



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월07일
(11) 등록번호 10-2152858
(24) 등록일자 2020년09월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) C23C 16/455 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01J 37/3244 (2013.01)
C23C 16/45561 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7019717
- (22) 출원일자(국제) 2014년02월03일
심사청구일자 2019년01월31일
- (85) 번역문제출일자 2015년07월20일
- (65) 공개번호 10-2015-0127033
- (43) 공개일자 2015년11월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/014389
- (87) 국제공개번호 WO 2014/163742
국제공개일자 2014년10월09일
- (30) 우선권주장
61/777,225 2013년03월12일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2002530860 A*
(뒷면에 계속)

- (73) 특허권자
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
- (72) 발명자
로젠준, 안
미국 94070 캘리포니아 산 카를로스 브리탄 애비뉴 2824
탄디웅, 카일
미국 94550 캘리포니아 리버모어 소니아 웨이 266
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 13 항

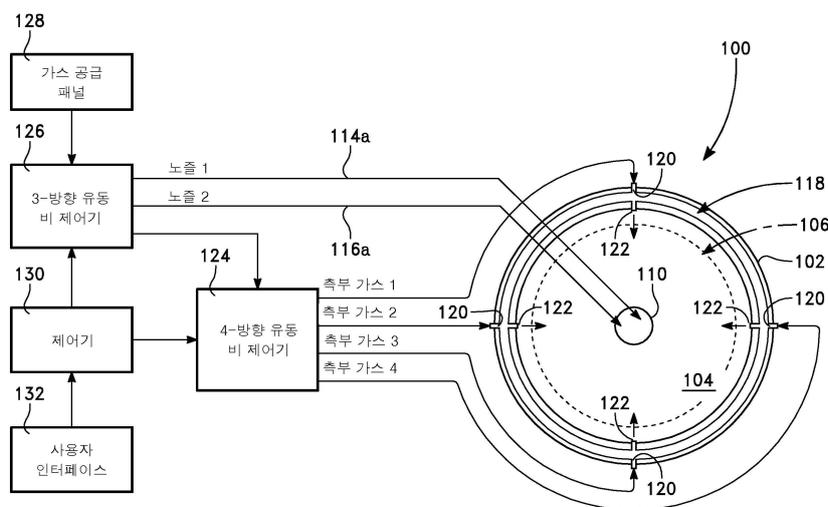
심사관 : 정우열

(54) 발명의 명칭 방위각 및 방사상 분배 제어되는 다중-구역 가스 주입 조립체

(57) 요약

가스 주입 시스템은 (a) 측부 가스 플리넘, (b) 상기 측부 가스 플리넘에 커플링되는 복수의 (N개의) 가스 유입구들, (c) 상기 플리넘으로부터 방사상 내측으로 연장하는 복수의 측부 가스 배출구들, (d) 상기 N개의 가스 유입구들에 각각 커플링되는 N개의 출력부들을 갖는 N-방향 가스 유동비 제어기, 및 (e) M개의 출력부들을 갖는 M-방향 가스 유동비 제어기를 포함하며, 상기 M개의 출력부들 중 각각의 출력부들은 조정가능한 가스 노즐 및 상기 N-방향 가스 유동비 제어기의 가스 입력부에 커플링된다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/32449 (2013.01)

(72) 발명자

유지프, 이매드

미국 95121 캘리포니아 새너제이 윈도우 레인 2103

크나지크, 블라디미르

미국 95050 캘리포니아 산타 클라라 데 라 페나 애
비뉴 1975

케아팅, 보젠나

미국 94301 캘리포니아 팔로 알토 에머슨 스트리트
2473

벤나, 사머

미국 95138 캘리포니아 새너제이 바스킹 레인 861

(56) 선행기술조사문헌

JP2006066855 A*

JP2009004755 A

JP2009194125 A*

US20080102001 A1

KR100919538 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

플라즈마 반응기로서:

천장 및 측벽을 가지는 챔버, 상기 천장에 커플링되고 상기 천장을 통해 상기 챔버 내로 연장되는 조정가능한 가스 노즐로서, 상기 조정가능한 가스 노즐은 상기 측벽을 향하여 가스를 주입하는 측부 가스 노즐을 포함하는 것인, 조정가능한 가스 노즐, 및 상기 챔버 둘레의 측부 가스 폴리넵;

상기 측부 가스 폴리넵에 커플링되는 복수의 (N개의) 가스 유입구들, 및 상기 측부 가스 폴리넵으로부터 방사상으로 연장하는 복수의 측부 가스 배출구들;

상기 N개의 가스 유입구들에 각각 커플링되는 N개의 출력부들을 갖는 N-방향(N-way) 가스 유동비 제어기; 및

M개의 출력부들을 갖는 M-방향(M-way) 가스 유동비 제어기를 포함하며,

상기 M개의 출력부들 중 각각의 출력부들은 상기 조정가능한 가스 노즐 및 상기 N-방향 가스 유동비 제어기의 가스 입력부에 커플링되고,

상기 측부 가스 폴리넵은 가스 유동 채널들의 복수의 세트들을 포함하며,

상기 가스 유동 채널들의 세트들 중 각각의 세트는:

상기 복수의 측부 가스 배출구들의 대응하는 쌍에 커플링되는 단부들의 쌍을 갖는 아치형 가스 분배 채널; 및

아치형 가스 공급 채널을 포함하고,

상기 아치형 가스 공급 채널의 일 단부는 상기 복수의 (N개의) 가스 유입구들 중 대응하는 가스 유입구에 연결되고, 상기 아치형 가스 공급 채널의 대향 단부는 상기 가스 분배 채널의 중간 지점 근처에서 상기 가스 분배 채널에 커플링되는

플라즈마 반응기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 조정가능한 가스 노즐은 상기 M개의 출력부들 중 2개의 출력부에 커플링되는 2개의 가스 입력부들을 가지며, 여기서 M은 3이고 N은 4인

플라즈마 반응기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 M-방향 가스 유동 제어기의 가스 입력부에 커플링되는 가스 공급 패널을 더 포함하는

플라즈마 반응기.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 M-방향 가스 유동비 제어기에 그리고 상기 N-방향 가스 유동비 제어기에 커플링되는 프로세스 제어기; 및

상기 프로세스 제어기에 커플링되는 사용자 인터페이스를 더 포함하는

플라즈마 반응기.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 가스 유동 채널들의 복수의 세트들은 경로 길이들이 동일한
 플라즈마 반응기.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 측부 가스 플리넘은 라이너 에지를 포함하고, 상기 플라즈마 반응기는:
 상기 라이너 에지 위의 가스 전달 링 - 상기 가스 유동 채널들의 복수의 세트들은 상기 가스 전달 링 내에 형
 성됨 -; 및
 상기 가스 전달 링 위의 상부 라이너 링을 더 포함하며,
 상기 복수의 측부 가스 배출구들은 상기 상부 라이너 링 내로 연장하고, 상기 상부 라이너 링은 챔버 내부를 향
 하는 상부 라이너 링 표면을 포함하는
 플라즈마 반응기.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
 상기 복수의 측부 가스 배출구들의 각각은:
 상기 챔버 내부를 향해 상기 상부 라이너 링 내에서 방사상으로 연장하며, 측방향으로 연장하는 가스 전달 인서
 트-수용 홀을 포함하는 측부 가스 주입 노즐; 및
 상기 가스 전달 링으로부터, 상기 측방향으로 연장하는 가스 전달 인서트-수용 홀 내로 연장하는 가스 전달 인
 서트;를 포함하는
 플라즈마 반응기.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
 상기 가스 전달 인서트 내의 측방향 내부 가스 유동 통로 및 상기 측방향으로 연장하는 가스 전달 인서트 홀의
 측벽을 통하는 방사상 내부 가스 유동 노즐 통로를 더 포함하며,
 상기 측방향 내부 가스 유동 통로는 상기 방사상 내부 가스 유동 노즐 통로와 정합되는
 플라즈마 반응기.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
 상기 상부 라이너 링은 상기 상부 라이너 링 표면 내에 복수의 노즐 포켓들을 포함하고,
 상기 측부 가스 주입 노즐은 상기 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓 내로 연장하며; 그리고
 상기 측부 가스 주입 노즐은 상기 측부 가스 주입 노즐과 동심인 복수의 O-링 노즐 그루브들을 포함하고,
 상기 플라즈마 반응기는 상기 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 내부 측벽에 대해 압축되는, 상기 복수의
 O-링 노즐 그루브들 내의 제 1 복수의 O-링들을 더 포함하는
 플라즈마 반응기.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 측부 가스 주입 노즐은:

원통형 외측 노즐 표면 - 상기 0-링 노즐 그루브들은 상기 원통형 외측 노즐 표면에 대해 오목한(indented) 노즐 그루브 표면들을 정의함 -; 및

축방향 진공배기 슬롯을 더 포함하며,

상기 축방향 진공배기 슬롯은:

(a) 상기 노즐 포켓 내의 상기 측부 가스 주입 노즐의 단부로부터 연장하는 상기 원통형 외측 노즐 표면 내의 슬롯 섹션들, 및

(b) 상기 노즐 그루브 표면들 내의 슬롯 섹션들을 포함하는

플라즈마 반응기.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 원통형 외측 노즐 표면과 상기 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 상기 내부 측벽 사이의 갭을 더 포함하는

플라즈마 반응기.

