(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0108802
(43) 공개일자 2024년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) *C23C 16/455* (2006.01)
C23C 16/509 (2006.01) *C23C 16/54* (2006.01)
H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/3244 (2013.01)
C23C 16/45521 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7021724
(22) 출원일자(국제) 2022년11월19일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년06월28일
(86) 국제출원번호 PCT/US2022/080198
(87) 국제공개번호 WO 2023/102325
국제공개일자 2023년06월08일
(30) 우선권주장
63/264,780 2021년12월01일 미국(US)

(71) 출원인
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
저지, 존 개럿
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
라인바거 주니어, 닉 레이
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
보트라이트, 대니엘
미국, 94538 캘리포니아, 프레몬트, 쿠싱 파크웨이 4650
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

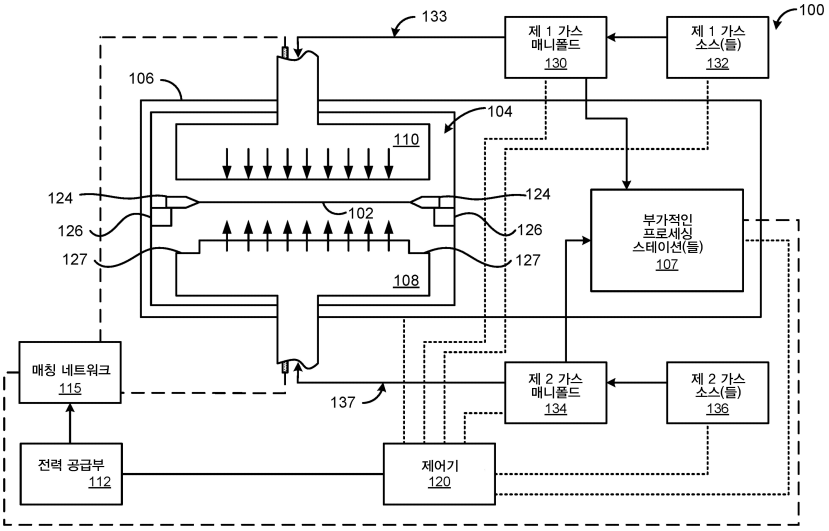
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 **조정 가능한 플로우 밸브를 갖는 건식 프로세스 툴**

(57) 요 약

건식 프로세스 툴을 위한 시스템은 하나 이상의 프로세싱 챔버들, 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝되는 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들; 및 제 1 가스 소스를 포함한다. 공통 매니폴드는 적어도 제 1 질량 유량 제어기 (mass flow controller) 를 통해 제 1 가스 소스에 커플링된다. 공통 매니폴드는 대응하는 플로우 경로를 통해 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들의 프로세싱 스테이션 각각에 제 1 가스 소스를 유체로 커플링한다 (fluidly couple). 대응하는 플로우 경로 각각은 조정 가능한 플로우 밸브를 포함한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
C23C 16/45561 (2013.01)
C23C 16/45565 (2013.01)
C23C 16/5096 (2013.01)
C23C 16/54 (2013.01)
H01L 21/67017 (2013.01)
H01L 21/6719 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

건식 프로세스 툴을 위한 시스템에 있어서,

하나 이상의 프로세스 챔버들;

상기 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝되는 (position) 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들; 및

제 1 가스 소스; 및

공통 매니폴드가 대응하는 플로우 경로를 통해 상기 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들의 프로세싱 스테이션 각각에 상기 제 1 가스 소스를 유체로 커플링하도록 (fluidly couple), 적어도 제 1 질량 유량 제어기 (mass flow controller) 를 통해 상기 제 1 가스 소스에 커플링된 공통 매니폴드로서, 대응하는 플로우 경로 각각은 조정 가능한 플로우 밸브를 포함하는, 상기 공통 매니폴드를 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

조정 가능한 플로우 밸브 각각은 상기 대응하는 플로우 경로 내에서 가장 높은 밸브 플로우 계수를 갖도록 조정 가능한, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 대응하는 플로우 경로들 중 하나 이상의 플로우 경로들은 각각 상기 조정 가능한 플로우 밸브와 평행하게 포지셔닝된 고정된 오리피스를 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

대응하는 플로우 경로 각각은 가요성 가스 라인을 통해 상기 공통 매니폴드에 커플링되고, 그리고 플로우 경로 각각은 각각의 프로세싱 스테이션의 프로세싱 챔버에 대해 이동 가능하도록 구성된 하나 이상의 컴포넌트들을 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 플로우 경로 각각은 상기 조정 가능한 플로우 밸브의 업스트림에 온/오프 플로우 밸브를 더 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

플로우 경로 각각은 상기 온/오프 플로우 밸브의 업스트림에 필터를 더 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

제 2 질량 유량 제어기를 통해 상기 공통 매니폴드에 연결된 제 2 가스 소스를 더 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

프로세싱 스테이션 각각에 대해, 상기 프로세싱 스테이션의 업스트림의 상기 플로우 경로 내에 포지셔닝된 믹서를 더 포함하고, 프로세싱 스테이션 각각에 대한 상기 믹서는 제 2 대응하는 플로우 경로를 통해 제 2 공통 매니폴드에 커플링되고, 상기 제 2 공통 매니폴드는 제 2 가스 소스에 커플링되고, 상기 제 2 가스 소스는 상기 제 1 가스 소스와 상이한 가스 조성을 제공하도록 구성되는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제 2 대응하는 플로우 경로는 고정된 오리피스 또는 제 2 조정 가능한 플로우 밸브 중 하나 이상과 직렬인 온/오프 플로우 밸브를 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 프로세싱 챔버들은 복수의 프로세싱 챔버들을 포함하고, 그리고 상기 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들의 프로세싱 스테이션 각각은 상기 복수의 프로세싱 챔버들의 별개의 프로세싱 챔버 내에 포지셔닝되는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들 중 적어도 2 개의 프로세싱 스테이션들은 상기 하나 이상의 프로세싱 챔버들의 공유된 프로세싱 챔버 내에 포지셔닝되는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 건식 프로세스 툴은 화학적 기상 증착 툴 (chemical vapor deposition tool) 을 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 건식 프로세스 툴은 원자 층 증착 툴 (atomic layer deposition tool) 을 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 건식 프로세스 툴은 건식 에칭 툴 (dry-etching tool) 을 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 조정 가능한 플로우 밸브는 자동화된 밸브를 포함하는, 건식 프로세스 툴을 위한 시스템.

청구항 16

멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 (calibrating) 위한 방법에 있어서,

공통 가스 소스의 챔버 압력을 캘리브레이션 가스 압력으로 설정하는 단계; 및

상기 공통 가스 소스에 커플링된 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 스테이션 각각에 대해,

하나 이상의 다른 스테이션들로의 가스 플로우를 폐쇄하는 단계;

상기 공통 가스 소스로부터 조정될 스테이션으로 가스를 흘리는 단계;

상기 가스 소스에서 업스트림 가스 압력을 센싱하는 단계; 및

상기 업스트림 가스 압력이 미리 결정된 가스 압력으로부터 문턱값 차 (threshold difference) 내에 있지 않다면, 상기 업스트림 가스 압력을 상기 미리 결정된 가스 압력으로부터 상기 문턱값 차 내의 압력으로 설정하도록 상기 조정될 스테이션으로의 플로우 경로 내의 조정 가능한 밸브를 조정하는 단계를 포함하는, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하는 단계는 하나 이상의 스테이션들에서 변화된 소모성 컴포넌트에 응답하여 수행되는, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 방법.

청구항 18

멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 방법에 있어서,

제 1 스테이션의 제 1 플로우 경로 내의 제 1 조정 가능한 밸브를 조정하고 제 2 스테이션의 제 2 플로우 경로 내의 제 2 조정 가능한 밸브를 조정함으로써 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 적어도 제 1 스테이션 및 제 2 스테이션에 대한 가스 플로우를 밸런싱하는 단계;

상기 제 1 스테이션에서 보상 가능한 하드웨어 디스패리티 (compensatable hardware disparity) 를 센싱하는 단계;

상기 제 1 스테이션의 상기 플로우 경로 내의 상기 제 1 조정 가능한 밸브의 설정을 조정함으로써 상기 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정하는 단계; 및

상기 제 2 조정 가능한 밸브의 설정을 유지하는 단계를 포함하는, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정하는 단계는 상기 제 1 조정 가능한 밸브의 어퍼처의 사이즈를 증가시킴으로써 가스 플로우를 증가시키는 단계를 포함하는, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정하는 단계는 상기 제 1 조정 가능한 밸브의 어퍼처의 사이즈를 감소시킴으로써 가스 플로우를 감소시키는 단계를 포함하는, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 방법.

청구항 21

하나 이상의 프로세스 챔버들;

상기 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝된 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들;

상기 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들에 프로세싱 가스를 제공하도록 구성된 가스 소스; 및

프로세싱 스테이션 각각에 대해, 상기 가스 소스와 상기 프로세싱 스테이션 사이에 위치된 대응하는 질량 유량 제어기를 포함하는 대응하는 플로우 경로로서, 상기 대응하는 질량 유량 제어기는 상기 프로세싱 챔버로의 상기

프로세싱 가스의 플로우를 제어하도록 구성된, 상기 대응하는 플로우 경로를 포함하는, 시스템.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 프로세싱 가스는 2 개 이상의 컴포넌트 가스들을 포함하고, 상기 컴포넌트 가스들은 하나 이상의 반응성 가스들 및 하나 이상의 캐리어 가스들을 포함하는, 시스템.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 가스 소스는 2 개 이상의 가스들을 제공하도록 구성되고, 그리고 상기 가스 소스와 상기 하나 이상의 프로세싱 챔버들 사이에 포지셔닝된 믹서를 더 포함하고, 상기 믹서는 상기 2 개 이상의 가스들을 혼합하도록 구성되고, 그리고 상기 프로세싱 스테이션 각각에 대한 상기 대응하는 질량 유량 제어기는 상기 믹서와 상기 프로세싱 스테이션 사이에 위치되는, 시스템.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 2 개 이상의 가스들의 가스 각각은 상기 가스 소스와 상기 믹서 사이의 제 2 대응하는 질량 유량 제어기에 의해 상기 믹서에 연결되는, 시스템.

청구항 25

제 22 항에 있어서,

캐리어 가스 각각은 대응하는 캐리어 가스 질량 유량 제어기를 통해 캐리어 가스 매니폴드에 커플링되고, 상기 캐리어 가스 매니폴드는 캐리어 가스 플로우를 프로세싱 스테이션 각각에 대한 캐리어 가스 라인들로 분할하도록 구성되는, 시스템.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

대응하는 플로우 경로 각각은 상기 하나 이상의 반응성 가스들을 상기 하나 이상의 캐리어 가스들과 혼합하도록 대응하는 믹서를 포함하는, 시스템.

청구항 27

하나 이상의 프로세스 챔버들;

상기 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝되는 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들;

2 개 이상의 가스 소스들로서, 가스 소스 각각이 각각의 질량 유량 제어기를 통해 공통 믹서에 커플링된, 2 개 이상의 가스 소스들; 및

상기 공통 믹서로부터 상기 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들의 프로세싱 스테이션 각각으로 플로우를 분할하도록 구성된 플로우 비 제어기를 포함하는, 시스템.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

전용 질량 유량 제어기를 통해 가스 매니폴드에 커플링되는 캐리어 가스 소스로서, 상기 가스 매니폴드는 캐리어 가스 플로우를 프로세싱 스테이션 각각에 대한 캐리어 가스 라인들로 분할하는, 상기 캐리어 가스 소스; 및

프로세싱 스테이션 각각에 대해, 믹서를 포함하는 플로우 경로로서, 상기 믹서는 캐리어 가스 라인 및 공통 믹서의 출력을 수용하도록 구성되고, 그리고 결합된 가스 플로우를 각각의 프로세싱 스테이션으로 지향시키도록 더 구성되는, 상기 믹서를 포함하는 상기 플로우 경로를 더 포함하는, 시스템.

청구항 29

제 27 항에 있어서,

상기 2 개 이상의 가스 소스들은 하나 이상의 반응성 가스 소스들 및 하나 이상의 캐리어 가스 소스들을 포함하는, 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

배 경 기 술

[0001] 증착 툴들 및 에칭 툴들과 같은 건식 프로세스 툴들은 기판의 표면 상에 재료를 증착하거나 기판의 표면으로부터 재료를 제거하기 위해 신중하게 계량된 프로세싱 가스들의 조합들을 사용한다. 일부 툴들은 공통 프로세싱 가스 소스들을 공유하는 복수의 프로세싱 스테이션들을 포함할 수도 있다. 이러한 배치 (arrangement) 는 일관된 조건들 하에서 복수의 기판들의 병렬 프로세싱을 허용할 수도 있다.

발명의 내용

[0002] 이 발명의 내용은 이하의 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에 더 기술되는 (describe) 단순화된 형태의 개념들의 선택을 도입하도록 제공된다. 이 발명의 내용은 청구된 주제의 주요 특징들 또는 본질적인 특징들을 식별하도록 의도되지 않고, 청구된 주제의 범위를 제한하기 위해 사용되도록 의도되지 않는다. 게다가, 청구된 주제는 본 개시의 임의의 부분에서 언급된 임의의 또는 모든 단점들을 해결하는 구현 예들로 제한되지 않는다.

[0003] 조정 가능한 플로우 밸브들을 포함하는 건식 프로세스 툴들에 관한 예들이 개시된다. 일 예는 하나 이상의 프로세싱 챔버들을 포함하는 건식 프로세스 툴을 위한 시스템을 제공한다. 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들이 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝된다 (position). 시스템은 제 1 가스 소스를 더 포함한다. 공통 매니폴드는 적어도 제 1 질량 유량 제어기 (mass flow controller) 를 통해 제 1 가스 소스에 커플링된다. 공통 매니폴드는 대응하는 플로우 경로를 통해 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들의 프로세싱 스테이션 각각에 제 1 가스 소스를 유체로 커플링한다 (fluidly couple). 대응하는 플로우 경로 각각은 조정 가능한 플로우 밸브를 포함한다.

[0004] 일부 이러한 예들에서, 조정 가능한 플로우 밸브 각각은 대응하는 플로우 경로 내에서 가장 높은 밸브 플로우 계수를 갖도록 조정 가능하다.

[0005] 일부 이러한 예들에서, 대응하는 플로우 경로들 중 하나 이상의 플로우 경로들은 부가적으로 또는 대안적으로 조정 가능한 플로우 밸브와 평행하게 포지셔닝된 고정된 오리피스를 포함한다.

[0006] 일부 이러한 예들에서, 대응하는 플로우 경로 각각은 부가적으로 또는 대안적으로 가요성 가스 라인을 통해 공통 매니폴드에 커플링되고 그리고 플로우 경로 각각은 부가적으로 또는 대안적으로 각각의 프로세싱 스테이션의 프로세싱 챔버에 대해 이동 가능하도록 구성된 하나 이상의 컴포넌트들을 포함한다.

[0007] 일부 이러한 예들에서, 플로우 경로 각각은 부가적으로 또는 대안적으로 조정 가능한 플로우 밸브의 업스트림에 온/오프 플로우 밸브를 포함한다.

[0008] 일부 이러한 예들에서, 플로우 경로 각각은 부가적으로 또는 대안적으로 온/오프 플로우 밸브의 업스트림에 필터를 포함한다.

[0009] 일부 이러한 예들에서, 시스템은 부가적으로 또는 대안적으로 제 2 질량 유량 제어기를 통해 공통 매니폴드에 연결된 제 2 가스 소스를 포함한다.

[0010] 일부 이러한 예들에서, 시스템은 부가적으로 또는 대안적으로, 프로세싱 스테이션 각각에 대해, 프로세싱 스테이션의 업스트림의 플로우 경로 내에 포지셔닝된 믹서를 포함한다. 프로세싱 스테이션 각각에 대한 믹서는 부가적으로 또는 대안적으로 제 2 대응하는 플로우 경로를 통해 제 2 공통 매니폴드에 커플링된다. 제 2 공통 매니폴드는 제 2 가스 소스에 커플링된다. 제 2 가스 소스는 제 1 가스 소스와 상이한 가스 조성을 제공한다.

[0011] 일부 이러한 예들에서, 제 2 대응하는 플로우 경로는 부가적으로 또는 대안적으로 고정된 오리피스 또는 제 2 조정 가능한 플로우 밸브 중 하나 이상과 직렬인 온/오프 플로우 밸브를 포함한다.

[0012] 일부 이러한 예들에서, 하나 이상의 프로세싱 챔버들은 부가적으로 또는 대안적으로 복수의 프로세싱 챔버들을 포함한다. 부가적으로 또는 대안적으로, 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들의 프로세싱 스테이션 각각은 복수의 프로세싱 챔버들의 분리된 프로세싱 챔버 내에 포지셔닝된다.

[0013] 부가적으로 또는 대안적으로, 일부 이러한 예들에서, 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들 중 적어도 2 개의 프로세싱 스테이션들은 하나 이상의 프로세싱 챔버들의 공유된 프로세싱 챔버 내에 포지셔닝된다.

[0014] 일부 이러한 예들에서, 건식 프로세스 툴은 부가적으로 또는 대안적으로 화학적 기상 증착 툴 (chemical vapor deposition tool) 을 포함한다.

[0015] 일부 이러한 예들에서, 건식 프로세스 툴은 부가적으로 또는 대안적으로 원자 층 증착 툴 (atomic layer deposition tool) 을 포함한다.

[0016] 일부 이러한 예들에서, 건식 프로세스 툴은 부가적으로 또는 대안적으로 건식 에칭 툴을 포함한다.

