



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년10월13일

(11) 등록번호 10-1449792

(24) 등록일자 2014년10월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
H01L 41/09 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7003957

(22) 출원일자(국제) 2009년07월07일
심사청구일자 2011년02월21일

(85) 번역문제출일자 2011년02월21일

(65) 공개번호 10-2011-0034674

(43) 공개일자 2011년04월05일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2009/004892

(87) 국제공개번호 WO 2010/009807
국제공개일자 2010년01월28일

(30) 우선권주장
10 2008 034 285.8 2008년07월22일 독일(DE)

(56) 선행기술조사문헌
JP02041668 A*
JP2006345629 A*
JP02151276 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
칼 짜이스 에스엠데 게엠베하
독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-슈트라쎈 2

(72) 발명자
베버 올리히
독일 89075 울름 리히텐슈타인슈트라쎈 1
헨바허 슈테판
독일 86399 보빙엔 부쓰아르트백 7
쉴프야흐 아르민
독일 73431 알렌 쉐레엔백 50

(74) 대리인
이만금, 양영준, 안국찬

전체 청구항 수 : 총 18 항

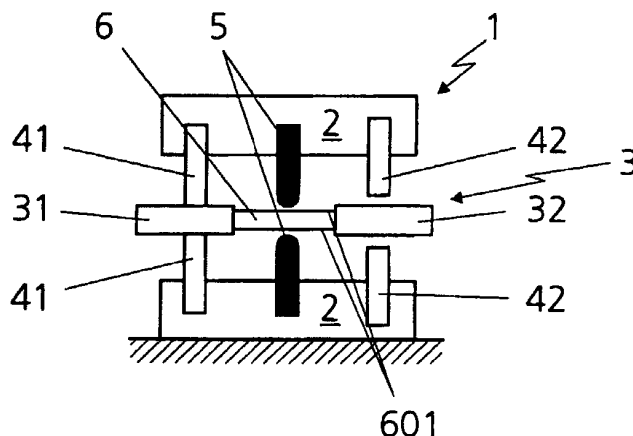
심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 **부품의 고정밀 위치 설정 또는 조작을 위한 액추에이터, 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템 및, 액추에이터의 작동 방법**

(57) 요약

본 발명은 하우징(2)과, 액추에이터의 작용 방향으로 하우징(2)에 대해 운동할 수 있는 회전자(3)를 포함하는 액추에이터(1)에 관한 것이며, 액추에이터(1)는 적어도 일시적으로 회전자(3)에 연결되는 전진 유닛을 포함한다. 전진 유닛은 하나 이상의 변형 유닛(6) 및, 변형 유닛(6)의 변형을 위한 하나 이상의 변형 장치(5)를 나타내며, 하나 이상의 변형 장치(5)는 변형의 결과로 변형 유닛(6)의 전체 길이가 작용 방향으로 변동하는 방식으로, 액추에이터(1)의 작용 방향에 대해 수직으로 변형 유닛(6)을 변형하기에 적합하다. 또한, 본 발명은 본 발명에 따른 액추에이터(1)를 구비한 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템(310)과, 본 발명에 따른 액추에이터(1)의 작동 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1a



특허청구의 범위

청구항 1

하우징(2)과, 하나의 작용 방향을 갖는 액추에이터(1)의 작용 방향으로 하우징(2)에 대해 운동할 수 있는 회전자(3)를 구비한 액추에이터(1)에 있어서,

액추에이터(1)는 적어도 일시적으로 회전자(3)에 연결되는 전진 유닛을 포함하며, 전진 유닛은 하우징에서 작동하는 하나 이상의 변형 장치(5, 501, 502, 503, 505)와, 상기 하나 이상의 변형 장치(5, 501, 502, 503, 505)에 의해 변형되는 하나 이상의 변형 유닛(6, 601, 630, 650, 660, 670, 680)을 포함하며,

상기 하나 이상의 변형 장치(5, 501, 502, 503, 505)는, 변형의 결과로 변형 유닛(6, 601, 630, 650, 660, 670, 680)의 전체 길이가 작용 방향으로 변동하도록, 액추에이터(1)의 작용 방향에 대해 수직인 벡터 성분으로써 변형 유닛(6, 601, 630, 650, 660, 670, 680)을 변형할 수 있도록 형성되고,

상기 변형 유닛은 그 중심을 포함하며 상기 작용 방향을 따르는 축에 대하여 대칭으로 변형 가능하고,

상기 변형 유닛의 연장 동작에 따라 상기 변형 유닛이 완전히 연장되고,

상기 변형 유닛은 2개의 변형 소자를 갖고,

상기 변형 장치는 상기 2개의 변형 소자의 각각의 위로 배치되고, 상기 변형 장치에 의해 상기 2개의 변형 소자를 외측으로부터 서로를 향해서 휘도록 하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 2

제1항에 있어서, 하우징(2)은, 변형 유닛에 의해 서로 연결된 2개 이상의 하우징 부분(21, 22)으로 구성되는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 3

제2항에 있어서, 2개 이상의 하우징 부분(21, 22)은 해당 하우징 부분(21, 22)에 회전자를 로킹할 수 있는 각각 하나 이상의 로킹 유닛(41, 42)을 포함하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 변형 소자는 판 스프링(601)인 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 변형 소자는 서로 대향된 2개의 판 스프링(601)으로 구성된 스프링 쌍인 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 6

제1항에 있어서, 회전자(3)는 제1 및 제2 부분 회전자(31, 32)를 포함하며, 부분 회전자들은 회전자(3)의 부품으로서 형성된 변형 유닛(6)에 의해 연결되는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 7

제6항에 있어서, 부분 회전자들(31, 32) 중 각각 하나를 하우징(21, 22)에 대해 로킹할 수 있는 2개 이상의 로킹 유닛(41, 42)이 존재하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 액추에이터(1)는, 액추에이터(1)의 작용 방향으로 회전자(3)의 운동을 억제하기 위해 댐핑 요소(7)를 포함하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 변형 소자는 자기 휨 스프링(630)인 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 12

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 변형 소자는 와이어 스프링(650)인 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 13

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 변형 소자는 상이한 횡단면, 상이한 길이, 또는 상이한 횡단면과 길이를 갖는 상이한 휨 스프링들(670)의 조합 형태인 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 14

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 변형 소자는 액추에이터(1)의 작용 방향으로 상이한 탄성 특성을 갖는 2개 이상의 섹션들(680, 681)을 포함하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 15

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 변형 장치(5)는 압전 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 16

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 변형 장치(5)는 전자기 코일(502)을 포함하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 17

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 변형 장치(5)는 유압 실린더 또는 공압 실린더(503)를 포함하는 것을 특징으로 하는 액추에이터(1).

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

투영 노광 시스템(310)의 광축 방향으로 투영 노광 시스템(310)의 광학 소자(100) 또는 투영 노광 시스템(310)의 부품이 운동하도록, 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 액추에이터(1)를 구비한, 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템(310).

청구항 21

제20항에 있어서, 광학 소자(100)는 액추에이터(1)에 의해서만 투영 노광 시스템(310)의 다른 구성 부품들에 연결되는 것을 특징으로 하는, 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템(310).

