(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월25일
(11) 등록번호 10-1372976
(24) 등록일자 2014년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 7/06 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0027200
(22) 출원일자 2007년03월20일
심사청구일자 2012년01월17일
(65) 공개번호 10-2007-0095240
(43) 공개일자 2007년09월28일
(30) 우선권주장
JP-P-2006-00076980 2006년03월20일 일본(JP)
JP-P-2006-00337917 2006년12월15일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006038832 A*
US05865205 A*
JP07281760 A
JP2000039347 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
히타치 긴조쿠 가부시키가이샤
일본국 도쿄도 미나토구 시바우라 1쵸메 2반 1고
(72) 발명자
고토 다카오
일본국 미에켄 구와나시 다이후쿠 2반지 히타치 긴조쿠가부시키가이샤 구와나 고죠내
하야시 아키후미
일본국 미에켄 구와나시 다이후쿠 2반지 히타치 긴조쿠가부시키가이샤 구와나 고죠내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

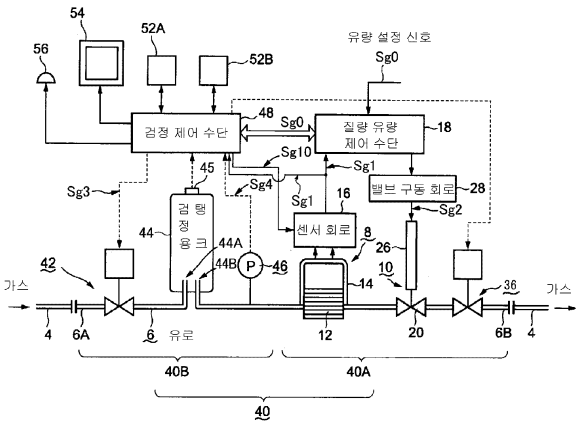
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 김주식

(54) 발명의 명칭 **질량 유량 제어 장치, 그 검정 방법 및 반도체 제조 장치**

(57) 요 약

압력 및 질량 유량(mass flow)의 양쪽을 반영시키는 동시에 탱크 용적의 변화도 고려한 고정밀도의 검정을 행하는 질량 유량 제어 장치를 제공한다. 유로(path)(6)의 최상류에 설치된 검정용 밸브(42)와, 질량 유량 제어 밸브 기구(10)와, 질량 유량 제어 밸브 기구(10)보다 상류측의 유로(6)에 설치된 탱크(44)와, 질량 유량 검출 수단(8)과, 압력 검출 수단(46)과, 질량 유량 제어 밸브 기구(10)를 제어하는 수단(18)과, 질량 유량 검정 제어 수단(48)을 갖는 질량 유량 제어 장치를 검정하는 방법으로서, (ⅰ) 유로(6)에 설정 질량 유량의 유체를 흐르게 하고, (ⅱ) 유체의 질량 유량이 설정 질량 유량과 일치되도록 질량 유량 제어 밸브 기구(10)의 개방 정도를 유지하고, (ⅲ) 검정용 밸브(42)를 폐쇄하고, (ⅳ) 탱크(44)로부터 유출되는 유체의 흐름이 안정화된 후에 유체의 압력 및 질량 유량을 측정하고, (ⅴ) 초기 상태에서 동일한 수순으로 측정한 기준 압력 및 질량 유량에 대한 압력 및 질량 유량의 변화율을 구하고, (ⅵ) 그 변화율에 따라 검정을 행하는 방법이 제공된다.

대 표 도



(72) 발명자

마쓰오카 도루

일본국 미에켄 구와나시 다이후쿠 2반지 히타치 긴조쿠가부시키가이샤 구와나 고죠내

스즈키 시게히로

일본국 미에켄 구와나시 다이후쿠 2반지 히타치 긴조쿠가부시키가이샤 구와나 고죠내

후루카와 요시유키

일본국 미에켄 미에군 아사히쵸 오부케 210반지 구와나크리에이트 가부시키가이샤 샘리서치 지교쇼내

다나카 마코토

일본국 미에켄 미에군 아사히쵸 오부케 210반지 구와나크리에이트 가부시키가이샤 샘리서치 지교쇼내

특허청구의 범위

청구항 1

유체를 흐르게 하는 유로(path)를 갖는 질량 유량 제어 장치에 있어서,

상기 유로의 최상류에 설치되고, 상기 유로를 개폐하는 검정용 밸브(calibration valve);

상기 유체의 질량 유량(mass flow)이 설정 질량 유량과 일치되도록 개방 정도를 변화시키는 질량 유량 제어 밸브 기구;

상기 질량 유량 제어 밸브 기구보다 상류측의 유로에 설치된 탱크;

상기 유체의 질량 유량을 검출하여 질량 유량 신호를 출력하는 질량 유량 검출 수단;

상기 유체의 압력을 검출하여 압력 신호를 출력하는 압력 검출 수단; 및

상기 검정용 밸브, 상기 탱크, 상기 질량 유량 검출 수단 및 상기 압력 검출 수단을 이용하여 질량 유량 검정을 행하는 검정 제어 수단

을 포함하고,

상기 검정 제어 수단은,

상기 유체의 초기 상태에서의 압력 및 질량 유량을 기준 압력 및 기준 질량 유량으로서 기억하는 기준 데이터 메모리와,

시간 경과 후의 유체의 압력 및 질량 유량을 검정용 압력 및 검정용 질량 유량으로서 기억하는 검정용 데이터 메모리를 가지고,

상기 기준 압력의 저하량과 상기 탱크의 용적의 곱(product)과, 상기 기준 질량 유량의 적분값과의 비 또는 차를 기준 비교값 Ai로 하고, 상기 검정용 압력의 저하량과 상기 탱크의 용적의 곱과, 상기 검정용 질량 유량의 적분값과의 비 또는 차를 검정용 비교값 Af로 하여, H = [1-(Af/Ai)]×100(%)의 식에 의해 표시되는 Ai에 대한 Af의 변화율 H를 미리 설정한 값과 비교함으로써 검정을 행하는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 탱크에 온도 센서가 설치되어 있고, 상기 탱크 내의 온도에 의해 상기 변화율 H를 보정하는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 질량 유량 검출 수단은 상기 유로를 따라 설치된 2개의 저항 라인의 전위차로부터 질량 유량을 검출하는 기구를 갖는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

검정 결과에 기초하여 상기 질량 유량 신호를 교정하는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 유로의 출구에 상기 유로를 개폐하는 영점 측정용 밸브(zero-point-measuring valve)가 설치되어 있는, 질량 유량 제어 장치.

청구항 6

유로의 최상류에 설치된 검정용 밸브와, 질량 유량 제어 밸브 기구와, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구보다 상류측의 유로에 설치된 탱크와, 질량 유량 검출 수단과, 압력 검출 수단과, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구를 제어하는 수단과, 질량 유량 검정 제어 수단을 갖는 질량 유량 제어 장치를 검정하는 방법에 있어서,

(ⅰ) 상기 유로에 설정 질량 유량의 유체를 흐르게 하는 단계;

(ii) 상기 유체의 질량 유량이 상기 설정 질량 유량과 일치되도록 상기 질량 유량 제어 밸브 기구의 개방 정도를 유지하는 단계;

(iii) 상기 검정용 밸브를 폐쇄하는 단계;

(iv) 상기 탱크로부터 유출되는 유체의 흐름이 안정화된 후에 유체의 압력 및 질량 유량을 측정하는 단계;

(ⅴ) 초기 상태에서 동일한 수순으로 측정해 둔 기준 압력 및 기준 질량 유량에 대한 압력 및 질량 유량의 변화율을 구하는 단계; 및

(vi) 상기 변화율에 따라 검정을 행하는 단계

를 포함하고,

상기 단계 (ⅴ)에 있어서의 변화율 H는, 다음의 수학식,

$H = [1-(Af/Ai)]\times 100(\%)$

(여기서, Af는 상기 압력의 저하량과 상기 탱크의 용적의 곱과, 상기 질량 유량의 적분값과의 비 또는 차에 의해 표현되는 검정용 비교값이며, Ai는 기준 압력 및 기준 질량 유량으로부터 동일한 방식으로 구한 기준 비교값임)에 의해 표시되는,

질량 유량 제어 장치의 검정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 변화율 H를 상기 유체의 온도에 의해 보정하는, 질량 유량 제어 장치의 검정 방법.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 유체의 흐름이 안정화되었는지의 여부에 대한 판정을, 상기 압력, 상기 질량 유량, 및 상기 비교값과 그 변화율 중 어느 하나를 소정의 값과 비교함으로써 행하는, 질량 유량 제어 장치의 검정 방법.

청구항 9

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 유로의 출구에 상기 유로를 개폐하는 영점 측정용 밸브를 설치하고, 검정 전에 상기 검정용 밸브 및 상기 영점 측정용 밸브의 누출을 검사하는, 질량 유량 제어 장치의 검정 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 누출 검사는,

상기 검정용 밸브를 폐쇄한 후, 상기 검정용 밸브와 상기 영점 측정용 밸브 사이의 가스의 압력이 소정의 값으로 강하했을 때 상기 영점 측정용 밸브를 폐쇄하고, 상기 가스의 압력 변화를 감시함으로써 행하고,

압력이 상승한 경우에는 상기 검정용 밸브의 누출이 있는 것으로 판정하고, 압력이 하강한 경우에는 상기 영점 측정용 밸브의 누출이 있는 것으로 판정하는, 질량 유량 제어 장치의 검정 방법.

청구항 11

유로의 최상류에 설치된 검정용 밸브와, 질량 유량 제어 밸브 기구와, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구보다 상류측의 유로에 설치된 탱크와, 질량 유량 검출 수단과, 압력 검출 수단과, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구를 제어하는 수단과, 질량 유량 검정 제어 수단을 갖는 질량 유량 제어 장치를 검정하는 방법에 있어서,

(ⅰ) 상기 유로에 설정 질량 유량의 유체를 흐르게 하는 단계;

(ii) 상기 유체의 질량 유량이 상기 설정 질량 유량과 일치되도록 상기 질량 유량 제어 밸브 기구의 개방 정도를 유지하는 단계;

(iii) 상기 검정용 밸브를 폐쇄하는 단계;

(iv) 상기 탱크로부터 유출되는 유체의 흐름이 안정화된 후에 상기 유체의 압력 Pf 및 질량 유량 Rf를 측정하는 단계;

(ⅴ) 상기 압력 Pf의 소정 시간에서의 저하량 ΔPf와 상기 탱크의 용적 V의 곱 ΔPf×V와, 상기 질량 유량의 적분값 ΣR와의 비 또는 차에 의해 표현되는 검정용 비교값 Af를 구하는 단계;

(vi) 초기 상태에서 상기 단계 (ⅰ)~(iv)와 동일한 방식으로 측정한 기준 압력 Pi 및 기준 질량 유량 Ri로부터, 소정 시간에서의 압력 저하량 ΔPi와 상기 탱크의 용적 V의 곱 ΔPi×V와, 질량 유량 적분값 ΣRi와의 비 또는 차에 의해 표현되는 검정용 비교값 Ai를 구하는 단계; 및

(vii) H=[1-(Af/Ai)]×100(%)의 식에 의해 표시되는 변화율 H에 따라 검정을 행하는 단계

를 포함하는 질량 유량 제어 장치의 검정 방법.

청구항 12

청구항 제1항 또는 청구항 제2항에 기재된 2개 이상의 상기 질량 유량 제어 장치와, 복수개의 개폐 밸브를 갖는 반도체 제조 장치로서, 1개의 상기 질량 유량 제어 장치의 검정 중에 다른 질량 유량 제어 장치가 질량 유량 제어를 행해지도록 상기 개폐 밸브가 구동되는, 반도체 제조 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0027] 본 발명은 비교적 작은 유량의 유체의 질량 유량 제어(mass flow rate control)의 정밀도에 대한 검정(calibration)을 행할 수 있는 질량 유량 제어 장치, 이와 같은 질량 유량 제어 장치의 검정 방법, 및 이러한 질량 유량 제어 장치를 갖는 반도체 제조 장치에 관한 것이다.

[0028] 일반적으로, 반도체 집적회로 등의 반도체 제품의 제조에 있어서 반도체 웨이퍼에 대해서 CVD 또는 에칭 등을 행하는 경우, 처리 가스의 공급량을 양호한 정밀도로 제어하기 위해 질량 유량 제어 장치(MFC : Mass Flow Controller)가 이용되고 있다.

[0029] 도 13은 액체나 기체 등의 유체를 흐르게 하는 유로(예를 들면, 가스관(4))의 중간에 설치된 종래의 질량 유량

제어 장치(2)를 나타낸다. 질량 유량 제어 장치(2)는, 양단이 가스관(4)에 접속된 스테인레스 스틸 등으로 이루어지는 유로(6)와, 각각 유로(6)의 상류측 및 하류측에 위치하는 질량 유량 검출 수단(8) 및 질량 유량 제어 밸브 기구(10)와, 마이크로 컴퓨터 등의 질량 유량 제어 수단(18)을 구비한다.

[0030] 질량 유량 검출 수단(8)은, 복수개의 바이패스 파이프(12)와, 바이패스 파이프(12)의 양단 부근에 개구가 형성되어 바이패스 파이프(12)를 우회하여 가스의 일부가 항상 소정의 비율로 흐르게 하는 센서 파이프(14)를 포함한다. 센서 파이프(14)에는, 온도에 따라 저항값이 변화하는 재질로 이루어지고 직렬로 접속된 한쌍의 저항 라인 R1 및 R4가 권취되어 있다. 저항 라인 R1은 가스 흐름의 상류측에 위치되며, 저항 라인 R4는 하류측에 위치된다. 저항 라인 R1, R4에 접속된 센서 회로(16)는 질량 유량 신호 Sg1을 출력한다.

[0031] 질량 유량 제어 수단(18)은, 센서 회로(16)가 출력하는 질량 유량 신호 Sg1를 기초로 가스의 질량 유량을 구하여, 그 질량 유량이 외부로부터 입력되는 신호 Sg0에 의해 표현되는 설정 질량 유량과 일치되도록, 질량 유량 제어 밸브 기구(10)를 제어한다.

