



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년08월09일
 (11) 등록번호 10-1647151
 (24) 등록일자 2016년08월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01F 25/00 (2006.01) G01F 1/76 (2006.01)
 G05D 7/00 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-0020709
 (22) 출원일자 2010년03월09일
 심사청구일자 2015년01월22일
 (65) 공개번호 10-2010-0103376
 (43) 공개일자 2010년09월27일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2009-060319 2009년03월12일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2000065609 A*
 WO2008016189 A1*
 JP11118569 A
 JP2005045210 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 가부시키가이샤 호리바 에스텍
 일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테
 초 11번지 5
 (72) 발명자
 가시마 도시히로
 일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테
 초 11-5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내
 요네다 유타카
 일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테
 초 11-5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내
 이소베 야스히로
 일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코다테
 초 11-5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내
 (74) 대리인
 특허법인태평양

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 김홍래

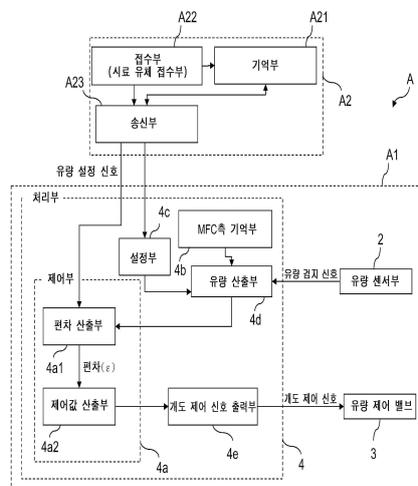
(54) 발명의 명칭 **매스 플로우 미터, 매스 플로우 컨트롤러, 이들을 포함한 매스 플로우 미터 시스템 및 매스 플로우 컨트롤러 시스템**

(57) 요약

가스종 등의 시료 유체의 변경에도 특별한 수고를 필요로 하지 않고 유연하게 대응할 수 있고, 또한 정밀도 좋게 유량을 측정할 수 있는, 뛰어난 매스 플로우 미터 등을 제공하는 것을 과제로 한다.

해결 수단으로서, 유로(1)를 흐르는 시료 유체(G)의 유량을 검지하는 센서부(2)와; 유체마다 정해져, 상기 센서부(2)로부터 출력된 유량 검지값에 기초하여 유량을 정하기 위한 유량 특성 함수로서, 지정된 시료 유체에 고유의 유량 특성 함수 K와, 그 유량 특성 함수와는 독립한, 복수의 시료 유체에 대해 공통의 파라미터이며, 매스 플로우 미터마다의 기기차를 보정하기 위한 기기차 보정 파라미터 α 를 설정하는 설정부(4c)와; 상기 유량 특성 함수 K와 상기 기기차 보정 파라미터 α 에 기초하여, 상기 시료 유체(G)의 유량을 산출하는 유량 산출부(4d)를 구비하도록 구성했다.

대표도 - 도3



명세서

청구범위

청구항 1

유로를 흐르는 시료(試料) 유체의 유량을 검지하는 센서부와,

유체마다 정해지며, 상기 센서부로부터의 출력값에 기초하여 유량을 정하기 위한 유량 특성 함수로서, 지정된 시료 유체에 고유의 유량 특성 함수와, 그 유량 특성 함수와는 독립한, 복수의 시료 유체에 대해 공통의 파라미터이며, 매스 플로우 미터마다의 기기차(器差)를 보정하기 위한 기기차 보정 파라미터를 설정하는 설정부와,

상기 유량 특성 함수와 상기 기기차 보정 파라미터에 기초하여, 상기 시료 유체의 유량을 산출하는 유량 산출부를 구비하고,

상기 기기차 보정 파라미터는, 시료 유체로서의 기준 유체를 1점의 유량에서 측정할 경우에, 기준 유체에 고유의 유량 특성 함수를 설정하여 산출한 유량값과, 기준이 되는 매스 플로우 미터로 상기 1점의 유량을 측정했을 때의 유량값과의 오차를 해소하기 위한 계수인, 매스 플로우 미터.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 유량 특성 함수가 5차 다항식으로 표현되는 것인 매스 플로우 미터.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 1점의 유량은 풀스케일(full scale) 유량인 매스 플로우 미터.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 기기차 보정 파라미터가, 질소 가스를 기준 유체로 하여 실제로 측정하여 구해지는 계수이고, 그 계수는 그외 다른 복수의 시료 가스에 대해서도 공통의 것인 매스 플로우 미터.

청구항 5

청구항 1에 기재된 매스 플로우 미터와,

상기 유로에 마련한 컨트롤 밸브와,

상기 유량 산출부가 산출한 유량값과 유량 설정값을 비교 연산하고, 이 연산 결과에 기초하여 상기 컨트롤 밸브를 제어하는 제어부를 구비하는 것을 특징으로 하는 매스 플로우 컨트롤러.

청구항 6

청구항 1에 기재된 매스 플로우 미터와,

상기 매스 플로우 미터와 통신하는 것으로서, 각 시료 유체와 관련된 유량 특성 함수를 기억한 기억부 및 상기 유로에 흐르는 시료 유체의 지정을 접수하는 시료 유체 접수부를 갖는 지령 장치를 구비하고,

상기 설정부는 상기 접수부에 의해 지정된 시료 유체에 고유의 유량 특성 함수를, 상기 기억부를 검색하여 설정하는 것을 특징으로 하는 매스 플로우 미터 시스템.

청구항 7

청구항 5에 기재된 매스 플로우 컨트롤러와,

상기 매스 플로우 컨트롤러와 통신하는 것으로서, 각 시료 유체와 관련된 유량 특성 함수를 기억한 기억부 및

상기 유로에 흐르는 시료 유체의 지정을 접수하는 시료 유체 접수부를 갖는 지령 장치를 구비하고, 상기 설정부는 상기 접수부에 의해 지정된 시료 유체에 고유의 유량 특성 함수를, 상기 기억부를 검색하여 설정하는 것을 특징으로 하는 매스 플로우 컨트롤러 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 제조 프로세스 등에 있어서 가스나 액체 등의 유체 유량을 제어하는 매스 플로우 미터, 이들을 포함한 매스 플로우 컨트롤러, 추가로 이들을 포함한 매스 플로우 미터 시스템 및 매스 플로우 컨트롤러 시스템(이하, 이들을 매스 플로우 미터 등으로 칭하는 일이 있음)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 1대의 반도체 제조 장치에 대해 복수의 프로세스 챔버를 탑재하여 복수의 프로세스를 행하는 일이 많아지는 등, 반도체 제조 프로세스에서는 사용하는 가스나 액체라고 하는 유체의 종류가 큰 폭으로 증가하고, 이에 따라 수많은 매스 플로우 미터 등이 필요하게 되고 있다.

