



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0004427
(43) 공개일자 2012년01월12일

(51) Int. Cl.

H02N 2/02 (2006.01) G02B 7/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7022688

(22) 출원일자(국제출원일자) 2010년03월31일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년09월27일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2010/002376

(87) 국제공개번호 WO 2010/113505

국제공개일자 2010년10월07일

(30) 우선권주장

JP-P-2009-084113 2009년03월31일 일본(JP)

JP-P-2009-084114 2009년03월31일 일본(JP)

(71) 출원인

가부시키가이샤 니콘

일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠초 1쵸메 12방 1고

(72) 발명자

구와노 구니히로

일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠초 1쵸메 12방 1고

가부시키가이샤 니콘 나이

가나미츠 히로모토

일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠초 1쵸메 12방 1고

가부시키가이샤 니콘 나이

(74) 대리인

특허법인코리아나

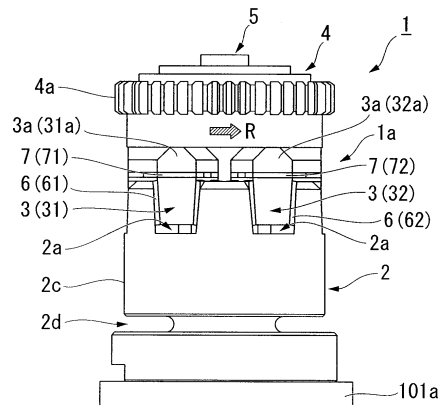
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 압전 액추에이터 및 렌즈 경통

(57) 요약

본 발명의 압전 액추에이터는 복수의 제 1 압전 소자와, 상기 복수의 제 1 압전 소자의 서로 마주 보는 면에 의해 개재되고, 상기 복수의 제 1 압전 소자에 의해 제 1 방향으로 구동되는 제 1 부재와, 상기 제 1 부재에 형성된 제 2 압전 소자와, 상기 제 2 압전 소자와 접하여 형성되고, 상기 제 2 압전 소자에 의해 상기 제 1 방향과 교차하는 제 2 방향으로 구동되는 제 2 부재와, 상기 제 2 부재와 맞닿아, 상기 제 2 부재가 구동됨으로써, 상기 제 1 부재에 대하여 상대 이동하는 제 3 부재를 구비한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

복수의 제 1 압전 소자와,

상기 복수의 제 1 압전 소자의 서로 마주 보는 면에 의해 개재되고, 상기 복수의 제 1 압전 소자에 의해 제 1 방향으로 구동되는 제 1 부재와,

상기 제 1 부재에 형성된 제 2 압전 소자와,

상기 제 2 압전 소자와 접하여 형성되고, 상기 제 2 압전 소자에 의해 상기 제 1 방향과 교차하는 제 2 방향으로 구동되는 제 2 부재와,

상기 제 2 부재와 맞닿아, 상기 제 2 부재가 구동됨으로써, 상기 제 1 부재에 대하여 상대 이동하는 제 3 부재를 구비하는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 압전 소자 각각의 상기 서로 마주 보는 면과 반대측의 면과 맞닿는 2 개의 면을 갖고, 상기 복수의 제 1 압전 소자를 개재하여 상기 제 1 부재를 지지하는 제 4 부재를 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 4 부재가 탄성체를 구비하는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 제 1 압전 소자와, 상기 제 2 압전 소자와, 상기 제 1 부재와, 상기 제 2 부재를 갖는 세트를 복수 세트 구비하는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 압전 소자 및 상기 제 2 압전 소자에 전압을 공급하는 전원부를 추가로 구비하고,

상기 전원부가, 각각의 상기 세트에 위상차를 갖는 상기 전압을 공급하는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 전원부가, 각각의 상기 세트의 상기 제 2 부재가, 상기 제 3 부재와의 접촉, 상기 제 2 방향의 이송, 상기 제 3 부재로부터의 이간, 상기 제 2 방향의 복귀를 반복하도록, 상기 전압을 공급하는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 전압의 주파수와, 상기 제 4 부재 및 상기 제 1 부재 및 상기 제 2 부재 및 상기 제 1 압전 소자 및 상기 제 2 압전 소자로 이루어지는 구조체의 공진 주파수가 동일한 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 8

제 5 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 위상차가 $360^\circ / N$ (N 은 상기 세트의 세트수) 인 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 9

제 4 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,
각각의 상기 세트가, 3 쌍의 상기 제 1 압전 소자와, 3 개의 상기 제 2 압전 소자와, 3 개의 상기 제 1 부재와,
3 개의 상기 제 2 부재를 구비하는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제 3 부재가, 상기 제 1 방향과 평행한 회전축을 중심으로 하여 회전 가능하게 형성되고,
상기 제 2 방향이, 상기 제 3 부재의 회전 방향을 따른 방향인 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 복수의 제 1 압전 소자와, 상기 제 2 압전 소자와, 상기 제 1 부재와, 상기 제 2 부재를 갖는 세트를 복수
세트 구비하고,
각각의 상기 세트의 상기 제 1 부재가, 상기 회전 방향에 균등하게 배치되고,
상이한 상기 세트의 상기 제 1 부재가, 상기 회전 방향에 순서대로 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 압전 액
추에이터.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제 2 부재가, 상기 제 2 방향을 따른 단면적이 상기 제 3 부재에 가까워질수록 작아지도록, 앞이 가는 형
상으로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 복수의 제 1 압전 소자의 각각의 형상 및 치수가 동일한 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 14

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제 1 압전 소자의 세로 탄성 계수가, 상기 제 1 압전 소자의 가로 탄성 계수보다 크고,
상기 제 2 압전 소자의 세로 탄성 계수가, 상기 제 2 압전 소자의 가로 탄성 계수보다 큰 것을 특징으로 하는
압전 액추에이터.

청구항 15

베이스부에 형성된 제 1 압전 소자와,
상기 베이스부의 상기 제 1 압전 소자와는 상이한 위치에 형성된 제 2 압전 소자와,
상기 제 1 압전 소자에 의해 구동되는 제 1 부재와,
상기 제 2 압전 소자에 의해 구동되는 제 2 부재와,
상기 제 1 부재와 상기 제 2 부재와 접촉 가능하게 형성되고, 상기 제 1 부재 및 상기 제 2 부재가 구동됨으로

써, 상기 제 1 부재 및 상기 제 2 부재에 대하여 상대 이동하는 제 3 부재를 구비하고,

상기 제 1 부재 및 상기 제 2 부재는 상기 제 3 부재와 접촉하는 접촉면에 평행한 단면적이 상기 제 3 부재에 가까워질수록 작아지도록 상기 접촉면에 대하여 경사진 경사면이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제 1 부재는 상기 제 1 압전 소자를 개재하여 상기 베이스부에 지지되고, 상기 제 2 부재는 상기 제 2 압전 소자를 개재하여 상기 베이스부에 지지되어 있는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 경사면은 상기 제 3 부재의 상대 이동 방향과 교차하는 방향을 따라 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 압전 액추에이터.

청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 기재된 압전 액추에이터를 구비한 렌즈 경통.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 압전 액추에이터 및 렌즈 경통에 관한 것이다.

[0002] 본원은 2009 년 3 월 31 일에, 일본에 출원된 일본 특허출원 2009-084113호 및 일본 특허출원 2009-084114호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

[0003] 종래부터, 압전 소자를 사용한 압전 액추에이터 (구동 장치) 가 알려져 있다. 이 종류의 압전 액추에이터로서, 예를 들어 하기 특허문헌 1 은 복수의 압전 소자를 구동시키고, 피구동체에 접촉시키는 칩 부재를 타원 운동시킴으로써, 피구동체를 구동하는 것을 개시하고 있다. 하기 특허문헌 1 에 기재된 압전 액추에이터는 XYZ 직교 좌표계를 설정한 경우, 칩 부재의 XZ 평면에 평행한 타원 운동에 의해 피구동체를 X 축 방향으로 구동한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2007-236138호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그러나, 상기 종래의 압전 액추에이터에서는 상이한 2 방향의 진동을 각각 독립된 진동으로서 취출할 수 없다는 과제가 있다. 상기 특허문헌 1 에서는 칩 부재의 X 축 방향과 Z 축 방향의 진동을, 각각 독립된 진동으로서 취출할 수 없기 때문에, 복수의 압전 소자가 서로의 운동을 방해할 가능성이 있다. 복수의 압전 소자가 서로의 운동을 방해하도록 구동되면, 피구동체를 구동하는 압전 액추에이터의 출력이 저하된다.

[0006] 본 발명의 양태는 상이한 2 방향의 진동을 각각 독립된 진동으로서 취출할 수 있는 압전 액추에이터 및 그것을 사용한 렌즈 경통의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 양태에 관련된 압전 액추에이터는 복수의 제 1 압전 소자와, 상기 복수의 제 1 압전 소자의 서로 마주 보는 면에 의해 개재되고, 상기 복수의 제 1 압전 소자에 의해 제 1 방향으로 구동되는 제 1 부재와, 상기 제 1 부재에 형성된 제 2 압전 소자와, 상기 제 2 압전 소자와 접하여 형성되고, 상기 제 2 압전 소자에 의해 상기 제 1 방향과 교차하는 제 2 방향으로 구동되는 제 2 부재와, 상기 제 2 부재와 맞닿아, 상기 제 2 부재가 구동됨으로써, 상기 제 1 부재에 대하여 상대 이동하는 제 3 부재를 구비한다.

[0008] 본 발명의 다른 양태에 관련된 렌즈 경통은 상기 기재한 압전 액추에이터를 구비한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 양태에 관련된 압전 액추에이터에 의하면, 상이한 2 방향의 진동을, 각각 독립된 진동으로서 취출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압전 액추에이터의 정면도이다.
 도 2 는 동 압전 액추에이터의 단면도이다.
 도 3 은 도 1 에 나타내는 압전 액추에이터의 지지 구동부의 사시도이다.
 도 4 는 동 지지 구동부의 평면도이다.
 도 5A 는 상기 압전 액추에이터의 유지부 및 구동 부재의 조립 정면도이다.
 도 5B 는 동 유지부 및 동 구동 부재의 정면도이다.
 도 6A 는 상기 압전 액추에이터의 회로도이다.
 도 6B 는 동 압전 액추에이터의 회로도이다.
 도 7 은 동 압전 액추에이터의 전원부가 공급하는 전압의 타이밍 차트이다.
 도 8 은 동 압전 액추에이터의 구동 부재의 동작을 나타내는 정면도이다.
 도 9 는 동 구동 부재의 동작을 나타내는 정면도이다.
 도 10 은 동 구동 부재의 동작을 나타내는 정면도이다.
 도 11 은 도 1 에 나타내는 압전 액추에이터의 구동 부재 선단부의 변위의 시간 변화를 나타내는 그래프이다.
 도 12 는 상기 압전 액추에이터를 구비한 렌즈 경통의 분해 사시도이다.
 도 13A 는 동 압전 액추에이터의 변형예를 나타내는 유지부 및 구동 부재의 정면도이다.
 도 13B 는 동 압전 액추에이터의 다른 변형예를 나타내는 유지부 및 구동 부재의 정면도이다.
 도 14 는 동 압전 액추에이터의 구동 부재 선단부의 변위의 시간 변화를 나타내는 그래프이다.
 도 15 는 동 구동 부재 선단부의 변위의 시간 변화를 나타내는 그래프이다.
 도 16 은 상기 압전 액추에이터의 구동 부재의 선단부, 지지부, 및 압전 소자의 변위의 시간 변화를 나타내는 그래프이다.
 도 17A 는 동 압전 액추에이터의 구동 부재 및 베이스부의 볼록부의 동작을 나타내는 정면도이다.
 도 17B 는 동 압전 액추에이터의 구동 부재 및 베이스부의 볼록부의 동작을 나타내는 정면도이다.
 도 17C 는 동 압전 액추에이터의 구동 부재 및 베이스부의 볼록부의 동작을 나타내는 정면도이다.
 도 17D 는 동 압전 액추에이터의 구동 부재 및 베이스부의 볼록부의 동작을 나타내는 정면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명의 일 실시형태에 관련된 압전 액추에이터를, 도면을 참조하면서 이하에 설명한다. 본 실시형태의

압전 액추에이터 (구동 장치) (1) 는 예를 들어 로터 등의 제 1 부분과 구동 부재 등의 제 2 부분을 상대적으로 변위시키는 상대 구동을 실시함으로써, 카메라의 렌즈 경통 등의 광학 기기나 전자 기기를 구동하기 위한 것이다.

[0012] 도 1 은 본 실시형태의 압전 액추에이터 (1) 의 정면도이고, 도 2 는 그 단면도이다.

[0013] 도 1 및 도 2 에 나타내는 바와 같이, 압전 액추에이터 (1) 는 복수의 유지부 (2a) 가 형성된 베이스부 (제 4 부재) (2) 와, 유지부 (2a) 에 유지된 구동 부재 (3) 와, 구동 부재 (3) 에 인접하여 배치된 로터 (제 3 부재) (4) 와, 베이스부 (2) 에 삽입 통과된 지지축 (5) 을 구비하고 있다.

[0014] 베이스부 (2) 는 예를 들어 스테인리스강 등의 금속 재료에 의해 중공 원통상으로 형성되고, 지지축 (5) 이 삽입 통과됨으로써, 지지축 (5) 을 둘러싸도록 형성되어 있다.

[0015] 로터 (4) 는 베어링 (5a) 을 개재하여 지지축 (5) 에 의해 지지 (축지지) 되고, 지지축 (5) 을 회전축으로 하여 자유롭게 회전할 수 있도록 형성되어 있다. 로터 (4) 의 외주면에는 예를 들어 카메라의 렌즈 경통 등을 구동하기 위한 톱니 바퀴 (4a) 가 형성되어 있다. 로터 (4) 의 베이스부 (2) 측의 면은 복수의 구동 부재 (3) 에 의해 지지되어 있다.

[0016] 베이스부 (2) 의 일방의 단부 (端部) 는 예를 들어 도시를 생략한 볼트 등에 의해, 장착부 (101a) 에 고정되어 있다. 베이스부 (2) 의 장착부 (101a) 에 대향하는 면의 중앙부에는 오목부 (2b) 가 형성되어 있다. 오목부 (2b) 에는 지지축 (5) 의 기단 (基端) 에 형성된 확장부 (5a) 가 삽입 (끼워 넣음) 되어 있다. 이 상태에서 베이스부 (2) 가 장착부 (101a) 에 고정됨으로써, 지지축 (5) 이 베이스부 (2) 및 장착부 (101a) 에 고정되어 있다.

[0017] 베이스부 (2) 의 타방의 단부에는 오목상의 유지부 (2a) 가, 베이스부 (2) 의 둘레 방향, 즉 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 에 복수 형성되어 있다. 유지부 (2a) 는 구동 부재 (3) 를 지지축 (5) 에 수직이며 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 방향 (제 2 방향) 의 양측으로부터 지지함과 함께, 구동 부재 (3) 를 지지축 (5) 에 평행한 방향 (제 1 방향) 으로 구동 가능하게 유지하고 있다.

[0018] 도 2 에 나타내는 바와 같이, 베이스부 (2) 의 측면 (2c) 은 지지축 (5) 과 대략 평행하게 형성되어 있다. 측면 (2c) 의 유지부 (2a) 와 장착부 (101a) 측의 단부 사이에는 장착부 (101a) 로부터 유지부 (2a) 로의 진동 전달을 억제하는 진동 억제부로서의 홈부 (2d) 가 형성되어 있다. 즉, 홈부 (2d) 는 지지축 (5) 에 대략 수직이고 또한 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 방향 (제 2 방향) 과 교차하는 베이스부 (2) 의 측면 (2c) 에 형성되어 있다. 홈부 (2d) 는 베이스부 (2) 의 둘레 방향에 연속적으로 형성되고, 유지부 (2a) 와 장착부 (101a) 측의 단부의 중간보다 장착부 (101a) 측의 단부에 가까운 위치에 형성되어 있다.

[0019] 홈부 (2d) 의 깊이 (d1) 는 예를 들어 베이스부 (2) 의 반경 (r1) 의 40 % 이상 또한 80 % 이하의 범위이다. 상기 수치는 일례로서 이것에 한정되지 않는다. 홈부 (2d) 의 깊이 (d1) 는 예를 들어 베이스부 (2) 의 반경 (r1) 의 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 또는 90 % 로 할 수 있다. 또한, 지지축 (5) 에 평행한 방향 (제 1 방향) 의 홈부 (2d) 의 폭 (w1) 은 베이스부 (2) 의 진동의 진폭보다 크고, 후술하는 제 1 압전 소자 (6), 제 2 압전 소자 (7), 구동 부재 (3), 및 베이스부 (2) 로 이루어지는 지지 구동부 (구조부) (1a) 의 공진 진동의 진폭보다 커지도록 형성되어 있다. 일례에 있어서, 홈부 (2d) 의 폭 (w1) 은 베이스부 (2) 의 반경보다 짧게 할 수 있다.

[0020] 도 2 에 나타내는 바와 같이, 베이스부 (2) 와 지지축 (5) 사이에는 장착부 (101a) 로부터 유지부 (2a) 로의 진동을 억제하기 위한 간극 (진동 억제부) (2e) 이 형성되어 있다. 간극 (2e) 은 지지축 (5) 과 평행한 방향에, 베이스부 (2) 의 유지부 (2a) 측의 단부로부터 홈부 (2d) 의 장착부 (101a) 측의 가장자리와 동일한 위치까지 형성되어 있다. 또한, 간극 (2e) 의 폭 (w2) 은 홈부 (2d) 의 폭 (w1) 과 동일하게, 베이스부 (2) 의 진동의 진폭보다 크고, 후술하는 지지 구동부 (1a) 의 공진 진동의 진폭보다 커지도록 형성되어 있다.