[0032] 질량 유량 제어 밸브 기구(10)는, 유로(6)의 하류측에 설치된 질량 유량 제어 밸브(20)와, 질량 유량 제어 밸브(20)를 구동하는 회로(28)를 포함한다. 질량 유량 제어 밸브(20)는, 유로(6)에 설치된 밸브구(a valve opening)(24)와, 밸브구(24)의 개방 정도를 제어하는 금속제 다이어프램(22)과, 다이어프램(22)의 상면에 고정된 적층 압전 소자로 이루어지는 액츄에이터(26)와, 다이어프램(22) 및 액츄에이터(26)를 수용하는 케이스(27)를 포함한다. 밸브 구동 회로(28)는 질량 유량 제어 수단(18)으로부터 구동 신호를 수신하여 액츄에이터(26)에 밸브 구동 신호(전압) S2를 출력하며, 액츄에이터(26)는 다이어프램(22)을 변형시켜 밸브구(24)의 개방 정도를 제어한다.

[0033] 도 14는 질량 유량 검출 수단(8)을 나타낸다. 센서 회로(16)는 저항 라인 R1 및 R4에 병렬로 접속된 2개의 기준 저항 R2 및 R3를 가지며, 직렬 접속된 저항 라인 R1 및 R4와 직렬 접속된 기준 저항 R2 및 R3는 브리지 회로를 형성하고 있다. 기준 저항 R2 및 R3는 일정한 온도로 유지되고 있다. 저항 라인 R1 및 R4는 히터로서의 기능도 갖는다. 이 브리지 회로는, 기준 저항 R2 및 R3에 병렬로 접속된 정전류원(30)과, 저항 라인 R1 및 R4의 접속점과 기준 저항 R2 및 R3의 접속점이 입력측에 접속된 차동 회로(32)를 포함한다. 차동 회로(32)는 양측 접속점의 전위차로부터 질량 유량을 구하여 질량 유량 신호 Sg1를 출력한다.

[0034] 센서 파이프(14)에 가스가 흐르지 않을 경우, 양측 저항 라인 R1 및 R4의 온도는 동일하므로 브리지 회로는 평형이며, 차동 회로(32)가 검출하는 전위차는 영(0)이다. 센서 파이프(14)에 질량 유량 Q의 가스가 흐르면, 가스는 상류측의 저항 라인 R1에 의해 가열되어 하류측의 저항 라인 R4의 위치까지 흐르게 되므로, 열의 이동이 발생되어 저항 라인 R1 및 R4 사이에 온도차가 발생한다. 그 결과, 2개의 저항 라인 R1 및 R4의 저항값에 차가 발생되고, 가스의 질량 유량에 비례하는 전위차가 차동 회로(32)에 의해 검출된다. 따라서, 차동 회로(32)가 출력하는 질량 유량 신호 Sg1는 가스의 질량 유량에 비례한다. 검출된 가스의 질량 유량이 설정 질량 유량(전압 신호 Sg0로 표현됨)과 일치되도록, 예컨대 PID(Proportional-Integral-Derivative) 제어법에 의해 질량 유량 제어 밸브(20)의 개방 정도를 제어한다.

[0035] 도 13에 나타낸 질량 유량 제어 장치(2)에서는, 신호 Sg0가 나타내는 설정 질량 유량에 대해서 실제로 질량 유량 제어 밸브(20)에 흐르는 가스의 유량이 우수한 정밀도로 일치하는 것이 필요하다. 그러나, 센서 파이프(14)의 내벽에의 이물질의 부착과 같은 시간 경과에 따른 변화에 의해, 실제로 질량 유량 제어 밸브(20)에 흐르는 가스의 유량은 동일한 밸브 구동 전압 S2를 인가하여도 납입 당시와 약간 상이하게 된다.

[0036] 도 15는 일본 특허 공개 공보 평8-335117호에 개시된 질량 유량 제어 장치(101)를 나타낸다. 이 질량 유량 제어 장치(101)는 유체 공급원(102)에 연결된 상류측 배관(103)과 진공 펌프(104)에 연결된 하류측 배관(105) 사이에 설치되는 배관(111)과, 배관(111)에 상류측으로부터 순서대로 설치된 가변 밸브(112), 압력 센서(114), 온도 센서(115), 초음파 노즐(113) 및 압력 센서(116)와, 압력 센서(114), 온도 센서(115) 및 압력 센서(116)의 출력을 A/D 컨버터를 통하여 입력하는 제어 회로(120)와, 제어 회로(120)의 출력 신호를 수신하고 가변 밸브(112)에 구동 신호를 출력하는 드라이버(121)를 갖는다. 초음파 노즐(113)의 상류측 및 하류측의 유체의 압력을 초음파 노즐(113)에 있어서의 레이놀드수가 10^6 이상이 되도록 설정하면, 하류측 유체의 압력 및 온도에 영향을 받지 않고 유체를 목표로 하는 질량 유량으로 공급할 수 있다. 그러나, 질량 유량 제어 장치(101)에서도, 초음파 노즐(113)에의 이물질의 부착, 노즐 내면의 마모, 압력 센서(114) 및 온도 센서(115)의 드리프트 등의 시간 경과에 따른 변화에 의해, 납입 당시와 동일한 밸브 구동 전압을 인가하여도 실제의 가스의 유량이 약간 상이하게 된다.

[0037] 미국 특허 제5,865,205호는 기지의 용적(known volume)을 갖는 저장기(reservoir)로부터 유출되는 가스의 유량을 제어하는 방법으로서, (a) 원하는 흐름 입력 신호 및 교정 신호를 제1 회로에 제공하여 교정된 흐름 입력 신호를 발생하고, (b) 교정된 흐름 입력 신호를 유량 제어 회로에 제공하고, 또한 가스 흐름을 제어하기 위해 저장기의 하류의 가스 유로(gas flow path)에 배치된 질량 유량 제어 밸브에 제어 신호를 제공하고, (c) 저장기 출구 격리 밸브를 개방하여 저장기로부터 가스를 방출시키고, (d) 가스 유로 내의 가스 흐름을 질량 유량 제어 밸브의 하류에서 검출하여, 가스의 질량 유량 신호를 제1 제어 회로에 제공하고, (e) 저장기 출구 격리 밸브가 개방되어 있는 전체 기간에 걸쳐 원하는 흐름 입력 신호를 적분하고, 저장기로부터 방출해야 할 가스의 원하는 질량을 나타낸 제1 신호를 발생시키고, (f) 출구 격리 밸브를 개방하기 전의 저장기 내의 가스의 질량을 출구 격리 밸브를 폐쇄한 후의 저장기 내의 가스의 질량과 비교하여, 저장기로부터 방출된 가스의 실제 질량을 나타낸 제2 신호를 발생시키고, (g) 제1 신호와 제2 신호를 비교하여, 갱신된 교정 신호를 발생시키는 방법을 개시하고 있다. 그러나 이 방법에서는, 저장기와 질량 유량 제어 밸브 사이에 저장기 출구 격리 밸브를 구비하고, 질량 유량 제어 밸브와 장치 격리 밸브 사이에 압력 검출 장치 및 구멍(orifice)을 구비함으로써, 장치 전체가 복잡하게 되어, 저장기의 용적을 크게 하지 않을 수 없다. 또한, 검출 압력으로부터 구한 질량을 나타내는 제1 및 제2 신호를 비교하므로, 질량 신호에 동일한 정도의 시간 경과에 따른 변화(드리프트 현상이나 Cv값의 변화)가 야기되어, 검정 결과에 오차가 발생되기가 쉽다.

[0038] 일본 특허 공개 공보 2006-38832호는 소형의 탱크를 구비하고, 검정시의 압력 변화를 기준 압력 변화와 비교하는 것으로 질량 유량 검정을 행하는 질량 유량 제어 장치를 개시하고 있다. 그러나, 시간 경과에 따른 변화가 예상되는 질량 유량 검출 수단이 출력하는 질량 유량 신호가 검정 결과에 반영되지 않기 때문에, 질량 유량 제어의 검정 정밀도가 필연적으로 충분하지 않게 된다. 또한, 이 검정 방법에서는 탱크 용적이 일정한 것으로 가정하고 있지만, 실제로는 탱크 내벽에 생성물이 부착되는 등의 원인으로 탱크 용적이 변화한다. 따라서, 이 방법에서의 검정 결과에는 탱크 용적의 변화에 의한 오차가 있다.

[0039] 따라서 본 발명의 목적은 압력 및 질량 유량의 양쪽을 반영시키는 동시에 탱크 용적의 변화도 고려한 고정밀도의 검정을 행할 수 있는 질량 유량 제어 장치를 제공하는 것이다.

[0040] 본 발명의 다른 목적은 이와 같은 질량 유량 제어 장치의 검정 방법을 제공하는 것이다.

[0041] 본 발명의 또 다른 목적은 이와 같은 질량 유량 제어 장치를 사용하는 반도체 제조 장치를 제공하는 것이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0042] 유체를 흐르게 하는 유로를 갖는 본 발명의 질량 유량 제어 장치는,

[0043] 상기 유로의 최상류에 설치되고, 상기 유로를 개폐하는 검정용 밸브(calibration valve);

[0044] 상기 유체의 질량 유량이 설정 질량 유량과 일치되도록 개방 정도를 변화시키는 질량 유량 제어 밸브 기구;

[0045] 상기 질량 유량 제어 밸브 기구보다 상류측의 유로에 설치된 탱크;

[0046] 상기 유체의 질량 유량을 검출하여 질량 유량 신호를 출력하는 질량 유량 검출 수단;

[0047] 상기 유체의 압력을 검출하여 압력 신호를 출력하는 압력 검출 수단; 및

[0048] 상기 검정용 밸브, 상기 탱크, 상기 질량 유량 검출 수단 및 상기 압력 검출 수단을 이용하여 질량 유량 검정을 행하는 검정 제어 수단

[0049] 을 포함하는 것을 특징으로 하는 질량 유량 제어 장치.

[0050] 상기 검정 제어 수단은, 상기 유체의 초기 상태에서의 압력 및 질량 유량을 기준 압력 및 기준 질량 유량으로서 기억하는 기준 데이터 메모리와, 시간 경과 후의 유체의 압력 및 질량 유량을 검정용 압력 및 검정용 질량 유량으로서 기억하는 검정용 데이터 메모리를 갖는 것이 바람직하다.

[0051] 상기 기준 압력의 저하량과 상기 탱크의 용적의 곱(product)과, 상기 기준 질량 유량의 적분값과의 비 또는 차를 기준 비교값 Ai로 하고, 상기 검정용 압력의 저하량과 상기 탱크의 용적의 곱과, 상기 검정용 질량 유량의 적분값과의 비 또는 차를 검정용 비교값 Af로 하여, Ai에 대한 Af의 변화율 H를 미리 설정한 값과 비교함으로써 검정을 행하는 것이 바람직하다.

[0052] 상기 탱크에는 온도 센서가 설치되어 있고, 상기 탱크 내의 온도에 의해 상기 변화율 H를 보정하는 것이 바람직

하다.

[0053] 상기 질량 유량 검출 수단은 상기 유로를 따라 설치된 2개의 저항 라인의 전위차로부터 질량 유량을 검출하는 기구를 갖는 것이 바람직하다.

[0054] 검정 결과에 따라 상기 질량 유량 신호를 교정하는 것이 바람직하다.

[0055] 상기 유로의 출구에 상기 유로를 개폐하는 영점 측정용 밸브(zero-point-measuring valve)가 설치되어 있는 것이 바람직하다.

[0056] 유로의 최상류에 설치된 검정용 밸브와, 질량 유량 제어 밸브 기구와, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구보다 상류측의 유로에 설치된 탱크와, 질량 유량 검출 수단과, 압력 검출 수단과, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구를 제어하는 수단과, 질량 유량 검정 제어 수단을 갖는 질량 유량 제어 장치를 검정하는 본 발명의 방법은, (ⅰ) 상기 유로에 설정 질량 유량의 유체를 흐르게 하고, (ii) 상기 유체의 질량 유량이 상기 설정 질량 유량과 일치되도록 상기 질량 유량 제어 밸브 기구의 개방 정도를 유지하고, (iii) 상기 검정용 밸브를 폐쇄하고, (iv) 상기 탱크로부터 유출되는 유체의 흐름이 안정화된 후에 유체의 압력 및 질량 유량을 측정하고, (ⅴ) 초기 상태에서 동일한 수순으로 측정해 둔 기준 압력 및 기준 질량 유량에 대한 압력 및 질량 유량의 변화율을 구하고, (vi) 그 변화율에 따라 검정을 행하는 것을 특징으로 한다.

[0057] 상기 공정(5)에 있어서의 변화율 H는, 바람직하게는 다음의 수학식 1:

수학식 1

[0058] $H = [1-(Af/Ai)]\times 100(\%)$

[0059] (여기서, Af는 상기 압력의 저하량과 상기 탱크의 용적의 곱과, 상기 질량 유량의 적분값과의 비 또는 차이에 의해 표현되는 검정용 비교 값이며, Ai는 기준 압력 및 기준 질량 유량으로부터 동일한 방식으로 구한 기준 비교값임)로 표시된다.

[0060] 상기 변화율 H를 상기 유체의 온도에 의해 보정하는 것이 바람직하다.

[0061] 상기 유체의 흐름이 안정화되었는지의 여부에 대한 판정을, 상기 압력, 상기 질량 유량, 및 상기 비교값과 그 변화율 중 어느 하나를 소정의 값과 비교함으로써 행하는 것이 바람직하다.

[0062] 상기 유로의 출구에 상기 유로를 개폐하는 영점 측정용 밸브를 설치하고, 검정 전에 상기 검정용 밸브 및 상기 영점 측정용 밸브의 누출을 검사하는 것이 바람직하다.

