(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0122779
(43) 공개일자 2024년08월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F16K 1/36 (2006.01) *F16K 1/42* (2006.01)
F16K 27/02 (2006.01) *F16K 31/02* (2006.01)
F16K 37/00 (2006.01) *F16K 7/12* (2006.01)
(52) CPC특허분류
F16K 1/36 (2013.01)
F16K 1/42 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7020580
(22) 출원일자(국제) 2022년10월20일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년06월20일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/039109
(87) 국제공개번호 WO 2023/119828
국제공개일자 2023년06월29일
(30) 우선권주장
JP-P-2021-210178 2021년12월24일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시키가이샤 호리바 에스텍
일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코타테 쵸 11반지 5
(72) 발명자
샤쿠도 가즈야
일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코타테 쵸 11반지 5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내
하야시 시게유키
일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코타테 쵸 11반지 5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내
나가사와 마사유키
일본 교토후 교토시 미나미쿠 가미토바 호코타테 쵸 11반지 5 가부시키가이샤 호리바 에스텍 내
(74) 대리인
특허법인태평양

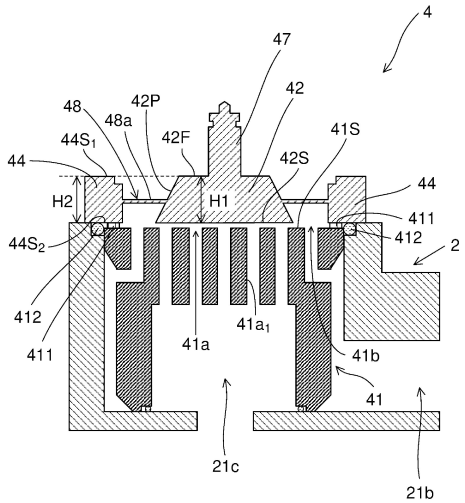
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **유량 제어 밸브, 유량 제어 밸브의 제조 방법 및 유량 제어 장치**

(57) 요 약

유량 제어 밸브(4)는 밸브 시트부(41)와, 밸브체(42)와, 구동부(43)와, 다이어프램부(48)를 매개로 하여 밸브체를 지지하는 지지체(44)를 구비한다. 밸브체는, 착좌면(42S)에 대해서 밸브 시트면(41S)과는 반대측에 위치하는 대향면(42F)과, 착좌면과 대향면을 연결하는 둘레면(42P)을 더 가진다. 다이어프램부는, 밸브체의 둘레면과, 대향면보다도 착좌면측의 위치에서 연결된다. 지지체는, 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면($44S_1$)과, 제1 면보다도 밸브 시트부측에 위치하는 제2 면($44S_2$)을 가진다. 다이어프램부가 무변형 상태로 되었을 때에, 대향면과 제1 면은, 동일 면 상에 위치한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
F16K 27/0236 (2013.01)
F16K 31/02 (2013.01)
F16K 37/005 (2013.01)
F16K 7/12 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와,

상기 밸브 시트면에 대해서 접리되는 착좌면을 가지는 밸브체와,

상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와,

다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고,

상기 밸브체는,

상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과,

상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며,

상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면보다도 상기 착좌면측의 위치에서 연결되고,

상기 지지체는,

상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과,

상기 제1 면보다도 상기 밸브 시트부측에 위치하는 제2 면을 가지며,

상기 다이어프램부가 무변형 상태로 되었을 때에, 상기 대향면과 상기 제1 면은, 동일 면 상에 위치하는 유량 제어 밸브.

청구항 2

밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와,

상기 밸브 시트면에 대해서 접리되는 착좌면을 가지는 밸브체와,

상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와,

다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고,

상기 밸브체는,

상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과,

상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며,

상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면보다도 상기 착좌면측의 위치에서 연결되고,

상기 지지체는,

상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과,

상기 제1 면보다도 상기 밸브 시트부측에 위치하는 제2 면을 가지며,

상기 대향면과 상기 착좌면의 거리로 규정되는 상기 밸브체의 높이와, 상기 제1 면과 상기 제2 면과의 사이의 거리로 규정되는 상기 지지체의 높이는 동일한 유량 제어 밸브.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 밸브체의 상기 착좌면은, 상기 다이어프램부의 상기 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과는 반대측에 위치하고,

상기 지지체의 상기 제2 면은, 상기 다이어프램부의 상기 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 제1 면과는 반대

측에 위치하는 유량 제어 밸브.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 기재된 유량 제어 밸브의 제조 방법으로서,

랩 정반에 대해, 연마재를 매개로 하여, 상기 밸브체의 상기 착좌면을 대고 누르는 것에 의해, 상기 착좌면을 연마하는 연마 공정을 포함하고,

상기 연마 공정에서는, 상기 랩 정반에 대해, 상기 밸브체의 상기 대향면과 상기 지지체의 상기 제1 면을 동일 평면으로 동시에 내리누른 상태에서 상기 착좌면을 연마하는, 유량 제어 밸브의 제조 방법.

청구항 5

밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와,

상기 밸브 시트면에 대해서 접리되는 착좌면을 가지는 밸브체와,

상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와,

다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고,

상기 밸브체는,

상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과,

상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며,

상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면과 상기 착좌면측과의 사이의 위치에서 연결되고,

상기 지지체는,

상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과,

상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 제1 면과는 반대측에 위치하는 제2 면을 가지며,

상기 다이어프램부의 상기 접리 방향의 두께를 T로 했을 때,

상기 다이어프램부는 상기 착좌면으로부터 상기 접리 방향으로 4T 이상 떨어져 위치하는 유량 제어 밸브.

청구항 6

밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와,

상기 밸브 시트면에 대해서 접리되는 착좌면을 가지는 밸브체와,

상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와,

다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고,

상기 밸브체는,

상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과,

상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며,

상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면과 상기 착좌면측과의 사이의 위치에서 연결되고,

상기 지지체는,

상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과,

상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 제1 면과는 반대측에 위치하는 제2 면을 가지며,

상기 착좌면의 외경은, 상기 다이어프램부의 내경보다도 큰 유량 제어 밸브.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 밸브 시트면은 상기 착좌면이 상기 밸브 시트면에 착좌되었을 때에 막히는 적어도 1개의 개구를 가지며,

상기 적어도 1개의 개구는, 유체의 유입측의 유로와 연통되고,

상기 밸브 시트면에 있어서, 상기 적어도 1개의 개구를 포함하는 원의 직경의 최소값을, 밸브 시트 지름으로 했을 때,

상기 밸브 시트 지름은 상기 착좌면의 외경보다도 작고, 또한, 상기 다이어프램부의 내경보다도 큰 유량 제어 밸브.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 3 및 청구항 5 내지 청구항 7 중 어느 한 항에 기재된 유량 제어 밸브와,

유체의 유량을 검지하는 유량 검지 기구와,

상기 유량 검지 기구의 검지 결과에 기초하여, 상기 유량 제어 밸브의 상기 구동부를 구동하는 구동 제어부를 구비하는 유량 제어 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유량 제어 밸브와, 유량 제어 밸브의 제조 방법과, 상기 유량 제어 밸브를 구비한 유량 제어 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래, 매스 플로우 컨트롤러 등의 유량 제어 장치가 여러 가지 제안되어 있다(예를 들면 특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허공개 제2010-230159호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 예를 들어, 유량 제어 장치에서는, 액추에이터를 구비한 유량 제어 밸브에 의해, 가스 등의 유체의 유량이 제어된다. 즉, 액추에이터를 구동하여, 밸브체의 착좌면(着座面)을 밸브 시트부의 밸브 시트면에 대해서 이간(離間)시키면, 밸브 시트면에 마련된 개구를 거쳐 유체가 흐른다. 한편, 밸브 시트면에 대해서 착좌면을 착좌시키면, 밸브 시트면에 마련된 개구가 착좌면에 의해서 막히기 때문에, 상기 개구를 거쳐 유체가 흐르지 않게 된다.

[0005] 착좌면의 착좌시에는, 유체의 유량을 제로로 하기 위해(또는 제로에 근접시키기 위해), 밸브 시트면과 착좌면과의 사이의 씰성이 중요하게 된다. 종래의 유량 제어 밸브에 대해서는, 씰성 향상의 관점에서 개선의 여지가 있다.

[0006] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위해서 이루어진 것으로, 그 목적은, 밸브 시트면과 착좌면과의 사이의 씰성을 향상시킬 수 있는 유량 제어 밸브와, 상기 유량 제어 밸브의 제조 방법과, 상기 유량 제어 밸브를 구비한 유량 제어 장치를 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따른 유량 제어 밸브는, 밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와, 상기 밸브 시트면에 대해서

접리(接離)되는 착좌면을 가지는 밸브체와, 상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와, 다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고, 상기 밸브체는, 상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과, 상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며, 상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면보다도 상기 착좌면측의 위치에서 연결되고, 상기 지지체는, 상기 다이어프램부의 막면(膜面)의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과, 상기 제1 면보다도 상기 밸브 시트부측에 위치하는 제2 면을 가지며, 상기 다이어프램부가 무(無)변형 상태로 되었을 때에, 상기 대향면과 상기 제1 면은, 동일 면 상에 위치한다.

[0008] 본 발명의 다른 측면에 따른 유량 제어 밸브는, 밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와, 상기 밸브 시트면에 대해서 접리되는 착좌면을 가지는 밸브체와, 상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와, 다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고, 상기 밸브체는, 상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과, 상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며, 상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면보다도 상기 착좌면측의 위치에서 연결되고, 상기 지지체는, 상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과, 상기 제1 면보다도 상기 밸브 시트부측에 위치하는 제2 면을 가지며, 상기 대향면과 상기 착좌면과의 사이의 거리로 규정되는 상기 밸브체의 높이와, 상기 제1 면과 상기 제2 면과의 사이의 거리로 규정되는 상기 지지체의 높이는, 동일하다.

[0009] 본 발명의 또 다른 측면에 따른, 상기한 유량 제어 밸브의 제조 방법은, 랩 정반(定盤)에 대해, 연마재를 매개로 하여, 상기 밸브체의 상기 착좌면을 대고 누르는 것에 의해, 상기 착좌면을 연마하는 연마 공정을 포함하고, 상기 연마 공정에서는, 상기 랩 정반에 대해, 상기 밸브체의 상기 대향면과 상기 지지체의 상기 제1 면을 동일 평면으로 동시에 내리누른 상태에서 상기 착좌면을 연마한다.

[0010] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 유량 제어 밸브는, 밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와, 상기 밸브 시트면에 대해서 접리되는 착좌면을 가지는 밸브체와, 상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와, 다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고, 상기 밸브체는, 상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과, 상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며, 상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면과 상기 착좌면측과의 사이의 위치에서 연결되고, 상기 지지체는, 상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과, 상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 제1 면과는 반대측에 위치하는 제2 면을 가지며, 상기 다이어프램부의 상기 접리 방향의 두께를 T로 했을 때, 상기 다이어프램부는 상기 착좌면으로부터 상기 접리 방향으로 4T 이상 떨어져 위치한다.

