



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0075667
(43) 공개일자 2018년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/683 (2006.01) *B23Q 3/15* (2006.01)
C04B 37/00 (2006.01) *H01L 21/67* (2006.01)
H01L 21/687 (2006.01) *H02N 13/00* (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 21/6833 (2013.01)
B23Q 3/15 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-7015747

(22) 출원일자(국제) 2016년11월02일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2018년06월01일

(86) 국제출원번호 PCT/US2016/060169

(87) 국제공개번호 WO 2017/079338

국제공개일자 2017년05월11일

(30) 우선권주장

62/249,559 2015년11월02일 미국(US)

(71) 출원인

컴포넌트 알이-엔지니어링 컴퍼니, 인코포레이티드

미국 캘리포니아 산타 클라라 바세트 스트리트
3508 (우 : 95054)

(72) 발명자

엘리엇, 브렌트 디. 에이.

미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 리버사이드 드라
이브 22353

발마, 프랑크

미국 95033 캘리포니아 로스 가토 아파치 트레일
17985

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

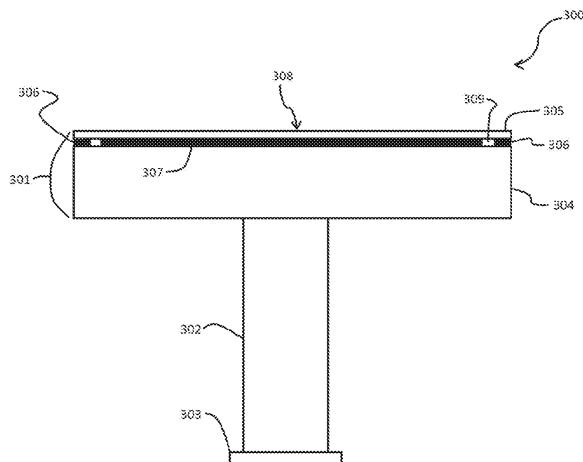
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 고온 반도체 프로세싱에서의 클램핑을 위한 정전 척 및 그 제조 방법

(57) 요 약

정전 척은, 500C 내지 750C 범위의 온도에서의 Johnsen-Rahbek 클램핑에 적응된 최상부 표면을 갖는다. 최상부 표면은 사파이어일 수 있다. 최상부 표면은, 부식성 프로세싱 케미스트리들을 견딜 수 있는 브레이즈 층을 사용하여 정전 척의 하부 부분에 부착될 수 있다. 500C 내지 750C 범위의 온도에서의 Johnsen-Rahbek 클램핑에 적응된 최상부 표면을 갖는 정전 척을 제조하는 방법이 제공된다.

대 표 도 - 도7



(52) CPC특허분류

C04B 37/003 (2013.01)

H01L 21/67103 (2013.01)

H01L 21/68757 (2013.01)

H02N 13/00 (2013.01)

(72) 발명자

파커, 마이클

미국 94513 캘리포니아 브렌트우드 노리스 스트리

트 572

스티븐스, 제이슨

미국 95131 캘리포니아 샌 프란시스코 26 스트리트

4280

후센, 굴리드

미국 94117 캘리포니아 샌 프란시스코 스코트 스트리트 97

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 쇠(electrostatic chuck)으로서,

사파이어(sapphire)로 이루어진 최상부 플레이트 층(top plate layer) 및 세라믹(ceramic)으로 이루어진 하부 플레이트 층(lower plate layer)을 갖는 플레이트 조립체(assembly)를 포함하고, 상기 플레이트 조립체는 둘레(periphery), 및 반도체 프로세싱 환경을 견디기에 적합한 상기 둘레에서 상기 최상부 플레이트 층과 상기 하부 플레이트 층 사이에 밀폐식으로(hermetically) 밀봉된(sealed) 조인트(joint)를 갖는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 쇠.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 둘레 내에, 상기 최상부 플레이트 층과 상기 하부 플레이트 층 사이에 배치된 클램핑 전극(clamping electrode)을 더 포함하는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 쇠.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 클램핑 전극은, 89중량% 초과의 금속성 알루미늄 및 99중량% 초과의 금속성 알루미늄으로 구성된 그룹으로부터 선택된 재료로 이루어진,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 쇠.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 밀폐식으로 밀봉된 조인트는, 89중량% 초과의 금속성 알루미늄 및 99중량% 초과의 금속성 알루미늄으로 구성된 그룹으로부터 선택된 재료로 이루어진,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 쇠.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 플레이트 조립체는 바닥부(bottom)를 갖고, 상기 플레이트 조립체의 상기 바닥부에 결합되는 샤프트(shaft)를 더 포함하는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 쇠.

청구항 6

제5 항에 있어서,

반도체 프로세싱 환경을 견디기에 적합한, 상기 플레이트 조립체의 상기 바닥부와 상기 샤프트 사이에 부가적인 밀폐식으로 밀봉된 조인트를 더 포함하는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 쇠.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 하부 플레이트 층의 세라믹은, 알루미늄 옥사이드(aluminum oxide) 및 알루미늄 나이트라이드(aluminum nitride)로 구성된 그룹으로부터 선택되는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척.

청구항 8

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척으로서,

500C 내지 750C의 온도 범위에 걸쳐 10E9 ohm-cm 내지 10E11 ohm-cm의 범위의 별크 저항률(bulk resistivity)을 갖는 최상부 플레이트 층 및 세라믹으로 이루어진 하부 플레이트 층을 갖는 플레이트 조립체를 포함하고, 상기 플레이트 조립체는 둘레, 및 반도체 프로세싱 환경을 견디기에 적합한 상기 둘레에서 상기 최상부 플레이트 층과 상기 하부 플레이트 층 사이에 밀폐식으로 밀봉된 조인트를 갖는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 둘레 내에, 상기 최상부 플레이트 층과 상기 하부 플레이트 층 사이에 배치된 클램핑 전극을 더 포함하는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척.

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 밀폐식으로 밀봉된 조인트는, 89중량% 초과의 금속성 알루미늄 및 99중량% 초과의 금속성 알루미늄으로 구성된 그룹으로부터 선택된 재료로 이루어진,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 플레이트 조립체는 바닥부를 갖고, 상기 플레이트 조립체의 상기 바닥부에 결합되는 샤프트를 더 포함하는,

반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척.

청구항 12

반도체 프로세싱에서 사용되는 다층(multi-layer) 플레이트 디바이스의 제조를 위한 방법으로서,

상기 방법은:

복수의 플레이트 컴포넌트들을 스택으로 배열하는 단계 – 상기 복수의 플레이트 컴포넌트들은, 최상부 플레이트 층 – 상기 최상부 층은 사파이어를 포함함 –, 하부 플레이트 층 – 상기 하부 플레이트 층은 세라믹을 포함함 –, 및 상기 최상부 플레이트 층과 상기 하부 플레이트 층 사이에 배치된 브레이징 층 – 상기 브레이징 층은 89중량% 알루미늄 초과의 알루미늄을 포함함 – 을 포함함 –;

상기 최상부 플레이트 층을 상기 하부 플레이트 층에 결합시키는 단계를 포함하고,

상기 상부 플레이트 층을 상기 하부 플레이트 층에 결합시키는 단계는,

상기 컴포넌트들을 프로세스 챔버 내에 배치하는 단계;

상기 프로세스 챔버로부터 산소를 제거하는 단계; 및

상기 플레이트 컴포넌트들의 스택을 가열하고, 이로써, 밀폐식으로 밀봉된 조인트에 의해 상기 최상부 플레이트 층을 상기 하부 플레이트 층에 결합시키는 단계를 포함하는,

반도체 프로세싱에서 사용되는 다층 플레이트 디바이스의 제조를 위한 방법.

청구항 13

제25 항에 있어서,

상기 프로세스 챕버로부터 산소를 제거하는 단계는, 상기 플레이트 컴포넌트들의 상기 스택의 가열 동안, 상기 플레이트 컴포넌트들의 상기 스택에 진공을 적용하는 단계를 포함하고, 상기 진공 압력은 1×10^{-4} 미만인,

반도체 프로세싱에서 사용되는 다층 플레이트 디바이스의 제조를 위한 방법.

청구항 14

제26 항에 있어서,

상기 플레이트 컴포넌트들의 상기 스택을 가열하는 단계는, 상기 플레이트 컴포넌트들의 가압된 스택을 800C 내지 1200C의 제1 온도로 가열하는 단계를 포함하는,

반도체 프로세싱에서 사용되는 다층 플레이트 디바이스의 제조를 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

[0001] 본 발명은, 클램핑을 위해 적응된 정전 척에 관한 것이고, 더 구체적으로, Johnsen-Rahbek 클램핑을 위해 적응된 정전 척에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

[0002] 정전 클램프들 또는 척들(ESC들)은 보통, 플라즈마-기반 또는 진공-기반 반도체 프로세스들, 예컨대, 에칭, CVD, 및 이온 주입, 등 동안에 기판들을 클램핑하기 위해 반도체 산업에서 활용된다. 비-에지 배제(non-edge exclusion) 및 웨이퍼 온도 제어를 포함하는, ESC들의 능력들은, 반도체 기판들 또는 웨이퍼들, 예컨대, 실리콘 웨이퍼들을 프로세싱하는 데에 매우 가치있는 것으로 판명되었다. 예컨대, 전형적인 ESC는 전도성 전극 위에 포지셔닝된 유전체 층을 포함하고, 여기서, 반도체 웨이퍼는 ESC의 표면 상에 배치된다(예컨대, 웨이퍼는 유전체 층의 표면 상에 배치된다). 반도체 프로세싱(예컨대, 이온 주입, 플라즈마 프로세싱, 등) 동안, 클램핑 전압은 전형적으로, 웨이퍼와 전극 사이에 인가되고, 여기서, 웨이퍼는 정전기력들에 의해 척 표면에 대해 클램핑된다.