[0021] 도 3 은 도 1 에 나타내는 압전 액추에이터 (1) 의 지지 구동부 (1a) 의 사시도이고, 도 4 는 그 평면도이다.

[0022] 도 3 및 도 4 에 나타내는 바와 같이, 구동 부재 (3) 는 단면이 산 형상의 육각 기둥 형상을 갖는 선단부 (제 2 부재) (3a) 와, 대략 직육면체 형상을 갖는 기부 (基部) (제 1 부재) (3b) 를 갖고 있다. 선단부 (3a) 는 예를 들어 스테인리스강 등에 의해 형성되어 있다. 기부 (3b) 는 예를 들어 경금속 합금 등에 의해 형성되어 있다. 기부 (3b) 는 유지부 (2a) 에 의해, 지지축 (5) 과 평행한 방향으로 구동 가능하게 지지되어 있다. 선단부 (3a) 는 유지부 (2a) 로부터 돌출하여 로터 (4) 를 지지한다.

- [0023] 선단부 (3a) 는 접촉면 (S1) 에 대하여 경사진 경사면 (S2, S3) 이 형성되어 있다. 경사면 (S2, S3) 은 로터 (4) 가 회전 구동되는 방향과 교차하는 방향을 따라 형성되어 있다. 경사면 (S2, S3) 은 선단부 (3a) 의 로터 (4) 와 접촉하는 접촉면 (S1) 에 평행한 단면적이, 로터 (4) 에 가까워질수록 작은 앞이 가는 형상이 되도록, 선단부 (3a) 의 접촉면 (S1) 과 연속하여 형성되어 있다. 즉, 선단부 (3a) 는 로터 (4) 에 접촉하는 접촉면 (S1) 의 면적이 기부 (3b) 측의 저면의 면적보다 작아지는 앞이 가는 형상으로 되어 있다. 경사면 (S2, S3) 은 오목상 또는 볼록상의 곡면이어도 된다.
- [0024] 도 4 에 나타내는 바와 같이, 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향 (제 2 방향) 에는 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 를 폭 (w3) 방향의 양측으로부터 개재하는 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 가 2 쌍 형성되어 있다. 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향은 지지축 (5) 에 수직이고 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 방향이고, 베이스부 (2) 의 평면에서 봤을 때의 중심선 (CL) 과 대략 수직인 방향이다. 제 1 압전 소자 (6) 는 유지부 (2a) 의 깊이 (d2) 방향을 따라 연장되는 가늘고 긴 직사각 형상으로 형성되고, 기부 (3b) 와 유지부 (2a) 사이에 협지되어 있다. 이것에 의해, 제 1 압전 소자 (6) 는 베이스부 (2) 에 형성된 홈부 (2d) (도 1 및 도 2 참조) 와 로터 (4) 사이에 배치되어 있다.
- [0025] 제 1 압전 소자 (6) 는 예를 들어 도전성 접착제에 의해, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 와 유지부 (2a) 에 접착되어 있다. 또한, 베이스부 (2) 의 중심을 지나는 중심선 (CL) 과 대략 평행한 구동 부재 (3) 의 안 길이 (p1) 방향에 배치된 2 개의 제 1 압전 소자 (6, 6) 는 서로 대략 평행하게 되어 있다. 각각의 제 1 압전 소자 (6) 의 형상 및 치수는 모두 대략 동일하게 되어 있다.
- [0026] 도 3 에 나타내는 바와 같이, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 와 선단부 (3a) 사이에는 1 쌍의 제 2 압전 소자 (7, 7) 가, 서로 대략 평행하게 형성되어 있다. 제 2 압전 소자 (7) 는 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향과 대략 평행하게 연장되는 가늘고 긴 직사각 형상으로 형성되어 있다. 제 2 압전 소자 (7) 는 선단부 (3a) 의 저면과 기부 (3b) 의 상면 사이에 협지되고, 예를 들어 도전성 접착제에 의해, 선단부 (3a) 의 저면과 기부 (3b) 의 상면에 접착되어 있다. 각각의 제 2 압전 소자 (7) 의 형상 및 치수는 모두 대략 동일하게 되어 있다.
- [0027] 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 는 예를 들어 티탄산 지르콘산 납 (PZT) 에 의해 형성되고, 그 진동 모드는 두께 진단 진동이다. 즉, 제 1 압전 소자 (6) 는 구동 부재 (3) 를, 지지축 (5) 과 대략 평행한 유지부 (2a) 의 깊이 (d2) 방향으로, 베이스부 (2) 에 대하여 상대적으로 구동시킨다. 제 2 압전 소자 (7) 는 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 를 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향 (제 3 방향) 으로, 기부 (3b) 및 베이스부 (2) 에 대하여 상대적으로 구동시킨다. 즉, 본 실시형태에서는 제 1 압전 소자 (6) 가 구동 부재 (3) 를 개재하는 방향 (제 2 방향) 과, 제 2 압전 소자 (7) 가 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 를 구동시키는 방향 (제 3 방향) 이, 대략 동일하게 되어 있다.
- [0028] 이들 복수의 제 1 압전 소자 (6), 제 2 압전 소자 (7), 구동 부재 (3), 및 베이스부 (2) 에 의해, 로터 (4) 를 지지하고, 또한 로터 (4) 를 구동 부재 (3) 및 베이스부 (2) 와 상대적으로 구동시키는 지지 구동부 (1a) 가 구성되어 있다.
- [0029] 도 3 에 나타내는 바와 같이, 유지부 (2a) 는 베이스부 (2) 의 단부에 형성되어 있다. 베이스부 (2) 에는 왕관상의 요철이 형성되어 있다. 도 4 에 나타내는 바와 같이, 유지부 (2a) 는 베이스부 (2) 의 둘레 방향의 대략 60° 마다, 균등하게 형성되어 있다. 유지부 (2a) 는 평면에서 봤을 때 베이스부 (2) 의 중심을 지나는 중심선 (CL) 과 대략 평행하게 형성된 1 쌍의 지지면 (2f, 2f) 을 구비하고 있다. 지지면 (2f) 은 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 를, 베이스부 (2) 의 중심선 (CL) 과 대략 수직인 유지부 (2a) 의 폭 (w4) 방향 (제 2 방향) 의 양측으로부터, 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 를 사이에 두고 개재하도록 유지하고 있다. 한편, 베이스부 (2) 는 축 방향의 일단측에 형성된 둘레벽을 갖는다. 둘레벽은 둘레 방향으로 간격을 두고 배치된 복수의 홈 (유지부 (2a)) 과, 이웃하는 홈 사이에 각각이 배치된 복수의 돌기 (볼록부 (2h, 2i)), 제 4 부재) 를 갖는다. 본 실시형태에 있어서, 둘레벽은 실질적 등간격 (약 60° 피치) 으로 배치된 6 개의 홈 (유지부 (2a)) 과, 실질적 등간격 (약 60° 피치) 으로 배치된 6 개의 돌기 (볼록부 (2h, 2i)) 를 갖는다. 각 홈 (유지부 (2a)) 은 방사 방향을 따른 중심선 (CL) 과, 중심선 (CL) 에 실질적으로 평행한 2 개의 지지면 (돌기 (2h, 2i) 의 둘레 방향의 벽면 (2f)) 을 포함한다. 돌기는 외방면에 비해 내방면이 좁다. 본 실시형태에 있어서, 돌기는 직경 방향 내방을 향하여 서서히 폭이 좁아지는 횡단면을 갖는다. 각 홈 (유지부 (2a)) 에 구동 부재 (3) 가 배치된다. 이웃하는 돌기 (볼록부 (2h, 2i)) 사이에 제 1 압전 소자 (6) 를 개재하여 구동 부재 (3) 가 끼워지고 또한 지지된다. 다른 실시형태에 있어서, 둘레벽은 약 60° 이외의 피치로 배치된 복수의 홈을 가질 수 있고, 또한, 약 60° 이외의 피치로 배치된 복수의 돌기를 가질 수 있다.

- [0030] 도 5A 는 유지부 (2a) 및 구동 부재 (3) 를 확대한 조립 정면도이고, 도 5B 는 유지부 (2a) 및 구동 부재 (3) 를 확대한 정면도이다.
- [0031] 도 5A 및 도 5B 에 나타내는 바와 같이, 베이스부 (2) 에 형성된 오목상의 유지부 (2a) 의 지지면 (2f) 은 도 2 에 나타내는 지지축 (5) 과 대략 평행한 유지부 (2a) 의 깊이 (d2) 방향 (제 1 방향) 에 대하여 경사지게 하여 형성되어 있다.
- [0032] 지지면 (2f) 은 도 1 에 나타내는 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 에 지지된 로터 (4) 로부터의 거리가 멀어질수록, 대향하는 지지면 (2f, 2f) 끼리의 간격이 점차 좁아지도록 경사져 있다. 환언하면, 유지부 (2a) 는 저면 (2g) 에 가까워질수록, 폭 (w4) 이 좁게 되어 있다. 유지부 (2a) 의 깊이 (d2) 방향에 대한 지지면 (2f) 의 경사 각도 (α) 는 각 부재의 치수나 공차 등의 관계로부터, 2° 이상 6° 이하인 것이 바람직하다. 본 실시형태에 있어서, 지지면의 경사 각도 (α) 는 4° 이다.
- [0033] 또, 도 5A 및 도 5B 에 나타내는 바와 같이, 지지면 (2f) 에 대향하는 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 측면 (3c) 은 지지면 (2f) 과 동일하게, 지지축 (5) 과 대략 평행한 구동 부재 (3) 의 높이 (h1) 방향 (제 1 방향) 에 대하여, 경사지게 하여 형성되어 있다. 이것에 의해, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 측면 (3c) 은 지지면 (2f) 과 대략 평행하게 형성되어 있다. 여기서, 기부 (3b) 의 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 측의 단부에 있어서의 기부 (3b) 및 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 의 폭 (w5) 은 유지부 (2a) 의 개구부에서의 폭 (w4) 보다 작고, 유지부 (2a) 의 깊이 (d2) 방향의 도중에서의 폭 (w4') 보다 크게 되어 있다.
- [0034] 그 때문에, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 및 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 를, 유지부 (2a) 에 유지시키면, 도 5B 에 나타내는 바와 같이, 구동 부재 (3) 의 저면 (3d) 과 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 이 이간된 상태에서, 기부 (3b) 가, 유지부 (2a) 의 폭 (w4) 방향의 양측으로부터, 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 를 개재하여 지지면 (2f) 에 의해 지지된다. 즉, 지지면 (2f) 은 구동 부재 (3) 를, 유지부 (2a) 의 폭 (w4) 방향 (제 2 방향) 의 양측으로부터 지지함과 함께, 지지축 (5) 과 대략 평행한 유지부 (2a) 의 깊이 (d2) 방향 (제 1 방향) 에 있어서 위치 결정을 하도록, 깊이 (d2) 방향에 대하여 경사지게 하여 형성되어 있다.
- [0035] 도 3 및 도 4 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 구동 부재 (3) 는 선단부 (3a) 와 기부 (3b) 사이에 1 쌍의 제 2 압전 소자 (7, 7) 를 구비하고, 기부 (3b) 의 측면에 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 를 2 쌍 구비하고 있다. 압전 액추에이터 (1) 는 이 구동 부재 (3) 및 2 쌍의 제 1 압전 소자 (6) 를 3 개 구비한 구동 부재 (3) 의 세트를, 제 1 세트 및 제 2 세트의 2 세트 구비하고 있다. 제 1 세트의 구동 부재 (31) 와 제 2 세트의 구동 부재 (32) 는 동일한 원주 상에 배치되어 있다. 또한, 각각의 세트의 구동 부재 (31, 32) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 에 각각 균등하게 배치되어 있다. 상이한 세트의 구동 부재 (31, 32) 는 회전 방향 (R) 에 교대로 (순서대로) 배치되어 있다.
- [0036] 또한, 각각의 세트의 구동 부재 (31, 32) 는 초기 상태에서 모든 접촉면 (S11, S12) 이 로터 (4) 에 접촉하도록, 베이스부 (2) 로부터 접촉면 (S11, S12) 까지의 높이가 균일하게 형성되어 있다.
- [0037] 이하의 설명에서는 상이한 세트의 구동 부재 (31, 32) 를 구별하지 않은 경우에는 이들 부호를 구동 부재 (3) 로 하고, 양자를 합쳐 설명한다. 선단부 (31a, 32a), 기부 (31b, 32b), 접촉면 (S11, S12) 등에 대해서도 동일하게, 선단부 (3a), 기부 (3b), 접촉면 (S1) 등으로 하여 설명한다.
- [0038] 도 6A 는 제 1 압전 소자 (6) 의 모식적인 배선도이고, 도 6B 는 제 2 압전 소자 (7) 의 모식적인 배선도이다.
- [0039] 도 6A 및 도 6B 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 압전 액추에이터 (1) 는 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 의 각각에 전압을 공급하는 전원부 (10) 를 구비하고 있다. 전원부 (10) 는 도 3 및 도 4 에 나타내는 제 1 세트 및 제 2 세트의 각각의 구동 부재 (31, 32) 의 선단부 (31a, 32a) 가, 순차적으로 도 1 및 도 2 에 나타내는 로터 (4) 와의 접촉, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 으로의 이송, 로터 (4) 로부터의 이간, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 과 역방향의 복귀를 반복하도록, 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 에 전압을 공급한다.
- [0040] 도 6A 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 각각이 구비하는 제 1 압전 소자 (61) 는 제 1 배선 (11) 을 통하여 전원부 (10) 의 제 1 단자 (T1) 에 접속되어 있다. 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 각각이 구비하는 제 1 압전 소자 (62) 는 제 2 배선 (12) 을 통하여 전원부 (10) 의 제 2 단자 (T2) 에 접속되어 있다.
- [0041] 도 6B 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 각각이 구비하는 제 2 압전 소자 (71) 는 제 3

배선 (13) 을 통하여 전원부 (10) 의 제 3 단자 (T3) 에 접속되어 있다. 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 각각이 구비하는 제 2 압전 소자 (72) 는 제 4 배선 (14) 을 통하여 전원부 (10) 의 제 4 단자 (T4) 에 접속되어 있다.

[0042] 또한, 도 6A 및 도 6B 에서, 도시는 생략하지만, 구동 부재 (31, 32) 의 기부 (31b, 32b) 는 접지되어 있다.

[0043] 도 7 은 전원부 (10) 가 각 단자 (T1, T2, T3, T4) 에 발생시키는 전압의 타이밍 차트의 일례이다.

[0044] 도 7 에 나타내는 바와 같이, 전원부 (10) 는 제 1 단자 (T1) 에, 페이즈 1~페이즈 2 사이에서는 -1.0 V 의 전압을 발생시키고, 페이즈 3~페이즈 7 의 5 페이즈에서는 1.0 V 의 전압을 발생시키고, 페이즈 8~페이즈 10 의 3 페이즈에서는 -1.0 V 의 전압을 발생시킨다. 이후의 페이즈에서는 1.0 V 의 전압을 5 페이즈 동안 발생시키고, -1.0 V 의 전압을 3 페이즈 동안 발생시키는 것을 반복한다. 즉, 전원부 (10) 는 제 1 단자에 8 페이즈를 1 주기로 하는 전압을 발생시킨다.

[0045] 전원부 (10) 는 제 2 단자 (T2) 에, 제 1 단자 (T1) 에 발생시키는 전압과 180° 의 위상차를 갖고, 제 1 단자 (T1) 에 발생시키는 전압과 동일한 8 페이즈를 1 주기로 하는 전압을 발생시킨다. 즉, 제 1 단자에 발생하는 전압과, 제 2 단자에 발생하는 전압은 반주기분의 4 페이즈의 위상차를 갖고 있다.

[0046] 전원부 (10) 는 제 3 단자 (T3) 에, 페이즈 1 에 있어서 발생시키는 전압을 0 V 로 유지하고, 페이즈 2 에 있어서 -3.0 V 의 전압을 발생시키고, 페이즈 3~페이즈 8 까지의 각 페이즈에서 전압을 1.0 V 씩 증가시킨다. 이후의 페이즈에서는 이 페이즈 1~페이즈 8 의 전압의 발생 패턴을 반복한다. 즉, 전원부 (10) 는 제 3 단자 (T3) 에, 8 페이즈를 1 주기로 하는 전압을 발생시킨다.

[0047] 전원부 (10) 는 제 4 단자 (T4) 에, 제 3 단자 (T3) 에 발생시키는 전압과 180° 의 위상차를 갖고, 제 3 단자 (T3) 에 발생시키는 전압과 동일한 8 페이즈를 1 주기로 하는 전압을 발생시킨다. 즉, 제 3 단자에 발생하는 전압과, 제 4 단자에 발생하는 전압은 반주기분의 4 페이즈의 위상차를 갖고 있다.

[0048] 본 실시형태에서는 전원부 (10) 가 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 에 공급하는 전압의 주파수는 제 1 압전 소자 (6), 제 2 압전 소자 (7), 구동 부재 (3), 및 베이스부 (2) 로 이루어지는 지지 구동부 (구조부) (1a) 의 공진 진동의 진동수와 대략 동일하게 되어 있다.

[0049] 다음으로, 본 실시형태의 압전 액추에이터 (1) 의 작용에 관해서, 도 8~도 11 을 사용하여 이하에 설명한다.

