



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월30일  
(11) 등록번호 10-1823726  
(24) 등록일자 2018년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0116973  
(22) 출원일자 2014년09월03일  
심사청구일자 2015년09월03일  
(65) 공개번호 10-2015-0027718  
(43) 공개일자 2015년03월12일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2013-182874 2013년09월04일 일본(JP)  
JP-P-2014-156173 2014년07월31일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2003045785 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
캐논 가부시끼가이샤  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
(72) 발명자  
데라오 츠토무  
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고  
캐논 가부시끼가이샤 내  
(74) 대리인  
장수길, 이중희

전체 청구항 수 : 총 12 항

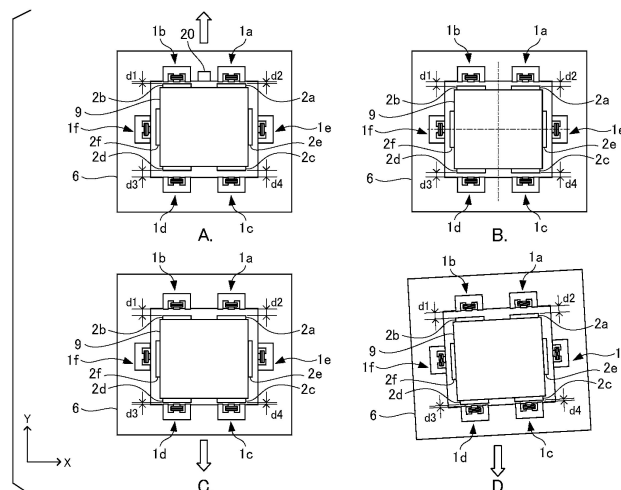
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 스테이지 장치 및 그 구동 방법

(57) 요약

본 발명에 따르면, 미리정해진 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제1 스테이지와; 상기 제1 스테이지 상에서, 상기 제1 스테이지의 스트로크보다 짧은 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제2 스테이지와; 상기 제1 스테이지의 가속 시에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 오프셋되는 한편, 상기 제1 스테이지의 감속 시에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향에 대향하는 방향으로 오프셋되도록, 상기 제1 스테이지에 대해 상기 제2 스테이지의 상대 위치를 변화시키는 제1 구동 유닛, 또는 상기 제1 스테이지의 위치를 변화시키는 제2 구동 유닛을 제어하도록 구성된 컨트롤러를 포함하는, 스테이지 장치가 제공된다.

대표도



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

미리정해진 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제1 스테이지와,

상기 제1 스테이지 상에서, 상기 제1 스테이지의 스트로크보다 짧은 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제2 스테이지와,

상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지 사이에서 추력을 발생시키고 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지의 상대 위치에 따라서 상이한 추력 상수를 갖는 액추에이터를 포함하고, 상기 제1 스테이지에 대해 상기 제2 스테이지의 상대 위치를 변화시키도록 구성된 제1 구동 유닛과,

상기 제1 스테이지의 위치를 변화시키도록 구성된 제2 구동 유닛과,

상기 제1 스테이지의 가속도가 증가하는 동안의 기간에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 변화되도록, 상기 제1 구동 유닛 또는 상기 제2 구동 유닛을 제어하도록 구성된 컨트롤러를 포함하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 2

미리정해진 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제1 스테이지와,

상기 제1 스테이지 상에서, 상기 제1 스테이지의 스트로크보다 짧은 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제2 스테이지와,

상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지 사이에서 추력을 발생시키고 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지의 상대 위치에 따라서 상이한 추력 상수를 갖는 액추에이터를 포함하고, 상기 제1 스테이지에 대해 상기 제2 스테이지의 상대 위치를 변화시키도록 구성된 제1 구동 유닛과,

상기 제1 스테이지의 위치를 변화시키도록 구성된 제2 구동 유닛과,

상기 제1 스테이지가 감속되고 상기 제1 스테이지의 가속도가 감소되는 동안의 기간에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향의 반대 방향으로 변화되도록, 상기 제1 구동 유닛 또는 상기 제2 구동 유닛을 제어하도록 구성된 컨트롤러를 포함하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 컨트롤러는 상이한 프로파일에 기초하여 상기 제1 구동 유닛 및 상기 제2 구동 유닛의 구동을 제어하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 제2 스테이지의 이동 방향 각각에 대응하여 설치되는 복수의 전자석이며,

상기 복수의 전자석은 상기 제1 스테이지 또는 상기 제2 스테이지 중 한쪽에 설치되며, 상기 제1 스테이지 또는 상기 제2 스테이지 중 다른 쪽에는 상기 복수의 전자석 각각에 대향하는 복수의 자성체가 설치되는, 스테이지 장치.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 스테이지의 가속 시에, 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 다른 전자석보다 더 큰 추력을 발생시키는 상기 전자석과 상기 전자석에 대향하는 상기 자성체 사이의 간격이, 상기 다른 전자석과, 상

기 전자석에 대항하는 상기 자성체 사이의 간격보다 좁은 한편, 상기 제1 스테이지의 감속 시에, 상기 제1 스테이지의 이동 방향에 대항하는 방향으로 상기 다른 전자석보다 더 큰 추력을 발생시키는 상기 전자석과, 상기 전자석에 대항하는 상기 자성체 사이의 간격이, 상기 다른 전자석과, 상기 전자석에 대항하는 상기 자성체 사이의 간격보다 좁아지도록, 상기 전자석에 전류를 공급하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 간격을 계측하도록 구성된 계측 유닛을 더 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 계측 유닛에 의해 계측된 상기 간격의 실측값에 기초하여, 상기 액추에이터에 의해 발생하는 상기 추력을 보정하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제1 구동 유닛은, 상기 액추에이터와 상이한 리니어 모터를 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 스테이지의 가속도가 증가되는 동안의 기간에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 변화되도록, 상기 리니어 모터를 제어하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 8

제5항에 있어서,

상기 제1 구동 유닛은, 상기 액추에이터와 상이한 리니어 모터를 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 스테이지의 가속도가 증가되는 동안의 기간에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 변화되도록, 상기 리니어 모터 및 상기 제2 구동 유닛을 제어하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 9

제5항에 있어서,

상기 제1 구동 유닛은, 상기 액추에이터와 상이한 리니어 모터를 포함하고,

상기 컨트롤러는, 상기 제1 스테이지의 가속도가 증가되는 동안의 기간에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 변화되도록, 상기 제2 구동 유닛을 제어하는, 스테이지 장치.

