의 근처의 플레이트를 가열하기 위한 제 1 히터 및 제 1 히터에 대해 독립된 추가적인 온도 센서 근처의 플레이트를 가열하기 위한 제 2 히터를 더 포함하는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 플레이트는, 제 1 플레이트 층과 상기 제 1 플레이트 층에 밀폐식으로 결합된 인접한 제 2 플레이트 층으로부터 적어도 형성되고,

상기 제 1 플레이트는 제 1 표면을 갖고 상기 제 2 플레이트는 상기 제 1 표면을 대향하는 제 2 표면을 갖고,

상기 제 1 표면과 제 2 표면 중 적어도 하나는, 전기 리드들을 수용하기 위해 온도 센서들과 샤프트 사이에서 연장하는 상기 제 1 플레이트 층과 제 2 플레이트 층 사이에서 상기 오목부를 형성하기 위해 내부에 오목부를 갖는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

오목부는 제 1 로 불리는 전기 리드를 수용하기 위한 제 1 채널 및 추가적인 전기 리드를 수용하기 위한 제 2 채널을 포함하는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

오목부는 축선 상의 중심에 있는 원통형 캐비티를 포함하는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 알루미늄 조인트는 적어도 800℃의 온도까지 가열된 알루미늄 브레이징 소자로부터 형성된 알루미늄 조인트인,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

온도 센서는 열전쌍인,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 플레이트는, 제 1 플레이트 층과 상기 제 1 플레이트 층에 밀폐식으로 결합된 인접한 제 2 플레이트 층으로부터 적어도 형성되고,

상기 제 1 플레이트는 제 1 표면을 갖고 상기 제 2 플레이트는 상기 제 1 표면을 대향하는 제 2 표면을 갖고,

상기 제 1 표면과 제 2 표면 중 적어도 하나는, 전기 리드를 수용하기 위해 상기 제 1 플레이트 층과 제 2 플레이트 층 사이에서 상기 부분 내에서 연장하는 오목부를 형성하기 위해 내부에 오목부를 갖는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 표면과 상기 제 2 표면의 각각은, 전기 리드를 수용하기 위해 상기 제 1 플레이트 층과 상기 제 2 플레이트 층 사이에서 상기 부분 내에서 연장하는 상기 오목부를 형성하기 위해 서로를 대향하는 오목부를 내부에 갖는,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 플레이트의 상기 부분은, 아래쪽 표면 및 상기 아래쪽 표면 위에서 상기 축선으로부터 외측으로 반경방향으로 연장하는 세장형 커버 플레이트를 포함하고,

상기 오목부는, 전기 리드를 수용하기 위해 상기 아래쪽 표면과 상기 커버 플레이트 중 적어도 하나에 형성되고,

상기 커버 플레이트는, 알루미늄 조인트에 의해 부식 프로세스 가스들로부터 상기 아래쪽 표면에 밀폐식으로 밀봉된,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 플레이트의 상기 부분은, 평면 표면 및 상기 축선으로부터 외측으로 반경방향으로 연장하는 상기 평면 표면 내에 슬롯을 포함하고, 상기 슬롯의 부분은 상기 아래쪽 표면인,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 플레이트의 상기 부분은 평면 표면을 포함하고, 상기 평면 표면의 부분은 상기 아래쪽 표면인,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 반도체 프로세싱에 사용되는 히터, 더 구체적으로는 멀티플 히터 존들을 갖춘 히터 및 이들 존들을 모니터링하기 위한 열전쌍들에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 반도체 제작에 있어서, 실리콘 기판(웨이퍼)들은 다수의 상이한 재료들의 증착을 위한 고온(elevated temperature)들에서 처리된다. 온도들은 통상적으로 300 내지 550 °C 범위 내에 있으나, 가끔은 750 °C 정도 또는 심지어 그보다 높은 온도에 도달할 수 있다. 증착 재료들은 웨이퍼 표면의 층에서 성장한다. 다수의 이들 재료들은 온도에 극히 민감한 성장률을 가지며, 따라서 웨이퍼 전반에 걸친 온도 편차들은 필름의 국소적인 성장률에 영향을 미칠 수 있어서 필름이 웨이퍼 전반에 걸쳐 성장할 때 필름 두께에 편차들을 유발한다.
- [0003] 증착된 필름들의 두께 편차들을 제어하는 것이 바람직하다. 때때로, (덤 처럼)웨이퍼의 중심에 더 두꺼운 필름들을 갖게 하는 것이 바람직하다. 때때로, (분화구 또는 보조개 처럼)에지에 더 두꺼운 필름들을 갖게 하는 것이 바람직하다. 때때로, (수십 옴스트롬 내의)가능한 한 균일한 필름 두께를 갖는 것이 바람직하다.
- [0004] 웨이퍼의 온도를 제어하기 위한, 그리고 그에 의해 증착된 대로의(as-deposited) 필름들의 두께 프로파일을 제어하기 위한 가장 직접적인 방법들 중의 하나가 웨이퍼를 히터 위에 놓는 것이다. 웨이퍼에 바람직한 온도 프로파일을 생성하는 특정 와트-밀도 맵(watt-density map)으로 히터를 설계함으로써, 바람직한 필름 두께 프로파일이 생성될 수 있다. 하부 히터의 와트-밀도는 웨이퍼에서 더 높은 온도가 바람직한 장소(들)에서 증가하며 더 낮은 웨이퍼 온도가 바람직한 장소(들)에서 감소한다.
- [0005] 동일한 프로세스 챔버 내에서 상이한 프로세스들을 운영할 능력을 갖는 것이 칩 제작자들에게는 바람직하다. 필름들을 성장시키기 위한 우수한 설비가 매우 고가(프로세스 챔버 당 백만 달러 초과가 통상적임)이므로, 요구되는 프로세스 챔버들의 용도를 최대화하고 그 프로세스 챔버들의 수를 최소화하는 것이 바람직하다. 상이한 화학물질들에 의한 상이한 온도 프로세스들이 상이한 필름들을 생성하기 위해 동일한 챔버에서 운영된다. 이들 상이한 필름들은 상이한 성장률 대 온도 거동을 또한 가질 수 있다. 이는 칩 제작자들이 바람직한 필름 두께 프로파일을 달성하기 위해 주어진 프로세스 챔버 내의 히터의 와트-밀도 맵을 "온-더-플라이(on-the-fly)" 방식으로 변경하는 능력을 요구하도록 유도한다.
- [0006] 추가로, 멀티플 프로세스 챔버들에서 동일한 "레시피"를 정확하게 운영하고 조화된 필름 두께 프로파일들(뿐만 아니라 필름 응력, 굴절 지수 등과 같은 온도에 의해 영향을 받을 수 있는 다른 특성들)을 가지는 필름들을 생성할 능력을 가지는 것이 칩 제작자들에게 바람직하다. 그러므로, 유닛에서 유닛으로 아주 반복가능한 와트-밀도 맵들을 가질 수 있는 히터를 생성할 능력을 가지는 것이 바람직하다.
- [0007] 히터는 히터 내부에 다수의 독립적인 히터 회로들을 사용함으로써 와트-밀도 맵을 변경하는 능력을 갖도록 만들어질 수 있다. 상이한 회로들에 인가되는 전압들 및 전류들을 변경함으로써, 개별 회로들의 장소들에서 전력 레벨들을 변경시킬 수 있다. 이들 특정 회로들의 장소들은 "존(zone)"들로 지칭된다. 주어진 존에 대한 전압(그리고 그에 의해서 이들 히터 소자들이 모두 저항 히터들일 때의 전류)을 증가시킴으로써, 그 존에서 온도를 증가시킨다. 역으로, 존에 대한 전압을 감소시킬 때, 그 존에서 온도를 감소시킨다. 이런 방식으로, 개별 존들에 대한 전력을 변경시킴으로써 상이한 와트-밀도 맵들이 동일한 히터에 의해 생성될 수 있다.
- [0008] 두 개 이상의 제약들이 멀티존 히터를 효과적으로 사용하기 위한 칩 제작자들의 능력에 영향을 끼친다. 제 1 제약은 현재 최신의 히터들이 단지 하나의 제어 열전쌍만을 가진다는 것이다. 히터들에 현재 사용되는 플레이트-및-샤프트 설계가 단지 히터 플레이트의 중심에만, 또는 히터 중심의 ~ 1 인치의 반경 내에만 열전쌍의 장소를 허용하기 때문에 단지 하나의 제어 열전쌍만이 사용될 수 있다. 열전쌍들은 웨이퍼의 프로세싱 환경과 양립할 수 없는 금속들로 만들어지며, 따라서 그 환경으로부터 격리되어야 한다. 추가로, 열전쌍(TC)의 가장 빠른 응답을 위해서, 통상적인 프로세스 챔버의 진공 환경이 아닌 대기압 환경에서 열전쌍을 작동하게 하는 것이 최선이다. 따라서, TC들은 프로세스 환경과 연통되지 않은 히터 샤프트의 중심 중공 구역 내에만 위치될 수 있다. 히터 샤프트의 2 인치 직경 밖에 위치한 히터 존이 있다면, 그 존의 온도를 모니터링하고 제어하는데 도움을 주기 위한 TC들이 그곳에 설치될 수 없다.

[0009] 이러한 제약은 히터의 중심 구역의 밖에 위치한 히터 존들을 제어하는데 "종속(slaved)" 전력 비율들을 사용함으로써 처리되었다. 상기 비율들은 바람직한 와트-밀도 맵을 생성하는 중심 존 및 각각의 다른 존들에 인가될 전력으로 설정된다. 중심 제어 TC는 중심 존의 온도를 모니터링하며, 그 후에 (중심 제어 TC의 피드백을 기초하는) 중심 존에 인가된 전력이 미리 설정된 비율들로 조정된 대로 모든 존들에 인가된다. 예를 들어, 두 개의 존 히터인 경우에, 외측 존 및 내측 존에 인가된 1.2 내지 1.0의 전력 비율이 바람직한 온도 프로파일을 생성한다고 추정한다. 100 V의 AC 전압이 적합한 온도를 달성하는데 필요하다는 것을, 중심 제어 TC에 의해 제공된 온도 데이터를 관독함으로써 히터 제어 시스템이 결정한다고 추정한다. 종속 전력 비율 제어 방법론에 의해, 120 V의 AC 전압이 그에 의해 외측 히터 존에 인가될 것이며, 100 V의 AC 전압이 내측 히터 존에 인가될 것이다. 와트-밀도 맵이 그에 의해서 종속 전력 비율들을 변경시킴으로써 조정될 수 있다.

[0010] 이는 제 2 제약으로 유도한다. 현재 최신의 히터들은 매설식 히터(들)의 고유 저항 편차를 가진다. 현재 세라믹 히터들의 제작 프로세스에 요구되는 높은 온도들 및 압력들로 인해서, 달성가능한 저항 허용오차는 50%에 육박한다. 환언하면, 반도체-등급 세라믹 히터 소자에 대한 통상적인 저항은 1.8 내지 3.0 Ω 범위 내이다(실온에서, 히터 소자 재료는 통상적으로 폴리브텐인데, 이는 작동 온도가 증가함에 따라 저항이 증가함).

[0011] 이러한 편차는 종속 전력 비율 방법에 의해 제어되는 멀티-존 히터들에 의해 유닛에서 유닛으로 반복가능한 와트-밀도 맵을 유지함에 따른 문제를 유발한다. 단일 존 히터의 경우에, 저항 편차는 쟁점이 될 수 없는데, 이는 제어 TC가 실제 작동 온도를 모니터링하는데 사용되며 그에 따라서 히터로 공급되는 전력 레벨들이 조정되기 때문이다. 그러나 멀티-존 히터를 가지며 히터 소자 저항 편차가 50%에 육박할 수 있으면, 종속 전력 비율 제어 방법론은 유닛에서 유닛으로 반복가능한 와트 맵을 생성하지 못할 것이다.

발명의 내용

[0012] 필요한 것은 피드백과 제어를 바로 허용하도록 각각의 존들 내부에 물리적으로 위치될 수 있지만, 여전히 프로세스 챔버 내부의 프로세싱 환경으로 TC들을 격리상태로 유지할 수 있는 멀티플 제어 TC들의 설치를 허용할 히터 설계를 확립하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0013] 다수의 사항들에서 개략적인, 여기서 설명된 도면들은 단지 예시 목적들을 위한 것이며 본 개시의 범주를 제한하려는 것이 아니다.

도 1은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 반도체 프로세싱에 사용되는 플레이트 및 샤프트 장치의 도면이다.

도 2는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 플레이트와 샤프트 사이의 조인트에 대한 횡단면도이다.

도 3은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 프로세스 챔버에 사용되는 플레이트 및 샤프트 장치의 도면이다.

도 4는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 히터 장치의 도면이다.

도 5는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 멀티-존 히터의 예시적인 횡단면 스케치이다.

도 6는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 멀티-존 히터의 예시적인 저면도이다.

도 7은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 결합된 커버 플레이트의 예시적인 도면이다.

도 8은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 커버 플레이트의 예시적인 도면이다.

도 9는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 히터의 사시도이다.

도 10은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 히터의 사시 분해도이다.

도 11은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 다층 플레이트를 갖는 히터의 예시적인 횡단면도이다.

도 12는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 다층 플레이트의 상세한 부분 횡단면도이다.

도 13은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 멀티플 히터 존들 및 열전쌍들을 갖는 히터의 예시적인 횡단면도이다.

도 14는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 도 13의 14-14 선에 따라 취한 플레이트 및 샤프트 조인트 구역의 상세한 횡단면도이다.

도 15는 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 도 14의 15-15 선에 따라 취한 중심 허브의 평면도이다.

도 16은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 도 15의 16-16 선에 따라 취한 중심 허브의 양태를 예시하는 부분 횡단면도이다.

도 17은 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 도 13의 17-17 선에 따라 취한 멀티플 히터 존들의 맵핑(mapping) 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 본 발명의 일 실시예에서, 복수의 열전쌍들을 갖는 멀티-존 히터는 상이한 히터 존들이 온도에 대해 독립적으로 모니터링될 수 있도록 제공된다. 독립적인 열전쌍들은 샤프트의 내측 대기와 프로세스 챔버 내의 프로세스 화학 물질들 모두에 견디도록 구성되는 밀폐식 밀봉을 초래하는 결합 프로세스에 의해 폐쇄될 수 있는 채널 또는 오목부 내에 히터의 샤프트로부터 경로설정된 그들의 리드를 가질 수 있다. 독립적인 열전쌍들은 플레이트 층들 사이의 공간, 오목부 또는 공동 내에 히터의 샤프트로부터 경로설정된 리드들을 가질 수 있으며, 그 플레이트 층들은 샤프트의 내측 대기와 프로세스 챔버 내의 프로세스 화학 물질들 모두에 견디도록 구성되는 밀폐식 밀봉을 초래하는 결합 프로세스에 의해 결합될 수 있다. 열전쌍들과 그의 리드들은 바닥 플레이트 층일 수 있는 제 1 플레이트 층 또는 채널 커버가 알루미늄과 같은 임의의 적합한 결합 재료에 의해 제 2 플레이트 층 또는 히터 플레이트에 용접되는 결합 프로세스에 의해 봉입될 수 있다.

[0015] 도 1은 반도체 프로세싱에 사용되는 히터와 같은 예시적인 플레이트 및 샤프트 장치(100)를 예시한다. 몇몇 양태들에서, 플레이트 및 샤프트 장치(100)는 알루미늄 질화물과 같은 세라믹으로 구성된다. 히터는 플레이트(102)를 차례로 지지하는 샤프트(101)를 가진다. 플레이트(102)는 상부 표면(103)을 가진다. 샤프트(101)는 중공형 실린더일 수 있다. 플레이트(102)는 평탄한 디스크일 수 있다. 다른 하위부품(subcomponent)들이 존재할 수 있다. 몇몇 본 발명의 프로세스들에서, 플레이트(102)는 세라믹 플레이트가 형성되는 프로세스 오븐을 포함하는 초기 프로세스에서 개별적으로 제작될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 플레이트는 이하에서 설명되는 바와 같은 저온 밀폐 결합 프로세스에 의해 샤프트에 결합될 수 있다.

[0016] 도 2는 예를 들어, 세라믹 샤프트(191)일 수 있는 제 1 세라믹 물체가 동일 또는 상이한 재료로 만들어질 수 있고 예를 들어, 세라믹 플레이트(192)일 수 있는 제 2 세라믹 물체에 결합될 수 있는 횡단면을 도시한다. 브레이징 층(190)과 같은 결합 재료가 포함될 수 있는데, 그 결합 재료는 여기서 설명되는 브레이징 층 재료들의 조합들로부터 선택될 수 있으며 여기서 설명되는 방법들에 따라 조인트로 전달될 수 있다. 몇몇 양태들에서, 플레이트는 알루미늄 질화물일 수 있으며 샤프트는 알루미늄 질화물, 지르코니아, 알루미늄, 또는 다른 세라믹일 수 있다. 몇몇 양태들에서, 몇몇 실시예들에서 낮은 전도성 열 전달 계수를 갖는 샤프트 재료를 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0017] 도 2에 도시된 조인트에 대해서, 샤프트(191)는 샤프트가 플레이트와 맞닿도록 위치될 수 있으며, 여기서 단지 브레이징 층만이 결합될 표면들 사이에, 예를 들어 샤프트의 표면(193)과 플레이트의 표면(194) 사이에 개재된다. 플레이트(192)의 인터페이스 표면(194)은 플레이트 내의 오목부(195) 내에 잔류할 수 있다. 조인트의 두께는 도시의 명료함을 위해 확대되어 있다. 예시적인 실시예에서, 플레이트와 샤프트는 모두 알루미늄 질화물일 수 있으며 이들 모두는 액상 소결 프로세스를 사용하여 별도로 이전에 형성되었다. 플레이트는 몇몇 실시예들에서, 직경이 대략 9 내지 13 인치 및 두께가 0.5 내지 0.75 인치일 수 있다. 샤프트는 0.1 인치의 벽 두께를 갖는 길이가 5 내지 10인치이고 외경이 1 내지 3 인치 범위인 중공형 실린더일 수 있다. 플레이트는 샤프트의 제 1 단부의 외측 표면을 수용하도록 구성된 오목부를 가질 수 있다.

