



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0075816  
(43) 공개일자 2009년07월09일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) Int. Cl.<br/>G05D 7/06 (2006.01) G01F 1/00 (2006.01)<br/>G01F 1/78 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2009-7006922</p> <p>(22) 출원일자 2007년10월29일<br/>심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2009년04월03일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2007/071030</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2008/053839<br/>국제공개일자 2008년05월08일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>JP-P-2006-299701 2006년11월02일 일본(JP)<br/>JP-P-2006-328664 2006년12월05일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인<br/>가부시키가이샤 호리바 에스텍<br/>일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테<br/>쵸 11반지 5</p> <p>(72) 발명자<br/>야스다 다다히로<br/>일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테<br/>쵸 11반지 5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내<br/>마츠우라 가즈히로<br/>일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테<br/>쵸 11반지 5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인태평양</p> |
|--|--|

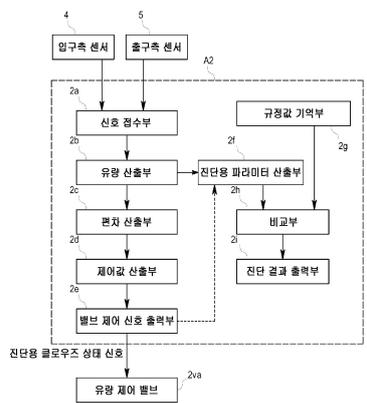
전체 청구항 수 : 총 14 항

**(54) 차압식 매스 플로우 컨트롤러에 있어서 진단 기구**

**(57) 요약**

유체가 흐르는 유로상에 마련한 유량 제어 밸브(2Va)를 유량 제어 상태로부터 클로уз 상태로 함으로써, 도입출구 사이에 차압을 발생시키는 저항체(3)의 도입구(31)측 및 도출구(32)측에 각각 연락하여 마련한 입구측 센서(4) 및 출구측 센서(5) 중, 입구측 센서(4)가 하강하는 압력값으로부터 질량 유량 적분값을 적분 연산에 의해 구하고, 또한 구한 질량 유량 적분값으로부터 진단용의 체적값을 구하는 진단용 파라미터 산출부(2f)와, 진단용 파라미터 산출부(2f)에서 구한 진단용의 체적값과, 규정의 체적값을 비교하는 비교부(2h)를 구비하여 이루어지도록 한 저항체의 막힘 등의 문제를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 행할 수 있다고 하는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)의 진단 기구를 제공한다.

**대표도 - 도2**



(72) 발명자

**나가이 겐타로**

일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테쵸  
11번지 5 가부시키키가이샤 호리바 에스텍 내

**머드 다니엘**

미국 캘리포니아주 95054 산타 클라라 스콧 블러바  
드 3265 호리바 에스텍 인코퍼레이티드 내

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

유체가 흐르는 유로(1)상에 마련한 밸브(2Va)를 클로уз 상태로 하기 위한 신호를 출력하는 밸브 제어 신호 출력부(2e, 2E)와,

상기 유로(1)상에 마련한 차압 발생용 저항체(3)에 있어서, 그 도입구(31) 측 및 도출구(32)측에 각각 마련된 압력 센서로부터의 검출 신호를 받아들이는 신호 접수부(2a)와,

상기 밸브(2Va)의 클로уз 상태에 있어서, 상기 검출 신호로부터 얻어지는 도입구(31)측 또는 도출구(32)측의 압력이 소정의 제1 압력으로부터 소정의 제2 압력이 될 때까지 동안, 당해 압력의 시간 적분값에 기초한 값을 가진 진단용 파라미터를 산출하는 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)와,

그 진단용 파라미터의 값과 미리 정해진 규정값을 비교하는 비교부(2h)를 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 진단용 파라미터의 값과 상기 규정값이 다른 경우에, 이상이라는 취지를 출력하는 진단 결과 출력부(2i)를 추가로 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 검출 신호로부터 얻어지는 도입구(31)측 및 도출구(32)측의 각 압력에 기초하여, 상기 유체의 질량 유량을 산출하는 유량 산출부를 추가로 구비하고,

상기 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)가 상기 제1 압력으로부터 제2 압력이 될 때까지 동안의 질량 유량 적분값으로부터 진단용 파라미터를 산출하는 것인 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 진단용 파라미터가 상기 제1 압력 및 제2 압력의 압력차와 상기 질량 유량 적분값으로부터 산출되는, 유체의 체적값을 나타내는 것이고,

상기 규정값이 상기 밸브(2Va)와 상기 차압 발생용 저항체(3) 사이의 유로(1)의 체적값인 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

### 청구항 5

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서,

상기 밸브(2Va)가 차압 발생용 저항체(3)보다 상류측에 마련된 것이고,

상기 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)가 상기 도입구(31)측의 압력이 상기 제1 압력으로부터 상기 제2 압력까지 하강하는 동안의 질량 유량 적분값을 산출하도록 하고 있는 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

### 청구항 6

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서,

상기 밸브(2Va)가 차압 발생용 저항체(3)보다 하류측에 마련된 것이고,

상기 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)가 상기 도입구(31)측의 압력이 상기 제1 압력으로부터 상기 제2 압력까지 상승하는 동안의 질량 유량 적분값을 산출하도록 하고 있는 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

**청구항 7**

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 차압 발생용 저항체(3)가 비직선성 특성을 가지는 층류(層流) 소자인 것을 특징으로 하는 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

**청구항 8**

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 있어서,

상기 압력 센서가 차압 발생용 저항체(3)의 도입구(31)측 및 도출구(32)측에 각각 마련된 절대압 센서에 의해 구성되거나, 또는 차압 발생용 저항체(3)의 도입구(31)측 또는 도출구(32)측 중 어느 하나에 마련된 절대압 센서 및 그들 사이에 마련된 차압식 센서에 의해 구성되어 있는 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

**청구항 9**

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에 있어서,

상기 밸브 제어 신호 출력부(2e, 2E)는 상기 압력 센서로 검지하는 압력이 소정의 값을 나타내는 것을 조건으로, 상기 클로уз 상태로 하기 위한 신호를 출력하는 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서,

상기 밸브(2Va)가 차압 발생용 저항체(3)보다 상류측에 마련된 것인 경우, 상기 조건은 도입구(31)측의 압력 센서로 검지하는 압력이 개시 압력인 상기 제1 압력보다 높은 값을 나타내는 것인 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

**청구항 11**

청구항 9에 있어서,

상기 밸브(2Va)가 차압 발생용 저항체(3)보다 하류측에 마련된 것인 경우, 상기 조건은 도출구(32)측의 압력 센서로 검지하는 압력이, 개시 압력인 상기 제1 압력보다 낮은 값을 나타내는 것인 유량 제어 장치(A)에 있어서 진단 기구.

**청구항 12**

유체가 흐르는 유로(1)상에 마련한 밸브(2Va)를 오픈 상태에서부터 클로уз 상태로 하고,

상기 유로(1)상에 마련한 차압 발생용 저항체(3)의 도입구(31)측 및 도출구(32)측의 압력을 검출하는 입구측 센서(4) 및 출구측 센서(5)에 있어서 검출값에 기초하여 상기 유체의 질량 유량값을 구하고,

그 질량 유량값을 받아들여, 상기 유량 제어 밸브(2Va)를 클로уз 상태로 했을 때에, 상기 도입구(31)측 또는 상기 도출구(32)측의 압력이 제1 압력으로부터 제2 압력이 될 때까지 동안의 질량 유량 적분값으로부터 진단용 파라미터를 산출하고,

그 진단용 파라미터의 값과 규정값을 비교하는 것을 특징으로 하는 유량 제어장치(A)에 있어서 진단 방법.

**청구항 13**

유체가 흐르는 유로(1)상에 마련한 유량 제어 밸브(2Va)와,

상기 유량 제어 밸브(2Va)로부터 흘러나오는 유체를 도입하는 도입구(31) 및 도출하는 도출구(32)를 구비하여 이루어지고 이들 도입출구 사이에 차압을 발생시키는 차압 발생용 저항체(3)와,

상기 도입구(31)측의 유로(1)에 연락(連絡)하여 마련되고 상기 유로(1)를 흐르는 유체의 압력을 검출하는 입구측 센서(4)와,

상기 도출구(32)측의 유로(1)에 연락하여 마련되고 상기 유로(1)를 흐르는 유체의 압력을 검출하는 출구측 센서

(5)와,

상기 유량 제어 밸브(2Va)를 유량 제어 상태에서부터 클로즈 상태로 했을 때에, 상기 입구측 센서(4)의 하강하는 압력값으로부터 질량 유량 적분값을 적분 연산에 의해 구하고, 또한 이 구한 질량 유량 적분값을 기체의 상태 방정식에 대입하여 진단용의 체적값을 구하는 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)와,

상기 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)에서 구한 진단용의 체적값과 규정의 체적값을 비교하는 비교부(2h)를 구비하여 이루어진 것을 특징으로 하는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A).

**청구항 14**

유체가 흐르는 유로(1)상에 마련한 상류측 유량 제어 밸브(2Vb) 및 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)와,

상기 상류측 유량 제어 밸브(2Vb)로부터 흘러나오는 유체를 도입하는 도입구(31) 및 도출하는 도출구(32)를 구비하여 이루어지고 이들 도입출구 사이에 차압을 발생시키는 차압 발생용 저항체(3)와,

상기 도입구(31)측의 유로(1)에 연락하여 마련되고 상기 유로(1)를 흐르는 유체의 압력을 검출하는 입구측 센서(4)와,

상기 도출구(32)측의 유로(1)에 연락하여 마련되고 상기 유로(1)를 흐르는 유체의 압력을 검출하는 출구측 센서(5)와,

상기 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)를 유량 제어 상태에서부터 클로즈 상태로 했을 때에, 상기 출구측 센서(5)의 상승하는 압력값으로부터 질량 유량 적분값을 적분 연산에 의해 구하고, 또한 이 구한 질량 유량 적분값을 기체의 상태 방정식에 대입하여 진단용의 체적값을 구하는 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)와,

상기 진단용 파라미터 산출부(2f, 2F)에서 구한 진단용의 체적값과 규정의 체적값을 비교하는 비교부(2h)를 구비하여 이루어진 것을 특징으로 하는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A).

**명세서**

**기술분야**

<1> 본 발명은 반도체 제조 프로세스 등에 있어서 가스나 액체 등의 유체의 유량을 제어하는 유량 제어 장치 등에 관한 것이다.

**배경기술**

<2> 종래 압력식 유량 컨트롤러로 대표되는 유량 제어 장치에 있어서, 그 유로(流路) 조임 노즐 및 노즐 이후의 유로를 구성하는 배관계(配管系)의 이상(異常)을 진단할 수 있도록 한 노즐 진단 기구가 알려져 있다.

<3> 이런 종류의 노즐 진단 기구는 유량 조정 밸브를 닫고 차단 밸브를 열은 상태의 자기 진단 시간에 있어서, 내부 유로 내의 가스 압력값의 시간 의존 변화를 차단 밸브 및 유량 조정 밸브의 개폐 동작에 연동하여 읽어 들임으로써 내부 유로 조임 노즐의 진단을 가능하게 하는 제어부를 구비하여 이루어지도록 구성되어 있다.