[0011] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 유량 제어 밸브는, 밸브 시트면을 가지는 밸브 시트부와, 상기 밸브 시트면에 대해서 접리되는 착좌면을 가지는 밸브체와, 상기 밸브 시트면에 대해서 상기 착좌면이 접리되는 접리 방향으로 상기 밸브체를 구동하는 구동부와, 다이어프램부를 매개로 하여, 상기 밸브체를 지지하는 지지체를 구비하고, 상기 밸브체는 상기 착좌면에 대해서 상기 밸브 시트면과는 반대측에 위치하는 대향면과, 상기 착좌면과 상기 대향면을 연결하는 둘레면을 더 가지며, 상기 다이어프램부는, 상기 밸브체의 상기 둘레면과, 상기 대향면과 상기 착좌면측과의 사이의 위치에서 연결되고, 상기 지지체는, 상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 대향면과 동일 측에 위치하는 제1 면과, 상기 다이어프램부의 막면의 위치를 기준으로 하여, 상기 제1 면과는 반대측에 위치하는 제2 면을 가지며, 상기 착좌면의 외경은, 상기 다이어프램부의 내경보다도 크다.

[0012] 본 발명의 또 다른 측면에 따른 유량 제어 장치는, 상술한 어느 유량 제어 밸브와, 유체의 유량을 검지하는 유량 검지 기구와, 상기 유량 검지 기구의 검지 결과에 기초하여, 상기 유량 제어 밸브의 상기 구동부를 구동하는 구동 제어부를 구비한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 의하면, 밸브 시트면과 착좌면과의 사이의 씰성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 실시의 일 형태에 따른 유량 제어 장치의 구성을 나타내는 설명도이다.

도 2는 상기 유량 제어 장치가 구비하는 유량 제어 밸브의 주요부를 확대하여 나타내는 단면도이다.

도 3은 비교예의 유량 제어 밸브의 개략의 구성을 나타내는 단면도이다.

도 4는 도 1 및 도 2의 유량 제어 밸브의 제조 공정을 모식적으로 나타내는 단면도이다.

도 5는 상기 유체 제어 밸브에서, 다이어프램부의 두께(T)와, 다이어프램부의 착좌면으로부터의 거리(A)와의 관계를 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 6은 상기 유량 제어 밸브의 다른 구성을 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 7은 A<4T인 조건으로 설계된 유량 제어 밸브에서의, 액추에이터로의 전압 인가시의 응력의 분포를 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 8은 A≥4T인 조건으로 설계된 유량 제어 밸브에서의, 액추에이터로의 전압 인가시의 응력의 분포를 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 9는 다이어프램부의 내경(L)과, 착좌면의 외경(M)과, 밸브 시트부의 밸브 시트 지름(N)과의 관계를 모식적으로 나타내는 설명도이다.

도 10은 상기 밸브 시트부의 평면도이다.

도 11은 통상의, 액추에이터로의 인가 전압과, 유체의 유량과의 관계를 모식적으로 나타내는 그래프이다.

도 12는 L<N를 만족할 때의, 상기 액추에이터로의 인가 전압과, 유체의 유량과의 관계를 모식적으로 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 본 발명의 예시적인 실시 형태에 대해서, 도면을 참조하면서 설명한다.

[0016] [1. 유량 제어 장치의 개요]

[0017] 도 1은 본 실시 형태의 유량 제어 장치(1)의 개략의 구성을 나타내는 설명도이다. 유량 제어 장치(1)는 예를 들면 매스 플로우 컨트롤러로 구성되어 있다. 매스 플로우 컨트롤러는, 예를 들면 반도체 제조 장치에 이용되고, 반도체의 제조 프로세스에서, 이용하는 가스 등의 유체의 유량을 제어하는 기기이다. 유량 제어 장치(1)는 본체부(2)와, 유량 검지 기구(3)와, 유량 제어 밸브(4)와, 구동 제어부(5)를 구비한다.

[0018] 본체부(2)는 내부에 유로부(21)를 가지는 블록이다. 상기 유체는 유로부(21)를 흐른다. 유로부(21)는 상류측에 위치하는 유입로(21a)와, 하류측에 위치하는 유출로(21b)와, 유입로(21a)와 유출로(21b)와의 사이에 위치하는 중간 유로(21c)를 가진다. 중간 유로(21c)에는, 후술하는 밸브 시트부(41)가 위치한다.

[0019] 유로부(21)(특히 유입로(21a))의 상류단에는, 상류측 포트(2A)가 위치한다. 상류측 포트(2A)는 외부 유입 배관(도시하지 않음)과 접속된다. 유로부(21)(특히 유출로(21b))의 하류단에는, 하류측 포트(2B)가 위치한다. 하류측 포트(2B)는 외부 유출 배관(도시하지 않음)과 접속된다.

[0020] 유입로(21a)는 바이패스부(21d)를 개재하여 중간 유로(21c)와 연결된다. 바이패스부(21d)에는, 입구측 유로(22a) 및 출구측 유로(22b)가 접속된다. 입구측 유로(22a) 및 출구측 유로(22b)는 각각, 유량 검지 기구(3)의 세관(細管)(31)의 일방의 단부 및 타방의 단부와 연결된다.

[0021] 따라서, 외부 유입 배관으로부터 상류측 포트(2A)를 거쳐 유입로(21a)로 유입된 유체는, 입구측 유로(22a)와, 바이패스부(21d)에 소정의 유량비로 분기하여 흐른다. 입구측 유로(22a)를 거쳐 유량 검지 기구(3)의 세관(31)을 흐른 유체는, 출구측 유로(22b)를 거쳐 바이패스부(21d)로 안내되고, 바이패스부(21d)를 흐르는 유체와 합류한다. 합류 후의 유체는, 바이패스부(21d)로부터 중간 유로(21c)를 향하여 흐른다.

[0022] 유량 검지 기구(3)는 유로부(21)(특히 유입로(21a))를 흐르는 유체의 유량을 검지한다. 본 실시 형태에서는, 유량 검지 기구(3)는 서멀 방식으로 유체의 유량을 검지하는 구성을 채용하고 있다. 즉, 유량 검지 기구(3)는 상기의 세관(31)과, 한 쌍의 발열 저항선(32 및 33)을 구비한다. 발열 저항선(32 및 33)은 세관(31)에 감겨지고, 각각 브리지 회로(도시하지 않음)와 접속된다. 발열 저항선(32 및 33)에 전류를 흘려, 발열 저항선(32 및 33)을 가열한 상태에서 세관(31) 내로 유체를 흘리면, 세관(31)의 상류측 및 하류측에, 유체의 질량 유량에 대응하는 온도차가 생긴다. 이 온도차를, 상기 브리지 회로를 이용하여 전기 신호로 변환하는 것에 의해, 유체의 질량 유량을 계측(검지)할 수 있다. 유체의 질량 유량을 계측하는, 상기 브리지 회로를 포함하는 연산부(CA)는, 예를

들면 후술하는 구동 제어부(5)에 포함되어도 된다.

[0023] 또한, 유량 검지 기구(3)는 서멀 방식 이외의 방식(예를 들면 압력식(차압식))으로 유체의 유량을 검지하는 구성이어도 된다.

[0024] 유량 제어 밸브(4)는 유로부(21)를 흐르는 유체의 유량을 제어하는 기구로서, 예를 들면 노멀 오픈 타입으로 구성된다. 이와 같은 유량 제어 밸브(4)는, 밸브 시트부(41)와, 밸브체(42)와, 액추에이터(43)와, 지지체(44)와, 누름 부재(45)와, 이동 규제 부재(46)를 가지고 구성된다.

[0025] 도 2는 유량 제어 밸브(4)의 주요부를 확대하여 나타내는 단면도이다. 유량 제어 밸브(4)의 밸브 시트부(41)는, 밸브 시트면(41S)을 가지는 블록이다. 밸브 시트면(41S)에는, 제1 개구(41a)와, 제2 개구(41b)가 형성되어 있다. 제1 개구(41a)는 유체의 유입로인 중간 유로(21c)와, 연통로($41a_1$)를 개재하여 연통된다. 제2 개구(41b)는 유출로(21b)와 연통된다. 또한, 본 실시 형태에서는, 제1 개구(41a)는 밸브 시트면(41S)에 복수 형성되어 있지만, 제1 개구(41a)의 개수는 1개여도 된다. 마찬가지로, 제2 개구(41b)는 밸브 시트면(41S)에 복수 형성되어 있지만, 제2 개구(41b)의 개수는 1개여도 된다.

[0026] 밸브체(42)는 플런저(47)를 매개로 하여 액추에이터(43)(특히, 피에조 스택(stack)(431), 도 1 참조)와 접촉하는 원뿔대 형상의 이동체이다. 밸브체(42)는 착좌면(42S)을 가진다. 착좌면(42S)은 밸브 시트부(41)의 밸브 시트면(41S)에 대해서 접리(접촉 또는 이간)되는 면이다.

[0027] 밸브체(42)는 대향면(42F)을 더 가진다. 대향면(42F)은 착좌면(42S)에 대해서 밸브 시트면(41S)과는 반대측에 위치한다. 특히, 본 실시 형태에서는, 대향면(42F)은, 다이어프램부(48)의 막면(48a)의 위치를 기준으로 하여, 착좌면(42S)과는 반대측에 위치한다. 바꿔 말하면, 상기한 착좌면(42S)은, 막면(48a)의 위치를 기준으로 하여 대향면(42F)과는 반대측에 위치한다. 따라서, 밸브 시트면(41S)에 대해서 착좌면(42S)이 접리되는 방향(이하, 접리 방향이라고도 칭함)에서, 다이어프램부(48)의 막면(48a)은, 착좌면(42S)과 대향면(42F)과의 사이에 위치한다.

[0028] 여기서, 다이어프램부(48)는 상기 접리 방향과 교차하는 방향으로 연장되는 링 모양의 박막이다. 상기한 다이어프램부(48)의 막면(48a)이란, 다이어프램부(48)의 막의 표면을 가리킨다. 밸브체(42)는, 상기한 바와 같이 원뿔대 형상이기 때문에, 착좌면(42S)은 대향면(42F)보다도 대경이다. 상기의 플런저(47)는 대향면(42F)의 중앙에서 밸브체(42)와 연결된다.

[0029] 밸브체(42)는 둘레면(42P)을 더 가진다. 둘레면(42P)은 밸브체(42)의 착좌면(42S)과 대향면(42F)을 연결하는 면이다. 즉, 둘레면(42P)은 착좌면(42S) 및 대향면(42F)과 만난다. 상기한 다이어프램부(48)는, 밸브체(42)의 둘레면(42P)과, 대향면(42F)보다도 착좌면(42S)측의 위치에서 연결된다. 특히, 다이어프램부(48)는 대향면(42F)과 착좌면(42S)과의 사이의 위치에서 둘레면(P)과 연결된다.

