



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월27일
(11) 등록번호 10-2138113
(24) 등록일자 2020년07월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/00 (2020.01) G02B 7/182 (2006.01)
G02B 7/195 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 27/0068 (2013.01)
G02B 7/1827 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0008962
- (22) 출원일자 2017년01월19일
심사청구일자 2018년07월03일
- (65) 공개번호 10-2017-0089767
- (43) 공개일자 2017년08월04일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-013620 2016년01월27일 일본(JP)
JP-P-2016-231794 2016년11월29일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP06132567 A*
JP2015212775 A*
KR100791161 B1*
JP04053072 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
- (72) 발명자
니시카와라 도모후미
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
캐논 가부시끼가이샤 내
기무라 가즈키
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
캐논 가부시끼가이샤 내
야다 히로노리
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
캐논 가부시끼가이샤 내
- (74) 대리인
이만금, 정연태, 장수길, 이중희

전체 청구항 수 : 총 15 항

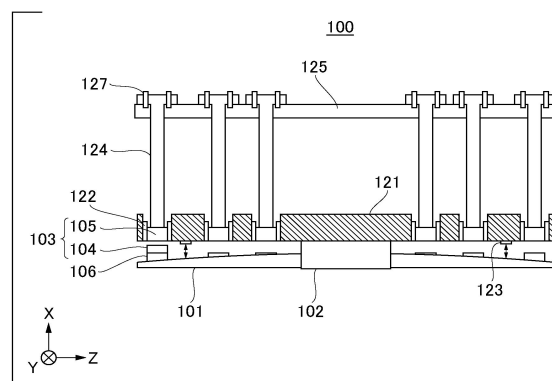
심사관 : 이준건

(54) 발명의 명칭 광학 디바이스, 노광 장치 및 물품의 제조 방법

(57) 요약

미러의 반사면을 변형시키는 가변형 미러 디바이스가 제공되고, 해당 디바이스는 반사면의 반대측 면에 장착된 자석 및 자석과 대면하는 위치에 배치된 코일을 갖는 보이스 코일 모터, 코일을 보유 지지하는 기준 베이스, 기준 베이스에 보유 지지된 코일에 연결되는 열 전달 바아, 및 열 전달 바아로부터 열을 회수하는 유로를 포함한다. 열 전달 바아는 코일에 연결된 단부의 반대측의 열 전도 유닛의 단부에 자유 단부를 갖는다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류
G02B 7/195 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광학 소자의 반사면을 변형시키는 광학 디바이스이며,
 상기 광학 소자의 상기 반사면의 반대측 면에 장착된 자석, 및 상기 자석과 대면하는 위치에 배치된 코일을 갖는 액추에이터,
 상기 코일을 보유 지지하는 베이스 플레이트, 및
 상기 베이스 플레이트에 보유 지지된 상기 코일에 연결되는 열 전도 유닛을 포함하고,
 상기 열 전도 유닛은, 상기 코일에 연결된 단부와 반대측의 상기 열 전도 유닛의 단부에 자유 단부를 갖고, 상기 열 전도 유닛은 상기 코일에서 발생한 열을 상기 코일에 연결된 상기 단부를 통해 상기 자유 단부를 향해 전달하며, 상기 열 전도 유닛의 적어도 일부는 상기 베이스 플레이트에 설치된 간극에 배치되어 있는, 광학 디바이스.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 열 전도 유닛으로부터 열을 회수하는 냉각 유닛을 더 포함하는 광학 디바이스.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 열 전도 유닛과 상기 냉각 유닛은 서로 이격되게 배치되는, 광학 디바이스.

청구항 4

제2항에 있어서,
 상기 냉각 유닛은, 냉매가 흐르고 상기 코일에 연결된 상기 열 전도 유닛의 단부로부터 이격된 위치에서 상기 열 전도 유닛으로부터 이격되게 배치된 플레이트 내에 포함되는 유로인, 광학 디바이스.

청구항 5

제2항에 있어서,
 상기 냉각 유닛은, 냉매가 흐르고 상기 베이스 플레이트 내에 포함되는 유로인, 광학 디바이스.

청구항 6

제2항에 있어서,
 상기 열 전도 유닛과 상기 냉각 유닛 사이에 열 전도성을 갖는 탄성체를 더 포함하는, 광학 디바이스.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 탄성체는, 상기 열 전도 유닛보다 영률이 작은, 광학 디바이스.

청구항 8

제6항에 있어서,
 상기 탄성체는 수지인, 광학 디바이스.

청구항 9

제6항에 있어서,
상기 탄성체는 고무인, 광학 디바이스.

청구항 10

제4항에 있어서,
상기 유로는 복수 개 존재하고 병렬 구성으로 배치되는, 광학 디바이스.

청구항 11

제5항에 있어서,
상기 유로는 복수 개 존재하고 병렬 구성으로 배치되는, 광학 디바이스.

청구항 12

제1항에 있어서,
상기 베이스 플레이트에 배치되며, 상기 베이스 플레이트와 상기 반사면의 반대측 면 사이의 거리를 계측함으로써 상기 광학 소자의 형상 정보를 취득하는, 계측 유닛을 더 포함하고,
상기 계측 유닛의 개수는 상기 액추에이터의 개수보다 적은, 광학 디바이스.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 따르는 광학 디바이스를 포함하는, 투영 광학계.

청구항 14

마스크를 조명하는 조명 광학계, 및 상기 마스크 상에 형성된 패턴을 기판에 투영하는 제13항에 따르는 투영 광학계를 포함하는, 노광 장치.

