



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0017979
(43) 공개일자 2024년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/455 (2006.01) B32B 38/04 (2006.01)
C23C 16/04 (2006.01) C23C 16/44 (2006.01)
C23C 16/52 (2018.01)
(52) CPC특허분류
C23C 16/45561 (2013.01)
B32B 38/04 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2024-7003191(분할)
(22) 출원일자(국제) 2015년10월16일
심사청구일자 2024년01월26일
(62) 원출원 특허 10-2017-7013151
원출원일자(국제) 2015년10월16일
심사청구일자 2020년10월14일
(85) 번역문제출일자 2024년01월26일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/055997
(87) 국제공개번호 WO 2016/061493
국제공개일자 2016년04월21일
(30) 우선권주장
14/517,192 2014년10월17일 미국(US)
14/884,575 2015년10월15일 미국(US)

(71) 출원인
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이
4650
(72) 발명자
리 앤드류 씨.
미국, 캘리포니아 94015, 델리 시티, 레이크 포레
스트 드라이브 19
켈로그 마이클 씨.
미국, 캘리포니아 94123, 샌프란시스코, 옥타비아
스트리트 3324, 3호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

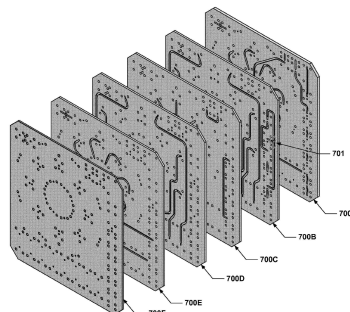
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 모놀리식 가스 분배 매니폴드 및 이들의 다양한 구성 기법들 및 사용 케이스들

(57) 요약

반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관이 제공된다. 기관은 외측 주 표면 상에 제 1 가스 공급 컴포넌트, 제 2 가스 공급 컴포넌트, 제 3 가스 공급 컴포넌트 및 제 4 가스 공급 컴포넌트를 수용하고 장착하기 위한 개구부들을 가진 라미네이트를 형성하는 함께 본딩된 복수의 층들의 주 표면들을 가진 복수의 층들을 포함할 수도 있다. 기관은 상이한 내부 주 표면에 걸쳐 연장하는 제 2 가스 채널과 적어도 부분적으로 오버랩하는 내부 주 표면에 걸쳐 연장하는 제 1 가스 채널을 포함할 수도 있다. 기관은 제 1 가스 공급 컴포넌트를 제 2 가스 공급 컴포넌트에 연결하는 제 1 가스 채널을 포함한 제 1 가스 도관, 및 제 3 가스 공급 컴포넌트를 제 4 가스 공급 컴포넌트에 연결하는 제 2 채널을 포함한 제 2 가스 도관을 포함할 수도 있다. 가스 전달 기관들을 제작하기 위한 다양한 기법들이 또한 개시된다.

대표도



(52) CPC특허분류

C23C 16/042 (2013.01)

C23C 16/4402 (2013.01)

C23C 16/4404 (2013.01)

C23C 16/4409 (2013.01)

C23C 16/45544 (2013.01)

C23C 16/52 (2018.01)

(72) 발명자

페나 크리스토퍼 제이.

미국, 캘리포니아 94542, 헤이워드, 랭커스터 로드
2733

도허티 존 이.

미국, 캘리포니아 94539, 프리몬트, 블랙풋 드라이브
1809

명세서

청구범위

청구항 1

함께 접합된 복수의 세라믹 층들을 포함하고, 제 1 측면과 상기 제 1 측면 반대편의 제 2 측면을 갖고, 그리고 상기 제 1 측면 및 상기 제 2 측면 중 하나 또는 모두 상에 위치한 복수의 표면-장착 밸브 인터페이스들, 상기 제 1 측면과 상기 제 2 측면 사이에 위치한 하나 이상의 채널들, 및 상기 하나 이상의 채널들을 상기 표면-장착 밸브 인터페이스들과 유체적으로 연결하는 복수의 드롭-홀들을 포함하고, 상기 하나 이상의 채널들은 세라믹 기판 내에 위치되는, 상기 세라믹 기판을 제작하는 단계; 및

상기 세라믹 기판을 제작하는 단계 후에, 적어도 상기 세라믹 기판 내의 상기 채널들 및 상기 드롭-홀들의 내부 표면들 상에 코팅을 형성하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 세라믹 기판을 제작하는 단계는,

상기 복수의 세라믹 층들을 제작하는 단계,

상기 하나 이상의 채널들을 상기 하나 이상의 층들 내로 레이저-컷팅하는 단계,

상기 복수의 세라믹 층들을 함께 본딩하는 단계, 및

상기 세라믹 기판을 형성하도록 상기 본딩된 층들을 소결하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 코팅은, 상기 세라믹 기판을 제작하도록 사용된 세라믹 입자들의 가장 작은 입자 사이즈 또는 상기 하나 이상의 채널들의 상기 표면들에 의해 드러난 최대 표면 거칠기 이상의 두께를 갖는, 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 채널들의 표면들에 글레이즈 (glaze) 를 도포하는 단계,

상기 글레이즈를 용융하도록 킬른 (kiln) 또는 오븐 내에서 상기 세라믹 기판을 소성하는 단계, 및

상기 용융된 글레이즈를 고체화하고 그리고 상기 코팅을 형성하도록 상기 세라믹 기판을 냉각시키는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 세라믹 기판을 CVD (chemical vapor deposition) 챔버 내로 삽입하는 단계, 및

상기 코팅을 형성하도록 상기 세라믹 기판 상에서 하나 이상의 CVD 동작들을 수행하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 하나 이상의 CVD 동작들을 수행하기 전에, 상기 코팅이 마스킹된 부분들 상에 증착되는 것을 방지하도록 상기 제 1 측면 또는 상기 제 2 측면의 부분들을 마스킹하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 세라믹 기판을 ALD (atomic layer deposition) 챔버 내로 삽입하는 단계, 및
상기 코팅을 형성하도록 상기 세라믹 기판 상에서 복수의 ALD 동작들을 수행하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 8

함께 접합된 하나 이상의 세라믹 층들을 포함하는 세라믹 기판을 포함하고,
상기 세라믹 기판은,
제 1 측면과 상기 제 1 측면 반대편의 제 2 측면,
상기 제 1 측면 및 상기 제 2 측면 중 하나 또는 모두 상에 위치한 복수의 표면-장착 밸브 인터페이스들,
상기 제 1 측면과 상기 제 2 측면 사이에 위치한 하나 이상의 채널들,
상기 하나 이상의 채널들을 상기 표면-장착 밸브 인터페이스들과 유체적으로 연결하는 복수의 드롭-홀들, 및
적어도 상기 세라믹 기판 내의 상기 하나 이상의 채널들 및 하나 이상의 드롭-홀들의 내부 표면들 상의 내부식성 코팅을 포함하고, 상기 코팅은 상기 하나 이상의 세라믹 층들이 소결된 후에 형성되는, 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
상기 하나 이상의 채널들은 상기 하나 이상의 세라믹 층들 내로 레이저-컷팅되는 측벽들을 갖는, 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,
상기 코팅은, 상기 세라믹 기판을 제작하도록 사용된 세라믹 입자들의 가장 작은 입자 사이즈 또는 상기 하나 이상의 채널들 측벽들의 상기 표면들에 의해 드러난 최대 표면 거칠기 이상의 두께를 갖는, 장치.

청구항 11

제 8 항에 있어서,
상기 코팅은 실리카-함유 글레이즈인, 장치.

청구항 12

제 8 항에 있어서,
상기 코팅은 CVD 코팅인, 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,
상기 CVD 코팅은 폴리머 코팅인, 장치.

청구항 14

제 8 항에 있어서,
상기 코팅은 권포말한 ALD 코팅인, 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 기판 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템들에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 기판 프로세싱 장치들은 이로 제한되지 않지만, 플라즈마 에칭, PVD (physical vapor deposition), CVD (chemical vapor deposition), PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition), ALD (atomic layer deposition), PEALD (plasma enhanced atomic layer deposition), 이온 주입, 및 레지스트 제거를 포함하는 기법들에 의해 반도체 기판들을 프로세싱하기 위해 사용된다. 반도체 기판 프로세싱 장치들은 프로세스 가스들이 흐르고 그리고 나중에 샤워헤드, 가스 주입기, 가스 링, 등과 같은 가스 분배 시스템에 의해 반도체 프로세싱 장치의 진공 챔버의 프로세싱 구역 내로 전달되는 가스 전달 시스템들을 포함한다. 예를 들어, 가스 전달 시스템은 반도체 프로세싱 챔버 내에서 프로세싱될 반도체 기판의 표면 위에 프로세스 가스들을 분배하도록 반도체 기판 위의, 반도체 프로세싱 챔버 내에 포지셔닝된 가스 주입기로 프로세스 가스를 공급하도록 구성될 수도 있다. 현재의 가스 전달 시스템들은 많은 개별적인 컴포넌트들로부터 구성되고, 컴포넌트들의 다수는 프로세스 가스가 흐르는 도관들을 내부에 갖는다.

[0003] 종래의 반도체 프로세싱 시스템들은 통상적으로 가스 스틱들을 활용한다. 용어 "가스 스틱들"은 예를 들어, 일련의 가스 분배 및 제어 컴포넌트들, 예컨대, MFC (mass flow controller), 하나 이상의 압력 트랜스듀서들 및/또는 조절기들, 가열기, 하나 이상의 필터들 또는 정화장치들, 및 차단 밸브들을 지칭한다. 미리 결정된 가스 스틱에 사용되는 컴포넌트들 및 컴포넌트들의 특정한 배열은 컴포넌트들의 설계 및 적용에 따라 가변할 수도 있다. 통상적인 반도체 프로세싱 장치에서, 17 개 초과인 가스 스틱들은 가스 공급 라인들, 가스 분배 컴포넌트들, 및 혼합 매니폴드들을 통해 반도체 프로세싱 챔버에 연결될 수도 있다. 이들은 "가스 패널" 또는 "가스 박스"로서 공지된 완전한 시스템을 형성하는 베이스 플레이트에 부착되고 베이스 플레이트는 가스 스틱들에 대한 장착 표면으로서 기능하고 그리고 가스 분배의 역할을 하지 않는다.

[0004] 일반적으로, 가스 스틱은 상부에 가스 제어 컴포넌트들이 장착되는 기관 어셈블리 또는 베이스 플레이트 상의 채널들을 통해 다른 가스 제어 컴포넌트들에 연결되는 복수의 통합된 표면 장착 컴포넌트들 (예를 들어, 밸브, 필터, 등) 을 포함한다. 가스 스틱의 컴포넌트 각각은 통상적으로 선형 배열로 매니폴드 블록 위에 포지셔닝된다. 복수의 매니폴드 블록들은 모듈식 기관, 가스 스틱을 통한 가스들의 플로우 경로를 생성하는 매니폴드 블록들의 층을 형성한다. 종래의 가스 스틱들의 모듈식 양태는 아이들의 LEGO[®] 블록 장난감들과 같은 재구성을 허용한다. 그러나, 가스 스틱의 컴포넌트 각각은 통상적으로 고도로 머시닝된 부품들을 포함하고, 이는 컴포넌트 각각을 제작하고 교체하는데 상대적으로 비용이 많이 들게 만든다. 가스 플로우 컴포넌트 각각은 통상적으로 장착 블록을 사용하여 구성되고, 결국 복수의 머신 동작들을 사용하여 이루어지고, 이는 컴포넌트를 고가이게 만든다.

발명의 내용

[0005] 이 명세서에 기술된 주제의 하나 이상의 구현예들의 상세들은 첨부된 도면들 및 이하의 기술에 제시된다. 다른 특징들, 양태들, 및 이점들은 상세설명, 도면들, 및 청구항들로부터 분명해질 것이다. 다음의 도면들의 상대적인 치수들은 스케일링된 도면들로서 명확하게 나타내지 않는 한 스케일대로 도시되지 않을 수도 있다는 것이 주의되어야 한다.

[0006] 반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 가스 박스의 가스 공급 컴포넌트들 (components) 을 장착하기 위한 가스 전달 기관이 본 명세서에 개시된다. 기관은 라미네이트 (laminate) 를 형성하도록 함께 본딩된 복수의 층들의 주 표면들을 가진 복수의 층들을 포함할 수도 있다. 라미네이트는 층들 중 적어도 하나의 외측 주 표면에 적어도 제 1 가스 공급 컴포넌트, 제 2 가스 공급 컴포넌트, 제 3 가스 공급 컴포넌트, 및 제 4 가스 공급 컴포넌트를 수용하고 장착하도록 구성된 개구부들을 포함할 수도 있다. 기관은 또한 층들 중 일 층의 내부 주 표면에 걸쳐 적어도 부분적으로 연장하는 제 1 가스 채널 및 층들 중 일 층의 상이한 내부 주 표면에 걸쳐 적어도 부분적으로 연장하는 제 2 가스 채널을 포함할 수도 있다. 층들의 주 표면들에 대해 직교 방향에서 볼 때 제 1 가스 채널은 제 2 가스 채널과 적어도 부분적으로 오버랩할 수도 있다. 또한, 기관은 제 1 가스 채널을 포함할 수도 있고 그리고 제 1 가스 공급 컴포넌트를 제 2 가스 공급 컴포넌트에 연결하도록 구성될 수도 있는 제 1 가스 도관 및 제 3 가스 공급 컴포넌트를 제 4 가스 공급 컴포넌트에 연결하도록 구성된 제 2 채널을 포함한 제 2 가스 도관을 포함할 수도 있다.

- [0007] 또한, 가스 전달 기관을 포함하는 반도체 제작 시스템의 가스 박스용 시스템이 본 명세서에 개시된다. 시스템은 가스 전달 기관의 적어도 하나의 주 표면 상에 장착된 가스 공급 컴포넌트들을 포함한다. 일 구현예에서, 가스 공급 컴포넌트들은 가스 전달 기관의 마주보는 주 표면들 상에 장착될 수도 있다. 또 다른 구현예에서, 시스템은 기관 내의 가스 도관을 통해 MFC에 연결된 온/오프 가스 밸브, 기관 내의 가스 도관을 통해 혼합 매니폴드 또는 챔버에 연결된 또 다른 온/오프 가스 밸브, 및 가스 전달 기관의 하나 이상의 개구부들에 연결된 혼합 매니폴드 또는 혼합 챔버 출구를 포함할 수도 있다.
- [0008] 가스 전달 기관을 생산하는 방법이 또한 본 명세서에 개시된다. 방법은 복수의 층들의 주 표면들을 가진 복수의 층들 중 적어도 하나의 층의 내부 주 표면에 걸쳐 적어도 부분적으로 연장하는 제 1 가스 채널을 생성하는 단계, 상이한 내부 주 표면에 걸쳐 적어도 부분적으로 연장하는 제 2 가스 채널을 생성하는 단계, 외측 주 표면 상에 개구부들을 생성하는 단계를 포함할 수도 있다. 개구부들 중 적어도 일부는 적어도 제 1 가스 공급 컴포넌트, 제 2 가스 공급 컴포넌트, 제 3 가스 공급 컴포넌트, 및 제 4 가스 공급 컴포넌트를 수용하고 장착하도록 구성된 장착 홀들일 수도 있다. 방법은 제 1 가스 채널이 제 2 가스 채널을 적어도 부분적으로 오버랩하도록 라미네이트를 형성하기 위해 층들을 함께 본딩하는 단계를 더 포함할 수도 있고, 제 1 가스 채널은 제 1 가스 공급 컴포넌트를 제 2 가스 공급 컴포넌트에 연결하는 제 1 가스 도관의 일부를 형성하고, 그리고 제 2 가스 채널은 제 3 가스 공급 컴포넌트를 제 4 가스 공급 컴포넌트에 연결하는 제 2 가스 도관의 일부를 형성한다.
- [0009] 가스들이 가스 전달 기관의 개구부들을 통해 공급될 때 이러한 가스 전달 기관을 통해 가스를 전달하는 방법이 또한 본 명세서에 개시된다. 방법은 제 1 가스를 제 1 가스 공급 컴포넌트로부터 제 2 가스 공급 컴포넌트로 제 1 가스 채널을 통해 전달하는 단계, 및 제 1 가스를 제 2 가스 공급 컴포넌트로부터 기관 내의 혼합 챔버로 기관 내의 제 3 가스 채널을 통해 전달하는 단계를 포함할 수도 있다. 방법은 제 2 가스를 제 3 가스 공급 컴포넌트로부터 제 4 가스 공급 컴포넌트로 제 2 가스 채널을 통해 전달하는 단계, 및 제 2 가스를 제 4 가스 공급 컴포넌트로부터 기관 내의 혼합 매니폴드 또는 챔버로 기관 내의 제 4 가스 채널을 통해 전달하는 단계를 더 포함할 수도 있다. 방법은 또한 제 1 가스 혼합물을 생성하도록 혼합 챔버 내에서 제 1 가스와 제 2 가스를 혼합하는 단계, 및 제 1 가스 혼합물을 기관 내의 하나 이상의 가스 채널들 및/또는 기관 상의 하나 이상의 유출부들을 통해 반도체 프로세싱 챔버 다운스트림으로 전달하는 단계를 포함할 수도 있다.
- [0010] 일부 구현예들에서, 제 1 측면 및 제 1 측면 반대편의 제 2 측면을 가진 세라믹 기관을 획득하는 단계를 포함하는 방법이 제공될 수도 있다. 세라믹 기관은 제 1 측면 상에 위치되는 표면-장착 밸브 인터페이스를 포함할 수도 있고; 표면-장착 밸브 인터페이스는 세라믹 기관 내에 2 개 이상의 홀들을 포함할 수도 있다. 방법은 적어도 하나의 표면의 표면 거칠기가 $5 \mu\text{in } R_a$ 이하이도록, 2 개 이상의 홀들을 둘러싸는 세라믹 기관의 적어도 하나의 표면을 랩핑하거나 (lapping) 폴리싱하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0011] 방법의 일부 구현예들에서, 방법은 2 개 이상의 홀들 중 적어도 하나의 홀 둘레에 취성 (crushable) 금속 시일을 포지셔닝하는 단계, 2 개 이상의 홀들 중 적어도 하나의 홀이 취성 금속 시일 및 표면-장착 가스 플로우 컴포넌트 상의 가스 플로우 포트와 정렬하도록, 표면-장착 가스 플로우 컴포넌트를 포지셔닝하는 단계, 및 하나 이상의 패스너들을 사용하여 세라믹 기관에 표면-장착 가스 플로우 컴포넌트를 클램핑하여, $5 \mu\text{in } R_a$ 이하인 표면 거칠기를 가진 표면 또는 표면들에 대고 취성 금속 시일을 압축하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0012] 일부 이러한 구현예들에서, 취성 금속 시일은 C-시일, W-시일, 및 금속 o-링일 수도 있다. 방법의 일부 구현예들에서, 취성 금속 시일이, 홀이 설치될 때 홀의 카운터보어 (counterbore) 내에 적어도 부분적으로 리세스되도록 2 개 이상의 홀들 중 적어도 하나의 홀은 카운터보어되고, 그리고 랩핑되거나 폴리싱되는 적어도 하나의 표면은 카운터보어의 플로어를 포함한다. 방법의 일부 구현예들에서, 적어도 하나의 표면은 전체 제 1 측면을 포함할 수도 있다.
- [0013] 일부 구현예들에서, 세라믹 기관을 포함하는 장치가 제공될 수도 있다. 세라믹 기관은 제 1 측면과 제 1 측면 반대편의 제 2 측면을 갖질 수도 있고, 그리고 제 1 측면 상에 위치되는 표면-장착 밸브 인터페이스를 포함할 수도 있다. 표면-장착 밸브 인터페이스는 세라믹 기관 내에 2 개 이상의 홀들을 포함할 수도 있고, 그리고 홀들을 둘러싸는 표면 또는 표면들은 $5 \mu\text{in } R_a$ 이하의 표면 거칠기를 가질 수도 있다.
- [0014] 일부 구현예들에서, 장치는 취성 금속 시일 및 하나 이상의 가스 플로우 포트들을 가진 표면-장착 가스 플로우 컴포넌트를 더 포함할 수도 있다. 가스 플로우 포트 각각이 홀들 중 하나의 홀과 정렬하도록 표면-장착 가스 플로우 컴포넌트는 세라믹 기관에 장착될 수도 있고, 취성 금속 시일은 표면-장착 가스 플로우 컴포넌트와 세라믹 기관 사이에 개재되고, 그리고 취성 금속 시일은 $5 \mu\text{in } R_a$ 이하의 표면 거칠기를 가진 표면들 중 하나의 표

면과 콘택트한다.