<4> 그리고, 가스 유로에 아무런 이상도 없는 경우, 노즐 막힘(clogging) 등을 자기 진단할 때(t=0 ~ Δt)에 측정된 가스 압력값의 시간 의존 변화의 곡선은 기준값과 거의 겹친 곡선을 그리듯이 변화한다. 그러나 유로 조임 노즐에 막힘이 발생하면, 가상선으로 나타낸 바와 같이 자기 진단 시간의 처음(t=0의 시점)부터 초기 압력의 강하 속도가 늦어진다. 즉, 가스 압력값의 시간 의존 변화 곡선이 비정상일 때, 이것은 노즐의 막힘에 의한 것임을 알 수 있다.(특허 문헌 1 참조).

<5> 특허 문헌 1: 일본 특개 2000-214916호 공보

<6> 그러나 곡선의 기울기로부터 노즐의 막힘을 판단하도록 하고 있기 때문에, 예를 들어 차압식 매스 플로우 컨트롤러(differential pressure type mass flow controller)에 있어서 이상을 진단하는 경우에, 곡선에 피크 덩 노이즈가 있으면, 그 노이즈의 영향을 받아 판단 결과에 오류가 생긴다고 하는 문제점을 가지고 있다.

<7> 본 발명은 이와 같은 과제에 주목하여 이루어진 것으로, 주된 목적은 상기 노즐 등의 저항체(차압 발생용 저항체라고도 함)의 막힘이나 이전 프로세스에서의 다른 잔류 가스의 존재 등의 문제를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 실시할 수 있는 유량 제어 장치 등을 제공하는 것에 있다.

**발명의 상세한 설명**

- <8> 즉, 본 발명에 관한 유량 제어 장치 또는 유량 제어 장치에 있어서 진단 기구는, 유체가 흐르는 유로상에 마련한 밸브를 클로уз 상태로 하기 위한 신호를 출력하는 밸브 제어 신호 출력부와; 상기 유로상에 마련한 차압 발생용 저항체에 있어서, 그 도입구측 및 도출구측에 각각 마련한 압력 센서로부터의 검출 신호를 받아들이는 신호 접수부와; 상기 밸브를 클로уз 상태시에, 상기 검출 신호로부터 얻어지는 도입구측 또는 도출구측의 압력이 소정의 제1 압력으로부터 소정의 제2 압력이 될 때까지 동안, 당해 압력의 시간 적분값에 기초한 값을 가진 진단용 파라미터를 산출하는 진단용 파라미터 산출부와; 그 진단용 파라미터의 값과 미리 정해진 규정값을 비교하는 비교부를 구비하고 있는 것을 특징으로 한다.
- <9> 여기서, 「밸브」는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(이하, 차압식 MFC라고도 함) 등의 유량 제어 장치를 구성하고 있는 유량 제어 밸브를 포함하는 것은 물론, 그 외의 밸브(예를 들어 차압식 MFC의 유량 제어용과는 별체로 그 전후에 마련된 것)이어도 되고, 유량 제어 밸브뿐만 아니라 단순한 개폐 밸브이어도 상관없다.
- <10> 이와 같은 것에 의하면, 노즐 등의 차압 발생용 저항체의 이상 검출에 있어서, 밸브를 닫고 나서의 압력이 일정 범위(제1 압력으로부터 제2 압력)로 변화하는 동안, 그 압력의 시간 적분값을 사용하도록 하고 있으므로, 예를 들어 압력값에 국소적인 피크 덩 노이즈가 있었다고 해도, 그 노이즈의 시간 적분값은 아주 작기 때문에, 노이즈의 이상 검출 판정에 미치는 영향을 종래의 것과 비교해서 매우 적게 할 수 있어, 이상 검출 정밀도를 큰 폭으로 향상시킬 수 있다. 여기서, 진단용 파라미터는 압력의 시간 적분값에 기초한 것이고, 예를 들어 압력의 시간 적분값 그 자체 외에, 이에 기초하여 산출 가능한 질량 유량의 적분값이나 체적 유량의 적분값, 또는 그것들을 소정의 산출식에 대입해서 구해지는 것이면 된다. 또, 본 발명에서는 밸브와 차압 발생용 저항체 사이의 유로 볼륨에 대한 압력 변화를 사용하고 있고, 유량 검정용의 기준계나 탱크 등 이상 진단 전용의 기구는 기본적으로는 불필요하기 때문에, 가스 라인을 복잡화하지 않고 저비용으로의 실현이 가능하게 된다. 또한, 전술한 유로 볼륨이 밸브와 차압 발생용 저항체 사이의 데드 볼륨(dead volume)이라고도 할 만큼 작은 것인 경우는 진단 시간을 규정하는 제1 압력으로부터 제2 압력으로 변화할 때까지의 시간을 매우 짧게 할 수 있다. 이것으로부터, 예를 들어 반도체 프로세스 장치에 사용한 경우 등에는 그 프로세스 중에도 가스 교체시 등의 얼마 안되는 시간을 사용하여 실시간이라고 해도 과언이 아닌 진단이 가능하게 된다.
- <11> 즉, 간편하면서도, 저항체의 막힘이나 잔류한 다른 가스의 존재 등의 문제를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 행할 수 있는, 뛰어난 유량 제어 장치 또는 유량 제어 장치에 있어서 진단 기구를 제공할 수 있다.
- <12> 또한, 저항체 등에 이상이 발생했음을 확실히 알기 위해서는, 상기 비교부의 비교 결과로 상기 진단용 파라미터와 상기 규정값이 다르다는 것을 나타내는 경우에, 비정상이라는 취지를 출력하는 진단 결과 출력부를 구비하고 있는 것이 바람직하다.
- <13> 상기 진단 기구로는 상기 진단용 파라미터 산출부가 상기 유로상의 흐름을 클로уз하는 상기 유량 제어 밸브를 마련한 상기 도입구측의 압력이 상기 제1 압력으로부터 상기 제2 압력까지 하강하는 동안의 질량 유량 적분값을 산출하는 것으로, 층류(層流) 소자 저항체의 질량 유량 적분값과 기체 상태 방정식에 의한 진단 타입(Gas Law check of Integrated Flow Equation(“G-LIFE”))의 것으로 구성해도 된다.
- <14> 한편, 상기 진단용 파라미터 산출부가 상기 유로상의 흐름을 클로уз하는 상기 유량 제어 밸브를 마련한 상기 도출구측의 압력이 제1 압력으로부터 제2 압력까지 상승하는 동안의 질량 유량 적분값을 산출하는 것이고, 이른바 ROR(Rate Of Rise) 진단 타입의 것으로 구성하는 것도 가능하다.
- <15> 상기 저항체가 층류 소자이고, 또한 이 층류 소자가 비직선성의 특성을 가지는 것이면, 저류량 영역에서는 유량 변화에 대해 압력 변화가 크고, 고류량 영역에서는 유량 변화에 대해 압력 변화가 작기 때문에, 그 결과 총체적으로 플랫폼한 유량 정밀도를 얻을 수 있다(어느 유량 영역에 있어서도 에러는 읽음값에 대해 일정 비율이 된다). 따라서, 광범위한 압력(유량) 영역 중에서 진단에 채용하는 압력이 설정 가능하게 되기 때문에 진단 정밀도를 향상시킬 수 있다.
- <16> 압력 센서의 구체적 형태로는 차압 발생용 저항체의 도입구측 및 도출구 측에 각각 마련된 절대압 센서에 의해 구성되거나, 또는 차압 발생용 저항체의 도입구측 또는 도출구측 중 어느 하나에 마련된 절대압 센서 및 그들 사이에 마련된 차압식 센서에 의해 구성되어 있는 것을 들 수 있다.
- <17> 본 발명의 바람직한 형태로서, 상기 밸브 제어 신호 출력부는 상기 압력 센서로 검지하는 압력이 소정의 값을

나타내는 것을 조건으로, 상기 클로우즈 상태로 하기 위한 신호를 출력하는 것을 들 수 있다. 이 때의 상기 조건은 상기 밸브의 차압 발생용 저항체에 대한 위치에서 바뀐다. 구체적으로, 상기 밸브가 차압 발생용 저항체보다 상류측에 마련된 것인 경우, 도입구측의 압력 센서로 검지하는 압력이 개시 압력인 상기 제1 압력보다 높은 값을 나타내는 것이 상기 조건이 된다. 한편, 하류측에 마련된 것인 경우, 도출구측의 압력 센서로 검지하는 압력이 개시 압력인 상기 제1 압력보다 낮은 값을 나타내는 것이 상기 조건이 된다.

- <18> 이와 같은 구성에 의하면, 예를 들어 차압식 매스 플로우 컨트롤러를 자동 제어 할 때의 시퀀스 중에 유저가 자기 진단을 행하고 싶은 시점을 읽어 들여 원하는 시점에서 자기 진단을 행할 수 있게 된다. 구체적으로, 유저가 자기 진단을 행하고 싶은 시점은 예를 들어 상기 밸브가 차압 발생용 저항체보다 상류측에 마련된 것인 경우에 있어서, 도입구측의 압력 센서로 검지하는 압력이 개시 압력인 상기 제1 압력보다 높은 값으로 되도록 밸브를 동작시키고, 또한 밸브 제어 신호 출력부에, 상기 클로우즈 상태로 하기 위한 신호를 출력시키는 기술에 의해 상기 시퀀스 중에 지정할 수 있다. 이와 같이, 유저가 자기 진단을 행하고 싶은 시점을 시퀀스 중에 기입하는 단순한 작업에 의해 유저가 자기 진단하는 포인트를 지정할 수 있게 되기 때문에, 특별한 커멘드를 추가할 필요가 없어 종래의 시스템에 용이하게 적용할 수 있다.
- <19> 본 발명을 적용하여 그 효과가 현저해지는 유량 제어 장치로서는 차압식 매스 플로우 컨트롤러를 들 수 있다. 그 경우의 구체적 구성으로는 유체가 흐르는 유로상에 마련한 유량 제어 밸브와, 상기 유량 제어 밸브로부터 흘러나오는 유체를 도입하는 도입구 및 도출하는 도출구를 구비하여 이루어지고 이들 도입출구 사이에 차압을 발생시키는 저항체와, 상기 도입구측의 유로에 연락(連絡)하여 마련되고 상기 유로를 흐르는 유체의 압력을 검지하는 입구측 센서와, 상기 도출구측의 유로에 연락하여 마련되고 상기 유로를 흐르는 유체의 압력을 검지하는 출구측 센서와, 상기 유량 제어 밸브를 유량 제어 상태로부터 클로우즈 상태로 했을 때에, 상기 입구측 센서가 하강하는 압력값으로부터 질량 유량 적분값을 적분 연산에 의해 구하고, 또한 이 구한 질량 유량 적분값을 기체의 상태 방정식에 대입하여 진단용의 체적값을 구하는 진단용 파라미터 산출부와, 상기 진단용 파라미터 산출부에서 구한 진단용의 체적값과, 규정의 체적값을 비교하는 비교부를 구비하여 이루어진 것을 들 수 있다.
- <20> 또, 유체가 흐르는 유로상에 마련한 상류측 유량 제어 밸브 및 하류측 유량 제어 밸브와, 상기 상류측 유량 제어 밸브로부터 흘러나오는 유체를 도입하는 도입구 및 도출하는 도출구를 구비하여 이루어지고 이들 도입출구 사이에 차압을 발생시키는 저항체와, 상기 도입구측의 유로에 연락하여 마련되고 상기 유로를 흐르는 유체의 압력을 검지하는 입구측 센서와, 상기 도출구측의 유로에 연락하여 마련되고 상기 유로를 흐르는 유체의 압력을 검지하는 출구측 센서와, 상기 하류측 유량 제어 밸브를 유량 제어 상태로부터 클로우즈 상태로 했을 때에, 상기 출구측 센서의 상승하는 압력값으로부터 질량 유량 적분값을 적분 연산에 의해 구하고, 또한 이 구한 질량 유량 적분값을 기체의 상태 방정식에 대입하여 진단용의 체적값을 구하는 진단용 파라미터 산출부와, 상기 진단용 파라미터 산출부에서 구한 진단용의 체적값과, 규정의 체적값을 비교하는 비교부를 구비한 차압식 매스 플로우 컨트롤러이러도 된다.
- <21> 이상에 설명한 바와 같은 본 발명에 의하면, 노즐 등의 저항체(차압 발생용 저항체라고도 함)의 막힘이나 이전 프로세스에서의 다른 잔류 가스의 존재 등의 문제를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 행할 수 있게 된다.

