



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0015374  
(43) 공개일자 2008년02월19일

(51) Int. Cl.

G01F 1/42 (2006.01) G01F 1/00 (2006.01)  
G01F 25/00 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0081657

(22) 출원일자 2007년08월14일

심사청구일자 2007년08월14일

(30) 우선권주장

11/833,623 2007년08월03일 미국(US)

60/822,345 2006년08월14일 미국(US)

(71) 출원인

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 별명자

르, 제레드 아메드

미국 95051 캘리포니아 산타클라라 버킹햄 드라이브 #32 121

골드, 에즈라 로버트

미국 94086 캘리포니아 써니베일 엘름 코트 #1805 180

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남상선

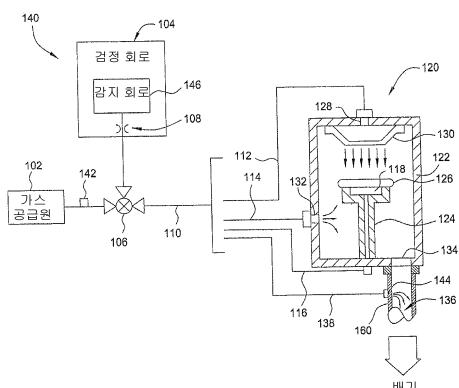
전체 청구항 수 : 총 20 항

## (54) 가스 유동 측정을 위한 기기 및 방법

## (57) 요약

가스 유동을 측정하기 위한 방법 및 기기가 제공된다. 일 실시예에서, 가스 제어를 위한 검정 회로가 이면 냉각, 처리 가스 전달, 세정 가스 전달, 세정 인자 전달, 캐리어 가스 전달 및 개선 가스 전달을 위해 사용되는 가스 유동을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

종, 춘례이

미국 95051 캘리포니아 산타클라라 #350 플로라 비  
스타 애브뉴3612

크루즈, 제임스 파트릭

미국 95010 캘리포니아 카피토라 피.오. 박스 100

포벨, 리차드 찰스

미국 95124 캘리포니아 샌어제이 알몬드 블썸 레인  
1691

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

처리 챔버를 갖는 처리 시스템 내의 가스 유동을 측정하는 기기로서,

가스 공급원;

입구부, 제 1 출구부 및 제 2 출구부를 갖는 전환 밸브(diverter valve)로서, 상기 제 2 출구부는 상기 처리 챔버에 연결된, 전환 밸브;

상기 가스 공급원과 상기 전환 밸브의 상기 입구부 사이에 유체 연결된 조절 장치(regulating device);

상기 전환 밸브의 상기 제 1 출구부에 유체 연결된 오리피스(orifice)로서, 상기 오리피스는 상기 처리 챔버와 실질적으로 같은 유동 저항을 갖는, 오리피스; 및

상기 오리피스를 통하는 유동을 수용하도록 이루어진 감지 회로(sensing circuit)를 포함하는,

가스 유동 측정 기기.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 조절 장치는, 증기 전달 모듈(vapor delivery module), 유동 분배기(flow divider), 압력 제어기(pressure controller), 조절기(regulator), 또는 질량 유동 제어기(mass flow controller) 중 어느 하나 이상을 더 포함하는,

가스 유동 측정 기기.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 감지 회로는,

검정된 체적(calibrated volume)을 갖는 탱크를 더 포함하는,

가스 유동 측정 기기.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 감지 회로는,

상기 검정된 체적 내에 위치한 진동 부재를 더 포함하는,

가스 유동 측정 기기.

### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 감지 회로는,

상기 검정된 체적 내에 위치한 가스의 전기적 또는 자기적 특징 중 하나 이상을 디텍팅하도록 이루어진 센서를 더 포함하는,

가스 유동 측정 기기.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 감지 회로는,

캔틸레버(cantilever)에 의해 지지된 탱크를 더 포함하는,  
가스 유동 측정 기기.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,  
상기 감지 회로는,  
가스 유동을 수용하기 위한 검정된 체적; 및

상기 검정된 체적 내의 가스의 특성(property) 및/또는 속성(attribute) 중 하나 이상을 측정하도록 배열된 센서로서, 이를 통해 상기 감지 회로에 진입하는 가스의 유동률 및/또는 압력이 결정될 수 있는, 센서를 더 포함하는,

가스 유동 측정 기기.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,  
상기 감지 회로는,  
가스 유동을 수용하기 위한 검정되지 않은 체적(non-calibrated volume); 및

상기 검정되지 않은 체적 내의 가스의 특성 및/또는 속성 중 어느 하나 이상의 변화를 측정하도록 배열된 센서로서, 이를 통해 상기 감지 회로에 진입하는 가스의 유동률 및/또는 압력이 결정될 수 있는 센서를 더 포함하는,

가스 유동 측정 기기.

#### 청구항 9

반도체 처리 시스템 내의 가스 유동을 측정하는 방법으로서,  
유동 제어 장치로서 가스 유동을 설정하는 단계;  
처리 챔버와 실질적으로 동일한 유동 저항을 갖는 오리피스를 통해 상기 유동 제어 장치로부터의 가스를 감지 회로로 유동시키는 단계; 및  
상기 감지 회로를 사용하여 결정된 유동을 상기 유동 제어 장치의 상기 설정과 비교하는 단계를 포함하는,  
가스 유동 측정 방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,  
상기 가스 유동 측정 방법은,  
종결 포인트(endpoint)에 도달할 때까지, 상기 감지 회로 내에 존재하는 가스의 특징을 샘플링하는 단계를 더 포함하는,  
가스 유동 측정 방법.

#### 청구항 11

제 10 항에 있어서,  
상기 샘플링하는 단계는,  
신뢰 한계(confidence limit)에 이를 때까지 샘플링하는 단계를 더 포함하는,  
가스 유동 측정 방법.

**청구항 12**

제 10 항에 있어서,

상기 샘플링하는 단계는,

데이터가 미리 정해진 범위 내에 수렴할 때까지 샘플링하는 단계를 더 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

**청구항 13**

제 10 항에 있어서,

상기 샘플링하는 단계는,

약 5millisecond 이하의 빈도율(frequency rate)로 샘플링하는 단계를 더 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

**청구항 14**

제 9 항에 있어서,

상기 가스 유동 측정 방법은,

상기 감지 회로 내의 검정된 체적 내에 가스를 유동시키는 단계;

상기 검정된 체적 내의 가스의 특성 및/또는 속성 중 하나 이상을 감지하는 단계; 및

상기 감지된 특성 및/또는 속성으로부터 상기 감지 회로에 진입하는 가스의 유동률 및/또는 압력을 결정하는 단계를 더 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

**청구항 15**

제 9 항에 있어서,

상기 가스 유동 측정 방법은,

상기 감지 회로 내의 검정되지 않은 체적 내에 가스를 유동시키는 단계;

상기 검정되지 않은 체적 내의 가스의 특성 및/또는 속성 중 하나 이상을 감지하는 단계; 및

상기 감지된 특성 및/또는 속성으로부터 상기 감지 회로에 진입하는 가스의 유동률 및/또는 압력을 결정하는 단계를 더 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

상기 감지 회로에 진입하는 가스의 유동률 및/또는 압력을 결정하는 상기 단계는, 상기 감지 회로 상류의 알려진 체적을 사용하지 않고 결정되는,

가스 유동 측정 방법.