- [0015] 일부 이러한 구현예들에서, 취성 금속 시일은 C-시일, W-시일, 및 금속 o-링일 수도 있다. 장치의 일부 구현예들에서, 세라믹 기판은 적어도 하나의 카운터보어 피처를 더 포함할 수도 있고, 그리고 적어도 하나의 카운터보어 피처는 특정 위치에서 (in location), 2 개 이상의 홀들 중 일 홀에 대응할 수도 있고 그리고 홀과 교차하는 플로어를 가질 수도 있다. 이러한 구현예들에서, $5 \mu\text{m}$ in R_a 이하의 표면 거칠기로 랩핑되거나 폴리싱되는 적어도 하나의 표면은 플로어를 포함할 수도 있다. 장치의 일부 구현예들에서, 적어도 하나의 표면은 전체 제 1 측면을 포함할 수도 있다.
- [0016] 일부 구현예들에서, 방법이 제공된다. 방법은 제 1 측면과 제 1 측면 반대편의 제 2 측면을 갖고, 그리고 제 1 측면 및 제 2 측면 중 하나 또는 양자 상에 위치된 복수의 표면-장착 밸브 인터페이스들, 제 1 측면과 제 2 측면 사이에 위치된 하나 이상의 채널들, 및 하나 이상의 채널들을 표면-장착 밸브 인터페이스들과 유체적으로 연결하는 복수의 드롭-홀들을 포함하는 세라믹 기판을 제작하는 단계를 포함할 수도 있다. 방법은 세라믹 기판 내의 채널들의 적어도 표면들 상에 코팅을 형성하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0017] 방법의 일부 구현예들에서, 세라믹 기판을 제작하는 단계는 복수의 세라믹 층들을 제작하는 단계, 하나 이상의 채널들을 하나 이상의 층들 내로 레이저-컷팅하는 단계, 복수의 세라믹 층들을 함께 본딩하는 단계, 및 세라믹 기판을 형성하도록 본딩된 층들을 소결하는 단계를 포함할 수도 있다.
- [0018] 방법의 일부 구현예들에서, 코팅은, 세라믹 기판을 제작하도록 사용된 세라믹 입자들의 가장 작은 공칭 입자 사이즈 또는 하나 이상의 채널들의 표면들에 의해 드러난 최대 표면 거칠기 이상의 두께를 가질 수도 있다.
- [0019] 방법의 일부 구현예들에서, 방법은 채널들의 표면들에 글레이즈 (glaze) 를 도포하는 단계, 글레이즈를 용융하도록 킬른 (kiln) 또는 오븐 내에서 세라믹 기판을 소성하는 단계, 및 용융된 글레이즈를 고체화하고 그리고 코팅을 형성하도록 세라믹 기판을 냉각시키는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0020] 방법의 일부 구현예들에서, 방법은 세라믹 기판을 CVD (chemical vapor deposition) 챔버 내로 삽입하는 단계 및 코팅을 형성하도록 세라믹 기판 상에서 하나 이상의 CVD 동작들을 수행하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0021] 방법의 일부 구현예들에서, 방법은 하나 이상의 CVD 동작들을 수행하기 전에, 코팅이 마스킹된 부분들 상에 증착되는 것을 방지하도록 제 1 측면 또는 제 2 측면의 부분들을 마스킹하는 단계를 포함할 수도 있다.
- [0022] 방법의 일부 구현예들에서, 방법은 세라믹 기판을 ALD (atomic layer deposition) 챔버 내로 삽입하는 단계 및 코팅을 형성하도록 세라믹 기판 상에서 복수의 ALD 동작들을 수행하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0023] 일부 구현예들에서, 장치가 제공될 수도 있다. 장치는 제 1 측면과 제 1 측면 반대편의 제 2 측면, 제 1 측면 및 제 2 측면 중 하나 또는 양자 상에 위치된 복수의 표면-장착 밸브 인터페이스들, 제 1 측면과 제 2 측면 사이에 위치된 하나 이상의 채널들, 하나 이상의 채널들을 표면-장착 밸브 인터페이스들과 유체적으로 연결하는 복수의 드롭-홀들, 및 세라믹 기판 내의 하나 이상의 채널들의 적어도 표면들 상의 코팅을 가진 세라믹 기판을 포함할 수도 있다.
- [0024] 장치의 일부 구현예들에서, 세라믹 기판은 함께 소결되는 복수의 세라믹 층들을 포함할 수도 있고, 그리고 하나 이상의 채널들은 하나 이상의 층들 내로 레이저-컷팅되는 측벽들을 가질 수도 있다.
- [0025] 장치의 일부 구현예들에서, 코팅은, 세라믹 기판을 제작하도록 사용된 세라믹 입자들의 가장 작은 공칭 입자 사이즈 또는 하나 이상의 채널들의 표면들에 의해 드러난 최대 표면 거칠기 이상의 두께를 가질 수도 있다.
- [0026] 장치의 일부 구현예들에서, 코팅은 실리카-함유 글레이즈일 수도 있다. 장치의 일부 다른 구현예들에서, 코팅은 CVD 코팅일 수도 있다. 장치의 일부 이러한 구현예들에서, CVD 코팅은 폴리머 코팅일 수도 있다. 장치의 일부 다른 구현예들에서, 코팅은 컨포멀한 ALD 코팅일 수도 있다.
- [0027] 이들 및 다른 구현예들은 이하의 상세한 기술 및 도면들을 참조하여 더 상세히 기술된다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 명세서에 개시된 구현예들에 따른, 반도체 기판 프로세싱 장치의 예시적인 구현예를 예시한다.
- 도 2는 본 명세서에 개시된 구현예들에 따른, 예시적인 가스 전달 시스템의 개략도이다.
- 도 3은 가스 스틱의 예를 예시한다.

도 4 내지 도 6은 모듈식 가스 스택의 다양한 뷰들 (views) 을 예시한다.

도 7 내지 도 9는 본 명세서에 개시된 구현예들에 따른, 반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관 내의 단일의 층들의 예시적인 구현예들을 예시한다.

도 10 및 도 11은 본 명세서에 개시된 구현예들에 따른, 함께 본딩되기 전 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 예시적인 가스 전달 기관의 복수의 예시적인 층들을 예시한다.

도 12는 본 명세서에 개시된 구현예들에 따른, 함께 스택된 후 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 예시적인 가스 전달 기관의 복수의 층들을 예시한다.

도 13은 본 명세서에 개시된 구현예들에 따른, 함께 스택되고 본딩된 후 도 12의 예시적인 가스 전달 기관의 복수의 층들을 예시한다.

도 14는 유체 플로우 도관들, 예를 들어, 도 10 내지 도 13의 예시적인 가스 전달 기관 내에 위치한 채널들 및 수직 쓰루-홀들의 3 차원 투시도 (rendering) 를 도시한다.

도 15는 도 12의 예시적인 가스 전달 기관의 평면도를 도시한다.

도 16은 예시적인 적층된 기관을 활용하는 예시적인 가스 전달 시스템의 등각도를 도시한다.

도 17은 도 16의 예시적인 가스 전달 시스템의 등각 분해도를 도시한다.

도 18은 가스 공급 컴포넌트와 금속 베이스 사이의 통상적인 C-시일 인터페이스의 분해된 단면도를 도시한다.

도 19는 도 18의 어셈블된 C-시일 인터페이스의 단면도를 도시한다.

도 20은 금속 C-시일과 같은 표준의 취성 금속 시일을 사용하여 가스 플로우 컴포넌트와 인터페이싱하기 위한 세라믹 기관을 준비하는 기법에 대한 흐름도를 도시한다.

도 21은 세라믹 기관의 전체 표면이 $5 \mu\text{m}$ R_a 이하의 표면 거칠기로 폴리싱되거나 랩핑될 수도 있는 장치의 단면을 도시한다.

도 22는 감소된 미립자 오염의 가능성을 갖도록 반도체 토폴의 가스 분배 시스템용 세라믹 기관을 준비하기 위한 기법에 대한 흐름도를 도시한다.

도 23 내지 도 25는 CVD 코팅 도포의 다양한 스테이지들 동안 세라믹 기관 및 마스킹 컴포넌트들의 간략화된 단면도들을 도시한다.

도 4 내지 도 17이 도면 각각에서 스케일대로 도시되지만, 스케일은 도면 별로 가변할 수도 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029]

관련 출원들의 상호참조

[0030]

본 출원은 발명의 명칭이 "SUBSTRATE FOR MOUNTING GAS SUPPLY COMPONENTS AND METHODS THEREOF"이고, 2014년 10월 17일 출원된, 계류중인 미국 특허 출원 번호 제 14/517,192 호, 대리인 문서 번호 제 LAMRP233/3510-1US 호, 및 발명의 명칭이 "MONOLITHIC GAS DISTRIBUTION MANIFOLD AND VARIOUS CONSTRUCTION TECHNIQUES AND USE CASES THEREFOR"이고, 2015년 10월 15일 출원된, 미국 특허 출원 번호 제 14/884,575 호, 대리인 문서 번호 제 LAMRP233X1/3794US 호로부터 35 U.S.C. § 120 하에서 우선권을 주장하는 일부 연속 출원이고, 미국 특허 출원들 양자는 모든 목적들을 위해 전체가 참조로서 본 명세서에 인용된다.

[0031]

반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의, 본 명세서에서 가스 플로우 컴포넌트들로서 또한 지칭되는, 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관 및 가스 전달 기관을 생산하고 사용하기 위한 방법들이 본 명세서에 개시된다. 반도체 기관 프로세싱 장치는 이로 제한되지 않지만, 플라즈마 에칭, PVD (physical vapor deposition), CVD (chemical vapor deposition), PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition), ALD (atomic layer deposition), PEALD (plasma enhanced atomic layer deposition), 이온 주입, 또는 레지스트 제거를 포함하는 기법들에 의해 반도체 기관들을 프로세싱하기 위해 사용될 수도 있다. 다음의 기술에서, 수많은 특정한 상세들이 본 구현예들의 완전한 이해를 제공하도록 제시된다. 그러나, 본 구현예들이 이들 특정한 상세들의 일부 또는 전부 없이 실행될 수도 있다는 것이 당업자에게 자명할 것이다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스 동작들은 본 명세서에 개시된 본 구현예들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다.

- [0032] 집적 회로 디바이스들이 집적 회로 디바이스들의 물리적 사이즈 및 집적 회로 디바이스들의 동작 전압들 양자에서 계속해서 줄어들에 따라, 집적 회로 디바이스들의 연관된 제작 수율들은 오염에 보다 취약하게 된다. 그 결과, 보다 작은 물리적 사이즈들을 가진 집적 회로 디바이스들을 제조하는 것은 오염의 레벨이 이전에 허용 가능하도록 고려된 레벨 미만일 것을 요구한다. 또한, 반도체 프로세싱에서 사용되는 웨이퍼들 및 프로세싱 장비는 웨이퍼당 보다 많은 다이들을 생산하도록, 보다 복잡해지고 사이즈가 보다 커지게 된다. 따라서, 장비를 생산하고 유지하는 것 그리고 웨이퍼들을 제작하는 것은 보다 비용이 많이 들게 된다.
- [0033] 반도체 기관 프로세싱 장치들의 가스 분배 시스템들은 가스 스틱들을 활용할 수도 있고, 가스 스틱들 각각은 일련의 가스 분배 및 제어 컴포넌트들 예컨대, 예를 들어, MFC, 하나 이상의 압력 트랜스듀서들 및/또는 조절기들, 하나 이상의 가열기들, 하나 이상의 필터들 또는 정화장치들, 매니폴드들, 가스 플로우 어댑터들, 및/또는 차단 밸브들일 수도 있다. 가스 스틱에 사용되는 컴포넌트들 및 컴포넌트들의 특정한 배열은 컴포넌트들의 설계 및 적용에 따라 가변할 수도 있다. 특정한 가스 분배 시스템에서 사용되는 가스 스틱들의 수는 수행된 반도체 프로세스의 필요들에 따라 가변할 수도 있다. 예를 들어, 일부 반도체 기관 프로세싱 장치들에서, 상이한 가스 스틱에 의해 공급된 17 개 이상의 프로세스 가스들 각각이 챔버에 공급될 수도 있다. 이러한 가스 분배 시스템 컴포넌트들은 보통 "가스 패널" 또는 "가스 박스"로서 공지된 시스템을 형성하도록, 통상적으로 "가스 펠릿"으로 불리는, 베이스 플레이트에 통상적으로 부착된다.
- [0034] 상기에 논의된 바와 같이, 가스 전달 시스템 컴포넌트들은 전통적으로 스테인리스 강과 같은 금속들 또는 다른 금속 합금들로 이루어지고 이어서 함께 어셈블되고, 프로세스 가스들을 위한 목표된 도관 경로들을 달성하도록, 구성 컴포넌트들 사이에 인터페이스들 및 시일들을 필요로 한다. 그러나, 구성 컴포넌트들은 통상적으로 정밀-머시닝된 부품들을 포함하고, 이는 컴포넌트 각각을 제작, 유지, 그리고 교체하는데 상대적으로 비용이 많이 들게 만든다. 컴포넌트 각각은 또한 결국 정밀-머시닝되는 장착 블록 또는 베이스에 통상적으로 부착되고, 컴포넌트를 고가하게 만든다. 예를 들어, 단순한 온/오프 밸브의 정밀 머시닝을 요구하는 3 개의 별개의 시일 인터페이스들 - 밸브 어셈블리를 그 장착 블록 또는 베이스에 조인하는 (join) 1 개의 시일 인터페이스, 장착 블록 또는 베이스를 모듈식 기관 모듈에 조인하는 1 개의 시일 인터페이스, 및 가스 스틱을 형성하는 모듈식 기관 모듈을 다른 모듈식 기관 모듈들에 조인하는 1 개 또는 2 개의 시일 인터페이스 - 이 있을 수도 있다. 이러한 교체할 수 있는 컴포넌트들은 상당한 양의 공간을 필요로 하고, 이는 컴포넌트들을 서로 연결하는 유체적 연결부들을 길어지게 한다. 그러므로, 종래의 교체할 수 있는 컴포넌트 방식을 사용하여 이루어진 가스 스틱들은 복수의 잠재적인 고장 지점들 (복수의 시일들의 형태임) 을 갖고, 복수의 오염 지점들 (시일 인터페이스 각각은 오염 지점을 나타냄) 을 포함하고, 그리고 (그 길이에 기인하여) 가스 전달 지연들을 도입한다.
- [0035] 부식, 침식 (erosion), 및/또는 가스 전달 시스템들의 내부에 형성된 부식, 침식과 같은, 환경들 내의 부식/침식은 산소, 할로젠들, 카르보닐들, 환원제들, 에칭 가스들, 증착 가스들, 하이드로-플루오로카본 프로세스 가스, 및/또는 이로 제한되지 않지만 Cl_2 , HCl , BCl_3 , Br_2 , HBr , O_2 , SO_2 , CF_4 , CH_2F_2 , NF_3 , CH_3F , CHF_3 , SF_6 , CO , COS , SiH_4 , 및 H_2 와 같은, 반도체 기관 프로세싱에서 사용될 수도 있는 프로세스 가스들을 포함할 수도 있다. 또한 이로 제한되지 않지만 Ar 및 N_2 와 같은 불활성 가스들이 상기 환경들에 공급될 수도 있다.
- [0036] 따라서, 반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 복수의 가스 피드들 (feeds) 을 위해 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관 및 가스 전달 기관을 생산하고 사용하기 위한 방법들이 본 명세서에 개시된다. 기관은 서로 유체로 연통할 수도 있는 기밀 채널들을 가진 균일한 모놀리식 구조체를 생성하도록 함께 본딩되는 라미네이트된 층들로 형성될 수도 있다. 이들 층들은 예를 들어, 스테인리스 강들, 유리, 또는 세라믹스를 포함한 다양한 재료들로 이루어질 수도 있다. 금속 층들을 사용하는 구현예들에서, 층들은 함께 납땜될 수도 있거나 그렇지 않으면 함께 본딩될 수도 있다. 세라믹 층들을 사용하는 구현예들에서, 층들은 소결 전에 함께 본딩될 수도 있고 그리고 이어서 퓨징된 (fused) 층 스택으로 소결될 수도 있고; 본딩 재료는 통상적으로 소결 프로세스 동안 번 오프되고 (burned off), 일반적으로 균질한 세라믹 부품을 발생시킨다.
- [0037] 기관은 가스 공급 컴포넌트들이 기관 내의 채널들을 통해 서로 유체로 연통하도록 가스 공급 컴포넌트들을 수용하고 장착하도록 구성될 수도 있다. 기관의 적층된 구조체는 채널들 또는 연결부들로 하여금 복수의 층들의 X/Y 평면들에서 임의의 방향으로 그리고 임의의 사이즈로 생성되게 할 수도 있고, X/Y 평면들 각각은 기관 내의 Z 방향으로의 연결들에 의해 다른 층들의 다른 채널들 또는 포트들에 연결될 수도 있다. 이 개시의 목적들을 위해, X 및 Y 방향들은 층 각각의 주 표면들에 대해 평행한 것으로서 규정되고, 그리고 Z 방향은 층 각각에 대해 직교하는 것으로서 규정된다. 층들 내의 채널들의 네트워크들은 종래의 모듈식 기관들을 사용하여 불가능한, 복잡한, 비선형 유체 전송로 (routing) 배열들을 허용할 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같

이, 어구 "선형 유체 전송로 (linear fluid routing)"는 유체 플로우 경로 내의 유체 플로우 컴포넌트들이 일렬로 배열되고 그리고 이러한 유체 플로우 컴포넌트들이 장착되는 표면들에 대해 평행한 평면들에서 이러한 유체 플로우 컴포넌트들 사이의 유체적 연결들이 일반적으로 일 방향으로 또는 평행한 방향으로 이동하는 유체 전송로를 지칭한다는 것이 이해된다. 대조적으로, "비선형 유체 전송로"는 유체 플로우 경로 내의 유체 플로우 컴포넌트들이 모두 일렬로 배열되지 않고 그리고 이러한 유체 플로우 컴포넌트들 사이의 적어도 하나의 유체적 연결부가 경로 내에 적어도 하나의 직각이 아닌 각을 가진 경로를 따르는 유체 전송로를 지칭한다. 특정한 구현예들에서, 이러한 유체 플로우 컴포넌트들 사이의 유체적 연결부의 적어도 일부가 곡선형 경로를 따르는 비선형 유체 전송로가 사용될 수도 있고, 즉, 경로의 적어도 일부는 선이 아닌, 곡선, 호, 또는 스플라인 (spline) 이고; 이러한 비선형 유체 전송로의 추가의 예들은 "곡선형 유체 전송로"로서 지칭될 수도 있다. 기존의 가스 박스 설계들은 통상적으로 선형 유체 전송로를 가진 유체 플로우 네트워크들을 제공하도록 배열되는 유체 플로우 컴포넌트들의 집합들을 특징으로 하고, 예를 들어, 선형 유체 전송로를 가진 16 개의 가스 스틱들은 가스 스틱들의 선형 유체 전송로 방향들에 대해 90° 에 있는 선형 유체 전송로 방향을 가진 T-접합부들의 선과 조인하도록 배열될 수도 있고 - 가스 스틱 레벨에서, 플로우 경로들은 본질적으로 모두 선형이다.

[0038] 적층되거나 라미네이트된 기판에 제공되는 X, Y, 및 Z 전송로의 융통성에 기인하여, 비선형 유체 플로우 컴포넌트 레이아웃들을 허용하는 비선형 유체 전송로가 사용될 수도 있다. 게다가, 적층된 기판 방식이 채널들로 하여금 서로 크로스 오버 (cross over) 하게 한다는 사실에 기인하여, 또 다른 가스 플로우 경로의 양측에 특정한 가스 플로우 경로로부터 유체 플로우 컴포넌트들을 위치시키는 것이 가능하고, 이는 장착 위치들에 추가의 융통성을 제공한다.

[0039] 이 방식으로, 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들은 함께 보다 가깝게 하우징될 수도 있고 그리고 컴포넌트들 사이의 다양한 중요한 연결들은 보다 짧아지게 이루어질 수도 있으며, 이는 가스 전달 시스템의 전체 사이즈를 감소시키고 (또는 증가된 용량을 가진 가스 전달 시스템이 보다 작은 용량의 전통적으로-설계된 가스 박스와 동일한 형태 인자로 하우징되게 하고) 그리고 가스 공급 컴포넌트들 사이의 가스 플로우 통과 시간을 감소시킨다. 또한, 가스 공급 컴포넌트들 및 가스 공급 컴포넌트들의 연결들은 종종 고가의 금속 합금들, 예를 들어, Hastelloy®, 유리 또는 세라믹스와 같은 고품질 재료들로 이루어지고 - 이는 특정한 컴포넌트들, 예를 들어, 모듈식 기판 컴포넌트들의 비용들을 급격하게 증가시키고 - 본 명세서에 개시된 바와 같은, 적층된 기판의 사용은 모듈식 기판 피스들, 튜빙, 피팅들, 등과 같은 다수의 고가의 부품들이 하나의, 보다 큰 부품으로 교체되게 할 수도 있다. 이 보다 큰 부품은, 교체될 수도 있는 임의의 피스 부품들보다 고가이지만, 그럼에도 불구하고 교체될 수도 있는 모든 피스 부품들에 비해 상당한 절약을 제공할 수도 있다. 게다가, 적층된 기판을 사용함으로써, 적층된 기판이 교체될 수도 있는 다양한 피스 부품들을 어셈블하는데 필요한 어셈블리 시간이 제거될 수도 있고, 추가의 절약들을 발생시킨다. 적층된 기판의 사용은 또한 다양한 피스 부품들 사이, 예를 들어, 모듈식 기판 피스들 사이의 모든 시일들이 제거되게 하고, 이는 행해져야 하는 누출 테스트량을 감소시키고, 이에 따라 이러한 시스템들의 비용들을 더 감소시킨다.

[0040] 세라믹 기판이 사용된다면, 통상적인 모듈식 기판 내에서 통상적으로 프로세스 가스들과 콘택트하고, 즉, 화학적으로 습윤되게 되는 모든 금속성 표면들이 웨이퍼, 즉, 기판 상에서 순도 필요조건들을 준수하도록 제거되거나 감소될 수도 있다. 적층된 기판의 콤팩트한 설계 (종래의 가스-스틱 방식과 비교할 때) 는 감소된 재료 비용들, 가능한 오염 및 고장 지점들의 수의 감소, 및 특정한 중요한 플로우 컴포넌트들 사이의 보다 짧은 가스 플로우 경로들의 허용에 의해 가스 전달 시스템에 대한 보다 빠른 가스 전달 펄싱 및 스위칭 시간들을 허용한다.

[0041] 도 1은 본 명세서에 개시된 바와 같이, 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기판을 포함한 가스 전달 시스템 (102) 을 포함할 수도 있는, 반도체 기판 프로세싱 장치 (104), 예를 들어, 유도 결합된 플라즈마 프로세싱 장치의 구현예를 예시한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 유도 결합된 플라즈마 프로세싱 장치는 진공 챔버 (104), 예를 들어, 플라즈마 에칭 챔버를 포함할 수도 있다. 진공 챔버 (104) 는 진공 챔버 (104) 의 내부에서 반도체 기판 (108) 을 지지하기 위한 기판 지지부 (하부 전극 어셈블리) (106) 를 포함할 수도 있다. 유전체 윈도우 (110) 는 진공 챔버 (104) 의 상단 벽을 형성할 수도 있다. 프로세스 가스들은 가스 주입기 (112) 를 통해 진공 챔버 (104) 의 내부 내로 주입될 수도 있다. 가스 전달 시스템 (102) 은 가스 주입기 (112) 를 통해 진공 챔버 (104) 의 내부로 프로세스 가스들을 공급할 수도 있다. 가스 전달 시스템에 의해 진공 챔버의 내부로 공급된 프로세스 가스들의 파라미터들, 예를 들어, 온도, 플로우 레이트, 및 화학적 구성은 제어 시스템 (114) 에 의해 제어될 수도 있다.