[0003] 이러한 중에, 1대의 매스 플로우 미터 등이라도 이것을 배관 등으로부터 분리시키는 일 없이, 사용자측에서, 시료 유체로서의 가스종(種) 등의 변경이나 풀스케일(full scale) 유량(최대 측정 또는 제어 유량)의 변경에 대응하여 사용할 수 있도록 한 것이 제공되고 있다(예를 들어 특허 문헌 1 참조).

[0004] [선행 기술 문헌]

[0005] [특허 문헌]

[0006] [특허 문헌 1] 일본 특개평 11-94604호 공보(12 페이지)

[0007] 그러나 발명자의 연구 결과로부터, 우선 다음의 것을 알 수 있었다. 즉, 가스종의 변경에 따라 그 가스종에 대응한 유량값을 산출하기 위한 것으로서, 유량을 산출하기 위한 함수에 곱하는 계수, 이른바 컨버전 팩터(conversion factor)라도, 그것을 복수의 매스 플로우 미터 등에서 공통화하여 고정밀의 측정을 행하기 위해서는 그것을 취득한 기준기(基準器)로서의 매스 플로우 미터 등과, 실제로 사용되는 각각의 매스 플로우 미터 등 사이의 기기차(器差)를 보정한 것으로 변경할 필요가 있다.

[0008] 한편 매스 플로우 미터 등의 기기차는 가스종 등의 시료 유체의 종류에도 관계한다고 생각되어 왔기 때문에, 그 기기차를 보충하는 파라미터는 결국 각각의 시료 유체를 실제로 각 매스 플로우 미터 등으로 흘려서 구할 필요가 있는 것은 아닐까 생각하고 있었다.

[0009] 그러나 발명자의 연구 결과로부터, 추가로 다음의 것도 알았다. 즉, 매스 플로우 미터 등의 기기차는 가능한 하드웨어의 각 구성을 표준화하는 것에 의해, 하드웨어면으로부터 억제할 수 있다. 그리고 그 기기차를 억제한 하드웨어에 있어서, 기기차는 복수의 시료 유체에서 공통의 것으로 하여 취급해도 정밀도 좋게 유량을 측정할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 이러한 지견으로부터, 가스종 등의 시료 유체의 변경에도 특별한 수고를 필요로 하지 않고 바람직하게 대응할 수 있는 뛰어난 매스 플로우 미터 등을 제공할 수 있지 않을까하는 발상으로부터 이루어진 것이 본 발명이다. 즉, 본 발명의 목적은 가스종 등의 시료 유체의 변경에도 유연하게 대응할 수 있고, 또한 정밀도 좋게 유량을 측정할 수 있는, 뛰어난 매스 플로우 미터 등을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 이러한 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명에 관한 매스 플로우 미터는, 유로를 흐르는 시료 유체의 유량을 검지하는 센서부와; 유체마다 정해져, 상기 센서부에서 검지된 유량 검지값에 기초하여 유량을 정하기 위한 유량 특성 함수로서, 지정된 시료 유체에 고유의 유량 특성 함수와, 그 유량 특성 함수와는 독립한, 복수의 시료 유체에 대해 공통의 파라미터이며, 매스 플로우 미터마다의 기기차를 보정하기 위한 기기차 보정 파라미터를 설

정하는 설정부와; 상기 검지 유량에 상기 유량 특성 함수와 상기 기기차 보정 파라미터를 적용하고, 상기 시료 유체의 유량을 산출하여 이를 유량 측정값으로 하는 유량 산출부를 구비한다.

[0012] 이와 같은 것에 의하면, 기기차 보정 파라미터는 유량 특성 함수와는 독립한, 복수의 시료 유체에 대해 공통의 파라미터이므로, 그 매스 플로우 미터 등으로 측정하는 시료 유체를 변경하는 경우에도, 측정하는 시료 유체에 따른 유량 특성 함수를 설정하는 것만으로, 변경한 시료 유체의 유량을 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

[0013] 즉, 본 발명에 의하면, 동일한 매스 플로우 미터 등인 한, 복수의 시료 유체에 대해 공통의 기기차 보정 파라미터를 설정할 수 있다. 따라서, 당해 매스 플로우 미터 등에 의해 측정되는 시료 유체가 변경되는 경우에도, 변경되는 개개의 시료 유체를 홀려서 당해 매스 플로우 미터 등을 실제로 교정하여, 시료 유체 또는 유량 특성 함수마다 고유의 기기차 보정 파라미터를 구하지 않아도, 예를 들어 변경되는 시료 유체와는 다른 그외 시료 유체로 교정하여 얻어진, 당해 매스 플로우 미터 등에 있어서 공통의 기기차 보정 파라미터를 설정하는 등을 하고, 추가로 센서부나 바이패스 등의 하드웨어 구성이 실질적으로 동일한 것으로 공통화된 범용적인 유량 특성 함수를 데이터베이스 등으로부터 읽어들이어 설정 등을 하는 것만으로, 변경된 시료 유체의 유량을 용이하게 정밀도 좋게 측정할 수 있다.

[0014] 또, 상기 유량 특성 함수가 5차 다항식으로 표현되는 것이면, 넓은 레인지에 걸쳐서 정밀도 좋게 근사시키면서, 매스 플로우 미터 등으로 측정 가능한 최대 유량인 폴스케일 유량을 더욱 넓힐 수 있고, 따라서 그 매스 플로우 미터로 측정 가능한 레인지를 소정으로 가변해도 오차를 억제하고, 다양한 레인지로 고정밀의 측정을 실현할 수 있다.