**청구항 17**

반도체 처리 시스템 내의 가스 유동을 측정하는 방법으로서,

처리 챔버 및 감지 회로에 연결된 가스 공급원을 갖는 처리 시스템을 제공하는 단계로서, 상기 감지 회로는 상기 처리 챔버와 실질적으로 동일한 유동 저항을 갖는, 처리 시스템 제공 단계;

상기 가스 공급원으로부터 타겟 비율(target rate)로서 처리 가스의 유동을 제어하도록 유동 제어 장치를 설정

하는 단계로서, 상기 타겟 비율은 상기 처리 챔버 내의 기관 처리를 위해 선택된 미리 정해진 비율이며, 상기 유동 제어 장치를 진출하는 유동은 실제 비율(actual rate)로서 유동하는, 유동 제어 장치 설정 단계;

상기 처리 챔버를 바이패싱하면서, 상기 처리 가스를 상기 실제 비율로서 상기 감지 회로 내에 유동시키는 단계;

상기 실제 유동 비율을 지시하는 계측을 감지하는 단계;

상기 실제 비율과 상기 타겟 비율 사이의 차이를 정정하도록, 상기 유동 제어 장치의 설정을 조절하는 단계; 및 상기 유동 제어 장치로부터의 상기 처리 가스를 상기 처리 챔버 내로 유동시키고, 그 안에서 기관을 처리하는 단계를 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 감지하는 단계는,

검정된 체적 내에 상기 처리 가스를 유동시키는 단계; 및

상기 검정된 체적 내에서 상기 처리 가스의 특성 및/또는 속성 중 하나 이상을 측정하는 단계로서, 이로부터 상기 삼지 회로에 진입하는 상기 처리 가스의 유동률 및/또는 압력이 결정될 수 있는, 측정 단계를 더 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

### 청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 감지하는 단계는,

검정되지 않은 체적 내에 상기 처리 가스를 유동시키는 단계; 및

상기 검정되지 않은 체적 내에서 상기 처리 가스의 특성 및/또는 속성 중 하나 이상의 변화를 측정하는 단계로서, 이로부터 상기 삼지 회로에 진입하는 상기 처리 가스의 유동률 및/또는 압력이 결정될 수 있는, 측정 단계를 더 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

### 청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 감지하는 단계는,

종결 포인트에 이르거나, 신뢰 한계에 이르거나, 또는 데이터가 미리 정해진 범위 내에 수렴하는 경우 중 어느 하나 이상에 이를 때까지, 상기 감지 회로 내에 존재하는 가스의 특징을 샘플링하는 단계를 더 포함하는,

가스 유동 측정 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

<1>

본 발명은, 일반적으로 가스 유동 측정을 위한 기기 및 방법에 관한 것이다. 보다 특정적으로, 본 발명의 실시 예들은 반도체 처리 챔버 및 관련 유트리티에 제공되는 가스 유동을 측정하는 기기 및 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

- <2> 가스 유동의 정확한 제어는 대부분의 마이크로 전자장치 제조 처리에서 중요한 처리이다. 기관과 반도체 처리 챔버 내의 기관 지지부 사이에 가스를 제공하는 것은, 기관과 기관 지지부 사이에 열 전달을 증진시키는 공지된 방법이며, 이는 기관 온도 제어 및 균등성의 정확도를 증진시킨다. 추가로, 처리 챔버 내의 처리 가스의 정확한 제어는, 바람직한 처리 결과를 위해서, 특히 필름 두께 감소 및 정확한 치수를 위해서 필요하다. 더욱이, 가스는 기관 처리의 환경적 영향을 감소시키도록 처리 챔버 유출 스트림에 더해질 수 있다. 유출 스트림에 더해지는 가스의 양호한 제어는, 비용 절감 및 적정한 개선을 위해 필요하다.
- <3> 반도체 처리 시스템에 사용되는 종래 가스 전달 시스템은, 주된 유동 조절 장치로서 질량 가스 유량계(MFC; mass gas flow meter)를 포함한다. 그러나 MFC 정확성은 실제 가스 유동의 불특정성에 따른 다수의 인자들에 영향을 받을 수 있다. 예를 들어, MFC의 정확성은 온도, 라인 압력 및 체적의 변화에 따라 달라질 수 있다. MFC 부정확성으로 인한 가스 유동 설정 포인트의 일탈은 처리 결함, 불량한 방출 제어, 및 효과적이지 못한 값비싼 가스의 낭비를 야기할 수 있다.
- <4> 종래 압력 제어 시스템이 비교적 신뢰성 있는 것으로 증명되었으나, 당업자의 현장 경험은 보다 정교한 유동 측정을 요구하고 있다. 예를 들어, 이면 기관 냉각 장치에 사용되는 불량한 가스 유동 제어는 불량한 기관 온도 제어를 야기할 수 있으며, 이에 따라 불량한 필름 증착 또는 에칭이 야기되고, 이는 차세대 회로 디자인을 어렵게 할 수 있다.
- <5> 따라서, 가스 유동 측정을 위한 증진된 기기 및 방법이 필요하며, 이는 반도체 처리 시스템의 가스 전달을 보다 신뢰성 있고 정확하게 수행되도록 할 것이다.

