

특허청구의 범위

청구항 1

제 1 챔버내에 정의되는 제 1 볼륨;

상기 제 1 볼륨보다 크고, 제 2 챔버내에 정의되는 제 2 볼륨으로서, 상기 제 2 볼륨은 적어도 하나의 밸브에 의해 상기 제 1 볼륨으로부터 분리가능한, 상기 제 2 볼륨;

상기 제 1 볼륨 또는 상기 제 2 볼륨 중 어느 하나, 또는 상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 볼륨 모두와 유체 소통하여 연결되도록 구성되는 제 1 압력 측정 디바이스; 및

상기 제 1 압력 측정 디바이스보다 더 높은 압력을 측정가능하고, 상기 제 1 볼륨 또는 상기 제 2 볼륨 중 어느 하나, 또는 상기 제 1 볼륨과 제 2 볼륨 모두와 유체 소통하여 연결되도록 구성되는 제 2 압력 측정 디바이스를 포함하고,

상기 제 1 볼륨, 상기 제 2 볼륨 각각, 또는 상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 볼륨 모두는, 가스 플로우 레이트를 측정하기 위한 테스트 볼륨으로서 선택가능하고,

상기 제 1 압력 측정 디바이스 또는 상기 제 2 압력 측정 디바이스 각각은, 상기 테스트 볼륨내의 압력을 측정하기 위해 선택가능한, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 볼륨 각각은, 상기 가스 플로우 레이트가 측정되어지는 가스원과 유체 소통하여 연결되고,

상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 볼륨 각각은, 상기 가스원으로부터 독립적으로 분리가능한, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 볼륨 각각 내에서 상승된 온도를 유지하도록 정의되는 히터; 및

상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 볼륨 각각의 온도를 측정가능한 온도 측정 디바이스를 더 포함하는, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

복수의 가스원 각각으로부터의 가스 공급을 수용하도록 구성되는 입력 매니폴드를 더 포함하고,

상기 입력 매니폴드는 상기 수용된 가스 공급을 상기 선택된 테스트 볼륨으로 보내도록 더 구성되는, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

제 1 밸브와 제 2 밸브를 포함하고, 상기 제 1 볼륨을 상기 제 2 볼륨에 연결하도록 정의되는 제 1 브릿지 라인으로서, 상기 제 1 압력 측정 디바이스는 상기 제 1 밸브와 상기 제 2 밸브 사이에 배치되는, 상기 제 1 브릿지 라인; 및

제 3 밸브와 제 4 밸브를 포함하고, 상기 제 1 볼륨을 상기 제 2 볼륨에 연결하도록 정의되는 제 2 브릿지 라인으로서, 상기 제 2 압력 측정 디바이스는 상기 제 3 밸브와 상기 제 4 밸브 사이에 배치되는, 상기 제 2 브릿지 라인을 더 포함하는, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 볼륨을 펌프에 연결시키고, 상기 제 1 볼륨을 상기 펌프로부터 분리시키는 제 1 배출 밸브를 포함하는 제 1 배출 라인; 및

상기 제 2 볼륨을 상기 펌프에 연결시키고, 상기 제 2 볼륨을 상기 펌프로부터 분리시키는 제 2 배출 밸브를 포함하는 제 2 배출 라인을 더 포함하는, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 볼륨은 상기 제 1 볼륨보다 적어도 10 배 더 크고,

상기 제 2 압력 측정 디바이스는 상기 제 1 압력 측정 디바이스보다 적어도 100 배 더 높은 압력을 측정가능한, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

가스 플로우 레이트 측정 장치의 압력 상승 레이트를, 상기 가스 플로우 레이트의 측정을 위한 테스트 구성으로 구성하도록 정의되는 제어 시스템을 더 포함하고,

상기 테스트 구성은 선택된 테스트 볼륨과 선택된 압력 측정 디바이스에 의해 정의되고,

0.5 sccm 에서 5 sccm 까지의 범위내의 가스 플로우 레이트에 대한 상기 테스트 구성은, 상기 제 1 볼륨과 상기 제 1 압력 측정 디바이스에 의해 정의되고,

5 sccm 에서 50 sccm 까지의 범위내의 가스 플로우 레이트에 대한 상기 테스트 구성은, 상기 제 2 볼륨과 상기 제 1 압력 측정 디바이스에 의해 정의되고,

50 sccm 에서 500 sccm 까지의 범위내의 가스 플로우 레이트에 대한 상기 테스트 구성은, 상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 압력 측정 디바이스에 의해 정의되고,

500 sccm 에서 5000 sccm 까지의 범위내의 가스 플로우 레이트에 대한 상기 테스트 구성은, 상기 제 2 볼륨과 상기 제 2 압력 측정 디바이스에 의해 정의되는, 가스 플로우 레이트 검증 장치.

청구항 9

중앙 위치로부터 액세스가능한 복수의 웨이퍼 프로세싱 모듈;

복수의 가스 공급 제어 시스템으로서, 상기 복수의 웨이퍼 프로세싱 모듈 각각은 복수의 가스 공급 제어 시스템 중 각각의 가스 공급 제어 시스템과 관련되는, 상기 복수의 가스 공급 제어 시스템; 및

상기 복수의 웨이퍼 프로세싱 모듈에 대해 중앙 위치에 배치되는 가스 플로우 레이트 검증 디바이스를 포함하고,

상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스는, 상기 복수의 가스 공급 제어 시스템 각각과 유체 소통하여 선택적으로 연결되도록 정의되고, 상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스는, 상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스가 선택적으로 접속되는 상기 가스 공급 제어 시스템에 의해 공급된 가스 플로우 레이트를 측정하도록 정의되는, 반도체 프로세싱을 위한 중앙 클러스터 톨 플랫폼.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스로부터의 데이터 획득 (acquisition) 을 관리하고, 상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스를 제어하도록 정의되는 컴퓨터 시스템을 더 포함하고,

상기 컴퓨터 시스템은, 또한 상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스를 모니터링 및 제어하기 위해 그래픽 사용

자 인터페이스를 렌더링 (render) 하도록 정의되는, 반도체 프로세싱을 위한 중앙 클러스터 툴 플랫폼.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스는, 상기 가스 플로우 레이트를 측정할 때 누설 레이트를 보정하도록 정의되는, 반도체 프로세싱을 위한 중앙 클러스터 툴 플랫폼.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스는, 0.5 sccm 에서 5000 sccm 까지의 범위내에서 가스 플로우 레이트를 측정하도록 정의되는, 반도체 프로세싱을 위한 중앙 클러스터 툴 플랫폼.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스는,

제 1 챔버 내에 정의되는 제 1 볼륨;

상기 제 1 볼륨보다 크고, 제 2 챔버 내에 정의되는 제 2 볼륨;

제 1 밸브와 제 2 밸브를 포함하고, 상기 제 1 볼륨을 상기 제 2 볼륨에 연결하도록 정의되는 제 1 브릿지 라인;

상기 제 1 밸브와 상기 제 2 밸브 사이에 배치되는 제 1 압력 측정 디바이스;

제 3 밸브와 제 4 밸브를 포함하고, 상기 제 1 볼륨을 상기 제 2 볼륨에 연결하도록 정의되는 제 2 브릿지 라인; 및

상기 제 1 압력 측정 디바이스보다 더 높은 압력을 측정가능하고, 상기 제 3 밸브와 상기 제 4 밸브 사이에 배치되는 제 2 압력 측정 디바이스를 포함하도록 정의되고,

상기 제 1 볼륨 또는 상기 제 2 볼륨 중 어느 하나, 또는 상기 제 1 볼륨과 상기 제 2 볼륨 모두는, 가스 플로우 레이트를 측정하기 위한 테스트 볼륨으로서 선택가능하고,

상기 1 압력 측정 디바이스 또는 상기 제 2 압력 측정 디바이스 중 어느 하나는 상기 테스트 볼륨 내의 압력을 측정하기 위해 선택가능한, 반도체 프로세싱을 위한 중앙 클러스터 툴 플랫폼.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제 2 볼륨은, 상기 제 1 볼륨보다 적어도 10 배 큰, 반도체 프로세싱을 위한 중앙 클러스터 툴 플랫폼.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 제 2 압력 측정 디바이스는, 상기 제 1 압력 측정 디바이스보다 적어도 100 배 큰 압력을 측정가능한, 반도체 프로세싱을 위한 중앙 클러스터 툴 플랫폼.