[0015] 상기 기기차 보정 파라미터가 미리 정해진 기준 유체를 상기 유로에 폴스케일 유량으로 홀려서 측정하는 경우에, 기준 유체에 고유의 유량 특성 함수를 설정하여 산출한 유량과, 기준이 되는 매스 플로우 미터로 상기 폴스케일 유량을 측정했을 때 유량 측정값과의 오차를 해소하기 위한 계수이면, 당해 파라미터는 예를 들어 불활성 가스 등의 편리성이 높은 기준 유체로 폴스케일 유량을 1점만 측정하여 구하는 것도 가능하게 되어, 매스 플로우 미터 등의 교정 작업의 번잡함을 경감시킬 수 있다. 여기서, 폴스케일 유량은 유량 특성 함수에 의해 소정 오차의 범위 내에서 측정 가능한 최대 유량이 바람직하지만, 그 최대한 측정 가능한 유량을 소정까지 작게 제한한 경우의 유량(최대한 측정 가능한 유량보다 작은 유량)이어도 된다.

[0016] 상기 기기차 보정 파라미터가 질소 가스를 기준 유체로 하여 실제로 측정하여 구해지는 계수이고, 그 계수는 그 외 다른 복수의 시료 가스에 대해서도 공통의 것이면, 독성이나 부식성이 강한 가스나 액체 등의 시료 유체에 의한, 개개의 매스 플로우 미터 등의 교정을 가능한 피해서, 안전하고 용이하게 기기차 보정 파라미터인 계수를 구할 수 있다.

[0017] 추가로, 상기 매스 플로우 미터와, 상기 유로에 마련한 컨트롤 밸브와, 유량 측정값과 미리 정해진 유량 설정값을 비교 연산하고, 이 연산 결과에 기초하여 상기 컨트롤 밸브를 제어하는 제어부를 포함한 매스 플로우 컨트롤러이면, 고정밀의 유체 제어를 실현하면서, 반도체 성막 프로세스의 변경 등에 따라서, 제어 대상이 되는 시료 유체를 용이하게 변경할 수 있는, 범용성이 높은 매스 플로우 컨트롤러를 제공할 수 있다.

[0018] 복수의 매스 플로우 미터 또는 복수의 매스 플로우 컨트롤러와, 이들 매스 플로우 미터 또는 매스 플로우 컨트롤러와 통신하는 것으로서, 시료 유체와 관련된 유량 특성 함수를 복수 기억한 기억부 및 상기 유로에 흐르는 시료 유체의 지정을 접수하는 시료 유체 접수부를 가진 지령 장치를 구비하고, 상기 설정부가 상기 접수부에 의해 지정된 시료 유체에 고유의 유량 특성 함수를 상기 기억부를 검색하여 설정하도록 구성된 매스 플로우 미터 시스템 또는 매스 플로우 컨트롤러 시스템이면, 복수의 매스 플로우 미터 등이 접속된 반도체 제조 장치나 상위의 호스트 컴퓨터를 마련하여, 시료 유체마다 관련지어 기억시키고, 하드웨어가 실질적으로 동일한 매스 플로우 미터 등에 공통의 범용성이 높은 유량 특성 함수를, 시료 유체의 지정에 따라 각 매스 플로우 미터 등으로 전기통신 회선을 통해 송신함으로써, 각 매스 플로우 미터 등의 범용성을 향상시키면서, 유량 특성 함수를 집중적으로 관리하여, 그 추가 변경 등의 관리를 간이화할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 이와 같이 본 발명에 의하면, 가스종 등의 시료 유체의 변경에도 유연하게 대응할 수 있고, 또한 정밀도 좋게 유량을 측정할 수 있는 뛰어난 매스 플로우 미터 등을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020]

도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 관한 매스 플로우 컨트롤러 시스템을 나타내는 전체 개략도.

도 2는 동 실시 형태에 있어서 매스 플로우 컨트롤러의 기기 구성을 나타내는 모식도.

도 3은 동 실시 형태에 있어서 매스 플로우 컨트롤러 시스템을 나타내는 기능 구성도.

도 4는 동 실시 형태에 지령 장치의 기기 구성도.

도 5는 동 실시 형태에 있어서 센서 출력 레인지를 설명하기 위한 도면.

도 6은 동 실시 형태에 있어서 매스 플로우 컨트롤러의 동작을 나타내는 플로우도.

[발명을 행하기 위한 구체적인 내용]

이하, 본 발명의 일 실시 형태를, 도면을 참조하여 설명한다.

본 실시 형태의 매스 플로우 컨트롤러 시스템(A)은 매스 플로우 컨트롤러(A1)와, 이 매스 플로우 컨트롤러(A1)를 제어·관리하는 별체의 지령 장치(A2)를 구비하여 이루어지는 것이고, 예를 들어 도 1에 나타내는 바와 같이, 반도체 제조 장치에 있어서 챔버로의 가스 공급 시스템에 사용된다. 이하, 구체적으로 각 장치를 설명한다.

매스 플로우 컨트롤러(A1)는 도 2에 모식도를 나타내는 바와 같이, 가스 유로(1; 본 발명의 「유로」의 일례)와, 그 가스 유로(1) 내를 흐르는 시료 가스(G; 본 발명의 「시료 유체」의 일례)의 유량을 검지하는 유량 센서부(2; 본 발명의 「센서부」의 일례)와, 그 유량 센서부(2)의 예를 들어 하류측에 마련한 유량 제어 밸브(3; 본 발명의 「컨트롤 밸브」의 일례)와, 유량 설정 신호에 기초하는 유량 설정값 및 상기 유량 센서부(2)로부터 출력되는 유량 검지 신호의 값인 유량 검지값에 기초하여 산출된 유량 측정값을 비교 연산하고, 이 연산 결과에 기초하여 유량 제어 밸브(3)를 제어하는 제어부(4a; 도 3 참조)를 구비한 처리부(4)를 구비하여 이루어지는 것이다. 이하, 각 부를 구체적으로 설명한다. 또한, 매스 플로우 컨트롤러는 매스 플로우 미터에 추가로 제어 기구를 부가한 것이므로, 매스 플로우 컨트롤러에서 양쪽을 아울러 설명하고, 매스 플로우 미터 단독으로의 설명은 생략한다.