[0003]

[0003] Johnsen-Rahbek(J-R) 클램프들로서 지칭되는 정전 클램프들의 서브세트(subset)는, 웨이퍼와 접촉하는 "누설(leaky)" 유전체 층들(예컨대, 대략 1×10^9 내지 1×10^{11} Ohm-cm의 벌크 저항들(bulk resistances)을 갖는 반도체 유전체 층들)을 활용하고, 여기서, 더 큰 클램핑력들(clamping forces)이, 종래의 쿠롱(coulombic) 클램프들을 이용하는 경우보다 더 낮은 전압들에서 달성될 수 있다. ESC에 대한 더 낮은 전압 입력은 전형적으로, J-R 클램프들과 연관된 전력 공급 요건들을 감소시킬뿐만 아니라, 추가적으로, 웨이퍼 및 웨이퍼 상에 형성되는 디바이스들에 잠재적으로 덜 파괴적인 클램핑 환경을 제공한다.

[0004]

[0004] 종래의 J-R 클램프는, 예컨대, 살짝 전도성인 유전체 층을 포함하고, 따라서 일반적으로, 유전체 층의 두께가 "고전(classic)" 또는 쿠롱 ESC에 대해서 허용될 것보다 훨씬 더 두꺼운 것을 허용한다. 두께에서의 그러한 증가는, ESC 제조 프로세스를 매우 용이하게 하면서, 또한, 클램프 동작 전압들을 감소시킨다. 예컨대, 유전체 층은, 스크린 인쇄(screen printing) 및 유전체 페이스트(paste)의 소성(firing)에 의한 양 및 음 전극들의 형성을 위한 베이스로서 사용될 수 있다.

발명의 내용

[0005]

[0005] 몇몇 애플리케이션들에서, 웨이퍼의 프로세싱은 낮은 온도들(예컨대, -50C)에서 일어날 수 있는 반면, 다른 애플리케이션들에서, 웨이퍼의 프로세싱은 더 높은 온도들(예컨대, 150C)에서 일어날 수 있다. 몇몇 J-R 클램핑 정전 척들은, AlN 최상부 표면을 사용하여, 다소 더 높은 온도들에 이를 수 있다. 그러나, 통상적으로, 단일 J-R 클램프는, 유전체 층의 저항률(resistivity)이 온도에 따라 변하기 때문에, 온도의 양쪽 극단들(both extremes)을 수용할 수 없다. 따라서, 종래의 J-R 클램프에 의해 나타나는 클램핑력은 온도에 따라 극적으로

변하여, 잠재적인 바람직하지 않은 클램핑 효과들을 산출할 수 있다.

[0006] 몇몇 알루미늄 나이트라이드계 정전 척들은 250-450C 범위의 온도들에서 J-R 클램핑을 제공할 수 있지만, AlN의 별크 저항률은, 효과적인 클램핑을 허용하기 위해 약 400C 초과에서 너무 낮아지게 된다.

[0007] 450C보다 더 높은 온도들에서 J-R 클램핑을 제공할 수 있고 부식성 프로세싱 케미스트리들(chemistry)을 견딜 수 있는 정전 척이 요구된다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 반도체 프로세싱에서 사용되는 플레이트 및 샤프트 디바이스의 도면이다.

[0009] 도 2는, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 플레이트를 위한 고온 프레스(press) 및 오븐(oven)의 스케치이다.

[0010] 도 3은, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 복수의 플레이트들을 위한 고온 프레스 및 오븐의 스케치이다.

[0011] 도 4는, 플레이트 및 샤프트 디바이스를 위한 고온 프레스 및 오븐의 스케치이다.

[0012] 도 5는, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 플레이트 및 샤프트 디바이스의 도면이다.

[0013] 도 6은, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른, 반도체 제조에서 사용되는 플레이트 및 샤프트 디바이스의 부분 횡단면도이다.

[0014] 도 7은, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 정전 척의 부분 횡단면도이다.

[0015] 도 8은, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 정전 척의 부분 횡단면도이다.

[0016] 도 9는, 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 클램핑 전극의 예시이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 세라믹 재료들의 결합을 위한 몇몇 종래의 프로세스들은, 재료들을 결합시키기 위해, 특수화된 오븐들, 및 오븐들 내의 압축 프레스들을 요구했다. 결합된 재료들은, 예컨대, 정전 척을 초래했을 수 있다. 예컨대, 액상 소결(liquid phase sintering)을 사용하는 하나의 종래의 프로세스에서, 2개의 피스들(pieces)은 매우 높은 온도들 및 접촉 압력을 하에서 함께 결합될 수 있다. 고온 액-상 소결 프로세스는, 1700C의 범위의 온도들 및 2500psi 범위의 접촉 압력을 고려할 수 있다. 그러한 프로세스들을 사용하여 기관 지지 페데스탈(pedestal)이 제조될 때, 상당한 양들의 시간이 필요하고, 특수화된 오븐들, 프레스들, 및 고정 장치(fixturing)가 필요하며, 전반적인 프로세스는 매우 비싸다. 또한, 액상 소결을 사용하여 제조된 정전 척에서 특정 결합들을 재작업하거나 수리하는 것은, 불가능하지는 않더라도, 극히 어렵다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에서, Johnsen-Rahbek 클램핑에 적응된 최상부 표면을 갖는 정전 척이 제공된다. 일 실시예에서, 최상부 표면은 450C 초과의 온도들에서의 Johnsen-Rahbek 클램핑에 적응된다. 일 실시예에서, 최상부 표면은, 500C 내지 700C 범위의 온도에서의 Johnsen-Rahbek 클램핑에 적응된다. 일 실시예에서, 최상부 표면은, 500C 내지 750C 범위의 온도에서의 Johnsen-Rahbek 클램핑에 적응된다. 일 실시예에서, 최상부 표면은 임의의 적합한 재료로 이루어진다. 일 실시예에서, 최상부 표면은, 500C 내지 750C의 온도 범위에 걸쳐 10E9ohm-cm 내지 10E11ohm-cm 범위의 별크 저항률을 갖는 재료의 층이다. 일 실시예에서, 최상부 표면은 사파이어로 이루어진다. 일 실시예에서, 최상부 표면은, 척의 하부 부분에 부착될 수 있는, 사파이어의 최상부 층이다. 일 실시예에서, 사파이어의 최상부 층은 아래 놓인(underlying) 층에 부착된다. 일 실시예에서, 아래 놓인 층은 세라믹 층이다. 일 실시예에서, 사파이어의 최상부 표면을 갖는 정전 척이 제공된다.

[0011] 사파이어 층은 임의의 적합한 두께로 이루어질 수 있다. 일 실시예에서, 사파이어 층은 250 내지 1000 미크론 범위의 두께를 갖는다. 일 실시예에서, 사파이어 층은 500미크론의 두께를 갖는다.

[0012] 사파이어 층은 척의 아래 놓인 부분에 임의의 적합한 방식으로 부착될 수 있다. 일 실시예에서, 최상부 층은, 부식성 프로세싱 케미스트리들을 견딜 수 있는 결합 층에 의해, 척의 아래 놓인 부분에 부착된다. 일 실시예에서, 부식성 프로세싱 케미스트리들은, 프로세싱 챔버 내의 반도체 프로세싱 환경이다. 일 실시예에서, 결합 층은 브레이즈(braze) 층에 의해 형성된다. 일 실시예에서, 브레이즈 층은 알루미늄 브레이징 층이다.

