



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년02월15일
(11) 등록번호 10-1233632
(24) 등록일자 2013년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01F 25/00 (2006.01) G01F 1/34 (2006.01)
G01F 3/22 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-7029223(분할)
(22) 출원일자(국제) 2007년02월22일
심사청구일자 2012년02월21일
(85) 번역문제출일자 2010년12월27일
(65) 공개번호 10-2011-0002503
(43) 공개일자 2011년01월07일
(62) 원출원 특허 10-2008-7024139
원출원일자(국제) 2007년02월22일
심사청구일자 2008년10월02일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2007/053271
(87) 국제공개번호 WO 2007/102319
국제공개일자 2007년09월13일
(30) 우선권주장
JP-P-2006-061118 2006년03월07일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP05097187 U
JP06300604 A
JP07026727 U
JP08320244 A

(73) 특허권자
씨케이디 가부시키 가이샤
일본 아이치켄 코마키시 오우지 2-초메 250
(72) 발명자
오자와, 유키오
일본 아이치 4858551, 코마키-시, 오우지 2-초메,
250, 씨케이디 가부시키가이샤 내
이토, 미노루
일본 아이치 4858551, 코마키-시, 오우지 2-초메,
250, 씨케이디 가부시키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인세립

전체 청구항 수 : 총 6 항

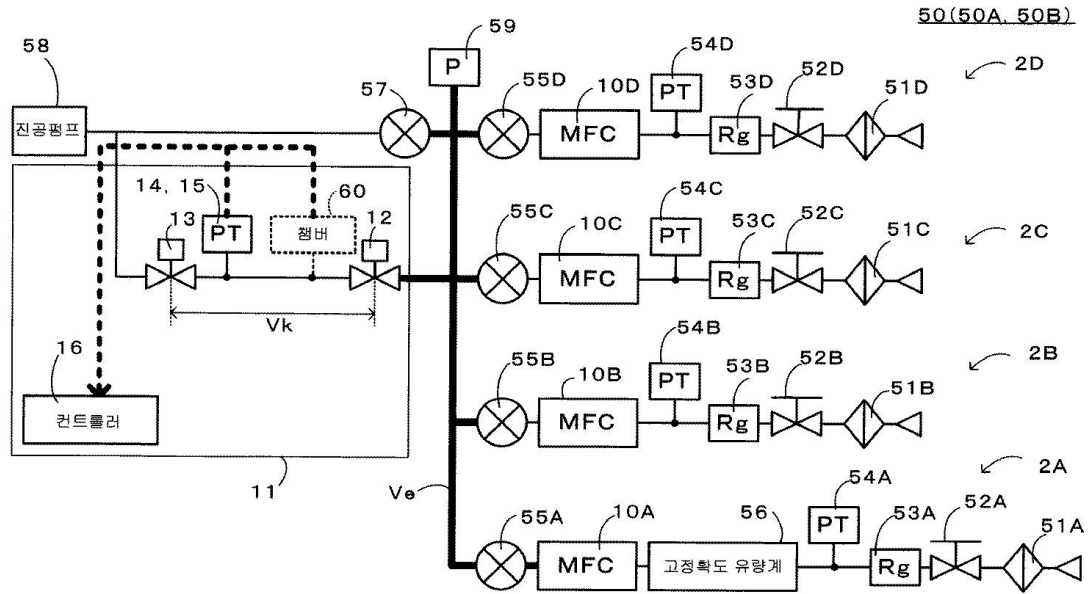
심사관 : 이달경

(54) 발명의 명칭 가스유량 검정유닛

(57) 요약

유량검정에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있는 가스유량 검정유닛을 제공하기 위해, 유량제어기구(10)에 접속되고, 가스를 입력하는 제1 차단밸브(12)와 가스를 출력하는 제2 차단밸브(13)와, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)를 연통시키는 연통 부재(18)와, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이로 공급되는 가스의 압력을 검출하는 압력센서(14)와, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이로 공급되는 가스의 온도를 검출하는 온도검출기(15)와, 압력센서(14)가 검출한 압력검출결과와, 온도검출기(15)가 검출한 온도검출결과를 이용하여 유량제어기구(10)를 흐르는 가스의 유량을 검정하는 제어수단(16)을 포함하며, 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)에서 제2 차단밸브(13)의 밸브 좌(28)까지의 체적(Vk)을 유량제어기구(10)의 출구에서 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)까지의 체적(Ve)이하로 한 가스유량 검정유닛으로 한다.

대표도



(72) 발명자

도이, 히로키

일본 아이치 4858551, 코마키-시, 오우지 2-쵸메,
250, 씨케이디 가부시카이가이샤 내

코사카, 아키코

일본 아이치 4858551, 코마키-시, 오우지 2-쵸메,
250, 씨케이디 가부시카이가이샤 내

특허청구의 범위

청구항 1

유량제어기구의 하류 쪽에 배설된 가스유량 검정유닛에 있어서,
 가스를 입력하는 입력 부재;
 상기 가스를 출력하는 출력 차단밸브;
 상기 입력 부재와 상기 출력 차단밸브를 연통시키는 연통 부재;
 상기 입력 부재와 상기 출력 차단밸브의 사이로 공급되는 상기 가스의 압력을 검출하는 압력검출기;
 상기 입력 부재와 상기 출력 차단밸브와의 사이로 공급되는 상기 가스의 온도를 검출하는 온도검출기; 및
 상기 압력검출기가 검출한 압력검출결과와, 상기 온도검출기가 검출한 온도검출결과를 이용하여 상기 유량제어기구를 흐르는 가스의 유량을 검정하는 제어수단; 을 포함하며,
 상기 입력 부재, 상기 압력 검출기 및 상기 출력 차단 밸브가, 직렬로 배치되어 있고,
 상기 제어 수단이 상기 직렬로 배치된 상기 입력 부재, 상기 압력 검출기 및 상기 출력 차단밸브와 밀착하여 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 가스유량 검정유닛.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 온도검출기는 봉 형상의 온도센서이며,
 유로블록의 측면에는 상기 온도센서를 설치하는 설치부가 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 가스유량 검정유닛.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 가스유량 검정유닛은 유량제어기구가 탑재된 가스유닛을 내장하는 가스 박스에 수용되는 것을 특징으로 하는 가스유량 검정유닛.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 제어수단은
 유량제어기구와 상기 출력 차단밸브의 사이에 가스를 목표압력만큼 봉입한 때에, 상기 압력검출기가 미리 정한 초기압력을 검출한 후, 상기 목표압력을 검출할 때까지의 단위시간당 상승압력값을 산출함과 동시에, 압력검출시의 가스온도를 상기 온도검출기로 검출하고,
 상기 상승압력값과 상기 가스온도를 이용하여 상기 유량제어기구에서 상기 출력 차단밸브까지의 블록체적을 측정하는 체적측정수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 가스유량 검정유닛.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 제어수단은
 상기 압력검출기가 검출한 압력값을 소정 간격으로 샘플링하고, 신규하게 샘플링한 압력값과 직전에 샘플링한 압력값과의 경사를 산출하며, 산출한 경사가 측정가능범위 안에 있을 때에, 가스 유량을 검정하는 것으로 하는 가스유량 검정유닛.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제어수단은

상기 압력검출기가 검출한 압력값을 소정 간격으로 샘플링하고, 신규하게 샘플링한 압력값의 경사에 대한 상관 계수를 산출하며, 산출한 상관계수가 측정가능범위 안에 있을 때에, 가스 유량을 검정하는 것을 특징으로 하는 가스유량 검정유닛.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

명 세 서

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 제조 프로세스의 가스 시스템에서 사용하는 유량제어기구의 유량을 검정하는 가스유량 검정유닛에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 제조 프로세스 중의 성막 장치나 건식 에칭 장치 등에서, 예를 들면 실란(silane)이나 포스핀

(phosphine) 등의 특수가스나, 염소가스 등의 부식성 가스 및 수소가스 등의 가연성 가스 등을 사용한다.

- [0003] 이러한 가스는 그 유량을 엄격하게 관리하지 않으면 안 된다.
- [0004] 그 이유로서, 가스유량이 프로세스의 양부에 직접 영향을 미치는 것을 들 수 있다. 즉, 가스유량은 성막 프로세스에서는 막의 질에, 또한, 에칭 프로세스에서는 회로 가공의 성부에, 각각 큰 영향을 주어, 반도체 제품의 수율이 가스유량의 정확도에 의해 결정된다.
- [0005] 다른 이유로서는, 이와 같은 종류의 가스의 대부분이 인체나 환경에 대한 유해성, 또는 폭발성 등을 가지는 것을 들 수 있다. 이러한 가스는 사용 후에, 직접 대기로 폐기하는 것이 허용되지 않아서, 반도체 제조 프로세스에 사용된 장치에는, 가스 종류에 따른 제해 수단(detoxifying device)을 포함하지 않으면 안 된다. 그러나 이러한 제해 수단은 통례처리능력이 제한된다. 따라서, 허용값 이상의 유량이 흐르면, 완전히 처리하지 못하고 유해 가스가 공기 중으로 유출되거나, 유해 수단이 파손될 수 있다.
- [0006] 또한, 이러한 가스, 특히 반도체 제조 프로세스에서 사용되는 고순도 또한 무진의 가스는 고가이므로, 가스 종류에 따라서는 자연 열화에 의한 사용제한이 있기 때문에 대량보관을 할 수 없는 것도 이유로 들 수 있다.
- [0007] 이 측면에서, 종래부터 반도체 제조 프로세스 회로 안에 유량제어기구인 공지의 매스 플로우 컨트롤러를 배치하고, 가스 종류마다 최적의 유량을 흐르게 한다. 그리고 이러한 매스 플로우 컨트롤러는 인가전압을 변경하는 것에 의해, 설정 유량을 변경하여 프로세스 레시피(process recipe)의 변경에 대응할 수 있도록 되어 있다.
- [0008] 그러나 반도체 제조 프로세스에 이용되는 이러한 가스, 소위 프로세스 가스 중 특히 성막용 재료 가스는 그 특성상 가스 라인 안에서도 고형물을 석출할 가능성이 있어서, 유량 체적을 변화시키는 경우가 있다. 매스 플로우 컨트롤러는 높은 정확도로 일정한 유량을 공급하기 위해 내부에서 세관을 사용하고 있고, 이러한 부분에 고형물이 소량이라도 석출되면, 공급하는 유량 정확도가 악화되는 원인이 된다. 또한, 에칭 프로세스 등에서는 사용하는 부식성이 높은 가스가 흐르기 때문에, 매스 플로우 컨트롤러의 내부를 내식성이 높은 재료, 예를 들면 스테인리스 등을 사용한 것으로도, 부식을 피할 수 없고, 경년열화가 일어날 가능성이 있으며, 이와 같은 것에 의해서도 유량 정확도가 악화된다.
- [0009] 이와 같이, 매스 플로우 컨트롤러는 인가전압과 실유량과의 관계가 변화하여, 실유량이 변화할 가능성이 있다. 그 때문에, 매스 플로우 컨트롤러는 정기적으로 유량을 검정하고, 교정할 필요가 있다.
- [0010] 매스 플로우 컨트롤러의 유량검정은 기본적으로 막 유량계를 사용하여 행한다. 그러나 이런 측정은 배관의 일부를 해체하여 행한다. 측정 후에는 다시 배관을 원래 상태로 조립하고 누출 체크를 해야 한다. 이 때문에, 작업에는 상당히 시간이 걸린다. 따라서, 배관을 제거하지 않고 유량 검정을 행하는 것이 이상적이다.
- [0011] 배관을 조립한 채의 상태에서 유량검정을 행하는 방법으로서, 예를 들면 특허문헌 1에 기재된 것처럼, 매스 플로우 컨트롤러의 하류 쪽에 가스유량 검정유닛(U)을 배설하고, 기체 매스 플로우 측정 시스템 구축하는 방법이 있다. 기체 매스 플로우 검정 시스템의 블록도를 도 19에 도시한다.
- [0012] 도 19에 도시한 것처럼, 기체 매스 플로우 검정 시스템은 밸브요소(151), 챔버(153), 트랜스듀서 어셈블리(154), 밸브요소(152)로 이루어진 가스유량 검정유닛(U)이 매스 플로우 컨트롤러(10)의 하류 쪽에 접속되어 있다. 챔버(153)는 기지체적을 가진다. 트랜스듀서 어셈블리(154)는 챔버(153)의 하류 쪽에 있는 기체 플로우 라인(150)에 접속되며, 밸브요소(151, 152)가 트랜스듀서 어셈블리(154)의 상류와 하류에 각각 위치하는 기체 플로우 라인(150)에 배치되어, 체적을 일정하게 하고 있다. 트랜스듀서 어셈블리(154)는 밸브요소(151, 152) 사이의 압력과 온도에 기초하여 PV/RT를 직접 표시하는 신호를 출력한다. 여기서, P는 압력, V는 체적, R은 기체정수, T는 절대온도이다.
- [0013] 이와 같은 기체 매스 플로우 검정 시스템은 챔버(153)의 압력이나 온도를 개별적으로 측정하는 것이 아니라, 트랜스듀서 어셈블리(154)가 출력하는 PV/RT를 표시하는 신호에 기초하여 매스 플로우 컨트롤러(10)의 실유량을 측정한다. 그리고 기체 매스 플로우 검정 시스템은 그 실유량을 매스 플로우 컨트롤러(10)의 설정유량과 비교하는 것에 의해, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 유량을 검정한다.
- [0014] [특허문헌 1] 일본등록특허 제3022931호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 그러나 본 발명자들은 종래의 가스유량 검정유닛(U)에 관하여 평가실험을 행한바, 종래의 가스유량 검정유닛(U)은 도 10(iii)에 도시된 것처럼, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 제어유량에 대한 검정 정확도의 격차가 커서, 신뢰성이 낮다는 것을 판명하였다.
- [0016] 구체적으로는 발명자들은 매스 플로우 컨트롤러(10)의 유량을 고 정확도 유량계로 측정하고, 그 측정값과 종래의 가스유량 검정유닛(U)이 측정한 유량을 비교하여 평가실험을 하였다. 그러면, 도 10(iii)에 도시한 것처럼, 종래의 가스유량 검정유닛(U)은 N_2 가스를 100sccm씩 매스 플로우 컨트롤러(10)로 흘려보낸 경우에는, 가스유량 검정유닛(U)이 측정한 유량과 매스 플로우 컨트롤러(10)가 제어한 유량과의 사이에 생기는 오차가 0.012%였다. 이에 대하여, N_2 가스를 500sccm씩 매스 플로우 컨트롤러(10)로 흘려보낸 경우에는, 가스유량 검정유닛(U)이 측정한 유량과 매스 플로우 컨트롤러(10)로 흐른 유량과의 사이에 생기는 오차가 1.150%였다. 따라서, 종래의 가스유량 검정유닛(U)은 유량이 증가하면, 가스유량 검정유닛(U)이 측정한 유량의 오차가 커져서, 신뢰성이 낮아졌다.
- [0017] 이와 같이, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 제어한 유량에 의해 가스유량 검정유닛(U)의 검정 정확도에 변화가 생기면, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 많은 유량(예를 들면, 500sccm)을 제어하는 전압을 인가시킨 때에, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 가스의 유량을 설정유량(500sccm)으로 제어하고 있지 않음에도, 가스유량 검정유닛(U)이 500sccm을 측정하여, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 유량이 정확하다고 오인시킬 우려가 있다. 또한, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 가스의 유량을 설정유량(500sccm)으로 정확하게 제어하고 있음에도, 가스유량 검정유닛(U)이 500sccm을 측정할 수 없어서, 매스 플로우 컨트롤러(10)에 쓸데없는 교정을 실시할 우려가 있다. 이와 같은 불합리는 반도체 제조 프로세스의 수득률 등에 직접 영향을 미치기 때문에, 문제된다.
- [0018] 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것이며, 유량 검정에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있는 가스유량 검정유닛을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명에 관한 가스유량 검정유닛은 다음과 같은 구성을 가진다.
- [0020] (1) 유량제어기구의 하류 쪽에 배설된 가스유량 검정유닛에 있어서, 상기 유량제어기구에 접속되고 가스를 입력하는 제1 입력포트와, 상기 가스를 출력하는 제1 출력포트와, 상기 제1 입력포트와 상기 제1 출력포트와 연통시키는 제1 밸브 좌를 가지는 제1 차단밸브; 상기 유량제어기구에 접속되고 가스를 입력하는 제2 입력포트와, 상기 가스를 출력하는 제2 출력포트와, 상기 제2 입력포트와 상기 제2 출력포트를 연통시키는 제2 밸브 좌를 가지는 제2 차단밸브; 상기 제1 출력포트와 상기 제2 입력포트에 접속하여 상기 제1 차단밸브와 상기 제2 차단밸브를 연통시키는 연통 부재; 상기 제1 차단밸브와 상기 제2 차단밸브와의 사이로 공급되는 상기 가스의 압력을 검출하는 압력검출기; 상기 제1 차단밸브와 상기 제2 차단밸브와의 사이로 공급되는 상기 가스의 온도를 검출하는 온도검출기; 및 상기 압력검출기가 검출한 압력검출결과와, 상기 온도검출기가 검출한 온도검출결과를 이용하여 상기 유량제어기구를 흐르는 가스의 유량을 검정하는 제어수단; 을 포함하며, 상기 제1 밸브 좌에서 상기 제2 밸브 좌까지의 체적이 상기 유량제어기구의 출구에서 상기 제1 밸브 좌까지의 체적 이하인 것을 특징으로 한다.
- [0021] (2) (1)에 기재된 발명에 있어서, 상기 연통 부재는, 상기 제1 출력포트에 연통하는 제1 포트, 상기 제2 입력포트에 연통하는 제2 포트, 및 상기 압력검출기에 연통하는 제3 포트가 동일 측면으로 개구하고, 상기 제1 포트, 상기 제2 포트 및 상기 제3 포트를 연통시키는 내부유로가 형성된 유로블록인 것을 특징으로 한다.
- [0022] (3) (2)에 기재된 발명에 있어서, 상기 온도검출기는 봉 형상의 온도센서이며, 상기 유로블록에는 상기 온도센서를 설치하는 설치부가 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0023] (4) (1) 또는 (2)에 기재된 발명에 있어서, 상기 유량제어기구가 탑재된 가스유닛을 내장하는 가스 박스에 내설되는 것을 특징으로 한다.
- [0024] (5) (1) 또는 (2)에 기재된 발명에 있어서, 상기 제어수단은 상기 제1 차단밸브를 여는 한편, 상기 제2 차단밸브를 닫은 상태에서, 상기 유량제어기구의 출구와 상기 제2 밸브 좌와의 사이에 가스를 목표압력만큼 봉입한 때에, 상기 압력검출기가 미리 정한 초기압력을 검출한 후, 상기 목표압력을 검출할 때까지의 단위시간당 상승압력값을 산출함과 동시에, 압력검출시의 가스온도를 상기 온도검출기로 검출하고, 상기 상승압력값과 상기 가스온도를 이용하여 상기 유량제어기구의 출구에서 상기 제2 밸브 좌까지의 통로로 구성되는 탱크체적을 측정하며, 상기 제1 밸브 좌에서 상기 제2 밸브 좌까지의 통로로 구성되는 기지체적을 상기 탱크체적에서 감산한 것에 의해, 상기 유량제어기구의 출구에서 상기 제1 밸브 좌까지의 통로로 구성된 시스템 쪽 유로체적을 측정하는 체적