도 2에 나타내는 바와 같이 가스 유로(1)는 상류단을 도입 포트(11), 하류단을 도출 포트(12)로서 각각 개구함으로써, 도 1에 나타내는 바와 같이 예를 들어 도입 포트(11)에는 외부 배관을 통하여 공압 밸브 FV, 압력 레귤레이터 PR 및 가스 펌프 B가 접속되고, 도출 포트(12)에는 외부 배관을 통하여, 반도체 제조 등을 위한 챔버(도시하지 않은)가 접속되어 있다. 그리고 본 실시 형태에서는 도 2에 나타내는 바와 같이, 이 가스 유로(1)가, 도입 포트(11)와 도출 포트(12)의 사이에서, 2개로 분류한 후 합류하는 가스 분류로(1a, 1b)를 갖도록 구성하고 있다. 이 중, 가스 분류로(1a)에는 후술하는 감열 센서(21)를 장착하는 한편, 가스 분류로(1b)는 층류 소자(層流素子; 1b1)를 배치한 바이패스로서 사용하도록 하고 있다.

유량 센서부(2)는 자세한 것은 도시하지 않지만, 예를 들어 가스 유로(1)에 마련된 한 쌍의 감열 센서(21; 서멀 센서)를 구비한 것이다. 이 유량 센서부(2)에서는 시료 가스(G)의 순시(瞬時) 유량이 이 감열 센서(21)에 의해 전기 신호로서 검출되고, 내부 전기 회로(브릿지 회로(22), 증폭 회로(23), 보정 회로(24))에 의해 그 전기 신호가 증폭 등이 되어, 검출 유량에 따른 유량 측정 신호(이하, 센서 출력이라고도 함)로서 출력된다.

유량 제어 밸브(3)는 역시 자세한 것은 도시하지 않지만, 예를 들어 그 밸브 개도(開度)를 피에조 소자 등으로 이루어지는 액츄에이터에 의해 변화시킬 수 있도록 구성한 것으로서, 외부로부터의 전기 신호인 개도 제어 신호가 주어지는 것에 의해 상기 액츄에이터를 구동하고, 그 개도 제어 신호의 값에 따른 밸브 개도에 조정하여 시료 가스(G)의 유량을 제어하는 것이다.

처리부(4)는 도시하지 않은 CPU나 메모리, A/D 변환기, D/A 변환기 등을 가진 디지털 내지 아날로그 전기 회로, 지령 장치(A2)와 통신하기 위한 통신 인터페이스 등에서 구성된 것으로, 전용의 것이어도 되고, 일부 또는 전부에 PC 등의 범용 컴퓨터를 사용하도록 한 것이어도 된다. 또, CPU를 사용하지 않고, 아날로그 회로만으로 상기 각 부로서의 기능을 완수하도록 구성해도 되고, 물리적으로 일체일 필요는 없으며, 유선 내지 무선에 의해서로 접속된 복수의 기기로 이루어진 것이어도 된다. 또, 하드웨어는 지령 장치(A2)와 공통의 것이어도 된다.

그리고 상기 메모리에 소정의 프로그램을 격납하고, 그 프로그램에 따라서 CPU나 그 주변 기기를 협동 동작시키는 것에 의해, 이 처리부(4)가, 도 3에 나타내는 바와 같이, 제어부(4a), 기기차 보정 파라미터 및 유량 특성 함수를 기억하는 MFC측 기억부(4b), 설정부(4c), 유량 산출부(4d) 및 개도 제어 신호 출력부(4e) 등으로서의 기

능을 적어도 발휘하도록 구성하고 있다.

설정부(4c)는 CPU 및 통신 인터페이스를 포함하여 구성되고, 지령 장치(A2)로부터 송신되는 시료 유체마다 결정되는 유량 특성 함수 K(유량 특성 결정 함수(유량 특성 곡선)의 각 계수(a_{gas}~f_{gas})와 당해 유량 특성 결정 함수에 대응하여 정해지는 시료 유체의 폴스케일 유량(FS_{gas})을 포함하여 구성됨)를 수신하고, 상기 메모리의 소정 영역에 설정된 MFC측 기억부(4b)로 격납한다. 또, 설정부(4c)는 동일 기억부(4b)에 기억되어 있는 기기차 보정 파라미터 α (자세한 것은 후술함)를 독출함과 아울러, 제어 장치(A2)에 있어서 지정을 접수한 측정(유량 제어)해야 할 시료 유체에 따라서, 동일 기억부(4b)로부터 유량 특성 함수 K를 독출한다. 그리고 설정부(4c)는 이들로부터 유량 산출부(4d)에 있어서 사용하는 유량 산출식을 설정한다. 즉, 기준 유체로서의 기준 가스 N₂의 유량을 산출하기 위한 유량 산출식(다음 식 P1)이 이미 설정되어 있는 경우, 설정부(4c)는 측정 대상으로 하여 지정된 시료 유체(시료 가스(G))에 따른 유량 특성 함수 K의 부분만을 변경하여, 시료 가스(G)의 유량을 산출하기 위한 유량 산출식(다음 식 P2)을 생성한다.

$$\text{Flow} = f_{N_2}(x) \times \text{FS}_{N_2} \times \alpha \quad \dots (P1)$$

여기서, f_{N₂}(x)는 f_{N₂}(x)=a_{N₂}×x⁵+b_{N₂}×x⁴+c_{N₂}×x³+d_{N₂}×x²+e_{N₂}×x+f_{N₂}로 주어지고, a_{N₂}는 N₂의 유량 특성 곡선의 5차 항의 계수, b_{N₂}는 N₂의 유량 특성 곡선의 4차 항의 계수, c_{N₂}는 N₂의 유량 특성 곡선의 3차 항의 계수, d_{N₂}는 N₂의 유량 특성 곡선의 2차 항의 계수, e_{N₂}는 N₂의 유량 특성 곡선의 1차 항의 계수, f_{N₂}는 N₂의 유량 특성 곡선의 0차 항의 계수, FS_{N₂}는 N₂의 FS(기준 가스 N₂의 유량 특성 곡선에 있어서 폴스케일 유량), α는 기기차 보정 파라미터인 계수(복수의 시료 가스에 대해 공통의 계수), x는 센서 출력을 나타낸다.

$$\text{Flow} = f_{\text{gas}}(x) \times \text{FS}_{\text{gas}} \times \alpha \quad \dots (P2)$$