#### 청구항 10

제3항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 제2 스테이지의 회전 자세에 추종하여 상기 제1 스테이지의 자세(orientation)가 회전되도록, 상기 제1 구동 유닛 및 상기 제2 구동 유닛을 구동시키는, 스테이지 장치.

#### 청구항 11

미리정해진 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제1 스테이지와; 상기 제1 스테이지 상에서, 상기 제1 스테이지의 스트로크보다 짧은 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제2 스테이지와; 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지 사이에서 추력을 발생시키고 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지의 상대 위치에 따라서 상이한 추력 상수를 갖는 액추에이터를 포함하고, 상기 제1 스테이지에 대해 상기 제2 스테이지의 상대 위치를 변화시키도록 구성된 제1 구동 유닛과; 상기 제1 스테이지의 위치를 변화시키도록 구성된 제2 구동 유닛을 포함하는 스테이지 장치의 구동 방법이며,

상기 제1 스테이지의 가속도가 증가되는 동안의 기간에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 변화되도록 상기 제1 구동 유닛 또는 상기 제2 구동 유닛의 구동 프

로파일을 생성하는 생성 단계와,

상기 생성 단계에서 생성된 구동 프로파일에 기초하여 상기 제1 구동 유닛 또는 상기 제2 구동 유닛을 제어하는 단계를 포함하는, 스테이지 장치의 구동 방법.

## 청구항 12

미리정해진 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제1 스테이지와; 상기 제1 스테이지 상에서, 상기 제1 스테이지의 스트로크보다 짧은 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제2 스테이지와; 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지 사이에서 추력을 발생시키고 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지의 상대 위치에 따라서 상이한 추력 상수를 갖는 액추에이터를 포함하고, 상기 제1 스테이지에 대해 상기 제2 스테이지의 상대 위치를 변화시키도록 구성된 제1 구동 유닛과; 상기 제1 스테이지의 위치를 변화시키도록 구성된 제2 구동 유닛을 포함하는 스테이지 장치의 구동 방법이며,

상기 제1 스테이지가 감속되고 상기 제1 스테이지의 가속도가 감소되는 동안의 기간에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향의 반대 방향으로 변화되도록 상기 제1 구동 유닛 또는 상기 제2 구동 유닛의 구동 프로파일을 생성하는 생성 단계와,

상기 생성 단계에서 생성된 구동 프로파일에 기초하여 상기 제1 구동 유닛 또는 상기 제2 구동 유닛을 제어하는 단계를 포함하는, 스테이지 장치의 구동 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 스테이지 장치 및 그 구동 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 노광 장치는, 반도체 디바이스, 액정 표시 디바이스 등의 제조 공정에 포함된 리소그래피 공정에 있어서, 원판(레티클, 마스크 등)의 패턴을 투영 광학계를 개재하여 감광성 기판(표면에 레지스트층이 형성된 웨이퍼, 유리판 등)에 노광한다. 이 노광 장치는, 통상적으로, 기판 또는 원판인 물체를 유지하면서 이동 가능한 스테이지 장치를 포함한다. 일본 특허 공개 제2003-22960호는, XY 평면 방향에 있어서, 긴 스트로크로 이동가능한 조동 스테이지와, 조동 스테이지 상에 탑재되어 정밀한 위치 결정을 위해 미소 구동 가능한 미동 스테이지를 갖는 스테이지 장치를 개시하고 있다. 여기서, 기판이 적재되는 미동 스테이지의 상판은, 유지되는 기판의 표면 형상의 상태와 전사될 패턴의 상태에 따라 6축(X, Y, Z,  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ )의 자유도로 위치한다. 미동 스테이지를 이동시키는 위한 액추에이터로는, 6축을 위해 리니어 모터를 채용하고, 또한, 가감속에서 큰 힘이 필요한 X축과 Y축 방향에 대해서는 무게 중심을 인장하기 위한 전자석을 보조적으로 사용한다.

[0003] 미동 스테이지의 각축의 회전 방향인  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ 의 각 스트로크는, 이동 방향에 있어서 조동 스테이지와 미동 스테이지 사이의 간격(예를 들어, 조동 스테이지측의 전자석(E 코어)과 이에 대향하는 미동 스테이지측의 자성체(I 코어) 사이의 간격)에 의해 결정된다. 여기서, 미동 스테이지의 스트로크는 가능한 한 미동 스테이지의 자세를 변경하도록 넓은 것이 바람직하다. 이 스트로크를 증가시키기 위해서는 스테이지 간격을 증가시킬 필요가 있다. 한편, 예를 들어, 전자석의 추력은, 전자기학의 원리상, 스테이지 간격의 제곱에 반비례한다. 즉, 미동 스테이지의 스트로크를 증가시키면 스테이지 간격이 증가하지만, 증가된 간격에서의 전자석의 단위 전류당의 추력이 감소된다. 따라서, 스테이지 간격이 증가하더라도 같은(균일한) 추력을 얻기 위해서는, 더욱 많은 전류를 전자석에 공급해야 하므로, 결과적으로 전자석의 발열량이 증가한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명은, 예를 들어, 조동 스테이지와 미동 스테이지를 포함하고 미동 스테이지의 스트로크를 확보하면서 미동 스테이지를 구동하기 위한 액추에이터의 발열량을 저감시키는 데 유리한 스테이지 장치를 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 양태에 따르면, 미리정해진 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제1 스테이지와; 상기 제1