## 발명의 내용

- <6> 가스 유동 측정을 위한 기기 및 방법이 제공된다. 일 실시예에서, 가스 유동 측정을 위한 검정 회로(calibration circuit)는 다른 무엇보다 이면 냉각(backside cooling), 처리 가스 전달, 세정 가스 전달(purge gas delivery), 세정 인자 전달(cleaning agent delivery), 캐리어 가스 전달(carrier gas delivery) 및 개선 가스 전달(remediation gas delivery)에 사용될 수 있다.
- <7> 일 실시예에서, 처리 시스템 내의 가스 유동을 측정하기 위한 장치는 가스 공급원, 전환 밸브(diverter valve), 오리피스(orifice) 및 조절 장치(regulating device)와 감지 회로(sensing circuit)를 포함한다. 조절 장치는 가스 공급원 및 전환 밸브의 입구부 사이에 유체 연결된다. 오리피스는 전환 밸브의 제 1 출구부에 유체 연결되며 처리 챔버와 실질적으로 동일한 유동 저항을 갖는다. 감지 회로는 오리피스를 통한 가스 유동을 수용하도록 구성된다.
- <8> 일 실시예에서, 감지 회로는 가스 유동을 수용하기 위한 검정된 체적(calibrated volume)을 사용한다. 검정된 체적 내의 가스로부터 측정된 특성(property) 및/또는 속성(attribute)으로부터, 감지 회로에 진입한 가스의 유동률 및/또는 압력이 증명될 수 있다.
- <9> 다른 실시예에서, 감지 회로는 검정되지 않은 체적(non-calibrated volume) 내의 가스로부터 시간에 따라 측정된 특성 및/또는 속성의 변화로부터, 감지 회로에 진입한 가스의 유동률 및/또는 압력이 증명될 수 있다.
- <10> 다른 실시예에서, 조절 장치는 증기 전달 모듈(vapor delivery module), 유동 분배기(flow divider), 압력 제어기(pressure controller), 조절기(regulator), 또는 질량 유동 제어기(mass flow controller) 중 적어도 하나일 수 있다. 다른 실시예에서, 감지 회로는 검정된 체적을 갖는 탱크를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 감지 회로는 검정된 체적 내에 위치한 진동 부재를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 감지 회로는 검정된 체적 내에 위치한 가스의 전기적 또는 자기적 특징 중 적어도 하나를 디텍팅하도록 구성된 센서를 포함할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 감지 회로는 캔틸레버(cantilever)에 의해 지지된 탱크를 포함할 수 있다.
- <11> 반도체 처리 시스템 내의 가스 유동을 측정하기 위한 방법이 제공된다. 일 실시예에서, 반도체 처리 시스템 내의 가스 유동을 측정하기 위한 방법은, 유동 제어 장치로서 가스 유동을 설정하는 단계, 감지 회로 내의 처리 챔버와 실질적으로 동일한 유동 저항을 갖는 오리피스를 통해 유동 제어 장치로부터 가스를 유동시키는 단계 및 유동 제어 장치의 설정과 감지 회로를 사용하여 결정된 유동을 비교하는 단계를 포함한다.
- <12> 다른 실시예에서, 본 방법은 종결 포인트(endpoint)에 도달할 때까지 감지 회로 내에 존재하는 가스의 특성을 샘플링하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 본 방법은 신뢰 한계(confidence limit)에 도달할 때까지 샘플

링하는 단계를 포함한다. 다른 실시예에서, 본 방법은 데이터가 미리 정해진 범위 내에 수렴할 때까지 샘플링하는 단계를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 본 방법은 약 5millisecond 이하의 빈도율(frequency rate)로 샘플링하는 단계를 포함한다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <13> 도 1은, 예시적인 반도체 처리 챔버(120)에 결합된 본 발명의 가스 전달 시스템(140)의 일 실시예를 갖는 기판 처리 챔버(100)의 간단하고 개략적인 도면이다. 처리 챔버(120)는 화학적 증착(CVD), 물리적 증착(PVD), 에칭 챔버, 이온 임플란트(iion implant), 열적 처리, 애싱(ashing), 가스 제거(degassing), 배향(orientation) 또는 다른 진공 처리 기술을 수행하도록 구성될 수 있다.
- <14> 처리 챔버(120)는 챔버 바디(122) 내에 놓인 기판 지지부(124)를 포함한다. 기판 지지부(124)는 일반적으로 처리 동안 기판을 지지한다. 기판 지지부(124)는 일반적으로 열전달 가스(이후, 이면 가스(backside gas))를 기판(126)과 기판 지지부(124) 사이에 한정된 영역(118)으로 전달하도록 형성된 통로를 포함한다. 영역(118)의 크기가 도 1에서는 설명을 위해 확대되어 있다. 일반적인 이면 가스의 예시들은, 헬륨, 질소 및 아르곤이다.
- <15> 챔버 바디(122)는 일반적으로 적어도 하나의 처리 가스 입구부(128) 및 펌핑 포트(134)를 포함한다. 처리 가스 입구부(128)는 일반적으로 처리 및 선택적으로 다른 가스를 처리 챔버(120)의 내부 체적에 제공하여 기판 처리를 용이하게 하며, 이는 공지된 기술이다. 챔버 바디(122)에 진입한 가스들은 가스 분배 플레이트 또는 샤퍼웨어드(130)에 의해 기판(126)을 따라 분배될 수 있다.
- <16> 펌핑 포트(134)는 챔버 바디(122) 내에 형성된다. 펌핑 포트(132)는, 챔버 압력을 제어하고 처리 부산물을 챔버 바디(122)의 내측 체적으로부터 제거하는 펌핑 시스템에 연결되는 것이 일반적이다. 펌핑 시스템은 하나 이상의 진공 펌프 및 스로틀 밸브를 포함하는 것이 전형적이며, 이는 도시되지는 않는다.
- <17> 개선 가스(remediation gas)를 도관(160) 내에 전달하도록 처리 가스 포트(144)가 제공될 수 있어서, 펌핑 포트(134)를 통해 챔버 바디(122) 밖으로 유해한 증기를 배출시킨다. 예를 들어, 이러한 가스들은 유해한 반응 부산물, 과도한 처리 가스 또는 가스형 챔버 웨이스트에 작용하고 및/또는 흡수하도록 제공될 수 있어서 유해한 증기로부터 특정 물질의 제거 및/또는 회복을 용이하게 한다.
- <18> 또한, 세정 포트(132)가 챔버 바디(122) 내에 제공될 수 있다. 비활성 가스가 세정 포트(132)를 통해 처리 챔버(120) 내에 제공될 수 있어서, 처리 가스 및/또는 처리 부산물을 챔버(120)의 특정 영역에 진입하는 것을 방지한다. 세정 가스의 예시들은 질소 및 헬륨을 포함한다.
- <19> 가스들은 하나 이상의 가스 전달 회로로부터 입구 포트(128), 영역(118), 세정 포트(132) 및 처리 가스 포트(144)에 제공되는 것이 일반적이다. 각각의 가스 전달 회로들은 이를 통해 유동하는 가스들의 정교한 제어를 위한 메커니즘을 포함하는 것이 일반적이며, 그 중 하나 이상은 본 발명의 가스 전달 시스템(140)으로서 구성될 수 있다. 간단하게, 하나의 가스 전달 시스템(140)이 가스 전달 라인(112, 114, 116, 138)에 연결되도록 도시되며, 각각은 입구 포트(128), 영역(118), 세정 포트(132) 및 처리 가스 포트(144)를 향한다. 실제로, 각각의 라인(112, 114, 116, 138)들은 구분된 회로 가스 전달 시스템(140)에만 각각 연결될 수 있다.
- <20> 일 실시예에서, 가스 전달 시스템(140)은 가스 공급원(102), 질량 유량계(MFC)(142), 전환 밸브(106), 및 검정 회로(104)를 포함한다. 전환 밸브(106)는 가스 공급원(102)으로부터의 유동이 도관(110)을 통하여 선택적으로 검정 회로(104) 또는 라인(112, 114, 116, 138) 중 하나로 향하도록 한다. MFC(142)는 가스 공급원(102)과 전환 밸브(106) 사이에 위치한다. MFC(142)는, 가스 전달 시스템(140)을 처리 챔버(120)에 연결하는 도관(110) 또는 검정 회로(104) 중 하나로 가스 공급원(102)으로부터의 유동을 모니터링하고 제어한다.
- <21> 검정 회로(104)는 가스 유동을 정교하게 측정하도록 구성된다. 검정 회로(104)는 오리피스(108) 및 감지 회로(146)를 포함한다. 오리피스(108)는 감지 회로(146)와 전환 밸브(106) 사이에 위치한다. 초크(chocked) 유동 조건을 유지하는 제한을 위해 오리피스(108)의 크기가 결정될 수 있다. 일 실시예에서, 오리피스의 크기가 실제 처리 챔버(120)의 제한을 시뮬레이트하도록 선택된다. 이는, 처리 챔버(120) 내로 유동하는 MFC(142)와 유사한 조건을 생성하고, 이러한 조건 하에서 검정 회로(104)를 사용하여 유동 확인을 수행하며, 실제 처리 챔버(120) 내의 유동을 필요로 하지 않는다. 일 실시예에서, 바람직한 압력이 확인될 때까지 오리피스 하류 압력을 측정하고 오리피스 크기를 조절함으로써, 오리피스(108)가 결정된다. 다른 실시예에서, 유동이 초크 유동 조건에서 유지되는 한, 오리피스의 크기가 실제 처리 챔버(120)의 제한과는 다르도록 선택된다.