[0050] 도 8~도 10 은 제 1 세트와 제 2 세트의 구동 부재 (31, 32) 의 동작과, 로터 (4) 의 동작을 나타내는 확대 정면도이다.

[0051] 도 11 은 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 의 각 축 방향의 변위와, 시간 (t) 의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 11(a) 및 도 11(b) 에 있어서, Y 축 방향에서의 로터 (4) 와의 접촉 위치 (y1) 는 파선으로 나타낸다.

[0052] 도 8(a)~도 10(a) 에서는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 제 1 세트의 구동 부재 (3) 의 폭 (w31) 방향 (제 2 방향) 을 X1 방향으로 하고, 지지축 (5) 에 평행한 방향 (제 1 방향) 을 Y 방향으로 하는 직교 좌표계를 사용하여 설명한다. 도 8(b)~도 10(b) 에서는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 폭 (w32) 방향 (제 2 방향) 을 X2 방향으로 하고, 지지축 (5) 에 평행한 방향 (제 1 방향) 을 Y 방향으로 하는 직교 좌표계를 사용하여 설명한다.

[0053] (페이즈 0)

[0054] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이즈 0 에 있어서, 각 단자 (T1, T2, T3, T4) 에 전압을 발생시키지 않고 (0 V), 도 6A 및 도 6B 에 나타내는 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 에, 0 V 의 전압을 공급하고 있는 (즉, 전압을 공급하고 있지 않은) 상태이다.

[0055] 도 8(a) 및 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이즈 0 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 와 제 2 세트의 구동 부재 (32) 는 각각 선단부 (31a, 32a) 의 상면이 로터 (4) 에 접한 상태로 정지되어 있다. 로터 (4) 는 구동 부재 (31, 32) 의 선단부 (31a, 32a) 에 지지된 상태로 정지되어 있다.

[0056] (페이즈 1)

[0057] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이즈 1 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 에 -1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여

전압을 공급한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 1 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 의 전압을 0 V 로 유지하고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 2 배선 (12) 을 개재하여 0 V 의 전압을 공급한다.

[0058] 그러면, 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 1 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 가 두께 전단 변형되고, 구동 부재 (31) 의 기부 (31b) 를 유지부 (2a) 의 지지면 (2f) 에 대하여 Y 방향의 베이스부 (2) 측 (Y 축 부 (負) 방향측) 으로 이동시킨다 (도 11(a), 페이지 1 참조). 또한, 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 1 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 는 변형되지 않는다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 X1 방향으로 이동하지 않는다 (도 11(c), 페이지 1 참조). 이것에 의해, 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 Y 축 부방향측으로 이동하고, 로터 (4) 로부터 이간된다.

[0059] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 1 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 에 1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 전압을 공급한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 1 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 의 전압을 0 V 로 유지하고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선을 개재하여 0 V 의 전압을 공급한다.

[0060] 그러면, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 1 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 는 두께 전단 변형되고, 구동 부재 (32) 의 기부 (32b) 를, 유지부 (2a) 의 지지면 (2f) 에 대하여 Y 방향의 로터 (4) 측 (Y 축 정 (正) 방향측) 으로 이동시킨다 (도 11(b), 페이지 1 참조). 또한, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 1 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 는 변형되지 않는다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 X2 방향으로 이동하지 않는다 (도 11(d), 페이지 1 참조). 이것에 의해, 구동 부재 (32) 가 Y 축 정방향측으로 이동함으로써, 선단부 (32a) 는 로터 (4) 를 Y 축 정방향측으로 밀어 올린다.

[0061] 즉, 페이지 1 에 있어서는 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 Y 축 부방향측으로 이동하여, 로터 (4) 로부터 이간된다. 동시에, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 에 맞닿아 로터 (4) 를 지지함과 함께, 로터 (4) 를 Y 축 정방향측으로 밀어 올린다.

[0062] (페이지 2)

[0063] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 의 전압을 -1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 -3.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 전압을 공급한다.

[0064] 그러면, 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 의 변형이 유지되어 선단부 (31a) 가 로터 (4) 로부터 이간된 상태가 유지된다 (도 11(a), 페이지 2 참조). 이 상태에서, 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 는 두께 전단 변형된다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 부방향측으로 이동한다 (도 11(c) 참조). 이 때의 선단부 (31a) 의 이동량은 제 2 압전 소자 (71) 에 공급되는 전압의 절대값에 비례한다.

[0065] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 전압을 공급한다.

[0066] 그러면, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 의 변형이 유지되어 선단부 (3a) 가 로터 (4) 에 접촉한 상태가 유지된다 (도 11(b), 페이지 2 참조). 이 상태에서, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 2 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 는 두께 전단 변형된다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 2 참조). 이 때의 선단부 (32a) 의 이동량은 전압의 절대값에 비례하기 때문에, 제 1 세트의 선단부 (31a) 의 X1 축 부방향측으로의 이동량보다 작아진다.

- [0067] 즉, 페이지 2 에 있어서는 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 가 X2 축 정방향측으로 이동함으로써, 선단부 (32a) 의 상면과 로터 (4) 의 하면 사이에 마찰력이 작용한다. 여기서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 는 도 3 및 도 4 에 나타내는 바와 같이, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따라, 베이스부 (2) 의 둘레 방향에 배치된다. 또한, 선단부 (32a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 구동 부재 (32) 의 폭 (w32) 방향 (X2 방향) 으로 변위된다. 그 때문에, 로터 (4) 는 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 에 의해, 회전 방향 (R) 으로 구동되고, 도 1 및 도 2 에 나타내는 지지축 (5) 을 중심으로 하는 회전을 개시한다.
- [0068] (페이지 3)
- [0069] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 에 정부 (正負) 가 역전된 1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 전압을 공급한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 -2.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 전압을 공급한다.
- [0070] 그러면, 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 는 역방향으로 두께 전단 변형되고, 구동 부재 (31) 의 기부 (31b) 를, Y 축 정방향측으로 이동시킨다 (도 11(a), 페이지 3 참조). 동시에, 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 의 X1 축 부방향측으로의 변형량은 감소한다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 3 참조). 이 때의 이동량은 페이지 3 에서 새롭게 공급된 -2.0 V 와, 페이지 2 에서 공급되고 있던 -3.0 V 의 전압의 차이에 비례한다.
- [0071] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 의 전압을 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 2.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 전압을 공급한다.
- [0072] 그러면, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 의 변형이 유지되어 선단부 (32a) 가 로터 (4) 에 접촉한 상태가 유지된다 (도 11(b), 페이지 3 참조). 이 상태에서, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 3 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 는 두께 전단 변형된다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 3 참조). 이 때의 이동량은 페이지 3 에서 새롭게 공급된 2.0 V 와, 페이지 2 에서 공급되고 있던 1.0 V 의 전압의 차이의 절대값에 비례한다.
- [0073] 즉, 페이지 3 에 있어서는 도 8(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X1 축 정방향측으로 이동하면서, Y 축 정방향측으로 이동하여, 로터 (4) 에 접근한다. 동시에, 도 8(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 에 맞닿아, 로터 (4) 를 지지하면서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 와 동일하게, 로터 (4) 를 회전 방향 (R) 으로 구동한다.
- [0074] (페이지 4)
- [0075] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 -1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 전압을 공급한다.
- [0076] 그러면, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 Y 축 정방향측으로 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 의 변형이 진행되어 선단부 (31a) 가 로터 (4) 에 맞닿는다 (도 11(a), 페이지 4 참조). 동시에, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 의 X1 축 부방향측으로의 변형량은 감소한다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 4 참조). 이 때의 이동량은 페이지 4 에서 새롭게 공급된 -1.0 V 와, 페이지 3 에서 공급되고 있던 -2.0 V 의 전압의 차이의 절대값에 비례한다.

- [0077] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 에 정부가 역전된 -1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 전압을 공급한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 3.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 전압을 공급한다.
- [0078] 그러면, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 가 역방향으로 두께 전단 변형되고, 구동 부재 (32) 의 기부 (32b) 를 Y 축 부방향측으로 이동시킨다 (도 11(b), 페이지 4 참조). 동시에, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 의 X2 축 정방향측으로의 변형량은 증가한다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 4 참조). 이 때의 이동량은 페이지 4 에서 새롭게 공급된 3.0 V 와, 페이지 2 에서 공급되고 있던 2.0 V 의 전압의 차이의 절대값에 비례한다.
- [0079] 즉, 페이지 4 에 있어서는 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X1 축 정방향측으로 이동하면서 로터 (4) 에 맞닿아, 로터 (4) 를 지지하여 회전 방향 (R) 으로 구동시킨다. 동시에, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X2 축 정방향측으로 이동하면서, Y 축 부방향측으로 이동하여 로터 (4) 로부터 이간된다. 이것에 의해, 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재 (31, 32) 의 선단부 (31a, 32a) 에 의해, 로터 (4) 는 회전 방향 (R) 으로 구동된다. 동시에, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 로부터 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 로 로터 (4) 는 수수된다.
- [0080] 이 때, 도 11(a) 및 도 11(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 4 에 있어서, 쌍방의 구동 부재 (31, 32) 는 매우 단시간동안 로터 (4) 로부터 이간되는 경우가 있다. 이러한 경우에도, 로터 (4) 는 그 관성에 의해, Y 방향의 변위를 거의 하지 않고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 에 의해 지지되어 있던 위치에 머문다. 그 때문에, 로터 (4) 는 Y 방향의 대략 일정한 위치가 유지되고, 회전 방향 (R) 으로 구동된 상태에서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 에 의해 Y 방향에 지지되고, 회전 방향 (R) 으로 구동된다. 이것에 의해, 로터 (4) 는 Y 방향의 대략 일정한 위치에서, 지지축 (5) 을 중심으로 하여 회전을 계속한다.
- [0081] (페이지 5)
- [0082] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 발생시키는 전압을 0 V 로 하고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 공급하는 전압을 0 V 로 한다.
- [0083] 그러면, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 의 변형이 유지되어, 선단부 (31a) 가 로터 (4) 에 접촉한 상태가 유지된다 (도 11(a), 페이지 5 참조). 이 상태에서, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 가 원래의 형상으로 되돌아간다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 5 참조). 이 때의 선단부 (31a) 의 이동량은 페이지 4 에 있어서 제 2 압전 소자 (71) 에 공급되고 있던 전압의 절대값에 비례한다.
- [0084] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 의 전압을 -1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 발생시키는 전압을 0 V 로 하고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 공급하는 전압을 0 V 로 한다.
- [0085] 그러면, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 의 변형이 진행되어, 선단부 (32a) 가 로터 (4) 로부터 더욱 이간된다 (도 11(b), 페이지 5 참조). 동시에, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 5 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 는 원래의 형상으로 되돌아간다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 부방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 5 참조). 이 때의 선단부 (32a) 의 이동량은 페이지 4 에 있어서 제 2 압전 소자 (72) 에 공급되고 있던 전압의 절대값에 비례한다.

- [0086] 즉, 페이지 5 에 있어서는 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 로터 (4) 에 맞닿은 상태를 유지하여, 로터 (4) 를 지지하면서, X1 축 정방향측으로 이동하여, 로터 (4) 를 회전 방향 (R) 으로 구동시킨다. 동시에, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 Y 축 부방향측으로 이동하여, 로터 (4) 로부터 이간된 상태를 유지하면서, 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 과 반대인 X2 축 부방향측으로 이동한다.
- [0087] (페이지 6)
- [0088] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 전압을 공급한다.
- [0089] 그러면, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 의 변형이 유지되어, 선단부 (31a) 가 로터 (4) 에 접촉한 상태가 유지된다 (도 11(a), 페이지 6 참조). 이 상태에서, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 는 두께 전단 변형된다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 6 참조). 이 때의 이동량은 페이지 6 에서 새롭게 공급된 전압의 절대값에 비례한다.
- [0090] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 의 전압을 -1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 -3.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 전압을 공급한다.
- [0091] 그러면, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 의 변형이 유지되어, 선단부 (32a) 가 로터 (4) 로부터 이간된 상태가 유지된다 (도 11(b), 페이지 6 참조). 이 상태에서, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 6 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 는 두께 전단 변형된다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 부방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 6 참조). 이 때의 선단부 (32a) 의 이동량은 제 2 압전 소자 (72) 에 공급되는 전압의 절대값에 비례한다.
- [0092] 즉, 페이지 6 에 있어서는 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 로터 (4) 에 맞닿은 상태를 유지하여, 로터 (4) 를 지지하면서, X1 축 정방향측으로 이동하여, 로터 (4) 를 회전 방향 (R) 으로 구동한다. 동시에, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 로부터 이간된 상태를 유지하면서, 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 과 반대인 X2 축 부방향측으로 더욱 이동한다.
- [0093] (페이지 7)
- [0094] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 2.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 전압을 공급한다.
- [0095] 그러면, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 의 변형이 유지되어, 선단부 (31a) 가 로터 (4) 에 접촉한 상태가 유지된다 (도 11(a), 페이지 7 참조). 이 상태에서, 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 는 두께 전단 변형된다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 7 참조). 이 때의 이동량은 페이지 7 에서 새롭게 공급된 2.0 V 와, 페이지 6 에서 공급되고 있던 1.0 V 의 전압의 차이의 절대값에 비례한다.
- [0096] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 에 정부가 역전된 1.0 V 의

전압을 발생시키고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 전압을 공급한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 -2.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 전압을 공급한다.

[0097] 그러면, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 가 역방향으로 두께 전단 변형되고, 구동 부재 (32) 의 기부 (32b) 를 Y 축 정방향측으로 이동시킨다 (도 11(b), 페이지 7 참조). 동시에, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 7 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 의 X2 축 부방향측으로의 변형량은 감소한다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 7 참조). 이 때의 이동량은 페이지 7 에서 새롭게 공급된 -2.0 V 와, 페이지 6 에서 공급되고 있던 -3.0 V 의 전압의 차이의 절대값에 비례한다.

[0098] 즉, 페이지 7 에 있어서는 도 9(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 로터 (4) 에 맞닿은 상태를 유지하여, 로터 (4) 를 지지하면서, 로터 (4) 를 회전 방향 (R) 으로 구동한다. 동시에, 도 9(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X2 축 정방향측으로 이동하면서, Y 축 정방향측으로 이동하여, 로터 (4) 에 접근한다.

[0099] (페이지 8)

[0100] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 에 정부가 역전된 -1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 전압을 공급한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 3.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 전압을 공급한다.

[0101] 그러면, 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 가 역방향으로 두께 전단 변형되고, 구동 부재 (31) 의 기부 (31b) 를 Y 축 부방향측으로 이동시킨다 (도 11(a), 페이지 8 참조). 동시에, 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 의 X1 축 정방향측으로의 변형량은 증가한다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 8 참조). 이 때의 이동량은 페이지 8 에서 새롭게 공급된 3.0 V 와, 페이지 7 에서 공급되고 있던 2.0 V 의 전압의 차이의 절대값에 비례한다.

[0102] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 -1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 전압을 공급한다.

[0103] 그러면, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 의 변형이 진행되어, 선단부 (32a) 가 로터 (4) 에 맞닿는다 (도 11(b), 페이지 8 참조). 동시에, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 의 X2 축 부방향측으로의 변형량은 감소한다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 8 참조). 이 때의 이동량은 페이지 8 에서 새롭게 공급된 -1.0 V 와, 페이지 7 에서 공급되고 있던 -2.0 V 의 전압의 차이의 절대값에 비례한다.

[0104] 즉, 페이지 8 에 있어서는 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X1 축 정방향측으로 이동하면서, Y 축 부방향측으로 이동하여, 로터 (4) 로부터 이간된다. 동시에, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X2 축 정방향측으로 이동하면서, 로터 (4) 에 맞닿고, 로터 (4) 를 지지하여, 회전 방향 (R) 으로 구동시킨다. 이것에 의해, 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재 (31, 32) 의 선단부 (31a, 32a) 에 의해, 로터 (4) 는 회전 방향 (R) 으로 구동된다. 동시에, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 로부터 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 로 로터 (4) 가 수수된다.

[0105] 이 때, 도 11(a) 및 도 11(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 8 에 있어서, 쌍방의 구동 부재 (31, 32) 는 매우 단시간동안 로터 (4) 로부터 이간되는 경우가 있다. 이러한 경우에도, 로터 (4) 는 그 관성에 의해 Y 방향의 변위를 거의 하지 않고, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 에 의해 지지되어 있던 위치에

며문다. 그 때문에, 로터 (4) 는 Y 방향의 대략 일정한 위치가 유지되고, 회전 방향 (R) 으로 구동된 상태에서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 에 의해 Y 방향에 지지되고, 회전 방향 (R) 으로 구동된다.

이것에 의해, 로터 (4) 는 Y 방향의 대략 일정한 위치에서, 지지축 (5) 을 중심으로 하여 회전을 계속한다.

[0106] (페이지 9)

[0107] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 의 전압을 -1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 발생시키는 전압을 0 V 로 하고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 공급하는 전압을 0 V 로 한다.

[0108] 그러면, 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 의 변형이 진행되어, 선단부 (31a) 가 로터 (4) 로부터 더욱 이간된다 (도 11(a), 페이지 9 참조). 동시에 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 는 원래의 형상으로 되돌아간다. 이 때문에, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 부방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 9 참조). 이 때의 선단부 (31a) 의 이동량은 페이지 8 에 있어서 제 2 압전 소자 (7) 에 공급되고 있던 전압의 절대값에 비례한다.

[0109] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 발생시키는 전압을 0 V 로 하고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자 (72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 공급하는 전압을 0 V 로 한다.