[0063] 상기 누출 검사는 상기 검정용 밸브를 폐쇄한 후, 상기 검정용 밸브와 상기 영점 측정용 밸브 사이의 가스의 압력이 소정의 값으로 강하할 때 상기 영점 측정용 밸브를 폐쇄하여 상기 가스의 압력 변화를 감시함으로써 행해지며, 압력이 상승한 경우에는 상기 검정용 밸브의 누출이 있는 것으로 판정하고, 압력이 하강한 경우에는 상기 영점 측정용 밸브의 누출이 있는 것으로 판정하는 것이 바람직하다.

[0064] 유로의 최상류에 설치된 검정용 밸브와, 질량 유량 제어 밸브 기구와, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구보다 상류측의 유로에 설치된 탱크와, 질량 유량 검출 수단과, 압력 검출 수단과, 상기 질량 유량 제어 밸브 기구를 제어하는 수단과, 질량 유량 검정 제어 수단을 갖는 질량 유량 제어 장치를 검정하는 본 발명의 방법은, (ⅰ) 상기 유로에 설정 질량 유량의 유체를 흐르게 하고, (ii) 상기 유체의 질량 유량이 상기 설정 질량 유량과 일치되도록 상기 질량 유량 제어 밸브 기구의 개방 정도를 유지하고, (iii) 상기 검정용 밸브를 폐쇄하고, (iv) 상기 탱크로부터 유출되는 유체의 흐름이 안정화된 후에 상기 유체의 압력 Pf 및 질량 유량 Rf를 측정하고, (ⅴ) 상기 압력 Pf의 소정 시간에서의 저하량 ΔPf와 상기 탱크의 용적 V의 곱 $\Delta Pf\times V$와, 상기 질량 유량의 적분값 ΣR와의 비 또는 차에 의해 표현되는 검정용 비교값 Af를 구하고, (vi) 초기 상태에서 상기 단계 (ⅰ)~(iv)와 동일한 방식으로 측정한 기준 압력 Pi 및 기준 질량 유량 Ri로부터, 소정 시간에서의 압력 저하량 ΔPi와 상기 탱크 용적 V의 곱 $\Delta Pi\times V$와, 질량 유량 적분값 ΣRi와의 비 또는 차에 의해 표현되는 검정용 비교값 Ai를 구하고, (vii) $H=[1-(Af/Ai)]\times 100(\%)$의 수학식으로 표시되는 변화율 H에 따라 검정을 행하는 것을 특징으로 한다.

[0065] 본 발명의 반도체 제조 장치는, 적어도 2개의 상기 질량 유량 제어 장치와 복수개의 개폐 밸브를 가지며, 1개의 질량 유량 제어 장치의 검정 중에 다른 질량 유량 제어 장치가 질량 유량 제어를 행해지도록 상기 개폐 밸브가 구동되는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

[0066] [1] 질량 유량 제어 장치 및 그 검정 방법

[0067] 본 발명의 질량 유량 제어 장치 및 그 검정 방법을 첨부 도면을 참조하여 이하에서 상세하게 설명한다. 도 1은 본 발명의 질량 유량 제어 장치(40)의 일례를 나타내고, 도 2는 질량 유량 제어 장치(40)의 내부 구조를 나타낸다. 이들 도면에는 도 13 및 도 14에 도시한 것과 동일한 부품에 동일한 도면부호가 부여되어 있으며, 그에 대한 설명을 생략한다. 물론, 동일한 부품을 사용하는 것은 필수 사항은 아니다. 본 발명의 질량 유량 제어 장치(40)는 액체 및 가스의 어느 유체에 대해서도 사용할 수 있으나, 가스(예를 들면 N_2 가스)를 사용하는 경우를 예로 들어 설명한다. 따라서, 이 설명은 액체의 경우에도 그대로 적용할 수 있다.

[0068] 질량 유량 제어 장치(40)는 일단이 반도체 제조 장치(내부가 진공 상태로 되어 있는)에 접속되는 가스관(4)의 중간에 설치되고, 가스관(4) 내를 흐르는 가스의 질량 유량을 제어한다. 질량 유량 제어 장치(40)는 하류측의 질량 유량 제어부(40A)와 상류측의 질량 유량 검정부(40B)를 갖는다. 질량 유량 제어 장치(40)는 스테인레스 스틸 등으로 이루어지는 유로(6)를 갖고, 유로(6)의 입구(6A)는 가스관(4)의 상류측에 접속되고, 출구(6B)는 가스관(4)의 하류측에 접속된다.

[0069] 질량 유량 제어부(40A)는 가스의 흐름을 완전하게 차단하기 위해 하류측의 유로(6)에 설치된 영점 측정용 밸브(36) 이외에, 도 13에 나타낸 종래의 장치와 동일한 구조를 갖고, 질량 유량 검출 수단(8), 질량 유량 제어 밸브 기구(10) 및 질량 유량 제어 수단(18)을 구비한다. 질량 유량 검출 수단(8)은 바이패스 파이프(12), 센서 파이프(14) 및 센서 회로(16)를 가지며, 검출한 질량 유량 신호 Sg1를 질량 유량 제어 수단(18)에 출력한다. 질량 유량 제어 밸브 기구(10)는 질량 유량 제어 밸브(20), 질량 유량 제어 밸브(20)를 구동하는 액츄에이터(26), 및 액츄에이터(26)에 밸브 구동 전압 S2를 출력하는 밸브 구동 회로(28)를 갖는다. 질량 유량 제어 수단(18)은, 외부의 호스트 컴퓨터 등으로부터 입력되는 신호 Sg0로 표시되는 설정 질량 유량과 신호 Sg1로 표시되는 검출 질량 유량이 일치되도록, 질량 유량 제어 밸브(20)의 개방 정도를 PID 제어법 등에 의해 제어한다. 도시한 예에서는 질량 유량 제어 밸브 기구(10)는 질량 유량 검출 수단(8)의 하류에 설치되어 있지만, 질량 유량 검출 수단(8)의 상류에 설치해도 된다.

[0070] 질량 유량 검정부(40B)는 유로(6)를 개폐하는 검정용 밸브(42), 기지의 용적을 갖는 탱크(44), 가스의 압력을 검출하는 수단(압력 센서)(46), 및 마이크로 컴퓨터 등의 검정 제어 수단(48)을 구비한다.

[0071] 검정용 밸브(42)는 유로(6)의 최상류에 설치되고, 검정 제어 수단(48)으로부터의 밸브 개폐 신호 Sg3에 의해 개폐된다. 검정용 밸브(42)로서 3 방향 밸브(a 3-way valve), 완전 폐쇄용 다이어프램(a full-closable diaphragm) 등을 내장한 액츄에이터리스 소형 공기압 밸브를 사용할 수 있다. 도 2에 나타낸 바와 같이, 검정용 밸브(42)는 상자체(45)의 오목부(47)에 수용되고, 영점 측정용 밸브(36)는 상자체(45)의 오목부(62)에 수용된다. 검정용 밸브(42)의 완전 폐쇄용 다이어프램은 상자체(45)의 입구(43)로부터 도입되는 작동 공기에 의해 굴곡되어, 밸브를 완전히 개방시키거나 완전히 폐쇄시킨다. 또한, 영점 측정용 밸브(36)의 완전 폐쇄용 다이어프램은 상자체(45)의 입구(85)로부터 도입되는 작동 공기에 의해 굴곡되어, 밸브를 완전히 개방시키거나 완전히 폐쇄시킨다.

[0072] 압력 센서(46)는 예를 들면 용량 압력계(capacitance manometer)로 이루어지고, 유로(6) 내의 가스의 압력을 검출하여 압력 신호 Sg4를 검정 제어 수단(48)에 출력한다. 검정용 밸브(42)와 압력 센서(46) 사이에 설치되고, 유로(6)를 흐르는 가스가 반드시 통과하는 탱크(44)는 스테인레스 스틸 등으로 이루어지고, 탱크(44)의 저부에 가스의 입구(44A) 및 출구(44B)가 설치되고, 탱크(44)의 천정부에 온도 센서(45)(예를 들면, 백금 온도 센서)가 설치되어 있다. 탱크(44)는 예를 들면 40cm^3 정도의 용적을 갖는다. 온도 센서(45)에서 출력되는 온도 신호는 검정 제어 수단(48)에 입력된다.

[0073] 검정 제어 수단(48)은 초기 상태에서 얻은 기준으로 되는 압력 데이터 및 질량 유량 데이터를 기억하는 기준 데이터 메모리(52A)와, 검정 시에 얻은 압력 데이터 및 질량 유량 데이터를 기억하는 검정용 데이터 메모리(52B)를 갖는다. 검정 제어 수단(48)에는 또한 검정 결과 등을 표시하는 수단(54)(예를 들면, 액정 디스플레이) 및 필요시에 음성이나 광의 점멸 등에 의해 경보를 발생하는 수단(56)이 접속되어 있다. 검정 제어 수단(48)은 질량 유량 검출 수단(8)의 센서 회로(16)에 교정 신호 Sg10를 출력한다. 교정 신호 Sg10에 따라서, 센서 회로(16) 내의 차동 회로(32)(도 14에 도시)의 게인을 조정함으로써, 센서 회로(16)로부터 출력되는 질량 유량 신호 Sg1를 교정한다.

[0074] 검정을 행하기 전에 가스 유량이 완전하게 영(0)인 상태에서 질량 유량 검출 수단(8)이 출력하는 질량 유량 신호 Sg1가 「0」인지의 여부를 조사한다. 이러한 조사를 위해, 검정용 밸브(42) 및 영점 측정용 밸브(36)를 함께 폐쇄함으로써 유량 제어 장치(40) 내의 가스 유로(6)를 외부로부터 완전하게 차단하는 동시에 질량 유량 검출 수단(8)의 질량 유량 제어 밸브(20)를 개방하여 질량 유량 제어 장치(40) 내를 연통 상태로 한다. 가스 유로(6) 내의 가스 흐름이 완전하게 정지한 후, 질량 유량 신호 Sg1를 구하고, 질량 유량 신호 Sg1가 영점(zero-point)으로부터 어긋나 있는 경우, 「영점으로부터의 편차량」을 검정 제어 수단(48)에 기억한다. 영점 보정에 의해 질량 유량의 측정값의 정확도가 보증된다.

[0075] 질량 유량 제어 장치(40)의 작동에는 질량 유량 제어 모드 및 질량 유량 검정 모드의 2 종류가 있다. 질량 유량 검정 모드에는 초기 상태(예를 들면, 질량 유량 제어 장치(40)를 공장으로부터 출하할 때나 클린룸에 설치할 때 등)에, 검정의 기준으로 되는 압력 및 질량 유량의 데이터(기준 압력 데이터 및 기준 질량 유량 데이터)를 얻는 기준 데이터 취득 루틴과, 클린룸 등에서 정기적으로 또는 비정기적으로 질량 유량 제어의 정밀도가 높은지의 여부를 조사하는 검정 루틴이 있다.

[0076] 질량 유량 제어 모드는 도 13 및 도 14를 참조하여 설명한 동작과 동일하며, 질량 유량 제어 모드 동안 질량 유량 검정부(40B)는 휴지(idle)한다. 질량 유량 제어부(40A)의 질량 유량 제어 수단(18)은 신호 Sg0로 나타내는 설정 질량 유량과 신호 Sg1로 나타내는 검출 질량 유량이 일치되도록 질량 유량 제어 밸브(20)의 개방 정도를 PID 제어법 등에 의해 제어한다. 질량 유량의 측정은 소정의 간격(예를 들면, 1 msec)으로 행한다. 질량 유량이 제어된 가스는 하류측의 반도체 제조 장치 등에 공급된다.

[0077] (A) 질량 유량 검정의 원리

[0078] 도 3은 검정용 밸브(42)를 폐쇄한 후의 질량 유량 및 압력의 시간에 따른 변화를 나타낸다. 일정 유량의 가스가 흐르는 상태에서, 밸브(10)의 개방 정도를 고정하고, 검정용 밸브(42)를 완전히 폐쇄하면(시각 Tc), 질량 유량 검출 수단(8) 및 압력 센서(46)에 의해 각각 검출되는 질량 유량 및 압력은 점차적으로 감소하여, 최종적으로 질량 유량은 0으로 되고, 또 압력은 하류측의 가스관(4) 내의 압력(예를 들면, 진공 압력 또는 대기압)으로 된다.

[0079] 도 3a에 나타낸 바와 같이, T_1, T_2, T_3…의 샘플링 시간에 질량 유량은 R_1, R_2, R_3…로 변화되고, 압력은 P_1, P_2, P_3…로 변화한다. $Tc \sim T_1$ 사이에 탱크(44)로부터 유출된 가스의 질량은 그 사이의 질량 유량의 적분값에 상당하고, $T_1 \sim T_2$ 사이에 탱크(44)로부터 유출된 가스의 질량은 그 사이의 질량 유량의 적분값에 상당한다. 따라서, 검정용 밸브(42)의 폐쇄 시점 Tc로부터 검정의 종료시점 Te까지 탱크(44)로부터 유출된 가스의 질량은 그 사이의 질량 유량 R의 적분값 ΣR에 상당한다. ΣR는 다음의 수학식 2에 의해 표현된다.

수학식 2

[0080] $$\sum R = \int_{Tc}^{Te} R dt$$

[0081] 또 $Tc \sim T_1$ 사이에 탱크(44)로부터 유출된 가스의 질량은 그 사이의 압력 저하량 ΔP_1와 탱크(44)의 용적 V와의 곱에 상당하고, $T_1 \sim T_2$ 사이에 탱크(44)로부터 유출된 가스의 질량은 그 사이의 압력 저하량 ΔP_2와 탱크(44)의 용적 V와의 곱에 상당한다. 따라서, 검정용 밸브(42)의 폐쇄 시점 Tc에서부터 검정의 종료 시점 Te까지 탱크(44)로부터 유출된 가스의 질량은 $\Delta P_1 \times V + \Delta P_2 \times V \cdots = \Delta P \times V$에 상당한다.