[0030] 액추에이터(43)는 상기 접리 방향으로 플런저(47)를 매개로 하여 밸브체(42)를 구동하는 구동부이다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 액추에이터(43)는 예를 들면 피에조 스택(431)을 구비한다. 피에조 스택(431)은 전압 인가에 의해서 팽창 변형되는 피에조 소자를 복수 매 적층하여 형성된다. 피에조 스택(431)은 수용체(432) 내에 수용되고, 밸브체(42)의 플런저(47)에 압압력(押壓力)을 준다.

[0031] 지지체(44)는 밸브체(42)의 주위에 위치하고, 다이어프램부(48)를 매개로 하여 밸브체(42)를 지지하는 프레임체이다. 지지체(44)는 제1 면($44S_1$)과, 제2 면($44S_2$)을 가진다. 제1 면($44S_1$)은, 다이어프램부(48)의 막면(48a)의 위치를 기준으로 하여, 대향면(42F)과 동일 측에 위치한다. 제2 면($44S_2$)은 제1 면($44S_1$)보다도 밸브 시트부(41)측에 위치한다. 특히, 본 실시 형태에서는, 제2 면($44S_2$)은, 다이어프램부(48)의 막면(48a)의 위치를 기준으로 하여, 제1 면($44S_1$)과는 반대측에 위치한다. 따라서, 다이어프램부(48)의 막면(48a)은, 상기 접리 방향에서, 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)과 제2 면($44S_2$)과의 사이에 위치한다. 또한, 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)은, 상기 접리 방향에서, 제2 면($44S_2$)으로부터 가장 떨어진 면으로 한다.

[0032] 제2 면($44S_2$)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에는, 심(411)이 마련되어 있다. 이것에 의해, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에, 심(411)의 두께에 따른 틈새가 형성된다. 상기한 지지체(44)는, O링(412)을 개재하여 본체부(2)의 상부에 마련된다.

[0033] 도 1에 나타내는 바와 같이, 누름 부재(45)는 지지체(44)를 본체부(2)로 누름과 아울러, 지지체(44)와의 사이에

서 이동 규제 부재(46)를 끼워 넣는 커버이다. 지지체(44)는 누름 부재(45)와 함께, 볼트 등의 체결 도구(49)를 이용하여 본체부(2)에 고정된다.

[0034] 이동 규제 부재(46)는 착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)으로부터 이간하는 방향(이하, 제1 방향이라고도 칭함)의 밸브체(42)의 이동을 규제하는 부재이며, 중앙에 관통공을 가진다. 상기 관통공에는, 플런저(47)이 삽통(挿通)된다. 밸브체(42)의 제1 방향으로의 이동시에, 밸브체(42)의 대향면(42F)이 이동 규제 부재(46)에 접촉하는 것에 의해, 밸브체(42)의 제1 방향으로의 이동이 규제된다.

[0035] 도 1에서, 액추에이터(43)의 피에조 스택(431)에서의 플런저(47)와의 접촉측의 면에는, 스프링 등의 제1 가압 부재(40a)의 일단이 고정되어 있다. 제1 가압 부재(40a)는 플런저(47)의 주위에 위치한다. 제1 가압 부재(40a)의 타단은, 이동 규제 부재(46)에 고정되어 있다.

[0036] 제1 가압 부재(40a)의 내측, 즉, 제1 가압 부재(40a)와 플런저(47)와의 사이에는, 스프링 등의 제2 가압 부재(40b)가 위치한다. 제2 가압 부재(40b)의 일단은, 플런저(47)에 브레이스를 매개로 하여 고정되어 있다. 제2 가압 부재(40b)의 타단은, 이동 규제 부재(46)에 고정되어 있다.

[0037] 상기의 구성에서, 피에조 스택(431)으로의 전압의 무인가 상태에서는, 밸브 개도, 즉, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 틈새가 소정값이 되도록 설정되어 있다. 또한, 밸브 개도가 소정값인 상태가, 유량 제어 밸브(4)의 전개 상태이다. 이 상태에서는, 도 1에서 나타낸 제2 가압 부재(40b)의 가압력에 의해, 플런저(47)와 함께 밸브체(42)가 제1 방향으로 들어 올려져 있다. 이와 같이, 지지체(44)에 대해서 상대적으로 밸브체(42)가 제1 방향으로 이동하고 있는 결과, 다이어프램부(48)는 지지체(44)와의 연결측보다도 밸브체(42)와의 연결측이 제1 방향으로 시트프되도록 변형되어 있다.

[0038] 피에조 스택(431)에 전압을 인가하면, 피에조 스택(431)이 신장(伸長)한다. 그러면, 피에조 스택(431)이 제1 가압 부재(40a) 및 제2 가압 부재(40b)의 가압력에 저항하여, 플런저(47)를 매개로 하여, 밸브체(42)를 제1 방향과는 반대 방향(이하, 제2 방향이라고도 칭함)으로 압압한다. 그리고, 최종적으로, 밸브체(42)의 착좌면(42S)이, 밸브 시트부(41)의 밸브 시트면(41S)에 착좌(접촉)된다. 착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)에 착좌된 상태에서는, 다이어프램부(48)는 밸브체(42)의 제2 방향으로의 이동에 의해서 끌어당겨져 변형된다. 이때, 다이어프램부(48)는, 밸브체(42)의 제2 방향으로의 이동에 수반하여, 예를 들면 (이상적으로는), 도 2에서 나타낸 무변형 상태를 거쳐, 지지체(44)와의 연결측보다도 밸브체(42)와의 연결측이 제2 방향으로 시트프되도록 변형된다.

[0039] 또한, 다이어프램부(48)의 무변형 상태에서는, 다이어프램부(48)의 막면(48a)이, 상기 접리 방향(밸브체(42)의 이동 방향)으로 수직인 면(예를 들면 밸브 시트면(41S))을 따라서 위치하는 상태로 되어 있다. 이 상태는, 플런저(47) 부착된 밸브체(42), 지지체(44), 다이어프램부(48)를 일체화하여 유량 제어 밸브(4)(유량 제어 장치(1))에 짜 넣기 전의 다이어프램부(48)의 상태와 동일하다.

[0040] 또한, 액추에이터(43)(피에조 스택(431))와 플런저(47)와는 한 점에서 접촉하고 있다. 또한, 제2 가압 부재(40b)에 의해서 플런저(47)를 매개로 하여 밸브체(42)에 부여되는 가압력은, 접리 방향을 중심축으로 했을 때의 둘레 방향에서 균등하지 않다. 이러한 것으로부터, 밸브체(42)의 접리 방향의 이동에 수반하여, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되지 않는 경우는 있을 수 있다. 즉, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되어야 할 전압을 액추에이터(43)에 인가했을 때라도, 다이어프램부(48)가 무변형 상태(수평 상태)로 되지 않고, 수평으로부터 기울어지는 경우는 있을 수 있다.

[0041] 이와 같이, 액추에이터(43)(특히 피에조 스택(431))의 구동에 의해, 밸브체(42)의 착좌면(42S)이, 밸브 시트부(41)의 밸브 시트면(41S)에 대해서 접리된다. 이것에 의해, 원하는 밸브 개도에 따른 전압(개도 제어 신호)을 액추에이터(43)에 주어 액추에이터(43)(피에조 스택(431))를 신장시키는 것에 의해, 개도 제어 신호의 값에 따른 밸브 개도를 실현하여, 중간 유로(21c)로부터 제1 개구(41a), 상기 틈새, 제2 개구(41b)를 거쳐 유출로(21b)로 흐르는 유체의 유량을 조정(제어)할 수 있다.

[0042] 구동 제어부(5)는, 유량 검지 기구(3)의 검지 결과(검지한 유량)에 기초하여, 유량 제어 밸브(4)의 액추에이터(43)에 상기의 개도 제어 신호를 주어, 액추에이터(43)를 구동한다. 이와 같은 구동 제어부(5)는, (1) 상기 브리지 회로의 출력 신호를 증폭하는 증폭 회로, (2) 증폭 회로의 출력 신호를 보정하여, 유량 제어 장치(1)의 외부로 출력하는 보정 회로, (3) 보정한 신호와, 외부로부터 입력되는 유량 설정 신호를 비교하는 비교 제어 회로, (4) 비교 제어 회로의 출력에 기초하여 액추에이터(43)의 구동 신호(개도 제어 신호)를 생성하는 구동 회로, 제어부(예를 들면 CPU) 등을 포함하여 구성된다. 구동 제어부(5)가 액추에이터(43)를 구동하는 것에 의해,

상술한 바와 같이 밸브 개도를 조정하여, 유로부(21)(특히 유출로(21b))를 흐르는 유체의 유량을, 미리 정한 설정 유량에 근접시킬 수 있다.

[0043] [2. 밸브체의 대향면과 지지체의 제1 면과의 위치 관계에 대해서]

[0044] 본 실시 형태에서는, 다이어프램부(48)가 무변형 상태(도 2의 상태)로 되었을 때에, 밸브체(42)의 대향면(42F)과 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)은, 동일 면 상에 위치한다.

[0045] 착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)에 착좌되었을 때, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성이 양호하게 확보되어 있지 않으면, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에서 유체의 누출이 발생한다. 그래서, 예를 들어 착좌면(42S)에 수지 코팅을 실시하는 것이, 씰성 확보 면에서 유효하다. 다만, 수지 코팅에 의해 형성된 박막의 표면에 요철이 있으면 씰성을 양호하게 확보할 수 없기 때문에, 박막의 표면에는 높은 평면도가 요구된다. 높은 평면도를 실현하기 위해서는, 박막의 표면을 연마(랩)하는 것이 필요하게 된다. 또한, 코팅용의 수지 재료로서는, 예를 들면 PFA(퍼플루오로 알콕시 알칸) 등의 불소 수지를 이용할 수 있다. 이하에서는, 착좌면(42S) 상에 코팅된 박막의 표면을, 밸브 시트면(41S)에 접촉하는 착좌면(42S)이라고 부른다.

[0046] 착좌면(42S)의 랩시에 밸브체(42)가 기울어지면, 밸브체(42)를 이용하여 유량 제어 장치(1)를 구성했을 때에, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 평행도를 확보하는 것이 어렵게 된다. 그 결과, 착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)에 밀착할 수 없어, 유체의 누출이 발생한다. 이와 같은 랩시의 밸브체(42)의 기울어짐은, 예를 들면 랩시에 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)만을 지지하는 것에 의해서 발생한다.

