



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0109477
(43) 공개일자 2012년10월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 7/00 (2006.01) G01F 1/50 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7010986
- (22) 출원일자(국제) 2010년08월02일
심사청구일자 2012년04월27일
- (85) 번역문제출일자 2012년04월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2010/004859
- (87) 국제공개번호 WO 2011/067877
국제공개일자 2011년06월09일
- (30) 우선권주장
JP-P-2009-273994 2009년12월01일 일본(JP)

- (71) 출원인
가부시킴가이사 후지킨
일본 오사카후 오사카시 니시쿠 이타치보리 2-3-2
- (72) 발명자
히다카 아츠시
일본 오사카후 오사카시 니시쿠 이타치보리 2-3-2
가부시킴가이사 후지킨 나이
나가세 마사아키
일본 오사카후 오사카시 니시쿠 이타치보리 2-3-2
가부시킴가이사 후지킨 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
하영욱

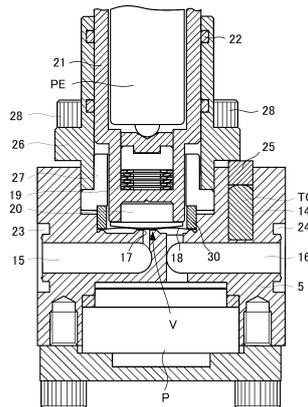
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **압력식 유량 제어 장치**

(57) 요약

온도가 100℃?500℃의 고온 가스이어도 오차가 1.0% F.S.이하의 고정밀도의 유량 제어를 재래의 온도 검출기를 이용하여 행할 수 있도록 한 고온 가스용 압력식 유량 제어 장치를 제공한다. 유체 통로(15, 16)가 형성된 밸브 바디(VD)와, 유체 통로에 개재된 밸브부(V)와, 밸브부(V)를 구동해서 유체 통로를 개폐시키는 밸브 구동부(PE, 21)와, 유체 통로의 밸브부의 하류측에 설치된 스로틀 기구와, 밸브부와 스로틀 기구 사이의 가스 온도를 검출하는 온도 검출기(TC)와, 밸브부와 스로틀 기구 사이의 가스 압력을 검출하는 압력 검출기(P)와, 온도 검출기 및 압력 검출기의 각 검출값에 의거하여 스로틀 기구를 유통하는 가스 유량을 연산함과 아울러 밸브 구동부를 제어하는 연산 제어 장치를 갖고, 온도 검출기(TC)를 밸브부와 스로틀 기구 사이의 출구측 유체 통로의 바로 위의 위치에 상기 밸브 바디의 상면측으로부터 그 안쪽을 향해서 형성된 장착 구멍 내에 삽입 장착했다.

대표도 - 도8



(72) 발명자

도히 료우스케

일본 오사카후 오사카시 니시쿠 이타치보리 2-3-2
가부시키가이샤 후지킨 나이

이케다 노부카즈

일본 오사카후 오사카시 니시쿠 이타치보리 2-3-2
가부시키가이샤 후지킨 나이

니시노 쿄우지

일본 오사카후 오사카시 니시쿠 이타치보리 2-3-2
가부시키가이샤 후지킨 나이

특허청구의 범위

청구항 1

유체 통로가 형성된 밸브 바디와,
 상기 유체 통로에 개재된 밸브부와,
 상기 밸브부를 구동해서 상기 유체 통로를 개폐시키는 밸브 구동부와,
 상기 유체 통로의 상기 밸브부의 하류측에 설치된 스로틀 기구와,
 상기 밸브부와 상기 스로틀 기구 사이의 가스 온도를 검출하는 온도 검출기와,
 상기 밸브부와 상기 스로틀 기구 사이의 가스 압력을 검출하는 압력 검출기와,
 상기 온도 검출기 및 압력 검출기의 각 검출값에 의거하여 상기 스로틀 기구를 유통하는 가스 유량을 연산함과 아울러 상기 밸브 구동부를 제어하는 연산 제어 장치를 갖고;
 상기 온도 검출기는 상기 밸브부와 상기 스로틀 기구 사이의 출구측 유체 통로의 바로 위의 위치에 상기 밸브 바디의 상면측으로부터 그 안쪽을 향해서 형성된 장착 구멍 내에 삽입 장착되어 있는 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 온도 검출기는 서미스터 온도 검출기이고,
 상기 연산 제어 장치는,
 상기 서미스터 온도 검출기의 온도 검출값의 오차를 보정하는 검출값 보정 수단과,
 상기 검출값 보정 수단에 의해 보정된 보정값에 의거하여 상기 압력 검출기에 의해 검출된 압력값을 보정하는 압력 보정 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 검출값 보정 수단은 상기 서미스터 온도 검출기의 검출 온도에 관한 온도 특성에 의거하여 상기 서미스터 온도 검출기에 의해 검출된 가스 온도의 오차를 보정하는 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 온도 특성은 2이상의 다른 온도에 의해 얻어지는 근사식에 의해 관계되어지는 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,
 상기 근사식은 하기 식 1인 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

$$Y=aX+b \dots(\text{식 1})$$

(단, Y는 서미스터 온도 검출기에 의한 검출 온도에 대응하는 온도, X는 열전대 또는 백금 측은 저항체에 의한 가스 측정 온도에 대응하는 온도, a 및 b는 서미스터 온도 검출기의 개체마다 정해지는 정수)

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 식 1에 있어서 20℃?26℃의 범위에서 Y=X로 가정하는 것을 이용하는 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디를 밸브 본체와, 상기 밸브 본체의 한쪽 측면에 고정된 유체 입구측 조인트를 갖는 유체 입구측 접속부와, 상기 밸브 본체의 다른쪽 측면에 고정된 유체 출구측 조인트를 갖는 유체 출구측 접속부로 형성함과 아울러, 상기 밸브 본체의 유체 입구측 접속부에 대항하는 위치에 필터 지지부를 설치하고, 또한 상기 밸브 본체의 유체 출구측 접속부에 대항하는 위치에 스톱 밸브 기구 지지부를 설치한 구성의 밸브 바디로 한 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 바디의 외측면에 설치되고 상기 유체 통로를 유통하는 가스의 온도를 설정 온도로 유지하기 위한 가열용 히터를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 가열용 히터는 상기 밸브 바디를 50℃?500℃로 가열하는 평판 형상의 히터 또는 재킷형의 히터인 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 출구측 유체 통로의 바로 위에 형성된 온도 검출기의 장착 구멍을 소정의 깊이를 갖는 구멍으로 함과 아울러 그 저면과 출구측 유체 통로 상벽면의 거리를 0.1mm?5.0mm로 하도록 한 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

가스 온도는 50℃?500℃의 범위에 있어서 유량 오차가 1.0% F.S.이하가 되는 유량 제어 정밀도를 구비한 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 밸브 구동부는 적층형 압전 소자로서 상기 밸브 구동부를 유지하는 통체 유지구가 상기 밸브 바디에 장착되어 있음과 아울러 상기 장착 구멍 내로 삽입 장착한 온도 검출기의 상방에 스페이서를 탑재하고, 상기 스페이서의 상면을 상기 통체 유지구에 설치한 플랜지 부분에 의해 압박 고정함으로써 상기 온도 검출기를 상기 밸브 바디에 고정하도록 한 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 압력 검출기 및 상기 온도 검출기는 상기 밸브 바디와는 별체로 구성되어 밸브 바디에 조합시키는 구성으로 한 것을 특징으로 하는 압력식 유량 제어 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 반도체 제조 장치 등에서 사용되는 압력식 유량 제어 장치의 개량에 관한 것이다. 상세하게는, 압력 검출기 주변의 유체 온도를 검출하는 온도 센서의 장착 위치와 장착 구조에 개량을 가함으로써 재래의 온도 검출기를 사용한 온도 보정으로 고정밀도의 가스 유량 제어를 할 수 있게 한 고온 유체용 압력식 유량 제어 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 유체 압력 및 유체 온도에 의거하여 고온 유체의 유량 제어를 행하는 장치는 종전부터 압전 소자를 구동원으로 하는 압력식 유량 제어 장치가 널리 알려져 있다. 도 16은 그 일례를 도시하는 것이며, 상기 압력식 유량 제어 장치는 밸브부(V)의 하류측에 적절한 구경의 작은 구멍을 갖는 스로틀 기구(S)[이하, 오리피스(S)라고 칭함]를 설치해서 오리피스 상?하류측의 유체 압력(P₁?P₂)과 유체 온도(T)를 검출하고, 압력비(P₂/P₁)가 임계 압력비를 초과하는 비임계 영역(하류측의 유속이 음속보다 느린 속도의 아음속 영역)에 있어서의 압축성 유체의 오리피스(S)를 통과하는 유체 유량(Qc)을 $Qc=KP_2^m(P_1-P_2)^n$ (K는 비례 정수, m과 n은 정수)에 의해 연산함과 아울러 압력비(P₂/P₁)가 임계 압력비 이하인 임계 조건($r \leq r_c$)에서는 $Qc=KP_1$ 에 의해 연산하고, 또한 상기 유체 온도(T)를 이용하여 유량의 온도 보정이나 유량의 0점 보정을 행하는 것을 기본으로 하는 것이다. 또한, 도 16에 있어서 C는 연산 제어부, D는 밸브 구동부, Qs는 설정 유량, ΔQ는 유량 조정 신호이다.

[0003] 도 17은 압력식 유량 제어 장치의 일례를 도시하는 종단면도이며, 도 17에 있어서 VD는 밸브 바디, V는 밸브부, S는 스로틀 기구를 구성하는 오리피스, P는 압력 검출기[도 17에서는 압력(P₁)의 압력 검출기(P)만이 도시되어 있고, 오리피스(S) 하류측의 압력(P₂)을 검출하는 압력 검출기는 도시 생략되어 있음], PE는 압전 소자, K는 케이싱체이며, 유입된 유체(이하, 가스라고 칭하는 경우도 있음)는 밸브부(V)로부터 오리피스(S)를 통과해서 하류측으로 유출된다. 밸브부(V)의 개도(開度)는 밸브 구동부를 구성하는 압전 소자(PE)의 신축 정도에 의해 조정되고, 이에 따라 오리피스(S)의 상류측 압력(P₁)이 제어되어서 오리피스(S)를 유통하는 유체 유량이 조정된다.

[0004] 또한, 도 16의 가스 압력(P₁, P₂)의 검출기나 가스 온도(T)의 검출기, 오리피스(S) 등은 도 18에 도시하는 바와 같이 적절한 형상의 밸브 바디(VD)에 일체적으로 조립되어 있고, 상기 가스 온도(T)는 도 18에 도시하는 바와 같이 밸브 바디(VD)의 측면으로부터 서미스터 온도 검출기(TC)를 삽입해서 그 선단을 유체 통로의 근방에 위치 시킴으로써 검출되고 있고, 현실에는 밸브 바디(VD)의 안쪽 온도를 검출해서 이것을 가스 온도(T)로 가정하도록 하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 일본 공개 특허 평8-338546호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 공개 특허 제 2003-195948호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 공개 특허 제 2003-120832호 공보
- (특허문헌 0004) 일본 공개 특허 제 2005-10108호 공보
- (특허문헌 0005) 일본 특허 4082901호 공보

발명의 내용

[0006] 도 17과 같은 유량 제어 장치에 있어서 피측정 가스의 온도가 상승하면 가스 체적이 증가한다. 현재, 가스가 비열비 1.5의 이상 기체이며 그 온도가 0℃?250℃로 단열 변화한 것으로 가정하면 하기 식 8에 의해 250℃에 있어서의 가스의 체적(V₂₅₀)은 0℃일 때의 체적(V₀)의 1.384배가 된다.

$$\frac{V_{250}}{V_0} = \sqrt{\frac{273.15 + 250}{273.15}} = 1.384 \quad \cdot \cdot \cdot \text{ (식 8)}$$

[0007]

[0008]

[0009]

[0010]

[0011]

[0012]

한편, 밸브 바디(VD)의 오리피스(S)의 상류측의 유체 통로 쪽은 그 내용적이 거의 변화되지 않는다. 그 때문에, 유체 통로 내의 250℃의 가스 밀도는 0℃에 있어서의 가스 밀도의 1/1.384배가 된다.