스테이지 상에서, 상기 제1 스테이지의 스트로크보다 짧은 스트로크에 의해 이동 가능하도록 구성된 제2 스테이지와; 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지 사이에서 추력을 발생시키고 상기 제1 스테이지와 상기 제2 스테이지의 상대 위치에 따라서 상이한 추력 상수를 갖는 액추에이터를 포함하고, 상기 제1 스테이지에 대해 상기 제2 스테이지의 상대 위치를 변화시키도록 구성된 제1 구동 유닛과; 상기 제1 스테이지의 위치를 변화시키도록 구성된 제2 구동 유닛과; 상기 제1 스테이지의 가속시에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향으로 오프셋되는 한편, 상기 제1 스테이지의 감속시에, 상기 제1 스테이지에 대한 상기 제2 스테이지의 상대 위치가 상기 제1 스테이지의 이동 방향에 대항하는 방향으로 오프셋되도록, 상기 제1 구동 유닛 또는 상기 제2 구동 유닛을 제어하도록 구성된 컨트롤러를 포함하는, 스테이지 장치가 제공된다.

[0006] 본 발명의 추가적인 특징들은 첨부 도면을 참조하여 이하의 예시적인 실시 형태들의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 스테이지 장치의 구성을 도시하는 도면.

도 2a는 미동 스테이지를 구동하기 위한 액추에이터를 도시하는 분해 사시도면.

도 2b는 도 2a에 도시한 전자석과 자성체 사이의 위치 관계를 도시하는 평면도면.

도 3은 미동 스테이지에 관한 전자석의 추력 상수의 변화를 나타내는 그래프.

도 4의 (A)는 조동 스테이지가 이동을 개시한 직후부터의 가속시의 조동 스테이지의 상태를 도시하는 도면.

도 4의 (B)는 조동 스테이지의 등속시의 상태를 도시하는 도면.

도 4의 (C)는 조동 스테이지의 감속시의 상태를 도시하는 도면.

도 4의 (D)는 조동 스테이지가  $\omega z$  방향으로 회전하는 상태를 도시하는 도면.

도 5는 스캔 동작 동안 가속도와 간격 d의 변화를 나타내는 그래프.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 형태들을 도면을 참조하여 설명한다.

[0009] 먼저, 본 발명의 제1 실시 형태에 따른 스테이지 장치의 구성을 설명한다. 본 실시 형태에 따른 스테이지 장치는, 예를 들어, 노광 장치 등의 리소그래피 장치에 있어서 웨이퍼 등의 기판 또는 레티클 등의 원판을 유지하면서 이동 가능한 디바이스로서 채용될 수 있다. 이하, 본 실시 형태에 따른 스테이지 장치는, 유지되는 예시적인 대상으로서 웨이퍼를 유지하면서 이동 가능한 디바이스이다. 도 1은 본 실시 형태에 따른 스테이지 장치(100)의 구성을 도시하는 개략적인 사시도이다. 이하의 도면에서, 수직 방향으로 Z축이 정렬되고, Z축에 수직인 평면 내에서 서로 직교하는 X축과 Y축이 정렬된다. 스테이지 장치(100)는, 정반(platen)(101) 상에서 X축 방향과 Y축 방향으로 소정의 스트로크만큼 이동하는 조동 스테이지(제1 스테이지)(102), (조동 스테이지 상에서) 조동 스테이지(102)에 대하여 정밀 이동을 수행하는 미동 스테이지(제2 스테이지)(103), 및 컨트롤러(104)를 포함한다. 도 1에 도시한 예에서, 스테이지 장치(100)는, 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)의 쌍을 두 개 갖고 이러한 두 쌍이 정반(101) 상에서 서로 이동 가능하며 임의의 위치에서 상호 교환 가능한, 소위 트윈 스테이지(twin-stage)형 스테이지 장치이다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 스테이지 장치는, 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)의 쌍을 갖는 싱글 스테이지형 스테이지 장치일 수도 있고 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)의 복수의 쌍(세 개 이상)을 갖는 스테이지 장치일 수도 있다는 점에 유의한다. 이하에서는, 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)의 한 쌍의 구성과 동작을 일례로 설명한다.

[0010] 조동 스테이지(102)는, 상부에 (후술하는) 미동 스테이지(103)를 설치하고, 정반(101) 상에서 소정의 긴 스트로크만큼 이동한다. 도시하지는 않았지만, 조동 스테이지(102)를 구동하기 위한 조동 액추에이터(제2 구동 유닛)로서, 리니어 모터를 채용할 수 있다.

[0011] 미동 스테이지(103)는, 직사각형의 평면 형상을 갖는 상판(5), 베이스(6), 및 베이스(6) 상에서 상판(5)을 6축 방향(X, Y, Z,  $\omega x$ ,  $\omega y$ ,  $\omega z$ )으로 이동시키는(상판(5)의 자세를 변화시키는) 미동 액추에이터(제1 구동 유닛)(7)를 포함한다. 상판(5)에는 웨이퍼를 예를 들어 흡착에 의해 유지하기 위한 척(8)을 설치(또는 일체화)하

여, 웨이퍼를 유지하면서 6축 방향으로 웨이퍼를 위치 결정한다. 베이스(6)는 조동 스테이지(102) 상에 고정되고, 후술하는 미동 액추에이터(7)의 전자석(1)(액추에이터)과 리니어 모터의 고정자(4)를 베이스(6) 상에 설치한다. 본 실시 형태에서는, 두 가지 유형의 미동 액추에이터(7)가 존재한다. 먼저, 6축 방향 중 Z축 방향과 틸트( $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ) 방향으로 구동을 수행하는 액추에이터로서, 리니어 모터를 채용한다. 한편, 가속시에 상판(5)에 대하여 추력(가속력)을 부여할 필요가 있는 X축, Y축, 및  $\omega_z$  축 방향으로 구동을 수행하는 액추에이터로서, 추력 단위당 발열을 억제하는 데 유리한 전자석을 채용한다. 도시하지는 않았지만, 상판(5)의 측면에는 레이저 간섭계로부터 방출되는 광을 반사하기 위한 반사판(미러)이 설치되어, 상판(5)의 위치를 계측하는 데 참조된다.