- <22> 감지 회로(146) 내에서 임계 유동(critical flow)(예를 들어, 초크 유동) 조건을 생성하도록 오리피스(108)의 크기가 결정된다. 감지 회로(146) 내의 임계 유동은, 유동이 오리피스(108)의 틈새 크기 및 질량 유동률에 의해 결정됨을 의미한다. 오리피스(108)의 상류(예를 들어, MFC(142)에서의) 유동은 일정하며 압력 변동에 영향을 받지 않으며, 따라서 상류 체적이 유동 검정 동안 고려될 필요가 없다.
- <23> 오리피스(108)는 고정식이거나 가변식 제한일 수 있다. 일 실시예에서, 오리피스(108)는 기계 가공된 틈새일 수 있다. 다른 실시예에서, 오리피스(108)는 니들 벨브(needle valve)와 같이 제어 가능할 수 있다.
- <24> 도 2는, 감지 회로(146)의 일 실시예의 개략적인 다이어그램이다. 감지 회로(146)는 그 안에서 진동 부재(204)를 갖는 탱크(202)를 포함하는 것이 일반적이다. 센서(206)는, 진동 부재(204)의 진동 주파수 계측을 나타내는 프로세서(208)를 제공하기에 적합한 방식으로 진동 부재(204)와 소통하며, 이는 탱크(202) 내의 가스 밀도와 관련될 것이다. 일 실시예에서, 센서(206)는 가속도계이거나 또는 다른 적합한 센서이다.
- <25> 일 실시예에서, 탱크(202)는 알려진 또는 미리 결정된 체적을 갖는다. 가스 공급원(102)으로부터 오리피스(108)를 통한 감지 회로(146) 내로의 가스 유동은 탱크(202) 내의 압력을 증가시킬 것이며, 따라서 탱크(202) 가스 밀도를 증가시킬 것이다. 탱크(202)의 체적이 알려져 있으므로, 진동 부재(204)의 주파수는 탱크(202) 내의 가스 질량에 관련될 것이다. 알려진 탱크 체적이 주어져서, 진동 부재(204)의 진동 주파수 변화는 탱크(202) 내의 밀도 변화에 대한 정보를 제공하며, 이는 MFC(142)를 통한 질량 유동률과도 관련된다. 따라서, 진동 부재의 주파수는 MFC(142)를 통한 유동을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.
- <26> 다른 실시예에서, 탱크(204)의 체적이 알려지지 않은 것일 수 있다. 이러한 실시예에서, 진동 부재(204)의 주파수 변화는 MFC(142)를 통한 유동률을 증명하고 검정하도록 사용될 수 있다.
- <27> 도 3은 감지 회로(300)의 다른 실시예의 개략적인 도면이다. 감지 회로(300)는 일반적으로 진동 부재(204) 및 그 내측에 위치한 제 2 부재(302)를 갖는 탱크(202)를 포함한다. 제 2 부재(302)는 진동 부재(204)에 대향하여 위치한다. 제 1 센서(206)는, 진동 부재(204)의 진동 주파수 계측을 나타내는 프로세서(208)를 제공하기에 적합한 방식으로 진동 부재(204)와 소통한다. 제 2 센서(304)는, 제 2 부재(302)의 진동 주파수 계측을 나타내는 프로세서(208)를 제공하기에 적합한 방식으로 제 2 부재(302)와 소통한다.
- <28> 진동 부재(204)는 일정한 주파수로 구동될 수 있다. 진동 부재(204)로부터의 에너지는 탱크(202) 내에 위치한 가스를 통해 전달되어 제 2 부재(302)가 일정 주파수로 진동하도록 한다. 제 2 부재(302)의 진동은 위상 변화를 가질 것이며, 진동 부재(204)의 진폭과 다른 진폭을 가질 것이다. 이러한 수치들은 센서(206, 304)에 의해 측정되고 탱크 내의 압력 변화와 관련될 것이며, 이는 시간에 따라서 MFC(142)를 통한 유동률을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있는 질량 유동률과 관련된다.
- <29> 도 4는, 감지 회로(400)의 다른 실시예의 개략적인 다이어그램이다. 감지 회로(400)는 표면(404)으로부터 캔틸레버되도록 배향되어 장착된 탱크(402)를 포함하는 것이 일반적이다. 탱크(402) 내의 가스 질량은 캔틸레버된 탱크의 편향과 관련되며, 이는 센서(406)에 의해 측정될 것이다. 센서(406)는 변형률 게이지(strain gauge) 또는 LVDT와 같은 거리 측정 장치일 수 있다. 가스가 탱크(402) 내로 유동함에 따라, 탱크(402) 내의 가스 밀도 및 압력이 증가할 것이며, 이에 따라 탱크(402)의 방향이 변화되며, 이는 탱크(402)에 더해졌던 가스의 추가 질량과 관련있다. 탱크 내의 가스 질량 변화로 인한 탱크 방향의 변화는 센서(406)에 의해 측정될 것이다. 따라서, 센서(406)로부터의 정보는 MFC(142)를 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.
- <30> 도 5는, 감지 회로(500)의 다른 실시예의 개략적인 다이어그램이다. 감지 회로(500)은 탱크(502), 변위 장치(504), 및 센서(506)를 포함하는 것이 일반적이다. 탱크(502)는 검정된 체적을 갖는다. 변위 장치(504)는, 탱크(502)가 진동하도록 하는 것과 같이 탱크(502)를 휘젓도록 작동할 수 있다. 변위 장치(504)는 트랜스듀서, 액튜에이터, 또는 다른 적정한 진동 생성 장치일 수 있다. 센서(506)는 가속도계이거나 또는 다른 적합한 디텍터(detector)일 수 있으며, 탱크 진동 주파수 계측을 나타내는 프로세서(208)를 제공하도록 탱크(502)와 소통된다. 탱크(502) 내의 가스 질량이 증가함에 따라, 탱크(502) 내의 질량 유동률을 나타내는 예측 가능한 방식으로 진동 주파수가 변화할 것이다. 따라서, 센서(506)에 의해 획득된 정보는 MFC(142)를 통한 유동률을 증명하도록 사용될 수 있다.
- <31> 다른 실시예에서, 탱크(502)의 벽체가 변위 장치(504)에 의해 혼란되어 진동할 수 있다. 탱크(502) 내측의 압력이 변함에 따라, 벽체 상의 스트레스가 변화할 것이고 진동 주파수가 예측 가능하게 변할 것이다. 진동은 센서(506)에 의해 측정될 수 있으며, 체적이 알려져 있으므로 시간에 따른 압력 변화는 감지 회로(500)에 진입한 질량 유동률과 관련될 것이며 MFC(142)를 통한 유동률을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.