[0082] 질량 유량 제어 장치(40)가 시간 경과에 따른 변화를 받지 않으면, 다음의 수학식 3:

수학식 3

[0083] $\Delta P \times V = \Sigma R$

[0084] 에 나타낸 바와 같이, Tc에서부터 Te까지의 압력 저하량 ΔP와 탱크(44)의 용적 V와의 곱(ΔP×V)과 질량 유량의 적분값 ΣR는 동일하게 된다. 그러나, 질량 유량 제어 장치(40)에 시간 경과에 따른 변화가 있으면, 수학식 1이 성립되지 않게 된다. 질량 유량 제어 장치(40)의 시간 경과에 따른 변화의 정도가 커지면, ΔP×V와 ΣR와의 차이도 커지게 된다. 따라서, ΔP×V와 ΣR와의 차이를 초기 상태와 시간 경과 후로 비교하면, 시간 경과에 따른 변화의 정도를 알 수 있다. 시간 경과에 따른 변화의 정도를 정량화하기 위해, ΔP×V와 ΣR의 비(ΔP×

V/ΣR) 또는 차(ΔP×V-ΣR)에 의해 표현되는 비교값 A를 사용한다. 초기 상태에서의 비교값 A를 Ai라 하고, 시간 경과 후의 비교값 A를 Af라 하면, Ai에 대한 Af의 변화율 H는 시간 경과에 따른 변화에 의한 질량 유량의 변화율을 나타낸다. 예를 들면 변화율 H가 +2%이면, 설정 질량 유량이 90%인 것으로 해도 실제로 질량 유량 제어 밸브(20)를 흐르는 가스의 유량은 90%×1.02 = 91.8%로 된다. 따라서, 질량 유량 신호 Sg1를 90/91.8 = 1/1.02배로 교정하면, 실제로 질량 유량 제어 밸브(20)를 흐르는 가스의 유량은 90%로 된다. 이와 같이 변화율 H에 따라 질량 유량 신호 Sg1를 변경하면, 실제로 질량 유량 제어 밸브(20)를 흐르는 가스의 유량을 설정대로 할 수 있다. 질량 유량 검출 수단(8)의 센서 회로(16)에 교정 신호 Sg10를 출력하고, 센서 회로(16)로부터 출력되는 질량 유량 신호 Sg1를 교정한다. 이와 같이, ΔP×V 및 ΣR로부터 구한 비교값의 변화율 H에 의해 질량 유량 제어 장치(40)의 교정을 행할 수 있다. 질량 유량 제어 장치(40)의 검정을 행하기 위해, 초기 상태에서 압력 및 질량 유량의 데이터(기준 데이터)를 취득하는 루틴과, 반도체 제조 장치에 설치한 상태에서 검정용으로 압력 및 질량 유량의 데이터(검정용 데이터)를 취득하는 루틴을 행할 필요가 있다.

[0085] (B) 제1 검정 방법

[0086] (1) 기준 데이터 취득 루틴

[0087] 도 4는 질량 유량 검정 모드에서의 각각의 신호의 시간에 따른 변화를 나타내고, 도 5는 기준 데이터 취득 루틴의 공정을 나타낸다. 먼저, 검정용 밸브(42)를 개방하여(공정 S1), 탱크(44) 내에 가스를 충만시킨다. 가스관(4)의 하류측은 진공 상태로 하여도 된다. 시각 T_1에서 설정 질량 유량 신호 Sg0를 외부의 호스트 컴퓨터 또는 검정 제어 수단(48)으로부터 질량 유량 제어 수단(18)에 보낸다(공정 S2). 설정 질량 유량 신호 Sg0는 예를 들면 0~5V의 범위에서 조절 가능하므로, 전범위에서 검정을 행할 필요가 있다. 그러므로, 예를 들면 100%(풀스케일, 5V)로부터 최소치(예를 들면 10%)까지 10%씩 감소시킨 설정 질량 유량 신호 Sg0를 질량 유량 제어 수단(18)에 보낸다. 질량 유량 제어 밸브(20)의 개방 정도는, 질량 유량 신호 Sg1와 설정 질량 유량 신호 Sg0가 일치되도록, 예를 들면 PID 제어법에 의해 제어한다.

[0088] 최초의 설정으로서 풀스케일의 설정 질량 유량 신호 Sg0를 질량 유량 제어 수단(18)에 보내면, 질량 유량 제어 수단(18)은 밸브 구동 회로(28)를 통하여 밸브 구동 전압 S2를 질량 유량 제어 밸브 기구(10)에 제공하고, Sg0에 의해 정해지는 개방 정도로 질량 유량 제어 밸브(20)를 개방한다. 이로써, 가스는 하류측으로 흐르기 시작하고, 가스의 질량 유량은 질량 유량 검출 수단(8)으로 검출되며, 질량 유량 신호 Sg1는 질량 유량 제어 수단(18) 및 검정 제어 수단(48)에 입력된다. 가스의 압력은 압력 센서(46)로 검출되고, 압력 신호 Sg4는 검정 제어 수단(48)에 입력된다.

[0089] 소정의 시간(예를 들면, 6초 정도)이 경과되어 가스의 질량 유량이 안정화된 후(공정 S3), 시각 T_2에서 밸브 구동 전압 S2를 그때의 전압값으로 고정하고, 질량 유량 제어 밸브(20)의 개방 정도를 고정한다(공정 S4). 밸브 구동 전압 S2를 고정하여 수 초가 경과된 후, 온도 센서(45)가 검출한 탱크(44) 내의 가스의 온도를 초기 온도 Ti로서 기억한다(공정 S5).

[0090] 초기 온도 Ti를 기억시킨 후 즉시, 시각 T3에서 검정 제어 수단(48)은 검정용 밸브(42)를 폐쇄시키기 위한 신호 Sg3를 출력한다(공정 S6). 이로써, 가스의 공급이 차단되고, 탱크(44) 내의 가스가 유출되기 시작하여, 질량 유량 신호 Sg1 및 압력 신호 Sg4는 서서히 감소한다.

[0091] 가스의 압력 및 질량 유량을 소정의 샘플링 간격(예를 들면, 1 msec)으로 측정하여(공정 S7), 압력 또는 질량 유량의 변화율로부터 가스 흐름이 안정화되었는지의 여부를 판정한다(공정 S8). 예를 들면, 압력의 변화율을 이용하는 경우, 도 4에 나타낸 바와 같이, 시간 ΔT에서 압력이 Pn에서 Pn+1으로 변화된 것으로 하면, 압력의 변화율 P'는 [(Pn+1 - Pn)/Pn]×100(%)으로 나타내진다. P'가 예를 들면 0.1% 이하로 되면, 압력이 안정화된(가스 흐름이 안정화됨) 것으로 판정한다. 가스 흐름이 안정화된 후의 시각 T4에서 측정한 압력 및 질량 유량을 풀스케일의 설정 질량 유량에서의 기준 압력 Pie 및 기준 질량 유량 Rie로서 기준 데이터 메모리(52A)에 기억한다(공정 S9).

[0092] 상기한 바와 같은 검정은 상이한 설정 질량 유량에 대해서 행할 필요가 있으므로, 설정 질량 유량을 하한치(예를 들면, 10%)에 도달할 때까지 예를 들면 10%씩 감소시켜, 그 때마다 기준 압력 데이터 Pie 및 기준 질량 유량 데이터 Rie를 구한다. 구체적으로는, 설정 유량이 하한치가 아닌 경우(공정 S10의 NO의 경우), 설정 질량 유량을 10%씩 감소시켜(공정 S11), 설정 질량 유량이 하한치에 도달할 때까지 공정 S3~S9를 반복하고, 그 때마다 기준 압력 데이터 Pie 및 기준 질량 유량 데이터 Rie를 기준 데이터 메모리(52A)에 기억시킨다.

[0093] (2) 검정 루틴

[0094] 질량 유량 제어 장치(40)의 시간 경과에 따른 변화를 조사하기 위해, 질량 유량 제어 장치(40)를 클린룸의 반도체 제조 장치 등의 가스 공급 라인에 내장하여 검정 루틴을 정기적 또는 비정기적으로 행한다. 도 6은 제1 검정 루틴을 나타내고, 도 7은 검정 루틴에 있어서의 검정 공정을 나타낸다. 제1 검정 루틴에서의 공정 S21~S31은 도 5에 나타낸 기준 데이터 취득 루틴의 공정 S1~S11과 기본적으로 동일하다. 따라서, 검정 루틴에 있어서의 각 신호의 변화 또한 도 4에 나타낸 바와 같다. 기준 데이터 취득 루틴과 마찬가지로, 설정 질량 유량 신호 Sg0를 풀스케일(100%)에서부터 10%씩 10%까지 감소시켜 검정 루틴을 행한다.

[0095] 검정용 밸브(42)를 개방한 후(공정 S21), 시각 T1에서 설정 질량 유량 신호 Sg0를 풀스케일(100%)로 설정한다(공정 S22). 이로써, 가스는 하류측으로 흐르기 시작하고, 가스의 압력 및 질량 유량이 검출되며, 압력 신호 Sg4는 검정 제어 수단(48)에 입력되고, 질량 유량 신호 Sg1는 제어 수단(18) 및 검정 제어 수단(48)에 입력된다. 질량 유량 제어 밸브(20)의 개방 정도는 질량 유량 신호 Sg1와 설정 질량 유량 신호 Sg0가 일치되도록 PID 제어법에 의해 제어된다. 소정의 시간(예를 들면, 6초 정도)이 경과하여 가스 흐름이 안정화된 후(공정 S23), 시각 T2에서 밸브(20)의 개방 정도를 고정한다(공정 S24). 추가로 수 초의 시간이 경과된 후, 온도 센서(45)가 검출한 탱크(44)의 온도 Tf를 기억한다(공정 S25).

[0096] 온도 Tf를 기억시킨 후 즉시, 시각 T3에서 검정 제어 수단(48)이 신호 Sg3를 출력하고, 검정용 밸브(42)를 폐쇄한다(공정 S26). 이로써, 가스의 공급이 차단되어, 탱크(44) 내의 가스가 유출되기 시작하며, 질량 유량 신호 Sg1 및 압력 신호 Sg4는 서서히 감소한다. 가스의 압력 및 질량 유량을 소정의 간격(예를 들면, 1 msec)으로 측정하고(공정 S27), 상기와 같은 방법에 의해 가스 흐름의 안정화를 판정한다(공정 S28). 가스 흐름이 안정화된 후, 시각 T4에서 풀스케일의 설정 질량 유량에서의 압력 및 질량 유량을 검정용 압력 Pfe 및 검정용 질량 유량 Rfe로서 검정용 데이터 메모리(52B)에 기억시킨다(공정 S29).

[0097] 기준 데이터와 마찬가지로 검정용 데이터를 상이한 설정 질량 유량에 대해서 구할 필요가 있으므로, 설정 질량 유량이 하한치(예를 들면 10%)가 아닌 경우(공정 S30의 NO의 경우), 설정 질량 유량을 하한치에 이를 때까지 예를 들면 10%씩 감소시켜(공정 S31), 공정 S23~S29를 반복하고, 그 때마다 검정용 압력 및 검정용 질량 유량을 검정용 데이터 메모리(52B)에 기억한다.

[0098] 기준 데이터 및 검정용 데이터를 이용하여, 도 7에 나타낸 검정(도 6에 있어서의 공정 S32에 상당)을 행한다. 공정 S41에서는, 기준 데이터 메모리(52A)에 기억시켜 둔 기준 압력 데이터 및 기준 질량 유량 데이터에 기초하여, 기준 압력 저하량 ΔPie와 탱크(44)의 용적 V와의 곱(ΔPie×V)과 기준 질량 유량의 적분값 ΣRie와의 비인 기준 비교값 Ai(=ΔPie×V/ΣRie)을 산출한다. 공정 S42에서는, 검정용 데이터 메모리(52B)에 기억시켜 둔 검정용 압력 데이터 Pfe 및 검정용 질량 유량 데이터 Rfe에 기초하여, 압력 저하량 ΔPfe와 탱크(44)의 용적 V와의 곱(ΔPfe×V)과 질량 유량의 적분값 ΣRfe와의 비인 검정용 비교값 Af(=ΔPfe×V/ΣRfe)를 산출한다.

[0099] 비교값 A를 비(AP×V/ΣR) 대신에 차(ΔP×V-ΣR)로 해도 된다. 그 경우, Ai=ΔPie×V-ΣRie이며, Af=ΔPfe×V-ΣRfe이다.

[0100] 제1 검정 방법에서는 가스 흐름이 안정화된 다음에 측정한 압력 및 질량 유량에 기초하여 기준 비교값 Ai 및 검정용 비교값 Af를 계산하므로, Ai 및 Af는 시간의 함수가 아니다. 그러나, 샘플링 간격에서 압력 및 질량 유량을 측정할 때마다 비교값 Ai 및 Af를 계산하면, 기준 비교값 Ai 및 검정용 비교값 Af의 시간에 따른 변화는 도 8에 나타낸 바와 같이 된다. 도 8에 나타낸 예에서는, 비교값 A는 ΔP×V/ΣR이다. 또한, n은 샘플링 회수를 나타낸다. 2개의 비교값 Ai 및 Af가 최초에 큰 것은, 측정 개시 시에는 열전도식의 질량 유량 검출 수단(8)을 통과하는 가스 흐름이 빠르므로, 질량 유량의 검출 지연이 크기 때문이다. 질량 유량 검출 수단으로서 응답성이 양호한 초음파 노즐을 이용하면, 질량 유량의 검출 지연이 훨씬 작지만, 초음파 노즐은 높은 가스 압력 없이는 사용될 수 없기 때문에, 범용성이 낮다. 열전도식의 질량 유량 검출 수단(8)을 사용하여도, 검정 시간을 길게 하면, 압력 저하량 ΔP 및 질량 유량의 적분값 ΣR가 커지므로, 검정 정밀도가 향상된다. 검정 시간을 길게 하기 위해서는, 가스 흐름의 안정화의 판정 기준을 엄격하게 하거나(예를 들면, 압력의 변화율을 0.05%로 하거나) 탱크의 용량을 크게 하면 된다.