청구항 22

하우징(2)과, 하나의 작용 방향을 갖는 액추에이터(1)의 작용 방향으로 하우징(2)에 대해 운동할 수 있는 회전자(3)를 구비한 액추에이터(1)의 작동 방법이며,

이 경우 회전자(3)는 변형 유닛(6)을 포함하고,

변형 유닛(6)은 그 중심을 포함하며 상기 작용 방향을 따르는 축에 대하여 대칭으로 변형 가능하고, 2개의 변형 소자를 갖고,

-회전자의 운동 방향으로 볼 때 변형 유닛(6)의 전방에 위치한 제1 로킹 유닛(41)에 의해 회전자(3)를 고정하는 단계와,

-회전자(3)의 운동 방향으로 볼 때 변형 유닛의 후방에 위치한 제2 로킹 유닛(42)을 회전자(3)로부터 분리하는 단계와,

-변형 장치에 의해 변형 유닛(6)을 변형하는 단계와,

-제2 로킹 유닛(42)에 의해 회전을 고정하는 단계와,

-제1 로킹 유닛(41)을 분리하는 단계와,

-변형 유닛(6)의 연장 동작에 의해, 변형 유닛(6)을 완전히 연장시키는 단계와,

-변형 유닛(6)으로부터 변형 장치(5)를 분리하는 단계에 의해 상기 회전자가 운동하는, 액추에이터(1) 작동 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템 내 부품, 특히 광학 소자 또는 다른 기능 요소의 고정밀 위치 설정 또는 조작을 위한 액추에이터 및, 상기 유형의 액추에이터의 작동 방법에 관한 것이다. 이 경우 "액추에이터"라는 용어는 유사하게 사용되는 용어인 "액추에이팅 장치"와 "조절 부재"와 동의어로서 간주된다.

배경 기술

[0002] 상위 시스템의 전체 기능성이 보장될 수 있도록, 전술한 부품들을 나노미터 범위에서 위치 설정 또는 조작하는 것이 규칙적으로 요구된다. 이 경우 위치 설정된/조작된 부품의 위치 또는 상기 부품의 공간적 정렬을 모니터링하는 것이 종종 요구되는데, 상기 모니터링에는 고해상도이기 때문에 비용이 많이 들고 경우에 따라서는 민감한 측정 및 조절 전자 장치가 이용된다.

[0003] 종래 기술에 공지된 시스템에 의한 경험으로부터, 위치 설정 또는 조작의 정확도가 주로 액추에이터 부품 자체에 의해 결정되는 것이 아니라 위치 측정의 정확도에 의해 결정되는 것을 알 수 있다. 다시 말해, 액추에이터는 위치 측정에 의해 검출될 수 있는 것보다 더 작은 스텝 폭을 포함할 수 있다.

[0004] 그러나 종래 기술에 따른 액추에이터들은, 액추에이터의 회전자에 작용하는 부하에 따라 구동 장치의 스텝 폭이 변동한다는 문제점을 공통으로 갖고 있다. 이로 인해 출력 운동이 측정되지 못하므로, 측정 시스템이 상기 출력 운동을 모니터링해야 한다. 더욱이, 액추에이터의 더 긴 트래블 경로에 걸쳐 언급한 스텝 폭의 편차가 가산된다.

[0005] 전술한 문제점은 후속해서, 독일 공개 공보 DE 100 225 266 A1호에 설명된 압전 액추에이터에 기초해서 설명된다. 상기 공개 공보에 설명된 액추에이터의 경우, 액추에이터 회전자(즉, 조작되거나 위치 설정될 부품에 대해 통상적으로 작용하는 액추에이터의 운동 부품)가 하나 이상의 전진 요소("풋")에 의해 전진 구동되며, 상기 전진 요소는 회전자에 대해 수직이다. 이때 전진 요소는 상기 전진 요소 자체의 종방향에 대해 수직으로 회전자 방향으로 운동한다.

[0006] 상기 유형의 풋이 회전자 운동 방향으로도 즉, 액추에이터의 작용 방향으로 소정의 유연성을 나타내기 때문에, 풋에 의해 형성된 스텝 폭은 한편으로 풋 자체가 제공할 수 있는 힘(전진력)과, 다른 한편으로 풋이 대향해서 작용하는 힘 또는, 액추에이터의 회전자에 인장력 또는 압력을 가하는 힘에 따른다.

[0007] 이로써, 풋은 규정된 전진력에 의해 규정된 값만큼 편향되지만, 풋의 유연성에 기초한 이러한 편향에는 회전자

에 대한 부하에 기인한 제2 편향이 중첩된다.

- [0008] 예컨대 전진 방향으로 회전자에 힘이 작용하면, 스텝 폭은 액추에이터가 설계되는 스텝 폭인 공칭 스텝 폭보다 더 크다. 이와 반대로, 작용 방향에 반대되게 회전자에 힘이 작용하면, 스텝 폭은 공칭 스텝 폭보다 더 작다.
- [0009] 액추에이터의 트래블 중 회전자에 대한 부하가 변동하는 경우, 이로 인해 스텝 폭도 변동한다. 따라서, 추가의 고정밀 위치 센서를 이용해서 스텝 폭을 검사해야 하지만, 구성 공간 또는 관리의 이유로 상기 검사가 항상 바람직하거나 가능한 것은 아니다.
- [0010] 고해상도 스텝 구동 장치의 대안적 유형은 관성 구동 장치이다. 이러한 구동 장치의 경우, 전진 요소, 예컨대 압전 세라믹이 마찰 접촉에 의해 천천히 하나의 방향으로 회전을 민다. 이때 회전자에 대한 부하와 회전자의 가속력은 마찰 접촉 시 전달될 수 있는 마찰력보다 작아야 한다. 후속해서 전진 요소는 갑자기 원위치로 되돌아가며, 이때 신속한 후진 운동을 위해 요구되는 회전자의 가속력은 마찰 접촉 시 전달될 수 있는 마찰력보다 크다. 이로써 회전자는 정지 상태로 유지되는 반면, 전진 요소는 회전자에 대해 복귀한다. 그러나 상기 유형의 구동 장치는 상기 장치가 단지 작은 힘만을 가할 수 있다는 단점을 갖는데, 그 이유는 회전자의 가속력(관성력)과 함께 회전자에 대한 힘이 전진 운동 시 전달될 수 있는 마찰력을 초과해서는 안되기 때문이다.
- [0011] 또한 전진 요소가 갑자기 원위치로 되돌아갈 경우 회전자가 고정되지 않기 때문에, 이러한 순간 회전자는 회전자에 대한 외력에 의해 "잘못 조정(maladjusted)"될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 목적은, 가할 수 있는 힘이 큰 경우 액추에이팅된 부품이 전반적으로 부하와 무관하게 정확하게 위치 설정되거나 조작될 수 있도록 하는 액추에이터를 제공하는 것이다.
- [0013] 이러한 목적은 청구범위 제1항에 기재된 특징들을 갖는 액추에이터에 의해 그리고, 제22항에 기재된 특징들을 갖는 방법에 의해 달성된다. 종속항들은 본 발명의 바람직한 변형예와 실시예에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 하나의 작용 방향을 갖는 본 발명에 따른 액추에이터는 하우징과, 액추에이터의 작용 방향으로 상기 하우징에 대해 운동할 수 있는 회전을 포함하며, 액추에이터는 적어도 일시적으로 회전자에 연결되는 전진 유닛을 포함한다. 전진 유닛은 하나 이상의 변형 유닛과, 상기 변형 유닛을 변형하기 위한 하나 이상의 변형 장치를 포함하며, 하나 이상의 변형 장치는, 변형의 결과로 변형 유닛의 전체 길이가 작용 방향으로 변동하도록, 액추에이터의 작용 방향에 대해 수직인 벡터 성분, 특히 힘 성분으로써 변형 유닛을 변형하기에 적합하다.
- [0015] 하우징은, 변형 유닛에 의해 서로 연결되며 각각 하나 이상의 로킹 유닛을 포함할 수 있는 2개 이상의 하우징 부분으로 구성될 수 있으며, 로킹 유닛에 의해 해당 하우징 부분에 회전자가 로킹될 수 있다.
- [0016] 변형 유닛은 하나 이상의 판 스프링을 포함할 수 있으며, 특히 서로 대향된 2개의 판 스프링으로 구성된 스프링 쌍으로서 형성될 수 있고, 이 경우 2개 이상의 변형 장치는, 외측으로부터 상기 변형 장치가 스프링을 서로에 대해 휘 수 있도록 스프링 쌍에 배치될 수 있다.
- [0017] 회전자는 제1 및 제2 부분 회전을 포함할 수 있으며, 2개의 부분 회전자는 회전자의 부품으로서 형성된 변형 유닛에 의해 연결된다.
- [0018] 이 경우 부분 회전자들 중 각각 하나를 하우징에 대해 로킹할 수 있는 2개 이상의 로킹 유닛이 존재할 수 있다.
- [0019] 액추에이터는, 액추에이터의 작용 방향으로 회전자의 운동을 억제하기 위해 댐핑 요소를 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 바람직한 변형예에서, 변형 유닛은 압력을 받을 수 있는 하나 이상의 튜브를 포함할 수 있다.
- [0021] 대안적으로, 변형 유닛은 온도 조절 가능한 하나 이상의 바이메탈과, 자기 휨 스프링과, 와이어 스프링 또는, 상이한 횡단면 및/또는 상이한 길이를 갖는 상이한 휨 스프링들의 조합 형태도 포함할 수 있다.
- [0022] 변형 장치는 압전 요소, 특히 압전 스택, 전자기 코일, 유압 실린더 또는 공압 실린더 또는 공압식 벨로우즈도 포함할 수 있다. 또한, 변형 장치는 커패시터 플레이트를 구비한 커패시터로서 형성될 수 있으며, 커패시터의 전기장은 커패시터 플레이트들 사이에 배치된 휨 요소를 변형시킨다.