- <32> 도 6은, 감지 회로(600)의 다른 실시예의 개략적인 다이어그램이다. 감지 회로(600)는 탱크(602), 신호 발생기(604), 및 센서(606)를 포함하는 것이 일반적이다. 탱크(602)는 검정된 체적을 갖는다. 신호 발생기(604)와 센서(606)는 탱크(602) 내측 또는 외측에 장착될 수 있다.
- <33> 일 실시예에서, 신호 발생기(604)는 탱크(602)의 검정된 체적 내측으로 음파를 생성하도록 구성된다. 국부 음 속은 매질(예를 들어, 탱크 내의 가스)의 밀도 및 온도와 관련된다. 음속은 센서(606)에 의해 측정될 수 있으며, 탱크(602) 내의 가스 밀도와 관련된다. 탱크(602)의 체적이 알려져 있으므로, 탱크(602) 내의 가스 질량이 센서 정보를 사용하여 결정될 수 있으며, MFC(142)를 통한 유동률을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.
- <34> 또 다른 실시예에서, 신호 발생기(604)는 탱크(602)에 RF 신호 또는 다른 전자기 필스를 제공할 수 있어서 탱크 내의 가스 밀도를 측정한다. 이러한 신호들의 특징은 압력에 따라 예측 가능하게 변할 수 있으며, 센서(606)는 적어도 하나의 신호 특징의 계측을 제공하도록 사용될 수 있다. 측정된 특징들의 시간에 따른 변화는 감지 회로(600) 내의 질량 유동률에 관련될 수 있으며, MFC(142)를 통한 유동률을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.
- <35> 또 다른 실시예에서, 센서(606)는 탱크(602) 내의 가스의 전기적 또는 자기적 특징 중 적어도 하나의 변화를 감지하도록 구성될 수 있다. 전기적 또는 자기적 특징은 압력에 따라 예측 가능하게 변하며 센서(606)에 의해 측정될 수 있다. 센서(606)에 의해 제공된 가스의 전기적 또는 자기적 특징 변화의 계측은 회로(600)를 통한 유동률을 결정하도록 사용될 수 있다. 시간에 따른 압력 변화는 탱크(602)의 알려진 체적 내의 질량 유동률에 관련되며, MFC(142)를 통한 유동률을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.
- <36> 도 7은 감지 회로(700)의 다른 실시예의 개략적인 다이어그램이다. 감지 회로(700)는, 그 안에 설치된 피스톤(704)을 갖는 탱크(702)를 포함하는 것이 일반적이다. 피스톤(704)은 알려진 중량 및 표면 영역을 갖는다. 피스톤(704)은 탱크(702) 내의 압력에 대해 상대적인 대응 부재(706)를 갖는다. 대응 부재(706)는 스프링이거나 및/또는 밀봉된 가스 체적일 수 있다. 피스톤(704)을 이동시키는데 필요한 힘은 피스톤(704)의 질량 및 표면 영역으로부터 해결될 수 있으며, 대응 부재(706)의 스프링력은 피스톤(704) 상의 압력에 따라서 제어될 수 있으며 또는 피스톤 변위의 함수로서 알려진 것일 수 있다. 일 실시예에서, 센서(708)는 피스톤(704)과 소통하여 피스톤 상에 작용하는 힘을 직접 결정한다. 다른 실시예에서, 센서(708)는 피스톤(704)의 변위를 결정하도록 구성될 수 있다. 힘은 피스톤(704)의 표면 영역에 의해 압력에 상대적이고, 알려진 체적에서 시간에 따른 압력 변화는 탱크(704) 내의 질량 유동에 대해 상대적일 수 있으며, MFC(142)를 통한 유동률을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.
- <37> 도 8은 감지 회로(800)의 다른 실시예의 개략적인 다이어그램이다. 감지 회로(800)는 그 안에 피스톤(704)을 갖는 탱크(802)를 포함한다. 오리피스(108)로부터의 유동은 피스톤(704) 위아래 각각의 제 1 및 제 2 입구부(810, 812)를 통해 탱크(802)에 제공된다. 피스톤(704)은 알려진 특징을 가지며 입구부(810, 812)를 통한 유동 비율에 비례하여 변위될 것이다. 적어도 하나의 센서가 피스톤(704)의 상대적인 변위를 결정하도록 사용된다. 도 8에 도시된 일 실시예에서, 센서(804, 806)는 피스톤(704)의 변위를 결정하도록 사용되며, 이는 MFC(142)의 유동에 관련될 것이다.
- <38> 도 9는 감지 회로(900)의 다른 실시예의 개략적인 다이어그램이다. 감지 회로(900)는 셀렉터 밸브(selector valve)(908)를 통해 오리피스(108)에 연결된 다수의 탱크(본 실시예에서 탱크(902, 904, 906)로 도시됨)를 포함하는 것이 일반적이다. 각각의 탱크(902, 904, 906)는 상이한 범위의 유동률에 사용되도록 상이한 검정 체적을 갖는다. 예를 들어, 탱크(902)는 작은 체적을, 탱크(904)는 중간 체적을, 그리고 탱크(906)는 큰 체적을 가질 수 있다. 밸브(908)는 회로(900) 내의 유동이 유동률에 상응하는 체적을 갖는 탱크로 향하도록 사용될 수 있어서, 양호한 데이터 결과가 적정한 샘플 구간에 걸쳐 획득된다. 예를 들어, 보다 작은 탱크(902)는, 낮은 유동률이 측정되는 주어진 시간 구간에 걸쳐서 주어진 압력 상승을 위한 보다 큰 시간 결과를 취하도록 사용될 수 있다. 따라서, 낮은 유동률에서, 보다 작은 탱크(902)가 시간에 따른 가파른 압력 상승 획득을 용이하게 하며, 이는 짧은 샘플 구간에 걸친 양호한 결과를 갖는 데이터 세트를 제공한다. 반대로, 보다 큰 탱크(908)는 가파르지 않은 시간에 걸친 압력 상승을 획득하도록 사용될 수 있으며, 이에 따라 높은 유동률에서 양호한 결과를 갖는 데이터를 제공한다. 더욱이, 보다 큰 탱크(908)는 작은 탱크(902)에 비교하여 탱크가 보다 큰 체적을 갖기 때문에, 데이터 샘플이 보다 긴 시간의 구간에 걸쳐 일어나도록 하며, 이는 완전한 데이터 세트가 획득되기 이전에 높은 유동률에서 채워질 수 있다. 압력 상승에 관한 데이터는 전술한 어떠한 기술 또는 적절한 다른 대안 기술을 사용하여 획득될 수 있다.