- [0013] [0021] 일 실시예에서, 정전 척의 사파이어 층은, 브레이즈 층을 임의의 적합한 온도에서 결합시킴으로써, 아래 놓인 세라믹 층에 결합된다. 일 실시예에서, 온도는 적어도 770C이다. 일 실시예에서, 온도는 적어도 800C이다. 일 실시예에서, 온도는 1200C 미만이다. 일 실시예에서, 온도는 770C 내지 1200C이다. 일 실시예에서, 온도는 800C 내지 1200C이다.
- [0014] [0022] 일 실시예에서, 정전 척의 사파이어 층은, 적합한 환경에서, 본원에서 개시된 온도들 중 임의의 온도를 포함하여, 임의의 적합한 온도에서 브레이즈 층을 결합시키는 것에 의해, 아래 놓인 세라믹 층에 결합된다. 일 실시예에서, 환경은 산소가 공급되지 않는(nonoxygenated) 환경이다. 일 실시예에서, 환경은 산소가 없다(free). 일 실시예에서, 환경은 산소의 부재 상태에 있다. 일 환경에서, 환경은 진공이다. 일 실시예에서, 환경은 1×10^{-4} Torr 미만의 압력에 있다. 일 실시예에서, 환경은 1×10^{-5} Torr 미만의 압력에 있다. 일 실시예에서, 환경은 아르곤(Argon) 분위기(atmosphere)이다. 일 실시예에서, 환경은 다른 희가스들의 분위기이다. 일 실시예에서, 환경은 수소(H₂) 분위기이다.
- [0015] [0023] 일 실시예에서, 정전 척의 사파이어 층은, 본원에서 개시된 온도들 중 임의의 온도를 포함하여, 임의의 적합한 온도에서, 본원에서 개시된 환경들 중 임의의 환경을 포함하여, 적합한 환경에서, 브레이즈 층에 의해, 아래 놓인 세라믹 층에 결합된다. 일 실시예에서, 브레이즈 층은 순수 알루미늄이다. 일 실시예에서, 브레이즈 층은 89중량% 초과의 금속성 알루미늄이다. 일 실시예에서, 브레이즈 층은 89중량% 초과의 알루미늄을 갖는다. 일 실시예에서, 브레이즈 층은 99중량% 초과의 금속성 알루미늄이다. 일 실시예에서, 브레이즈 층은 99중량% 초과의 알루미늄을 갖는다.
- [0016] [0024] 일 실시예에서, 정전 척의 사파이어 층은, 적합한 환경에서, 본원에서 개시된 온도들 중 임의의 온도를 포함하여, 임의의 적합한 온도에서, 본원에서 개시된 환경들 중 임의의 환경을 포함하여, 적합한 환경에서, 본원에서 개시된 알루미늄 브레이즈 층들 중 임의의 층에 의해 형성된 알루미늄 결합 층을 포함하여, 알루미늄 결합 층에 의해, 아래 놓인 세라믹 층에 결합된다. 일 실시예에서, 알루미늄 결합 층은 확산 결합(diffusion bonding)이 없다. 일 실시예에서, 알루미늄 결합 층을 형성하는 프로세스는 확산 결합이 없다. 일 실시예에서, 사파이어 층과 알루미늄 결합 층 사이에 확산 결합이 없다. 일 실시예에서, 세라믹 층과 알루미늄 결합 층 사이에 확산 결합이 없다. 일 실시예에서, 알루미늄 결합 층은 사파이어 층과 세라믹 층 사이에 밀폐 밀봉(hermetic seal)을 형성한다. 일 실시예에서, 알루미늄 결합 층은 사파이어 층과 세라믹 층 사이에, $<1\times10^{-9}$ sccm He/sec의 진공 누설률을 갖는 밀폐 밀봉을 형성한다. 일 실시예에서, 알루미늄 결합 층은 부식성 프로세싱 케미스트리들을 견딜 수 있다. 일 실시예에서, 부식성 프로세싱 케미스트리들은, 프로세싱 챔버 내의 반도체 프로세싱 환경이다.
- [0017] [0025] 아래 놓인 세라믹은, 알루미늄 나이트라이드, 알루미늄 옥사이드 또는 알루미나, 사파이어, 이트륨 옥사이드, 지르코니아, 및 베릴륨 옥사이드를 포함하여, 임의의 적합한 재료로 만들어질 수 있다.
- [0018] [0026] 본 발명의 전술한 실시예들은 임의의 방식으로 조합될 수 있다. 이하에 설명되는 본 발명의 실시예들은 본 발명의 예들이며, 일부 경우들에서, 본 발명의 전술한 실시예들보다 더 광범위할 수 있지만, 전술한 실시예들의 범위 또는 본 발명의 범위를 제한하도록 의도되는 것은 아니다. 이하에서 설명되는 본 발명의 실시예들은 설명되는 본 발명의 부가적인 특징들은 선택적이다. 이하에서 설명되는 임의의 실시예의 특징은, 이하에 설명되는 임의의 실시예의 임의의 다른 특징을 갖거나 갖지 않는, 전술한 실시예들 중 임의의 실시예와 조합될 수 있다. 이하의 방법들의 모든 특성들, 단계들, 파라미터들 및 특징들은, 이하에서 설명되는 특정 실시예들 또는 특정 부분들로 제한되지 않고, 오히려 본 발명의 전술한 실시예들 및 본 발명의 모든 실시예들에 동등하게 적용 가능하다. 광범위한 용어들 및 기술어들은 종종, 본원에서 더 구체적인 용어들 및 기술어들로 대체되지만, 개시 내용을 특정 용어 또는 기술어로 한정하는 것이 아니며, 단지 논의 및 이해를 쉽게 하기 위한 것이다.
- [0019] [0027] 도 1은, 반도체 프로세싱에서 사용되는, 기판 지지 폐데스탈(100), 예컨대, 정전 척의 일 실시예를 예시 한다. 몇몇 양상들에서, 기판 지지 폐데스탈(100)은 세라믹, 예컨대, 알루미늄 나이트라이드로 구성된다. 정전 척은, 결과적으로 플레이트(102)를 지지하는 샤프트(101)를 갖는다. 플레이트(102)는 최상부 표면(103)을 갖는다. 샤프트(101)는 중공형 실린더(hollow cylinder)일 수 있다. 플레이트(102)는 평평한 디스크일 수 있다. 다른 하위컴포넌트들이 존재할 수 있다.
- [0020] [0028] 도 2는, 프레스(121)를 갖는 프로세스 오븐(120)을 개념적으로 예시한다. 플레이트(122)는, 프레스(121)에 의해 가압되도록 적응된 고정 장치(123)에서 온도 하에서 압축될 수 있다. 샤프트(101)는 또한 유사하게, 프로세스 단계에서 제조될 수 있다. 전형적인 프로세스에서, 플레이트 및 샤프트는, 약 2중량%의 소결 조제(sintering aide), 예컨대, 이트리아를 혼입한(incorporating) 알루미늄 나이트라이드 분말을 몰드(mold) 내

에 로딩하고, 이어서, 알루미늄 나이트라이드 분말을, 전형적으로 "미가공(green)" 세라믹으로 지칭되는 "고체" 상태로 압축하며, 이어서, 알루미늄 나이트라이드 분말을 고체 세라믹 본체로 규정하는 고온 액-상 소결 프로세스에 의해 형성된다. 고온 액-상 소결 프로세스는, 1700C의 범위의 온도를 및 2500psi 범위의 접촉 압력을 고려할 수 있다. 그런 다음에, 본체들은, 다이아몬드 연마재들을 사용하는 표준 그라인딩 기법들에 의해, 요구되는 기하학적 형상(geometry)으로 형상이 결정된다(shaped).

[0021]

[0029] 샤프트의 다수의 기능들이 존재하는데, 그들 중 하나는, 가열기 요소들뿐만 아니라, 가열기 플레이트 내에 매립될 수 있는 다양한 다른 전극 유형들에도 전력을 적용하기 위해, 진공 챔버의 벽을 통해 진공-기밀(vacuum-tight) 전기 통신을 제공하는 것이다. 다른 기능은, 샤프트의 단부를 챔버 벽에 대해서 밀봉하기 위해, 표준 고무 또는 중합체 O-링의 사용을 허용하는 것이다. 고온 애플리케이션들에서, 샤프트는 챔버 벽에 대한 연결 지점에서의 온도를 낮추는 데에 사용된다. 다른 기능은, 모니터링 디바이스, 예컨대, 열전대를 사용하여 가열기 플레이트의 온도 모니터링을 허용하는 것이며, 열전대의 재료들과 프로세스 화학물질들 간의 부식과 같은 상호작용을 회피하기 위해 열전대가 프로세싱 챔버 환경의 외부에 상주하는 것을 허용할뿐만 아니라, 신속한 반응을 위해 비-진공 환경에서 동작하도록 열전대 접합(junction)도 허용한다. 다른 기능은, 앞서 언급된 전기 통신을 위해 사용되는 재료들의, 프로세싱 환경으로부터의 격리를 제공하는 것이다. 전기 통신을 위해 사용되는 재료들은 전형적으로 금속성이며, 이로써 재료들은, 프로세싱 결과들에 해로울 수 있고 그리고 전기 통신을 위해 사용되는 금속성 재료들의 수명에 해로울 수 있는 방식들로, 프로세싱 환경에서 사용되는 프로세스 화학물질들과 상호작용할 수 있다.

[0022]

[0030] 도 3은, 프레스(141)를 갖는 프로세스 오븐(140)을 개념적으로 예시한다. 플레이트의 상대적으로 평평한 본질을 고려하면, 도 3에서 개념적으로 보는 바와 같이, 프로세스 오븐(140) 내에 상주하는 프레스(141)의 축선 방향을 따라서 복수의 플레이트 몰딩 고정 장치들(143)을 적층시킴으로써(stacking), 복수의 플레이트들(142)이 단일 프로세스에서 형성될 수 있다. 샤프트들은 또한, 프로세스 오븐의 프레스를 사용하여 유사한 프로세스에서 형성될 수 있다. 이러한 세라믹 형성 동작들 각각은 상당한 시간, 에너지, 및 비용을 수반한다.

[0023]

[0031] 반도체 프로세싱에 사용되는 정전 척을 제조하는 전반적인 프로세스에서, 플레이트들을 형성하는 단계 및 샤프트들을 형성하는 단계 둘 모두는 상당한 시간 및 에너지 투입을 요구한다. 물리적 프레스들을 갖는 특수화된 고온 오븐들의 비용, 그리고 플레이트들을 형성하고 샤프트들을 형성하는 프로세스 단계들 각각이, 특수화된 프로세스 오븐을 수 일들 동안 사용하는 것을 요구할 수 있다는 점을 고려하면, 시간 및 돈 둘 모두의 많은 투자는, 단지, 전반적인 프로세스가, 샤프트 및 플레이트가 완성된 지점에 이르게 하는 것에 투자되었다. 그러나, 플레이트를 샤프트에 부착시키기 위해, 현재 프로세스들에서, 특수화된 프로세스 오븐에서의 추가적인 단계가 요구된다. 이러한 단계의 예는, 프레스를 갖는 특수화된 고온 프로세스 오븐에서 액상 소결 단계를 사용하여 샤프트를 플레이트에 결합시키는 것일 것이다. 특수화된 프로세스 오븐에서의 이러한 제3 단계는 또한, 그러한 프로세스 오븐에서 상당한 공간을 요구하는데, 이는, 가열기의 조립된 구성이, 샤프트의 길이 및 플레이트의 직경 둘 모두를 포함하기 때문이다. 단지 샤프트들의 제조는 유사한 양의 축선 길이를 취할 수 있지만, 샤프트들의 직경은, 단일 프로세스에서 다수의 샤프트들이 병렬로 제조될 수 있도록 되어 있다.

[0024]

[0032] 도 4에서 보는 바와 같이, 샤프트를 플레이트에 소결시키는 결합 프로세스는 다시, 프레스(161)를 갖는 프로세스 오븐(160)의 사용을 요구한다. 고정 장치(164, 165)의 세트는, 플레이트(162) 및 샤프트(163)를 포지셔닝하고, 프레스(161)에 의해 전달된 압력을 전달하는 데에 사용된다.

[0025]

[0033] 일단 정전 척이 완성되면, 정전 척은 반도체 프로세싱에서 사용될 수 있다. 정전 척은, 부식성 가스들, 고온들, 열 사이클링(thermal cycling), 가스 플라즈마들을 포함하여 가혹 조건들에서 사용될 수 있다.