여기서, f_{gas}(x)는 f_{gas}(x)=a_{gas}×x⁵+b_{gas}×x⁴+c_{gas}×x³+d_{gas}×x²+e_{gas}×x+f_{gas}로 주어지고, a_{gas}는 시료 가스(G)의 유량 특성 곡선 GC의 5차 항의 계수, b_{gas}는 시료 가스(G)의 유량 특성 곡선 GC의 4차 항의 계수, c_{gas}는 시료 가스(G)의 유량 특성 곡선 GC의 3차 항의 계수, d_{gas}는 시료 가스(G)의 유량 특성 곡선 GC의 2차 항의 계수, e_{gas}는 시료 가스(G)의 유량 특성 곡선 GC의 1차 항의 계수, f_{gas}는 시료 가스(G)의 유량 특성 곡선 GC의 0차 항의 계수, FS_{gas}는 시료 가스(G)의 FS(시료 가스(G)의 유량 특성 곡선에 있어서 폴스케일 유량), α는 기기차 보정 파라미터인 계수, x는 센서 출력을 나타낸다.

MFC측 기억부(4b)는 후술한 바와 같이 하여, 예를 들어 공장 출하 전에 설정한 기기차 보정 계수 α를 기억하는 것으로서, 상기 메모리의 소정 영역에 형성되어 있다. 또, MFC측 기억부(4b)는 상기 설정부(4c)에서 적시에 접수한 여러 가지 시료 가스(G)의 유량 특성 함수 K를 추가적으로 기억할 수도 있다.

유량 산출부(4d)는 유량 검지 신호(센서 출력)와 상기 설정부에서 생성된 유량 산출식(P2)을 수신한다. 그리고 유량 검지 신호의 값인 유량 검지값과 유량 산출식(P2)에 기초하여, 가스 유로(1)를 흐르는 시료 가스(G)의 유량을 산출한다. 유량 산출부(4d)는 이 산출한 유량인 유량 측정값을, 제어부(4a) 및 지령 장치(A2)의 표시 장치(105; 도 4 참조) 또는 매스 플로우 컨트롤러에 마련된 표시부(도시 생략)로 송신한다.

제어부(4a)는 상기 유량 산출부(4d)로부터 수신한 유량 측정값과 유량 설정 신호가 나타내는 유량 설정값을 취득하여 그 유량 측정값과 유량 설정값의 편차 ε을 산출하는 편차 산출부(4a1)와, 그 편차 ε에 적어도 비례 연산(바람직하게는 PID 연산)을 실시하여 유량 제어 밸브(3)로의 피드백 제어값을 산출하는 제어값 산출부(4a2)를 구비한 것이다.

개도 제어 신호 출력부(4e)는 상기 피드백 제어값에 기초하는 값을 갖는 개도 제어 신호를 생성하고, 그 개도 제어 신호를 유량 제어 밸브(3)에 대해 출력하는 것이다.

지령 장치(A2)는 예를 들어 반도체 제조 장치에 마련되고, PC 등과 같이 일반적인 정보 처리 기능을 갖는 것으로서, 도 4에 나타내는 바와 같이, CPU(101), 내부 메모리(102), HDD 등의 외부 기억 장치(103), 마우스나 키보드 등의 입력 장치(104), 액정 디스플레이 등의 표시 장치(105), 매스 플로우 컨트롤러(A1)와 통신하기 위한 통

신 인터페이스(106) 등을 구비하고 있다. 그리고 도 3에 나타내는 바와 같이, 이 지령 장치(A2)가, 예를 들어 내부 메모리(102)에 기억하고 있는 프로그램에 따라서, CPU(101)나 그 주변 기기를 협동 동작시키는 것에 의해, 기억부(A21; 유량 특성 함수 기억부의 일례), 접수부(A22; 유량 특성 함수 접수부의 일례), 및 송신부(A23)로서의 기능을 적어도 발휘하도록 구성되어 있다. 또한, 도 3에서는 지령 장치(A2)와 매스 플로우 컨트롤러(A1)가 1대 1로 대응하게 되어 있지만, 통신 인터페이스(106)를 포함하여 구성되는 송신부를 통하여, 하나의 지령 장치(A2)에 대해, 복수의 매스 플로우 컨트롤러(A1)가 상호 통신 가능하게 마련될 수 있다.

기억부(A21)는 시료 유체의 종류마다 규정되는 복수의 유량 특성 함수 K를 데이터베이스화하여 기억하는 것으로서, 예를 들어 내부 메모리(102)나 외부 기억 장치(103)의 소정 영역에 형성되어 있다. 또한, 이 지령 장치(A2)에 있어서 기억부(A21)에는 하나의 유량 특성 함수 K를 기억하고, 추가로 그것과 통신 가능한 호스트 컴퓨터(도시하지 않은)를 마련하여 복수의 유량 특성 함수 K를 기억한 데이터베이스를 구축할 수도 있다.

접수부(A22)는 입력 장치(104)를 통하여, 측정해야 할 유체의 지정이나, 유량 설정값이나, 측정해야 할 시료 유체의 종류를 새롭게 추가하는 경우에 있어서는 당해 시료 유체에 대응하는 고유의 유량 특성 함수 K 등을 접수한다. 그리고 이들 파라미터를 상기 기억부(A21)로 격납한다.

송신부(A23)는 상기 접수부(A22)로 수신하고, 기억부(A21)에 격납한 유량 특성 함수 K 등의 여러 가지 파라미터를 독출하고, 매스 플로우 컨트롤러(A1)에 대해 소정의 타이밍으로 송신한다. 이것은 통신 인터페이스(106)를 포함하여 구성되어 있다.