청구항 12

측부 가스 주입 키트로서:

복수의 노즐 포켓들을 포함하는 상부 라이너 링;

상기 노즐 포켓들 내로 연장하는 복수의 측부 가스 주입 노즐들;을 포함하며,

상기 복수의 측부 가스 주입 노즐들의 각각은:

외측 노즐 표면, 및 측부 가스 주입 노즐과 동심인, 상기 외측 노즐 표면 내의 복수의 0-링 노즐 그루브들;

상기 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 내부 측벽에 대해 압축되는, 상기 복수의 0-링 노즐 그루브들 내의 제 1 복수의 0-링들;

상기 0-링 노즐 그루브들 내에 형성되고 상기 외측 노즐 표면에 대해 오목한(indented) 노즐 그루브 표면들; 및

상기 노즐 포켓 내의 상기 측부 가스 주입 노즐의 단부로부터 연장하는 상기 외측 노즐 표면 내의 슬롯 섹션들 및 상기 노즐 그루브 표면들 내의 슬롯 섹션들을 포함하는 축방향 진공배기 슬롯;을 포함하는

측부 가스 주입 키트.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 외측 노즐 표면과 상기 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 내부 측벽 사이의 갭을 더 포함하며,

상기 노즐 그루브 표면들 내의 상기 슬롯 섹션들은 상기 제 1 복수의 0-링들 둘레의 진공배기 경로를 제공하고, 상기 외측 노즐 표면 내의 상기 슬롯 섹션들은 상기 갭으로의 진공배기 경로를 제공하는

측부 가스 주입 키트.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시물은 반도체 웨이퍼와 같은 워크피스를 프로세싱하기 위한 플라즈마 반응기에서의 프로세스 가스 분배에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 플라즈마 반응기의 챔버에서의 프로세스 가스 분배의 제어는, 플라즈마 프로세싱동안 워크피스에 대한 예칭 레이트 분배 또는 증착 레이트 분배의 프로세스 제어에 영향을 준다. 가스 주입 노즐들이 챔버의 중심 및 둘레에 위치될 수 있다. 챔버 중심 및 둘레 둘 모두에서의 가스 주입을 제어하는 것이 바람직하다. 한가지 문제는, 프로세스 가스 유량의 방사상 분배를 제어하는 시스템들이 일반적으로, 프로세스 가스 유량의 방위각 분배를 제어하지 못한다는 점이다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "방위각"이라는 용어는 원통형 프로세싱 챔버에서 원주 방향을 나타낸다. 다른 문제는, 측벽 근처의 가스 주입기들을 사용하여 가스 유량의 방위각 분배를 제어하는 시스템들이 방위각 방향을 따라 압력 강하들을 겪는다는(suffer from) 점이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 관련 문제는, 가스 분배의 비대칭성들을 회피하면서, 동시에 방사상 및 방위각 둘 모두의 가스 분배들의 완전한 제어를 제공하는 방식으로, 가스 주입기들의 상이한 구역들에 프로세스 가스를 피딩(feed)하는 방법이다.

[0004] 다른 문제는, 손상 없이 억지-끼워맞춤 허용오차(close-fitting tolerance)들로 신속한 분해(disassembly) 및 재-조립을 제공하는 구조로 진술한 모든 문제들을 해결하는 가스 분배 시스템을 제공하는 방법이다.

[0005] 하나의 층에 가스 분배 통로들을 형성하는 것은 일반적으로, 그러한 하나의 층에 대해 챔버의 가스 주입기들의 위치를 제한하였으며, 이는 전형적으로 평면적이며(flat) 챔버 내에서의 가스 유동에 대한 특별한 효과를 갖지 않는다.

과제의 해결 수단

[0006] 챔버 내부, 워크피스 지지부 및 조정가능한 가스 노즐을 갖는 플라즈마 반응기는, (a) 측부 가스 폴리넵, (b) 상기 측부 가스 폴리넵에 커플링되는 복수의 (N개의) 가스 유입구들, (c) 상기 폴리넵으로부터 방사상 내측으로 연장하는 복수의 측부 가스 배출구들, (d) 상기 N개의 가스 유입구들에 각각 커플링되는 N개의 출력부들을 갖는 N-방향(N-way) 가스 유동비(flow ratio) 제어기, 및 (e) M개의 출력부들을 갖는 M-방향(M-way) 가스 유동비 제어기를 포함하며, 상기 M개의 출력부들의 각각의 출력부들은 상기 조정가능한 가스 노즐 및 상기 N-방향 가스 유동비 제어기의 가스 입력부에 커플링된다.

[0007] 일 실시예에서, 조정가능한 가스 노즐은 2개의 가스 입력부들을 가지며, N은 4이고 M은 3이다. 반응기는 3-방향 가스 유동 제어기의 가스 입력부에 커플링되는 가스 공급 패널을 더 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 프로세스 제어기는 M-방향 가스 유동비 제어기 및 N-방향 가스 유동비 제어기에 커플링되며, 사용자 인터페이스가 프로세스 제어기에 커플링된다.

[0008] 일 실시예에서, 측부 가스 폴리넵은 가스 유동 채널들의 복수의 세트들을 포함하고, 가스 유동 채널들의 세트들 중 각각의 세트는: (a) 복수의 측부 가스 배출구들의 대응하는 쌍에 커플링되는 단부들의 쌍을 갖는 아치형 가스 분배 채널, 및 (b) 아치형 가스 공급 채널을 포함하고, 아치형 가스 공급 채널의 하나의 단부는 복수의 (N개의) 가스 유입구들 중 대응하는 가스 유입구에 연결되고, 아치형 가스 공급 채널의 대향 단부는 가스 분배 채널의 중간 지점 근처에서 가스 분배 채널에 커플링된다.

- [0009] [009] 관련 실시예에서, 가스 유동 채널들의 복수의 세트들은 각각의 가스 유입구와 각각의 측부 가스 배출구 사이에서 경로 길이들이 동일하다.
- [0010] [0010] 일 실시예에서, 원통형 측벽(side wall)은 라이너 에지를 포함하고, 플라즈마 반응기는: (a) 라이너 에지 위의 가스 전달 링 - 가스 유동 채널들의 복수의 세트들이 가스 전달 링 내에 형성됨 -, 및 (b) 가스 전달 링 위의 상부(top) 라이너 링을 더 포함하며, 복수의 측부 가스 배출구들은 상부 라이너 링 내로 연장하며, 상부 라이너 링은 챔버 내부를 향하는 상부 라이너 링 표면을 포함한다.
- [0011] [0011] 관련 실시예에서, 복수의 측부 가스 배출구들의 각각은: (a) 챔버 내부를 향해 상부 라이너 링 내에서 방사상으로 연장하며, 축방향으로 연장하는 가스 전달 인서트-수용 홀을 포함하는 측부 가스 주입 노즐, 및 (b) 가스 전달 링으로부터, 축방향으로 연장하는 가스 전달 인서트-수용 홀 내로 연장하는 가스 전달 인서트;를 포함한다.
- [0012] [0012] 플라즈마 반응기는 가스 전달 인서트 내의 축방향 내부 가스 유동 통로 및 축방향으로 연장하는 가스 전달 인서트 홀의 측벽을 통하는 방사상 내부 가스 유동 노즐 통로를 더 포함할 수 있으며, 축방향 내부 가스 유동 통로는 방사상 내부 가스 유동 노즐 통로와 정합된다(in registration with).
- [0013] [0013] 일 실시예에서, 상부 라이너 링은 상부 라이너 링 표면 내의 복수의 노즐 포켓들을 포함하고, 측부 가스 주입 노즐은 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓 내로 연장한다. 또한, 측부 가스 주입 노즐은 측부 가스 주입 노즐과 동심인 복수의 O-링 노즐 그루브들을 포함하고, 플라즈마 반응기는 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 내부 측벽에 대해 압축되는 복수의 O-링 노즐 그루브들 내의 제 1 복수의 O-링들을 더 포함한다.
- [0014] [0014] 일 실시예에서, 측부 가스 주입 노즐은: (a) 원통형 외측 노즐 표면 - O-링 노즐 그루브들은 원통형 외측 노즐 표면에 대해 오목한(indented) 노즐 그루브 표면들을 정의함 -, 및 (b) 노즐 포켓 내의 측부 가스 주입 노즐의 단부에서 시작하는 원통형 외측 노즐 표면 내의 슬롯 섹션들, 및 노즐 그루브 표면들 내의 슬롯 섹션들을 포함하는 축방향 진공배기(evacuation) 슬롯;을 더 포함한다.
- [0015] [0015] 추가의 실시예에서, 원통형 외측 노즐 표면과 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 내부 측벽 사이에 갭이 존재하며, 노즐 그루브 표면들 내의 슬롯 섹션들은 제 1 복수의 O-링들 둘레의 진공배기 경로를 제공하고, 원통형 외측 노즐 표면 내의 슬롯 섹션들은 갭으로의 진공배기 경로를 제공한다.
- [0016] [0016] 일 실시예에서, 상부 라이너 링은 가스 전달 링을 대면하는 복수의 가스 전달 인서트 포켓들을 더 포함하고, 가스 전달 인서트의 일부는 가스 전달 인서트 포켓들 중 대응하는 가스 전달 인서트 포켓 내로 연장한다. 동일한 실시예에서, 가스 전달 인서트는 가스 전달 인서트와 동심인 복수의 O-링 인서트 그루브들을 포함하며, 플라즈마 반응기는 복수의 가스 전달 인서트 포켓들 중 대응하는 가스 전달 인서트 포켓의 내부 측벽에 대해 압축되는 복수의 O-링 인서트 그루브들 내의 제 2 복수의 O-링들을 더 포함한다.
- [0017] [0017] 일 실시예에서, 복수의 가스 배출구들의 각각은 가스 전달 인서트의 축방향 내부 가스 유동 통로로 연장하는 가스 전달 링 내의 축방향 포트를 더 포함한다.
- [0018] [0018] 실시예에서, 측부 가스 주입 노즐은 세라믹 물질을 포함하고, 가스 전달 링 및 가스 전달 인서트는 스틸을 포함하며, 상부 라이너 표면 및 원통형 측벽은 양극산화된 물질 또는 이트리아를 포함하는 보호 층을 포함한다.
- [0019] [0019] 추가 양상에서, 측부 가스 주입 키트가 제공되며, 측부 가스 주입 키트는: 복수의 노즐 포켓들, 노즐 포켓들 내로 연장하는 복수의 측부 가스 주입 노즐들을 포함하는 상부 라이너 링을 포함하고, 복수의 측부 가스 주입 노즐들의 각각은: (a) 외측 노즐 표면, 및 측부 가스 주입 노즐과 동심인, 외측 노즐 표면 내의 복수의 O-링 노즐 그루브들, 및 (b) 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 내부 측벽에 대해 압축되는 복수의 O-링 노즐 그루브들 내의 제 1 복수의 O-링들을 포함한다.
- [0020] [0020] 일 실시예에서, 측부 가스 주입 노즐은: (a) 외측 노즐 표면에 대해 오목하며 O-링 노즐 그루브들 내에 형성된 노즐 그루브 표면들, 및 (b) 노즐 포켓 내의 측부 가스 주입 노즐의 단부에서 시작하는 원통형 외측 노즐 표면 내의 슬롯 섹션들, 및 노즐 그루브 표면들 내의 슬롯 섹션들을 포함하는 축방향 진공배기 슬롯;을 더 포함한다.
- [0021] [0021] 관련 실시예에서, 측부 가스 주입 키트는, 노즐 포켓들 중 대응하는 노즐 포켓의 내부 측벽과 원통형 외측 노즐 표면 사이의 갭을 더 포함하며, 노즐 그루브 표면들 내의 슬롯 섹션들은 제 1 복수의 O-링들 둘레의 진

공배기 경로를 제공하고, 원통형 외측 노즐 표면 내의 슬롯 섹션들은 챔프로의 진공배기 경로를 제공한다.