따라서, 예컨대 유량(Qc)=KP₁의 연산식에 있어서 가스 온도가 250℃일 때의 규정 유량의 가스 유량을 얻기 위해서는 250℃일 때의 제어 압력(P₁)을 0℃일 때의 제어 압력(P₁)의 1.384배로 조정할 필요가 있고, 현실에는 이 압력 조정(즉, 온도 보정)을 상기 온도 검출기(TC)의 검출 온도에 의거하여 행하고 있다.

그러나, 도 18에 도시한 바와 같이 서미스터 온도 검출기(TC)는 유체 통로 내의 가스 온도(T)를 직접적으로 검출하는 것은 아니기 때문에 밸브 바디(VD) 내의 온도 구배에 의해 현실의 가스 온도(T)와 온도 검출기(TC)의 검출 온도 사이에 차이를 발생시키게 되어 유량 제어 정밀도의 저하를 초래하게 된다. 또한, 밸브 바디(VD) 내의 온도 구배가 유량 제어 정밀도의 저하의 원인인 것은 항온조 내에 압력식 유량 제어 장치를 설치해서 가스 온도와 밸브 바디(VD)의 온도차를 0으로 한 경우에 유량 제어 정밀도가 대폭 향상되는 것으로부터 실증되어 있는 것이다.

또한, 온도 검출기(TC)로서 열전대나 백금 측은 저항체를 사용한 온도 검출기에 비해서 저렴한 서미스터 온도 검출기를 사용한 경우에 가스 온도가 고온이 됨에 따라서 서미스터 온도 검출기의 개체차에 기인하는 온도 측정 오차에 의해 유량 제어 오차가 허용 범위를 초과하는 경우가 있는 것이 판명되었다.

하기 표 1은 소위 고온(250℃) 대응의 서미스터 온도 검출기의 검출 온도 정밀도를 측정한 결과를 나타내고 있다. 이 측정에서는, 도 19에 도시하는 실험 장치를 사용하고, 1.8℃?100℃로 설정된 항온조(31) 내에 밸브 바디(VD)를 설치하고, 열전대 온도 검출기(TN, TM)를 항온실(31) 내와 밸브 바디(VD)에 설치하고, 서미스터 온도 검출기(TC)를 밸브 바디(VD)의 삽입 구멍(14)에 삽입 설치해서 각각의 온도를 검출하고 있다. 열전대 온도 검출기(TN, TM)는 항온조 내의 온도가 항온조(31)의 설정 온도로 되어 있는 것을 확인하기 위해서 이용했다. 표 1에 있어서 「실측값」은 서미스터 온도 검출기(TC)에 의한 검출 온도를 의미하고, ΔT는 실측값과 항온조(31)의 설정 온도의 차를 나타내고 있다.

| 설정 온도 (항온조) | 1. 8℃ | | 2 5℃ | | 5 0℃ | | 7 5℃ | | 1 0 0℃ | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 샘플No. | 실측값 | ΔT | 실측값 | ΔT | 실측값 | ΔT | 실측값 | ΔT | 실측값 | ΔT |
| 1 | 1.75 | -0.05 | 25.00 | 0.00 | 50.71 | +0.71 | 77.32 | +2.32 | 104.59 | +4.59 |
| 2 | 1.42 | -0.38 | 25.00 | 0.00 | 50.71 | +0.71 | 77.07 | +2.07 | 103.98 | +3.98 |
| 3 | 1.80 | +0.00 | 25.00 | 0.00 | 50.70 | +0.70 | 76.59 | +1.59 | 103.63 | +3.63 |
| 4 | 1.28 | -0.52 | 25.00 | 0.00 | 51.13 | +1.13 | 77.55 | +2.55 | 105.02 | +5.02 |
| 5 | 1.49 | -0.31 | 25.00 | 0.00 | 51.11 | +1.11 | 77.36 | +2.36 | 104.68 | +4.68 |
| 6 | 1.22 | -0.58 | 25.00 | 0.00 | 50.97 | +0.97 | 77.55 | +2.55 | 104.85 | +4.85 |
| 7 | 1.57 | -0.23 | 25.00 | 0.00 | 50.90 | +0.90 | 77.55 | +2.55 | 104.85 | +4.85 |
| 8 | 1.89 | +0.09 | 25.00 | 0.00 | 51.13 | +1.13 | 77.55 | +2.55 | 104.85 | +4.85 |
| 9 | 1.61 | -0.19 | 25.00 | 0.00 | 51.13 | -1.13 | 77.61 | +2.61 | 105.02 | +5.02 |
| 1 0 | 1.91 | -0.11 | 25.94 | +0.94 | 51.34 | +1.34 | 77.79 | +2.79 | 104.85 | +4.85 |

[0013]

[0014]

[0015]

[0016]

표 1을 참조하면 항온조의 설정 온도가 상승함에 따라서 서미스터 온도 검출기의 개체차에 의한 측정 오차가 증가하고, 항온조의 설정 온도가 100℃일 때 서미스터 온도 검출기의 검출 온도는 최대 +5.02℃의 오차를 발생하고 있다는 것이 판명되었다.

본 발명은 온도 검출기에 의한 검출 온도와 현실의 가스 온도(T)의 차이에 기인하는 유량 제어 정밀도의 저하를 가능한 한 적게 하고, 50℃?500℃의 가스이어도 그 유량 제어 오차를 1%?100%의 유량 범위에 걸쳐서 ±1.0% F.S.(단, F.S.는 풀 스케일의 약자) 이하로 하는 것을 가능하게 한 고온 가스용 압력식 유량 제어 장치를 제공하는 것을 발명의 주목적으로 하는 것이다.

본원 발명자들은 우선 도 18에 도시한 밸브 바디(VD)의 측면으로부터 밸브 바디 내로 서미스터 온도 검출기(TC)를 삽입 장착하는 구조의 압력식 유량 제어 장치에 대해서 도 1에 도시하는 바와 같이 밸브 바디(VD)의 저면

및 4측면에 가열용 히터로서의 재킷 히터(H)를 적용하고, 재킷 히터(H)에 의해 밸브 바디(VD)를 가열함과 아울러 히터(H)의 내측 표면 온도[측정점(M₂₀)], 서미스터 온도 검출기(TC)의 삽입 구멍 내면 온도[유체 통로로부터 약 10mm 떨어진 위치(M₁₀)], 유체 통로 온도[측정점(M₀)]를 열전대 온도 검출기(도시 생략)를 이용하여 측정하고 밸브 바디(VD)의 온도 분포를 측정했다. 또한, 밸브 바디(VD)는 스테인레스강에 의해 가로폭 124mm, 깊이 40mm, 높이 39mm로 형성되어 있고, 또한 재킷 히터(H)에는 신와바네스 가부시키가이샤제의 히터를 사용했다. 재킷 히터(H)는 먼 패스너 등에 의해 착탈 가능하게 되어 있다. 또한, 도 1에 있어서 P는 압력 검출기이다.

[0017] 도 2는 상기 측정점(M₂₀, M₂₀)과 유체 통로 중심(M₀)간의 거리와 측정 온도의 관계를 도시하는 것이며, 밸브 바디(VD)의 유체 통로 중심을 통과하는 깊이 방향(길이 40mm)의 온도 분포가 도시되어 있다.

[0018] 도 2로부터 명확해지는 바와 같이, 열전대 온도 검출기에 의해 측정된 히터(H)의 내표면(M₂₀, M₂₀)의 온도는 약 284℃, 서미스터 온도 검출기(TC)의 삽입 구멍의 구멍 저면 온도는 268℃, 유체 통로 중심(M₀)의 온도는 약 253℃이며, 유체 통로 중심(M₀)의 온도와 서미스터 온도 검출기(TC)에 의한 검출 온도 사이에는 약 14.1℃의 온도차가 발생되고 있는 것이 판명되었다.

[0019] 도 3은 도 2의 밸브 바디(VD)의 온도 분포나 유량 제어 정밀도의 측정에 사용된 시험 장치의 개략적인 설명도이다. N₂ 가스원(0.6MPa?G)으로부터 필터(F), 압력 조정기(RG)(0.2MPa?G로 조정), 유량 측정기(MFC), 프리히팅 배관로(HT), 재킷 히터(H)(?250℃), 백업 히팅 배관로(HB), 진공 펌프(VP)의 순서로 N₂ 가스를 유통시켜 상기 압력식 유량 제어 장치(FCS)의 밸브 바디(VD)의 각 점[예컨대, 후술하는 도 9의 점(M₁?M₅)]의 온도를 측정함과 아울러 후술하는 유량 제어 정밀도의 평가를 행하기 위해서 온도를 파라미터로 하는 각종의 유량 측정을 행했다.

[0020] 도 4는 도 3의 측정 장치에 의한 유량 측정의 결과로부터 구한 밸브 바디(VD)의 온도를 파라미터로 하는 유량 제어 정밀도를 도시하는 것이며, 종래의 압력식 유량 제어 장치를 이용하여 고온 가스의 유량 제어를 행한 경우에는 밸브 바디의 측면에 삽입된 서미스터 온도 검출기에 의해 측정된 가스 온도, 즉 압력식 유량 제어 장치(FCS)의 밸브 바디(VD)의 온도가 고온으로 됨에 따라 유량 제어 정밀도의 저하가 커지는 것이 판명되었다.

[0021] 한편, 도 5는 도 3의 측정 장치를 사용한 유량 측정 결과로부터 얻어진 가스의 설정 온도와, 서미스터 온도 검출기(TC)의 온도와 가스 온도[유체 통로 중심(M₀)의 열전대 온도 검출기에 의한 검출 온도]의 차와, 유량 오차(%F.S.)의 관계를 나타내는 것이며, 상기 가스 온도와 밸브 바디(VD)의 검출 온도[서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도]의 차를 적게 하면 유량 제어 정밀도가 향상되는 것을 나타내는 것이다.

[0022] 도 4 및 도 5에 있어서 250℃ 가열시에 있어서 2% F.S.의 유량 오차가 전체 온도에 의해 발생되고 있는 것으로 가정하면 오차 2% F.S.가 서미스터 온도 검출기(TC)에 의한 검출 온도와 가스 온도(T)의 온도차의 몇 배에 해당 하는지가 문제가 된다.