- [0042] 일단 프로세스 가스들이 진공 챔버 (104) 의 내부 내로 도입된다면, 프로세스 가스들은 RF 에너지를 진공 챔버 (104) 의 내부 내로 공급하는 안테나 (116) 에 의해 플라즈마 상태로 에너지이징될 (energized) 수도 있다. 안테나 (116) 는 진공 챔버 (104) 내로 RF 에너지를 유도적으로 커플링하도록 RF 전력 소스 (122) 및 RF 임피던스 매칭 회로 (118) 에 의해 전력 공급된 평면 안테나일 수도 있다. 그러나, 대안적인 구현예에서, 안테나 (116) 는 비평면인, 외부 또는 임베딩된 (embedded) 안테나일 수도 있다. 안테나로의 RF 전력의 인가에 의해 생성된 전자기장은 기관 (108) 위에 고밀도 플라즈마, 예를 들어, 10^9 내지 10^{12} ions/cm²을 형성하도록 진공 챔버 (104) 의 내부에서 프로세스 가스를 에너지이징할 수도 있다. 에칭 프로세스 동안, 안테나 (116), 즉, RF 코일은 트랜스포머 내의 1차 코일의 기능과 유사한 기능을 수행할 수도 있지만, 진공 챔버 (104) 내에 생성된 플라즈마는 트랜스포머 내의 2차 코일의 기능과 유사한 기능을 수행한다. 안테나 (116) 는 전기 커넥터 또는 리드 (120) 에 의해 RF 임피던스 매칭 회로 (118) 에 전기적으로 연결될 수도 있고 그리고 RF 전력 소스 (122) 는 전기 커넥터 (124) 에 의해 RF 임피던스 매칭 회로 (118) 에 전기적으로 연결될 수도 있다.
- [0043] 도 2는 본 명세서에 개시된 바와 같이, 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관을 포함한 반도체 기관 프로세싱 장치용 예시적인 가스 전달 시스템 (200) 의 개략도이다. 가스 공급 라인 (214) 을 통해 프로세스 가스가 반도체 기관 프로세싱 장치의 진공 챔버 (210) 에 공급될 수도 있다. 가스 공급 라인 (214) 은 진공 챔버 (210) 의 상부 부분에, 그리고 가스 전달 시스템 (200) 의 다운스트림에 배열된 샤워헤드 또는 가스 주입기와 같은 가스 분배 부재로, 교번하여 공급되거나 펄싱될 수도 있는, 에칭 가스 및/또는 증착 가스와 같은 프로세스 가스들을 제공할 수도 있다. 부가적으로, 가스 공급 라인 (214) 은 예를 들어, 반도체 기관 지지부를 둘러싸는 가스 분배 링으로와 같이, 진공 챔버의 하부 부분으로 또는 기관 지지부 (미도시) 내에 배열된 가스 유출부들을 통해 프로세스 가스를 공급할 수도 있다. 프로세싱 가스는 MFC들 (222, 224, 226, 232) 로 각각 공급될 공급부들 (216, 218, 220, 230) 로부터의 프로세스 가스들과 함께 가스 공급부들 (216, 218, 220, 230) 로부터 가스 라인 (214) 으로 공급될 수도 있다. MFC들 (222, 224, 226, 232) 은 혼합 매니폴드 (228) 로 프로세스 가스들을 공급하고 그 후 혼합된 가스가 가스 플로우 라인 (214) 으로 지향된다. 혼합 매니폴드 (228) 는 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 기관 내에 또는 기관 외부에 있을 수도 있다. 가스 전달 시스템 (200) 은 본 명세서에 개시된 바와 같이, 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 적층된 기관을 포함한다.
- [0044] 도 3은 모듈식 기관 (322) 을 가진 종래 기술의 가스 스틱의 단면 및 이러한 가스 스틱을 통한 가스들의 플로우를 예시한다. 가스는 1차 차단 밸브 (314) 를 통해, 퍼지 밸브 (316) 로부터, 그리고 MFC (318) 내로 플로우 경로 A의 방향으로 흐를 수도 있다. 이어서 가스는 플로우 경로 D로 예시된 바와 같이, MFC (318) 로부터 출구 포트 (300) 를 통해 그리고 모듈식 기관 (322) 내로, 혼합 밸브 (320) 를 통해, 유출부 (326) 로부터, 그리고 혼합 매니폴드 또는 챔버 (미도시) 내로 흐를 수도 있다.
- [0045] 기관 (322) 은 시일들을 사용하여 서로 연결되는 복수의 교체할 수 있는 부품들을 포함하는 모듈식 설계의 기관이고, 시일들 각각은 가스 스틱 어셈블리 내에 잠재적인 고장 지점들을 도입한다. 기관 (322) 이 복수의 부품들로 이루어지기 때문에, 기관 (322) 은 가스 스틱 각각이 어셈블되는 방법의 융통성을 제공하는, LEGO[®] 타입의 구성을 허용한다. 그러나, 이 설계는 가스 공급 컴포넌트들 사이의 플로우 경로가 길어지게 하고, 이는 유체 플로우 경로 길이들을 증가시키고 따라서 가스들의 통과 시간을 증가시키고, 그리고 상기에 논의된 바와 같이, 가스 스틱 내의 복수의 고장 지점들을 도입한다. 종래의 반도체 프로세싱 가스 박스에서, 가스 박스는 나중에 공통 장착 플레이트에 장착되는, 모듈식 기관 (322) 과 같은 개별 기관들 상에 구축된, 개별 가스 스틱들을 포함하고 - 이러한 종래의 가스 박스들에서 유체 플로우 통로들이 개별 기관들에 의해 제공되고 그리고 장착 플레이트에 포함되지 않는다.
- [0046] 도 4 내지 도 6은 모듈식 기관 가스 스틱의 또 다른 예를 도시한다. 도 6에서, 모듈식 기관의 개별적인 피스-부분들은 분해도로 명확히 도시된다. 이러한 모듈식 피스-부분 (325) 각각은 인접한 모듈식 피스-부분 (325) 과 인터록킹하고 (interlock) 그리고 이어서 2 개의 인터록킹된 (interlocked) 피스-부분들 (325) 은 함께 볼트 결합될 수도 있다. 일단 어셈블된 기관이 완성된다면, 그러면 이 예에서, 모든 다양한 타입들의 밸브들인 가스 플로우 컴포넌트들 (323) 이 어셈블된 기관에 어셈블될 수도 있다. 시일들 (327) 은 기밀 시일 인터페이스를 제공하도록 가스 플로우 컴포넌트들 (323) 과 피스-부분들 (325) 사이에 개재될 수도 있다. 이러한 모듈식 가스 스틱 어셈블리를 통한 가스 플로우 경로는 도 4에서 플로우 화살표들에 의해 표현되고; 이 예에서 밸브들의 내부 피쳐들이 도시되지 않지만, 이러한 밸브들은 산업계에서 손쉽게 입수 가능한 임의의 다양한 표면-장착 밸브 기술들일 수도 있다는 것이 이해된다.
- [0047] 가스 공급 컴포넌트들이 기관 내의 채널들을 통해 서로 유체로 연통하도록 가스 공급 컴포넌트들을 수용하고 장

작하기 위해 구성되는 균일한 모놀리식 구조체를 생성하도록 함께 본딩되는 스택된 층들로부터 형성될 수도 있는 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관이 본 명세서에 개시된다. 기관의 적층된 구조체는 가스 채널들 또는 도관들로 하여금 임의의 사이즈로 그리고 임의의 몇몇의 방향으로 생성되게 할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 적층된 기관은 또한 가스 공급 컴포넌트들 사이의 전기 와이어 연결들을 만들기 위한 채널들 또는 도관들을 포함할 수도 있거나 유사한 목적을 위해 기관 내에 임베딩되는 전기 전도체들을 포함할 수도 있다. 추가의 이러한 구현예들 중 일부 대안에서, 적층된 기관은 기관의 층에 라우팅된 (routed) 하나 이상의 채널들 내에 하우징되는 가열기 엘리먼트들 (elements) 을 포함할 수도 있고, 예를 들어, 적층된 기관의 층은 저항성 가열기 엘리먼트를 각각 하우징하는 하나 이상의 구불구불한 채널들을 가질 수도 있다. 일부 대안 또는 추가의 이러한 구현예들에서, 기관은 가스 공급 컴포넌트들 사이에 가압된 공기를 운반하기 위한 채널들 또는 도관들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 기관 내의 채널들 또는 도관들은 공압식 매니폴드와 다이어프램 밸브들, 예를 들어, 온/오프 밸브들 사이에 공압식 공급 연결들을 제공할 수도 있다. 예를 들어, 다이어프램 밸브들은 가스의 플로우를 제어하도록 가압된 공기에 의해 작동되는 솔레노이드를 포함할 수도 있다. 그러므로, 도 3에 도시된 바와 같이, 가스 공급 컴포넌트들은 기관 상에 함께 보다 가깝게 하우징될 수도 있고 그리고 컴포넌트들 사이의 연결들은 기관 (322) 내의 연결들보다 짧게 이루어질 수도 있다.

[0048]

도 7 내지 도 9는 본 명세서에 개시된 바와 같이, 반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 적층된 가스 전달 기관의 예로부터의 층들을 예시한다. 도 7 내지 도 9 각각은 이러한 기관 내에 포함될 수도 있는 단일의 층의 예를 도시하고; 이들 층들은 함께 스택될 수도 있고 (여기에 도시되지 않은 부가적인 층들을 포함함) 그리고 이어서 함께 본딩될 수도 있다. 기관의 층들은 세라믹, 금속, 금속 합금, 유리, 또는 합성물들과 같은 임의의 적합한 재료로 이루어질 수도 있다. 기관의 하나 이상의 층들은 또한 하나 이상의 챔버들 또는 플레넘들, 예를 들어, 혼합 챔버를 포함할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 기관은 혼합 챔버의 부분을 형성하도록 기관의 2 개 이상의 층들을 통해 연장하는 하나 이상의 챔버들 또는 플레넘들을 포함할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 기관은 예를 들어, 층의 채널 내와 같은, 하나 이상의 층들 내에 임베딩되거나 층의 쓰루-홀 내에 하우징된, 하나 이상의 플로우 제한기들, 예를 들어, 하나 이상의 작은 개구부들을 가진 필터 또는 프리트 (frit) 을 가질 수도 있다. 또한, 플로우 스플리터, 예를 들어, T-접합부 (junction), + 접합부, 또는 다른 멀티-경로 접합부는 가스를 방향 전환하기 위해 기관의 하나 이상의 층들 내에 생성될 수도 있다.

[0049]

도 7 내지 도 9에 도시된 바와 같이, 층 (700) 은 복수의 수직 쓰루-홀들 (710) 및 수평 채널들 또는 통로들 (720) 을 포함할 수도 있다. 수직 쓰루-홀들 (710) 은 상이한 층들 내의 채널들 사이, 기관의 마주보는 외측 표면들 상의 포트들 사이, 또는 기관의 외측 표면 상의 포트와 하나 이상의 층들 내의 채널 또는 채널들 사이의 유체적 연통을 제공하도록 가스 도관들로서 구성될 수도 있다 (기관 외측 표면에 기관의 내부 통로 또는 채널을 연결하는 수직 쓰루-홀들은 본 명세서에서 "드롭-홀들"로서 지칭될 수도 있다). 장착 홀들 (708) 은 쓰루-홀들을 제공할 수도 있고 쓰루-홀들을 통해 스레드된 (threaded) 패스너들, 예를 들어, 나사들 또는 볼트들이 기관에 가스 공급 컴포넌트들을 패스닝하거나 부착하도록 삽입될 수도 있다. 장착 홀들 (708) 은 또한 내부 스레드들 또는 스레드된 삽입부들을 가진 블라인드 (blind) 홀들일 수도 있다. 가스 도관들에 대해 사용되는 수직 쓰루-홀들 (710) 은 금속, 유리, 플라스틱, 세라믹, 금속 합금들, 또는 합성물들과 같은 하나 이상의 부가적인 재료들로 코팅될 수도 있다. 도 7 내지 도 9에서, 도 7 내지 도 9에 포함된 "홀 사이즈 안내"에 도시된 바와 같이, 수직 쓰루-홀들 (710) 은 보다 작은-직경의 홀들이고, 그리고 장착 홀들 (708) 은 보다 큰-직경의 홀들이다.

[0050]

수직 쓰루-홀들 (710) 은 임의의 다양한 형상들을 취할 수도 있거나 임의의 다양한 방향들을 따를 수도 있고, 즉, 수직 쓰루-홀들 (710) 은 반드시 수직이도록 (기관에 대해 직교함) 제한되지 않지만, 또한 비스듬히 기울 수도 있거나 다른 기하학적 구조들을 가질 수도 있다는 것이 이해된다. 일부 경우들에서, 복수의 층들의 수직 쓰루-홀들 (710) 은 층들이 함께 본딩될 때 복수의 층들에 걸치는 (span) 기밀 연결을 라인 업하고 (line up) 생성하도록 구성될 수도 있다. 부가적으로, 미리 결정된 층 내의 일부 수직 쓰루-홀들 (710) 은 층의 반대편의 측면 상의 채널들과 연결될 수도 있거나, 층의 마주보는 측면들 상의 2 개의 채널들과 연결될 수도 있다. 수직 쓰루-홀들 (710) 은 또한 원통형이 아닐 수도 있고, 예를 들어, 수직 쓰루-홀들 (710) 은 테이퍼질 수도 있거나, 일 층으로부터 또 다른 층으로 사이즈가 변경될 수도 있고, 예를 들어, 층 스택 내에서 서로 정렬하는 일련의 3 개의 수직 쓰루-홀들 (710) 에 대해, 중간 수직 쓰루-홀 (710) 은, 보다 큰 직경의 프리트 또는 다른 플로우 제한 디바이스 또는 필터 디바이스로 하여금 중간 수직 쓰루-홀 (710) 내로 삽입되게 하는, 보다 큰 직경을 가질 수도 있고, 여기서 프리트 또는 다른 플로우 제한 디바이스 또는 필터 디바이스는 인접한 층들 내의 보다 작은-직경의 수직 쓰루-홀들 (710) 에 의해 제자리에 트랩핑될 (trap) 수도 있다. 일부 구현예들에서, 수직 쓰루-

루-홀들 (710) 은 층의 3차원 공간 내에서 임의의 방향 (예를 들어, X-방향, Y-방향, 및 Z-방향) 으로 수직으로 또는 비스듬히 연장할 수도 있다.

[0051] 또한 도 7에 도시된 바와 같이, 가스 전달 기관의 층은 수평 채널들 (720), 즉, 층의 주 표면(들)의 평면에 대해 평행한 방향들로 층들을 가로지르는 채널들을 포함할 수도 있다. 수평 채널들 (720) 은 선형일 수도 있거나, 곡선형 경로들을 따를 수도 있거나, 복수의 다른 수평 채널들로 스플릿될 (split) 수도 있거나 복수의 다른 수평 채널들과 조인할 수도 있다. 수평 채널들 (720) 은 층 내로 부분적으로 또는 층을 통해 완전히 연장할 수도 있다. 또한, 수평 채널들 (720) 은 수평 채널들 (720) 이 층을 가로지를 때 단면이 가변할 수도 있다. 예를 들어, 수평 채널들 (720) 은 일 단부에서 보다 깊고 그리고 또 다른 단부에서 보다 얇은 깊이를 가질 수도 있고, 잠재적으로 이러한 채널 내의 플로우의 방향에 대해 직교하는, 감소된 또는 증가된 단면적을 발생시킨다. 채널의 기울기는 또한 가변할 수도 있다 (예를 들어, 지그재그이거나, 곡선을 이루거나 높낮이가 있음). 또한, 수평 채널들 (720) 은 층들이 가스 도관을 형성하도록 함께 본딩될 때 또 다른 층의 수직 쓰루-홀들 (710) 및/또는 수평 채널들 (720) 과의 기밀 연결을 생성하도록 구성될 수도 있다. 대안적으로, 수직 쓰루-홀들 (710) 은 가스 도관을 형성하도록, 동일한 층 내, 예를 들어, 동일한 층의 반대편의 측면들 상의 수평 채널들 (720) 에 연결될 수도 있다. 수평 채널들 (720) 은 층의 평면에 대해 평행하게 또는 층의 평면에 대해 임의의 각도로 설정될 수도 있다. 수직 쓰루-홀들 (710) 및 수평 채널들 (720) 의 내부 표면들은 실록산과 같은 내부식성 재료를 사용하여 코팅될 수도 있고, 이러한 처리들을 논의하는 미국 특허 출원 공보 번호 제 2011/0259519 호를 참조하고, 본 개시는 전체가 참조로서 본 명세서에 인용한다. 일부 경우들에서, 층들의 주 표면들에 대해 수직인 방향에서 볼 때, 수평 채널들은 부분적으로 또는 완전히 오버랩할 수도 있고, 다른 층들 내 또는 층의 반대편의 측면 상의 다른 수평 채널들은 이러한 수평 채널들을 갖는다. 또한, 일부 수평 채널들은 다른 수평 채널들 및/또는 일부 수직 채널들을 크로스 오버할 수도 있다. 이 방식으로, 가스 공급 컴포넌트들 사이의 연결들은 공간을 절약하고 그리고 기관의 전체 풋프린트 (footprint) 를 감소시키도록, 보다 효율적으로 라우팅될 (routed) 수도 있다.

[0052] 이전에 논의된 바와 같이, 수평 채널들 (720) 은 층 내에서 임의의 경로, 예를 들어, 곧은, 직선의, 구불구불한, 휘어진, 굽은, 또는 곡선형 경로를 따를 수도 있다. 예를 들어, 수평 채널들 (720) 은 공통 지점으로부터 방사상으로 연장할 수도 있고 그리고 이어서 예를 들어, J-형상의 경로들의 방사상 어레이를 형성하도록 굽은 경로를 따를 수도 있다.

[0053] 층들 중 하나 이상은 또한 혼합 챔버 또는 매니폴드로서 기능할 수도 있는 보다 큰 볼륨을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 점선으로 된 원 및 참조번호 712로 나타낸, 도 9에 도시된 층에서 8 개의 스포크 (spoke) 채널들 (720) 이 방사상으로 퍼지는 (radiate) 중심 "허브"가 혼합 챔버 또는 매니폴드로서 기능할 수도 있다.

[0054] 도 10 및 도 11은 복수의 층들이 함께 본딩되기 전에 이들 층들을 포함하는 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관의 예를 도시한다. 도 10 및 도 11은 기관 (700) 의 상이한 층들 (700A 내지 700F) 을 도시하고; 도 10은 일 측면으로부터의 등각 분해도를 도시하고, 그리고 도 11은 다른 측면으로부터의 등각 분해도를 도시한다. 이 예에서, 채널들 (720) 은 동일한 방향으로 향하는 층들의 표면들 상에 모두 위치되지만, 다른 구현예들에서, 채널들 (720) 의 일부는 채널들 (720) 을 가진 층들의 다른 표면들로부터 반대편의 방향들로 향하는 층들의 표면들 상에 위치될 수도 있다. 일반적으로 말하면, 층 각각 내의 수직 쓰루-홀 (710) 및 채널 (720) 각각은 적어도 하나의 인접한 층 내의 대응하는 수직 쓰루-홀 (710) 과 라인 업될 수도 있다. 도시된 바와 같이, 기관 (700) 은 가스 플로우 스트림들을 위한 목표된 전송 경로들을 달성하도록 필요한 만큼의 많은 층들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 기관 (700) 은 이 예에서, 외측 층들 (700A 및 700F), 및 내측 층들 (700B 내지 700E) 을 포함한, 6 개의 층들 (700A 내지 700F) 을 포함한다. 기관의 층 각각은 수직 쓰루-홀들 및/또는 수평 채널들을 가질 수도 있다. 또한, 층 각각은 예를 들어, 일 층을 통해 부분적으로 또는 하나 이상의 층들을 통해 완전히 연장할 수도 있는 혼합 챔버 (712) 와 같은, 하나 이상의 챔버들 또는 플레넘들을 포함할 수도 있다. 적층된 기관의 층들을 만들도록 사용된 재료들에 따라, 층들은 소성, 소결, 접착, 마찰 용접, (고온 등압 압축을 통해서와 같은) 압착, 용접, 솔더링, 저온 스프레이, 및 열 처리, 초음파 용접, 냉각, 납땜, 또는 확산 본딩을 통해 함께 본딩될 수도 있다. 층 각각에 대해 적절한 재료 그리고 본딩 재료를 선택함으로써, 기관은 또한 고가의 금속 합금들, 예를 들어, Hastelloy[®], 또는 스테인리스 강, 예를 들어, 316을 회피함으로써 비용을 감소시키면서 개선된 내부식성 및 가스 순도를 가질 수도 있다. 대안적으로, 층들은 클램프들, 볼트들, 나사들, 리벳들, 또는 쓰루-볼트들과 같은 임의의 기계적 수단을 통해 함께 클램핑될 수도 있다.

[0055] 도 12 및 도 13은 모놀리식 기관 구조체 (700) 를 형성하도록 함께 본딩된 도 10 및 도 11의 가스 전달 기관 층

들을 예시한다. 기관 (700) 의 층들은 층들이 함께 본딩될 때, 층들이 균일한, 모놀리식 구조체를 형성하도록 동일한 재료로 이루어질 수도 있다 (재료, 예를 들어, 접착 또는 납땜 재료가 본딩을 용이하게 하도록 사용될지라도, 이러한 재료는 층 재료와 상이할 수도 있음). 기관의 층 각각은 균일한 두께 또는 불균일한 두께를 가질 수도 있다. 대안적으로, 상이한 재료들은 층 각각에 대해 사용될 수도 있다. 예를 들어, 외측 층들은 내측 층들보다 고품질 재료로 형성될 수도 있고 그 역도 그러하다. 또한, 층들은 동일한 전체 형상들 또는 상이한 전체 형상들 또는 구성들을 가질 수도 있다. 예를 들어, 2 개의 보다 작은-면적의 층들 양자는 공통의, 보다 큰 층의 동일한 측면에 본딩될 수도 있다. 또 다른 예에서, 일 층은 직사각형 형상을 가질 수도 있지만 또 다른 층은 원형 형상을 가질 수도 있다.

[0056] 도 12 및 도 13에서 보이는 바와 같이, 일단 층들이 함께 본딩된다면, 기관 내의 채널들 (720) 은 시일링 오프되고 (sealed off), 장착 홀들 (708) 을 통해 기관 (700) 에 장착될 수도 있는 유체 플로우 컴포넌트들과 이들 채널들 (720) 사이의 유일한 유체적 연결부로서 수직 쓰루-홀들 (710) 을 남긴다.

[0057] 기관은 기관이 기관의 최상단 및/또는 최하단 층의 노출된 외측 주 표면들 상에 가스 공급 컴포넌트들을 수용하고 장착하도록 구성되게 형성될 수도 있다. 또한, 기관의 하나 이상의 측면들이 가스 공급 컴포넌트들을 수용하고 장착하도록 구성되게, 3 개의 측면들 또는 그 이상의 측면들 (예를 들어, 삼각형 형상, 직사각형, 오각형, 육각형, 등) 을 가진 기관이 형성될 수도 있다. 대안적으로, 적층된 기관은 원형, 타원형 또는 커브형 형상 (예를 들어, 단일의 수직 측면) 으로 형성될 수도 있다. 또한, 기관은 편평한 각이 진 측면들 및 굽은 측면들 (예를 들어, "D" 형상) 의 혼합으로 형성될 수도 있다. 또한, 기관은 기관이 하나 이상의 가스 유입부들 및 하나 이상의 가스 유출부들을 갖게 구성되도록 형성될 수도 있다. 가스 유입부들 및 유출부들은 임의의 층에 또는 기관의 2 개 이상의 층에 걸쳐 포함될 수도 있다. 가스 유출부들은 하나 이상의 가스 라인들 및/또는 프로세싱 챔버 다운스트림에 연결되도록 구성될 수도 있다.