- <49> 압력 상승의 다수의 데이터 샘플은 유동 검정의 정확도를 증진시키도록 사용될 수 있으며, 이에 따라 MFC(142)의 실제 유동률을 보다 큰 신뢰도로서 제공한다. 전술한 각각의 감지 회로는 탱크가 빠르게 비워지고 다시 채워지도록 하는 바이패스 루프(bypass loop) 및 덤프 라인(dump line)을 포함할 수 있으며, 따라서 추가적 샘플을 빨리 획득하는 것을 용이하게 한다. 데이터 샘플은 적정한 시간 구간에서 데이터 포인트의 통계적으로 유효한 샘플 집단을 획득하는데 충분한 비율로서 획득된다. 일 실시예에서 샘플의 빈도율은 약 5millisecond 이하이다. 이는 큰 데이터 세트가 보다 짧은 테스트 구간에 걸쳐 획득되도록 하며, 이에 따라 테스트의 적정한 종결 포인트가 빠르게 확인되면서도 데이터 정확성이 증가한다.
- <50> 일 실시예에서, 데이터 샘플을 획득하도록 사용되는 센서/장치의 혼합된 측정 에러가 전체 계산에 걸쳐 그 효과를 결정하도록 분석될 수 있다. 이러한 정보는 신뢰 한계를 결정하고 및/또는 제어하도록 사용될 수 있다.
- <51> 다른 실시예에서, 데이터 샘플을 획득하도록 사용되는 센서/장치의 혼합된 측정 에러는, 측정된 데이터 내의 무작위(random) 에러 분배를 시뮬레이트하도록 사용될 수 있다. 시뮬레이트된 에러는 각각의 데이터 샘플에 더해진다. 무작위로 더해진 에러의 효과를 지우는데 필요한 샘플의 개수가 테스트 종결 포인트에서 계산되고 사용되어, 정확한 계산이 짧은 테스트 시간 동안 수행된다.
- <52> 예시적인 바이패스 루프(250) 및 덤프 라인(252)이 도 2에 도시된 실시예에 도시된다. 오리피스(108)로부터의 유동이 먼저 탱크(202) 내에 진입하고, 그 다음 압력(밀도 및/또는 질량)이 측정된다. 다음, 감지 회로(200)를 통한 유동이 밸브(256)에 의해 바이패스 루프(250)를 통하여 전환되고, 제 2 밸브(258)는 개방되어 덤프 라인(252)을 통해 탱크(202)를 비운다. 덤프 라인(252)은 진공 공급원(260)에 연결될 수 있어서, 탱크(202)로부터 가스의 제거를 촉진한다. 탱크(202)가 충분히 비워지면, 제 2 밸브(258)가 폐쇄되고 오리피스(108)로부터의 유동은 밸브(256)에 의해 다시 탱크(202)를 향하고, 그 결과 후속적인 샘플이 획득된다. 이러한 처리는, MFC(142)로부터의 유동의 정확한 측정을 제공하는 데이터 세트의 획득을 위해 수회 반복될 수 있다.
- <53> 데이터 세트를 수용하는 프로세서(208)는 통계적 수렴 기술 및/또는 전통적 통계학을 사용하여 유동 증명/검정의 적정 종결 포인트를 결정한다. 예를 들어, 감지 회로의 측정 장치의 알려진 반복 가능성 및 정확성에 기초하여 계산된 적합한 수렴이 이루어졌다면, 샘플링이 종결될 수 있다. 대안적으로, 샘플링 종결 포인트를, 연속적인 유동 계산 및 평균값을 향한 수렴 추적에 의하여 동적으로 결정될 수 있다.
- <54> 수렴의 희망 수준은 미리 정해진 수준일 수 있으며 또는 신뢰 한계를 사용하여 동적으로 결정될 수 있다. 테스트가 특정한 신뢰 수준에 이르렀다면, 테스트가 종결될 것이다. 테스트를 종결하는 한 가지 방법은, 특정 장치의 알려진 에러 수준을 사용하는 것이며, 이를 사용하여 수렴에 필요한 샘플의 개수를 계산한다. 이러한 예측 방법을 사용하여, 샘플의 개수가 취해졌다면 증명이 자동으로 종료된다. 종결 포인트를 결정하는 다른 방법은, 유동을 연속적으로 재계산하여 평균값을 향하는 그 수렴을 모니터링하는 것이다. 테스트가 진행됨에 따라, 수집된 모든 샘플들의 조합이 순간 유동을 계산하도록 사용될 수 있다. 계산된 유동이 희망 수준에 수렴한다면, 테스트가 종결될 것이다. 다만 모델(multivariate model) 및 통계를 모델 측정 에러에 사용하고 전체 시스템 상의 그 효과를 사용하는 것은 계산 정확도를 증가시키도록 사용될 수 있다. 모델은 상이한 파라미터의 상호 작용 및 최적 파라미터의 선택을 돋도록 사용될 것이다.
- <55> 시작 및 종결 압력 및/또는 밀도의 다수의 샘플이 정확도를 증가시키도록 사용될 수 있다. 모든 수치 상의 측정 에러는 각각의 수치의 다수의 샘플을 평균내어 감소할 것이며, 따라서 테스트를 위한 델타 작동 압력이 보다 정확해진다.
- <56> 다만 모델 및 통계는 각각의 측정값 에러 및 전체 시스템 에러 상의 그 효과를 모델링하도록 사용될 수 있다. 이러한 모델은 최적 파라미터 및 시스템 한계를 결정하도록 사용될 것이다. 전술한 기술들을 조합하는 것이, 유동률 계산의 정확도를 더욱 증진시키도록 사용될 수 있다.
- <57> 작동시, 유동은 탱크 내의 평균 상승률 기술을 사용하여 결정된다. 탱크 입구부 오리피스 크기는 음속류(sonic flow)가 탱크에 진입하도록 생성된다. 다음, 탱크 내의 유동은 오직 MFC로부터의 유동과 오리피스 크기에 따른다. 탱크 압력은 MFC 상의 어떠한 영향을 주지 않으며, 이에 따라 유동이 일정하게 유지된다. 추가로, 오리피스에서의 음파 조건은 상류 압력이 변하는 것을 방지하고, 이에 따라 오리피스 상류의 가스 라인 내의 가스 질량이 일정하게 남는다. 이러한 조건 하에서, 상류의 가스 라인 체적은 유동 계산에 사용되지 않으며, 따라서 상류 체적 계산 필요성이 감소하고 전체 유동 계산의 부정확성이 더욱 감소한다.
- <58> 탱크 입구부에서의 오리피스는 챔버 주입에 유사한 제한에 필적함으로써 챔버 조건을 시뮬레이트하기 때문에, MFC는 실제 챔버가 예를 들어, 벤치(bench) 또는 예비-설치 테스팅(pre-installation testing)과 같은 물리적