[0023] 한편, 가스 온도 보정에 관해서 도 3에 의한 시험 장치에서 사용된 공시(供試) 압력식 유량 제어 장치(FCS)에서는 1디지트(digit)당 압력식 유량 제어 장치의 유량 오차(유량의 편차량)는 0.077% F.S./디지트로 되는 것을 알 수 있다. 따라서, 유량 오차가 2% F.S.가 되기 위해서는 약 26디지트(2% F.S. ÷ 0.077% F.S./디지트)의 유량 편차가 필요하게 된다.

[0024] 또한, 서미스터 온도 검출기(TC)의 온도 모니터의 경우의 AD분해능에 의한 오차에서의 온도의 편차량은 0.61℃/디지트인 것이 판명되어 있다. 그 때문에, 상기 2% F.S.의 유량 오차는 0.61℃ / 디지트 × 26디지트 = 15.86℃가 되고, 그 결과, ±1% F.S.의 유량 오차는 가스 온도와 서미스터 온도의 차 ±7.93℃(15.86℃ × 1/2)에 상당하는 것이 판명되었다.

[0025] 한편, 반도체 제조 장치용 고온 가스용 압력식 유량 제어 장치는 통상 복수기의 압력식 유량 제어 장치를 병렬형상으로 배치한 상태에서 사용에 제공되고 있다. 따라서, 종전의 도 18과 같이 밸브 바디(VD)의 측면으로부터 온도 검출기(서미스터)를 장착하는 구조는 온도 검출기의 보수용 공간을 확보함에 있어서 문제가 있고, 결과적으로 압력식 유량 제어 장치의 대형화를 초래하게 된다. 그 때문에, 온도 검출기는 밸브 바디(VD)의 유체 통로의 중심의 상방에 위치하고, 또한 밸브 바디(VD)의 상방으로부터 밸브 바디로 착탈 가능하게 장착할 수 있는 구조로 하는 것이 바람직하다. 또한, 그 중심 방향의 부차 위치는 컨트롤 밸브(V)의 유체 통로에 설치한 밸브 시트 및 다이어프램 밸브체로 이루어지는 밸브부(밸브 기구)의 하류측과 오리피스(S) 사이로 하는 것이 바람직하다.

[0026] 본 발명은 상술한 바와 같이 많은 고온 유체(고온 가스)를 사용한 압력식 유량 제어 장치의 유량 특성 시험의 결과를 기초로 해서 개발된 것이며, 청구항 1의 발명은 유체 통로가 형성된 밸브 바디와, 상기 유체 통로에 개재된 밸브부와, 상기 밸브부를 구동해서 상기 유체 통로를 개폐시키는 밸브 구동부와, 상기 유체 통로의 상기 밸브부의 하류측에 설치된 스로틀 기구와, 상기 밸브부와 상기 스로틀 기구 사이의 가스 온도를 검출하는 온도 검출기와, 상기 밸브부와 상기 스로틀 기구 사이의 가스 압력을 검출하는 압력 검출기와, 상기 온도 검출기 및 압력 검출기의 각 검출값에 의거하여 스로틀 기구를 유통하는 가스 유량을 연산함과 아울러 상기 밸브 구동부를 제어하는 연산 제어 장치를 갖고, 상기 온도 검출기는 상기 밸브부와 스로틀 기구 사이의 출구측 유체 통로의 바로 위의 위치에 상기 밸브 바디의 상면측으로부터 그 안쪽을 향해서 형성된 장착 구멍 내에 삽입 장착되어 있는 것을 발명의 기본 구성으로 하는 것이다.

[0027] 또한, 본 발명은 상기 온도 검출기가 서미스터 온도 검출기일 경우에 상기 연산 제어 장치는 상기 서미스터 온도 검출기의 온도 검출값의 오차를 보정하는 검출값 보정 수단과, 상기 검출값 보정 수단에 의해 보정된 보정값에 의거하여 상기 압력 검출기에 의해 검출된 압력값을 보정하는 압력 보정 수단을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 본 발명은 일 실시형태에 있어서 상기 검출값 보정 수단은 상기 서미스터 온도 검출기의 검출 온도에 관한 온도 특성에 의거하여 상기 서미스터 온도 검출기에 의해 검출된 가스 온도의 오차를 보정한다.

[0029] 또한, 본 발명은 일 실시형태에 있어서 상기 온도 특성은 2이상의 다른 온도에 의해 얻어지는 근사식에 의해 관계되어진다.

[0030] 또한, 본 발명은 일 실시형태에 있어서 상기 근사식이 하기 식 1이다.

$$Y = aX + b \quad \dots \text{(식 1)}$$

[0031]

(단, Y는 서미스터 온도 검출기에 의한 검출 온도에 대응하는 온도, X는 열전대 또는 백금 측온 저항체에 의한 가스 측정 온도에 대응하는 온도, a 및 b는 서미스터 온도 검출기의 개체마다 정해지는 정수)

[0033] 상기 식 1에 있어서 20℃?26℃의 범위에서 Y=X로 가정하는 것을 이용하는 것이 바람직하다.

[0034] 또한, 상기 밸브 바디는 밸브 본체와, 상기 밸브 본체의 한쪽 측면에 고정된 유체 입구측 조인트를 갖는 유체 입구측 접속부와, 밸브 본체의 다른쪽 측면에 고정된 유체 출구측 조인트를 갖는 유체 출구측 접속부로 형성함과 아울러, 밸브 본체의 유체 입구측 접속부에 대항하는 위치에 필터 지지부를 설치하고, 또한 밸브 본체의 유체 출구측 접속부에 대항하는 위치에 스로틀 기구 지지부를 설치한 구성으로 하는 것이 바람직하다.

[0035] 상기 밸브 바디의 외측면에 설치되고 상기 유체 통로를 유통하는 가스 온도를 설정 온도로 유지하기 위한 가열용 히터를 더 구비하는 것이 바람직하다.

[0036] 또한, 상기 가열용 히터는 밸브 바디를 50℃?500℃로 가열하는 평판 형상의 히터 또는 재킷형의 히터로 하는 것이 바람직하다.

[0037] 상기 유체 온도를 검출하는 온도 검출기는 서미스터, 백금 측온 저항체나, 열전대 등의 온도 검출기로 하는 것이 바람직하다.

[0038] 상기 출구측 유체 통로의 바로 위에 형성된 유체 온도 검출기의 장착 구멍은 적절한 깊이를 갖는 구멍으로 함과 아울러 그 저면과 출구측 유체 통로 상벽면의 거리를 0.1mm?5.0mm로 하는 것이 바람직하다.

[0039] 상기 압력식 유량 제어 장치의 유량 제어 정밀도는 가스의 온도가 50℃?500℃의 범위에 있어서 유량 오차가 1.0% F.S. 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다.

[0040] 상기 유체 온도 검출기의 고정은 장착 구멍 내로 삽입 장착한 유체 온도 검출기의 상방에 스페이서를 탑재하고, 상기 스페이서의 상면을 컨트롤 밸브를 형성하는 통체 유지구의 하방에 설치한 플랜지 부분에 의해 압박 고정하는 것이 바람직하다.

[0041] 또한, 압력 검출기 및 온도 검출기는 상기 밸브 바디와는 별체로 구성되어 밸브 바디에 조합시키는 구성으로 하는 것이 바람직하다.

[0042] <발명의 효과>

[0043] 본 발명에 있어서는 종래부터 사용되고 있는 서미스터 온도 검출기나 저항 온도 검출기를 사용하고, 또한 그 장착 위치를 밸브 바디의 유체 출구측의 스로틀 기구 근방의 위치로 함과 아울러 밸브 바디의 상방으로부터 온도 검출기를 삽입 장착하는 구성으로 하는 것만으로 50℃?500℃의 고온 가스를 1%?100%의 유량 범위에 걸쳐서 유량 오차 ±1.0% F.S.이하의 정밀도로 유량 제어하는 것이 가능하게 되어 매우 높은 실용적 효용을 발휘하는 것이다.

[0044] 또한, 본 발명에 의한 압력식 유량 제어 장치에서는 온도 검출기로서 서미스터 온도 검출기를 사용한 경우에 서미스터 온도 검출기에 개체차에 의한 온도 측정 오차를 보정함으로써 유량 제어 정밀도를 높일 수 있다.

[0045] 또한, 본 발명에 의한 압력식 유량 제어 장치에서는 온도 검출기를 밸브 바디의 상면측으로부터 밸브 바디 내로 삽입 장착하는 구성으로 하고 있기 때문에 압력식 유량 제어 장치를 병렬 형상으로 다수 배열한 경우에도 유체 검출기의 보수 점검을 용이하게 행할 수 있다. 그 결과, 압력식 유량 제어 장치를 조립한 가스 공급 장치 등의 대폭적인 소형화가 가능하게 된다.

[0046] 또한, 밸브 본체의 유체 출구측 통로의 바로 위 위치에 유체 온도 검출기를 설치하고, 유체 온도 검출기의 저면과 유체 출구측 통로 상벽면의 간극이 0.1mm?5.0mm가 되도록 규제하고 있기 때문에 유체 온도 검출기에 의한 검출 온도와 실제의 유체 온도의 차이가 거의 없어지고, 그 결과 매우 정확한 유체 유량의 온도 보정을 행할 수 있게 되어 높은 유량 제어 정밀도를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 가열용 히터를 설치한 종전의 압력식 유량 제어 장치의 밸브 바디의 개요도이다.
- 도 2는 압력식 유량 제어 장치의 밸브 바디를 히터에 의해 250℃로 가열했을 때의 유체 통로 중심으로부터의 온도 분포의 일례를 도시하는 것이다.
- 도 3은 압력식 유량 제어 장치의 밸브 바디의 온도 분포나 유량 제어 정밀도 측정에 사용된 측정 장치의 설명도이다.
- 도 4는 도 1의 밸브 바디를 각 온도로 가열했을 때의 유량 제어 정밀도 특성을 도시하는 선도이다.
- 도 5는 도 1의 밸브 바디를 재킷 히터에 의해 각 온도로 가열했을 때의 가스 온도(유체 통로 중심 온도)와 밸브 바디 검출 온도의 차의 실측값 및 상기 온도차의 발생시에 있어서의 유량 편차(유량 오차)의 계산값을 나타내는 선도이다.
- 도 6은 본 발명에 의한 고온 가스용 압력식 유량 제어 장치에 사용되는 밸브 바디의 평면도이다.
- 도 7은 도 6의 밸브 바디를 구성하는 밸브 본체 부분의 상세를 일부 잘라내서 도시하는 종단면도이다.
- 도 8은 도 7의 왜곡예를 도시하는 종단면도이다.
- 도 9는 도 6의 밸브 바디를 사용한 경우의 밸브 바디 내부의 각 점의 열전대[서모커플(thermocouple)]에 의한 온도 측정값을 나타내는 설명도이다.
- 도 10은 도 6의 밸브 바디를 재킷 히터에 의해 250℃로 가열했을 때의 각 부의 온도 검출기의 측정값(발체)을 나타내는 것이다.
- 도 11은 본 발명에 의한 고온 가스용 압력식 유량 제어 장치의 요부를 도시하는 사시도이다.
- 도 12는 서미스터 온도 검출기의 검출 온도의 온도 특성을 근사한 그래프이다.
- 도 13은 본 발명에 의한 압력식 유량 제어 장치의 다른 실시형태를 나타내는 제어 블록도이다.
- 도 14는 도 13에 도시하는 압력식 유량 제어 장치의 기능 블록도이다.
- 도 15는 도 14에 도시하는 압력식 유량 제어 장치의 서미스터 온도 검출기에 의한 검출 온도 오차를 보정하고, 보정한 온도에 의해 검출 압력을 보정하는 순서를 도시하는 플로우 차트이다.
- 도 16은 종전의 압력식 유량 제어 장치의 제어 계통의 개요도이다.
- 도 17은 종전의 압력식 유량 제어 장치의 종단면 개요도이다.
- 도 18은 종전의 압력식 유량 제어 장치의 밸브 바디(VD) 부분을 도시하는 평면 개요도이다.