[0058] 도 14는 도 10 내지 도 13의 기관 (700) 내에 위치한, 유체 플로우 도관들, 예를 들어, 채널들 및 수직 쓰루-홀들의 3 차원 투시도를 도시한다. 도 14는 기관 자체를 도시하지 않고, 또는 장착 홀들을 도시하지 않는다. 도 14는 용융된 재료가 기관 내의 모든 플로우 도관들을 통해 흐르게 되고 그리고 냉각되고 고체로 단단해지게 허용되고, 그리고 이어서 기관이 냉각된, 고체 재료를 손상시키지 않고 나중에 제거된다면 발생할 구조체의 도시로서 고려될 수도 있다. 보이는 바와 같이, 도관들은 서로 오버랩하거나, 서로 교차하거나, 서로 크로스 오버, 등을 하는 복잡한 경로들을 따를 수 있다. 게다가, 이들 도관들의 특정한 부분들은 개별적인 가스 플로우 경로 각각에 대해 동일할 수도 있다. 예를 들어, 도관 네트워크의 중심 근방의 혼합 챔버로부터 외측으로 방사상으로 퍼지는 8 개의, 굽은 방사상 스포크 채널들 각각은 동일한 길이이고, 그리고 기관의 마주보는 측면들 상에 장착된 16 개의 온/오프 밸브들의 상이한 쌍의 온/오프 밸브들과 연결될 수도 있는 수직 쓰루-홀들과 연결된다. 이들 온/오프 밸브들 각각은 결국 혼합 챔버 주위에서 방사상 어레이로 배열되는 16 개의 동일한 J-형상의 채널들 중 일 채널과 또 다른 수직 쓰루-홀을 통해 연결될 수도 있다. J-형상의 채널 각각은 결국 기관의 마주보는 측면들 상에 장착되는 16 개의 MFC들 중 상이한 MFC와 또 다른 수직 쓰루-홀을 통해 연결될 수도 있다. J-형상의 채널들 및 굽은 방사상 스포크 채널들, 및 밸브들과 MFC들과 상기 채널들을 연결하는 수직 쓰루-홀들은, 모두 MFC들로부터 계량되는 가스의 통과 시간 및 전달 지연이 MFC들 또는 밸브들의 장착 위치들에 따라 결정되지 않도록 동일할 수도 있다 (또는 서로 미리 이미지들임). 그러나, MFC들의 업스트림에서, 채널들 및 수직 쓰루-홀들은 플로우 경로마다 길이 및 구성/형상에 있어서 상이할 수도 있다. 그러나, 이들 차들이 존재한다면, 이들 차들은 MFC들의 업스트림에 있기 때문에, 이러한 차들은 혼합 챔버 내로의 가스들의 통과 시간 또는 전달 지연의 차들을 유발하지 않을 것이다. 도 14에서, 밸브들 또는 MFC들에 의해 제공되는 채널들/수직 쓰루-홀들 사이의 연결들의 일부는 (플로우의 방향을 나타내는 화살표들을 사용하여) 점선들에 의해 나타내진다.

[0059] 도 14에서 보이는 바와 같이, 복수의 수직 쓰루-홀들은 가스 유입부들 (1420) 로서 기능할 수도 있고; 가스 유입부 (1420) 각각은 가스 유입부 (1420) 에 인터페이스된 프로세스 가스에 연결된 수동 차단 밸브를 가질 수도 있고 그리고 결국 채널 (1440) 의 반대편의 단부에 위치한 또 다른 수직 쓰루 홀과 유체적으로 연결될 수도 있는 업스트림 가스 공급 채널 (1440) 에 유체적으로 연결될 수도 있고; 이 수직 쓰루-홀은 MFC에 연결될 수도 있고, MFC의 출구는 수직 쓰루-홀들 (1460) 과 유체적으로 연결될 수도 있고, 수직 쓰루-홀들 (1460) 은 도시된 예에 도시된 바와 같이, J-형상의 통로들과 유체로 연통할 수도 있다. J-형상의 통로 각각은 수직 쓰루-홀들 (1460) 중 하나를 차단 밸브와 인터페이스될 수도 있는 또 다른 수직 쓰루-홀과 유체적으로 연결할 수도 있고, 차단 밸브는 혼합 챔버 (1430) 로 이어지는 방사상 채널들 (1450) 중 일 방사상 채널과 연결될 수도 있고; 혼합 챔버 (1430) 는 또 다른 채널에 의해 유출부 (1470) 에 유체적으로 연결될 수도 있다.

[0060] 기관의 층들 내에 도관들을 하우징하는 것에 더하여, 기관의 하나 이상의 층들은 가스 플로우 스플리터 (예를

들어, 도 11의 스플리터 (701) 참조), 가열기, 제한기 (예를 들어, 하나 이상의 작은 홀들을 가진 필터), 및/또는 가스 혼합 매니폴드를 포함할 수도 있다. 일 구현예에서, 기관의 층들은 공기 도관들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 공기 도관들은 공압식 매니폴드로 하여금 기관 상에 장착된 다이어프램 밸브들 또는 공기 액추에이터들에 연결되고 기관 상에 장착된 다이어프램 밸브들 또는 공기 액추에이터들을 제어하게 할 수도 있다.

[0061] 도 15는 도 12의 예시적인 가스 전달 기관의 평면도를 도시한다. 보이는 바와 같이, 파선들로 도시된, 가스 전달 기관 내의 채널들은 서로의 위 또는 아래로 지나갈 수도 있고, 때로는 상이한 높이들에서 공통 경로들을 따를 수도 있고, 그렇지 않으면 종래의 가스 스틱 구현예들을 사용하여 달성되기 어렵거나 불가능한 플로우 기하학적 구조들을 달성할 수도 있다.

[0062] 도 16 및 도 17은 반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 연관된 가스 공급 컴포넌트들을 가진, 본 명세서에 기술된 바와 같은, 가스 전달 기관의 구현예의 등각도들을 도시한다. 도 16은 가스 전달 시스템 (1600)을 형성하는 가스 전달 기관 (1602)의 등각도이고, 그리고 도 17은 기관 (1602)의 등각 분해도이다. 논의된 바와 같이, 기관은 다양한 상이한 가스 공급 컴포넌트들을 수용하고 장착하도록 구성될 수도 있고; 시일 (1654)은 누출 밀봉 시일을 제공하도록 가스 공급 컴포넌트 각각과 세라믹 기관 (1602) 사이에 샌드위치될 수도 있다. 도시된 특정한 구현예에서, 기관의 측면들 양자 상의, 많은 가스 공급 컴포넌트들, 예를 들어, 밸브들 (1610) 및 MFC들 (1608)의 위치들은, 단일의 세트의 패스너들 ((1646) (볼트들) 및 (1650) (너트들))이 기관에 2개의 마주보는 가스 공급 컴포넌트들을 장착하도록 사용될 수도 있게 매칭되고 - 이것은 도 17의 분해도에서 보다 명확히 분명해질 수도 있다. 다양한 상이한 타입들의 표면-장착 가스 공급 또는 가스 플로우 컴포넌트들 (예컨대, 밸브들 (1610) 및 MFC들 (1608))은 이로 제한되지 않지만, VCR (vacuum coupling radiation) 피팅들, 전자적으로 동작된 가스 밸브들, 공압식으로 동작된 가스 밸브들, 수동으로 동작된 가스 밸브들, 가스 압력 조절기들, 가스 필터들, 퍼지 가스 공급 컴포넌트들, 가스 플로우 제한기들, 및/또는 압력 트랜스듀서들을 포함한 가스 전달 기관에 장착될 수도 있다는 것이 이해된다. 가스 전달 기관 (1602)은 복수의 가스 유입부들 (1612)을 통해 프로세스 가스들을 수용할 수도 있다. 예를 들어, 가스 공급 컴포넌트들은 기관의 임의의 측면 상의 상이한 섹션들에 조직될 수도 있다. 또한, 기관은 가스로 하여금 기관을 나가게 하기 위한 하나 이상의 가스 유출부들 또는 개구부들을 갖게 구성될 수도 있다. 유출부들은 기관의 임의의 측면 상에 포함될 수도 있다. 가스 유출부들은 하나 이상의 가스 라인들 및/또는 프로세싱 챔버 다운스트림에 연결되도록 구성될 수도 있다.

[0063] 상이한 컴포넌트들이 상이한 가스 라인들 사이에서 공유될 수도 있도록 가스 전달 기관은 가스 공급 컴포넌트들을 수용하고 장착하도록 구성될 수도 있다. 이 설계는 공간을 절약할 수도 있고 그리고 비용을 감소시킬 수도 있으면서 또한 가스 펄싱 및 스위칭 시간들을 감소시킨다. 또한, 도 16 및 도 17은 기관 상에 방사상 또는 원형 어레이 배열로 일부 가스 공급 컴포넌트들을 수용하고 장착하도록 구성되는 기관의 예를 예시한다. 즉, 가스 공급 컴포넌트들의 일부는 기관 내의 혼합 챔버와 같은, 공통 지점 주위에서 링 대형으로 배열될 수도 있다. 예를 들어, 기관은 MFC들과 혼합 챔버 사이에 개재된 온/오프 밸브들 및/또는 MFC들로부터 가스 유입부들이 중심 혼합 챔버로부터 균등하게 이격되는 혼합 챔버 (712)와 유사한 멀티-유입부 혼합 챔버를 포함할 수도 있다. 이러한 배열에서, 전체 가스 중에 대한 길이 스케일들은 0에 다가가거나 0이다.

[0064] 예를 들어, 기관 내의 혼합 매니폴드는 기관의 하나 이상의 층들 내의 피처들에 의해 규정된 원통형 또는 구형 혼합 챔버를 포함할 수도 있고, 그리고 가스 유입부들은 기관의 임의의 측면 상에서 원주로 이격된 위치들에 위치될 수도 있다. 모든 가스 공급 플로우 경로들이 방사상 스포크 배열로 종결됨에 의해, 개별적인 가스 스틱들이 콤 (comb)의 "가지들 (tines)"을 형성하고 그리고 혼합 챔버가 콤의 "스파인 (spine)"에 의해 형성되는 종래의 "콤" 방식과 대조적으로, 구형 또는 원통형 혼합 챔버가 사용될 수도 있다. 게다가, 혼합 챔버 볼륨은 전통적으로 가스 박스들에서 행해지는 바와 같이, 서로 나란히 레이아웃된 큰 수, 예를 들어, 16개의 가스 스틱들과 유체적으로 연결되는 혼합 챔버와 비교할 때 상당히 보다 작을 수도 있다. 이러한 방사상 배열은 고 플로우 가스 및 저 플로우 가스로 하여금 효과적으로 즉시 혼합되게 하고, 그리고 공-플로우 효과들, 즉, 가스 포지션 또는 위치에 기인한 가스 혼합 지연들로 하여금 거의 또는 완전히 제거되게 한다.

[0065] 일부 구현예들에서, 수동 밸브는 특정한 가스 공급의 공급 또는 중단 (isolation)을 실행하기 위해 가스 전달 기관 상에 장착될 수도 있다. 수동 밸브는 또한 로크아웃 (lockout)/태그아웃 (tagout) 디바이스를 수동 밸브 위에 가질 수도 있다. 노동자 보안 규정들은 종종 플라즈마 프로세싱 제작 장비가 로크아웃/태그아웃 메커니즘과 같은, 우연한 활성화 방지 능력을 포함한다고 지시한다. 로크아웃은 일반적으로 예를 들어, 안전한 포지션에 에너지 격리 디바이스를 홀딩하도록, 포지티브 수단, 예컨대, 로크 (lock), 키 또는 조합 타입을 사용하는 디바이스를 지칭한다. 태그아웃 디바이스는 일반적으로 예를 들어, 확립된 절차에 따라 에너지 격리 디바이스

에 단단히 패스닝될 수도 있는 태그 및 부착 수단과 같은, 모든 두드러진 경고 디바이스를 지칭한다.

[0066] 조절기는 가스 공급부의 가스 압력을 조절하도록 가스 전달 기관 상에 장착될 수도 있고 그리고 압력 가스는 가스 공급부의 압력을 모니터링하도록 사용될 수도 있다. 구현예들에서, 압력이 미리 설정될 수도 있고 그리고 조절될 필요가 없을 수도 있다. 다른 구현예들에서, 압력을 디스플레이하도록 디스플레이를 가진 압력 트랜스듀서가 사용될 수도 있다. 압력 트랜스듀서는 조절기 옆에 포지셔닝될 수도 있다. 필터는 공급 가스 내의 불순물들을 제거하도록 사용될 수도 있다. 1차 차단 밸브는 모든 부식성 공급 가스들이 기관 내에 남아 있는 것을 방지하도록 사용될 수도 있다. 1차 차단 밸브는 예를 들어, 밸브로 하여금 비활성화되게 (폐쇄되게) 하고, 결국 기관 내의 가스 플로우를 실질적으로 중단하는 자동의 공압식으로 동작된 밸브 어셈블리를 가진 2-포트 밸브일 수도 있다. 일단 비활성화된다면, 질소와 같은 비-부식성 퍼지 가스는 기관 내의 하나 이상의 부분들을 퍼지하도록 사용될 수도 있다. 퍼지 가스 컴포넌트 및 기관은 예를 들어, 퍼지 프로세스를 제공하도록 3 개의 포트들 (즉, 입구 포트, 출구 포트, 및 배출 포트) 을 가질 수도 있다.

[0067] MFC (mass flow controller) 는 퍼지 밸브에 인접하게 위치될 수도 있다. MFC는 공급 가스의 플로우 레이트를 정확하게 측정한다. MFC 옆에 퍼지 밸브를 포지셔닝하는 것은 사용자로 하여금 MFC 내의 모든 부식성 공급 가스들을 퍼지하게 한다. MFC 옆의 혼합 밸브는 기관 상에서 다른 공급 가스들과 혼합될 공급 가스의 양을 제어하도록 사용될 수도 있다. 일 구현예에서, MFC의 일부분은 기관의 하나 이상의 층들 내에 구축될 수도 있다. 예를 들어, 플로우 제한기 (예를 들어, 하나 이상의 작은 홀들을 가진 필터) 또는 플로우 방향 전환기는 기관의 하나 이상의 층들 내에 구축될 수도 있다.

[0068] 구현예들에서, 개별 MFC는 가스 공급 각각을 독립적으로 제어할 수도 있다. 예시적인 가스 컴포넌트 배열들, 및 가스 전달을 위한 방법들 및 장치들은 예를 들어, 미국 특허 출원 공보 번호 제 2010/0326554 호, 미국 특허 출원 공보 번호 제 2011/0005601 호, 미국 특허 출원 공보 번호 제 2013/0255781 호, 미국 특허 출원 공보 번호 제 2013/0255782 호, 미국 특허 출원 공보 번호 제 2013/0255883 호, 미국 특허 번호 제 7,234,222 호, 미국 특허 번호 제 8,340,827 호, 및 미국 특허 번호 제 8,521,461 호에 기술되고, 이들 각각은 공통으로 양도되고, 그리고 그 전체 개시들은 전체가 본 명세서에 참조로서 인용된다.

[0069] 다른 구현예들에서, MFC들은 가스 각각에 대한 목표된 플로우 설정값을 개시하도록 (initiate) 그리고 이어서 가스 전달 기관 내의 혼합 매니폴드 또는 챔버의 중간 혼합 동안 각각의 가스들을 방출하도록 사용될 수도 있다. 개별적인 가스 플로우 측정 및 제어는 각각의 MFC 각각에 의해 수행될 수도 있다. 대안적으로, 단일의 MFC 제어기는 복수의 가스 라인들을 동작할 수도 있다.

[0070] 일부 구현예들에서, 기관에 장착되는 MFC들은 리모트 서버 또는 제어기에 의해 제어될 수도 있다. MFC들 각각은 고 플로우 MFC 또는 저 플로우 MFC로서 수행될 능력을 가진 넓은 범위의 MFC일 수도 있다. 제어기는 MFC들 각각 내의 가스의 플로우 레이트를 제어하고 변화시키도록 구성될 수도 있다.

[0071] 본 개시는 구현예들에서, 플라즈마 프로세싱 장치의 프로세싱 챔버로 프로세스 가스를 공급하기 위한 반도체 프로세싱 장치용 가스 전달 시스템의 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관을 사용하는 방법을 더 제공한다. 이러한 방법은 예를 들어, 기관 상에 장착된 가스 공급 컴포넌트들 사이의 상이한 가스들을 기관 내의 도관들을 통해 기관 내의 혼합 매니폴드 또는 챔버로 전달하는 단계를 포함할 수도 있다. 처음에, 가스들은 기관의 표면 상의 복수의 가스 유입부들을 통해 기관으로 전달된다. 혼합 매니폴드 또는 챔버 내의 혼합 후, 가스들은 하나 이상의 유출부들을 통해 기관을 나간다. 가스 중 각각의 길이 스케일이 동일하고 그리고 가스가 가스 공급부들로부터 기관 내의 혼합 매니폴드로 흐를 때, 가스 각각에 대한 가스 전달 시간이 동일하도록, 가스 유입부들은 혼합 매니폴드의 중심 혼합 챔버로부터 균등하게 이격될 수도 있다. 대안적으로, 가스 공급 컴포넌트들 및 가스 유입부들은 선형 배열 또는 비선형 배열로 이격될 수도 있다.

[0072] 이러한 방법은 예를 들어, 수직 쓰루-홀들을 가진 제 1 층, 수직 쓰루-홀들 및 수평 가스 채널들을 가진 제 2 층, 및 수직 쓰루-홀들을 가진 제 3 층을 포함한 가스 전달 기관을 통해 가스를 전달하는 단계를 더 포함할 수도 있다. 제 2 층의 수평 가스 채널들이 제 1 층 및/또는 제 3 층 내의 수직 쓰루-홀들 중 적어도 일부와 유체로 연통할 수도 있도록, 기관의 제 1 층, 제 2 층, 및 제 3 층이 함께 본딩될 수도 있다. 방법은 복수의 가스 공급 컴포넌트들 사이의 가스를 기관의 제 2 층 및 제 1 층 및/또는 제 3 층을 통해 전달하는 단계를 더 포함한다. 또한, 가스 전달 기관은 가스로 하여금 하나 이상의 가스 라인들로 또는 다운스트림 프로세싱 챔버로 기관에서 나가게 하기 위한 하나 이상의 개구부들을 포함할 수도 있다.

[0073] 또한, 본 개시는 가스 공급 컴포넌트들을 장착하기 위한 가스 전달 기관을 통해 플라즈마 프로세싱 장치의 프로

세싱 챔버로 프로세스 가스를 공급하는 방법을 제공한다. 이러한 방법은 예를 들어, 가스 공급 컴포넌트들을 장착하고 그리고 적어도 하나의 혼합 챔버 및 적어도 하나의 혼합 챔버로부터의 유출부를 갖기 위한 기관의 표면 상의 복수의 가스 유입부들과 유체로 연통하는 복수의 가스 공급부들로부터의 가스들의 전달 단계; 혼합 챔버 내에 가스 혼합물을 생성하도록 적어도 2 개의 상이한 가스들을 복수의 가스 공급부들로부터 기관으로 흘리는 단계; 및 기관의 가스 전달 기관 다운스트림과 유체적으로 커플링된 플라즈마 프로세싱 챔버로 가스 혼합물을 공급하는 단계를 포함할 수도 있다. 일부 구현예들에서, 가스 혼합물은 다운스트림 프로세싱 챔버로의 전달 전에 튜닝 가스와 결합될 수도 있다.

[0074] 일부 이러한 구현예들에서, MFC들은 적어도 2 개의 상이한 가스들 각각에 대한 플로우 설정값들을 개시할 수도 있고 그리고 기관 내의 혼합 챔버의 중간 혼합 동안 동시에 적어도 2 개의 상이한 가스들을 방출할 수도 있다. 가스들 중 일 가스는 혼합 챔버로 전달될 수도 있는 튜닝 가스일 수도 있다.

[0075] 일부 구현예들에서, 가스는 기관의 표면 상의 복수의 가스 유입부들/개구부들을 통해 기관에 진입할 수도 있고 그리고 기관 내의 혼합 챔버에 진입할 수도 있다. 이어서 가스 혼합물은 혼합 챔버로부터 하나 이상의 출구 유출부들/개구부들을 통해 기관을 나갈 수도 있다. 기관을 나간 후, 가스는 하나 이상의 가스 라인들로, 또는 바로 프로세싱 챔버로 전달될 수도 있다. 혼합 챔버는 기관의 하나 이상의 층들 내에 제공될 수도 있거나 기관 외부에 있을 수도 있다. 다른 구현예들에서, 가스는 가스들 또는 혼합된 가스들의 또 다른 어레이, 가스 공급 컴포넌트들이 장착된 또 다른 기관, 또는 가스 스틱에 추가될 수도 있다.

[0076] 상기 모놀리식 또는 적층된 기관 개념들은 반도체 프로세싱 툴의 복수의 상이한 프로세스 가스들을 제어하기 위한 컴포넌트들로 하여금 동일한 컴포넌트, 즉, 모놀리식 또는 적층된 기관에 장착되게 할 수도 있다는 것이 이해된다. 반도체 프로세싱 툴들에 대한 이전의 가스 분배 시스템들에서, 프로세스 가스 각각은 통상적으로 개별 가스 스틱에 의해 핸들링되었고, 즉, 가스 플로우 각각을 제어하기 위한, 밸브들, MFC(들), 등은 일부 예들에서, 도 3에 도시된 바와 같이 모듈식 기관 엘리먼트들로부터 구축되는 별개의 기관에 장착되었다. 일부 통상적인 장치들에서, 이러한 별개의 가스 스틱들 (및 가스 스틱들의 별개의 기관들) 은 선형 어레이로 배열되었고, 가스 스틱 각각은 공통 혼합 라인 내로 티잉 (teeing) 된다 (훨씬 보다 작은 혼합 챔버와 대조적임). 그 결과, 종래의 가스 박스에 대한 혼합 볼륨은 선형 어레이로 가스 스틱 각각에 연결되는 긴 튜브 또는 플로우 채널에 의해 통상적으로 제공되었고 - 그러므로, 종래의 가스 박스 내의 혼합 볼륨은 전체적으로, 적어도 나란한 가스 스틱들의 폭만큼 긴 튜브 또는 플로우 통로일 수도 있다. 예를 들어, 가스 스틱 각각의 폭이 1.5"이고, 그리고 16 개의 가스 스틱들이 있다면, 그러면 종래의 시스템에서 혼합 볼륨은 길이가 적어도 24"인 가스 통로일 수도 있고; 가스 통로가 이 길이를 따른 직경에 있어서 명목상 0.25"이라면, 그러면 이러한 통로의 혼합 볼륨은 4.7 입방 인치보다 크다.