청구항 16

가스 플로우 레이트 검증 디바이스를 동작시키는 방법으로서,

타겟 가스 플로우 레이트 범위를 식별하는 단계;

상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스 내에서 테스트 볼륨을 선택하는 단계로서, 상기 선택된 테스트 볼륨은 작은 볼륨 또는 큰 볼륨 중 어느 하나이고, 상기 테스트 볼륨 선택은 상기 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범

위에 기초하는, 상기 테스트 볼륨 선택 단계;

상기 가스 플로우 레이트 검증 디바이스 내의 압력 측정 디바이스를 선택하는 단계로서, 상기 선택된 압력 측정 디바이스는, 더 낮은 압력 측정 디바이스 또는 더 높은 압력 측정 디바이스 중 어느 하나이고, 상기 선택된 압력 측정 디바이스는 상기 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 기초하는, 상기 압력 측정 디바이스 선택 단계;

상기 테스트 볼륨을 비우는 단계;

상기 테스트 볼륨을 측정되어질 가스 플로우 레이트에 노출시키는 단계;

상기 테스트 볼륨 내의 압력 상승 레이트를 측정하는 단계;

상기 테스트 볼륨 내의 온도를 측정하는 단계; 및

상기 테스트 볼륨 내에서 상기 측정된 압력 상승 레이트와 온도를 이용하여 상기 테스트 볼륨 내의 가스 플로우 레이트를 결정하는, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스 동작 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 테스트 볼륨과 상기 테스트 볼륨의 주위 구조 내의 온도가, 상기 테스트 볼륨이 노출되는 상기 가스의 압축 온도보다 더 커지도록 유지하는 단계를 더 포함하는, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스 동작 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 테스트 볼륨 내의 압력 상승 레이트를 측정하는 단계는, 5 초에서 60 초까지의 기간 내에서 수행되는, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스 동작 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 테스트 볼륨으로부터의 누설 플로우 레이트를 결정하는 단계; 및

상기 테스트 볼륨 내의 상기 결정된 가스 플로우 레이트를 보정하도록 상기 누설 플로우 레이트를 이용하는 단계를 더 포함하는, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스 동작 방법.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

상기 작은 볼륨과 더 낮은 압력 측정 디바이스는, 0.5 sccm 에서 5 sccm 까지의 상기 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 대해 선택되고,

상기 큰 볼륨과 더 낮은 압력 측정 디바이스는, 5 sccm 에서 50 sccm 까지의 상기 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 대해 선택되고,

상기 작은 볼륨과 더 높은 압력 측정 디바이스는, 50 sccm 에서 500 sccm 까지의 상기 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 대해 선택되며,

상기 큰 볼륨과 더 높은 압력 측정 디바이스는, 500 sccm 에서 5000 sccm 까지의 상기 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 대해 선택되는, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스 동작 방법.

명세서

[0001]

발명의 배경기술

[0002]

다수의 현대적인 반도체 웨이퍼 제조 프로세스는 반응 챔버에 대해 신중하게 제어된 방식으로 공급되어지는 프로세스 가스를 요구하고, 이 프로세스 가스는 반도체 웨이퍼 처리를 지원하거나 달성하기 위해 사용된다. 예를 들면, 플라즈마 에칭 프로세스에서, 프로세스 가스는 에칭 챔버로 공급되고, 이 프로세스 가스는 웨이퍼

표면에 있는 물질들을 에칭하기 위해 플라즈마로 변환된다. 대부분의 경우에서, 반도체 웨이퍼 제조 프로세스는 이 프로세스 가스 공급이 신중하게 제어되기를 요구한다. 보다 상세하게는, 반응 챔버로의 프로세스 가스의 플로우 레이트가, 제조 프로세스의 방식에 의해 정의된 범위내에서 유지될 필요가 있다. 이 프로세스 가스 플로우 레이트는 통상적으로 반응 챔버로부터 업스트림에 있는 MFC (Mass Flow Controller) 에 의해 제어된다. 따라서, 프로세스 가스 플로우 레이트가 제어될 수 있는 정확도는, 프로세스 가스가 통과되어질 MFC 의 정확도에 의해 일반적으로 정해진다.

[0003] MFC 디바이스는 많은 요인들에 의존하는 실제 가스 플로우 레이트 제어 정확도를 갖는 복잡하고 민감한 기구이다. MFC 디바이스의 제작중에, MFC 에 의해 제공된 가스 플로우 레이트 제어가, 정해진 MFC 설계 규격 공차 내에 있도록 검증된다. 이 제작중의 MFC 검증은 N₂ 가스를 이용하는 제어된 연구실 분위기에서 통상적으로 행해진다. 따라서, 제작 중의 MFC 검증은 MFC 가 실제 구현 중에 노출되어질 분위기 컨디션을 제한하지 않을 수도 있다. 추가적으로, N₂ 를 이용하는 MFC 검증 결과를, 실제 가스를 나타내는 대응 검증 결과로 변환 시키도록 변환 팩터를 사용한다. 이러한 변환 팩터는 고유 레벨의 불확실성을 갖는다. 또한, MFC 디바이스가 최종 사용자로 선적되어 최종 사용자의 시스템내에 장착된 후에, MFC 디바이스가 그 설계 규격에 대한 공차를 벗어날 가능성이 있다. 또한, MFC 디바이스의 가스 플로우 레이트 제어 성능은, 공차를 벗어난 조건이, MFC 디바이스의 시동시 또는 서비스 중에 발생할 수 있는 캘리브레이션 드리프트, 제로 드리프트, 또는 가스 캘리브레이션 오차의 형태로 유도되지 않아야 하는 점을 보장하도록 주기적으로 검증될 필요가 있다.

[0004] 이러한 관점에서, 실제 가스를 이용하는 실제 구현 중에 MFC 디바이스의 가스 플로우 레이트 제어 성능을 검증하는 것이 바람직하다. 그러나, MFC 디바이스의 가스 플로우 레이트 제어 정확도를 검증하기 위한 최종 사용자의 장비가 통상적으로, MFC 설계 규격의 엄격한 공차 레벨을 맞출 수 없다. 따라서, 예상되는 동작 조건하에서 MFC 디바이스의 가스 플로우 레이트 제어 성능을 정확하게 검증하기 위한 관련 기술에 대한 개량이 요구된다.

[0005] **본 발명의 요약**

[0006] 본 발명은 프로세스, 장치, 시스템, 디바이스 또는 방법과 같은 수많은 방식으로 구현될 수 있다. 이하, 본 발명의 몇몇 신규한 실시형태를 설명한다.

[0007] 일 실시형태에서, 가스 플로우 레이트 검증 장치를 개시한다. 이 장치는 제 1 챔버내에 정의된 제 1 볼륨과, 제 2 챔버내에 정의된 제 2 볼륨을 포함한다. 제 2 볼륨은 제 1 볼륨보다 크다. 이 장치는 또한 제 1 압력 측정 디바이스와 제 2 압력 측정 디바이스를 포함한다. 제 1 압력 측정 디바이스와 제 2 압력 측정 디바이스 각각은 제 1 볼륨, 제 2 볼륨 중 어느 하나, 또는 제 1 볼륨과 제 2 볼륨 모두와 유체 소통하여 연결되도록 구성된다. 제 2 압력 측정 디바이스는 제 1 압력 측정 디바이스보다 더 높은 압력을 측정할 수 있다. 이 장치는 또한, 제 1 볼륨, 제 2 볼륨의 각각 또는 제 1 볼륨과 제 2 볼륨 모두가 가스 플로우 레이트에 대한 테스트 볼륨으로서 선택가능하도록 정의된다. 또한, 제 1 압력 측정 디바이스 또는 제 2 압력 측정 디바이스 각각은 테스트 볼륨내의 압력을 측정하기 위해 선택가능하다.

[0008] 다른 실시형태에서, 반도체 처리를 위한 중앙 클러스터 툴 플랫폼을 개시한다. 이 툴 플랫폼은 중앙 위치로부터 액세스할 수 있는 복수의 웨이퍼 프로세싱 모듈을 포함한다. 또한, 툴 플랫폼은 복수의 가스 공급 제어 시스템을 포함하고, 복수의 가스 공급 제어 시스템 각각은 웨이퍼 프로세싱 모듈 중 대응하는 하나와 결합된다. 또한, 툴 플랫폼은 복수의 웨이퍼 프로세싱 모듈에 대해 중앙 위치에 배치된 가스 플로우 레이트 검증 디바이스를 포함한다. 가스 플로우 레이트 검증 디바이스는 복수의 가스 공급 제어 시스템 각각과 유체 소통하여 선택적으로 연결되도록 정의된다. 가스 플로우 레이트 검증 디바이스는, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스가 선택적으로 연결되는 가스 공급 제어 시스템에 의해 공급된 가스 플로우 레이트를 측정하도록 정의된다.

[0009] 다른 실시형태에서, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스를 동작시키는 방법을 개시한다. 이 방법은 타겟 가스 플로우 레이트 범위를 식별하는 단계를 포함한다. 그 후, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스내에서 테스트 볼륨이, 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 기초하여 선택된다. 선택된 테스트 볼륨은 작은 볼륨 또는 큰 볼륨 중 하나일 수 있다. 또한, 가스 플로우 레이트 검증 디바이스내의 압력 측정 디바이스가 식별된 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 기초하여 선택된다. 선택된 압력 측정 디바이스는 더 낮은 압력 측정 디바이스 또는 더 높은 압력 측정 디바이스 중 하나일 수 있다. 그 후, 선택된 테스트 볼륨이 제거된다. 그 후, 이 방법은, 테스트 볼륨을, 측정되어질 가스 플로우 레이트로 노출하도록 진행된다. 테스트 볼륨

내의 압력 상승 레이트를 측정한다. 또한, 테스트 볼륨내의 온도를 측정한다. 테스트 볼륨내에서 측정된 압력 상승 레이트와 온도를 이용하여, 테스트 볼륨으로의 가스 플로우 레이트를 결정한다.