도 19는 서미스터 온도 검출기의 측정 정밀도를 측정하기 위한 실험 장치를 도시하는 개략 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0048] 이하, 도면에 의거하여 본 발명의 실시형태를 설명한다.
- [0049] 도 6은 본 발명에 의한 압력식 유량 제어 장치에 사용되는 밸브 바디(VD)의 평면도이며, 밸브 바디(VD)는 유체 입구측 조인트(1), 유체 출구측 조인트(2), 가스 입구측 접속부(3), 가스 출구측 접속부(4), 밸브 본체(5)로 형성되어 있고, 밸브 본체(5)의 상류측에 가스 입구측 접속부(3)가 고정되어 있고, 이것에 유체 입구측 조인트(1)가 설치되어 있다. 밸브 본체(5)의 하류측도 마찬가지로 가스 출구측 접속부(4)가 밸브 본체(5)로 기밀하게 장착되고, 이 가스 출구측 접속부(4)의 출구측에 유체 출구측 조인트(2)가 설치되어 있다.
- [0050] 유체 통로는 밸브 바디(VD)의 중심축선 방향으로 수평하게 형성되어 있고, 중앙의 밸브 본체(5)에는 밸브부(V) 등을 구성하는 각종의 부재가 기밀하게 탑재, 고정되어 있다. 또한, 도 6에 있어서 6, 7은 수직 방향의 유체 통로, 8, 9는 가스 누설 검사 구멍, 10, 11은 각종 검출기 등의 장착 구멍, 13은 볼트 구멍, 14는 온도 검출기 장착 구멍이다.
- [0051] 본 발명에 있어서는 밸브 바디(VD)의 밸브 본체(5)의 가스 출구측 접속부(4)측에 온도 검출기 장착 구멍(14)이 형성되어 있고, 여기에 가스 온도 검출용 서미스터 온도 검출기(TC)가 삽입 장착 고정되어 있다. 또한, 본 실시형태에서는 온도 검출기로서 서미스터가 사용되고 있지만 열전대나 백금 측온 저항체 등이어도 좋은 것은 물론이다.
- [0052] 또한, 상기 온도 검출기 장착 구멍(14)의 저면은 유체 통로에 가능한 한 근접하고 있는 쪽이 적절하지만 본 실시형태에 있어서는 유체 통로 벽면의 내압 등을 고려해서 유체 통로와의 사이에 0.1mm?5.0mm, 바람직하게는 0.3?1.5mm, 더욱 바람직하게는 0.5?1.2mm 두께부가 남는 깊이로 장착 구멍(14)이 형성되어 있다.
- [0053] 도 7은 밸브 본체(5)의 부분의 확대 단면도를 도시하는 것이며, 도 7에 있어서 14는 온도 검출기 장착 구멍, 15, 16은 유체 통로, 17은 밸브부(V)를 구성하는 밸브 시트, 18은 밸브부(V)를 구성하는 금속 다이어프램 밸브체, 19는 스프링(접시 스프링), 20은 다이어프램 누르개, PE는 밸브 구동부를 구성하는 압전 소자, 21은 압전 소자(PE)가 수용된 통체, 22는 내열 O링, 23은 필터 유지부, 24는 오리피스 유지부, TC는 서미스터 온도 검출기, P는 압력 센서, 26은 통체 유지구, 27은 다이어프램 누름 기구, 28은 고정용 볼트, 30은 누름 어댑터이다. 또한, 서미스터 온도 검출기(TC)의 장착 위치를 제외하고 밸브 본체(5)의 내부 구조 및 밸브 구동 기구는 일본 공개 특허 제 2003-120832호 등에 있어서 공지되어 있기 때문에 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0054] 온도 검출기 장착 구멍(14)은 밸브 본체(5)의 가스 출구측의 수평한 유체 통로(16)의 가로 방향 치수의 대략 중앙의 상방 위치에 형성되어 있다. 유체 통로(16)의 천정벽과 장착 구멍(14)의 저면 사이의 두께 치수(t)는 상술한 바와 같이 0.1mm?5.0mm(여기서는 약 0.5mm)로 설정되어 있다. 서미스터 온도 검출기(TC)는 온도 검출기 장착 구멍(14)에 삽입되고, 도시하지 않았지만 예컨대 밸브 바디(VD)의 측방에 형성된 나사 구멍에 고정용 나사를 나사 삽입함으로써 고정할 수 있다.
- [0055] 도 8은 도 7에 도시한 실시형태의 변경 형태이며, 온도 검출기 장착 구멍(14)의 위치가 도 7의 형태와 상위하다. 도 8에 도시된 서미스터 온도 검출기(TC)는 짧은 원기둥 형상으로 형성되어 있고, 스페이서(25)는 원기둥 형상으로 형성되어 있고, 장착 구멍(14) 내로 삽입 장착한 서미스터 온도 검출기(TC)의 상방에 탑재되어 있다. 또한, 이 스페이서(25)의 중앙에는 리드선의 인출 구멍(도시 생략)이 형성되어 있고, 그 상벽면은 통체 유지구(26)의 하방에 설치한 플랜지 부분에 의해 고정용 볼트(28)의 조임에 의해 압박 고정되어 있다.
- [0056] 도 9 및 도 10은 도 3에 도시한 유량 측정 장치에 의해 실측한 도 6의 밸브 바디 각 부의 온도와 그 온도 상승의 상태를 도시하는 것이며, M₁은 밸브 바디의 입구측 사이드 블록, M₂는 밸브 바디의 바디 본체의 입구측, M₃은 바디 본체의 다이어프램의 상면, M₄는 본 발명에서 말하는 개선 후의 가스 온도를 검출하는 온도 검출기(서미스터 온도 검출기)의 장착 위치이며, M₅는 밸브 바디 출구측 사이드 블록에 각각 설치된 온도 검출 위치이며, 각각 유체 통로(가스 통로)로부터 1mm 떨어진 위치의 바디의 내부 온도를 나타내는 것이다.
- [0057] 또한, 밸브 바디(VD)는 바디 본체(5)와 가스 입구측 접속부(3)와 유체 출구측 조인트부(4)로 구성되어 있고, 가스 입구측 접속부(가스 입구측 사이드 블록)(3) 및 유체 출구측 조인트부(가스 출구측 사이드 블록)(4)는 바디 본체(5)로 각각 기밀하게 나사 고정되어 있다. 또한, 각 조인트부(사이드 블록)(3, 4)에는 유체 입구측 조인트(1), 유체 출구측 조인트(2)가 각각 일체적으로 설치되어 있다.

[0058] 도 9 및 도 10으로부터 명확해지는 바와 같이, 히터(H)의 가열에 의해 250℃ 근방으로 승온시킨 밸브 바디(VD)의 유체 통로 상의 각 점(M₁?M₅)의 온도 분포는 가열 시간의 경과와 함께 일정한 안정된 온도 상태가 되고, 각 점간의 온도 폭은 ±3.0℃이하가 된다. 그 결과, 유체 통로 내를 유통하는 가스의 온도 폭도 ±3.0℃이하의 값이 되는 것을 알 수 있다.

[0059] 또한, M₁?M₅의 가스 온도(T)의 평균은 약 253.1℃가 되고, 도 9에 도시한 바디 본체(5)의 측면으로부터 안쪽을 향해서 형성된 서미스터 온도 검출기의 종래의 장착 구멍의 저위치(M₆)를 열전대 온도 검출기에 의해 측정된 검출 온도(약 267.2℃)와의 온도차는 14.1℃로 되는 것이 판명되었다.

[0060] 또한, 도 11은 본 발명에 의한 밸브 바디를 사용한 고온 가스 압력식 유량 제어 장치의 사시도를 도시하는 것이며, 밸브 바디(VD)의 저면 및 4측면은 평판 형상 히터(H)에 의해 둘러싸여져 있고, 그 바깥쪽이 단열재(TS)에 의해 보호되어 있다. 또한, 가스에 따라서는 500℃ 가까이까지 가열이 필요한 것도 있고, 그러한 경우에는 그것을 제어하기 위해서는 밸브 바디를 히터(H)에 의해 500℃ 전후까지 가열할 필요가 있고, 센서 관련에 대해서도 500℃ 전후까지 측정할 수 있을 필요가 있다.

[0061] 본 발명에 있어서는 도 9 및 도 10에 도시한 바와 같이, 유체 통로 내를 유통하는 현실의 가스 온도와 서미스터 온도 검출기(TC)에 의한 검출 온도의 차이가 상술한 바와 같이 ±3.0℃이하가 된다. 그 결과, 고온 가스용 압력식 유량 제어 장치의 유량 제어 정밀도도 대폭 향상하게 되고, 도 6의 유량 측정 장치를 사용한 테스트에 있어서는 가스 온도 50℃?250℃에 있어서 10%?100%의 유량 범위에 걸쳐서 유량 오차가 ±1.0% F.S.이하로 되는 것이 확인되고 있다.

[0062] 또한, 상기 유량 제어 정밀도 시험에 제공한 고온 가스용 압력식 유량 제어 장치는 도 11에 도시한 가부시기가 이사 후지킨제 품번 FCSP7002-HT250-4J2-F100A호[정격 유량(F.S.유량) 2.6?2550SCCM, 히터 가열 온도 범위 ?250℃(Max300℃), 오리피스 내경 18μm?660μm, 유체 통로 구경 4.35mm, 1차측 가스 압력 Max300KPaabs(200KPaG), 2차측 진공]의 것이다.

[0063] 이어서, 서미스터 온도 검출기(TC)의 개체차에 기인하는 측정 오차를 보정하는 실시형태에 대해서 이하에 설명한다.

[0064] 이미 설명한 바와 같이 종래, 압력식 유량 제어 장치에 있어서는 서미스터 온도 검출기(TC)에 의해 측정된 온도에 의거하여 압력 검출기(P)에 의해 검출된 압력값(P₁)을 보정하고 있다. 이 압력의 보정은, 예컨대 하기 식 2에 의해 서미스터 온도 검출기(TC)에 의해 측정되고 있는 온도가 T₀에서 T₁로 변화되었을 때에 압력 검출기(P)에 의해 검출된 압력(P)이 압력(P')으로 보정된다. 또한, 온도(T₀)는 통상은 초기 설정 온도이며, 예컨대 실온을 설정할 수 있다.

$$P' = \sqrt{\frac{273.15 + T_1}{273.15 + T_0}} P \quad \dots \dots (\text{식 } 2)$$

[0065]

[0066] 서미스터 온도 검출기(TC)에 의한 검출 온도는 표 1에 나타내는 바와 같이 (i) 개체차에 따라 측정 오차(ΔT)에 편차가 있고, (ii) 실온 부근에서는 거의 오차가 없지만 오차가 있었다고 해도 유량 제어 정밀도에 영향이 없는 정도이며, (iii) 실온 부근으로부터 측정 온도의 상승에 따라 측정 오차(ΔT)가 서서히 플러스측으로 커지는 경향이 있는 한편, (iv) 실온 부근보다 낮은 온도에서는 마이너스측으로 오차를 발생시키는 것이 판명되어 있다. 그래서, 이 경향을 이용하면 서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도의 온도 특성을 직선으로 근사하는 것이 가능하게 된다.