[0077] 비교해볼 때, 본 명세서에 개시된 바와 같이, 모놀리식 또는 적층된 기관은 플로우 통로들 및 가스 플로우 컴포넌트들의 방사상 어레이들을 허용할 수도 있고, 이는 결국 훨씬 보다 작은 면적에 집중될 수도 있고 그리고 따라서 예를 들어, 1 입방 인치 미만인 훨씬 보다 작은 볼륨일 수도 있는 혼합 볼륨을 허용한다. 이 보다 작은 혼합 볼륨 사이즈는 퍼지 시간들, 뿐만 아니라 혼합 챔버 내로 흐르는 가스들을 실질적으로 혼합하는데 필요한 시간들을 감소시킨다. 상기에 논의된 바와 같이, 가스 플로우 컴포넌트들의 방사상 어레이에 의해 제공된 또 다른 이득은 프로세스 가스 플로우 경로 각각에 대한 마지막 유체 플로우 컴포넌트와 혼합 챔버 사이의 최종 이동 거리가 프로세스 가스에 대해 같게 될 수도 있다는 것이고, 이는 혼합 챔버로의 프로세스 가스 각각의 통과 시간들을, 가스 플로우 컴포넌트 어레이 내의 프로세스 가스에 대한 터미널 가스 플로우 컴포넌트들의 방사상 포지셔닝에 둔감하게 만든다.

[0078] 본 명세서에 기술된 바와 같이, 적층된 기관들은 1차 차단 밸브의 다운스트림의 대부분 또는 모든 가스 플로우 컴포넌트들, 즉, 가스 스틱 내에 통상적으로 포함된 대부분 또는 모든 가스 플로우 컴포넌트들, 가스 분배 시스템에 대한 대부분 또는 모든 프로세스 가스 공급 라인들로 하여금 일 공통 기관에 장착되게 할 수도 있다는 것이 이해된다. 예를 들어, 적층된 기관 컴포넌트를 사용하여 16 개의 별개의 가스들을 분배하는 가스 분배 시스템에서, 12, 14, 또는 16 개의 이들 가스들에 대한 가스 플로우 컴포넌트들이 동일한 기관에 장착될 수도 있다.

[0079] 세라믹 기관들에 대한 특정한 고려사항들

[0080] 상기에 논의된 바와 같이, 본 명세서에 기술된 멀티-적층된 기관 가스 분배 시스템들은 일부 구현예들에서, 함께 본딩되거나 그렇지 않으면 기관의 외부 표면들이 세라믹이도록 제작되는 세라믹 층들로 이루어질 수도 있다. 그러나, 세라믹 재료들은 머신 가능한 금속들과 같은 많은 종래의 재료들로 이러한 기관들을 만들 때 발생하지 않는 복잡성을 이러한 기관들의 제작시 도입할 수도 있는 일부 유일한 제작 과제들을 갖는다.

- [0081] 세라믹스는 소결된 재료들이고, 즉, 가루형 세라믹 재료는 일부 유형의 형태로 성형되고 그리고 이어서 세라믹 입자들을 응집성 고체로 퓨징하도록 (fuse) 고온에서 가열되거나 "소성된다". 소성되지 않은 상태 또는 "그린 (green)" 상태에서, 세라믹스는 통상적으로 저 강도이고 그리고 손쉽게 머시닝될 수도 있다. 소성된 상태에서, 세라믹스는 훨씬 보다 강하지만 통상적으로 또한 보다 부서지기 쉽다. 게다가, 소성 프로세스에서, 대부분의 세라믹 재료들은 예를 들어, 20 % 까지 상당한 수축을 겪는다. 이러한 수축은 균일하지 않을 수도 있고, 이는 부가적인 이슈들을 도입할 수도 있다.
- [0082] 그린 세라믹스의 머시닝은 종래의 머시닝 기법들, 예를 들어, 밀링, 보어링 (boring), 드릴링, 등을 사용하여, 또는 레이저 커팅 (laser cutting) 과 같은 보다 진보된 기법들에 의해 수행될 수도 있다. 그러나, 이들 기법들은 거친 표면 피니쉬 (finish) 를 남길 수도 있다. 예를 들어, 레이저 커팅에서, 레이저 커팅 프로세스로부터의 탈기는 레이저 빔 강도, 폭, 및 포커싱의 변동들을 유발할 수도 있고, 이는 거친 표면 피니쉬를 발생시키는 작은 표면 불규칙성들을 발생시킬 수도 있다. 그린 세라믹의 입상 특성은 또한 - 세라믹이 종래의 기법들을 사용하여 머시닝될지라도 - 머시닝된 금속과 비교할 때, 세라믹 부품의 증가된 표면 거칠기에 대한 원인이 될 수도 있다.
- [0083] 시일링
- [0084] 세라믹 기판을 특징으로 하는 가스 분배 시스템을 사용하여 발생하는 일 이슈는, 플로우 제어 컴포넌트들과 세라믹 기판 사이에 기밀 시일이 존재하도록 예를 들어, 표면-장착 밸브 인터페이스들을 가진 밸브들, MFC들, 등과 같은 플로우 제어 컴포넌트들을 세라믹 기판에 장착하는 이슈이다. 종래의 가스 스틱 장치에서, 금속 C-시일들 또는 다른 취성, 금속 시일들은 통상적으로 이러한 목적들을 위해 사용되고; 취성 금속 시일들은 종래의 가스 스틱 장치들에서 사용되는 금속 기판들과 가스 플로우 컴포넌트들의 금속 베이스들 사이에 개재되고 이어서 압축되고, 이는 시일들을 변형하고 그리고 기밀 시일 인터페이스를 형성한다. 그러므로, 종래의 가스 스틱 장치에서 시일링 인터페이스는 통상적으로 금속-금속-금속 콘택트 장치이다. 이러한 시일링 인터페이스들은 통상적으로 취성 금속 시일의 외경에 기초하여, 가스 플로우 컴포넌트 베이스 및 금속 기판 양자에 기초하여 통상적으로 사이징된 얇은 카운터보어 피처를 제공함으로써 제공된다. 시일링 표면들과 관련된 본 명세서의 논의는 C-시일들, W-시일들, 및 다른 시일 타입들을 포함하는, 다양한 상이한 취성 금속 시일들을 활용하는 시일들에 적용될 수도 있다. 다음의 논의 및 예들이 C-시일들을 특징으로 할지라도, 본 명세서에 논의된 시일 대면 준비 기법들은 다른 타입들의 취성 금속 시일들을 활용하는 시일들에 적용될 수도 있다는 것이 이해된다.
- [0085] 도 18은 가스 공급 컴포넌트와 금속 베이스 사이의 통상적인 C-시일 인터페이스의 분해된 단면도를 도시한다. 도 19는 도 18의 어셈블된 C-시일 인터페이스의 단면도를 도시한다. 금속으로 이루어질 수도 있는 가스 공급 컴포넌트 (1858) 는 금속 베이스 (1860) 에 볼트 결합될 수도 있고; 이 예에서 가스 공급 컴포넌트는 너트들 (1850) 내로 스레드된 볼트들 (1846) 에 의해 금속 베이스 (1860) 에 대해 제자리에 홀딩된다. 가스 공급 컴포넌트 (1858) 및 금속 베이스 (1860) 양자는, 가스 공급 컴포넌트 (1858) 가 금속 베이스 (1860) 에 클램핑될 때 압축되기 전에 금속 C-시일 (1856) 이 적절히 놓이는 것을 보장할 수도 있고 그리고 어셈블리 동안 금속 C-시일 (1856) 을 제자리에 홀딩할 수도 있는 시일 리테이너 (1854) 내로 스냅핑될 (snapped) 수도 있는 금속 C-시일 (1856) 을 수용하도록 사이징된 카운터보어 피처들 (1862) 을 갖는다.
- [0086] 기밀 연결들에 대해, 취성 금속 시일들에 대해 시일링되는 이러한 카운터보어 피처들의 표면들, 예를 들어, 카운터보어 피처들의 편평한 플로어들은, 통상적으로 헬륨, 수소, 및 프레온과 같은 보다 작은 분자 가스들에 대한 기밀 연결을 제공하도록 8 내지 16 $\mu\text{in } R_a$ 의 표면 거칠기, 또는 공기, 질소, 아르곤, 및 천연 가스들과 같은 보다 큰 분자 가스들에 대한 기밀 연결을 제공하도록 16 내지 32 $\mu\text{in } R_a$ 의 표면 거칠기로 버니싱된다 (burnished). 8 $\mu\text{in } R_a$ 보다 평활한 표면 피니쉬들은 시일링을 실제로 손상시킬 수도 있고, 따라서 취성 금속 시일들의 제작사들에게 권고되지 않는다 (예를 들어, 2013년 7월, Parker Hannifin Corporation에 의해 공개된 "Metal Seal Design Guide"의 페이지 E-80의 "Surface Roughness Recommendations"를 참조하라).
- [0087] 그러나, 본 발명자들은 세라믹/취성 금속 시일 인터페이스의 맥락에서, 인터페이스의 세라믹 부분이 실제로 통상적인 권고된 표면 거칠기 범위들 밖에 있는 표면 거칠기 범위를 갖는 것으로부터 이익을 얻을 수도 있다는 것을 알아냈다. 금속 C-시일들에 대한 세라믹 인터페이스들의 테스트시, 본 발명자들은 C-시일 제작사에 의해 권고된 표면 거칠기들의 범위 내의 표면 거칠기들을 가진 세라믹 표면들이 SEMI F1 표준들에 따라 충분히 새지 않는 인터페이스를 제공하지 못한다는 것을 발견했다. SEMI는 반도체 제작 산업에 대한 글로벌한 산업 협회이고 그리고 반도체 제작 장비의 다양한 양태들을 좌우하는 표준들의 수집을 공개한다. F1 표준 (이 문서에서 현재,

F1-0812 표준)은 "Specification for Leak Integrity of High-Purity Gas Piping Systems and Components"로 제목이 붙여지고, 그리고 10^{-9} cm³/sec 미만의 대기 중 He 인보드 (inboard) 누출 레이트를 갖도록 "누출 밀봉" 시일을 요구한다. 본 발명자들은 소결된 세라믹 표면에 대해 시일링하도록 사용될 때 이러한 누출 레이트들을 달성하도록 산업-표준 금속 C-시일 인터페이스들의 고장이, 소결된 세라믹 재료들이 다공성이지만, 금속 시일링 표면들은 그렇지 않다는 사실에 기인할 것임을 알아냈다. 본 발명자들은 최소의, 제작사가 권고한 표면 거칠기보다 30 % 평활한, 5 μ in R_a 또는 그 이상의 표면 거칠기로 금속 C-시일에 대해 시일링하는 세라믹 표면을 폴리싱하기로 정했다. 표준 316L 스테인리스 강 C-시일들 및 보다 단단한 Hastelloy[®] C-22 C-시일들 양자를 가진 결과로 발생한 세라믹 시일 인터페이스들이 테스트되었고, 각각은 50 이상의 어셈블리-디스어셈블리 사이클들 동안 SEMI F1 표준들을 충족하는 누출 특성들을 나타낸다 (사용된 금속 C-시일들은 이러한 시일들이 재사용 불가능하기 때문에, 사이클 각각 후에 교체되었음). 이 예상 밖의 결과는 통상적인 제작사 표면 거칠기 권고보다 상당히 평활한 표면 거칠기로 세라믹 시일링 표면을 폴리싱하거나 랩핑함으로써 세라믹 시일링 표면을 가진 표준 취성 금속 시일들이 사용될 수도 있다는 것을 암시한다.

[0088] 도 20은 금속 C-시일과 같은 표준 취성 금속 시일을 사용하여 가스 플로우 컴포넌트와 인터페이스하기 위한 세라믹 기판을 준비하는 기법에 대한 흐름도를 도시한다. 블록 2002에서, 세라믹 기판, 또는 세라믹 기판의 층들은 세라믹 기판의 외부 표면(들)과 채널들을 유체적으로 연결하는 세라믹 기판을 통과하는 복수의 가스 플로우 채널들 및 홀들을 갖도록, 머시닝되고, 예를 들어, 그런 상태로 머시닝될 수도 있다. 블록 2004에서, 세라믹 기판 (또는 세라믹 기판의 스택된 층들)은 사용된 세라믹 재료를 모놀리식 블록으로 소결하도록 킬른 또는 오븐 내에서 소성될 수도 있다. 블록 2006에서, 금속 C-시일들이 인터페이스될 세라믹 기판의 표면들은 5 μ in R_a 이하의 표면 거칠기로 폴리싱될 수도 있다. 블록 2008에서, 취성 금속 시일은 세라믹 기판 내 또는 가스 플로우 컴포넌트 내에 위치한 홀에 대해 위치될 수도 있다. 블록 2010에서, 가스 플로우 컴포넌트는 예를 들어, 볼트 결합된 연결을 사용하여, 세라믹 기판에 장착될 수도 있고, 그리고 이어서 가스 플로우 컴포넌트의 베이스와 세라믹 기판의 폴리싱된 또는 랩핑된 (lapped) 부분 사이에 취성 금속 시일을 샌드위치하여 제자리에 클램핑될 수도 있다.

[0089] 일부 구현예들에서, 세라믹 기판은, 강 컴포넌트들 상의 종래의 시일 인터페이스들과 유사하게, 취성 금속 시일들을 수용하도록 사이징된 개별적인 카운터보어들을 가질 수도 있고, 그리고 이러한 카운터보어들의 "플로어들"은 상기에 논의된 5 μ in R_a 이하의 표면 거칠기를 달성하도록 개별적으로 폴리싱될 수도 있다. 다수의 이러한 피쳐들이 있다면, 통상적으로 상기에 논의된 기판과 같은 멀티층 기판의 경우에서와 같이, 이것은 시간 소모적일 수도 있다. 대안적인 방식은 기판 상의 개별적인 카운터보어 피쳐들에 선행하는 것이고, 그리고 그보다도 가스 플로우 컴포넌트들이 목표된 5 μ in R_a 이하의 표면 거칠기로 장착되는 전체 표면(들)을 단순히 폴리싱하거나 랩핑하는 것이다. 금속 시일을 수용하도록 사용된 "통상적인" 카운터보어 피쳐의 깊이와 유사한 두께로 사이징되는, 금속, 세라믹, 또는 다른 재료로 이루어질 수도 있는, 도 17의 템플레이트들 (1614)과 같은 별개의 템플레이트 또는 템플레이트들은 장착 표면(들)의 상단 상에 놓일 수도 있고 그리고 가스 플로우 컴포넌트들과 기판 사이에 개재될 수도 있다. 템플레이트는 세라믹 기판 내의 홀들에 대응하는 위치들에 홀들을 가질 수도 있고; 이들 홀들은 금속 시일들의 외경보다 약간 크게 사이징될 수도 있고, 그리고 가스 플로우 컴포넌트들이 시일링되는 세라믹 기판 내의 홀들에 대해 금속 시일들을 위치시키도록 기능할 수도 있다. 전체가 참조로서 본 명세서에 인용되는, 2015년 9월 2일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 14/843,775 호에 보다 상세히 기술되는 이 기법이 사용된다면, 그러면 세라믹 기판의 공통 측면 상의 모든 시일 인터페이스들에 대한 목표된 표면 거칠기는 전체 측면 표면 상의 단일의 폴리싱 또는 랩핑 동작을 사용하여 달성될 수도 있다.

[0090] 도 21은 세라믹 기판의 전체 표면이 5 μ in R_a 이하의 표면 거칠기로 폴리싱되거나 랩핑될 수도 있는 장치의 단면을 도시한다. 보이는 바와 같이, 세라믹 기판 (2102)의 상부 표면은 편평할 수도 있고, 이는 세라믹 기판 (2102)의 전체 상부 표면으로 하여금 5 μ in R_a 이하의 표면 거칠기로 한 번에 폴리싱되거나 랩핑되게 한다. 이 표면 거칠기가 달성된 후에, 컴포넌트-위치설정 템플레이트 (2114)는 세라믹 기판 (2102) 상에 배치될 수도 있고 그리고 도시된 가스 플로우 포트와 같은, 세라믹 기판 상의 가스 플로우 포트 (2164)와 라인 업될 수도 있다. 이러한 정렬은 세라믹 기판 (2102) 내에서, 핀 (2122)과 같은 대응하는 기준 피쳐들과 템플레이트 상의 기준 피쳐 또는 피쳐들을 라인 업함으로써 달성될 수도 있고 - 이는 템플레이트로 하여금 복수의 가스 플로우 포트들과 동시에 정렬되게 할 수도 있다. 컴포넌트-위치설정 템플레이트 (2114)가 세라믹 기판 상에 배치된 후에, 금속 C-시일 (2156)은 홀이 중심에 위치되는 세라믹 기판 (2102) 내의 가스 플로우 포트보다 큰 직경의

홀인 컴포넌트-위치설정 템플레이트 (2114) 내의 홀 (2130) 에 의해 형성된 카운터보어 내에 설치될 수도 있다. 시일-위치설정 템플레이트 (2154) 는 금속 C-시일 (2156) 의 배치를 도울 수도 있다. 일단 금속 C-시일 (2156) 이 설치된다면, 포트 (2165) 주위에 카운터보어 (2162) 를 가진 가스 플로우 컴포넌트 (2158) 가 금속 C-시일 상에 위치될 수도 있고 그리고 예를 들어, 볼트들 (2146) 및 너트들 (2150) 을 사용하여 설치될 수도 있다.

[0091] 미립자 제어

[0092] 가스 분배 맥락에서 세라믹 기관들의 사용시 발생하는 또 다른 이슈는 미립자 오염의 이슈이다. 앞서 논의된 바와 같이, 소결된 세라믹스는 고 다공성을 갖고, 이는 소결된 세라믹 컴포넌트들의 원 (raw), 머시닝된 표면 피니쉬들로 하여금 머시닝된 금속 기관과 비교할 때 증가된 표면 거칠기를 나타내게 할 수도 있다. 게다가, 레이저 커팅과 같은 기법이 멀티층 세라믹 기관 내에 채널들을 성형하도록 사용된다면, 채널들 (채널들의 측벽들은 일반적으로 레이저 빔 경로와 평행함) 의 결과로 발생한 측벽 거칠기는 탈기의 결과로서 레이저 빔 강도 및/또는 폭의 변동들에 기인하여 상당히 보다 거칠 수도 있다. 레이저 커팅은 적층된 세라믹 기관의 제작시 사용될 수도 있는 2 차원 층들을 생성하도록 사용될 수도 있는 빠르고 비용 효율적인 기법이다. 본 발명자들에 의해 수행된 테스트에서, 채널들의 레이저 커팅으로부터 발생한 가스 채널 측벽 표면 거칠기는, 적층된 세라믹 기관 내의 인접한 층들의 표면들에 의해 제공되었고 그리고 레이저 커팅되지 않은, 이러한 채널들의 하단들 또는 상단들에 대한 20 내지 28 $\mu\text{in S}_a$ 의 표면 거칠기들과 비교할 때, 대략 185 내지 255 $\mu\text{in S}_a$ (면적 기반 평균 거칠기) 이도록 측정되었다.

[0093] 채널 측벽들의 고 표면 거칠기는, 예를 들어, 고 표면 거칠기에 기여하는 세라믹 입자가 표면으로부터 떨어진다면, 이러한 고 표면 거칠기의 표면들은 a) 미립자를 트래핑하고 보유할 가능성이 있고 그리고 b) 미립자들 자체의 소스들이 될 가능성이 있다는 점에서 문제가 있다. 예를 들어, 테스트시, 세라믹 기관에 대한 미립자 퍼지 시간은, 동등한 스테인리스 강 가스 분배 매니폴드 (스테인리스 강 매니폴드가 적층된 기관보다 오히려 스테인리스 강 튜빙으로 이루어졌을지라도) 에 대한 미립자 퍼지 시간의 2 배만큼 길다는 것을 알아냈다. 미립자 퍼지 시간 테스트들에서, 퍼지 가스는 테스트될 가스 플로우 시스템을 통해 흐르고 그리고 여기된 가스 플로우에 있을 수도 있는 모든 입자들이 특정한 사이즈 미만일 때까지 걸리는 시간이 평가된다. 행해졌던 테스트에서, 사이즈가 100 nm 미만인 입자들만이 기관을 여기할 때까지 걸린 시간은 입자 퍼지 시간을 결정하도록 사용되었다.

[0094] 본 발명자들은 가스 분배 시스템에서 사용되는 소결된 세라믹 기관이 코팅 프로세스를 받는 것이 채널들 내의 표면 피니쉬를 개선하고 그리고 미립자 오염을 감소시키거나 방지하는 효과적인 방식일 수도 있다는 것을 알아냈다. 코팅은 2 개의 목적들에 기여할 수도 있다: a) 모든 기존의 입자들, 예를 들어, 소결 프로세스 동안 이웃한 세라믹 입자들과 함께 실질적으로 표정되지 않을 수도 있는 세라믹 입자들을 트래핑하는 목적, 및 b) 소결된 세라믹 입자들 사이에 존재할 수도 있는 갭들 및 틈들을 충전하여, 이에 따라 가스 시스템 내의 다른 곳으로부터의 미립자들이 일시적으로 캡처되거나 스내깅될 (snagged) 수도 있는 이용 가능한 표면적을 감소시키는 목적.

[0095] 글레이즈 코팅들, CVD (chemical vapor deposition) 코팅들, 및 ALD (atomic layer deposition) 코팅들, 뿐만 아니라 상기에 논의된 기능을 제공할 수도 있는 다른 코팅 타입들을 포함한 몇몇의 상이한 타입들의 코팅들이 이러한 목적들을 위해 사용될 수도 있다.

[0096] 글레이즈 코팅들에서, 실리카-함유 재료 또는 알루미나-함유 재료는 세라믹 부품의 노출된 표면들에 도포될 수도 있고 그리고 이어서 세라믹 부품은 실리카-함유 재료를 용융하는 킬른 또는 다른 오븐 내에서 고온에 노출될 수도 있다. 용융된 실리카 글레이즈가 재냉각될 때, 용융된 실리카 글레이즈는, 용융된 액체 상태에 있다는 것에 기인하여, 세라믹 부품의 갭들 및 틈들 내로 흐를 것이고, 그리고 용융된 실리카 글레이즈가 고체화될 때 보다 둥글고, 보다 평활한 프로파일을 형성할 것이다. 세라믹 부품의 틈들 및 갭들 내에 머무를 수도 있는 미립자들은 이 코팅에 의해 제자리에 결속될 (cement) 수도 있다. 글레이즈들은, 킬른 내로의 삽입 전에 글레이즈 재료를 사용하여 관심 채널들 및 다른 표면들을 드라이-더스팅함 (dry-dusting) 으로써, 글레이즈 재료가 킬른 대기 내로 이동하고 따라서 글레이징될 부품으로 이동되도록 글레이즈 재료들을 킬른 또는 오븐 내로 삽입함으로써, 또는 글레이즈 재료들을 수성 부유액 내에 부유시킴으로써, 채널들을 통해 부유액을 흘림으로써, 그리고 이어서 킬른 내에서 세라믹 컴포넌트를 소성함으로써를 포함하여, 임의의 다양한 기법들을 통해 도포될 수도 있다.