- [0023] 변형 유닛을 포함하는 회전자를 구비한 본 발명에 따른 액추에이터의 작동을 위한 가능한 방법은:
- [0024] -회전자의 운동 방향으로 볼 때 변형 유닛의 전방에 위치한 제1 로킹 유닛에 의해 회전자를 고정하는 단계와,
- [0025] -회전자의 운동 방향으로 볼 때 변형 유닛의 후방에 위치한 제2 로킹 유닛을 회전자로부터 분리하는 단계와,
- [0026] -변형 장치에 의해 변형 유닛을 변형하는 단계와,
- [0027] -제2 로킹 유닛에 의해 회전자를 고정하는 단계와,
- [0028] -제1 로킹 유닛을 분리하는 단계와,
- [0029] -변형 유닛으로부터 변형 장치를 분리하는 단계를 포함한다.
- [0030] 이때, 개별 방법 단계들, 특히 마지막에 열거한 2개의 방법 단계들은 전술한 순서를 벗어날 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 본 발명의 또 다른 실시예와 개선예들은 종속항들로부터 그리고, 후속해서 도면을 기초로 원리적으로 설명된 실시예들로부터 제시된다.
- 도 1은 본 발명의 제1 실시예를 부속도 1a 내지 부속도 1d로 도시한 도면이다.
- 도 2는 액추에이터의 실제로 제한되지 않는 트래블 경로가 가능한 본 발명의 변형예를 부속도 2a 내지 부속도 2d로 도시한 도면이다.
- 도 3은 댐핑 요소가 사용되는 장치를 도시한 도면이다.
- 도 4는 충격이 없는 액추에이터의 트래블을 위한 가능성을 부속도 4a 내지 부속도 4e로 도시한 도면이다.
- 도 5는 매우 정확한 경로 조정을 위한 액추에이터의 사용을 도시한 도면이다.
- 도 6 내지 도 19는 다양한 기술적 원리를 사용하면서 변형 장치 및 변형 요소를 구현할 가능성을 도시한 도면이다.
- 도 20은 본 발명의 기계적 기본 원리의 개략적인 도면이다.
- 도 21은 본 발명에 따른 액추에이터가 사용된 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템을 위한 z 조작 장치를 도시한 도면이다.
- 도 22는 도 21에 도시된 바와 같은, 본 발명에 따른 액추에이터 또는 조작 장치가 사용된 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 도 1에는 본 발명의 제1 실시예가 도시되어 있다. 도 1에 도시된 실시예의 경우, 액추에이터(1)는 하우징(2)과, 하우징 안에 배치되고 적어도 일시적으로 로킹 유닛(41 또는 42)에 의해 유지되는 회전자(3)로 구성된다. 이 경우 로킹 유닛(41 또는 42)은 반드시 기계적 접촉을 이용하여 회전자(3)를 유지해야 하는 것은 아니며, 예컨대 전기력 또는 자기력에 의한 무접촉의 로킹도 사용될 수 있다. 또한, 변형 유닛(6)에 작용하는 변형 장치(5)가 하우징(2) 내에 배치된다. 도시된 실시예에서, 변형 유닛(6)은 회전자(3)의 2개의 부분 회전자(31 또는 32)를 서로 연결하는 2개의 판 스프링(601)으로 상기 변형 유닛이 구성되도록 구현된다. 이하에서는 부속도 1a 내지 부속도 1c에 기초해서 본 발명에 따른 액추에이터(1)의 작용 방식이 설명된다.
- [0033] 도 1a에는 하우징(2)에 대한 회전자(3)의 트래블을 위한 제1 단계가 도시되어 있다. 도 1a에 도시된 방법 단계에서 회전자(3)는 로킹 유닛(41)에 의해 상기 회전자의 부분 회전자(31)가 고정되며, 우측 부분 회전자(32)는 자유롭게 운동할 수 있고 로킹 유닛(42)은 개방되어 있다. 또한, 액추에이터(1)의 작용 방향에 대해 수직이므로, 회전자(3)의 운동 방향에 대해서도 수직으로 작용하는 변형 장치(5)는 하우징(2) 안으로 들어간다.
- [0034] 도 1b에 도시된 제2 방법 단계에서는 2개의 변형 장치(5)가 밖으로 나와서, 서로 대향 배치된 판 스프링(601)을 서로를 향해 변형시키므로, 2개의 판 스프링(601)의 이러한 변형으로 인해 회전자(3)가 화살표(700) 방향으로 단축된다. 다시 말해, 우측 부분 회전자(32)가 왼쪽으로 즉, 좌측 부분 회전자(31)의 방향으로 이동한다.
- [0035] 도 1c에 도시된 방법 단계에서, 우측 부분 회전자(32)가 해당 로킹 유닛(42)에 의해 로킹되는 반면, 변형 장치

(5)는 다시 하우징(2) 안으로 삽입되어 판 스프링(601)을 릴리스하지만 좌측 부분 회전자(31)를 유지하는 로킹 유닛(41)은 이러한 상태에서도 여전히 폐쇄되어 있으므로, 그 결과 좌측 부분 회전자(31)는 아직 운동하지 못한다.