[0047] 도 3은 비교예의 유량 제어 밸브(4')의 개략의 구성을 나타내는 단면도이다. 비교예의 유량 제어 밸브(4')는, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되었을 때에, 밸브체(42)의 대향면(42F)과 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)이 접리 방향으로 시프트되어 위치하는 점에서, 본 실시 형태의 유량 제어 밸브(4)(도 1, 도 2 참조)와는 다르다. 보다 자세하게는, 비교예의 유량 제어 밸브(4')에서는, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되었을 때에, 밸브체(42)의 대향면(42F)이, 상기 접리 방향에서, 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)보다도 착좌면(42S)측에 위치한다.

[0048] 이와 같은 유량 제어 밸브(4')에서, 착좌면(42S)을 랩하는 경우, 단일 평면을 가지는 압압 부재로, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)을 동시에 압압할 수 없기 때문에, 예를 들어 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)만을 압압하여 착좌면(42S)을 랩하게 된다. 이 경우, 밸브체(42)가 지지되어 있지 않기 때문에, 랩시에 밸브체(42)가 불안정하게 되어, 밸브체(42)가 접리 방향에 대해서 각도 Θ로 기울어진다(이른바 심 어긋남이 발생한다).

[0049] 이것에 대해서, 본 실시 형태의 유량 제어 밸브(4)는, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되었을 때에, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)이 동일 면 상에 위치하는 구성이다. 이 구성에서는, 유량 제어 밸브(4)를 유량 제어 장치(1)에 짜 넣기 전의 착좌면(42S)의 랩시에, 이하의 수법을 채용할 수 있다. 도 4는 본 실시 형태의 유량 제어 밸브(4)의 제조 공정을 모식적으로 나타내는 단면도이다. 연마(랩) 공정에서는, 랩 정반(61)에 대해, 연마재(62)를 매개로 하여, 밸브체(42)의 착좌면(42S)을 대고 눌러, 랩 정반(61)을 밸브체(42)에 대해서 상대적으로 회전 또는 이동시키는 것에 의해, 착좌면(42S)을 연마한다. 이때, 랩 정반(61)에 대해, 밸브체(42)의 대향면(42F)과 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)을, 압압 부재(60)의 동일 평면(60a)으로 동시에 내리누른 상태에서, 착좌면(42S)을 연마한다.

[0050] 본 실시 형태의 유량 제어 밸브(4)의 구성에 의하면, 상기와 같이 착좌면(42S)을 랩하는 경우라도, 단일 압압 부재(60)로, 즉, 단일(공통) 평면(60a)을 가지는 압압 부재(60)로, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)을 동시에 압압하여 착좌면(42S)을 랩할 수 있다. 밸브체(42)의 대향면(42F)을 압압하는 것에 의해, 랩시에 밸브체(42)가 기울어지는 우려를 저감시킬 수 있다. 따라서, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 평행도를 양호하게 확보할 수 있다. 따라서, 착좌시에는, 착좌면(42S)을 밸브 시트면(41S)에 확실하게 밀착시켜, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성을 향상시킬 수 있다.

[0051] 특히, 랩 정반(61)에 대해, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)을, 압압 부재(60)의 동일 평면(60a)으로 동시에 내리누른 상태에서 착좌면(42S)을 연마하는 것에 의해, 심 어긋남의 발생을 확실하게 저감시킬 수 있다. 그 결과, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 양호한 평행도를 확실하게 실현하여, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성을 확실하게 향상시킬 수 있다.

[0052] 또한, 본 실시 형태에서는, 밸브체(42)의 착좌면(42S)이, 다이어프램부(48)의 막면(48a)의 위치를 기준으로 하

여, 대향면(42F)과는 반대측에 위치하고, 지지체(44)의 제2 면($44S_2$)이 막면(48a)의 위치를 기준으로 하여, 제1 면($44S_1$)과는 반대측에 위치한다. 즉, 다이어프램부(48)의 막면(48a)이, 상기 접리 방향에서, 밸브체(42)의 착좌면(42S)과 대향면(42F)과의 사이에 위치하고, 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)과 제2 면($44S_2$)과의 사이에 위치한다. 이 구성에서는, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)이 공간적으로 떨어져 비연속으로 되고, 또한, 착좌면(42S)과 제2 면($44S_2$)이 공간적으로 떨어져 비연속으로 된다. 이 때문에, 제1 면($44S_1$)만을 압압하여 착좌면(42S)을 랩했을 때에, 밸브체(42)가 매우 불안정하게 되기 쉬워, 상기한 심 어긋남이 발생하기 쉬워진다. 따라서, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)을 동일 면 상에 위치시키는 것에 의해서 씰성을 향상시킬 수 있는 본 실시 형태의 구성은, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)이 비연속이며, 또한, 착좌면(42S)과 제2 면($44S_2$)이 비연속인 경우에서 매우 유효하게 된다.

[0053] 또한, 착좌면(42S)과 제2 면($44S_2$)은, 다이어프램부(48)를 매개로 하여 연속되는 구성이어도 된다. 즉, 착좌면(42S), 제2 면($44S_2$), 다이어프램부(48)가 동일 면 상에 위치하는 구성이어도 된다. 이와 같은 구성이어도, 다이어프램부(48)의 변형이 해제된 상태에서, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)이 동일 면 상에 위치하는 구성을 채용할 수 있고, 이것에 의해서, 본 실시 형태와 마찬가지의 효과를 얻을 수 있다.

[0054] 또한, 도 4에서 나타낸 방법으로 착좌면(42S) 및 제2 면($44S_2$)을 동시에 랩하면, 대향면(42F)과 착좌면(42S)의 거리로 규정되는 밸브체(42)의 (접리 방향의) 높이(H1)와, 제1 면($44S_1$)과 제2 면($44S_2$)과의 사이의 거리로 규정되는 지지체(44)의 (접리 방향의) 높이(H2)는, 동일하게 된다(도 2 참조). 따라서, 밸브체(42)의 높이(H1)와 지지체(44)의 높이(H2)가 동일하면, 착좌시에는, 착좌면(42S)을 밸브 시트면(41S)에 확실하게 밀착시켜, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성을 향상시킬 수 있다고도 할 수 있다. 또한, 높이(H1) 및 높이(H2)는, 접리 방향과 수직인 방향에서 일정하게 한다.

[0055] 또한, 다이어프램부(48)가 무변형 상태일 때에, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)이 동일 면 상에 위치하는 구성에서, 밸브체(42)의 높이(H1)는 지지체(44)의 높이(H2)보다도 높아도 된다. 이 경우라도, 단일(공통)의 평면(60a)을 가지는 압압 부재(60)로, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)을 동시에 압압하여 착좌면(42S)을 랩하는 것은 가능하다. 또한, 이 경우, 착좌면(42S)을 기계 연마하고, 제2 면($44S_2$)을 손 연마하도록 해도 된다.

[0056] [3. 다이어프램부의 두께와 착좌면으로부터의 거리와의 관계에 대해서]

[0057] 도 5는, 상술한 유량 제어 밸브(4)에서, 다이어프램부(48)의 상기 접리 방향의 두께 T(㎜)와, 다이어프램부(48)의 착좌면(42S)으로부터의 거리 A(㎜)와의 관계를 모식적으로 나타내고 있다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 유량 제어 밸브(4)에서는, $A \geq 4T$를 만족하고 있다. 즉, 다이어프램부(48)는, 상기 접리 방향에서, 착좌면(42S)으로부터 4T 이상 떨어져 위치한다. 예를 들어, T=0.25㎜로 했을 경우, 거리 A는, 1㎜ 이상 확보되면 된다.

[0058] 또한, $A \geq 4T$인 조건은, 도 6에 나타내는 유량 제어 밸브(4)의 구성, 즉, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되었을 때에, 밸브체(42)의 대향면(42F)과 지지체(44)의 제1 면($44S_1$)이, 상기 접리 방향으로 시프트되어 위치하는 구성(동일 면 상에 위치하지 않는 구성)에도 적용 가능하다. 이와 같이 $A \geq 4T$를 만족하는 것에 의해서도, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성을 향상시킬 수 있다. 그 이유는, 이하와 같다.

[0059] 도 7은, $A < 4T$인 조건으로 설계된 유량 제어 밸브(4'')에서의, 액추에이터(43)(도 1 참조)로의 전압 인가시의 응력의 분포를 모식적으로 나타내고 있다(응력이 발생하고 있는 부분을 해칭으로 나타냄). 액추에이터(43)(도 1 참조)로의 전압 인가에 의해, 밸브체(42)가 제2 방향(착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)에 가까워지는 방향)으로 이동하기 시작하면, 다이어프램부(48)는 밸브체(42)에 의해서 끌어당겨져 변형된다. 이 때문에, 다이어프램부(48)에는 응력이 발생함과 아울러, 연결부(42N 및 44N)에도 응력이 발생한다. 또한, 연결부(42N)는 다이어프램부(48)와 밸브체(42)와의 연결부이며, 연결부(44N)는 다이어프램부(48)와 지지체(44)와의 연결부이다.

[0060] $A < 4T$인 조건에서는, 연결부(42N)와 착좌면(42S)이 가깝기 때문에, 다이어프램부(48) 및 연결부(42N)에서 발생한 응력이 착좌면(42S)으로 전달되기 쉬워진다. 그 결과, 착좌면(42S)이 상기 응력에 의해서 뒤틀린다. 즉, 착좌면(42S)의 평면도가 저하된다. 이 때문에, 착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)에 착좌되었을 때에, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성을 확보하는 것이 어렵게 되어, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에서 유체의 누출이 발생하기 쉬워진다.

[0061] 도 8은 A≥4T인 조건으로 설계된 유량 제어 밸브(4)에서의, 액추에이터(43)로의 전압 인가시의 응력의 분포를 모식적으로 나타내고 있다. A≥4T인 조건에서는, 접리 방향에서 다이어프램부(48)가 착좌면(42S)으로부터 충분히 떨어져 있기 때문에, 다이어프램부(48) 및 연결부(42N)에서 발생한 응력이 착좌면(42S)으로 전달되기 어렵게 된다. 이 점은, 도 8에서, 연결부(42N)에서 발생한 응력을 나타내는 해칭이 착좌면(42S)까지 이르고 있지 않은 것으로부터 분명하다. 이것에 의해, 착좌면(42S)이 상기 응력에 의해서 뒤틀리는 것을 저감시킬 수 있어, 착좌면(42S)의 평면도를 확보할 수 있다. 따라서, 착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)에 착좌되었을 때의, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성을 향상시켜, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에서의 유체의 누출을 저감시키는 것이 가능하게 된다.