[0097] CVD 코팅 동작들에서, 세라믹 기관은 CVD 챔버 내에 배치될 수도 있고 그리고 세라믹 기관의 표면들 상에 Parylene™ 코팅과 같은 폴리머 코팅, 또는 예를 들어, 실리콘 또는 알루미나 코팅과 같은 다른 일반적으로 비-

반응성 코팅을 증착하는 CVD 분위기에 노출될 수도 있다. 이러한 동작들에서, CVD 코팅이 세라믹 기관의 내부 내의 채널들에 도포된다는 것을 보장하도록 CVD 가스들을 채널들 내로 인출하기 위해 코팅 동작 동안 세라믹 기관의 통로들 상에서 진공을 인출하는 것이 유익할 수도 있다. 예를 들어, 세라믹 기관이 CVD 챔버 내에서 페테스탈에 의해 지지된다면, 페테스탈은 세라믹 기관 내의 채널로 이어지는 포트들을 가진 세라믹 기관의 외부 표면 내의 위치들과 위치에 있어서 대응할 수도 있는 하나 이상의 진공 포트들을 가질 수도 있다. 프로세싱 동작들 동안, 이들 포트들 상에 인출된 진공은 채널들 내로 CVD 가스들을 인출할 수도 있고, 채널들이 CVD 코팅으로 코팅된다는 것을 보장한다.

[0098]

폴리머 코팅들은, CVD 프로세스들과 매우 양립 가능하지만, 다소 취약하고, 그리고 쉽게 손상될 수도 있다. 예를 들어, 채널로부터 폴리머 코팅이 세라믹 기관의 외부 표면에 상기 채널을 연결하는 쓰루-홀의 내부 표면들을 따라 연장하고, 그리고 이어서 세라믹 기관의 외부 표면으로 연장한다면, 세라믹 기관의 상기 외부 표면에 장착되는 가스 플로우 컴포넌트가 유지보수를 위해 제거될 때, 폴리머 코팅이 가스 플로우 컴포넌트 (또는 세라믹 기관에 가스 플로우 컴포넌트를 시일링하는 금속 시일) 에 붙을 수도 있고 그리고 가스 플로우 컴포넌트가 제거될 때 쓰루-홀의 측벽들로부터 떼어질 수도 있다. 가스 플로우 컴포넌트가 제거될 때마다, 코팅에 대한 추가의 손상에 대한 가능성이 있을 수도 있고, 그리고 가스 플로우 컴포넌트들은 가스 분배 시스템의 수명 동안 여러번 제거될 필요가 있을 수도 있다.

[0099]

CVD 코팅에 대한 이러한 잠재적인 이슈들을 회피하도록, 가스 플로우 컴포넌트들이 장착될 수도 있는 세라믹 기관의 표면들의 다수는 적절한 마스킹을 통해 코팅이 없게 유지될 수도 있다. 도 23 내지 도 25는 CVD 코팅 도포의 다양한 스테이지들 동안 세라믹 기관 및 마스킹 컴포넌트들의 간략화된 단면도들을 도시한다. 예를 들어, 도 23에서, 플레이트 또는 템플레이트 (2362) 는 세라믹 기관 (2360) 에 대고 배치될 수도 있다. 플레이트 또는 템플레이트 (2362) 는 세라믹 기관의 외부 표면 상의 드롭-홀 또는 쓰루-홀 각각의 위치들에 대응하는, 플레이트 또는 템플레이트 (2362) 내의 쓰루-홀들 (2364) 을 가질 수도 있고 그리고 플레이트 또는 템플레이트 상의 쓰루-홀들 (2364) 이 세라믹 기관 (2360) 내의 대응하는 드롭-홀들 또는 쓰루-홀들과 라인 업하도록 세라믹 기관 (2360) 위에 배치될 수도 있다. 플레이트 또는 템플레이트 (2362) 는 예를 들어, 임의의 적합한 재료, 예를 들어, 알루미늄, 스테인리스 강, 등으로 이루어질 수도 있고, 그리고 드롭-홀 또는 쓰루-홀 위치 각각에서 세라믹 기관 (2360) 에 대해 시일링하는 시일들 (2366) 을 위치시키기 위한 카운터보어들을 포함할 수도 있다. 플레이트 또는 템플레이트 (2362) 가 세라믹 기관 (2360) 에 대고 배치될 때, 이들 시일들 (2366) 은 드롭-홀 또는 쓰루-홀 위치 각각에서 이들 2 개의 컴포넌트들 사이에 개재될 수도 있다. 통상적으로 몇 백도들의 온도들에서 발생하는 CVD 동작들에서, 고열에 기인하여 금속 시일들이 사용될 수도 있다. 그러므로, 템플레이트 또는 플레이트는 예를 들어, 2 개의 피스들을 함께 볼트 결합함으로써, 세라믹 기관에 대한 공간에 고정될 수도 있다. 그러므로, CVD 프로세스 가스들이 도 24에서와 같이, CVD 프로세스 챔버 내로, 그리고 세라믹 기관 (2360) 내의 통로들 내로 흐를 때, 템플레이트 또는 플레이트가 장착되는 세라믹 기관의 외부 표면은 템플레이트 또는 플레이트에 의해 "마스킹" 오프될 (masked off) 수도 있어서, 마스킹된 위치들에서 세라믹 기관 (2360) 상의 코팅 (2368) 의 CVD를 방지한다. CVD 프로세싱이 완료될 때, 템플레이트 또는 플레이트 (2362) 는 도 25에 도시된 바와 같이 제거될 수도 있다. 제거 동안, 세라믹 기관 (2360), 금속 시일들 (2366), 및 템플레이트 또는 플레이트 (2362) 사이를 브릿지하는 (bridge) 플로우 경로들의 내부 표면들을 따라 일반적으로 컨포멀한 코팅을 형성할 수도 있는 CVD 코팅 (2368) 은, 세라믹 기관 (2360)/시일 (2366) 계면에서 파괴되거나 (break), 찢어지거나 (tear), 그렇지 않으면 제어되지 않은 단절 이벤트를 겪을 수도 있다. 그러나, 세라믹 기관에 대한 가스 플로우 컴포넌트들의 미래의 어셈블리/디어셈블리 동작들에 대해, 이러한 가스 플로우 컴포넌트들을 세라믹 기관에 장착하도록 사용될 수도 있는 금속 시일들과 코팅(들)의 중단된 단부들 (2370) 사이에 최소의 콘택트가 있거나 콘택트가 없을 것이고, 이는 코팅들에 대한 추가의 손상의 위험을 감소시킬 수도 있다.

[0100]

통상적인 ALD 코팅 동작들에서, 제 1 반응물질이 반응물질 챔버 내로 흐를 수도 있고, 보통 퍼지 사이클이 이어지고, 그리고 이어서 제 2 반응물질이 반응물질 챔버 내로 흐를 수도 있다. 반응물질들은 통상적으로 단일 분자의 두꺼운 층을 생성하도록 자기 제한적 방식으로 챔버 내에 있는 모든 컴포넌트의 노출된 표면들과 반응한다. 제 1 반응물질 플로우 및 제 2 반응물질 플로우를 개별적으로 유지함으로써, 반응물질 플로우 각각은 단지 챔버 대기에 노출되는 컴포넌트 상의 이전의 반응물질의 단일 분자의 두꺼운 층과 반응할 수도 있다. 그 결과, ALD 코팅들은 100 % 컨포멀하지만, 한번에 일 분자 층으로서 제작되어야 하고; 이는 목표된 두께를 달성하도록 제 1 반응물질 증착 사이클과 제 2 반응물질 증착 사이클의 수백 (또는 수천) 의 반복들을 요구할 수도 있고, 이는 ALD 코팅 동작들이 통상적으로 CVD 코팅 동작들보다 훨씬 더 시간 소모적임을 의미한다. 그러나, ALD 막들의 컨포멀한 특성에 기인하여, ALD 막들은 매우 내구성이 있는 코팅들을 형성한다. ALD는 또한 나이트라이드, 알루미늄, 또는 다른 세라믹 코팅들을 형성하도록 사용될 수도 있고, 세라믹 기관 채널들로

하여금 세라믹 기판을 형성하도록 사용될 수도 있는 동일한 재료로 코팅되게 한다.

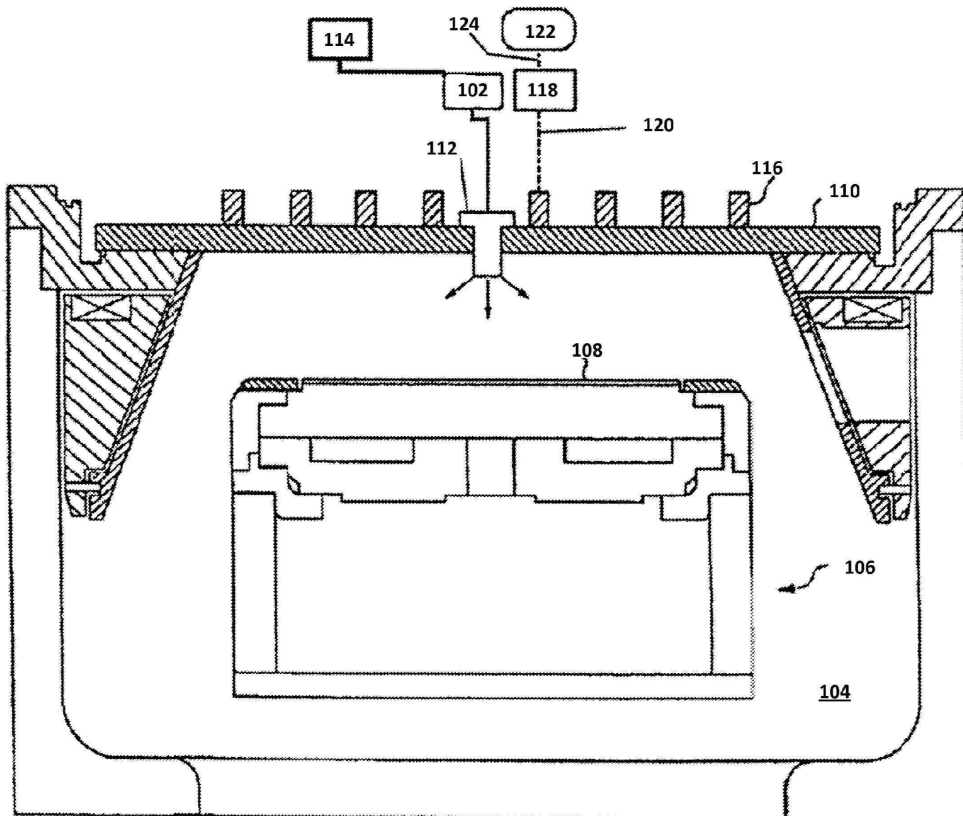
- [0101] 세라믹 기판 내의 가스 플로우 채널들의 표면들 상에 형성된 층들의 두께는 층 두께가 표면 거칠기, 예를 들어, 250 μin S_a 의 표면 거칠기보다 크도록 선택될 수도 있고, 두께는 250 μin 이상일 수도 있거나, 세라믹 기판의 제작시 사용된 가장 작은 입자 크기보다 클 수도 있고, 예를 들어, 100 nm 직경의 세라믹 입자들이 세라믹 기판을 형성하도록 소결되었다면, 그러면 코팅은 적어도 100 nm 두께일 수도 있다. 이러한 코팅들은 잠재적으로 느슨한 입자들을 제자리에 "글루잉할 (glue)" 수도 있고, 그리고 또한 그 외에 추가적인 미립자들을 트랩핑하도록 작용할 수도 있는 틈들 및 갭들 내를 충전할 수도 있다. 일부 예들에서, 이러한 층 두께들을 달성하는 것은 경제적으로 실현 가능하지 않을 수도 있고, 예를 들어, ALD가 코팅을 제공하도록 사용된다면, 목표된 코팅 두께를 달성하도록 충분한 ALD 사이클들을 수행하는 비용이 많이 들 수도 있다. 이러한 경우들에서, 보다 얇은 표면 코팅이 사용될 수도 있지만, 이러한 보다 얇은 표면 코팅은 보다 불량한 미립자 성능을 나타낼 수도 있다.
- [0102] 도 22는 감소된 미립자 오염의 가능성을 갖도록 반도체 토폴의 가스 분배 시스템용 세라믹 기판을 준비하기 위한 기법에 대한 흐름도를 도시한다. 블록 2202에서, 반도체 프로세싱 토폴의 가스 분배 시스템용 세라믹 기판이 제작될 수도 있다. 이러한 제작은, 예를 들어, 본 명세서에 논의된 기법들을 통해, 또는 본 명세서에 논의되지 않은 다른 기법들에 의해 이루어질 수도 있다. 블록 2202로부터 발생한 세라믹 기판은, 세라믹 기판이 이미 소결되었고, 그리고 대부분의 경우들에서, 필요하면 머시닝된다는 의미에서, 일반적으로 "완성될" 수도 있다. 블록 2204에서, 세라믹 기판은 목표된 깊이, 예를 들어, 적어도 세라믹 기판의 제작시 사용된 세라믹 입자들의 가장 작은, 공칭 사이즈만큼 큰 깊이로 또는, 세라믹 기판의 내부 플로우 채널들 또는 통로들의 벽들의 최대 표면 거칠기에 동등한 깊이로 내부식성 코팅을 사용하여 코팅될 수도 있다.
- [0103] 블록 2204의 코팅 동작들은 도시된 3 개의 특정한 기법들을 포함한 임의의 적합한 기법에 의해 제공될 수도 있다. 예를 들어, 글레이징 (glazing) 이 사용된다면, 실리카-함유 글레이즈는 블록 2206에서 예를 들어, 플로우 채널들을 통해 수성 글레이즈를 흘리는 것을 통해, 플로우 채널들에 건식 글레이즈 재료들을 도포하는 것을 통해, 또는 그렇지 않으면, 세라믹 기판을 염-소성하는 (salt-firing) 것을 통해 차후의 블록에서 글레이즈를 도포하는 것을 통해, 세라믹 기판 내의 가스 플로우 채널들 및 다른 내부 통로들에 추가될 (add) 수도 있다.
- [0104] 블록 2208에서, 글레이징된 세라믹 기판은 글레이즈의 용해점 초과지만, 세라믹 기판의 용해점 미만인 온도로 킬른 또는 오븐 내에서 소성될 수도 있다. 이어서 글레이즈는 세라믹 기판과 함께 용융될 수도 있고 표징될 수도 있으며; 일단 글레이즈가 용융된다면, 세라믹 기판은 킬른 또는 오븐으로부터 제거될 수도 있고 그리고 냉각될 수도 있고, 기존의 입자들을 제자리에 결속하고 (cement) 그리고 사용 동안 세라믹 기판 내로 흐를 수도 있는 새로운 입자들이 트랩핑될 보다 적은 가능성을 제공하는 세라믹 기판의 가스 플로우 채널들 및 다른 내부 플로우 통로들의 벽들 상에 내구성이 있는, 화학적으로-저항성 표면 코팅을 남긴다.
- [0105] 대신에 CVD 프로세스가 코팅을 제공하도록 사용된다면, 그러면 세라믹 기판은 가스 플로우 컴포넌트들이 장착될 수도 있는 세라믹 기판의 외부 표면들 근방에 있는 내부 통로들의 부분들을 마스킹 오프함으로써 블록 2210에서 선택 가능하게 준비될 수도 있다. 예를 들어, 세라믹 기판의 외부 표면에 도달하는 수직 쓰루-홀 각각에 대해, 세라믹 기판의 외부 표면에 가장 가까운 대략 밀리미터의 상기 수직 쓰루-홀은 수직 쓰루-홀의 상기 부분 상에 CVD 재료, 예를 들어, 폴리머를 증착하는 것을 방지하도록 마스킹 오프될 수도 있다. 이는 세라믹 기판에 장착되는 다른 컴포넌트들과의 상호 작용들에 의해 유발된 CVD 코팅에 대한 잠재적인 손상을 방지할 수도 있다.
- [0106] 블록 2212에서, 세라믹 기판은 CVD 챔버 내에 배치될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 세라믹 기판은 동일한 CVD 챔버 내에 배치되고 그리고 동시에 코팅되는 (글레이징 또는 ALD 코팅들이 추구된다면 세라믹 기판들의 배치-코팅 (batch-coating) 이 행해질 수도 있음) 몇몇의 세라믹 기판들 중 하나일 수도 있다.
- [0107] 블록 2214에서, 세라믹 기판은 폴리머 코팅이 세라믹 기판 내의 가스 플로우 통로들의 표면들 상에 증착되는 CVD 프로세스를 겪을 수도 있다. 일부 구현예들에서, 전체 세라믹 기판 (잠재적으로 마스킹될 수도 있는 영역들 제외함) 은 CVD 동작을 겪을 수도 있다. CVD 프로세스는 세라믹 기판의 내부 통로들 내의 목표된 두께의 코팅이 획득되는 충분한 길이의 지속기간 동안 수행될 수도 있다.
- [0108] ALD 프로세스가 코팅을 제공하도록 사용된다면, 그러면 세라믹 기판은 블록 2216에서, 잠재적으로, 동시에 코팅될 수도 있는 추가적인 세라믹 기판들과 함께 ALD 프로세스 챔버 내에 배치될 수도 있다. 세라믹 기판이 블록 2216에서 ALD 프로세스 챔버 내에 배치된 후, 세라믹 기판의 내부 통로들의 표면들 상의 코팅이 목표된 두께에 도달할 때까지 세라믹 기판은 블록 2218에서 복수의 ALD 사이클들을 겪을 수도 있다.
- [0109] ALD-적용된 코팅들에 대해, 유사한 마스킹 기법이 CVD 코팅들에서와 같이 사용될 수도 있지만, 재사용 가능한

고무 o-링 시일들은, ALD 프로세스들이 종종 훨씬 보다 저온들에서 수행되기 때문에, 금속 시일들 대신 사용될 수도 있다는 것이 이해된다. 대부분의 ALD 코팅들이 가스 플로우 컴포넌트들을 장착하거나 장착하지 않는 것으로부터 손상의 위험이 없을 수도 있지만, 그럼에도 불구하고, CVD에 대해 상기에 기술된 마스크의 형태와 유사한, 마스크의 형태를 제정하고 (institute), 그리고 세라믹 기관의 표면들, 예를 들어, 내부 통로 표면들의 서브세트만이 ALD 코팅으로 코팅되도록 ALD 프로세스 가스들을 국한시키는 것이 바람직할 수도 있다. 이는 전체 세라믹 기관이 반복된 ALD 사이클들을 겪는 것을 방지할 수도 있고, 이는 다음의 ALD를 개시하기 전에 ALD 프로세스 가스 각각을 퍼지하는데 필요한 시간량을 감소시킬 수도 있다. 예를 들어, ALD 프로세스 가스들이 세라믹 기관의 내부 통로들 내로만 흐르도록 국한된다면, 예를 들어, 보다 큰 프로세스 챔버 볼륨과 비교할 때, 이들 동일한 통로들을 퍼지하는 것이 일반적으로 단지 필수적일 수도 있다. 이는 목표된 두께의 코팅을 형성하는데 필요한 시간을 크게 감소시킬 수도 있다.

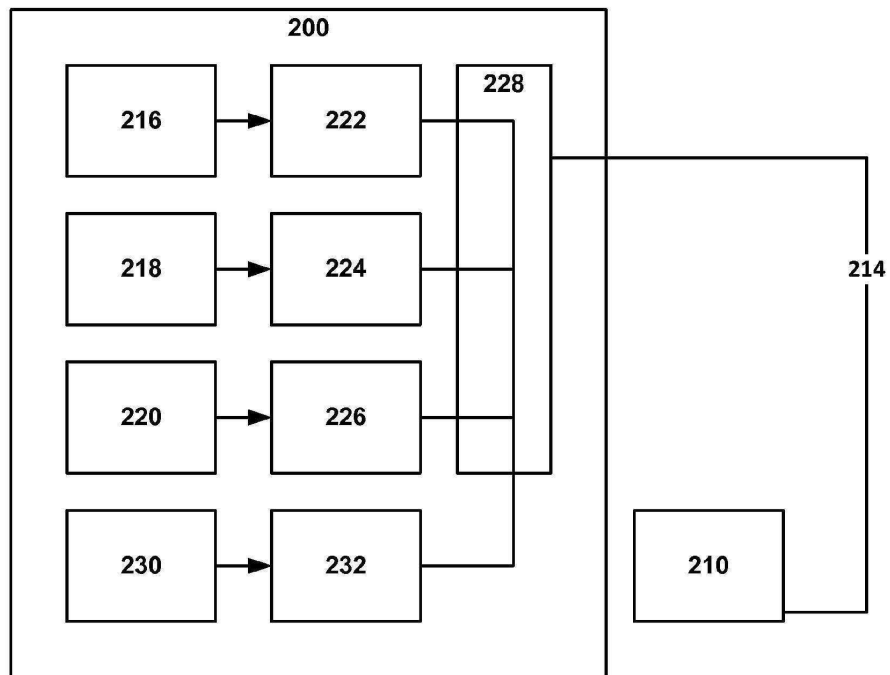
[0110] 본 명세서에 개시된 구현예들이 본 명세서의 특정한 구현예들을 참조하여 상세히 기술되지만, 첨부된 청구항들의 범위로부터 벗어나지 않고, 다양한 변화들 및 수정들이 행해질 수도 있고, 그리고 등가물들이 채용될 수도 있다는 것이 당업자들에게 자명할 것이다.