[0101] 기준 비교값 Ai의 곡선과 검정용 비교값 Af의 곡선은, 질량 유량 제어 장치(40)의 시간 경과에 따른 변화 때문에 약간 어긋나 있다. 따라서, 이 어긋남을 정량화하면, 질량 유량 제어 장치(40)의 검정에 사용할 수 있다. 구체적으로는, 기준 비교값 Ai에 대한 검정용 비교값 Af의 변화율 H를 다음의 수학식 4에 의해 구한다(공정 S43).

수학식 4

[0102] $$H=[1-Af/Ai)]\times 100(\%)$$

[0103] 변화율 H는 질량 유량의 변화율에 상당한다. 제1 검정 방법에서는 비교값 Ai 및 Af를 가스 흐름의 안정화 후에 구하지만, 만일 샘플링마다 변화율 H를 산출하면, 도 9에 나타낸 바와 같이 된다. 변화율 H는 검정 개시 시에는 약간 크지만, 서서히 감소되어 안정화된다. 질량 유량 제어 장치(40)에 시간 경과에 따른 변화가 전혀 없으면, 변화율 H는 0에 수렴할 것이지만, 실제로는 질량 유량 제어 장치(40)의 시간 경과에 따른 변화에 의해 변화율 H는 가스 흐름이 안정화된 후에도 어느 정도의 레벨 Hm으로 유지된다. Hm은 안정화 후에 복수 회(예를 들면, 5회) 샘플링하여 구한 변화율 H를 평균함으로써 구할 수 있다.

[0104] 상기의 수학식 4는 온도의 영향을 고려하고 있지 않으나, 온도 보정한 변화율 H는 다음의 수학식 5에 의해 구해진다.

수학식 5

[0105] $$H=[1-(Af/Ai)\times(273.15+Ti)/(273.15+Tf)]\times 100(\%)$$

[0106] (여기서, Ti는 도 5에 나타낸 공정 S5에서 구한 탱크(44) 내의 초기 온도이며, Tf는 도 6에 나타낸 공정 S25에서 구한 탱크(44) 내의 검정 시의 온도임)

[0107] 안정화 후의 변화율 Hm를 기억시키는 동시에 표시 수단(54)에 표시한다(도 6에 나타낸 공정 S33). 변화율 Hm가 소정값을 초과한 시점을 질량 유량 제어 장치(40)를 교환하는 기준으로 하여도 된다.

[0108] 변화율 Hm에 따라 센서 회로(16)를 자동으로 교정하고, 정확한 질량 유량 신호 Sg1를 출력한다(공정 S34). 이 교정은 센서 회로(16)의 증폭기인 차동 회로(32)(도 14 참조)의 게인을 조정함으로써 행할 수 있다. 또한, 검정 결과 및 교정 데이터를 호스트 컴퓨터 등에 보내어 데이터베이스화하여도 된다. 검정 오차가 미리 설정한 허용 범위를 초과한 때에는 경보 수단(56)을 구동하여 오퍼레이터의 주의를 환기시킨다. 자동 교정이 종료하면, 검정 루틴을 종료한다.

[0109] 압력의 변화율이 소정 범위(예를 들면 0.1%) 이내가 되었는지의 여부에 의해 가스 흐름의 안정화를 판정하는 대신에, 비교값 A의 변화율(또는 변화량) 또는 변화율 H의 변화율(또는 변화량)에 의해 판정해도 된다.

[0110] 비교값 A에 의한 판정의 경우, 샘플링 마다의 비교값 A의 변화율(또는 변화량) ΔA가 소정값(예를 들면 0.1%) 이하로 되었는지의 여부에 의해, 가스 흐름의 안정화를 판정한다.

[0111] (a) 비교값 A가 $\Delta P\times V$와 ΣR의 비인 경우

수학식 6

[0112] $$\Delta A=(\Delta Pn\times V/\Sigma Rn-\Delta Pn+1\times V/\Sigma Rn+1)/(\Delta Pn\times V/\Sigma Rn)$$

[0113] $$=(\Delta Pn/\Sigma Rn-\Delta Pn+1/\Sigma Rn+1)/(\Delta Pn/\Sigma Rn)$$

[0114] (b) 비교값 A가 $\Delta P\times V$와 ΣR의 차인 경우

수학식 7

[0115] $$\Delta A=[(\Delta Pn\times V-\Sigma Rn)-(\Delta Pn+1\times V-\Sigma Rn+1)]/(\Delta Pn\times V-\Sigma Rn)$$

[0116] 비교값 A가 무 $P\times V$와 ΣR의 차인 경우, 수학식 7에 탱크(44)의 용적 V의 항이 있기 때문에, 탱크(44)의 내벽에 생성물 등이 부착되어 탱크(44)의 용적량 V가 초기 상태로부터 변화될 때에, ΔA는 영향을 받는다. 한편, 비교값 A가 $\Delta P\times V$와 ΣR의 비인 경우, 수학식 2는 탱크(44)의 용적 V의 항을 포함하지 않기 때문에, 탱크(44)의 용적량 V가 초기 상태로부터 변화하여도, ΔA는 영향을 받지 않는다.

[0117] 변화율 H에 의한 판정의 경우, 샘플링 마다의 변화율 Hn, Hn-1의 변화율(또는 변화량 A) ΔH가 소정 범위(예를 들면, 0.1%) 이내로 되는지의 여부에 의해, 가스 흐름의 안정화를 판정한다. 변화율 H의 변화율 ΔH는 다음의 수학식 8:

수학식 8

[0118] $\Delta H = (Hn - Hn-1)/Hn$

[0119] 으로 표시된다.

[0120] (3) 검정 실험

[0121] 10~5000 SCCM(대기압에서의 1분당 유량)의 범위 내에서 상이한 유량 범위를 갖는 10대의 본 발명의 질량 유량 제어 장치 MFC에 대해서 하기의 검정 평가를 행하고, 그 결과를 표 1에 나타낸다. No.8의 MFC는 유량 범위를 2개로 나누었다.

[0122] (a) 일정 압력에서의 반복성(Repeatability)

[0123] 유로(6)를 흐르는 가스의 압력을 0.2 MPa으로 하는 초기 상태에서, 도 5에 나타낸 기준 데이터 취득 루틴에 의해 기준 비교값 Ai(=ΔPi×V/ΣRi)를 구한다. 그 후 즉시, 초기 상태와 동일한 가스압으로 동일한 검정 공정을 2회 행하고, 검정용 비교값 Af1(=ΔPf1×V/ΣRf1) 및 Af2(=ΔPf2×V/ΣRf2)를 구한다. 기준 비교값 Ai 및 검정용 비교값 Af1, Af2로부터, 2개의 변화율 H1 및 H2를 얻었다. 변화율 H1 및 H2의 차(|H1-H2|)의 대소는 질량 유량의 측정치의 불균일성(unevenness)의 대소에 대응한다. 따라서, |H1-H2|에 의해 일정 압력에서의 반복성(설정 질량 유량에 대한 오차의 크기)을 평가하였다.

[0124] (b) 상이한 압력에서의 반복성

[0125] 유로(6)를 흐르는 가스의 압력을 초기 상태의 0.2 MPa로부터, 검정 공정에서 0.25 MPa(+0.05 MPa)로 변경한 것 이외에는 상기 (a)와 동일한 방법으로 2개의 변화율 H1 및 H2를 얻었다. |H1-H2|에 의해 상이한 압력에서의 반복성을 평가하였다.

표 1

[0126]

MFC No.	유량 범위 (SCCM)	일정 압력에서의 반복성	상이한 압력에서의 반복성	종합적인 반복성(1)	반복성의 보증치
1	10-14	0.34%	0.97%	1.31%	±1.50%
2	15-27	0.28%	0.98%	1.26%	
3	25-38	0.27%	1.04%	1.31%	
4	39-71	0.58%	0.87%	1.45%	
5	72-103	0.52%	0.87%	1.39%	
6	104-192	0.49%	0.67%	1.16%	
7	193-279	0.43%	0.84%	1.27%	
8	280-400	0.45%	0.89%	1.34%	
	401-754	0.88%	1.01%	1.89%	±2.50%
9	755-2037	1.05%	1.28%	2.33%	
10	2038-5000	1.11%	1.24%	2.35%	

[0127] 주의 : (1) 일정 압력에서의 반복성 + 상이한 압력에서의 반복성

[0128] 표 1로부터 명백한 바와 같이, 일정 압력에서의 반복성은 0.34~1.11%로 양호하였다. 상이한 압력에서의 반복성도 0.97~1.24%로 양호하였다. 따라서, 종합적인 반복성은, 10~400 SCCM의 유량 범위에서는 1.16~1.45%이므로 1.50%의 보증치보다 낮고, 401~5000 SCCM의 유량 범위에서는 1.89~2.35%이므로 2.50%의 보증치보다 낮았다. 이에 의해, 넓은 유량 범위에서 반복성이 양호한 유량 검정이 가능하다는 것을 알 수 있다.

[0129] (C) 제2 검정 방법

[0130] 제1 검정 방법에서는 설정 질량 유량이 하한치인지의 여부의 판정 공정 S30을 검정 공정 S32 이전에 행하고, 상이한 설정 질량 유량으로 취한 기준 데이터 및 검정용 데이터를 메모리에 기억해 두었지만, 도 10에 나타낸 바와 같이, 설정 질량 유량마다 검정(공정 S30)을 행하여도 된다. 이 경우, 기준 데이터 취득 루틴 또한 도 10에 나타낸 바와 같이 변경된다.

[0131] (D) 제3 검정 방법

[0132] 기준 압력 데이터 및 기준 질량 유량 데이터의 취득과 동시에 기준 비교값 Ai를 산출하여 기준 데이터 메모리

(52A)에 기억하고, 검정용의 압력 데이터 및 질량 유량 데이터를 취득할 때마다 검정용 비교값 Af를 산출하여도 된다. 이 경우, 기준 비교값 Ai 및 검정용 비교값 Af는 샘플링 회수마다 변화하므로, 비교값의 변화율에 의해 가스 흐름의 안정화를 판정하여도 된다.

[0133] (D) 밸브의 누출 검사

[0134] 질량 유량 제어 장치의 검정에 있어서, 검정용 밸브(42) 및 영점 측정용 밸브(36)에 누출이 없다는 것이 필요하다. 검정용 밸브(42)에 누출이 있으면, 압력 저하량 ΔP가 부정확하게 된다. 또, 영점 측정용 밸브(36)에 누출이 있으면, 질량 유량 검출 수단(8)의 영점 보정이 부정확하게 된다. 그러므로, 영점 보정 및 검정 전에, 검정용 밸브(42) 및 영점 측정용 밸브(36)의 누출을 검사한다.

[0135] 도 11은 검정용 밸브(42) 및 영점 측정용 밸브(36)를 차례로 폐쇄할 때의 압력 변동을 나타낸다. 시각 "170"에서 검정용 밸브(42)를 폐쇄하면, 검정용 밸브(42)와 영점 측정용 밸브(36) 사이의 압력은 급속히 저하된다. 소정의 압력 강하(예를 들면, 0.03MPa)가 관측되는 시각 "171"에서 영점 측정용 밸브(36)를 폐쇄한다. 압력이 안정화되는 시간(예를 들면, 2~4초)을 경과한 시점 "172"에서의 압력을 기준으로 하여 압력 변동의 감시를 예를 들면 10초간 행한다. 압력이 라인 "174"와 같이 상승하면 검정용 밸브(42)가 누출되고 있는 것으로 판정하고, 라인 "175"와 같이 강하하면 영점 측정용 밸브(36)가 누출되고 있는 것으로 판정한다. 검정용 밸브(42) 또는 영점 측정용 밸브(36)의 누출이 있으면, 질량 유량 제어 장치(40)는 밸브가 비정상이라는 것을 나타내는 신호를 발생하고, 검정을 정지한다. 라인 "173"과 같이 압력 변동이 없는 경우, 검정용 밸브(42) 및 영점 측정용 밸브(36)를 모두 정상으로 판정하고, 영점 보정 또는 유량 검정으로 진행한다. 이와 같이 영점 보정 및 유량 검정을 행하기 전에 검정용 밸브(42) 및 영점 측정용 밸브(36)의 누출 검사를 행하면, 검정 결과의 정밀도는 더욱 높아진다.

[0136] [2] 반도체 제조 장치

[0137] 본 발명의 유량 검정 기능을 갖는 질량 유량 제어 장치를 탑재한 반도체 제조 장치의 일례를 도 12에 나타낸다. 프로세스 가스 소스(L1, L2)로부터 나온 프로세스 가스는, 압력 제어 장치(R1, R2)에 의해 적절한 압력으로 조정되어 개폐 밸브(V1, V4)를 거쳐 유량 검정 기능을 갖는 질량 유량 제어 장치(40-1, 40-2)에 진입하고, 유량을 제어 한 후 개폐 밸브(V2, V5, V10)를 거쳐 처리실(D)에 진입한다. 처리실(D)의 출구는 개폐 밸브(V12)를 거쳐 배기 장치(P)에 연결되어 있다. 프로세스 가스의 치환이나 유량 검정에 이용하는 불활성 가스는, 불활성 가스 소스(L3)로부터 빠져나와, 압력 제어 장치(R3)에 의해 적절한 압력으로 조정되어 개폐 밸브(V7, V9, V3, V6)를 거쳐 질량 유량 제어 장치(40-1, 40-2)에 진입하고, 유량을 제어 한 후 개폐 밸브(V8, V10)를 거쳐 처리실(D)에 진입한다.