[0010] 본 발명의 다른 양태들과 이점들은 첨부된 도면들과 함께, 본 발명을 예시적으로 설명하는 다음의 상세한 설명으로부터 보다 명백해질 것이다.

[0011] **도면의 간단한 설명**

[0012] 도 1a 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 다수의 프로세스 모듈을 포함하는 중앙 클러스터 툴 플랫폼의 평면도를 도시한다.

[0013] 도 1b 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 프로세스 모듈의 측면도를 도시한다.

[0014] 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 가스 박스의 단순화된 개략도를 도시한다.

[0015] 도 3 은 본 발명의 일 실시형태에 따라, 구현되는 압력 상승 레이트의 전용 가스 플로우 레이트 측정 장치를 갖는 도 1a 의 툴 플랫폼을 도시한다.

[0016] 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 툴 플랫폼에서의 플로우 검증기 디바이스의 구현예를 개략적으로 도시한다.

[0017] 도 5 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 플로우 검증기 디바이스의 개략도를 도시한다.

[0018] 도 6 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 플로우 검증기 디바이스를 동작시키기 위한 방법의 흐름도를 도시한다.

[0019] **발명의 상세한 설명**

[0020] 다음 설명에서, 수많은 특정 세부사항들인 본 발명의 전체적인 이해를 제공하기 위해 설명된다. 그러나, 본 발명이 이러한 몇몇의 특정 세부사항들 또는 모든 세부사항들이 없어도 실행될 수 있다는 점은 당업자들에게 명백하다. 다른 예들에서, 이미 공지된 프로세스 동작들은 본 발명을 불필요하게 불명료하게 하지 않도록 상세히 설명되지 않는다.

[0021] 도 1a 는 본 발명의 일 실시형태에 따라, 다수의 프로세스 모듈 (103a-103d) 을 포함하는 중앙 클러스터 툴 플랫폼 ("툴 플랫폼", 100) 의 평면도를 도시한다. 툴 플랫폼 (100) 은 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 각각의 액세스 (105a-105d) 가 액세스가능한 중앙 영역 (101) 을 포함한다. 웨이퍼가 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 로 또는 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 로부터 이송될 수 있도록, 웨이퍼 이송 메커니즘 (107) 이 중앙 영역 (101) 내에 배치된다. 일 실시형태에서, 이송 메커니즘 (107) 은 로봇 조작 디바이스로서 정의된다.

도 1a 의 예시적인 툴 플랫폼 (100) 이 4 개의 프로세스 모듈 (103a-103d) 을 도시하지만, 툴 플랫폼 (100) 의 다른 실시형태는 더 많은 프로세스 모듈 또는 더 적은 프로세스 모듈을 포함할 수 있다. 또한, 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 은, 당업자에게 공지된 바와 같이 하나 이상의 웨이퍼 처리 동작을 수행하도록 정의될 수 있다.

[0022] 도 1b 는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 프로세스 모듈 (103a-103d) 의 측면도를 도시한다. 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 은 프로세싱 챔버 (111a-111d) 를 포함하도록 정의된다. 각 프로세싱 챔버 (111a-111d) 의 액세스 (105a-105d) 는 동작중에 프로세스 챔버 (111a-111d) 가 밀폐되게 하면서, 프로세싱 챔버 (111a-111d) 의 안으로 그리고 밖으로 웨이퍼의 이송을 제공한다. 일 실시형태에서, 액세스 (105a-105d) 는 슬릿-밸브로서 정의된다. 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 은 또한 프로세싱 챔버 (111a-111d) 상부에 배치된 가스 박스 (109a-109d) 를 갖는다. 가스 박스 (109a-109d) 는 적절한 가스 플로우 레이트에서, 요구된 프로세스 가스를 프로세스 챔버 (111a-111d) 로 공급하도록 정의된다. 또한, 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 은 프로세스 챔버 (111a-111d) 하부에서 다른 장비를 위한 부분 (113a-113d) 을 포함한다. 다른 장비는 전원 공급기, 전기 장비, 제어 장비 등과 같이, 프로세싱 챔버 (111a-111d) 의 동작을 위해 필요한 다양한 형태의 장비를 포함한다. 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 은 서로 관계가 있는 다수의 컴포넌트를 포함하는 매우 복잡한 시스템을 나타낸다. 불필요하게 본 발명을 불명료하게 만들지 않도록, 프로세싱 챔버 (111a-111d) 와 다른 장비 (113a-113d) 에 대한 세부사항은 여기에서 추가적으로 설명되지 않는다.

[0023] 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 가스 박스 (109a-109d) 의 단순화된 개략도를 도시한다. 전술된 바와 같이, 가스 박스 (109a-109d) 는 적당한 가스 플로우 레이트에서, 프로세스 챔버 (111a-111d) 내의 적절한 가스 혼합을 명령하도록 사용된다. 가스 박스 (109a-109d) 는 복수의 가스 스틱 (201a-201p) 을 포함한다. 도 2 의 실시형태에서, 가스 박스 (109a-109d) 는 16 개의 가스 스틱 (201a-201p) 을 포함한다.

그러나, 상이한 수의 가스 스틱이 다른 실시형태에서 사용될 수 있다. 각 가스 스틱 (201a-201p) 은 제어된 플로우 레이트에서 특정 가스 또는 가스 혼합물을 프로세싱 챔버 (111a-111d) 로 제공하도록 사용될 수 있다.

예를 들면, 도 2 는 각 가스 스틱 (201a-201p) 으로의 입력이 각각의 가스 1 내지 가스 16 을 수용하도록 접속되는 것을 도시한다. 각 가스 스틱 (201a-201p) 의 출력은 공통 매니폴드 (217) 에 접속된다. 매니폴드 (217) 는 분리 밸브 (219) 를 통해 프로세싱 챔버 (111a-111d) 로 배관된다.

[0024] 각 가스 스틱 (201a-201p) 은 수동 밸브 (203a-203p), 가스 조절기 (205a-205p), 압력 측정 디바이스 (207a-207p), 필터 (209a-209p), 제어 밸브 (211a-211p, 215a-215p), 및 MFC (매스 플로우 제어기, 213a-213p) 를 포함한다. 다양한 실시형태에서, 각 가스 스틱 (201a-201p) 은 상술한 몇몇 컴포넌트 없이도 또는 추가적인 컴포넌트를 이용하여 정의될 수 있다. 동작 중에 다양한 가스 스틱 (201a-201p) 이 특정 플로우 레이트에서 구체적으로 공식화된 가스 공급을 프로세싱 챔버 (111a-111d) 로 제공하도록 제어된다. 각 가스 스틱 (201a-201p) 으로부터 배출되고 이어서 프로세싱 챔버 (111a-111d) 로 들어가는 가스 플로우 레이트의 정확도가 MFC (213a-213p) 의 정확도에 의해 정해진다. 따라서, 각 MFC (213a-213p) 가, 개별적인 가스 플로우 레이트를 허용가능한 공차 범위내로 제어할 수 있는 것이 중요하다. 프로세싱 챔버 (111a-111d) 로의 가스 플로우 레이트가 수용 가능하다는 것을 보장하기 위해, 각 MFC (213a-213p) 의 캘리브레이션을 검증할 필요가 있다.

[0025] 일 실시형태에서, 각 MFC (213a-213p) 의 캘리브레이션이 압력 상승 레이트 방법 (이후, "RoR 방법") 을 이용하여 실행될 수 있다. RoR 방법에서, 가스가 챔버로 흐르면, 공지된 볼륨의 챔버내의 압력 상승 레이트 및 온도를 측정하여, 가스 플로우 레이트를 결정한다. 이하의 식 1 을 이용하여, 측정된 가스 플로우 레이트를 결정한다.

[0026] 식 1:

$$\text{플로우 레이트 (sccm)} = \frac{(\text{볼륨 (cm}^3\text{)}) \left(\text{압력 RoR} \left(\frac{\text{mT}}{\text{초}} \right) \right) C \left(\frac{(\text{초})(\text{K})}{(\text{mT})(\text{분})} \right)}{273.16 + \text{온도 (C)}}$$

[0027]

[0028] 여기에서, C 는 상수 변환 팩터이고, RoR 은 상승 레이트를 의미한다.

[0029] 측정된 가스 플로우 레이트는, MFC 가 그 플로우 공차내에서 동작한다는 것을 검증하기 위해 MFC 의 가스 플로우 설정값과 비교된다. 일반적으로, 각 가스 스틱 (201a-201p) 에 대한 MFC (213a-213p) 는 개별적으로 캘리브레이팅된다. 또한, 각 MFC (213a-213p) 에 대한 적어도 10 포인트 가스 캘리브레이션을 실행하는 것이 바람직하다. 10 포인트 가스 캘리브레이션은, 최소 가스 플로우 레이트로 개시하고, 최대 가스 플로우 레이트로 종료하는, MFC (213a-213p) 의 동작 범위를 통해서 동일하게 이격된 10 개의 가스 플로우의 셋포인트에 대한 검증을 포함한다. 도 2 의 실시형태에서, 16 개 가스 스틱 (201a-201p) 각각에 대한 10 개의 포인트 가스 플로우 캘리브레이션은 160 개의 가스 캘리브레이션 측정 실행을 요구한다. 따라서, 각 가스 캘리브레이션 측정이 이상적으로 짧은 시간 주기에서 실행되는 점이 중요하다.