[0018] 도 3에서 볼 수 있는 바와 같이, 히터들 또는 다른 장치들에 사용된 조인트들의 브레이징 재료는 두 개의 별개의 대기들 사이를 가교 연결할 수 있으며, 이들 두 개의 대기에는 이전 브레이징 재료들에 대해 중요한 문제점들이 존재할 수 있다. 반도체 웨이퍼 척의 히터(205)와 같은 반도체 프로세싱 장비의 외측 표면(207)에서, 브레이징 재료는 히터(205)가 사용되게 될 반도체 프로세싱 챔버(200)에서 발생하는 프로세스들 및 프로세싱 챔버에 존재하는 환경(201)과 양립되어야 한다. 프로세싱 챔버(200) 내에 존재하는 환경(201)은 불소 화학물질들을 포함할 수 있다. 히터(205)는 샤프트(204)에 의해 지지되는 플레이트(203)의 상측 표면에 부착되는 기관(206)을 가질 수 있다. 히터(205)의 내측 표면(208)에서, 브레이징 층 재료는 산소함유 대기일 수 있는 상이한 대기(202)와 양립될 수 있어야 한다. 세라믹들과 함께 사용된 이전의 브레이징 재료들은 이들 기준들 모두를 만족시킬 수 없었다. 예를 들어, 구리, 은, 또는 금을 함유하는 브레이즈 소자들은 처리될 실리콘 웨이퍼의 격자 구조에 지장을 줄 수 있으며, 따라서 적절하지 않다. 그러나, 히터 샤프트에 히터 플레이트를 결합하는 브레이즈 조인트의 경우에, 샤프트의 내측은 통상적으로, 고온을 나타내며 중공형 샤프트의 중심에 산소함유 대기를 가진다. 대기에 노출되게 될 브레이즈 조인트의 부분은 산화될 것이며 조인트 내측으로 산화될 수 있어서, 조인트의 밀봉성의 파괴를 초래한다. 구조적 부착 이외에도, 반도체 제작에 사용될 이들 장치들의 샤프트와 플레이트 사이의 조인트는 대부분 또는 모두는 아닐지라도 다수의 용도들에서 밀폐되어야 한다.

[0019] 도 4는 반도체 프로세싱 챔버에서 사용된 히터 컬럼의 개략적인 예시의 일 실시예를 도시한다. 세라믹 히터일 수 있는 히터(300)는 무선 주파수 안테나(310), 히터 소자(320), 샤프트(330), 플레이트(340), 및 장착 플랜지(350)를 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 몇몇 실시예들에서, 도 5에서 볼 수 있는 바와 같이, 웨이퍼 척 또는 히터(500)와 같은, 반도체 제조 프로세스에서 사용하기 위한 장치가 제공될 수 있다. 상기 장치는 원통형이고 제 1 및 제 2 양단부(517, 518)들 및 상기 단부(517, 518)들 사이로 연장하는 중심의 길이 방향 축선(519)이 제공될 수 있는, 세장형 샤프트(516)를 포함할 수 있다. 통로 또는 중심 보어(504)는 샤프트(516)를 통하여 제 1 단부(517)로부터 제 2 단부(518)로 연장한다. 플레이트(521)는 샤프트(516)의 제 1 단부(517)에 결합될 수 있다. 상기 플레이트(521)는 원통형과 같은 임의의 적합한 형상이 될 수 있으며, 축선(519) 중심에 위치될 수 있다. 일 실시예에서, 상기 플레이트(521)는 샤프트(516)의 반경보다 더 큰 반경을 갖는다. 일 실시예에서, 플레이트(521)는 샤프트(516)를 너머 축선(519)으로부터 반경 방향 외측으로 연장하는 환형 부분과 같은 부분(522)을 갖는다. 샤프트(516) 및 플레이트(521) 각각은 세라믹 재료와 같은, 임의의 적합한 재료로 제조될 수 있으며, 일 실시예에서 샤프트 및 플레이트는 각각 질화알루미늄으로 제조된다. 플레이트(521)에는 각각 그 안에 하나 이상의 히터를 가지는, 복수의 히터 존들이 제공될 수 있다. 일 실시예에서, 플레이트(521)는 예를 들면 축선(519) 중심에 위치될 수 있는 제 1 또는 중심 히터 존(526), 제 2 또는 중간 히터 존(527) 및 제 3 또는 에지 존(528)을 갖는다. 각각의 히터 존은 평면도로 볼 때, 임의의 적합한 형상일 수 있고, 일 실시예에서 중심 존(526)은 평면도로 원형이고 중간 존(527) 및 에지 존(528)은 평면도로 각각 환형이다. 히터 존들은 예를 들면 도 5에 도시된 바와 같이 겹쳐질 수 있거나 겹쳐지지 않을 수 있고 반경 방향으로 서로 떨어져 이격될 수 있다.

[0021] 상기 장치(500)에는 복수의 온도 센서들, 예를 들면 각각의 히터 존을 위한 하나 이상의 온도 센서가 제공될 수 있다. 일 실시예에서, 제 1 온도 센서(505)는 중심 히터 존(526) 근처 또는 중심 히터 존에 인접한 플레이트(521)에 배치되고, 제 2 온도 센서(506)는 중간 히터 존(527) 근처 또는 중간 히터 존에 인접한 플레이트에 배치되고 제 3 온도 센서(507)는 에지 히터 존(528) 근처 또는 에지 히터 존에 인접한 플레이트에 배치된다. 일 실시예에서, 비록 각각의 히터 존에 대해 온도 센서의 다른 위치 설정들이 본 발명의 범주 내에 있지만, 각각의 온도 센서는 각각의 히터 존의 반경 방향 중심에 배치된다. 일 실시예에서, 제 2 및 제 3 온도 센서(506, 507)들 각각은 플레이트(521)의 부분(522)에 배치된다. 일 실시예에서, 온도 센서(505, 506, 507)들은 서로로부터 반경 방향으로 공간 이격되고, 일 실시예에서 제 2 온도 센서(506)는 제 1 온도 센서(505)로부터 반경 방향 외측으로 이격되고 제 3 온도 센서(507)는 제 2 온도 센서(506)로부터 반경 방향 외측으로 이격된다. 각각의 온도 센서들은 임의의 적합한 유형일 수 있고 일 실시예에서 온도 센서들 각각은 열전쌍이다.

[0022] 전기 리드는 온도 센서 각각으로부터 샤프트(516)의 제 1 단부(517)로 그리고 중심 보어(504)를 통하여 샤프트의 제 2 단부(518)로 연장한다. 이에 대해, 제 1 전기 리드(531)는 일 단부가 제 1 센서(505)에 전기적으로 커플링되거나 결합되며, 제 2 전기 리드(532)는 일 단부가 제 2 센서(506)에 전기적으로 커플링되거나 결합되며, 제 3 전기 리드(533)는 일 단부가 제 3 센서(507)에 전기적으로 커플링되거나 결합된다. 전기 리드 각각은 샤프트(516)를 통하여 연장하여 샤프트의 제 2 단부(518)에 접근 가능하고 플레이트(521)의 온도의 독립적인 모니터링, 더욱 상세하게는 각각의 온도 센서 근처의 그리고 이에 따른 각각의 히터 존(526, 527, 528) 근처의 플레이트의 온도의 모니터링을 허용한다.

[0023] 플레이트(516)는 임의의 적합한 방식으로 형성될 수 있고, 일 실시예에서 다수의 평면 층들과 같은, 다수 층들로 제조된다. 일 실시예에서, 상기 장치(500)의 제 1 플레이트 층 또는 커버 플레이트(501)는 장치(500)의 제 2 플레이트 층 또는 히터 플레이트(502)의 후방 측면에 접합될 수 있어, 히터 샤프트 중공형 코어(504)에 근접될 수 있거나 연통될 수 있는 중공형 구역 또는 오목부(503)를 덮는다. 오목부들은 온도 센서 리드(531 내지 533)들을 위한 도관으로서 기능할 수 있고, 리드(531 내지 533)들 중 하나 또는 둘 이상은 오목부들 또는 채널들 각각에 배치될 수 있다. 덮여진 중공형 구역과 같은 반경 방향 피더(feeder), 오목부 또는 채널의 사용은 개별 제어 열전쌍들이 멀티-존 히터(500)의 각각의 히터 존, 예를 들면 히터 존(526 내지 528)들에서 국부적 온도를 직접 모니터링하기 위해 사용되는 것을 허용한다. 열전쌍(505, 506, 507)들은 각각의 개별 히터 존에 위치된 각각의 열전쌍 웰(508, 509, 510)들 내에 설치될 수 있다. 열전쌍들은 덮여진 중공형 영역 또는 채널(503) 내에 위치되는 이러한 웰들 내로 설치될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 플레이트의 기계 가공은 채널에서 수행될 수 있어 온도 센서들 또는 열전쌍(505 내지 507)들의 더 깊은 설치를 허용한다. 열전쌍들은 이어서 히터 플레이트 후방 측면 상 그리고 히터 플레이트와 샤프트 사이에 위치 설정된 세라믹 커버 플레이트(501)로 덮여질 수 있다. 히터 플레이트(502), 중공형 구역 커버 플레이트(501), 및 히터 샤프트(516)는 이어서 함께 접합될 수 있다. 이는 프로세스 환경으로부터 열전쌍들을 절연하고 종래의 제어를 위한 각각의 히터 존의 온도의 직접적인 피드백을 제공한다. 몇몇 히터 설계들에서, 히터는 플레이트의 제조 프로세스 동안 플레이트 내에 완전히 매립된다. 이러한 프로세싱은 플레이트의 형성 동안 1700C의 범위 내에 있을 수 있는 고온 및 높은 프레싱 접촉력을 수반할 수 있다. 히터 소자 자체가 이러한 프로세싱을 견디도록 구성될 수 있지만, 인코넬로 제조될 수 있는 열전쌍(505 내지 507)들 및 열전쌍들로의 리드(531 내지 533)들은 이러한 프로세싱을 견딜 수 없다. 세라믹 플레이트(521)의 최종 소결 및 프레싱 후에 열전쌍(531 내지 533)들의 설치에 의해, 열전쌍들은 이어서 히터(500)가 이의 사용 동안에 노출될 프로세스 화학 반응들로부터 보호되어야 한다. 별개의 히터들을 가지는 플레이트(521)의 구역들의 온도를 모니터링하기 위한 다수의 열전쌍들의 사용은 실제 온도 판독들을 기초로 하여 플레이트의 이러한 영역들의 온도 제어를 허용한다.

[0024] 열전쌍 웰들은 플레이트(521) 내로 히터 소자의 수준까지 도달할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 히터 소자는 개방 구역을 가질 수 있어 열전쌍 웰은 히터 소자 내로 하방으로 이어지지 않지만 히터 소자에 갭 또는 공간이 있는 구역에서 동일한 깊이까지 이어진다. 몇몇 실시예들에서, 중공형 구역(503), 및 열전쌍 웰들은 그 안에 멀티-존 히터 소자들을 구비한 히터 플레이트의 제조 후 히터 플레이트 내로 기계 가공될 수 있다. 멀티-존 히터 소자들은 플레이트가 제조될 때 세라믹 히터 플레이트에 있을 수 있다. 중공형 구역 커버 플레이트(501)은 본원에서 설명된 바와 같은 저온 결합 프로세스를 사용하여 히터 플레이트(502)에 그리고 몇몇 양태들에서 또한 샤프트(516)의 일 부분 또는 단부(517)에 결합될 수 있다.

[0025] 도 6은 플레이트, 예를 들면 반도체 프로세싱 웨이퍼 척(500)의 플레이트(521)와 상기 플레이트에 부착된 샤프트, 예를 들면 샤프트(516)의 저면도의 예시이다. 오목부, 그루브 또는 중공형 채널 구역(503)은 중공형 샤프트(516)의 중심 내에 놓여 있는 플레이트의 부분으로부터 반경 방향으로 외측으로 연장한다. 이러한 중공형 채널 구역(503) 내에 각각의 히터 존들, 예를 들면 중간 히터 존(527) 및 에지 히터 존(528)에 제공된 각각의 히터 소자로의 온도 센서들 또는 열전쌍들의 삽입을 허용하는 하나 또는 둘 이상의 열전쌍 웰들일 수 있으며 그렇지 않으면 각각의 히터 존들은 직접 모니터링될 수 있다.

[0026] 도 7은 예를 들면 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 히터 또는 웨이퍼

척의 부분으로서 포함되는, 오목부, 공간 또는 중공형 구역(503) 및 커버 플레이트(501)를 구비한 히터 플레이트(502)의 일 부분의 횡단면도를 예시한다. 커버 플레이트(501)는 히터 플레이트의 저부에 제공된 슬롯, 오목부 또는 개구 내에 끼워지도록 구성될 수 있다. 그루브, 채널, 오목부 또는 슬롯은 히터 플레이트(502) 및 커버 플레이트(503) 중 하나 이상 내에 제공된다. 일 실시예에서, 도 7에서 횡단면으로 도시된 오목부 또는 채널(503)은 슬롯 아래 제공될 수 있고 온도 센서들 또는 열전쌍들로부터 샤프트 중심으로 전기 리드 또는 커플링(520)의 경로를 설정하도록 구성될 수 있다. 특히 적합한 온도 센서들 또는 열전쌍들은 샤프트의 외측 반경을 반경 방향으로 너머 배치되지만 이에 따라 샤프트 위에 놓이지 않는 배치되는 것이다. 히터 플레이트(502)에 커버 플레이트(501)를 부착하는 예를 들면 본원에서 개시되는 결합 층들 중 어느 하나일 수 있는 적합한 조인트(521)들은 채널(503)이 산소가 주입될 것 같은 샤프트의 중심 내의 분위기를 만날 수 있을 때 상이한 분위기들을 결합한다. 채널 내의 이러한 분위기는 채널 영역 내의 열전쌍에 대한 상당히 향상된 열전쌍 기능을 허용할 수 있다. 조인트의 다른 층부는 불소 화학 반응들과 같은, 부식 프로세스 가스들을 포함할 수 있는 프로세스 챔버 내 분위기를 만날 것이다. 적절한 결합 방법은 이러한 다양한 대기들과 양립할 수 있는 조인트, 예를 들면 본원에서 개시된 타입의 밀폐식 조인트를 초래한다. 도 7에 예시된 장치 또는 히터의 전기 리드(520)들은 이 같은 장치가 그 안에서 사용되는 반도체 프로세싱 챔버의 환경으로부터 밀폐식으로 밀봉되는 오목부, 채널 또는 통로 내에서 히터 플레이트(502)를 통하여 연장한다.

[0027] 도 8은 예를 들면 반도체 제조 프로세스에서 사용하기 위한 히터 또는 웨이퍼 척의 부분으로서 포함되고 제 2 플레이트 층 또는 중공형 커버(530) 플레이트가 히터 플레이트(502)의 저부에 결합되도록 구성되는, 제 1 플레이트 층 또는 히터 플레이트(502)의 일 부분의 횡단면도를 예시한다. 히터 플레이트(502) 및 커버 플레이트(530)는 플레이트(521)와 같은 히터의 플레이트를 형성할 수 있다. 중공형 커버 플레이트(530)는 히터 플레이트의 저부에 열전쌍 웰들뿐만 아니라 열전쌍 커플링 와이어(520)들 또는 전기 리드들을 덮을 수 있다. 히터 플레이트(502) 및 커버 플레이트(530)의 대향 표면들 중 하나 이상에는 반도체 프로세싱 챔버의 환경으로부터 밀폐식으로 밀봉되고 히터의 샤프트로부터 반경 방향 외측으로 연장하는 히터 플레이트의 부분 내에 배치된 온도 센서들 또는 열전쌍들에 커플링된 전기 리드들 또는 와이어(520)들을 위한 도관으로 기능하기에 적합한 그루브, 채널, 오목부 또는 슬롯(545)을 형성하기 위한 그루브, 채널, 오목부 또는 슬롯이 제공된다. 예를 들면 본원에 개시된 결합 층들 중 어느 하나일 수 있는 적합한 결합 층들 또는 조인트(546)들은 커버 플레이트(530)를 히터 플레이트(502)에 부착할 수 있고 그 사이에 밀폐식 밀봉부를 형성할 수 있다. 도 8의 예시된 실시예에서, 채널(545)은 히터 플레이트 또는 구조물(502) 내에 있거나 히터 플레이트 또는 구조물을 통하여 연장하는 것과 대조적으로 커버 플레이트(530) 내에 있거나 상기 커버 플레이트를 통하여 연장한다.

[0028] 도 9 및 도 10은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 히터(550)를 각각 사시도 및 부분 분해 사시도로 예시한다. 히터(550)는 위에서 설명된 히터들에 대한 유사성을 가지며 동일한 도면 부호들은 이 같은 히터들 및 히터(550)의 동일한 구성요소들을 설명하는데 사용되고 있다. 중공형 커버 플레이트(551)가 제공되고 히터 플레이트(502)의 저부와 샤프트(516) 사이에 배치되도록 구성된 근접된 링 피처 또는 링(552)을 가질 수 있다. 일 실시예에서, 커버 플레이트(551) 및 링 피처 또는 링(552)은 동일한 재료로 일체로 형성되고, 이에 따라 별개의 부분들이 아니다. 히터 플레이트(502) 및 커버 플레이트(551)의 대향 표면들 중 하나 이상에는 반도체 프로세싱 챔버의 환경으로부터 밀폐식으로 밀봉되고 히터(550)의 샤프트(516)로부터 반경 방향 외측으로 연장하는 플레이트(521)의 부분 내에 배치된 온도 센서들 또는 열전쌍들에 커플링된 전기 리드(532, 533)들을 위한 도관으로서 기능하기에 적합한 그루브, 채널, 오목부 또는 슬롯을 형성하기 위한 그루브, 채널, 오목부 또는 슬롯이 제공된다. 히터(550)에서, 온도 센서 리드들을 위한 그루브, 채널, 오목부 또는 슬롯은 히터 플레이트 또는 구조물(502) 내에 있거나 히터 플레이트 또는 슬롯(502)을 통하여 연장하는 것과 대조적으로 커버 플레이트(551) 내에 있거나 이 커버 플레이트를 통하여 연장한다. 상기 중공형 커버 플레이트(551)는 샤프트(516)의 주변 외측의 플레이트(521)의 저부로부터 샤프트의 중심으로의 열전쌍 리드들 또는 와이어(532, 533)들의 경로 설정을 허용한다. 상기 히터 플레이트(502), 링 피처(552)를 구비한 중공형 커버 플레이트(551), 및 샤프트(516)는 몇몇 실시예들에서 구성요소들을 함께 브레이징하는 단일 가열 작업으로 동시에 결합될 수 있다. 여기서 개시된 결합 프로세스들 및 층들 중 어느 하나가 이에 대해 사용될 수 있다.