[0026]

[0034] 도 5는, 반도체 프로세싱 챔버에서 사용되는 기판 지지 페데스탈의 개략적인 예시의 일 실시예를 도시한다. 세라믹 가열기 또는 정전 척 또는 둘 모두일 수 있는 기판 지지 페데스탈(300)은 무선 주파수 안테나 및/또는 클램핑 전극(310), 가열기 요소(320), 샤프트(330), 플레이트(340), 및 장착 플랜지(flange)(350)를 포함할 수 있다. 무선 주파수 안테나(310)는 장착 플레이트의 최상부 표면에 매우 근접할 수 있다. 몇몇 양상들에서, 무선 주파수 안테나에 대해 보이는 위치는, 대신에 클램핑 전극이 상주하는 곳일 수 있다. 몇몇 양상들에서, 다수의 무선 주파수 안테나들 및/또는 클램핑 전극들이 존재할 수 있다. 몇몇 양상들에서, 하나의 전극이 동시에 클램핑 전극 및 무선 주파수 안테나 둘 모두로서 사용될 수 있다.

[0027]

[0035] 도 6에서 보는 바와 같이, 기판 지지 페데스탈은, 2개의 별개의 분위기들 사이의 가교 역할을 할 수 있는데, 이러한 분위기들 둘 모두는 이전의 브레이징 재료들에 대해 상당한 문제들을 일으킬 수 있다. 반도체 프로세싱 장비, 예컨대, 가열기 또는 정전 척(205)의 외부 표면(207) 상에서, 재료들은, 페데스탈(205)이 사용될

반도체 프로세싱 챔버(200)에서 발생하는 프로세스들과, 그리고 반도체 프로세싱 챔버(200)에 존재하는 환경(201)과 양립 가능해야만 한다. 이들은, 불소 케미스트리들, 및 다른 극도의 휘발성 또는 부식성 케미스트리들을 포함할 수 있다. 기판 지지 페데스탈(205)은, 샤프트(204)에 의해 지지되는 플레이트(203)의 최상부 표면에 부착되는 기판(206)을 가질 수 있다. 기판 지지 페데스탈(205)의 내부 표면(208) 상에서, 재료들은, 산소가 공급되는 분위기일 수 있는 상이한 분위기(202)와 양립 가능해야만 한다. 구리, 은, 또는 금을 함유하는 재료들은, 프로세싱되는 실리콘 웨이퍼의 격자 구조(lattice structure)와 간섭할 수 있으며, 따라서, 적절하지 않다. 수리 프로세스의 일부로서 브레이징을 사용할 수 있는 임의의 수리들의 경우, 브레이즈 재료는, 중공형 샤프트의 중앙 내의 산소가 공급되는 분위기에 노출될 수 있다. 이러한 분위기에 노출될 브레이즈 조인트의 부분은 산화될 것이고, 조인트 내로 산화될 수 있으며, 아마도 조인트의 기밀성의 실패를 초래할 수 있다. 구조적 부착에 부가하여, 반도체 제조에서 사용될 이러한 디바이스들의 플레이트 및 샤프트의 영역에서 사용되는 브레이즈 재료들은 전형적으로, 대부분 또는 전부는 아니지만, 많은 사용들에서 밀폐식이어야 한다.

[0028] [0036] 일 실시예에서, 플레이트 및 샤프트 둘 모두는 알루미늄 옥사이드(알루미나)로 이루어질 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 플레이트는 직경이 대략 9-13인치, 그리고 두께가 0.5 내지 0.75일 수 있다. 일 실시예에서, 샤프트는, 0.1인치의 벽 두께를 갖는 5-10인치 길이인 중공형 실린더일 수 있다.

[0029] [0037] 기판 지지 페데스탈들의 제조에서, 덜 비용적인 프로세스로 교체된 액상 소결을 수반하는 임의의 단계는, 이전의 비용적인 제조 방법들에 비해 상당한 개선을 나타낸다. 하나의 개선사항은, 층들을 결합시키기 위해 브레이징 재료를 사용하는 미리-제조된 세라믹 플레이트 층들로부터 플레이트 조립체를 조립하는 것일 수 있다. 몇몇 양상들에서, 세라믹 층들을 서로, 그리고 몇몇 양상들에서 페데스탈에 부착시키는 브레이징 층이 밀폐식 조인트를 전달한다는 것이 중요할 수 있다. 양호하고 완전한 습윤, 및 기밀성은, 임의의 가상 누설들을 제거하기 위해 요구되며, 여기서, 비-밀폐식 브레이즈 층은 브레이즈의 공극들(voids)에 포획된 가스들을, 이후에 페데스탈이 사용되는 챔버 내로 "누설"할 수 있다. 이는 바람직한 조건이 아니다. 또한, 공극이 없고(non-voided) 완전히 습윤된 밀폐식 조인트는, 페데스탈의 최상부 표면과 내부 가열기 사이에, 더 동등한 열 전도율로, 더 일관되고 균일한 열 경로를 제공할 것이다.

[0030] [0038] 이전에 사용되던 것보다 더 높은 온도에서 Johnsen-Rahbek 클램핑을 제공하도록 적응되고, 그리고, 원하는 더 높은 온도들을 견딜 수 있고 프로세싱 케미스트리들, 예컨대, 불소 케미스트리들을 견딜 수 있는 브레이즈 층에 의해 플레이트의 하부 층 또는 층들에 결합되는 최상부 층을 갖는 정전 척은, 앞선 정전 척 설계들에 의해 상당한 개선을 나타낼 것이다.

[0031] [0039] 본 발명의 몇몇 실시예들에서, 도 7에서 보는 바와 같이, 정전 척(300)은 450C 초파의 온도들에서 J-R 클램핑을 제공하도록 적응된다. 정전 척(300)은, 샤프트(302)에 결합된 플레이트 조립체(301)를 가질 수 있다. 샤프트(302)는 중공형일 수 있고, 장착 플랜지(303)를 가질 수 있다. 플레이트 조립체(301)는, 프로세싱 동안 웨이퍼 또는 다른 기판을 지지하도록 적응된 최상부 표면(308)을 갖는다. 최상부 층(305)은, 브레이즈 층(306)을 사용하여 하부 플레이트 부분(304)에 결합될 수 있다. 클램핑 전극(307)은 최상부 층(305)과 하부 플레이트 부분(304) 사이에 상주할 수 있다. 클램핑 전극(307)은 캡(309)에 의해 브레이즈 층(306)으로부터 분리될 수 있다. 캡(309)은, 브레이즈 층(306)과 클램핑 전극(307) 사이의 시선 경로들을 제거하는 래버린스(labyrinth)를 포함할 수 있다. 래버린스는, 사용된 전압 및 캡의 폭에 따라, 필요하지 않을 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 정전 척은 샤프트를 갖지 않는다.

[0032] [0040] 몇몇 양상들에서, 최상부 층(305)은, J-R 클램핑을 제공하기 위해 정전 척(300)이 바람직한 온도 범위에서 10E9 내지 10E11 Ohm-cm의 벌크 저항률을 갖도록 선택된다. 몇몇 양상들에서, 하부 플레이트 부분(304)은, 최상부 층(305)에 대한 그 열 팽창 계수에 근접한 일치(close match)를 제공하도록 선택된다. 열팽창 계수들은 온도에 따라 변할 수 있으므로, 일치하는 열 팽창 계수들의 선택은, 실온으로부터, 지원받도록 추구되는 프로세싱 온도들을 통해, 그리고 더 통하여 결합 층의 브레이징 온도까지의 일치의 정도를 고려할 수 있다.

[0033] [0041] 일 실시예에서, 최상부 층(305)은 사파이어이고, 하부 플레이트 부분은 알루미나이다. 20C(293K), 517C(800K), 및 1017C(1300K)에서의 사파이어(단결정 알루미늄 옥사이드)의 열 팽창 계수는, 각각, 5.38, 8.52, 및 9.74x10E-6/K이다. 20C, 500C, 및 1000C에서의 소결된 알루미나의 열 팽창 계수는, 각각, 4.6, 7.1, 및 8.1x10E-6/K이다. 이들은 양호한 일치를 제공한다. 예시적인 실시예에서, 브레이징 층은 89% 초파의 순도를 갖는 알루미늄이고, 99중량% 초파의 Al일 수 있다.

[0034] [0042] 클램핑 전극 위의 최상부 층으로서의 사파이어의 사용은, 대략 500C 내지 750C의 온도 범위에서의 J-R 클램핑을 허용한다. 500C에서의 사파이어의 벌크 저항률은 10E11 ohm-cm이고, 750C에서는 10E9 ohm-cm이다.

사파이어는 J-R 클램핑을 위해 500C 내지 750C의 온도 범위에 걸쳐 적절한 별크 저항률을 제공하고, 알루미나와 사파이어의 조합은, 적절한 케미스트리 저항 브레이즈 층, 예컨대, 알루미늄으로 브레이징될 때 성공적인 사용을 허용하기 위해, 열 팽창 계수들의 일치를 제공한다.