측정수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] (6) (1) 또는 (2)에 기재된 발명에 있어서, 상기 제2 출력포트가 진공펌프에 접속되며, 상기 제어수단은, 상기 제1 차단밸브를 닫는 한편, 상기 제2 차단밸브를 연 상태에서, 상기 제1 밸브 좌와 상기 제2 밸브 좌와의 사이를 상기 진공펌프로 진공상태로 만든 후, 상기 제1 차단밸브를 닫은 상태에서 연 상태로 전환하는 것에 의해, 상기 유량제어기구의 출구와 상기 제1 밸브 좌와의 사이로 봉입된 가스가 상기 제1 차단밸브와 상기 제2 차단밸브와의 사이로 방출된 때에, 상기 제1 밸브 좌와 상기 제2 밸브 좌와의 사이의 압력변화와 온도변화를 이용하여 상기 유량제어기구의 출구에서 상기 제2 밸브 좌까지의 통로로 구성된 탱크체적을 측정하고, 상기 제1 밸브 좌에서 상기 제2 밸브 좌까지의 통로로 구성된 기지체적을 상기 탱크체적에서 감산한 것에 의해, 상기 유량제어기구의 출구에서 상기 제1 밸브 좌까지의 통로로 구성된 시스템 쪽 유로체적을 측정하는 체적측정수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] (7) (1) 내지 (4)에 기재된 발명 중 어느 하나에 있어서, 상기 제어수단은 상기 압력검출기가 검출한 압력값을 소정 간격으로 샘플링하고, 신규하게 샘플링한 압력값과 직전에 샘플링한 압력값과의 경사를 산출하며, 산출한 경사가 측정가능범위 안에 있을 때에, 가스 유량을 검정하는 것을 특징으로 한다.

[0027] (8) (1) 내지 (4)에 기재된 발명 중 어느 하나에 있어서, 상기 제어수단은 상기 압력검출기가 검출한 압력값을 소정 간격으로 샘플링하고, 신규하게 샘플링한 압력값의 경사에 대한 상관계수를 산출하며, 산출한 상관계수가 측정가능범위 안에 있을 때에, 가스 유량을 검정하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0028] 상기 구성을 가지는 본 발명의 가스유량 검정유닛은 제1 차단밸브에서 제2 차단밸브까지의 체적이 유량제어기구의 출구에서 제1 차단밸브까지의 체적 이하이기 때문에, 유량제어기구에서 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이로 공급된 가스의 제어유량이 변화하여도, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이의 압력이 균일하게 되기 쉽다. 그 때문에, 본 발명의 가스유량 검정유닛은 유량제어기구의 제어유량이 변화하여도, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이의 압력과 온도를 압력검출기와 온도검출기에 의해 정확하게 검출하고, 그 압력검출결과와 온도검출결과를 이용하여 가스유량을 검정할 수 있다. 따라서, 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 제어유량의 변화에 대한 계측유량 오차가 작아지고, 유량검정에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0029] 상기 구성을 가지는 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 제1 차단밸브의 출력포트를 유로블록의 제1 포트에 연통시키고, 제2 차단밸브의 입력포트를 유로블록의 제2 포트에 연통시키며, 압력검출기를 유로블록의 제3 포트에 연통시키기 위해, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와 압력검출기를 유로블록에 설치하여 집적하기 때문에, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이의 체적을 작게 하여, 가스유량 검정유닛을 소형화할 수 있다. 또한, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이의 체적을 작게 하는 것에 의해, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이의 압력을 목표압력에 도달시킬 때까지의 시간을 단축할 수 있고, 가스유량의 검정시간을 단축할 수 있다.

[0030] 상기 구성을 가지는 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 봉 형상의 온도센서를 유로블록의 설치부에 설치하고, 유로블록의 온도를 계측하는 것에 의해, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이로 공급되는 가스의 온도를 검출하기 때문에, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이의 체적을 작게 한 채로, 온도센서를 가스유량 검정유닛에 설치할 수 있다.

[0031] 상기 구성을 가지는 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 유량제어기구가 탑재된 가스유닛을 내장하는 가스 박스에 내설되기 때문에, 가스유량 검정유닛의 설치 스페이스를 형성하기 위해 가스 박스의 외부 배관구성 등을 변경할 필요 없어, 설치성이 좋다.

[0032] 상기 구성을 가지는 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 제어수단이 체적 측정수단을 가진다. 체적측정수단은 유량제어기구와 제2 차단밸브와의 사이로 공급되는 가스를 목표압력만큼 봉입할 때에, 압력검출기가 미리 정한 초기압력을 검출한 후, 목표압력을 검출할 때까지의 단위시간당 상승압력값을 산출함과 동시에, 압력검출시의 가스온도를 온도검출기에 의해 검출한다. 그리고 압력상승값과 가스온도를 이용하여 유량제어기구에서 제2 차단밸브까지의 탱크 체적을 측정한 후, 제1 차단밸브에서 제2 차단밸브까지의 체적을 탱크 체적에서 감산하는 것에 의해, 유량제어기구에서 제1 차단밸브까지의 체적을 측정한다. 따라서, 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 유닛 설치 전의 시스템 구성에 의해 유량제어장치의 출구에서 제1 차단밸브까지의 체적에 변화가 생긴 경우에도, 그 변화의 영향을 배제하여 가스유량 검정유닛의 정확도를 양호하게 유지할 수 있다.

[0033] 상기 구성을 가지는 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 진공펌프에 제2 차단밸브가 접속되며, 유량제어기

구의 출구와 제1 차단밸브와의 사이의 압력을 검출하는 압력센서에 제어수단이 접속되어 있다. 제어수단은 체적 측정수단을 가진다. 체적측정수단은 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이를 진공펌프로 진공상태로 만든 후, 유량제어기구와 제1 차단밸브와의 사이에 봉입된 가스가 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이로 방출된 때에, 제1 차단밸브와 제2 차단밸브와의 사이의 압력변화와 온도변화를 이용하여 유체제어기구에서 제2 차단밸브까지의 탱크 체적을 측정하고, 제1 차단밸브에서 제2 차단밸브까지의 체적을 탱크 체적에서 감산하는 것에 의해, 유량제어기구에서 제1 차단밸브까지의 체적을 측정한다. 따라서, 본 발명의 가스유량 검정유닛에 의하면, 유닛 설치 전의 시스템 구성에 의해 유량제어장치에서 제1 차단밸브까지의 체적에 변화가 생긴 경우에도, 그 변화의 영향을 배제하여 가스유량 검정의 정확도를 양호하게 유지할 수 있다.

[0034] *상기 구성을 가지는 본 발명의 가스유량 검정유닛은 압력검출기가 검출하는 압력값의 경사 또는 압력값의 경사에 대한 상관계수를 산출하고, 산출한 경사 또는 상관계수가 측정가능범위 안에 있을 때에 가스의 유량을 검정하기 때문에, 압력검출기가 측정개시압력으로 안정화될 때까지에 걸리는 쓸데없는 시간을 생략하고 유량검정을 할 수 있어서, 유량검정시간을 단축할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 제1 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛을 내장하는 가스 박스의 개략적인 구성도이다.

도 2는 도 1에 도시한 가스유닛의 측면도이다.

도 3은 도 1에 도시한 가스유량 검정유닛의 측면도이다.

도 4는 도 1에 도시한 가스유량 검정유닛의 상면도이다.

도 5는 도 4의 A-A 단면도이다.

도 6은 도 1에 도시한 컨트롤러의 전기 블록도이다.

도 7은 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛이 실행하는 유량검정방법을 도시한 플로우 차트이다.

도 8은 평가장치의 블록도이다.

도 9는 압력과 시간과의 관계를 나타낸 도면으로서, 종축에 압력을 나타내고, 횡축에 시간을 나타낸다.

도 10은 가스유량 검정시스템이 구한 유량과, 고 정확도 유량계가 측정한 유량과의 오차를, 평가장치마다 도시한 도면이다. 검은 원은 유량이 100sccm인 경우를, 검은 삼각형은 유량이 500sccm인 경우를 도시한다. 또한, 각 유량에 있어서, 압력조건(5~13kPa)은 같게 한다.

도 11은 본 발명의 제2 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛을 포함하는 가스공급 집적유닛의 일례를 도시한 블록도이다.

도 12는 도 11에 도시한 컨트롤러의 전기 블록도이다.

도 13은 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛이 실행하는 유량검정방법을 나타낸 플로우 차트이다.

도 14는 본 발명의 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛에 있어서, 압력센서가 검출한 압력값을 소정시간 간격으로 샘플링한 데이터를 나타낸 도면이다.

도 15는 본 발명의 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛에 있어서, 압력센서가 검출한 압력값을 소정시간 간격으로 샘플링한 데이터를 나타낸 도면이다.

도 16은 도 14 또는 도 15에 나타낸 데이터의 경사와 측정가능범위와의 관계를 나타낸 도면이다.

도 17은 도 14 또는 도 15에 나타낸 데이터의 상관계수와 측정가능범위와의 관계를 나타낸 도면이다.

도 18은 제1, 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛의 유량검정 정확도에 관하여 조사한 실험의 실험결과를 나타낸 도면이다.

도 19는 종래의 유량제어기구 절대유량 검정시스템을 나타낸 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 다음으로, 본 발명에 관한 가스유량 검정유닛의 일 실시의 형태에 관하여 도면을 참조하여 설명한다.
- [0037] (제1 실시형태)
- [0038] 도 1은 가스유량 검정유닛(11)을 내장하는 가스 박스(1)의 개략적인 구성도이다. 도 2는 도 1에 도시한 가스유닛(2)의 측면도이다.
- [0039] 도 1에 도시한 것처럼, 가스유량 검정유닛(11)은 예를 들면, 가스 박스(1)에 내설된다. 가스 박스(1)는 상자 형상을 이루고, 복수(도 1에서는 12개)의 가스유닛(2)을 집적한 가스공급 집적유닛이 내장되어 있다. 도 1 및 도 2에 도시한 것처럼, 가스유닛(2)은 레귤레이터(3), 압력계(4), 입력용 차단밸브(5), "유량제어기구"의 일레인 매스 플로우 컨트롤러(10), 출력용 차단밸브(6) 등의 유체제어기구를 유로블록(7)의 윗면에 각각 고정하여, 직렬 일체로 연결한 것이다.
- [0040] 도 1에서 도시한 것처럼, 가스유닛(2)과 가스 박스(1)와의 사이에는 프로세스 가스를 각 가스유닛(2)에서 공급하기 위한 배관(8)을 설치하기 위한 설치 스페이스가 형성되어 있다. 이 설치 스페이스의 배관(8)의 주위는 데드 스페이스(dead space)가 된다. 가스 박스(1)는 그 데드 스페이스에 가스유량 검정유닛(11)을 볼트 등으로 고정하고 있다. 가스유량 검정유닛(11)은 각 가스유닛(2)의 매스 플로우 컨트롤러(10)와 연통하고, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 유량검정을 행한다. 가스유량 검정유닛(11)은 복수의 구성부품을 유닛화하고, 가스 박스(1)에 일체로 탈착 가능하게 되어 있다.
- [0041] <가스유량 검정유닛의 구조>
- [0042] 도 3은 도 1에 도시한 가스유량 검정유닛(11)의 측면도이다. 도 4는 도 1에 도시한 가스유량 검정유닛(11)의 상면도이다.
- [0043] 도 3 및 도 4에 도시한 것처럼, 가스유량 검정유닛(11)은 제1 차단밸브(12), 제2 차단밸브(13), "압력검출기"인 압력센서(14), "온도검출기"인 온도센서(15), "제어수단"인 컨트롤러(16) 등으로 구성되어 있다. 가스유량 검정유닛(11)은 압력센서(14)를 덮도록 센서 커버(17)가 나사로 고정되며, 유닛 설치시 등에 사용자가 압력센서(14)를 건드려서 설정을 변경시키지 않도록 하고 있다.
- [0044] 도 5는 도 4의 A-A 단면도이다. 또한, 도 5는 요부만을 단면으로 나타낸다. 또한, 도 5에는 컨트롤러(16)가 나타나 있어야 하지만, 도 5는 유로 구성을 설명하기 위해 사용하기 때문에, 컨트롤러(16)를 가재하고 있지 않다.
- [0045] 제1 차단밸브(12)와, 압력센서(14)와 제2 차단밸브(13)는 "연통 부재"인 유로블록(18)의 윗면에 볼트(40)로 고정되어 있다. 또한, 온도센서(15)는 유로블록(18) 안에 배설되어 있다.
- [0046] 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)는 동일구조를 포함한 전자밸브이다. 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)는 금속제의 바디(19, 25)에 구동부(24, 30)를 연결하여 외관을 구성하고 있다. 바디(19, 25)에는 "입력포트"인 제1 포트(20, 26)와, "출력포트"인 제2 포트(21, 27)가 개설되며, 제1 포트(20, 26)와 제2 포트(21, 27)를 각각 연통시키기 위해 밸브 좌(22, 28)가 형성되어 있다. 바디(19, 25)와 구동부(24, 30)와의 사이에는 다이어프램(23, 29)이 변위가능하게 유지되어 있다. 이와 같은 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)는 가스의 흐름에 영향을 적게 미치도록, C_v 값이 0.09 이상인 것이 바람직하다. 제1 실시형태에서는 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)의 C_v 값은 0.10으로 설정하여 사용하고 있다.
- [0047] 압력센서(14)는 트랜스듀서 어셈블리이다. 압력센서(14)는 두께가 0.1mm 정도로 얇게 형성된 금속제의 다이어프램(31)을 검출포트(39)에 입력한 가스압에 따라 변위하도록 유지되어 있다. 다이어프램(31)의 배압면 쪽에는 금속기관(32)이 고정되어 있다. 금속기관(32)에는 도전성 전극이 배설되어 있다. 금속기관(32)은 다이어프램(31)과 소정의 간격을 두고 배설되어 있다. 이와 같은 압력센서(14)는 다이어프램(31)이 수압면에서 가스압을 받아서 변위하면, 금속기관(32)과 다이어프램(31)과의 간격이 변화하여 정전용량이 변화하기 때문에, 정전용량의 변화를 가스압의 변화로서 검출한다.
- [0048] 온도센서(15)는 봉 형상의 열전대(熱電對)이다.
- [0049] 유로블록(18)은 스테인리스 등의 금속을 직육면체 형상으로 형성한 것이다. 유로블록(18)의 도면 중 윗면에는 제1 포트(33), 제2 포트(34) 및 제3 포트(35)가 개설되어 있다. 유로 블록(18)에는 도면 중 우측면에 주통로