[0036] 도 1d에 도시된 제4 방법 단계에서 비로소 좌측 로킹 유닛(41)이 개방되어, 부분 회전자(31)를 릴리스하며, 그 결과 상기 부분 회전자는 화살표(800) 방향인 왼쪽으로 운동한다. 이로써 액추에이터(1)의 하우징(2)에 대한 회전자(3)의 운동의 완전한 하나의 사이클이 종료된다.

[0037] 도 1a 내지 도 1d에 도시된 단계는, 액추에이터(1)의 기하학적 조건, 특히 액추에이터(1)의 작용 방향으로 판 스프링(601)의 연장이 허용되는 한 원칙적으로 반복될 수 있다. 또한, 도 1에 도시된 액추에이터(1)를 인장 방향뿐만 아니라 가압 방향으로도 작동시킬 수 있는데 즉, 우측 부분 회전자(32) 또는 좌측 부분 회전자(31)를 운동할 요소에 연결할 수 있다.

[0038] 도 1에서는, 액추에이터(1)의 기하학적 구조와, 특히 판 스프링(601)이 액추에이터의 작용 방향에 대해 수직으로[즉, 화살표(700 또는 800) 방향에 대해 수직으로] 작동할 수 있다는 점에 의해, 한편으로 높은 감속비와 다른 한편으로 작용 방향으로 액추에이터(1)의 높은 강도가 구현된다는 바람직한 효과를 얻는 것을 인식할 수 있다.

[0039] 도 1에 도시된 액추에이터(1)에 의해 제공될 수 있는 최대 힘은 액추에이터(1)의 가압 작동 시 판 스프링(601)의 오일러 좌굴력에 상응하는데, 이러한 제한은 액추에이터의 인장 작동 시에 구성되는 것이 아니며, 최대로 제공될 인장력은 실질적으로 변형 장치(5)가 제공할 수 있는 힘과 판 스프링(601)의 E 모듈에 의해 제한된다.

[0040] 작용 방향에 대해 수직인 판 스프링(601)의 비교적 큰 변형이 변형 제한에 의해 정확히 규정됨으로써, 규정된 일정한 스텝 폭도 회전자(3)에 대한 부하와 무관하게 매우 높은 감속비에 의해 유지될 수 있으므로, 작용 방향으로의 스텝 폭도 높은 감속비에 의해 매우 정확하게 결정된다. 도 1a 내지 도 1d에서, 예컨대 판 스프링들(601)은 상기 스프링들이 서로 인접할 때까지 급히 변형됨으로써 상기 변형 제한이 구현될 수 있다.

[0041] 도 2에는 회전자(3)의 트래블 경로가 실제로 제한되지 않는 본 발명의 변형예가 도시되어 있다. 도 2에 도시된 변형예에서 액추에이터(1)의 하우징은 2개의 하우징 부분(21 또는 22)으로 2부재로 구현되며, 하우징 부분들은 판 스프링(601)에 의해 서로 연결된다. 제1 하우징 부분(21) 내에는 제1 로킹 유닛(41)이 배치되는 반면, 제2 하우징 부분(22) 내에는 제2 로킹 유닛(42)이 배치된다. 마찬가지로 제1 하우징 부분(21) 내에는 도 1에 도시된 변형예와 실질적으로 유사하게 판 스프링(601)에 작용하는 변형 장치(5)가 위치한다.

[0042] 도 2a에 도시된 제1 방법 단계에서, 좌측 로킹 유닛(41)이 폐쇄되어 회전자(3)를 유지하는 반면, 우측 로킹 유닛(42)은 개방되므로 회전자(3)의 우측 부분을 릴리스한다. 판 스프링(601)은 이완되는데, 그 이유는 변형 장치(5)가 제1 하우징 부분(21) 내로 삽입되기 때문이다.

[0043] 도 2b에 도시된 제2 방법 단계의 경우 변형 장치(5)는 제1 하우징 부분(21)으로부터 나와서 도 1에 이미 공지되어 있는 방식으로 판 스프링(601)을 변형하므로, 우측 하우징 부분(22)은 개방된 로킹 유닛(42)과 함께 회전자(3)를 따라 제1 하우징 부분(21)의 방향으로 운동한다. 후속해서(도 2c에 도시된 바와 같이), 우측 로킹 유닛(42)이 폐쇄되므로, 회전자(3)가 로킹되며 좌측 로킹 유닛(41)은 개방된다. 도 2d에 도시된 마지막 방법 단계에서, 변형 장치(5)는 제1 하우징 부분(21) 내로 되돌아가므로, 판 스프링(601)은 이완된다. 도 2에 도시된 실시예에서 변형 유닛(6) 즉, 판 스프링(601)이 하우징 부분(21, 22)에 연결되고 회전자(3)에는 연결되지 않으므로, 회전자(3)는 하우징 부분(21 또는 22)에 대해 실제로 제한되지 않은 거리 상에서 변위될 수 있다.

[0044] 특히 도 1에 도시된 본 발명의 실시예에서, 로킹 유닛(41)이 분리된 경우 판 스프링(601)이 갑자기 이완될 수 있으므로 액추에이터(1)에 바람직하지 못한 펄스가 가해진다. 도 3에 도시된 바와 같이, 판 스프링(601)의 이완 또는 이에 수반되는 회전자(3)의 운동이 댐퍼(7) 사용에 의해 억제됨으로써 전술한 펄스가 전반적으로 방지될 수 있으므로, 이러한 문제점이 약화되거나 방지된다. 이 경우 댐퍼(7)는 플런저 코일로서 구현되는 예컨대 유압 댐퍼 또는 전자기식 댐퍼로서 형성될 수 있다.

[0045] 도 4의 부속도 4a 내지 부속도 4e에는 판 스프링(601)이 이완될 경우 펄스를 방지할 대안적인 가능성이 도시되어 있다. 실질적으로 도 4의 도면은 도 1의 도면에 상응하지만, 도 4d 또는 도 4e에 도시된 바와 같이 로킹 유닛(41)이 좌측 회전자 부분(31)을 릴리스할 때 비로소 판 스프링(601)이 이완되는 것이 상이하다. 좌측 회전자 부분(31)은 통제 가능한 방식으로 변형 장치(5)가 하우징(2) 내로 들어감으로써 통제 가능한 방식으로 이동할 수 있다.