[0012] 도 2a와 도 2b는 미동 액추에이터(7)의 구성을 도시하는 개략도이다. 도 2a는 미동 액추에이터(7)를 도시하는 분해 사시도이다. 먼저, 미동 액추에이터(7)를 구성하는 리니어 모터를 설명한다. 리니어 모터는, 상판(5)측에 고정되는 가동 소자(3)와 베이스(6)측에 고정되는 고정자(4)의 한 쌍으로 이루어진다. 가동 소자(3) 상에는 자성체가 설치되는 한편, 고정자(4) 상에는 코일이 설치된다. 본 실시 형태에서는, 일례로, 리니어 모터의 총 4쌍이, 직사각형의 평면 형상을 갖는 상판(5)의 4개 단부(코너) 근방에 설치된다. 도 2a에서, 리니어 모터의 4쌍 중, 4개의 가동 소자(3)는 참조 번호(3a 내지 3d)로 지정되고, 이에 대응하는 4개의 고정자(4)는 참조 번호(4a 내지 4d)로 지정된다.

[0013] 이어서, 미동 액추에이터(7)를 구성하는 전자석(1)을 설명한다. 전자석(1)은, 제어 전류의 공급에 의해 자계를 발생시키는 코일(11)과, 자기 흡인력을 증가시키도록 그 발생한 자계에 의해 (후술하는) 자성체(2)와 요크(E-코어)(10) 사이의 자로를 형성하는 요크(E-코어)(10)를 포함하고, 베이스(6)측에 복수(본 실시 형태에서는 6개의 전자석(1a 내지 1f)) 고정된다. 한편, 복수의 전자석(1a 내지 1f)에 대응하는 (쌍으로 되는) 복수의 자성체(I 코어)(2)(자성체(2a 내지 2f))가 다른 쪽의 상판(5)측에 설치된다. 더욱 구체적으로, 상판(5)의 이면(베이스(6)에 대향하는 면)의 중앙 영역에는, 고정 부재의 4개의 측면에 복수의 자성체(2)를 특정한 간격으로 고정하고 있는 고정 부재(9)가 설치된다. 복수의 전자석(1)은 고정 부재(9)에 고정되어 있는 각각의 자성체(2)에 대향하도록 설치된다. 즉, 고정 부재(9)(상판(5))는, 복수의 전자석(1)에 의해 둘러싸인 공간에서의 부유체로서, 베이스(6) 상의 중간 위치에서 유지된다.

[0014] 도 2b는 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 위치 관계를 도시하는 평면도이다. 전자석(1)과 자성체(2)의 쌍이 6개 있는 경우, 고정 부재(9)를 기준으로 할 때, 도 2b에 도시한 바와 같이, Y축 방향(조동 스테이지(102)의 보다 긴 스트로크의 축 방향)의 +측과 -측의 각각 상에 전자석(1)과 자성체(2)의 두 개의 쌍을 설치할 수 있고, X축 방향의 +측과 -측의 각각 상에 전자석(1)과 자성체(2)의 한 쌍을 설치할 수 있다. 이때, 자기 흡인력을 밸런스 있게 발생시킬 수 있도록, 전자석(1)과 자성체(2)가, 고정 부재(9)의 XY 평면 상에서 Z축 방향의 중심 축을 통과하는 X축과 Y축에 평행한 선에 대하여 균등하게 배치되는 것이 바람직하다.

[0015] 컨트롤러(104)는, 예를 들어, 컴퓨터(프로세서, 메모리를 탑재한 제어 기판) 등으로 구성된다. 컨트롤러(104)는 구동 프로파일을 생성하고, 구동 프로파일에 기초하여 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)의 구동을 제어한다. 특히, 본 실시 형태에서, 컨트롤러(104)는 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)의 구동을 서로 다른 구동 프로파일들에 기초하여 제어한다. 스테이지 장치(100)가, 예를 들어, 노광 장치의 구성요소로서 사용될 경우에, 컨트롤러(104)는 노광 장치의 컨트롤러와 일체화될 수도 있다.

[0016] 이어서, 스테이지 장치(100)의 동작을 설명한다. 먼저, 도 2a와 도 2b에 도시한 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격에 관한 특성을 설명한다. 여기서, 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격은, 자로가 형성되는 부분이며, 더욱 구체적으로는, 전자석(1)측의 요크(10)의 자성체(2)에 대향하는 단부면과 자성체(2)의 표면 사이의 간격이다. 더욱 간략하게는, 그 간격은, 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103) 사이의 평면 방향에 있어서의 간격(스테이지 간격)이라고 할 수도 있다. 도 3은, 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격(상대 위치)에 따라 실측값이 달라질 수 있는 전자석(1)의 단위 전류당 추력(추력 상수)의 실측값을 나타내는 그래프이다. 이 그래프에 의하면, 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격이 감소되면 추력 상수가 증가하고, 즉, 추력 효율이 향상되는 것을 알 수 있다. 여기서, 전자석(1)에 의해 발생하는 힘 F는 이하의 수학적 식 1로 표현된다:

[0017] [수학적 식 1]

$$F = \alpha \times i^2 \times \frac{1}{d^2}$$

[0018]

[0019] 여기서, "α"는 상수이고, "i"는 전자석(1)의 코일(11)에 공급되는 전류이고, "d"는 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격이다. 여기서, 간격 d를 100μm로 설정하고 상판(5)의 폭 W를 500mm로 설정하면, 미동 스테이지(103)