청구항 15

물품 제조 방법이며,
기판을 노광 장치로 노광시키는 단계로서, 상기 노광 장치는 마스크를 조명하는 조명 광학계, 및 상기 마스크 상에 형성된 패턴을 상기 기판에 투영하는 투영 광학계를 갖는, 노광 단계, 및
노광된 상기 기판을 현상하는 단계를 포함하고,
상기 투영 광학계는 광학 소자의 반사면을 변형시키는 광학 디바이스를 구비하고, 상기 광학 디바이스는,
상기 광학 소자의 상기 반사면의 반대측 면에 장착된 자석, 및 상기 자석과 대면하는 위치에 배치된 코일을 갖는 액추에이터,
상기 코일을 보유 지지하는 베이스 플레이트, 및
상기 베이스 플레이트에 보유 지지된 상기 코일에 연결되는 열 전도 유닛을 포함하고,
상기 열 전도 유닛은, 상기 코일에 연결된 단부와 반대측의 상기 열 전도 유닛의 단부에 자유 단부를 갖고, 상기 열 전도 유닛은 상기 코일에서 발생한 열을 상기 코일에 연결된 상기 단부를 통해 상기 자유 단부를 향해 전달하며, 상기 열 전도 유닛의 적어도 일부는 상기 베이스 플레이트에 설치된 간극에 배치되어 있는, 물품 제조 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광학 디바이스, 노광 장치 및 물품의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가변형 형상을 갖는 반사면을 구비한 미러를 사용하여 광학계 내의 수차가 보정될 수 있는 광학 디바이스가 있다. 이 미러는 광학계의 광로에 배치되고, 미러의 형상을 조정하기 위해, 자석이 미러의 이면에 부착되고 코일이 자석으로부터 미소한 간격을 두고 자석과 대면하는 위치에 배치된 상태에서 구동되는 보이시 코일 모터를 이용하는 방법이 제안되어 왔다.

[0003] 이 방법은 코일 및 자석이 필연적으로 서로 인접하여 배치되게 된다. 그리고, 구동 시 코일에 의해 생성되는 열은 공기 층을 개재하여 코일로부터 자석으로 전달되고, 자석으로부터 미러로 전달된다. 따라서, 미러를 원하는 형상으로 변형하는 것이 어려울 수 있다. 냉각 플레이트에 부착된 구리 바아의 단부에 코일이 설치되고, 이후 코일에 의해 발생하는 열이 구리 바아에서 회수되어 미러의 승온을 저감하는 구성이 알. 비아시(R. Biasi) 등에 의한, "VLT Deformable Secondary Mirror: integration and electromechanical tests results", Proc. SPIE 8447, Adaptive Optics Systems III, 84472G (2012년 9월 13일)에 개시된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 알. 비아시 등의 비 특허문헌에 개시된 구성에서, 코일은 미러의 법선 방향으로 연장되는 구리 바아에 의해서만 보유 지지된다. 거리 센서가 각각의 보이시 코일 모터에 대응하여 기준 베이스 내에 설치되어, 기준 베이스와 미러 사이의 거리를 측정하고, 미러의 형상은 측정값에 기초하여 제어된다. 알. 비아시 등의 비 특허문헌에 개시된 구성의 경우, 거리 센서를 각각의 보이시 코일 모터에 설치하는 것이 필요하고, 미러가 큰 직경을 갖는 경우, 100개 이상의 거리 센서가 요구된다. 따라서, 이는 비용의 증가로 이어질 수 있다. 따라서, 거리 센서의 개수가 저감되는 구성이 요구된다. 각각의 보이시 코일 모터로부터 거리 센서가 제거되는 경우, 피드-포워드 방식으로 원하는 힘을 생성하여 미러의 형상을 제어하는 것이 필요하다. 그러나, 알. 비아시 등의 비 특허문헌에 개시된 구성의 경우, 구리 바아의 열 팽창은 코일과 자석 사이의 거리를 변화시키고, 추력 상수를 변화시켜, 이에 따라 보이시 코일 모터는 피드-포워드 방식으로 목표로 하는 힘을 발생시킬 수 없다. 코일과 자석 사이의 거리의 변화를 저감하기 위해, 코일을 기준 베이스에 고정하는 것이 필요하다. 이러한 경우, 기준 베이스는 코일 및 구리 바아를 개재하여 냉각 플레이트에 결합되도록 구성된다. 따라서, 구리 바아 및 냉각 플레이트가 열적으로 변형되는 경우, 기준 베이스 또한 변형된 구리 바아 및 냉각 플레이트로부터 수신되는 힘에 의해 변형되고, 코일의 위치가 시프트되어 추력 상수를 변화시킨다. 따라서, 보이시 코일 모터의 코일이 기준 플레이트에 고정되는 구성에서, 코일이 냉각될 수 있는 동안, 기준 플레이트에 제공되는 열 변형으로 인한 영향을 저감하는 구성에 대한 요구가 존재한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명은 예를 들어 광학계의 성능 개선의 점에서 유리한 광학 디바이스를 제공한다.

[0006] 본 발명의 일 양태에 따르는 광학 디바이스는 광학 소자의 반사면을 변형시키는 광학 디바이스이며, 해당 디바이스는 반사면의 반대측 면에 장착된 자석 및 자석과 대면하는 위치에 배치된 코일을 갖는 액추에이터, 코일을 보유 지지하는 베이스 플레이트, 베이스 플레이트에 보유 지지되는 코일에 연결되는 열 전도 유닛, 및 열 전도 유닛으로부터 열을 회수하는 냉각 유닛을 포함하고, 열 전도 유닛은 코일에 연결된 단부의 반대 측의 열 전도 유닛의 단부에 자유 단부를 갖는다.