[0017] 일부 이러한 예들에서, 조정 가능한 플로우 밸브는 부가적으로 또는 대안적으로 자동화된 밸브를 포함한다.

[0018] 또 다른 예는 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 (calibrate) 위한 방법을 제공한다. 이 방법은 공통 가스 소스의 챔버 압력을 캘리브레이션 가스 압력으로 설정하는 단계를 포함한다. 공통 가스 소스에 커플링된 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 스테이션 각각에 대해, 이 방법은 하나 이상의 다른 스테이션들로의 가스 플로우를 클로징하는 단계 및 공통 가스 소스로부터 조정될 스테이션으로 가스를 흘리는 단계를 포함한다. 업스트림 가스 압력은 가스 소스에서 센싱된다. 업스트림 가스 압력이 미리 결정된 가스 압력으로부터 문턱값 차 (threshold difference) 내에 있지 않은 경우, 업스트림 가스 압력을 미리 결정된 가스 압력으로부터 문턱값 차 내의 압력에 설정하도록 조정될 스테이션으로의 플로우 경로 내의 조정 가능한 밸브가 조정된다.

[0019] 일부 이러한 예들에서, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하는 것은 하나 이상의 스테이션들에서 변화된 소모성 컴포넌트에 응답하여 부가적으로 또는 대안적으로 수행된다.

[0020] 또 다른 예는 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 방법을 제공한다. 이 방법은 제 1 스테이션의 제 1 플로우 경로 내의 제 1 조정 가능한 밸브를 조정하고 제 2 스테이션의 제 2 플로우 경로 내의 제 2 조정 가능한 밸브를 조정함으로써 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 적어도 제 1 스테이션 및 제 2 스테이션에 대한 가스 플로우를 밸런싱하는 단계를 포함한다. 보상 가능한 하드웨어 디스패리티 (compensatable hardware disparity) 는 제 1 스테이션에서 센싱된다. 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우는 제 1 스테이션의 플로우 경로 내의 제 1 조정 가능한 밸브의 설정을 조정함으로써 조정된다. 제 2 조정 가능한 밸브의 설정이 유지된다.

[0021] 일부 이러한 예들에서, 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정하는 것은 부가적으로 또는 대안적으로 제 1 조정 가능한 밸브의 어퍼처 (aperture) 의 사이즈를 증가시킴으로써 가스 플로우를 증가시키는 것을 포함한다.

[0022] 일부 이러한 예들에서, 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정하는 것은 부가적으로 또는 대안적으로 제 1 조정 가능한 밸브의 어퍼처의 사이즈를 감소시킴으로써 가스 플로우를 감소시키는 것을 포함한다.

[0023] 또 다른 예는 하나 이상의 프로세싱 챔버들, 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝되는 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들, 및 프로세싱 가스를 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들에 제공하도록 구성된 가스 소스를 포함하는 시스템을 제공한다. 프로세싱 스테이션 각각에 대해, 대응하는 플로우 경로는 가스 소스와 프로세싱 스테이션 사이에 위치된 대응하는 질량 유량 제어기를 포함하고, 대응하는 질량 유량 제어기는 프로세싱 챔버로의 프로세싱 가스의 플로우를 제어하도록 구성된다.

[0024] 일부 이러한 예들에서, 프로세싱 가스는 부가적으로 또는 대안적으로 2 개 이상의 컴포넌트 가스들을 포함하고, 컴포넌트 가스들은 하나 이상의 반응성 가스들 및 하나 이상의 캐리어 가스들을 포함한다.

[0025] 일부 이러한 예들에서, 가스 소스는 부가적으로 또는 대안적으로 2 개 이상의 가스들을 제공하도록 구성되고, 그리고 가스 소스와 하나 이상의 프로세싱 챔버들 사이에 포지셔닝된 믹서를 더 포함하고, 믹서는 2 개 이상의 가스들을 혼합하도록 구성되고, 그리고 프로세싱 스테이션 각각에 대한 대응하는 질량 유량 제어기는 믹서와 프로세싱 스테이션 사이에 위치된다.

[0026] 일부 이러한 예들에서, 2 개 이상의 가스들의 각각의 가스는 부가적으로 또는 대안적으로 가스 소스와 믹서 사

이의 제 2 대응하는 질량 유량 제어기에 의해 믹서에 연결된다.

[0027] 일부 이러한 예들에서, 캐리어 가스 각각은 부가적으로 또는 대안적으로 대응하는 캐리어 가스 질량 유량 제어기를 통해 캐리어 가스 매니폴드에 커플링되고, 캐리어 가스 매니폴드는 캐리어 가스 플로우를 프로세싱 스테이션 각각에 대한 캐리어 가스 라인들로 분할하도록 구성된다.

[0028] 일부 이러한 예들에서, 대응하는 플로우 경로 각각은 부가적으로 또는 대안적으로 하나 이상의 반응성 가스들을 하나 이상의 캐리어 가스들과 혼합하도록 대응하는 믹서를 포함한다.

[0029] 또 다른 예는 하나 이상의 프로세싱 챔버들, 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝되는 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들, 및 2 개 이상의 가스 소스들을 포함하는 시스템을 제공하고, 가스 소스 각각은 각각의 질량 유량 제어기를 통해 공통 믹서에 커플링된다. 플로우 비 제어기는 공통 믹서로부터 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들의 프로세싱 스테이션 각각으로 플로우를 분할한다.

[0030] 일부 이러한 예들에서, 캐리어 가스 소스는 부가적으로 또는 대안적으로 전용 질량 유량 제어기를 통해 가스 매니폴드에 커플링되고, 가스 매니폴드는 캐리어 가스 플로우를 프로세싱 스테이션 각각에 대한 캐리어 가스 라인들로 분할한다. 프로세싱 스테이션 각각에 대해, 플로우 경로는 믹서를 포함하고, 믹서는 캐리어 가스 라인 및 공통 믹서의 출력을 수신하도록 구성되고, 그리고 결합된 가스 플로우를 각각의 프로세싱 스테이션으로 지향시키도록 더 구성된다.

[0031] 일부 이러한 예들에서, 2 개 이상의 가스 소스들은 부가적으로 또는 대안적으로 하나 이상의 반응성 가스 소스들 및 하나 이상의 캐리어 가스 소스들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 기판을 프로세싱하기 위한 예시적인 건식 프로세스 툴을 개략적으로 도시한다.

도 2는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴을 개략적으로 도시한다.

도 3은 프로세스 툴들의 예시적인 클러스터를 개략적으로 도시한다.

도 4는 조정 가능한 플로우 밸브를 갖는 가스 플로우 경로를 포함하는 건식 프로세스 툴을 위한 예시적인 가스 분배 시스템을 개략적으로 도시한다.

도 5는 고정된 오리피스와 평행한 조정 가능한 플로우 밸브를 갖는 가스 플로우 경로를 포함하는 건식 프로세스 툴을 위한 예시적인 가스 분배 시스템을 개략적으로 도시한다.

도 6은 가스 플로우 경로 각각 내에 조정 가능한 플로우 밸브들을 포함하는 멀티-스테이션 프로세스 툴에 대한 가스 플로우를 밸런싱하기 위한 예시적인 방법을 예시하는 흐름도를 도시한다.

도 7은 조정 가능한 플로우 밸브들을 포함하는 멀티-스테이션 프로세스 툴을 캘리브레이팅하기 위한 예시적인 방법을 예시하는 흐름도를 도시한다.

도 8 및 도 9는 복수의 프로세싱 스테이션들 내로의 가스 플로우를 제어하기 위한 질량 유량 제어기들 (mass flow controllers) 을 포함하는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴들을 개략적으로 도시한다.

도 10 및 도 11은 복수의 프로세싱 스테이션들 내로의 가스 플로우를 제어하기 위한 질량 유량 제어기들 및 플로우 비 제어기들을 포함하는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴들을 개략적으로 도시한다.

도 12는 복수의 프로세싱 스테이션들 내로의 가스 플로우를 제어하기 위한 질량 유량 제어기들을 포함하는 또 다른 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴을 개략적으로 도시한다.

도 13은 예시적인 컴퓨팅 환경을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 화학적 기상 증착 툴들 및 원자 층 증착 툴들과 같은 건식 프로세스 툴들은 가스상 종 (gas phase species) 을 사용하여 기판 상에 박막들을 증착하도록 사용될 수도 있다. 건식 에칭 툴들과 같은 다른 건식 프로세스 툴들은 기판으로부터 재료를 제거하기 위해 가스상 종을 사용한다.

[0034] 복수의 프로세싱 스테이션들이 단일 건식 프로세스 툴에 통합될 수도 있다. 이러한 배치는 프로세싱 챔버들,

로보틱스들 및 가스 소스들과 같은 리소스들의 공유를 허용한다.

[0035] 멀티-스테이션 툴의 프로세싱 스테이션들은 복수의 웨이퍼들에 대해 동일한 프로세스를 수행하도록 동작될 수 있다. 이러한 방식으로 사용될 때, 스테이션들에 걸친 프로세싱 가스 플로우들의 신중한 밸런싱은 웨이퍼-대-웨이퍼 막 일관성을 유지하는 것을 돕는다. 멀티-스테이션 툴의 스테이션들에 걸친 플로우들을 밸런싱하기 위한 일 방법은 가스를 스테이션 각각으로 전달하기 위해 가스 플로우 경로 내의 정밀 오리피스들의 사용을 수반한다. 고정된 오리피스 각각은 경로에 대해 우세한 밸브 플로우 계수 (Cv) 를 갖도록 설계된다. 그러나, 가스 플로우 경로 각각은 밸브들, 필터들, 믹서들, 및 도관들과 같은 수많은 다른 컴포넌트들을 포함할 수도 있다. 가스 플로우 경로 내의 모든 컴포넌트들에 대한 공차들의 합은, 정밀 오리피스들 자체들 사이의 차들이 목표된 범위 내에 있는 경우에도, 스테이션들 사이의 가스 플로우의 차들이 목표된 범위 (예를 들어, 목표된 치수 공차 범위) 를 벗어나게 할 수도 있다.

[0036] 따라서, 스테이션들 사이에서 가스 플로우들을 밸런싱하도록 다양한 방법들이 사용될 수 있다. 이러한 부가적인 밸런싱을 수행하는 일 방법은 가스 플로우 경로 컴포넌트들을 수동으로 스왑하는 (swap) 것이다. 스왑될 수 있는 컴포넌트들은 오리피스들, 다른 밸브들, 믹서들, 도관들, 및/또는 다른 컴포넌트들을 포함한다. 그러나, 컴포넌트 스왑은 비용이 많이 들고 시간 소비적이다. 또한, 컴포넌트 스왑은 가스 플로우 경로에서 컴포넌트가 교체될 때마다 수행되어야 한다. 또 다른 방법은 가스 플로우의 튜닝을 인에이블하도록 가열된 가스 라인들을 사용하는 것이다. 그러나, 가열된 가스 라인들은 설치하기 위한 비용이 많이 들 수 있다. 또한, 가열된 가스 라인들은 많은 실질적인 튜닝 범위를 제공하지 않을 수도 있다.

[0037] 따라서, 멀티-스테이션 프로세싱 툴들 내의 스테이션들로의 가스 플로우 레이트들의 정확한 조정을 제공하는 것에 관한 예들이 개시된다. 일부 예들에서, 스테이션 각각으로의 가스 플로우 경로는 조정 가능한 밸브를 포함한다. 다른 예들에서, 질량 유량 제어기들 및/또는 플로우 비 제어기들과 같은 플로우 제어기들의 다양한 배치들이 스테이션 각각으로의 가스 플로우들을 조정하도록 제공된다.

[0038] 이들 예들을 논의하기 전에, 예시적인 건식 프로세스 툴 (100) 이 도 1을 참조하여 기술된다 (describe). 건식 프로세스 툴 (100) 은 기판 (102) 을 프로세싱하도록 구성된다. 용어 "기판"은 개시된 예시적인 툴들에서 프로세싱될 수 있는 임의의 워크피스를 지칭하도록 본 명세서에서 사용된다. 예들은 실리콘 웨이퍼들과 같은 반도체 기판들을 포함한다. 용어들 "전면" 및 "후면"은 기판의 대향하는 측면들을 기술하도록 본 명세서에서 사용된다. 반도체 웨이퍼들의 경우에서, 전면은 디바이스들이 제조되고 대부분의 프로세싱 단계들이 수행되는 곳이다.

[0039] 일부 예들에서, 건식 프로세스 툴 (100) 은 기판 (102) 의 표면 상에 재료들의 박막들을 증착하기 위해 가스상 전구체들의 플로우를 사용할 수도 있다. 다른 예들에서, 건식 프로세스 툴 (100) 은 기판 (102) 의 표면으로부터 재료를 제거하기 위해 가스상 종을 사용할 수도 있다. 일부 이러한 프로세스들에서, 플라즈마는 증착 또는 에칭을 위해 반응성 종을 생성하도록 사용될 수도 있다.

[0040] 건식 프로세스 툴 (100) 은 기판 (102) 이 처리될 수 있는 하나 이상의 프로세싱 스테이션들 (104) 을 포함한다. 프로세싱 스테이션 (104) 각각은 프로세싱 챔버 (106) 내에 포지셔닝된다 (position). 일부 예들에서, 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들 (104) 은 동일한 프로세싱 챔버 (106) 내에 있을 수도 있다. 이는 부가적인 프로세싱 스테이션(들) (107) 에 의해 도 1에 예시된다.

[0041] 건식 프로세스 툴 (100) 은 프로세싱이 기판 전면 또는 기판 후면 상에서 선택적으로 수행되게 하도록 구성된다. 페데스탈 (108) 은 기판 (102) 의 전면이 프로세싱될 때 기판 (102) 을 지지하도록 제공된다. 일부 예들에서, 페데스탈은 저항성 히터 (미도시) 와 같은 열원을 포함할 수도 있다. 건식 프로세스 툴 (100) 이 전면 및 후면 프로세싱 모두를 위해 구성되기 때문에, 페데스탈 (108) 은 또한 기판의 후면을 향해 가스들을 분배하도록 구성된다. 따라서 페데스탈 (108) 은 또한 본 명세서에서 샤워헤드 페데스탈 (108) 로서 지칭된다. 다른 예들에서, 건식 프로세스 툴은 샤워헤드 능력들 (capabilities) 이 없는 페데스탈 또는 다른 기판 홀더를 포함할 수도 있다.

[0042] 건식 프로세스 툴 (100) 은 페데스탈 (108) 과 대면하여 포지셔닝된 샤워헤드 (110) 를 더 포함한다. 샤워헤드 (110) 는 수행될 프로세스에 따라, 기판 전면을 향해 반응 물질 또는 불활성 가스들을 분배하도록 구성된다. 일부 예들에서, 샤워헤드 (110) 는무선 주파수 (radio frequency; RF) 매칭 네트워크 (115) 를 통해 RF 전력 공급부 (112) 에 전기적으로 커플링된다. 전력 공급부 (112) 는 제어기 (120) 에 의해 제어될 수도 있다. 다른 예들에서, RF 전력은 샤워헤드 (110) 대신 샤워헤드 페데스탈 (108) 에 제공될 수도 있다. 다른 예들에서,

RF 전력은 페데스탈 (108) 또는 샤워헤드 (110) 중 하나에 선택적으로 제공될 수 있다.

[0043] 기판 (102) 은 다른 프로세스 스테이션들로 기계적으로 이동될 수 있는 캐리어 링 (carrier ring) (124) 상에 포지셔닝된다. 도 1에서, 기판 (102) 은 후면 프로세싱을 위해 포지셔닝된다. 이와 같이, 캐리어 링 (124) 은 샤워헤드 페데스탈 (108) 위로 선택된 거리에 기판 (102) 을 홀딩하도록 구성된 지지부들 (126) 상에 포지셔닝된다. 이러한 구성에서, 반응 물질 가스들은 샤워헤드 페데스탈 (108) 을 통해 기판 (102) 의 후면을 향해 분배될 수 있는 한편, 불활성 가스들은 (예를 들어, 후면으로 지향되는 반응 물질 가스들이 전면에 도달하는 것을 방지하기 위해) 샤워헤드 (110) 를 통해 기판 (102) 의 전면을 향해 분배될 수 있다. 일부 예들에서, 지지부 (126) 각각은 패들 또는 스파이더 포크와 같은, 기계적으로 이동 가능한 디바이스의 형태를 취할 수 있다. 다른 예들에서, 지지부 (126) 각각은 샤워헤드 페데스탈 (108) 과 커플링된 스페이서의 형태를 취할 수 있다. 이러한 스페이서들은 기판이 전면 프로세싱을 위해 샤워헤드 페데스탈 (108) 상에 배치되게 하도록 샤워헤드 페데스탈 (108) 로부터 제거될 수 있다.

[0044] 기판 (102) 의 전면이 프로세싱될 때, 기판 (102) 은 샤워헤드 페데스탈 (108) 상에 포지셔닝되고, 그리고 캐리어 링 (124) 은 페데스탈 (108) 의 캐리어 링 지지 영역 (127) 상에 놓인다 (rest on). 엔드 이펙터 (미도시) 는 전면 프로세싱을 위해 페데스탈 (108) 상에, 또는 후면 프로세싱을 위해 지지부들 (126) 상에 기판 (102) 및 캐리어 링 (124) 을 배치하도록 (place) 사용될 수 있다.