[0022] 추가의 관련 실시예에서, 측부 가스 주입 키트는: (a) 상부 라이너 링 내의 복수의 가스 전달 인서트 포켓들, (b) 가스 전달 인서트 포켓들 내로 연장하는 복수의 가스 전달 인서트들, 및 (c) 가스 전달 인서트와 동심인 복수의 O-링 인서트 그루브들, 및 복수의 가스 전달 인서트 포켓들 중 대응하는 가스 전달 인서트 포켓의 내부 측벽에 대해 압축되는, 복수의 O-링 인서트 그루브들 내의 제 2 복수의 O-링들을 포함하는 각각의 가스 전달 인서트들을 더 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0023] 본 발명의 예시적인 실시예들이 달성되는 방식이 상세히 이해될 수 있는 방식으로, 앞서 간략히 요약된 본 발명의 보다 상세한 설명이 본 발명의 실시예들을 참조로 하여 이루어질 수 있는데, 이러한 실시예들은 첨부된 도면들에 예시되어 있다. 특정한 잘 알려진 프로세스들은 본 발명을 모호하게 하지 않기 위해 본원에서 논의되지 않는 것으로 인식되어야 한다.

[0024] 도 1은 일 실시예의 간략화된 블록도이다.

[0025] 도 2는 도 1에 대응하는 정면도이다.

[0026] 도 3은 8개의 가스 배출구들을 갖는 실시예를 도시한다.

[0027] 도 4는 도 3의 실시예에 대한 측부 가스 전달 키트를 도시한다.

[0028] 도 5는 도 4의 측부 가스 전달 키트의 절개된(cut-away) 횡단면도이다.

[0029] 도 6은 도 5의 일부의 확대도이다.

[0030] 도 7은 저부(bottom) 라이너를 도시한다.

[0031] 도 8은 저부 라이너에 의해 둘러싸인 워크피스 지지 페디스탈을 예시한다.

[0032] 도 9는 상부로부터의 상부 라이너 링의 도면을 도시한다.

[0033] 도 10은 저부로부터의 상부 라이너 링의 도면을 도시한다.

[0034] 도 11은 도 10의 일부의 확대도이다.

[0035] 도 12 및 도 13은 각각, 가스 전달 링의 평면도 및 저면도이다.

[0036] 도 14는 도 12의 라인들(14-14)을 따라 취한 확대된 횡단면도이다.

[0037] 도 15는 도 6의 주입 노즐의 확대도이다.

[0038] 도 16은 도 15에 대응하는 횡단면도이다.

[0039] 도 17은 도 6의 가스 전달 인서트(insert)의 확대도이다.

[0040] 도 18은 도 17에 대응하는 횡단면도이다.

[0041] 도 19는 도 4의 실시예에서 사용되는 가스 전달 블록을 도시한다.

[0042] 도 20은 도 19에 대응하는 횡단면도이다.

[0043] 도 21은 도 4의 가스 분배 링, 상부 라이너 링, 주입 노즐들 및 가스 분배 인서트들의 분해된 조립체를 도시한다.

[0044] 도 22는 도 21의 일부의 확대도이다.

[0045] 이해를 용이하게 하기 위해, 도면들에 공통적인 동일한 엘리먼트들을 지시하기 위해, 가능한 경우, 동일한 참조 번호들이 이용되었다. 일 실시예의 엘리먼트들 및 특징들은 추가 언급 없이도 다른 실시예들에 유리하게 포함될 수 있는 것으로 생각된다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 발명의 단지 예시적인 실시예들을 도시하는 것이므로 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 한다는 것이 주목되어야 하는데, 이는 본 발명이 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있기 때문이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] [0046] 도 1은 일 실시예의 간략화된 블록도이다. 도 2에서 정면도로 도시된 플라즈마 반응기 챔버(100)는, 챔버 용적(104)을 정의하는 원통형 측벽(102)에 의해 둘러싸인다. 워크피스 지지 페디스털(106)이 챔버 용적 내부에 있으며, 도 2에 도시된 페디스털 리프트 기구(108) 상에 놓인다. 도 2에 도시된 바와 같이, 조정가능한 가스 노즐(110)이 챔버(100)의 천장(112) 상에 장착되며, 각각, 챔버(100)의 중심 및 측부를 향해(toward) 가스를 주입하는, 중심 가스 노즐(114) 및 측부 가스 노즐(116)을 갖는다. 중심 및 측부 가스 노즐들(114, 116)은, 도 1에서 각각 "노즐 1" 및 "노즐 2"로 라벨링된 가스 공급 라인들(114a, 116a)에 의해 독립적으로 피딩된다. 원형 측부 가스 주입 플리넘(118)이 4개의 가스 유입구들(120)에서 프로세스 가스를 수용하며, 복수의 가스 배출구들(122)에서 챔버 내로 프로세스 가스를 주입한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 4개의 가스 유입구들(120)은, 각각, 도 1에서 "측부 가스 1", "측부 가스 2", "측부 가스 3" 및 "측부 가스 4"로 라벨링된 4개의 공급 라인들에 연결되며, 이러한 4개의 공급 라인들은 4-방향 가스 유동비 제어기(124)의 4개의 출력부들에 의해 피딩된다. 4-방향 가스 유동비 제어기(124)의 입력부 및 가스 공급 라인들(114a 및 116a)은 3-방향 가스 유동비 제어기(126)의 각각의 출력부들로부터 프로세스 가스를 수용한다. 가스 공급 패널(128)이 3-방향 가스 유동비 제어기(126)의 입력부에 프로세스 가스를 공급한다(furnish). 사용자 인터페이스(132)를 갖는 제어기(130)가 가스 유동비 제어기들(124 및 126)을 통제한다.
- [0025] [0047] 챔버(100)에서의 가스 주입 패턴은, 중심 가스 노즐(114)에 의해 통제되는 중심 구역, 측부 가스 노즐(116)에 의해 통제되는 내측 구역, 및 가스 배출구들(122)에 의해 통제되는 둘레(peripheral) 구역을 포함하는 3개의 동심 구역들을 갖는다. 사용자는 3-방향 가스 유동비 제어기(126)를 제어함으로써 3개의 동심 구역들 사이의 가스 유동비들을 조정할 수 있다. 또한, 사용자는 4-방향 가스 유동비 제어기(124)를 제어함으로써 방위각(원주방향) 가스 분배를 통제할 수 있다. 가스 유동비 제어기들(124 및 126)이 가스 유동의 방사상 분배와 가스 유동의 방위각 분배 둘 모두의 독립적인 동시 제어를 제공하는 것이 장점이다. 추가의 장점은, 챔버 둘레의 가스 배출구들(122)이 병렬식으로(in parallel) 피딩되며, 압력 손실들이 방위각 방향으로 균일하게 분배된다는 점이다.
- [0026] [0048] 도 3은 8개의 가스 배출구들(122)이 존재하는 실시예를 도시한다. 다른 실시예들에서 임의의 다른 적합한 개수의 가스 배출구들이 사용될 수 있다. 도 3의 실시예에서, 도 1의 플리넘(118)이 4 쌍의 반복적(recursive) 가스 유동 채널들로 구현되며, 각각의 쌍은 아치형 가스 분배 채널(136) 및 아치형 가스 공급 채널(138)을 포함한다. 4 쌍의 반복적 가스 유동 채널들(136, 138)은 가스 유입구들(120)과 가스 배출구들(122) 사이에 병렬식 경로들을 제공한다. 도 3의 8개의 가스 배출구들(122)의 각 쌍은 대응하는 가스 유입구(120)로부터 반복적(recursive) 가스 유동 채널들(136, 138)의 대응하는 쌍을 거쳐서 피딩된다. 각각의 가스 분배 채널(136)은 가스 배출구들(122)의 대응하는 쌍에 연결되는 단부들의 쌍을 가지며, 그 중심에서, 대응하는 아치형 가스 공급 채널(138)의 일 단부에 의해 피딩되며, 가스 공급 채널(138)의 타 단부는 대응하는 가스 유입구(120)에 연결된다.
- [0027] [0049] 도 4는 상부 라이너 링(140), 저부 라이너(142), 및 상부 라이너 링(140)과 저부 라이너(142) 사이의 가스 전달 링(144)을 포함하는, 도 3의 실시예에 대한 측부 가스 전달 키트를 도시한다. 저부 라이너(142)는 도 3의 측벽(102)을 포함한다. 가스 전달 링(144)은, 하기에서 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 도 3의 반복적 가스 유동 채널들(136, 138)을 포함한다. 도 5는, 가스 전달 링(144)으로부터 상부 라이너 링(140) 내로 연장하는 가스 전달 인서트(146)를 도시하고 그리고 상부 라이너 링(140) 내의 주입 노즐(148)을 더 도시하는, 도 4의 측부 가스 전달 키트의 절개된 횡단면도이다.
- [0028] [0050] 도 6은, 가스 전달 인서트(146) 및 주입 노즐(148)을 보다 상세히 도시하는, 도 5의 일부의 확대도이다. 가스 전달 인서트(146)는 가스 전달 링(144) 상에 지지된다. 가스 전달 인서트(146)는, 하기에서 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 대응하는 가스 분배 채널(136)의 일 단부에 커플링되는 내부 측방향 인서트 가스 유동 통로(150)를 갖는다. 가스 전달 인서트(146)의 상부는 주입 노즐(148)의 방사상 외측 단부 근처에서 주입 노즐(148) 내부에 수용된다. 주입 노즐(148)은 내부 측방향 인서트 가스 유동 통로(150)와 소통하는 내부 방사상 노즐 가스 유동 통로(152)를 갖는다. 주입 노즐(148)의 방사상 내측 단부는 챔버(100)의 내부로 개방된다. 도 3의 실시예에서의 각각의 가스 배출구(122)는, 도 6의 대응하는 주입 노즐(148) 및 대응하는 가스 전달 인서트(146)에 의해 구현된다.
- [0029] [0051] 도 7은 저부 라이너(142)를 도시한다. 도 8은 워크피스 지지 페디스털이 저부 라이너(142)에 의해 둘러싸이는 방법을 도시한다. 저부 라이너(142)는 웨이퍼 전달을 위한, 3개의 대칭적으로 배치된 슬릿 개구들(154)을 갖는다.