도면

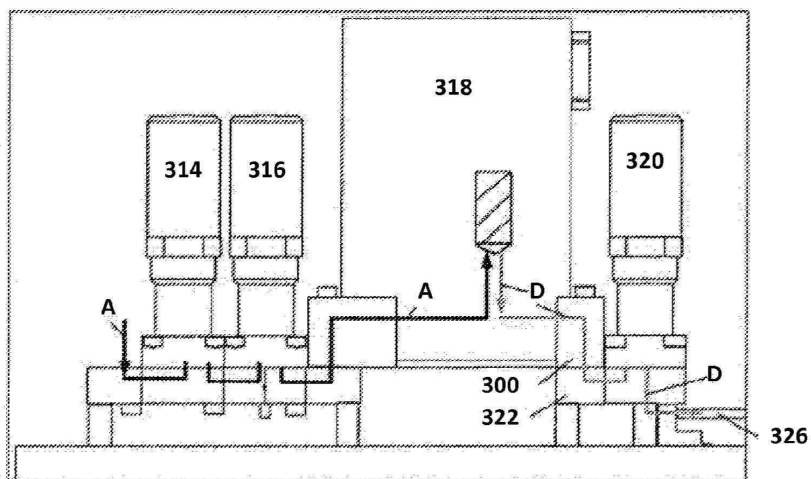
도면1



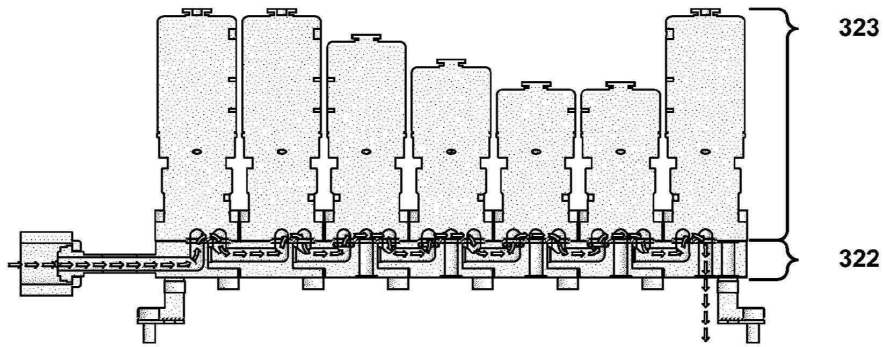
도면2



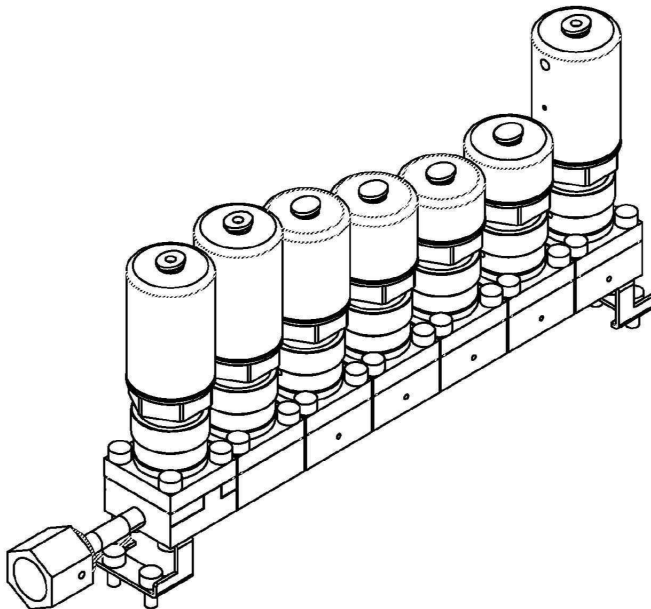
도면3



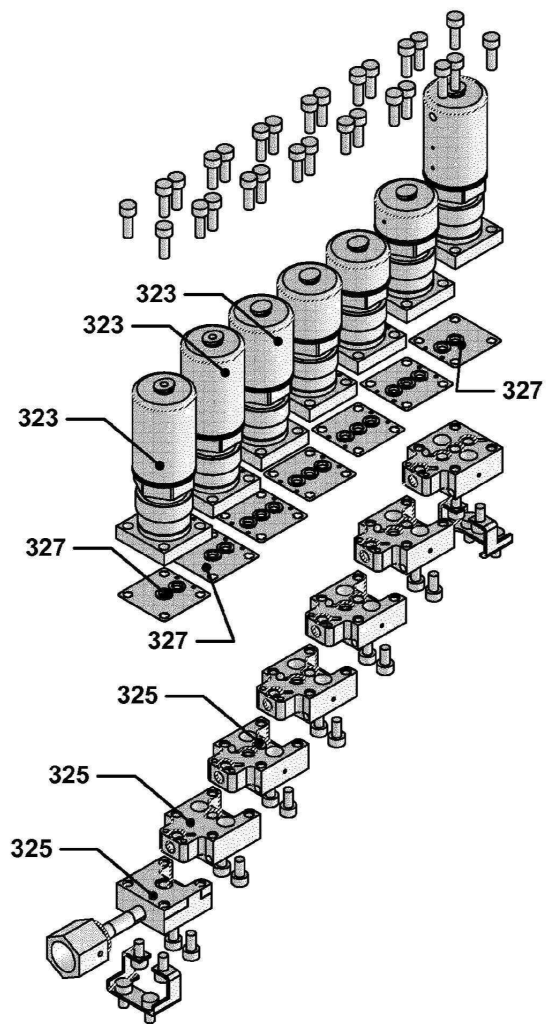
도면4



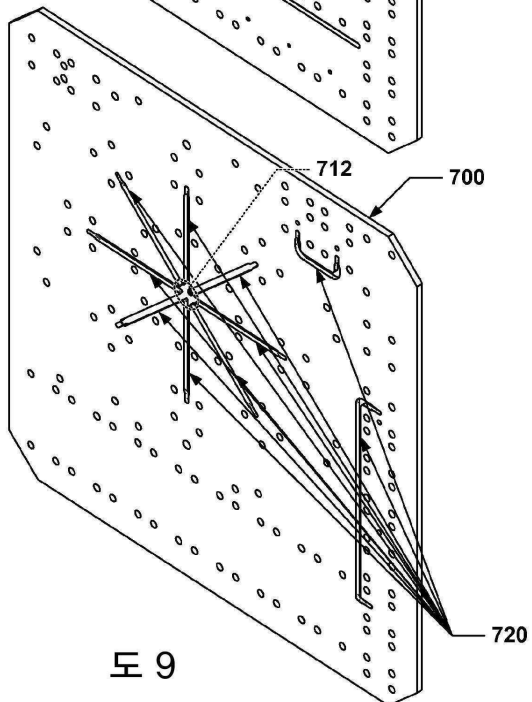
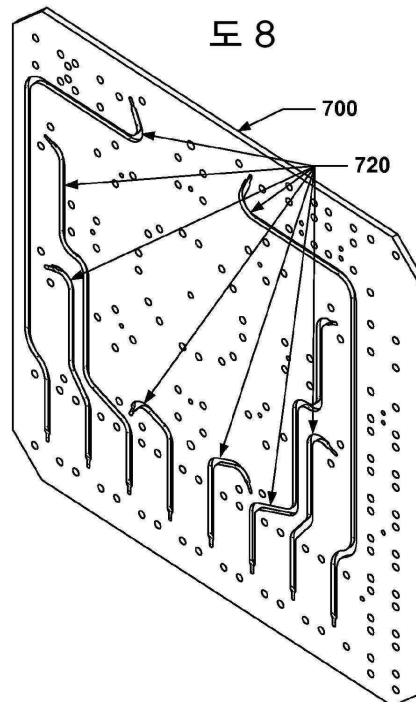
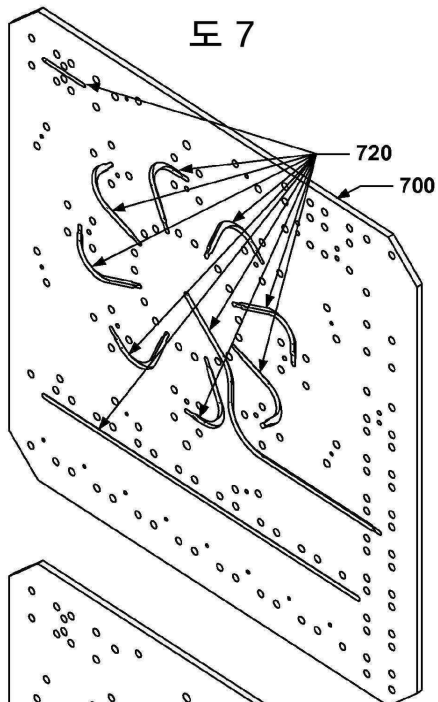
도면5



도면6



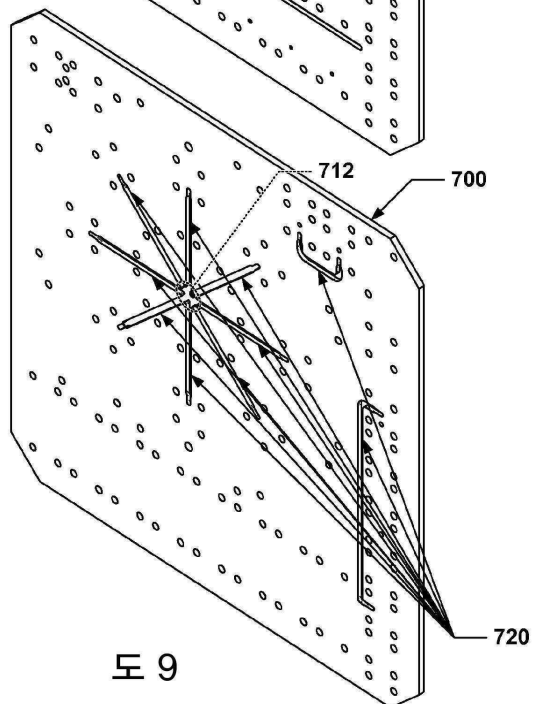
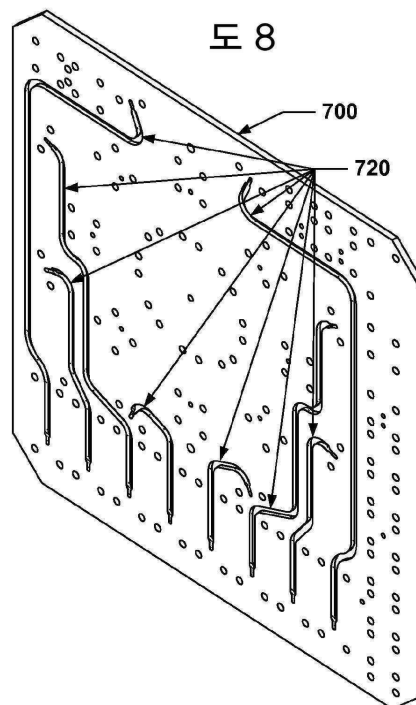
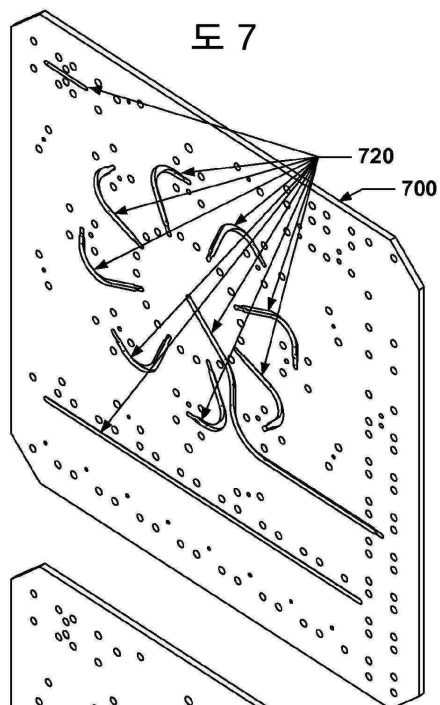
도면7