[0045] 일부 예들에서, 프로세싱 스테이션 (104) 의 적어도 일부분은 프로세싱 챔버 (106) 에 대해 이동할 수도 있다. 예를 들어, 건식 프로세스 툴 (100) 은 샤워헤드 페데스탈 (108) 을 수직으로 이동시키기 위해 모터-구동 벨로우즈들 (bellows) (미도시) 을 포함할 수도 있다. 샤워헤드 페데스탈 (108) 의 이동은 페데스탈 (108) 로 이어지는 가스 플로우 경로 컴포넌트들에 커플링된 하나 이상의 가요성 가스 라인들 (도 1에 미도시) 에 의해 용이할 수 있다.

[0046] 건식 프로세스 툴 (100) 은 제 1 가스 소스(들) (132) 에 연결된 제 1 가스 매니폴드 (130) 를 더 포함한다. 제 1 가스 소스(들) (132) 는 하나 이상의 반응 물질 가스들 및/또는 하나 이상의 비-반응 물질 캐리어 가스들을 포함할 수도 있다. 제어기 (120) 는 제 1 가스 매니폴드 (130) 를 통해 제 1 가스 소스(들) (132) 로부터 가스 플로우 경로 (133) 를 통해 샤워헤드 (110) 로의 가스의 전달을 제어한다. 구체적인 예로서, 증착이 기판 (102) 의 후면을 타겟으로 할 때, 불활성 가스 플로우는 샤워헤드 (110) 를 통해 기판 (102) 의 전면 위로 지향된다. 상기 언급된 바와 같이, 불활성 가스 플로우는 기판 전면으로부터 반응 물질 가스를 밀어낼 수 있고, 후면 프로세싱을 용이하게 한다.

[0047] 다양한 예들에서, 반응 물질 가스들은 챔버 (106) 내로 도입되기 전에 미리 혼합될 수도 있고, 또는 챔버 (106) 내로 따로따로 도입될 수도 있다. 프로세스 가스들은 유출구를 통해 챔버 (106) 를 나간다. 진공 펌핑 시스템은 프로세스 가스들을 인출하고 반응기 내에서 적절하게 저압을 유지하도록 채용된다.

[0048] 도 1은 또한 샤워헤드 페데스탈 (108) 에 가스들을 제공하도록 구성된 제 2 가스 매니폴드 (134) 를 도시한다. 제 2 가스 소스(들) (136) 는 제 2 가스 매니폴드 (134) 에 커플링된 것으로 도시된다. 제 2 가스 소스(들) (136) 는 가스 플로우 경로 (137) 를 통해 샤워헤드 페데스탈 (108) 에 하나 이상의 반응 물질 및/또는 불활성 가스를 제공하도록 구성된다. 제 2 가스 소스(들) (136) 의 가스들의 조성은 제 1 가스 소스(들) (132) 와 상이할 수도 있다.

[0049] 부가적인 프로세싱 스테이션(들) (107) 은 또한 제 1 가스 매니폴드 (130) 및 제 2 가스 매니폴드 (134) 로부터 가스들을 수용한다. 부가적인 프로세싱 스테이션(들) (107) 은 RF 매칭 네트워크 (115) 를 통해 RF 전력 공급부 (112) 로부터 전력을 더 수신할 수도 있다. 부가적인 프로세싱 스테이션(들) (107) 은 또한 제어기 (120) 와 신호들을 교환할 수도 있고, 그리고 제어기 (120) 에 의해 제어될 수도 있다.

[0050] 제어기 (120) 는 하나 이상의 논리 디바이스들, 하나 이상의 메모리 디바이스들, 및 하나 이상의 인터페이스들을 포함한다. 제어기 (120)는 부분적으로 센싱된 값들에 기초하여 시스템의 액추에이터들을 제어하도록 채용될 수도 있다. 예를 들어, 제어기 (120) 는 센싱된 값들 및 다른 제어 파라미터들에 기초하여 하나 이상의 밸브들, 필터 히터들, 펌프들, 및 다른 디바이스들을 제어할 수도 있다. 제어기 (120) 는 압력 마노미터들, 플로우 미터들, 온도 센서들, 질량 플로우 제어 모듈들, 포지션 센서들 등과 같은 센서들로부터 센싱된 값들을 수신할 수도 있다.

[0051] 제어기 (120) 는 특정한 레시피들에 대한 프로세스 입력 및 제어를 실행함으로써 건식 프로세스 툴 (100) 을 동작하도록 구성된다. 제어기 (120) 는 프로세스 타이밍, 전달 시스템 온도, 필터들에 걸친 압력 차들, 밸브 상

태들, 가스들의 혼합물, 챔버 압력, 챔버 온도, 기판 온도, RF 전력 레벨들, 페데스탈 포지션, 페데스탈 위의 기판 높이, 및/또는 임의의 다른 적합한 변수들을 제어하기 위한 인스트럭션들의 세트들을 포함하는 컴퓨터 프로그램들을 실행하도록 구성될 수도 있다.

[0052] 상기 언급된 바와 같이, 복수의 프로세싱 스테이션들은 하나 이상의 공통 가스 소스들을 공유할 수도 있다. 도 2는 멀티-스테이션 프로세스 툴 (200) 에 대한 예시적인 가스 분배 시스템을 도시한다. 간략성을 위해, 단일 가스 소스 (205) 가 단일 가스 매니폴드 (210) 에 커플링된 것으로 도시된다. 그러나, 이하에 더 상세히 기술된 바와 같이, 복수의 가스 소스들이 가스 매니폴드에 커플링될 수도 있다. 또한, 건식 프로세싱 툴은 복수의 가스 매니폴드들을 포함할 수도 있고, 복수의 가스 매니폴드들 각각은 하나 이상의 가스 소스들에 커플링된다.

[0053] 멀티-스테이션 프로세스 툴 (200) 은 프로세싱 스테이션 1 (211), 프로세싱 스테이션 2 (212), 프로세싱 스테이션 3 (213), 및 프로세싱 스테이션 4 (214) 를 포함한다. 4 개의 프로세싱 스테이션들이 도시되지만, 다른 예들에서, 멀티-스테이션 프로세스 툴 (200) 은 2 개, 3 개, 또는 4 개 초과의 프로세싱 스테이션들을 포함할 수도 있다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (200) 은 임의의 적합한 타입의 프로세스를 위해 구성될 수도 있다. 일부 예들에서, 멀티-스테이션 프로세스 툴은 원자 층 증착 (atomic layer deposition) 및/또는 화학적 기상 증착 (chemical vapor deposition) 과 같은 증착 프로세스들을 위해 구성된다. 다른 예들에서, 멀티-스테이션 프로세싱 툴은 건식 에칭 프로세스들을 위해 구성된다. 또한, 멀티-스테이션 프로세스 툴 (200) 은 전면 프로세싱 및 후면 프로세싱을 위해, 또는 전면 프로세싱만을 위해 구성될 수도 있다. 건식 프로세스 툴 (100) 은 프로세싱 스테이션 1 내지 프로세싱 스테이션 4 (211 내지 214) 각각의 예시적인 구현 예이다.

[0054] 프로세싱 스테이션 각각은 가스 매니폴드 (210) 및 전용 플로우 경로를 통해 가스 소스 (205) 에 커플링된다. 프로세싱 스테이션 1 (211) 은 플로우 경로 (221) 를 통해 가스 매니폴드 (210) 로부터 가스들을 수용한다. 프로세싱 스테이션 2 (212) 는 플로우 경로 (222) 를 통해 가스 매니폴드 (210) 로부터 가스들을 수용한다. 프로세싱 스테이션 3 (213) 은 플로우 경로 (223) 를 통해 가스 매니폴드 (210) 로부터 가스들을 수용한다. 프로세싱 스테이션 4 (214) 는 플로우 경로 (224) 를 통해 가스 매니폴드 (210) 로부터 가스들을 수용한다. 이러한 예에서, 프로세싱 스테이션들 (211 내지 214) 은 모두 공통 프로세싱 챔버 (230) 내에 포지셔닝된다. 공통 프로세싱 챔버를 사용하는 것은 멀티-스테이션 프로세스 툴 (200) 이 프로세싱 스테이션들 (211 내지 214) 에 걸쳐 리소스들을 공유하게 한다. 예를 들어, 로봇 (235) 은 순차적인 프로세싱 루틴에서 일 프로세싱 스테이션으로부터 다음 프로세싱 스테이션으로 기판들을 로딩 및 언로딩하도록 공통 프로세싱 챔버 (230) 내에서 채용될 수도 있다. RF 전력, 진공, 로드 록들, 유입구들, 유출구들 등과 같은 다른 리소스들이 또한 공유될 수 있다.

[0055] 이러한 방식으로, 복수의 기판들이 제한된 펌프-다운들로 동시에 프로세싱될 수도 있다. 다양한 상이한 프로세스들이 수행될 수도 있다. 예를 들어, 증착 맥락에서, 4 개의 기판들은 4 개의 기판들 상에 병렬로 전체 두께의 막들을 증착하도록 함께 구동될 수 있다. 또한, 4 개의 기판들은 스테이션 각각에서 한 번에 총 막 두께의 1/4을 증착하도록 스테이션들 사이에서 회전될 수 있다. 또 다른 예로서, 스테이션당 2 개의 기판들이 구동될 수 있고, 이때 스테이션 각각은 목표된 두께의 절반을 증착한다.

[0056] 도 3은 복수의 프로세싱 스테이션들이 공통 가스 소스를 공유하는 또 다른 예시적인 시스템을 도시한다. 보다 구체적으로, 도 3은 프로세스 툴 클러스터 (300) 를 도시한다. 프로세스 툴 클러스터 (300) 는 단일 가스 매니폴드 (310) 에 커플링된 단일 가스 소스 (305) 를 갖는 것으로 도시된다. 그러나, 다른 구성들은 1 개 초과의 가스 소스 및/또는 1 개 초과의 매니폴드를 활용할 수도 있다.

[0057] 프로세스 툴 클러스터 (300) 는 각각 단일 스테이션을 갖는 4 개의 프로세싱 툴들을 포함한다. 툴들은 프로세싱 스테이션들 (311, 312, 313, 및 314) 을 포함한다. 다른 예들에서, 프로세스 툴 클러스터는 더 많거나 더 적은 프로세싱 툴들을 포함할 수도 있다. 프로세스 툴 (100) 은 프로세싱 스테이션 (311 내지 314) 각각의 예시적인 구현 예이다. 다른 예들에서, 프로세싱 스테이션들 (311 내지 314) 은 임의의 다른 적합한 구성을 가질 수도 있다.

[0058] 프로세싱 스테이션 (311, 312, 313, 314) 각각은 가스 매니폴드 (310) 및 대응하는 플로우 경로를 통해 가스 소스 (305) 에 커플링된다. 이러한 예에서, 프로세싱 스테이션 각각은 별개의 프로세싱 챔버 내에 하우징된다. 프로세싱 스테이션 (311) 은 프로세싱 챔버 (321) 내에 포지셔닝되고, 그리고 플로우 경로 (322) 를 통해 가스 매니폴드 (310) 로부터 가스들을 수용한다. 프로세싱 스테이션 (312) 은 프로세싱 챔버 (323) 내에 포지셔닝되고, 그리고 플로우 경로 (324) 를 통해 가스 매니폴드 (310) 로부터 가스들을 수용한다. 프로세싱 스테이션 (313) 은 프로세싱 챔버 (325) 내에 포지셔닝되고, 그리고 플로우 경로 (326) 를 통해 가스 매니폴드 (310) 로

부터 가스들을 수용한다. 프로세싱 스테이션 (314) 은 프로세싱 챔버 (327) 내에 포지셔닝되고, 그리고 플로우 경로 (328) 를 통해 가스 매니폴드 (310) 로부터 가스들을 수용한다. 프로세싱 스테이션 각각을 동일한 가스 소스 (305) 에 연결하고 밸런싱함으로써, 프로세싱 스테이션들에 걸친 일관성이 달성될 수도 있고, 그리고 리소스들이 풀링될 (pool) 수도 있다. 일부 예들에서, 프로세스 툴 클러스터 (300) 의 하나 이상의 툴들 각각은 복수의 프로세싱 스테이션들을 포함할 수도 있다.

[0059] 상기 언급된 바와 같이, 건식 프로세스 툴들을 위한 가스 플로우 경로들은 공통 매니폴드로부터 프로세싱 스테이션 각각으로 일관된 가스 플로우들을 달성하는 것을 돕기 위해 정밀 고정 오리피스를 포함할 수도 있다. 그러나, 가스 플로우 경로 내의 모든 컴포넌트들에 대한 공차들의 합은, 정밀 오리피스들 자체들 사이의 차들이 목표된 치수 공차 범위 내에 있는 경우에도, 스테이션들 사이의 차들로 하여금 목표된 치수 공차 범위 밖에 있게 할 수도 있다. 또한, 상이한 프로세싱 스테이션들로의 플로우 경로들의 스플릿 (split) 업스트림의 이러한 컴포넌트들의 배치는 가스 플로우 경로의 컴포넌트들이 (예를 들어, 수직 이동 능력들을 갖는 페데스탈) 독립적으로 이동하는 멀티-스테이션 툴들에 대해 가능하지 않을 수도 있거나 실용적이지 않을 수도 있다.

[0060] 따라서, 고정된 오리피스들을 갖는 이러한 문제들을 극복하기 위해, 조정 가능한 Cv를 포함하는 가변 플로우 밸브가 프로세싱 스테이션 각각으로의 플로우 경로에 제공될 수 있다. 조정 가능한 밸브 각각은 독립적으로 조정될 수 있고, 그리고 스테이션이 툴 내의 다른 스테이션들과 상이하게 노화하거나 마모되면 재-캘리브레이팅될 수 있다.

[0061] 도 4는 건식 프로세스 툴을 위한 예시적인 가스 분배 시스템 (400) 을 개략적으로 도시한다. 일부 예들에서, 건식 프로세스 툴은 화학적 기상 증착 툴, 원자 층 증착 툴, 또는 건식 에칭 툴을 포함할 수도 있다. 다른 예들에서, 건식 프로세스 툴은 복수의 프로세싱 스테이션들로의 가스들의 밸런싱된 플로우들을 활용하는 임의의 다른 적합한 툴을 포함할 수도 있다.

[0062] 시스템 (400) 은 하나 이상의 프로세싱 챔버들 (405) 및 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝된 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들 (4 개의 프로세싱 스테이션들 (410, 411, 412, 413) 이 본 명세서에 도시됨) 을 포함한다. 간략성을 위해, 제 1 프로세싱 스테이션 1 (410) 의 가스 플로우 경로 컴포넌트들만이 상세히 도시된다. 그러나, 다른 프로세싱 스테이션들을 위한 가스 플로우 경로들은 유사한 컴포넌트들을 가질 수도 있다. 4 개의 프로세싱 스테이션들이 이러한 예에 도시되지만, 가스 분배 시스템 (400) 은 다른 예들에서 2 개, 3 개, 또는 4 개보다 더 많은 프로세싱 스테이션들에 대해 구성된다. 다른 예들에서, 하나 이상의 프로세싱 스테이션들은 프로세싱 챔버 (405) 이외의 프로세싱 챔버 내에 포지셔닝될 수도 있다.

[0063] 시스템 (400) 은 제 1 가스 소스 (415) 를 더 포함한다. 제 1 매니폴드 (420) 는 적어도 제 1 질량 유량 제어기 (MFC) (422) 를 통해 제 1 가스 소스 (415) 에 커플링된다. MFC (422) 는 적어도 유입구 포트, 유출구 포트, 질량 플로우 센서, 및 비례 제어 밸브를 포함한다. 비례 제어 밸브는 질량 플로우 센서에 의해 생성된 측정치들에 기초하여 가스들의 플로우를 제어하도록 조정될 수도 있다. 선택 가능한 (optional) 제 2 가스 소스 (423) 는 제 2 질량 유량 제어기 (424) 에 의해 제 1 매니폴드 (420) 에 연결된다. 하나 이상의 추가 가스 소스들 (미도시) 이 다른 예들에서 제 1 매니폴드 (420) 에 연결될 수도 있다.

[0064] 제 1 매니폴드 (420) 는 제 1 플로우 경로 (425) 를 통해 제 1 가스 소스 (415) 및 제 2 가스 소스 (423) 를 제 1 프로세싱 스테이션 1 (410) 에 유체로 커플링한다 (fluidly couple). 용어 "유체로 커플링"은 가스가 가스 플로우 경로를 따라 컴포넌트들 사이에서 흐를 수 있음을 나타낸다. 제 1 매니폴드 (420) 는 또한 집합적으로 플로우 경로들 (427) 로서 나타내어진 다른 대응하는 플로우 경로들을 통해, 제 1 가스 소스 (415) 및 제 2 가스 소스 (423) 를 부가적인 프로세싱 스테이션 (411, 412, 413) 각각에 유체로 커플링한다.

[0065] 플로우 경로 각각은 조정 가능한 플로우 밸브를 포함한다. 이는 조정 가능한 플로우 밸브 (430) 로서 플로우 경로 (425) 에 대해 예시된다. 조정 가능한 플로우 밸브 (430) 는 적합한 범위의 Cv 값들에 걸쳐 프로세싱 스테이션 (410) 으로의 가스 플로우를 허용하도록 조정될 수 있다. 본 명세서에 더 기술될 바와 같이, 일부 예들에서, 조정 가능한 플로우 밸브 각각은 시스템 (400) 의 복수의 스테이션들에 걸친 목표된 플로우들의 밸런싱을 위해 상이한 Cv로 조정될 수도 있다. 이러한 조정 가능한 밸브는 가열된 가스 라인들과 같은 방법들보다 더 큰 범위의 가스 플로우들의 튜닝을 제공할 수도 있다. 또한, 조정 가능한 플로우 밸브들은 가스 플로우 경로에서 컴포넌트들의 스왑보다 더 빠른 튜닝을 제공할 수도 있다.