존재의 필요 없이 시뮬레이트된 챔버 조건 하에서 검정될 수 있다. 대안적으로, MFC를 통한 유동은 챔버가 작동되면 검정 회로를 희망에 따라 사용하여 증명되고 및/또는 검정될 수 있으며, 이에 따라 새로운 다수의 기관을 작업하기 이전에 주기적 테스트가 수행된다.

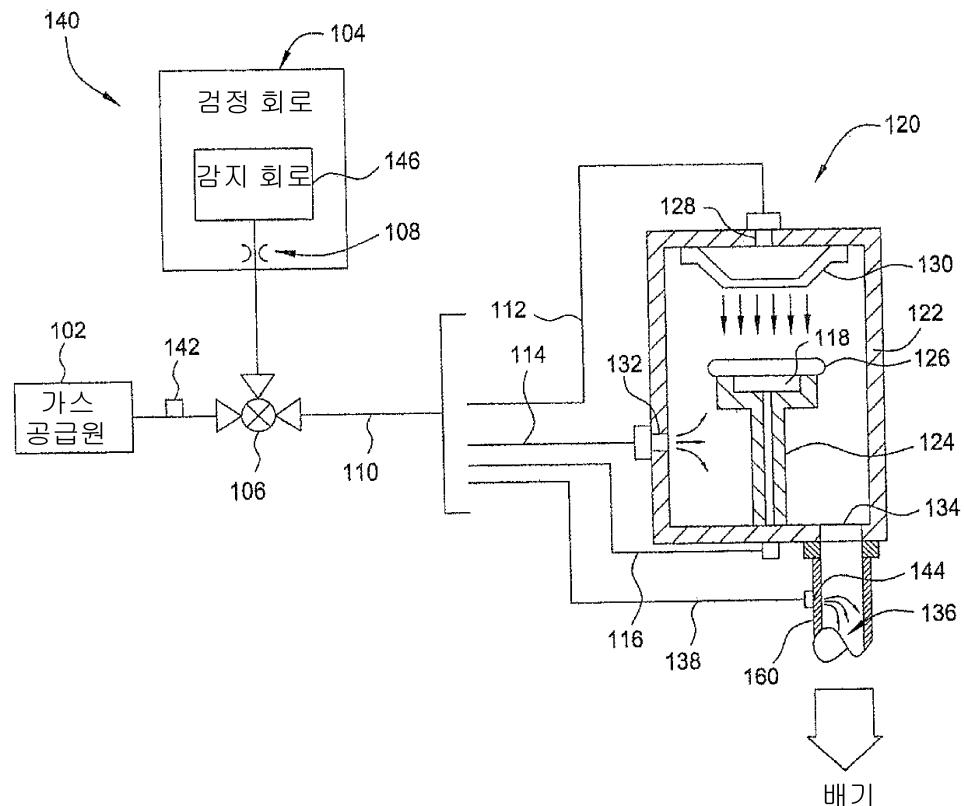
- <49> 검정 회로가 MFC의 유동 제어 장치와 다른 유동 제어 장치를 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 검정 회로는 다른 유동 제어 장치들 중에서 증기 전달 모듈, 유동 분배기, 압력 제어기, 및 제어기로부터 유동률을 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다.
- <50> 따라서, 가스 전달 시스템은 처리 시스템으로 가스를 제공하도록 사용되는 MFC의 가능한 바람직한 특징의 검정 회로를 갖는다. 개량된 검정 회로는 다른 것들 중 이면 냉각, 처리 가스 전달, 세정 가스 전달, 세정 인자 전달, 캐리어 가스 전달 및 개선 가스 전달을 위해 사용되는 가스 유동을 측정하고, 증명하고 및/또는 검정하도록 사용될 수 있다. 가스 유동 제어의 정확성 및 샘플링 시간은 종래 기술에 비해 증진되며, 따라서 차세대 장치의 개선된 처리가 가능하고 경제적으로 효과적이다.
- <51> 본 발명의 실시예들을 개시하였으나, 다른 실시예 또는 증진된 실시예가 이하의 청구범위에 의해 결정될 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 가능할 것이다.