**실시 예**

- <35> 이하, 본 발명의 일 실시 형태를, 도 1 ~ 도 5를 참조하여 설명한다.
- <36> <제1 실시 형태: G-LIFE 진단, 체적값 비교형>
- <37> 본 실시 형태의 유량 제어 장치인 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)는 상술한 G-LIFE 진단형이라 불리는 것이고, 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)와, 이 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)와 통신 가능하게 접속되어 이루어지고 이 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)에 있어서 진단을 행하는 진단 기구 등으로서의 기능을 발휘하는 제어 장치(A2)를 구비하여 이루어진 것으로, 예를 들어 반도체 등의 성막 장치에 있어서 챔버로의 가스 공급 시스템에 사용된다. 이하, 구체적으로 각 부를 설명한다.
- <38> 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)는 도 1에 모식도를 나타내는 바와 같이, 가스가 흐르는 가스 유로(1)와, 이 가스 유로(1)의 유로상에 마련한 유량 제어 밸브(2Va)와, 차압 발생용의 저항체(3)와, 도입구(31)측의 유로(1)에 연락하여 마련되고 이 가스 유로(1)를 흐르는 가스의 압력을 검지하는 입구측 센서(4)와, 도출구(32)측의 유로(1)에 연락하여 마련되고 이 가스 유로(1)를 흐르는 가스의 압력을 검지하는 출구측 센서(5)와, 도입구(31)측의

유로(1) 내를 흐르는 가스의 온도를 검지하는 온도 센서(6)를 구비하여 이루어진 것이다.

- <39> 가스 유로(1)는 상류단(上流端)을 도입 포트, 하류단을 도출 포트에 하여 각각 개구하는 것으로, 예를 들어 도입 포트에는 외부 배관을 통하여 공압(空壓) 밸브, 압력 레귤레이터 및 가스 펌프(모두 도시하지 않음)가 접속되고, 도출 포트에는 외부 배관을 통하여 반도체 제조를 위한 챔버(도시하지 않음)가 접속되어 있다.
- <40> 유량 제어 밸브(2Va)는 상세한 것은 도시하지 않으나, 예를 들어 그 밸브 개도(開度)를 피에조 소자 등으로 이루어진 액추에이터에 의해 변화시킬 수 있도록 구성한 것으로, 제어 장치(A2)로부터의 전기 신호인 개도 제어 신호를 부여받는 것에 의해 상기 액추에이터를 구동하고, 그 개도 제어 신호의 값에 따른 밸브 개도로 조정하여 가스의 유량을 제어하는 것이다.
- <41> 저항체(3)는 유량 제어 밸브(2Va)로부터 흘러나오는 가스를 도입하는 도입구(31) 및 도출하는 도출구(32)를 구비하여 이루어지고 이들 도입출구 사이에 차압을 발생시키는 것으로, 본 실시 형태에서는 하류측이 감압된 반도체 프로세스 챔버에 연락하고 있는 경우, 감압하에서 논리니어리스 트렉터(nonlinearless tractor)라고 불리는 비직선성의 특성을 가지는 층류 소자를 사용하고 있다.
- <42> 입구측 센서(4)는 본 실시 형태에서는 절대압형의 압력 센서를 사용하고 있다.
- <43> 출구측 센서(5)는 본 실시 형태에서는 입구측 센서(4)와 동양(同樣)으로, 절대압형의 압력 센서를 사용하고 있다.
- <44> 제어 장치(A2)는 도시하지 않은 CPU나 내부 메모리, A/D 변환기, D/A 변환기 등을 가진 디지털 내지 아날로그 전기 회로, 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)의 각 부와 통신하기 위한 통신 인터페이스, 입력 인터페이스, 액정 디스플레이 등의 표시 장치 등에서 구성된 것으로, 전용의 것이어도 되고, 일부 또는 전부에 PC 등의 범용 컴퓨터를 사용하도록 한 것이어도 된다. 또, CPU를 사용하지 않고 아날로그 회로만으로 다음 각 부로서의 기능을 하도록 구성해도 되고, 그 일부의 기능을 성막 장치에 있어서 제어 장치(도시 생략)로 겸용하는 등, 물리적으로 일체일 필요는 없으며, 유선 내지 무선에 의해 서로 접속된 복수의 기기로 이루어진 것이어도 된다.
- <45> 그리고 상기 내부 메모리에 소정의 프로그램을 격납하고, 그 프로그램에 따라서 CPU나 그 주변 기기를 협동 동작시키는 것에 의해서, 이 제어 장치(A2)가 도 2에 나타내는 바와 같이, 신호 접수부(2a), 유량 산출부(2b), 편차 산출부(2c), 제어값 산출부(2d), 밸브 제어 신호 출력부(2e), 진단용 파라미터 산출부(2f), 규정값 기억부(2g), 비교부(2h), 진단 결과 출력부(2i) 등으로서의 기능을 적어도 발휘하도록 구성하고 있다. 이하, 각 부를 상술한다.
- <46> 신호 접수부(2a)는 각 압력 센서(4, 5)가 검지한 압력값을 나타내는 전기 신호를 각각 소정의 타이밍에 받아들이는 것으로, 통신 인터페이스를 사용하여 구성하고 있다.
- <47> 유량 산출부(2b)는 상기 신호 접수부(2a)에서 받아들인, 각 센서(4, 5)가 검지한 압력값에 기초하여 가스의 질량 유량을 산출하는 것이다.
- <48> 편차 산출부(2c)는 상기 유량 산출부(2b)에서 구한 가스의 질량 유량과, 유량 설정값의 편차를 산출하는 것이다.
- <49> 제어값 산출부(2d)는 상기 편차 산출부(2c)에서 구한 편차에 적어도 비례 연산(그 외에 적분 연산, 미분 연산 등을 포함해도 됨)을 실시하여, 유량 제어 밸브(2Va)로의 피드백 제어값을 산출하는 것이다.
- <50> 밸브 제어 신호 출력부(2e)는 상기 제어값 산출부(2d)에서 구한 피드백 제어값에 기초한 값을 가지는 개도 제어 신호를 생성하고, 그 개도 제어 신호를 유량 제어 밸브(2Va)에 대해 출력하는 것으로, 상기 통신 인터페이스 등을 사용하여 구성하고 있다. 그리고, 본 실시 형태에서는 진단을 위해, 예를 들어 입력 인터페이스를 적절히 조작함으로써 유량 제어 밸브(2Va)를 클로уз 상태로 되게 하는 진단용 클로уз 상태 신호를 출력할 수 있도록 하고 있다.
- <51> 진단용 파라미터 산출부(2f)는 유량 산출부(2b)로부터 가스의 질량 유량을 수신하고, 상기 유량 제어 밸브(2Va)를 유량 제어 상태에서 클로уз 상태로 했을 때의 저항체 상류측의 압력이, 제1 압력으로부터 제2 압력이 될 때까지의 기간에 걸쳐서 적분하는 것에 의해 질량 유량 적분값을 구하는 것이다. 또, 진단용 파라미터 산출부(2f)는 그 질량 유량 적분값, 상기 기간의 개시점에 있어서 입력측 센서의 압력값과 종료점에 있어서 압력값의 압력값 변화(하강) 및 온도 센서(6) 등으로부터 취득한 온도값 등의 파라미터에 기초하여 기체의 상태 방정식으로부터 진단용의 체적값을 구하는 것이다.

<52> 구체적으로, 진단용 파라미터 산출부(2f)는 밸브 제어 신호 출력부(2e)가 진단용 클로уз 상태 신호를 출력한 것을 트리거로 하고, 그 후 예를 들어 수 msec 후에 찾아오는 제1 압력  $P1_{START}$ 가 된 타이밍(개시점 a)으로부터, 추가로 수 sec ~ 수 min 후에 찾아오는 제2 압력  $P1_{END}$ 가 된 타이밍(종료점 b)까지의 기간에 있어서, 입구측 센서(4)의 압력값의 강하량  $\Delta P1$ 을 구하도록 하고 있다. 예를 들어 도 3의 경우에는 구간 a-b에 있어서 입구측 센서(4)의 압력 강하량  $\Delta P1$ 을 구한다.

<53> 또, 진단용 파라미터 산출부(2f)는 유량 산출부(2b)가 식 (1)에 의해 구한  $P1_{START} - P1_{END}$  사이에 있어서 질량 유량 Q를 수신한다.

<54> [식 1]

$$Q = (P1^2 - P2^2)X \cdot \cdot \cdot (1)$$

<55>  $P1$ 은 입구측 센서(4)의 압력값이고,  $P2$ 는 출구측 센서(5)의 압력값이다. 또, X는 가스 종류에 따라서 변화하는 계수이다.

<57> 다음에, 진단용 파라미터 산출부(2f)는 그 기간의 질량 유량 Q를 아래 식 (2)와 같이 시간 적분함으로써 질량 유량 적분값 n을 산출한다. 예를 들어 도 4의 경우에는 구간 a-b에 있어서 사선부로 표시된 부분의 질량 유량 Q의 총합이 질량 유량 적분값 n으로서 적분 연산에 의해 구해진다.

<58> [식 2]

$$n = \int_a^b Q dt \cdot \cdot \cdot (2)$$

<59> 또, 질량 유량 적분값 n은 기체의 상태 방정식에서 진단용의 체적 V를 사용하여 아래 식 (3)과 같이도 나타낼 수 있다.

<61> [식 3]

$$n = P1_{START} V / RT - P1_{END} V / RT \cdot \cdot \cdot (3)$$

<63> 또한, 진단용의 체적값 V는 식 (2), 식 (3)을 사용하여 아래 식 (4)와 같이 나타내진다.

<64> [식 4]

$$\begin{aligned} \int_a^b Q dt &= P1_{START} V / RT - P1_{END} V / RT \\ &= V / RT (P1_{START} - P1_{END}) \\ &= \Delta P1 V / RT \end{aligned}$$

$$\therefore V = \frac{RT}{\Delta P1} \int_a^b Q dt \cdot \cdot \cdot (4)$$

<66> 진단용 파라미터 산출부(2f)는 구한 질량 유량 적분값 n 등을 식 (2)과 식 (4)로부터 유도되는 아래 식 (5)에 대입하여 진단용의 체적값 V를 산출한다.

<67> [식 5]

$$V = nRT / \Delta P1 \cdot \cdot \cdot (5)$$

<69> 여기서, n은 몰수(식 (1)로 구한 단위 시간당의 질량(질량 유량 Q)을 시간으로 적분한 것, 즉 질량 유량 적분값이다), R은 기체 정수(제어 대상이 되는 기체로부터 이미 알고 있음), T는 온도(온도 센서(6) 출력 등으로부터

이미 알고 있음),  $\Delta P_1$ 은 입구측 센서(4)의 압력 강하량이다.