(36)가 형성되어 있다. 유로블록(18)은 제1 포트(33), 제2 포트(34) 및 제3 포트(35)를 주통로(36)로 연통시켜서 "내부유로"를 형성하고 있다. 주통로(36)에는 스탑콕(stopcock; 37)이 용접되어, 유로의 기밀성을 확보하고 있다. 여기서, 유로블록(18)의 내부유로는 제1 차단밸브(12)의 제2 포트(21)에 연통하는 유로 및 제2 차단밸브(13)의 제1 포트(26)에 연통하는 유로와 단면적이 거의 동일하게 되어 있다. 이것은 가스유량 검정유닛(11)으로 공급된 가스의 압력을 유로블록(18) 안에서 쉽게 균일하게 하도록 하기 위함이다. 제1 실시형태에서는 내부유로(주통로(36) 등)의 유로단면은 지름이 4mm로 설정되어 있다. 또한, 유로블록(18)에는 주통로(36)의 바깥쪽에 "설치부"의 일레인 삽입공(38)이 측면에서 주통로(36)에 직교하는 방향으로 형성되어 있다.

[0050] 제1 차단밸브(12)는 도시하지 않은 개스킷을 이용하여 바디(19)의 제2 포트(21)를 유로블록(18)의 제1 포트(33)에 접속시키고, 도면 중 상방에서 볼트(40)를 체결하는 것에 의해 도시하지 않은 개스킷을 압박한 상태로 유로블록(18)의 도면 중 윗면에서 고정된다.

[0051] 제2 차단밸브(13)는 도시하지 않은 개스킷을 이용하여 바디(25)의 제1 포트(26)를 유로블록(18)의 제2 포트(34)에 접속시키고, 도면 중 상방에서 볼트(40)를 체결하는 것에 의해 도시하지 않은 개스킷을 압박한 상태로 유로블록(18)의 도면 중 윗면에서 고정된다.

[0052] 압력센서(14)는 도시하지 않은 개스킷을 이용하여 검출포트(39)를 유로블록(18)의 제3 포트(35)에 접속시키고, 도면 중 상방에서 볼트(40)를 체결하는 것에 의해 도시하지 않은 개스킷을 압박한 상태로 유로블록(18)의 도면 중 윗면에서 고정된다.

[0053] 온도센서(15)는 삽입공(38)에 삽입되어 유로블록(18)에 설치된다.

[0054] 따라서, 가스유량 검정유닛(11)은 도 5에 도시한 것처럼, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와 압력센서(14)와 온도센서(15)가 1개의 유로블록(18)에 집적되어 설치된다. 이와 같은 가스유량 검정유닛(11)에는 도 3 및 도 4에 도시한 것처럼, 유로블록(18)의 측면에 컨트롤러(16)가 나사 등으로 고정되어 있다.

[0055] <컨트롤러의 전기적 구성>

[0056] 도 6은 컨트롤러(16)의 전기 블록도이다.

[0057] 컨트롤러(16)는 컴퓨터 기능을 포함하여, CPU(41), 입출력 인터페이스(42), ROM(43), RAM(44), 하드 디스크 드라이브(이하 "HDD"라 한다)(45)로 구성된다.

[0058] 입출력 인터페이스(42)에는 제1 차단밸브(12), 제2 차단밸브(13), 압력센서(14), 온도센서(15)가 접속하고, 신호를 송수신하도록 되어 있다.

[0059] HDD(45)에는 체적기억수단(46)이 형성되어 있다. 체적기억수단(46)에는 기지체적(Vk)과, 시스템 쪽 유로체적(Ve)과, 탱크체적(V)이 기억되어 있다. "기지체적(Vk)"이란 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 체적, 더 구체적으로는 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)를 닫은 때 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)와 제2 차단밸브(13)의 밸브 좌(28)와의 사이에 형성되는 밀폐공간의 체적을 말한다. "시스템 쪽 유로체적(Ve)"이란, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 출구에서 제1 차단밸브(12)까지의 체적, 더 구체적으로는 제1 차단밸브(12)를 닫은 때의 매스 플로우 컨트롤러(10)의 출구에서 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)까지의 체적을 말한다. "탱크체적(V)"이란, 제1 차단밸브(12)를 열고, 제2 차단밸브(13)를 닫은 때의 매스 플로우 컨트롤러(10)의 출구에서 제2 차단밸브(13)의 밸브 좌(28)까지의 체적을 말한다. 기지체적(Vk)은 가스유량 검정유닛(11)의 제조시에 측정가능하기 때문에, 가스유량 검정유닛(11)의 제조 후, 가스유량 검정유닛(11)을 외부 시스템에 설치하기 전에 미리 체적기억수단(46)에 기억시킨다. 이에 대하여, 시스템 유로 쪽 체적(Ve)과 탱크체적(V)은 가스유량 검정유닛(11)을 외부 시스템에 설치하기 전에 측정할 수 없기 때문에, 가스유량 검정유닛(11)을 제조하여 외부 시스템에 설치한 후에 사후적으로 측정하여 체적기억수단(46)에 기억시킨다.

[0060] ROM(43)에는 유량검정 프로그램(48)과 "체적측정수단"인 체적측정 프로그램(47)이 저장되어 있다. 유량검정 프로그램(48)은 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)의 밸브 개폐 동작을 적절하게 제어하고, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 압력과 온도를 압력센서(14)와 온도센서(15)로 검출하고, 그 검출결과에 기초하여 매스 플로우 컨트롤러(10)의 유량을 검정하는 것이다. 체적측정 프로그램(47)은 시스템 쪽 유로체적(Ve)과 탱크체적(V)을 측정한다.

- [0061] *<기지체적과 시스템 쪽 유로체적과의 관계>
- [0062] 도 3, 도 4 및 도 5에 도시한 것처럼, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)은 종래기술과 같이 챔버를 형성하고 있지 않다. 가스유량 검정유닛(11)은 기지체적(Vk)이 시스템 쪽 유로체적(Ve) 이하로 설정되어 있다. 기지체적(Vk)을 시스템 쪽 유로체적(Ve) 이하로 하는 것은 가스유량 검정유닛(11)의 유로를 짧게 하는 것에 의해, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 출력한 가스의 압력이 가스유량 검정유닛(11) 안에서 변화하는 것(편재하는 것)을 방지하기 위함이다. 따라서, 가스유량 검정유닛(11)은 제1 차단밸브(12), 압력센서(14), 온도센서(15), 제2 차단밸브(13)를 배설한 이상 가능한 기지체적(Vk)을 작게 하는 것이 바람직하다. 제1 실시형태에서는 도 1에 도시한 가스 박스(1)에 있어서, 각 가스유닛(2)의 매스 플로우 컨트롤러(10)의 출구에서 가스유량 검정유닛(11)을 구성하는 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)까지의 시스템 쪽 유로체적(Ve)이 100cc로 설정되어 있는 것에 대하여, 가스유량 검정유닛(11)을 구성하는 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)(도 5 참조)에서 제2 차단밸브(13)의 밸브 좌(28)(도 5 참조)까지의 기지 체적(Vk)이 10cc로 설정되어 있다.
- [0063] <검정방법>
- [0064] 다음으로, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의한 검정방법의 아웃라인에 관하여 설명한다. 후술하는 평가실험의 설명에서 검정방법을 구체적으로 기재하기 때문에 여기서는 아웃라인만 설명한다. 도 7은 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)이 실행하는 유량검정방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0065] 가스유량 검정유닛(11)은 1 라인씩 유량을 검정한다. 즉, 유량검정은 단계(101)(이하 "S(101)"이라 한다)에서, 시스템을 초기화하여 먼저 유량검정에서 취득한 데이터를 소거한다. 그리고 S(102)에서, 가스공급 집적유닛 안을 퍼지하여, 유로 안의 남은 가스를 제거한다.
- [0066] 그리고 S(103)에서, 탱크체적을 이미 측정했는지 여부를 판단한다. 탱크체적을 아직 측정하지 않은 경우에는(S(103): NO), S(104)에서 탱크체적(V)을 측정한 후, S(105)로 진행한다. 한편, 이미 탱크체적을 측정한 경우에는(S(103): YES), 바로 S(105)로 진행한다.
- [0067] 그리고 S(105)에서, 압력센서(14)가 검출한 압력값이 미리 정한 측정개시압력(P1) 이상인지 여부를 판단한다. 검출한 압력값이 미리 정한 측정개시압력(P1) 미만인 경우에는(S(105):NO), 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)을 측정할 때까지 컨트롤러(16)는 기다린다. 한편, 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)을 측정할 경우에는(S(105):YES), S(106)에서, 압력센서(14)가 검출한 압력값이 목표압력(P2)인지 여부를 판단한다. 압력센서(14)가 목표압력(P2)을 검출할 때까지 컨트롤러(16)는 기다린다(S(106):NO). 즉, 가스유량 검정시스템(11)은 압력센서(14)가 목표압력(P2)을 검출할 때까지 기다린다. 압력센서(14)가 목표압력(P2)을 검출한 후(S(106):YES), 컨트롤러(16)는 S(107)에서 유량(Q)을 산출한다.
- [0068] 따라서, S(105)~S(107)의 처리에 의해 유량(Q)을 측정한다. 또한, 탱크체적(V)과 유량(Q)의 측정방법에 관하여는, 평가실험에서 상세히 설명한다.
- [0069] 그리고 S(108)에서, 검정횟수(ek)에 1을 가산하고, S(109)에서, 검정횟수(ek)가 미리 정한 측정횟수(e)인지 여부를 판단한다. 검정횟수(ek)가 미리 정한 검정횟수(e)인 경우에는(S(109): NO), S(102)로 돌아가고, 퍼지와 유량(Q)의 측정을 반복한다. 그 후, 검정횟수(ek)가 미리 정한 검정횟수(e)가 될 때까지 탱크체적(V)과 유량(Q)을 측정하고(S(109): YES), S(110)에서, 유량(Q)의 측정값의 평균값을 구하고, 평균값을 매스 플로우 컨트롤러(10)의 설정유량과 비교하는 것에 의해 검정을 행한다. 검정 시에는, 필요에 따라 유량(Q)의 보정값을 설정한다. 이상에서, 1개의 가스유닛(2)에 관한 유량검정을 종료한다.
- [0070] 그리고 S(111)에서, 검정이 끝난 가스유닛수(uk)에 1을 가산하고, S(112)에서 검정이 끝난 가스유닛수(uk)가 가스공급 집적유닛에 탑재한 가스유닛(2)의 총수(u)인지 여부를 판단한다. 검정이 끝난 가스유닛수(uk)가 총유닛수(u)가 아닌 경우에는(S(112):NO), 미검정의 가스유닛(2)이 있기 때문에, S(102)로 돌아가고, 다음의 가스유닛(2)에 탑재한 매스 플로우 컨트롤러(10)의 유량을 검정한다. 한편, 검정이 끝난 가스유닛수(uk)가 총유닛수(u)인 경우에는(S(112):YES), 가스공급 집적유닛의 전체의 가스유닛(2)에 관하여 유량검정을 종료한 것을 의미하기 때문에, 그대로 유량검정처리를 종료한다.
- [0071] <평가실험>

- [0072] 여기서, 발명자들이 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)의 평가실험을 하였다. 도 8은 평가장치(50)의 블록도이다.
- [0073] 평가장치(50)는 4개의 가스유닛(2A, 2B, 2C, 2D)을 가스유량 검정유닛(11)에 병렬로 접속하여 구성되어 있다. 이하의 설명에서는, 가스유닛을 구별할 필요가 없을 때에는, "가스유닛(2)"이라고 칭한다. 또한, 가스유닛(2)을 구성하는 유체제어기에 관하여도, 특별하게 구별할 필요가 없는 경우에는, 부호의 칭호 "A", "B", "C", "D"를 생략하여 설명한다.
- [0074] 가스유닛(2)은 상류 쪽부터 필터(51), 수동밸브(52), 레귤레이터(53), 압력온도계(54), 매스 플로우 컨트롤러(10), 출력용 차단밸브(55)를 직렬 일체로 연결한 것이다. 다만, 가스유닛(2A)에는 압력온도계(54A)와 매스 플로우 컨트롤러(10A)와의 사이에 고 정확도 유량계(56)가 배설되어, 매스 플로우 컨트롤러(10A)의 제어유량을 정밀하게 측정하고 있다. 가스유닛(2A, 2B, 2C, 2D)은 가스공급밸브(57)에 병렬로 접속되며, 가스공급밸브(57)를 통해 진공펌프(58)에 접속되어 있다. 가스유닛(2)을 가스공급밸브(57)에 연통하는 시스템 쪽 유로 위에는 압력계(59)가 배설되어, 시스템 쪽 유로 안의 압력을 검출하도록 되어 있다. 가스유량 검정유닛(11)은 시스템 쪽 유로로부터 분지하여 가스공급밸브(57)와 진공펌프(58)와의 사이를 접속하는 분지유로 위에 형성되어 있다.
- [0075] 평가실험은 평가장치(50)의 구성을 적절하게 변경하여 행했다. 즉, 평가실험에서는 (i) 도 8에 도시한 것처럼, 가스유량 검정유닛(11)을 그대로 사용하여 구성한 평가장치(50A)와, (ii) 도 8의 점선으로 도시한 것처럼, 유로 블록(18)의 주통로(36)에 연통하도록 500cc의 챔버(60)를 가스유량 검정유닛(11)에 설치하여 구성한 평가장치(50B)와, (iii) 도 8에 도시한 가스유량 검정유닛(11)을 도 19에 도시한 종래의 가스유량 검정유닛(U)으로 치환하여 구성한 평가장치(50C)를 사용하였다.
- [0076] <평가실험방법>
- [0077] 평가실험은 상기 (i), (ii), (iii)에서 사용하는 평가장치(50A, 50B, 50C)에 관하여 각각 행하였다. 평가실험은 먼저 탱크체적(V)($V_t + V_k$)과 시스템 쪽 유로체적(V_e)을 측정된 후, 오차 측정을 5회 반복하고, 오차의 평균값을 산출하였다. 오차 측정은 가스유량 검정유닛이 산출한 유량과 고 정확도 유량계(56)가 측정한 유량과의 사이에 발생하는 오차를 산출하는 것에 의하여 행하였다. 오차 측정은 매스 플로우 컨트롤러(10)의 제어유량을 많은 유량(500sccm)으로 한 경우와, 작은 유량(100sccm)으로 한 경우로 나누어 행하였다. 그리고 도 10에 도시한 것처럼, 오차측정결과를 (i), (ii), (iii)의 경우로 나누어, 비교하였다. 평가실험의 방법을 이하에서 구체적으로 설명한다.
- [0078] <체적의 측정>
- [0079] 가스유량 검정유닛(11)을 외부 시스템에 접속하는 경우, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 출구에서 가스유량 검정유닛(11)을 구성하는 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)까지의 시스템 유로 측 체적(V_e)은 외부 시스템의 유로구성마다 다르다. 즉, 탱크체적(V)이 외부 시스템에 의해 변화한다. 따라서, 가스유량 검정유닛(11)은 가스유량의 검정에 앞서, 탱크체적(V)과 시스템 유로 쪽 체적(V_e)을 측정한다. 탱크체적(V) 및 시스템 쪽 유로블록(V_e)의 측정은 컨트롤러(16)가 체적측정 프로그램(47)을 실행하는 것에 의해 행해진다.
- [0080] 탱크체적(V)의 측정은 먼저 가스유닛(2B, 2C, 2D)의 출력용 차단밸브(55B, 55C, 55D)와 가스공급밸브(57)을 닫는 한편, 가스유닛(2A)의 수동밸브(52A), 출력용 차단밸브(55A)와, 가스유량 검정유닛(11)의 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)를 열고, 진공펌프(58)로 진공상태로 만들면서 매스 플로우 컨트롤러(10A)에 N_2 가스를 50sccm씩 흘려보낸다. 유량이 안정되고 나서, 가스유량 검정유닛(11)의 제2 차단밸브(13)를 닫는다. 그러면, 시스템 쪽 유로와 가스유량 검정유닛(11)의 유로의 압력이 상승하여, 압력센서(14)가 검출하는 압력값이 상승한다. 이때, 제2 차단밸브(13)를 닫은 후, 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)(제1 실시형태에서는 5kPa)을 측정하고 나서, 압력센서(14)가 목표압력(P2)(제1 실시형태에서는 13kPa)을 측정할 때까지의 시간을 계측함과 동시에, 온도를 온도센서(15)로 계측한다.
- [0081] *도 9에 도시한 것처럼, 미리 정한 측정개시압력(P1)에서 목표압력(P2)까지 상승한 압력상승량(ΔP)은 목표압력(P2)에서 미리 정한 측정개시압력(P1)을 감산하는 것에 의해 알 수 있다. 압력센서(14)는 일정간격(예를 들면