- [0046] 본 발명에 따른 액추에이터(1)에 의해 구현되는 높은 감속비는 도 5에 도시된 바와 같이 변형 장치(5)가 계량 방식으로 작동됨으로써 회전자(3) 또는 액추에이터(1)도 미세 조정될 수 있도록 한다. 변형 장치(5)의 비교적 긴 경로로 인해, 회전자(3)의 트래블 경로는 본 발명의 기하학적 조건에 기초해서 현저히 단축된다. 이는, 기하학적 조건과 재료 상수를 알고 있을 경우, 변형 장치(5)의 트래블 경로를 측정하는 다음 이에 대응하는 회전자(3)의 트래블 경로를 추론하기에 충분하다. 본 발명의 이러한 변형예에 의해 특히, 낮은 해상도의 측정 시스템이 트래블 경로의 모니터링에 사용될 수 있는데, 그 이유는 변형 장치(5)의 비교적 큰 트래블 경로만을 측정하면 되기 때문이다. 한편으로 본 발명에 따른 액추에이터가 높은 감속비를 구현하며, 다른 한편으로 액추에이터가 상기 액추에이터의 작용 방향으로 뚜렷한 강성을 갖고 구성되기 때문에, 결과적으로 구현되는 회전자(3)의 현저히 작은 트래블 경로로의 변환에서 에러가 적게 발생하므로, 작용 방향으로 회전자(3)의 변형은 액추에이팅 될 부품에 의해 제공되는 대항력(counterforce)에 따라 단지 매우 작은 범위에서 좌우된다.
- [0047] 회전자(3)가 이동한 전체 경로가 복수의 개별 단계들로 구성되면, 이러한 경로는 정확히 알려진 변형 장치(5)와 회전자(3) 사이의 감속비를 고려하면서 변형 장치 운동의 총합으로부터 산출될 수 있다. 따라서 현재 요구되는 바와 같이, 전체 회전자 트래블 경로에 대해 더 이상 고정밀 측정 시스템을 사용하지 않아도 된다. 이러한 목적으로, 본 발명에 따른 액추에이터를 이용하여, 변형 장치(5)의 작은 트래블 경로만을 커버하는 측정 시스템을 변형 장치(5)를 위해 사용하는 것으로도 충분하며, 상기 목적을 위해 종래에 사용되었던 측정 시스템에서와 같은 높은 해상도는 높은 감속비에 기초해서 필요하지 않다.
- [0048] 도 6 내지 도 19에는 변형 유닛 또는 변형 장치를 구현하기 위한 다양한 가능성들이 도시되어 있다.
- [0049] 따라서 도 6 내지 도 9에서 변형 유닛(6)은 판 스프링(601)(각각, 단 1개의 판 스프링이 도시되어 있다)으로서 구현된다. 도 6에서 변형 장치는 압전 요소(501)로서, 도 7에서는 철심을 갖는 전자기 코일(502)로서, 도 8에서는 해당 유압 램(503)을 구비한 유압 실린더로서 그리고, 도 9에서는 2개의 판 스프링들(601) 사이의 공압식 벨로우즈(504)로서 구현된다. 도 10에서 변형 유닛은 튜브 내부로부터 소정의 압력을 받을 수 있는 얇은 벽의 튜브(610)로서 구현된다. 이 경우 튜브(610)는 벨로우즈 또는 힙 스프링의 이중 기능성을 나타낸다.
- [0050] 도 11에는 변형 유닛(6)이 바이메탈 스트립 쌍으로 구현되는 열적 구동 장치의 가능성이 도시되어 있으며, 바이메탈 스트립(620)은 부속도 11b 내지 부속도 11c에 도시된 바와 같이 열공급 또는 열방출에 의해 변형될 수 있다. 도 11a에는 중립 상태의 배치가 도시되어 있다. 마찬가지로 변형 유닛은 도 12에 도시된 바와 같이, 자기 힙 스프링(630)을 구비한 2개의 자기 코일(505)의 조합 형태로서 구현된다.
- [0051] 또한, 커패시터 플레이트(506)를 구비한 커패시터도 변형 장치로서 사용될 수 있으며, 커패시터의 전기장은 커패시터 플레이트들(506) 사이에 배치된 힙 요소(640)를 변형시킨다.
- [0052] 도 14 내지 도 19에는 변형 요소(6)를 구성할 또 다른 가능성이 도시되어 있으며, 도 14에는 이미 제시된 판 스프링(601)의 가능성이 도시되는 반면, 도 15에서는 와이어 스프링(650)이 사용된다. 도 16에 도시된 바와 같이, 임의의 횡단면을 갖는 변형 요소(660)도 고려될 수 있다. 도 17에는 상이한 횡단면과 상이한 길이를 갖는 다양한 힙 스프링(670)의 조합 형태가 변형 요소로서 사용되는 변형예가 도시되어 있으며, 이는 본 발명에 따른 액추에이터 사용의 각각의 주요한 요구 조건에 맞게 액추에이터 작용을 적응시킬 수 있다.
- [0053] 도 18에는 변형 유닛이 액추에이터의 작용 방향으로 상이한 탄성 특성을 갖는 2개 이상의 섹션들을 포함할 가능성이 도시되어 있다. 이는 고체의 중간 부재(681)가 힙 스프링(680) 내에 배치됨으로써 구현된다. 도 18에 도시되지 않은 변형 장치를 위해 규정된 지지면이 고체의 중간 부재(681)에 의해 형성된다. 이로써 변형 요소에 대한 변형 장치의 힘 도입을 위해 규정된 비율이 회전자의 측방향 운동의 경우에도, 제한된 범위 상에서 우세하게 된다.
- [0054] 도 19에는 내부로부터 압력을 받을 수 있는 얇은 벽의 튜브를 변형 요소(610)로서 구성할 다양한 가능성들이 부속도 19a, 부속도 19b 및 부속도 19c로 도시되어 있다.
- [0055] 도 20에 기초해서, 전반적으로 부하와 무관한 회전자 스텝 폭의 기능 원리가 설명될 수 있다.
- [0056] 변형 유닛을 구비한 회전자는 3개의 피벗 조인트에 의해 서로 연결될 수 있는 4개의 로드로 구성된 기계적 등가 모델(equivalent model)에 의해 시뮬레이션되며, 이때 중앙의 피벗 조인트에 평행하게 토션 스프링이 배치된다.
- [0057] 내부의 로드는 각각 길이(a)를 가지며, 토션 스프링은 토션 스프링 강도(k_{ϕ})를 갖는다.
- [0058] 우측 바깥쪽의 로드는 로킹 유닛에 의해 고정되는 반면, 좌측 바깥쪽의 로드는 (예컨대, 개방된 로킹 유닛에 의

해) 선형으로 안내된다.

[0059] 중앙의 피벗 조인트가 변형 장치에 의해 경로(v) 만큼 편향되었으므로, 내부 로드는 수평선에 대해 각(Φ)을 취한다.

[0060] 좌측 바깥쪽 로드에서 힘(F)이 작용하며, 중앙의 피벗 조인트에는 중앙의 피벗 조인트를 굽힐 수도 있는 굽힘 모멘트(M_{Beug})가 가해진다. 굽힘 모멘트(M_{Beug})는 경로(v)와 힘(F)의 오프셋으로부터 주어진다.

수학식 1

[0061]
$$M_{Beug} = F \cdot v$$

[0062] 경로(v)는 내부 로드의 길이(a)를 통해 중앙의 피벗 조인트의 굽힘각($2 \cdot \Phi$)에 따른다.

수학식 2

[0063]
$$v = a \cdot \sin[(2 \cdot \Phi)/2] = a \cdot \sin(\Phi)$$

[0064] 작은 경로(v)와 각(Φ)에 대해 근사법으로 선형화가 실행될 수 있다.

수학식 3

[0065]
$$v = a \cdot \Phi$$

[0066] 이로써, 굽힘 모멘트(M_{Beug})는 중앙의 피벗 조인트의 절반의 굽힘각(Φ)에 따라 나타날 수 있다.

수학식 4

[0067]
$$M_{Beug} = F \cdot a \cdot \Phi$$

[0068] 다른 한편으로, 토션 스프링은 피벗 조인트와 전체 회전자를 연장할 수도 있는 연장 모멘트(M_{Streck})를 중앙의 피벗 조인트에 가한다. 연장 모멘트(M_{Streck})는 중앙의 피벗 조인트와 토션 스프링 강도(k_Φ)의 굽힘각($2 \cdot \Phi$)에 의해 제공된다.