[0110] 그러면, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 의 변형이 유지되어, 선단부 (32a) 가 로터 (4) 에 접촉한 상태가 유지된다 (도 11(b), 페이지 9 참조). 이 상태에서, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 9 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 는 원래의 형상으로 되돌아간다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 9 참조). 이 때의 선단부 (32a) 의 이동량은 페이지 8 에 있어서 제 2 압전 소자 (72) 에 공급되고 있던 전압의 절대값에 비례한다.

[0111] 즉, 페이지 9 에 있어서는 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 Y 축 부방향측으로 이동하여 로터 (4) 로부터 이간된 상태를 유지하면서, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 과 반대인 X1 축 부방향측으로 이동한다. 동시에, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 에 맞닿은 상태를 유지하여, 로터 (4) 를 지지하면서, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X1 축 정방향측으로 이동하여, 로터 (4) 를 회전 방향 (R) 으로 구동시킨다.

[0112] (페이지 10)

[0113] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 1 단자 (T1) 의 전압을 -1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 1 압전 소자 (61) 에, 제 1 배선 (11) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 3 단자 (T3) 에 -3.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 제 2 압전 소자 (71) 에, 제 3 배선 (13) 을 통하여 전압을 공급한다.

[0114] 그러면, 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (61) 의 변형이 유지되어, 선단부 (31a) 가 로터 (4) 로부터 이간된 상태가 유지된다 (도 11(a), 페이지 10 참조). 이 상태에서, 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 2 압전 소자 (71) 는 두께 전단 변형된다. 이것에 의해, 선단부 (31a) 는 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X1 축 부방향측으로 이동한다 (도 11(c), 페이지 10 참조). 이 때의 선단부 (31a) 의 이동량은 제 2 압전 소자 (71) 에 공급되는 전압의 절대값에 비례한다.

[0115] 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 2 단자 (T2) 의 전압을 1.0 V 로 유지하고, 도 6A 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 1 압전 소자 (62) 에, 제 2 배선 (12) 을 통하여 공급하는 전압을 유지한다. 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 4 단자 (T4) 에 1.0 V 의 전압을 발생시키고, 도 6B 에 나타내는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 제 2 압전 소자

(72) 에, 제 4 배선 (14) 을 통하여 전압을 공급한다.

- [0116] 그러면, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 Y 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자 (62) 의 변형이 유지되어, 선단부 (32a) 가 로터 (4) 에 접촉한 상태가 유지된다 (도 11(b), 페이지 10 참조). 이 상태에서, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 페이지 10 에 있어서, 제 2 압전 소자 (72) 는 두께 전단 변형된다. 이 때문에, 선단부 (32a) 는 기부 (32b) 및 베이스부 (2) 에 대하여, X2 축 정방향측으로 이동한다 (도 11(d), 페이지 10 참조). 이 때의 이동량은 페이지 10 에서 새롭게 공급된 전압의 절대값에 비례한다.
- [0117] 즉, 페이지 10 에 있어서는 도 10(a) 에 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 는 로터 (4) 로부터 이간된 상태를 유지하면서, 기부 (31b) 및 베이스부 (2) 에 대하여 X1 축 부방향측으로 더욱 이동한다. 동시에, 도 10(b) 에 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 는 로터 (4) 에 맞닿은 상태를 유지하여, 로터 (4) 를 지지하면서, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 X2 축 정방향측으로 이동하여, 로터 (4) 를 회전 방향 (R) 으로 구동한다.
- [0118] 페이지 11 이후는 상기 페이지 3 에서 페이지 10 까지의 동작과 동일한 동작이 반복 실시되고, 로터 (4) 의 회전이 계속된다. 이것에 의해, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 와 선단부 (3a) 와 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 에 의해, 교대로 (순서대로) 로터 (4) 의 Y 축 방향의 지지 및 회전 방향 (R) 의 구동이 이루어지고, 로터 (4) 가 지지축 (5) 둘레의 회전을 계속한다.
- [0119] 본 실시형태의 압전 액추에이터 (1) 는 각각의 구동 부재 (3) 를 지지축 (5) 의 평행한 방향 (제 1 방향) 으로 구동시키는 제 1 압전체 (6) 와, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 를 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향 (제 2 방향) 으로 구동시키는 제 2 압전 소자 (7) 가 별개로 독립적으로 형성되어 있다. 그 때문에, 각각의 방향의 진동을, 독립된 진동으로서 취출할 수 있다.
- [0120] 따라서, 구동 부재 (3) 에 의해 로터 (4) 를 회전시키고, 로터 (4) 와 구동 부재 (3) 를 상대 구동시킬 때, 종래보다 로터 (4) 를 안정적으로 회전시킬 수 있다. 또한, 기부 (3b) 를 개재하는 제 1 압전 소자 (6) 가 서로 상이한 방향으로 기부 (3b) 를 구동시키는 경우와 비교하여, 손실이 발생하기 어렵고, 에너지 효율을 향상시킬 수 있고, 압전 액추에이터 (1) 의 출력을 증대할 수 있다.
- [0121] 또한, 제 1 압전 소자 (6) 가 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 를 폭 (w3) 방향으로부터 개재하고, 제 1 압전 소자 (6) 가 구동 부재 (3) 를 폭 (w3) 방향과 상이한 지지축 (5) 에 평행한 방향으로 구동시킨다. 또한, 기부 (3b) 를 개재하는 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 의 치수 및 형상은 대략 동일하게 되어 있다. 이것에 의해, 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향의 강성을 균등하게 할 수 있다. 따라서, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 폭 (w3) 방향의 진동을 억제할 수 있다. 또한, 모든 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 를, 동일한 형상 및 치수로 함으로써, 제조를 용이하게 하여 생산성을 향상시킬 수 있다.
- [0122] 또한, 베이스부 (2) 에는 구동 부재 (3) 를 지지축 (5) 과 평행한 방향으로 구동 가능하게 유지하는 유지부 (2a) 가 형성되어 있다. 유지부 (2a) 에는 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향으로부터 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 를 지지하는 지지면 (2f) 이 형성되어 있다. 그 때문에, 지지면 (2f) 에 의해 제 1 압전 소자 (6) 를 지지하고, 제 1 압전 소자 (6) 를 개재하여 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 를 폭 (w3) 방향으로부터 지지할 수 있다. 이것에 의해, 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향의 강성을 보다 높이고, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 폭 (w3) 방향의 진동을 억제할 수 있다.
- [0123] 여기서, 제 1 압전 소자 (6) 는 두께 방향의 탄성 계수 (세로 탄성 계수) 가, 변형 방향의 탄성 계수 (가로 탄성 계수) 보다 크다. 또한, 제 2 압전 소자 (7) 도, 두께 방향의 탄성 계수 (세로 탄성 계수) 가, 변형 방향의 탄성 계수 (가로 탄성 계수) 보다 크다. 따라서, 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향의 강성을 높이고, 기부 (3b) 의 구동 방향의 강성을 낮게 할 수 있다. 이것에 의해, 기부 (3b) 의 폭 (w3) 방향의 이동을 방지하여 진동을 억제할 수 있다. 또한, 기부 (3b) 의 구동 방향의 변위를 용이하게 할 수 있다.
- [0124] 여기서, 본 실시형태의 구동 부재 (3) 는 각각의 선단부 (3a) 에 경사면 (S2, S3) 이 형성되고, 선단부 (3a) 의 접촉면 (S1) 에 평행한 단면적이 로터 (4) 에 가까워질수록 작아지는 앞이 가는 형상으로 형성되어 있다. 그 때문에, 접촉면 (S1) 을 연마하는 경우나, 접촉면 (S1) 이 경시적으로 마모된 경우에도, 경사면 (S2, S3) 이 형성되어 있지 않은 경우와 비교하여, 구동 부재 (3) 의 체적 감소를 억제할 수 있다. 따라서, 구동 부재 (3) 의 질량 감소를 최소한으로 할 수 있고, 지지 구동부 (1a) 의 고유 진동수의 변동을 무시할 수 있을 정도까지 저감시킬 수 있다. 이것에 의해, 지지 구동부 (1a) 를 계속적으로 공진 상태로 구동시키는 것이 가능해

지고, 압전 액추에이터 (1) 의 높은 출력을 장기간 유지할 수 있다.

- [0125] 또한, 유지부 (2a) 의 지지면 (2f) 은 도 5A 및 도 5B 에 나타내는 바와 같이, 구동 부재 (3) 의 지지축 (5) 에 평행한 방향으로 경사져 형성되고, 로터 (4) 로부터 이간되어 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 에 가까워질수록, 지지면 (2f, 2f) 끼리의 폭 (w_4) 이 좁게 되어 있다. 또한, 지지면 (2f, 2f) 끼리의 폭 (w_4') 은 저면 (2g) 보다 로터 (4) 측에서 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 와 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6) 의 폭 (w_5) 보다 좁게 되어 있다.
- [0126] 그 때문에, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 와 그것을 개재하는 제 1 압전 소자 (6, 6) 를, 로터 (4) 측으로부터 지지축 (5) 에 평행한 방향을 따라, 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 측으로 삽입하면, 지지면 (2f) 의 도중에서 기부 (3b) 와 제 1 압전 소자 (6) 는 폭 (w_4) 방향으로부터 지지면 (2f) 에 의해, 개재되어 지지된다. 이것에 의해, 구동 부재 (3) 를, 지지축 (5) 과 평행한 방향으로 위치 결정할 수 있다. 또한, 지지면 (2f) 은 구동 부재 (3) 의 로터 (4) 측으로의 구동을 규제하지 않기 때문에, 구동 부재 (3) 를 로터 (4) 측으로 구동 가능하게 유지할 수 있다.
- [0127] 또한, 지지면 (2f) 에 대향하는 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 측면 (3c) 은 지지면 (2f) 과 동일하게 경사져, 지지면 (2f) 과 대략 평행하게 형성되어 있다. 그 때문에, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 와 당해 기부 (3b) 를 개재하는 제 1 압전 소자 (6, 6) 를, 로터 (4) 측으로부터 지지축 (5) 에 평행한 방향을 따라 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 측으로 삽입할 때, 제 1 압전 소자 (6) 와 유지부 (2a) 의 지지면 (2f) 을 간극 없이 접촉시켜, 제 1 압전 소자 (6) 를 지지면 (2f) 에 압착할 수 있다. 이것에 의해, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 폭 (w_3) 방향의 진동을 억제할 수 있다.
- [0128] 또한, 지지면 (2f) 의 지지축 (5) 과 평행한 방향에 대한 경사 각도 (α) 가 2° 이상 6° 이하이므로, 구동 부재 (3) 의 지지축 (5) 과 평행한 방향에서의 위치 결정 오차를 허용 오차의 범위에 두는 것이 가능하게 된다. 여기서, 경사 각도 (α) 가 2° 보다 작으면, 위치 결정의 정밀도가 저하될 뿐만 아니라 제조가 곤란하게 된다. 또한 경사 각도 (α) 가 6° 보다 크면, 구동 부재 (3) 의 지지축 (5) 에 평행한 방향으로의 구동에 악영향이 발생한다. 본 실시형태에서는 경사 각도 (α) 를 4° 로 함으로써, 위치 결정 정밀도, 제조성, 및 구동성을 양호하게 할 수 있다.
- [0129] 또한, 구동 부재 (3) 가 유지부 (2a) 의 지지면 (2f) 에 의해 위치 결정된 중립 위치에 있어서, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 저면 (3d) 과 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 이, 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 의 구동 방향인 지지축 (5) 에 평행한 방향으로 이간되어 있다. 따라서, 구동 부재 (3) 를 중립 위치로부터 베이스부 (2) 측으로 구동할 수 있다. 또한, 본 실시형태에서는 구동 부재 (3) 를 중립 위치로부터 베이스부 (2) 측으로 구동시켰을 때에도, 기부 (3b) 의 저면 (3d) 과 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 이 이간되게 되어 있다. 따라서, 구동 부재 (3) 를 베이스부 (2) 측으로 구동시켰을 때, 기부 (3b) 의 저면 (3d) 과 유지부 (2a) 의 저면 (2g) 이 충돌하는 것을 방지하여, 구동 부재 (3) 의 구동에 충돌에 의한 악영향이 미치는 것을 방지할 수 있다.
- [0130] 또한, 구동 부재 (3) 가, 로터 (4) 를 지지하여 회전 방향 (R) 으로 구동시키는 선단부 (3a) 와, 1 쌍의 제 1 압전 소자 (6) 에 개재된 상태에서 베이스부 (2) 의 유지부 (2a) 에 유지된 기부 (3b) 를 구비하고 있다. 또한, 구동 부재 (3) 는 선단부 (3a) 와 기부 (3b) 사이에, 선단부 (3a) 를 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 유지부 (2a), 및 구동 부재 (3) 의 폭 (w_3) 방향으로 구동하는 제 2 압전 소자 (7) 를 구비하고 있다.
- [0131] 그 때문에, 구동 부재 (3) 를 폭 (w_3) 방향으로 구동함으로써, 로터 (4) 의 하면과 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 사이에, 회전 방향 (R) 의 접선 방향의 마찰력이 작용하고, 로터 (4) 를 회전 방향 (R) 으로 구동할 수 있다. 또한, 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 를, 각각 독립적으로 제어할 수 있다. 이것에 의해, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 의 지지축 (5) 을 따른 방향의 구동과, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 방향의 구동을 독립적으로 제어할 수 있다.
- [0132] 또한, 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 를 동시에 작동시키고, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 의 지지축 (5) 을 따른 방향의 구동과, 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 방향의 구동을 동시에 실시할 수 있다.
- [0133] 따라서, 도 8~도 10 에 나타내는 바와 같이, 로터 (4) 와 선단부 (3a) 의 접촉시 및 이간시에, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 를 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따라 이동시키고, 로터 (4) 의 회전을 방해하지 않고, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 로부터 제 2 세트의 구동 부재 (32) 로 로터 (4) 의 수수를 실시할 수 있다.
- [0134] 또한, 구동 부재 (3) 및 그 기부 (3b) 를 개재하는 2 쌍의 제 1 압전 소자 (6, 6) 를 3 개 구비한 구동 부재 (3) 의 세트가, 제 1 세트와 제 2 세트의 2 세트 구성되어 있다. 따라서, 각 세트를 상이한 타이밍으로 구

동할 수 있다. 또한, 각 세트의 구동 부재 (31, 32) 의 선단부 (31a, 32a) 에 의해 로터 (4) 를 3 점 지지할 수 있다. 따라서, 2 점 지지나 4 점 이상의 지지의 경우와 비교하여, 로터 (4) 의 지지를 안정적으로 실시할 수 있다.

[0135] 또한, 각 세트의 구동 부재 (31, 32) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 에 균등하게 배치되고, 제 1 세트와 제 2 세트의 구동 부재 (31, 32) 가 회전 방향 (R) 에 교대로 순서대로 배치되어 있다. 따라서, 로터 (4) 를 각 세트의 구동 부재 (31, 32) 에 의해 양호한 밸런스로 지지하고, 회전 방향 (R) 으로 효율적으로 구동할 수 있다.

[0136] 또한, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 가 구동하는 방향은 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 가 제 1 압전 소자 (6) 및 유지부 (2a) 의 지지면 (2f) 에 의해 개재되는 방향과 동일한 방향으로 되어 있다. 따라서, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 가 이송 구동 및 복귀 구동을 실시한 경우, 구동 방향의 전후로부터 구동 부재 (3) 의 기부 (3b) 를 지지할 수 있다. 따라서, 구동 부재 (3) 가 지지축 (5) 에 평행한 방향에서 어긋나는 것을 억제하여, 로터 (4) 의 구동에 악영향이 미치는 것을 방지할 수 있다.

[0137] 또한, 전원부 (10) 가, 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재 (31, 32) 에 위상차를 갖는 전압을 공급함으로써, 각 세트의 구동 부재 (31, 32) 에 의해, 각각 로터 (4) 를 구동할 수 있다.

[0138] 또, 전원부 (10) 가, 각 세트의 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 에 공급하는 전압의 위상차를 180°로 함으로써, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 와 제 2 세트의 구동 부재 (32) 에 의해, 교대로 순서대로 로터 (4) 를 구동할 수 있다.

[0139] 또한, 전원부 (10) 가, 각 세트의 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 에, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 가 로터 (4) 와의 접촉, 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향으로의 이송, 로터 (4) 로부터의 이간, 구동 부재 (3) 의 폭 (w3) 방향의 복귀를 순차적으로 반복하도록 전압을 공급함으로써, 로터 (4) 의 회전 구동을 연속적으로 실시할 수 있다.

[0140] 또한, 전원부 (10) 는 도 7 의 페이지 3, 7, 14 에 나타내는 바와 같이, 제 1 단자 (T1) 에 공급하는 전압과 제 2 단자 (T2) 에 공급하는 전압을 오버랩시키고 있다. 이것에 의해, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 로부터 제 2 세트의 구동 부재 (32) 로의 로터 (4) 의 수수를, 연속적이고 또한 순조롭게 실시하는 것이 가능하게 된다.