0.1초 간격)으로 압력을 검출하기 때문에, 압력센서(14)가 측정개시압력(P1)을 검출하고 나서 목표압력(P2)를 검출할 때까지의 압력검출횟수를 세는 것에 의해, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 압력이 P1에서 P2까지 상승하는 계측시간(Δt)을 알 수 있다. 따라서, 압력상승량(ΔP)을 계측시간(Δt)으로 나누는 것에 의해, 단위시간당 상승압력값($\Delta P / \Delta t$)을 알 수 있다. 또한, 가스의 기체정수(R)는 사용하는 가스(제1 실시형태에서는 N_2 가스)의 기체정수를 그대로 사용한다. 기체온도(T)는 온도센서(15)가 검출하는 온도에서 알 수 있다. 게다가, 유량(Q)은 매스 플로우 컨트롤러(10)의 설정유량(고 정확도 유량계(56)가 측정하는 유량(제1 실시형태에서는 50sccm))을 입력하면 알 수 있다. 따라서, 유량산출의 기본이 되는 수식(1)을 변형한 수식(2)에 관명된 수값을 적용하는 것에 의해, 탱크체적(V)을 산출한다.

[수식(1)]

$$\text{유량 (Q)} = \frac{\Delta P}{\Delta t} \times \frac{V}{RT}$$

다만, ΔP 는 압력(Pa)을, Δt 는 측정시간(s)을, V는 탱크체적(m^3)을, R은 기체정수(J/mol · K)를, T는 기체온도(K)를 나타낸다.

[수식(2)]

$$V = \frac{\Delta t \cdot \text{유량(Q)} \cdot RT}{\Delta P}$$

상기와 같이 하여 탱크체적(V)을 10회 반복하여 측정하고, 탱크체적(V)의 평균값을 산출한다. 이 평균값을 탱크체적(V)으로 하여 컨트롤러(16)의 체적기억수단(46)에 기억시킨다.

여기서, 탱크체적(V)은 기지체적(V_k)과 시스템 쪽 유로체적(V_e)을 가산한 체적에 상당하다. 기지체적(V_k)은 미리 체적기억수단(46)에 기억되어 알고 있다. 그리고 탱크체적(V)에서 기지체적(V_k)을 감산하여 시스템 쪽 유로체적(V_e)을 측정한다. 측정한 시스템 쪽 유로체적(V_e)은 체적기억수단(46)에 기억된다.

<오차 측정>

오차 측정은 컨트롤러(16)에 유량검정 프로그램(48)을 실행시켜서 유량을 검정하고, 가스유량 검정유닛이 산출한 유량을 고 정확도 유량계(56)가 측정한 유량과 비교하여 오차를 산출한 것에 의해 행한다.

가스유닛(2A)의 유량을 검정하는 경우에는 가스유닛(2B, 2C, 2D)의 출력용 차단밸브(55B, 55C, 55D)와, 가스공급밸브(57)를 닫고, 한편 가스유닛(2A)의 수동밸브(52A), 출력측 차단밸브(55A), 가스유량 검정유닛(11)의 제1 차단밸브(12), 제2 차단밸브(13)를 연다. 이 상태에서 매스 플로우 컨트롤러(10A)로 N_2 가스를 공급한다. 매스 플로우 컨트롤러(10A)의 제어유량을 안정시키기 위해 가스유닛(2A)으로 N_2 가스를 30초 동안 흐르게 하고, 가스유량 검정유닛(11)의 제2 차단밸브(13)를 닫는다.

그러면, 가스유량 검정유닛(11) 안의 압력이 상승한다. 그리고 나서, 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)(5kPa)을 검출하고 나서 목표압력(P2)(13kPa)을 검출할 때까지의 시간을 계측한다. 시간을 계측하는 것은 유량에 따라 압력상승시간이 다르기 때문이다. 구체적으로는 예를 들면, 압력이 5kPa에서 13kPa까지 상승하는 시간은 유량이 100sccm인 때에는 7.5초가 걸리고, 유량이 500sccm인 때에는 1.5초가 걸린다. 압력센서(14)가 13kPa를 검출하고 나서, 제2 차단밸브(13)를 열고, 다음의 유량 검정으로 이행한다.

- [0093] 가스유량 검정유닛(11)은 다음과 같이 하여 유량을 산출한다. 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 압력상승량(ΔP)은 목표압력(P2)에서 미리 정한 측정개시압력(P1)을 감산하는 것에 의해 알 수 있다. 압력센서(14)는 일정간격(예를 들면, 0.1초 간격)으로 압력을 검출하기 때문에, 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)을 검출하고 나서 목표압력(P2)을 검출할 때까지의 압력검출횟수를 세는 것에 의해, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 압력이 P1에서 P2까지 상승하는 계측시간(Δt)을 알 수 있다. 그리고 압력상승량(ΔP)을 계측시간(Δt)으로 나누는 것에 의해, 단위시간당 상승압력값($\Delta P/\Delta t$)을 알 수 있다. 기체정수(R)는 사용하는 가스(제1 실시형태에서는 N_2 가스)의 기체정수를 그대로 사용하면 알 수 있다. 온도(T)는 온도센서(15)가 검출한 온도에서 알 수 있다. 또한, 탱크체적(V)은 상기 체적측정에 의해 체적기억수단(46)에 기억되어 알 수 있게 된다. 그러면, 판명하고 있는 수값(단위시간당 상승압력값($\Delta P/\Delta t$), 기체상수(R), 온도(T), 탱크 체적(V))을 수식(1)에 적용하여, 유량(Q)을 산출한다.
- [0094] 가스유량 검정유닛(11)은 산출한 유량(Q)을 매스 플로우 컨트롤러(10)의 설정유량과 비교하고, 일치한 경우에는 매스 플로우 컨트롤러(10)가 적정하게 유량을 제어하고 있다고 판단하고, 일치하지 않으면 매스 플로우 컨트롤러(10)가 적정하게 유량을 제어하고 있지 않다고 판단하고, 필요에 따라 매스 플로우 컨트롤러(10)를 교정한다.
- [0095] 가스유량 검정유닛(11)이 산출한 유량(Q)을 고 정확도 유량계(56)가 계측한 유량과 비교하여, 오차를 판단한다. 왜냐하면, 고 정확도 유량계(56)는 검출 정확도가 항상 높고, 고 정확도 유량계(56)가 계측한 유량은 매스 플로우 컨트롤러(10A)가 제어한 유량의 참값에 매우 가깝기 때문에, 가스유량 검정유닛(11)이 산출한 유량(Q)과 고 정확도 유량계(56)가 계측한 유량을 비교하여 오차를 구하면, 가스유량 검정유닛(11)의 유량검정 정확도를 판단할 수 있기 때문이다.
- [0096] <평가결과>
- [0097] 상기와 같이 오차를 측정하여 평가한 결과에 관하여 도 10을 참조하면서 설명한다.
- [0098] 본 발명자들이 평가장치(50C)를 이용하여 종래의 가스유량 검정유닛(U)을 평가한바, 도 10(iii)에 도시한 것처럼, 매스 플로우 컨트롤러(10A)의 유량이 100sccm인 경우에는 종래의 가스유량 검정유닛(U)이 산출한 유량(Q13)은 고 정확도 유량계(56)가 계측한 매스 플로우 컨트롤러(10A)의 참값과의 오차가 0.012%로 작았다(도면 중 검은 구 참조). 이와 같이 종래의 가스유량 검정유닛(U)의 유량검정 정확도가 높은 것은 도 19에 도시한 것처럼 챔버(153)를 포함하기 때문이라고 본 발명자들은 생각하였다.
- [0099] 즉, 일반적으로, 밸브요소(151, 152)를 가깝게 하면, 밸브요소(151, 152) 사이의 체적이 작아지고, 압력이 단위 시간 동안 상승한다. 단위시간당 상승압력값(도 9에 나타난 그래프의 경사)이 너무 커지면, 트랜스듀서 어셈블리(154)가 PV/RT를 직접 표시하는 신호를 출력하기 전에 밸브요소(152)가 열려서, 유량을 검정할 수 없게 된다. 따라서, 유량을 확실하게 검정하기 위해서는 챔버(153)를 밸브요소(151)와 밸브요소(152)와의 사이에 형성하여 기지체적(V_k)을 크게 할 필요가 있다고 본 발명자들은 생각하였다.
- [0100] 또한, 유량을 높은 정확도로 검정하기 위해서는, 단위시간당 상승압력값(도 9에 나타난 그래프의 경사)를 작게 하는 것이 바람직하다. 그러나 너무 상승압력값을 작게 하면, 유량검정시간이 길어지는 불합리가 있다. 따라서, 압력계측시간을 확보하기 위해서는 반도체 제조 프로세스에 허용되는 유량검정시간을 고려하여 챔버(153)의 체적을 결정할 필요가 있다고 본 발명자들은 생각하였다.
- [0101] 한편, 본 발명자들은 제1 차단밸브(12)·제2 차단밸브(13)·압력센서(14)·온도센서(15)를 유로블록(18)에 집적화하여 가스유량 검정유닛(11)을 구성하는 것에 의해, 밸브요소(151, 152) 등을 배관으로 접속한 종래의 가스유량 검정유닛(U)보다 사이즈를 콤팩트하게 하는 것을 생각하였다. 본 발명자들은 유량검정의 정확도를 올리기 위해, 가스유량 검정유닛(11)에 챔버(60)를 설치하여 평가장치(50B)를 구성하였다. 이때, 본 발명자들은 유량검정 정확도를 현저히 올리기 위해, 종래의 가스유량 검정유닛(U)이 사용하는 챔버(153)보다 체적이 큰 500sccm의 챔버(60)를 가스유량 검정유닛(11)에 설치하였다.
- [0102] 본 발명자들은 평가장치(50B)를 이용하여 평가실험을 행한바, 도 10(ii)에 나타난 것처럼, 매스 플로우 컨트롤러(10A)의 유량이 100sccm인 경우에는 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛이 산출한 유량(Q12)은 참값과의 오차가 0.099%이었다(도면 중 검은 구 참조). 상기한 챔버의 존재의미에 비추어 보면, 챔버(60)의 체적이 챔버(153)보다 크게 된 만큼, 유량검정 정확도가 향상할 것이다. 그럼에도, 챔버(60)를 포함한 유량검정 유닛의 평가결과가 종래의 가스유량 검정유닛(U)의 평가결과보다 악화되었다.

- [0103] 게다가, 본 발명자들이 평가장치(50A)를 이용하여 평가실험을 행한바, 도 10(i)에 나타난 것처럼, 매스 플로우 컨트롤러(10A)의 유량이 100sccm인 경우에는, 가스유량 검정유닛(11)이 산출한 유량(Q11)은 참값과의 오차가 0.014%였다(도면 중 검은 구 참조). 상기한 챔버의 존재의미를 비추어 보면, 가스유량 검정유닛(11)의 평가결과는 종래의 가스유량 검정유닛(U)의 평가결과보다 나빠진 것보다, 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛의 평가결과가 더 나빠질 것이다. 그럼에도, 가스유량 검정유닛(11)의 평가결과는 챔버(60)를 포함한 것의 평가결과보다 양호하고, 또한 종래의 가스유량 검정유닛(U)의 평가결과보다 0.002%밖에 악화하지 않았다.
- [0104] 이상의 평가결과에 의해, 본 발명자들은, 유량검정 정확도의 양부가 챔버의 유무에 의한 것이 아니라는 것을 깨달았다.
- [0105] 본 발명자들은 유량검정 가능범위의 유량검정 정확도를 검증하기 위해, 평가장치(50A, 50B, 50C)를 이용하여 유량을 500sccm으로 증가한 경우의 유량검정 정확도를 평가하였다.
- [0106] 평가장치(50A)에 N₂가스를 500sccm 흘려보낸 경우에는 도 10(i)에 나타난 것처럼, 가스유량 검정유닛(11)이 산출한 유량(Q21)은 참값과의 오차가 0.515%이었다(도면 중 검은 색 삼각형 참조). 그리고, 100sccm의 적은 유량을 흘려보낸 경우의 오차(0.014%)와, 500sccm의 많은 유량을 흘려보낸 경우의 오차(0.515%)를 비교하면, 0.501%의 차가 생겼다.
- [0107] 평가장치(50B)에 N₂가스를 500sccm 흘려보낸 경우에는 도 10(ii)에 나타난 것처럼, 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛이 산출한 유량(Q22)은 참값과의 오차가 0.982%였다(도면 중 검은 색 삼각형 참조). 그리고, 100sccm의 적은 유량을 흘려보낸 경우의 오차(0.099%)와, 500sccm의 많은 유량을 흘려보낸 경우의 오차(0.982%)를 비교하면, 0.883%의 차이가 생겼다.
- [0108] 평가장치(50C)에 N₂가스를 500sccm 흘려보낸 경우에는 도 10(iii)에 나타난 것처럼, 종래의 가스유량 검정유닛(U)이 산출한 유량(Q23)은 참값과의 오차가 1.150%였다(도면 중 검은 색 삼각형 참조). 그리고, 100sccm의 적은 유량을 흘려보낸 경우의 오차(0.012%)와, 500sccm의 많은 유량을 흘려보낸 경우의 오차(1.150%)를 비교하면, 1.138%의 차이가 생겼다.
- [0109] 상기 평가결과를 검토하면, 유량검정 가능범위의 유량검정 정확도가 가장 안정한 것은 가스유량 검정유닛(11)이며, 가장 불안정한 것은 종래의 가스유량 검정유닛(U)임이 판명되었다. 유량검정 가능범위의 유량검정 정확도의 변화가 챔버에 기인한 것이라면, 500cc 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛에서 생기는 유량검정 정확도의 변화가, 종래의 가스유량 검정유닛(U)에서 생기는 유량검정 정확도의 변화보다 커질 것이다. 그러나 평가결과는 종래의 가스유량 검정유닛(U)이 500cc 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛보다 유량검정 정확도의 변화가 컸다. 이 평가결과에 의해, 본 발명자들은 가스유량 검정유닛(11)의 유닛 구성이 종래의 가스유량 검정유닛(U)의 유닛 구성보다 콤팩트한 점에서 뛰어날 뿐만 아니라, 유량검정 정확도의 변화가 작다는 점에서도 뛰어나다는 것을 확인하였다.
- [0110] 가스유량 검정유닛(11)의 유량검정 정확도가 종래의 가스유량 검정유닛(U)보다 양호하게 된 이유를 검토한다.
- [0111] 제1 이유로서는 기지체적(V_k)이 시스템 쪽 유로체적(V_e)이하인 것을 들 수 있다. 시스템 쪽 유로체적(V_e)이 100cc인 것에 대하여, 가스유량 검정유닛(11)의 기지체적(V_k)은 10cc이고, 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛의 기지체적(V_k)은 500cc를 넘고, 종래의 가스유량 검정유닛(U)의 기지체적(V_k)은 250cc를 넘는다. 결국, 가스유량 검정유닛(11)의 기지체적(V_k)만이 시스템 쪽 유로체적(V_e)보다 작다. 챔버를 형성하여 기지체적(V_k)을 크게 한 경우, 적은 유량인 경우에는, 가스가 챔버 안에서 천천히 흘러들어오고, 가스유량 검정유닛 안의 압력 밸런스가 균일하게 되기 쉽다. 그러나 많은 유량이 되면, 가스가 챔버 안으로 들어와서 압력을 상승시키기 전에 제1 차단밸브(12)(밸브요소(151))와 제2 차단밸브(13)(밸브요소(152))와의 사이의 압력이 급격하게 상승하여, 가스유량 검정유닛 안의 압력 밸런스가 불균일하게 된다. 그 때문에, 챔버의 압력·온도를 검출하여 유량을 검정하면, 유량이 증가한 만큼 제1 차단밸브(12)(밸브요소(151))와 제2 차단밸브(13)(밸브요소(152))와의 사이의 압력과 온도를 정확하게 검출할 수 없게 되고, 가스유량 검정유닛이 검정하는 유량과 참값과의 사이에 오차가 생기기 쉬워지는 것으로 생각된다. 따라서, 기지체적(V_k)을 시스템 쪽 유로체적(V_e)이하로 하면, 유량검정 정확도가 향상한다고 생각된다.
- [0112] 제2 이유로서는 유로구성이 간단한 점을 들 수 있다. 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛과 종래의 가스유량 검정유닛(U)은 챔버를 포함한 점에서 공통이지만, 유로가 유로블록(18)으로 구성되어 있는지와 배관으로 구성되어 있는지가 상위하다. 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛은 적은 유량을 제어할 때에는 종래의 가스유량 검