- [0030] [0052] 도 9는 상부 라이너 링(140)의 상부로부터의 도면을 도시하는 반면, 도 10은 상부 라이너 링(140)의 저부로부터의 도면을 도시한다. 상부 라이너 링(140)은 환형 저면(bottom surface)(156)을 가지며, 환형 저면으로부터 주입 노즐들(148)이 챔버(100) 내로 개방된다. 환형 저면(156)은 오목하며(concave), 저부 라이너(142)를 따르는(conforming) 릿지(158)의 반경과 상부 라이너 링(140)의 상부에서의 개구(160)의 내측 반경 사이의 전이부(transition)를 제공한다. 환형 저면(156)의 굴곡(curvature)은 각각의 주입 노즐(148)로부터 위크피스로의 가스 유동을 촉진할 수 있다.
- [0031] [0053] 도 11은 상부 라이너 링(140) 내에 형성된 8개의 중공형 노즐 포켓들(164) 중 하나 및 상부 라이너 링(140) 내에 형성된 8개의 중공형 가스 전달 인서트 포켓들(166) 중 하나를 도시하는, 도 10의 일부의 확대도이다. 도 6에 도시된 주입 노즐(148)은, 하기에서 설명되는 바와 같이, 노즐 포켓(164) 내에 유지된다. 도 6에 도시된 가스 전달 인서트(146)의 일부는, 하기에서 설명되는 바와 같이, 가스 전달 인서트 포켓(166) 내에 유지된다. 도 11에 도시된 바와 같이, 노즐 포켓(164)은 원통형으로 성형되며, 방사상 방향으로 연장하고, 환형 저면(156)에 개구(164a)를 형성한다. 가스 전달 인서트 포켓(166)은 상부 라이너 링(140)의 원주방향 둘레(172)로부터 외측으로 연장하는 션트(170) 내에 형성된다.
- [0032] [0054] 도 12 및 도 13은 각각, 가스 전달 링(144)의 평면도 및 저면도이다. 도 12는 가스 전달 링(144)의 4개의 가스 분배 채널들(136) 및 4개의 가스 공급 채널들(138)의 포메이션(formation)을 도시한다. 각각의 가스 공급 채널(138)은 대응하는 가스 유입구(120)로부터 가스를 수용한다. 각각의 가스 유입구(120)(도 3)는 가스 전달 링(144)의 둘레(144-2)로부터 연장하는 탭(144-1)에 형성된 축방향 포트(120-1)(도 13)를 포함한다. 축방향 포트(120-1)는 탭(144-1)의 저면을 통하여 개방된다. 방사상으로 연장하는 가스 유입구 채널(120-2)(도 12)이 가스 공급 채널(138)의 일 단부(138-1)와 축방향 포트(120-1) 사이에 커플링된다. 가스 공급 채널(138)의 대향 단부(138-2)는 가스 분배 채널(136)의 중간에 커플링된다. 가스 분배 채널(136)의 각각의 단부(136-1 및 136-2)는 축방향 가스 배출구(122')에서 종결된다. 축방향 가스 배출구(122')는, 도 6에 도시된 바와 같이, 가스 전달 인서트(146)의 내부 축방향 인서트 가스 유동 통로(150)의 저부에 커플링된다. 이러한 방식으로, 4개의 가스 분배 채널들(136)은 8개의 가스 전달 인서트들(146)을 피딩한다. 예시된 실시예에서, 각각의 탭(144-1)에는, 가스 유동 채널들(136, 138)의 각각의 세트들을 피딩하는 2개의 축방향 가스 포트들(120-1)이 존재한다. 예시된 실시예에서, 가스 분배 채널들(136) 및 가스 공급 채널들(138)은 원통형 측벽(102)과 동심인 아치형 경로들을 따른다. 가스 분배 채널들(136), 가스 공급 채널들(138) 및 방사상 가스 유입구 채널(120-2)은, 가스 유입구들(120)과 가스 배출구들(122) 사이에 길이가 동일한 각각의 경로들을 제공한다. 동일한 경로 길이들의 장점은, 다양한 경로들 사이에서 가스 유동 저항의 불-균일성을 감소시켜서 보다 우수한 프로세스 제어를 제공하는 점이다.
- [0033] [0055] 도 14는 도 12의 라인들(14-14)을 따라 취한 확대된 횡단면도이며, 가스 전달 링(144)에 형성되고 가스 채널 커버(171)에 의해 커버되는 가스 분배 채널들(136) 중 하나를 도시한다. 도 14는 가스 분배 채널(136)의 일 단부와 가스 배출구(122') 사이의 교차점(intersection)을 추가로 도시한다.
- [0034] [0056] 도 6의 주입 노즐(148)은 도 15에서 상세히 도시되며 도 16에서 횡단면으로 도시된다. 주입 노즐(148)은 원통형 본체(180)를 가지며, 원통형 본체를 통하여 내부 방사상 노즐 가스 유동 통로(152)가 가스 주입 통로(182)로 연장하며, 가스 주입 통로는 원통형 본체(180)의 방사상 내측 단부(180a)에 오리피스(184)를 형성한다. 원통형 본체(180)를 통하여 그 방사상 외측 단부(180b) 근처에, 축방향으로 연장하는 가스 전달 인서트 홀(186)이 형성된다. 가스 전달 인서트(146)는 가스 전달 인서트 홀(186)에 수용된다. 원통형 본체(180)와 동심인 제 1 O-링 그루브(188)가 원통형 본체(180)의 방사상 외측 단부(180b) 근처에 형성되며, 제 1 O-링 그루브 내측 표면(188a)을 정의한다. 원통형 본체(180)와 동심인 제 2 O-링 그루브(190)가 제 1 O-링 그루브(188)와 방사상 내측 단부(180a) 사이의 원통형 본체(180)에 형성되며, 제 2 O-링 그루브 내측 표면(190a)을 정의한다. 축방향 진공배기(evacuation) 슬롯(192)이 원통형 본체(180)의 표면에 형성되며, 방사상 외측 단부(180b)와 제 1 O-링 그루브(188) 사이의 제 1 슬롯 섹션(192-1), 제 1 O-링 그루브(188)와 제 2 O-링 그루브(190) 사이의 제 2 슬롯 섹션(192-2), 및 제 2 O-링 그루브(190)로부터 방사상 내측 단부(180a) 쪽으로 짧은 거리만큼 연장하는 제 3 슬롯 섹션(192-3)을 포함한다. 축방향 슬롯(192)은 제 1 O-링 그루브 내측 표면(188a) 내의 제 1 그루브 축방향 슬롯 섹션(192-4) 및 제 2 O-링 그루브 내측 표면(190b) 내의 제 2 그루브 축방향 슬롯 섹션(192-5)을 더 포함한다. 도 6에 도시된 바와 같이, O-링들(194)은 제 1 및 제 2 O-링 그루브들(188 및 190) 내로 삽입된다. 노즐 포켓(164)의 내부 표면과 원통형 본체(180) 사이에는 작은 노즐-대-포켓 유격(clearance) 또는 갭이 존재한다. 축방향 슬롯(192)은 노즐 포켓(164)의 후방 벽(164b)(도 11)과 주입 노즐(148)의 방사상 외측 단부(180b) 사이에 포획된 가스의 노즐-대-포켓 갭을 통한 진공배기를 가능하게 한다. 축방향 슬롯(192)은 진공배

기된 공기가 O-링들(194)을 우회하는 것을 가능하게 한다.