[0007] 본 발명의 추가 특징은 첨부 도면을 참조하여 예시적인 실시예의 이하의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0008] 도 1a 내지 도 1c는 광학 디바이스의 기본 구성을 도시하는 개략도이다.
- 도 2는 제1 실시예에 따르는 광학 디바이스의 구성을 도시하는 개략도이다.
- 도 3은 제2 실시예에 따르는 광학 디바이스의 구성을 도시하는 개략도이다.
- 도 4는 제3 실시예에 따르는 광학 디바이스의 구성을 도시하는 개략도이다.
- 도 5는 제4 실시예에 따르는 광학 디바이스의 구성을 도시하는 개략도이다.
- 도 6은 광학 디바이스가 이에 적용된 노광 장치의 구성을 도시하는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 본 발명을 실시하기 위한 형태에 대해서 도면 등을 참조하여 설명한다.

[0010] (제1 실시예)

[0011] 도 1a는 가변형 미러 디바이스(100)의 예시적인 기본 구성을 도시하는 단면도이다. 광학 디바이스로서 지칭되는 가변형 미러 디바이스(100)는 광학 소자인 미러(101)의 반사면 형상을 변화시킬 수 있도록 구성된다. 도 1 내지 도 5에서, X 축은 변형전의 미러(101)의 반사면에 수직인 방향으로서 설정되고, Y 축 및 Z 축은 X 축에 수직인 평면(즉, 변형전의 미러(101)의 반사면에 평행한 평면) 내에서 서로 직교한다. 미러(101)는 얇은 미러이며, 미러 고정부(102)에 의해 기준 베이스(121)에 고정되는 반사면의 이면(이후, "반사 이면"으로 지칭됨)을 갖는다. 사용되는 광의 파장에 적합한 코팅이 미러(101)의 반사면 상에 적용된다. 열 왜곡에 의한 형상 오차의 발생을 억제하기 위해, 본 실시예에서는, 저열 팽창 광학 유리가 미러(101)의 재료로서 설정된다. 또한, 본 실시예에서, 특히 미러의 크기에 제한은 없지만, 미러는 일반적으로 약 0.1m 내지 2m의 외경에 대해 약 수 mm 내지 수 cm의 두께이다. 예를 들어, 미러(101)는 약 1 m의 외경 및 약 1cm의 두께이다.

[0012] 베이스 플레이트로서 지칭되는 기준 베이스(121)는 미러(101), 변위 센서(123) 및 액추에이터 고정용 홀더(122)를 보유 지지한다. 또한, 기준 베이스(121)는 홀더(122)를 개재하여 코일(105)을 보유 지지한다. 미러(101)는 미러 고정부(102)를 개재하여 기준 베이스(121)에 보유 지지된다. 기준 베이스(121)에 보유 지지되는 변위 센서(123)는 미러(101)의 면 형상을 측정한다. 액추에이터 등으로부터의 열로 의해 발생하는 열 왜곡으로 인해 측정 정밀도의 저하를 감소시키기 위해, 본 실시예에서, 기준 베이스(121)의 재료는 저열 팽창 재료로서 설정된다.

[0013] 미러 고정부(102)는 원통 형상을 갖고, 미러(101)과 및 기준 베이스(121)를 고정한다. 본 실시예에서, 미러 고정부(102)는 미러(101) 및 미러 고정부(102)의 중심선이 일치하도록 배치된다. 그러나, 본 실시예는 이 구성으로 한정되지 않고, 따라서, 미러 고정부(102)의 위치, 형상 및 개수는 본 문맥 내에 있는 경우 변경될 수 있다. 미러 고정부(102)의 재료는 열 왜곡의 영향을 저감하기 위해 저열 팽창성을 갖는 것이 바람직하고, 본 실시예에서는, 기준 베이스(121)와 동일한 저열 팽창 재료가 이의 재료로서 미러 고정부(102)에 사용된다. 보이스 코일 모터(103)는 미러(101)가 목표 형상으로 변형되도록 구동되지만, 미러 고정부(102)가 미러(101)를 변위되지 않도록 고정하기 때문에, 미러(101)는 X 방향으로 병진되지도 않고 X 방향에 수직인 축을 중심으로 회전되지도 않는다. 예를 들어, 보이스 코일 모터(103)가 구동될 때, 보이스 코일 모터(103)에 의해 생성되는 전체 힘은 반드시 제로가 되지는 않는다. 그러나, 이 보이스 코일 모터(103)에 의한 모멘트에 대항하는 모멘트가 미러 고정부(102)에 생성되고, 이에 의해 미러(101)가 회전하지 않는다. 그 결과, 미러(101)의 자세를 요구 정밀도 범위 내에 유지할 수 있고, 이에 의해 미러(101)의 자세를 제어하는 것이 필요하지 않다.

[0014] 보이스 코일 모터(103)는 자석(104) 및 코일(105)에 의해 구성되는 액추에이터 유닛이다. 도 1b는 본 실시예에 따르는 미러 이면 내의 자석(104)의 배치를 나타내는 예이다. 가동 유닛으로서 지칭되는 자석(104)은 미러

(101)의 반사면의 반대 측의 표면에 방사상으로 배치되고, 고정 유닛으로서 지칭되는 코일(105)은 자석(104)으로부터 미소한 간격으로 위치되도록 홀더(122)를 개재하여 기준 베이스(121)에 보유 지지된다. 보이스 코일 모터(103)의 배치 및 개수는 미러(101)의 목표 형상 및 요구 정밀도에 의해 결정될 수 있다. 보이스 코일 모터(103)는 코일(105)에 전류를 적용함으로써, 자석 및 코일을 교차하는 축의 방향으로 로렌츠 힘을 생성한다. 또한, 보이스 코일 모터(103)는 미러(101)의 반사면을 원하는 형상으로 변형시킬 수 있는 추력 및 구동량을 갖는다. 예를 들어, 높은 자속 밀도의 네오디뮴이 자석(104)으로서 사용될 수 있다. 코일(105)과 자석(104) 사이의 간극이 커질수록 추력은 감소하고, 따라서 코일(105) 및 자석(104)을, 자석(104)의 단부면으로부터, 예를 들어 약 0.1 mm내지 수 mm 만큼 근접시킬 필요가 있다.