[0030] 통상적으로, 프로세스 챔버 (111a-111d) 는 MFC (213a-213p) 를 캘리브레이팅하기 위해 가스 플로우 레이트 측정을 실행하도록 사용되어 왔다. 프로세스 챔버 (111a-111d) 에서 가스 플로우 레이트 측정을 개시하기 전에, 프로세스 챔버 (111a-111d) 를 비울 필요가 있다. 그 결과, 프로세스 챔버 (111a-111d) 의 큰 볼륨 때문에, 프로세스 챔버 (111a-111d) 를 비우고, 가스 플로우 레이트를 측정하기 위한 프로세스 챔버 (111a-111d) 내에서 충분한 가스 압력 증가를 관찰하는데 긴 시간이 소요될 수 있다. 예를 들면, 프로세스 챔버 (111a-111d) 를 사용하는 단일 가스 플로우 레이트 측정을 실행하는데 최대 5 분 걸릴 수 있다. 따라서, 프로세스 챔버 (111a-111d) 가 웨이퍼 제조 프로세스를 위해 사용될 수 없는 동안, 예를 들어, 각 가스 스틱 (201a-201p) 의 10 포인트 캘리브레이션인, 가득 찬 가스의 캘리브레이션을 실행하는 것은 상당히 긴 시간이 소요될 수 있다. 따라서, 가스 플로우 레이트 캘리브레이션 측정을 실행하기 위한 프로세스 챔버 (111a-111d) 사용은 시스템 이용도에 광범위한 영향을 미칠 수 있다.

[0031] 앞서의 설명에 추가하여, 프로세스 챔버 (111a-111d) 의 큰 볼륨과 그에 존재하는 다수의 구조들이, 프로세스 챔버 (111a-111d) 로 하여금 크고 비균일한 썬열 매스 (thermal mass) 를 갖도록 한다. 프로세싱 챔버 (111a-111d) 의 썬열 매스 특성은, 가스 플로우 레이트 캘리브레이션 측정 중에, 프로세싱 챔버 (111a-111d) 내에서 균일한 온도 분포를 획득하고 유지하는 것에 관한 문제들을 도입한다. 또한, 프로세싱 챔버 (111a-111d) 와 공통적으로 관련된 온도 피드백 메커니즘은 대개 프로세싱 챔버 (111a-111d) 내의 온도를 제어하는데

충분히 효과적이지 않다.

[0032] 프로세싱 챔버 (111a-111d) 와 관련된 비균일한 온도 분포 문제를 피하기 위해서, 가스 플로우 레이트는 실내 온도로 챔버에서 측정된다. 그러나, 정상적인 동작 온도를 실내 온도로 낮추기 위해서, 프로세싱 챔버 (111a-111d) 에 대해, 예를 들면, 한나절 또는 더 긴, 상당히 긴 시간이 소요될 수 있다. 그러므로, 프로세스 챔버 (111a-111d) 가 상온에서 열적 평형에 도달하도록 허용하는 것은 웨이퍼 제조 스루풋에 광범위하게 영향을 미칠 수 있다.

[0033] 요약하면, 가스 플로우 레이트 캘리브레이션을 측정하기 위해 프로세싱 챔버 (111a-111d) 를 이용하는 것은, 프로세스 챔버 (111a-111d) 의 큰 볼륨이 온도를 제어하기 어렵게 하기 때문에 이상적으로 고려되지 않는다. 또한, 다수의 포인트 가스 플로우 레이트 캘리브레이션을 실행하기 위해 프로세스 챔버 (111a-111d) 를 사용하는 것은 너무 긴 시간이 걸려서, 프로세스 챔버 (111a-111d) 의 정지 시간을 너무 많이 필요로한다. 또한, 볼륨 결정 및 온도 제어와 같은, 프로세스 챔버 (111a-111d) 의 특성이, 요구된 MFC (213a-213p) 성능 규격을 검증하기 위해 충분히 정확한 가스 플로우 레이트 측정을 요구하지 않는다.

[0034] 전술된 문제들을 해결하기 위해서, 본 발명은 툴 플랫폼 (100) 내에서 다수의 가스 박스 (109a-109d) 를 제공할 수 있는 가스 플로우 레이트 검증 장치를 제공한다. 도 3 은 본 발명의 일 실시형태에 따라, 툴 플랫폼 (100) 에 구현된 전용 가스 플로우 레이트 검증 장치 (300) 를 갖는 도 1a 의 툴 플랫폼 (100) 을 도시한다. 설명을 용이하게 하기 위해, 본 발명의 가스 플로우 레이트 검증 장치 (300) 는 본 상세한 설명의 나머지 부분에서 플로우 검증기 디바이스 (300) 로 칭해진다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 툴 플랫폼 (100) 에서 구현되어, 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 의 각 가스 박스 (109a-109d) 내에서 MFC (213a-213p) 캘리브레이션을 검증하기 위해 정확하고 반복가능한 가스 플로우 레이트 측정을 제공한다. 이하 상세하게 설명되는 바와 같이, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 각 프로세스 모듈 (103a-103d) 의 프로세스 챔버 (111a-111d) 와는 분리되어 있는 정확하게 공지된 챔버 볼륨, 압력 검출 디바이스, 및 온도 검출 디바이스를 포함한다.

[0035] 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 툴 시스템 (100) 에 중앙에 위치된다. 각 가스 박스 (109a-109d) 는 각 가스 박스 (109a-109d) 의 출력 매니폴드 (217) 로부터 플로우 검증기 디바이스 (300) 로 연장하는 단일 라인에 의해 플로우 검증기 디바이스 (300) 로 연결된다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 툴 시스템 (100) 에 장착된 임의의 프로세스 모듈 (103a-103d) 에 의해 이용될 수 있다. 그러나, 하나의 프로세스 모듈 (103a-103d) 만이 가스 플로우 레이트 측정을 실행하기 위해 임의의 주어진 시간에 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 이용해야만 한다.

[0036] 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 툴 플랫폼 (100) 에서의 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 구현예를 개략적으로 도시한다. 도 1b 와 도 2 에 대해 전술된 바와 같이, 툴 플랫폼 (100) 은 가스 박스 (109a-109d) 를 포함하고, 각 가스 박스 (109a-109d) 는 가스 스틱 (201a-201p) 의 개별적인 세트를 포함한다. 각 가스 스틱 (201a-201p) 은 가스 스틱 (201a-201p) 의 MFC (213a-213p) 세팅에 대응하는 제어된 플로우 레이트로, 입력된 가스/가스 혼합물을 받아서 그 가스/가스 혼합물을 출력 매니폴드 (217) 로 제공하는 기능을 한다. 도 2 에 대해 전술된 바와 같이, 각 가스 박스 (109a-109d) 의 출력 매니폴드 (217) 는 공통 프로세스 모듈 (103a-103d) 내의 프로세싱 챔버 (111a-111d) 로 배관된다. 출력 매니폴드 (217) 와 프로세싱 챔버 (111a-111d) 사이의 유체 소통은 분리 밸브 (219) 에 의해 제어될 수 있다.

[0037] 중앙에 있는 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 각 가스 박스 (109a-109d) 의 출력 매니폴드 (217) 에 배관된다. 일 실시형태에서, 단일 라인이, 각 출력 매니폴드 (217) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 사이에서 유체 소통을 달성하기 위해 사용된다. 분리 밸브 (401a-401d) 는 출력 매니폴드 (217) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 사이에서 연장하는 각 라인들내에서 각 출력 매니폴드 (217) 가 가까이 제공된다. 분리 밸브 (401a-401d) 는 프로세싱 챔버 (111a-111d) 의 동작중에 출력 매니폴드 (217) 를 분리하는 기능을 한다. 또한, 출력 매니폴드 (217) 가 가까이 분리 밸브 (401a-401d) 의 위치는, 프로세싱 챔버 (111a-111d) 의 동작 중에 출력 매니폴드 (217) 와 프로세싱 챔버 (111a-111d) 사이에 배관 볼륨을 제한하기 위해 제공된다. 일 실시형태에서, 가스 박스 (109a-109d) 로부터 플로우 검증기 디바이스 (300) 로 들어가는 각 라인은, 또한 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 입구 근처에 위치한 분리 밸브 (403a-403d) 를 포함한다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 근처의 분리 밸브 (403a-403d) 의 위치는, 플로우 검증기 디바이스 (300) 로 현재 액세스하지 않는 가스 박스 (109a-109d) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 사이에서 배관 볼륨을 제한하는 기능을 한다. 또한, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 비우고 퍼지 (pruge) 하기 위한 진공원을 제공하는 펌프 (405) 와 유체 소통하도록 연결된다.