- [0035] [0057] 도 17은 도 6에 도시된 가스 전달 인서트(146)를 도시한다. 도 18은 도 17에 대응하는 횡단면도이다. 도 17 및 도 18을 참조하면, 가스 전달 인서트(146)는 대체로 편평한 인서트 베이스(204) 상에 지지되는 원통형 인서트 포스트(202)를 포함한다. 도 6에 도시된 내부 축방향 인서트 가스 유동 통로(150)는 원통형 인서트 포스트(202)를 통하여 연장한다. 원통형 인서트 포스트(202)를 통하는 가스 배출구들(205a 및 205b)은 내부 축방향 인서트 가스 유동 통로(150)와 교차한다. 도 6의 조립체를 형성할 때, 원통형 인서트 포스트(202)(도 18)는, 가스 배출구들(205a 및 205b)이 도 6의 내부 방사상 노즐 가스 유동 통로(152)와 정합(registration)될 때까지, 도 16의 주입 노즐(148)의 가스 전달 인서트 홀(186) 내로 삽입된다.
- [0036] [0058] 원통형 인서트 포스트(202)는 원통형 인서트 포스트(202)와 동심인 O-링 그루브들(206, 208)을 가지며, O-링 그루브들 내에 O-링들(209)(도 6)이 수용된다. 가스 유입구 홀(186)의 내부 표면(186a)(도 16)은 O-링 밀봉 표면이며, 가스 유입구 홀(186) 내로 인서트 포스트(202)의 삽입시 O-링 밀봉 표면에 대해 O-링(209)이 가압된다. O-링 그루브(210)(도 18)는 인서트 베이스(204)의 상부 표면에서 원통형 인서트 포스트(202)의 저부 둘레에 형성된다. 원통형 인서트 포스트(202)와 동심인 O-링 그루브(212)(도 18)가 인서트 베이스(204)의 저면에 형성된다. 상부 라이너 링(140)에 대해 가스 전달 인서트(146)를 끼워맞추기 위해, O-링(216)(도 6)이 O-링 그루브(212)에 유지된다. 가스 전달 링(144) 상에 인서트 베이스(204)를 끼워맞추기 위해 O-링(214)(도 6)이 O-링 그루브(210) 내에 유지된다.
- [0037] [0059] 상기의 도 12 및 도 13에 대한 설명은 가스 전달 링(144)의 2개의 탭들(144-1)에 관한 것으로, 각각의 탭(144-1)은 탭(144-1)의 저면에서 개방되는 가스 유입구 포트들(120-1)의 쌍을 지지한다. 도 19 및 도 20은, 가스 유입구 스템들(222)의 쌍을 갖고 탭(144-1)의 저면에 고정하기 위한 가스 전달 블록(220)을 도시하며, 가스 유입구 스템들(222)의 쌍은 탭(144-1)에 가스 전달 블록(220)을 결합할 때(joining) 가스 유입구 포트들(120-1)의 쌍과 만난다. 예시된 가스 유입구 스템들(222)의 쌍은 4-방향 가스 유동비 제어기(124)의 2개의 출력부들에 대한 연결을 제공한다.
- [0038] [0060] 가스 유동의 방사상 분배는 3-방향 가스 유동비 제어기(126)를 제어함으로써 조정된다. 독립적으로, 방위각 가스 분배는 4-방향 가스 유동비 제어기(124)를 제어함으로써 조정된다. 가스 유동비 제어기들(124 및 126)이 가스 유동의 방사상 분배와 가스 유동의 방위각 분배 둘 모두의 독립적인 동시 제어를 제공하는 점이 장점이다. 챔버 둘레(periphery)의 가스 배출구들(122)이 병렬식으로 피딩되며, 방위각 방향으로 압력 손실들이 균일하게 분배되는 점이 추가의 장점이다. 방위각 방향으로 압력 손실들이 균일하게 분배되는 이러한 추가의 장점의 특징은 방위각 가스 분배의 제어를 단순화한다.
- [0039] [0061] 가스 주입 인서트들(146)은, 상부 가스 링(140)의 오목한 표면(156)에 주입 노즐들(148)을 위치시키는 것을 용이하게 한다. 주입 노즐들(148)이 상부 라이너 링(140)의 오목한 표면(156)에 위치되고, 주입된 가스가 오목한 표면(156)에 의해 안내되기 때문에, 측부로부터의 가스 주입이 최적화된다. 상부 가스 링(140) 및 주입 노즐들(148)은 4 쌍의 반복적 가스 유동 채널들(136, 138)을 포함하는 가스 전달 링(144) 위의 평면에 위치된다. 가스 전달 링(144)과 주입 노즐들(148)의 평면 사이의 겹에 걸친 가스 유동 경로들은 가스 전달 인서트들(146)에 의해 제공된다.
- [0040] [0062] 도 21 및 도 22를 참조하면, 상부 라이너 링(140), 가스 전달 링(144), 8개의 가스 전달 인서트들(146), 및 8개의 주입 노즐들(148)은 별도의 피스들(pieces)이며, 이는 각각의 개별적인 피스에 대해 물질들의 선택이 최적화되는 것을 가능하게 하며, 효율적인 모듈형 조립체를 가능하게 한다. 실시예에서, 가스 전달 링(144)은 프로세스 가스들과 접촉하지만, 플라즈마와는 접촉하지 않는다. 그러므로, 이들은 몇몇 예시들로서, 플라즈마 강화 반응성 이온 에칭 프로세스 또는 플라즈마 강화 화학 기상 증착 프로세스와 같은 플라즈마 프로세스들에서 이용되는 프로세스 가스들과 양립가능한 세라믹 물질(또는 스테인리스 스틸 또는 다른 적합한 물질)로 형성된다. 주입 노즐들(148)은 챔버의 플라즈마 프로세싱 구역을 향하며(face), 따라서 플라즈마에 대한 노출과 양립가능한, 세라믹 물질과 같은 물질로 형성된다. 상부 라이너 링(140) 및 저부 라이너(142)는 플라즈마에 대한 노출과 일반적으로 양립가능하지 않은 물질로 형성될 수 있다. 플라즈마에 대한 물질의 노출을 방지하기 위해, 측벽(102)의 내부 표면 및 상부 라이너 링(140)의 환형 저면(156)은 플라즈마에 대한 노출과 양립가능한 보호 층으로 커버된다. 측벽(102) 및 상부 라이너 링(140)은 알루미늄으로 형성될 수 있으며, 이들의 보호 코팅들은 이트리아를 포함할 수 있거나, 양극산화(anodization)에 의해 형성될 수 있다.
- [0041] [0063] 모듈형 부분들은, 여러가지 부분들에 대한 손상 없이 도 21 및 도 22에 도시된 방식으로 편리하고 반복적으로 조립 및 분해될 수 있으면서, 상기에서 언급된 O-링들에 의해 제공되는 보호에 부분적으로 기인하여, 부

분들 사이의 억지 끼워맞춤(close fitting)을 허용한다. 구체적으로, 도 6의 O-링들(194)은 주입 노즐들(148)을 노즐 포켓들(164)에 삽입하는 동안 주입 노즐들(148)을 보호한다. 가스 전달 인서트들(146) 상의 O-링들(209)은 주입 노즐들(148)의 인서트-수용 홀들(186) 내로 인서트들(146)을 삽입하는 동안 가스 전달 인서트들로부터 주입 노즐들(148)을 보호한다. O-링들(194 및 209)은 일 실시예에서 탄성적으로 압축가능하다.

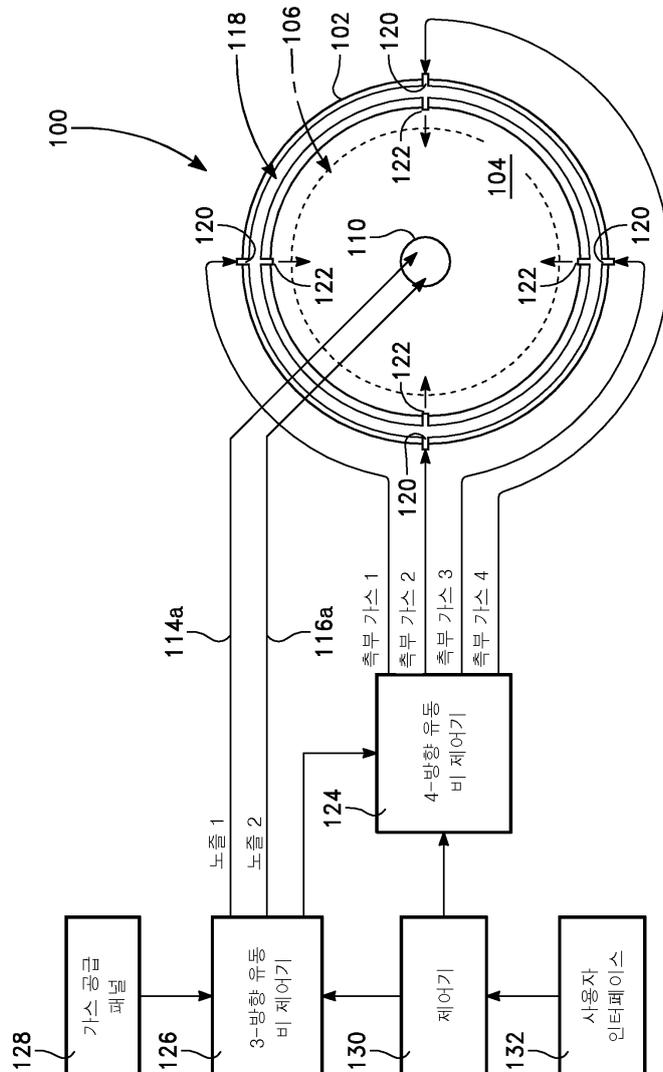
[0042] [0064] 도 21 및 도 22의 조립 절차는, 주입 노즐들(148)을 상부 라이너 링(140)의 노즐 포켓들(164) 내로 삽입하는 것, 가스 전달 인서트들(146)을 가스 전달 링(144) 상에 장착하는 것, 그리고 나서 가스 전달 인서트들(146)을 각각의 인서트-수용 홀들(186) 내로 삽입하도록 가스 전달 링(144)과 상부 라이너 링(140)을 결합시키는(bring together) 것을 수반한다.

[0043] [0065] 예시된 실시예는, 8개의 주입 노즐들(148)을 포함하는(involving) 4-방향 대칭성을 예시하지만, 상이한 개수의 주입 노즐들(148)을 포함하는 다른 대칭성들이 이용될 수 있다.