[0015] 팩(106)은 자석(104)과 미러(101) 사이에 배치되고, 접착제가 팩(106)과 자석(104) 사이의 부분 및 팩(106)과 미러(101) 사이의 부분을 고정한다. 팩(106)은 미러(101)과 자석(104) 사이에 배치되고, 이에 의해, 미러(101)에 대한 자석(104)의 열 왜곡의 영향을 저감한다. 팩(106)의 재료는 미러(101)의 재료와 동일한 저열 팽창재이다. 홀더(122)는 코일(105)을 기준 베이스(121)에 고정하는 보유 지지 유닛이다.

[0016] 계측 유닛으로서 지칭되는 변위 센서(123)가 기준 베이스(121) 상의 미러 이면과 대면하는 위치에 복수 개 배치된다. 미러의 형상 정보는 기준 베이스(121)를 기준으로서 설정하고 기준 베이스(121)로부터 미러 이면까지의 거리를 계측함으로써 취득된다. 도 1b에서 변위 센서(123)는 방사상으로 배치되지만, 이의 배치 및 개수는 미러(101)의 목표 형상 및 요구 정밀도에 의해 결정될 수 있다. 본 실시예에서, 예시적인 구성은 비용 저감의 관점에서 변위 센서(123)의 개수가 액추에이터 유닛의 개수, 즉 코일(105)의 개수보다 적도록 도시되지만, 실시예는 이에 한정되지 않는다.

[0017] 열 전달 바아(124)는 코일(105) 및 냉각 플레이트(125)를 커플링하도록 연결되는 열 전도체(열 전도 유닛)이고, 코일의 열을 냉각 플레이트(125)에 전달한다. 열 전달 바아(124)는 열 전도 그리스(grease)를 개재하여 나사(127)에 의해 냉각 플레이트(125)에 고정된다. 열 전달 바아(124)는 예를 들어, 높은 열 전도성을 갖는 구리, 알루미늄으로 제조되고, 또는 높은 열 전도성을 갖는 히트 파이프 등의 유닛이다. 열 전달 바아(124)의 길이 및 두께는 코일의 발열량 및 요구되는 열 저항값에 의해 결정된다. 또한, 코일(105) 및 열 전달 바아(124)는 접착제를 개재하여 부착된다.

[0018] 냉각 플레이트(플레이트)(125)는 코일(105)에 연결되는 열 전달 바아(124)의 단부로부터 이격되어 배치되고, 냉각 유닛으로서 지칭되는 유로(126)가 그 내부에 형성된다. 유로(126) 내에서, 온도 제어기(미도시)로부터 공급되는 온도 제어된 냉매가 흐른다. 도 1c는 냉각 플레이트(125)에 부착되는 열 전달 바아(124) 및 유로(126)의 예를 도시하는 도면이다. 열 전달 바아(124)에 의해 회수된 코일(105)의 열은 냉각 플레이트(125)에 형성된 유로(126) 내에 회수된다. 냉각 플레이트(125)는 구리 또는 알루미늄 등의 열전도성이 높은 재료로 이루어질 수 있다. 냉매의 유량 및 유로(126)의 형상은 코일의 열을 회수하는 데 요구되는 열 저항값, 냉매의 압력 손실 등으로부터 결정될 수 있다. 본 실시예에서, 유로(126)는 복수 개 배치되고 압력 손실을 저감하기 위해 유로들은 병렬 구성으로 배치된다. 또한, 냉각 플레이트(125)는 조립성을 고려하여 분할되도록 구성될 수 있다.

[0019] 보이스 코일 모터(103)은 코일(105)에 전류를 적용함으로써 추력을 생성하는 구조를 갖고, 따라서 코일(105)은 구동 시 열을 생성한다. 코일의 열은 공기 층을 통해 코일(105)로부터 자석(104)으로, 그리고 팩(106)을 통해 자석(104)으로부터 미러(101)로 전달된다. 그리고, 이후 미러(101)는 열 변형을 겪고, 이에 의해 미러(101)를 원하는 형상으로 변형 및 제어할 수 없게 된다. 또한, 코일의 열이 홀더(122)를 개재하여 기준 베이스(121)의 열 변형을 발생시키는 경우, 미러(101)와 기준 베이스(121) 사이의 위치 관계가 변한다. 게다가, 기준 베이스(121)가 열 변형되는 경우, 변위 센서(123)의 위치가 시프트되고, 이에 의해 미러(101)의 형상을 정확하게 계측하는 것이 불가능하다. 따라서, 코일(105)의 열을 열 전달 바아(124)를 통해 냉각 플레이트(125)에 의해 회수하고, 기준 베이스(121) 및 미러(101)의 열 변형을 저감할 필요가 있다.

[0020] 그러나, 열 전달 바아(124)는 코일(105)의 열 회수로 인해 열적 팽창된다. 특히, 열 전달 바아(124)는 그 재료로서 종종 구리 또는 알루미늄으로 이루어지고 큰 선팽창 계수 및 큰 영률을 갖기 때문에, 열 전달 바아(124)는 큰 열 응력을 생성한다. 열 전달 바아(124)의 양 단부는 각각 냉각 플레이트(125) 및 기준 베이스(121)에 고정되기 때문에, 열 전달 바아(124)는 열 팽창에 따른 힘을 기준 베이스(121) 및 냉각 플레이트(125)에 인가한다. 특히, 홀더(122)를 개재하여 기준 베이스(121)에 힘이 인가되는 경우, 기준 베이스(121)가 변형되고, 미러(101)를 원하는 형상으로 변형 및 제어하는 것이 불가능하다.