[0066] 일부 예들에서, 조정 가능한 플로우 밸브 (430) 는 자동화된 밸브를 포함할 수도 있다. 이러한 밸브는 제어기가 업스트림 가스 압력의 변화를 인식하는 것에 응답하여 제어기로부터 수신된 신호들에 기초해 내부 어퍼처를

조정할 수도 있다. 예를 들어, 제 1 가스 소스 (415) 는 가스 압력 값을 출력하도록 구성된 하나 이상의 마노미터들 (435) 을 포함할 수도 있다. 본 명세서에서 그리고 도 6 및 도 7에 관련하여 더 기술될 바와 같이, 이러한 가스 압력 값은 조정 가능한 플로우 밸브 (430) 를 캘리브레이팅하도록 사용될 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 조정 가능한 플로우 밸브 (430) 는 수동으로 조정 가능할 수도 있다. 제 2 가스 소스 (423) 는 또한 하나 이상의 마노미터들 (436) 을 포함할 수도 있다.

[0067] 일부 예들에서, 플로우 경로 (425) 는 가요성 가스 라인 (437) 을 통해 제 1 매니폴드 (420) 에 커플링된다. 유사하게, 스테이션 (411), 스테이션 (412), 및 스테이션 (413) 으로의 플로우 경로 각각은 또한 가요성 가스 라인을 포함할 수도 있다. 플로우 경로 (425) 가 다른 프로세싱 스테이션들의 유사한 컴포넌트들과 독립적으로 이동 가능하도록 구성된 하나 이상의 컴포넌트들을 포함하는 가요성 가스 라인 (437) 이 사용될 수 있다. 이동 가능한 컴포넌트의 일 예는 수직으로 조정 가능한 샤워헤드 페데스탈이다. 플로우 경로 (425) 는 프로세싱 스테이션 1 (410) 로의 가스 플로우가 턴오프되게 하도록 조정 가능한 플로우 밸브 (430) 의 업스트림에 온/오프 플로우 밸브 (440) 를 더 포함한다. "온" 상태일 때, 온/오프 플로우 밸브 (440) 는 조정 가능한 플로우 밸브 (430) 를 통해 최대 허용 가능한 오리피스보다 더 작은 오리피스를 가질 수도 있다. 플로우 경로 (425) 는 온/오프 플로우 밸브 (440) 의 업스트림에 하나 이상의 필터들 (445) 을 더 포함할 수도 있다. 필터들 (445) 은 크기, 흡착 특성들, 또는 분자들의 다른 속성들에 기초하여 공기 중 분자 오염물들을 제거한다. 필터들 (445) 은 소모성 컴포넌트들일 수도 있으며, 필요에 따라 교체될 수도 있다.

[0068] 시스템 (400) 은 프로세싱 스테이션 1 (410) 의 업스트림의 플로우 경로 (425) 내에 포지셔닝된 믹서 (450) 를 더 포함한다. 믹서 (450) 는 프로세싱 스테이션 1 (410) 내로 혼합물의 플로우를 계량하기에 앞서 복수의 가스들을 적절하게 균질한 혼합물로 블렌딩하기 위한 역할을 할 수도 있다 (serve). 믹서들은 또한 스테이션 2 (411), 스테이션 3 (412), 및 스테이션 4 (413) 에 대한 가스 플로우 경로들에서 사용될 수도 있다. 믹서 (450) 는 제 2 플로우 경로 (455) 를 통해 제 2 매니폴드 (460) 에 커플링될 수도 있다. 제 2 매니폴드 (460) 는 제 3 가스 소스 (465) 에 커플링될 수도 있다. 제 3 가스 소스 (465) 는 제 1 가스 소스 (415) 또는 제 2 가스 소스 (423) 와 상이한 가스 조성을 제공한다. 이러한 방식으로, 반응성 가스들은 프로세싱 스테이션 1 (410) 로 들어가기 전에 가능한 한 길게 분리되어 유지될 수도 있다. 예를 들어, 제 1 가스 소스 (415) 는 실란 타입 가스들을 포함할 수도 있는 한편, 제 3 가스 소스 (465) 는 산화 가스들을 포함할 수도 있다. 제 2 매니폴드 (460) 는 시스템 (400) 의 프로세싱 스테이션 각각에 커플링될 수도 있고, 또는 프로세싱 스테이션 각각은 상이한 가스 조성들이 프로세싱 스테이션 각각에서 사용될 수도 있도록 전용 매니폴드를 통해 별개의 제 2 가스 소스에 커플링될 수도 있다.

[0069] 제 2 플로우 경로 (425) 내의 컴포넌트 각각은 연관된 치수 공차를 갖는다. 이들 플로우 경로들이 믹서 (450) 에서 합칠 때, 일부 예들에서 조정 가능한 밸브 (470) 는 플로우 레이트들이 이러한 공차들을 보상하도록 조정되게 하도록 제 2 플로우 경로 (455) 내에 포지셔닝될 수도 있다.

[0070] 일부 예들에서, 단일 조정 가능한 플로우 밸브는 고-플로우 프로세스들에 대해 충분한 Cv를 허용하지 않을 수도 있다. 이러한 예들에서, 조정 가능한 플로우 밸브는 대응하는 플로우 경로 내에서 고정된 오리피스와 평행하게 포지셔닝될 수도 있다. 도 5는 병렬로 조정 가능한 밸브 및 고정된 오리피스의 예를 갖는 건식-프로세스 툴을 위한 예시적인 가스 분배 시스템 (500) 을 도시한다. 시스템 (500) 은 하나 이상의 프로세싱 챔버들 (505) 및 하나 이상의 프로세싱 챔버들 내에 포지셔닝된 2 개 이상의 프로세싱 스테이션들 (4 개의 프로세싱 스테이션들 (510, 511, 512, 513) 이 본 명세서에 도시됨) 을 포함한다. 시스템 (500) 은 적어도 제 1 MFC (522) 를 통해 제 1 매니폴드 (520) 에 커플링된 제 1 가스 소스 (515) 를 더 포함한다. 시스템 (500) 은 제 2 질량 유량 제어기 (524) 에 의해 제 1 매니폴드 (520) 에 연결된 선택 가능한 제 2 가스 소스 (523) 를 더 포함한다. 일부 예들에서, 가스 분배 시스템은 제 1 매니폴드에 연결된 부가적인 가스들을 가질 수도 있다.

[0071] 제 1 매니폴드 (520) 는 제 1 플로우 경로 (525) 를 통해 제 1 가스 소스 (515) 및 제 2 가스 소스 (523) 를 제 1 프로세싱 스테이션 1 (510) 에 유체로 커플링한다. 제 1 매니폴드 (520) 는 또한 집합적으로 플로우 경로들 (527) 로서 나타내어진 다른 대응하는 플로우 경로들을 통해, 제 1 가스 소스 (515) 및 제 2 가스 소스 (523) 를 부가적인 프로세싱 스테이션 (511, 512, 513) 각각에 유체로 커플링한다.

[0072] 플로우 경로 (525) 는 온/오프 플로우 밸브 (540) 와 믹서 (545) 사이에 포지셔닝된 고정된 오리피스 (535) 와 평행한 조정 가능한 플로우 밸브 (530) 를 포함한다. 고정된 오리피스 (535) 는 금속 또는 세라믹 (예를 들어, 가압된 사파이어) 과 같은 임의의 적합한 타입의 오리피스일 수도 있다.

[0073] 고정된 오리피스 (535) 는 고-플로우 오리피스로서 구성될 수도 있으며, 따라서 조정 가능한 플로우 밸브보다

더 큰 오리피스를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 고정된 오리피스 (535) 는 예를 들어 90 유닛의 가스 플로우를 허용하도록 구성될 수도 있는 한편, 조정 가능한 플로우 밸브 (530) 는 5 내지 15 유닛의 가스 플로우를 허용하도록 조정 가능할 수도 있고, 이는 95 내지 105 유닛의 가스 플로우의 타겟 범위를 허용한다. 이 구성에서, 조정 가능한 플로우 밸브 (530) 는 플로우 레이트를 미세-튜닝하고 저항 플로우 밸런스를 변화시키도록 사용된다. 다른 예들에서, 조정 가능한 플로우 밸브 (530) 는 고정된 오리피스 (535) 보다 더 큰 오리피스를 가질 수도 있다. 이러한 방식으로, 인가를 위한 상대적으로 높은 플로우 레이트들은 조정 가능한 플로우 밸브 (530) 의 어퍼처 사이즈를 더 증가시키지 않고 달성될 수도 있다.

[0074] 시스템 (500) 의 다른 컴포넌트들은 시스템 (400) 에 대해 기술된 컴포넌트들과 유사할 수도 있다. 예를 들어, 플로우 경로 (525) 는 하나 이상의 필터들 (547) 을 포함한다. 제 1 가스 소스 (515) 는 가스 압력 값을 출력하도록 구성된 하나 이상의 마노미터들 (548) 을 포함할 수도 있다. 제 2 가스 소스 (523) 는 또한 하나 이상의 마노미터들 (549) 을 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 플로우 경로 (525) 는 가요성 가스 라인 (542) 을 통해 제 1 매니폴드 (520) 에 커플링된다.

[0075] 믹서 (545) 는 제 2 플로우 경로 (555) 를 통해 제 2 매니폴드 (560) 에 커플링될 수도 있다. 제 2 매니폴드 (560) 는 제 3 가스 소스 (565) 에 커플링될 수도 있다. 제 3 가스 소스 (565) 는 제 1 가스 소스 (515) 및 제 2 가스 소스 (523) 와 상이한 가스 조성을 제공할 수도 있다. 일부 예들에서, 조정 가능한 밸브 (570) 는 제 2 플로우 경로 (555) 내에 포지셔닝될 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 고정된 오리피스 (미도시) 가 제 2 플로우 경로 (555) 내에 포지셔닝될 수도 있다.

[0076] 도 6은 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 예시적인 방법 (600) 을 도시한다. 방법 (600) 은 도 4의 시스템 (400) 을 참조하여 기술된다. 그러나, 방법 (600) 은 시스템 (500) 을 포함하여, 조정 가능한 플로우 밸브들을 포함하는 임의의 적합한 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위해 적용될 수도 있다. 일부 예들에서, 방법 (600) 은 제어기 (120) 와 같은 제어기 또는 제어 모듈에 의해 실행될 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 방법 (600) 의 하나 이상의 양태들은 수동으로 수행될 수도 있다.

[0077] (610) 에서, 방법 (600) 은 공통 가스 소스의 챔버 압력을 캘리브레이션 가스 압력으로 설정하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 마노미터로부터의 판독 값들은 제 1 가스 소스 (415) 에 대한 마노미터 (435) 와 같이, 목표된 가스 압력을 설정하도록 사용될 수도 있다. 캘리브레이션 가스 압력은 프로세스 실행 동안 사용된 동작 가스 압력과 같을 수도 있고 또는 같지 않을 수도 있다.

[0078] (620) 에서 계속하면, 방법 (600) 은 다음과 같이 공통 가스 소스에 커플링된 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 스테이션 각각에 대해 일련의 프로세스들을 반복한다. (630) 에서, 방법 (600) 은 조정될 스테이션 이외의 스테이션들로의 가스 플로우를 폐쇄하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 쿼드 스테이션에서, 3 개의 플로우 경로들은 각각의 플로우 경로 내에서 온/오프 플로우 밸브를 차단함으로써 (shut) 폐쇄될 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 가스 플로우는 그러한 스테이션들을 위한 플로우 경로 내의 업스트림 지점에서 폐쇄될 수도 있다.

[0079] (640) 에서, 방법 (600) 은 공통 가스 소스로부터 조정될 스테이션으로 가스를 흘리는 단계를 포함한다. 이와 같이, 일 스테이션에 대한 일 플로우 경로는 개방되는 한편 나머지 플로우 경로들은 폐쇄되고, 이는 플로우 경로 각각이 순차적으로 캘리브레이팅되게 한다. (650) 에서, 방법 (600) 은 예를 들어 제 1 가스 소스 (415) 내의 마노미터 (435) 를 사용하여, 가스 소스에서 업스트림 가스 압력을 센싱하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 플로우 경로를 통한 조정될 스테이션으로의 플로우가 추론될 (infer) 수도 있다.

[0080] (660) 에서, 방법 (600) 은 업스트림 가스 압력이 미리 결정된 가스 압력으로부터 문턱값 차 내에 있지 않을 때 플로우 경로 내의 조정 가능한 플로우 밸브를 조정하는 단계를 포함한다. 이어서 방법 (600) 은 부가적인 스테이션 각각에 대해 프로세스들 (620 내지 660) 을 수행하고, 미리 결정된 업스트림 가스 압력이 공차 내에 도달할 때까지 조정 가능한 플로우 밸브 각각을 조정하는 단계를 포함할 수도 있다. 이러한 방식으로 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 모든 스테이션들을 통한 플로우들이 밸런싱될 수 있다. 프로세스는 스테이션들 사이의 변동들 (variances) 이 합성되지 않음을 보장하기 위해 2 회 이상 반복될 수도 있다. 예를 들어, 스테이션을 위해 믹서에 피딩하는 (feed) 2 개 이상의 플로우 경로들이 있고, 플로우 경로 각각이 조정 가능한 밸브를 포함하는 예들에서, 플로우 경로 각각을 통한 플로우는 다른 플로우 경로의 공차에 영향을 줄 수도 있다. 따라서, 부가적인 반복적인 캘리브레이션은 이러한 시스템에서 임의의 가스 플로우 불균형을 수정하는 것을 도울 수 있다.

[0081] 일부 예들에서, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하는 것은 하나 이상의 스테이션들에서 소모성 컴포넌트의 변화에 응답하여 수행된다. 예를 들어, 멀티-스테이션 프로세싱 시스템은 필터가 변화될 때마다 캘리브레이팅될 수도 있다. 그러나, 캘리브레이션은 시간에 따른 스테이션 성능의 드리프트에 응답하여, 또는 임의의 다른 적합한 간격으로 부가적으로 또는 대안적으로 수행될 수도 있다. 일단 플로우가 밸런싱되면, 프로세스는 또한 관찰된 성능 (예를 들어, 프로세스 플로우 동안 스테이션 챔버들의 굴절률 (refractive index; RI)) 에 기초하여 조정을 하기 위해 다른 파라미터들 (예를 들어, 질량 유량 제어기 레이트들, 페데스탈 포지션, 압력, 전력) 을 가변시킬 수 있다. 조정 가능한 플로우 밸브가 자동화되는 예들에서, 관찰된 성능은 밸브를 개방하거나 폐쇄하도록 사용될 수도 있고 따라서 캘리브레이션들 동안 또는 캘리브레이션들 사이에 성능을 조정할 수도 있다. 예를 들어, 가스 소스 각각 내의 챔버 압력은 미리 결정된 값으로 설정될 수 있고, 플로우 경로들에 걸친 압력 강하가 공차 이내인지 여부를 결정하기 위해 압력 델타 및 다운스트림 플로우가 관찰되고 사용될 수도 있다.

[0082] 도 7은 멀티-스테이션 프로세싱 시스템을 캘리브레이팅하기 위한 예시적인 방법 (700) 을 도시한다. 방법 (700) 은 도 4와 관련하여 기술된 바와 같이, 시스템 (400) 에 관련해 기술된다. 그러나, 방법 (700) 은 시스템 (500) 과 같은 조정 가능한 플로우 밸브들을 포함하는 임의의 적합한 멀티-스테이션 프로세싱 시스템들을 캘리브레이팅하기 위해 적용될 수 있다. 일부 예들에서, 방법 (700) 은 제어기 (120) 와 같은 제어기 또는 제어 모듈에 의해 실행될 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 방법 (700) 의 하나 이상의 양태들은 수동으로 수행될 수도 있다.

[0083] (710) 에서, 방법 (700) 은 제 1 스테이션의 제 1 플로우 경로 내의 제 1 조정 가능한 밸브 또는 제 2 스테이션의 제 2 플로우 경로 내의 제 2 조정 가능한 밸브 중 하나 이상의 밸브를 조정함으로써 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 적어도 제 1 스테이션 및 제 2 스테이션에 대한 가스 플로우를 밸런싱하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 가스 플로우를 밸런싱하는 단계는 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 스테이션 각각이 다른 스테이션 각각의 공차 이내의 가스 플로우를 갖도록 방법 (600) 또는 등가물을 사용하여 수행될 수도 있다.

[0084] (720) 에서, 방법 (700) 은 제 1 스테이션에서 보상 가능한 하드웨어 디스패리티 (compensatable hardware disparity) 를 센싱하는 단계를 포함한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 보상 가능한 하드웨어 디스패리티는 다른 스테이션들에서 유사한 컴포넌트들과의 기능적 차이를 입증하며, 가스 플로우 레이트들의 조정들을 사용하는 것이 보상될 수도 있는 프로세스 스테이션의 컴포넌트를 지칭한다. 예를 들어, 프로세싱될 기판에 대한 RI의 증가가 제 1 스테이션에서 관찰될 수도 있다. 이는, 예를 들어 페데스탈이 더 오래되고 더 높은 방사율을 포함하며 따라서 더 많은 열을 방출하기 때문일 수도 있다.