의  $\omega z$  방향의 스트로크  $d/(W/2)$ 는  $100/0.250$ 이고, 이는  $400\mu\text{rad}$  이하이다. 스트로크를  $800\mu\text{rad}$ 까지 증가시키기 위해서는, 간격  $d$ 를 약  $100\mu\text{m}$ 로부터 약  $200\mu\text{m}$ 로 증가시켜야 한다. 그러나, 간격  $d$ 가  $100\mu\text{m}$ 로부터  $200\mu\text{m}$ 로 증가되면, 도 3을 참조해 볼 때 추력 상수가  $346\text{N/A}$ 로부터  $98\text{N/A}$ 로 약  $1/3.5$ 만큼 감소된다. 따라서, 항상 균등한 추력을 얻기 위해서는, 코일(11)에 전류를 3.5배 많이 공급할 필요가 있다. 3.5배 많은 전류가 코일(11)에 공급되면, 발열은 전류의 제곱에 비례하므로 12.3배로 된다. 이는 스테이지 장치(100)의 정밀도에 영향을 끼칠 수 있는 상판(5) 변형을 야기할 수 있어서, 이러한 변형을 억제하기 위한 열적 설계 부담이 증가하게 된다. 따라서, 본 실시 형태에서는, 가속 또는 감속 타이밍에 미동 액추에이터(7)에 의해 가장 큰 발열이 발생한다는 사실에 착안하여, 이하에서와 같이, 가속 또는 감속시에 자기 흡인력을 발생시키는 전자석(1)과 자성체(2)를 근접 시킴으로써, 대처한다.

[0020] 도 4의 (A) 내지 도 4의 (D)는, 조동 스테이지(102)가 +Y축 방향으로 이동할 때의 본 실시 형태에서의 간격  $d$ 의 설정 상태를 도시하는 개략적인 평면도이다. 설명은 생략하지만, X축 방향으로의 조동 스테이지(102)의 이동에 대해서도, 후술하는 바와 마찬가지로의 동작과 제어가 가능하다. 여기서, (코일(11)에 전류가 공급되면) 조동 스테이지(102)가 Y축 방향으로 이동할 때 주로 사용되는 전자석(1)과 자성체(2)의 쌍들은, Y축 방향으로 서로 대향하는 4개의 쌍(전자석(1a 내지 1d)을 포함하는 쌍)이다.

[0021] 먼저, 도 4의 (A)는 조동 스테이지(102)가 이동을 개시한 직후부터의 가속시의 상태를 도시하는 도면이다. 조동 스테이지(102)의 가속시에는, 이동 방향으로 정면측에 설치되어 있는 2개의 전자석(1a, 1b)을 사용한다. 본 실시 형태에서, 조동 스테이지(102)의 가속시에는, 조동 스테이지(102)에 대한 미동 스테이지(103)의 상대 위치(도 4의 (A) 내지 도 4의 (D)에서의 고정 부재(9)의 위치)가 조동 스테이지(102)의 이동 방향에 있어서 오프셋 되도록 전자석(1a, 1b)이 제어된다. 더욱 구체적으로, 간격  $d$ 가  $d1 = d2, d3 = d4, d1 < d3$ 인 조건들을 만족하도록, 전자석(1a, 1b)과 자성체(2a, 2b)를 각각 근접시킨다. 여기서, 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)를 전술한 바와 같이 이동시키기 위해서는, 전자석(1a, 1b)이, 조동 스테이지(102)를 이동시키기 위한 조동 액추에이터와는 독립적으로 (다른 구동 프로파일에 기초하여) 제어된다.

[0022] 이어서, 도 4의 (B)는 조동 스테이지(102)의 등속시의 상태를 도시하는 도면이다. 조동 스테이지(102)가 등속으로 이동시, 간격  $d$ 가 균등( $d1 = d2 = d3 = d4$ )하도록 4개의 전자석(1a 내지 1d)이 사용된다.

[0023] 이어서, 도 4의 (C)는 조동 스테이지(102)의 감속시의 상태를 도시하는 도면이다. 조동 스테이지(102)의 감속시에는, 이동 방향으로 전방측에 설치되어 있는 2개의 전자석(1c, 1d)을 사용한다. 조동 스테이지(102)의 감속시에는, 조동 스테이지(102)에 대한 미동 스테이지(103)의 상대 위치가 조동 스테이지(102)의 이동 방향의 반대측으로 오프셋되도록 전자석(1c, 1d)이 제어된다. 더욱 구체적으로, 가속시와는 반대로, 간격  $d$ 가  $d1 = d2, d3 = d4, d1 > d3$ 인 조건들을 만족하도록 전자석(1c, 1d)과 자성체(2c, 2d)를 각각 근접시킨다.

[0024] 한편, 도 4의 (D)는 조동 스테이지(102)가  $\omega z$  방향으로 회전되는 상태를 도시하는 도면이다. 미동 스테이지(103)가  $\omega z$  방향으로 회전하는 경우, 미동 스테이지(103)의 회전 자세(회전량)에 추종하여 조동 스테이지(102)가 회전하도록, 4개의 전자석(1a 내지 1d)이 사용된다. 이러한 방식으로, 전자석(1) 및 자성체(2)는 대향된 평행 관계에 있고, 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 2개의 인접한 간격  $d$ , 즉 간격  $d1$  및  $d2$  또는 간격  $d3$  및  $d4$ 가 서로 균등하게 접근될 수 있다.