[0021] 따라서, 본 실시예는 열 전달 바아(124)의 열 변형에 의해 발생하는 기준 베이스(121)의 변형이 저감되는 구성을 제공한다. 이하, 도 2를 참조하여, 본 실시예에서의 코일(105)의 냉각 구성이 구체적으로 설명될 것이다.

도 2는 제1 실시예에 따르는 가변형 미러 디바이스(300)의 개략적 단면도이다. 냉각 플레이트(125)의 두께는 수 mm 내지 수십 mm이다. 본 실시예의 가변형 미러 디바이스(300)는 서로 이격되어 배치된 열 전달 바아(124) 및 냉각 플레이트(125)를 갖고, 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이에 제공되는 공기 층(301)을 갖는다. 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이의 거리는 예를 들어, 수 μm 내지 수 mm이다. 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이의 열 전달 효율은 냉각 플레이트(125)에 결합되는 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이의 대면 면적에 비례한다. 또한, 공기 층(301)의 두께에 반비례한다. 따라서, 코일의 발열량 및 허용 가능한 미러(101)의 승온값에 따라, 공기 층(301)의 두께 및 결합 부분의 대면 면적이 결정될 수 있다. 대면 면적은 냉각 플레이트(125)의 두께 및 열 전달 바아(124)의 직경에 의해 조정될 수 있다. 공기 층(301)을 구성하는 기체는 공기에 한정되지 않으며, 단일 성분의 기체일 수 있다.

[0022] 열 전달 바아(124)는 냉각 플레이트(125) 측에 자유 단부를 갖고, 따라서 기점으로 코일(105)에 커플링되는 단부로부터 자유롭게 열적 팽창된다. 따라서, 열 전달 바아(124)는 기준 베이스(121)에 큰 힘을 인가하지 않고서 기준 베이스(121)의 변형량을 저감할 수 있다. 따라서, 코일(105)과 자석(104) 사이의 거리 변화가 감소되고, 보이스 코일 모터(103)의 추력 상수의 변동량이 또한 본 실시예에 대해 허용 가능하게 될 수 있다. 따라서, 본 실시예를 사용함으로써, 피드-포워드 제어 하에서 보이스 코일 모터(103)를 사용하여 원하는 힘을 생성하고 미러의 형상을 제어할 수 있다.

[0023] 또한, 열 전달 바아(124)는 냉각 플레이트(125)로부터 이격되어 배치되기 때문에, 냉각 플레이트(125)의 진동이 구리 바아(124)를 통해 기준 베이스(121)에 전달되는 것을 억제할 수 있다. 게다가, 본 실시예에서, 열 전달 바아(124)를 냉각 플레이트(125)에 나사(127) 등을 사용하여 부착하는 일 없이 조립이 용이하게 수행된다. 예를 들어, 기준 베이스(121)에 코일(105) 및 열 전달 바아(124)를 조립한 이후, 냉각 플레이트(125)는 또한 열 전달 바아(124)에 정렬되도록 조립될 수 있다. 이때, 냉각 플레이트(125)가 분할되도록 구성되는 경우, 조립이 추가로 용이해진다. 또한, 냉각 플레이트(125)가 기준 베이스(121)에 대해 정렬된 이후, 홀더(122)는 또한, 열 전달 바아(124)를 냉각 플레이트(125)로부터 기준 베이스(121) 내에 삽입하고 냉각 플레이트(125)를 기준으로 하여 열 전달 바아(124)를 정렬함으로써, 기준 베이스(121)에 고정될 수 있다. 이 경우, 공기 층(301)의 두께를 관리하는 것이 용이하게 된다. 기준 베이스(121) 및 냉각 플레이트는 도시하지 않은 경통에 의해 고정된다.

[0024] 상술된 바와 같이, 본 실시예의 가변형 미러 디바이스(300)는, 냉각 플레이트(125) 및 열 전달 바아(124)가 서로 직접적으로 부착되지 않더라도 이들이 공기 층(301)을 가로질러 열적으로 부착되도록 구성된다. 따라서, 열 전달 바아(124)를 통해 코일(105)에 의해 생성된 열을 냉각 플레이트(125) 내에 회수하고, 동시에 열 전달 바아(124)의 열 팽창에 의해 발생하는 기준 베이스(121)의 변형을 저감시킴으로써, 광학 디바이스의 형상제어 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0025] (제2 실시예)

[0026] 도 3을 참조하여, 다른 실시예가 설명될 것이다. 이하의 설명에서, 상술된 실시예와 동일하거나 동등한 구성 요소는 상기 실시예와 동일한 참조 부호가 부여될 것이고, 이의 설명은 간략화되거나 생략될 것이다. 도 3은 제2 실시예에 따르는 가변형 미러 디바이스(400)의 개략적 단면도이다. 본 실시예의 열 전달 바아(124)는 이의 단부 근처에 원뿔대 형상의 강성이 낮은 탄성체(401)를 갖는다. 또한, 냉각 플레이트(125)는 탄성체(401)가 이에 결합 가능하도록, 열 전달 바아(124)에 대응하는 위치에 탄성체(401)와 동일한 원뿔대 형상의 구멍(402)을 갖는다. 구멍(402)은 탄성체(401) 보다 작게 형성될 수 있고, 따라서 탄성체(401)는 임의의 간극없이 구멍(402)에 접촉될 수 있다.

[0027] 본 실시예에서, 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이의 간극은 탄성체(401)로 충전된다. 탄성체(401)의 재료로서 수지, 고무 또는 열 전달 시트가 사용되는 경우, 이의 열전도율은 공기의 열전도율 0.026W/mK (23°C) 보다 수십 배 내지 수백 배이다. 따라서, 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이의 간극(탄성체(401)의 두께)이 제1 실시예의 공기 층과 동일하거나 수 배 크게 설정되더라도, 공기 층에 비해 열 전달 바아(124)로부터 냉각 플레이트(125)로의 열 전달 효율을 향상시킬 수 있다.