여기서, 도 5에 기초하여 유량 특성 함수 K에 대해 보충 설명한다. 유량 특성 함수 K는 상술한 각 계수($a_{gas} \sim f_{gas}$)를 갖는 유량 특성 결정 함수 GC(유량 특성 곡선)와 당해 유량 특성 결정 함수에 대응하여 정해지는 시료 유체의 폴스케일 유량 FP(FS_{gas})를 포함하여 구성된다. 유량 특성 곡선은 예를 들어 기준이 되는 하나 또는 복수의 매스 플로우 미터를 준비하고, 각각의 실(實)가스 등의 실유체(측정 대상이 될 유체)를 실제로 흘려서 취득되고, 센서 출력과 유량값의 관계를 나타내는 근사식에 상당한다. 그리고 유량 특성 곡선이 정해지면, 이에 따라서 소정의 허용 오차 범위내에서 측정 가능한, 예를 들어 최대 유량이 폴스케일 유량값으로서 규정된다. 유량 특성 함수 K(유량 특성 곡선 및 폴스케일 유량도 포함)는 시료 유체가 다르면 다른 것이 될 수 있지만, 유량 센서부(2)나 분류로(1a, 1b) 및 충류 소자 등의 매스 플로우 미터의 하드웨어 구성이 실질적으로 동일한 것이면 공통으로 사용될 수 있는 것이다. 즉, 이 유량 특성 함수 K는 동일 구성(동일 중)의 매스 플로우 미터에 대해 범용성이 있는 함수로서 규정된다.

기차 보정 계수 α 는 예를 들어 출하 전에, 매스 플로우 컨트롤러(A1)마다, 이하에 나타내는 순서로 그 값을 설정하고, 각 매스 플로우 컨트롤러(A1)의 MFC측 기억부(4b)에 각각 기억하도록 하고 있다.

순서 1: 우선, 설정부(4c)가, MFC측 기억부(4b)로부터, 측정해야 할 시료 유체로서 N_2 등의 불활성 가스를 사용하여, 대응하는 유량 특성 함수 K를 독출하여 설정한다.

순서 2: 그리고 독출한 유량 특성 함수 K를 사용하여, 매스 플로우 컨트롤러(A1)에 N_2 를 실제로 흘려서, 도 5에 나타내는 폴스케일 포인트 FP(●표)에 있어서 가스 유량을 측정한다.

순서 3: 순서 1, 2를, 복수(그 중의 1대는 기준이 되는 매스 플로우 컨트롤러를 포함) 매스 플로우 컨트롤러(A1)에 대해 행하고, 각 매스 플로우 컨트롤러(A1) 사이에서의 기기차(유량 오차)를 구하고, 이를 보상하는 기기차 보정 파라미터를 설정한다.

이와 같이, 상기 시료 가스(G)로서 불활성 가스 등의 기준 유체를 채용하여, 특히 폴스케일 포인트의 1점에서만 교정하고, 비중·점성·비열 등의 물리적 성질이 근사하는 복수 종의 시료 가스(G)에도 적용할 수 있는 기기차 보정 파라미터를 규정하는 것만으로 되기 때문에, 실제의 반도체 프로세스의 현장에서 용이하게 시료 가스(G)를 다른 것으로 변경할 수 있다.

다음에 상기 구성의 매스 플로우 컨트롤러(A1)의 작동에 대해 제어부(4)를 중심으로 도 6의 플로차트를 참조하여 설명한다. 도 6에 나타내는 바와 같이, 시료 가스(G)에 변경이 있으면(단계 S101), 설정부(4c)는 시료 가스(G)의 변경을 수신하고, 당해 시료 가스(G)와 대응하는 유량 특성 함수 K와 변경 전의 기기차 보정 파라미터 α 와 동일한 것으로 구성되는 유량 산출식(P2)을 설정한다(단계 S102). 즉 설정부(4c)는 유량 특성 함수만을, MFC측 기억부(4b)로부터 독출한, 변경 후의 시료 가스(G)에 대응하는 새로운 유량 특성 함수 K로 치환한다.

그리고 유량 센서부(2)로부터 유량 측정 신호가 출력되면(단계 S103), 유량 산출부(4d)가, 유량 산출식(P2)에 기초하여, 가스 유로(1)를 흐르는 시료 가스(G)의 유량을 산출한다(단계 S104). 또한, 시료 가스(G)에 변경이 없으면, 유량 산출부(4d)는 이미 설정되어 있는 유량 산출식에 기초하여 유량 산출을 행할 수 있다. 이러한 산출된 유량은 유량 측정값으로서 외부 출력(표시)에 제공된다.

상술한 바 까지가 매스 플로우 센서에 의한 작동이 되지만, 매스 플로우 컨트롤러(A1) 및 이들을 포함한 매스 플로우 컨트롤러 시스템(A)에서는 추가로, 제어부(4a)에서의 편차 산출부(4a1)가, 유량 산출부(4d)에서 산출된 시료 가스(G)의 유량을 나타내는 유량 산출 신호와, 지령 장치(A2)로부터 출력되고 있는 유량 설정 신호를 수신하면(단계 S105), 수신한 유량 산출 신호의 값인 유량 측정값과 상기 유량 설정 신호의 값인 유량 설정값과의 차, 즉 편차 ε 을 산출한다(단계 S106).

그리고 제어값 산출부(4a2)가, 그 편차에 예를 들어 PID 연산을 실시하여 유량 제어 밸브(3)로의 피드백 제어값을 산출한다(단계 S107).

다음에, 개도 제어 신호 출력부(4e)가, 그 피드백 제어값에 기초하여 개도 제어 신호를 생성하고(단계 S108), 그 개도 제어 신호를 유량 제어 밸브(3)에 출력하고, 그 밸브 개도를 바꾸어 유량 제어를 행한다(단계 S109).

따라서, 이와 같은 매스 플로우 미터나 매스 플로우 컨트롤러(A1)를 사용한 매스 플로우 컨트롤러 시스템(A)에 의하면, 기기차 보정 파라미터 α 가, 유량 특성 함수 K(가스 특성 곡선 결정 계수와 폴스케일 계수)에 대해 독립하여 취급될 수 있기 때문에, 제어 대상이 되는 가스종의 설정 변경이 있는 경우에도, 유량 특성 함수 K의 변경에 의해 오퍼레이터의 번잡함 없이 용이하게, 정밀도의 좋은 유체 제어를 실현할 수 있다.

또, 유량 특성 함수를 구성하는 유량 특성 곡선으로서 5차 다항식과 같은 고차의 다항식을 채용하고 있기 때문에, 바람직하게 근사시키면서, 폴스케일 레인지를 크게 취할 수 있고, 센서 출력의 레인지를 그 최대측에서 넓게 하여 정밀도 좋게 유량 측정을 행할 수 있다. 그 결과, 고정밀도로 유체 제어를 실현할 수 있는 뛰어난 매스 플로우 컨트롤러(A1) 및 매스 플로우 컨트롤러 시스템(A)을 제공할 수 있다.