[0062] 또한, 밸브체(42), 지지체(44), 다이어프램부(48)의 소재 및 기계적 특성, 다이어프램부(48)의 크기(막면(48a)의 면적) 등에 의해, 연결부(42N)로부터 착좌면(42S)으로 전달되는 응력의 크기 및 응력의 전달 방향은 변화한다. 그러나, 이러한 점을 고려했다고 해도, 구조 해석의 결과, A≥4T인 조건에서는, 착좌면(42S)이 상기 응력에 의해서 뒤틀리는 것을 저감시켜, 착좌면(42S)의 평면도를 확보할 수 있는 것을 알았다.

[0063] 또한, 다이어프램부(48)는, 상기 접리 방향에서, 대향면(42F)으로부터 4T 이상 (착좌면(42S)측으로) 떨어져 위치하고 있어도 된다. 즉, 다이어프램부(48)는, 상기 접리 방향에서, 착좌면(42S)으로부터 (대향면(42F)측으로) 4T만큼 떨어진 위치와, 대향면(42F)으로부터 (착좌면(42S)측으로) 4T만큼 떨어진 위치와의 사이의 범위에 위치하고 있어도 된다.

[0064] [4. 다이어프램부의 내경과 밸브 시트 지름과의 관계에 대해서]

[0065] 도 9는 본 실시 형태의 유량 제어 밸브(4)에서의 링 모양의 다이어프램부(48)의 내경(L)(㎜)과, 밸브체(42)의 착좌면(42S)의 외경(M)(㎜)과, 밸브 시트부(41)의 밸브 시트 지름(N)(㎜)과의 관계를 모식적으로 나타내고 있다. 또한, 밸브 시트 지름(N)은, 이하의 정의대로 한다.

[0066] 도 10은 밸브 시트부(41)의 평면도이다. 밸브 시트부(41)의 밸브 시트면(41S)에서, 착좌면(42S)이 밸브 시트면(41S)에 착좌되었을 때에 막히는, 적어도 1개의 개구를 포함하는 원(C)의 직경의 최소값을, 밸브 시트 지름(N)(오리피스 지름)으로 한다. 여기서, 상기 개구란, 밸브 시트면(41S)이 가지는 제1 개구(41a) 및 제2 개구(41b) 중, 유체의 유입측의 유로가 되는 중간 유로(21c)(도 9 참조)와 연통되는 제1 개구(41a)를 가리킨다. 따라서, 본 실시 형태와 같이, 밸브 시트면(41S)에 복수의 제1 개구(42a)가 형성되어 있는 경우, 밸브 시트 지름(N)은 복수의 제1 개구(42a)를 포함하는 원(C)의 직경의 최소값이 된다. 한편, 밸브 시트면(41S)에 제1 개구(42a)가 1개만 형성되어 있는 경우, 밸브 시트 지름(N)은 1개의 제1 개구(42a)를 포함하는 원(C)의 직경의 최소값, 즉, 1개의 제1 개구(42a)의 원의 직경이 된다.

[0067] 본 실시 형태에서는, 도 9에 나타내는 바와 같이, 밸브체(42)의 착좌면(42S)의 외경(M)은, 다이어프램부(48)의 내경(L)보다도 크다(M>L). 이것에 의해, 내경(L)을 일정하게 하여, 밸브 시트 지름(N)을 내경(L)보다도 크게 확보할 수 있다(N>L). 바꿔 말하면, 밸브 시트 지름(N)을, 다이어프램부(48)의 내경(L)보다도 크고, 또한, 착좌면(42S)의 외경(M)보다도 작은 값으로 설정할 수 있다(L<N<M의 관계를 실현할 수 있음). 이와 같이 밸브 시트 지름(N)을 크게 확보하는 것에 의해, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이의 씰성을 향상시킬 수 있다. 그 상세한 이유는, 이하와 같다.

[0068] 또한, M>L인 조건은, 유량 제어 밸브(4)의 도 6의 구성, 즉, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되었을 때에, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)이 접리 방향으로 시프트되어 위치하는 구성에도 적용 가능하다.

[0069] M>L에 의해서 밸브 시트 지름(N)을 크게 하는 것에 의해, 접리 방향에서의 밸브체(42)의 약간의 이동량으로, 제1 개구(41a)를 거쳐 흐르는 유체의 유량으로 하여, 소정의 유량을 확보할 수 있다. 즉, 밸브체(42)의 접리 방향의 이동량을 일정하게 했을 때, 밸브 시트면(41S)의 제1 개구(41a)를 거쳐 흐르는 유체의 유량을 증대시킬 수 있다. 이것에 의해, 예를 들면, 유체의 온도가 상승했을 경우라도, 폐쇄 개시 전압을 고정한 채로 할 수 있다. 또한, 폐쇄 개시 전압이란, 착좌면(42S)을 밸브 시트면(41S)에 착좌시켜, 밸브 시트면(41S)의 제1 개구(41a)를 거쳐 흐르는 유체의 유량을 제로로 하기 위해(또는 제로에 근접시키기 위해) 필요한, 액추에이터(43)로의 인가 전압을 가리킨다.

[0070] 도 11은 액추에이터(43)로의 인가 전압과, 제1 개구(41a)를 거쳐 흐르는 유체의 유량과의 관계를 모식적으로 나타내는 그래프이다. 여기서, 액추에이터(43)로의 인가 전압이 0V(밸브 개도는 최대)일 때에, 유량 V0(cc)의 유체가 제1 개구(41a)를 거쳐 흐르는 것으로 한다. 폐쇄 개시 전압(Ec)은, 액추에이터(43)(특히 피에조 소자)의 파괴를 방지하는 관점에서, 액추에이터(43)에 인가할 수 있는 최대 전압보다도 작은 전압(예를 들면 90V)으로

고정값으로서 설정된다.

[0071] 상온(예를 들면 25℃)일 때에, 전압-유량의 관계가 도 11의 파선으로 나타내는 특성인 것으로 한다. 유체의 온도가 상승하면(예를 들면 60℃로 상승하면), 파선으로 나타내는 특성은 전체적으로 시프트되어, 실선으로 나타내는 특성이 된다. 실선의 특성에서는, 폐쇄 개시 전압(Ec)을 인가해도, 유체가 흐르고 있는 것을 나타내고 있다. 이것은, 유체의 온도 상승에 의해, 열팽창의 영향으로 피에조 소자가 수축함과 아울러, 금속제의 수용체(432)가 팽창하여, 고정값인 폐쇄 개시 전압(Ec)을 인가해도, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에 틈새가 생기기 때문이다. 이 경우, 유체의 유량을 제로로 하기 위해서는, 폐쇄 개시 전압(Ec)을 보다 고전압의 값으로 변경할 필요가 있다.

[0072] 본 실시 형태와 같이, M>L에 의해서 밸브 시트 지름(N)을 증대시켜, 밸브 시트면(41S)의 제1 개구(41a)를 거쳐 흐르는 유체의 유량을 증대시키는 것에 의해, 도 11의 특성을 도 12와 같이 변경할 수 있다. 도 12는 M>L에 의해서 밸브 시트 지름(N)을 증대시켰을 때의, 액추에이터(43)로의 인가 전압과, 제1 개구(41a)를 거쳐 흐르는 유체의 유량과의 관계를 모식적으로 나타내는 그래프이다.

[0073] 밸브 시트 지름(N)의 증대에 의해서 유체의 유량이 증대되는 것에 의해, 상온(예를 들면 25℃)일 때의, 전압-유량의 관계를 나타내는 특성을, 도 12의 파선으로 나타내는 특성으로 할 수 있다. 즉, 도 11의 특성에서, 유량 V1을 실현하기 위해서 필요한 액추에이터(43)로의 인가 전압이 E1(V)이었다고 하면, 도 12의 특성에서는, 동일 유량 V1을 실현하기 위해서 필요한 액추에이터(43)로의 인가 전압을, E1보다도 작은 E2(V)로 할 수 있다. 이것에 의해, 유체의 온도가 (예를 들면 60℃로) 상승하여, 파선으로 나타내는 특성이 전체적으로 시프트되어 실선으로 나타내는 특성이 되었다고 해도, 폐쇄 개시 전압(Ec)을 인가하여, 유체의 유량을 제로에 근접시킬 수 있다. 즉, 폐쇄 개시 전압(Ec)을 고전압으로 변경하지 않아도, 유량을 제로에 근접시킬 수 있다.

[0074] 이와 같이, 밸브 시트 지름(N)을 증대시키면, 유체의 온도가 상승했을 경우라도, 폐쇄 개시 전압(Ec)을 증대시키지 않고, 밸브체(42)의 착좌면(42S)을 밸브 시트면(41S)에 착좌시켜 제1 개구(41a)를 막을 수 있다(유량을 제로에 근접시킬 수 있다). 따라서, 유체의 온도가 상승했을 경우라도, 폐쇄 개시 전압(Ec)의 인가에 의해, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에서의 유체의 누출을 저감시킬 수 있어, 착좌면(42S)과 밸브 시트면(41S)과의 사이에서의 씰성을 향상시킬 수 있다.

[0075] 또한, 종래는, 도 7에서 나타내는 바와 같이, 다이어프램부(48)와 밸브체(42)와의 연결부(42N)에 강도를 갖게 함과 아울러, 다이어프램부(48)와 지지체(44)와의 연결부(44N)에 강도를 갖게 하기 위해, 연결부(42N 및 44N)를 두껍게 할 필요가 있었다. 도 9에 나타내는 바와 같이, 다이어프램부(48)를 착좌면(42S)으로부터 제1 방향으로 시프트하여 위치시킨 것에 의해, M>L인 구성을 용이하게 실현하는 것이 가능하게 되어, 상기의 효과를 얻을 수 있다.

[0076] 또한, N<M인 관계에 의해, 액추에이터(43)로의 전압 인가에 의해서 밸브체(42)의 착좌면(42S)을 밸브 시트면(41S)에 착좌시켰을 때에, 밸브 시트면(41S)에 형성된 모든 제1 개구(41a)를 착좌면(42S)으로 막을 수 있다. 이것에 의해, 유체의 유량을 제로에 근접시킬 수 있다(궁극적으로는 제로로 할 수 있다).

[0077] 이상, 상술한 본 실시 형태의 유량 제어 밸브(4)를 유량 제어 장치(1)(도 1 참조)가 구비하고 있는 것에 의해, 밸브 시트면(41S)과 착좌면(42S)과의 사이의 씰성을 향상시킨 유량 제어 장치(1)를 실현할 수 있다.

[0078] [5. 그 외]

[0079] 본 실시 형태에서는, 노멀 오픈 타입의 유량 제어 밸브(4)에 대해 설명했지만, 본 실시 형태의 구성 및 조건은, 노멀 클로우즈 타입의 유량 제어 밸브에도 적용 가능하다.