[0025] 이어서, 스테이지 장치(100)가 예를 들어 노광 장치에 사용되는 경우에 행해지는 기본적인 동작에 대해 설명한다. 도 5는, 노광 시의 스캔 동작 중에, 상술된 바와 같이 간격  $d$ 가 적절하게 감소되도록 제어된 경우의 가속 시간에 대한 가속도 및 간격  $d$ 의 변화를 도시하는 그래프이다. 우선, 컨트롤러(104)는, 스테이지 이동 개시 후에, 가속 영역 내의 가속도가 증가하는 저크(jerk)(가속도) 구간(1)에서, 조동 스테이지(102)에 대해 미동 스테이지(103)가 이동 방향으로 오프셋되도록 제어를 행한다. 따라서, 등가속 구간에서는, 도 4의 (A)에 도시된 바와 같이 이동 방향의 후방측에 설치된 전자석(1a 및 1b)이 높은 추력 상수를 갖는다. 이어서, 컨트롤러(104)는, 가속 영역 내의 가속도가 감소하는 저크 구간(2)에서, 조동 스테이지(102)에 대해 전후가 균등하게 되는 원래의 위치로 미동 스테이지(103)가 복귀되도록 제어를 행한다. 이러한 방식으로, 저크 구간(2) 직후의 등속 구간에서는 도 4의 (B)에 도시한 바와 같이 간격  $d$ 가 서로 균등해져서, 넓은 스트로크가 유지될 수 있다. 이어서, 컨트롤러(104)는, 감속 영역 내의 가속도가 감소하는 저크 구간(3)에서는, 가속 영역과는 반대로, 미동 스테이지(103)가 조동 스테이지(102)에 대해 미동 스테이지(103)의 이동 방향에 대향하는 방향으로 오프셋되도록, 제어를 행한다. 따라서, 등감속 구간에서는, 이동 방향의 전방측에 설치된 전자석(1c 및 1d)이 높은 추력 상수를 갖는다. 이어서, 컨트롤러(104)는, 감속 영역 내의 가속도가 증가하는 저크 구간(4)에서는, 조동 스테이지(102)에 대해 전후가 균등하게 되는 원래의 위치로 미동 스테이지(103)가 복귀되도록 제어를 행한다. 컨트롤러

(104)에 의한 이러한 제어의 실행을 통해, 조동 스테이지(102) 및 미동 스테이지(103)의 이동 중에 스트로크를 유지하면서 높은 추력 상수로 전자석(1)을 사용할 수 있어서, 전자석(1)에서 발생하는 열의 양을 억제할 수 있다. 이러한 제어는, 감속으로부터 가속으로 역방향으로 전환시, 저크 구간(1) 및 저크 구간(4)을 제거함으로써, 항상 등가속 상태에서 이동 방향이 전환되는 경우에도, 적용될 수 있다.

[0026] 상술된 바와 같이, 스테이지 장치(100)는 조동 스테이지(102) 및 미동 스테이지(103)의 이동 중에, 특히 가속 또는 감속시, 자기 흡인력을 발생시키는 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격  $d$ 를 감소시킨다. 이러한 방식으로, 스트로크를 유지하면서 높은 추력 상수로 전자석(1)을 사용할 수 있어서, 전자석(1)에서 발생하는 열의 양을 억제할 수 있다.

[0027] 본 실시 형태에서는, 가속 또는 감속시 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격  $d$ 를 감소시키기 위해, 전자석(1)에 대한 명령값인 구동 프로파일을 생성한다. 구동 프로파일로서, 예를 들어 가속도 프로파일 또는 가속도 프로파일로부터 산출되는 자속 프로파일이 사용될 수 있다. 또한, 자속 피드백 제어가 행해질 수도 있다.

[0028] 본 실시 형태에서는, 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격  $d$ 가 감소될 때, 조동 스테이지(102) 대신 미동 스테이지(103)가 구동된다. 이는, 조동 스테이지(102)에 비해, 미동 스테이지(103)가 넓은 제어 대역을 가져, 고정밀도로 고속의 위치 결정이 성취될 수 있기 때문이다. 그러나, 본 발명에서는, 가속 또는 감속시 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격  $d$ 를 감소시키기 위해, 조동 액추에이터에 대한 명령값인 구동 프로파일을 생성할 수도 있다. 구동 프로파일로서, 예를 들어 가속도 프로파일 또는 가속도 프로파일로부터 산출되는 위치 프로파일이 사용될 수 있다. 또한, 위치 피드백 제어가 행해질 수도 있다.

[0029] 본 실시 형태에서는, 미동 액추에이터(7)의 리니어 모터는 Z축 방향 및 틸트( $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ) 방향의 구동을 행하지만, 6축 방향의 구동을 행할 수도 있다. 이 경우, 가속 또는 감속시 전자석(1)과 자성체(2) 사이의 간격  $d$ 를 감소시키기 위해, 미동 액추에이터(7)의 리니어 모터에 대한 명령값인 구동 프로파일을 생성할 수도 있다. 구동 프로파일로서, 예를 들어 가속도 프로파일 또는 가속도 프로파일로부터 산출되는 위치 프로파일이 사용될 수 있다. 또한, 위치 피드백 제어가 행해질 수도 있다.

[0030] 또한, 본 실시 형태에서는, 가속 또는 감속시 간격  $d$ 를 적극적으로 변화시키지만, 간격  $d$ 의 폭(크기)에 따라서 전자석(1)의 추력 상수가 변화하기 때문에, 컨트롤러(104)는 전자석 제어 계인을 적절하게 전환시킬 필요가 있다. 단일 전자석(1)의 간격  $d$ 에 대한 추력 상수를 미리 지그를 사용하여 계측하고, 그 후 컨트롤러(104)는 이 계측값을 사용하여 보정을 행하는 것이 바람직하다. 수학적 1로부터 알 수 있는 바와 같이, 계측값은 간격  $d$ 의 제곱에 반비례한다. 따라서, 컨트롤러(104)는 간격  $d$ 에 의한 보정 함수로서 계측값을 유지할 수 있고, 또는 간격  $d$ 에 대한 보정 테이블로서 계측값을 유지할 수도 있다.

[0031] 간격  $d$ 를 적절하게 제어하기 위해서, 스테이지 장치(100)는 도 4의 (A)에 도시된 바와 같이 간격  $d$ 를 직접 계측하는 센서(계측 유닛)(20)를 포함하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 조동 스테이지(102)에 정전 용량 센서를 설치하여, 정전 용량 센서와 미동 스테이지(103) 사이의 거리(즉, 간격  $d$ )를 직접 계측할 수 있고, 또는 레이저 간섭계가, 조동 스테이지(102)와 미동 스테이지(103)를 계측함으로써 얻어진 차분으로서 간격  $d$ 를 구할 수도 있다. 그리고, 컨트롤러(104)는 얻어진 간격  $d$ 의 계측값(실측값)에 따라 추력 상수를 변화시키는 보정 계수를 구하여, 실제의 제어에 보정 계수를 반영시킨다.