정유닛(U)보다 유량검정 정확도가 뒤떨어지긴 하였지만, 많은 유량 제어시에는 종래의 가스유량 검정유닛(U)보다 유량검정 정확도가 뛰어났다. 이 결과에 의해, 가스유량 검정유닛의 유로를 유로블록(18)으로 구성하면, 배관으로 유로를 구성한 경우보다 유로구성이 간단해지고, 많은 유량 제어시의 가스유량 검정 정확도를 향상시킬 수 있다고 생각된다.

[0113] 제3 이유로서는 유로 단면적 변화가 작은 것을 들 수 있다. 가스유량 검정유닛(11)과 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛은 챔버(60)의 유무가 상위하다. 적은 유량 시의 오차를 비교하면, 가스유량 검정유닛(11)은 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛보다 오차가 0.085%만큼 작고, 많은 유량 시의 오차를 비교하면, 가스유량 검정유닛(11)은 챔버(60)를 포함한 가스유량 검정유닛보다 오차가 0.467%만큼 작다. 결국, 가스유량 검정유닛(11)은 챔버(60)를 포함하지 않은 것만으로, 적은 유량 제어시와 많은 유량 제어시에 생기는 오차가 작아지고, 또한 많은 유량이 되는 만큼 오차가 억제되도록 된다. 이 결과에 의해, 챔버(60)를 형성하지 않은 경우에는 유로블록(18)의 내부유로와 챔버(60)와의 사이의 유로 단면적 변화가 없어지기 때문에, 가스의 흐름이 안정되어 유량검정 정확도가 향상됨과 동시에, 적은 유량에서 많은 유량으로 유량을 변경하여도 유량검정 정확도의 오차를 억제하도록 된다고 생각된다.

[0114] <제1 실시형태의 가스유량 검정유닛의 작용효과>

[0115] 따라서, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의하면, 기지체적(Vk)이 시스템 쪽 유로체적(Ve) 이하이기 때문에, 예를 들면 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이로 공급하는 가스의 유량이 100sccm의 적은 유량에서 500sccm의 많은 유량으로 변화하여도, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 압력이 균일하게 되기 쉽다. 그 때문에, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)은 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이로 공급되는 가스의 유량이 증가하여도, 압력센서(14)나 온도센서(15)가 압력과 온도를 정확하게 검출할 수 있고, 압력센서(14)의 압력검출결과와 온도센서(15)의 온도검출결과를 이용하여 가스유량을 높은 정확도로 산출하여 검정할 수 있다. 따라서, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의하면, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 제어하는 제어유량의 변화에 대한 측정유량 오차가 작아지고(도 10의 (i) 참조), 유량검정에 대한 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

[0116] 또한, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의하면, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와 압력센서(14)를 유로블록(18)의 윗면에 상방으로부터 볼트(40)로 설치하여 집적하고 있기 때문에(도 5 참조), 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 기지체적(Vk)을 작게 하여, 가스유량 검정유닛(11)을 소형화할 수 있다. 특히, 챔버 없이 기구(12, 13, 14)를 유로블록(18) 위에 집적한 것에 의해, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)은 종래의 가스유량 검정유닛(U)에 대하여 풋 스페이스를 2/3 정도로 작게 할 수 있었다. 또한, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 기지체적(Vk)을 작게 하는 것에 의해, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 압력이 목표압력에 도달시킬 때까지의 시간을 단축할 수 있고, 가스유량의 검정시간을 줄일 수 있다.

[0117] 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의하면, 봉 형상의 온도센서(15)를 유로블록(18)의 삽입공(38)에 삽입하고, 유로블록(18)의 온도를 측정하는 것에 의해, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이로 공급된 가스의 온도변화를 검출하기 때문에(도 5 참조), 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 기지체적(Vk)을 작게 한 채로, 온도센서(15)를 가스유량 검정유닛(11)에 설치할 수 있다.

[0118] 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의하면, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 탑재된 가스유닛(2)과 가스 박스(1)와의 사이에 형성된 데드 스페이스를 이용하여 가스 박스(1)에 가스유량 검정유닛(11)을 내설하였기 때문에, 가스유량 검정유닛(11)의 설치 스페이스를 형성하기 위해 가스 박스(1)의 외부 배관 구성 등을 변경할 필요가 없어, 설치성이 좋다.

[0119] 또한, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의하면, 컨트롤러(16)가 체적측정 프로그램(47)을 실행한 때에, 시스템 쪽 유로체적(Ve)이 측정된다. 구체적으로는 매스 플로우 컨트롤러(10)와 제2 차단밸브(13)와의 사이에 가스를 목표압력(P2)만큼 봉입한 때에, 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)을 검출한 후, 목표압력(P2)을 검출할 때까지의 단위시간당의 상승압력값($\Delta P / \Delta t$)을 산출함과 동시에, 목표압력(P2)에 도달한 때의 가스 온도(T)를 온도센서(15)에 의해 검출한다. 그리고 압력상승값($\Delta P / \Delta t$)과 가스온도(T)를 매스 플로우 컨트롤러(10)의 제어유량(Q)과 가스의 기체정수(R)와 함께 수식(1)에 적용하고, 매스 플로우 컨트롤러(10)에서 제2 차단밸브(13)까지의 탱크체적(V)을 측정한다. 그리고 그 후, 체적기억수단(46)에서 기지체적(Vk)을 판독하고, 탱크

체적(V)에서 기지체적(V_k)을 감산한 것에 의해 시스템 쪽 유로체적(V_e)을 측정한다. 따라서, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 의하면, 유닛 설치 전의 시스템 구성에 의해 시스템 쪽 유로체적(V_e)이 변화가 생긴 경우에도, 그 변화의 영향을 배제하여 가스유량 검정의 정확도를 양호하게 유지할 수 있다.

[0120] (제2 실시형태)

[0121] 계속해서, 본 발명의 가스유량 검정유닛에 관한 제2 실시형태를 도면을 참조하여 설명한다. 도 11은 가스유량 검정유닛(11A)을 포함한 가스공급 집적유닛(63)의 일례를 도시한 블록도이다.

[0122] 제2 실시형태의 가스유량 검정유닛(11A)은 예를 들면, 도 11에 도시한 가스공급 집적유닛(63)의 유량을 검정하기 위해 이용된다. 가스공급 집적유닛(63)의 회로구성은 제1 실시형태에서 설명한 평가장치(50)(도 8 참조)와 동일하기 때문에, 각 유체제어기구에는 평가장치(50)와 같은 부호를 이용한다. 제2 실시형태의 가스유량 검정유닛(11A)은 컨트롤러(61)의 구성이 제1 실시형태의 컨트롤러(16)와 상위하다. 따라서, 여기서는 제1 실시형태와 상위한 점을 중심으로 설명하고, 공통점은 제1 실시형태에서 이용한 부호를 도면에 붙여, 설명을 적절하게 생략한다.

[0123] <컨트롤러의 전기적 구성>

[0124] 도 12는 제2 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛(11A)에 사용되는 컨트롤러(61)의 전기 블록도이다.

[0125] 컨트롤러(61)는 가스공급 집적유닛(63)의 압력계(59)와 진공펌프(58)와 출력용 차단밸브(55)가 입출력 인터페이스(42)에 접속되어 있는 점이, 제1 실시형태의 컨트롤러(16)(도 6 참조)와 상위하다. 압력계(59)는 가스유닛(2)을 가스공급밸브(57)에 연통시키는 시스템 쪽 유로(도 11 참조)의 압력을 검출하여 압력검출신호를 컨트롤러(61)로 출력한다. 진공펌프(58)는 컨트롤러(61)에서 지령을 받아, 가스공급 집적유닛(63) 안을 진공 상태로 한다. 출력용 차단밸브(55)는 컨트롤러(61)의 지령을 받아 밸브개폐동작을 행하고, 각 가스유닛(2)의 프로세스 가스출력을 제어한다.

[0126] 또한, 컨트롤러(61)는 "체적측정수단"인 체적측정 프로그램(62)을 ROM(43)에 저장하고 있다. 체적측정 프로그램(62)은 보일·샤를의 법칙을 이용하여 시스템 쪽 유로체적(V_e)과 탱크체적(V)을 산출하는 점에서, 수식(2)을 이용하여 탱크체적(V)을 산출하는 제1 실시형태의 체적측정 프로그램(47)과 상위하다.

[0127] <체적의 측정>

[0128] 탱크체적(V) 및 시스템 쪽 유로블록(V_e)의 측정은 컨트롤러(61)가 체적측정 프로그램(62)을 실행한 것에 의해 행해진다. 또한, 여기서는 평가장치(50)(도 8 참조)와 동일한 회로구성을 가지는 가스공급 집적유닛(63)(도 11 참조)을 이용하여 체적을 측정하는 경우를 예로 들어서 설명한다.

[0129] 먼저, 도 11에 도시한 출력용 차단밸브(55A, 55B, 55C, 55D)와 가스공급밸브(57)를 닫고, 가스유량 검정유닛(11A)의 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)를 연다. 그리고 진공펌프(58)를 구동하여, 출력용 차단밸브(55A)보다 하류 쪽을 진공상태로 한다. 압력센서(14)가 소정압(5kPa)을 검출하고 진공 상태가 되었는지 확인하고 나서, 가스유닛(2A)의 수동밸브(52A)와 출력용 차단밸브(55A)를 닫은 상태에서 연 상태로 전환하고, 가스유닛(2A)으로 N₂가스를 흘려보낸다. 여기서, 제2 차단밸브(13)를 닫으면, 매스 플로우 컨트롤러(10A)에서 제2 차단밸브(13)까지의 유로 안의 압력이 상승한다. 압력센서(14)가 소정압(13kPa)을 검출한 시점에서, 출력용 차단밸브(55A)를 연 상태에서 닫은 상태로 전환하고, N₂가스의 공급을 정지한다. 여기서, 제1 차단밸브(12)를 닫고, 제2 차단밸브(13)를 연 후에 진공펌프(58)를 구동시켜서, 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)와 제2 차단밸브(13)의 밸브 좌(28)와의 사이에 진공영역을 만든다. 그 후, 제1 차단밸브(12)를 닫은 상태에서 연 상태로 전환하고, N₂가스를 진공영역으로 방출한다. 이때, 압력센서(14)에 의해 압력변동을 검출함과 동시에, 온도센서(15)로 유로블록(18)의 온도 및 가스온도를 검출한다.

[0130] 그리고 N₂가스를 진공영역으로 방출하기 직전에 압력센서(14)가 검출한 압력(P11)과, N₂가스를 진공영역으로 방출하기 직전에 온도센서(15)가 검출한 온도(T11)와, N₂가스를 진공영역으로 방출한 후에 체적측정을 완료하기 위한 체적측정완료압력(P12)과, 체적측정종료압력(P12)에 도달한 때에 온도센서(15)가 검출한 온도(T12)를 보일

· 샤를의 법칙($P_{11} \cdot V_{11}/T_{11}=P_{12} \cdot V_{12}/T_{12}$)에 적용한다. 그러면, 체적(V_{12})을 구할 수 있다. 이 체적(V_{12})은 제1 차단밸브(12)를 연 후의 체적이기 때문에, 탱크체적(V)에 상당하다. 그러면, 탱크체적(V)에서 기지체적(V_k)을 감산하고, 시스템 쪽 유로체적(V_e)을 측정한다. 이와 같이 하여 측정한 탱크체적(V)과 시스템 쪽 유로체적(V_e)은 체적기억수단(46)에 기억된다.

[0131] <제2 실시형태의 가스유량 검정유닛의 작용효과>

[0132] 상기와 같이, 제2 실시형태의 가스유량 검정유닛(11A)은 진공펌프(58)에 제2 차단밸브(13)의 제2 포트(27)가 접속되며, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 출구와 제1 차단밸브(12)의 밸브 좌(22)와의 사이의 압력을 검출하는 압력계(59)와, 가스유닛(2)의 출력용 차단밸브(55)에 컨트롤러(61)가 접속되어 있다(도 11, 도 12 참조). 컨트롤러(61)가 체적측정 프로그램(62)을 실행하는 것에 의해, 시스템 쪽 유로체적(V_e)이 측정된다. 즉, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이를 진공펌프(58)로 진공상태로 만든 후, 매스 플로우 컨트롤러(10)와 제1 차단밸브(12)와의 사이로 봉입된 가스를 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이로 방출한 때에, 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와의 사이의 압력변화와 온도변화를 압력센서(14)와 온도센서(15)로 각각 검출하고, 그 압력검출결과와 온도검출결과를 보일 · 샤를의 법칙에 적용하는 것에 의해 탱크체적(V)을 측정한다. 그리고 체적기억수단(46)에서 기지체적(V_k)을 판독하고, 탱크체적(V)에서 기지체적(V_k)을 감산하는 것에 의해, 시스템 쪽 유로체적(V_e)을 측정한다. 따라서, 제2 실시형태의 가스유량 검정유닛(11A)에 의하면, 유닛 설치 전의 시스템 구성에 의해 시스템 쪽 유로체적(V_e)이 변동이 생긴 경우에도, 그 변동의 영향을 배제하여 가스유량 검정의 정확도를 양호하게 유지할 수 있다.

[0133] (제3 실시형태)

[0134] 다음으로, 본 발명의 가스유량 검정유닛에 관한 제3 실시형태를 도면을 참조하여 설명한다.

[0135] 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11B)은 상기 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)의 유량검정처리를 개량하여, 유량검정시간을 단축한 것이다. 따라서, 여기서는 제1 실시형태와 상위한 점을 중심으로 설명하고, 제1 실시형태와 공통점에 관하여는 도면에 제1 실시형태와 동일한 부호를 붙여, 적절한 설명을 생략한다.