- [0035] [0043] 일 실시예에서, 최상부 층(305)은 사파이어일 수 있고, 0.05mm 두께일 수 있다. 브레이즈 층(306) 및 클램핑 전극(307)은 0.05mm 두께일 수 있고, >99% Al이다. 몇몇 양상들에서, 브레이즈 층은 0.05mm 내지 0.10mm의 범위의 두께를 갖는다. 몇몇 양상들에서, 하부 플레이트 층은, 브레이즈 층 및 클램핑 전극이 상이한 두께들이 되도록 계단식으로 만들어질 수 있다(terraced). 예컨대, 브레이즈 층은 0.05mm 두께일 수 있고, 클램핑 전극은 0.10mm 두께일 수 있다. 이는, 클램핑 전극이 또한 무선 주파수 안테나로서 기능하는 사용들을 용이하게 하는 것을 도울 수 있고, 여분의 두께는, 그러한 시나리오에서 볼 수 있는 더 높은 전류 레벨들에 유용할 수 있다. 하부 플레이트 부분은 알루미나일 수 있고, 3mm 두께일 수 있다. 이 실시예는 샤프트 없이 보여질 수 있다.
- [0036] [0044] 샤프트가 있는 일 실시예에서, 최상부 층(305)은 사파이어일 수 있고, 0.5mm 두께일 수 있다. 브레이즈 층(306) 및 클램핑 전극(307)은 0.05mm 두께일 수 있고, >99% Al이다. 몇몇 양상들에서, 하부 플레이트 층 및/ 또는 사파이어 층은, 브레이즈 층 및 클램핑 전극이 상이한 두께들이 되도록 계단식으로 만들어질 수 있다. 하부 플레이트 부분은 알루미나일 수 있고, 12mm 두께일 수 있다.
- [0037] [0045] 위에서 보는 바와 같이, 브레이즈 층의 두께는, 다양한 재료들 간의 상이한 열 팽창 계수들에 기인한 응력을 견딜 수 있도록 적응될 수 있다. 아래에서 설명되는 브레이징 단계들로부터의 냉각 중에, 잔류 응력들이 발생될 수 있다. 부가적으로, 실온으로부터의 빠른 초기 온도 램핑(ramping)은, 척에 걸쳐 몇몇 온도 불-균일성을 야기할 수 있고, 이는, 브레이징 동안 발생된 잔류 응력들과 섞일(compound) 수 있다.
- [0038] [0046] 알루미늄은, 산화된 알루미늄의 자기-제한(self-limiting) 층을 형성하는 특성을 갖는다. 이러한 층은 일반적으로 균질하고, 일단 형성되면, 베이스 알루미늄에 침투하여 산화 프로세스를 계속하는 부가적인 산소 또는 다른 산화 케미스트리들(예컨대, 불소 케미스트리들)을 방지하거나 상당히 제한한다. 이러한 방식으로, 알루미늄의 초기 짧은 기간의 산화 또는 부식이 존재하고, 그런 다음에, 이는, 알루미늄의 표면 상에 형성된 옥사이드(또는 플루오라이드) 층에 의해 실질적으로 정지되거나 느려진다. 브레이즈 재료는 포일 시트, 분말, 얇은 필름의 형태일 수 있거나, 본원에서 설명되는 브레이징 프로세스들에 적합한 임의의 다른 폼 팩터(form factor)로 이루어질 수 있다. 예컨대, 브레이징 층은, 0.00019인치 내지 0.011인치 또는 그 초과의 범위의 두께를 갖는 시트일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 브레이즈 재료는, 대략 0.0012인치의 두께를 갖는 시트일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 브레이즈 재료는, 대략 0.006인치의 두께를 갖는 시트일 수 있다. 전형적으로, 알루미늄에서의 합금 성분들(예컨대, 이를테면 마그네슘)은 알루미늄의 결정 입계들(grain boundaries) 사이에 침전물들로서 형성된다. 이들은 알루미늄 결합 층의 내산화성을 감소시킬 수 있지만, 전형적으로 이러한 침전물들은, 알루미늄을 통하는 연속적인 경로들을 형성하지 않고, 이로써, 전체 알루미늄 층을 통한 산화제들의 침투를 허용하지 않으며, 따라서, 그 내부식성을 제공하는 알루미늄의 자기-제한 옥사이드-층 특성을 온전히 남겨둔다. 침전물들을 형성할 수 있는 성분들을 함유하는 알루미늄 합금을 사용하는 실시예들에서, 냉각 프로토콜들을 포함하여, 프로세스 파라미터들은, 결정 입계에서 침전물들을 최소화하도록 적응될 수 있다. 예컨대, 일 실시예에서, 브레이즈 재료는 적어도 99.5%의 순도를 갖는 알루미늄일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 92% 초과의 순도를 가질 수 있는 상업적으로 이용 가능한 알루미늄 포일이 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 합금들이 사용된다. 이러한 합금들은 Al-5w%Zr, Al-5w%Ti, 상업적 합금들 #7005, #5083, 및 #7075를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 이러한 합금들은 1100C의 결합 온도로 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 이러한 합금들은 800C 내지 1200C의 온도로 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 이러한 합금들은 더 낮은 또는 더 높은 온도로 사용될 수 있다.
- [0039] [0047] 본 발명의 몇몇 실시예들에 따른 결합 방법들은, 결합될 세라믹 피스들에 대한 결합 재료의 습윤 및 유동의 제어에 의존한다. 몇몇 실시예들에서, 결합 프로세스 동안의 산소의 부재는, 결합 영역에서 재료들을 변화시키는 반응들 없이 적절한 습윤을 허용한다. 결합 재료의 적절한 습윤 및 유동으로 인해, 밀폐식으로 밀봉된 조인트가, 예컨대, 액상 소결에 비해 낮은 온도에서 달성될 수 있다.
- [0040] [0048] 결합된 세라믹들의 최종 제품들이 사용되는 몇몇 애플리케이션들에서, 조인트의 강도는 핵심 설계 요소가 아닐 수 있다. 몇몇 애플리케이션들에서, 조인트의 양 측 상의 분위기들의 분리를 허용하기 위해, 조인트의 기밀성이 요구될 수 있다. 몇몇 애플리케이션들에서, 브레이즈 층 내의 가상 누설들을 방지하기 위해, 조인트의 기밀성이 요구될 수 있다. 또한, 결합 재료의 조성은, 세라믹 조립체 최종 제품이 노출될 수 있는 화학물질

들에 대해 내성이 있도록, 중요할 수 있다. 결합 재료는 화학물질들에 대해 내성이 있어야 할 수 있으며, 그렇지 않으면 조인트의 열화 및 밀폐 밀봉의 손실을 야기할 수 있다. 결합 재료는 또한, 마감된 세라믹 디바이스에 의해 이후에 지원되는 프로세스들과 부정적으로 간섭하지 않는 재료 유형으로 이루어져야 할 수 있다.

[0041] 몇몇 실시예들에서, 결합 프로세스는 매우 낮은 압력을 제공하도록 적응된 프로세스 챔버에서 수행된다. 본 발명의 실시예들에 따른 결합 프로세스들은, 밀폐식으로 밀봉된 조인트를 달성하기 위해, 산소의 부재를 요구할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 프로세스는 1×10^{-4} Torr 미만의 압력에서 수행된다. 몇몇 실시예들에서, 프로세스는 1×10^{-5} Torr 미만의 압력에서 수행된다. 몇몇 실시예들에서, 추가적인 산소 제거는, 지르코늄 또는 티타늄을 프로세스 챔버에 배치함으로써 달성된다. 예컨대, 지르코늄 내부 챔버는 결합될 피스들 주위에 배치될 수 있다.

[0042] 몇몇 실시예들에서, 진공 이외의 분위기들이, 밀폐 밀봉을 달성하는 데에 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 아르곤(Ar) 대기가, 밀폐식 조인트들을 달성하는 데에 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 다른 희가스들이, 밀폐식 조인트들을 달성하는 데에 사용된다. 몇몇 실시예들에서, 수소(H₂) 대기가, 밀폐식 조인트들을 달성하는 데에 사용될 수 있다.

[0043] 몇몇 실시예들에서, 스탠드오프들(standoffs)은 조인트에 대한 최소 브레이즈 층 두께를 생성하는 데에 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 조인트에 대한 최소 브레이즈 층 두께는, 분말화된 재료를 브레이즈 층 충전재(filler) 재료 내에 혼입시킴으로써 생성된다. 혼입된 분말 재료의 가장 큰 입자 크기는 최소 조인트 두께를 결정한다. 분말화된 재료는 분말화된 브레이즈 층 충전재 재료와 혼합될 수 있거나, 세라믹 조인트 표면 상에 칠해질(painted) 수 있거나, 또는 적절한 두께의 브레이즈 층 충전재 포일 상에 칠해질 수 있거나, 적절한 두께의 브레이즈 층 충전재 재료 포일 내에 직접 혼입될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 브레이즈 층 재료는, 브레이징 이전에, 샤프트 단부와 플레이트 사이의 메사들(mesas) 또는 분말 입자들에 의해 유지되는 거리보다 더 두꺼울 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 다른 방법들이, 최소 브레이즈 층 두께를 확립하는 데에 사용될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 세라믹 구체들(spheres)이, 최소 브레이즈 층 두께를 확립하는 데에 사용될 수 있다. 몇몇 양상들에서, 조인트 두께는 스탠드오프들, 또는 다른 최소 두께 결정 디바이스의 치수보다 살짝 더 두꺼울 수 있는데, 이는, 브레이즈 재료 전체가, 스탠드오프들과 인접한 인터페이스 표면 사이로부터 압착될 수는 없기 때문이다. 몇몇 양상들에서, 알루미늄 브레이즈 층의 일부는 스탠드오프와 인접한 인터페이스 표면 사이에서 발견될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 브레이징 재료는 0.0003인치의 두께로 세라믹 표면 상에 스퍼터링된 알루미늄일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 브레이징 재료는, 0.004인치의 완성된 조인트 최소 두께를 갖는 브레이징 이전에, 0.006인치 두께일 수 있다. 브레이징 재료는 0.4Wt.% 철을 갖는 알루미늄일 수 있다.

[0044] 너무 긴 시간 기간 동안 너무 높은 온도의 사용은, 상당한 알루미늄 증발의 결과로서 결합 층에서의 공극 형성으로 이어질 수 있다. 결합 층에 공극들이 형성되기 때문에, 조인트의 기밀성이 손실될 수 있다. 너무 낮은 온도의 사용은, 밀폐식이 아닌 조인트들로 이어질 수 있다. 프로세스 온도 및 프로세스 온도의 지속 시간은, 알루미늄 층이 증발해버리지 않도록, 그리고 이에 의해 밀폐식 조인트가 달성되도록 제어될 수 있다. 상기 설명된 다른 프로세스 파라미터들에 부가하여, 적절한 온도 및 프로세스 지속 시간 제어에 의해, 연속적인 조인트가 형성될 수 있다. 본원에서 설명되는 바와 같은 실시예들에 따라 달성된 연속적인 조인트는, 부분들의 밀폐 밀봉뿐만 아니라 구조적 부착도 초래할 것이다.