[0029] 본 발명의 몇몇 실시예들에서, 도 11의 확대도에서 볼 수 있는 바와 같이, 플레이트 및 샤프트 장치(556), 예를

들면 히터 또는 웨이퍼 측은 플레이트 조립체 또는 플레이트(557) 및 샤프트(558)와 함께 도시된다. 플레이트 조립체(557)는 플레이트 조립체(557) 내로의 이들의 조립 전에 완전히 소화된(fired) 세라믹 층들일 수 있는 층(561, 562, 563)들을 갖는다. 제 1 또는 상부 플레이트 층(561)은 상부 플레이트 층(561)과 중간 층(562) 사이에 놓이는 전극 층(564)을 구비한 제 2 또는 중간 층(562) 위에 놓인다. 중간 층(562)은 중간 층(562)과 저부 층(563) 사이에 놓이는 히터 층(565)을 구비한 저부 층(563) 위에 놓인다.

[0030] 몇몇 실시예들에서, 열전쌍들은 상이한 위치들에서 온도들을 모니터링하도록 플레이트 층들 사이에 장착될 수 있다. 다수 층 플레이트 조립체는 플레이트들 중 하나 또는 둘 이상의 플레이트들의 하나 또는 둘 이상의 표면들 상의 구역들로의 접근을 허용할 수 있어 표면들의 기계 가공은 세라믹 플레이트 층의 최종 소화(firing) 후 수행될 수 있다. 또한, 표면들로의 이러한 접근은 또한 플레이트 층들의 표면으로 그리고 플레이트 층들 사이의 공간 내로 구성요소들의 조립을 위해 허용될 수 있다.

[0031] 플레이트 조립체(557)의 층(561, 562, 563)들은 히터의 경우 질화알루미늄과 같은 세라믹, 또는 정전 척의 경우 알루미늄, 도핑된(doped) 알루미늄, AIN, 도핑된 AIN, 베릴리아, 도핑된 베릴리아 등을 포함하는 다른 재료들일 수 있다. 기판 지지대를 구성하는 플레이트 조립체의 층(561, 562, 563)들은 플레이트 조립체(557) 내로 이들의 도입 전에 완전히 소성된 세라믹일 수 있다. 예를 들면, 층(561, 562, 563)들은 고온 고접촉 압력 전문 오븐, 테이프 캐스트(tape cast), 또는 소결된 스파크-플라즈마 또는 다른 방법에서 플레이트들로서 완전히 소화될 수 있으며 이어서 플레이트 조립체의 적층시 이들의 사용 및 이들의 위치에 의해 요구되는 대로 최종 크기로 기계 가공될 수 있다. 플레이트 층(561, 562, 563)들은 이어서 고 접촉 응력들에 대해 프레스가 구비된 전문 고온 오븐에 대한 요구 없이 플레이트 조립체(557)의 최종 조립이 수행되는 것을 허용하는 결합 층(567)들을 구비한 브레이징 프로세스를 사용하여 서로 결합될 수 있다.

[0032] 샤프트가 또한 플레이트 및 샤프트 장치의 경우에서와 같이, 최종 조립체의 부분인 실시예들에서, 프로세스 단계를 결합하는 플레이트 조립체(557) 내지 샤프트(558)는 또한 고 접촉 응력들용 프레스가 구비된 전문 고온 오븐에 대한 요구 없이 수행된 브레이징 프로세스를 사용할 수 있다. 플레이트 층들 및 플레이트 조립체를 샤프트로의 결합은 몇몇 실시예들에서 동시 프로세스 단계에서 수행될 수 있다. 샤프트(558)는 결합 층(568)에 의해 플레이트 조립체(557)에 결합될 수 있다. 결합 층(568)은 몇몇 실시예들에서 결합 층(567)들에 동일한 브레이징 소자일 수 있다.

[0033] 플레이트 또는 플레이트 조립체를 제조하기 위한 개선된 방법은 고온들 및 고 접촉 압력들을 이용한 부가 프로세싱의 시간 소모적이고 고가의 단계 없이 위에서 설명되었고 아래에서 더 상세히 설명되는 플레이트 조립체의 층들의 최종 플레이트 조립체로의 결합을 포함할 수 있다. 플레이트 층들은 본 발명의 실시예들에 따른 세라믹들을 결합하기 위한 브레이징 방법과 결합될 수 있다. 제 1 및 제 2 세라믹 물체들을 함께 결합하기 위한 브레이징 방법의 일 예는 제 1 및 제 2 세라믹 물체들 사이에 배치되는 알루미늄 및 알루미늄 합금으로 이루어지는 군으로부터 선택된 브레이징 층과 함께 제 1 및 제 2 물체들을 결합하는 단계, 브레이징 층을 800C 이상의 온도로 가열하는 단계, 및 브레이징 층이 제 1 부재로 제 2 부재로 결합하도록 경화되어 밀폐식 밀봉부를 형성하도록 브레이징 층을 이의 용융점 아래의 온도로 냉각하는 단계를 포함할 수 있다. 브레이징 조인트들의 다양한 기하학적 형상들은 여기서 설명된 방법들에 따라 구현될 수 있다.

[0034] 본 발명의 몇몇 실시예들에서 층들을 구비한 플레이트 조립체는 플레이트의 층들 사이에 스탠드오프(standoff)가 존재하도록 제공될 수 있어 결합 층이 가열되고 약간의 압력이 플레이트들에 축방향으로 인가될 때, 약간의 축방향 압축이 있어 결합 층이 하나의 플레이트 상의 스탠드오프들이 인접한 플레이트와 접촉할 때까지 다소 얇아진다. 몇몇 양태들에서, 이는 조인트 두께만의 제어뿐만 아니라 플레이트 조립체의 치수 및 공차 제어를 허용한다. 예를 들면, 다양한 플레이트들의 특징들의 유사성은 플레이트 층들 상의 기계 공차에 의해 설정될 수 있고, 이러한 양태는 스탠드오프들의 사용에 의해 결합 프로세스 동안 유지될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 사후-결합하는 치수적 제어는 축방향 위치를 제공하도록 인접한 층 상의 내부 링 위에 덮는 하나의 플레이트 층 상에 주변 외부 링을 사용하여 달성될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 외부 링 또는 내부 링 중 하나는 또한 플

레이트에 대해 수직한 축방향으로 인접한 플레이트와 접촉할 수 있어 위치 제어가 또한 상기 축방향으로 달성된다. 축방향 위치 제어는 또한 이에 따라 두 개의 인접한 플레이트들 사이의 결합 층의 최종 두께를 결정할 수 있다.

[0035] 본 발명의 몇몇 실시예들에서, 층들 사이의 전극은 결합 층과 동일한 재료일 수 있고, 결합 층과 전극 둘다의 이중 성능으로 기능할 수 있다. 예를 들면, 정전 척에서 전극에 의해 미리 점유된 구역은 대신에 예를 들면 정전 클램핑력을 제공하기 위한 전극으로서 수행하고 그리고 그 사이에 결합 층이 놓이는 두 개의 플레이트들을 결합하는 결합 층으로서 수행하는 이중 기능을 갖는 결합 층에 의해 점유될 수 있다. 이 같은 실시예들에서, 레버린스(labyrinth)가 두 개의 결합 플레이트들의 주변 둘레에 있을 수 있어 플레이트의 외부 영역으로부터 층 전된 전극으로의 가시선(line of sight) 및 일반적인 접근이 최소화된다.

[0036] 도 12는 본 발명의 일부 실시예들에 따른 플레이트 조립체의 부분 횡단면을 예시한다. 플레이트 조립체는, 상이한 층들 사이에 존재하는 전극과 히터 양자 모두를 갖는 다층 플레이트 조립체이다. 이 층들은 브레이징 요소들과 결합되며, 플레이트들의 주(primary) 평면의 평면에 대해 수직한 방향으로의 플레이트들의 최종 위치는, 플레이트들 상의 스탠드오프(578, 579)들에 의해 지시된다.

[0037] 제 1 또는 상부 플레이트 층(571)은 제 2 또는 하부 플레이트 층(572) 위에 놓인다. 하부 플레이트 층(572)은 제 3 또는 저부 플레이트 층(573) 위에 놓인다. 도 12에서 3 개의 플레이트 층들을 갖는 것으로 예시되어 있지만, 상이한 수들의 플레이트 층들이 특별한 적용의 필요들에 따라 사용될 수 있다. 상부 플레이트 층(571)은 다기능 결합 층(576)을 이용하여 하부 플레이트 층(572)에 결합된다. 다기능 결합 층(576)은 상부 플레이트 층(571)의 하부 플레이트 층(572)으로의 결합을 제공하고 그리고 전극이 되도록 구성된다. 이러한 전극은, 실질적으로 원판(circular disc)인 결합 층일 수 있으며, 여기서 결합 재료가 또한 전극으로서 기능한다. 도 12에서 보는 바와 같이, 스탠드오프(578)는 플레이트 층들의 주 평면에 대해 수직한 연직 방향으로 하부 플레이트 층(572)으로 상부 플레이트 층(571)의 위치 제어를 제공하도록 구성된다. 상부 플레이트 층(571)의 림은, 두 개의 플레이트들 주변부에서 두 개의 플레이트들 사이 경계부(577)를 따라 가시선(line of sight)을 제거하도록 구성된다. 결합 층(576)의 두께는, 결합 층(576)이 플레이트 조립체의 가열 및 결합 단계 이전에 상부 플레이트 층(571) 및 하부 플레이트 층(572)과 접촉하도록 크기가 정해질 수 있다.

[0038] 하부 플레이트 층(572)은 저부 플레이트 층(573) 위에 놓인다. 하부 플레이트 층(572)과 저부 플레이트 층(573) 사이에 히터(574)가 놓인다. 이와 관련하여, 리세스, 캐비티 또는 플리넘(plenum)이 히터(574)를 수용하는 리세스, 캐비티 또는 플리넘(580)을 형성하기 위해서 하부 플레이트 층(572)과 저부 플레이트 층(573)의 대향 표면들 중 적어도 하나에 제공된다. 도 12에 예시된 일 실시예에서, 리세스 또는 캐비티(580)는 히터(574)를 수용하기 위해서 저부 플레이트 층(573)의 상부 표면에 형성된다. 리세스(580)는, 임의의 적절한 크기 및 형상일 수 있는데, 예컨대 원통형 리세스가 되도록 평면에서 볼 때 원형일 수 있다. 결합 층(575)은 하부 플레이트 층(572)을 저부 플레이트 층(573)에 결합한다. 결합 층(575)은 플레이트 층들의 주변부 내에서 환형 링(annular ring)일 수 있다. 스탠드오프(579)는 플레이트 층들의 주 평면에 대해 수직한 연직 방향으로 저부 플레이트 층(573)으로 하부 플레이트 층(572)의 위치 제어를 제공하도록 구성된다. 플레이트 조립체의 결합 단계 중, 도 12에서 보는 바와 같은 구성요소들이 미리 조립될 수 있고, 이후, 이러한 플레이트 예비 조립체는, 완성된 플레이트 조립체를 형성하도록 본원에서 설명된 프로세스들을 사용하여 결합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이러한 플레이트 예비 조립체는, 완성된 플레이트 및 샤프트 디바이스가 단일 가열 프로세스에서 결합될 수 있도록 샤프트 및 샤프트 결합 층에 의해 추가로 미리 조립될 수 있다. 이러한 단일 가열 프로세스는, 고온 오븐 또는 높은 접촉 응력들을 제공하도록 구성된 프레스들을 갖는 고온 오븐을 필요로 하지 않을 수 있다. 게다가, 일부 실시예들에서, 완성된 플레이트 및 샤프트 조립체는, 반도체 제조의 실제 사용시 이러한 디바이스의 허용공차 요건들에 아직 여전히 들어맞을 수 있는 임의의 후결합 기계가공(post-joining machining)을 필요로 하지 않을 수 있다.

[0039] 일부 실시예들에서, 상부 플레이트 층 및 저부 플레이트 층은 질화 알루미늄이다. 일부 실시예들에서, 결합 층

은 알루미늄이다. 결합 프로세스 및 재료들의 예들이 하기에 논의된다.

[0040] 도 13은 본 발명의 일부 실시예들에 따라 다층 플레이트(601)를 사용하여 멀티플 히터 존들 및 멀티플 열전쌍(thermocouple)들을 갖는 히터(heater), 웨이퍼 척(wafer chuck), 페데스탈(pedestal) 또는 서셉터(susceptor)일 수 있는, 플레이트 및 샤프트 디바이스(600)의 횡단면도를 예시한다. 제 1 단부(641) 및 대향의 제 2 단부(642) 및 단부(641, 642)들 사이를 연장하는 길이방향 축(643)을 갖는 기다란 샤프트가 제공된다. 샤프트(602)의 제 1 단부(641)는 본원에 개시된 것을 포함하는 임의의 적절한 수단에 의해 플레이트(601)의 저부 중심에 커플링될 수 있다. 이들 실시예들에서, 또한 부식성 프로세싱 케미스트리들을 견디도록 구성된, 밀폐식(hermetic) 결합 층의 사용은, 샤프트(602)의 인테리어(603)에 의해 외접되고(circumscribed), 또한 히터가 받을 수 있는 부식성 프로세스 가스들로부터 또한 보호된 영역의 반경 방향 외부측으로 연장하는 플레이트(601)의 부분(605) 내로 온도 센서들을 삽입하는 것을 허용하도록 인접 플레이트들과 함께 결합하도록 사용될 수 있다. 적절한 리프트 핀 홀들 또는 개구(630)들이 예컨대 도 13에 도시된 바와 같은 플레이트(601)에 제공될 수 있다.

[0041] 일부 실시예들에서, 다층 플레이트의 사용은, 열전쌍들이 구역들 내로 배치될 수 있으며 그렇지 않으면 감시될 수 없는 층들 사이 공간에 대한 접근을 허용한다. 예컨대, 도 13에 도시된 바와 같은 이러한 플레이트 및 샤프트 디바이스(600)에서, 모든 파워 및 모니터링은, 전형적으로, 샤프트(602)의 중공 중심 또는 중심 통로(603)들을 통해, 그리고 피드스루(feedthrough) 챔버를 통해 프로세싱 챔버 밖으로 경로설정된다. 전체 세라믹 플레이트 및 샤프트 디바이스가 함께 열간 소결되는(hot sintered) 중래 기술의 디바이스들에서는, 열전쌍에 매립되고, 중공 샤프트 아래에서 텔레메트리(telemetry)를 경로설정하는 단지 입수가능한 영역만이 중공 샤프트의 중심 내에 있는 영역이었다. 예컨대, 홀(hole)은 중공 샤프트의 중심 아래로 진행하도록 구성된 긴 드릴을 사용하여 플레이트의 저부에서 드릴링될 수 있었다. 이후, 열전쌍이 홀 내로 삽입되고, 단지 플레이트의 중심 구역에서 플레이트의 온도를 감시하도록 사용될 수 있었다. 열전쌍이 장착될 수 있었던 위치에 대한 이러한 제한은, 중공 샤프트의 인테리어의 외부에 놓여졌던 위치들에서의 온도의 모니터링을 불가능하게 하였다.

[0042] 본 발명의 일부 실시예들에서, 중심 허브(604)는 샤프트 내에 제공될 수 있는 대기로부터 플레이트 층들 사이의 중간층 공간의 밀봉을 용이하게 하는 것을 돕는데 이용될 수 있다. 이러한 실시예들에서, 중심 허브(604)는 샤프트(602)의 중심부 및 플레이트 층들 사이의 중간 층으로부터의 피드스루로서 작용할 수 있다.

[0043] 히터(600)의 플레이트(601)는 일부 실시예들에서 3 개의 플레이트 층들로부터 조립될 수 있다. 플레이트 층들 각각은 질화 알루미늄과 같은 완전 소성 세라믹(fully fired ceramic)일 수 있다. 플레이트 층들 각각은, 다층 플레이트 조립체 내로 조립되기 이전에 최종 또는 거의 최종 치수로 이전에 기계가공될 수 있다. 제 1 또는 상부 플레이트 층(612)은, 제 2 또는 중간 플레이트 층(611) 위에 놓일 수 있으며, 제 2 또는 중간 플레이트 층은 차례로 제 3 또는 저부 플레이트 층(610) 위에 놓일 수 있다. 플레이트 층들 각각은, 원통형 형상일 수 있으며, 그리고 일 실시예에서, 플레이트들의 각각은 동일한 횡방향 치수 또는 직경을 가지며, 이는 플레이트(601)의 횡방향 치수 또는 직경과 같다. 중간 플레이트 층은 그의 둘레부 주위에서 결합 층(614)과 함께 저부 플레이트 층(610)에 결합될 수 있다. 상부 플레이트 층(612)과 중간 플레이트 층(611) 사이의 금속 층(613)은 RF 층으로서, 그리고 이러한 플레이트 층들 사이에서 결합 층으로서 기능할 수 있다. 플레이트(601)는, 샤프트(602)를 지나 축(643)으로부터 반경 방향 외측으로 연장하는 부분(605)을 갖는다.