[0136] 도 13은 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛(11B)이 실행하는 유량검정방법을 도시한 플로우 차트이다. 도 14는 본 발명의 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛에 있어서, 압력센서가 검출한 압력값을 소정시간 간격으로 샘플링한 데이터를 나타낸 도면이다. 도 15는 본 발명의 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛에 있어서, 압력센서가 검출한 압력값을 소정압력 간격으로 샘플링한 데이터를 나타낸 도면이다. 도 16은 도 14 또는 도 15에 나타낸 데이터의 경사와 측정가능범위(X_1)와의 관계를 나타낸 도면이다. 도 17은 도 14 또는 도 15에 나타낸 데이터의 상관관계와 측정가능범위(X_2)와의 관계를 나타낸 도면이다.

[0137] 도 13에 도시한 것처럼, 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛(11B)은 압력센서(14)가 검출한 압력값의 경사나 압력값의 경사에 대한 상관계수를 감시하고, 경사나 상관계수가 측정가능범위(X_1 , X_2)(도 16, 도 17 참조) 안에 있으면, 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P_1)을 검출하기 전에 있어도, 유량(Q)을 측정하여 검정한 점이 제1 실시형태와 상위하다.

[0138] 즉, S(104)에서 탱크체적(V)을 측정한 후, S(301)에서 가스유닛(2B, 2C, 2D)의 출력용 차단밸브(55B, 55C, 55D)와 가스공급밸브(57)를 닫는 한편, 가스유닛(2A)의 수동밸브(52A), 출력쪽 차단밸브(55A), 가스유량 검정유닛(11)의 제1 차단밸브(12), 제2 차단밸브(13)를 연다. 이 상태에서 매스 플로우 컨트롤러(10)에 검정용 가스(예를 들면, N_2 가스)를 공급하고, 유량이 안정되고 나서, 제2 차단밸브(13)를 닫는다. 이때, 압력센서(14)가 검출한 압력(P_0)을 기억한다. 그리고 S(302)에서, 클락 플러스(clock plus) 등으로, 소정시간(Δt)이 경과했는지 여부를 판단한다. 소정시간(Δt)이 경과할 때까지는 기다린다(S(302):N0).

[0139] 한편, 소정시간(Δt)이 경과하고 나서(S(302):YES), S(303)에서 도 14에 도시한 것처럼 압력센서(14)에서 압력값(P_1)을 입력하고 기억시킨다. 그리고 S(304)에서 압력변동의 경사를 산출한다. 구체적으로는, 최신에 취득한 압력값(P_1)에서 직전에 취득한 압력값(P_0)을 감산하는 것에 의해 상승압력값(P_1-P_0)을 산출하고, 직전의 압력값(P_0)을 취득하고 나서 최신의 압력값(P_1)을 취득할 때까지의 시간(소정시간(Δt))으로 상승압력값(P_1-P_0)을 나뉘

어, 단위시간당 압력상승률(경사)(($P_1/\Delta t$))을 산출한다.

- [0140] 그리고 S(305)에서, 산출한 경사($P_1/\Delta t$)가 미리 가스유량 검정유닛(11B)에 등록되어 있는 측정가능범위(X1) 안에 있는지 여부를 판단한다. 압력센서(14)가 검출한 압력값(P)은 도 14의 Y1에 도시한 것처럼, 어느 시간이 경과할 때까지 급격하게 상승하고, 그 후, 거의 일정한 경사로 계속 상승하여 미리 정한 측정개시압력(P1)에 도달한다. 가스유량 검정유닛(11B)은 도 16에 도시한 것처럼 시간과 경사와의 관계를 맵 데이터(map data)로 하여 HDD(45)에 기억하고, 유량검정 정확도에 악영향을 미치지 않도록 미리 정한 측정개시압력(P1)에 도달할 때까지의 경사의 범위로 폭을 갖게 하여, 측정가능범위(X1)로 하여 맵 데이터 위로 기억하고 있다.
- [0141] 도 14에 나타난 압력(P_0-P_1) 사이의 경사($P_1/\Delta t$)는 경사가 급하고, 미리 가스유량 검정유닛(11B)에 등록되어 있는 측정가능범위(X1) 안에 없다고 판단된다(S(305):NO). 이 경우, 압력값(P)의 경사가 변동하여 유량(Q)을 높은 정확도로 측정할 수 없는 가능성이 있기 때문에, S(302)로 돌아가고, 소정시간 경과 후에 다음의 압력값(P_2)을 취득하고, 상기와 같은 처리를 행한다.
- [0142] 이와 같이 하여, 최신의 압력값(P_n)과 직전의 압력값(P_{n-1})과의 사이의 압력상승률(경사)($P_n/\Delta t$)를 산출하고, 산출한 경사($P_n/\Delta t$)가 미리 정한 가스유량 검정유닛(11B)에 등록되어 있는 측정가능범위(X1) 안에 있다고 판단한 경우에는(S(305):YES), 그 이후의 압력변동이 거의 안정하여, 유량검정 정확도에 악영향을 주지 않기 때문에, S(306)로 진행한다.
- [0143] S(306)에서, 경사($P_n/\Delta t$)가 측정가능범위(X1) 안에 있다고 판단된 때의 압력값(P_n)을 측정개시압력(P21)으로서 기억한다. 따라서, 경사($P_n/\Delta t$)가 측정가능범위(X1) 안에 있다고 판단된 때가, 유량검정 개시 타이밍이 된다.
- [0144] 그리고 S(307)에서, 측정개시압력(P21)을 측정하고 나서 측정시간(Δt_x)이 경과했는지 여부를 판단한다. 측정시간(Δt_x)이 경과할 때까지는(S(307):NO), 압력센서(14)의 압력값(P)을 감시하면서 기다린다.
- [0145] 한편, 측정시간(t_x)이 경과한 경우에는(S(307):YES), S(308)에서, 측정시간(t_x)이 경과한 때의 압력값(P)을 압력센서(14)로부터 입력하고, 측정종료압력(P22)으로서 기억한다.
- [0146] 그리고 S(309)에서, 유량(Q)을 산출한다. 구체적으로는, 측정종료압력(P22)과 측정개시압력(P21)과의 사이의 압력차($P22-P21$)를 산출하고, 산출한 압력차($P22-P21$)를 측정시간(t_x)으로 나누는 것에 의해, 압력상승률($\Delta P/\Delta t$)을 산출한다. 그리고 산출한 압력상승률($\Delta P/\Delta t$)과, S(104)에서 산출한 탱크체적(V)과, 온도센서(15)가 검출한 온도(T)와 사용하는 가스의 기체정수(R)를 수식(1)에 대입하여, 유량(Q)을 산출한다.
- [0147] 그 후, S(108)로 진행한다. S(108)이후의 처리는 상술하였기 때문에, 설명을 생략한다.
- [0148] 또한, 다른 예로서, 압력값을 소정압력간격으로 취득하고 압력값 변동의 경사에 대한 상관계수를 감시하는 것에 의해, 유량검정 개시 타이밍을 계산하여도 좋다.
- [0149] 즉, 도 13의 S(302)~S(304)에 나타난 것처럼, 압력센서(14)가 검출한 압력이 소정압력(ΔP) 증가할 때마다, 압력값(P_n)을 기억한다. 소정압력간격으로 압력값(P_n)을 취득한 경우, 도 15의 Y2에 나타난 것처럼, 어느 시간까지는 압력취득시간의 간격(Δt_n)이 짧지만, 어느 시간이 경과하면, 압력취득시간의 간격(Δt_n)이 거의 일정해진다. 압력취득시간의 간격(Δt_n)이 거의 일정한 범위에서는 압력값의 경사의 상관계수가 1에 가깝다. 그러면, 최신의 압력값(P_n)의 경사($\Delta P/\Delta t_n$)에 대한 상관계수를 산출한다. 가스유량 검정유닛(11B)은 도 17에 나타난 것처럼, 유량검정(Q)의 검정 정확도에 악영향을 주지 않는 범위에서 상관계수가 거의 1에 가깝도록 폭을 갖게 해서, 측정가능범위(X2)로서 설정하고 있다.
- [0150] 따라서, 산출한 상관계수가 측정가능범위(X2) 밖에 있는 경우에는 (S(305):NO), 압력변동이 안정하지 않고, 유량(Q)의 검정에 악영향을 줄 우려가 있기 때문에, S(302)로 돌아가서, 압력이 소정압 증가한 때에 압력값(P_n)을 기억하여, 상기와 같은 처리를 실행한다.
- [0151] 한편, 상관계수가 측정가능범위(X2) 안에 있는 경우에는(S(305):YES), 압력변동이 거의 안정하여, 유량(Q)의 검정에 악영향을 줄 우려가 없기 때문에, S(306)로 진행한다. S(306) 이후의 처리는 상술하였기 때문에 설명을 생략한다.

- [0152] 또한, 도 14에 도시한 것처럼 시간간격(Δt)으로 압력을 감시한 경우에 관하여 압력값 변동의 경사에 대한 상관 계수가 측정가능범위(X2)에 속하는지 여부에 기초하여 유량검정 개시 타이밍을 계산하도록 하여도 좋고(도 17 참조), 도 15에 나타난 것처럼 압력간격(ΔP)으로 압력을 감시한 경우에 관하여 경사가 측정가능범위(X1)에 속하는지 여부에 기초하여 유량검정 개시 타이밍을 계산하도록 하여도 좋다는 것은(도 16 참조), 두말할 나위도 없다.
- [0153] <제3 실시형태의 작용효과>
- [0154] 이상 설명한 것처럼, 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11B)은 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)을 측정하기 전에 있어도, 압력상승률(경사)(($\Delta P / \Delta t$), ($\Delta P / \Delta t_n$) 또는 압력값(P)의 경사($P_n / \Delta t_n$), ($\Delta P / \Delta t_n$)의 상관계수가 측정가능범위(X1, X2)에 속하면, 유량을 측정하여 검정한다(도 13의 S(302)~S(309) 참조). 이에 대하여, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)은 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)을 검출한 것을 가지고, 유량(Q)을 측정하여 검정한다(도 7의 S(105)~S(107) 참조).
- [0155] 유량검정은 검정 정확도를 향상시키기 위해, 퍼지와 유량측정을 미리 정한 검정횟수(e)만큼 반복한다. 그 때문에, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛은 1개의 가스유닛(2)에 관한 유량검정이 완료할 때까지의 시간이 수분 걸렸다. 이에 대하여, 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11B)은 압력이 거의 안정해지고 나서 미리 정한 측정개시압력(P1)에 도달할 때까지의 쓸데없는 시간을 갖지 않고 유량검정을 하기 때문에, 1개의 가스유닛(2)에 관하여 유량검정이 완료할 때까지의 시간을 1분 이내로 할 수 있다.
- [0156] 따라서, 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11B)은 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시시간(P1)을 검출하기 전에도, 압력값의 경사나 상관계수가 측정가능범위(X1, X2) 안에 있다는 것을 조건으로, 유량검정을 하는 것에 의해, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)보다 검정시간을 단축할 수 있다. 통상, 가스공급 집적유닛에는 다수의 가스유닛(2)이 설치된다. 그 때문에, 1개의 가스유닛(2)에 관하여 검정시간을 단축할 수 있으면, 가스공급 집적유닛 전체에서는 검정시간을 큰 폭으로 단축할 수 있어, 효과가 현저하다.
- [0157] 그러나 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11B)과 같이, 압력센서(14)의 압력이 미리 정한 측정개시압력(P1)에 도달하기 전에 유량검정을 하면 정확도가 떨어지는 것도 생각된다. 그러면, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 하류쪽에 고 정확도 유량계를 설치하고, 매스 플로우 컨트롤러(10)가 출력한 유량을 고 정확도 유량계로 측정하고, 제1, 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11, 11B)이 측정한 유량을 고 정확도 유량계의 측정값과 비교하여 정확도의 검증을 하였다. 그 검증결과를 도 18에 도시한다.
- [0158] 도 18은 제1, 제3 실시형태에 관한 가스유량 검정유닛(11, 11B)의 유량검정 정확도에 관하여 조사한 실험의 실험결과를 나타낸 도면이다.
- [0159] 가스유량 검정유닛(11, 11B)은 기구구성이 동일하지만, 유량검정 처리만 상위하다. 그 때문에, 가스유량 검정유닛(11, 11B)은 탱크체적(V)이 같아진다. 또한, 가스유량 검정유닛(11B)은 압력센서(14)의 압력값(P)을 소정시간 간격으로 감시하고, 압력값의 경사에 의해 유량검정 타이밍을 계산한 것으로 한다.
- [0160] 도 18에 나타난 것처럼, 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11B)은 압력센서(14)가 미리 정한 측정개시압력(P1)을 검출하기 전에 유량검정을 행해도, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)보다 약 0.05% 정도이지만 높은 정확도로 유량을 검정한다. 수값으로서는 0.05%의 조금 상승하였지만, 매스 플로우 컨트롤러(10)의 정확도 목표가 1%인 것을 고려하면, 0.05%의 정확도 향상은 제품의 신뢰성 향상에 크게 기여한다. 따라서, 제3 실시형태의 가스유량 검정유닛(11B)에 의하면, 제1 실시형태의 가스유량 검정유닛(11)에 비하여 유량검정 시간을 단축할 수 있는바, 유량검정 정확도를 한층 더 향상시킬 수 있다.
- [0161] 또한, 본 발명은 상기 실시형태에 한정되는 것이 아니라, 다양한 응용이 가능하다.
- [0162] (1) 예를 들면, 상기 실시형태에서는 가스유량 검정유닛(11)의 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)와 압력센서(14)는 1개의 유로블록(18)에 고정되어 있지만, 배관에 접속되어도 좋고, 또한, 복수의 유로블록을 이용하여 접속되어도 좋다. 즉, 기지체적(Vk)이 시스템 쪽 유로블록(Ve) 이하에 있으면, 가스유량 검정유닛(11)의 유로를 적절하게 작성할 수 있다.
- [0163] (2) 상기 실시형태에서는 매스 플로우 컨트롤러(10)를 유량제어기구로서 사용하였지만, 압변동보정유량계나 유

량조정밸브 등의 유량설정기능을 가지는 것을 유량제어기구로서 사용하여도 좋다.