[0141] 또한, 전원부 (10) 는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 에 폭 (w3) 방향의 이송 구동을 시킬 때, 제 3 단자 (T3) 및 제 4 단자 (T4) 에 공급하는 전압의 증가율 (경사) 과, 복귀 구동을 시킬 때의 전압의 감소율 (경사) 을 상이하게 하고 있다. 예를 들어 제 3 단자 (T3) 에 있어서, 선단부 (3a) 를 이송 구동시키는 페이지 2~페이지 8 까지의 각 페이지에서 전압을 1.0 V 씩 상승시키고, 선단부 (3a) 를 복귀 구동시키는 페이지 9~페이지 10 까지의 각 페이지에서 전압을 3.0 V 씩 감소시키고 있다. 이것에 의해, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 의 이송 구동 시간을, 복귀 구동 시간보다 길게 할 수 있고, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 와 로터 (4) 의 접촉 시간을 길게 할 수 있다. 따라서, 구동 부재 (3) 의 동력을, 보다 효율적으로 로터 (4) 에 전달할 수 있다.

[0142] 또한, 전원부 (10) 가 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 에 공급하는 전압의 주파수는 제 1 압전 소자 (6), 제 2 압전 소자 (7), 구동 부재 (3), 및 베이스부 (2) 로 이루어지는 지지 구동부 (1a) 의 공진 진동의 진동수와 대략 동일하게 되어 있다. 그 때문에, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 에 의한 로터 (4) 의 이송 구동 및 복귀 구동의 진폭을 보다 크게 할 수 있다. 지지 구동부 (1a) 의 공진 진동의 주파수는 베이스부 (2), 압전 소자, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 및 기부 (3b) 의 재질을 적절히 선정함으로써 조정할 수 있다.

[0143] 또한, 본 실시형태에서는 도 7 에 나타내는 바와 같이, 제 1 단자 (T1) 및 제 2 단자 (T2) 로부터 각 세트의 구동 부재 (31, 32) 의 제 1 압전 소자 (61, 62) 에 공급되는 전압의 주기와, 제 3 단자 (T3) 및 제 4 단자 (T4) 로부터 각 세트의 제 2 압전 소자 (71, 72) 에 공급되는 전압의 주기가 동일하게 되어 있다. 따라서, 구동 부재 (31, 32) 의 지지축 (5) 에 평행한 방향의 구동의 진동수와, 구동 부재 (31, 32) 의 폭 (w31, w32) 방향의 선단부 (31a, 32a) 의 구동의 진동수가 동일해진다. 이것에 의해, 지지축 (5) 에 평행한 방향의 구동 부재 (31, 32) 의 진폭과, 구동 부재 (31, 32) 의 폭 (w31, w32) 방향의 선단부 (31a, 32a) 의 진폭을 최대 진폭으로 할 수 있다.

[0144] 또한, 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 단면적이 로터 (4) 에 가까워질수록, 작아지도록 앞이 가는 형상으로 형성되어 있다. 따라서, 선단부 (3a) 를 직육면체 형상으로 형성하는 경우와 비교하여, 선단부 (3a) 와 로터 (4) 의 접촉 면적을 감소시키고, 선단부 (3a) 의 마모에 의한 선단부

(3a)의 체적 변화율을 작게 할 수 있다. 이것에 의해, 선단부 (3a)의 마모에 의한 선단부 (3a)의 중량 변화를 작게 할 수 있고, 구동 부재 (3)의 공진 주파수의 변화를 작게 할 수 있다. 또한, 선단부 (3a)를 육각 기둥 형상으로 함으로써, 그 밖의 형상과 비교하여, 선단부 (3a)의 강성을 높게 할 수 있다.

[0145] 또한, 지지축 (5)과 대략 평행하게 형성되고 구동 부재 (3)의 폭 (w3)방향과 대략 수직으로 교차하는 베이스부 (2)의 측면 (2c)에, 홈부 (2d)가 형성되어 있다. 즉, 홈부 (2d)는 베이스부 (2)를 통하여 전파하는 지지축 (5)과 대략 평행한 방향의 진동에 대하여, 대략 수직으로 교차하도록 형성되어 있다. 그 때문에, 홈부 (2d)에 의해 진동을 흡수하고, 베이스부 (2)에 의한 진동의 전파를 감소시킬 수 있다.

[0146] 또한, 제 1 압전 소자 (6)가, 로터 (4)와 홈부 (2d)사이에 형성되어 있다. 따라서, 베이스부 (2)의 로터 (4)와 반대측으로부터 홈부 (2d)를 넘어 전파되는 진동을 감소시킬 수 있다.

[0147] 또한, 베이스부 (2)의 구동 부재 (3)를 유지하는 유지부 (2a)와 반대측의 단부가 장착부 (101a)에 고정되고, 홈부 (2d)는 구동 부재 (3)보다 장착부 (101a)에 가까운 위치에 형성되어 있다. 그 때문에, 장착부 (101a)의 진동이 베이스부 (2)에 전파된 경우에도, 구동 부재 (3)로부터 비교적 먼 위치에서 진동을 감소시키고, 장착부 (101a)의 진동이 구동 부재 (3)의 구동에 악영향을 미치는 것을 방지할 수 있다.

[0148] 또한, 홈부 (2d)의 지지축 (5)에 평행한 방향의 폭 (w1)은 베이스부 (2)의 진동의 진폭보다 크게 되어 있다. 그 때문에, 홈부 (2d)양측의 베이스부 (2)끼리가 충돌하는 것을 방지할 수 있다.

[0149] 또, 홈부 (2d)의 지지축 (5)에 평행한 방향의 폭 (w1)은 베이스부 (2), 구동 부재 (3), 제 1 압전 소자 (6), 및 제 2 압전 소자 (7)로 이루어지는 지지 구동부 (1a)의 공진 진동의 진폭보다 크게 되어 있다. 따라서, 지지 구동부 (1a)가 공진 상태로 진동한 경우에도, 홈부 (2d)양측의 베이스부 (2)끼리가 충돌하는 것을 방지할 수 있다.

[0150] 또한, 홈부 (2d)의 깊이 (d1)를 베이스부 (2)의 반경의 40 % 이상 80 % 이하로 함으로써, 베이스부 (2)의 강도를 충분히 확보하면서, 충분한 진동의 전파 억제 효과를 얻을 수 있다.

[0151] 또한, 베이스부 (2)와 지지축 (5)사이에, 간극 (2e)이 형성되어 있기 때문에, 베이스부 (2)로부터 지지축 (5)에 전파되는 진동을 감소시킬 수 있다. 또한, 지지축 (5)으로부터 베이스부 (2)에 전파되는 진동을 감소시킬 수 있다. 따라서, 구동 부재 (3)및 로터 (4)의 구동에 악영향이 미치는 것을 방지할 수 있다.

[0152] 다음으로, 본 실시형태의 압전 액추에이터 (1)를 구비한 렌즈 경통의 일례로서, 교환 렌즈에 관해서 설명한다. 본 실시형태의 교환 렌즈는 도시하지 않은 카메라 본체와 함께 카메라 시스템을 형성하는 것이고, 카메라 본체에 착탈 가능하게 장착된다. 교환 렌즈는 공지된 AF (오토 포커스)제어에 따라 합초 동작을 실시하는 AF 모드와, 촬영자로부터의 수동 입력에 따라 합초 동작을 실시하는 MF (매뉴얼 포커스)모드가 전환 가능하게 되어 있다.

[0153] 도 12는 본 실시형태의 교환 렌즈 (100)를 나타내는 분해 사시도이다.

[0154] 도 12에 나타내는 바와 같이, 교환 렌즈 (100)는 고정통 (101)과, 외통 (102)과, 포커스 조작통 (103)과, 구동부 (104)를 구비하고 있다. 도 12에서는 도시를 생략하는데, 고정통 (101)의 내측에는 렌즈군실 및 유지통에 유지된 3군 구성의 렌즈군이 형성되어 있다. 각 렌즈군은 광축 방향에 배치되고, 줌 동작시에 사용되는 1쌍의 렌즈군과, 그 사이에 형성되고 합초 동작에 사용되는 렌즈군에 의해 구성되어 있다.

[0155] 구동부 (104)는 AF 제어시에 도시하지 않은 AF 제어부로부터의 신호에 따라, 포커스 조작통 (103)을 광축 둘레에 회전시키는 부분이다.

[0156] 구동부 (104)는 지지부 (105), 압전 액추에이터 (1), 포커스 조작통측 기어 (103a), 및 커버 (108)를 구비하고 있다.

[0157] 지지부 (105)는 압전 액추에이터 (1)를 고정통 (101)에 대하여 지지하는 부분이다. 지지부 (105)는 장착부 (101a)및 베어링부 (101b)를 구비하고 있다.

[0158] 장착부 (101a)는 압전 액추에이터 (1)의 일단측을 지지한다. 장착부 (101a)는 고정통 (101)의 외주면의 일부에서 그 외경측으로 플랜지상으로 돌출되어 형성된 부분이고, 고정통 (101)에 일체적으로 형성되어 있다.

[0159] 베어링부 (101b)는 장착부 (101a)와 동일하게, 고정통 (101)의 외주면의 일부에서 그 외경측으로 돌출되어 고정통 (101)에 일체적으로 형성되고, 압전 액추에이터 (1)의 로터 (4)에 일단측이 고정된 회전축 (106)의

타단축을 지지하도록 형성되어 있다.

- [0160] 압전 액추에이터 (1) 는 베이스부 (2) 의 단부가 장착부 (101a) 에 고정되어 있다.
- [0161] 회전축 (106) 의 일단축에는 출력축 기어 (107) 가 형성되고, 타단축은 로터 (4) 와 일체적으로 고정되어 있다.
회전축 (106) 은 압전 액추에이터 (1) 의 지지축 (5) (도 2 참조) 과 동축 상에 독립적으로 형성되어 있다.
출력축 기어 (107) 는 포커스 조작통 (103) 에 형성된 포커스 조작통축 기어 (103a) 와 맞물려 있다.
- [0162] 커버 (108) 는 상기 서술한 압전 액추에이터 (1) 를 보호하기 위한 것으로, 고정통 (101) 에 대하여 도시하지 않은 비스 등에 의해 고정되어 있다.
- [0163] 교환 렌즈 (100) 는 외통 (102) 을 개재하여 카메라 본체에, 자유롭게 착탈될 수 있도록 형성되어 있다.
- [0164] 교환 렌즈 (100) 는 AF 모드에 있어서, 예를 들어 카메라 본체에 형성된 AF 제어부로부터의 신호에 따라, 압전 액추에이터 (1) 의 전원부 (10) 가 작동되고, 압전 액추에이터 (1) 의 로터 (4) 가 회전한다. 로터 (4) 의 회전에 의해, 회전축 (106) 이 회전하고, 그 회전에 의해 포커스 조작통 (103) 을 광축 둘레에 회전시킨다.
포커스 조작통 (103) 은 그 회전에 의해 도시를 생략한 포커스용 캠 기구를 개재하여, 합초 동작에 사용되는 렌즈군을 광축 방향으로 진퇴 동작시킨다. 이상에 의해, 교환 렌즈 (100) 에 있어서, AF 동작이 실시된다.
- [0165] 한편, MF 모드에 있어서, 포커스 조작통 (103) 은 촬영자에 의해, 수동으로 광축 둘레에 회전 조작된다. 포커스 조작통 (103) 은 AF 모드와 동일하게, 그 회전에 의해, 합초 동작에 사용되는 렌즈군을 광축 방향으로 진퇴 동작시킨다. 이상에 의해, 교환 렌즈 (100) 에 있어서, MF 동작이 실시된다.
- [0166] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시형태의 교환 렌즈 (100) 에 의하면, 상이한 2 방향의 진동을 각각 독립된 진동으로서 취출할 수 있고, 출력을 증대시킬 수 있는 압전 액추에이터 (1) 를 구비하고 있기 때문에, AF 모드에 있어서의 전력 소비량을 감소시킬 수 있다.
- [0167] 또한, 중간 기어나 최종 기어 등을 사용하지 않고, 압전 액추에이터 (1) 의 동력을 다이렉트로 포커스 조작통 (103) 에 전달할 수 있다. 따라서, 에너지의 손실이 적고, 에너지 절약 효과가 얻어진다. 또한, 부품 점수의 삭감이 가능하게 된다.
- [0168] 또한, 본 실시형태는 여러 가지 변형하여 실시할 수 있다. 예를 들어, 베이스부는 지지축을 둘러싸도록 형성되어 있으면, 복수로 분할되어 있어도 되고, 지지축을 완전히 둘러싸고 있지 않아도 된다. 예를 들어 지지축을 둘러싸는 원주 상의 절반에 기울어 배치되어 있어도 되고, 지지축을 양측으로부터 개재한 배치여도 된다.
- [0169] 또한, 상기 서술한 실시형태에서는 구동 부재를 지지축과 평행한 방향으로 구동하는 제 1 압전 소자가, 구동 부재를 개재하도록 1 쌍 형성되어 있는 경우에 대해서 설명하였다. 이것 대신에, 제 1 압전 소자는 구동 부재의 일방의 측면에만 형성되어 있어도 된다. 또, 두께 방향으로 변위되는 압전 소자를 제 1 압전 소자로서 사용하고, 베이스부 유지부의 저면과 구동 부재 기부부의 저면 사이에, 제 1 압전 소자를 배치하도록 해도 된다.
이 경우에는 베이스부에 형성된 유지부의 지지면에 의해, 로터의 회전 방향을 따른 유지부의 폭 방향의 양측으로부터 압전 소자를 개재하지 않고, 기부를 직접 지지한다. 그리고, 기부를 지지축과 평행한 방향으로 슬라이드 가능하게 유지하는 가이드부로서 지지면을 기능시키도록 해도 된다.
- [0170] 또한, 상기 서술한 실시형태에서는 제 1 압전 소자 및 제 2 압전 소자를 구비하는 구동 부재의 세트를 2 세트 구비하는 경우에 대해서 설명했는데, 구동 부재의 세트는 3 세트 이상이어도 된다. 또, 구동 부재의 세트가 구비하는 구동 부재의 수는 1 개, 2 개, 혹은 4 개 이상이어도 된다. 예를 들어, 상기 서술한 실시형태에 있어서, 베이스부의 대각에 배치된 2 개의 구동 부재를 1 세트로 하여, 구동 부재의 세트를 3 세트 구성해도 된다. 이 경우에는 각 세트의 전압의 위상차를 예를 들어 120 도로 할 수 있다. 이것에 의해, 항상 2 세트의 구동 부재에 의해, 로터를 지지·회전시킬 수 있다. 구동 부재의 각 세트의 전압의 위상차는 360 도를 세트수로 나눈 값 (즉 2 세트의 경우에는 180 도, 3 세트의 경우에는 120 도) 으로 하면 된다.
- [0171] 또한, 상기 서술한 실시형태에서는 제 1 압전 소자가 구동 부재의 기부를 개재하는 방향 (제 2 방향) 과, 제 2 압전 소자가 구동 부재의 선단부를 구동하는 방향 (제 3 방향) 이 동일한 경우에 대해서 설명했는데, 이들을 상이하하게 해도 된다. 예를 들어, 제 3 방향을 구동 부재의 폭 (w3) 방향과 교차하고, 또한 로터의 회전 방향을 따른 방향으로 함으로써, 로터를 회전시키기 쉽게 해도 된다.
- [0172] 또한, 베이스부의 지지면은 지지축과 평행한 방향 (제 1 방향) 에 대하여, 경사져 있지 않아도 된다. 예를

들어, 도 13A 에 나타내는 바와 같이, 유지부에 제 1 압전 소자 유지부의 저면측의 단부를 거는 돌기상의 걸림부를 형성해도 된다. 또, 도 13B 에 나타내는 바와 같이, 제 1 압전 소자 유지부의 저면측의 단부를 기부의 저면보다 돌출시켜 위치 결정부로서 기능시키고, 위치 결정부를 유지부의 저면에 당게 함으로써 위치 결정해도 된다.

[0173] 또한, 베이스부와 지지축 사이의 간극은 베이스부의 강도 확보의 관점에서 홈부의 유지부측의 가장자리까지 형성하도록 해도 된다.

[0174] 또, 전원부의 각 단자로부터 제 1 압전 소자 및 제 2 압전 소자로 공급하는 전압을, 정현파나 정현파상의 전압파형으로 해도 된다.

[0175] 먼저, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 구동 부재의 세트가 제 1 세트와 제 2 세트의 2 세트 구성되고, 전원부의 제 1 단자와 제 2 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 이고, 제 3 단자와 제 4 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 인 경우를 예로 도 14 를 사용하여 설명한다.

[0176] 도 11(a)~도 11(d) 와 동일하게, 도 14(a) 는 제 1 세트의 구동 부재 선단부의 Y 방향의 변위를 나타내고, 도 14(b) 는 제 2 세트의 구동 부재의 Y 방향의 변위를 나타내고 있다. 또한, 도 14(c) 는 제 1 세트의 구동 부재의 X1 방향의 변위를 나타내고, 도 14(d) 는 제 2 세트의 X2 방향의 변위를 나타내고 있다 (도 8~도 10 참조).

[0177] 전원부의 제 1 단자와 제 2 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 인 경우, 도 14(a) 및 도 14(b) 에 나타내는 바와 같이, Y 축 방향으로 구동하는 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재의 선단부는 180° 의 위상차를 갖는 정현파상의 궤적을 그린다. 이 때, 제 1 세트의 구동 부재의 선단부는 도 14(a) 에 굵은 선으로 나타내는 바와 같이, Y 축 방향의 변위가 접촉 위치 (y_1) 를 넘으면 로터와 접촉한다 (도 8~도 10 참조). 또한, 도 14(b) 에 굵은 선으로 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재의 선단부도 동일하게 로터와 접촉한다.