[0044] 중간 플레이트 층(611)과 하부 플레이트 층(610) 사이에 하나 또는 그 초과인 히터 소자들이 존재할 수 있다. 중간 플레이트 층(611)은, 히터 소자(621)들이 중간 플레이트 층(611)의 저부에 있는 그루브(620)들에 놓이도록 히터 소자들을 수용하게 구성될 수 있다. 멀티 존 히터 소자 레이아웃의 예시가 도 17에 도시된다. 히터 소자는 3 개의 반경 방향 존들로 분할되는데, 이들 각각은 전체 6 개의 존들에 대해 2 개의 반부(half)들을 갖는다. 이와 관련하여, 플레이트(602)는 환형 형상일 수 있고 제 1 및 제 2 중심 반부 존(647a, 647b)들로 분할될 수 있는 중심(central) 히터 존(647), 환형 형상일 수 있고 제 1 및 제 2 중간(mid) 반부 존(648a, 648b)들로 분할될 수 있는 중간 히터 존(648), 및 환형 형상일 수 있고 제 1 및 제 2 에지 반부 존(649a, 649b)들로 분할될

수 있는 에지(edge) 히터 존(649)을 포함한다. 이러한 반부 존들 각각은 형상이 환형 반부일 수 있다. 중심 히터 존(647)은 축(643)의 중심에 있을 수 있으며, 중간 히터 존은 축(643) 및 중심 히터 존(647)으로부터 반경 방향 외측으로 이격될 수 있으며, 에지 히터 존은 축 및 중간 히터 존으로부터 반경 방향 외측으로 이격될 수 있다. 반경 방향 존들 중 2 개, 즉 중간 히터 존(648) 및 에지 히터 존(649)은 플레이트(601)의 일부(605) 내에 있으며, 중공 샤프트의 인테리어의 주변부 완전 외부측이다. 히터 소자(621)들은, 몰리브덴일 수 있으며, AIN 포팅(potting) 화합물(622)이 그루브들 내에 포팅될 수 있다. 히터 소자(621)들을 위한 파워 리드(646)들은, 개별 히터 회로들에 파워를 경로설정하기 위해서 중심 허브로부터 밖으로 벌려질(splay out) 수 있다.

[0045] 일 실시예에서, 예컨대, 도 17에 예시된 바와 같이, 하나 이상의 제 1 온도 센서(651)가 중심 히터 존(647) 근처에 또는 인접하게 플레이트(601)에 배치되고, 하나 이상의 제 2 온도 센서(652)가 중간 히터 존(648) 근처에 또는 인접하게 플레이트에 배치되며, 그리고 하나 이상의 제 3 온도 센서(653)가 에지 히터 존(649) 근처에 또는 인접하게 플레이트에 배치된다. 개별 히터 존에 대한 온도 센서의 임의의 적절한 위치 설정들은 본 발명의 범주 내에 있다. 일 실시예에서, 제 2 및 제 3 온도 센서(652, 653)들 각각은, 플레이트(601)의 부분(605)에 배치된다. 이에 따라, 온도 모니터링을 제공하도록 구성된 히터 존(648, 649)들에 위치한 온도 센서들은, 샤프트(602)의 내부 반경보다 더 큰 반경 방향 거리로 플레이트에 배치된다. 일 실시예에서, 온도 센서(651, 652, 653)들은, 서로 반경 방향으로 떨어져 이격되며, 그리고 일 실시예에서, 각각의 제 2 온도 센서(652)는 하나 이상의 제 1 온도 센서(651)로부터 반경 방향으로 외측으로 이격되고, 각각의 제 3 온도 센서(653)는 하나 이상의 제 2 온도 센서(652)로부터 반경 방향 외측으로 이격된다. 온도 센서들 각각은, 임의의 적절한 유형일 수 있으며, 그리고 일 실시예에서, 온도 센서들 각각은 열전쌍이다.

[0046] 전기 리드(661)가 온도 센서(651 내지 653)들 각각으로부터 샤프트(601)의 제 1 단부(641)로 그리고 중심 보어(603)를 통해 샤프트의 제 2 단부(642)로 연장한다. 리드(661)들 각각은, 샤프트의 제 2 단부(642)에서 접근 가능하고 플레이트(601)의 온도의 독립적인 감시, 보다 상세하게는 개별 히터 존(647, 648, 649) 부근의 플레이트의 온도 감시를 허용하도록 샤프트(601)를 통해 연장한다.

[0047] 도 13 내지 도 16에서 도시된 바와 같은 실시예들에서, 중간 플레이트 층(611)의 저부 표면은 다양한 구성요소들의 설치를 보여줄 수 있다. 일부 양태들에서, 하나 또는 그 초과 리세스들, 채널들, 그루브들 또는 슬롯(662)들이 히터 소자(621)들 및 전기 리드(661)들의 설치를 위해 이 표면으로 기계가공될 수 있다. 이러한 하나 또는 그 초과 리세스들은, 예컨대 원통형 형상이며 일 실시예에서 축(643) 상에서 중심을 가질 수 있는 단일 캐비티를 포함할 수 있다. 홀들은, 열전쌍(651 내지 653)들의 설치를 위해 열전쌍 설치구(thermocouple well)들로서 작용하도록 이 표면 내로 드릴링될 수 있다. 이러한 기계가공 이후에, 히터 소자(621)들이 설치되고 포팅될 수 있다. 일부 실시예들에서, 히터 소자들은 그루브들에 배치되는 몰리브덴 와이어들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 히터 소자들은 두꺼운 필름 증착 기술을 사용하여 그루브들 내로 증착될 수 있다. 열전쌍(651 내지 653)들도 또한 설치되고 포팅될 수 있다. 히터 소자들은, 버스 바(bus bar)들일 수 있는 파워 리드(646)들에 부착될 수 있다. 중심 허브가 사용되는 실시예들에서, 파워 리드(646)들 및 열전쌍 리드(661)들은 중심 허브를 통해 경로설정될 수 있다. 다층 플레이트 스택(601)은, 엇사이드다운 방식과 같이 조립될 수 있으며, 여기서 브레이즈 층들을 포함하는 모든 소자들이 예비 조립체 내로 조립되며, 이 조립체는 이후 최종 완료된 히터 조립체 내로 처리될 수 있다. 본원의 명세서들에 따른 브레이징 단계는, 반도체 제조를 서포트하면서 히터가 불 수 있으며 산소함유(oxygenated) 대기들 및 불소계 화합물들을 포함할 수 있는 대기들을 견디도록 구성된 밀폐식 밀봉과 구성요소들의 모두를 결합할 것이다.

[0048] 중심 허브(604)를 통한 리드들, 이를 테면 인코넬(Inconel) 외부를 갖는 열전쌍 리드(661)의 라우팅에 의해, 이들 리드들은 중심 허브를 통해 경로설정될 수 있고 그리고 또한 브레이징 소자와 함께 밀봉될 수 있다. 예컨대, 리드는 카운터 보어를 가졌던 중심 허브에서 홀을 통해 경로설정될 수 있으며, 원통형 브레이징 소자는 브레이징 단계 이전에 리드 둘레에 배치될 수 있다. 또한, 중심 허브(604)는, 중간 플레이트 층(611)과 저부 플레이트 층(610) 사이의 층간(inter plate) 공간이 샤프트의 인테리어 공간으로부터 밀폐식으로 밀봉되는 것을 허용한다. 도 14에서 보는 바와 같이, 결합 층(615)은 저부 플레이트 층(610)의 저부로부터 샤프트를 밀봉하기

위해 사용될 수 있으며, 다른 결합 층(616)이 저부 플레이트 층(610)의 상부 표면으로부터 중심 허브(604)를 밀봉하도록 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 다양한 결합 층들에 의해 부착될 예정인 다양한 표면들 전부를 결합하기 위해서 브레이징 단계 중, 전체 히터 조립체가 진공으로 가열될 때, 층간 공간(inter plate space)들은 밀폐식 밀봉들과 진공 조건으로 밀봉될 것이다. 일부 양태들에서, 열전쌍들이 장착되는 층간 공간을 갖는 것은, 열전쌍들이 장착되는 영역들 이외의 영역들에서 보여지는 온도들로부터 열전쌍들을 보다 양호하게 단열(thernally isolate)시킬 수 있다.

[0049] 도 15 및 도 16은 제각기, 중심 허브(604)를 평면도 및 부분 횡단면도로 예시한다. 중심 허브는 중간 플레이트 층(611)과 저부 플레이트 층(610) 사이의 층간 공간으로부터 샤프트의 중심 영역을 고립시키는 밀폐식 피드스루로서 사용될 수 있다. 히터들에 파워를 공급하는 리드(646)들, 및 열전쌍 리드(661)들은, 중심 허브를 통해 경로설정될 수 있고, 다른 구성요소들을 서로 결합하고 밀봉하는 동일한 브레이징 프로세스 단계에서 브레이징 재료에 의해 밀봉될 수 있다.

[0050] 도 17은 본 발명의 일부 실시예들에서 보는 바와 같이, 멀티존 히터 소자, 예컨대 히터(600)를 예시한다. 히터 소자는 도 17의 평면도에 도시된 플레이트(601)에서 3 개의 반경 방향 존(647, 648, 649)들로 분할되며, 이들 각각은 전체 6 개의 히터 존(647a, 647b, 648a, 648b, 649a, 649b)들에 대해 2 개의 반부(half)들을 갖는다. 반경 방향 존들 중 2 개, 예컨대 중간 히터 존(648) 및 에지 히터 존(649)은 플레이트 부분(605) 내에 있으며, 중공 샤프트(602)의 인테리어의 주변부 완전 외부측이다. 일 실시예에서, 하나 이상의 제 1 온도 센서 또는 열전쌍(651)이 각각의 중심 히터 존(647a, 647b)을 위해 플레이트(601)에 제공되며, 적어도 두 번째 제 1 온도 센서 또는 열전쌍(652)이 각각의 중간 히터 존(648a, 648b)을 위해 플레이트(601)에 제공되며, 적어도 세 번째 제 1 온도 센서 또는 열전쌍(653)이 각각의 에지 히터 존(649a, 649b)을 위해 플레이트(601)에 제공된다. 일 실시예에서, 온도 센서는, 온도 센서의 개별 히터 존(647a, 647b, 648a, 648b, 649a, 649b)의 한계들 내에(이러한 히터 존을 도 17에 도시된 바와 같은 평면에서 볼 때) 제공된다. 일 실시예에서, 플레이트(601)에 있는 히터 존은, 실질적으로 평면이며, 평면도에서 볼 때 영역을 한정하고, 이러한 히터 존에 관련한 하나 이상의 온도 센서는 이러한 히터 존의 영역 내에서, 히터 존의 평면 내에 또는 축(643)을 따라 이러한 평면으로부터 이격된다. 이런 방식으로, 온도 센서는 히터 존 근처에 있다. 일 실시예에서, 플레이트(601)에 있는 히터 존들 각각은 실질적으로 평면이며, 축(643)에 대해 실질적으로 수직하게 연장한다. 온도 센서(651 내지 653)들 중 전부 또는 일부가 이와 같이 제공될 수 있음이 이해된다.

[0051] 본 발명의 일부 실시예들에 따른 결합 방법들은, 결합될 세라믹 피스들에 대한 결합 재료의 습윤(wetting) 및 유동의 제어에 따른다. 일부 실시예들에서, 결합 프로세스 중 산소의 부재는, 조인트 영역에서 재료들을 변화시키는 반응들 없이 적절한 습윤을 허용한다. 결합 재료의 적절한 습윤 및 유동에 의해, 밀폐식으로 밀봉된 조인트가 비교적 저온으로 얻어질 수 있다. 본 발명의 일부 실시예들에서, 조인트 영역에서 세라믹의 사전 금속화(pre-metallization)가 결합 프로세스 이전에 실행된다.

[0052] 결합된 세라믹들의 최종 제품(end product)이 사용되는 일부 적용분야들에서, 조인트의 강도는 핵심 설계 인자가 아닐 수 있다. 일부 적용분야들에서, 조인트의 기밀성(hermeticity)이 조인트의 어느 한쪽에서의 대기들의 분리를 허용하기 위해서 요구될 수 있다. 또한, 결합 재료의 조성은, 세라믹 조립체 최종 제품이 노출될 수 있는 화학약품들에 대한 내성을 갖는데 중요할 수 있다. 결합 재료는, 화학약품들에 대한 내성이 요구될 수 있는데, 그렇지 않으면, 이 화학약품들은 조인트의 열화 및 밀폐식 밀봉의 손실을 유발할 수 있다. 결합 재료는, 또한 마무리되는 세라믹 디바이스에 의해 나중에 지원되는 프로세스들에 부정적으로 지장을 주지 않는 유형의 재료를 필요로 할 수 있다.

[0053] 본 발명의 일부 실시예들에서, 결합된 세라믹 조립체는 세라믹, 이를테면 질화 알루미늄으로 구성된다. 다른 재료들, 이를 테면 알루미늄, 질화 규소, 탄화 규소 또는 산화 베릴륨이 사용될 수 있다. 일부 양태들에서, 제 1 세라믹 피스는 질화 알루미늄일 수 있고, 제 2 세라믹 피스는 질화 알루미늄, 지르코니아, 알루미늄 또는 다른 세라믹일 수 있다. 일부 현재의 프로세스들에서, 결합된 세라믹 조립체 구성요소들은, 먼저, 제 1 피스 및

제 2 피스가 형성되는 프로세스 오븐을 포함하는 초기 프로세스에서 개별적으로 제작될 수 있다. 일부 실시예들에서, 리세스가 정합 피스들 중 하나에 포함될 수 있으며, 이는 리세스 내에 다른 정합 피스가 놓이는 것을 허용한다.

[0054] 일부 실시예들에서, 조인트는, 최소 브레이즈 층 두께를 유지하도록 구성된 복수 개의 스탠드오프들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 세라믹 피스들 중 하나, 이를테면 샤프트가 예컨대 플레이트에 결합될 샤프트의 단부 상에서, 또는 커버가 플레이트에 결합되는 표면 상에서 복수 개의 스탠드오프들 메사(mesas)를 활용할 수 있다. 이 메사는 세라믹 피스와 동일한 구조의 일부일 수 있으며, 피스로부터 구조물을 멀리서 기계가공하여 메사(mesa)들을 남겨둠으로써 형성될 수 있다. 이 메사는 결합 프로세스 이후에 세라믹 피스의 단부에 접할 수 있다. 일부 실시예들에서, 메사는 조인트를 위한 최소 브레이즈 층 두께를 형성하는데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 브레이징 이전에 브레이즈 층 재료는, 샤프트 단부와 플레이트 사이에서 메사 또는 분말 입자들에 의해 유지되는 간격보다 더 두꺼울 것이다. 일부 실시예들에서, 다른 방법들이 최소 브레이즈 층 두께를 개설하기 위해서 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 세라믹 구체(sphere)들이 최소 브레이즈 층 두께를 개설하기 위해서 사용될 수 있다. 일부 양태들에서, 브레이즈 재료의 아주 전부가 스탠드오프들과 인접한 인터페이스 표면 사이에서부터 깎 수 있는 것은 아니기 때문에, 조인트 두께는 스탠드오프들 또는 다른 최소 두께 판정 디바이스의 치수보다 약간 더 두꺼울 수 있다. 일부 양태들에서, 알루미늄 브레이즈 층의 일부는, 스탠드오프와 인접한 인터페이스 표면 사이에서 발견될 수 있다. 일부 실시예들에서, 브레이징 재료는, 0.004 인치의 완성된 조인트 최소 두께로 브레이징하기 이전에 0.006 인치의 두께를 가질 수 있다. 브레이징 재료는 0.4 중량% Fe를 갖는 알루미늄일 수 있다. 일부 실시예들에서, 스탠드오프들은 사용되지 않는다.

[0055] 이러한 장치에서의 조인트를 가로지르는 양측들에서 볼 때 상기 설명된 분위기들의 양측의 타입들과 호환 가능할 브레이즈 재료는 알루미늄이다. 알루미늄은 산화된 알루미늄의 자기 제한 층을 형성하는 특성을 갖는다. 이러한 층은 일반적으로 균질하고, 일단 형성되면 기본 알루미늄에 부가적인 산소 또는 다른 산화 화학 반응들 (플루오린 화학 반응들과 같은)이 침투하고 산화 프로세스를 계속하는 것을 방지하거나 또는 상당히 제한한다. 이러한 방식으로, 알루미늄의 최초의 짧은 산화 기간 또는 부식 기간이 있고, 이는 이후에 알루미늄의 표면에 형성된 산화물(또는 플루오라이드) 층에 의해 실질적으로 정지되거나 느려진다. 브레이즈 재료는 시이트, 분말, 박막의 형태 또는 본원에 설명된 브레이징 프로세스들을 위해 적절한 임의의 다른 형태 인자일 수 있다. 예컨대, 브레이징 층은 0.00019 인치 내지 0.011 인치 또는 그 초과 범위의 두께를 갖는 시이트일 수 있다. 일부 실시예들에서, 브레이즈 재료는 대략 0.0012 인치의 두께를 갖는 시이트일 수 있다. 일부 실시예들에서, 브레이즈 재료는 대략 0.006 인치의 두께를 갖는 시이트일 수 있다. 통상적으로, 알루미늄의 합금 구성성분들 (예컨대, 망간과 같은)은 알루미늄의 입자 경계들 사이에 침전물들로서 형성된다. 이들이 알루미늄 접합 층의 내산화성을 감소시킬 수 있지만, 통상적으로 이러한 침전물들은 알루미늄에 걸친 근접한 경로들을 형성하지 않고, 이에 의해 전체 알루미늄 층을 통하는 산화제들의 침투를 허용하지 않으며, 따라서 알루미늄의 자기 제한 산화물 층 특징을 온전하게 남기고 이는 그의 내부식성을 제공한다. 침전물들을 형성할 수 있는 구성성분들을 함유하는 알루미늄 합금을 사용하는 실시예들에서, 냉각 프로토콜들을 포함하는 프로세스 파라미터들은 입자 경계에 침전물들을 최소화하도록 구성될 것이다. 예컨대, 일 실시예에서, 브레이즈 재료는 99.5 % 이상의 순도를 갖는 알루미늄일 수 있다. 일부 실시예들에서, 92 % 초과 순도를 가질 수 있는 상업적으로 이용 가능한 알루미늄 포일이 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 합금들이 사용된다. 이러한 합금들은 Al-5w%Zr, Al-5w%Ti, 상업적인 합금들 #7005, #5083 및 #7075 를 포함할 수 있다. 이러한 합금들은 일부 실시예들에서 1100℃ 의 결합 온도에서 사용될 수 있다. 이러한 합금들은 일부 실시예들에서 800℃ 내지 1200℃ 의 온도에서 사용될 수 있다. 이러한 합금들은 일부 실시예들에서 더 낮은 또는 더 높은 온도에서 사용될 수 있다.