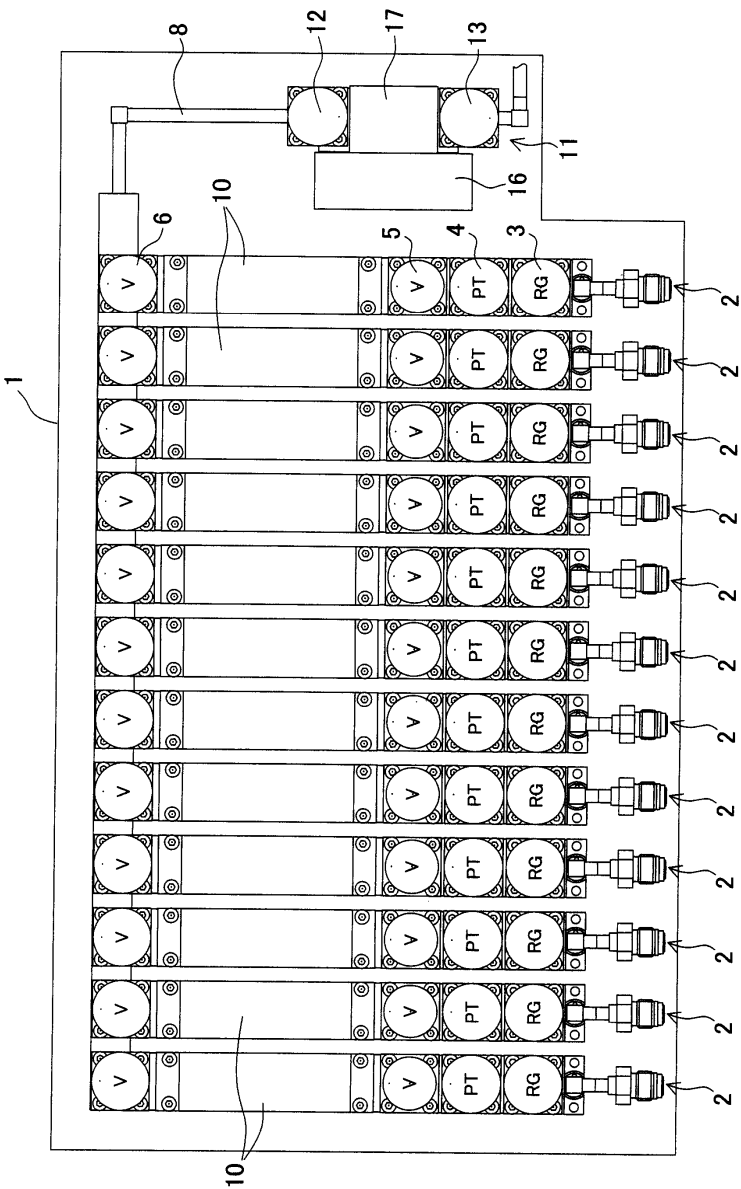
- [0164] (3) 예를 들면, 상기 실시형태에서는 온도센서(15)로서 열전대를 사용하였지만, 서미스터 진공 게이지(thermistor vacuum gauge)나 피라니 게이지(Pirani gauge) 등을 온도검출기에 적용하여도 좋다. 또한, 온도검출기는 유로블록(18)의 측면에 설치하여도 좋고, 상방에서 유로블록(18)으로 찌르도록 설치하여도 좋고, 또한, 유로블록(18)의 내부유로 안에 설치하여도 좋다.
- [0165] (4) 예를 들면, 상기 실시형태에서는 압력검출기로서 정전용량형의 압력센서를 사용하였지만, 피에조 저항형 압력센서(piezoresistance pressure sensor)나, 마노미터(manometer)나, 매클라우드 게이지(Mcleod gauge) 등을 압력검출기로서 사용하여도 좋다.
- [0166] (5) 예를 들면, 상기 실시형태에서는 제1 차단밸브(12)와 제2 차단밸브(13)에 전자구동계의 전자밸브로 하였지만, 에어오퍼레이트 밸브 등 다른 구동계를 이용한 밸브이여도 좋다. 또한, 다이어프램 밸브 대신에, 포핏 밸브(poppet valve)를 사용하여도 좋다.
- [0167] (6) 예를 들면, 상기 실시형태에서는 가스유량 검정유닛(11)을 가스 박스에 수납하였지만, 레일이나 설치판에 설치한 채로 가스 박스에 수납되어 있지 않은 가스유닛에 가스유량 검정유닛(11)을 접속하여도 좋다.
- [0168] (7) 예를 들면, 상기 실시형태에서는 탱크체적(V)과 시스템 쪽 유로체적(Ve)을 사후적으로 체적기억수단(46)에 기억시켰지만, 예를 들면, 가스유량 검정유닛(11)을 가스 박스에 편입시키고, 탱크체적(V)과 시스템 쪽 유로체적(Ve)을 알고 있는 경우에는 이미 알고 있는 탱크체적(V)과 시스템 쪽 유로체적(Ve)을 초기값으로서 체적기억수단(46)에 기억시켜도 좋다. 이 경우, 사용자 쪽에서 가스 박스 안의 유로구성에 변경을 가한 경우에는, 상기 실시형태에서 설명하는 체적을 측정하는 것에 의해, 유로구성의 변경을 따른 유량검정불량을 방지할 수 있다.
- [0169] (8) 상기 제3 실시형태에서는 측정시간(t_x)에 기초하여 측정개시압력(P21)과 측정종료압력(P22)을 산출하여 유량을 산출하였다. 이에 대하여, 예를 들면, 측정개시압력(P21)에 미리 결정한 상승압력을 가산하여 목표압력(P23)으로 하고, 측정개시압력(P21)에서 목표압력(P23)까지 상승한 시간(Δt)을 계측하고, 측정개시압력(P21)에서 목표압력(P23)까지 상승한 단위시간당 압력상승률(경사)($\Delta P / \Delta t$)을 구해도 좋다. 이 경우에는 구한 단위시간당 압력상승률($\Delta P / \Delta t$)을 수식(1)에 이용하면, 유량(Q)을 산출할 수 있다.

부호의 설명

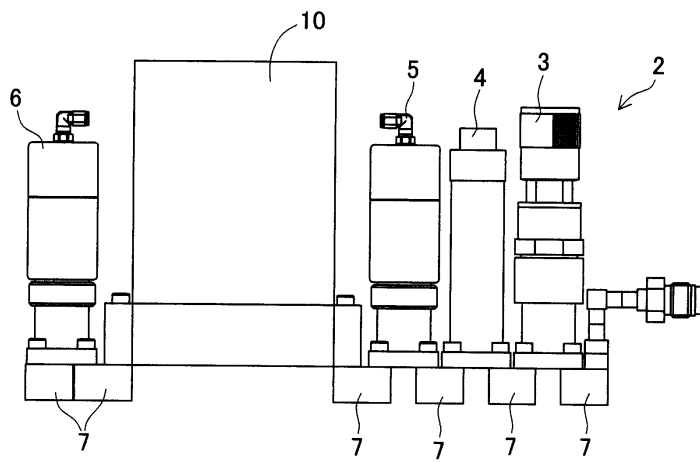
- [0170]
- | | |
|----|---------------------|
| 1 | 가스 박스 |
| 2 | 가스 유닛 |
| 10 | 매스 플로우 컨트롤러(유량제어기구) |
| 11 | 가스유량 검정유닛 |
| 12 | 제1 차단밸브 |
| 13 | 제2 차단밸브 |
| 14 | 압력센서(압력검출기) |
| 15 | 온도센서(온도검출기) |
| 16 | 컨트롤러(제어수단) |
| 18 | 유로블록(연결 부재) |
| 21 | 제2 포트(출력포트) |
| 26 | 제1 포트(입력포트) |
| 47 | 체적측정 프로그램(체적측정수단) |
| 58 | 진공펌프 |
| 62 | 체적측정 프로그램(체적측정수단) |