- <70> 규정값 기억부(2g)는 규정의 체적값  $V_0$ 을 기억하는 것이고, 상기 내부 메모리의 소정 영역에 형성하고 있다.
- <71> 본 실시 형태에서는 규정의 체적값  $V_0$ 으로서 유량 제어 밸브(2Va)로부터 저항체(3)의 입구까지의 유로 용적(데드 볼륨)을 기억하도록 하고 있다.
- <72> 비교부(2h)는 상기 진단용 파라미터 산출부(2f)에서 구한 진단용의 체적값  $V$ 와, 규정의 체적값  $V_0$ 을 비교하는 것이다.
- <73> 진단 결과 출력부(2i)는 상기 비교부(2h)의 비교 결과가 진단용의 체적값  $V$ 와, 규정의 체적값  $V_0$ 이 다르다는 것을 나타내는 경우에, 비정상이라는 취지를 화면 출력하는 것이고, 상기 표시 장치를 사용하여 구성하고 있다.
- <74> 이상과 같이 구성되는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)에 대하여 그 진단 방법에 대해 설명한다.
- <75> 우선 유량 제어 밸브(2Va)를 클로уз 상태로 하기 전에, 입구측 센서(4)로 검지하는 압력이 개시 압력( $P_{1START}$ 시)보다 낮으면 개시 압력보다 높아지도록 압력을 올린다.
- <76> 그리고, 도 5에 나타내는 바와 같이, 유량 제어 상태에 있는 유량 제어 밸브(2Va)에 대해 제어 장치(A2)의 밸브 제어 신호 출력부(2e)로부터 진단용 클로уз 상태 신호를 출력시키고 진단을 개시한다(단계 S101).
- <77> 그러면, 이 진단용 클로уз 상태 신호를 받은 유량 제어 밸브(2Va)는 클로уз 상태가 된다(단계 S102). 이에 의해, 매스 플로우 컨트롤러(A)의 하류측은 소정의 압력으로 흡인되고 있고, 유량 제어 밸브(2Va)와 저항체(3) 사이의 데드 볼륨( $V_x$ )에 있어서 압력이 하강하기 시작한다.
- <78> 그리고, 유량 산출부(2b)가 각 압력 센서(4, 5)의 검출값을 파라미터로서 상기 식 (1)로부터 질량 유량을 산출한다(단계 S103).
- <79> 다음에, 진단용 파라미터 산출부(2f)는 상기 질량 유량  $Q$ 를 받아들이고, 상기  $P_{1START}$ 로부터  $P_{1END}$ 까지 기간의 질량 유량  $Q$ 를 시간 적분함으로써 질량 유량 적분값  $n$ 을 산출한다(단계 S104). 또한, 이 일련의 연산으로부터, 질량 유량 적분값  $n$ 은 압력의 적분값에 기초한 값이라고도 할 수 있다.
- <80> 또, 진단용 파라미터 산출부(2f)는 상기  $P_{1START}$ 로부터  $P_{1END}$ 까지의 기간에 있어서 입구측 센서(4)의 압력값의 강하량  $\Delta P_1$ 을 구한다(단계. 105).
- <81> 또한, 진단용 파라미터 산출부(2f)는 전술한 바와 같이 구한 질량 유량 적분값 및 온도 센서(6)로 검지한 온도 등을 기체의 상태 방정식(식 (2))에 대입하여 진단용의 체적값  $V$ 를 산출한다(단계 S106). 이 진단용의 체적값  $V$ 의 산출에 사용하는 온도  $T$ 는  $P_{1START}$ 에 있어서 온도 센서(6)에서의 검지값을 사용해도 되고,  $P_{1END}$ 시에 있어서 검지값을 사용해도 된다. 당해 실시 형태에 있어서,  $P_{1START}$ 와  $P_{1END}$  사이에서는 온도 변화가 거의 없기 때문이다.
- <82> 그리고, 비교부(2h)가 상기 진단용 파라미터 산출부(2f)에서 구한 진단용의 체적값  $V$ 와 규정의 체적값  $V_0$ 의 비교를 행하여(단계 S107), 상기 비교부(2h)의 비교 결과가 진단용의 체적값  $V$ 와 규정의 체적값  $V_0$ 이 다르면(예를 들어 저항체(3)의 성능이 저하한 경우, 질량 유량  $Q$ 도 저하하고, 따라서 적분값도 작아진다; 단계 S108), 진단 결과 출력부(2i)가 저항체(3) 등에 이상이 발생하고 있다는 취지를 화면 출력하는 한편(단계 S109), 다르지 않으면(단계 S108), 저항체(3) 등에 이상은 없다는 취지(정상이라는 취지)를 화면 출력한다(단계 S110).
- <83> 따라서, 본 실시 형태에 관한 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)에 의하면, 유량 제어 밸브(2Va)를 유량 제어 상태에서부터 클로уз 상태로 했을 때, 각 압력 센서(4, 5)의 검출값에 기초하여 질량 유량  $Q$ 를 산출하는 동시에, 일정 기간 그것을 시간 적분하여 질량 유량 적분값을 구하고, 또한 이 질량 유량 적분값이나 상기  $\Delta P_1$  등을 기체의 상태 방정식에 대입하여 진단용의 체적값을 구하도록 하고 있기 때문에, 예를 들어 압력값에 국소적인 피크 덩 노이즈가 있었다 해도, 그 노이즈의 영향을 거의 받는 일이 없다. 따라서, 저항체(3)인 층류 소자의 경시(經時) 변화에 의해 생기는 막힘이나 잔류 가스 등을 적절히 발견할 수 있는 등, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 행할 수 있다. 또, 유량 검정용의 기준계가 불필요하게 되고, 또한 그 검정 시간도 물론 불필요하게 되어 가스 라인의 간략화를 실현할 수 있고, 게다가 저비용화가 가능하게 된다. 또, 한 순간이라도 유량 제어 밸브(2Va)가 닫히면 진단을 할 수 있기 때문에 진단의 간편성이 향상된다.

- <84> 즉, 간편하면서도, 저항체(3)의 막힘 등의 문제를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 행할 수 있다고 하는, 뛰어난 진단 기구를 가지는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)를 제공할 수 있다.
- <85> 또, 저항체(3)로서 비직선성 특성을 가지는 층류 소자를 사용하고 있기 때문에, 저류량 영역에서는 유량 변화에 대해 압력 변화를 크게, 고류량 영역에서는 유량 변화에 대해 압력 변화를 작게 할 수 있어, 그 결과 총체적으로 플랫한 유량 정밀도를 얻을 수 있다.
- <86> 또한, 예를 들어 작은 유로 지름이나 적은 유로 수의 리스트릭터(restrictor)를 사용하는 소유량(FS100cc 이하)용의 차압식 MFC 등에 있어서는 도 3의 압력의 하강 커브를 완만하게 할 수 있고, 특히 진단의 재현성을 향상시킬 수 있다.
- <87> 또, 비교부(2h)의 비교 결과가 진단용의 체적값 V와 규정의 체적값  $V_0$ 이 다르다는 것을 나타내는 경우에, 저항체(3) 등에 이상이 있다는 취지를 화면 출력하는 진단 결과 출력부(2i)를 마련하고 있기 때문에, 저항체(3) 등에 이상이 발생했음을 확실히 알 수 있다.
- <88> <제2 실시 형태: ROR 진단, 체적값 비교형>
- <89> 이하, 본 발명의 다른 일 실시 형태를, 도 6 ~ 도 10을 참조하여 설명한다.
- <90> 또한, 제2 실시 형태 중, 제1 실시 형태와 동일 명칭이고 또한 동일 부호를 붙이고 있는 것은 특별히 설명이 없는 한 제1 실시 형태의 것과 같은 구성이고 동양의 작용 효과를 나타내는 것으로 하고, 그리고 설명을 적절히 생략하고 있다.
- <91> 본 실시 형태의 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)는 일반적으로 ROR 진단형이라 불리는 것이고, 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)와, 이 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)와 통신 가능하게 접속되어 이루어지고 이 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)에 있어서 진단을 행하는 진단 기구 등으로서의 기능을 발휘하는 제어 장치(A2)를 구비하여 이루어진 것이고, 제1 실시 형태와 동양으로, 예를 들어 반도체 프로세스에 있어서 챔버로의 가스 공급 시스템에 사용된다. 이하, 구체적으로 각 부를 설명한다.
- <92> 매스 플로우 컨트롤러 본체(A1)는 도 6에 모식도를 나타내는 바와 같이, 가스가 흐르는 가스 유로(1)와, 이 가스 유로(1)상에 마련한 상류측 유량 제어 밸브(2Vb) 및 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)와, 상기 상류측 유량 제어 밸브(2Vb)로부터 흘러나오는 유체를 도입하는 도입구(31) 및 도출하는 도출구(32)를 구비하여 이루어지고 이들 도입출구 사이에 차압을 발생시키는 저항체(3)와, 상기 도입구(31)측의 유로(1)에 연락하여 마련되고 상기 유로(1)를 흐르는 유체의 압력을 검지하는 입구측 센서(4)와, 상기 도출구(32)측의 유로(1)에 연락하여 마련되고 상기 유로(1)를 흐르는 유체의 압력을 검지하는 출구측 센서(5)와 도출구(32)측의 유로(1) 내를 흐르는 가스의 온도를 검지하는 온도 센서(6)를 구비하여 이루어진 것이다.
- <93> 상류측 유량 제어 밸브(2Vb) 및 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)는 제1 실시 형태의 유량 제어 밸브(Va)와 동양의 것을 사용하고 있다.
- <94> 제어 장치(A2)는 그 기기 구성은 제1 실시 형태와 동양이다.
- <95> 그리고 제어 장치(A2)의 내부 메모리에 소정의 프로그램을 격납하고, 그 프로그램에 따라서 CPU나 그 주변 기기를 협동 동작시키는 것에 의해서, 이 제어 장치(A2)가 도 7에 나타내는 바와 같이, 신호 접수부(2a), 유량 산출부(2b), 편차 산출부(2c), 제어값 산출부(2D), 밸브 제어 신호 출력부(2E), 진단용 파라미터 산출부(2F), 규정값 기억부(2g), 비교부(2h), 진단 결과 출력부(2i) 등으로서의 기능을 적어도 발휘하도록 구성하고 있다. 이하, 제어값 산출부(2D), 밸브 제어 신호 출력부(2E), 진단용 파라미터 산출부(2F)에 대하여 상술한다.
- <96> 제어값 산출부(2D)는 편차 산출부(2c)에서 구한 편차에 적어도 비례 연산(바람직하게는 PID 연산)을 실시하여, 상류측 유량 제어 밸브(2Vb) 및/또는 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)로의 피드백 제어값을 산출하는 것이다.
- <97> 밸브 제어 신호 출력부(2E)는 상기 제어값 산출부(2D)에서 구한 피드백 제어값에 기초한 값을 가지는 개도 제어 신호를 생성하고, 그 개도 제어 신호를 상류측 유량 제어 밸브(2Vb) 및/또는 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)에 대해 출력하는 것이고, 상기 통신 인터페이스 등을 사용하여 구성하고 있다. 그리고, 본 실시 형태에서는 진단을 위해, 예를 들어 입력 인터페이스를 적절히 조작함으로써 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)를 클로즈 상태로 하는 진단용 클로즈 상태 신호를 출력할 수 있도록 하고 있다.
- <98> 진단용 파라미터 산출부(2F), 유량 산출부(2b)로부터 가스의 질량 유량 Q를 수신하고, 상기 유량 제어 밸브

(2Vc)를 유량 제어 상태에서 클로уз 상태로 했을 때의 저항체 상류측의 압력이, 제1 압력 P<sub>2START</sub>로부터 제2 압력 P<sub>2END</sub>로 될 때까지의 기간에 걸쳐 적분하는 것에 의해 질량 유량 적분값을 구하는 것이다. 또, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 그 질량 유량 적분값, 상기 기간의 개시점에 있어서 입력측 센서의 압력값과 종료점에 있어서 압력값의 압력값 변화(상승) 및 온도 센서(6) 등으로부터 취득한 온도값 등의 파라미터에 기초하여 기체의 상태 방정식으로부터 진단용의 체적값을 구하는 것이다.