[0056] 본 발명의 실시예들에 따른 프로세스들의 조건들 하에서의 알루미늄에 의한 확산에 대한 AlN 의 비-민감성은 판 및 샤프트 조립체의 제작에서의 브레이징 단계 후에 세라믹의 재료 특성들 및 재료 정체성의 보존을 초래한다.

[0057] 일부 실시예들에서, 결합 프로세스는 매우 낮은 압력들을 제공하도록 구성된 프로세스 챔버에서 수행된다. 본 발명의 실시예들에 따른 결합 프로세스들은 밀폐식으로 밀봉된 조인트를 달성하기 위해 산소의 부재를 요구할

수 있다. 일부 실시예들에서, 프로세스는 $1 \times 10E-4$ Torr 미만의 압력에서 수행된다. 일부 실시예들에서, 프로세스는 $1 \times 10E-5$ Torr 미만의 압력에서 수행된다. 일부 실시예들에서, 추가의 산소 제거가 프로세스 챔버 내의 지르코늄 또는 티타늄의 배치에 의해 달성된다. 예컨대, 지르코늄 내부 챔버는 결합될 피스들 주위에 놓일 수 있다.

[0058] 일부 실시예들에서, 진공 외의 분위기들이 밀폐식 밀봉을 달성하는데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아르곤(Ar) 분위기가 밀폐식 조인트들을 달성하는데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 다른 비활성 가스(noble gas)들이 밀폐식 조인트들을 달성하는데 사용된다. 일부 실시예들에서, 수소(H₂) 분위기가 밀폐식 조인트들을 달성하는데 사용될 수 있다.

[0059] 브레이징 층의 습윤(wetting) 및 유동은 다양한 인자들에 민감할 수 있다. 해당 인자들은 브레이즈 재료 조성, 세라믹 조성, 프로세스 챔버의 분위기의 화학적 구성(makeup), 특히 결합 프로세스 동안 챔버 내의 산소의 레벨, 온도, 온도에서의 시간, 브레이즈 재료의 두께, 결합될 재료의 표면 특징들, 결합될 피스들의 기하학적 형상, 결합 프로세스 동안 조인트에 걸쳐 가해지는 물리적 압력 및/또는 결합 프로세스 동안 유지되는 조인트 갭을 포함한다.

[0060] 일부 실시예들에서, 세라믹의 표면들은 결합을 위한 챔버로의 세라믹 피스들의 배치에 앞서 금속화를 겪을 수 있다. 금속화는 일부 실시예들에서 마찰식 금속화일 수 있다. 마찰식 금속화는 알루미늄 로드와 사용될 수 있다. 회전 공구가 피스가 결합될 때 브레이징 층에 인접하게 될 구역들에 걸쳐 알루미늄 로드를 회전시키는데 사용될 수 있다. 마찰식 금속화 단계는 세라믹 피스의 표면에 일부 알루미늄을 남길 수 있다. 마찰식 금속화 단계는, 표면이 브레이징 재료의 습윤에 대하여 더 양호하게 구성되도록, 일부 산화물들을 제거하는 것에 의한 것과 같이 세라믹 표면을 다소 변경할 수 있다. 금속화 단계는 일부 실시예들에서 박막 스퍼터링일 수 있다.

[0061] 제 1 및 제 2 세라믹 대상들을 함께 결합하기 위한 브레이징 방법의 예는 제 1 세라믹 대상과 제 2 세라믹 대상 사이에 배치되는 알루미늄 합금 및 알루미늄으로 이루어지는 그룹으로부터 선택되는 브레이징 층과 제 1 및 제 2 대상들을 함께 가져오는 단계, 800°C 이상의 온도로 브레이징 층을 가열하는 단계, 및 브레이징 층을 그의 용점 미만의 온도로 냉각시키는 단계로서 이에 의해 브레이징 층이 경화되고 밀폐식 밀봉을 생성하여서 제 1 부재를 제 2 부재에 결합하도록 하는 단계를 포함할 수 있다. 브레이즈 조인트들의 다양한 기하학적 형상들이 본원에 설명된 방법들에 따라 이행될 수 있다.

[0062] 본 발명의 일부 실시예들에 따른 결합 프로세스는 이하의 단계들의 일부 또는 모두를 포함할 수 있다. 둘 또는 그 초과인 세라믹 피스들이 결합을 위해 선택된다. 일부 실시예들에서, 복수의 피스들이 동일한 세트의 프로세스 단계들에서 복수의 결합 층들을 사용하여 결합될 수 있지만, 논의의 명료함을 위해 단일 결합 층과 결합되는 두 개의 세라믹 피스들이 본원에서 논의될 것이다. 세라믹 피스들은 질화 알루미늄일 수 있다. 세라믹 피스들은 단결정 또는 다결정 질화 알루미늄일 수 있다. 각각의 피스의 일부들은 서로 결합될 각각의 피스의 구역으로서 확인되었다. 예시적인 예에서, 세라믹 관 구조의 바닥의 일부는 세라믹 중공 원통형 구조의 정상에 결합될 것이다. 결합 재료는 알루미늄을 포함하는 브레이징 층일 수 있다. 일부 실시예들에서, 브레이징 층은 99% 초과인 알루미늄 함량의 상업적으로 이용 가능한 알루미늄 포일일 수 있다. 브레이징 층은 일부 실시예들에서 포일의 복수의 층들로 이루어질 수 있다.

[0063] 일부 실시예들에서, 결합될 특정 표면 구역들은 예비 금속화 단계를 겪을 것이다. 이러한 예비 금속화 단계는 다양한 방식으로 달성될 수 있다. 하나의 방법에서, 마찰식 예비 금속화 공정이 이용되고, 이는 6061 알루미늄 합금일 수 있고, 회전 공구에 의해 회전될 수 있고 조인트 구역에서 세라믹에 대향하여 프레스될 수 있는 재료의 로드를 사용하여, 일부 알루미늄은 결합의 구역에 두 개의 세라믹 피스들의 각각 상에 적층될 수 있다. 다른 방법에서, PVD, CVD, 전기 도금, 플라즈마 분무 또는 다른 방법들이 예비 금속화를 적용하는데 사용될 수

있다.

[0064] 결합에 앞서, 두 개의 피스들은 프로세스 챔버 내에 있는 동안 일부 위치적 제어를 유지하기 위해 서로에 대하여 고정될 수 있다. 고정은, 온도의 적용 동안, 두 개의 피스들 사이에, 그리고 조인트에 걸쳐 접촉 압력을 생성하기 위해 외부적으로 가해지는 로드를 가하는 것을 보조할 수 있다. 추(weight)가 조인트에 걸쳐 접촉 압력이 가해지도록 고정물 피스들의 정상부에 놓일 수 있다. 추는 브레이징 층의 구역에 비례할 수 있다. 일부 실시예들에서, 조인트에 걸쳐 가해지는 접촉 압력은 조인트 접촉 구역들 상에 대략 2 내지 500 psi의 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서 접촉 압력은 2 내지 40 psi의 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서, 최소 압력이 사용될 수 있다. 이러한 단계에서 사용되는 접촉 압력은, 2000 내지 3000 psi의 압력들을 사용할 수 있는, 앞선 프로세스들에서 볼 수 있는 바와 같은 고온 프레싱/소결을 사용하는 결합 단계에서 볼 수 있는 것보다 현저히 더 낮다.

[0065] 스탠드오프들로서 메사(mesa)들을 사용하는, 또는 세라믹 구체들과 같이 조인트 두께 제어의 다른 방법들을 사용하는 실시예들에서, 열의 적용 이전에 브레이징 층의 원래 두께는 메사들의 높이보다 더 클 수 있다. 브레이징 층 온도가 액상선 온도에 도달하고 이를 초과할 때, 결합되는 피스들 사이의 브레이징 층에 걸친 압력은 제 1 피스의 메사들이 제 2 피스의 인터페이스 표면과 접촉할 때까지 피스들 사이의 상대 운동을 야기할 수 있다. 이러한 때에, 조인트에 걸친 접촉 압력은 (만약 존재한다면, 브레이징 층 내의 척력들에 대한 저항을 제외하고)외부 힘에 의해 더 이상 공급되지 않을 것이다. 메사들은 브레이징 층이 세라믹 피스들의 완전한 습윤에 앞서서 조인트 구역 밖으로 강제되는 것을 방지할 수 있고, 따라서 결합 프로세스 동안 더 양호한 미트/또는 완전한 습윤을 가능하게 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 메사들은 사용되지 않는다.

[0066] 고정된 조립체가 프로세스 오븐에 놓일 수 있다. 오븐은 $5 \times 10E-5$ Torr 미만의 압력으로 비워질 수 있다. 일부 양태들에서, 진공은 잔여 산소를 제거한다. 일부 실시예들에서 $1 \times 10E-5$ Torr 미만의 진공이 사용된다. 일부 실시예들에서, 고정된 조립체는 산소 유인체로서 작용하는 지르코늄 내부 챔버 내에 놓이고, 이는 프로세스 동안 조인트를 향하는 그의 경로에서 발견될 수 있는 잔여 산소를 또한 감소시킨다. 일부 실시예들에서, 프로세스 오븐은 퍼징되고(purged), 산소를 제거하기 위해 아르곤 가스와 같은 순수하고, 탈수된 순수한 비활성 가스로 다시 충전된다. 일부 실시예들에서, 프로세스 오븐은 퍼징되고 산소를 제거하기 위해 정화된 수소로 다시 충전된다.

[0067] 고정물 조립체는 그 후 온도의 증가를 받고, 결합 온도에서 유지된다. 가열 사이클을 개시할 때, 온도는 예컨대 600℃인 표준화된 온도들 그리고 결합 온도까지, 예컨대 분당 15℃로 200℃까지 그리고 그 후에 분당 20℃로 천천히 상승될 수 있고 구배들을 최소화하기 위해 미트/또는 다른 이유들로 인해 가열 후에 진공이 회복되는 것을 가능하게 하기 위해 각각의 온도에서 고정된 잔류 시간 동안 유지될 수 있다. 브레이징 온도가 도달될 때, 온도는 브레이징 반응을 실행시키기 위해 일정한 시간 동안 유지될 수 있다. 예시적인 실시예에서, 잔류 온도는 800℃일 수 있고 잔류 시간은 2 시간일 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 잔류 온도는 1000℃일 수 있고 잔류 시간은 15분일 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 잔류 온도는 1150℃일 수 있고 잔류 시간은 30 내지 45분일 수 있다. 일부 실시예들에서, 잔류 온도는 최대 1200℃를 초과하지 않는다. 일부 실시예들에서, 잔류 온도는 최대 1300℃를 초과하지 않는다. 충분한 브레이징 잔류 시간을 달성할 때, 노는 분당 20℃의 속도로 또는 고유의 노 냉각 속도가 더 적을 때, 이보다 더 낮은 속도로 상온으로 냉각될 수 있다. 노는 대기압이고 개방될 수 있으며 브레이징된 조립체는 검사, 특징화 미트/또는 평가를 위해 제거될 수 있다.

[0068] 너무 긴 시간 기간 동안, 너무 높은 온도의 사용은 현저한 알루미늄 증발의 결과로서 결합 층에 형성되는 공극들을 유도할 수 있다. 공극들이 결합 층에 형성될 때, 조인트의 밀폐성이 손실될 수 있다. 프로세스 온도 및 프로세스 온도의 지속 시간은 알루미늄 층이 증발되지 않고, 이에 의해 밀폐식 조인트가 달성되도록 제어될 수 있다. 적절한 온도 및 프로세스 시간 지속 제어에 의해, 게다가 상기 설명된 다른 프로세스 파라미터들에 의해, 연속적인 조인트가 형성될 수 있다. 본원에 설명된 바와 같은 실시예들에 따라 달성되는 연속적인 조인트

트는 구조적 부착 뿐만 아니라 부품들의 밀폐식 밀봉을 초래할 것이다.

[0069] 브레이징 재료는 유동할 것이며 결합되는 세라믹 재료들의 표면들의 습윤을 가능하게 할 것이다. 질화 알루미늄과 같은 세라믹이 알루미늄 브레이징 층들을 사용하여 결합될 때 그리고 충분히 낮은 레벨들의 산소의 존재시에 그리고 본원에 설명된 것과 같이, 조인트는 밀폐식 브레이징된 조인트이다. 이는 일부 이전의 세라믹 결합 프로세스들에서 보이는 확산 접합과 대조적인 상태에 있다.

[0070] 일부 실시예들에서, 결합될 피스들은 브레이징 동안 압력이 브레이징 층에 걸쳐 놓이지 않도록 구성될 수 있다. 예컨대, 포스트(post) 또는 샤프트가 정합 피스의 카운터싱크(countersink) 홀 또는 리세스 안에 놓일 수 있다. 카운터싱크는 포스트 또는 샤프트의 외부 치수보다 더 클 수 있다. 이는 포스트 또는 샤프트 주위에 구역을 생성할 수 있고 이는 그 후에 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 충전될 수 있다. 이러한 시나리오에서, 결합 동안 두 개의 피스들 사이에 이들을 유지하기 위해 놓이는 압력은 브레이징 층에 걸쳐 어떠한 압력도 초래하지 않을 수 있다. 또한, 피스들 사이에 적은 압력이 놓이거나 또는 압력이 전혀 놓이지 않도록 고정물을 사용하여 적절한 단부 위치에 각각의 피스를 유지하는 것이 가능할 수 있다.

[0071] 상기 설명된 바와 같이 결합된 결합된 조립체들은 결합된 피스들 사이에 밀폐식 밀봉을 갖는 피스들을 초래한다. 이러한 조립체들은 그 후 분위기 고압이 조립체들의 사용에서 중요한 양태인 곳에서 사용되는 것이 가능하다. 또한, 결합된 조립체들이 나중에 예컨대 반도체 프로세싱에서 사용될 때 다양한 분위기들에 노출될 수 있는 조인트의 일부는 이러한 분위기들에서 저하되지 않을 것이며, 또한 나중의 반도체 프로세싱을 오염시키지도 않을 것이다.

[0072] 밀폐 및 비-밀폐식 조인트들 모두가 피스들을 강하게 결합할 수 있어서, 상당한 힘이 피스들을 분리시키기 위해 필요하다. 하지만, 조인트가 강하다는 사실은 조인트가 밀폐 시일을 제공하는지의 여부의 판정에 결정적인 것은 아니다. 밀폐식 조인트들을 얻기 위한 능력은 조인트의 습윤과 연관될 수 있다. 습윤은 다른 재료의 표면에 걸쳐 퍼지는 액체의 능력 또는 경향을 설명한다. 브레이징된 조인트에 불충분한 습윤이 있다면, 접합이 없는 구역들이 있을 것이다. 충분한 습윤되지 않은 구역이 있다면, 가스가 조인트를 통과할 수 있으며, 이는 누수를 야기한다. 습윤은 브레이징 재료의 용융에서 상이한 스테이지들에서의 조인트에 걸친 압력에 의해 영향을 받을 수 있다. 특정 최소 거리를 넘어서는 브레이징 층의 압축을 제한하기 위한 메사 스탠드오프들의 사용, 또는 적절한 직경의 분말 입자들 또는 세라믹 구체들의 삽입과 같은 다른 스탠드오프 장치의 사용은 조인트의 구역들의 습윤을 보장할 수 있다. 결합 프로세스 동안 브레이징 요소에 의해 나타나는 분위기의 신중한 제어는 조인트의 구역들의 습윤을 보장할 수 있다. 조합시, 조인트 두께의 신중한 제어 및 프로세스 동안 사용되는 분위기의 신중한 제어는 다른 프로세스들에 의해 달성될 수 없는 조인트 인터페이스 구역의 완전한 습윤을 초래할 수 있다. 또한, 다른 참조된 인자들과 관련한, 메사 스탠드오프 높이보다 더 두꺼울 수 있는 적절한 두께인 브레이징 층의 사용은 매우 양호하게 습윤된, 밀폐식 조인트를 초래할 수 있다. 다양한 결합 층 두께들이 성공적일 수 있지만, 결합 층의 증가된 두께는 조인트의 밀폐 양태의 성공적인 속도를 보장할 수 있다.

[0073] 브레이징 프로세스 동안 충분한 양의 산소 또는 질소의 존재는 조인트 인터페이스 구역의 완전한 습윤을 방해하고, 결국 밀폐가 아닌 조인트를 초래할 수 있는 반응들을 생성할 수 있다. 완전히 습윤되지 않으면서, 습윤되지 않은 구역들은 최종 조인트의, 조인트 인터페이스 구역으로 유입된다. 충분히 근접하게 습윤되지 않은 구역들이 유입될 때, 조인트의 밀폐성은 손실된다.