수학식 5

[0069]
$$M_{Streck} = k_\Phi \cdot 2 \cdot \Phi = 2 \cdot k_\Phi \cdot \Phi$$

[0070] 굽힘 모멘트(M_{Beug})가 연장 모멘트(M_{Streck}) 보다 작을 때, 회전자는 다시 완전히 연장된다.

수학식 6

$$M_{Beug} < M_{Streck}$$

$$F \cdot a \cdot \varphi < 2 \cdot k_{\varphi} \cdot \varphi$$

$$F \cdot a < 2 \cdot k_{\varphi}$$

힘(F)에 대해서는, 회전자가 다시 완전히 연장되도록 상기 힘(F)이 초과해서는 안 되는 한계가 부등식으로부터 제시된다. 이러한 한계는 임계적 힘(F_{krit})이다.

수학식 7

$$F < (2 \cdot k_{\varphi}) / a = F_{krit}$$

힘(F)이 임계적 힘(F_{krit})보다 작으면서 유지된다는 조건 하에 회전자가 다시 완전히 연장되므로, 회전자의 연장 운동으로부터 주어지는 회전자의 스텝 폭은 힘(F)과 무관하다.

힘(F)에 대한 스텝 폭의 비의존성은, 힘(F)이 임계적 힘(F_{krit})보다 작을 때 연장 모멘트(M_{Streck})가 굽힘 모멘트(M_{Beug})보다 회전자의 제로 위치(연장 위치)에서 더 강하게 증가함으로써 설명된다.

실제 판 스프링의 경우, 임계적 힘(F_{krit})은 상응하는 좌굴 부하의 경우 오일러 좌굴력에 상응한다.

보충적으로, 변형 유닛이 반드시 탄성의 구성 요소를 포함해야 하는 것은 아님을 알 수 있다. 압력뿐만 아니라 인장력도 가할 수 있는 변형 장치에 의해 변형 유닛이 변형될 수 있는 것도 마찬가지로 고려할 수 있다. 이로써 변형 유닛 자체가 반드시 복원력을 제공해야 하는 것은 아니다.

액추에이터는 상기 액추에이터의 높은 강도, 높은 조절력 및 전반적으로 부하와 무관한 스텝 폭에 기초해서, 매우 높은 위치 정확도가 요구될 경우 액추에이터의 구동을 위해 조정될 대물부의 위치 측정이 매우 어렵게만 구현될 수 있거나 매우 큰 정도로 위치 설정이 실행되어야 하는 사용 영역에 적합하다.

이러한 요구 조건은 예컨대 반도체 리소그래피 대물부의 z 조작 장치의 경우에 제공되는데, 상기 z 조작 장치는 작동 환경의 변동으로 인해 야기되는 상(image) 에러가 보정되도록, 작동 시작 전 상 에러의 보정을 위해 렌즈를 매우 정확하게 z 방향으로 위치 설정하고, 작동중에는 상기 위치를 중심으로 즉각적으로 렌즈를 z 방향으로 미세하게 조정하며, 이에 대한 실시예는 도 21에 제공된다.

이 경우, z 조작 장치는 렌즈(100)가 내부 링(101) 내에 장착되도록 구성될 수 있으며, 다시 상기 내부 링은 z 방향에 대해 평행하게 작용 방향이 배향되는 본 발명에 따른 3개의 액추에이터(1)에 의해 지지된다.

3개의 액추에이터(1)는 외부 링(102) 내에 매립되며, 외부 링은 도시되지 않은 대물부 구조에 대한 인터페이스를 외부 링의 외측 영역에 형성한다.

액추에이터(1)는 렌즈(100), 내부 링(101) 및 액추에이터(1)로 이루어진 시스템이 진동에 매우 민감해지지 않으면서도, 높은 액추에이터 강도에 기초해서 렌즈(100)와 함께 내부 링(101)을 z 방향으로 직접 지지할 수 있다.

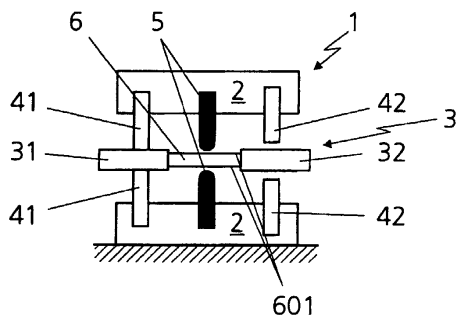
액추에이터(1)는 중앙 위치(103)에 대한 센서에 의해, 출력 손실 이후 거의 중앙 위치에 다시 위치할 수 있다.

작동전 상 에러 보정을 위해 스텝 모드의 액추에이터(1)는 렌즈(100)의 중앙의 z 위치로 이동할 수 있으며, 이때 렌즈(100)의 z 위치를 정확히 측정하는 센서는 필요하지 않은데, 그 이유는 부하에 대한 액추에이터의 전반적인 비의존성에 의해 스텝 폭이 매우 정확하게 규정되기 때문이다. 그러나 소정의 z 위치에 도달하기 위해서는, 구현된 스텝의 수가 카운팅되어야 한다.

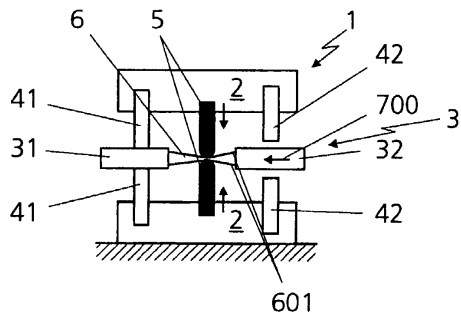
- [0087] 중앙의 z 위치를 중심으로 한 변동을 위해, 도 5에 따른 미세 조정 모드의 액추에이터(1)가 이용될 수 있다.
- [0088] 도 22에는 본 발명에 따른 액추에이터가 사용되는 반도체 리소그래피용 투영 노광 시스템(310)이 도시되어 있다. 상기 시스템은, 예컨대 컴퓨터칩과 같은 반도체 구성 요소의 제조를 위해 통상 주로 실리콘으로 구성되며 웨이퍼(320)로서 지칭되고 감광성 재료로 코팅된 기판의 구조의 노광에 사용된다.
- [0089] 이 경우 실질적으로 투영 노광 시스템(310)은 조명 시스템(330)과, 하나의 구조를 구비한 마스크, 소위 레티클(350)[상기 레티클을 통해 웨이퍼(320) 상의 추후의 구조가 결정된다]을 수용해서 정확히 위치 설정하기 위한 장치(340)와, 이러한 상기 웨이퍼(320)의 유지, 이동 및 정확한 위치 설정을 위한 장치(360)와, 결상 장치 즉, 투영 대물부(370)로 구성되며, 투영 대물부는 마운트(390)에 의해 투영 대물부(370)의 대물부 하우징(400) 내에 지지되는 복수의 광학 소자(380)를 갖는다.
- [0090] 이 경우 기본적인 기능 원리는 레티클(350) 내에 삽입된 구조가 웨이퍼(320) 상에 결상되는 것이며, 이러한 상은 일반적으로 축소되어 구현된다.
- [0091] 노광이 실행된 이후, 웨이퍼(320)가 화살표 방향으로 계속 운동하므로, 레티클(350)에 의해 사전 설정된 구조를 각각 갖는 복수의 개별 필드가 동일한 웨이퍼(320) 상에 노광된다. 투영 노광 시스템(310)에서의 웨이퍼(320)의 단계적인 전진 운동에 기초해서 상기 투영 노광 시스템은 종종 스텝퍼로도 지칭된다.
- [0092] 조명 시스템(330)은 웨이퍼(320) 상의 레티클(350)의 결상을 위해 필요한 투영 빔(410), 예컨대 광 또는 유사한 전자기 방사를 제공한다. 이러한 방사를 위한 원으로서 레이저 또는 이와 유사한 장치가 사용된다. 레티클(350) 상에 입사될 때 직경, 편광, 파면의 형태 등과 관련해서 투영 빔(410)이 소정의 특성을 갖도록, 조명 시스템(330)에서 광학 소자에 의해 방사가 형성된다.
- [0093] 빔(410)에 의해 레티클(350)의 상이 생성되며 투영 대물부(370)에 의해 상응하게 축소되어 웨이퍼(320) 상에 전달되는데, 이는 전술했던 바와 같다. 투영 대물부(370)는 예컨대 렌즈, 미러, 프리즘, 폐쇄판 등과 같은 복수의 개별 굴절 소자, 회절 소자 및/또는 반사 광학 소자(380)를 포함한다. 이 경우 광학 소자들 중 하나 이상은 도 21에 도시된 조작 장치 유형의 조작 장치 내에 배치될 수 있다.
- [0094] 본 도면에서 z 방향은 도 21에 상응하게 표시되어 있다.