<99> 구체적으로, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 밸브 제어 신호 출력부(2E)가 진단용 클로уз 상태 신호를 출력한 것을 트리거로 하고, 그 후 예를 들어 수 msec 후에 찾아오는 제1 압력이 된 타이밍(개시점, P<sub>2START</sub>)으로부터, 추가로 수 sec ~ 수 min 후에 찾아오는 제2 압력이 된 타이밍(종료점, P<sub>2END</sub>)까지의 기간에 있어서, 출구측 센서(5)의 압력값의 상승량 ΔP2를 구하도록 하고 있다. 예를 들어 도 8의 경우에는 구간 a-b에 있어서 출구측 센서(5)의 압력 상승량 ΔP2를 구한다.

<100> 또, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 유량 산출부(2b)가 아래 식 (6)에 의해 구한 P<sub>2START</sub> ~ P<sub>2END</sub> 사이에 있어서 질량 유량 Q를 수신한다.

<101> [식 6]

$$Q = (P1^2 - P2^2)X \cdot \cdot \cdot (6)$$

<102>

<103> P1은 입구측 센서(4)의 압력값이고, P2는 출구측 센서(5)의 압력값이다. 또, X는 가스 종류에 따라서 변화하는 계수이다.

<104> 다음에, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 그 기간의 질량 유량 Q를 시간 적분함으로써 질량 유량 적분값을 산출한다. 예를 들어 도 9의 경우에는 구간 a-b에 있어서 사선부로 나타내지는 부분의 질량 유량 Q의 총합이 질량 유량 적분값 n으로서 적분 연산에 의해 구해진다.

<105> 또한, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 구한 질량 유량 적분값 n 등을 제1 실시 형태와 동양으로 하여 유도되는 아래 식 (7)에 대입하여 진단용의 체적값 V를 산출한다.

<106> [식 7]

$$V = nRT / \Delta P2 \cdot \cdot \cdot (7)$$

<107>

<108> 여기서, n은 몰수(식 (6)에서 구한 단위 시간당의 질량(질량 유량 Q)을 시간으로 적분한 것, 즉 질량 유량 적분값 n이다), R은 기체 정수(제어 대상이 되는 기체로부터 이미 알고 있음), T는 온도(온도 센서(6) 출력 등으로부터 이미 알고 있음), ΔP2는 출구측 센서(5)의 압력 상승량이다.

<109> 이상과 같이 구성되는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)에 대하여 그 진단 방법에 대하여 설명한다.

<110> 우선 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)를 클로уз 상태로 하기 전에, 출구측 센서(5)로 검지하는 압력이 개시 압력(P<sub>2START</sub>시)보다 높으면 개시 압력보다 낮아지도록 압력을 낮춘다.

<111> 그리고, 도 10에 나타내는 바와 같이, 유량 제어 상태에 있는 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)에 대해, 제어 장치(A2)의 밸브 제어 신호 출력부(2e)로부터 진단용 클로уз 상태 신호를 출력시킨다(단계 S201).

<112> 그러면, 이 진단용 클로уз 상태 신호를 받은 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)는 클로уз 상태가 된다(단계 S202). 이에 의해, 저항체(3)와 하류측 유량 제어 밸브(2Vc) 사이의 데드 볼륨 Vy에 있어서 압력이 상승하기 시작한다.

<113> 그리고, 유량 산출부(2b)가 각 압력 센서(4, 5)의 검출값을 파라미터로서 상기 식 (6)으로부터 질량 유량 Q를 산출한다(단계 S203).

<114> 다음에, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 상기 질량 유량 Q를 받아들이고 P<sub>2START</sub>로부터 P<sub>2END</sub>까지 기간의 유량 Q를 시간 적분함으로써, 질량 유량 적분값 n을 산출한다(단계 S204).

<115> 또, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 P<sub>2START</sub>로부터 P<sub>2END</sub>까지의 기간에 있어서, 출구측 센서(5)의 압력값의 상승량

$\Delta P_2$ 를 구한다(단계 S205).

- <116> 또한, 진단용 파라미터 산출부(2F)는 구한 질량 유량 적분값 및 온도 센서(6)로 검지한 온도 등을 상기 식 (4)에 대입하여 진단용의 체적값  $V$ 를 산출한다(단계 S206). 이 진단용의 체적값  $V$ 의 산출에 사용하는 온도  $T$ 는  $P_{2START}$ 시에 있어서 온도 센서(6)로의 검지값을 사용해도 되고,  $P_{2END}$ 시에 있어서 검지값을 사용해도 된다. 당해 실시 형태에 있어서  $P_{2START}$ 와  $P_{2END}$  사이에서는 온도 변화가 거의 없기 때문이다.
- <117> 그리고, 비교부(2h)가 상기 진단용 파라미터 산출부(2f)에서 구한 진단용의 체적값  $V$ 와 규정의 체적값  $V_0$ 의 비교를 행하여(단계 S207), 상기 비교부(2h)의 비교 결과가 진단용의 체적값  $V$ 와 규정의 체적값  $V_0$ 이 다르면(단계 S208), 진단 결과 출력부(2i)가 저항체(3) 등에 이상이 발생하고 있다는 취지를 화면 출력하는 한편(단계 S209), 다르지 않으면(단계 S208), 저항체(3) 등에 이상은 없다는 취지(정상이라는 취지)를 화면 출력한다(단계 S210).
- <118> 따라서, 본 실시 형태에 관한 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)에 의하면, 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)를 유량 제어 상태에서부터 클로즈 상태로 했을 때, 각 압력 센서(4, 5)의 검출값에 기초하여 질량 유량  $Q$ 를 산출하는 동시에, 일정 기간 그것을 시간 적분한 출구측 센서(5)의 상승하는 압력값으로부터 질량 유량 적분값을 적분 연산에 의해 구하고, 또한 이 구한 질량 유량 적분값과 상기  $\Delta P_2$  등을 기체의 상태 방정식에 대입하여 진단용의 체적값을 구하도록 하고 있기 때문에, 예를 들어 압력값에 국소적인 피크 덩 노이즈가 있었다 해도, 그 노이즈의 영향을 거의 받는 일이 없다. 따라서, 저항체(3)인 층류 소자의 경시 변화에 의해 생기는 막힘이나 잔류 가스를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 행할 수 있다. 또, 한 순간이라도 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)가 닫히면 진단을 할 수 있기 때문에, 진단의 간편성이 향상된다. 특히, 단순히 질량 유량 적산값 자체를 비교하는 경우에 비해, G-LIFE 진단, ROR 진단 모두에 있어서 체적값을 비교하는 경우에는  $P_1(P_2)_{START}$ ,  $P_1(P_2)_{END}$ 를 규정값 취득 조건에 얽매이지 않고 자유롭게 설정할 수 있기 때문에, 보다 고정밀도이고 간편한 진단을 실현할 수 있다. 그 결과, 반도체 프로세스에 있어서 인라인 진단 등을 보다 용이하게 할 수 있게 된다.
- <119> 즉, 간편하면서, 저항체(3)의 막힘이나 잔류 가스 등의 문제를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 행할 수 있는, 뛰어난 진단 기구를 가지는 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)를 제공할 수 있다.
- <120> 또, 저항체(3)로서 비직선성 특성을 가지는 층류 소자를 사용하고 있기 때문에, 저류량 영역에서는 유량 변화에 대해 압력 변화를 크게, 고류량 영역에서는 유량 변화에 대해 압력 변화를 작게 할 수 있어, 그 결과 총체적으로 플랫한 유량 정밀도를 얻을 수 있다.
- <121> 또, 비교부(2h)의 비교 결과가 진단용의 체적값  $V$ 와 규정의 체적값  $V_0$ 이 다르다는 것을 나타내는 경우에, 저항체(3) 등에 이상이 있다는 취지를 화면 출력하는 진단 결과 출력부(2i)를 마련하고 있기 때문에, 저항체(3) 등에 이상이 발생했음을 확실하게 알 수 있다.
- <122> 또한, 본 발명은 상기 실시 형태에 한정되지 않는다.
- <123> 예를 들어 본 발명은 잔류 가스 진단에도 적용할 수 있다.
- <124> 그 경우의 기본 구성은 적어도 질량 유량 적분값을 파라미터로 한 진단용 파라미터를 잔류 가스가 없는 상태의 규정값과 비교한다는 점에서 제1 실시 형태와 동양이다. 잔류 가스가 있으면 양자는 일치하지 않으며, 퍼지가 완전하고 이전 프로세스에서 다른 종류의 가스가 잔류하고 있지 않으면 양자는 일치하게 된다.
- <125> 따라서, 예를 들어 제1 실시 형태 등에서 체적이 다른 값을 나타내는 경우(S108에서 예), 비교부는 이 진단전(직전)에 가스 종류 변경이 있었는지 여부의 데이터를 추가로 취득하고, 혹시 그 변경이 있으면 이상은 잔류 가스의 존재에 의한 것임을 진단 결과 출력부를 통하여 출력한다. 또한, 이 때 진단 결과 출력부는 추가로 퍼지를 요구하는 출력을 행하는 것이어도 된다.
- <126> 이와 같은 것이면, 1대의 MFC로 복수 종류의 가스(멀티 가스)의 유량 제어를 행하 경우에 적합하게 적용할 수 있다.
- <127> 즉, MFC로 제어하는 가스 종류를 변경하는 경우에 행하는 MFC 내 등의 퍼지의 적부(適否; 잔류 가스의 존재 여부)를, 특별한 구성을 필요로 하지 않고 간편하게 또한 단시간에 판단하여 진단할 수 있게 된다. 그러나 나아가

서는 멀티 가스의 유량 제어를 행하는 차압식 MFC에 있어서 잔류 가스에 의한 악영향을 배제하여 고정밀의 유량 제어를 실현할 수 있다.