홀 사이즈 안내

- 708
- 710

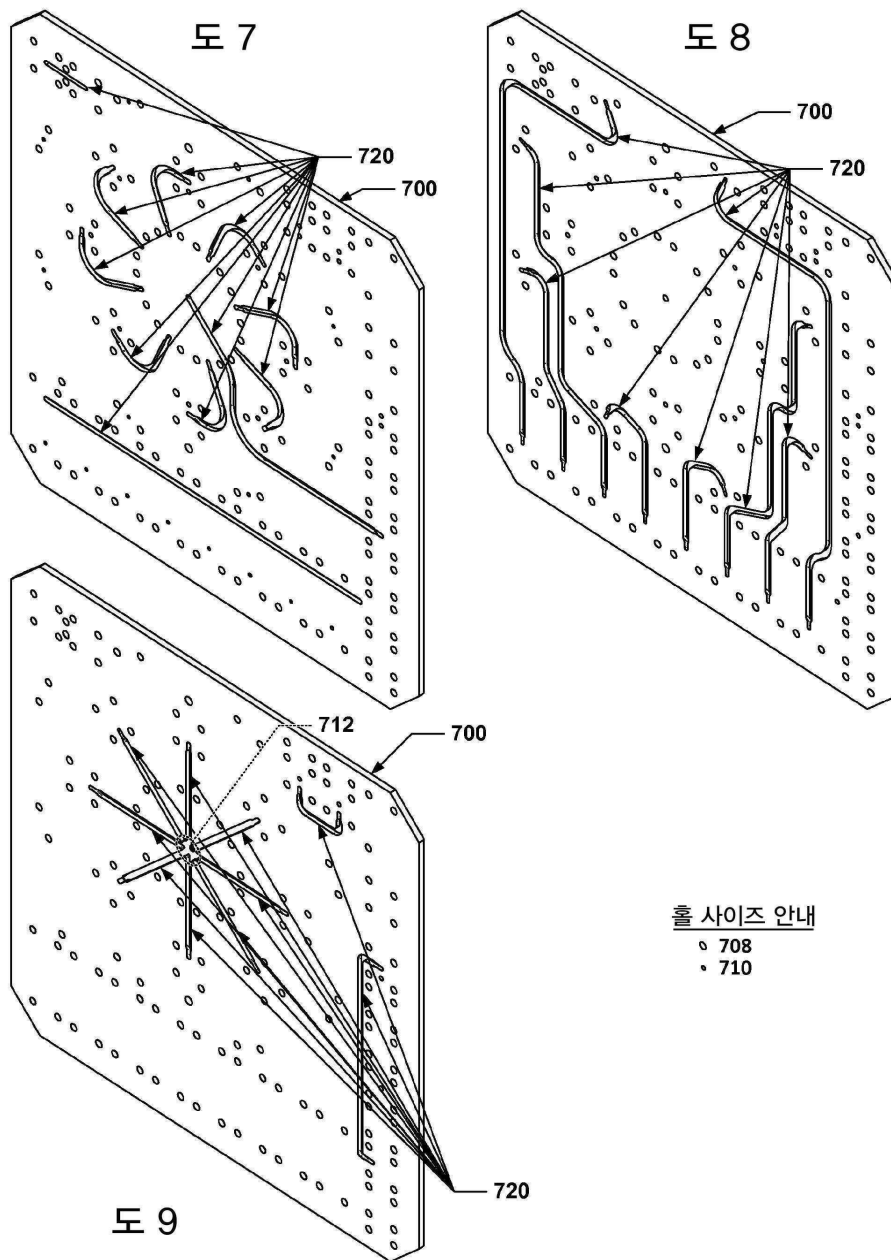
도면8



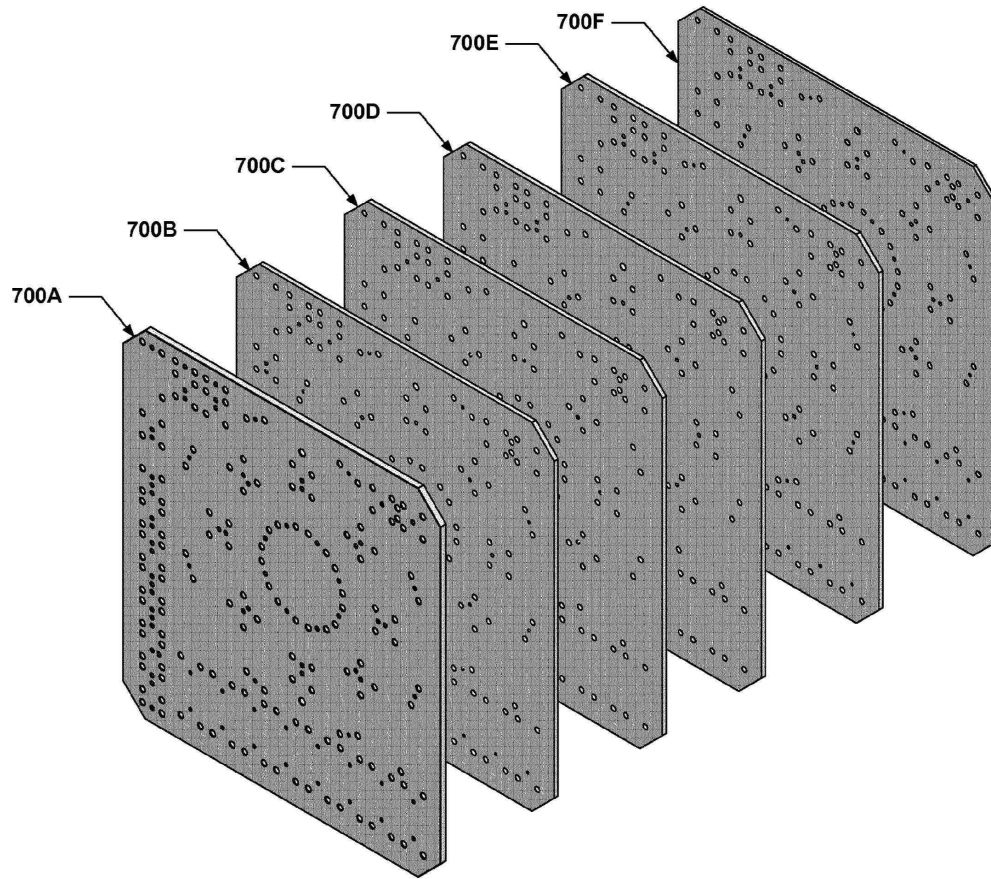
홀 사이즈 안내

- 708
- 710

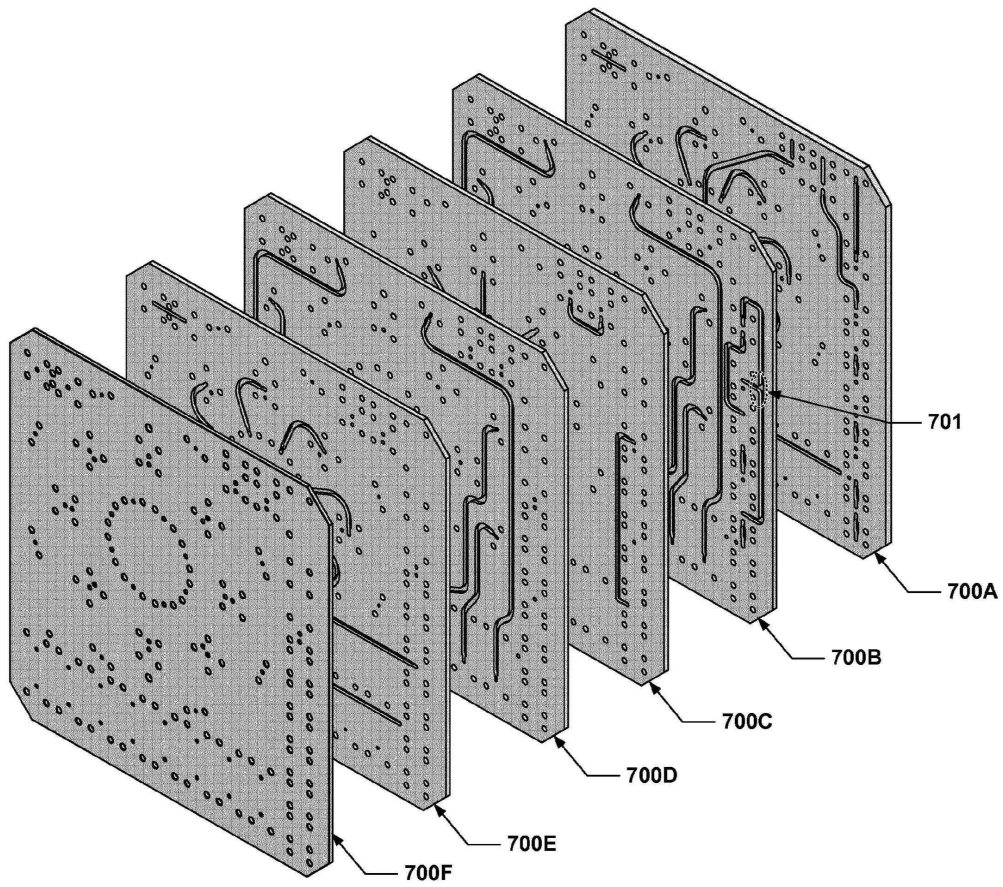
도면9



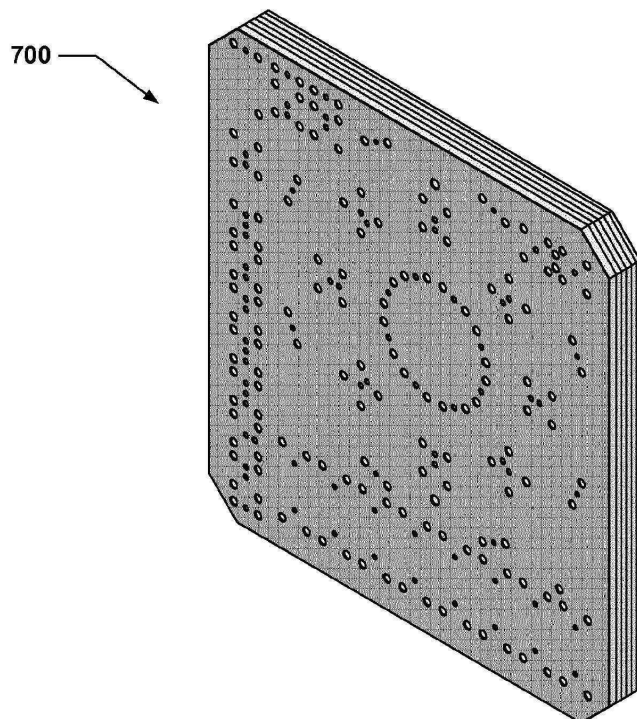
도면10



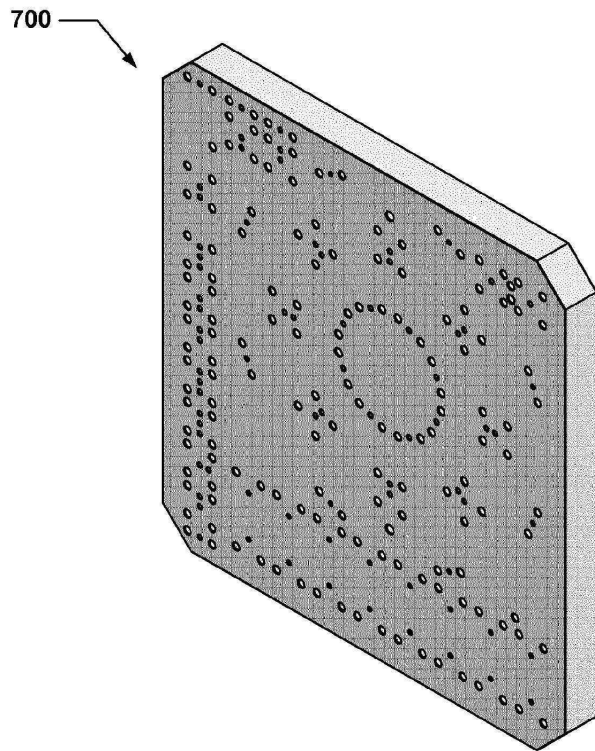
도면11



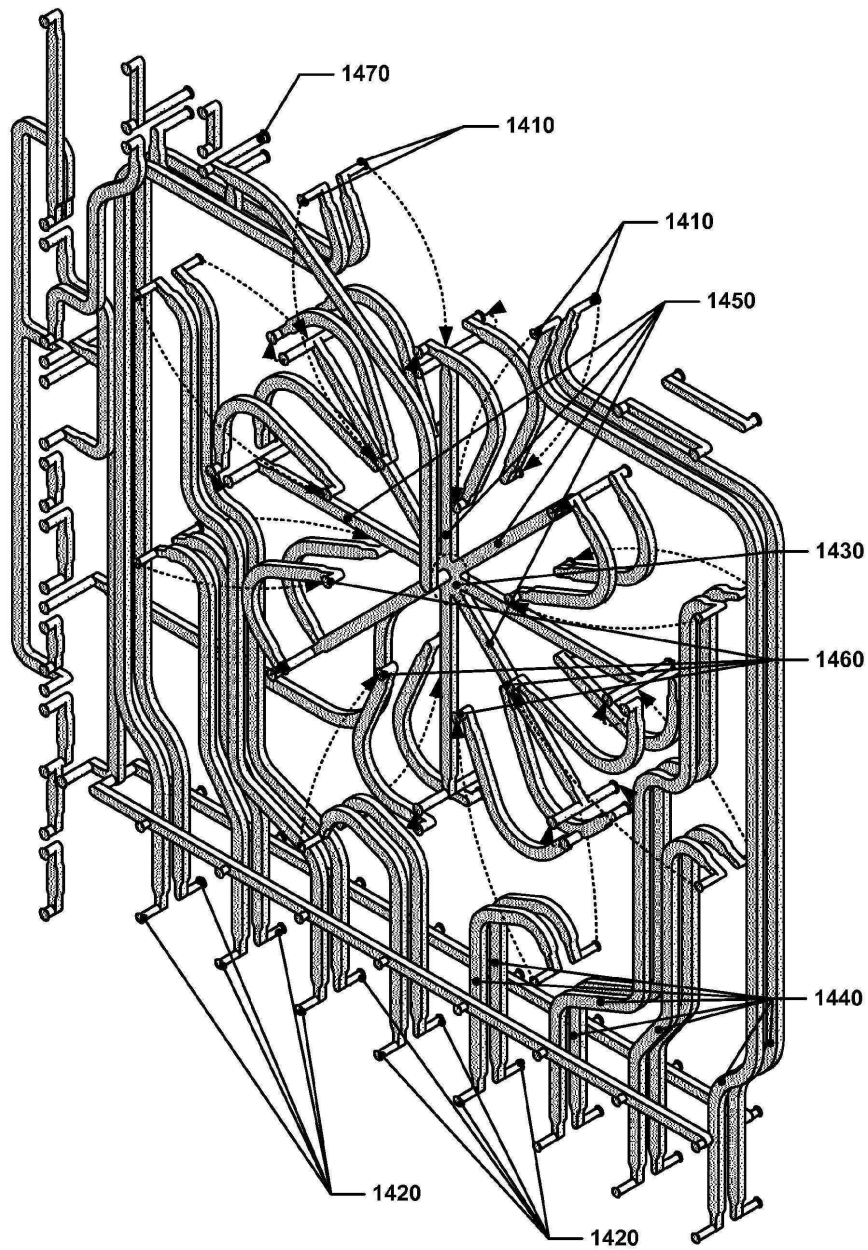
도면12



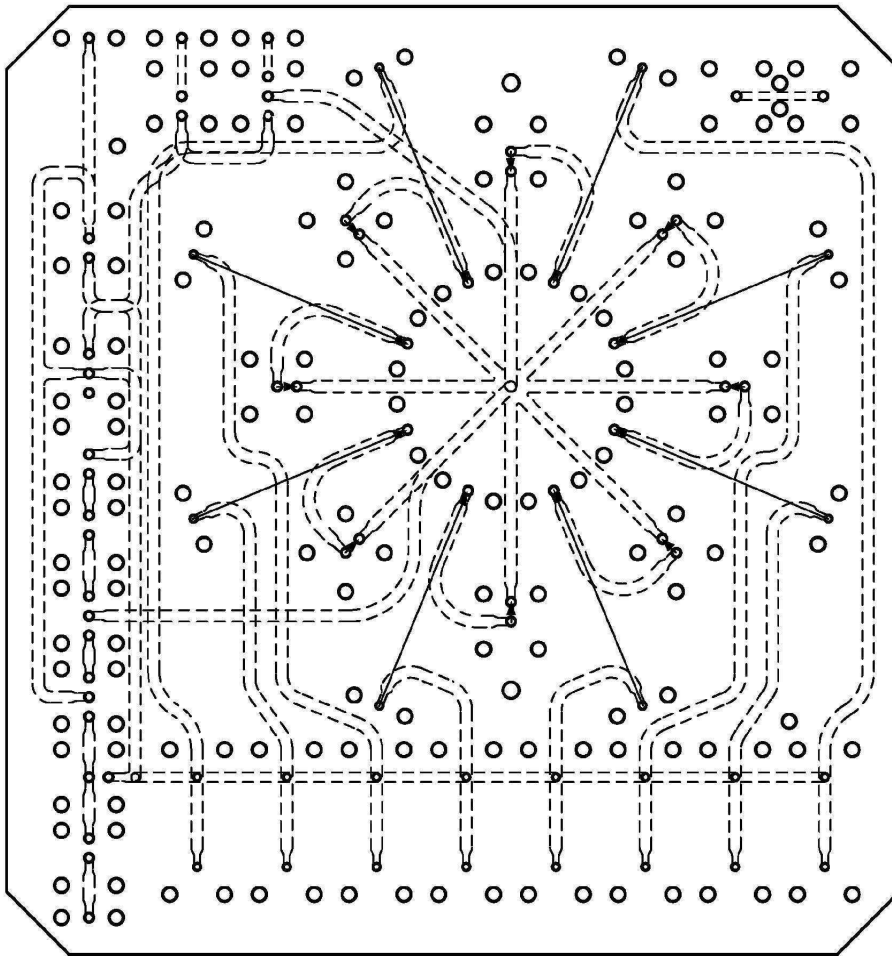
도면13



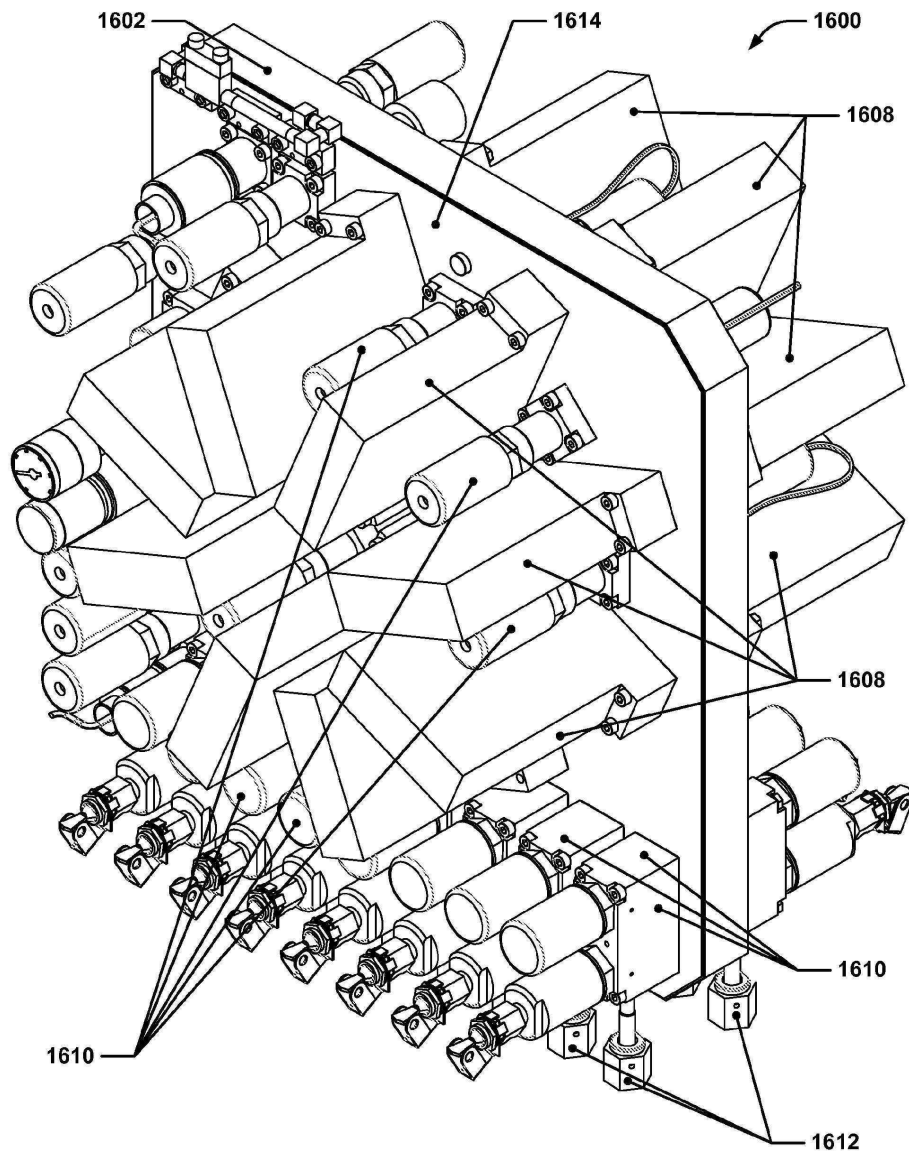
도면14



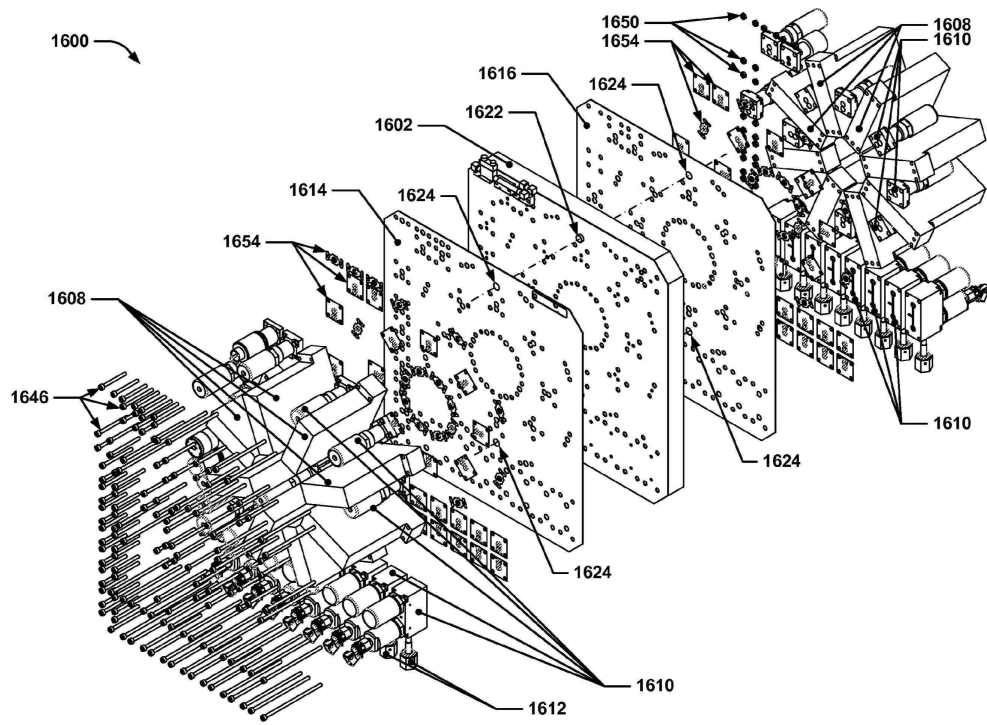
도면15



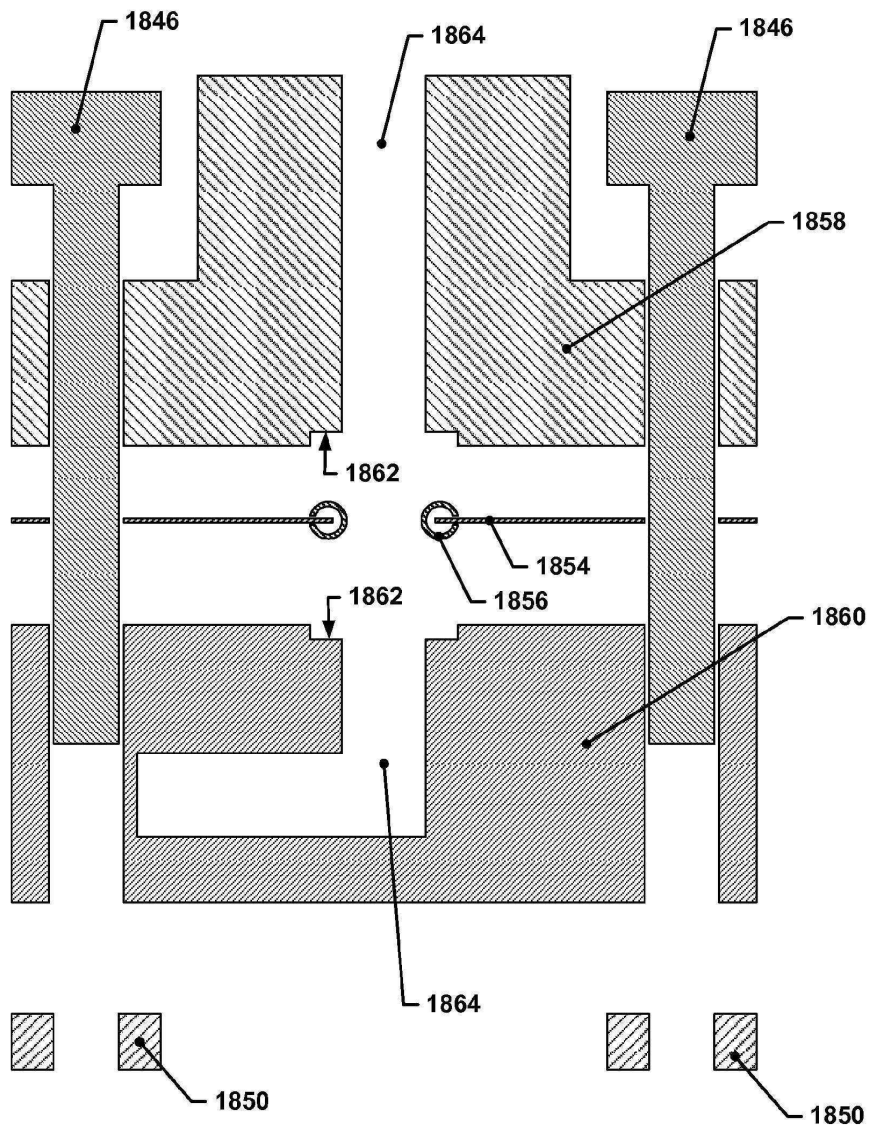
도면16



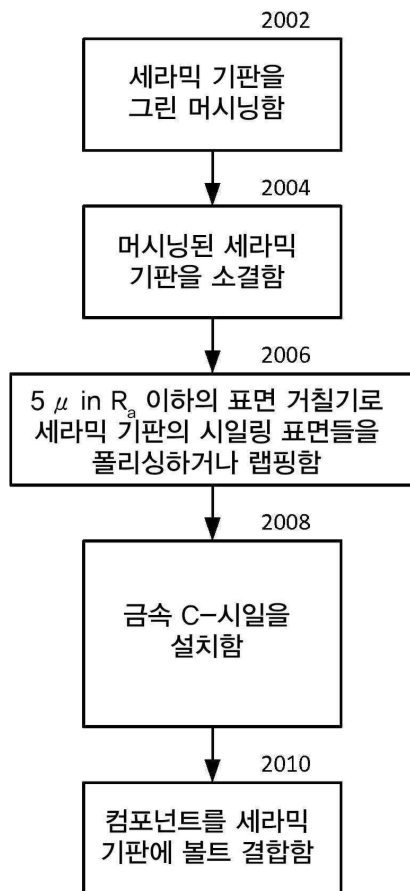
도면17



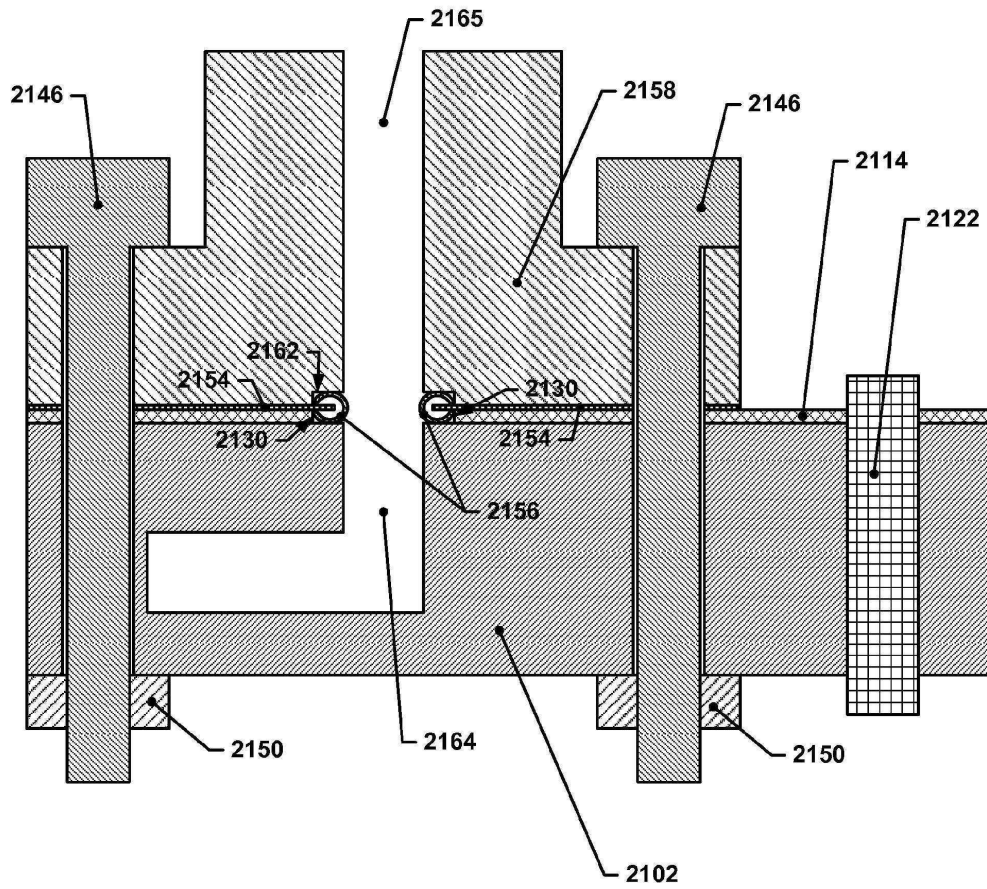
도면18



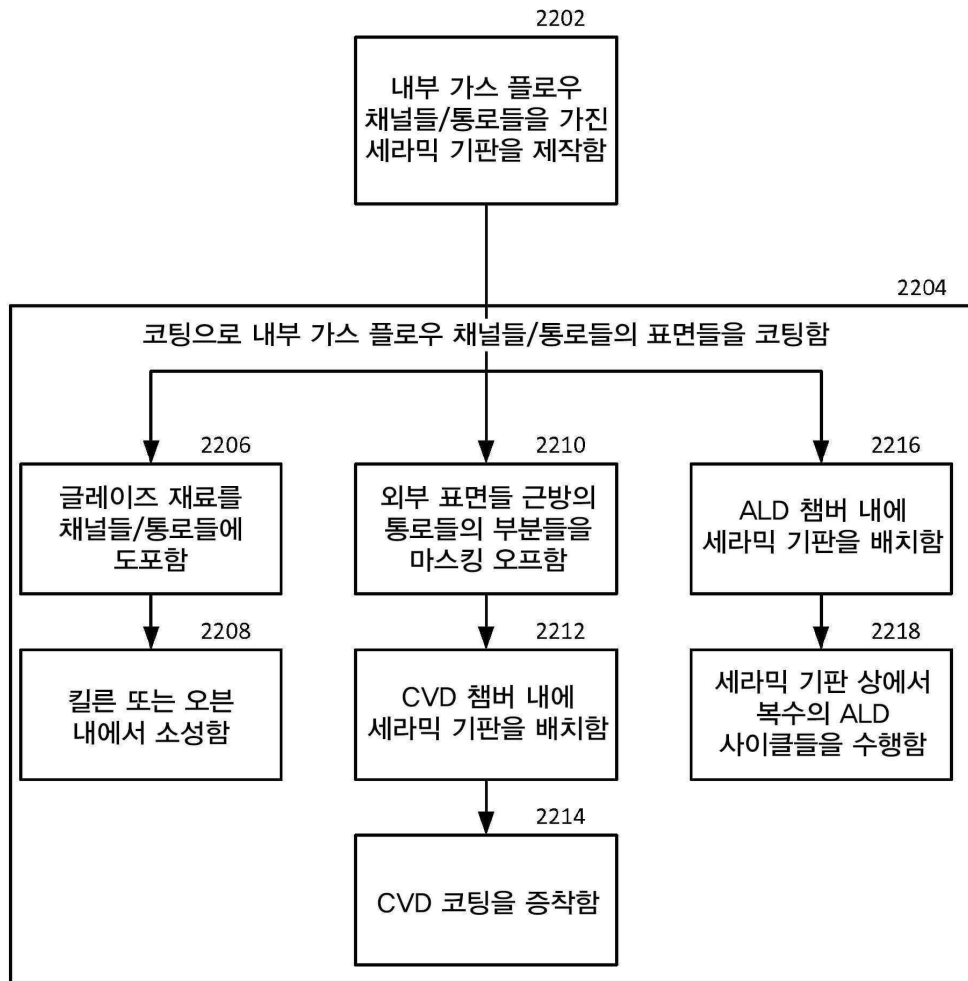
도면20



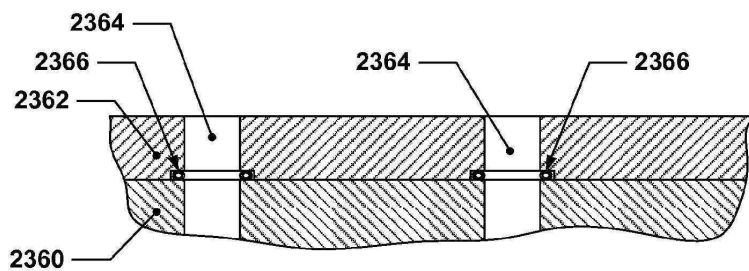
도면21



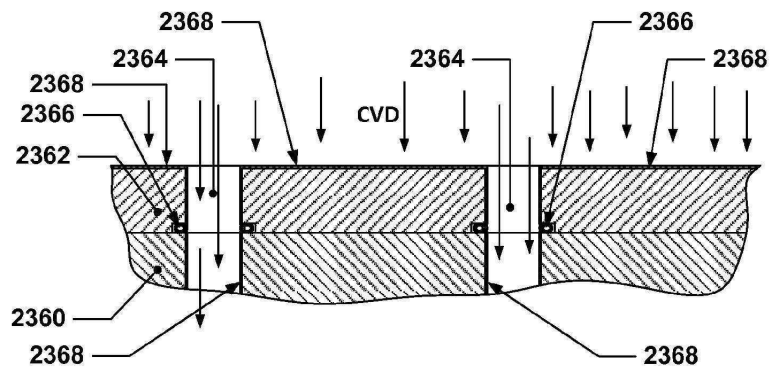
도면22



도면23



도면24



도면25