[0074] 질소의 존재는 질화 알루미늄을 형성하기 위한 용융된 알루미늄과의 질소 반응을 유도할 수 있으며, 이러한 반응 형성물은 조인트 인터페이스 구역의 습윤을 방해할 수 있다. 유사하게, 산소의 존재는 산화 알루미늄을 형성하기 위한 용융된 알루미늄과의 산소 반응을 유도할 수 있으며, 이러한 반응 형성물은 조인트 인터페이스 구역의 습윤을 방해할 수 있다. 5×10^{-5} Torr 미만의 압력의 진공 분위기를 사용하는 것이 조인트 인터페이스 구역의 완전히 강건한 습윤 및 밀폐식 조인트들을 가능하게 하기 위해 충분한 산소 및 질소를 제거하기 위해 도

시되었다. 일부 실시예들에서, 브레이징 단계 동안 프로세스 챔버 내에서, 대기압을 포함하는 더 높은 압력들의 사용, 하지만 수소 또는 예컨대 아르곤과 같은 순수한 비활성 가스들과 같은 비산화 가스들을 사용하는 것은 또한 조인트 인터페이스 구역의 강건한 습윤, 및 밀폐식 조인트들을 유도하였다. 상기 나타낸 산소 반응을 회피하기 위해, 브레이징 프로세스 동안 프로세스 챔버의 산소의 양은 조인트 인터페이스 구역의 완전한 습윤이 부정적으로 영향을 받지 않도록 충분히 낮아야만 한다. 상기 나타낸 질소 반응을 회피하기 위해, 브레이징 프로세스 동안 프로세스 챔버에 존재하는 질소의 양은 조인트 인터페이스 구역의 완전한 습윤이 부정적으로 영향을 받지 않도록 충분히 낮아야만 한다.

[0075] 최소의 조인트 두께를 유지하는 것과 결합하여, 브레이징 프로세스 동안 적절한 분위기의 선택은 조인트의 완전한 습윤을 가능하게 할 수 있다. 역으로, 부적절한 분위기의 선택은 열악한 습윤, 공극들을 유도할 수 있고 비-밀폐식 조인트를 유도할 수 있다. 브레이징 동안 적절한 재료 선택 및 온도와 함께 제어된 분위기 및 제어된 조인트 두께의 적절한 조합은 밀폐식 조인트들을 갖는 재료들의 결합을 가능하게 한다.

[0076] 세라믹 표면들 중 하나 또는 둘 모두가 브레이징 전에, 예컨대 알루미늄 얇은 필름 스퍼터링에 의해 미리금속화되는(pre-metallized) 경우의 본 발명의 일부 실시예들에서, 결합 프로세스 단계들은 더 짧은 기간 동안 유지되는 더 낮은 온도를 사용할 수 있다. 가열 사이클을 개시할 때, 온도는 예컨대 600℃인 표준화된 온도들 그리고 결합 온도까지, 예컨대 분당 15℃ 로 200℃ 까지 그리고 그 후에 분당 20℃로 천천히 상승될 수 있고 구배들을 최소화하기 위해 및/또는 다른 이유들로 인해 가열 후에 진공이 회복되는 것을 가능하게 하기 위해 각각의 온도에서 고정된 잔류 시간 동안 유지될 수 있다. 브레이즈 온도가 도달될 때, 온도는 브레이즈 반응을 시키기 위해 일정한 시간 동안 유지될 수 있다. 하나 또는 그 초과 인터페이스 표면들에 대한 예비 금속화를 사용하는 일부 실시예들에서, 브레이징 온도는 600℃ 내지 850℃의 범위일 수 있다. 예시적인 실시예에서, 잔류 온도는 700℃ 일 수 있고 잔류 시간은 1 분일 수 있다. 다른 예시적인 실시예에서, 잔류 온도는 750℃ 일 수 있고 잔류 시간은 1 분일 수 있다. 충분한 브레이즈 잔류 시간을 달성할 때, 노는 분당 20℃ 의 속도로 또는 고유의 노 냉각 속도가 더 적을 때, 이보다 더 낮은 속도로 상온으로 냉각될 수 있다. 노는 대기압이고 개방될 수 있으며 브레이징된 조립체는 검사, 특징화 및/또는 평가를 위해 제거될 수 있다.

[0077] 조인트 인터페이스 구역들 상에 증착되는 알루미늄의 층 없는 알루미늄 브레이징 프로세스에 대해, 프로세스들 내의 세라믹은 예컨대 얇은 필름 스퍼터링 기술에 의해 그 위에 증착되는 알루미늄의 얇은 층을 가지며, 저온들에서 그리고 브레이즈 온도에서의 매우 짧은 잔류 시간들로 밀폐식 조인트들을 생산한다. 인터페이스 표면 상의 알루미늄의 증착된 층의 사용은 표면의 습윤을 비교적으로 더 쉽게 생성할 수 있고 더 적은 에너지를 요구하여서, 밀폐식 조인트를 달성하기 위한 저온들 및 감소된 잔류 시간들의 사용을 허용하게 한다.

[0078] 이러한 브레이징 프로세스에 대한 프로세스 요약은 다음으로 알게된다: 조인트는 다결정 질화 알루미늄의 두 개 피스들 사이에 있었다. 브레이징 층 재료는 두께가 0.003" 인 99.8%의 알루미늄 포일이었다. 링 피스의 조인트 인터페이스 구역은 알루미늄의 2 마이크론의 얇은 필름 증착을 사용하여 금속화되었다. 결합 온도는 10분 동안 780℃가 유지되었다. 결합은 6×10^{-5} Torr 미만의 압력으로 유지되는 프로세스 챔버 내에서 수행되었다. 조인트 두께는 직경이 0.004" 인 ZrO₂ 구체를 사용하여 유지되었다. 제 1 피스(링) 피스는 알루미늄의 얇은 층의 증착 전에 에칭 프로세스를 겪었다. 조인트 무결성(integrity)의 음향 영상화(Acoustic imaging)는 세라믹 상에 양호한 습윤이 존재하는 위치들 내에서 솔리드 어두운 색을 나타냈다. 조인트의 양호한 그리고 충분한 무결성이 나타났다. 이러한 조인트는 밀폐형이었다. 밀폐는 표준 상업용 사용가능 질량 분석계 헬륨 누설 검출기(standard commercially available mass spectrometer helium leak detector)에 의해 확인될 때 1×10^{-9} sccm He/sec 미만의 진공 누설량을 가짐으로써 확인되었다.

[0079] 히터의 존들에 대한 열전쌍 모니터링에 의해, 본 발명의 실시예들에 따른멀티-존 가열기 조립체의 제조는 히터의 세라믹 피스들의 최종 소화 후에 열전쌍들의 삽입을 허용한다. 열전쌍들은, 히터가 상당한 온도들 및 이들의 부식성 가스들을 견디도록 구성되는 밀폐식 밀봉에 의해 반도체 프로세싱 동안 겪게될 부식성 가스들을 포함할 수 있는 외부 환경으로부터 또한 보호된다. 또한, 밀폐식 밀봉들은 또한 구조적인 조인트들이며, 멀티-구성

요소 조립체들은, 단일 브레이징 단계에 의해 구조적으로 연결될 수 있고 밀폐식으로 밀봉될 수 있다.

[0080] 본원에서 설명된 바와 같은 결합 방법의 다른 장점은 본 발명의 일부 실시예들에 따라 생성된 조인트들이, 바람직하다면 이들의 두 개의 구성요소들 중 하나를 수리하거나 교체하기 위해 구성요소들의 분해를 허용할 수 있다는 점이다. 결합 프로세스가 세라믹 내로의 결합 층의 확산에 의해 세라믹 피스들을 변경시키지 않았기 때문에, 세라믹 피스들은 따라서 재사용될 수 있다.

[0081] 일부 실시예들에서, 샤프트 및 플레이트의 정렬 및 위치는 부분적인 기하학적 형상들에 의해 유지되어서, 고정물 및 예비-접합 기계가공물을 제거하게 한다. 가중(Weighting)은, 브레이즈 재료가 용융될 때 일부 축의 이동과 다르게 접합 프로세스 동안 이동이 존재하지 않음을 보장하는데 사용될 수 있다. 플레이트는 플레이트의 배면 내의 오목부 내에 결합 소자에 의해 탑-다운(top-down) 방식으로 위치될 수 있다. 샤프트는 플레이트 내의 오목부 내로 수직으로 하향으로 삽입될 수 있다. 추가 결합 프로세스 동안 일부 접촉 압력을 제공하기 위해 샤프트(401) 상에 놓일 수 있다.

[0082] 일부 실시예들에서, 샤프트/플레이트의 위치 및 수직은 고정에 의해 유지된다. 고정은 열 팽창 및 기계가공 공차들로 인해 정밀할 수 없으며, 따라서 예비-접합 기계가공이 요구될 수 있다. 샤프트 직경은 최종 치수 요구조건들을 충족하기 위해 요구되는 재료 제거를 제공하도록 증가될 수 있다. 게다가, 가중은 브레이즈 재료가 용융될 때 일부 축의 이동과 다르게 접합 프로세스 동안 이동이 존재하지 않음을 보장하는데 사용될 수 있다. 플레이트는 플레이트의 배면 상에 결합 소자에 의해 탑-다운(top-down) 방식으로 위치될 수 있다. 샤프트는 플레이트 및 샤프트 예비-조립체를 생성하기 위해 플레이트 상에 위치될 수 있다. 고정물은 샤프트를 지지하고 위치시키기 위해 구성된다. 고정물은 위치의 무결성을 제공하기 위해 플레이트에 키잉(key)될 수 있다. 추가 결합 프로세스 동안 일부 접촉 압력을 제공하기 위해 샤프트 상에 놓일 수 있다.

[0083] 본 발명의 양태는, 결합을 위해 선택되는 알루미늄 또는 알루미늄 합금의 탄성 강도를 온도에 의해 감소시킴으로 정의된 바와 같이 접합된 샤프트-플레이트의 최대 작동 온도이다. 예를 들어, 순수 알루미늄이 결합 재료로서 사용된다면, 결합의 온도가 일반적으로 660℃로 고려되는, 알루미늄의 용융 온도에 가까워질 때 샤프트와 플레이트 사이의 접합의 구조적 강도는 아주 낮아지게 된다. 실제로, 99.5% 또는 좀더 순수한 알루미늄을 사용할 때, 샤프트-플레이트 조립체는 600℃의 온도까지의 통상적으로 웨이퍼 프로세싱 공구 내에서 만나게 되는 모든 수직한 그리고 예상되는 응력들을 견딜 것이다. 그러나, 일부 반도체 장치 제조 프로세스들은 600℃ 초과 온도들을 요구한다.

[0084] 본 발명의 실시예들에 따라 결합되었던 조립체의 결합해체를 위한 수리 과정은 다음 사항들과 같이 진행될 수 있다. 조립체는 조인트에 걸쳐 장력을 제공하도록 구성되는 고정물을 사용하여 프로세스 오븐 내에 위치될 수 있다. 고정물은 조인트 접촉 영역 상에 대략 2 내지 30 psi의 탄성 응력을 부여할 수 있다. 고정물은 일부 실시예들에 조인트에 걸쳐 더 큰 응력을 부여할 수 있다. 고정된 조립체가 이후에 프로세스 오븐에 놓일 수 있다. 비록 오븐이 이러한 단계들 동안 요구될 수 없지만, 오븐은 비워질 수 있다. 온도는 예를 들어 분당 15℃씩 200℃까지 그리고 이어서 이후에 분당 20℃씩 표준화 온도들, 예를 들어 400℃까지 그리고 분리온도까지 느리게 상승하게 될 수 있다. 분리 온도에 이르게 될 때, 피스들은 서로로부터 떨어지게 될 수 있다. 분리 온도는 브레이징 층에 사용되는 재료에 특이적일 수 있다. 분리 온도는 일부 실시예들에서 600 내지 800℃의 범위일 수 있다. 분리 온도는 일부 실시예들에서 800 내지 1000℃의 범위일 수 있다. 고정물은 두 개의 피스들 사이의 모션의 제한된 크기를 허용하도록 구성될 수 있음으로써, 피스들은 분리 시 손상되지 않는다. 분리 온도는 재료 특이적(material specific)일 수 있다. 분리 온도는 알루미늄에 대해 450 내지 660℃의 범위일 수 있다.

[0085] 세라믹 샤프트와 같은 이전에 사용된 피스의 재사용 이전에, 피스는 재사용을 위해 조인트 영역을 기계가공함으로써 준비될 수 있음으로써, 불규칙적인 표면들이 제거된다. 일부 실시예들에서, 피스가 새로운 정합 부분에

결합될 때 조인트 내의 브레이징 재료의 전체 양이 제어되도록 모든 잔여 브레이징 재료가 제거되는 것은 바람직할 수 있다.

[0086] 확산 층들을 세라믹 내에 생성하는 결합 방법들에 대조적으로, 본 발명의 일부 실시예들에 따른 결합 프로세스들은 이러한 확산 층을 초래하지 않는다. 따라서, 세라믹 및 브레이징 재료는 브레이징 단계 후에도, 브레이징 단계 이전에 이들이 가졌던 것과 동일한 재료 특성들을 유지한다. 따라서, 피스는 분리 후에 재사용되는 것이 바람직하며, 동일한 재료 및 동일한 재료 특성들은 피스 내에 존재할 것이어서, 공지된 구성요소 및 특성들 갖는 재사용을 허용하게 된다.

[0087] 일 실시예에서, 반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척이 제공되고 축선 및 단부를 가지는 샤프트를 포함할 수 있으며, 플레이트는 샤프트의 단부에 결합되고 축선으로부터 샤프트를 넘어 외측으로 반경방향으로 연장하는 부분을 가지며, 온도 센서는 플레이트의 부분에 배치되며, 전기 리드는 반도체 제조 프로세스 동안 온도 센서의 근처의 플레이트의 온도를 측정하기 위해 온도 센서로부터 샤프트를 통해 연장한다.

[0088] 플레이트는 세라믹 플레이트일 수 있다. 웨이퍼 척은 제 1 로 불리는 온도 센서로부터 반경방향의 일정 거리만큼 이격된 플레이트의 부분 내에 배치되는 추가적인 온도 센서 및 추가적인 온도 센서의 근처의 플레이트의 온도를 측정하기 위해 추가적인 온도 센서로부터 샤프트를 통해 연장하는 추가적인 전기 리드를 더 포함할 수 있다. 웨이퍼 척은 제 1 로 불리는 온도 센서의 근처의 플레이트를 가열하기 위한 제 1 히터 및 제 1 히터에 대해 독립된 추가적인 온도 센서 근처의 플레이트를 가열하기 위한 제 2 히터를 더 포함할 수 있다. 플레이트는 적어도 제 1 플레이트 층으로부터 형성될 수 있으며, 인접한 제 2 플레이트 층은 제 1 플레이트 층에 밀폐식으로 결합되며, 제 1 플레이트 층은 제 1 표면을 가지며, 제 2 플레이트 층은 제 1 표면을 대향하는 제 2 표면을 가지며, 제 1 및 제 2 표면들 중 하나 이상은 전기 리드들을 수용하기 위해 온도 센서들과 샤프트 사이에 연장하는 제 1 및 제 2 플레이트 층들 사이에 오목부를 형성하기 위한 그 안에 오목부를 가진다. 오목부는 제 1 로 불리는 전기 리드를 수용하기 위한 제 1 채널 및 추가적인 전기 리드를 수용하기 위한 제 2 채널을 포함할 수 있다. 오목부는 축선 상의 중심에 있는 원통형 캐비티를 포함할 수 있다. 웨이퍼 척은 플레이트 층들을 함께 밀폐식으로 결합하기 위해 제 1 플레이트 층과 제 2 플레이트 층 사이에 배치되는 결합 층을 더 포함할 수 있다. 온도 센서는 열전쌍일 수 있다.

[0089] 일 실시예에서, 멀티존 히터가 제공되고, 상기 멀티존 히터는, 히터 플레이트 중심으로부터의 제 1 반경방향 거리 범위에 있는 제 1 히터를 포함하는 히터 플레이트; 상기 제 1 반경방향 거리 범위 내의 제 1 열전쌍 웰; 상기 제 1 열전쌍 웰 내에 있는 제 1 열전쌍; 히터 플레이트 중심으로부터, 상기 제 1 반경방향 거리 존보다 히터 플레이트 중심으로부터 더 먼 제 2 반경방향 거리 범위에 있는 제 2 히터; 상기 제 2 반경방향 거리 범위에 있는 제 2 열전쌍 웰; 상기 제 2 열전쌍 웰 내의 제 2 열전쌍; 히터 플레이트와 커버 사이의 채널; 및 상기 채널 위에 있는 커버를 포함할 수 있으며, 여기서 상기 제 2 열전쌍은 상기 채널을 통해 경로설정되는 원격측정 리드(telemetry lead)들을 포함한다.

[0090] 멀티존 히터는 상기 히터 플레이트에 부착되는 중공형 히터 샤프트를 더 포함할 수 있으며, 상기 중공형 히터 샤프트는 내부 표면 및 외부 표면을 포함한다. 제 2 열전쌍 웰은 중공형 히터 샤프트의 내부에 의해 둘러싸여진(circumscribed) 영역의 외부에 있는 히터 플레이트 내에 위치될 수 있다. 상기 제 2 열전쌍의 원격측정 리드들이 상기 채널을 통해 상기 중공형 히터 샤프트의 내부 내로 경로설정될 수 있다. 커버는 제 1 결합 층에 의해 밀폐식으로 상기 히터 플레이트에 결합될 수 있다. 히터 플레이트는 질화 알루미늄을 포함할 수 있다. 중공형 히터 샤프트는 질화 알루미늄을 포함할 수 있다. 제 1 결합 층은 알루미늄을 포함할 수 있다. 멀티존 히터는 상기 히터 플레이트와 상기 중공형 히터 샤프트 사이에 배치되는 제 2 결합 층을 더 포함할 수 있으며, 여기서 상기 제 2 결합 층은 밀폐식으로 상기 샤프트의 내부 공간을 상기 샤프트의 외부로부터 상기 제 2 결합 층을 통해 밀봉시킨다. 제 2 결합 층은 알루미늄을 포함할 수 있다.