[0085] (730) 에서, 방법 (700) 은 제 1 스테이션의 플로우 경로 내의 제 1 조정 가능한 밸브의 설정을 조정함으로써 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정하는 단계를 포함한다. 예를 들어, 제 1 스테이션에서 RI의 증가는 제 1 조정 가능한 밸브를 통한 가스 플로우를 증가시킴으로써 보상될 수도 있다. 다른 예들에서, 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정하는 것은 제 1 조정 가능한 밸브의 어퍼처의 사이즈를 감소시킴으로써 가스 플로우를 감소시키는 것을 포함할 수도 있다.

[0086] (740) 에서, 방법 (700) 은 제 2 조정 가능한 밸브의 설정을 유지하는 단계를 포함한다. 이러한 방식으로, 제 1 스테이션 및 제 2 스테이션에 대한 가스 플로우는 하드웨어 디스패리티들을 보상하기 위해 의도적으로 디스밸런싱된다 (disbalance). 이는 스테이션 각각이 동일하게 동작한 것처럼 기판들이 프로세싱되게 할 수도 있다. 일부 예들에서, 일 스테이션이 비-보상 가능한 하드웨어 디스패리티를 갖는다면, 다른 스테이션들에 대한 플로우 경로들의 조정 가능한 밸브들에 대한 설정들은 디스패리티에도 불구하고 플로우를 밸런싱하도록 시도하기 위해 조정될 수도 있다.

[0087] 플로우 경로에 가변 플로우 밸브를 채용하는 것에 더하여, 또는 대안으로서, 별개의 가스 소스 각각으로부터의 플로우는 하나 이상의 MFC들에 의해 조절될 수도 있다. 이는 툴의 스테이션 각각을 튜닝하도록 활성 가스 플로우 조정을 허용한다. MFC들이 특정한 가스를 흘리도록 캘리브레이팅되는 동안, 부가적인 MFC들은 특정한 가스의 질량 플로우 레이트를 구체적으로 제공하기보다, 개별 스테이션 각각으로의 가스 플로우를 미세-튜닝하도록 사용될 수도 있다.

[0088] 예로서, 하나 이상의 적절한 사이즈의 MFC가 개별 가스 플로우들을 스테이션으로 전달하기 위해 개별 스테이션 각각에 제공될 수도 있다. 수행될 프로세스에 따라, 개별 스테이션 MFC 각각은 대응하는 스테이션으로의 가스 혼합물 플로우를 튜닝할 수도 있다. 하나의 MFC가 가스 플로우를 대응하는 스테이션으로 전달하도록 제공될

때, 해당 MFC는 대응하는 스테이션으로의 가스 플로우를 중단하도록 턴오프될 수도 있다.

[0089] 도 8 내지 도 12에 도시된 예들에서, 3 개의 반응성 가스들 및 1 개의 캐리어 가스가 혼합되고 4 개의 프로세싱 스테이션들로 흐른다. 다른 예들에서, 임의의 다른 적합한 가스들의 세트가 사용될 수도 있다. 프로세싱 스테이션들은 하나의 프로세싱 챔버 또는 복수의 프로세싱 챔버 내에 포지셔닝될 수도 있고, 그리고 도시되지 않은 하나 이상의 가스 믹서들을 포함할 수도 있다. 도 8 내지 도 12는 단일 가스 매니폴드를 도시한다. 다른 예들에서, 제 2 매니폴드는 프로세싱 스테이션 각각에서 또는 프로세싱 스테이션 각각에 앞서 혼합될 수도 있는 상이한 가스 조성을 제공하도록 사용될 수도 있다. 예를 들어, 제 1 매니폴드는 불활성 캐리어 가스의 반응 물질 가스들을 운반할 수도 있는 한편, 제 2 매니폴드는 산화 시약을 운반할 수도 있다.

[0090] 일부 예들에서, 플로우 비 제어기 (flow ratio controller; FRC) 가 플로우 튜닝을 달성하도록 사용될 수도 있다. 또한, 일부 예들에서, 개별 스테이션 MFC들 및/또는 FRC들은 엄격하게 제어되어야 하는 가스(들)에 대해서만 사용될 수도 있다. 캐리어 가스들은 이러한 정밀한 제어 없이 더 다운스트림에 제공될 수도 있다. 이는 시스템 설계를 단순화할 수도 있고, 플로우 튜닝 정밀도를 증가시킬 수도 있으며, 시스템 비용을 낮출 수도 있다.

[0091] 가스들의 임의의 적합한 혼합물은 다음의 가스 분배 시스템 예들을 통해 멀티-스테이션 툴의 프로세싱 스테이션들로 도입될 수도 있다. 일 예시적인 예로서, 반응성 가스들은 실란, 도펀트 (예를 들어, 포스핀), 및 수소 가스를 포함할 수도 있는 한편, 캐리어 가스는 질소를 포함할 수도 있다. 다른 예들에서, 다른 가스들이 사용될 수도 있고, 3 개보다 더 많거나 더 적은 반응성 가스들이 사용될 수도 있고, 반응성 가스들 각각은 하나 이상의 MFC들에 의해 조절된다.

[0092] 도 8은 가스 각각에 대한 그리고 프로세싱 스테이션 각각에 대한 질량 유량 제어기들을 포함하는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴 (800) 을 개략적으로 도시한다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (800) 은 4 개의 프로세싱 스테이션들－제 1 스테이션 (801), 제 2 스테이션 (802), 제 3 스테이션 (803), 및 제 4 스테이션 (804)－을 포함하는 것으로 도시된다.

[0093] 멀티-스테이션 프로세스 툴 (800) 은 가스 소스들 (805) 을 더 포함한다. 가스 소스들 (805) 은 제 1 반응성 가스 (810), 제 2 반응성 가스 (811), 제 3 반응성 가스 (812), 및 캐리어 가스 (813) 에 대한 소스들을 포함한다. 반응성 가스 각각은 매니폴드로 흐르고, 매니폴드는 프로세싱 스테이션 각각에 대해 개별적인 MFC들에 반응성 가스를 제공한다. 제 1 반응성 가스 (810) 는 매니폴드 (820) 로 흐른다. 매니폴드 (820) 는 가스 플로우를 4 개의 MFC들: MFC 1-1 (821), MFC 1-2 (822), MFC 1-3 (823), 및 MFC 1-4 (824) 로 스플릿한다. 결국, 이들 MFC들은 각각 제 1 반응성 가스 (810) 를 제 1 스테이션 (801), 제 2 스테이션 (802), 제 3 스테이션 (803), 및 제 4 스테이션 (804) 으로 각각 흘린다.

[0094] 유사하게, 제 2 반응성 가스 (811) 는 매니폴드 (830) 로 흐른다. 매니폴드 (830) 는 가스 플로우를 4 개의 MFC들: MFC 2-1 (831), MFC 2-2 (832), MFC 2-3 (833), 및 MFC 2-4 (834) 로 스플릿한다. 결국, MFC들은 각각 제 2 반응성 가스 (811) 를 제 1 스테이션 (801), 제 2 스테이션 (802), 제 3 스테이션 (803), 및 제 4 스테이션 (804) 으로 각각 흘린다.

[0095] 제 3 반응성 가스 (812) 는 매니폴드 (840) 로 흐른다. 매니폴드 (840) 는 가스 플로우를 4 개의 MFC들: MFC 3-1 (841), MFC 3-2 (842), MFC 3-3 (843), 및 MFC 3-4 (844) 로 스플릿한다. 결국, MFC들은 각각 제 3 반응성 가스 (812) 를 제 1 스테이션 (801), 제 2 스테이션 (802), 제 3 스테이션 (803), 및 제 4 스테이션 (804) 으로 각각 흘린다. 캐리어 가스 (813) 는 MFC 4-1 (850) 로 직접 흐르고, 이어서 매니폴드 (852) 로 흐르고, 이는 캐리어 가스를 스테이션들 (801 내지 804) 로 흘린다.

[0096] 도 4 및 도 5에 도시된 것과 같이, 부가적인 밸브들, 오리피스들, 필터들, 플렉스 라인들 등이 가스 소스들 (805) 을 스테이션들 (801 내지 804) 에 커플링하는 플로우 경로들 내에 존재할 수도 있다. 프로세싱 스테이션 각각으로의 플로우 각각을 제어하기 위해 MFC들을 사용함으로써, 가스 플로우 레이트들의 부가적인 제어가 가스 플로우 경로들의 다른 컴포넌트들의 가변성을 보상하도록 달성될 수도 있다. 플로우 경로 각각은 또한 가스 각각의 또는 모든 가스의 온/오프 제어와 함께 제공될 수도 있다.

[0097] 도 9는 프로세싱 스테이션 각각에 대한 질량 유량 제어기들로 이어지는 믹서 내로 가스 각각을 흘리기 위한 질량 유량 제어기들을 포함하는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴 (900) 을 개략적으로 도시한다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (900) 은 4 개의 프로세싱 스테이션들: 제 1 스테이션 (901), 제 2 스테이션 (902), 제 3 스테이션 (903), 및 제 4 스테이션 (904) 을 포함하는 것으로 도시된다.

[0098] 멀티-스테이션 프로세스 툴 (900) 은 가스 소스들 (905) 을 포함한다. 가스 소스들 (905) 은 제 1 반응성 가스

(910), 제 2 반응성 가스 (911), 제 3 반응성 가스 (912), 및 캐리어 가스 (913) 를 포함한다. 반응성 가스 각각은 MFC로, 그 다음 믹서 (915) 내로 흐른다. 제 1 반응성 가스 (910) 는 MFC 1-1 (920) 에 커플링된다. 제 2 반응성 가스 (911) 는 MFC 1-2 (921) 에 커플링된다. 제 3 반응성 가스 (912) 는 MFC 1-3 (922) 에 커플링된다. 캐리어 가스 (913) 는 MFC 1-4 (923) 에 커플링된다.

[0099] 믹서 (915) 는 프로세싱 스테이션 각각에 대해 하나씩, 4 개의 MFC들로 가스 혼합물을 지향시킨다. MFC 2-1 (930) 은 가스 혼합물을 제 1 스테이션 (901) 에 제공한다. MFC 2-2 (931) 는 가스 혼합물을 제 2 스테이션 (902) 에 제공한다. MFC 2-3 (932) 은 가스 혼합물을 제 3 스테이션 (903) 에 제공한다. MFC 2-4 (933) 는 가스 혼합물을 제 4 스테이션 (904) 에 제공한다.

[0100] 정밀한 플로우 제어를 보장하기 위해 가스 혼합물의 압력을 상승시키도록 하나 이상의 부가적인 가압 디바이스들이 제 2 세트의 MFC들의 업스트림에 포지셔닝될 수도 있다. 일부 예들에서, 부가적인 MFC는 반응성 가스들 중 하나 이상의 가스들의 정밀한 제어를 위해 가스 소스들 (905) 내에 포함될 수도 있다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (800) 에 따라, 멀티-스테이션 프로세스 툴 (900) 은 스테이션 각각으로 하여금 가스 각각의 온/오프 제어를 제공받게 한다. 비교적으로, 멀티-스테이션 프로세스 툴 (900) 은 멀티-스테이션 프로세스 툴 (800) 과 비교하여 가스 플로우 제어에서 약간 더 낮은 정밀도를 제공할 수도 있다. 그러나, 멀티-스테이션 프로세스 툴 (900) 은 또한 멀티-스테이션 프로세스 툴 (800) 보다 덜 비싸고 덜 복잡할 수도 있다.

[0101] 도 10은 프로세싱 스테이션 각각에 분배하기 위한 플로우 레이트 제어기로 이어지는 믹서 내로 가스 각각을 흘리기 위한 질량 유량 제어기들을 포함하는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1000) 을 개략적으로 도시한다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1000) 은 4 개의 프로세싱 스테이션들: 제 1 스테이션 (1001), 제 2 스테이션 (1002), 제 3 스테이션 (1003), 및 제 4 스테이션 (1004) 을 포함하는 것으로 도시된다.

[0102] 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1000) 은 가스 소스들 (1005) 을 더 포함한다. 가스 소스들 (1005) 은 제 1 반응성 가스 (1010), 제 2 반응성 가스 (1011), 제 3 반응성 가스 (1012), 및 캐리어 가스 (1013) 를 포함한다. 반응성 가스 각각은 MFC로, 그 다음 믹서 (1015) 내로 흐른다. 제 1 반응성 가스 (1010) 는 MFC 1-1 (1020) 에 커플링된다. 제 2 반응성 가스 (1011) 는 MFC 1-2 (1021) 에 커플링된다. 제 3 반응성 가스 (1012) 는 MFC 1-3 (1022) 에 커플링된다. 캐리어 가스 (1013) 는 MFC 1-4 (1023) 에 커플링된다.

[0103] 그 다음 믹서 (1015) 는 가스 혼합물을 FRC (1025) 로 지향시킨다. FRC (1025) 는 가스 혼합물을 4 개의 프로세싱 스테이션들로 스플릿한다. 이 단계에서 개별 MFC들 대신에 FRC를 사용하는 것은 저압 가스가 FRC로 들어가고 나올 수 있기 때문에, 저압 변화로 가스를 흘리는 것을 가능하게 한다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (900) 에 따라, 반응성 가스들 중 하나 이상의 가스들 (예를 들어, 실란) 의 정밀한 제어를 위해 부가적인 MFC가 가스 소스들 (1005) 내에 포함될 수도 있다.

[0104] 도 11은 캐리어 가스를 위한 믹서를 통해 프로세싱 스테이션 각각에 분배하기 위한 플로우 레이트 제어기로 이어지는 믹서 내로 반응 물질 가스 각각을 흘리기 위한 질량 유량 제어기들을 포함하는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1100) 을 개략적으로 도시한다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1100) 은 4 개의 프로세싱 스테이션들: 제 1 스테이션 (1101), 제 2 스테이션 (1102), 제 3 스테이션 (1103), 및 제 4 스테이션 (1104) 을 포함하는 것으로 도시된다.

[0105] 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1100) 은 가스 소스들 (1105) 을 더 포함한다. 가스 소스들 (1105) 은 제 1 반응성 가스 (1110), 제 2 반응성 가스 (1111), 제 3 반응성 가스 (1112), 및 캐리어 가스 (1113) 를 포함한다. 반응성 가스 각각은 MFC로, 그 다음 믹서 (1115) 내로 흐른다. 제 1 반응성 가스 (1110) 는 MFC 1-1 (1120) 에 커플링된다. 제 2 반응성 가스 (1111) 는 MFC 1-2 (1121) 에 커플링된다. 제 3 반응성 가스 (1112) 는 MFC 1-3 (1122) 에 커플링된다. 캐리어 가스 (1113) 는 MFC 1-4 (1123) 에 커플링된다.

[0106] 그 다음 반응성 가스 혼합물은 프로세싱 스테이션 각각에 대해 하나씩, 4 개의 플로우 경로들을 따라 혼합물을 분할하는 FRC (1125) 로 전달된다. 캐리어 가스 (1113) 는 MFC 1-4 (1123) 로부터 캐리어 가스 플로우를 4 개의 라인들로 분할하는 가스 매니폴드 (1130) 로 흐른다. 캐리어 가스 라인 각각은 프로세싱 스테이션으로 전달되기 전에 믹서에서 반응성 가스 플로우 경로와 병합된다. 믹서 (1131) 는 결합된 가스 플로우를 제 1 스테이션 (1101) 으로 지향시키고, 믹서 (1132) 는 결합된 가스 플로우를 제 2 스테이션 (1102) 으로 지향시키고, 믹서 (1133) 는 결합된 가스 플로우를 제 3 스테이션 (1103) 으로 지향시키고, 그리고 믹서 (1134) 는 결합된 가스 플로우를 제 4 스테이션 (1104) 으로 지향시킨다.

[0107] 이러한 구성에서, 반응성 가스들은 먼저 상대적으로 더 작은 볼륨들로 함께 혼합된다. 그 다음 캐리어 가스는

이후에 상대적으로 더 높은 볼륨으로 혼합된다. 캐리어 가스 농도가 덜 정밀할 수 있기 때문에, 이는 필요한 것보다 더 업스트림에서 캐리어 가스 내에 정밀하게 혼합하기 위해 부가적인 하드웨어 없이 반응성 가스들의 제어된 혼합을 허용한다.

[0108] 도 12는 캐리어 가스를 위한 믹서를 통해 프로세싱 스테이션 각각에 분배하기 위한 질량 유량 제어기들로 이어지는 믹서 내로 반응 물질 가스 각각을 흘리기 위한 질량 유량 제어기들을 포함하는 예시적인 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1200) 을 개략적으로 도시한다. 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1200) 은 4 개의 프로세싱 스테이션들: 제 1 스테이션 (1201), 제 2 스테이션 (1202), 제 3 스테이션 (1203), 및 제 4 스테이션 (1204) 을 포함하는 것으로 도시된다.

[0109] 멀티-스테이션 프로세스 툴 (1200) 은 가스 소스들 (1205) 을 더 포함한다. 가스 소스들 (1205) 은 제 1 반응성 가스 (1210), 제 2 반응성 가스 (1211), 제 3 반응성 가스 (1212), 및 캐리어 가스 (1213) 를 포함한다. 반응성 가스 각각은 MFC로, 그 다음 믹서 (1215) 내로 흐른다. 제 1 반응성 가스 (1210) 는 MFC 1-1 (1220) 에 커플링된다. 제 2 반응성 가스 (1211) 는 MFC 1-2 (1221) 에 커플링된다. 제 3 반응성 가스 (1212) 는 MFC 1-3 (1222) 에 커플링된다. 캐리어 가스 (1213) 는 MFC 1-4 (1223) 에 커플링된다.