- [0038] 상기 식 1 을 참조하면, 특정 MFC (213a-213d) 에 의해 제공되어질 가스 플로우 레이트를 결정하도록 사용된 볼륨은, 특정 MFC (213a-213p) 의 출력으로부터 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 통해 유체적으로 모두 연결된 배관 볼륨을 포함한다. 따라서, 각 가스 박스 (109a-109d) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 내부뿐만 아니라, 각 가스 박스 (109a-109d) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 사이에서 배관이 우수하게 정의되고 이해되어야 하는 점이 중요하다. 튜 플랫폼 (100) 내의 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 중앙 위치는, 가스 박스 (109a-109d) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 사이에서 공지된 튜 볼륨을 이용하면, 가스 플로우 레이트 측정을 실행하기 위해 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 이용할 때 정확한 볼륨 결정을 하도록 허용한다. 또한, 플로우 검증기 디바이스내부 (300) 뿐만 아니라, 각 가스 박스 (109a-109d) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 사이에서 배관은, 측정되어질 예상된 가스 플로우 레이트와, 원하는 가스 플로우 레이트 측정 타이밍 특성들을 적응시키도록 형성된다.
- [0039] 도 5 는 본 발명의 일 실시형태에 따라, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 개략도를 도시한다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 각 분리 밸브 (403a-403d) 의 출력이 연결되는 입력 매니폴드 (501) 를 포함한다. 입력 매니폴드 (501) 는 분리 밸브 (503) 와 입력 라인 (507) 을 통해 제 1 챔버 (511) 에 연결된다. 입력 매니폴드 (501) 는 또한 분리 밸브 (505) 와 입력 라인 (509) 을 통해 제 2 챔버 (513) 에 연결된다. 제 1 챔버 (511) 는 출력 라인 (515) 에 연결된다. 제 2 챔버 (513) 는 출력 라인 (517) 에 연결된다. 제 1 챔버 (511) 의 출력 라인 (515) 은, 배출 라인 (539) 에 차례로 연결되는 배출 밸브 (535) 에 연결된다. 유사하게, 제 2 챔버 (513) 의 출력 라인 (517) 은 배출 라인 (545) 에 차례로 연결되는 배출 밸브 (537) 에 연결된다. 배출 라인 (539, 545) 모두, 도 4 에 대해 전술된 바와 같이, 펌프 (405) 에 연결된다.
- [0040] 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 제 1 챔버 (511) 의 출력 라인 (515) 과 제 2 챔버 (513) 의 출력 라인 (517) 사이에 연결된 제 1 브릿지 라인 (519) 을 포함한다. 제 1 브릿지 라인 (519) 은 밸브 (521, 523) 에 의해 각각 출력 라인 (515, 517) 으로부터 분리된다. 제 1 압력 측정 디바이스 (525) 가 제 1 브릿지 라인 (519) 에 연결된다.
- [0041] 제 1 브릿지 라인 (519) 과 유사한 방식으로, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 제 1 챔버 (511) 의 출력 라인 (515) 과 제 2 챔버 (513) 의 출력 라인 (517) 사이에 연결된 제 2 브릿지 라인 (527) 을 포함한다. 제 2 브릿지 라인 (527) 은 밸브 (529, 531) 에 의해 각각 출력 라인 (515, 517) 으로부터 분리된다. 제 2 압력 측정 디바이스 (533) 가 제 2 브릿지 라인 (527) 에 연결된다.
- [0042] 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 또한, 각각의 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 에 높은 온도를 유지하기 위한 히터 (541) 를 포함하도록 정의된다. 또한, 하나 이상의 온도 측정 디바이스 (543) 는 각각의 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 각각의 내부 온도를 측정하기 위해 제공된다. 일 실시형태에서, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는, 플로우 검증기 디바이스 (300) 에서 각 밸브의 작동을 제어하고, 히터 (541) 를 제어하고, 온도 및 압력 측정 디바이스 (543, 525, 533) 로부터 데이터 획득을 위해 제공하도록 정의되는 제어 시스템 (547) 에 연결된다.
- [0043] 각각의 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 에 대한 내부가 각각 제 1 볼륨과 제 2 볼륨이다. 일 실시형태에서, 제 2 볼륨은 제 1 볼륨보다 적어도 10 배만큼 더 크도록 정의된다. 예를 들면, 일 실시형태에서, 작은 볼륨은 제 1 챔버 (511) 내에서 대략 1 리터로서 정의되고, 큰 볼륨은 제 2 챔버 (513) 내에서 대략 10 리터로서 정의된다. 다른 실시형태에서 제 2 볼륨대 제 1 볼륨의 비가 10 미만 또는 10 초과일 수 있다. 그러나, 제 2 볼륨대 제 1 볼륨의 비는, 가스 플로우 레이트가, 가스 플로우 레이트의 예상된 동작 범위에 대해, 그리고, 가스 플로우 레이트 측정을 위해 정해진 시간 제약내에서 정확하게 측정될 수 있도록 성립된다.
- [0044] 일 실시형태에서, 제 2 압력 측정 디바이스 (533) 는 제 1 압력 측정 디바이스 (525) 에 의해 측정가능 최대 압력보다 적어도 100 배 큰 압력을 측정하도록 정의된다. 일 실시형태에서, 제 1 압력 측정 디바이스 (525) 와 제 2 압력 측정 디바이스 (533) 는 제 1 압력계와 제 2 압력계로서 실현되고, 제 1 압력계는 1 torr 까지 압력을 측정할 수 있고, 제 2 압력계는 100 torr 까지 압력을 측정할 수 있다. 다른 실시형태에서, 제 2 압력 측정 디바이스 (533) 에 의해 측정가능한 최대 압력은 제 1 압력 측정 디바이스 (525) 에 의해 측정가능한 최대 압력보다 100 배 정도 더 클 수 있다. 그러나, 제 1 압력 측정 디바이스 (525) 와 제 2 압력 측정 디바이스 (533) 의 최대 측정가능 압력은, 가스 플로우 레이트가, 가스 플로우 레이트의 예상된 동작 범위에 대해, 그리고, 가스 플로우 레이트 측정을 위해 정해진 시간 제약내에서 정확하게 측정될 수 있도록 성립된다.
- [0045] 다른 실시형태에서, 2 개 이상의 브릿지 라인이, 제 1 챔버 (511) 의 출력 라인 (515) 과 제 2 챔버 (513) 의 출력 라인 (517) 사이에 연결될 수 있고, 각 브릿지 라인은 각각의 압력 측정 디바이스를 포함한다. 다수의

브릿지 라인들이 실현되는 실시형태에서, 브릿지 라인과 관련된 압력 측정 디바이스는 전체적인 압력 범위와 민감도에 의해 보다 정교한 압력 측정 능력을 제공하도록 정의될 수 있다.

[0046] 일 실시형태에서, 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 는 단단한 알루미늄 블록으로 만들어진다. 본 실시형태에서 알루미늄의 사용은 가열되었을 때 챔버내의 양호한 열적 균일성을 위해 제공한다. 일 실시형태에서, 각 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 는 각각의 커버와 O-링에 의해 시일 (seal) 되도록 정의된다. 제거 가능한 커버를 사용하는 것은, 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 를 보다 용이하게 이용되고 세정되도록 허용한다. 또한, 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 로의 배관 침투는 용접에 대비해 O-링의 사용으로 시일될 수 있다. O-링 시일을 사용하여 유도된 누설 레이트가 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 이용하여 실행된 가스 플로우 레이트 측정시 고려될 수 있다. 다른 실시형태에서, 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 는 스테인레스 스틸과 같은, 알루미늄 이외의 재료로 만들어질 수 있다. 또한, 다른 실시형태에서, O-링 이외의 밀폐 메커니즘을 이용할 수 있다.

[0047] 2 개의 챔버 (511, 513) 와 2 개의 압력 측정 디바이스 (525, 533) 는, 예를 들어 0.5 sccm (standard cubic centimeter(s) per minute) 내지 5000 sccm 의 넓은 범위의 플로우 레이트에 대해서 정확하고 반복적으로 가스 플로우 레이트를 측정할 수 있는 능력을 갖는 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 제공한다. 보다 상세하게는, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는, 제 1 챔버 (511) 인 제 1 볼륨, 제 2 챔버 (513) 인 제 2 볼륨 중 어느 하나, 또는 제 1 볼륨과 제 2 볼륨 모두를, 가스 플로우 레이트 측정이 실행되는 테스트 볼륨으로서 선택하기 위해 제공한다. 또한, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 가스 플로우 레이트 측정을 실행하는데 사용하는 제 1 압력 측정 디바이스 (525) 또는 제 2 압력 측정 디바이스 (533) 중 어느 하나를 선택하기 위해 제공한다. 측정 중에 사용되어질 압력 측정 디바이스의 선택 및 테스트 볼륨의 선택이, 플로우 검증기 디바이스 (300) 에서 구현된 다양한 분리 밸브 (503, 505, 521, 523, 529, 531) 에 의해 제공된다.