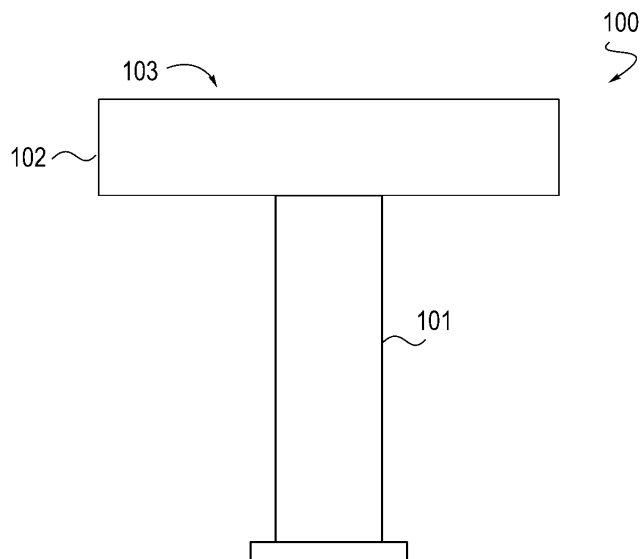
[0091] 일 실시예에서, 멀티존 히터가 제공되고, 상기 멀티층 히터는 멀티층 히터 플레이트를 포함할 수 있으며, 상기 멀티층 히터 플레이트는 상부 플레이트 층; 하나 또는 그 초과와 중간 플레이트 층들; 저부 플레이트 층; 및 상기 플레이트들 사이에 배치되는 복수의 플레이트 결합 층들을 더 포함할 수 있으며, 여기서 상기 결합 층들은 상기 플레이트 층들과 결합되며, 복수의 히터 소자 존들은 두 개의 플레이트 층들 사이에 있으며, 상기 히터 소자 존들은 개별적으로 제어되도록 구성되며, 상기 멀티존 히터는 복수의 열전쌍들을 포함할 수 있으며, 상기 열전쌍들은 두 개의 상기 플레이트 층들 사이에 장착된다.

[0092] 열전쌍들은 상기 멀티층 히터 플레이트의 중심으로부터의 복수의 거리들에 위치될 수 있다. 멀티존 히터는 중공형 히터 샤프트를 더 포함할 수 있으며, 상기 중공형 히터 샤프트는 상기 멀티층 히터 플레이트의 저부 표면에 부착된다. 열전쌍은 열전쌍 리드들을 포함할 수 있으며, 열전쌍 리드들은 상기 중공형 히터 샤프트의 내부를 통해 경로설정될 수 있다. 하나 또는 그 초과와 상기 열전쌍들은 멀티층 플레이트에 대한 샤프트 부착에 의해 둘러싸여진 영역의 외부에 위치될 수 있다. 멀티존 히터는 상기 중공형 히터 샤프트와 상기 멀티층 플레이트 사이에 결합 층을 더 포함할 수 있다. 복수의 플레이트 결합 층들은 알루미늄을 포함할 수 있다. 상기 중공형 히터 샤프트와 상기 멀티층 플레이트 사이에 결합 층은 알루미늄을 포함할 수 있다. 상부 플레이트 층 및 상기 저부 플레이트 층은 세라믹을 포함할 수 있다. 중공형 히터 샤프트는 알루미늄을 포함할 수 있다. 복수의 플레이트 결합 층들은 알루미늄을 포함할 수 있다. 상기 중공형 히터 샤프트와 상기 멀티층 플레이트 사이에 결합 층은 알루미늄을 포함할 수 있다. 멀티존 히터는 상기 중공형 히터 샤프트와 상기 멀티층 플레이트 사이에 배치되는 중심 허브를 더 포함할 수 있다.

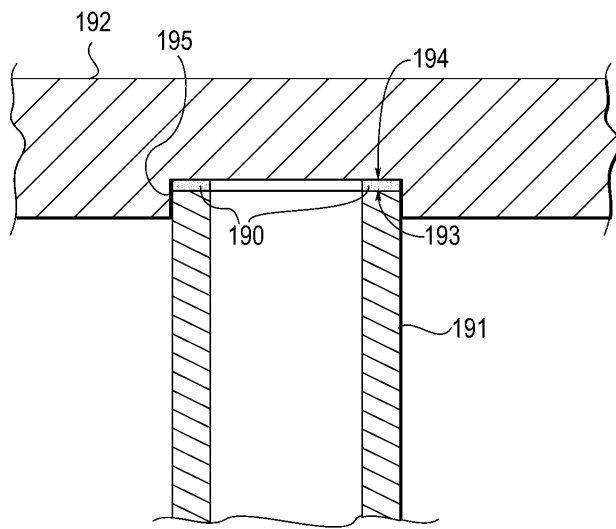
[0093] 상기 설명으로부터 명백하기 때문에, 다양한 실시예들이 본원에 제공되는 설명으로부터 구성될 수 있으며, 부가적인 장점들 및 개선예들은 당업자에게 용이하게 발생될 것이다. 그러므로, 이의 더 광범위한 양태들에서의 발명은 도시되고 설명된 특정한 상세사항들 및 예시적인 예들에 제한되지 않는다. 따라서, 이러한 상세사항들로부터의 변경은 출원인의 일반적인 발명의 사상 또는 범주로부터 벗어남 없이 이루어질 수 있다.