[0110] 믹서 (1215) 는 프로세싱 스테이션 각각에 대해 하나씩, 4 개의 MFC들로 가스 혼합물을 지향시킨다. MFC 2-1 (1230) 은 가스 혼합물을 제 1 스테이션 (1201) 에 제공한다. MFC 2-2 (1231) 는 가스 혼합물을 제 2 스테이션 (1202) 에 제공한다. MFC 2-3 (1232) 은 가스 혼합물을 제 3 스테이션 (1203) 에 제공한다. MFC 2-4 (1233) 는 가스 혼합물을 제 4 스테이션 (1204) 에 제공한다. 정밀한 플로우 제어를 보장하기 위해 가스 혼합물의 압력을 상승시키도록 하나 이상의 부가적인 가압 디바이스들이 제 2 세트의 MFC들의 업스트림에 포지셔닝될 수도 있다.

[0111] 캐리어 가스 (1213) 는 MFC 1-4 (1223) 로부터 캐리어 가스 플로우를 4 개의 라인들로 분할하는 가스 매니폴드 (1240) 로 흐른다. 캐리어 가스 라인 각각은 프로세싱 스테이션으로 전달되기 전에 믹서에서 반응성 가스 플로우 경로와 병합된다. 믹서 (1241) 는 결합된 가스 플로우를 제 1 스테이션 (1201) 으로 지향시키고, 믹서 (1242) 는 결합된 가스 플로우를 제 2 스테이션 (1202) 으로 지향시키고, 믹서 (1243) 는 결합된 가스 플로우를 제 3 스테이션 (1203) 으로 지향시키고, 그리고 믹서 (1244) 는 결합된 가스 플로우를 제 4 스테이션 (1204) 으로 지향시킨다.

[0112] 도 8 내지 도 12와 관련하여 기술된 임의의 예들에서, 부가적인 플로우 제어 하드웨어는 프로세스 단계들 사이에서 가스 플로우들을 조정하기 위해 부가적인 동적 제어를 제공할 수 있다. 프로세싱 동안 모니터링된 조건들 (예를 들어, 막 두께, 증착 레이트, 에칭 레이트, RI) 에 기초하여, 플로우들은 프로세스 단계들 사이에서 (가능하게 자동화를 통해) 조정될 수 있다. 다른 예들에서, 복수의 상이한 프로세스들이 동일한 스테이션 상에서 연속적으로 수행될 수 있으며, 복수의 상이한 프로세스들이 동일한 멀티-스테이션 툴 내의 인접한 스테이션들 상에서 수행될 수 있다.

[0113] 이들 예들에서, 넓은 범위의 플로우의 튜닝 가능성이 개별 스테이션 각각에 제공된다. 튜닝은 컴포넌트들을 수동으로 조정 그리고/또는 스왑하기 위해 툴을 셧다운할 필요없이 자동으로, 또는 툴에 대한 사용자 인터페이스로부터 지시될 (direct) 수도 있다. 또한, MFC 제어는 특정한 스테이션으로의 플로우를 턴오프하는 부가적인 능력을 제공한다.

[0114] 일부 실시 예들에서, 본 명세서에 기술된 방법들 및 프로세스들은 하나 이상의 컴퓨팅 디바이스들의 컴퓨팅 시스템에 묶일 (tie) 수도 있다. 특히, 이러한 방법들 및 프로세스들은 컴퓨터-응용 프로그램 또는 서비스, 응용-프로그래밍 인터페이스 (application-programming interface; API), 라이브러리, 및/또는 다른 컴퓨터-프로그램 제품으로서 구현될 수도 있다.

[0115] 도 13은 상기 기술된 방법들 및 프로세스들 중 하나 이상을 실현할 (enact) 수 있는 컴퓨팅 시스템 (1300) 의 비제한적인 실시 예를 개략적으로 도시한다. 컴퓨팅 시스템 (1300) 은 단순화된 형태로 도시된다. 컴퓨팅 시스템 (1300) 은 하나 이상의 퍼스널 컴퓨터들, 워크스테이션들, 웨이퍼 프로세싱 툴들과 통합된 컴퓨터들, 및/또는 네트워크 액세스 가능한 서버 컴퓨터들의 형태를 취할 수도 있다.

[0116] 컴퓨팅 시스템 (1300) 은 논리 머신 (1310) 및 저장 머신 (1320) 을 포함한다. 컴퓨팅 시스템 (1300) 은 선택가능하게 디스플레이 서브시스템 (1330), 입력 서브시스템 (1340), 통신 서브시스템 (1350), 및/또는 도 13에 도시되지 않은 다른 컴포넌트들을 포함할 수도 있다. 제어기 (120) 는 컴퓨팅 시스템 (1300) 의 예이다.

[0117] 논리 머신 (1310) 은 인스트럭션들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 물리적 디바이스들을 포함한다. 예를 들

어, 논리 머신은 하나 이상의 애플리케이션들, 서비스들, 프로그램들, 루틴들, 라이브러리들, 객체들(objects), 컴포넌트들, 데이터 구조들, 또는 다른 논리 구성들(logical constructs)의 일부인 인스트럭션들을 실행하도록 구성될 수도 있다. 이러한 인스트럭션들은 태스크를 수행하거나, 데이터 타입을 구현하거나, 하나 이상의 컴포넌트들의 상태를 변환하거나, 기술적 효과를 달성하거나, 그렇지 않으면 목표된 결과에 도달하도록 구현될 수도 있다.

[0118] 논리 머신은 소프트웨어 인스트럭션들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수도 있다. 부가적으로 또는 대안적으로, 논리 머신은 하드웨어 또는 펌웨어 인스트럭션들을 실행하도록 구성된 하나 이상의 하드웨어 또는 펌웨어 논리 머신들을 포함할 수도 있다. 논리 머신의 프로세서들은 단일-코어 또는 멀티-코어일 수도 있고, 그리고 프로세서들 상에서 실행되는 인스트럭션들은 순차, 병렬, 및/또는 분산 프로세싱을 위해 구성될 수도 있다. 논리 머신의 개별 컴포넌트들은 선택 가능하게 2 개 이상의 별개의 디바이스들 사이에 분배될 수도 있고, 이는 조정된(coordinate) 프로세싱을 위해 구성되고 그리고/또는 원격으로 위치될 수도 있다. 논리 머신의 양태들은 클라우드-컴퓨팅 구성으로 구성된 원격으로 액세스 가능한, 네트워킹된 컴퓨팅 디바이스들에 의해 가상화되고(virtualize) 실행될 수도 있다.

[0119] 저장 머신(1320)은 본 명세서에 기술된 방법들 및 프로세스들을 구현하기 위해 논리 머신에 의해 실행 가능한 인스트럭션들을 홀딩하도록 구성된 하나 이상의 물리적 디바이스들을 포함한다. 이러한 방법들 및 프로세스들이 구현될 때, 저장 머신(1320)의 상태는—예를 들어, 상이한 데이터를 홀딩하도록—변환될 수도 있다.

[0120] 저장 머신(1320)은 이동식(removable) 디바이스 및/또는 내장(built-in) 디바이스를 포함할 수도 있다. 저장 머신(1320)은 그 중에서도 광학 메모리(예를 들어, CD, DVD, HD-DVD, Blu-Ray 디스크, 등), 반도체 메모리(예를 들어, RAM, EPROM, EEPROM, 등), 및/또는 자기 메모리(예를 들어, 하드 디스크 드라이브, 플로피 디스크 드라이브, 테이프 드라이브, MRAM, 등)를 포함할 수도 있다. 저장 머신(1320)은 휘발성 디바이스, 비휘발성 디바이스, 동적 디바이스, 정적 디바이스, 읽기/쓰기 디바이스, 읽기 전용 디바이스, 랜덤 액세스 디바이스, 순차 액세스 디바이스, 위치 주소 지정 가능(location-addressable) 디바이스, 파일 주소 지정 가능 디바이스, 및/또는 콘텐츠 주소 지정 가능 디바이스를 포함할 수도 있다.

[0121] 저장 머신(1320)은 하나 이상의 물리적 디바이스들을 포함한다는 것이 인식될 것이다. 그러나, 대안적으로 본 명세서에 기술된 인스트럭션들의 양태들은 유한한 지속시간 동안 물리적 디바이스에 의해 유지되지 않는 통신 매체(예를 들어, 전자기적 신호, 광학 신호 등)에 의해 전파될 수도 있다.

[0122] 논리 머신(1310) 및 저장 머신(1320)의 양태들은 하나 이상의 하드웨어-논리 컴포넌트들로 함께 통합될 수도 있다. 이러한 하드웨어-논리 컴포넌트들은 예를 들어, FPGA들(field-programmable gate arrays), PASIC(program-specific integrated circuits)/주문형 반도체들(application-specific integrated circuits; ASICs), PSSP(program-specific standard products)/ASSPs(application-specific standard products), SOC(system-on-a-chip), 및 CPLD들(complex programmable logic devices)을 포함할 수도 있다.

[0123] 포함될 때, 디스플레이 서브시스템(1330)은 저장 머신(1320)에 의해 홀딩된 데이터의 시각적 표현을 제시하도록 사용될 수도 있다. 이 시각적 표현은 그래픽 사용자 인터페이스(graphical user interface; GUI)의 형태를 취할 수도 있다. 본 명세서에 기술된 방법들 및 프로세스들이 저장 머신에 의해 홀딩된 데이터를 변화시키고, 따라서 저장 머신의 상태를 변환하기 때문에, 디스플레이 서브시스템(1330)의 상태도 유사하게 기본 데이터(underlying data)의 변화들을 시각적으로 나타내도록 변환될 수도 있다. 디스플레이 서브시스템(1330)은 가상으로 모든 타입의 기술을 활용하는 하나 이상의 디스플레이 디바이스들을 포함할 수도 있다. 이러한 디스플레이 디바이스들은 공유된 인클로저(enclosure) 내의 논리 머신(1310) 및/또는 저장 머신(1320)과 결합될 수도 있고, 또는 이러한 디스플레이 디바이스들은 주변 디스플레이 디바이스들일 수도 있다.

[0124] 포함될 때, 입력 서브시스템(1340)은 키보드, 마우스, 또는 터치 스크린과 같은 하나 이상의 사용자 입력 디바이스들을 포함하거나 인터페이싱할 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 입력 서브시스템은 선택된 NUI(natural user input) 컴포넌트들(componentry)을 포함하거나 인터페이싱할 수도 있다. 이러한 컴포넌트들은 통합되거나 주변 기기(peripheral)일 수도 있고, 그리고 입력 동작들의 변환 및/또는 프로세싱은 온-보드 또는 오프-보드에서 핸들링될 수도 있다. 예시적인 NUI 컴포넌트들은 음성(speech) 및/또는 음성(voice) 인식을 위한 마이크로폰, 및 머신 비전 및/또는 제스처 인식을 위한 적외선 카메라, 컬러 카메라, 입체 카메라, 및/또는 깊이 카메라를 포함할 수도 있다.

[0125] 포함될 때, 통신 서브시스템(1350)은 하나 이상의 다른 컴퓨팅 디바이스들과 컴퓨팅 시스템(1300)을 통신

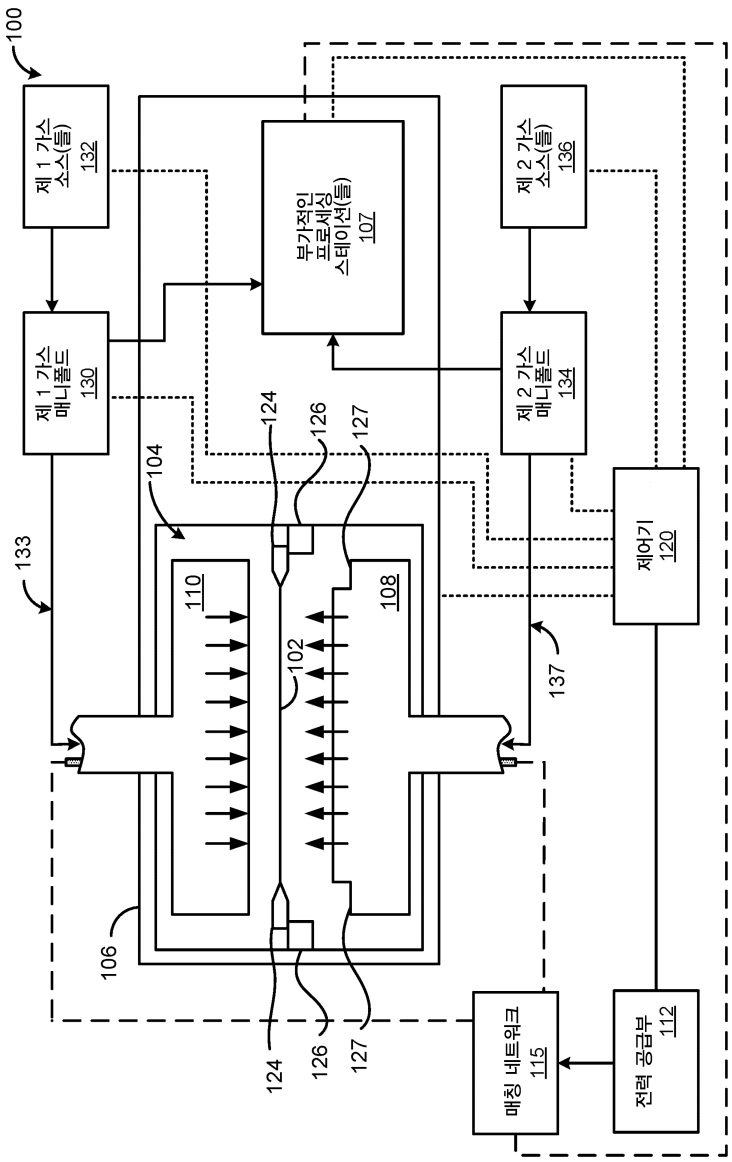
가능하게 커플링하도록 구성될 수도 있다. 통신 서브시스템 (1350) 은 하나 이상의 상이한 통신 프로토콜들과 호환 가능한 유선 통신 디바이스들 및/또는 무선 통신 디바이스들을 포함할 수도 있다. 비제한적인 예들로서, 통신 서브시스템은 무선 전화 네트워크, 또는 유선 또는 무선 근거리 네트워크 또는 광역 네트워크를 통한 통신을 위해 구성될 수도 있다. 일부 실시 예들에서, 통신 서브시스템은 컴퓨팅 시스템 (1300) 으로 하여금 인터넷과 같은 네트워크를 통해 다른 디바이스들로 그리고/또는 다른 디바이스들로부터 메시지들을 전송 그리고/또는 수신하게 할 수도 있다.

[0126] 본 명세서에 기술된 구성들 및/또는 접근법들은 본질적으로 예시적인 것이고, 그리고 수많은 변형들이 가능하기 때문에 이들 특정한 실시 예들 또는 예들은 제한적인 의미로 고려되지 않는다는 것이 이해될 것이다. 본 명세서에 기술된 특정한 루틴들 또는 방법들은 임의의 수의 프로세싱 전략들 중 하나 이상을 나타낼 수도 있다. 이와 같이, 예시되고 그리고/또는 기술된 다양한 동작들은 예시되고 그리고/또는 기술된 시퀀스로, 다른 시퀀스들로, 병렬로 수행되거나 생략될 수도 있다. 유사하게, 상기 기술된 프로세스들의 순서는 변경될 수도 있다.

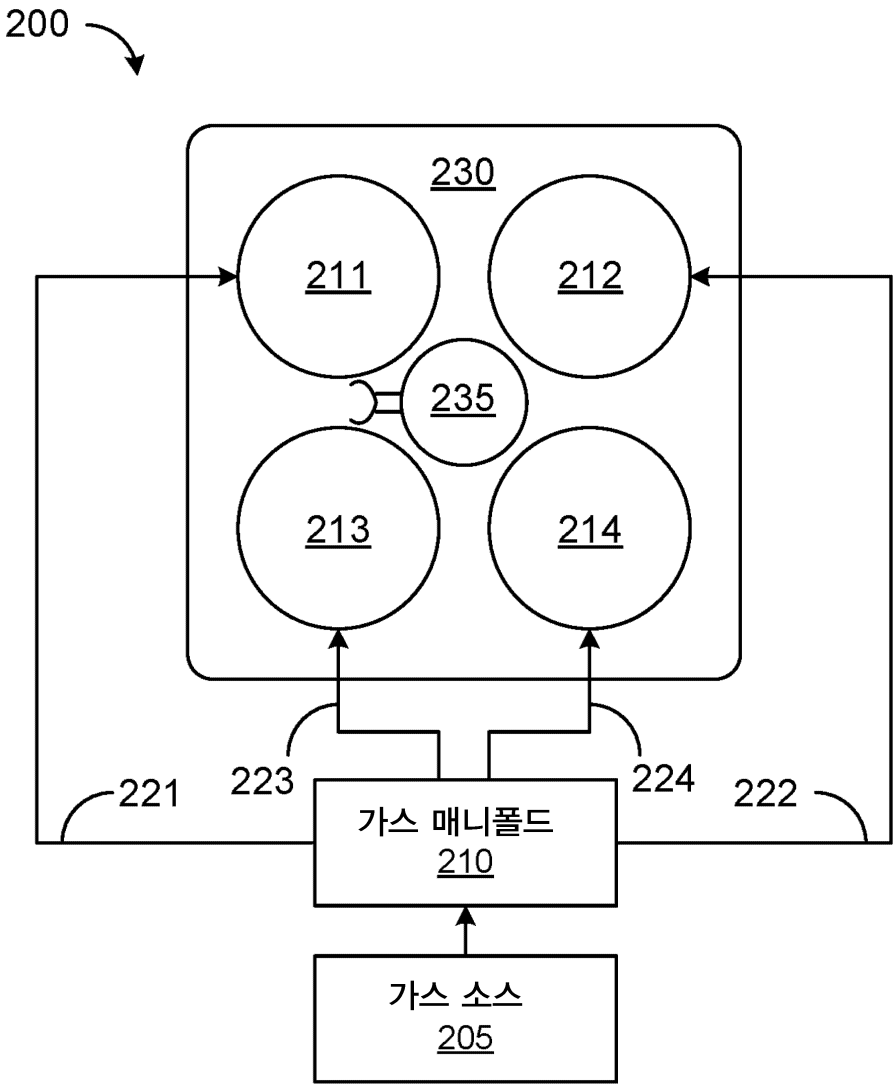
[0127] 본 개시의 주제는 본 명세서에 개시된 다양한 프로세스들, 시스템들 및 구성들, 및 다른 특징들, 기능들, 작용들, 및/또는 속성들의 모든 신규하고 불분명한 조합들 및 서브-조합들, 뿐만 아니라 이들의 임의의 그리고 모든 등가물들을 포함한다.