[0178] 여기서, 도 14(a) 에 나타내는 제 1 세트의 구동 부재의 궤적과, 도 14(b)에 나타난 제 2 세트의 구동 부재의 궤적은 180° 의 위상차를 갖고 있다. 그 때문에, 제 1 세트의 구동 부재의 선단부와, 제 2 세트의 구동 부재의 선단부가, 로터에 교대로 접촉하여, 로터를 지지한다 (도 8~도 10 참조). 이 때, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 쌍방의 구동 부재의 선단부가 로터로부터 이간되는 기간이 존재한다. 그러나, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 그 동안에, 로터는 그 관성에 의해 Y 방향으로 거의 변위되지 않는다.

[0179] 동일하게, 전원부의 제 2 단자와 제 3 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 인 경우, 도 14(c) 및 도 14(d) 에 나타내는 바와 같이, X1 축 방향 및 X2 축 방향으로 구동하는 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재의 선단부는 정현파상의 궤적을 그리게 된다 (도 8~도 10 참조).

[0180] 여기서, 도 14(c) 에 굵은 선으로 나타내는 바와 같이, 제 1 세트의 구동 부재의 선단부는 로터와 접촉하고 있는 동안 (도 14(a) 에 나타내는 굵은 선 부분 동안) 에, 로터의 회전 방향을 따른 X1 축 정방향으로 이동한다 (도 8~도 10 참조). 또한, 도 14(d) 에 굵은 선으로 나타내는 바와 같이, 제 2 세트의 구동 부재의 선단부도 동일하게, 로터와 접촉하고 있는 동안 (도 14(b) 에 나타내는 굵은 선 부분 동안) 에, 로터의 회전 방향을 따른 X2 축 정방향으로 이동한다.

[0181] 따라서, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 로터는 제 1 세트의 구동 부재와 제 2 세트의 구동 부재에 의해, 교대로 회전 방향으로 구동된다 (도 8~도 10 참조).

[0182] 다음으로, 구동 부재의 세트가 제 1 세트~제 3 세트의 3 세트 구성되고, 전원부의 각 단자에 120° 의 위상차를 갖는 정현파, 또는 정현파상의 전압 파형을 발생시키는 경우에 대해서, 도 15 를 사용하여 설명한다. 이 경우, 전원부로서, 상기 서술한 제 1 단자~제 4 단자에 더하여, 제 3 세트의 구동 부재의 제 1 압전 소자와 제 2 압전 소자에 각각 전압을 공급하는 제 5 단자와 제 6 단자를 구비한 것을 사용한다. 또한, 제 1 세트의 구동 부재의 X1 방향 및 제 2 세트의 구동 부재의 X2 방향 (도 8~도 10 참조) 과 동일하게, 지지축에 수직이고 로터의 회전 방향을 따른 제 3 세트의 구동 부재의 폭 방향 (유지부의 폭 방향) 을 X3 방향으로 한다.

[0183] 도 15(a) 는 제 1 세트~제 3 세트의 구동 부재 선단부의 Y 방향의 변위를 나타내고, 도 15(b) 는 제 1 세트~제 3 세트의 구동 부재 선단부의 X1~X3 방향의 변위를 나타내고 있다. 도 15(a) 및 도 15(b) 에서는 제 1 세트의 구동 부재의 선단부의 궤적을 실선, 제 2 세트의 구동 부재의 선단부의 궤적을 파선, 제 3 세트의 구동 부재의 궤적을 일점쇄선으로 나타내고 있다.

- [0184] 전원부가 각 세트의 제 1 압전 소자에 공급하는 전압 파형이, 120° 의 위상차를 갖는 경우, 도 15(a) 에 나타내는 바와 같이, Y 축 방향으로 구동하는 각 세트의 구동 부재의 선단부는 120° 의 위상차를 갖는 정현파상의 궤도를 그린다. 이 때, 각 세트의 구동 부재의 선단부는 도 15(a) 에 굵은 선으로 나타내는 바와 같이, Y 축 방향의 변위가 접촉 위치 (y_1) 를 넘으면, 로터와 접촉한다 (도 8~도 10 참조).
- [0185] 여기서, 도 15(a) 에 나타내는 각 세트의 구동 부재의 궤적은 120° 의 위상차를 갖고 있다. 그 때문에, 각 세트의 구동 부재의 선단부는 로터에 순서대로 접촉하여, 로터를 지지한다 (도 8~도 10 참조). 이 때, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 각 세트의 구동 부재의 선단부가 로터로부터 이간되는 기간이 존재한다. 그러나, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 그 동안에, 로터는 그 관성에 의해 Y 방향으로 거의 변위되지 않는다.
- [0186] 동일하게, 전원부가 각 세트의 제 2 압전 소자에 공급하는 전압 파형이, 120° 의 위상차를 갖는 경우, 도 14(b) 에 나타내는 바와 같이, X1~X3 축 방향으로 구동하는 각 세트의 구동 부재의 선단부는 정현파상의 궤도를 그리게 된다 (도 8~도 10 참조).
- [0187] 여기서, 도 15(b) 에 굵은 선으로 나타내는 바와 같이, 각 세트의 구동 부재의 선단부는 로터와 접촉하고 있는 동안 (도 15(a) 에 나타내는 굵은 선 부분 동안) 에, 로터의 회전 방향을 따른 X1~X3 축 정방향으로 이동한다 (도 8~도 10 참조).
- [0188] 따라서, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 로터는 각 세트의 구동 부재에 의해, 순서대로 회전 방향으로 구동된다 (도 8~도 10 참조).
- [0189] 상기 서술한 실시형태에서는 베이스부 (2) 는 예를 들어 스테인리스강 등의 금속 재료에 의해 중공 원통상으로 형성되어 있다고 하였다. 다른 실시형태에 있어서, 베이스부 (2) 의 전부 또는 일부가 탄성을 갖는 탄성체에 의해 형성할 수 있다. 즉, 베이스부 (2) 의 적어도 일부가 탄성을 가질 수 있다. 이 실시형태에 있어서, 예를 들어 베이스부 (2) 의 실질적으로 전부, 또는 적어도 볼록부 (2h, 2i) (도 4) 를 탄성체로 할 수 있다. 여기서, 베이스부 이외의 압전 액추에이터 (1) 의 구성은 상기 서술한 실시형태와 동일하게 할 수 있다.
- [0190] 이 실시형태에 있어서, 전원부 (10) 가 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 에 공급하는 전압의 주파수는 제 1 압전 소자 (6), 제 2 압전 소자 (7), 구동 부재 (3), 및 베이스부 (2) 로 이루어지는 지지 구동부 (1a) 의 공진 주파수와 대략 동일하게 할 수 있다. 또한, 전원부 (10) 의 각 단자로부터 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 로 공급하는 전압의 파형은 정현파로 할 수 있다. 대체적으로, 공급하는 전압의 주파수가 지지 구동부 (1a) 의 공진 주파수와 대략 동일하면, 직사각형파 등의 다른 파형으로 할 수 있다.
- [0191] 여기서, 베이스부 (2) 의 적어도 일부가 탄성체로 형성되고, 공급하는 전압의 파형이 정현파인 경우의 작용을, 도 16 및 도 17A~도 17D 를 사용하여 설명한다.
- [0192] 도 16 및 도 17A~도 17D 에서는 로터 (4) 의 회전 방향 (R) 을 따른 방향을 X4 방향으로 하고, 지지축 (5) 에 평행한 방향을 Y 방향으로 하는 좌표계를 사용한다.
- [0193] 도 16 및 도 17A~도 17D 에 있어서, 상기 서술한 실시형태와 동일하게, 구동 부재의 세트는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 및 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 2 세트로 구성되고, 전원부 (10) 의 제 1 단자와 제 2 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 이고, 제 3 단자와 제 4 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 이다.
- [0194] 또, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 베이스부 (2) 에 형성된 6 개의 볼록부 (돌기) 중, 회전 방향의 진행되는 측에 제 2 세트의 구동 부재 (32) 가 위치하는 3 개의 볼록부를 제 1 볼록부 (2h) 로 하고, 회전 방향의 진행되는 측에 제 1 세트의 구동 부재 (31) 가 위치하는 3 개의 볼록부를 제 2 볼록부 (2i) 로 한다. 제 1 볼록부 (2h) 및 제 2 볼록부 (2i) 는 탄성을 갖는다.
- [0195] 도 16(a) 에서는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 선단부 (31a) 의 Y 방향의 변위를 굵은 선으로 나타내고, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 개재하는 제 1 압전 소자 (61) 의 Y 방향의 두께 전단 변형량을 실선으로 나타내고, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 지지하는 지지면 (2f) 의 Y 방향의 변위를 파선으로 나타내고 있다.
- [0196] 도 16(b) 에서는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 선단부 (32a) 의 Y 방향의 변위를 굵은 선으로 나타내고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 개재하는 제 1 압전 소자 (62) 의 Y 방향의 두께 전단 변형량을 실선으로 나타내고, 제

2 세트의 구동 부재 (32) 를 지지하는 지지면 (2f) 의 Y 방향의 변위를 파선으로 나타내고 있다.

- [0197] 도 16(c) 에서는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 의 선단부 (31a) 의 X4 방향의 변위를 굵은 선으로 나타내고, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 에 형성된 제 2 압전 소자 (71) 의 X4 방향의 두께 전단 변형량을 실선으로 나타내고, 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 지지하는 지지면 (2f) 의 X4 방향의 변위를 파선으로 나타내고 있다.
- [0198] 도 16(d) 에서는 제 2 세트의 구동 부재 (32) 의 선단부 (32a) 의 X4 방향의 변위를 굵은 선으로 나타내고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 에 형성된 제 2 압전 소자 (72) 의 X4 방향의 두께 전단 변형량을 실선으로 나타내고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 지지하는 지지면 (2f) 의 X4 방향의 변위를 파선으로 나타내고 있다.
- [0199] 전원부 (10) 의 제 1 단자와 제 2 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 인 경우, 도 16(a) 및 도 16(b) 에 나타내는 바와 같이, Y 축 방향으로 구동하는 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 는 180° 의 위상차를 갖는 정현파상의 궤적을 그린다. 또한, 전원부 (10) 의 제 3 단자와 제 4 단자에 발생하는 정현파의 전압 파형의 위상차가 180° 인 경우, 도 16(c) 및 도 16(d) 에 나타내는 바와 같이, X4 축 방향으로 구동하는 제 1 세트 및 제 2 세트의 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 는 180° 의 위상차를 갖는 정현파상의 궤적을 그린다. 이 때, 이 구동 부재 (3) 의 진동에 의해, 베이스부 (2) 가 공진함과 함께, 베이스부 (2) 의 적어도 일부가 탄성 변형된다. 본 실시형태에 있어서, 베이스부 (2) 에 형성되고 구동 부재 (3) 를 지지하는 지지부 (2f) 가 변위된다.
- [0200] 도 16 의 A 점에서는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 는 Y 방향으로 정의 변위를 하는 것에 대해, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 는 Y 방향으로 부의 변위를 한다. 제 1 블록부 (2h) 에, 전단력이 발생하는 결과, 도 17A 에 나타내는 바와 같이, 제 1 블록부 (2h) 는 이 전단력에 의해, Y 방향으로 전단 변형된다. 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 Y 방향으로 정의 변위를 발생시키고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 Y 방향으로 부의 변위를 발생시킨다.
- [0201] 도 16 의 B 점에서는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 는 Y 방향으로 부의 변위를 하는 것에 대해, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 는 Y 방향으로 정의 변위를 한다. 제 1 블록부 (2h) 에, 전단력이 발생하는 결과, 도 17B 에 나타내는 바와 같이, 제 1 블록부 (2h) 는 이 전단력에 의해, Y 방향으로 전단 변형된다. 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 Y 방향으로 부의 변위를 발생시키고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 Y 방향으로 정의 변위를 발생시킨다.
- [0202] 도 16 의 C 점에서는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 는 X4 방향으로 정의 변위를 하는 것에 대해, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 는 X4 방향으로 부의 변위를 한다. 제 1 블록부 (2h) 에, 압축력이 발생하는 결과, 도 17C 에 나타내는 바와 같이, 제 1 블록부 (2h) 는 이 압축력에 의해, 로터의 회전 방향으로 압축 변형된다. 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 X4 방향으로 정의 변위를 발생시키고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 X4 방향으로 부의 변위를 발생시킨다.
- [0203] 도 16 의 D 점에서는 제 1 세트의 구동 부재 (31) 는 X4 방향으로 부의 변위를 하는 것에 대해, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 는 X4 방향으로 정의 변위를 한다. 제 1 블록부 (2h) 에, 인장력이 발생하는 결과, 도 17D 에 나타내는 바와 같이, 제 1 블록부 (2h) 는 이 인장력에 의해, 로터의 회전 방향으로 인장 변형된다. 제 1 세트의 구동 부재 (31) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 X4 방향으로 부의 변위를 발생시키고, 제 2 세트의 구동 부재 (32) 를 지지하는 지지부 (2f) 는 X4 방향으로 정의 변위를 발생시킨다.
- [0204] 여기서는 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 의 구동에 의한 제 1 블록부 (2h) 의 탄성 변형과 그것에 의한 지지부 (2f) 의 변위에 대해서 설명했는데, 제 2 블록부 (2i) 도 제 1 블록부 (2h) 와 위상을 180° 상이하게 하여 동일하게 변형된다.
- [0205] 본 실시형태에 있어서, 제 1 블록부 (2h) 및 제 2 블록부 (2i) 의 탄성 변형에 의해, 지지부 (2f) 는 구동 부재의 변위와 동일한 주기로 변위된다. 구동 부재 (3) 의 선단부 (3a) 의 변위는 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 의 두께 전단 변형에 의한 변위와 지지부 (2f) 의 변위를 더하여 합한 것이 된다.
- [0206] 본 실시형태에 있어서, 제 1 압전 소자 (6) 및 제 2 압전 소자 (7) 의 두께 전단에 의한 변위에 더하여, 베이스부 (2) 의 탄성 변형에 의한 변위를 이용함으로써, 구동 부재가 보다 큰 진폭으로 구동한다. 이것에 의해, 압전 액추에이터의 출력을 증대시킬 수 있어, 구동에 요하는 전압을 저전압화할 수 있다. 또한, 베이스부 (2) 도 포함한 지지 구동부 (1a) 를 공진시킴으로써, 베이스부에 형성된 블록부 면내의 굽힘 및 면외의 굽힘에 의한 진동을 이용하여, 그 효과를 최대한으로 발휘시킬 수 있다.

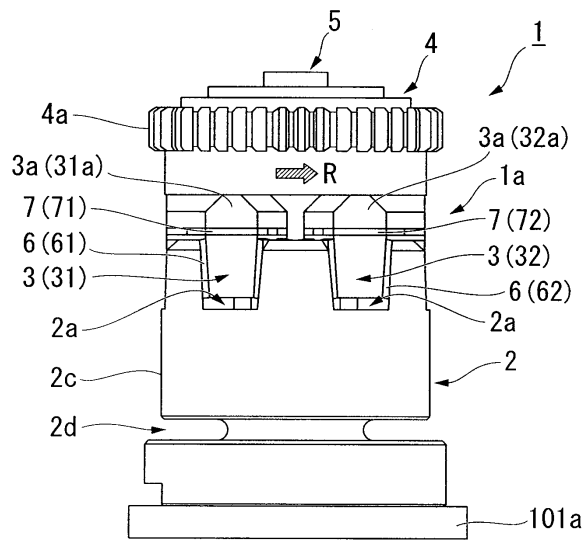
부호의 설명

[0207]

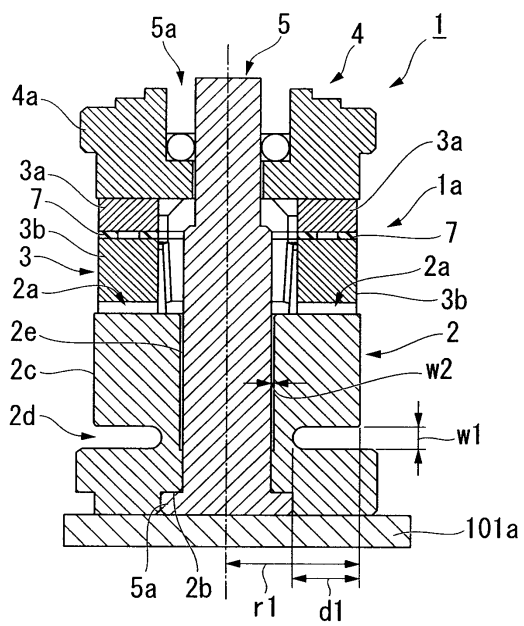
- 1 : 압전 액추에이터
- 1a : 지지 구동부 (구조체)
- 2 : 베이스부 (제 4 부재)
- 3 : 구동 부재
- 3a : 선단부 (제 2 부재)
- 3b : 기부 (제 1 부재)
- 4 : 로터 (제 3 부재)
- 5 : 지지축 (회전축)
- 6 : 제 1 압전 소자
- 7 : 제 2 압전 소자
- 10 : 전원부
- 31 : 구동 부재 (제 1 세트)
- 31a : 선단부 (제 1 세트)
- 31b : 기부 (제 1 세트)
- 32 : 구동 부재 (제 2 세트)
- 32a : 선단부 (제 2 세트)
- 32b : 기부 (제 2 세트)
- 61 : 제 1 압전 소자 (제 1 세트)
- 62 : 제 1 압전 소자 (제 2 세트)
- 71 : 제 2 압전 소자 (제 1 세트)
- 72 : 제 2 압전 소자 (제 2 세트)
- 100 : 교환 렌즈 (렌즈 경통)
- R : 회전 방향