[0138] 반도체 제조 장치의 조작에 있어서, 모든 지령 신호는 제어 장치(C)로부터 출력된다. 초기 상태에서는, 개폐 밸브(V1~V12)는 폐쇄되어 있다. 먼저, 배기 장치(P)를 가동하고, 질량 유량 제어 장치(40-1~40-3), 및 개폐 밸브(V2, V3, V5~V10 및 V12)를 개방하여, 압력 제어 장치(R3)로 압력 제어한 불활성 가스(예를 들면, 질소)를 배관내 및 처리실(D) 내에 도입한다. 이어서, 개폐 밸브 V3, V5, V6 및 V9를 폐쇄하고 개폐 밸브 V1을 개방하여, 제어 장치(C)로부터 질량 유량 제어 장치(40-1, 40-3)에 설정 질량 유량 신호를 보낸다. 이 상태에서, 프로세스 가스 소스 L1으로부터 나오는 프로세스 가스를 압력 제어 장치 R1로 압력 제어하여 질량 유량 제어 장치(40-1)에 도입하는 동시에, 불활성 가스 소스 L3로부터 나오는 불활성 가스를 압력 제어 장치 R3로 압력 제어하여 질량 유량 제어 장치(40-3)에 도입하고, 이에 의해 불활성 가스로 희석된 프로세스 가스가 처리실(D)에 도입된다. 프로세스 가스 소스 L2를 사용하는 경우도 마찬가지이다.

[0139] 예를 들면, 질량 유량 제어 장치(40-1)를 검정하는 경우, 배기 장치(P)를 가동하고, 개폐 밸브 V2, V3, V7, V9, V10, V12를 개방하여, 불활성 가스 소스 L3로부터 나오는 불활성 가스를 압력 제어 장치 R3를 거쳐 질량 유량 제어 장치(40-1)에 도입한다. 이어서, 질량 유량 제어 장치(40-1)에 검정 모드의 지시 신호를 보낸다. 물론, 불활성 가스 대신에 프로세스 가스 소스 L1 또는 L2로부터 나오는 프로세스 가스를 사용해도 된다.

[0140] 반도체의 양품율은 클린룸의 청결도(cleanness)나 프로세스 가스의 유량 제어의 고정밀도에 영향을 받는다. 예를 들면, 오퍼레이터가 행하는 작업에서는 먼지 발생이 청결도에 큰 영향을 미치므로, 무인의 원격 조작이 바람직하다. 본 발명은 원격 조작으로 프로세스 가스의 유량 제어의 검정 및 교정을 행하는 것을 가능하게 한다.

[0141] 압력 제어 장치, 개폐 밸브, 질량 유량 제어 장치, 처리실 및 배기 장치를 포함하는 반도체 제조 장치 전체를 제어 장치(C)에 의해서만 일원적으로 제어하므로, 자동적인 유량 검정을 행할 수 있다. 또, 복수개의 질량 유량 제어 장치를 전환하면서 검정하므로, 반도체 제조 장치의 연속 운전이 방해되지 않는다. 또한, 질량 유량

제어 장치는 검정 기능을 가지므로, 제어 장치(C)로부터 검정 모드의 지시 신호를 받는 것만으로도 가능하며, 종래의 방법보다 제어 프로그램이 매우 간단하다.

[0142] 본 발명을 도시한 예로 보다 상세하게 설명하였으나 거기에 한정되지 않고, 본 발명의 사상의 범위 내에서 각종의 변경을 할 수 있다.

발명의 효과

[0143] 본 발명의 질량 유량 제어 장치의 검정은 초기 상태 및 검정시에서의 압력 및 질량 유량의 양쪽의 변동을 포함하는 파라미터를 사용하므로, 정밀도가 매우 높다. 또한, 질량 유량 제어 장치를 반도체 제조 장치의 가스 공급계 등에 유지한 채로, 운전을 정지하지 않고서도 원격 조작으로 단시간에 검정 가능하므로, 반도체 제조 장치 등의 가동률의 저하를 막을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0001] 도 1은 본 발명의 질량 유량 제어 장치의 일례를 나타낸 블록도이다.

[0002] 도 2는 본 발명의 질량 유량 제어 장치의 내부 구조를 나타낸 개략 단면도이다.

[0003] 도 3a는 질량 유량 및 압력의 시간에 따른 변화를 나타낸 그래프이다.

[0004] 도 3b는 압력 저하와 탱크 용적을 곱한 값과 질량 유량의 적분값 간의 관계를 나타낸 그래프이다.

[0005] 도 4는 질량 유량 제어 장치의 검정 모드 시의 각 신호의 타이밍을 나타내는 차트이다.

[0006] 도 5는 기준 데이터 취득 루틴의 각 공정을 나타낸 플로차트이다.

[0007] 도 6은 제1 검정 방법에서의 검정 루틴의 각 공정을 나타낸 플로차트이다.

[0008] 도 7은 검정 루틴에서의 검정의 각 공정을 나타낸 플로차트이다.

[0009] 도 8은 압력 저하량 ΔP와 탱크 용적 V를 곱한 값과 질량 유량의 적분값 ΣR의 비($\Delta P \times V/\Sigma R$, 비교값 A)의 시간에 따른 변화를 나타낸 그래프이다.

[0010] 도 9는 변화율 H의 시간에 따른 변화를 나타낸 그래프이다.

[0011] 도 10은 제2 검정 방법에서의 검정 루틴을 나타낸 플로차트이다.

[0012] 도 11은 누출 검사(leak test)에 있어서의 검정용 밸브와 영점 측정용 밸브(zero-point-measuring valve) 간의 압력의 시간에 따른 변화를 나타낸 그래프이다.

[0013] 도 12는 본 발명의 반도체 제조 장치의 일례를 나타낸 개략도이다.

[0014] 도 13은 가스관에 설치된 종래의 질량 유량 제어 장치의 일례를 나타낸 개략도이다.

[0015] 도 14는 도 13의 질량 유량 제어 장치에서의 질량 유량 검출 수단의 구조를 나타낸 개략도이다.

[0016] 도 15는 종래의 질량 유량 제어 장치의 다른 예를 나타낸 개략도이다.