[0048] 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 형성가능한 특징의 관점에서, 가스 플로우 레이트 측정의 정확한 레졸루션은 테스트 볼륨과 압력 측정 디바이스의 정확한 선택에 기초된다. 주어진 가스 플로우 레이트 측정에서 사용하기 위해 적당한 테스트 볼륨 및 압력 측정 디바이스의 선택은, 테스트 볼륨에서 예측된 압력 상승 레이트와, 측정되어질 예상 가스 플로우 레이트에 기초한다. 일 실시형태에서 4 개의 가스 플로우 레이트 범위는 0.5 sccm 내지 5 sccm, 5 sccm 내지 50 sccm, 50 sccm 내지 500 sccm, 및 500 sccm 내지 5000 sccm 이고, 적당한 테스트 볼륨 및 압력 측정 디바이스를 선택할 수 있도록 정의된다. 이들 4 개의 가스 플로우 레이트 각각의 경계값은 ±10% 내에 근접한다. 또한, 측정되어질 예상 가스 플로우 레이트가 임의의 2 개의 가스 플로우 레이트 중복 범위 내에 있는 경우, 2 개의 가스 플로우 레이트의 중복 범위 중 하나의 범위는 테스트 볼륨 및 압력 측정 디바이스를 선택하도록 사용될 수 있다. 이하, 표 1 은 본 발명의 일 실시형태에 따라, 예상된 가스 플로우 레이트 범위에 기초하여 선택되어질 테스트 볼륨 및 압력 측정 디바이스를 보여준다. 표 1 에 대해, 테스트 볼륨에 대한 용어 "작음" 및 "큼" 은 각각, 제 1 챔버 (511) 및 제 2 챔버 (513) 를 나타낸다. 또한, 표 1 에 대해, 압력 측정 디바이스에 대한 용어 "작음" 및 "큼" 은 각각, 제 1 압력 측정 디바이스 (525) 및 제 2 압력 측정 디바이스 (533) 를 나타낸다.

[0049] 표 1. 테스트 볼륨 및 압력 측정 디바이스의 선택

[0050]

예상된 가스 플로우 레이트 범위	테스트 볼륨	압력 측정 디바이스
0.5 sccm 내지 5 sccm	작음	작음
5 sccm 내지 50 sccm	큼	작음
50 sccm 내지 500 sccm	작음	큼
500 sccm 내지 5000 sccm	큼	큼

[0051] 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 이용하는 가스 플로우 레이트 측정 중에, 타이머와 선택된 압력 측정 디바이스를 테스트 볼륨내의 압력 상승 레이트를 측정하도록 사용한다. 또한, 테스트 볼륨내의 온도를 측정한다. 그 후, 상기 표현된 식 1 을 이용하여, 측정된 가스 플로우 레이트를 결정한다. 식 1 에 사용되어질 볼륨은 검증되어질 MFC 출력으로부터 다운스트림에서 유체 소통되는 전체 볼륨으로서 정의된다. 일단 가스 플로우 레이트가 식 1 을 이용하여 결정되고, 보정된 가스 플로우 레이트가, 측정된 가스 플로우 레이트로부터, 누설 레이트가 있다면, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 측정된 누설 레이트를 차감하여 결정될 수 있다.

[0052] 일 실시형태에서, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 테스트 볼륨으로부터 가스 누설 때문에 비워져 있는 챔버 내부의 압력 상승 레이트를 측정하여, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 누설 레이트를 결정할 수 있다. 그

후, 상기 식 1 을 사용하여, 측정된 누설 레이트를 결정한다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 누설 레이트를 결정할 때 식 1 에서 사용되어질 볼륨은, 비워져 있는 챔버의 볼륨으로서 정의되고, 가스는 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 테스트 볼륨으로부터 챔버 내부로 누설된다.

[0053] 플로우 검증기 디바이스 (300) 에 의해 측정된 가스 플로우 레이트는, MFC 가 그 특정화된 가스 플로우 레이트 공차내에서 동작하는 지를 결정하도록 테스트되는 MFC 에 대한 캘리브레이션 커브상에서 대응하는 가스 셋포인트와 비교될 수 있다. MFC 가 그 특정화된 공차내에서 동작하는 않는 경우, 적당한 등가 플로우 레이트 조정 팩터가 적용 가능한지, 즉, 오프셋 팩터를 사용할 것인지, 또는 MFC 가 교체될 필요가 있는지를 결정하도록 평가가 실행될 수 있다.

[0054] 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 동작 중에, 히터 (541) 는 제 1 챔버 (511) 와 제 2 챔버 (513) 내에서 상승된 (즉, 주변 온도 이상) 균일한 온도를 유지하도록 사용된다. 상승된 온도는 더 낮은 온도에서 압축하는 가스의 플로우 레이트 측정을 가능하게 한다. MFC 출구로부터 다운스트림에서 가스의 압축은, 압축된 가스가 차지하는 볼륨이 상기 식 1 의 자유 볼륨 파라미터에서 고려되지 않기 때문에, 가스 플로우 레이트 측정에서 오차를 유도할 수 있다. 또한, 압축된 가스는 가스 측정 디바이스 (525, 533) 를 사용하여 실행된 압력 측정에 광범위하게 영향을 미칠 수 있다. 또한, 각각의 제 1 챔버 (511) 및 제 2 챔버 (513) 로의 가스 인렛은 가스 흐름을 느리게 하도록 설계되고, 가스 인렛의 가열된 벽과, 가스 흐름 사이의 넓은 면적의 접점을 제공하도록 설계될 수 있다. 따라서, 가스 인렛은, 가스를 테스트 볼륨으로 배출 (vent) 하자마자 응결하는 것을 막기 위해, 테스트 볼륨으로 들어가기 전에 가스를 예열하도록 설계될 수 있다.

[0055] 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 형성가능한 테스트 구성이, 가스 플로우 레이트 측정중에 차동적인 큰 압력의 사용을 위해, 특히, 표 1 에서 확인된 바와 같이 각각의 가스 플로우 레이트 범위의 더 낮은 종단에서 제공된다. 또한, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 형성가능한 테스트 구성은 가스 플로우 레이트 측정을 실행하도록 요구된 시간만큼, 특히, 표 1 에서 확인된 바와 같이 각각의 가스 플로우 레이트 범위의 더 높은 종단에서 최소화된다. 일 실시형태에서, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는, 선택된 압력 측정 디바이스의 압력 범위 중 적어도 40% 를 이용하면서, 약 5 초에서 약 60 초까지 연장되는 기간 내에서 표 1 에서 확인된 바와 같이 각 가스 플로우 레이트 범위에 대해 정확한 가스 플로우 레이트 측정이 실행되도록 할 수 있다.

[0056] 전술된 바와 같이, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 제어 시스템 (547) 에 연결될 수 있다. 디지털과 아날로그 제어 디바이스의 조합을 이용하여, 제어 시스템 (547) 은 사용자 특정화된 입력에 따라 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 동작을 제어하는 기능을 한다. 또한, 제어 시스템 (547) 은, 데이터, 예를 들면, 분석을 위한 플로우 검증기 디바이스 (300) 와 관련된 압력, 온도, 밸브 상태, 및 사용자로의 표시를 획득하도록 기능한다. 일 실시형태에서, 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 제어하기 위한 GUI (Graphical User Interface) 가 툴 플랫폼 (100) 과 관련된 컴퓨터 시스템의 디스플레이 상에서 표현된다. GUI 는 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 형성하기 위한 다수의 옵션을 가지고 사용자에게 보여지도록 정의된다. 일 실시형태에서, GUI 는 실행되어질 특정 가스 플로우 레이트 캘리브레이션 테스트에 기초된 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 자동화된 구성을 위한 옵션을 제공할 수 있다. 예를 들어, GUI 에 의해 제공된 사용자 인터페이스를 통해, 사용자는, 특정 프로세스 모듈의 가스 박스내에서 하나 이상의 가스 스틱들에 대해 다중점 가스 캘리브레이션을 실행하는 것을 상세화할 수 있다. 또한, 사용자는, 각 가스 스틱에 대해 테스트되어지도록 최대 및 최소 플로우 레이트를 상세화하기 위한 옵션을 제공할 수 있다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 또는 그 오퍼레이션 중 어느 하나와 관련된 임의의 다른 형성 가능한 파라미터들을 GUI 에서 사용자 형성가능한 아이템으로 표현할 수 있다.

[0057] 툴 플랫폼 (100) 과 관련된 컴퓨터 시스템은 또한, 플로우 검증기 디바이스 (300) 에 의해 실행된 각 가스 플로우 레이트 측정과 관련된 수학적 계산을 실행하도록 사용될 수 있다. 예를 들면, 컴퓨터 시스템은 가스 플로우 레이트를 계산하고, 누설 레이트를 계산하고, 보정된 가스 플로우 레이트를 계산하고, 보정된 가스 플로우 레이트와 MFC 캘리브레이션 기록을 비교하기 위해, 플로우 검증기 디바이스 (300) 로부터 취득된 데이터를 사용하도록 정의될 수 있다. 또한, 컴퓨터 시스템은 압력, 온도, 및 특정 가스 특성에 대한 함수로서, 비이상적인 가스 거동과 같은 다른 효과들에 대한 가스 플로우 레이트 측정을 보정하도록 정의될 수 있다. 컴퓨터 시스템과 GUI 는 가스 플로우 레이트 캘리브레이션 결과를 취득하기 위해 사용될 수 있다. 취득된 가스 플로우 레이트 캘리브레이션 결과는 시간 의존적 경향 또는 프로세스 모듈 의존적 경향인지를 식별하도록 분석될 수 있다.