도면

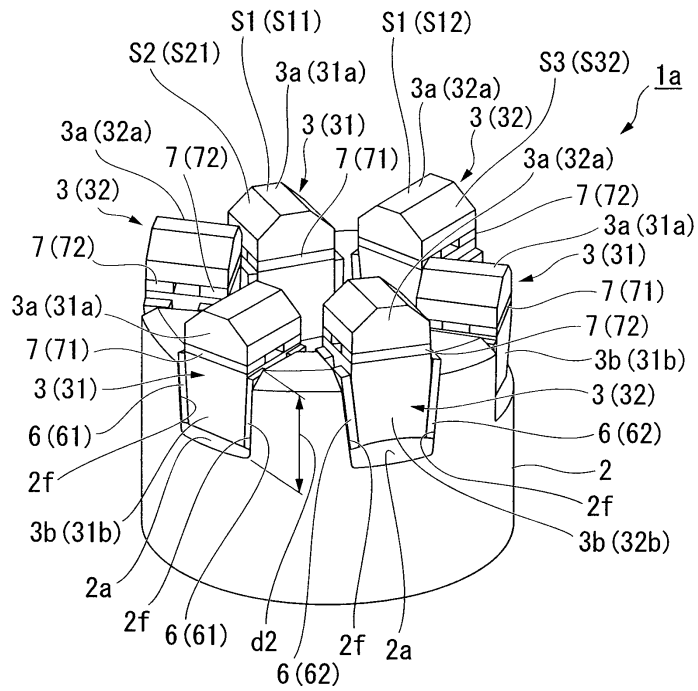
도면1



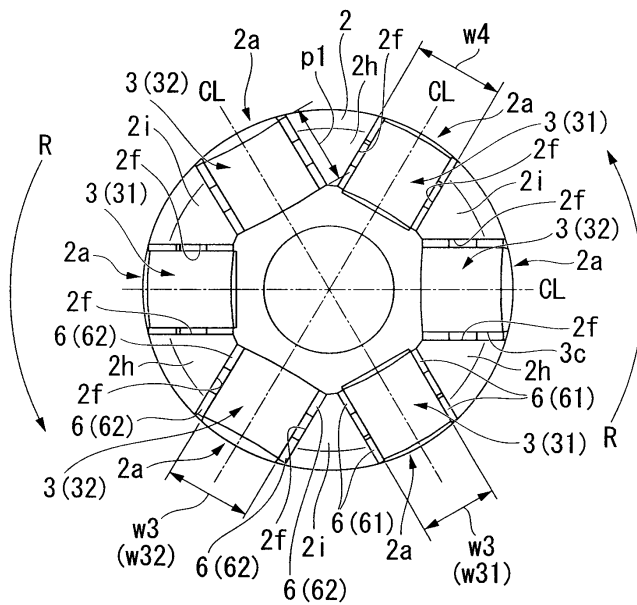
도면2



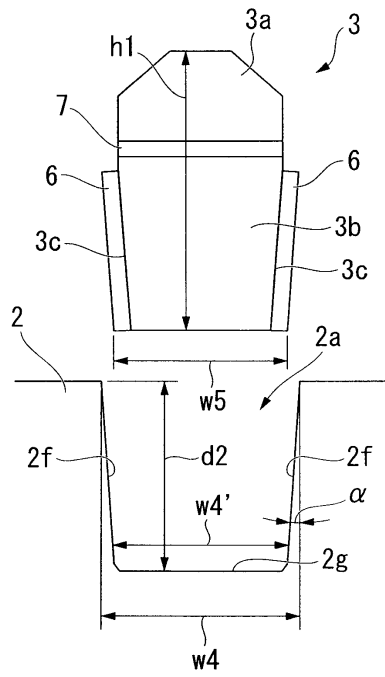
도면3



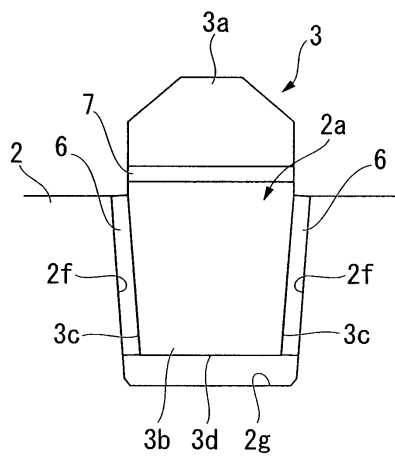
도면4



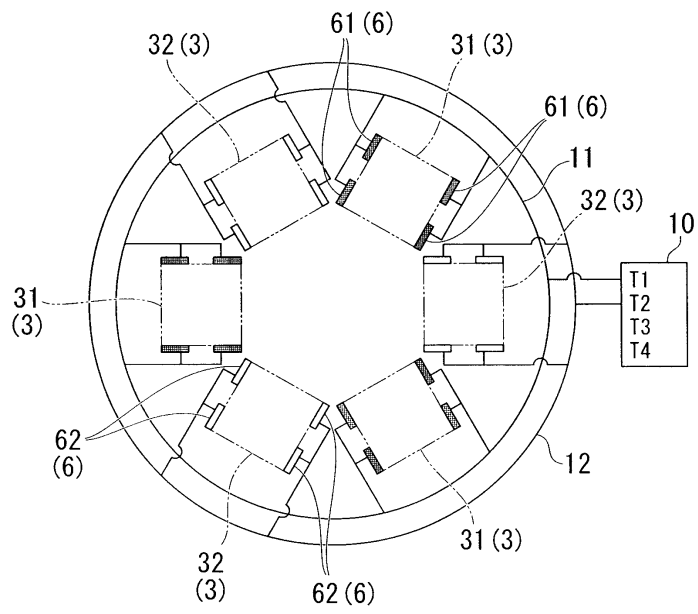
도면5a



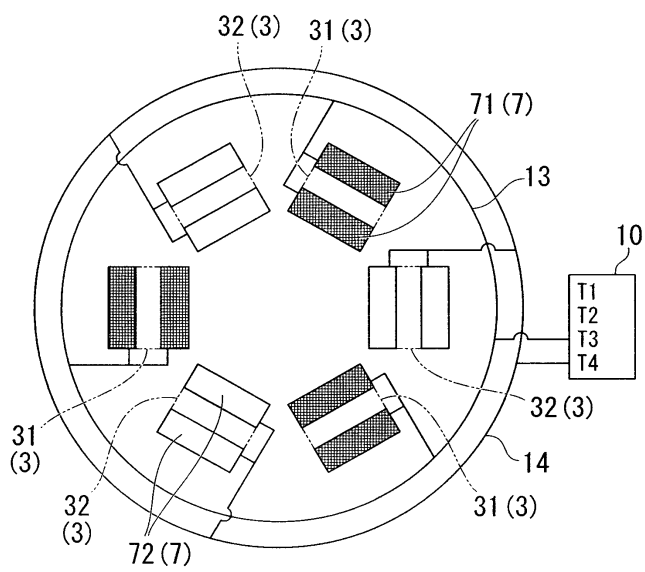
도면5b



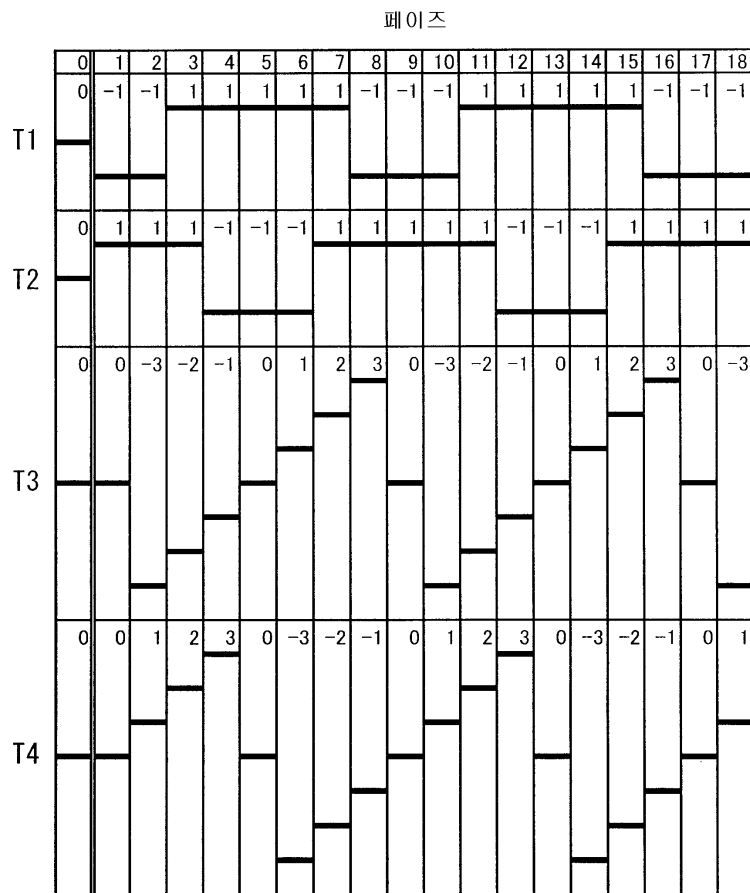
도면6a



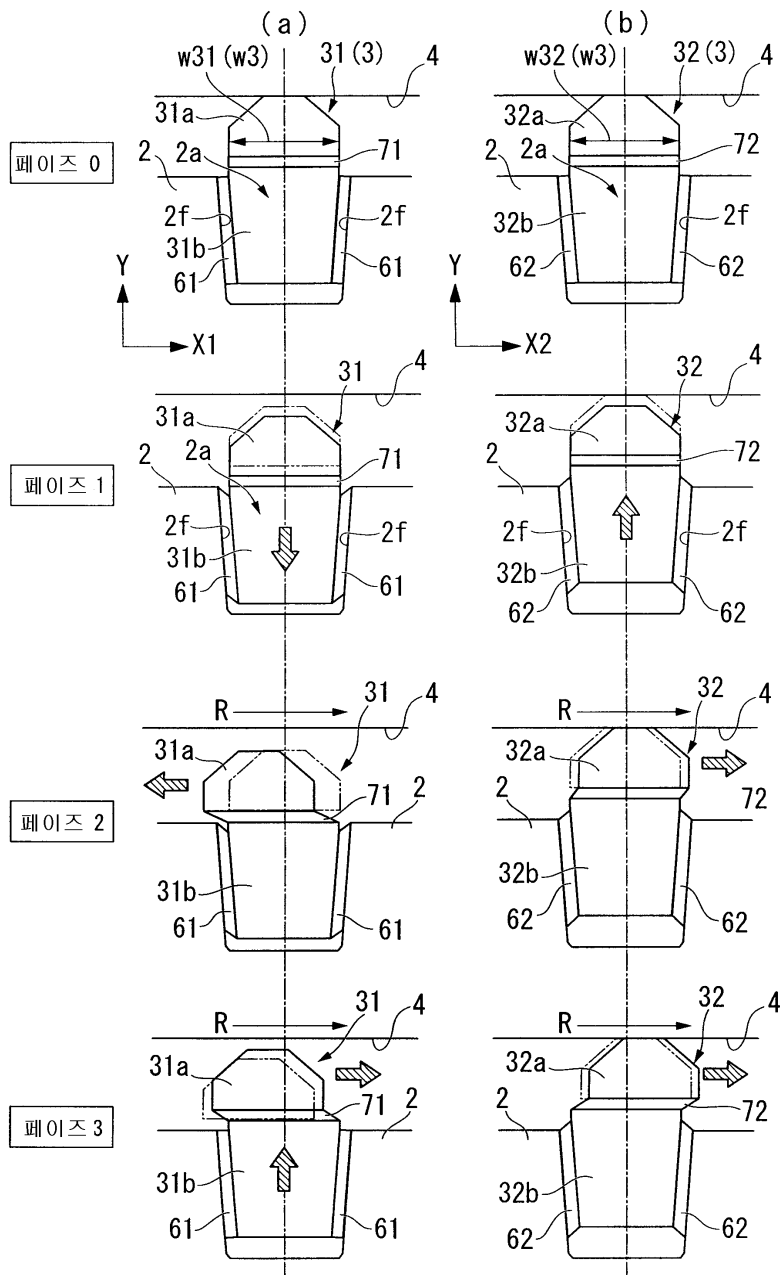
도면6b



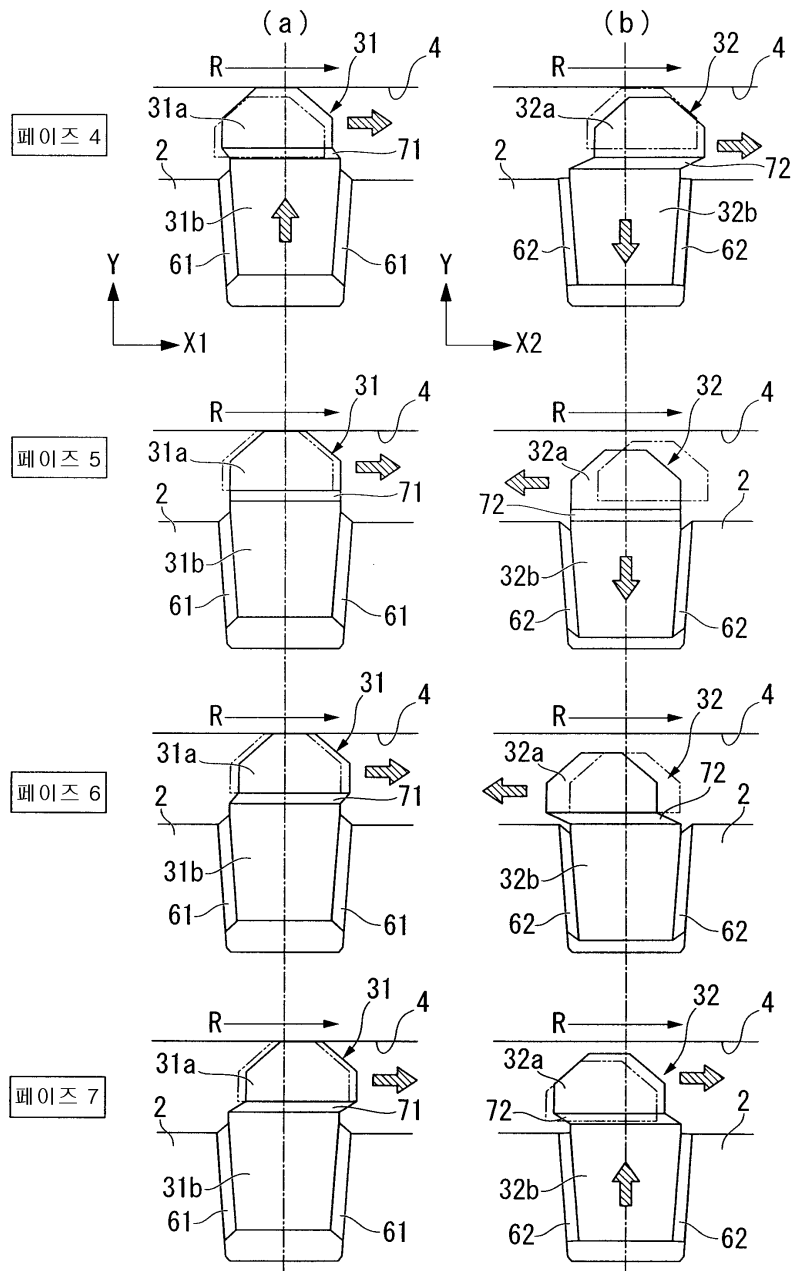
도면7



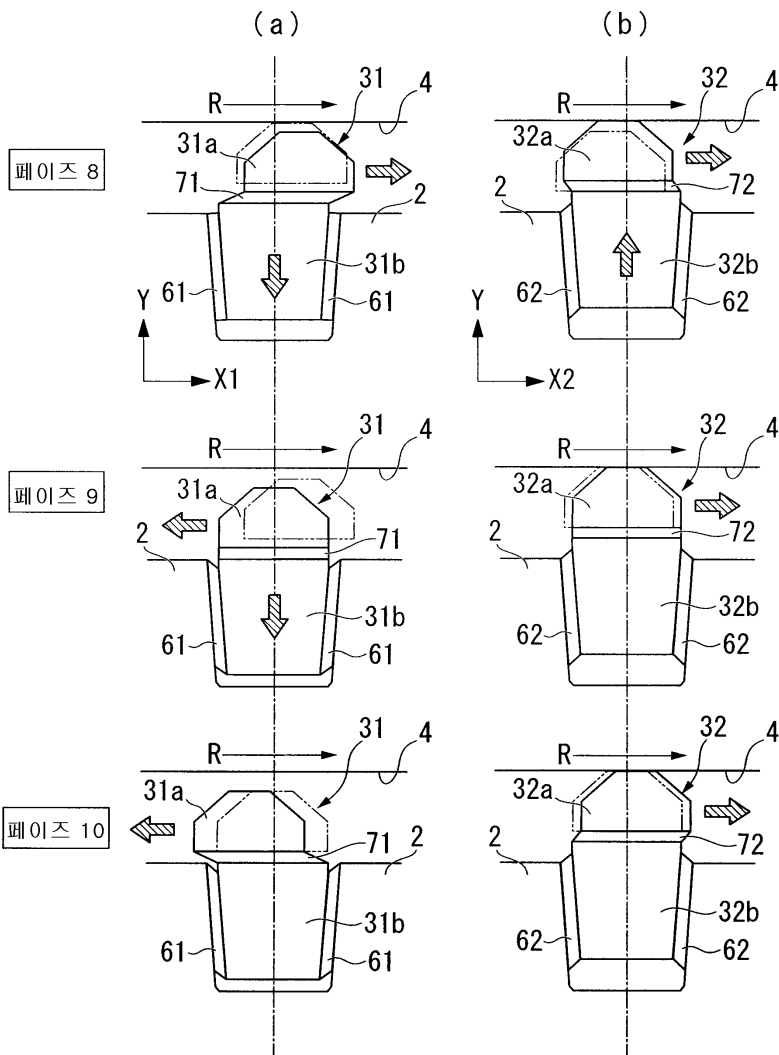
도면8