[0017] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0018] 6 : 유로

[0019] 16 : 센서 회로

[0020] 18 : 질량 유량 제어 수단

[0021] 20 : 질량 유량 제어 밸브

[0022] 28 : 밸브 구동 회로

[0023] 40 : 질량 유량 제어 장치

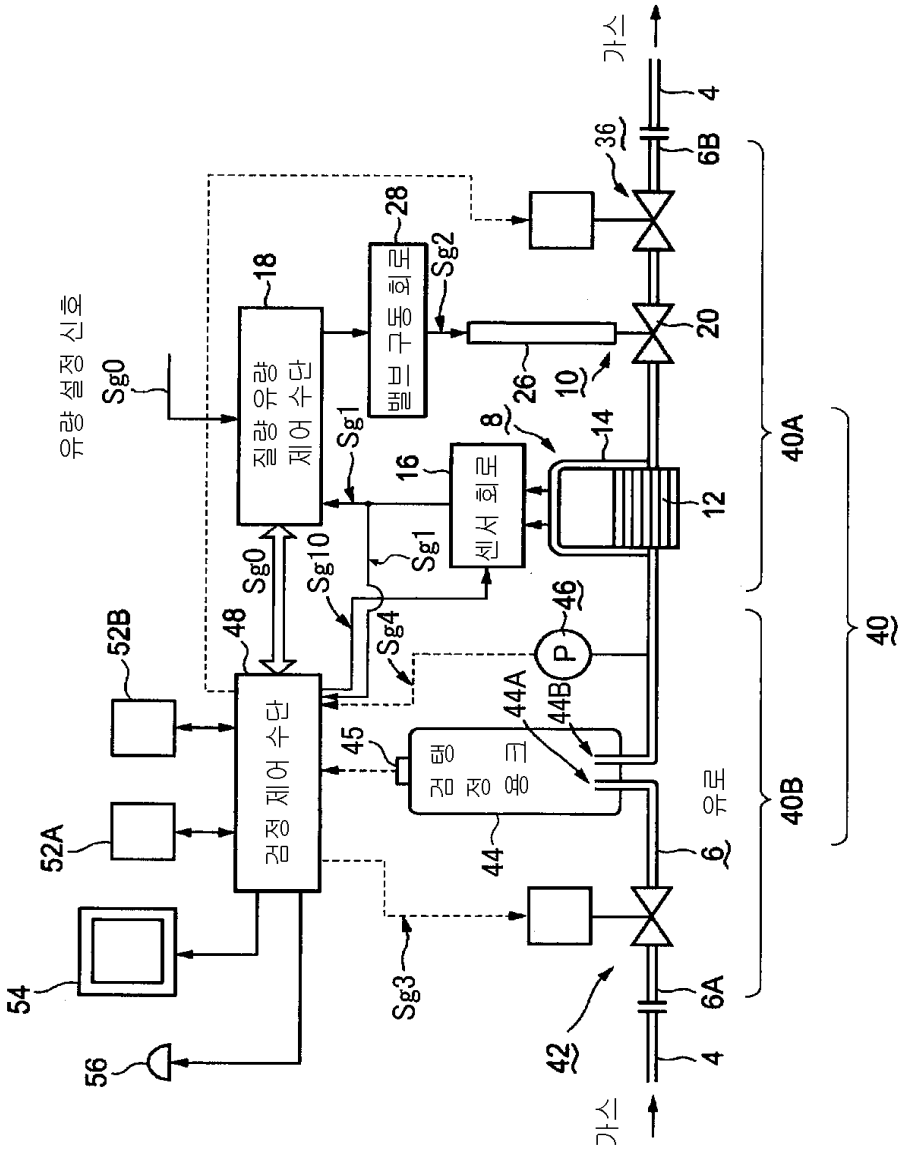
[0024] 42 : 검정용 밸브

[0025] 44 : 검정용 탱크

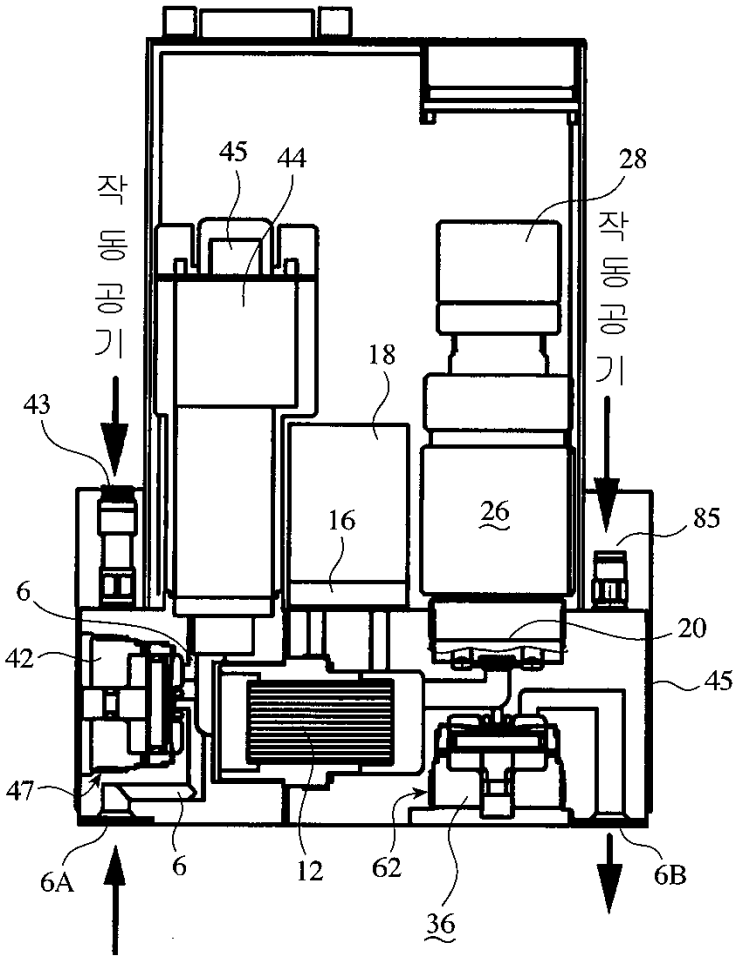
[0026] 48 : 검정 제어 수단

도면

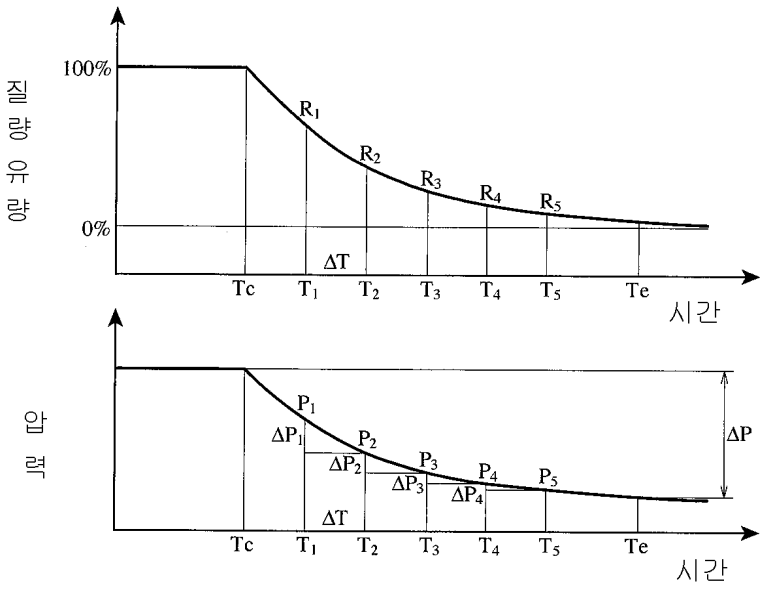
도면1



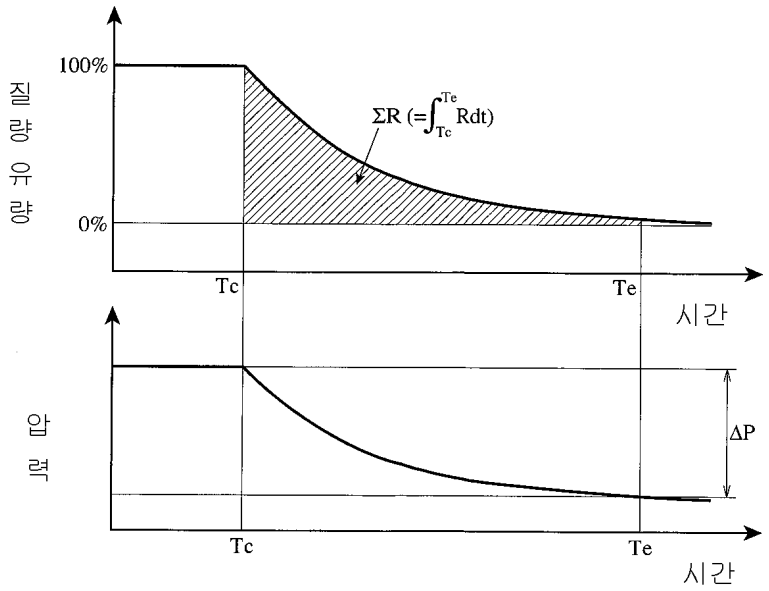
도면2


작동공기
45
44
28
작동공기
18
43
16
26
85
6
20
42
45
47
6A
6
12
62
36
6B

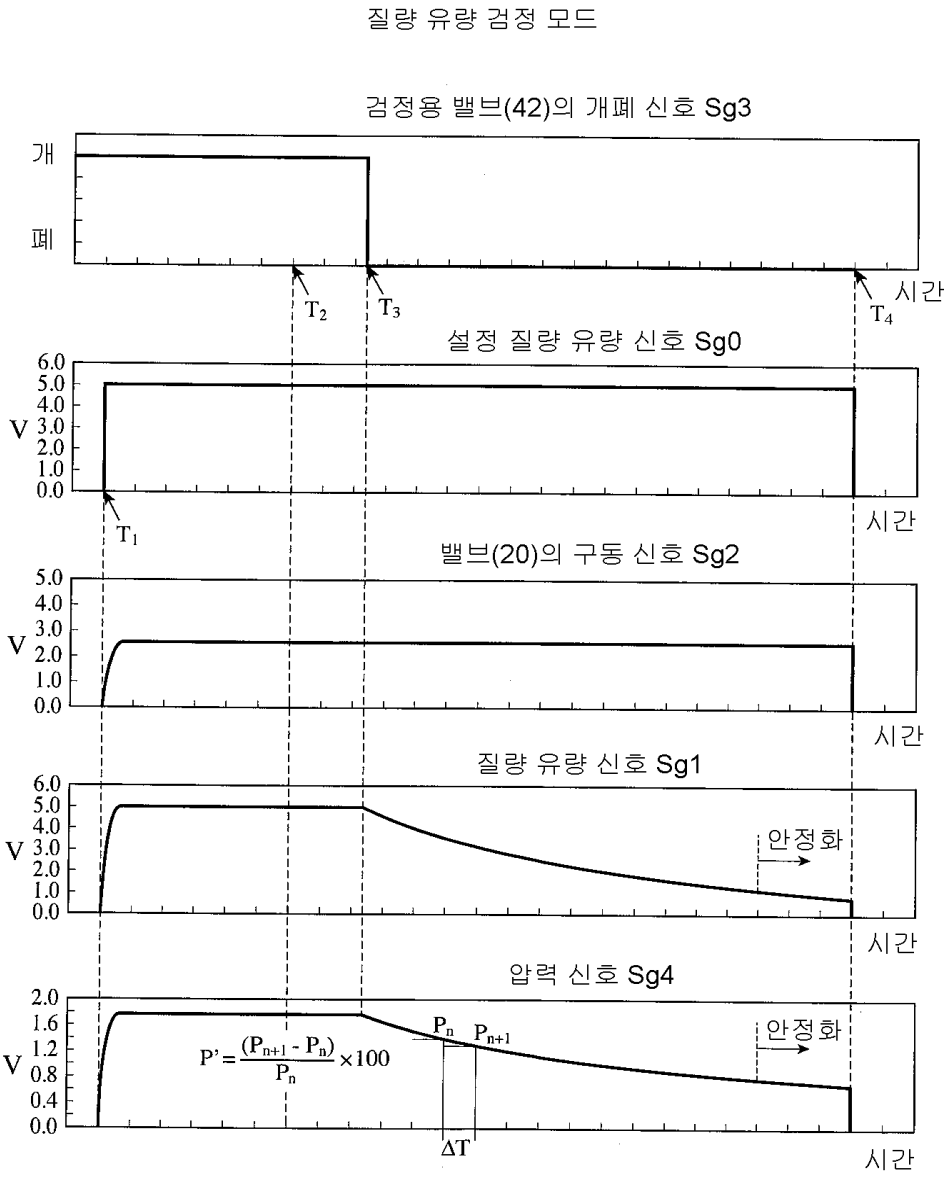
도면3a


질량 유량
100%
0%
R1
R2
R3
R4
R5
ΔT
Tc
T1
T2
T3
T4
T5
Te
시간
압력
P1
ΔP1
P2
ΔP2
P3
ΔP3
P4
ΔP4
P5
ΔP
ΔT
Tc
T1
T2
T3
T4
T5
Te
시간

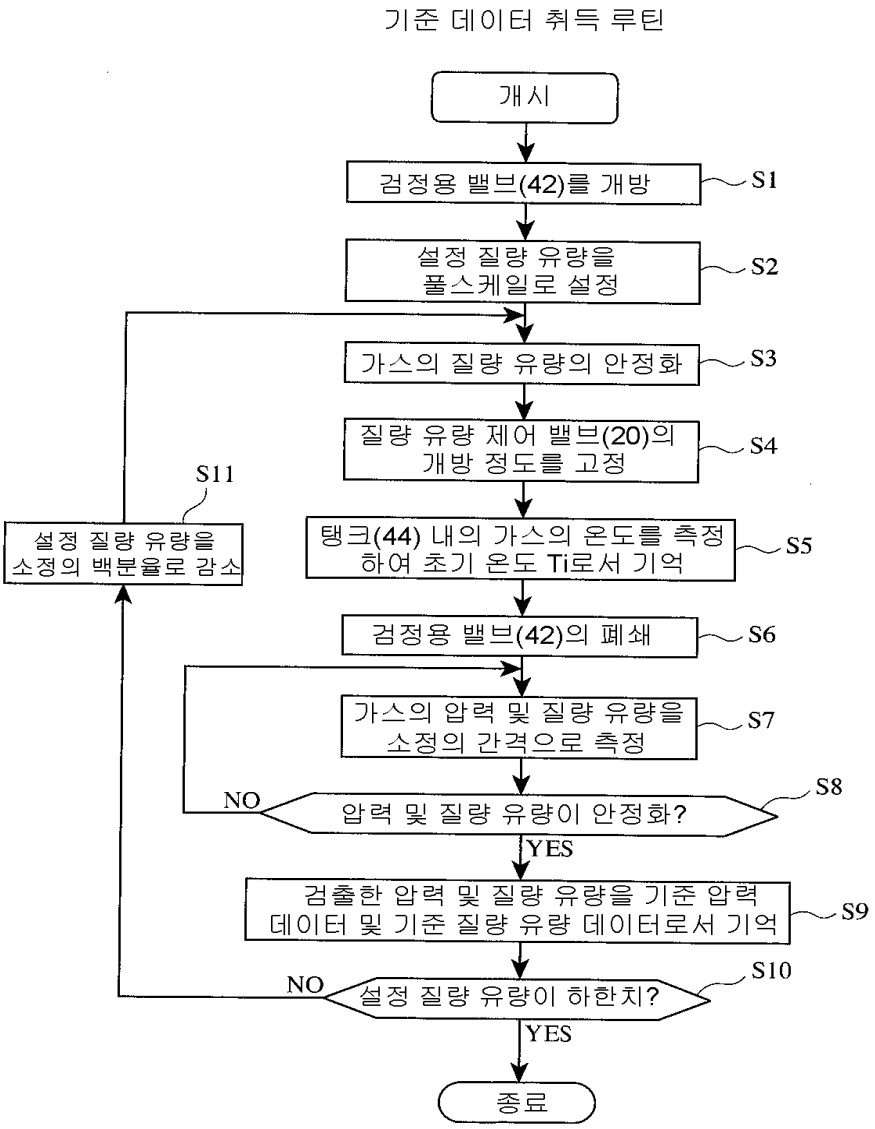
도면3b



도면4

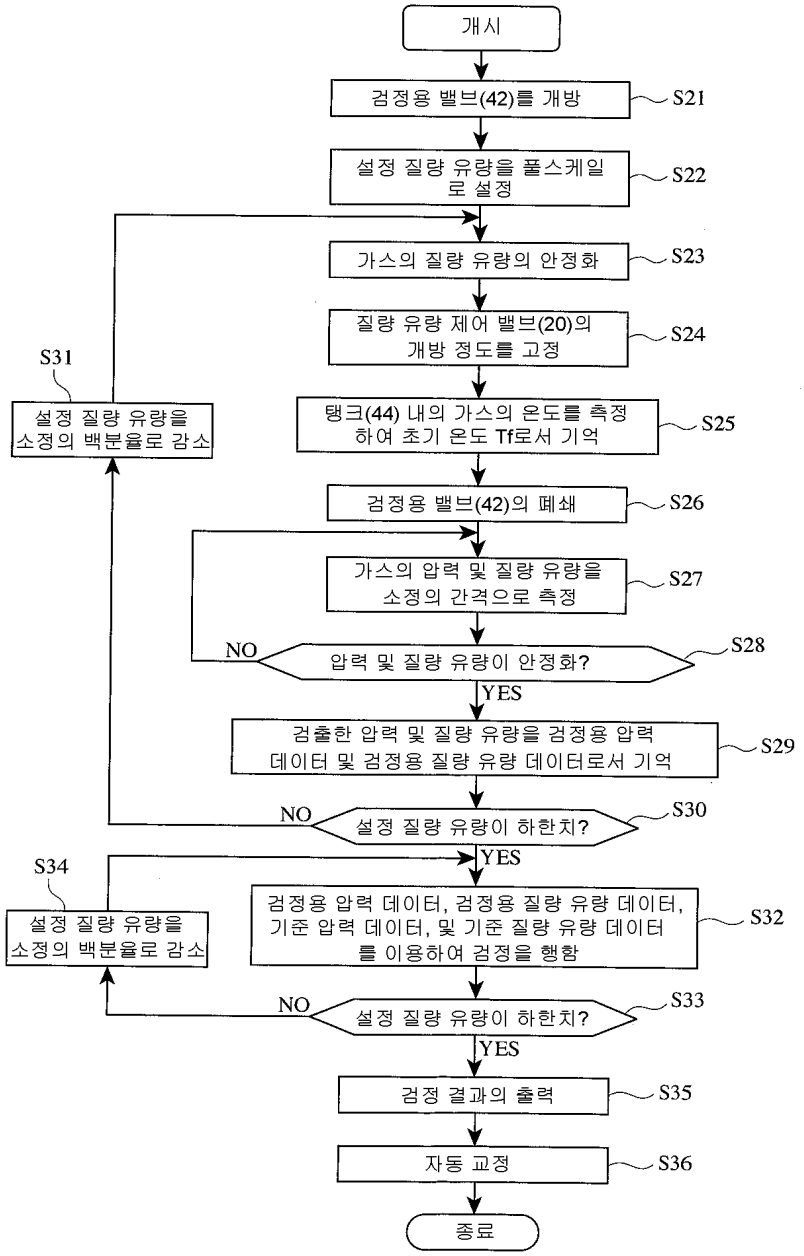

질량 유량 검정 모드
검정용 밸브(42)의 개폐 신호 Sg3
개
폐
T2
T3
T4
시간
설정 질량 유량 신호 Sg0
6.0
5.0
4.0
V 3.0
2.0
1.0
0.0
T1
시간
밸브(20)의 구동 신호 Sg2
5.0
4.0
3.0
V 2.0
1.0
0.0
시간
질량 유량 신호 Sg1
6.0
5.0
4.0
V 3.0
2.0
1.0
0.0
안정화
시간
압력 신호 Sg4
2.0
1.6
1.2
V 0.8
0.4
0.0
P' = (Pn+1 - Pn) / Pn ×100
Pn
Pn+1
안정화
ΔT
시간

도면5

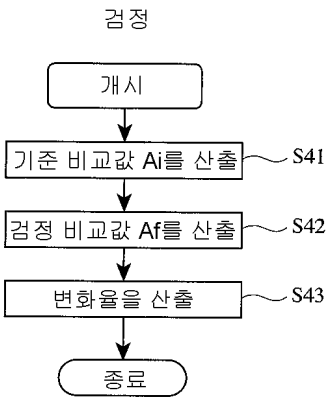

기준 데이터 취득 루틴
개시
검정용 밸브(42)를 개방
S1
설정 질량 유량을 풀스케일로 설정
S2
가스의 질량 유량의 안정화
S3
질량 유량 제어 밸브(20)의 개방 정도를 고정
S4
탱크(44) 내의 가스의 온도를 측정하여 초기 온도 Ti로서 기억
S5
검정용 밸브(42)의 폐쇄
S6
가스의 압력 및 질량 유량을 소정의 간격으로 측정
S7
NO
압력 및 질량 유량이 안정화?
S8
YES
검출한 압력 및 질량 유량을 기준 압력 데이터 및 기준 질량 유량 데이터로서 기억
S9
NO
설정 질량 유량이 하한치?
S10
YES
종료
S11
설정 질량 유량을 소정의 백분율로 감소