[0067] 도 12는 서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도의 온도 특성을 직선 근사한 그래프를 실선으로 도시하고 있다. 도 12에 있어서 Y축(세로축)이 서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도에 대응하는 온도이며, X축(가로축)은 설정 온도에 대응하는 온도이다. 여기서, 「대응하는 온도」라고 한 것은 하기에서 설명한 바와 같이 그 온도가 실측될 경우와 실제로 측정되지 않을 경우를 포함하기 때문이다. 도 12에 파선으로 도시된 직선은 서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도에 대응하는 온도가 설정 온도에 대응하는 온도와 같은 이상적인 상태를 나타내고 있고, 근사식을 나타내는 실선은 이해를 용이하게 하기 위하여 경사를 과장해서 나타내고 있다.

[0068] 상기 설정 온도는 실측에 의한 경우 열전대 또는 백금 측온 저항체와 같은 고정밀도의 온도 검출기를 이용하여

가스 온도가 측정되고, 실제의 가스 온도와의 오차가 서미스터 온도 검출기(TC)에 비해서 측정 오차가 충분히 작은 것이 담보된다. 상기 설정 온도는, 예컨대 가스 온도를 검출하는 열전대 온도 검출기에 의해 PID 제어되고 있는 재킷 히터(H)의 상기 열전대 온도 검출기의 검출 온도를 이용할 수 있다.

[0069] 근사식은 $Y=aX+b$ 로 표시되고, 정수(a, b)는 서미스터 온도 검출기(TC)의 개체마다 정해진다. 이 정수(a, b)는 (X, Y)를 2점 측정하고 연립 방정식을 풀면 구해진다. 정수(a, b)가 구해지면 서미스터 온도 검출기(TC)의 임의의 검출 온도(Y)를 근사식 $Y=aX+b$ 에 대입해서 X에 대해서 푸는 것에 의해 이상 온도로 보정된 온도(X)가 하기 식 3에 의해 얻어진다. 또한, 이 경우의 식 3의 보정된 온도(X)는 계산에 의해 구해지는 온도이며, 실제로는 측정되고 있지 않는 온도이다.

$$X = \frac{Y - b}{a} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (\text{식 3})$$

[0070] 표 1을 참조하면 실온 부근에서는 측정 오차는 유량 제어 정밀도로의 영향을 무시할 수 있을 만큼 작은 것을 알고 있기 때문에 근사식 $Y=aX+b$ 의 정수(a, b)를 산출함에 있어서 실온 부근의 온도, 예컨대 20℃?26℃의 범위의 온도를 $X=Y$ 로 가정해서 실측을 일부 생략할 수도 있다. 예컨대, 실온(T_0)을 22℃로 설정하면 근사식은 $22=22a+b$ 가 되고, 100℃?250℃의 임의의 설정 온도(X)에서 서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도(Y)를 얻으면 연립 방정식을 세울 수 있고, 연립 방정식을 풀어서 정수(a, b)를 구할 수 있다. 예컨대, 150℃의 설정 온도(X)에 대해서 서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도(Y)가 153℃이었다라고 하면 이들 수치로부터 $153=150a+b$ 를 얻고, $22=22a+b$ 와의 연립 방정식을 푸는 것에 의해 정수(a, b)가 산출된다. 또한, 이 경우의 $X=Y=22$ ℃도 실측에 의하지 않는 미리 설정되는 온도이다.

[0072] 압력 보정 수단으로서의 상기 식 2에 있어서 이상 온도로 보정된 온도를 식 2의 T_1 에 대입하고, 압력 검출기(P)에서 검출된 압력을 식 2의 P에 대입함과 아울러 초기 설정 온도를 식 2의 T_0 에 대입함으로써 보정된 압력(P')이 얻어진다.

[0073] 상기한 바와 같이 해서 보정된 압력(P')을 이용해서 압력식 유량 제어 장치는 종래와 같이 압력비(P_2' / P_1')가 임계 압력비 이하인 임계 조건($r \leq r_c$)에서는 유체 유량(Q_c)이 연산 제어 장치(C)에 있어서 $Q_c=K P_1'$ 에 의해 연산되고, 설정 유량(Q_s)이 되도록 피드백 제어된다. 또한, 압력비가 임계 압력비를 초과하는 비임계 영역에 있어서의 압축성 유체의 오리피스(S)를 통과하는 유체 유량(Q_c)이 $Q_c=K P_2'^m (P_1' - P_2')^n$ (K는 비례 정수, m과 n은 정수)에 의해 연산되고, 설정 유량(Q_s)이 되도록 피드백 제어된다.

[0074] 상기 온도 보정 및 압력 보정을 제어 블록도(도 13), 기능 블록도(도 14), 및 플로우 차트(도 15)를 참조하면서 설명한다.

[0075] 도 13에 도시하는 제어 블록도는 스토틀 기구(S)의 하류측에 압력 검출기를 구비하지 않는 타입, 즉 임계 조건 하에서 사용되는 압력식 유량 제어 장치를 예시하고 있다. 도 13에 도시하는 바와 같이, 가스원(40)과 진공 펌프(VP) 사이에 밸브 바디(VD)가 접속되어 있고, 진공 펌프(VP)를 구동시킴으로써 임계 조건이 달성될 수 있다. 서미스터 온도 검출기(TC) 및 압력 검출기(P)의 각 검출 신호는 증폭기(41, 42)에 의해 증폭되고, A/D 변환기(43, 44)에 의해 디지털 신호로 변환된 후 연산 제어 장치(C)에 보내진다.

[0076] 재킷 히터(H)는 압력식 유량 제어 장치의 연산 제어 장치(C)와는 별도로 설치된 온도 제어 장치(45)에 의해 열전대 온도 검출기(46)의 검출값에 의거하여 설정 온도가 되도록 PID 제어된다. 열전대 온도 검출기(46)의 검출값은 온도 표시 모니터(47)에 온도로서 표시된다. 가스 온도 조절을 위해 가스원(40)과 압력식 유량 제어 장치의 밸브 바디(VD)를 접속하는 배관류도 가열 장치(48)에 의해 가열된다.

[0077] 도 14의 기능 블록도에 도시하는 바와 같이, 서미스터 온도 검출기(TC)에 의해 검출된 검출 온도는 검출값 보정 수단(50)에 의해 서미스터 온도 검출기(TC)의 개체차에 의한 측정 오차를 보정한 후 그 보정된 온도에 의거하여 압력 보정 수단(51)에 의해 압력이 보정되고, 보정된 압력에 의해 유량(Q_c)이 연산되고, 연산된 유량(Q_c)이 설정 유량(Q_s)이 되도록 유량 제어된다.

[0078] 최초에, 초기 설정 온도(T_0), 바람직하게는 실온(20℃?26℃)을 연산 제어 장치(C)에 입력 장치(52)(도 13)를 통해서 입력한다. 예컨대, 반도체 제조 장치의 클린룸 내는 일반적으로 실온이 일정 온도로 관리되고 있기 때문에 그 온도를 적용할 수 있다. 이 때, 재킷 히터(H)는 전원을 온으로 하고, 히터는 오프로 해서 가열하지 않는 상

태에서 가스 온도를 표시시켜 둠으로써 온도 표시 모니터(47)에 표시되는 표시 온도를 초기 설정 온도(T₀)로서 연산 제어 장치(C)에 입력해도 좋다. 입력된 초기 설정 온도(T₀)는 연산 제어 장치(C) 내의 기억부(53)에 (X₀, Y₀)=(T₀, T₀)로서 기억된다(스텝 1).

[0079] 이어서, 초기 설정 온도(T₀)와 다른 온도, 바람직하게는 100℃이상의 온도(T₁)로 재킷 히터(H)의 설정 온도를 설정함과 아울러 연산 제어 장치(C)에 온도(T₁)를 입력한다. 재킷 히터(H)의 온도 표시 모니터(47)가 설정 온도를 나타내면 압력식 유량 제어 장치의 온도 표시 모니터(54)의 표시 온도(T₂)(서미스터 온도 검출기에 의해 검출된 온도)를 연산 제어 장치(C)에 입력 수단(52)을 통해서 입력한다. 연산 제어 장치(C)에 입력된 온도(T₁, T₂)는 연산 제어 장치(C)의 기억부(53)에 (X₁, Y₁)=(T₁, T₂)로서 기억된다(스텝 2).

[0080] 연산 제어 장치(C)에서는 CPU(54)가 기억부(53)에 기억되어 있는 하기 식 4와 (X₀, Y₀), (X₁, Y₁)으로부터 정수(a)를 산출하고(스텝 3), 이어서 산출된 a를 이용하여 정수(b)를 산출한다(스텝 4).

[0081]
$$a = \frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} \quad \dots \text{(식 4)}$$

[0082]
$$b = T_0(1 - a) \quad \dots \text{(식 5)}$$

[0083] 산출된 정수(a, b)는 연산 제어 장치(C)의 기억부(53)에 기억된다.

[0084] 재킷 히터(H)에 의해 일정 온도로 가열된 상태에서 연산 제어 장치(C)의 CPU(54)는 기억부(53)에 기억되어 있는 하기 식 6과, 식 4 및 식 5에서 구해진 정수(a, b)와, 서미스터 온도 검출기(TC)의 검출 온도(T)로부터 연산에 의해 보정 후 온도(Ta)를 산출한다(스텝 5). 산출된 보정 후 온도(Ta)는 기억부(53)에 기억된다.

[0085]
$$Ta = \frac{T - b}{a} \quad \dots \text{(식 6)}$$

[0086] 또한, 연산 제어 장치(C)의 CPU(54)는 기억부(53)에 기억되어 있는 상기 식 2의 T에 식 6에서 구해진 보정 후 온도(Ta)를 대입하고, 식 2의 T₀에 기억부(53)에 기억되어 있는 초기 온도(T₀)를 대입해서 수치 연산함으로써 하기 식 7에 나타내는 바와 같이 보정된 압력(P')을 산출한다(스텝 6). 산출된 압력(P)은 기억부(53)에 기억된다.

[0087]
$$P' = \sqrt{\frac{273.15 + Ta}{273.15 + T_0}} P \quad \dots \text{(식 7)}$$

[0088] 상기한 바와 같이 해서 보정된 압력(P')에 의해 압력식 유량 제어 장치가 제어된다. 압력(P')에 의해 압력식 유량 제어 장치를 제어하는 쪽은 종래의 공지의 방법을 채용할 수 있다. 또한, 식 6에서 얻어진 보정 후 온도(Ta)는 유량 연산식 Qc=KP₁'의 비례 정수(K)의 계산에도 이용된다.