도면

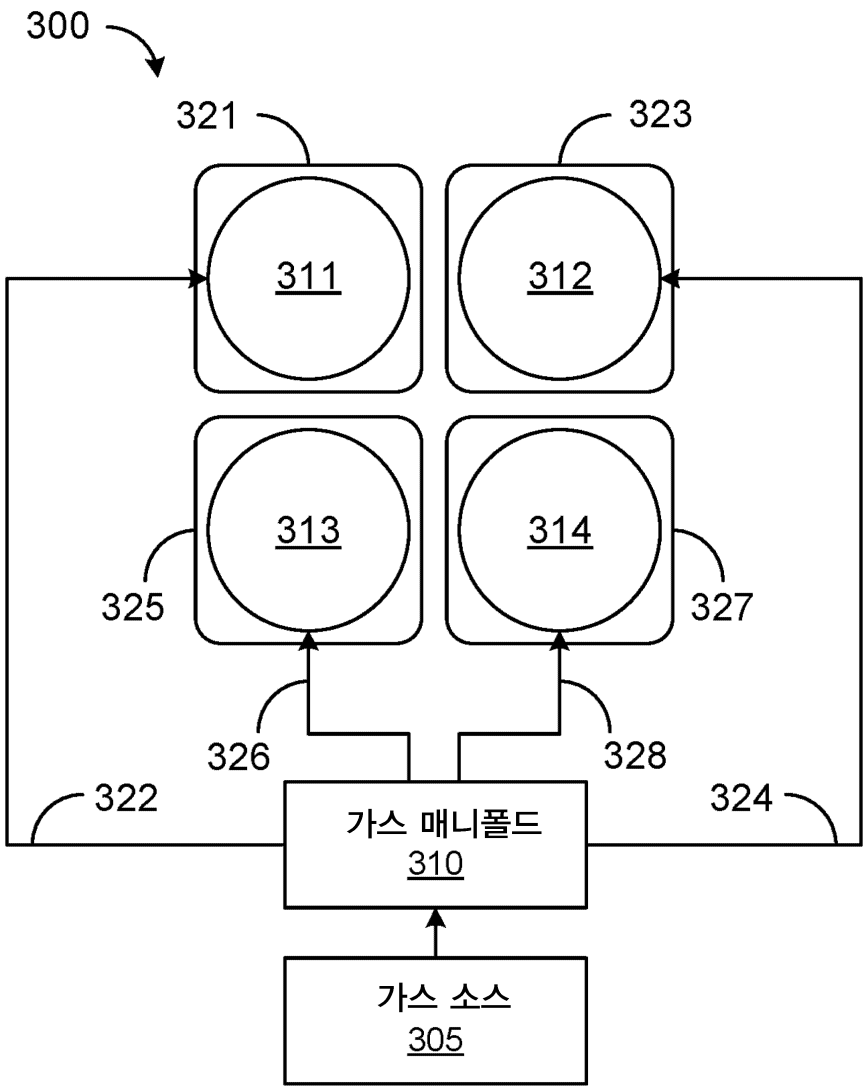
도면1



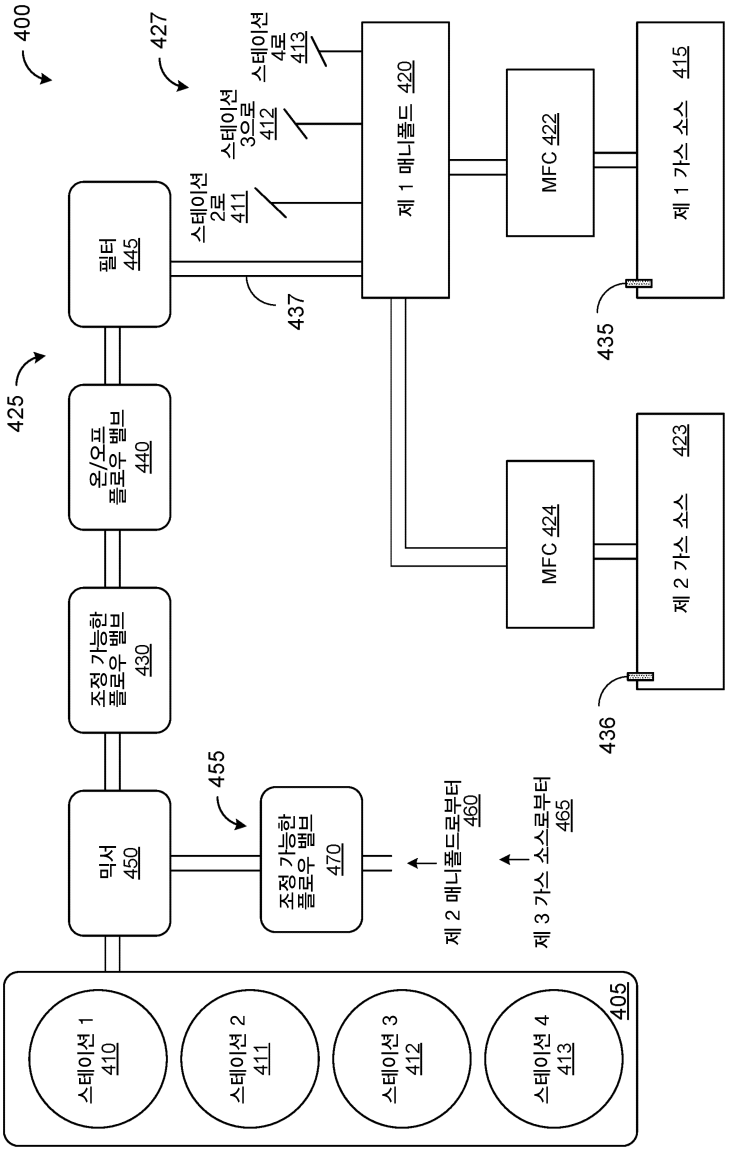
도면2



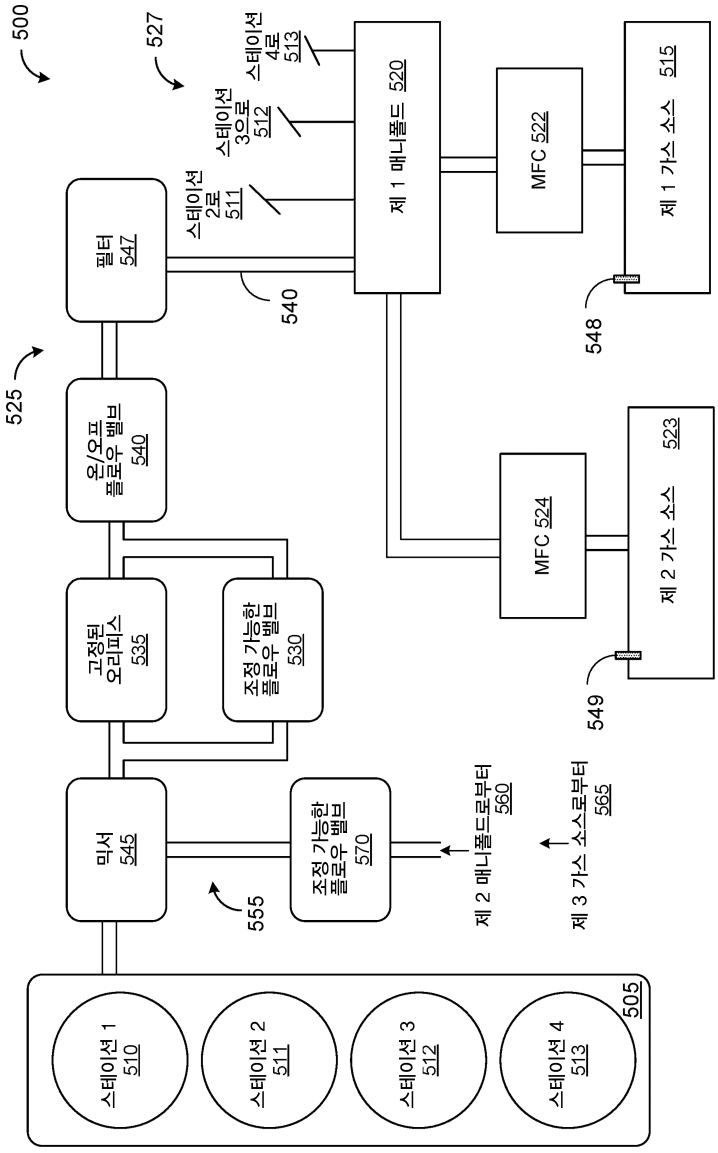
도면3


300
321
323
311
312
313
314
325
327
326
328
322
324
가스 매니폴드
310
가스 소스
305

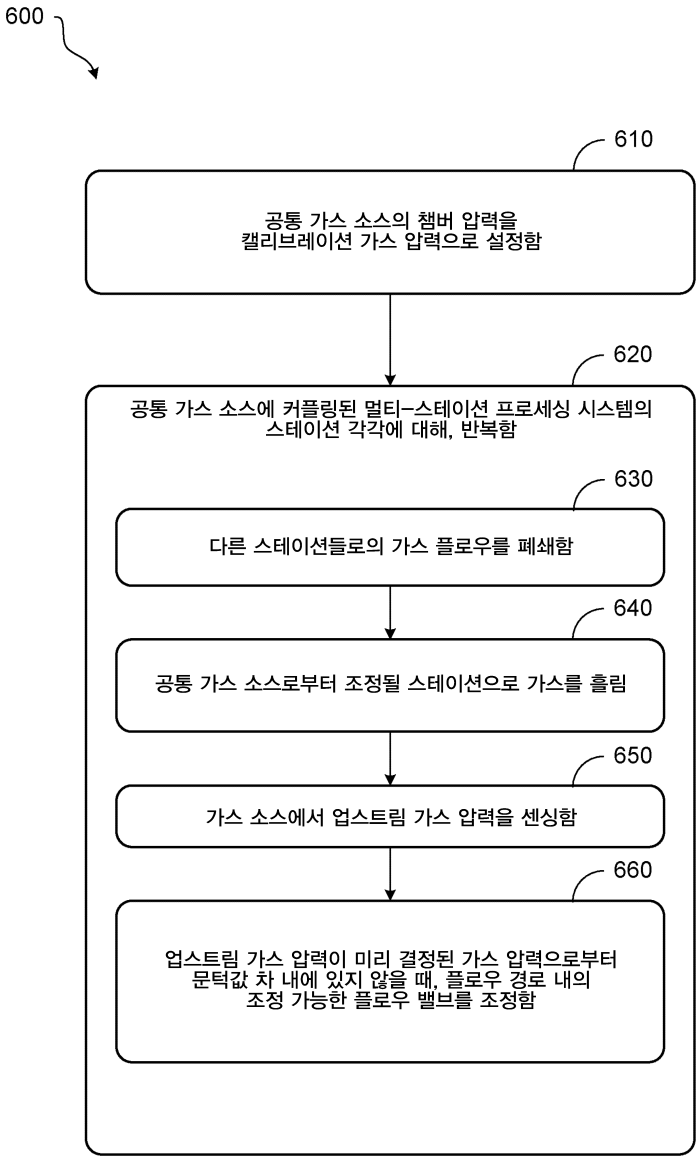
도면4


400
427
425
435
436
437
455
405
스테이션 1 410
스테이션 2 411
스테이션 3 412
스테이션 4 413
믹서 450
조정 가능한 플로우 밸브 470
조정 가능한 플로우 밸브 430
온/오프 플로우 밸브 440
필터 445
스테이션 2로 411
스테이션 3으로 412
스테이션 4로 413
제 1 매니폴드 420
MFC 422
제 1 가스 소스 415
MFC 424
제 2 가스 소스 423
제 2 매니폴드로부터 460
제 3 가스 소스로부터 465

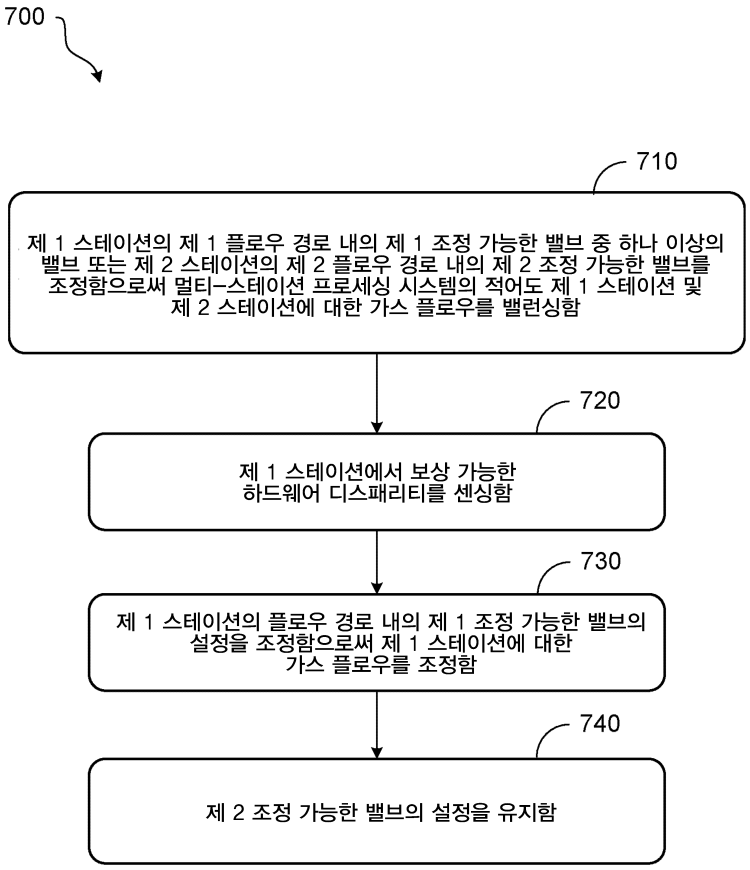
도면5


500
527
525
555
505
스테이션 1 510
스테이션 2 511
스테이션 3 512
스테이션 4 513
믹서 545
조정 가능한 플로우 밸브 570
고정된 오리피스 535
조정 가능한 플로우 밸브 530
온/오프 플로우 밸브 540
필터 547
540
스테이션 2로 511
스테이션 3으로 512
스테이션 4로 513
제 1 매니폴드 520
MFC 522
제 1 가스 소스 515
548
MFC 524
제 2 가스 소스 523
549
제 2 매니폴드로부터 560
제 3 가스 소스로부터 565

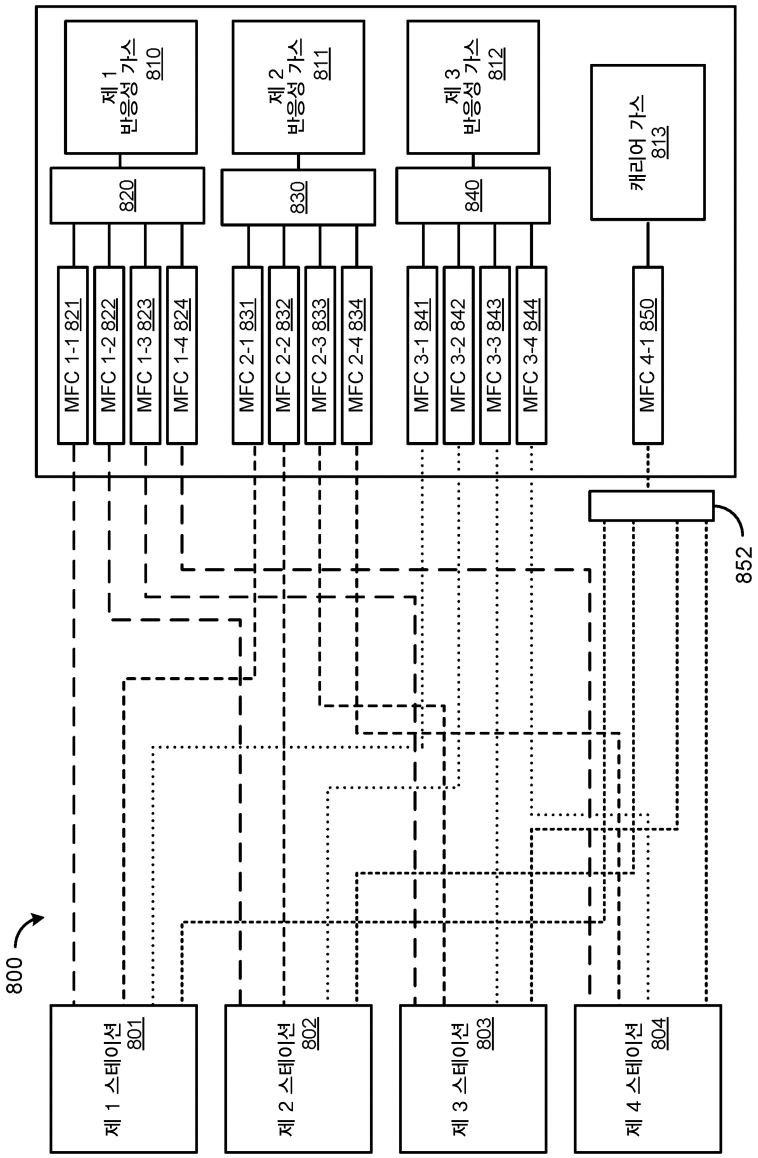
도면6


600
610
공통 가스 소스의 챔버 압력을
캘리브레이션 가스 압력으로 설정함
620
공통 가스 소스에 커플링된 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의
스테이션 각각에 대해, 반복함
630
다른 스테이션들로의 가스 플로우를 폐쇄함
640
공통 가스 소스로부터 조정될 스테이션으로 가스를 흘림
650
가스 소스에서 업스트림 가스 압력을 센싱함
660
업스트림 가스 압력이 미리 결정된 가스 압력으로부터
문턱값 차 내에 있지 않을 때, 플로우 경로 내의
조정 가능한 플로우 밸브를 조정함