상기 기기차 보정 파라미터 α 는 질소 가스 등의 편리성이 높은 불활성 가스를 기준 가스로 하고, 그 기준 가스에 의해 폴스케일 포인트 FP를 측정하여 구할 수 있는 것이며, 또 다른 시료 가스(G)에 대해서도 범용적으로 적용할 수 있는 것이기 때문에, 시료 가스(프로세스 가스)의 설정 변경이 있어도, 사용 현장에서 가스 변경에 기인하는 교정 작업을 행할 필요도 없다.

지령 장치(A2) 등의 매스 플로우 컨트롤러(A1)보다 상위인 컴퓨터에, 다종의 유량 특성 함수를 포함한 데이터베이스를 마련하고 있으므로, 시료 가스의 설정 변경을 행하는 경우, 거기로부터 대응하는 유량 특성 함수를 송신하여, 시료 가스에 대한 범용성이 높은 당해 상기 기기차 보정 파라미터 α 와 조합함으로써, 사용 현장에서도 용이하게 측정 대상 가스의 변경을 행할 수 있다. 그 결과, 각각의 매스 플로우 컨트롤러 등의 시료 유체에 대한 범용성을 극히 높일 수 있다.

또한, 본 발명은 상기 실시 형태에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어 지령 장치(A2)에, 시료 유체 접수부로서의 접수부(A22) 및 유량 특성 함수 K를 데이터베이스화한 기억부(A21)를 마련한 예를 나타내고 있지만, 이들을 매스 플로우 컨트롤러(A1)에 마련하는 등으로 하여, 이 매스 플로우 컨트롤러(A1)를 독립적으로 사용할 수도 있다.

유량 특성 곡선을 5차 다항식으로 하고 있지만, 유량 특성을 결정하는 함수는 4차 이하 또는 6차 이상의 다항식이어도 되고, 또 다항식으로 구성되는 것에 한정되는 것은 아니다.

또, 기준 유체로서의 기준 가스는 질소 가스에 한정되지 않는다. 예를 들어 기준 가스로서 다른 불활성 가스 등을 사용할 수도 있다. 유체로서는 액체 등도 상정할 수 있다.

그 외, 각 부의 구체적 구성에 대해서도 상기 실시 형태에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에서 여러 가지 변형이 가능하다.

부호의 설명

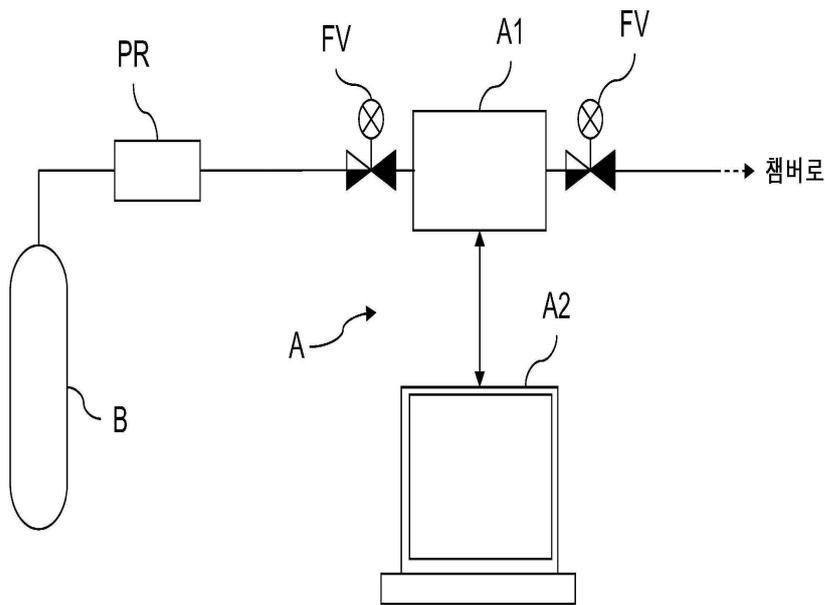
1...가스 유로(유로)

2...유량 센서부(센서부)

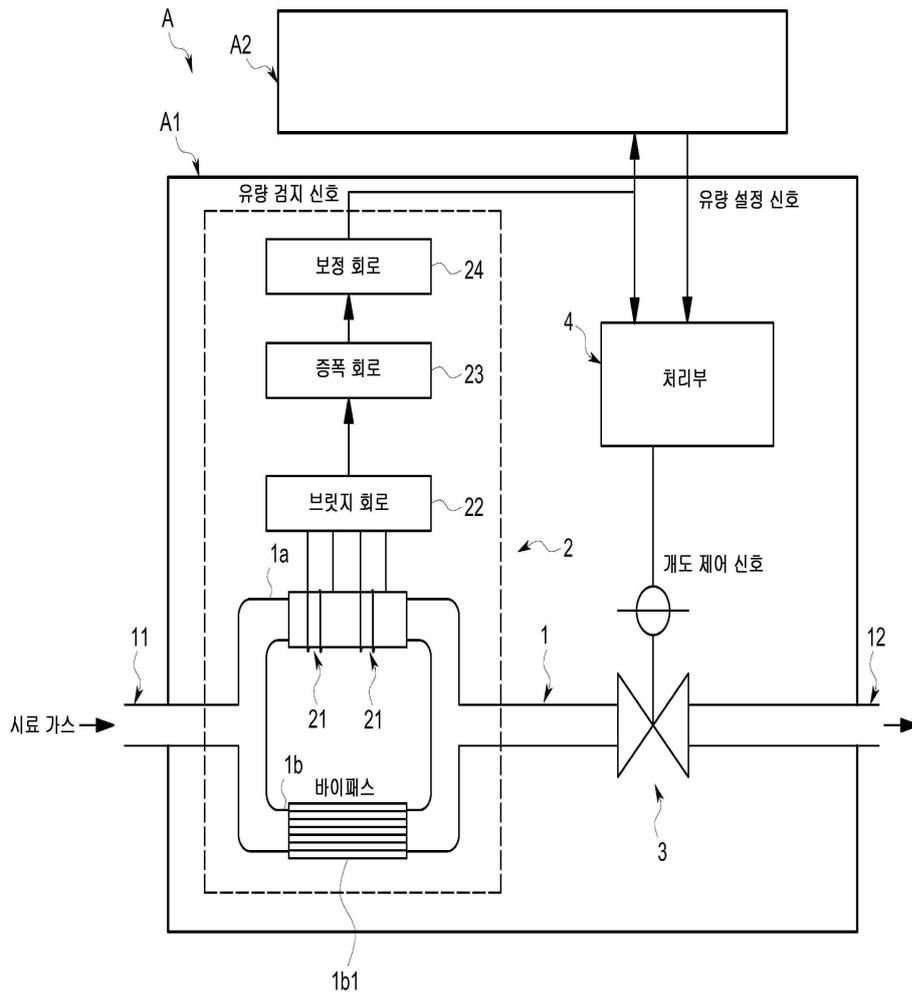
- 3 . . . 유량 제어 밸브(컨트롤 밸브)
- 4a . . . 제어부
- 4c . . . 설정부
- 4d . . . 유량 산출부
- A . . . 매스 플로우 컨트롤러 시스템
- A1 . . . 매스 플로우 컨트롤러
- A21 . . . 기억부
- A22 . . . 접수부(시료 유체 접수부)
- G . . . 시료 가스(시료 유체)
- K . . . 유량 특성 함수
- α . . . 기차 보정 파라미터