도면

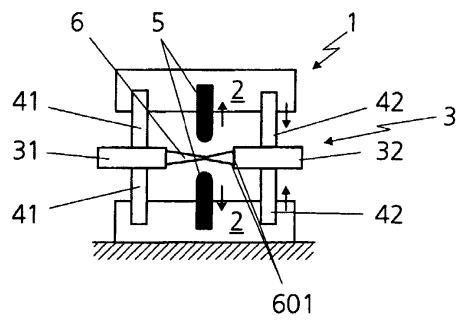
도면1a



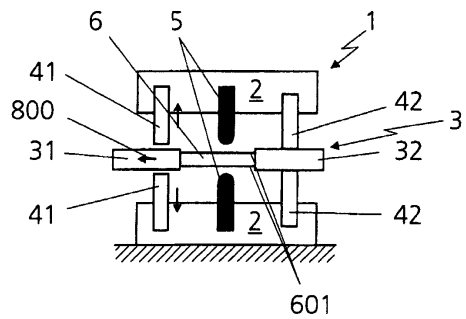
도면1b



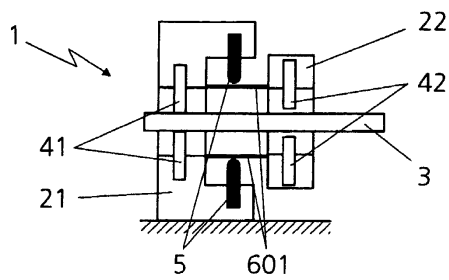
도면1c



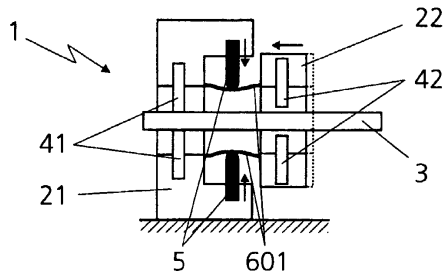
도면1d



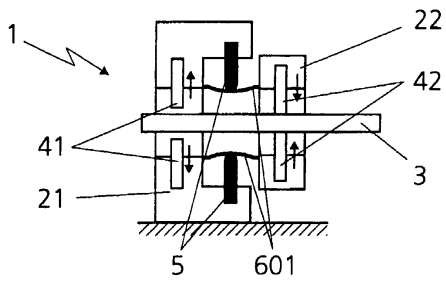
도면2a



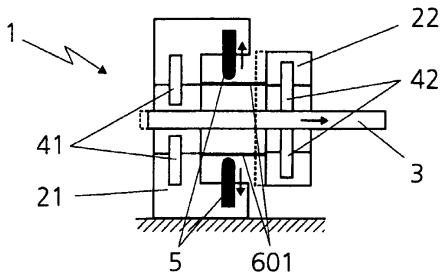
도면2b



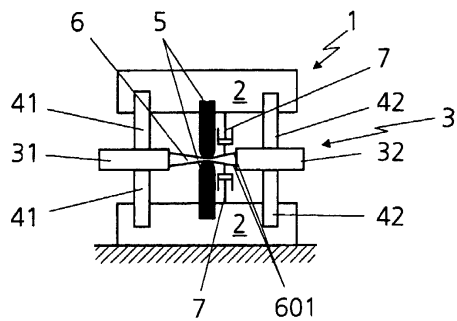
도면2c



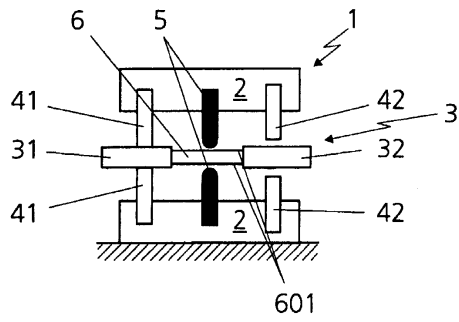
도면2d



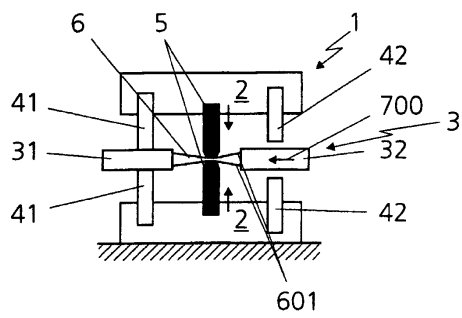
도면3



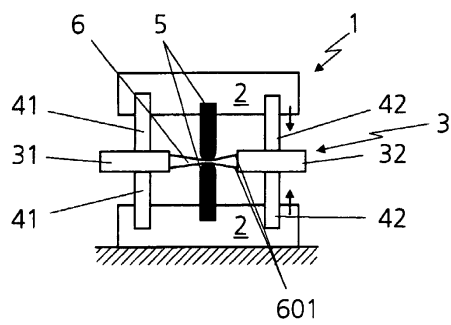
도면4a



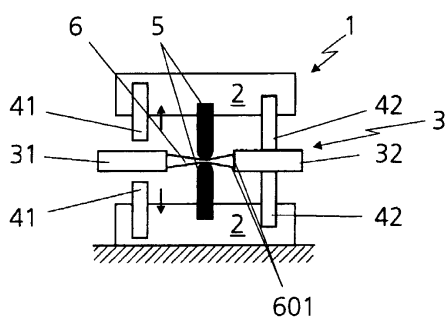
도면4b



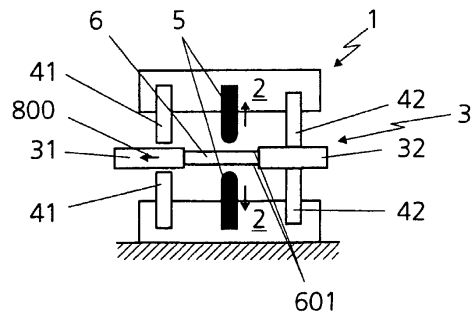
도면4c



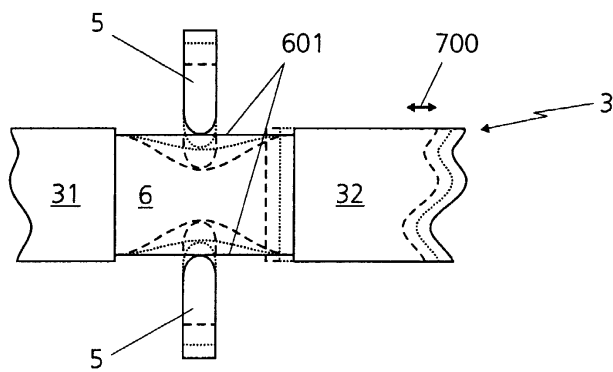
도면4d



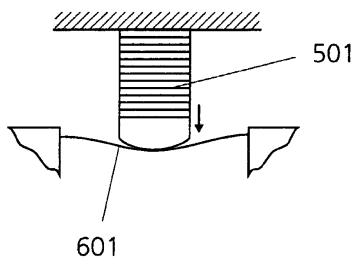
도면4e



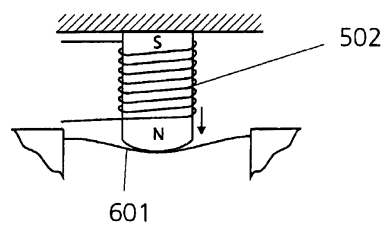
도면5



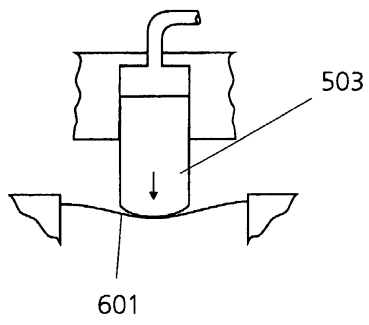
도면6



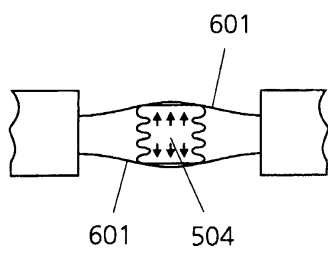