[0045] 밀폐식 및 비-밀폐식 조인트를 모두 피스들을 강하게 결합시킬 수 있기 때문에, 피스들을 분리시키기 위해 상당한 힘이 필요하다. 그러나, 조인트가 강하다는 사실은, 조인트가 밀폐 밀봉을 제공하는지 여부를 결정짓지는 않는다. 밀폐식 조인트들을 획득하는 능력은 조인트의 습윤에 관련될 수 있다. 습윤은, 액체가 다른 재료의 표면에 걸쳐서 퍼져나가는 능력 또는 경향을 설명한다. 브레이징된 조인트에 불충분한 습윤이 있다면, 결합이 존재하지 않는 영역들이 존재할 것이다. 충분한 습윤되지-않은 영역이 존재한다면, 그러면 가스는 조인트를 통과할 수 있어서, 누설을 야기한다.

[0046] 본원에서 논의되는 조인트들은, 결합 프로세스 동안 확산에 민감하지 않은 세라믹, 또는 복수의 세라믹들을 사용한다. 새로운 연구는, 이러한 범주의 세라믹들이, 본원에서 설명되는 방법들을 사용하여 밀폐식 조인트들에 의해, 세라믹들 그 자신에 또는 이 범주 내의 다른 세라믹들에 결합될 수 있음이 보여졌다는 것을 나타냈다. 비-확산 세라믹들 중에서, 이러한 범주에는, 사파이어, 이트륨 옥사이드, 알루미늄 나이트라이드, 알루미나, 지르코니아, 및 베릴륨 옥사이드가 있다. 표준 브레이징 온도들의 비전형적인 범위의 온도들의 사용과 함께, 그리고 본원에서 설명되는 바와 같은 브레이징 재료들을 사용하며, 본원에서 논의되는 분위기들에 의해, 이러한 그룹의 세라믹들은 이전에 달성할 수 없었던 밀폐식 조인트들로 결합될 수 있다. 본 발명의 실시예들에

따른 조인트들에서, 기밀성은, 상업적으로 이용 가능한 표준 질량 분석계 헬륨 누설 검출기에 의해 입증되는 바와 같이, <1x10E-9 sccm He/sec의 진공 누설률을 갖는 것에 의해 입증되었다.

[0047] [0055] 브레이징 프로세스 동안 상당한 양의 산소 또는 질소의 존재는, 조인트 인터페이스 영역의 완전 습윤과 간섭하는 반응들을 생성할 수 있고, 이는 결과적으로, 밀폐식이 아닌 조인트를 초래할 수 있다. 완전 습윤 없이, 습윤되지 않은 영역들이 최종 조인트 내에, 조인트 인터페이스 영역에 도입된다. 충분한 연속적인 습윤되지 않은 영역들이 도입되면, 조인트의 기밀성이 손실된다.

[0048] [0056] 질소의 존재는, 질소가, 용융된(molten) 알루미늄과 반응하여 알루미늄 나이트라이드를 형성하는 것으로 이어질 수 있고, 이러한 반응 형성은, 조인트 인터페이스 영역의 습윤과 간섭할 수 있다. 유사하게, 산소의 존재는, 산소가, 용융된 알루미늄과 반응하여 알루미늄 옥사이드를 형성하는 것으로 이어질 수 있고, 이러한 반응 형성은, 조인트 인터페이스 영역의 습윤과 간섭할 수 있다. 5x10⁻⁵ Torr 미만의 압력의 진공 분위기를 사용하는 것은, 밀폐식 조인트들, 및 조인트 인터페이스 영역의 완전히 확고한 습윤을 허용하기 위해 산소 및 질소를 충분히 제거한 것으로 나타냈다. 몇몇 실시예들에서, 분위기 압력을 포함하여, 더 높은 압력들을 사용하지만, 브레이징 단계 동안 예컨대, 프로세스 챔버에서 비-산화 가스들, 예컨대, 수소 또는 순수 희ガ스들, 예컨대, 아르곤을 사용하는 것이 또한, 밀폐식 조인트들, 및 조인트 인터페이스 영역의 확고한 습윤으로 이어졌다. 상기 언급된 산소 반응을 회피하기 위해, 브레이징 프로세스 동안 프로세스 챔버의 산소의 양은, 조인트 인터페이스 영역의 완전한 습윤이 악영향을 받지 않도록 충분히 낮아야만 한다. 상기 언급된 질소 반응을 회피하기 위해, 일 실시예에서, 브레이징 프로세스 동안 프로세스 챔버에 존재하는 질소의 양은, 조인트 인터페이스 영역의 완전한 습윤이 악영향을 받지 않도록 충분히 낮다.

[0049] [0057] 최소 조인트 두께를 유지하는 것과 결부되어, 브레이징 프로세스 동안 적절한 분위기의 선택은, 조인트의 완전한 습윤을 허용할 수 있다. 반대로, 부적절한 분위기의 선택은, 열악한 습윤, 공극들로 이어질 수 있으며, 비-밀폐식 조인트로 이어질 수 있다. 브레이징 동안 적절한 재료 선택 및 온도와 함께, 제어된 분위기 및 제어된 조인트 두께의 적절한 조합은, 밀폐식 조인트들로 재료들을 결합시키는 것을 허용한다.

[0050] [0058] 본 발명의 몇몇 실시예들에서, 도 8에서 보는 바와 같이, 높은 온도들에서 클램핑을 제공하도록 적응된 정전 척(315)은 다층 플레이트 조립체(319) 및 샤프트(320)를 갖는다. 샤프트(320)는 중공형 샤프트일 수 있고, 프로세싱 동작들을 지원하기 위해 전기 및 가스 도관들을 포함할 수 있다. 다층 플레이트 조립체(319)는, 단일 결합 단계에서 또는 복수의 단계들에서 함께 결합되는 복수의 플레이트들(316, 317, 318)을 가질 수 있다. 최상부 플레이트 층(316)은 최상부 표면(327) 상에 기판을 지지할 수 있다. 최상부 플레이트 층(316)은, 환형 원주(circumferential) 조인트일 수 있는 제1 밀봉 조인트(321)에 의해 중간 플레이트 층(317)에 결합될 수 있다. 클램핑 전극(323)은 최상부 플레이트 층(316)과 중간 플레이트 층(317) 사이에 상주 할 수 있다. 몇몇 양상들에서, 제1 밀봉 조인트(321) 및 클램핑 전극(323)은 알루미늄이다. 캡(325)은 클램핑 전극(323)을 제1 밀봉 조인트(321)로부터 격리시키는 데에 사용될 수 있다. 캡(325)은 진공 하에 있을 수 있다. 몇몇 양상들에서, 캡(325)에 구조적 래버린스가 존재할 수 있다. 몇몇 양상들에서, 최상부 플레이트 층(316)은 사파이어일 수 있고, 중간 플레이트 층(317)은 알루미나일 수 있다. 몇몇 양상들에서, 제1 밀봉 조인트(321) 및 클램핑 전극(323)은 동일한 재료로 이루어진다. 몇몇 양상들에서, 제1 밀봉 조인트(321) 및 클램핑 전극(323) 둘 모두는 밀폐식 조인트들에 의해, 최상부 플레이트 층(316) 및 중간 플레이트 층(317) 둘 모두에 결합된다. 몇몇 양상들에서, 제1 밀봉 조인트(321) 및 클램핑 전극(323)은 단일 브레이징 프로세스에서, 최상부 플레이트 층(316) 및 중간 플레이트 층(317) 둘 모두에 결합된다.

[0051] [0059] 중간 플레이트 층(317)은 제2 밀봉 조인트(322)에 의해 하부 플레이트 층(318)에 결합될 수 있다. 가열기(324)는 중간 플레이트 층(317)과 하부 플레이트 층(318) 사이에 상주할 수 있다. 몇몇 양상들에서, 단일 브레이징 프로세스에서 함께, 제1 밀봉 조인트(321) 및 클램핑 전극(323)은 최상부 플레이트 층(316) 및 중간 플레이트 층(317) 둘 모두에 결합되고, 중간 플레이트 층(317)은 바닥부 플레이트 층(318)에 결합된다. 샤프트(320)는 제3 밀봉 조인트(326)에 의해 바닥부 플레이트 층(318)에 결합될 수 있다. 몇몇 양상들에서, 단일 브레이징 프로세스에서 함께, 제1 밀봉 조인트(321) 및 클램핑 전극(323)은 최상부 플레이트 층(316) 및 중간 플레이트 층(317) 둘 모두에 결합되고, 중간 플레이트 층(317)은 바닥부 플레이트 층(318)에 결합되며, 바닥부 플레이트 층(318)은 샤프트(320)에 결합된다.

[0052] [0060] 일 실시예에서, 최상부 플레이트 층(316)은 사파이어이고, 중간 플레이트 층(317) 및 하부 플레이트 층(318)은 알루미나이며, 샤프트(320)는 알루미나, 또는 더 낮은 열 전도율을 갖는 세라믹일 수 있는 다른 세라믹이다. 제1, 제2, 및 제3 결합 층들(321, 322, 326)은 99% 초과의 순도를 갖는 알루미늄이다. 전체 조립체는

800C의 온도에서 단일 브레이징 단계로 결합된다. 몇몇 양상들에서, 브레이징 온도는 770C 내지 1200C의 범위에 있을 수 있다. 브레이징 단계는 10E-4 Torr 미만의 압력에서 1 내지 60분의 지속 기간 동안 이루어진다.

[0053] [0061] 일 실시예에서, 최상부 플레이트 층(316)은 사파이어이고 0.5mm 두께이며, 상부 브레이즈 층(321) 및 클램핑 전극(323)은 >99% Al이고 0.15mm 두께이다. 몇몇 양상들에서, 중간 플레이트 층(317) 및/또는 사파이어 층(316)은, 브레이즈 층(321) 및 클램핑 전극(323)이 상이한 두께들이 되도록 계단식으로 만들어질 수 있다. 중간 플레이트 층(317)은 AlN이고 5.5mm 두께이며, 하부 브레이즈 층은 >99% Al이고 0.05mm 두께이며, 하부 플레이트 층(318)은 AlN이고 5.5mm 두께이다.