[0032] 본 실시 형태의 스테이지 장치의 구동 방법은, 조동 스테이지의 가속 시에, 조동 스테이지에 대한 미동 스테이지의 상대 위치가 조동 스테이지의 이동 방향으로 오프셋되도록, 제1 구동 유닛(미동 액추에이터의 전자석 또는 리니어 모터) 또는 제2 구동 유닛(조동 액추에이터)의 구동 프로파일을 생성하는 단계(제1 생성 단계)와; 조동 스테이지의 감속 시에, 조동 스테이지에 대한 미동 스테이지의 상대 위치가 조동 스테이지의 이동 방향에 대항하는 방향으로 오프셋되도록, 제1 구동 유닛(미동 액추에이터의 전자석 또는 리니어 모터) 또는 제2 구동 유닛(조동 액추에이터)의 구동 프로파일을 생성하는 단계(제2 생성 단계)와; 제1 생성 단계 및 제2 생성 단계에서 생성된 구동 프로파일에 기초하여 제1 구동 유닛 또는 제2 구동 유닛을 제어하는 단계를 포함한다.

[0033] 상술된 바와 같이, 본 실시 형태에 따르면, 조동 스테이지와 미동 스테이지를 포함하고, 미동 스테이지의 스트로크를 확보하면서 미동 스테이지를 구동시키는 액추에이터에서 발생하는 열의 양을 저감시키는데 유리한 스테이지 장치를 제공할 수 있다.

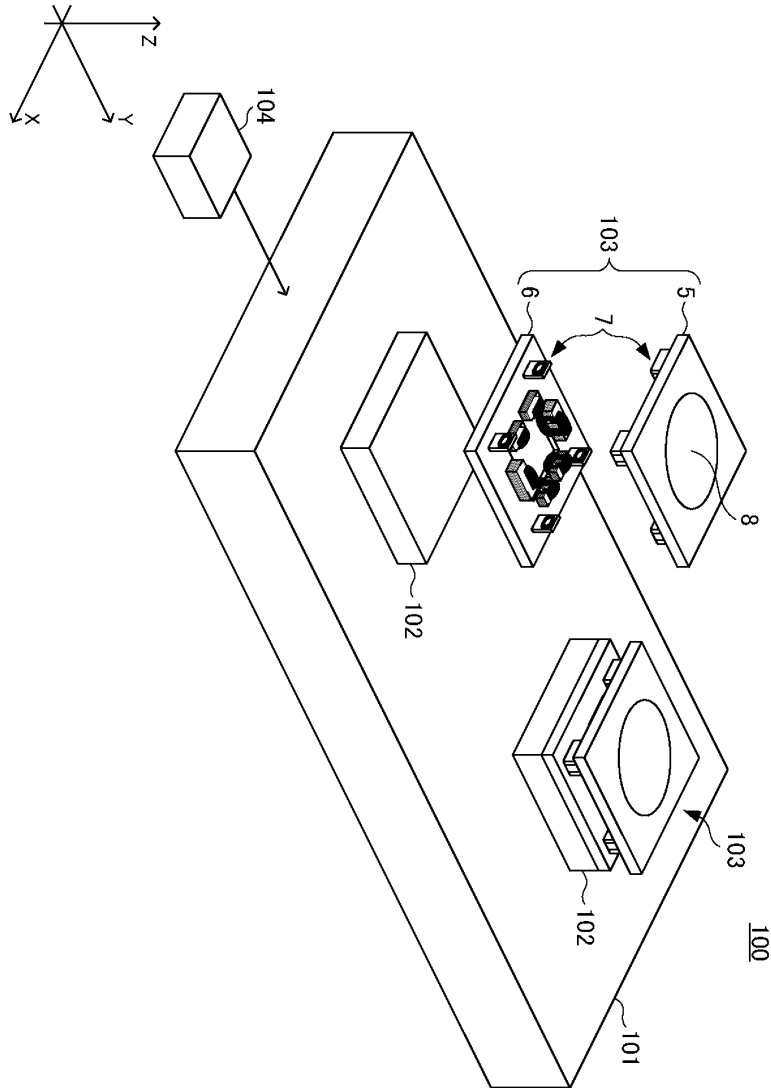
[0034] 본 발명은 예시적인 실시 형태를 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시 형태에 한정되지 않음을 이해해야 한다. 이하의 특허청구범위의 범주는 이러한 모든 변경과 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 가장 넓게 해석되어야 한다.



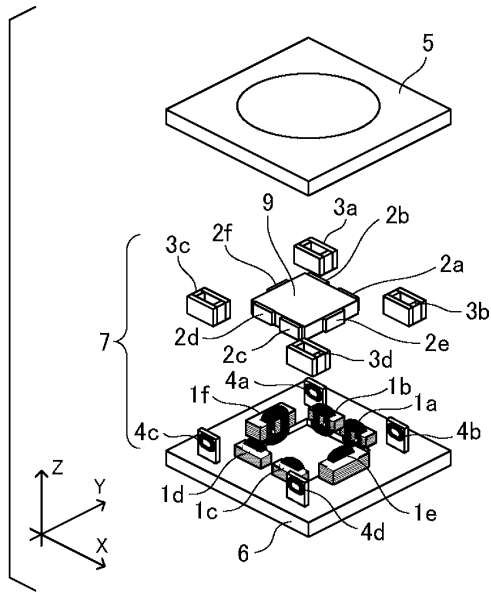
[0035] 본 출원은 2013년 9월 4일자로 출원된 일본 특허 출원 제2013-182874호 및 2014년 7월 31일자로 출원된 일본 특허 출원 제2014-156173호의 우선권을 주장하며, 이는 그 전체가 본원에 참조로서 포함된다.