[0089] 상기 설명으로부터 명확해지는 바와 같이, 검출값 보정 수단(50)에 의해 서미스터 온도 검출기(TC)의 개체차에 의한 측정 오차를 이상 온도로 보정한 후, 보정한 온도를 이용해서 압력 보정 수단(51)에 의해 검출 압력을 보정하고 있으므로 서미스터 온도 검출기(TC)의 개체차에 의한 유량 제어 오차를 감소시켜 250℃의 고온 가스이어도 고정밀도로 그 유량을 제어하는 것이 가능하게 된다.

[0090] 또한, 상기한 바와 같이 검출값 보정 수단 및 압력 보정 수단은 기억부(53)에 기록된 프로그램(보정 프로그램)에 의해 보정 처리가 실행되므로 고온용이 아닌 종래의 압력식 유량 제어 장치에 재킷 히터(H)를 장착하고, 밸브 바디(VD)의 적당 위치에 온도 검출기 장착 구멍을 가공해서 보정 프로그램을 짜 넣으면 고온용으로서 사용할 수 있다.

[0091] 또한, 상기 실시형태에서는 서미스터 온도 검출기(TC)의 측정 정밀도의 온도 특성을 2점의 (X, Y)로 직선 근사했지만 근사 정밀도를 향상시키기 위해서, 예컨대 측온점 수를 늘려서 스플라인 보정이나 최소 제곱법에 의해 직선 또는 곡선으로 근사할 수도 있다. 또한, 서미스터 온도 검출기(TC)의 측정 정밀도의 온도 특성에 관한 미리 측정된 데이터를 축적한 보정 테이블을 기억부(53)에 기억시켜 두고, 서미스터 온도 검출기(TC)의 측정값에

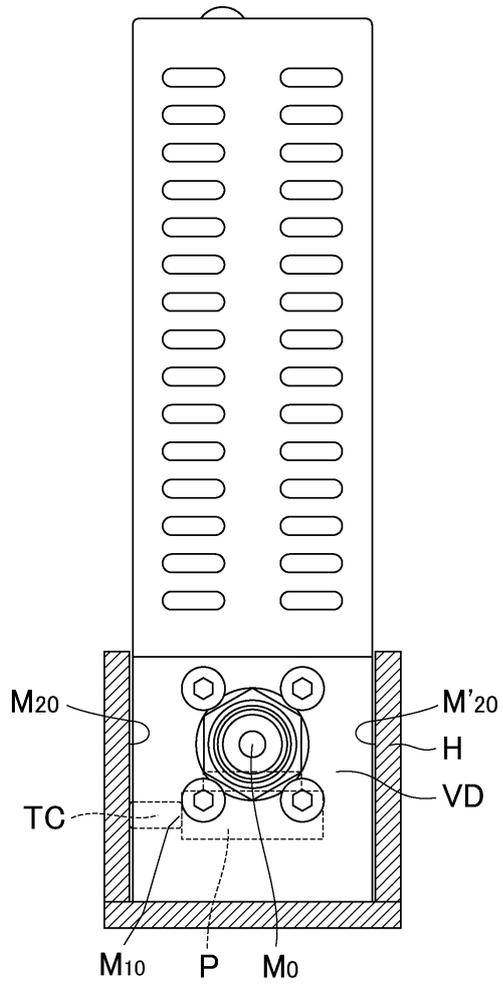
따른 보정 온도를 출력하도록 해도 좋다.

부호의 설명

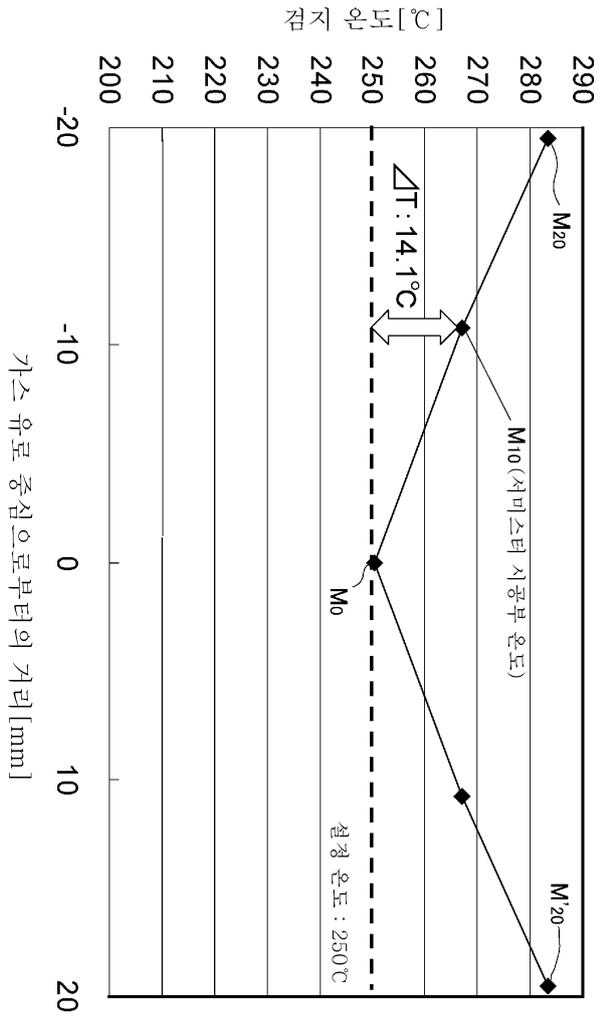
- [0092]
- | | |
|---------------------------------|-----------------------|
| V : 밸브부 | VD : 밸브 바디 |
| PE : 구동용 압전 소자 | TC : 서미스터 온도 검출기 |
| P : 압력 검출기 | K : 케이스체 |
| H : 제킷 히터(가열용 히터) | TS : 단열재 |
| S : 오리피스(스로틀 기구) | T : 가스 온도 |
| C : 연산 제어부 | D : 밸브 구동부 |
| Qs : 설정 유량 | ΔQ : 유량 조정 신호 |
| 1 : 유체 입구측 조인트 | 2 : 유체 출구측 조인트 |
| 3 : 유체(가스) 입구측 접속부(입구측 사이드 블록) | |
| 4 : 유체(가스) 출구측 접속부(출구측 사이드 블록) | |
| 5 : 밸브 본체 | 6 : 유체(가스) 통로(수직 방향) |
| 7 : 유체(가스) 통로(수직 방향) | |
| 8 : 유체(가스) 누설 검사 구멍 겸 검출기 장착 구멍 | |
| 9 : 유체(가스) 누설 검사 겸 검출기 장착 구멍 | |
| 10 : 검출기 장착 구멍 | 11 : 검출기 장착 구멍 |
| 13 : 볼트 구멍 | 14 : 온도 검출기 장착 구멍 |
| 15 : 입구측 유체 통로(수평 방향) | 16 : 출구측 유체 통로(수평 방향) |
| 17 : 밸브 시트 | 18 : 다이어프램 밸브체 |
| 19 : 스프링(접시 스프링) | 20 : 다이어프램 누르개 |
| 21 : 통체 | 22 : O링 |
| 23 : 필터 유지부 | 24 : 스톱 기구(오리피스) 유지부 |
| 25 : 스페이서 | 26 : 통체 유지구 |
| 27 : 다이어프램 누름 기구 | 28 : 고정용 볼트 |
| 30 : 메탈 시일 기구 | |