도면

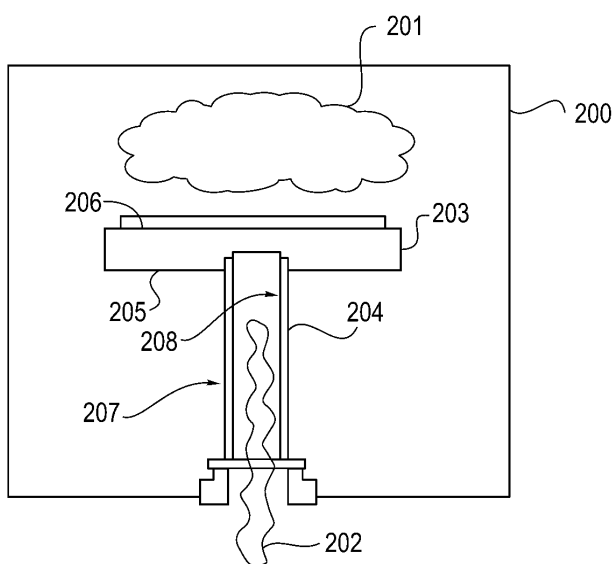
도면1



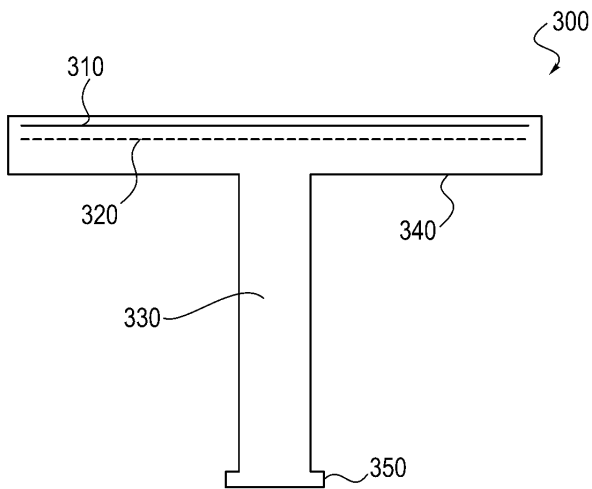
도면2



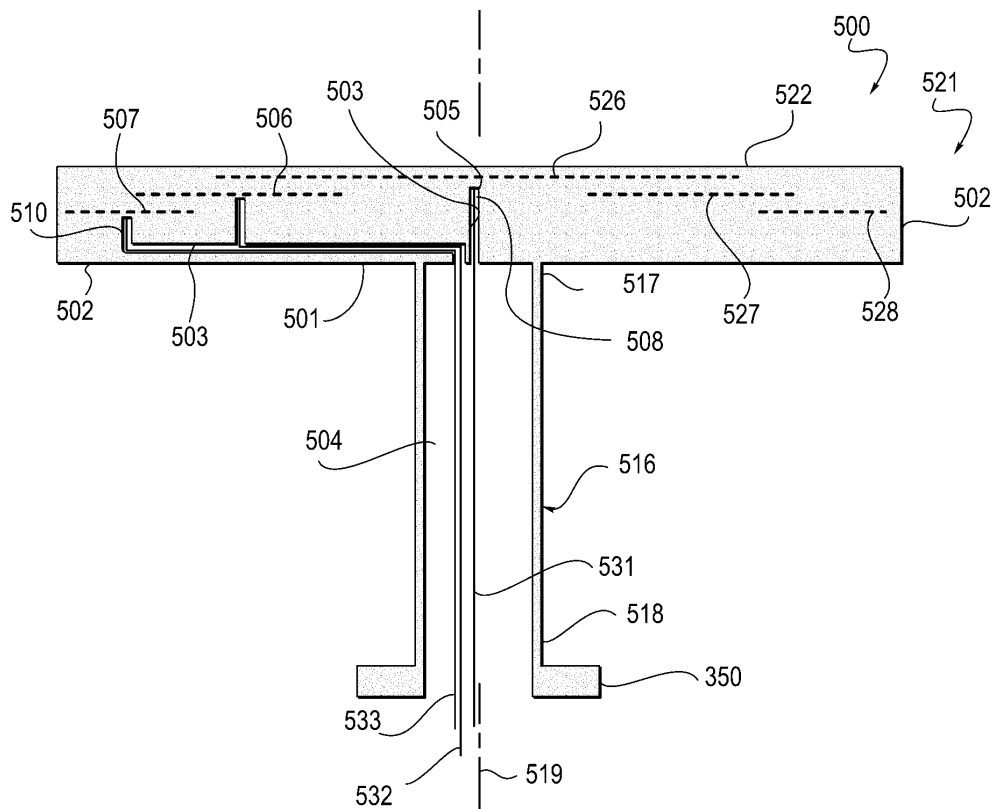
도면3



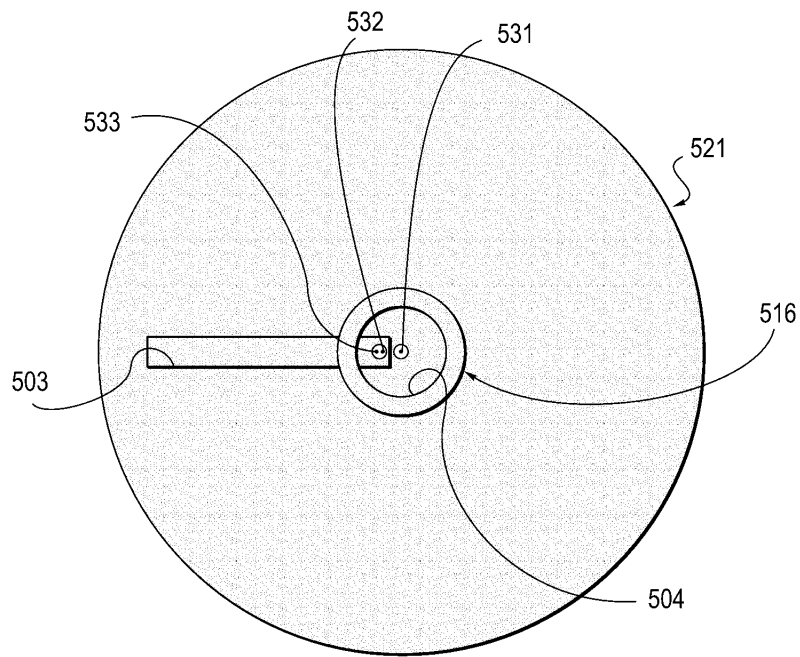
도면4



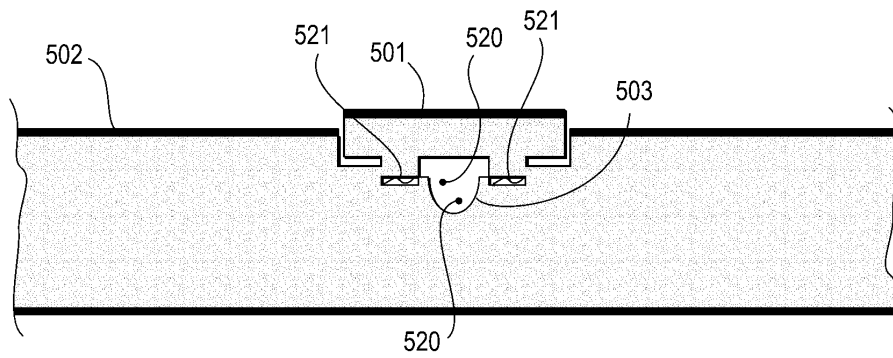
도면5



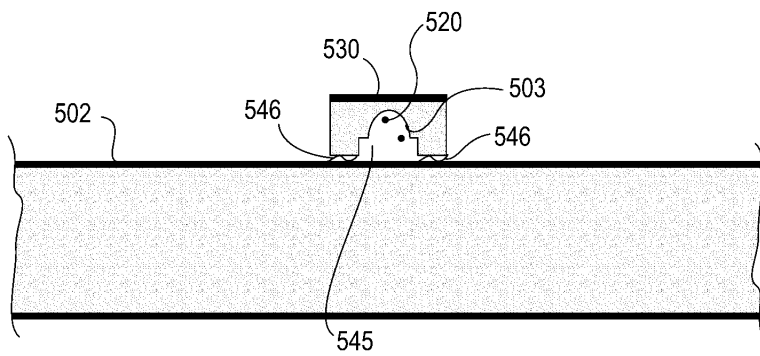
도면6



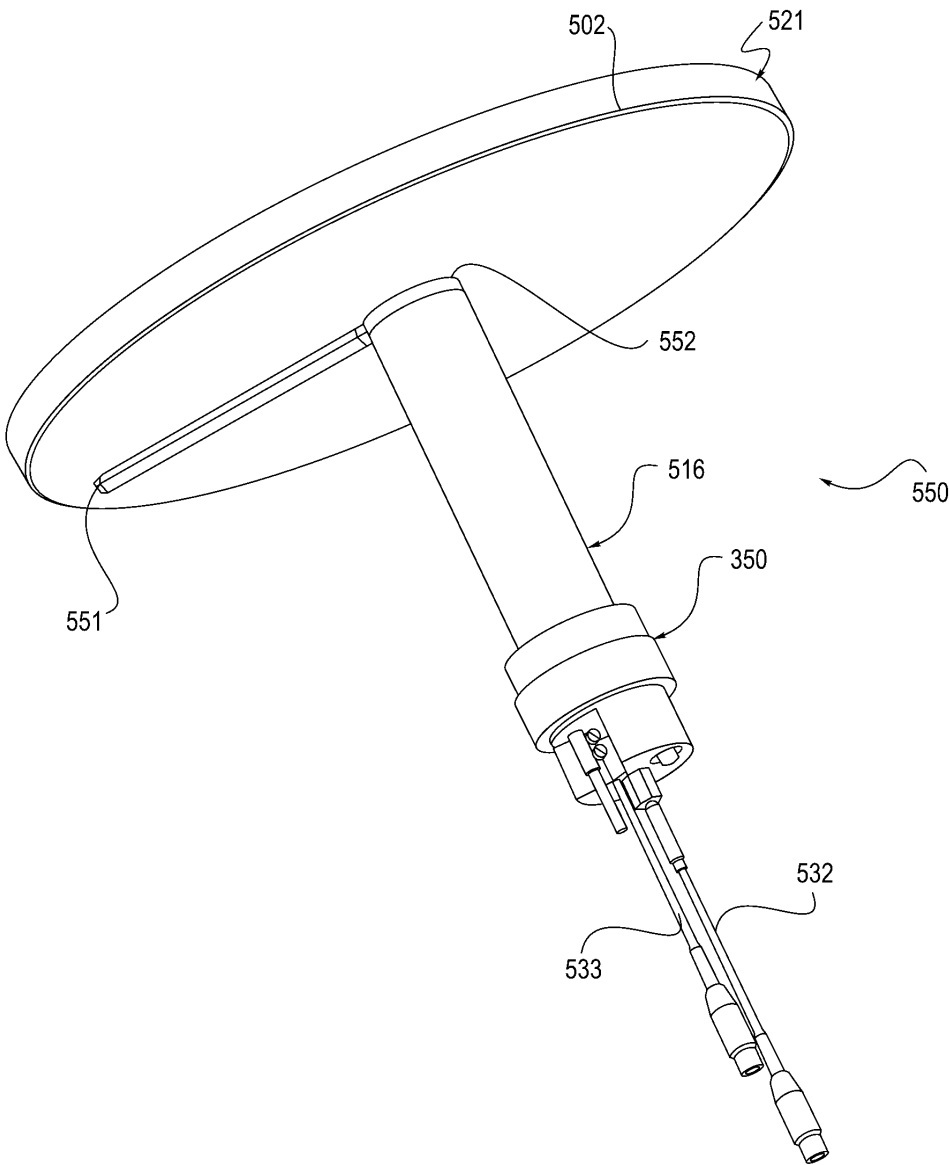
도면7



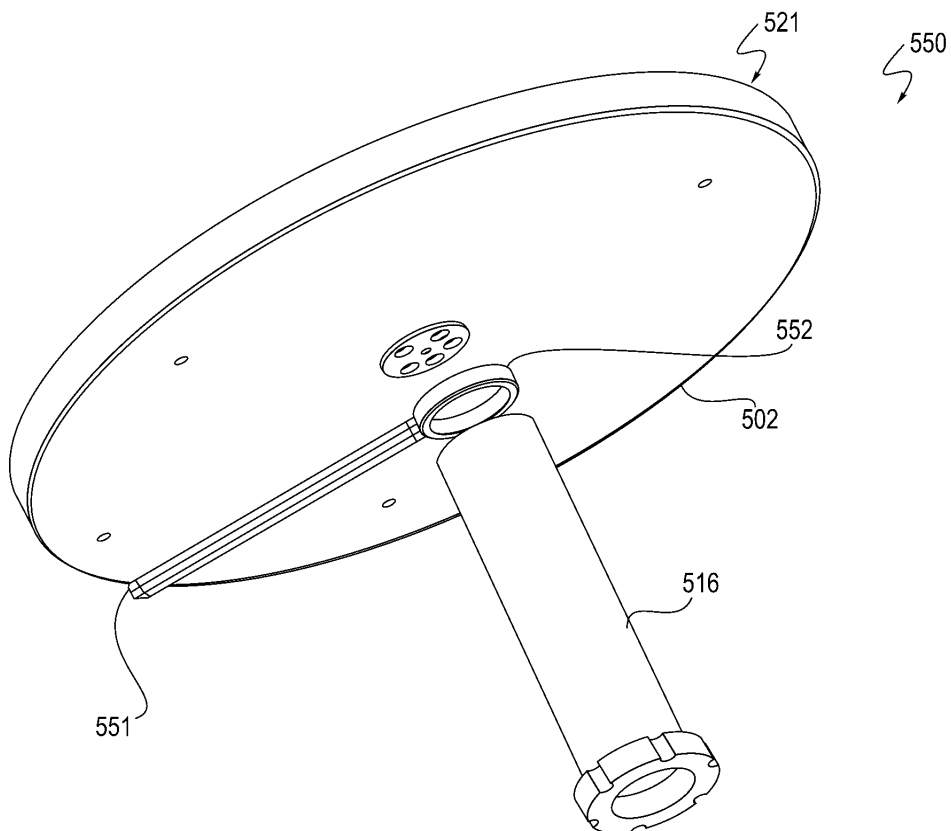
도면8



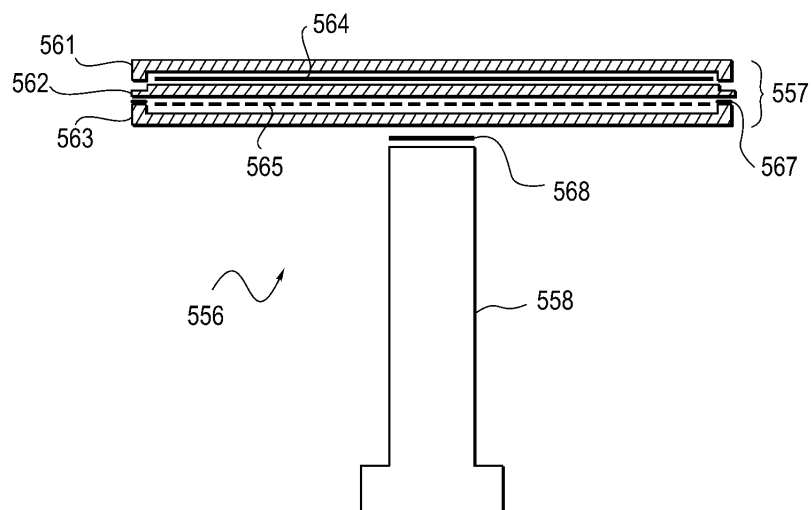
도면9



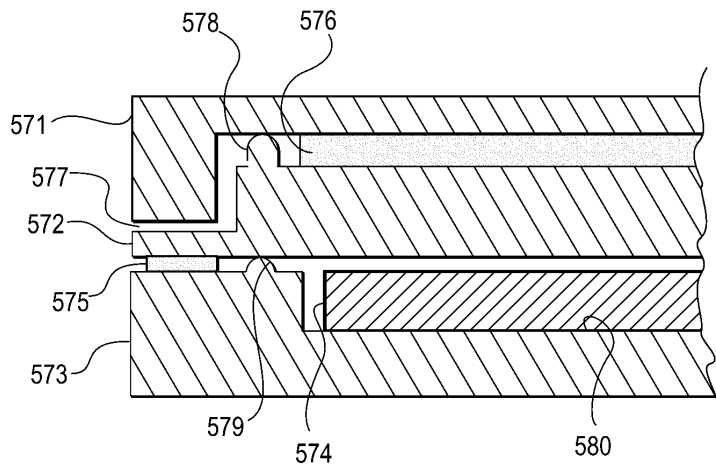
도면10



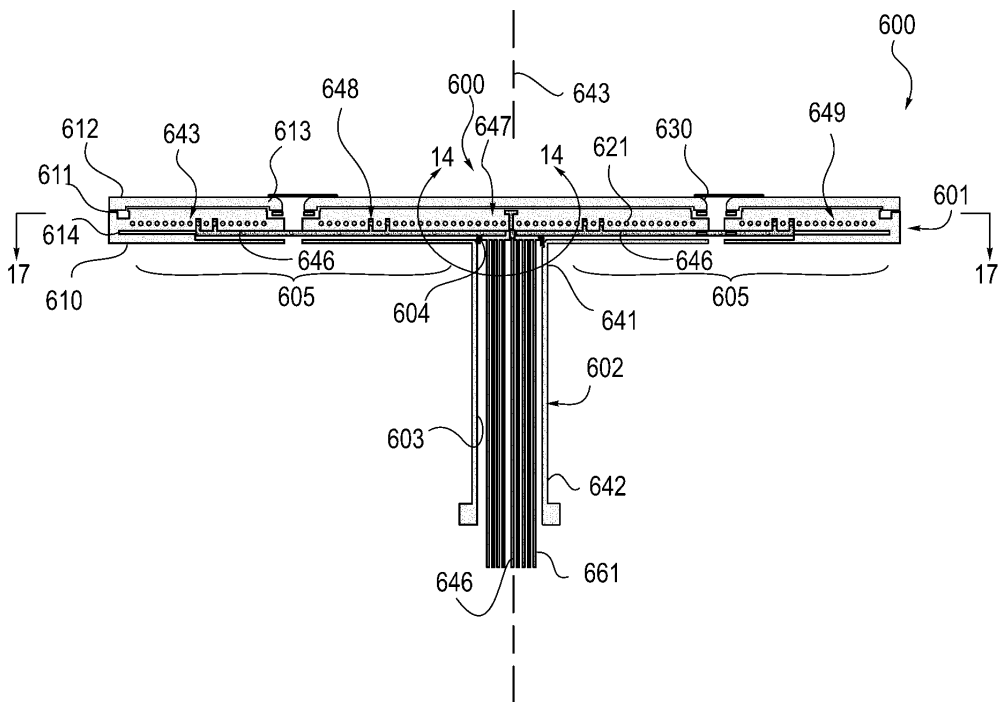
도면11



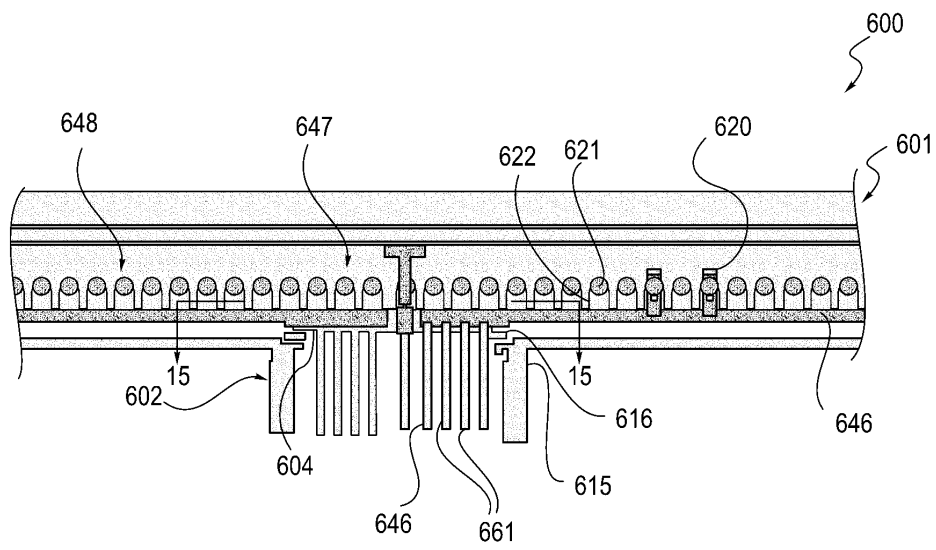
도면12



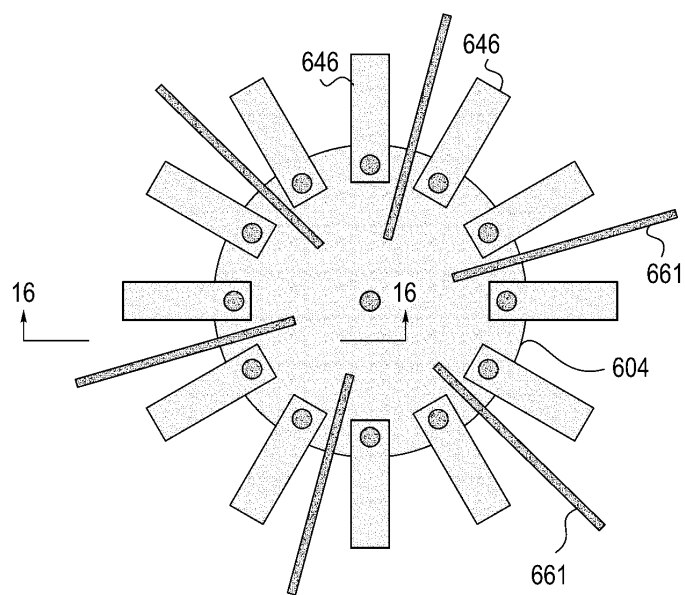
도면13



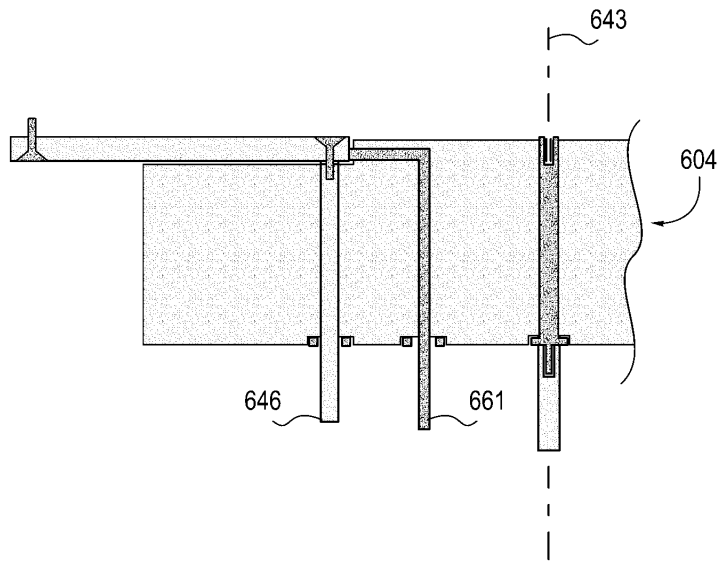
도면14



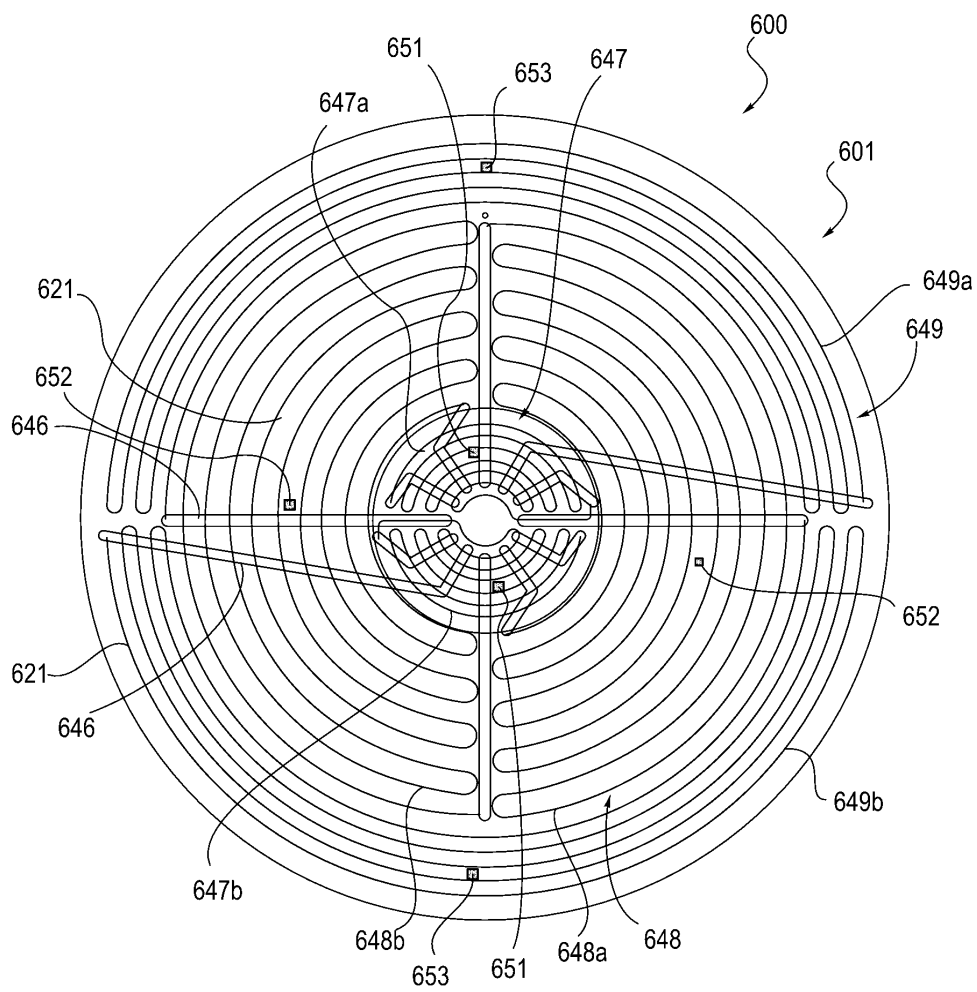
도면 15



도면 16



도면17



【심사관 직권보정사항】

【저작권보정 1】

【보정항목】 발명(고안)의 설명

【보정세부항목】 식별번호 0024

【변경전】

열전쌍 웰들은 플레이트(521) 내로 히터 소자의 수준까지 도달할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 히터 소자는 개방 구역을 가질 수 있어 열전쌍 웰은 히터 소자 내로 하방으로 이어지지 않지만 히터 소자에 겹 또는 공간이 있는 구역에서 동일한 깊이까지 이어진다. 몇몇 실시예들에서, 중공형 구역(503), 및 열전쌍 웰들은 그 안에 멀티-존 히터 소자들을 구비한 히터 플레이트의 제조 후 히터 플레이트 내로 기계 가공될 수 있다. 멀티-존 히터 소자들은 플레이트가 제조될 때 세라믹 히터 플레이트에 있을 수 있다. 중공형 구역 커버 플레이트(502)은 본원에서 설명된 바와 같은 저온 결합 프로세스를 사용하여 히터 플레이트(501)에 그리고 몇몇 양태들에서 또한 샤프트(516)의 일 부분 또는 단부(517)에 결합될 수 있다.

【변경후】

열전쌍 웰들은 플레이트(521) 내로 히터 소자의 수준까지 도달할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 히터 소자는 개방 구역을 가질 수 있어 열전쌍 웰은 히터 소자 내로 하방으로 이어지지 않지만 히터 소자에 겹 또는 공간이 있는 구역에서 동일한 깊이까지 이어진다. 몇몇 실시예들에서, 중공형 구역(503), 및 열전쌍 웰들은 그 안에 멀티-존 히터 소자들을 구비한 히터 플레이트의 제조 후 히터 플레이트 내로 기계 가공될 수 있다. 멀티-존 히터 소자들은 플레이트가 제조될 때 세라믹 히터 플레이트에 있을 수 있다. 중공형 구역 커버 플레이트(501)은 본원에서 설명된 바와 같은 저온 결합 프로세스를 사용하여 히터 플레이트(502)에 그리고 몇몇 양태들에서 또한 샤프트(516)의 일 부분 또는 단부(517)에 결합될 수 있다.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 13

【변경전】

제 12 항에 있어서,

상기 플레이트의 상기 부분은, 평면 표면 및 상기 축으로부터 외측으로 반경방향으로 연장하는 상기 평면 표면 내에 슬롯을 포함하고, 상기 슬롯의 부분은 상기 아래쪽 표면인,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

【변경후】

제 12 항에 있어서,

상기 플레이트의 상기 부분은, 평면 표면 및 상기 축선으로부터 외측으로 반경방향으로 연장하는 상기 평면 표면 내에 슬롯을 포함하고, 상기 슬롯의 부분은 상기 아래쪽 표면인,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 12

【변경전】

제 1 항에 있어서,

상기 플레이트의 상기 부분은, 아래쪽 표면 및 상기 아래쪽 표면 위에서 상기 축으로부터 외측으로 반경방향으로 연장하는 세장형 커버 플레이트를 포함하고,

상기 오목부는, 전기 리드를 수용하기 위해 상기 아래쪽 표면과 상기 커버 플레이트 중 적어도 하나에 형성되고,

상기 커버 플레이트는, 알루미늄 조인트에 의해 부식 프로세스 가스들로부터 상기 아래쪽 표면에 밀폐식으로 밀봉된,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.

【변경후】

제 1 항에 있어서,

상기 플레이트의 상기 부분은, 아래쪽 표면 및 상기 아래쪽 표면 위에서 상기 축선으로부터 외측으로 반경방향으로 연장하는 세장형 커버 플레이트를 포함하고,

상기 오목부는, 전기 리드를 수용하기 위해 상기 아래쪽 표면과 상기 커버 플레이트 중 적어도 하나에 형성되고,

상기 커버 플레이트는, 알루미늄 조인트에 의해 부식 프로세스 가스들로부터 상기 아래쪽 표면에 밀폐식으로 밀봉된,

반도체 제조 프로세스에서의 사용을 위한 웨이퍼 척.