[0028] 여기서, 열 전달 바아(124)는 코일(105)의 열에 의해 열적 팽창된다. 그러나, 본 실시예에서, 열 전달 바아(124)의 열 팽창으로 인해 탄성체(401)가 탄성 변형되기 때문에, 열 전달 바아(124)는 기점으로 코일(105)에 커플링된 단부로부터 열적 팽창되고, 열 전달 바아(124)의 열 팽창으로 인해 기준 베이스(121)에 의해 받는 힘이 감소된다. 즉, 충분히 강성이 낮은 탄성체(401)를 적용함으로써, 기준 베이스(121)의 변형을 허용 가능한 범위 내에서 저감할 수 있다. 탄성체(401)는 10 GPa 이하의 영률을 가질 수 있고, 재료는 예를 들어, 수지, 고무, 등일 수 있다. 이때, 보이스 코일 모터(103)의 추력 상수의 변동값을 또한 허용 가능하게 되도록 설정할

수 있고, 피드-포워드 제어 하에서 보이스 코일 모터(103)를 사용하여 원하는 힘을 생성할 수 있고, 미러의 형상을 제어할 수 있다.

[0029] 또한, 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이의 간극을 공기 층의 경우보다 크게할 수 있기 때문에, 가변형 미러 디바이스(400)가 조립되는 경우, 열 전달 바아(124) 및 냉각 플레이트(125)가 용이하게 정렬된다. 즉, 열 전달 바아(124) 및 냉각 플레이트(125)의 구멍(402)의 중심이 시프트되더라도, 탄성체(401)는 탄성 변형되고, 이에 의해, 탄성체(401) 및 냉각 플레이트(125)가 서로 밀접하게 접촉될 수 있다. 상술된 바와 같이, 본 실시예에 따르는 가변형 미러 디바이스(400)는 열 전달 바아(124)를 냉각 플레이트(125)에 부착하기 위해 탄성체(401)를 개재시킴으로써, 열 전달 바아(124)로부터 냉각 플레이트(125)에의 열 전달 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 열 전달 바아(124)와 냉각 플레이트(125) 사이의 간극에 탄성체(401)를 개재시킴으로써, 열 전달 바아(124)의 열 팽창으로 인한 기준 베이스(121)의 변형을 저감하고 광학 디바이스의 형상 제어 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0030] (제3 실시예)

[0031] 이하, 도 4를 참조하여, 다른 실시예가 설명될 것이다. 이하의 설명에서, 상술된 실시예와 동일하거나 동등한 구성 요소는 이전의 실시예와 동일한 참조 부호가 부여될 것이고, 이의 설명은 간략화되거나 생략될 것이다. 도 4는 제3 실시예에 따르는 가변형 미러 디바이스(500)의 개략적 단면도이다. 본 실시예의 기준 베이스(501)의 내부에는, 냉각 유닛으로서 지칭되는 유로(502)가 형성된다. 따라서, 본 실시예에 따르는 가변형 미러 디바이스(500)는 제1 및 제2 실시예에서 사용된 냉각 플레이트(125)의 별개 형태를 갖지 않는다. 유로(502)는 열 전달 바아(124)들 사이에 배치된다. 유로의 직경 및 길이는 코일의 발열량이나 요구되는 열 저항값에 따라서 결정될 수 있다. 유로(502)는 열 전달 바아(124)의 근방에 배치될 수 있고, 이에 의해 냉각 효율을 향상시킨다. 또한, 본 실시예에서, 유로(502)는 복수 개 존재하고 유로들은 병렬 구성으로 배치된다. 병렬 구성에서 각각의 유로의 길이를 짧게 함으로써, 압력 손실이 저감될 수 있고, 냉매의 온도 상승으로 인한 냉각 능력의 저하가 억제될 수 있다. 본 실시예의 열 전달 바아(124)의 직경은, 기준 베이스(501)와 열 전달 바아(204) 사이의 간극으로서 지칭되는 공기 층(503)이 약 수 μm 내지 수 mm 이도록 구성된다.

[0032] 이어서, 본 실시예의 효과가 설명될 것이다. 가변형 미러 디바이스(500)는 코일(105)에 생성된 열을 열 전달 바아(124)로, 그리고 공기 층(503)을 개재하여 기준 베이스(501)로 추가로 전달하고, 유로(502) 내의 열을 회수할 수 있다. 기준 베이스(501)는 제1 및 제2 실시예의 냉각 플레이트(125)보다 두꺼운 두께를 갖기 때문에, 본 실시예는 제1 및 제2 실시예에 비해, 기준 베이스(501)가 열 전달 바아(124)와 대면하는 더욱 넓은 면적을 갖고, 이에 의해 열 전달 효율이 향상된다. 게다가, 열 전달 바아(124)는 기점으로 코일(105)에 커플링된 단부로부터 열적 팽창되고, 따라서 기준 베이스(501)의 변형은 큰 힘을 받지 않고서 억제될 수 있다.

[0033] 본 실시예에서, 냉각 플레이트(125)의 별개 형태가 존재하지 않기 때문에, 가변형 미러 디바이스는 제1 및 제2 실시예에 비해 소형화될 수 있다. 또한, 간단한 구성으로 인해 조립이 용이하다. 기준 베이스(501) 내에 유로(502)가 형성되기 때문에, 기준 베이스(501)의 온도는 실질적으로 냉매의 온도가 되고, 가변형 미러 디바이스(500)의 환경 내의 온도가 변하더라도, 기준 베이스(501)의 온도 변동이 저감된다. 본 실시예에서, 열 전달 바아(124)와 기준 베이스(501) 사이의 간극이 공기 층(503) 이더라도, 제2 실시예와 유사한 탄성체가 삽입될 수 있다. 상술된 바와 같이, 본 실시예의 가변형 미러 디바이스(500)에서 유로(502)가 기준 베이스(501) 내에 형성되고 열 전달 바아(124) 및 냉각 플레이트(125)가 공기 층(503)을 개재하여 배치되기 때문에, 열 전달 바아(124)의 열 팽창으로 인한 기준 베이스(501)의 변형을 저감할 수 있다.