도면

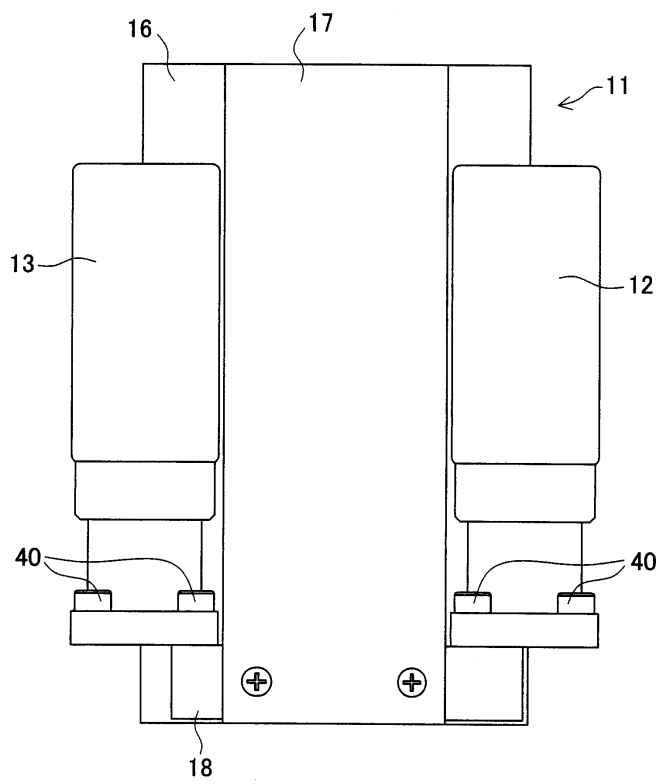
도면1



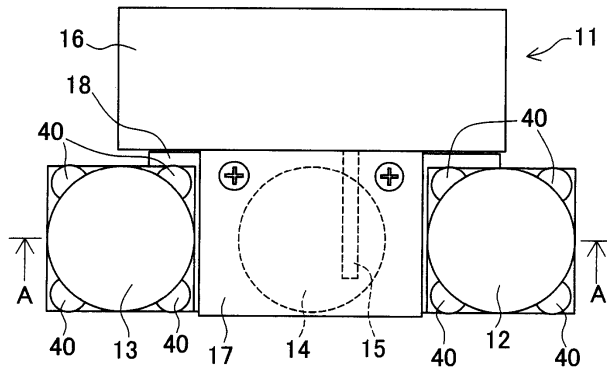
도면2



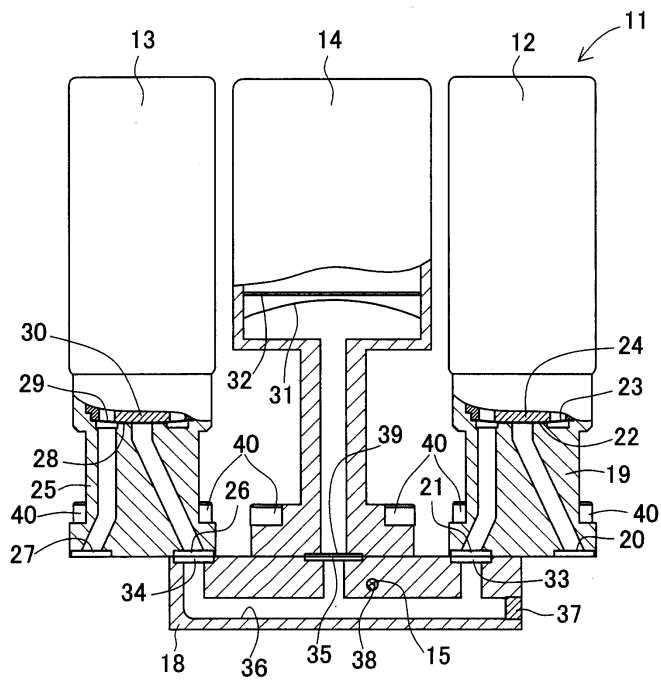
도면3



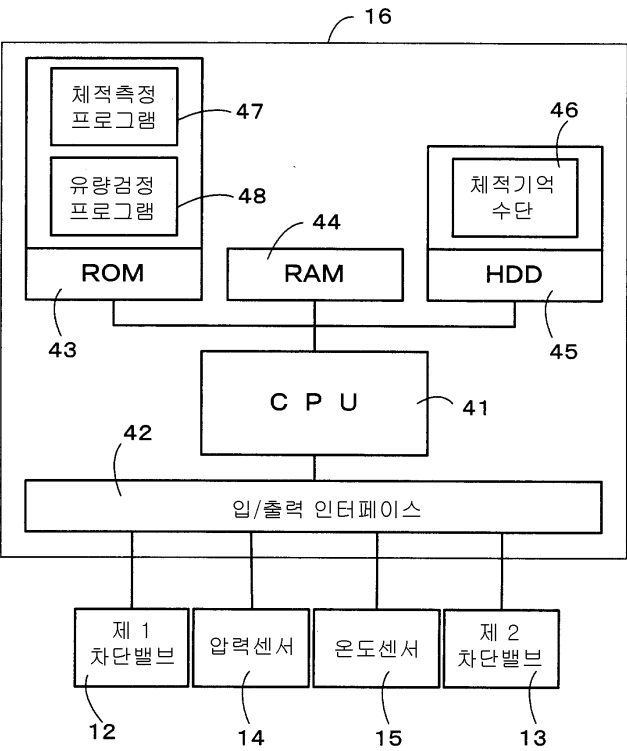
도면4



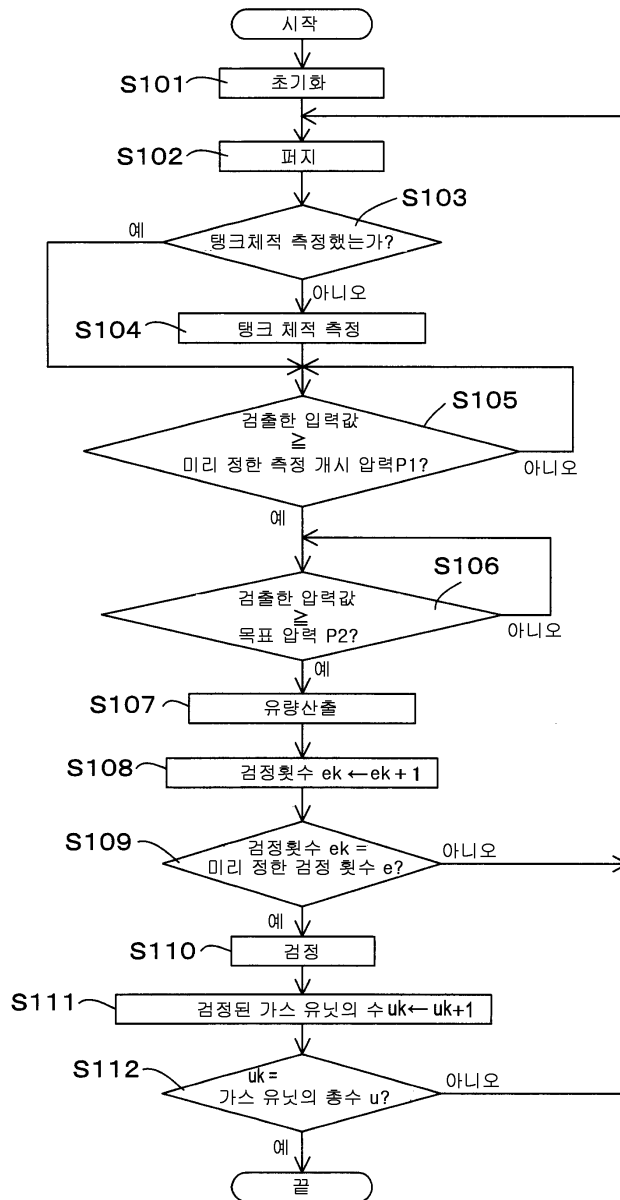
도면5



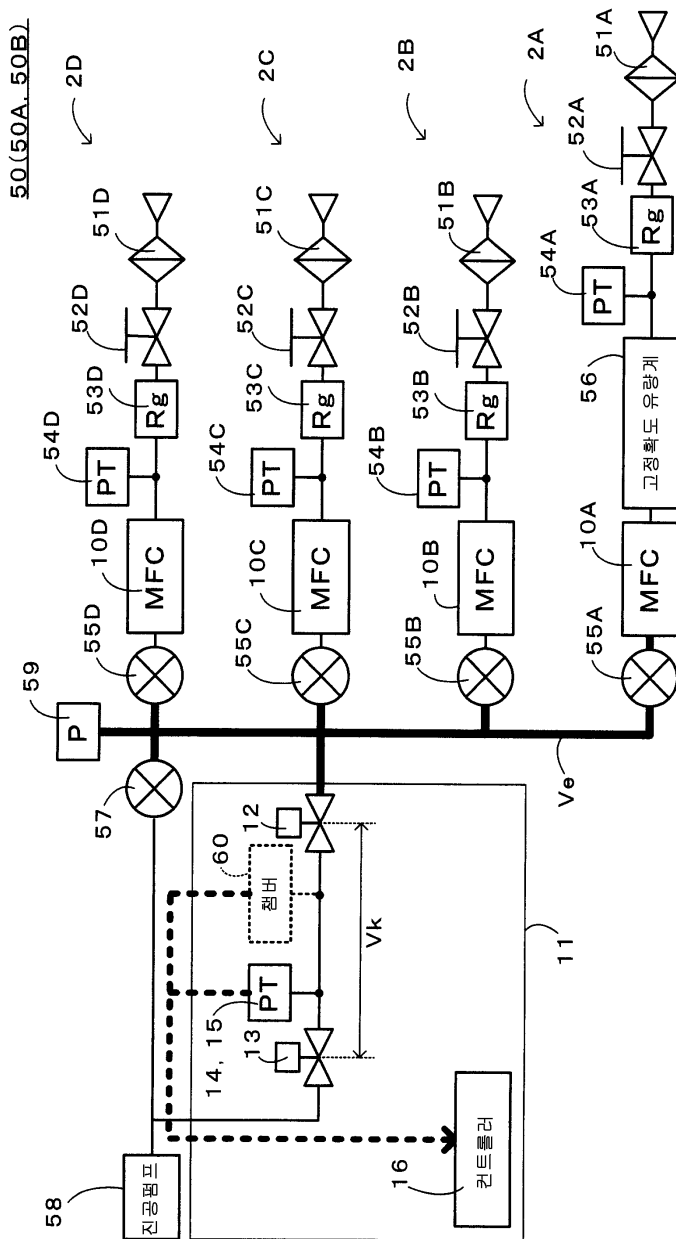
도면6



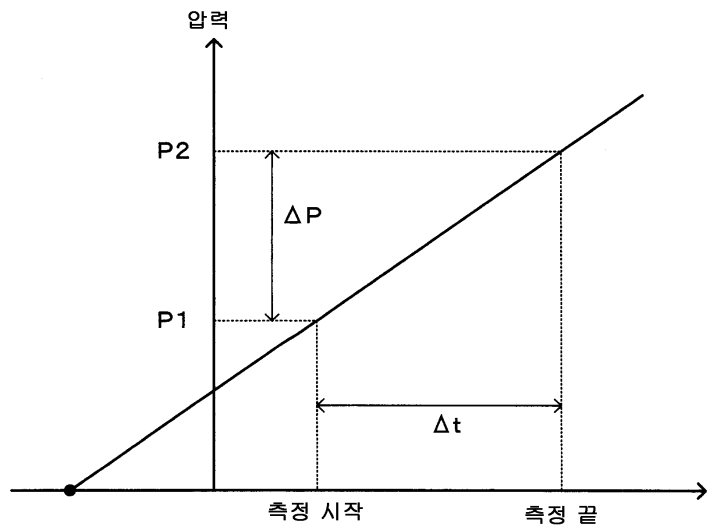
도면7



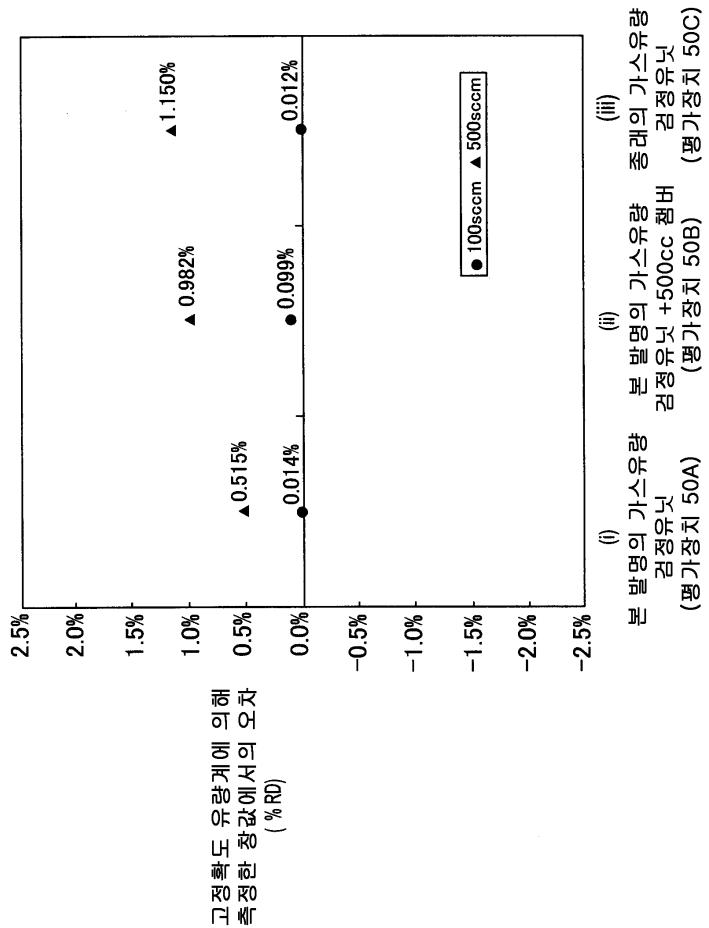
도면8



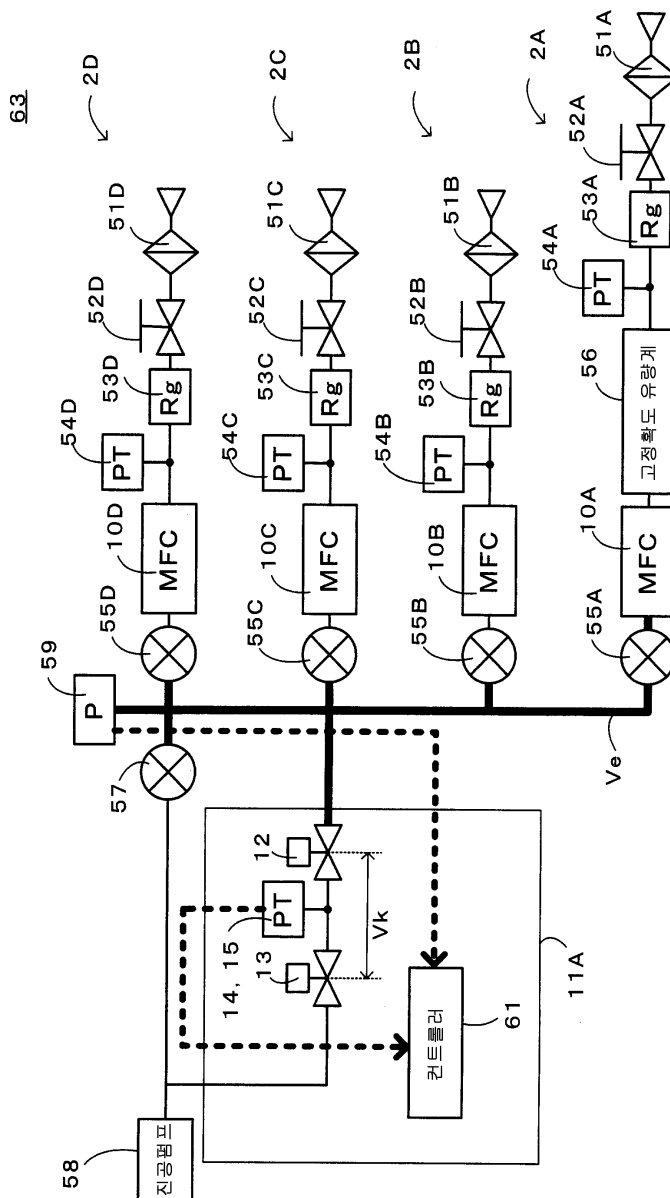
도면9



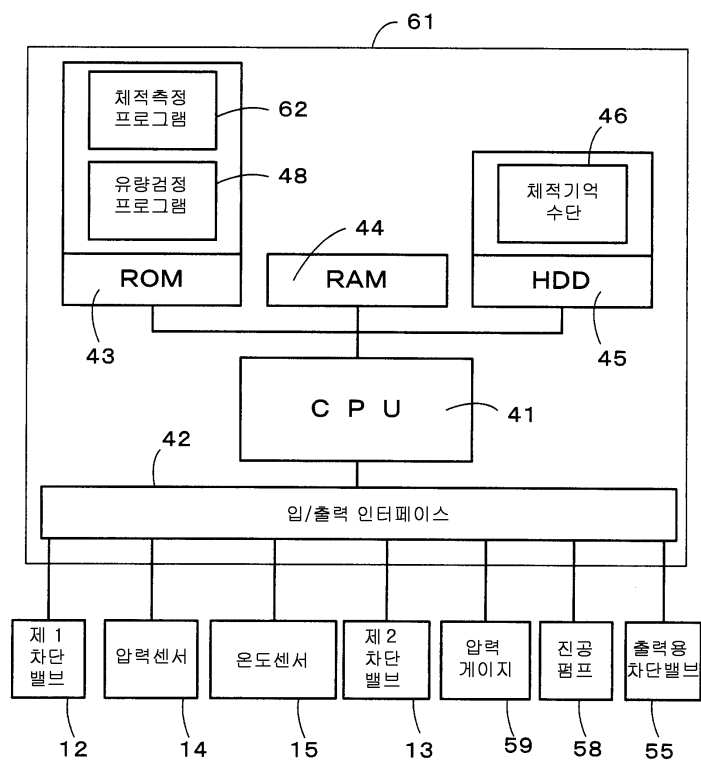
도면10



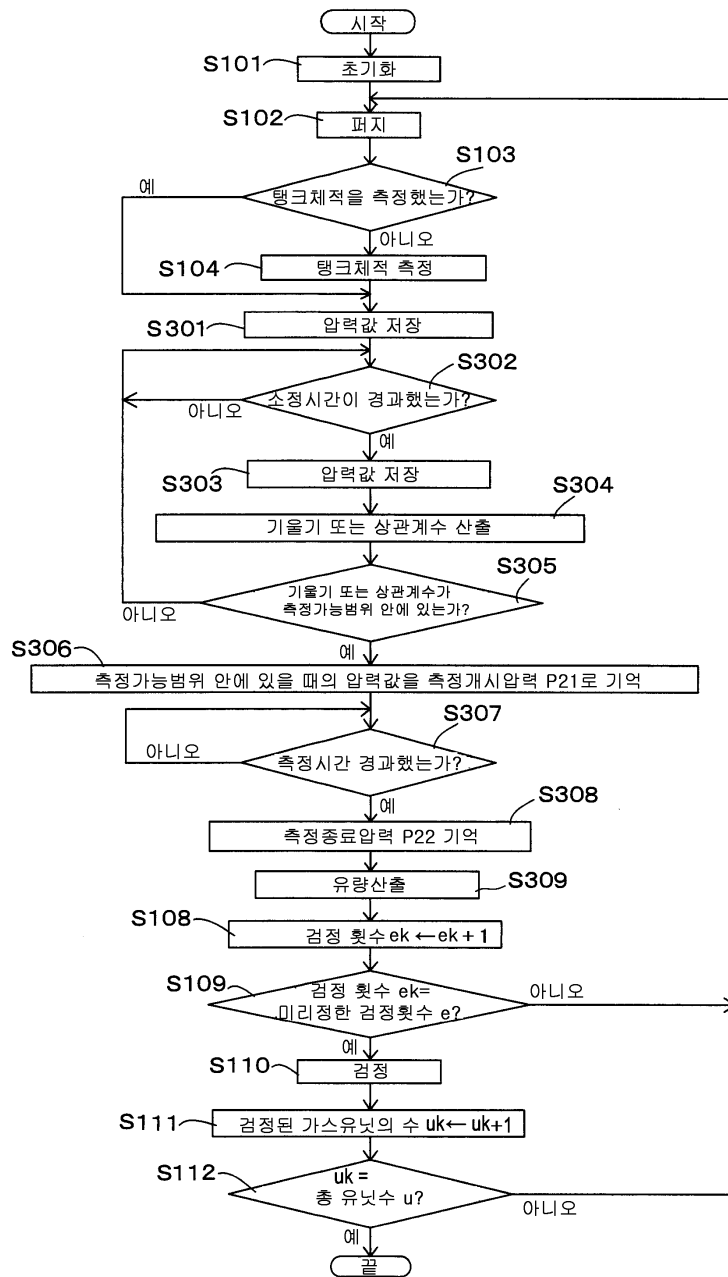
도면11



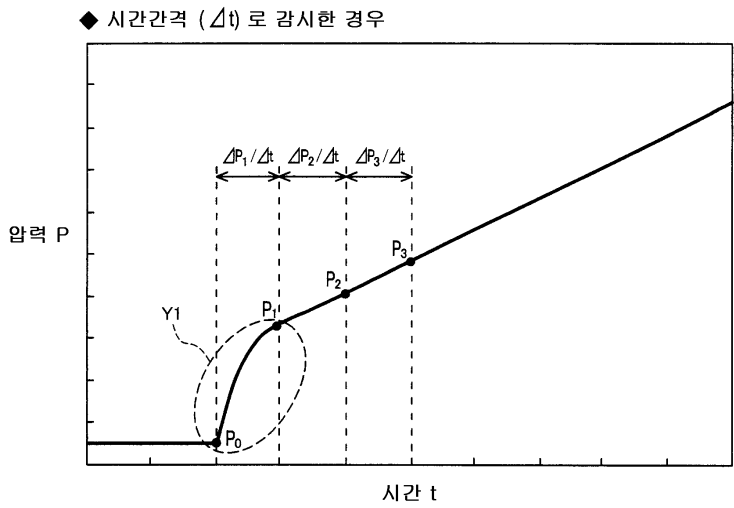
도면12



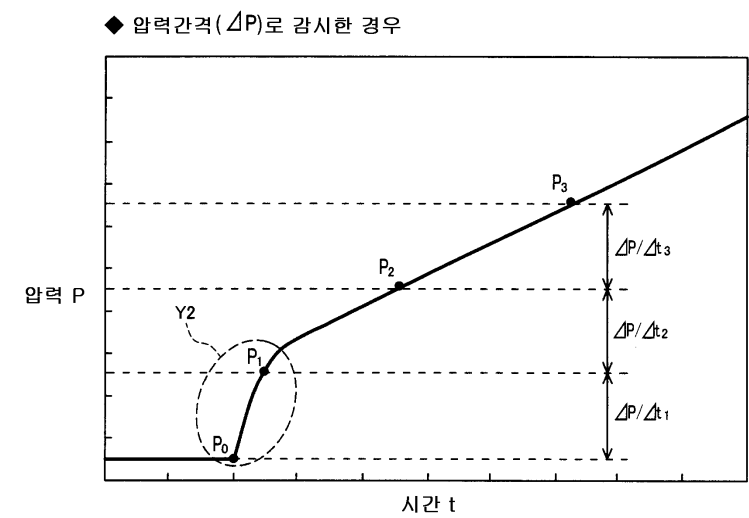
도면13



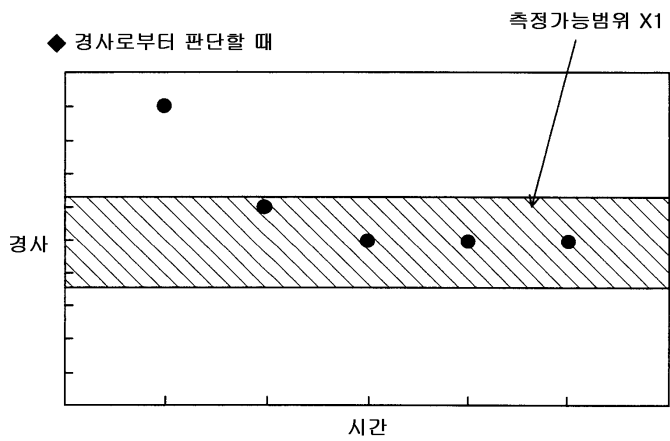
도면14



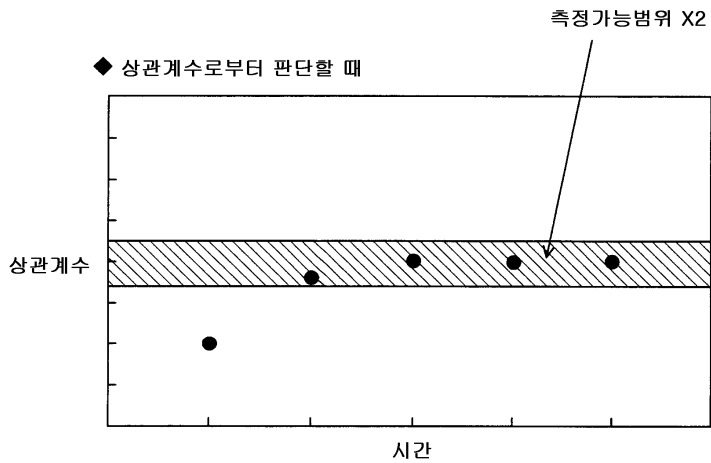
도면15



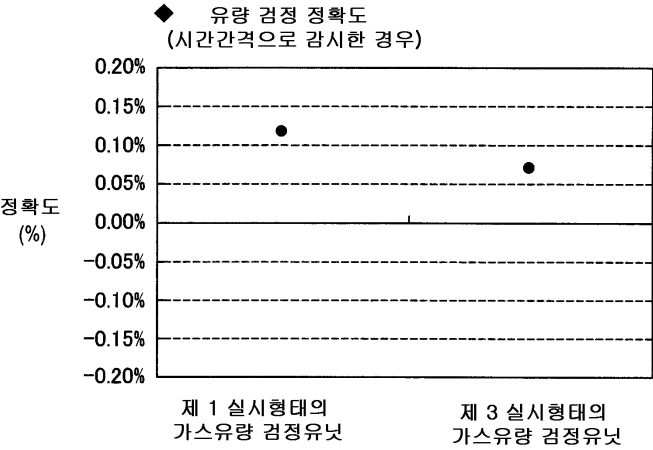
도면16



도면17



도면18



도면19