- <128> 또, 예를 들어 진단용 파라미터로서, 도입구측 또는 도출구측의 압력이 소정의 제1 압력으로부터 소정의 제2 압력이 될 때까지 동안 당해 압력의 시간 적분값을 사용해도 되고, 지금부터 산출 가능한 것이면, 상기 질량 유량 적분값이나 체적 유량 적분값 이외의 값이어도 상관없다. 그 경우, 규정값은 그 진단용 파라미터의 중별에 대응한 것으로 하면 된다. 또한, 질량 유량 적분값을 사용하는 경우에는 규정값을 사전에 실험을 행함으로써 구하거나 시뮬레이션으로 구하면 된다.
- <129> 상기 실시 형태에서는 저항체(3)에 논리니어리스 트렉터라 불리는 비직선성의 특성을 가지는 층류 소자를 사용하고 있으나, 실시 형태에 따라 다른 양에 따라 다른 저항체(3)로 적절히 변경 가능하다.
- <130> 또, 적분 연산하는 구간의 개시 타이밍이나 종료 타이밍은 실시 형태에 따라 적절히 변경 가능하다. 예를 들어 개시점이 되는 제1 압력값과, 그것과는 달리 종료점이 되는 제2 압력값을 규정하고, 유량 제어 밸브를 클로уз 했을 때, 제1 압력값으로부터 제2 압력값에 이를 때까지 질량 유량 Q를 적산하고, 그 적산값을 파라미터로서 진단용 파라미터의 값을 정해도 된다. 그리고 이 때,  $\Delta P1(\Delta P2)$ 은 그때마다 산출하는 것이 아니라 미리 메모리에 기억해 두는 것으로 해도 된다.
- <131> 또, 진단 결과 출력부(2i)가 이상이라는 취지를 화면 출력하도록 구성하고 있으나, 예를 들어 인자(印字) 출력시키는 등 출력 형태는 본 실시 형태의 것에 한정되지 않는다.
- <132> 또, 유량 제어 밸브는 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 유량 제어 밸브와는 별개의 것으로 구성해도 된다. 예를 들어 제2 실시 형태에 있어서, 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)가 상류측 유량 제어 밸브(2Vb)와 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)를 구비하도록 하고 있으나, 하류측 유량 제어 밸브를 외부의 것으로 할 수 있다.
- <133> 또한, 특히 상술한 G-LIFE 진단형에 있어서, 절대압 센서인 입구측 센서(4) 및 출구측 센서(5)로 바꾸어, 예를 들어 도 11에 나타내는 바와 같이, 저항체의 양단 사이의 차압을 측정하는 하나의 차압 센서(7)를 사용하는 실시 형태도 생각할 수 있다. 이와 같은 구성으로 함으로써, 압력 센서의 노이즈의 영향의 저감과 비용 감소가 가능하게 되어, 압력 변동하는 유체에 대해서도 더욱 적합하게 사용하는 것이 가능하게 된다.
- <134> 여기서, 「특히, G-LIFE 진단형에 있어서」라고 한 것은, G-LIFE 진단형이면 2차측에는 챔버(진공)가 접속되어 있기 때문에, 이 2차측을 기준(제로)으로 하여 차압 센서(7)의 읽음값으로부터 1차측의 유량을 구할 수 있기 때문이다.
- <135> 또, 절대압 센서인 입구측 센서(4) 및 출구측 센서(5) 중 어느 하나와(예를 들어 도 12에 나타내는 바와 같이 상류측이 절대압 센서), 차압 센서(7)를 조합하는 실시 형태도 생각할 수 있다.
- <136> 또, 유량 제어 밸브는 차압식 MFC 제어 밸브와는 별개의 것으로 구성해도 된다. 또, 차압식 MFC의 상하류측에서 차압식 MFC가 접속되는 유로에 있어서 마련되는 밸브를 사용해도 된다.
- <137> 또, 진단 기구를 작동시키는 트리거로는 전술한 바와 같은 밸브 강제 클로уз 상태 신호의 입력 외, 차압식 매스 플로우 컨트롤러(A)를 자동 제어 할 때의 시퀀스 중에 유저가 자기 진단을 행하고 싶은 시점을 기입하여 원하는 시점에서 자기 진단을 행하는 것도 가능하다.
- <138> 구체적으로, 도 13에 나타내는 바와 같이, 진단 기구에 있어서 차압식 매스 플로우 컨트롤러를 자동 제어하는 시퀀스 중의 진단을 개시하기 위한 트리거 조건을 감시하는 감시부(2z)를 마련한다. 감시하는 트리거 조건의 대상은 밸브를 클로уз 상태로 하기 위한 클로уз 명령 외, 밸브를 클로уз 상태로 하는 후술하는 「소정의 조건」을 대상으로 할 수 있다.
- <139> 보다 구체적으로, 예를 들어 제1 실시 형태와 같이, 유량 제어 밸브(2Va)를 저항체(3)보다 상류측에 마련하고 있는 경우에는 상기 소정의 조건으로 「입구측 센서(4)로 검지하는 압력이, 개시 압력인 상기 제1 압력  $P1_{START}$ 시의 값보다 높은 값으로 되도록 유량 제어 밸브(2Va)를 동작시키고, 또한 밸브 제어 신호 출력부(2e)에, 상기 클로уз 상태로 하기 위한 신호를 출력시킨다.」라는 기술을, 감시의 대상으로 할 수 있다. 그리고, 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 동작 중에, 감시부(2z)가 이 기술을 발견한 경우, 이 소정의 조건으로 기술되어 있는 타이밍에 자기 진단을 행할 수 있다.
- <140> 또, 예를 들어 제2 실시 형태와 같이, 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)를 저항체(3)보다 하류측에 마련하고 있는 경우에는 상기 소정의 조건으로 「출구측 센서(5)로 검지하는 압력이, 개시 압력인 상기 제1 압력  $P2_{START}$ 시의 값보다

다 낮은 값으로 되도록 하류측 유량 제어 밸브(2Vc)를 동작시키고, 또한 밸브 제어 신호 출력부(2e)에, 상기 클로уз 상태로 하기 위한 신호를 출력시킨다.」라는 기술을, 감시의 대상으로 할 수 있다. 그리고, 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 동작 중에, 감시부(2z)가 이 기술을 발견한 경우, 이 소정의 조건으로 기술되어 있는 타이밍에 자기 진단을 행할 수 있다.

- <141> 따라서, 유저가 자기 진단을 행하고 싶은 시점을 감시부(2z)의 감시 대상인 소정의 조건으로 기입하면, 이 소정의 조건으로 기술되어 있는 타이밍에 자기 진단을 행할 수 있다.
- <142> 이와 같이, 유저가 자기 진단을 행하고 싶은 시점을 시퀀스 중에 기입하는 단순한 작업에 의해, 유저가 자기 진단하는 포인트를 자유롭게 지정할 수 있게 된다. 또, 특별한 커멘드를 추가할 필요가 없이 종래의 시스템에 용이하게 적용할 수 있다.
- <143> 또, 강제적으로 밸브를 클로уз시켜 당해 밸브를 완전하게 제어하고 있지 않은 상태로 하기 위해, 밸브의 개도를 제로로 제어하고 있을 때와 같이 노이즈의 영향을 받아 밸브가 불시에 닫히게 되는 문제도 발생하지 않게 된다. 따라서, 정밀도 좋은 자기 진단이 가능하게 된다.
- <144> 그 외, 각 부의 구체적 구성에 대해서도 상기 실시 형태에 한정되지 않고, 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에서 여러 가지 변형이 가능하다.

**산업상 이용 가능성**

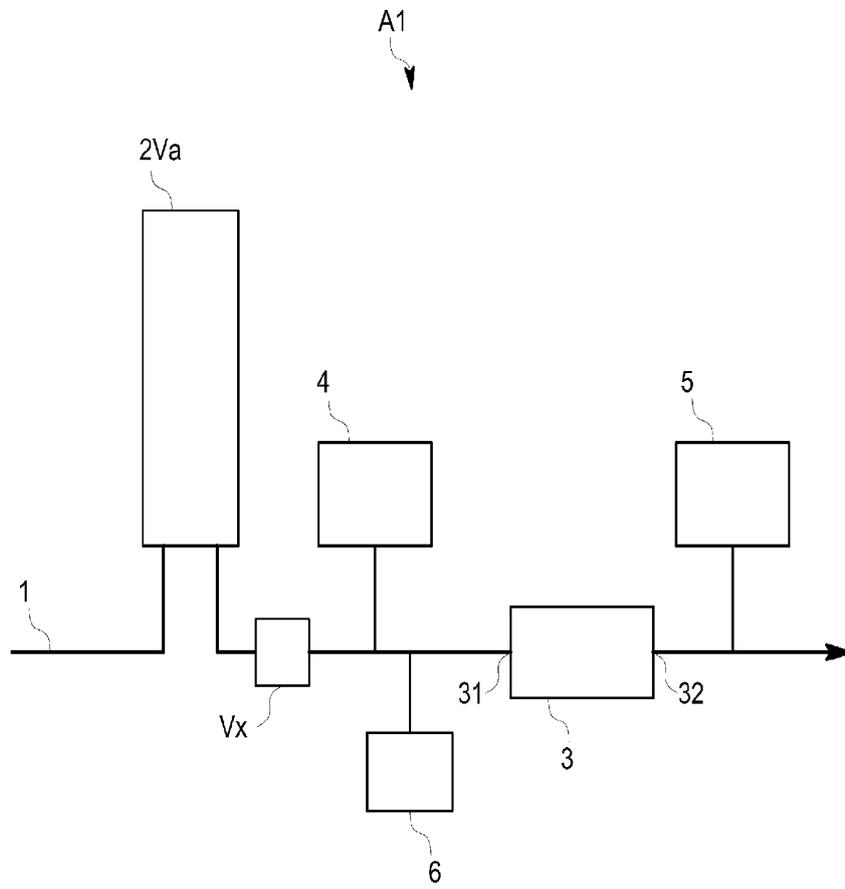
- <145> 본 발명에 의하면, 상기 노즐 등의 저항체(차압 발생용 저항체라고도 함)의 막힘이나 이전 프로세스에서의 다른 잔류 가스의 존재 등의 문제를 적절히 발견할 수 있어, 정밀도 좋게 이상 유무의 진단을 단시간에 실시할 수 있는 유량 제어 장치 등을 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

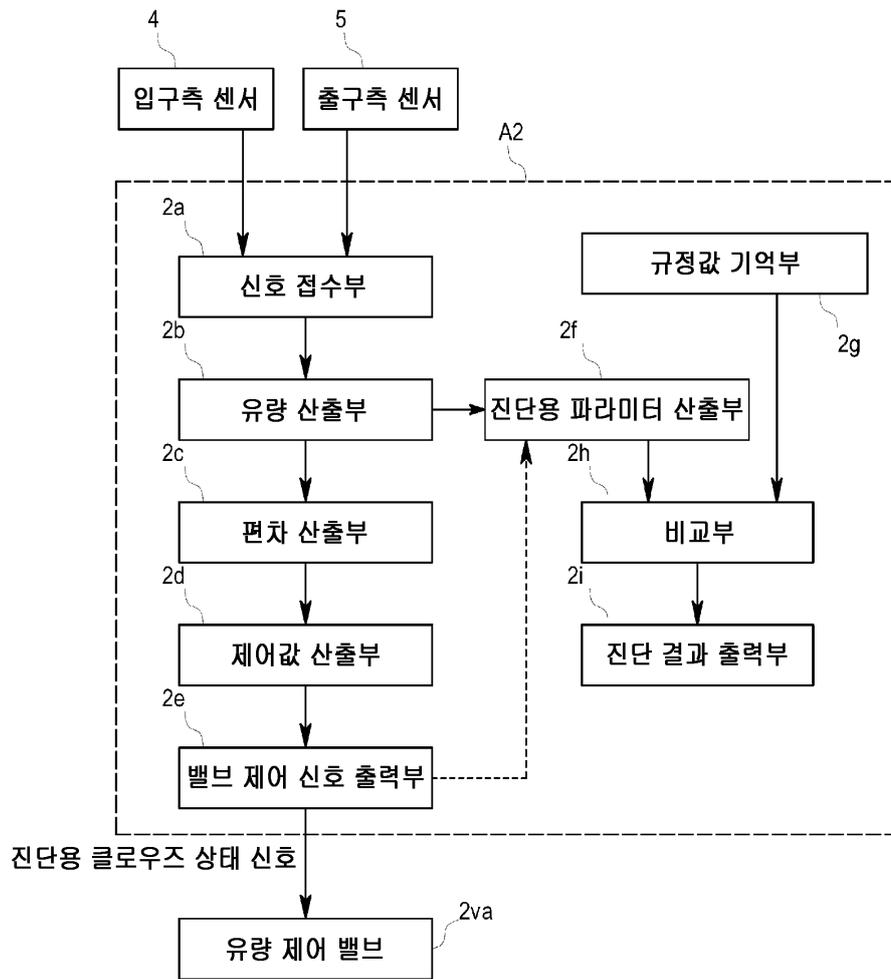
- <22> 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 관한 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 기기 구성을 나타내는 모식도이다.
- <23> 도 2는 동 실시 형태에 있어서 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 기능 구성도이다.
- <24> 구비하여 이루어지고 은 동 실시 형태에 있어서 입구측 센서의 압력 강하량을 설명하기 위한 도면이다.
- <25> 도 4는 동 실시 형태에 있어서 질량 유량 적분값을 설명하기 위한 도면이다.
- <26> 도 5는 동 실시 형태에 있어서 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 동작을 나타내는 플로도이다.
- <27> 도 6은 본 발명의 다른 일 실시 형태에 관한 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 기기 구성을 나타내는 모식도이다.
- <28> 도 7은 동 실시 형태에 있어서 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 기능 구성도이다.
- <29> 도 8은 동 실시 형태에 있어서 출구측 센서의 압력 상승량을 설명하기 위한 도면이다.
- <30> 도 9는 동 실시 형태에 있어서 질량 유량 적분값을 설명하기 위한 도면이다.
- <31> 도 10은 동 실시 형태에 있어서 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 동작을 나타내는 플로도이다.
- <32> 도 11은 본 발명의 다른 일 실시 형태에 관한 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 기기 구성을 나타내는 모식도이다.
- <33> 도 12는 본 발명의 다른 일 실시 형태에 관한 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 기기 구성을 나타내는 모식도이다.
- <34> 도 13은 본 발명의 다른 일 실시 형태에 관한 차압식 매스 플로우 컨트롤러의 기능 구성도이다.