도면

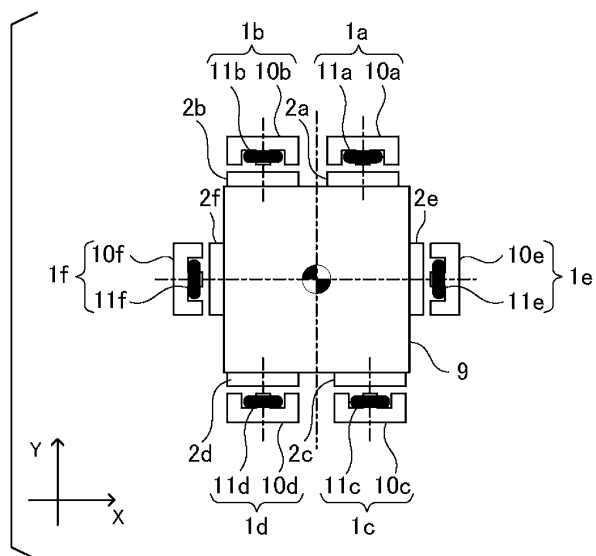
도면1



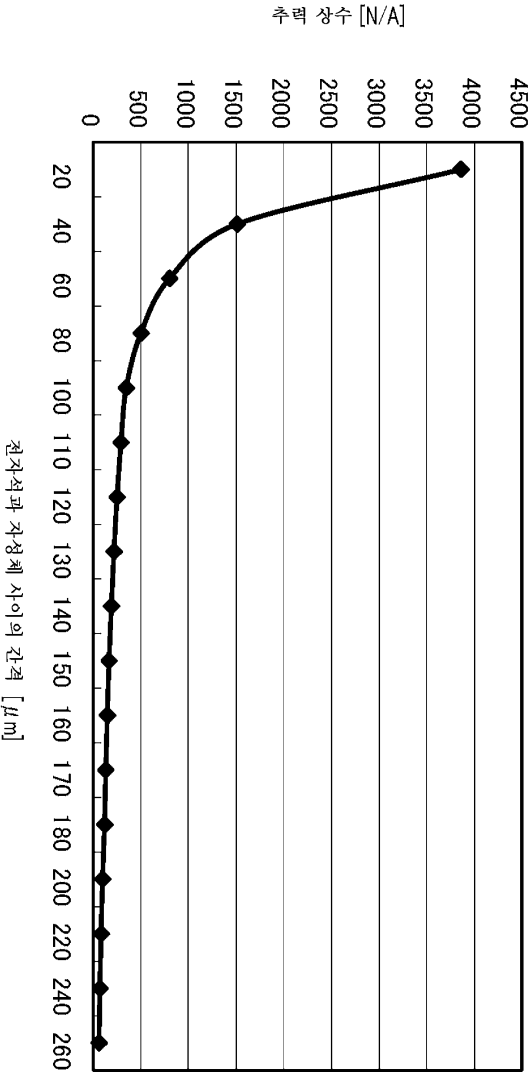
도면2a



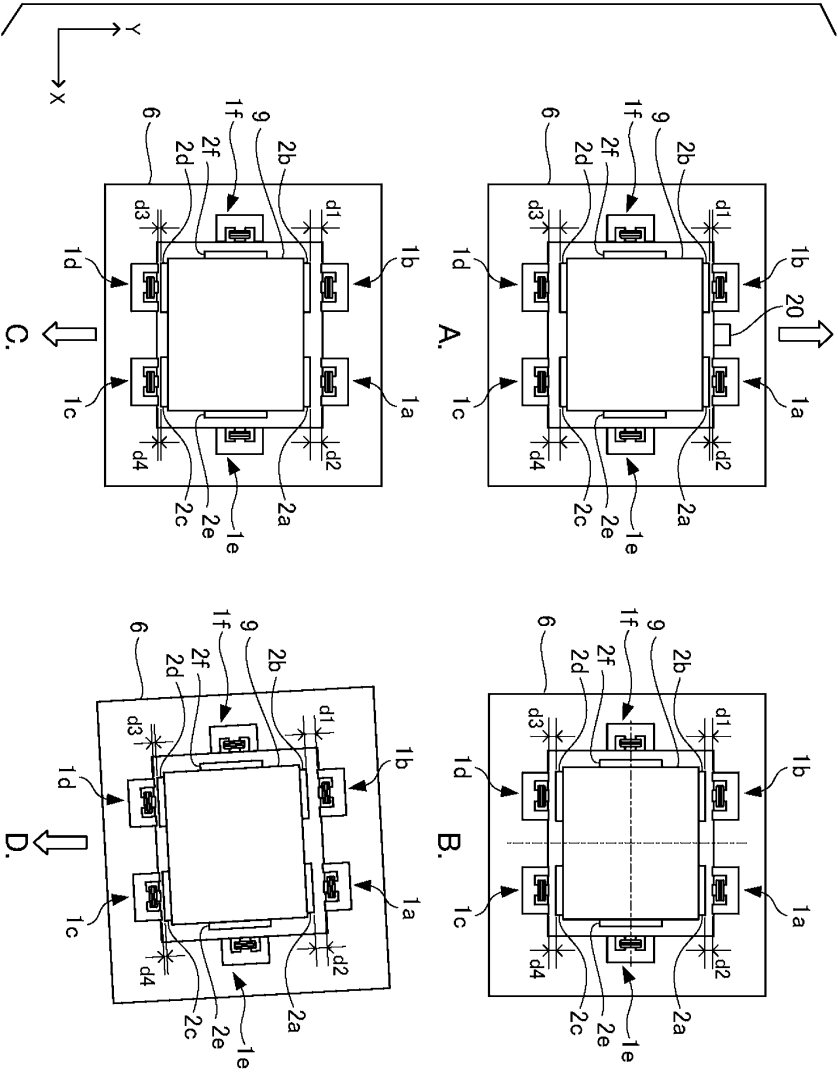
도면2b



도면3



도면4



도면5