[0058] 도 6 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 동작시키는 방법에 대한 흐름도를 도

시한다. 이 방법은 측정될 타겟 가스 플로우 레이트 범위를 식별하기 위한 동작 601 을 포함한다. 그 후, 동작 603 이 가스 플로우 레이트를 측정하기 위한 테스트 볼륨으로서 사용하기 위한 작은 볼륨 또는 큰 볼륨 중 어느 하나를 선택하도록 실행된다. 또한, 동작 605 이 가스 플로우 레이트 측정 중에 사용하기 위한 더 낮은 압력 측정 디바이스 또는 더 높은 압력 측정 디바이스 중 어느 하나를 선택하도록 실행된다. 동작 603 및 동작 605 에서 테스트 볼륨 및 압력 측정 디바이스의 선택은 측정되어질 타겟 가스 플로우 레이트 범위에 기초한다. 일 실시형태에서, 전술된 바와 같이 표 1 에서 설명된 가이드라인이 테스트중에 사용하기 위해 테스트 볼륨 및 압력 측정 디바이스를 선택하도록 사용될 수 있다.

[0059] 또한, 이 방법은 테스트 볼륨을 비우기 위한 동작 607 을 포함한다. 다음 동작 609 에서, 테스트 볼륨은 측정되어질 가스 플로우 레이트로 노출된다. 동작 611 은 테스트 볼륨내의 압력 상승 레이트를 측정하도록 실행된다. 일 실시형태에서, 동작 611 에서 압력 상승 레이트 측정은 약 5 초에서 약 60 초까지의 기간 중에 실행된다. 또한, 동작 613 은 테스트 볼륨내의 온도를 측정하도록 실행된다. 일 실시형태에서, 테스트 볼륨과 주위 구조내의 온도가, 테스트 볼륨이 가스로 노출되는, 가스의 압축 온도보다 더 높도록 유지된다. 동작 611 및 동작 613 의 완료시, 동작 615 이, 식 1 에 관해 전술된 바와 같이, 테스트 볼륨내의 측정된 압력 상승 레이트와 온도를 이용하여 테스트 볼륨으로의 가스 플로우 레이트를 결정하도록 제공된다.

[0060] 일 실시형태에서, 이 방법은 또한, 측정되어질 가스 플로우 레이트로부터 테스트 볼륨을 격리하고, 테스트 볼륨과 관련된 가스 누설 레이트를 측정하기 위한 동작을 포함한다. 그 후, 동작 615 에서 결정된 가스 플로우 레이트가 측정된 가스 누설 레이트를 설명하도록 보정될 수 있다.

[0061] 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 2 개의 볼륨 (511, 513) 이 정확하게 알려져 있기 때문에, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 각각의 압력 측정 디바이스 (525, 533) 의 캘리브레이션 셀프 체크를 실행하도록 사용될 수 있다. 예를 들면, 더 큰 볼륨 (513) 은 작은 볼륨 (511) 이 비워지는 동안, 주지의 압력으로 가압될 수 있다. 그 후, 작은 볼륨과 큰 볼륨 사이의 분리는, 큰 볼륨과 작은 볼륨 사이의 압력이 서로 균형을 이루도록 개방될 수 있다. 이 프로세스에서, 압력 측정 디바이스 (525, 533) 가 충분히 캘리브레이팅되었는지를 결정하기 위해, 압력 측정 디바이스 (525, 533) 는 서로 크로스체크하도록 사용될 수 있다.

[0062] 또한, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 볼륨 (511, 513) 이, 가스 박스 (109a-109d) 와 플로우 검증기 디바이스 (300) 사이의 외부 상호 접속 튜브 볼륨에 비해 크기 때문에, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 외부 상호 접속 튜브 볼륨을 검증하도록 사용될 수 있다. 예를 들면, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 볼륨 (511, 513) 중 어느 하나, 또는 양측 모두는, 외부 볼륨이 비워지는 동안, 주지된 압력으로 가압될 수 있다. 그 후, 가압된 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 볼륨과 외부 볼륨 사이의 격리는, 압력이 균형을 이루도록 개방될 수 있다. 가압된 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 볼륨이 주지되고, 초기 및 최종 압력이 주지되어 있기 때문에, 외부 볼륨을 결정할 수 있는데, 즉, $P_1V_1=P_2V_2$ 이다.

[0063] 2 개의 챔버 볼륨과 2 개의 압력 측정 디바이스를 사용하는 것은, 정확하고 반복적으로, 매우 큰 가스 플로우 레이트 범위, 예를 들어 0.5 sccm 내지 5000 sccm 의 가스 플로우 레이트를 검증하기 위한 능력을 플로우 검증기 디바이스 (300) 에 제공한다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 2 개의 챔버 볼륨은, 전체적인 가스 플로우 레이트를 통해 각 가스 플로우 레이트 캘리브레이션 포인트가 약 5 초에서 약 60 초까지의 기간 내에서 측정될 수 있도록 정해진다. 또한, 툴 플랫폼 (100) 에서 공유된 디바이스로서, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 크기 민감형이 아니다. 따라서, 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 크기 제약에 대해 고려하지 않고, 가스 플로우 레이트 측정 유연성을 최대화하기 위해 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 설계하는 것은 전체 가스 플로우 레이트 범위를 통해 가스 플로우 레이트를 측정하는데 적당한 단일 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 허용한다. 또한, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 세정가능하고 퍼지가능 (purgeable) 하도록 설계된다. 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 세정성은, 독성, 부식성, 또는 압축가능 가스들의 플로우 레이트를 측정할 때 특히 유용하다.

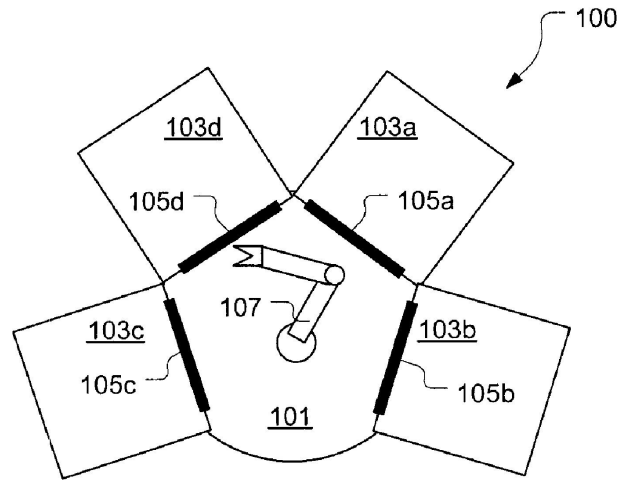
[0064] 플로우 검증기 디바이스 (300) 의 전술된 특징들에 추가하여, 플로우 검증기 디바이스 (300) 는 MFC 과도 플로우 효과를 특성화하도록 압력 응답들을 측정할 수 있다. 보다 상세하게는, 주어진 가스 플로우에 대해, 압력 측정 디바이스 및 테스트 볼륨이, MFC 의 가스 플로우 셋포인트에 대해 과도 MFC 턴온 오버슈트 (overshoot) 및 언더슈트 (undershoot) 에 대한 정보를 제공하는 방식으로 선택될 수 있다. 또한, 주어진 볼륨에서 과도 효과가 압력 변화를 통해 모니터링되는 동안, 가스는 퍼지 모드에서 플로우 검증기 디바이스 (300) 를 통해 움직일 수 있다. 압력 변화는 MFC 에서 차이점들을 식별하기 위한 매스 플로우에 대해 서로 관련될 수 있다. 이러한 형태의 과도 정보는, 정지 상태의 플로우 제어와 과도 플로우 제어 모두에 대한 지식을 요구하는, 최

근의 반도체 테크놀로지 프로세스 제어에 있어 매우 중요해지고 있다.

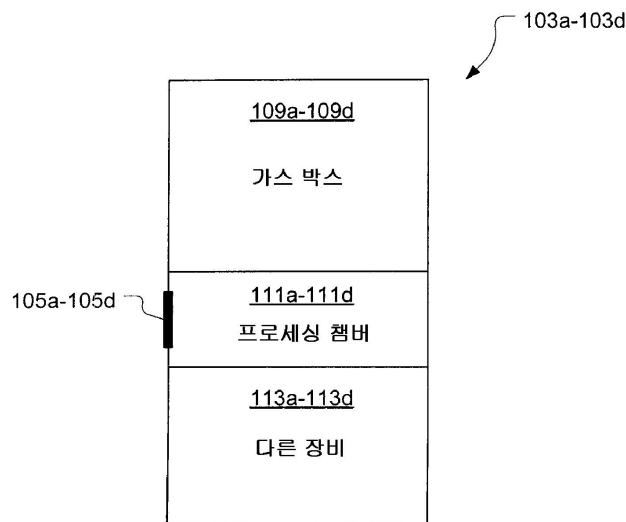
[0065] 본 발명이 몇몇의 실시형태를 통해 설명되었지만, 상기 명세서를 읽고 도면들을 본 당업자는 다양한 변경, 추가, 치환 및 그 균등물을 실현할 것이다. 그러므로, 본 발명은 본 발명의 진정한 사상과 범위 내에 있는 모든 변경, 추가, 치환 및 균등물을 포함하는 것으로 해석된다.