도면7



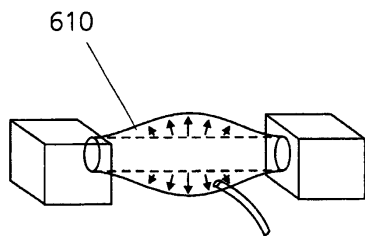
도면8



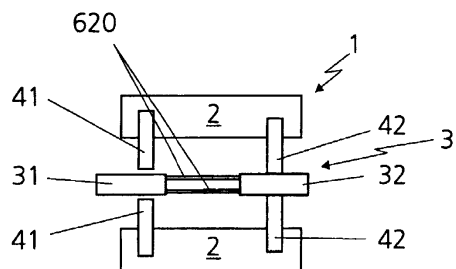
도면9



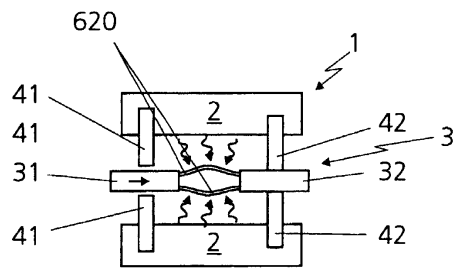
도면10



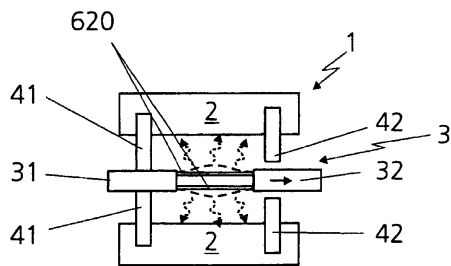
도면11a



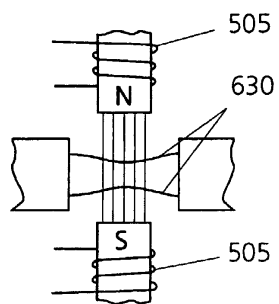
도면11b



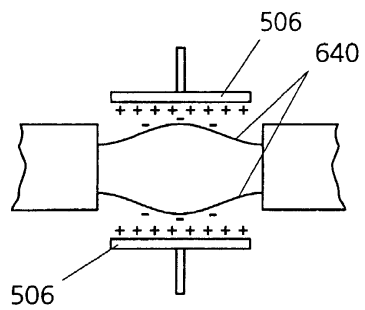
도면11c



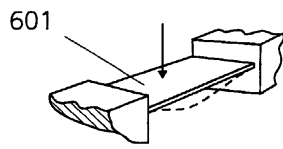
도면12



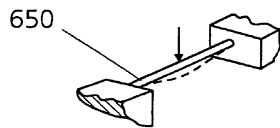
도면13



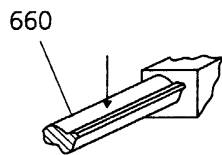
도면14



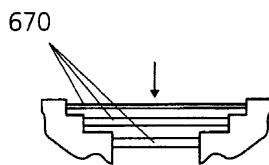
도면15



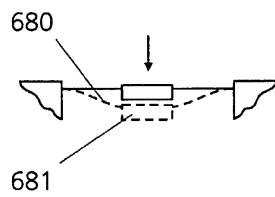
도면16



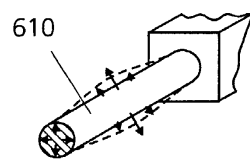
도면17



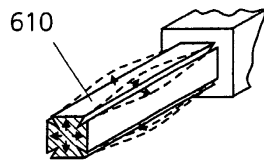
도면18



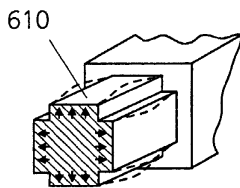
도면19a



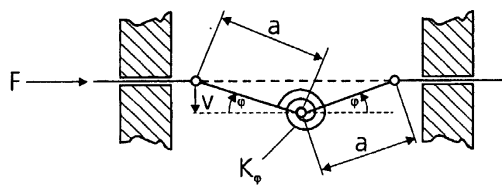
도면19b



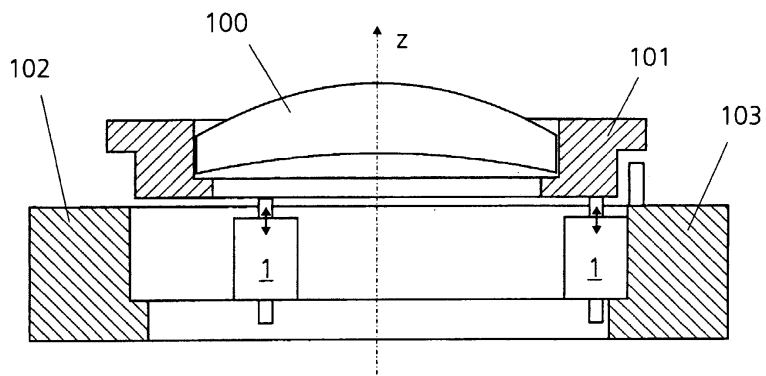
도면19c



도면20



도면21



도면22