[0080] 본 실시 형태에서 설명한 구성 및 조건을 적절히 조합하여, 유량 제어 밸브(4)를 구성하는 것도 물론 가능하다. 예를 들어, (1) 도 2에서 나타낸 바와 같이, 다이어프램부(48)가 무변형 상태로 되었을 때에, 대향면(42F)과 제1 면($44S_1$)이 동일 면 상에 위치하는 구성, 또는, 밸브체(42)의 높이(H1)와 지지체(44)의 높이(H2)가 동일한 구성, (2) 도 5에서 나타낸 바와 같이, 다이어프램부(48)는 착좌면(42S)으로부터 접리 방향으로 4T 이상 떨어져 위치하는 구성, (3) 도 9에 나타내는 바와 같이, 착좌면(42S)의 외경(M)은, 다이어프램부(48)의 내경(L)보다도 큰 구성 중 적어도 2개를 조합하여, 유량 제어 밸브(4)를 구성하는 것도 물론 가능하다.

[0081] 본 실시 형태에서 설명한 유량 제어 밸브(4)의 구성은, 유체의 유량을 제어하는 유량 제어 장치(1)뿐만 아니라, 유체의 압력을 제어하는 압력 제어 장치에 적용하는 것도 가능하다.

[0082] 이상, 본 발명의 실시 형태에 대해 설명했지만, 본 발명의 범위는 이것으로 한정되는 것은 아니며, 발명의 주된 취지를 벗어나지 않는 범위에서 확장 또는 변경하여 실시할 수 있다.

산업상 이용가능성

[0083] 본 발명은 예를 들면 매스 플로우 컨트롤러 등의 유량 제어 장치에 이용 가능하다.

부호의 설명

[0084] 1 : 유량 제어 장치 3 : 유량 검지 기구

4 : 유량 제어 밸브 5 : 구동 제어부

21c : 중간 유로(유입측의 유로) 41 : 밸브 시트부

41a : 제1 개구 41S : 밸브 시트면

42 : 밸브체 42F : 대향면

42P : 둘레면 42S : 착좌면

43 : 액추에이터(구동부) 44 : 지지체

$44S_1$: 제1 면 $44S_2$: 제2 면

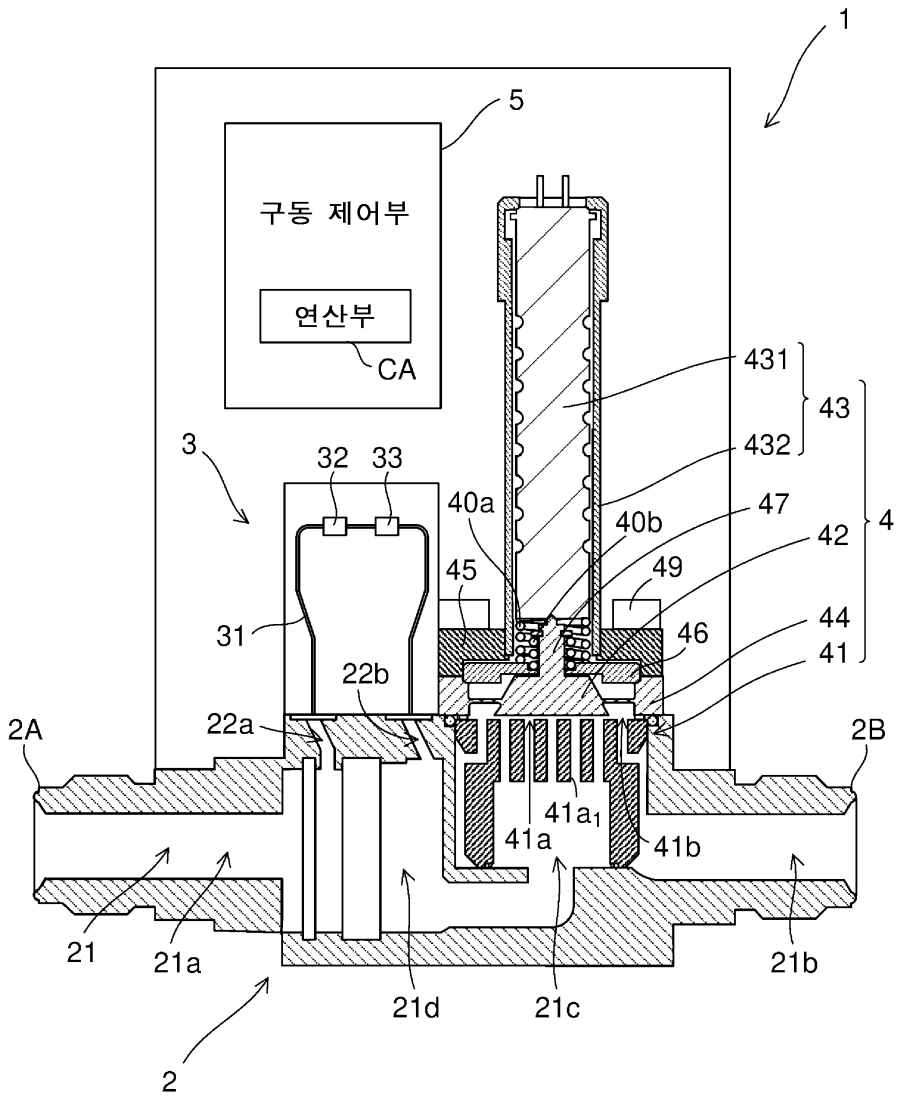
48 : 다이어프램부 48a : 막면

60a : 평면 61 : 랩 정반

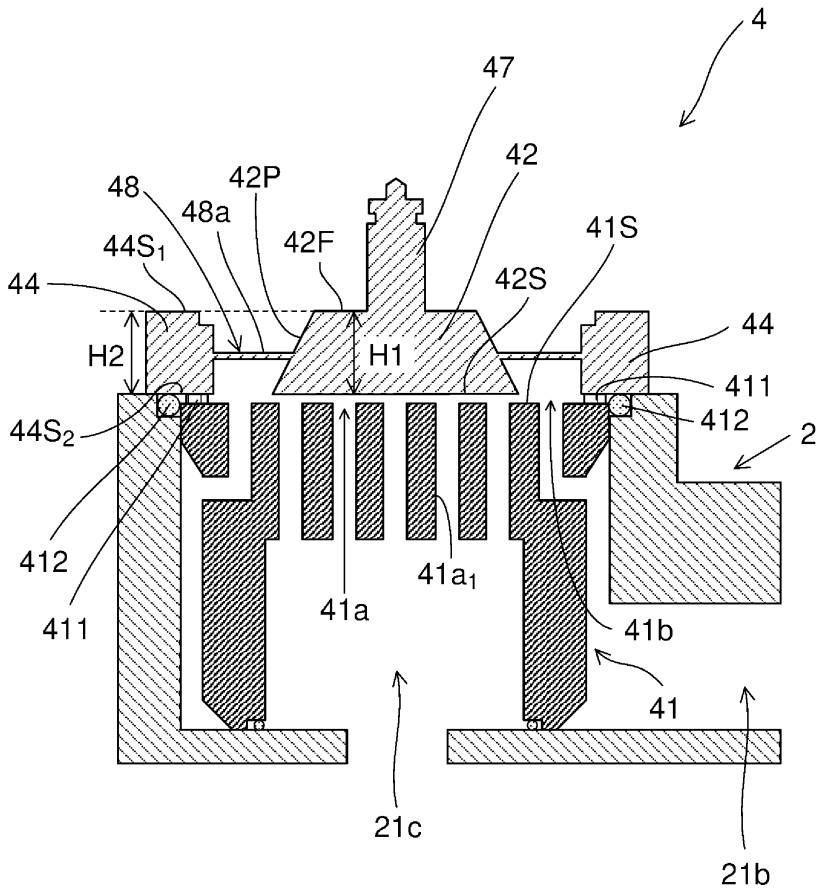
62 : 연마재

도면

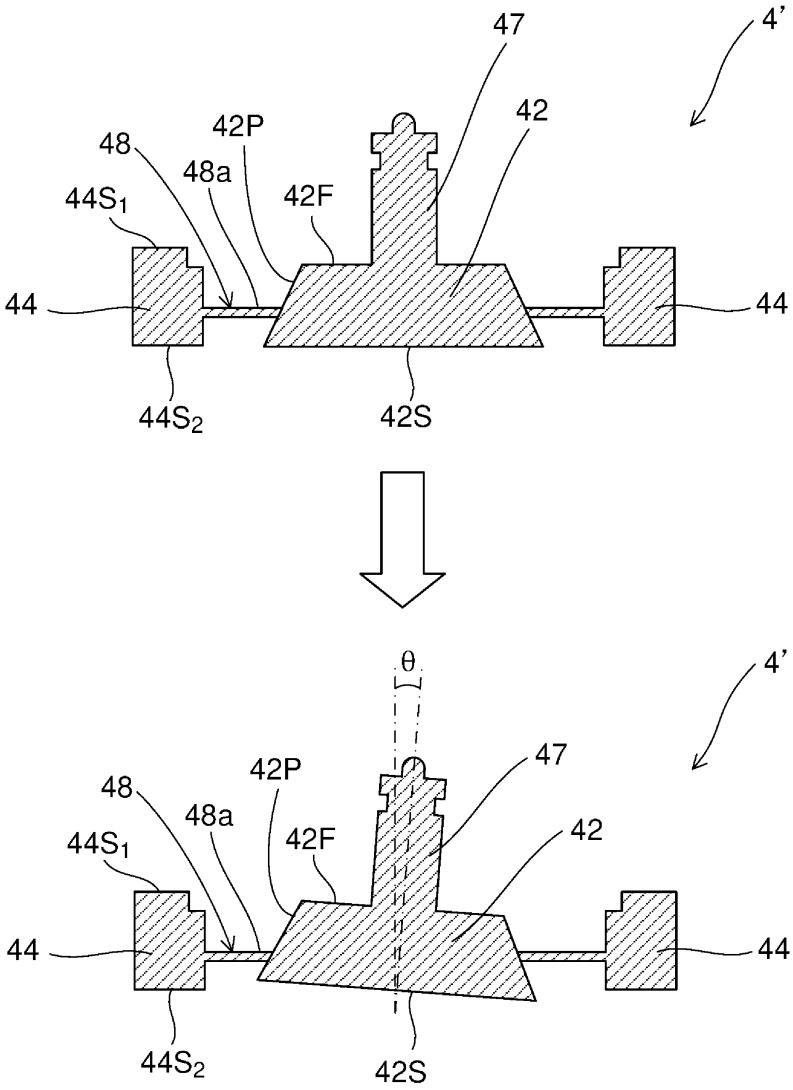
도면1


1
5
구동 제어부
연산부
CA
3
32
33
40a
40b
47
42
49
45
46
44
41
4
431
43
432
31
22b
22a
2A
2B
41a
41a1
41b
21
21a
21d
21c
21b
2