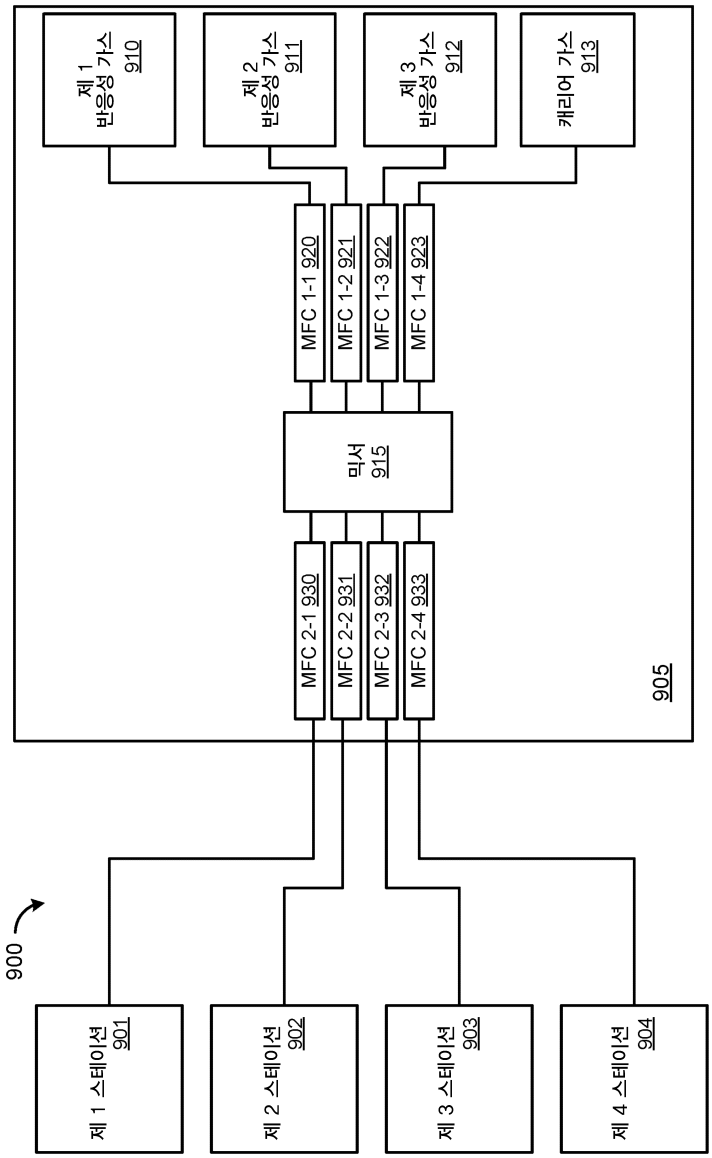
도면7


700
710
제 1 스테이션의 제 1 플로우 경로 내의 제 1 조정 가능한 밸브 중 하나 이상의 밸브 또는 제 2 스테이션의 제 2 플로우 경로 내의 제 2 조정 가능한 밸브를 조정함으로써 멀티-스테이션 프로세싱 시스템의 적어도 제 1 스테이션 및 제 2 스테이션에 대한 가스 플로우를 밸런싱함
720
제 1 스테이션에서 보상 가능한 하드웨어 디스패리티를 센싱함
730
제 1 스테이션의 플로우 경로 내의 제 1 조정 가능한 밸브의 설정을 조정함으로써 제 1 스테이션에 대한 가스 플로우를 조정함
740
제 2 조정 가능한 밸브의 설정을 유지함

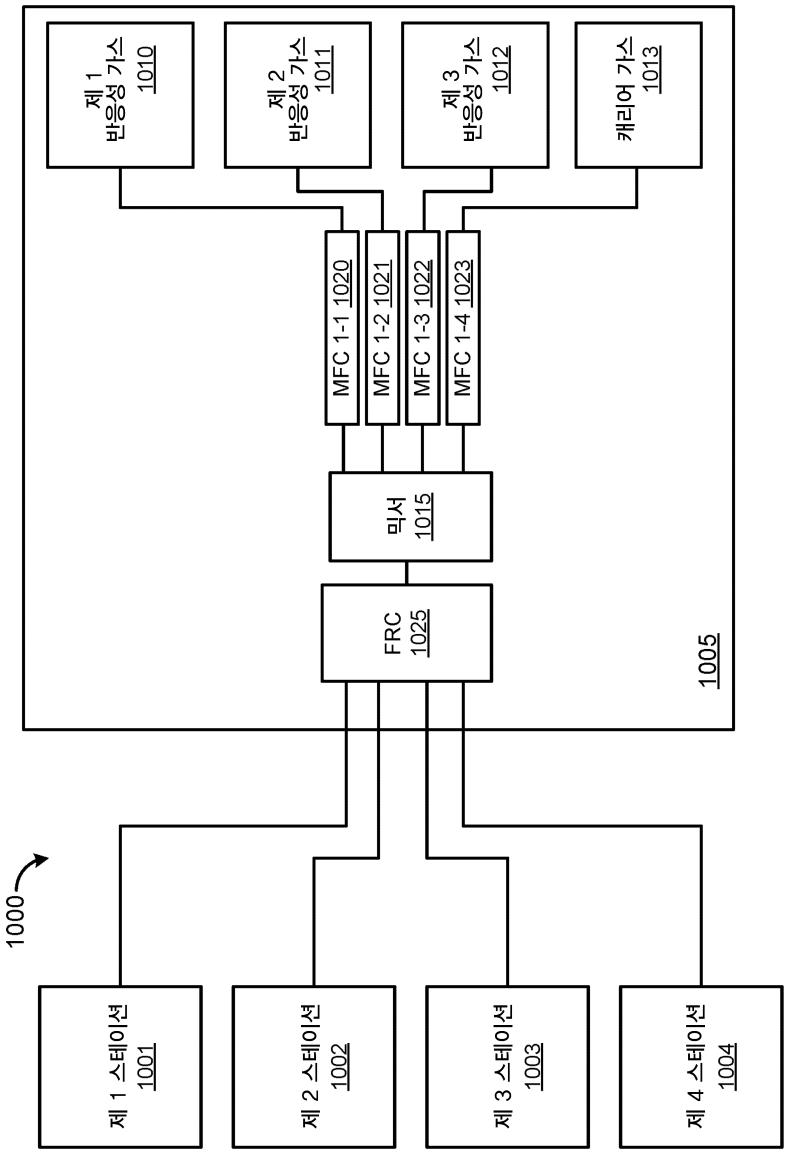
도면8


제 1 반응성 가스 810
제 2 반응성 가스 811
제 3 반응성 가스 812
캐리어 가스 813
820
830
840
MFC 1-1 821
MFC 1-2 822
MFC 1-3 823
MFC 1-4 824
MFC 2-1 831
MFC 2-2 832
MFC 2-3 833
MFC 2-4 834
MFC 3-1 841
MFC 3-2 842
MFC 3-3 843
MFC 3-4 844
MFC 4-1 850
852
800
제 1 스테이션 801
제 2 스테이션 802
제 3 스테이션 803
제 4 스테이션 804

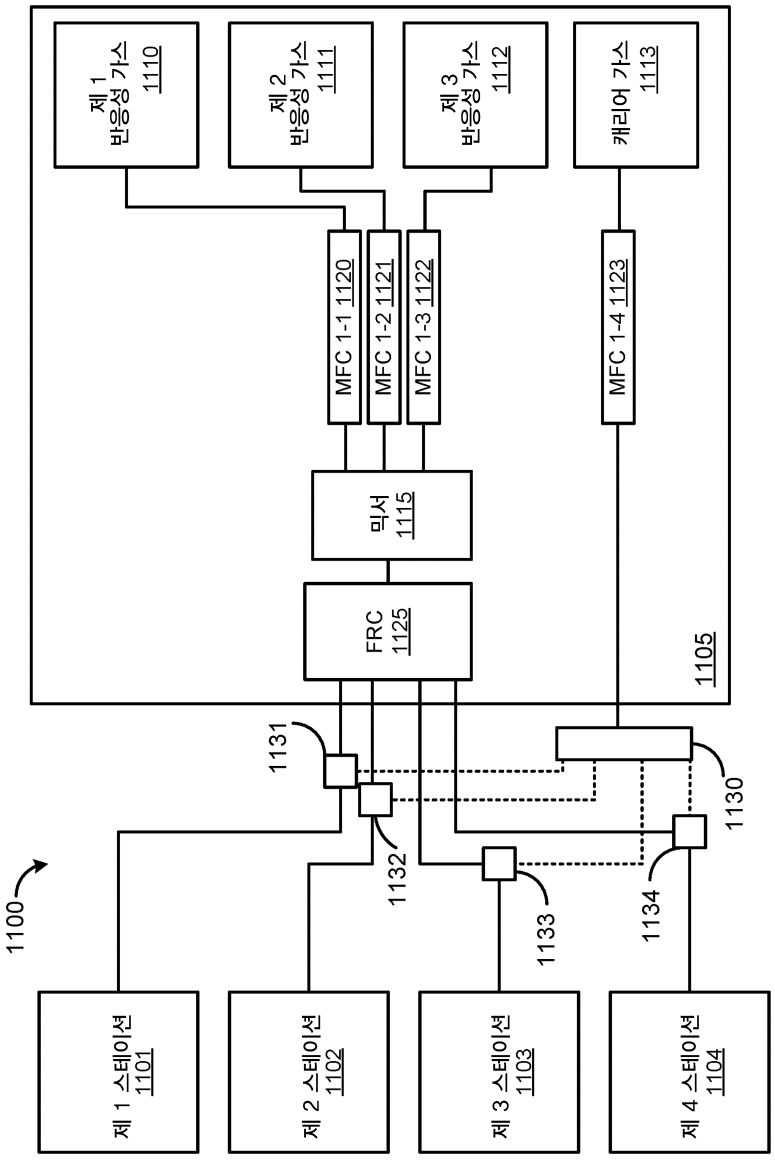
도면9


제 1 반응성 가스 910
제 2 반응성 가스 911
제 3 반응성 가스 912
캐리어 가스 913
MFC 1-1 920
MFC 1-2 921
MFC 1-3 922
MFC 1-4 923
믹서 915
MFC 2-1 930
MFC 2-2 931
MFC 2-3 932
MFC 2-4 933
905
900
제 1 스테이션 901
제 2 스테이션 902
제 3 스테이션 903
제 4 스테이션 904

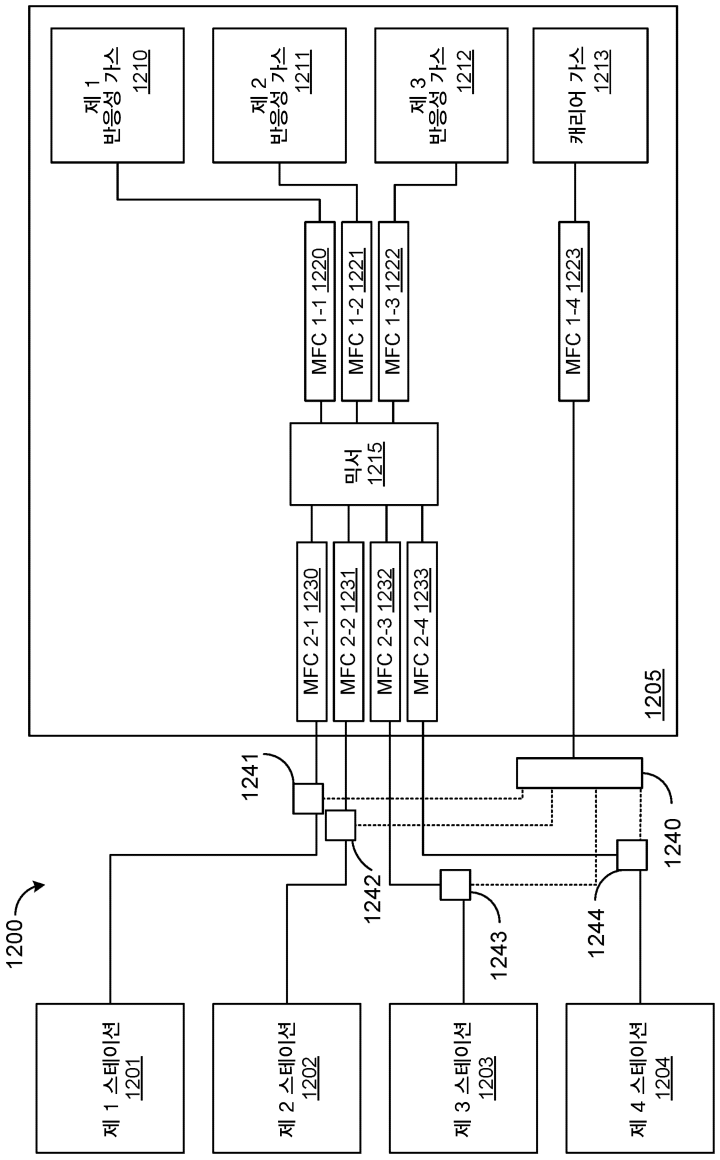
도면10


제 1 반응성 가스 1010
제 2 반응성 가스 1011
제 3 반응성 가스 1012
캐리어 가스 1013
MFC 1-1 1020
MFC 1-2 1021
MFC 1-3 1022
MFC 1-4 1023
믹서 1015
FRC 1025
1005
1000
제 1 스테이션 1001
제 2 스테이션 1002
제 3 스테이션 1003
제 4 스테이션 1004

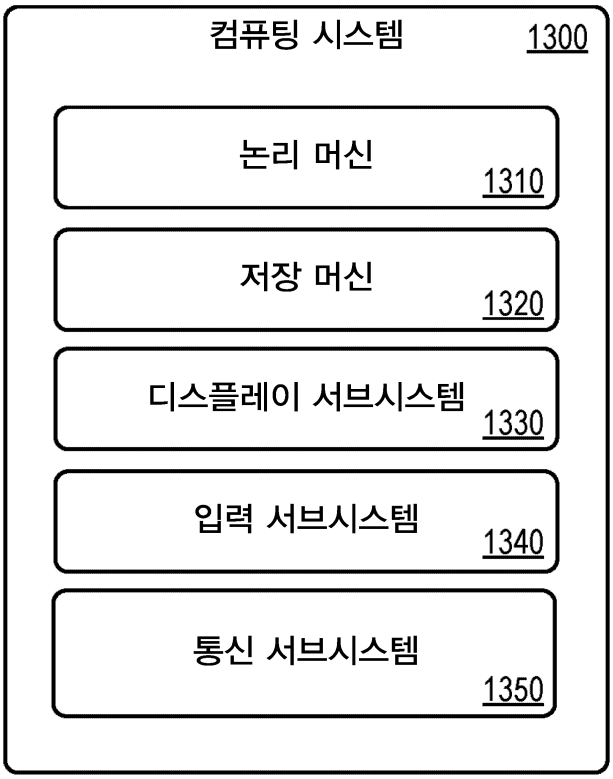
도면11


제 1 반응성 가스 1110
제 2 반응성 가스 1111
제 3 반응성 가스 1112
캐리어 가스 1113
MFC 1-1 1120
MFC 1-2 1121
MFC 1-3 1122
MFC 1-4 1123
믹서 1115
FRC 1125
1105
1131
1130
1132
1133
1134
1100
제 1 스테이션 1101
제 2 스테이션 1102
제 3 스테이션 1103
제 4 스테이션 1104

도면12


제 1 반응성 가스 1210
제 2 반응성 가스 1211
제 3 반응성 가스 1212
캐리어 가스 1213
MFC 1-1 1220
MFC 1-2 1221
MFC 1-3 1222
MFC 1-4 1223
믹서 1215
MFC 2-1 1230
MFC 2-2 1231
MFC 2-3 1232
MFC 2-4 1233
1205
1241
1242
1243
1244
1240
1200
제 1 스테이션 1201
제 2 스테이션 1202
제 3 스테이션 1203
제 4 스테이션 1204

도면13


컴퓨팅 시스템
1300
논리 머신
1310
저장 머신
1320
디스플레이 서브시스템
1330
입력 서브시스템
1340
통신 서브시스템
1350