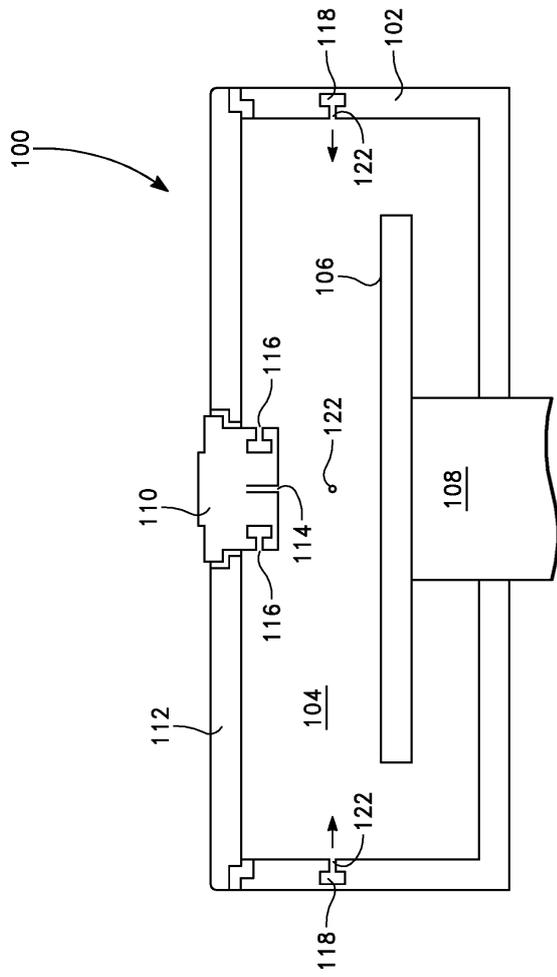
[0044] [0066] 전술한 바는 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 기본 범위로부터 벗어나지 않고 본 발명의 다른 그리고 추가의 실시예들이 안출될 수 있으며, 본 발명의 범위는 하기의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