도면6

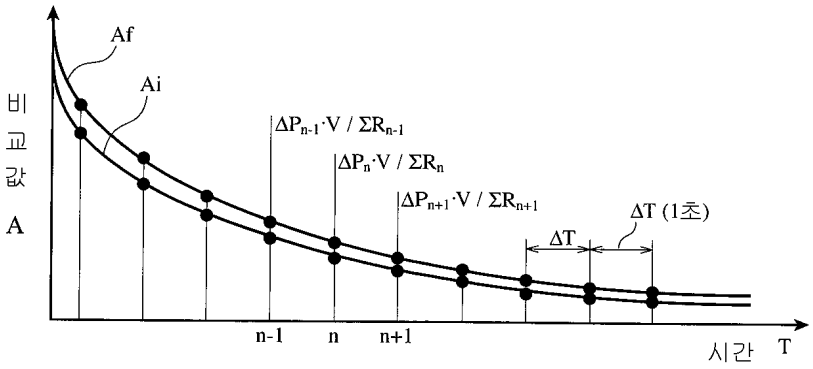
제1 방법에서의 검정 루틴



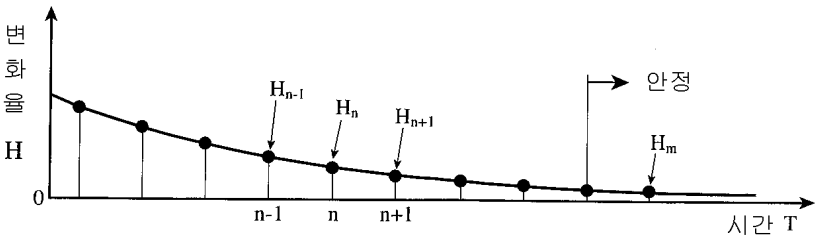
도면7


검정
개시
기준 비교값 Ai를 산출
S41
검정 비교값 Af를 산출
S42
변화율을 산출
S43
종료

도면8

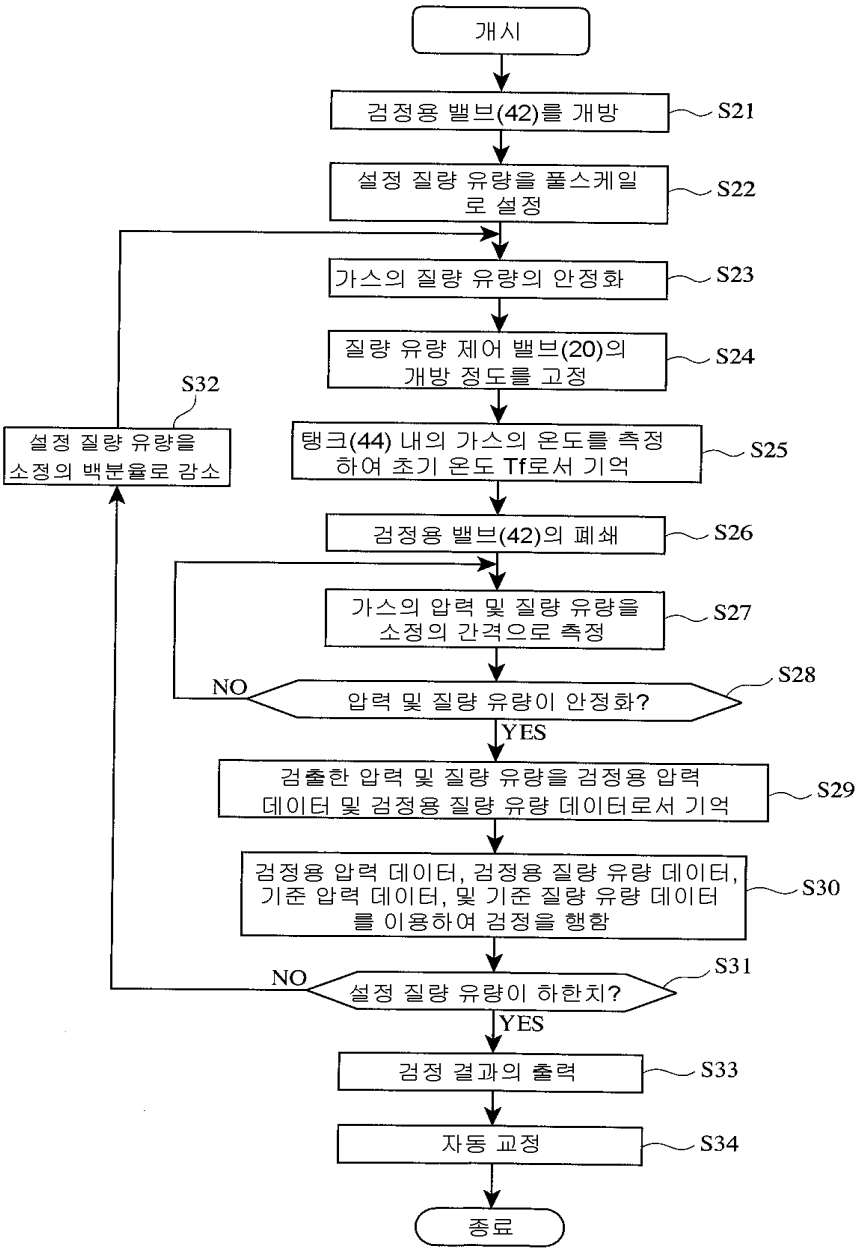

Af
Ai
비교값 A
ΔPn-1·V / ΣRn-1
ΔPn·V / ΣRn
ΔPn+1·V / ΣRn+1
ΔT
ΔT (1초)
n-1
n
n+1
시간 T

도면9

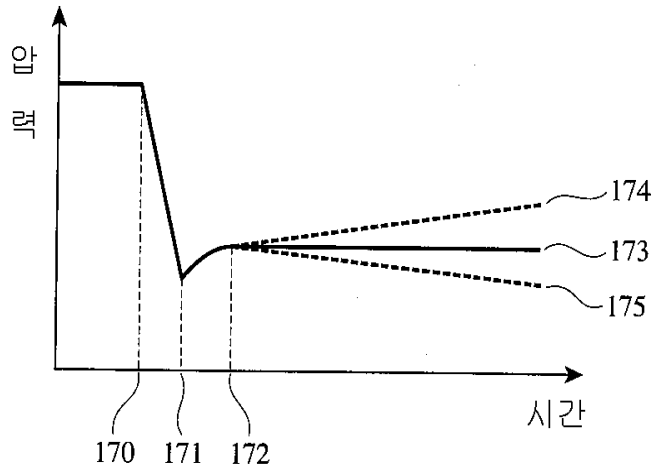

변화율 H
0
Hn-1
Hn
Hn+1
안정
Hm
n-1
n
n+1
시간 T

도면10

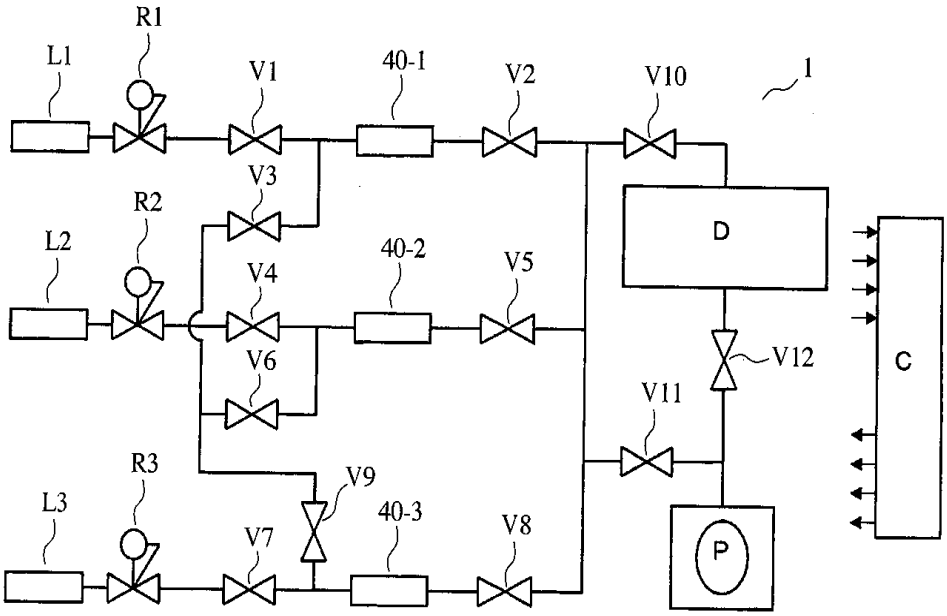
제2 방법에서의 검정 루틴



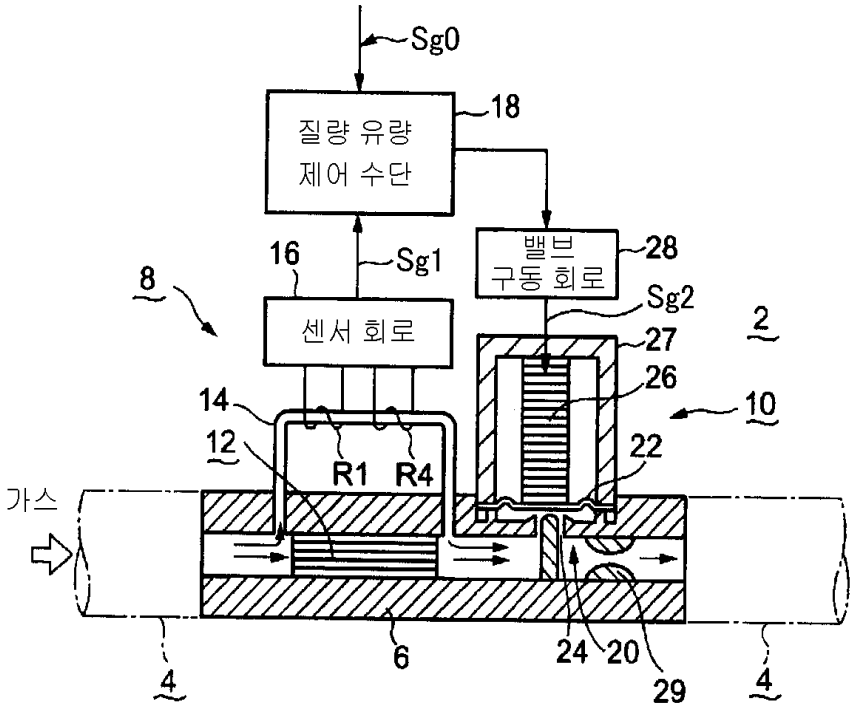
도면11


압력
174
173
175
시간
170
171
172

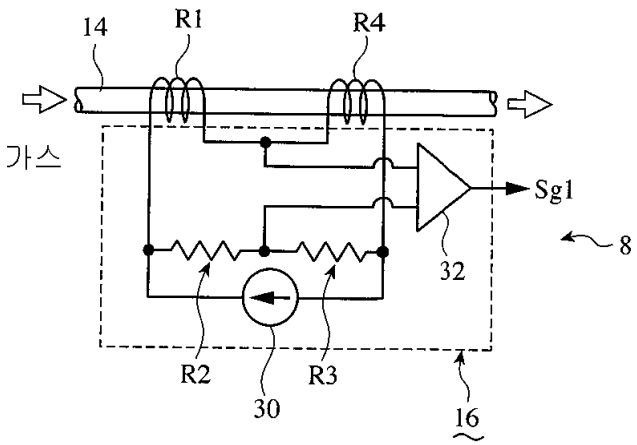
도면12


R1
L1
V1
40-1
V2
V10
1
V3
R2
L2
V4
40-2
V5
D
V6
V12
C
V11
R3
V9
L3
V7
40-3
V8
P

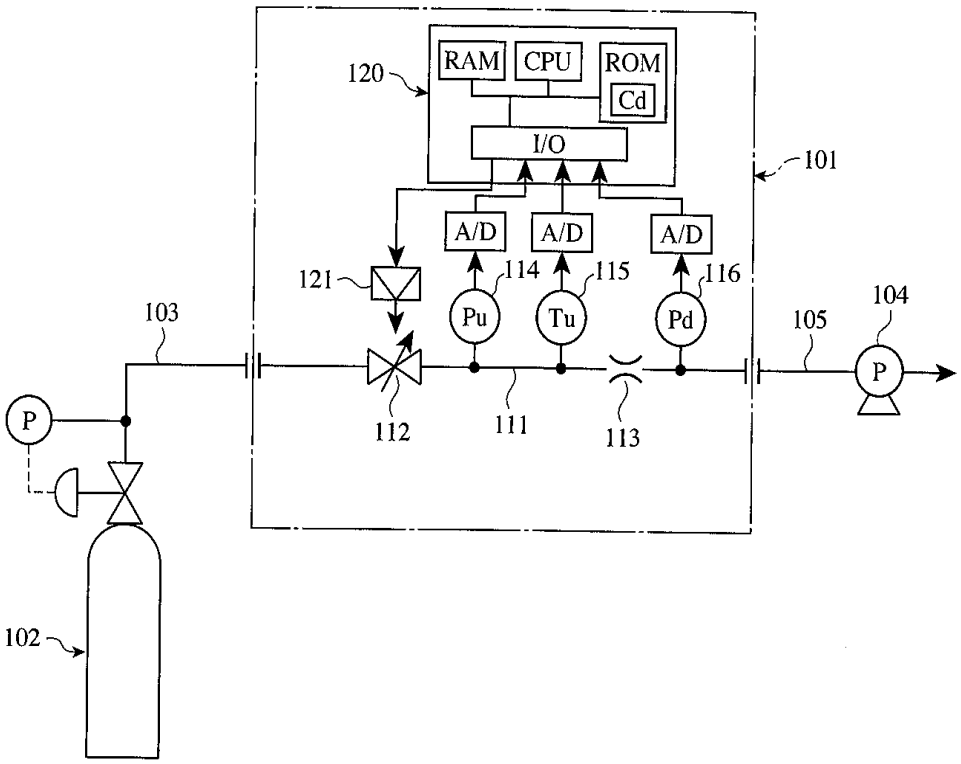
도면13


Sg0
질량 유량
제어 수단
18
16
Sg1
8
센서 회로
밸브
구동 회로
28
Sg2
2
27
26
10
14
12
R1
R4
22
가스
4
6
24
20
29
4

도면14


14
R1
R4
가스
Sg1
8
32
R2
R3
30
16

도면15



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제3항

【변경전】

유로fmf

【변경후】

유로를