도면

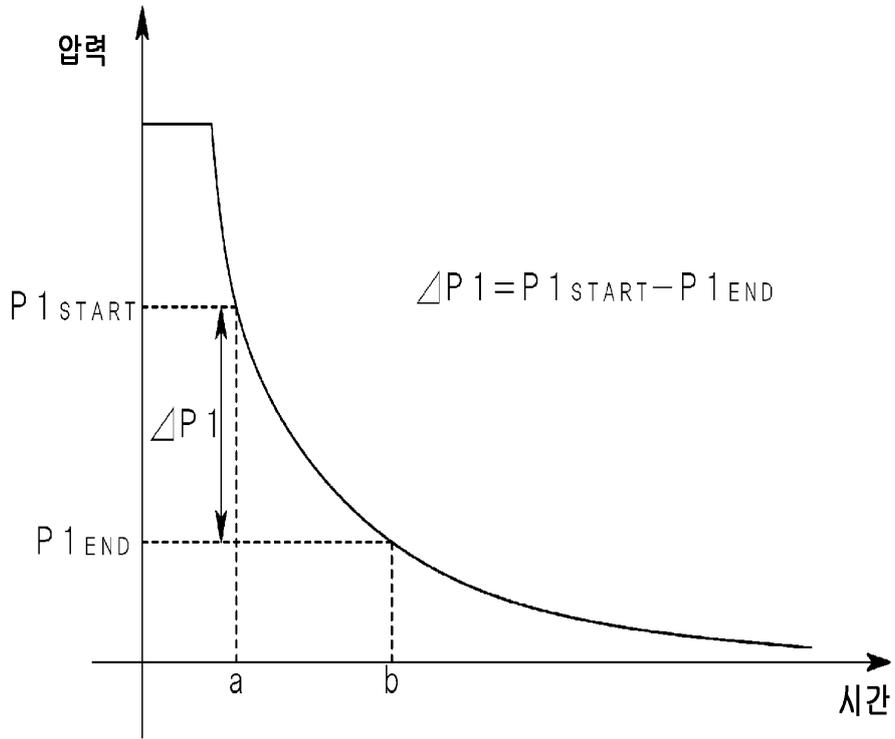
도면1



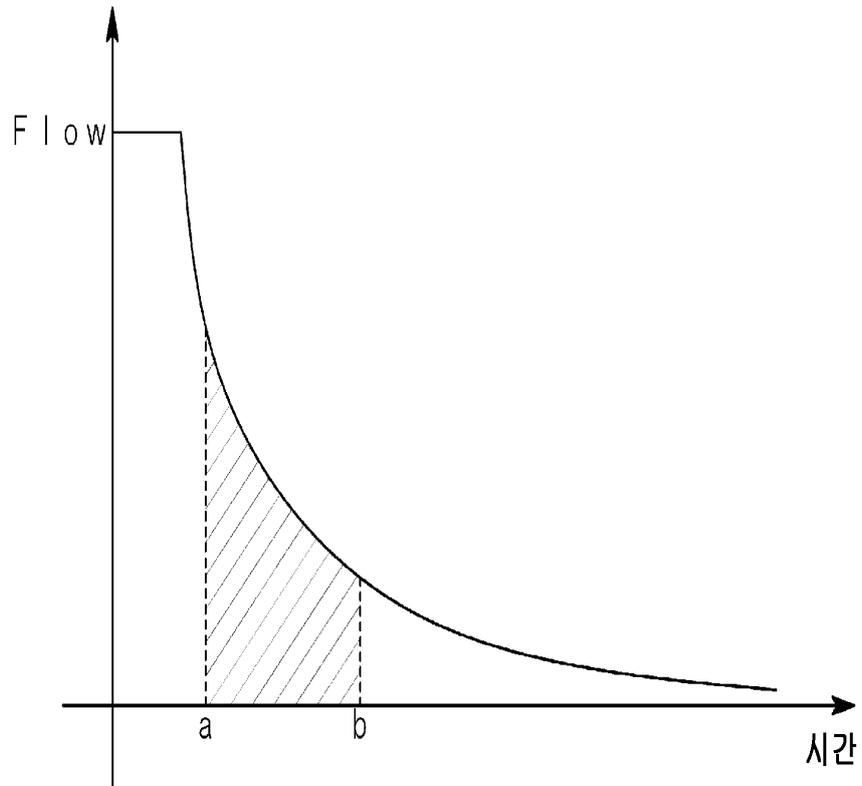
도면2



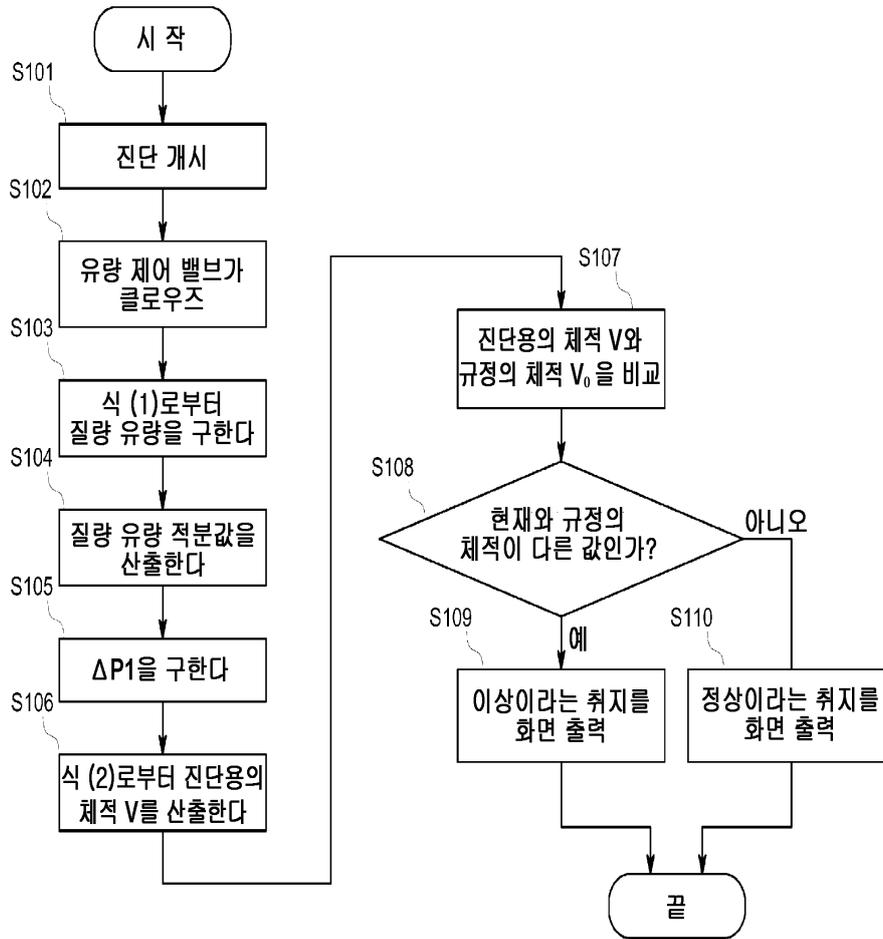
도면3



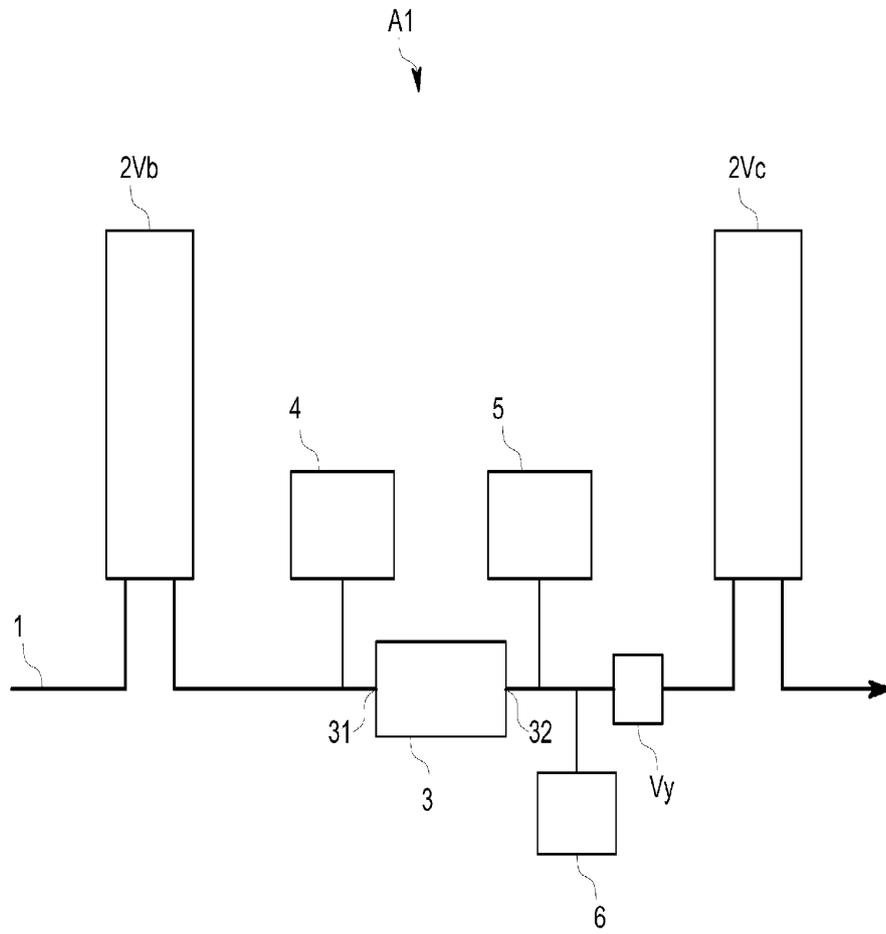
도면4



도면5

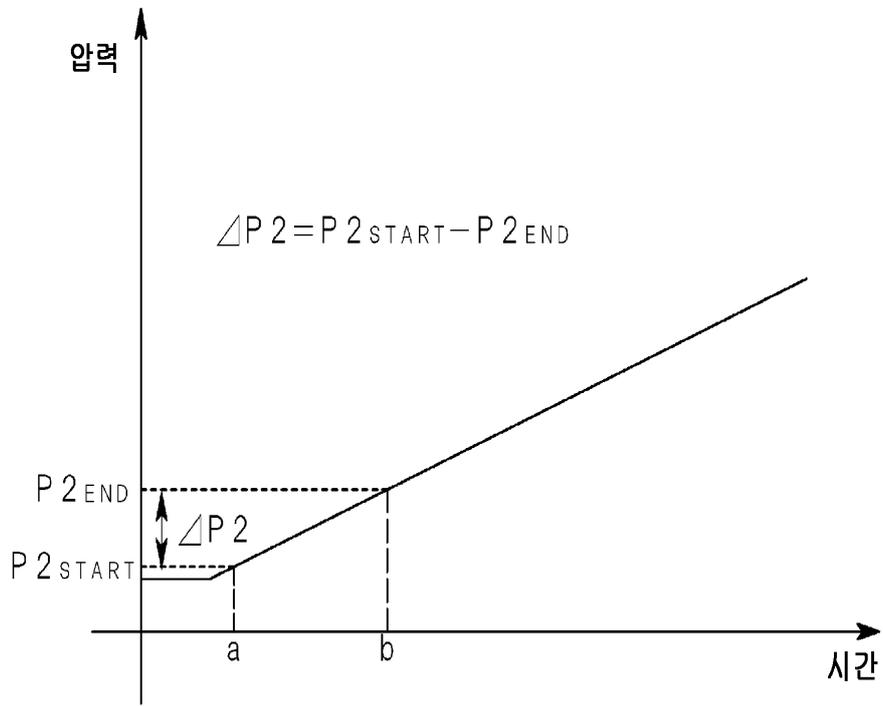