도면

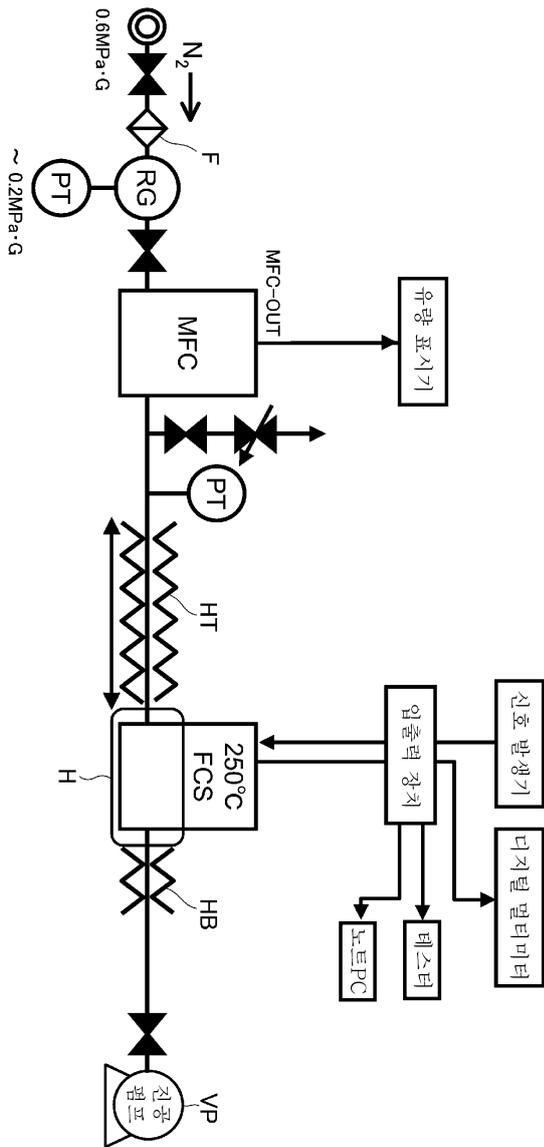
도면1



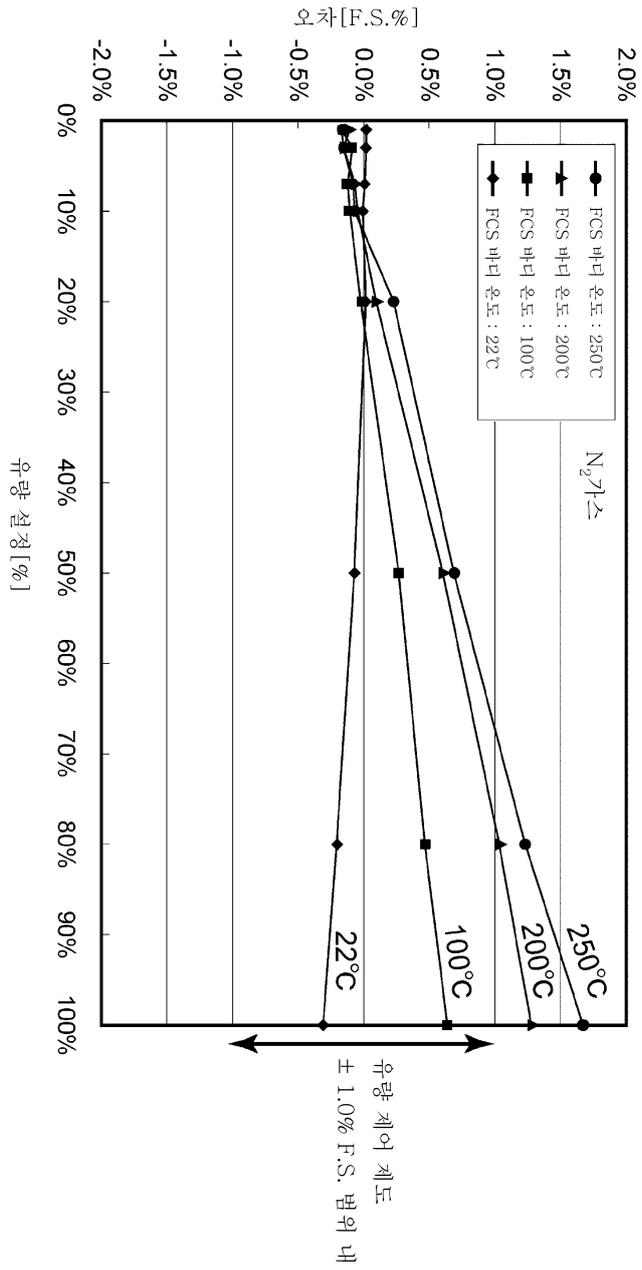
도면2



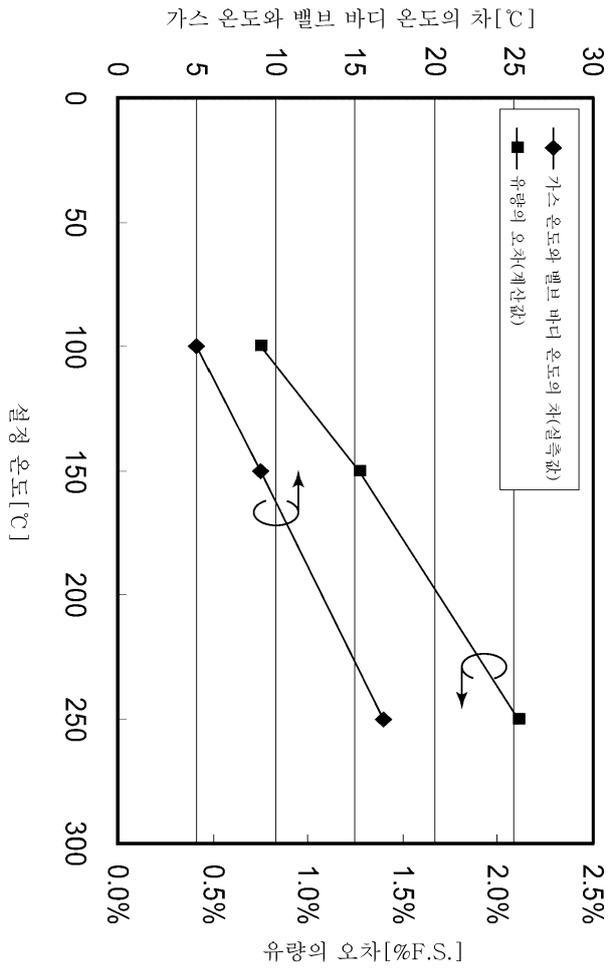
도면3



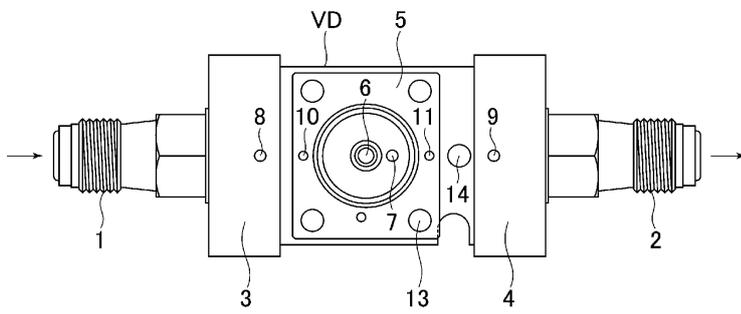
도면4



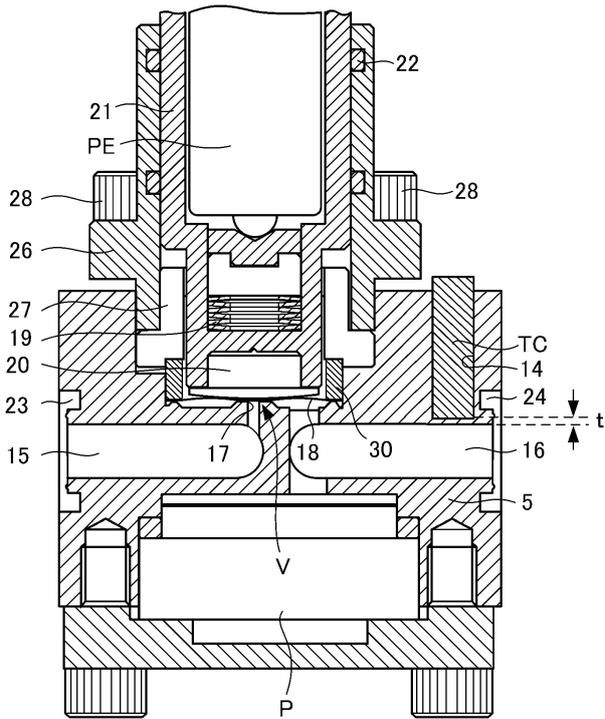
도면5



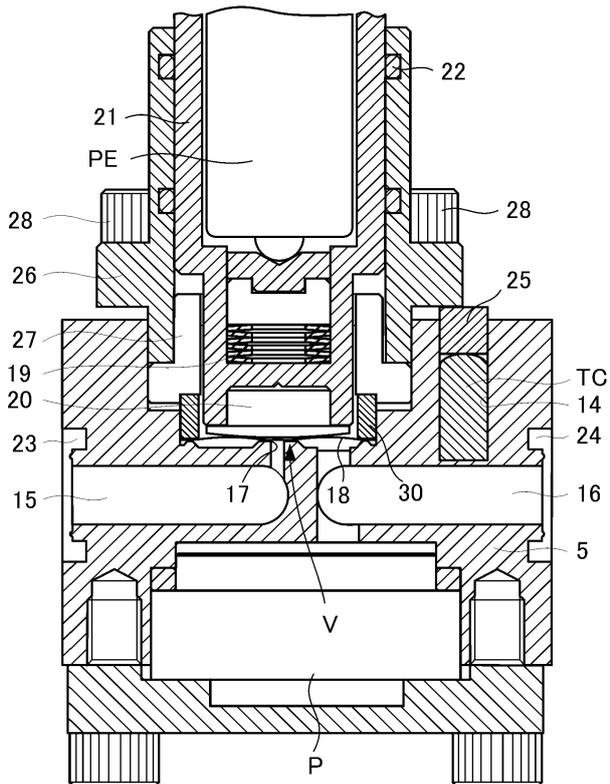
도면6



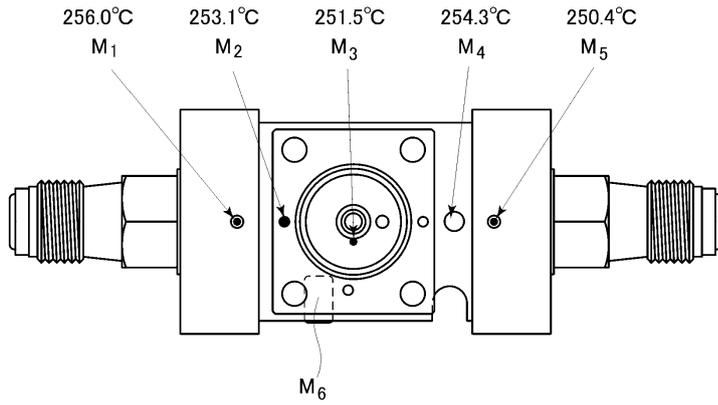
도면7



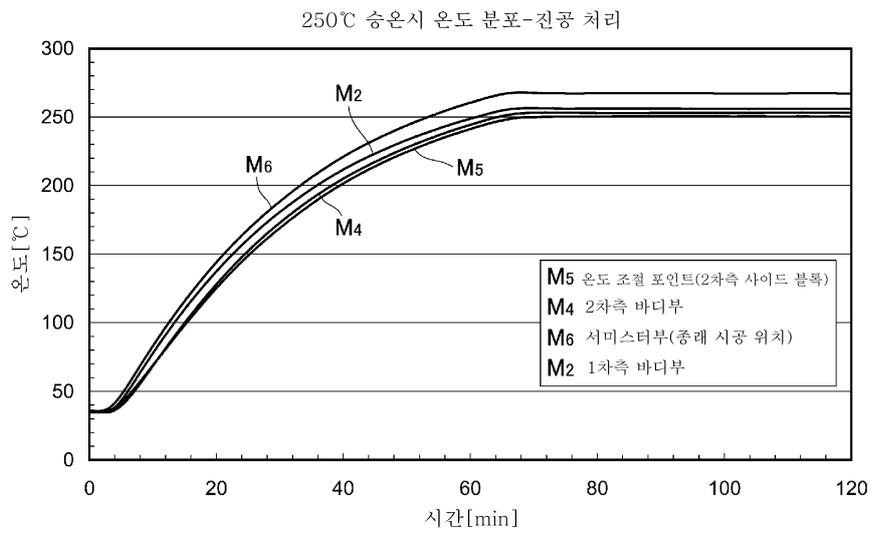
도면8