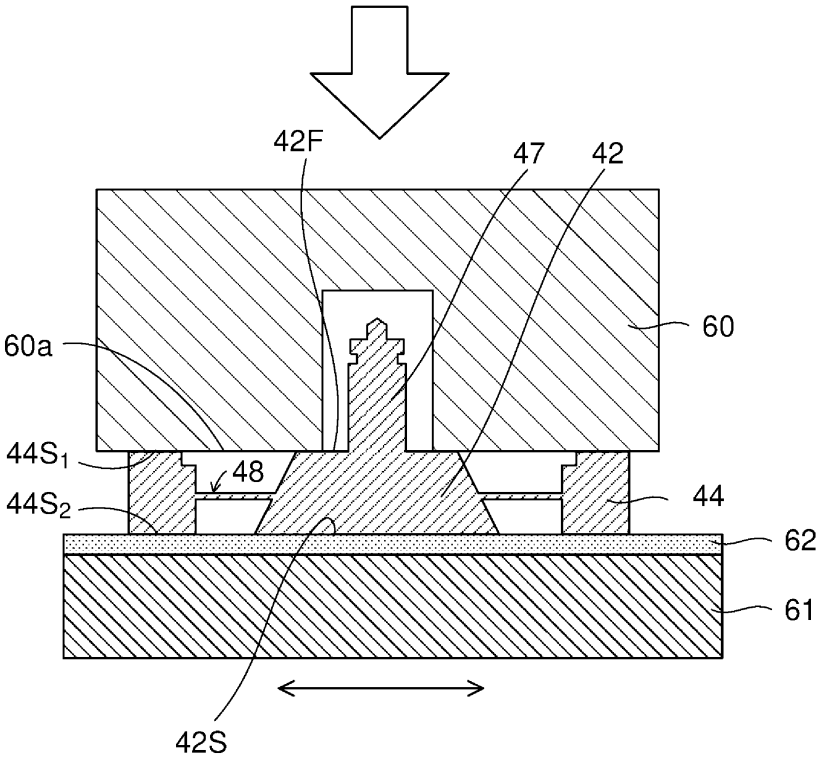
도면2


4
47
42
42P
48
48a
44S1
42F
41S
44
42S
44
H2
H1
411
412
2
44S2
412
41a1
411
41a
41b
41
21c
21b

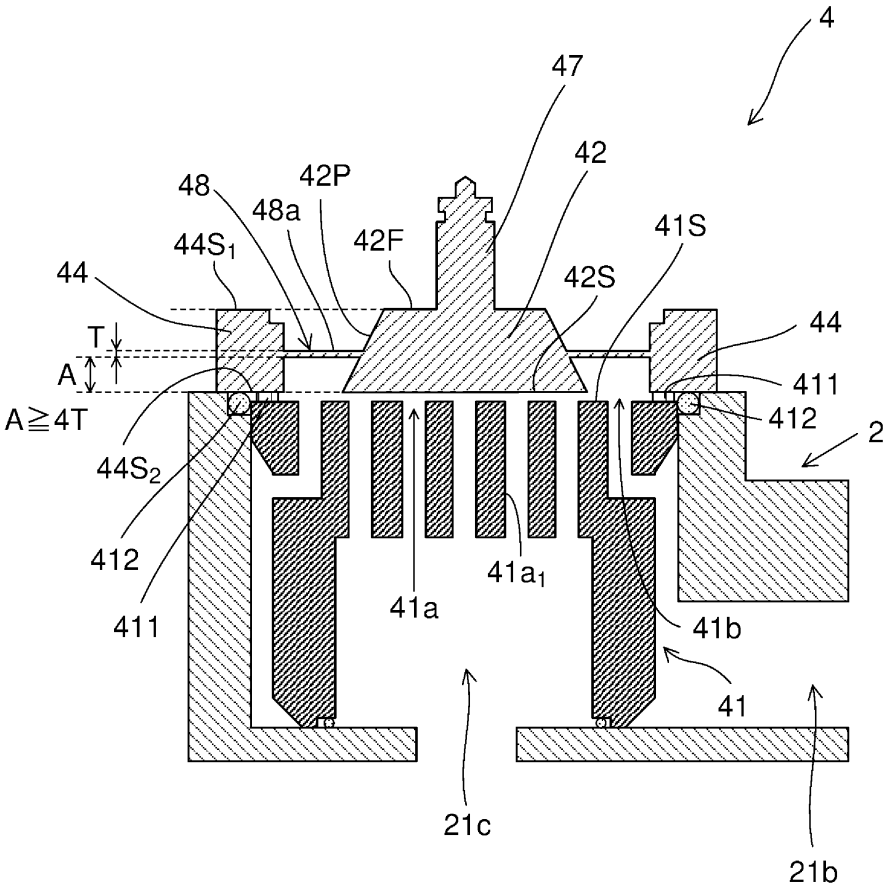
도면3


47
4'
42
42P
48
48a
42F
44S1
44
44
44S2
42S
θ
4'
47
42P
48
48a
42F
42
44S1
44
44
44S2
42S

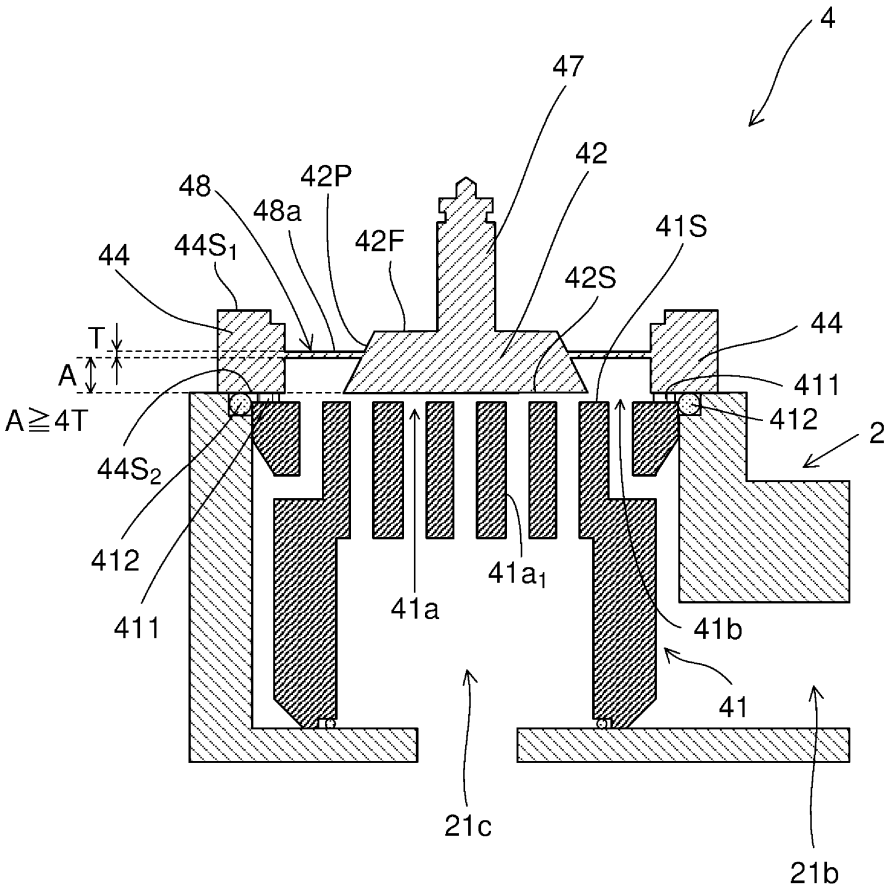
도면4



도면5

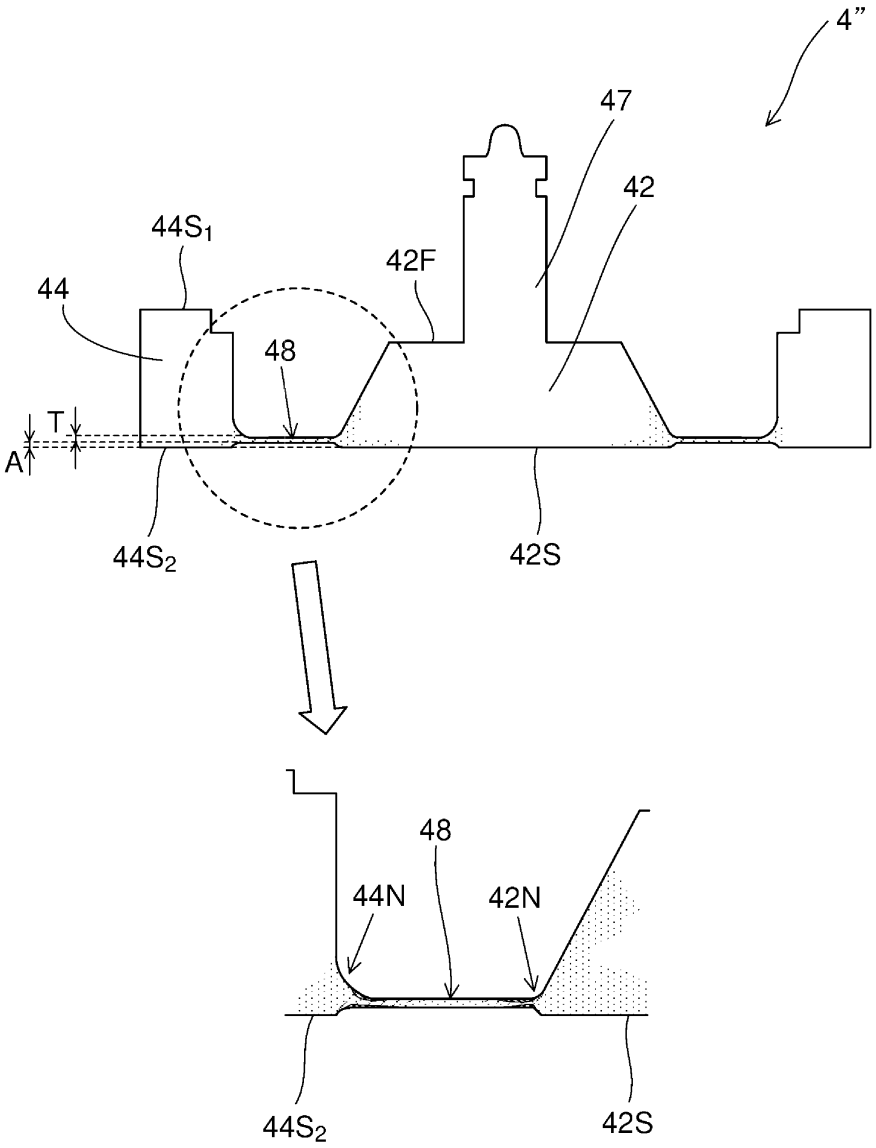

4
47
42
48
42P
48a
42F
41S
44S1
42S
44
44
T
411
A
412
A≧4T
2
44S2
412
41a1
41a
411
41b
41
21c
21b