[0054] [0062] 일 실시예에서, 최상부 플레이트 층(316)은 사파이어이고 0.5mm 두께이며, 상부 브레이즈 층은 >99% Al이고 0.05mm 두께이며, 중간 플레이트 층(317)은 알루미나이고 3mm 두께이며, 하부 브레이즈 층은 .99% Al이고 0.10mm 두께이며, 그리고 하부 플레이트 층(318)은 AlN이고 6mm 두께이다.

[0055] [0063] 도 9는, 기판의 제거를 위한 펀들을 갖는 정전 척과 함께 사용될 수 있는 클램핑 전극(336)의 양상들을 예시한다. 도 9는, 상부 플레이트 층과 중간 플레이트 층 사이의 제1 밀봉 링(334)을 통한 수직 단면도로서 보일 수 있다. 클램핑 전극(336)은, 정전 척에 의해 지지되는 기판에 클램핑력을 제공하도록 적용된다. 클램핑 전극은, 도 9에 도시된 경계부들(borders) 내의 모든 영역들을 채우는 중실형(solid) 재료일 수 있다. 제1 밀봉 링(334)은 플레이트 층(330)의 원주 둘레 주위에서 보인다. 제1 밀봉 링(334)과 클램핑 전극(336) 사이의 갭(333)은 갭(335)을 통한 전기 절연을 제공한다. 펀 홀들(331) 각각은, 그 둘레 주위에 밀봉 링들(332)을 갖는다. 밀봉 링들(332)은 밀봉 링들(332)과 클램핑 전극(336) 사이에 갭들(333)을 갖는다.

[0056] [0064] 상기 설명된 바와 같은 정전 척은 이전의 디바이스들에 비해 적어도 이하의 개선사항들을 제공한다. 첫째, 이전엔 도달될 수 없었던 온도들, 예컨대, 450C 초과 또는 500C 초과의 온도들에서 클램핑을 제공할 수 있는 정전 척을 제공할 수 있다. 둘째, 기판들 및 이전에는 획득 가능하지 않았던 온도 균일성들을 유지할 수 있는 정전 척을 제공할 수 있다. 셋째, 손상을 입게 되면 플레이트의 최상부 층을 제거함으로써 재작업 및 수리될 기회를 갖는 고온 클램핑 척을 제공할 수 있다.

[0057] [0065] 450C 초과, 예컨대, 500C 내지 700C 범위의 온도에서 J-R 클램핑이 가능한 정전 척에 의해 제공되는 클램핑력은, 프로세싱에서 큰 개선을 허용한다. 정전 척은 대략 400 내지 450C 초과에서 클램핑력을 제공할 수 없기 때문에, 더 높은 온도를 요구하는 프로세스들은 웨이퍼 또는 다른 기판을 지지 폐데스탈에 유지하기 위해 중력에 의존할 수 있다. 몇몇 CVD(chemical vapor deposition) 프로세스들은 온도에 매우 민감하며, 고온 정전 클램핑 기판 지지부의 실현에 의해 매우 증진될 것이다. 클램핑력은, 기판 지지부의 최상부 표면과 기판의 바닥부 표면 사이의 접촉을 상당히 개선할 수 있을뿐만 아니라, 또한 평평하게 할 수 있다. 증진되고 평평해진 접촉은, 가열된 기판 지지부로부터 더 균등한 열 유동을 허용한다.

[0058] [0066] 본 발명의 실시예들에 따른 정전 척을 사용하여 상당히 개선될 수 있는 CVD 프로세스의 예는, 집적 회로 제조에서 무정형 탄소(ACL)의 얇은 필름들의 애플리케이션이다. ACL 필름들은 전형적으로, 화학 기상 증착을 사용하여 적용되고, 전형적으로, 500 내지 650C 범위의 온도들에서 적용된다. 예시적인 CVD ACL 프로세스는 1,800온스트롬의 층을 초래할 수 있고, 이는 대략 6분 내에 달성될 수 있다. 이러한 필름의 성장 속도는 매우 온도 의존적이다. 그러한 프로세스에 대한 명시된 균일성은 1.2 내지 1.5%의 범위에 있을 수 있다. 그러한 프로세스 동안 클램핑력의 부가에 의해, 달성될 것으로 예상되는 균일성은 1% 미만일 것이다.

[0059] [0067] 그러한 프로세스들을 실행하는 프로세스 기계에서, 노출되는 모든 표면들 상에 발생할 수 있는 코팅들의 축적을 제거하기 위해, 세정 단계들이 필요하다. 몇몇 경우들에서, 세정은, 증착을 수용하는 각각의 기판 간에 이루어진다. 세정 케미스트리는 전형적으로, 원치 않는 표면 증착들의 증가된 에칭 속도를 위해 플라즈마 상태로 여기되는 이온화된 불소의 소스이다. 세정 단계는 또한, 재료 양립성을 위한 핵심인데, 이는, 정전 척의 모든 노출된 부분들은 불소(및 다른) 케미스트리들에 대해 내성이 있어야 하기 때문이다. 이러한 화학적 환경에 노출되는 브레이즈 층은 유리하게, 그러한 케미스트리들에 대해 내성이 있다.

[0060] [0068] 일 실시예에서, 고온들에서 정전 클램핑을 제공할 수 있는 정전 척이 제공되며, 사파이어를 포함하는 최상부 플레이트 층, 세라믹을 포함하는 하부 플레이트 층, 최상부 플레이트 층과 하부 플레이트 층 사이에 배치된 클램핑 전극, 및 클램핑 전극의 외부 둘레 주위에서 밀폐식 조인트로 최상부 플레이트 층을 하부 플레이트 층에 결합시키는 제1 밀봉 조인트를 포함하는 플레이트 조립체를 포함할 수 있고, 제1 밀봉 조인트는 89중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함한다.

[0061] [0069] 제1 밀봉 조인트는 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다. 정전 척은, 제2 밀봉 조인트에

의해 플레이트 조립체의 바닥부에 결합된 샤프트를 포함할 수 있고, 샤프트는 세라믹을 포함하며 제2 밀봉 조인트는 89중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함한다. 정전 척은, 제2 밀봉 조인트에 의해 플레이트 조립체의 바닥부에 결합된 샤프트를 포함할 수 있고, 샤프트는 세라믹을 포함하며 제2 밀봉 조인트는 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함한다. 하부 플레이트 층은 알루미늄 옥사이드를 포함할 수 있다. 하부 플레이트 층은 알루미늄 나이트라이드를 포함할 수 있다. 클램핑 전극은 89중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다. 클램핑 전극은 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다.

[0062] [0070] 일 실시예에서, 고온들에서 정전 클램핑을 제공할 수 있는 정전 척이 제공되며, 500C 내지 750C의 온도 범위에 걸쳐 10E9 ohm-cm 내지 10E11 ohm-cm의 범위의 별크 저항률을 갖는 재료의 최상부 플레이트 층, 세라믹을 포함하는 하부 플레이트 층, 최상부 플레이트 층과 하부 플레이트 층 사이에 배치된 클램핑 전극, 및 클램핑 전극의 외부 둘레 주위에서 밀폐식 조인트로 최상부 플레이트 층을 하부 플레이트 층에 결합시키는 제1 밀봉 조인트를 포함하는 플레이트 조립체를 포함할 수 있고, 제1 밀봉 조인트는 89중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함한다.

[0063] [0071] 제1 밀봉 조인트는 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다. 정전 척은, 제2 밀봉 조인트에 의해 플레이트 조립체의 바닥부에 결합된 샤프트를 포함할 수 있고, 샤프트는 세라믹을 포함하며 제2 밀봉 조인트는 89중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함한다. 정전 척은, 제2 밀봉 조인트에 의해 플레이트 조립체의 바닥부에 결합된 샤프트를 포함할 수 있고, 샤프트는 세라믹을 포함하며 제2 밀봉 조인트는 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함한다. 하부 플레이트 층은 알루미늄 옥사이드를 포함할 수 있다. 하부 플레이트 층은 알루미늄 나이트라이드를 포함할 수 있다. 클램핑 전극은 89중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다. 클램핑 전극은 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다.

[0064] [0072] 일 실시예에서, 반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척이 제공되고, 사파이어로 이루어진 최상부 플레이트 층 및 세라믹으로 이루어진 하부 플레이트 층을 갖는 플레이트 조립체를 포함할 수 있으며, 플레이트 조립체는 둘레, 및 반도체 프로세싱 환경을 견디기에 적합한 둘레에서 최상부 플레이트 층과 하부 플레이트 층 사이에 밀폐식으로 밀봉된 조인트를 갖는다.

[0065] [0073] 정전 척은, 둘레 내에, 최상부 플레이트 층과 하부 플레이트 층 사이에 배치된 클램핑 전극을 포함할 수 있다. 클램핑 전극은, 89중량% 초과의 금속성 알루미늄 또는 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다. 밀폐식으로 밀봉된 조인트는, 89중량% 초과의 금속성 알루미늄 또는 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다. 플레이트 조립체는, 플레이트 조립체의 바닥부에 결합되는 샤프트를 포함할 수 있다. 정전 척은, 반도체 프로세싱 환경을 견디기에 적합한, 플레이트 조립체의 바닥부와 샤프트 사이에 부가적인 밀폐식으로 밀봉된 조인트를 포함할 수 있다. 하부 플레이트 층의 세라믹은 알루미늄 옥사이드 또는 알루미늄 나이트라이드를 포함할 수 있다.

[0066] [0074] 일 실시예에서, 반도체 프로세싱에서 사용하기 위한 정전 척이 제공되고, 500C 내지 750C의 온도 범위에 걸쳐 10E9 ohm-cm 내지 10E11 ohm-cm의 범위의 별크 저항률을 갖는 최상부 플레이트 층 및 세라믹으로 이루어진 하부 플레이트 층을 갖는 플레이트 조립체를 포함할 수 있으며, 플레이트 조립체는 둘레, 및 반도체 프로세싱 환경을 견디기에 적합한 둘레에서 최상부 플레이트 층과 하부 플레이트 층 사이에 밀폐식으로 밀봉된 조인트를 갖는다.