[0034] (제4 실시예)

[0035] 이하, 도 5를 참조하여 다른 실시예의 설명이 제공될 것이다. 이하의 설명에서, 상술한 실시예와 동일하거나 동등한 구성 요소는 이전의 실시예와 동일한 참조 부호가 부여될 것이고, 그 설명은 간략화 또는 생략될 것이다. 도 5는 제4 실시예에 따르는 가변형 미러 디바이스(600)의 개략적 단면도이다. 본 실시예의 가변형 미러 디바이스(600)와 제3 실시예의 가변형 미러 디바이스(500) 사이의 차이는, 본 실시예의 가변형 미러 디바이스(600)가 열 전달 바아(124)를 포함하지 않고 기준 베이스(501)에 배치되는 냉각 유닛으로서 지칭되는 유로(602)가 각각의 코일(105)의 사이에 배치된다는 점이다. 유로(602)의 직경 및 길이는 코일(105)의 발열량 및 요구되는 열 저항값에 따라서 결정될 수 있다. 유로(602)는 냉각 효율을 향상시키기 위해 코일(105)의 근방에 배치될 수 있다. 또한, 본 실시예에서, 유로(602)는 복수 개 존재하고 유로들은 제3 실시예의 유로(502)와 마찬가지로 병렬 구성으로 배치된다. 병렬 구성에서 각각의 유로(602)의 길이를 짧게 함으로써, 압력 손실이 저감될 수 있고 냉매의 온도 상승으로 인한 냉각 능력의 저하가 억제될 수 있다. 본 실시예에서 열 전도 유닛은

로서 지칭되는 홀더(122)는 열 전도성이 높은 재료이다.

- [0036] 이어서, 본 실시예의 효과의 설명이 제공될 것이다. 가변형 미러 디바이스(600)는 코일(105)에서 생성된 열을 홀더(122)를 개재하여 기준 베이스(501)에 전달하고, 유로(602)에 의해 열을 회수할 수 있다. 또한, 본 실시예의 가변형 미러 디바이스(600)는 열 전달 바아를 갖지 않기 때문에, 기준 베이스(501)는, 큰 힘을 받는 일 없이 기준 베이스(501)의 변형을 억제할 수 있다. 또한, 본 실시예에서, 홀더(122)는 코일(105)로부터 이격되게 연장되고, 홀더(122)와 기준 베이스(501) 사이의 접촉 면적을 증가시킬 수 있다. 이 구성에서, 열 전달 효율이 더욱 향상될 수 있다.
- [0037] 본 실시예는, 본 구성이 냉각 플레이트(125)의 별개 형태를 갖지 않기 때문에, 제1 및 제2 실시예에 비해 구성의 크기를 소형화할 수 있다. 또한, 간단한 구성으로 인해 이의 조립에 용이해진다. 유로(602)가 기준 베이스(501) 내에 형성되기 때문에, 기준 베이스(501)의 온도는 실질적으로 냉매의 온도가 된다. 따라서, 가변형 미러 디바이스(600)의 환경의 온도가 변하더라도, 기준 베이스(501)의 온도의 변화가 저감된다. 상술된 바와 같이, 본 실시예의 가변형 미러 디바이스(600)는 코일(105)에서 생성된 열을 홀더(122)를 개재하여 기준 베이스(501)에 전달하고 유로(602) 내의 열을 회수할 수 있기 때문에, 열 전달 바아가 요구되지 않고 따라서, 열 전달 바아의 열 팽창으로 인한 기준 베이스(501)의 변형이 억제될 수 있다.
- [0038] (노광 장치의 실시예)
- [0039] 도 6은 제1 내지 제4 실시예 중 하나에 따르는 광학 디바이스가 적용된 노광 장치의 구성을 도시하는 개략도이다. 노광 장치(50)는 조명 광학계(IL), 투영 광학계(PO), 마스크(55)를 보유 지지하고 이동 가능한 마스크 스테이지(MS), 기관(56)을 보유 지지하고 이동 가능한 기관 스테이지(WS), 및 기관(56)을 노광 처리를 제어하는 제어 유닛(51)을 포함한다. Z 축은 조명 광학계(IL)로부터 출사된 광의 광축에 평행하게 설정되고, X 축 및 Y 축은 Z 축에 수직한 평면 내에서 서로 직교하게 설정된다. 조명 광학계(IL)는 광원 및 슬릿(모두 미도시)을 포함한다. 조명 광학계(IL)에 포함되는 광원으로부터 출사된 광은 예를 들어 조명 광학계(IL)에 포함된 슬릿에 의해, XY 방향으로 긴 원호 형상의 노광 영역을 마스크(55) 상에 형성할 수 있다. 마스크(55) 및 기관(56)은 마스크 스테이지(MS) 및 기관 스테이지(WS)에 의해 각각 보유 지지 되고, 투영 광학계(PO)를 통해 실질적으로 광학적 공액 위치(투영 광학계(PO)의 물체면 및 화상면의 위치)에 배치된다. 투영 광학계(PO)는 미리 정해진 투영 배율을 갖고, 마스크(55)에 형성된 패턴을 기관(56)에 투영한다. 그리고, 마스크 스테이지(MS) 및 기관 스테이지(WS)는 투영 광학계(PO)의 물체면에 평행한 방향(예를 들어, XY 방향)으로, 투영 광학계(PO)의 투영 배율에 대응하는 속도비로 주사된다. 그 결과, 마스크(55) 상에 형성된 패턴을 기관(56)에 전사할 수 있다.
- [0040] 투영 광학계(PO)는 사다리꼴 미러(52), 오목 미러(53), 및 볼록 미러(54)를 포함하도록 구성된다. 조명 광학계(IL)로부터 출사되어 마스크(55)를 통해 투과된 노광 광의 광로는 사다리꼴 미러(52)의 제1 면(52a)에 의해 굴곡된다. 그리고, 노광 광은 오목 미러(53)의 제1 면(53a)에 입사한다. 오목 미러(53)의 반사면(53a)에 의해 반사된 노광 광은 볼록 미러(54)에 의해 반사되고 오목 미러(53)의 반사면(53a)에 입사한다. 오목 미러(53)의 반사면(53a)에 의해 반사된 노광 광의 광로는 사다리꼴 미러(52)의 제2 면(52b)에 의해 굴곡되고 노광 광은 기관 상에 결상된다. 이러한 방식으로 구성된 투영 광학계(PO)에서, 볼록 미러(54)의 표면은 광학적 필름로서 설정된다.
- [0041] 상술된 노광 장치(50)의 구성에서, 제1 내지 제4 실시예 중 하나에 기재된 광학 디바이스는 예를 들어 오목 미러(53)의 반사면을 변형하는 장치로서 투영 광학계에서 사용될 수 있다. 제1 내지 제4 실시예 중 어느 하나의 광학 디바이스를 노광 장치(50)에 사용함으로써, 오목 미러(53)의 반사면(53a)을 변형시킬 수 있고, 투영 광학계(PO)에서의 광학 수차를 정확하게 보정할 수 있다.
- [0042] 상기 실시예에서, 노광 장치에 적용된 예가 설명되었으나, 상술된 실시예 중 어느 하나를 따르는 광학 디바이스가 적용 가능한 장치는 예를 들어 기관 상에 레지스트 잠상 패턴을 형성하는 리소그래피 장치를 포함한다. 또한, 광학 디바이스는 레이저 가공 장치, 안저 촬영 장치, 망원경, 투영 광학계 등에도 적용될 수 있다.
- [0043] (물품 제조 방법의 실시예)
- [0044] 본 발명의 실시예에 따르는 물품 제조 방법은 예를 들어 반도체 디바이스 등의 마이크로 디바이스, 미세 구조를 갖는 소자 등의 물품 등을 제조하는데 바람직하다. 물품 제조 방법은 상술된 노광 장치를 사용하여 대상물 상에 잠상 패턴을 형성하는 단계(노광 공정), 및 이전의 단계에서 잠상 패턴이 그 위에 형성된 대상물을 현상하는 단계를 포함한다. 또한, 물품 제조 방법은 다른 주지의 공정(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩, 패키징 등)을 포함할 수 있다. 본 실시예의 물품 제조 방법은 종래의 디바이스 제조 방법