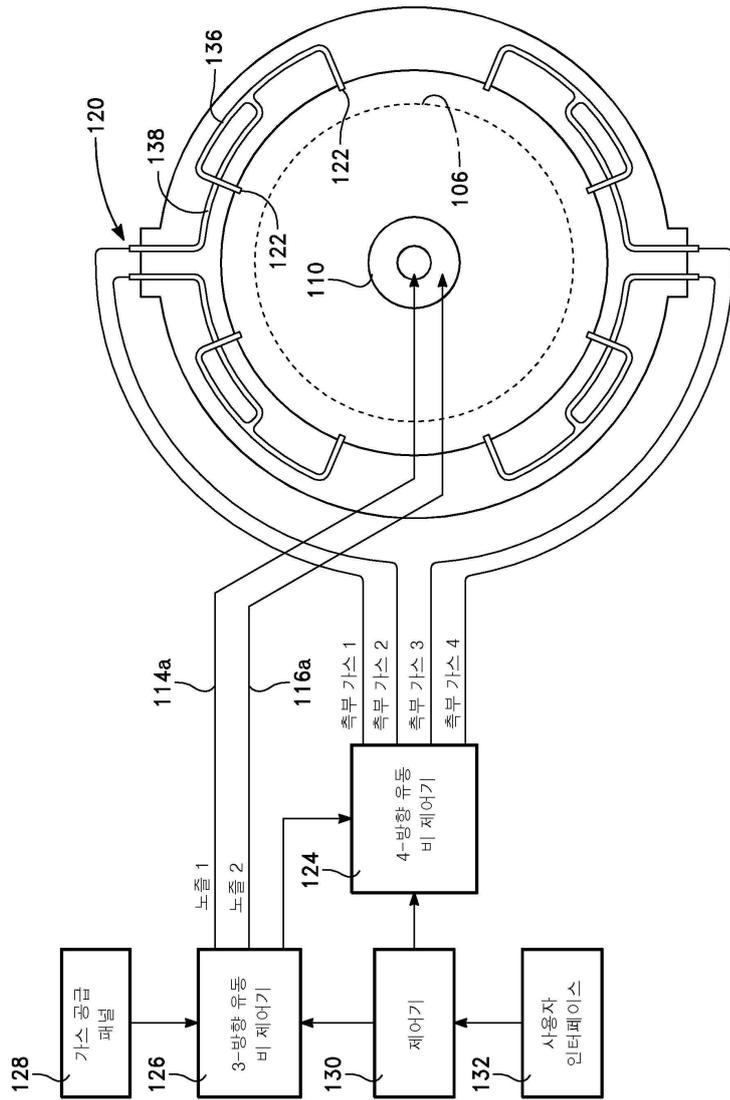
도면1



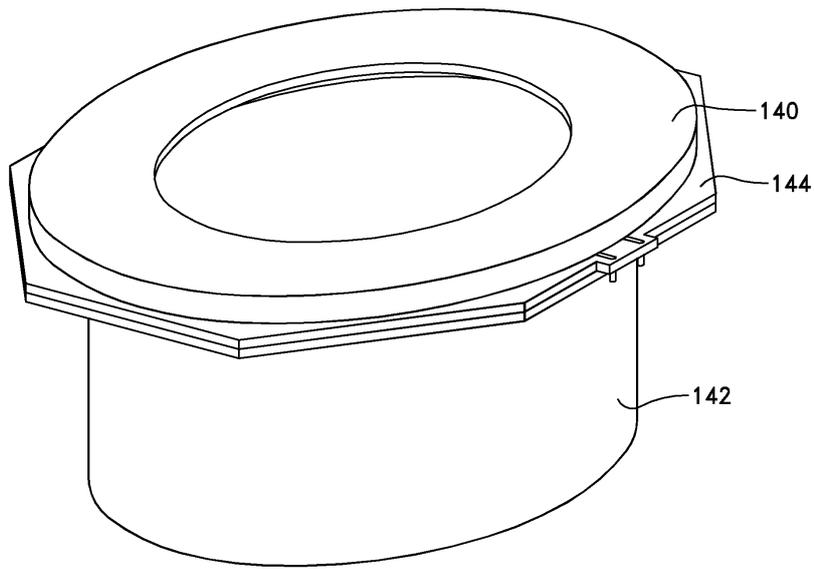
도면2



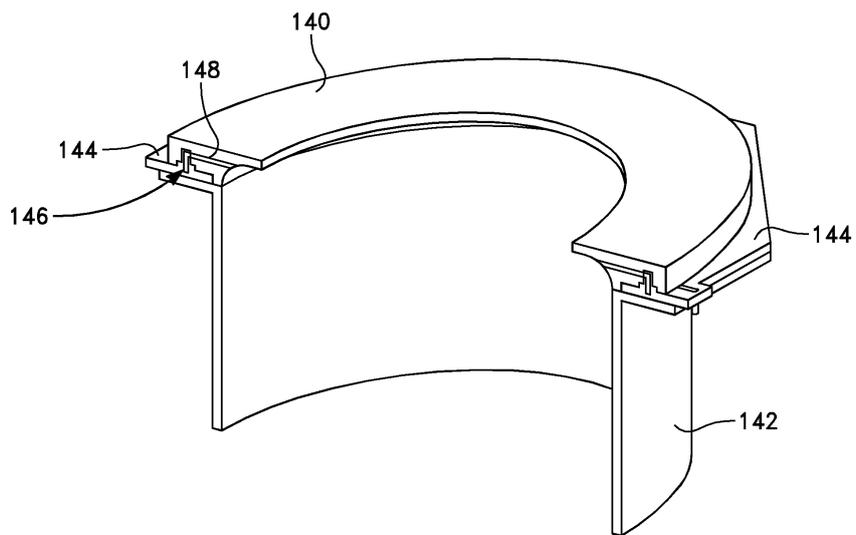
도면3



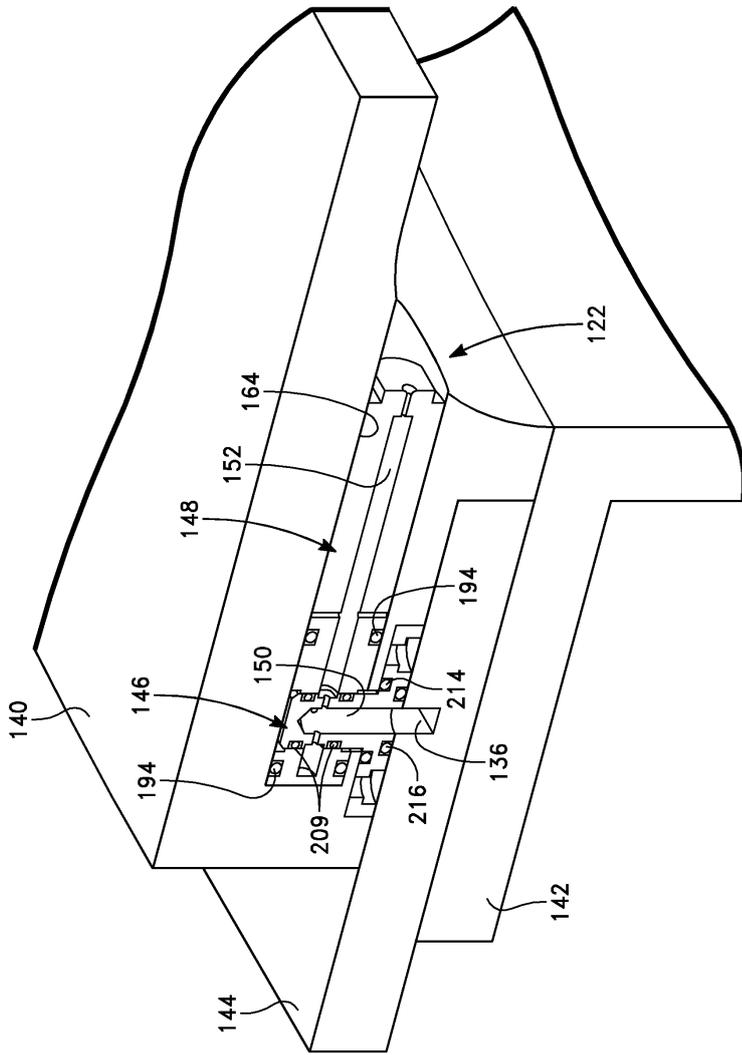
도면4



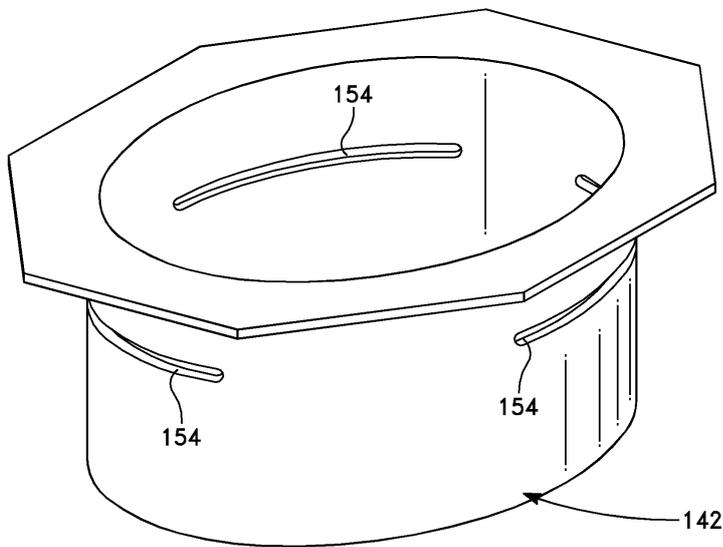
도면5



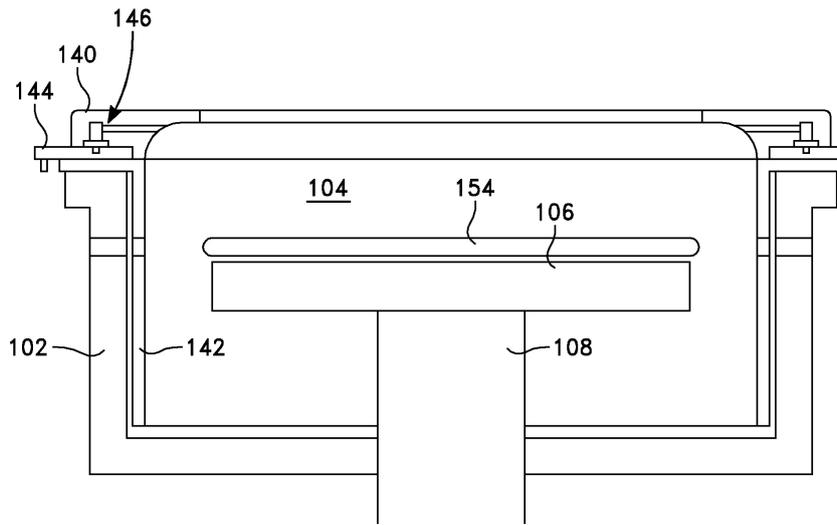
도면6



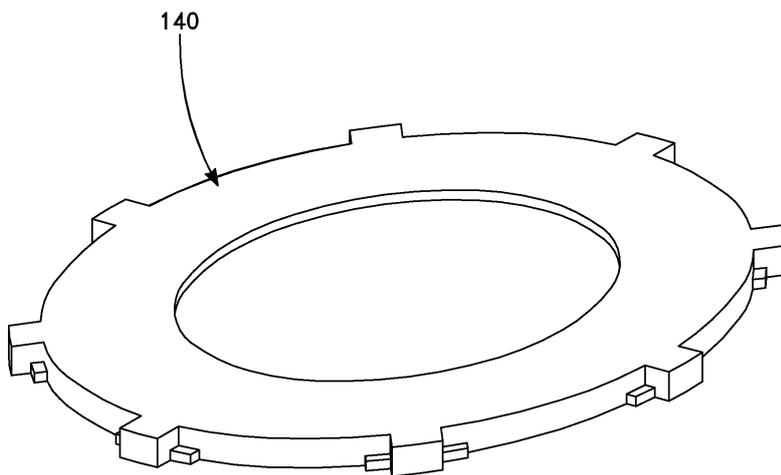
도면7



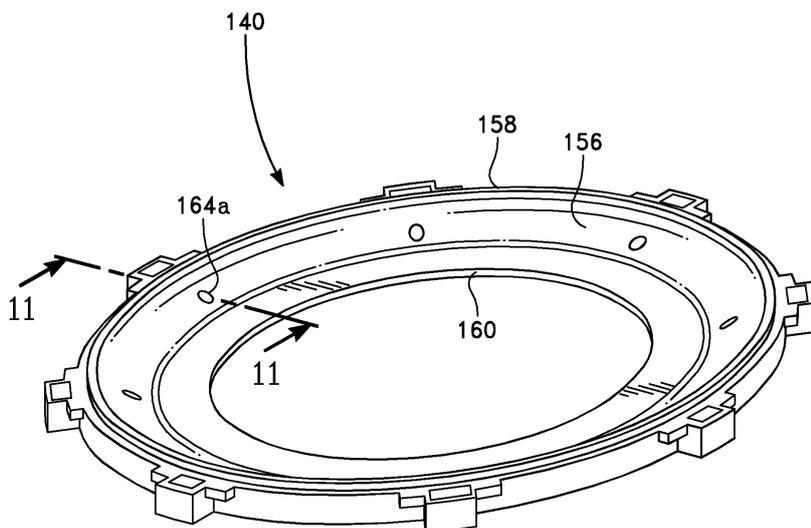
도면8



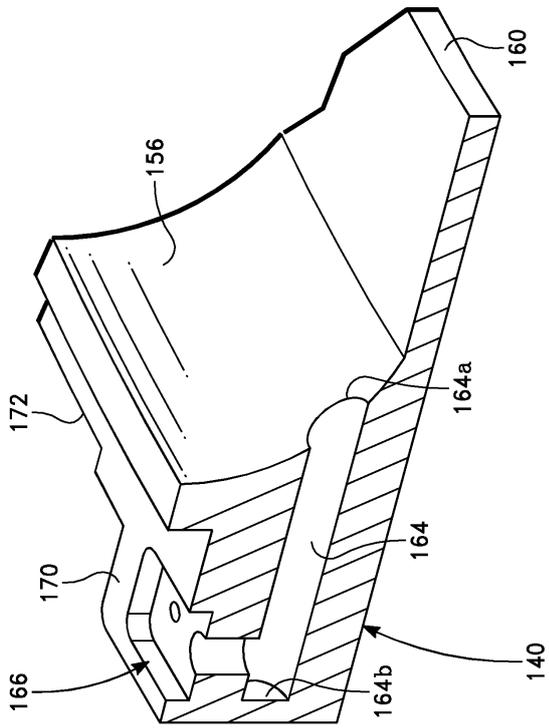
도면9



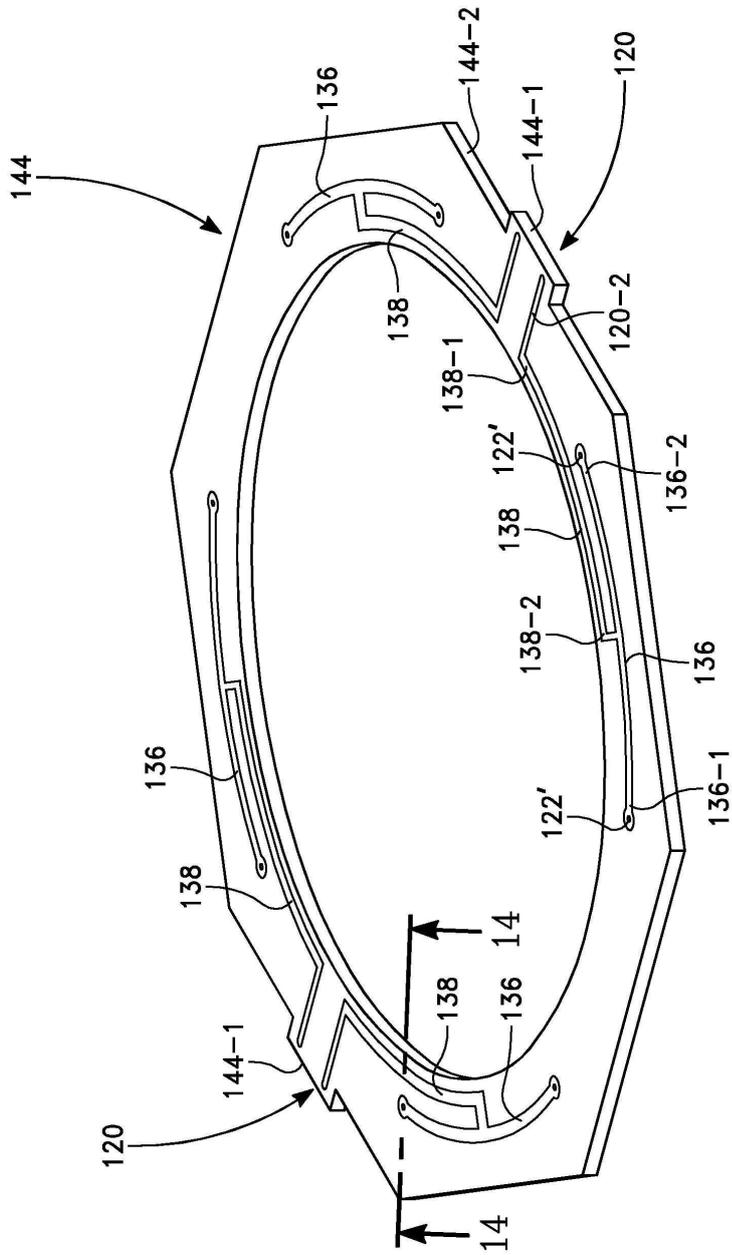