[0067] [0075] 정전 척은, 둘레 내에, 최상부 플레이트 층과 하부 플레이트 층 사이에 배치된 클램핑 전극을 포함할 수 있다. 밀폐식으로 밀봉된 조인트는, 89중량% 초과의 금속성 알루미늄 또는 99중량% 초과의 금속성 알루미늄을 포함할 수 있다. 플레이트 조립체는, 플레이트 조립체의 바닥부에 결합되는 샤프트를 포함할 수 있다.

[0068] [0076] 일 실시예에서, 반도체 프로세싱에서 사용되는 다층 플레이트 디바이스의 제조를 위한 방법이 제공되고, 복수의 플레이트 컴포넌트들 - 복수의 플레이트 컴포넌트들은, 사파이어를 포함하는 최상부 플레이트 층, 세라믹을 포함하는 하부 플레이트 층, 및 최상부 플레이트 층과 하부 플레이트 층 사이에 배치되는, 89중량% 알루미늄 초과의 알루미늄을 포함하는 브레이징 층을 포함함 - 을 스택으로 배열하는 단계, 최상부 플레이트 층을 하부 플레이트 층에 결합시키는 단계 - 상부 플레이트 층을 하부 플레이트 층에 결합시키는 단계는 컴포넌트들을 프로세스 챔버 내에 배치시키는 단계를 포함함 - , 프로세스 챔버로부터 산소를 제거하고 플레이트 컴포넌트들의 스택을 가열하는 단계, 이로써, 밀폐식으로 밀봉된 조인트에 의해 최상부 플레이트 층을 하부 플레이트 층에 결합시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0069] [0077] 프로세스 챔버로부터 산소를 제거하는 단계는, 플레이트 컴포넌트들의 스택의 가열 동안, 플레이트 컴포

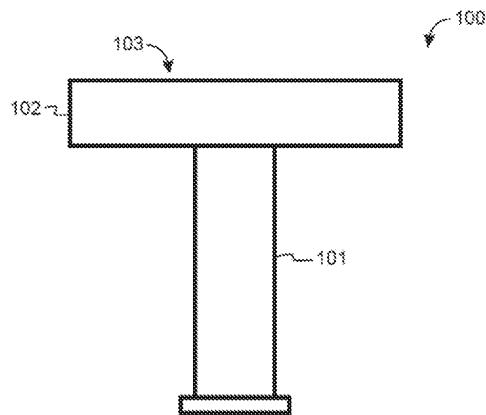
년트들의 스택에 진공을 적용하는 단계를 포함할 수 있고, 여기서, 진공 압력은 1×10^{-4} 미만이다. 플레이트 컴포넌트들의 스택을 가열하는 단계는, 플레이트 컴포넌트들의 가압된 스택을 800°C 내지 1200°C의 제1 온도로 가열하는 단계를 포함할 수 있다.

[0070]

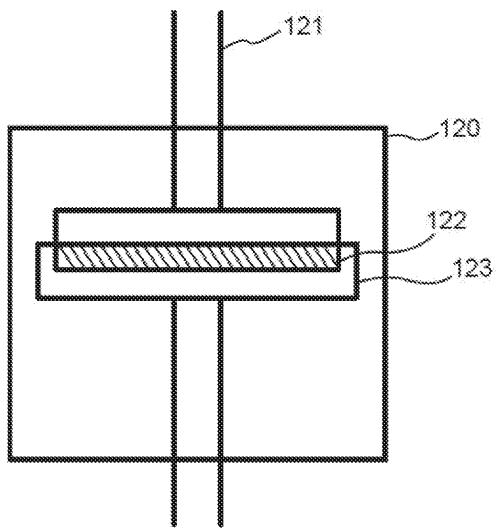
[0078] 상기 설명으로부터 명백한 바와 같이, 매우 다양한 실시예들이, 본원에서 주어진 설명으로부터 구성될 수 있으며, 부가적인 장점들 및 수정들이 당업자에게 용이하게 일어날 것이다. 그러므로, 본 발명의 더 넓은 양상들에서의 본 발명은, 도시되고 설명된 예시적인 예들 및 특정 세부 사항들에 제한되지 않는다. 이에 따라, 그러한 세부 사항들로부터의 벗어남들은, 출원인의 일반적인 발명의 사상 또는 범위로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있다.

도면

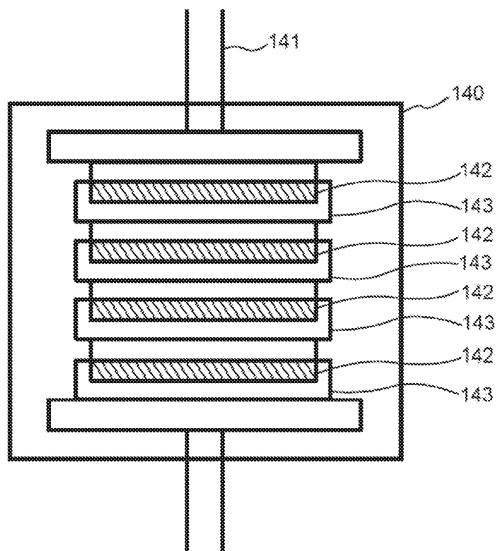
도면1



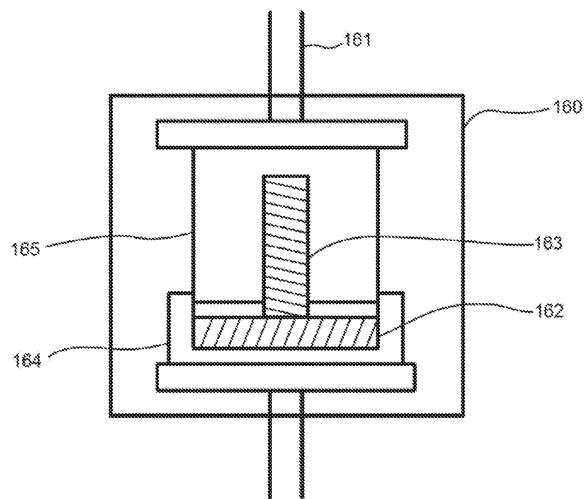
도면2



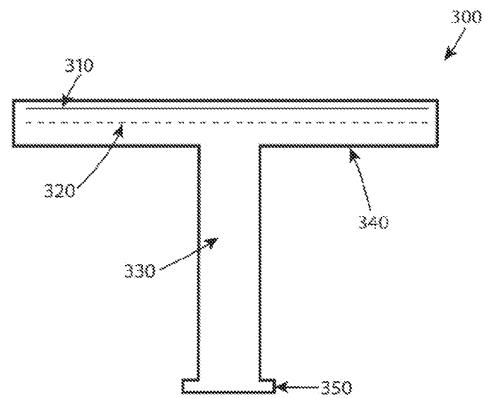
도면3



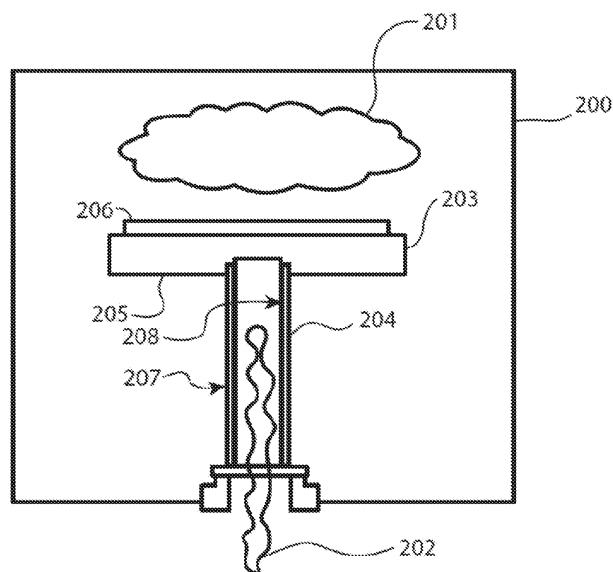
도면4



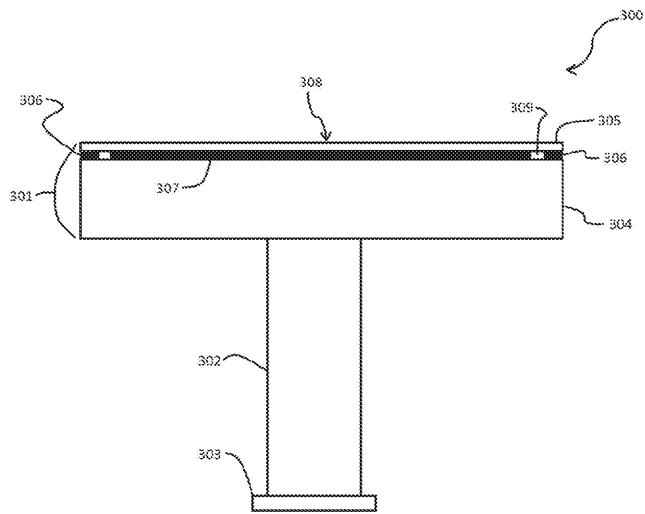
도면5



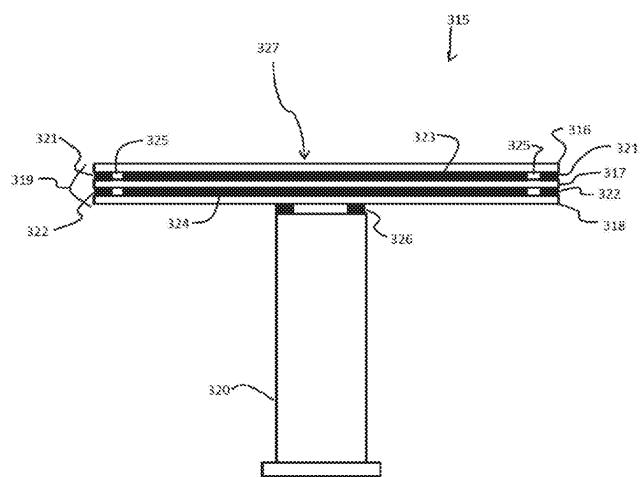
도면6



도면7



도면8



도면9