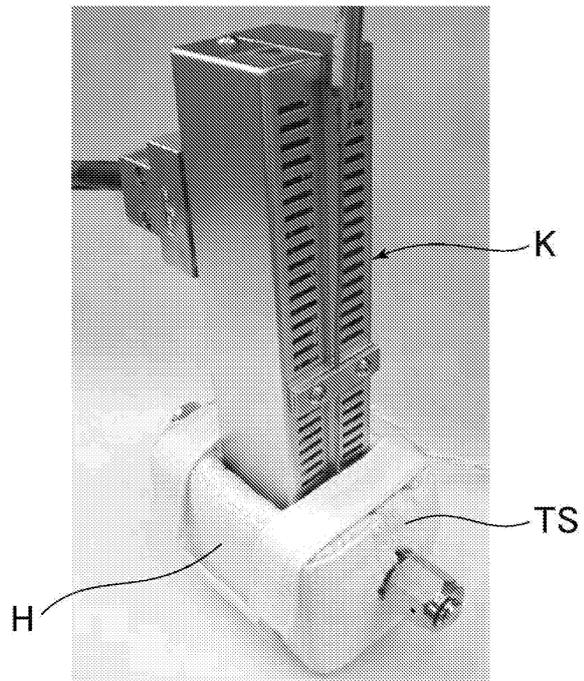
도면9



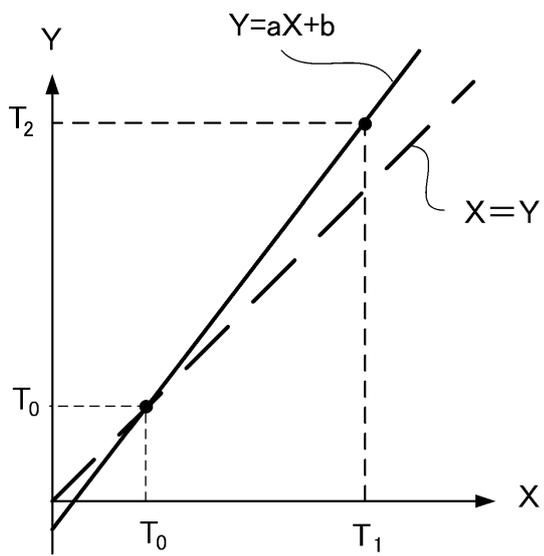
도면10



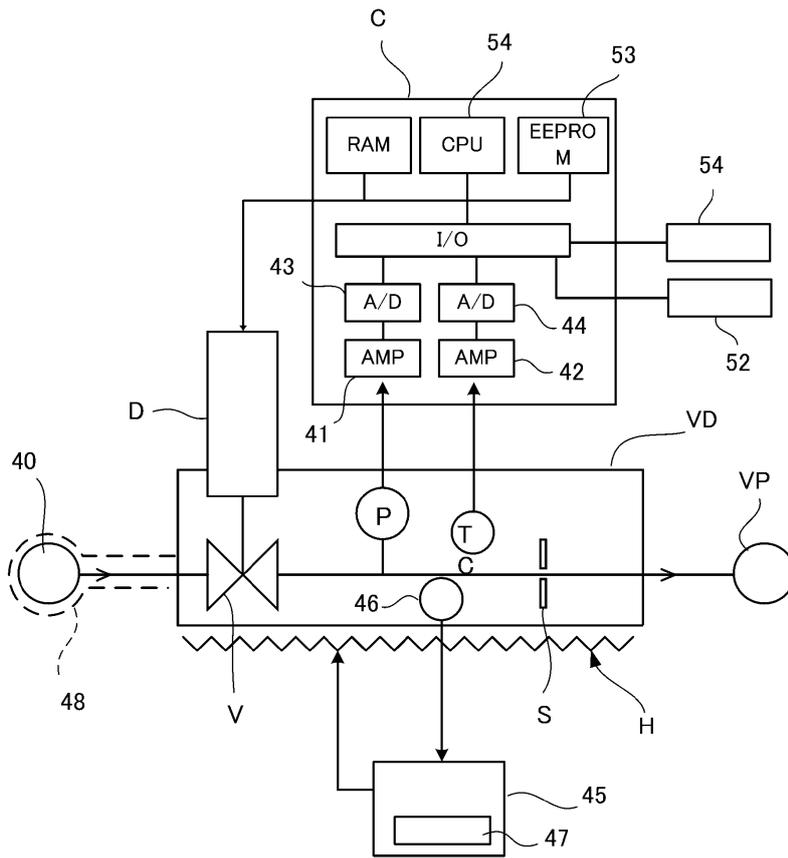
도면11



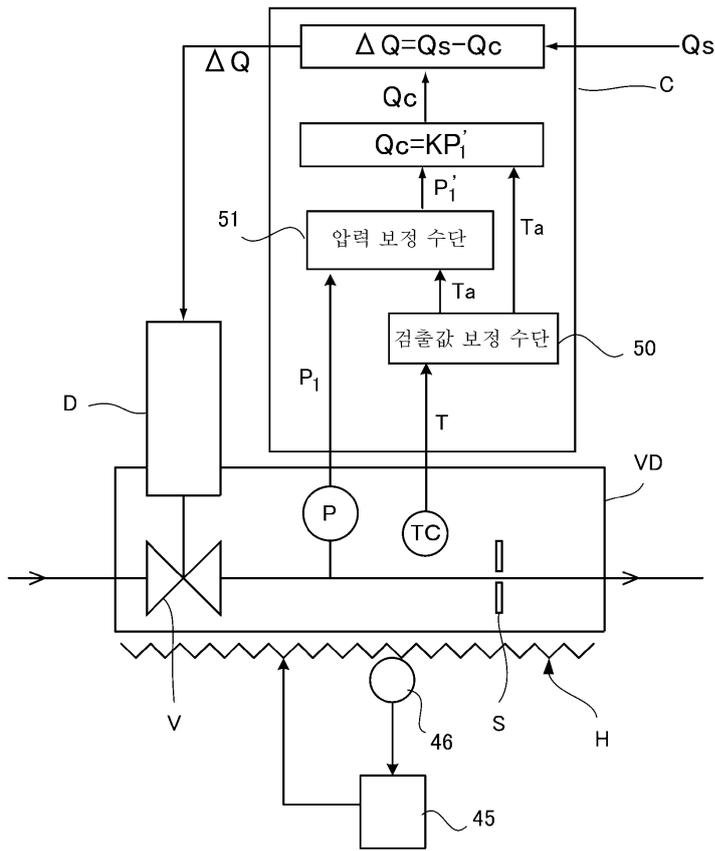
도면12



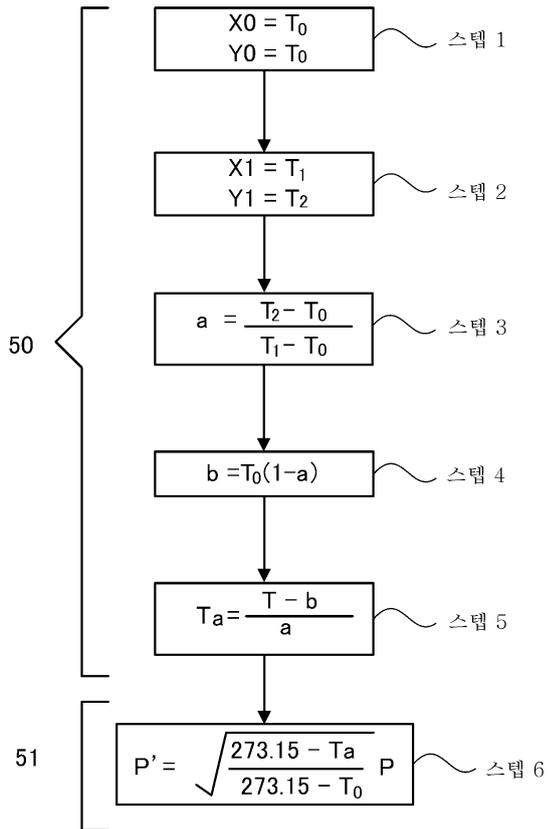
도면13



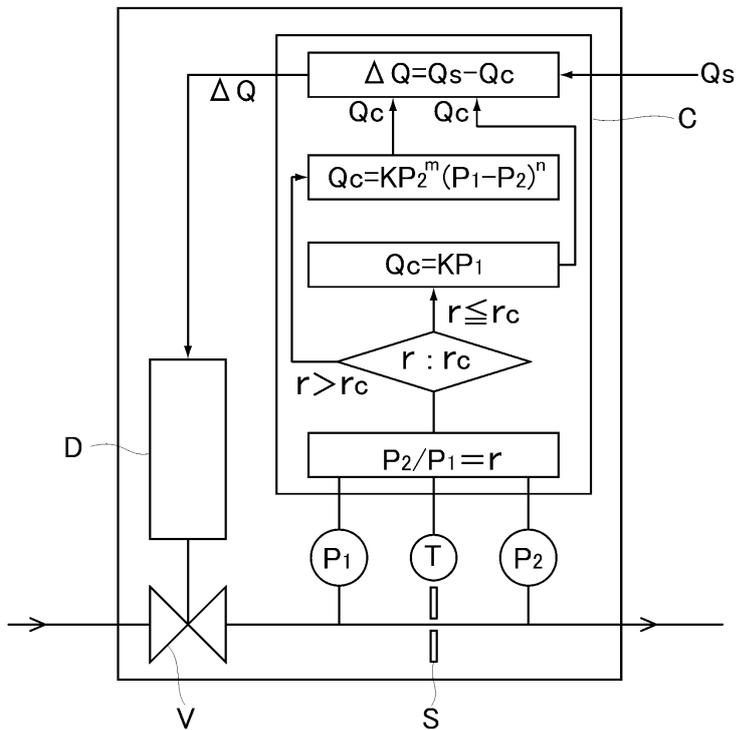
도면14



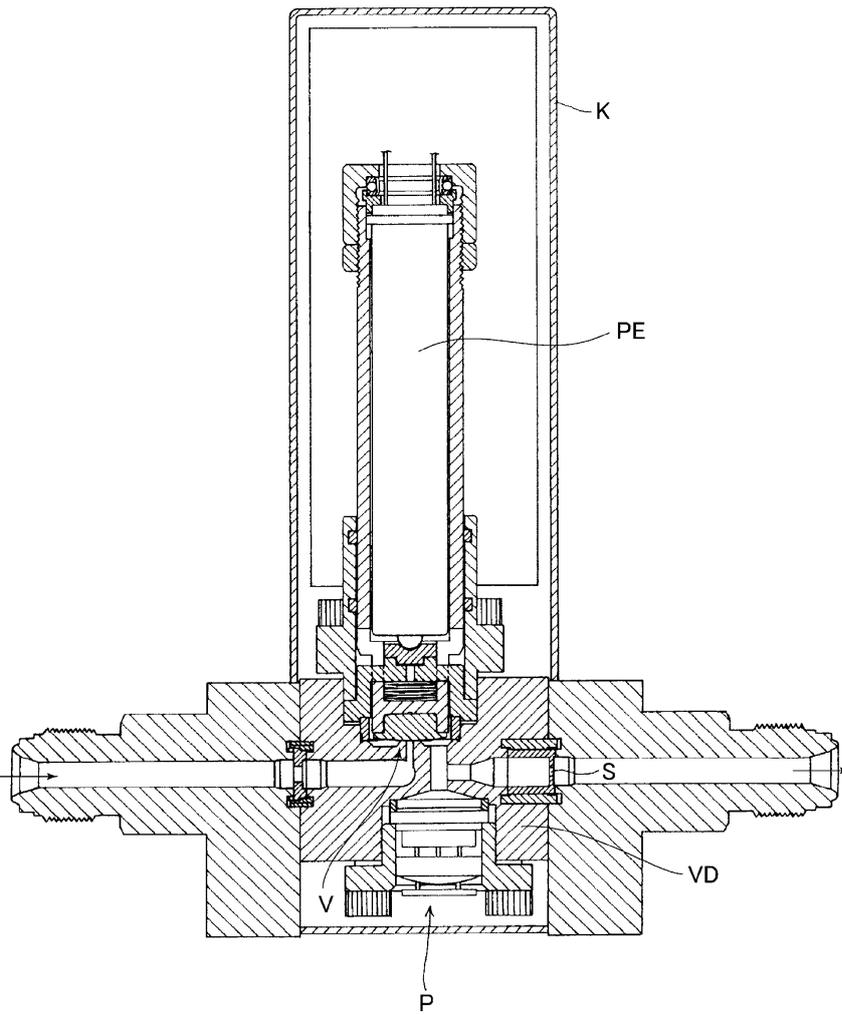
도면15



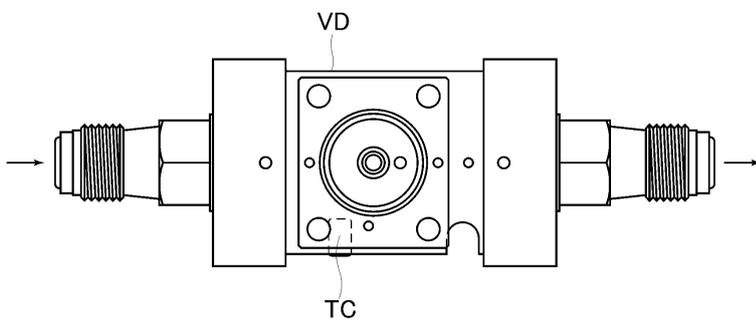
도면16



도면17



도면18



도면19