도면6


4
47
42
48
42P
48a
42F
41S
44
44S1
42S
44
T
411
A
412
A≧4T
2
44S2
412
41a1
41a
411
41b
41
21c
21b

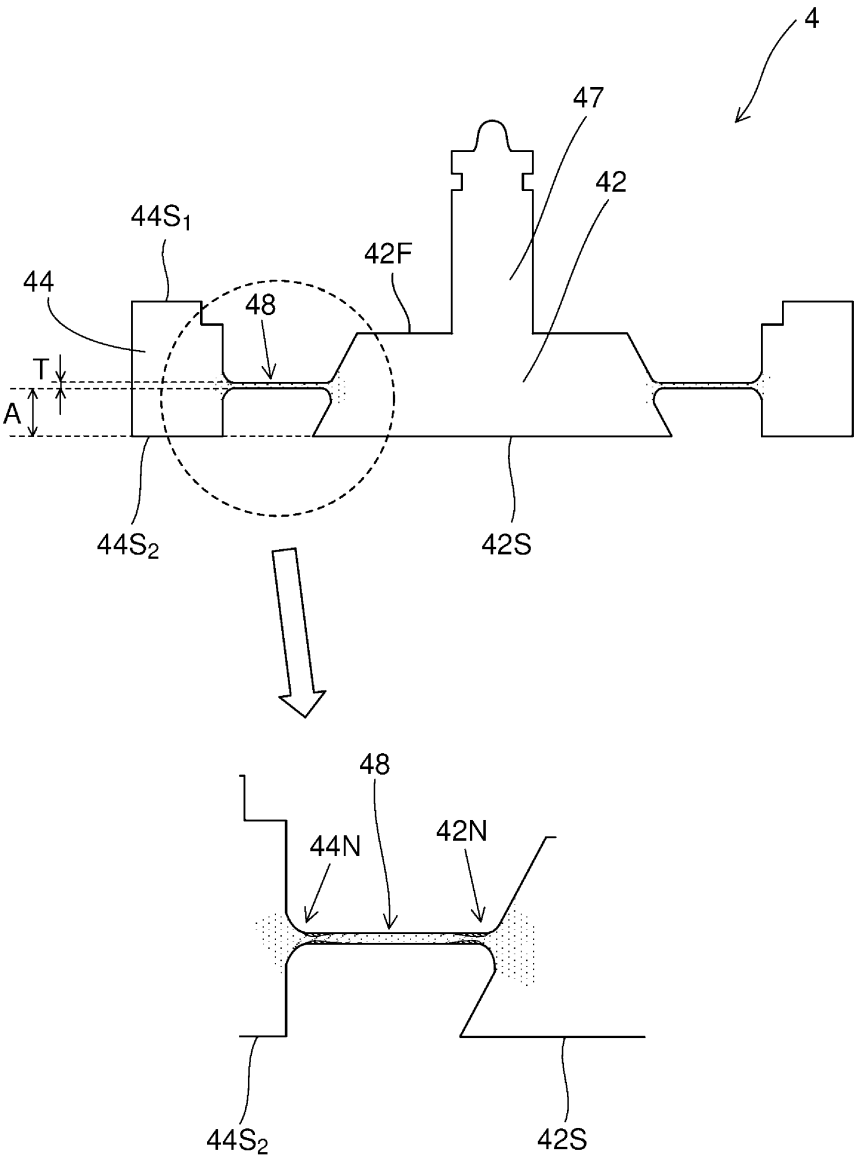
도면7

(A<4T인 경우)

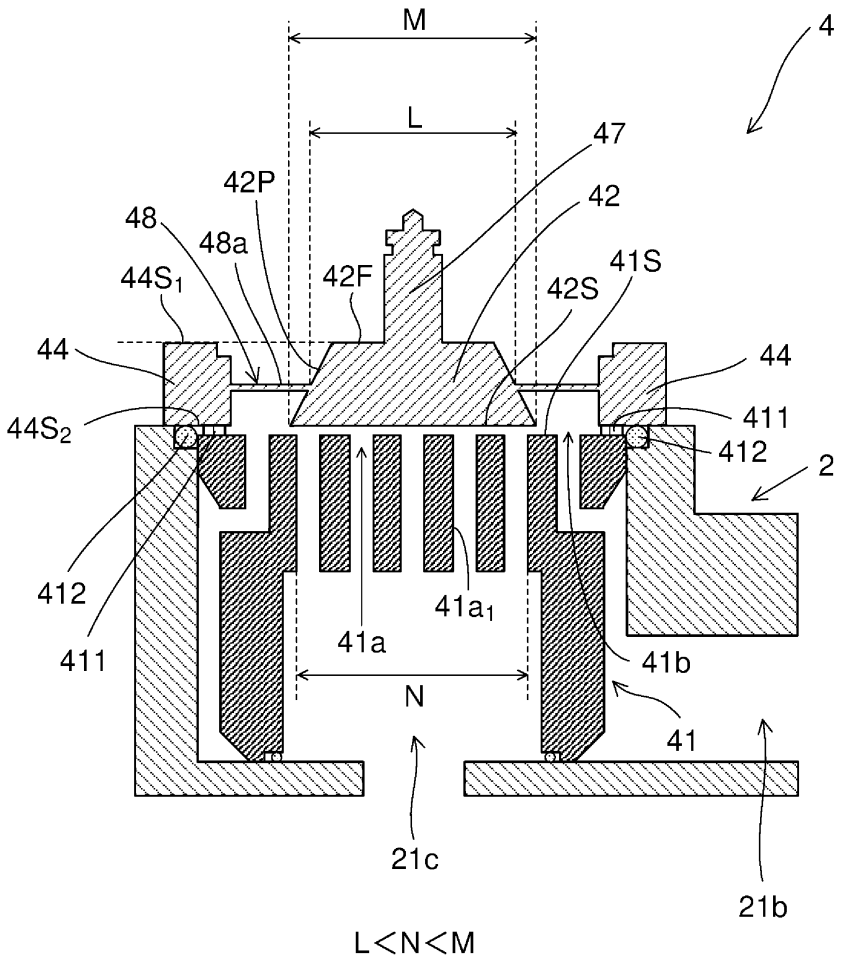


도면8

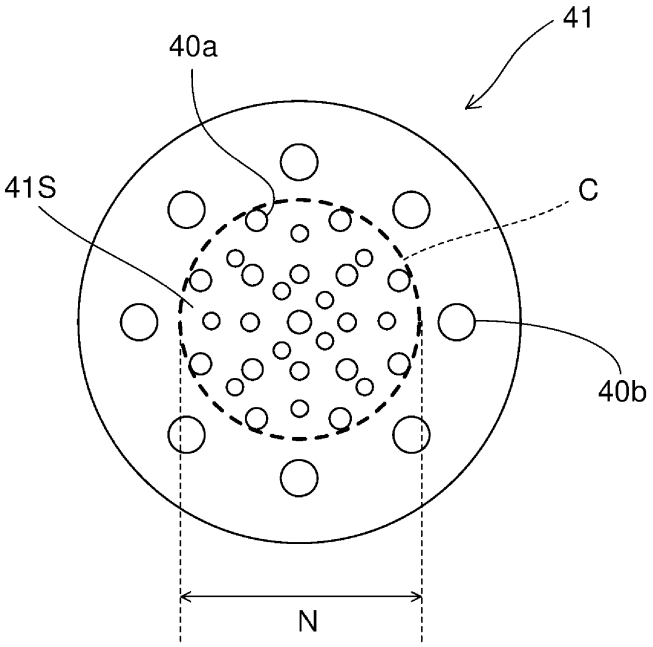
(A≧4T인 경우)



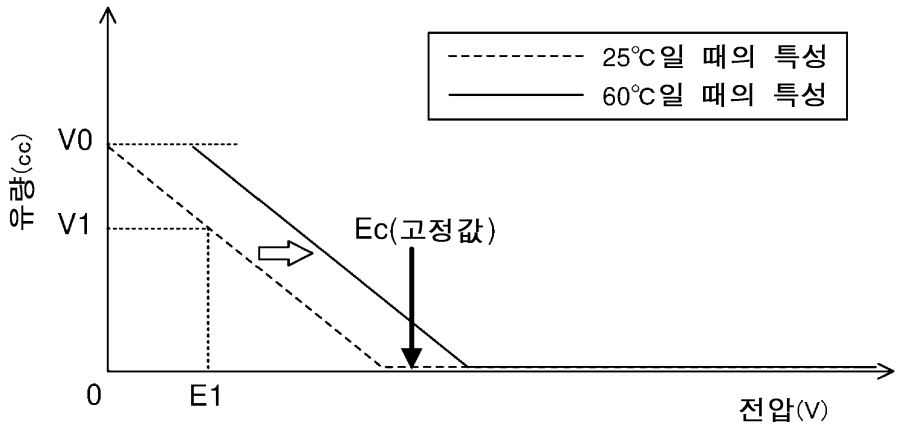
도면9


M
L
4
47
42P
42
48
48a
41S
44S1
42F
42S
44
44
411
44S2
412
2
412
41a1
41a
41b
411
N
41
21c
21b
L<N<M

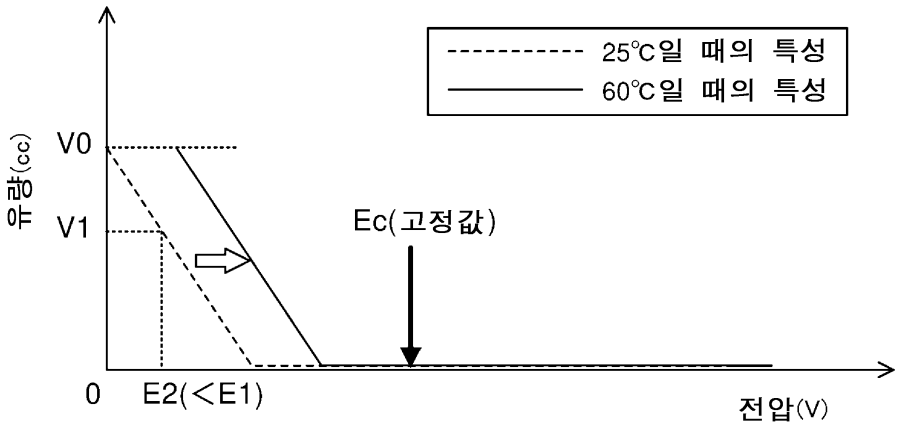
도면10


41
40a
41S
C
40b
N

도면11


25℃일 때의 특성
60℃일 때의 특성
유량(cc)
V0
V1
Ec(고정값)
0
E1
전압(V)

도면12


25℃일 때의 특성
60℃일 때의 특성
유량(cc)
V0
V1
Ec(고정값)
0
E2(＜E1)
전압(V)