도면10



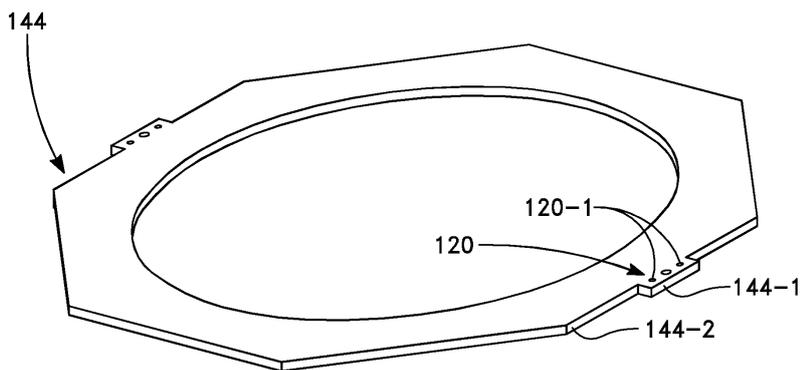
도면11



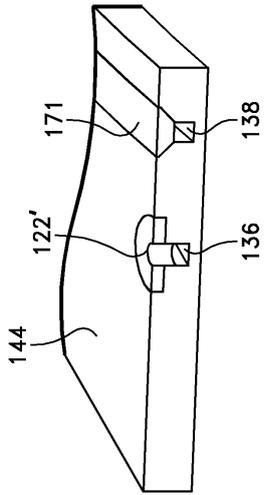
도면12



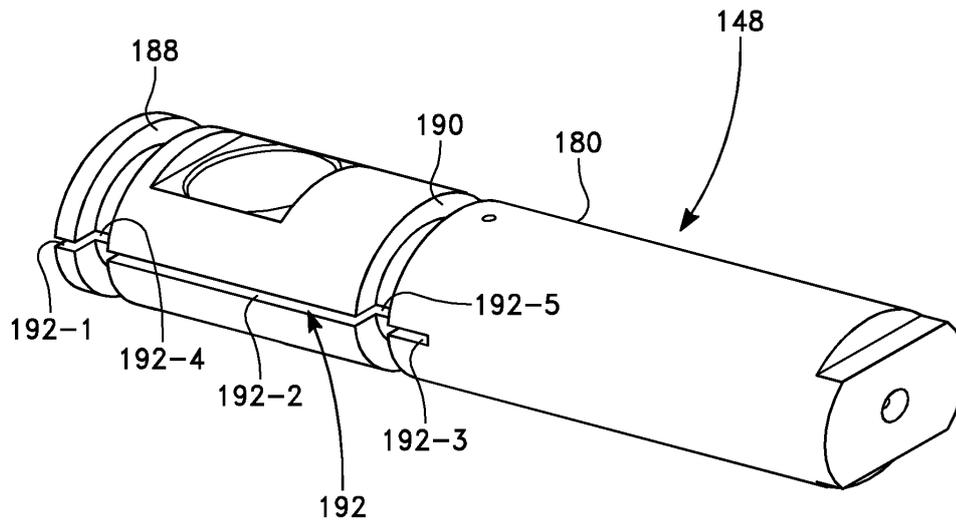
도면13



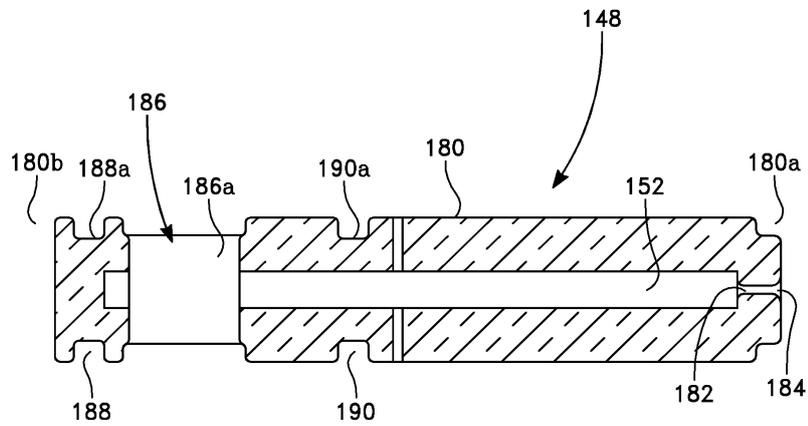
도면14



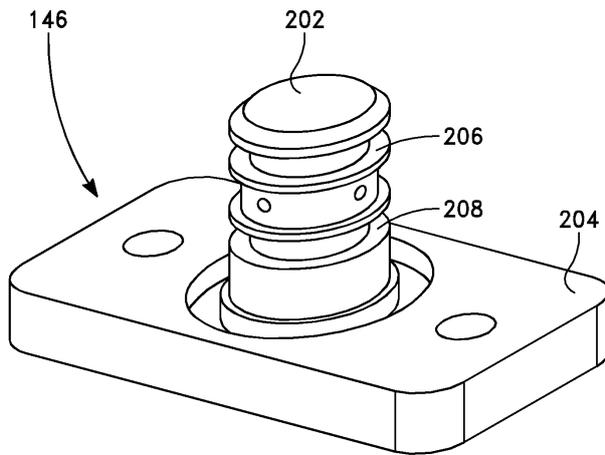
도면15



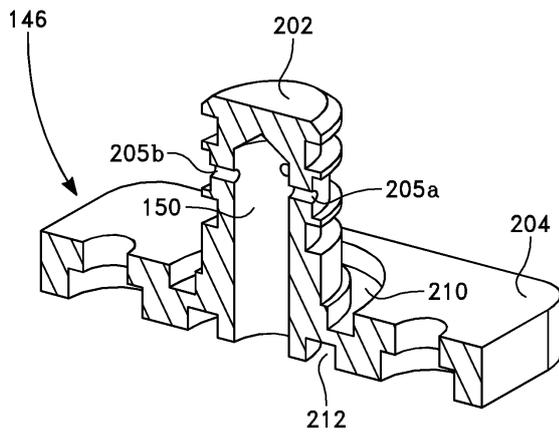
도면16



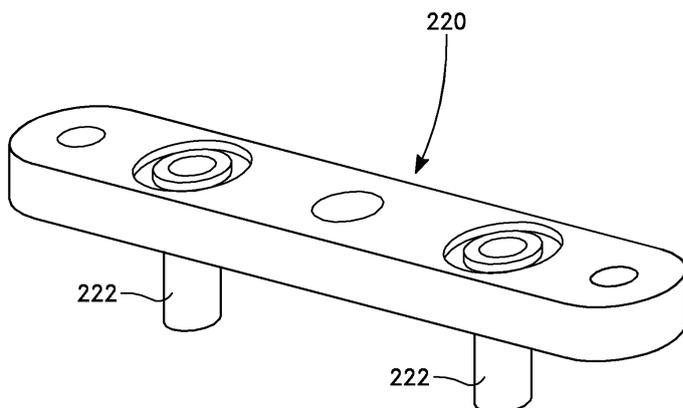
도면17



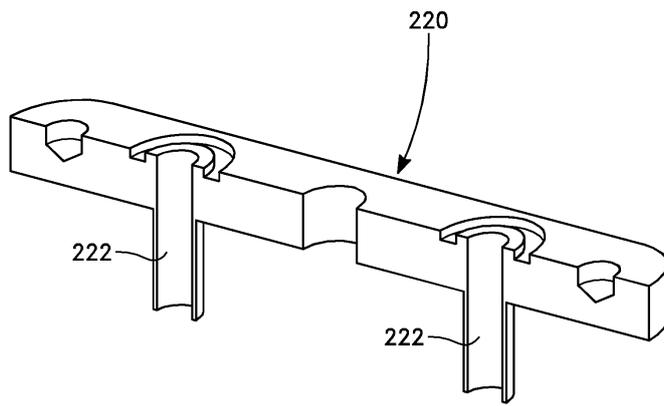
도면18



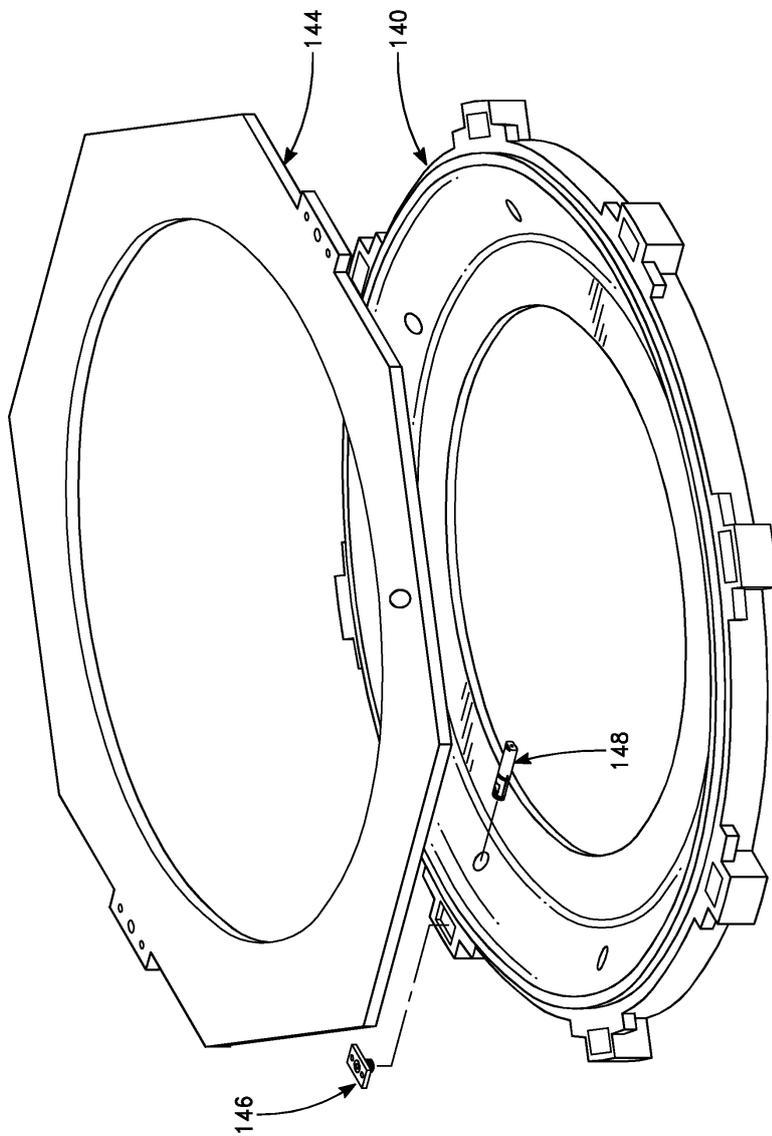
도면19



도면20



도면21



도면22