### 도면의 간단한 설명

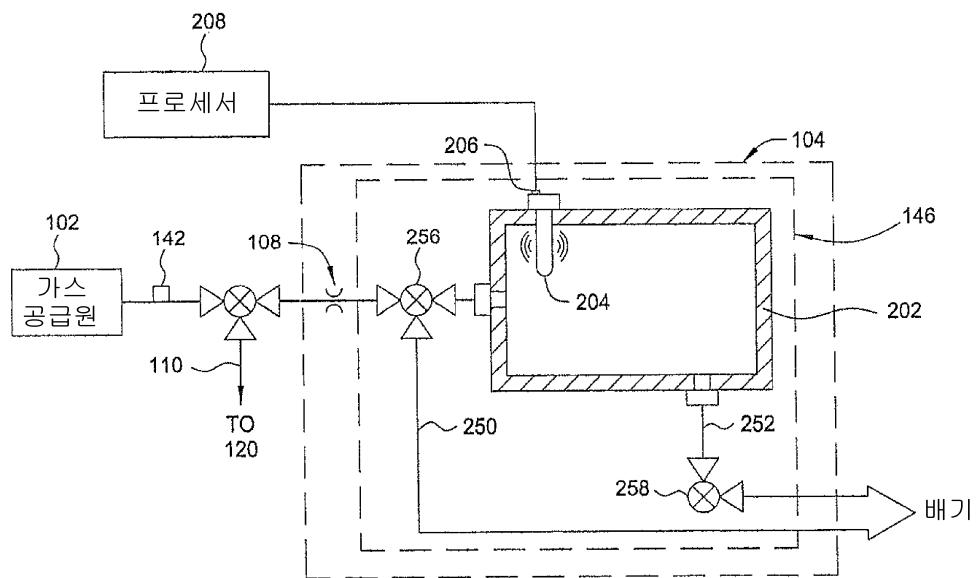
- <52> 본 발명의 전술한 특징들을 보다 상세히 설명하도록, 보다 구체적인 설명이 첨부된 도면에 개시된 실시예를 참고하여 이루어진다. 그러나 첨부된 도면들은 본 발명의 실시예만을 설명할 뿐이며, 따라서 본 발명의 범위가 그러한 실시예에 한정되지 않고 청구범위 및 그 균등 범위에 미치는 것을 주지하여야 한다.
- <53> 도 1은, 종래의 반도체 처리 챔버 및 본 발명의 검정 회로를 갖는 가스 전달 시스템의 간단하고 개략적인 도면이다.
- <54> 도 2~9는, 다양한 실시예의 감지 회로를 갖는 검정 회로의 개략적인 도면이다.
- <55> 용이한 설명을 위해, 도면들에서 공통된 동일 부재들에는 가급적 동일 도면 부호가 지정되었다. 본 발명의 특징들은 언급하지 않은 다른 실시예들에서도 유익할 수 있다.

## 도면

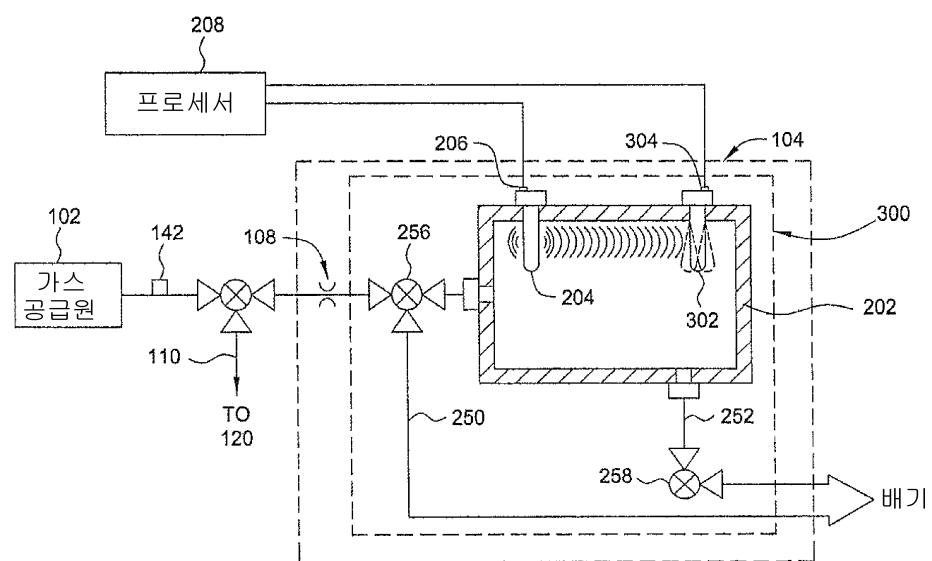
## 도면1



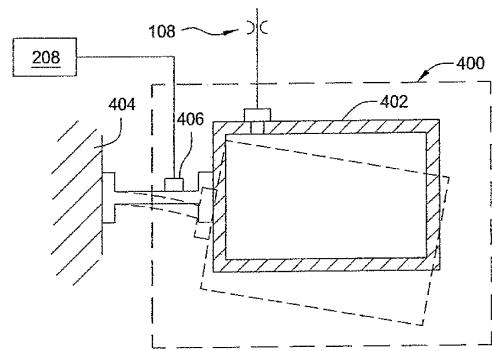
## 도면2



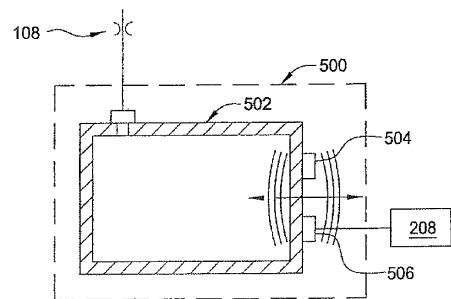
## 도면3



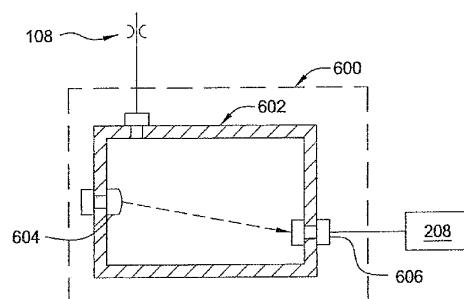
도면4



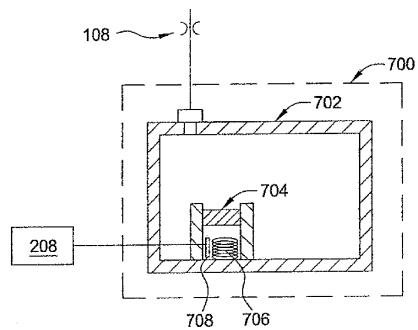
도면5



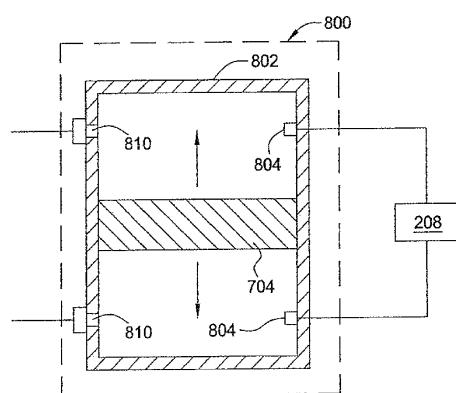
도면6



도면7



도면8



도면9