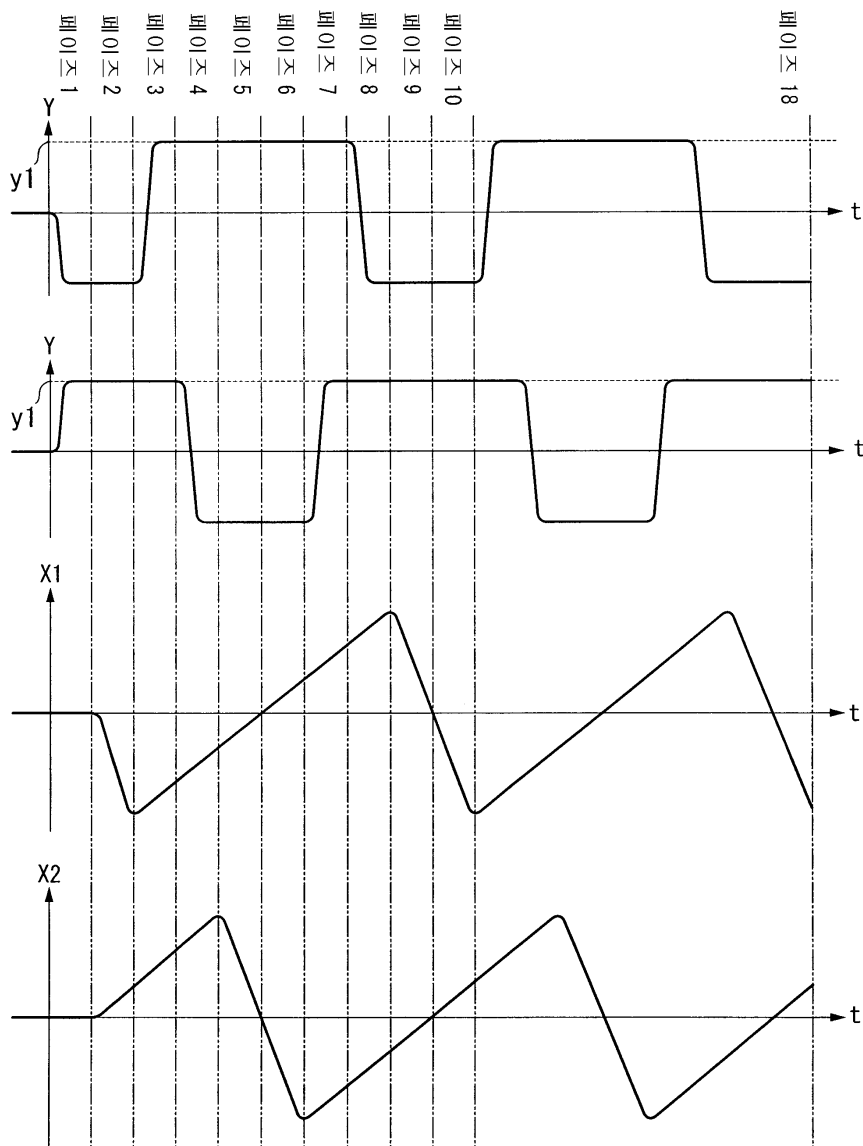
도면9



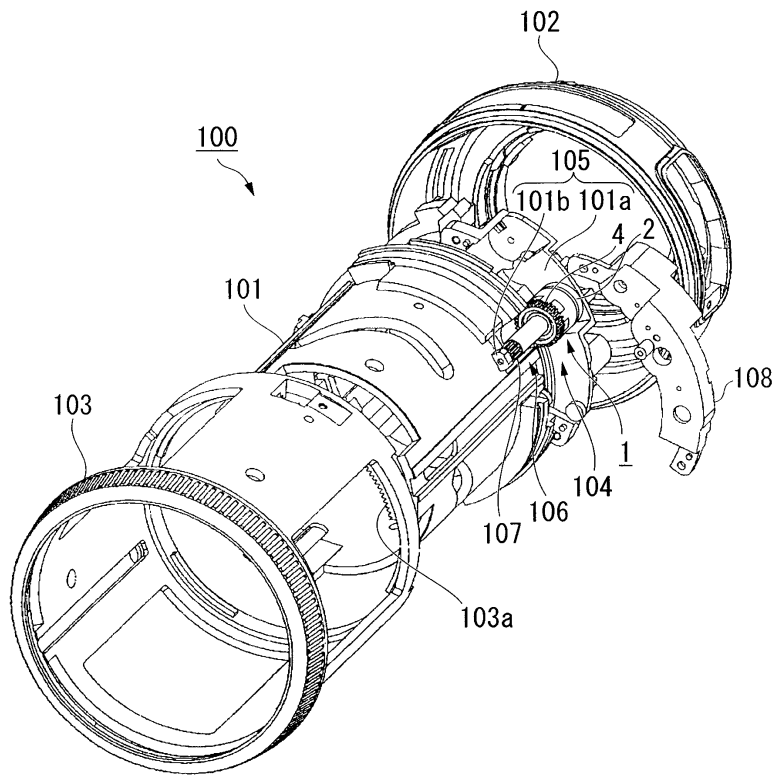
도면10



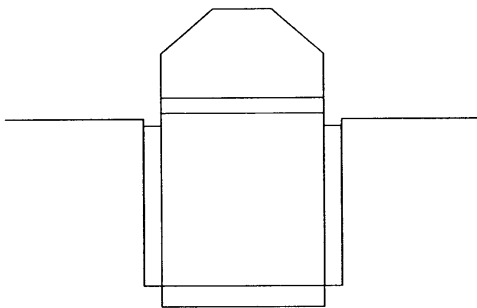
도면11



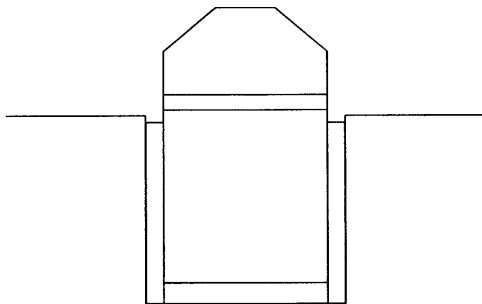
도면12



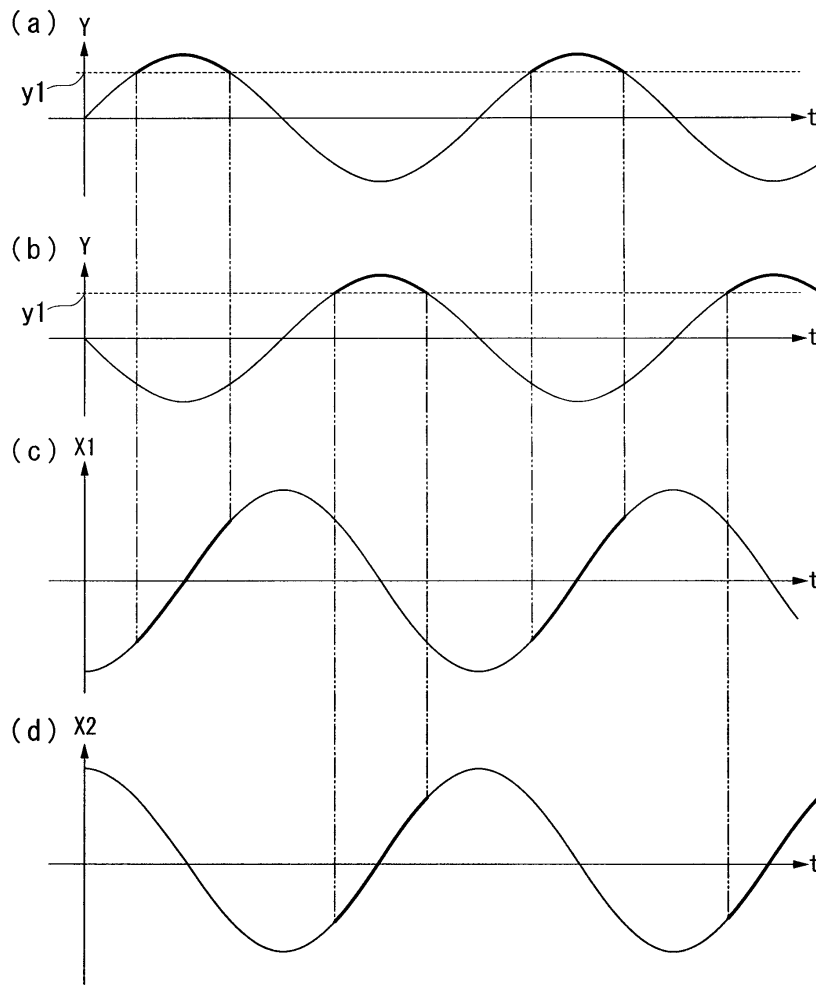
도면13a



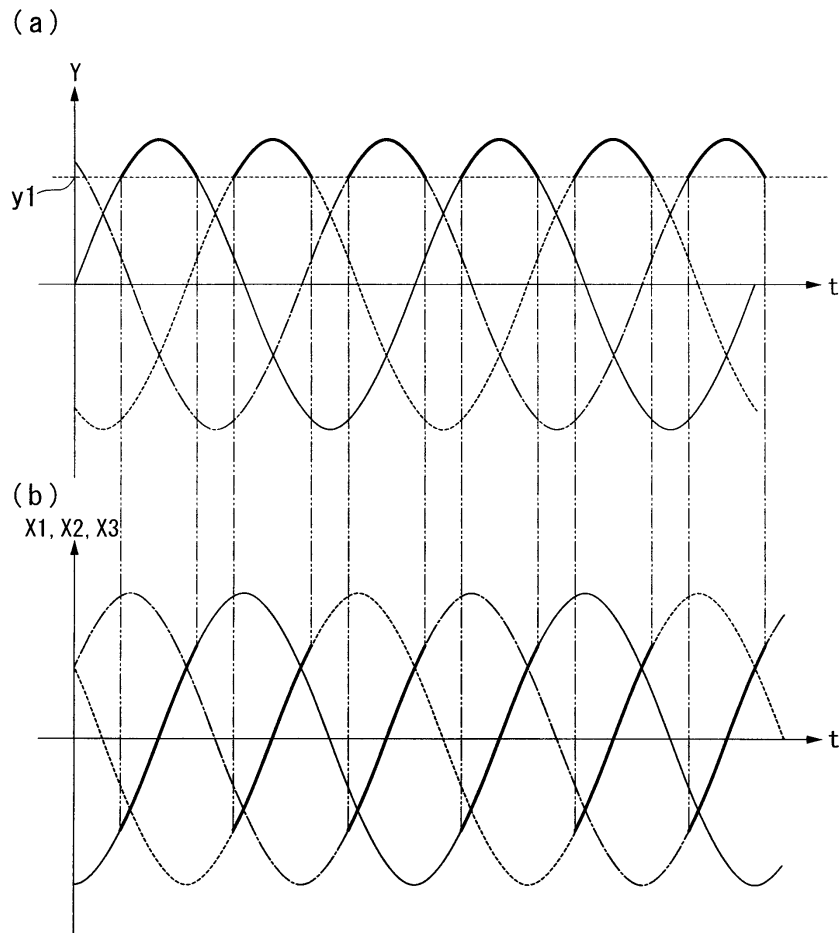
도면13b



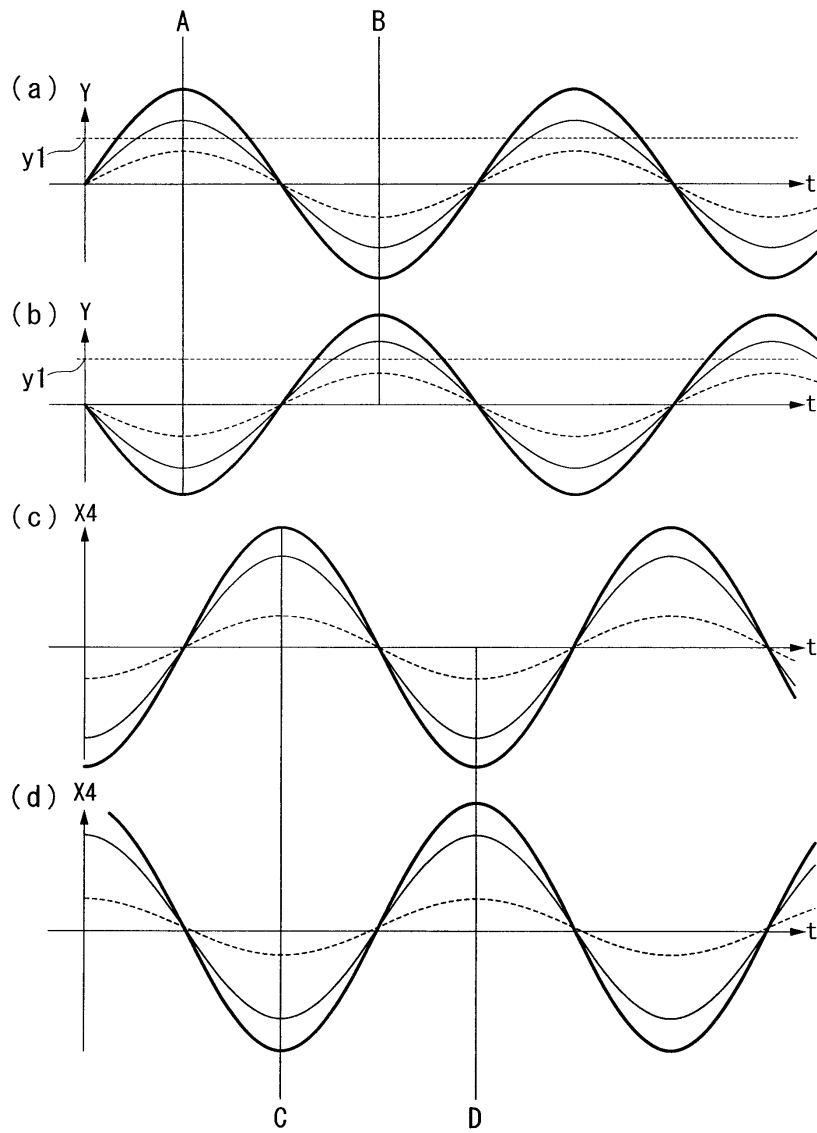
도면14



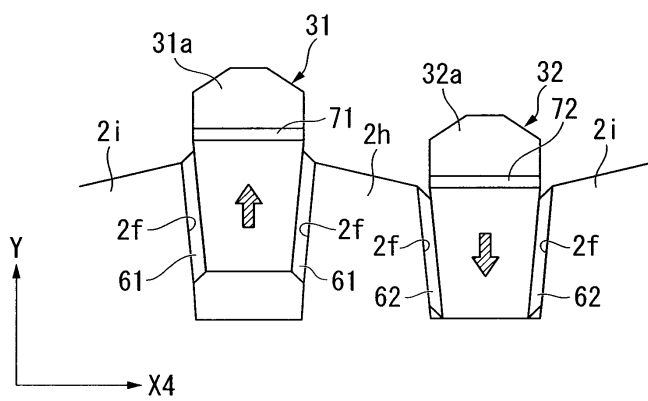
도면15



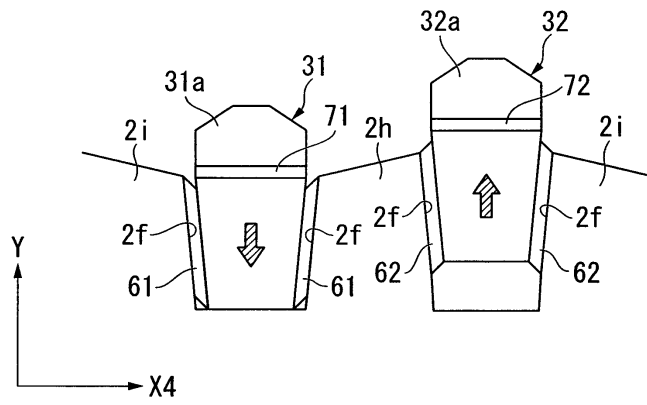
도면16



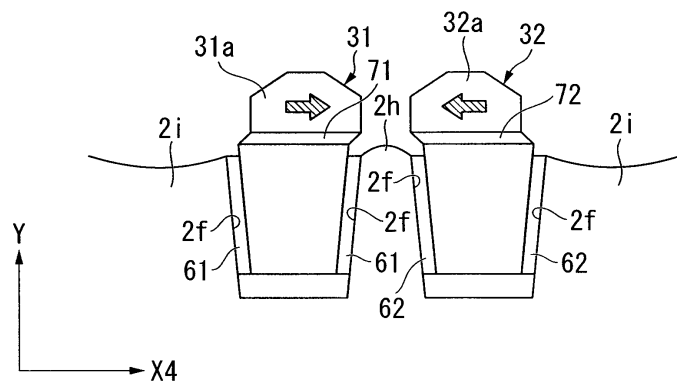
도면17a



도면17b



도면17c



도면17d