도면6

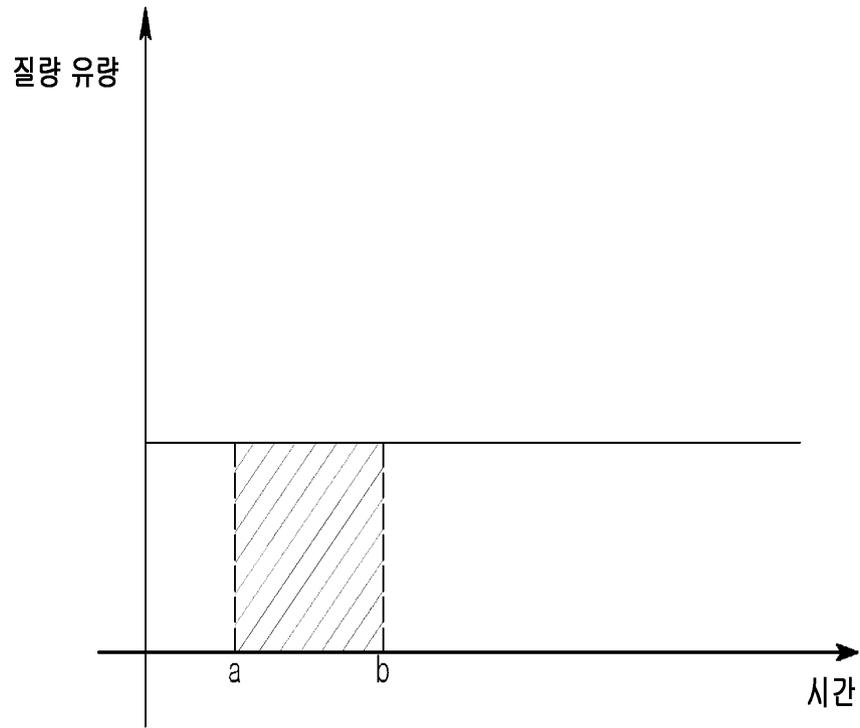




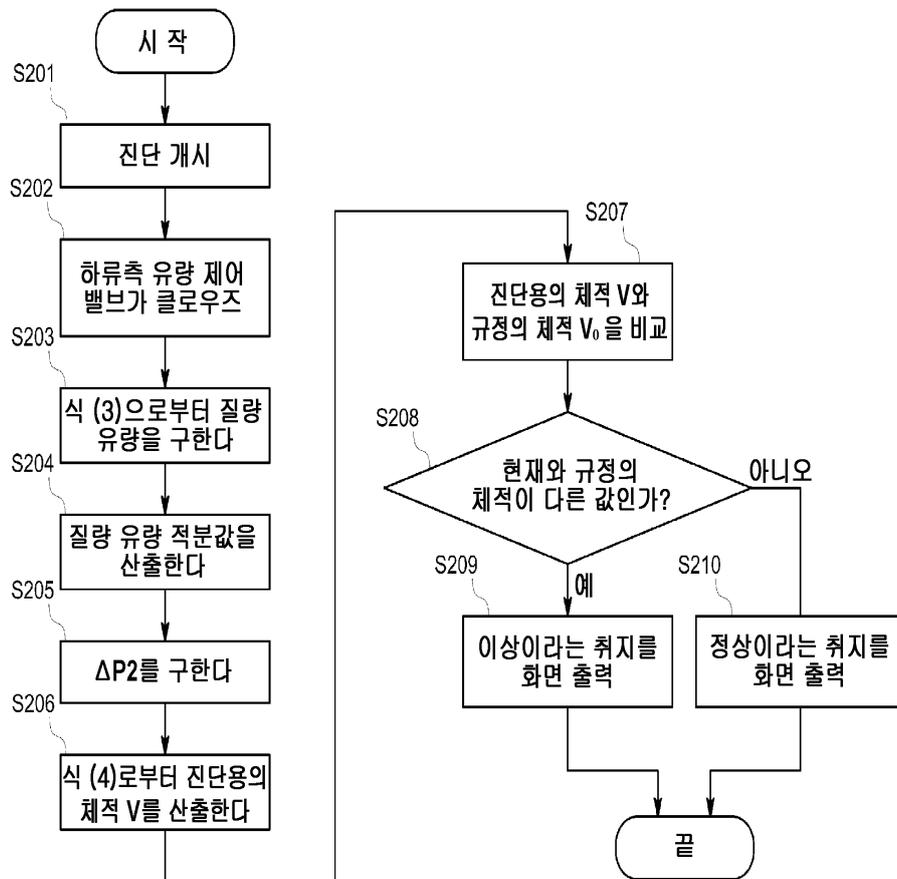
도면8



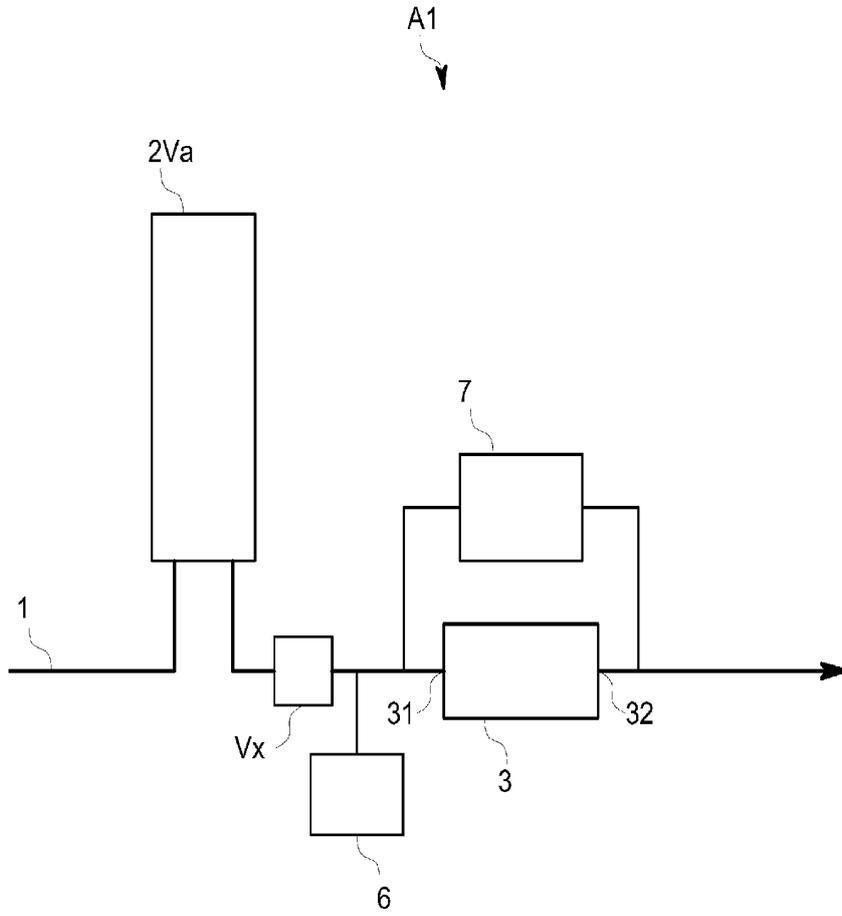
도면9



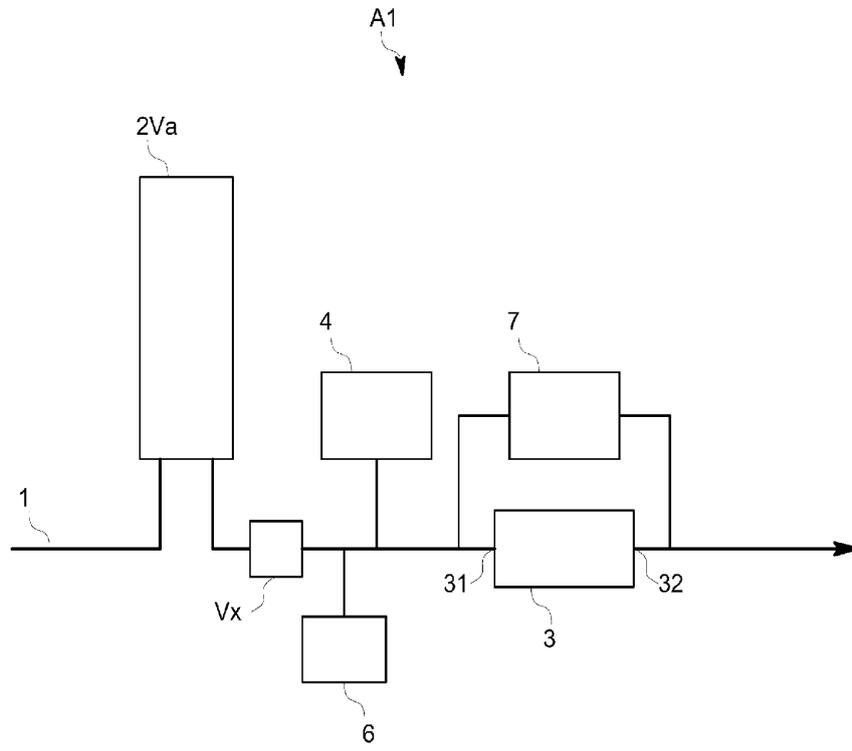
도면10



도면11



도면12



도면13