도면

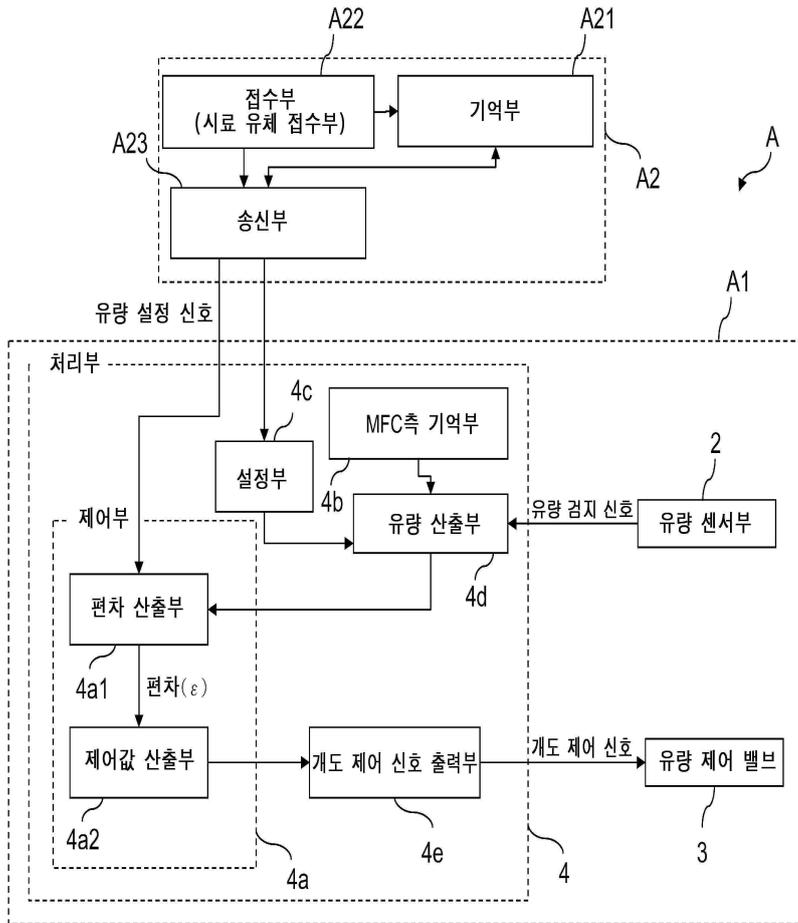
도면1



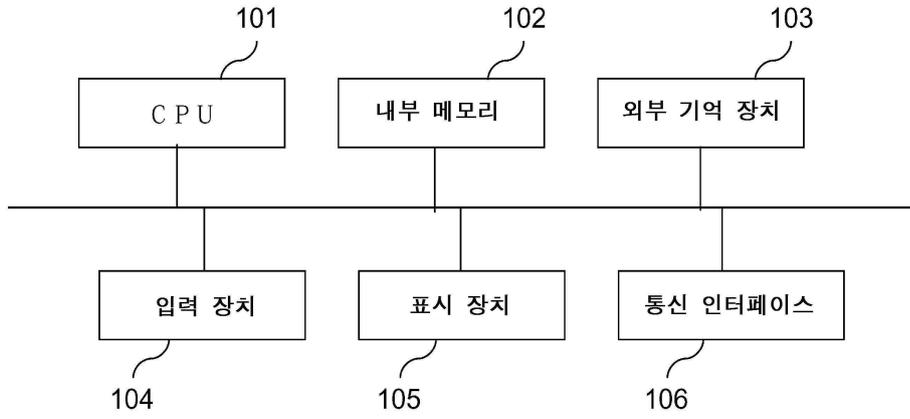
도면2



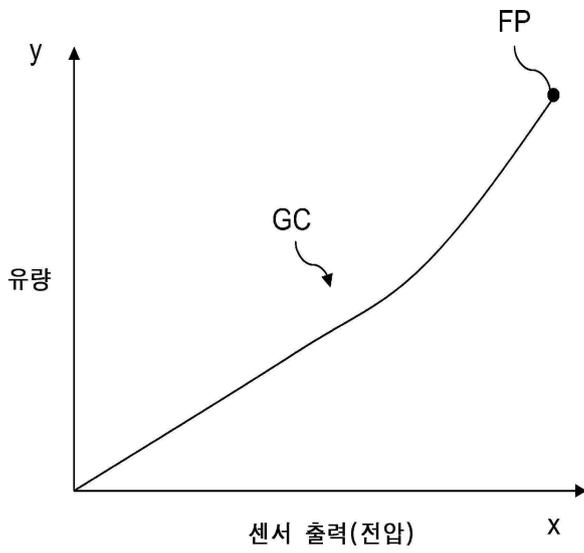
도면3



도면4



도면5



도면6