도면

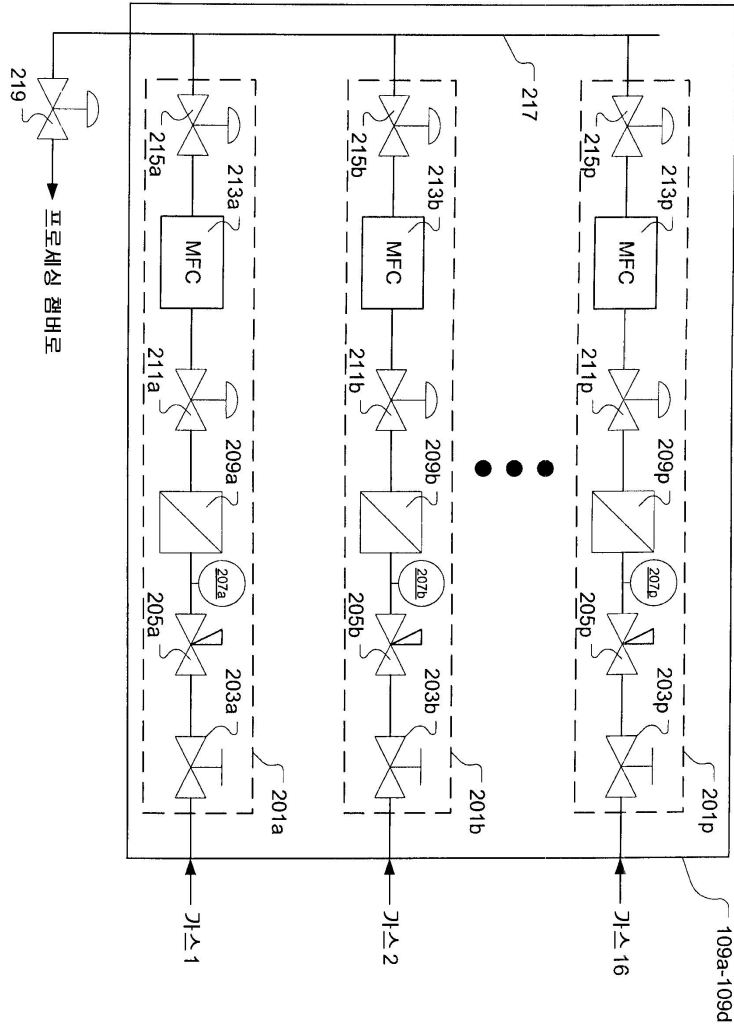
도면1a



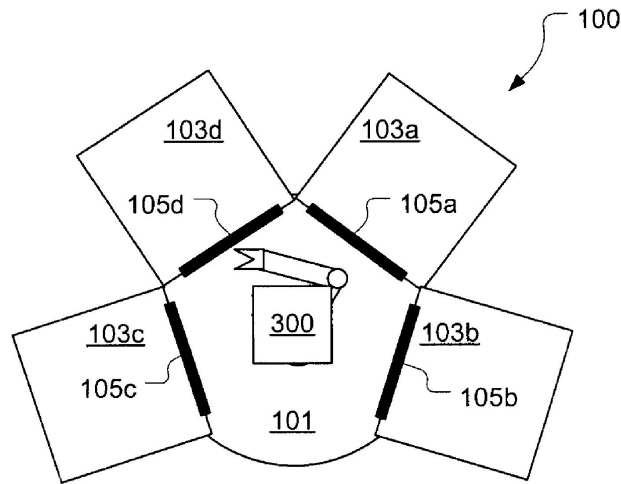
도면1b



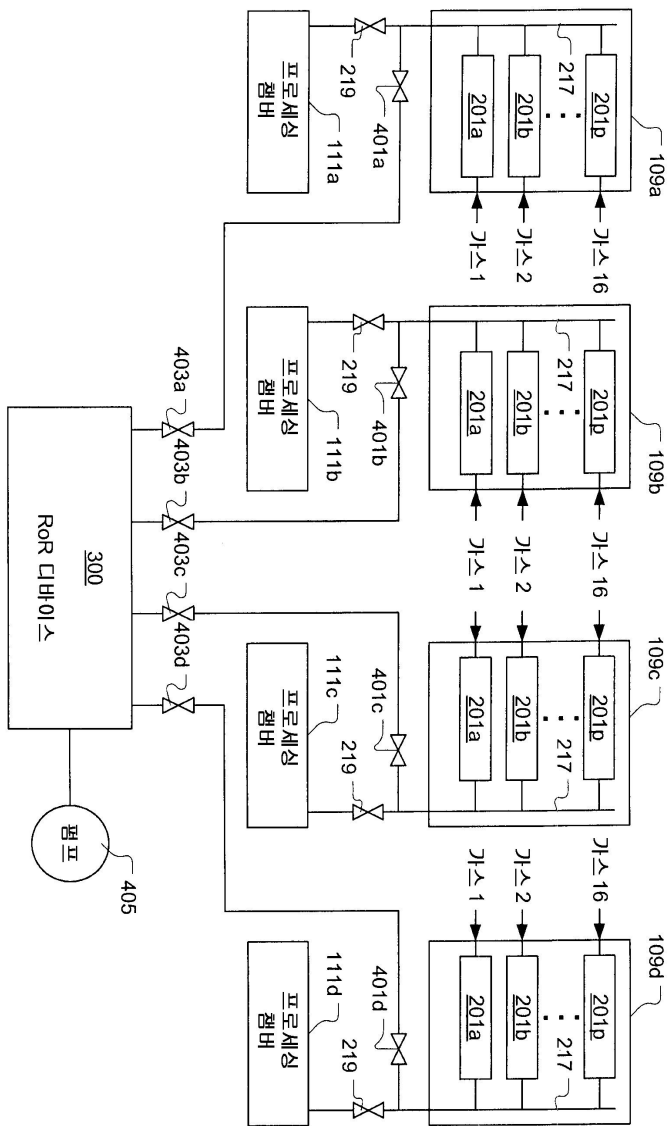
도면2



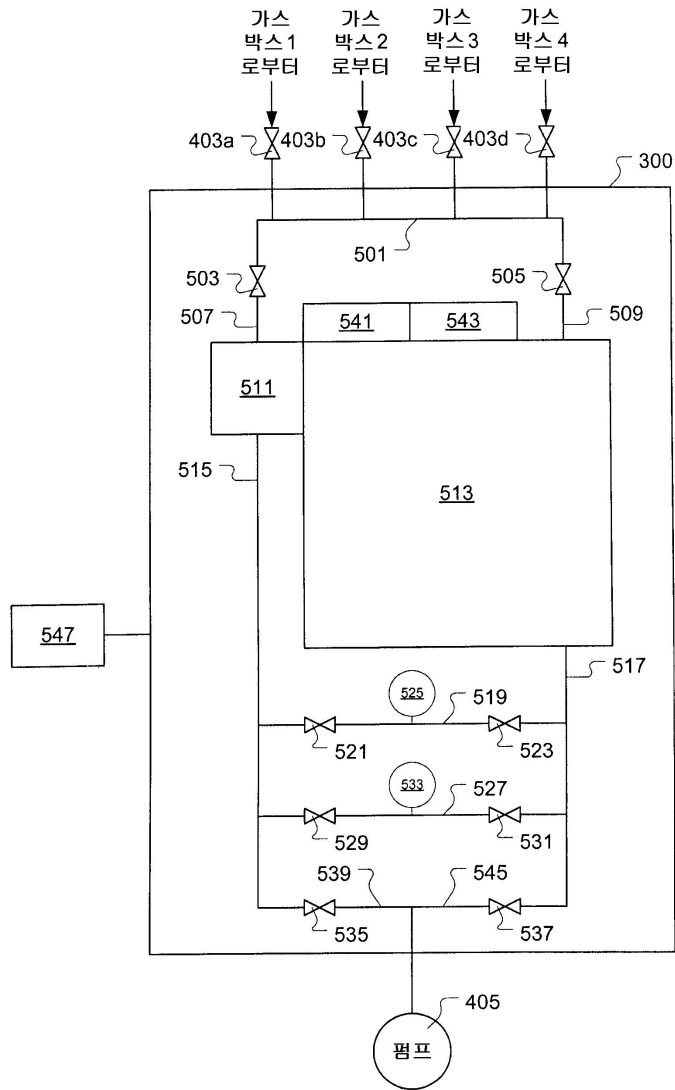
도면3



도면4



도면5



도면6