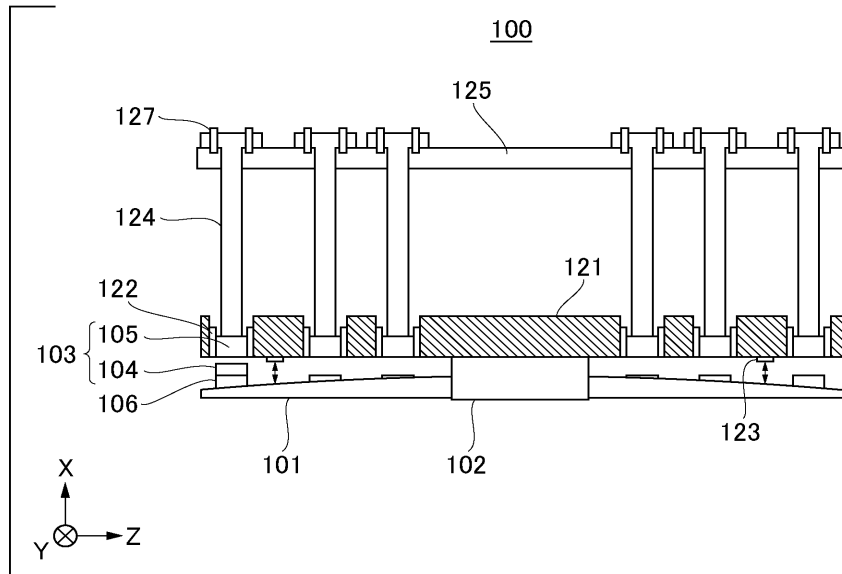
에 비해, 물품의 성능, 품질, 생산성, 및 생산 비용 중 적어도 하나에 있어서 이점을 갖는다.

[0045] 본 발명은 예시적인 실시예를 참조하여 설명되었으나, 본 발명은 개시된 실시예에 한정되지 않는 점이 이해된다. 이하의 청구항의 범위는 모든 그러한 변경에 및 등가적 구조에 및 기능에 모두를 포함하도록 가장 광의의 해석에 따라야 한다.

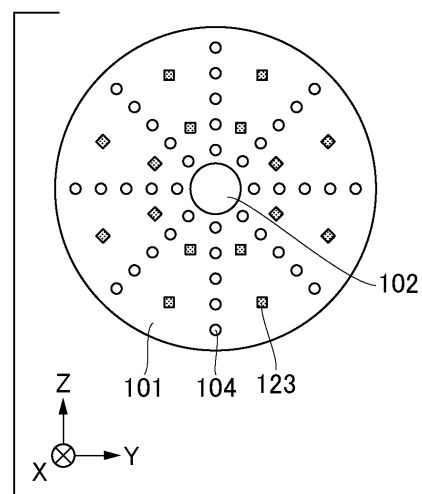
[0046] 본 출원은 그 전체가 여기에 참조로 통합된, 2016년 1월 27일 출원된 일본 특허 출원 번호 제2016-013620호 및 2016년 11월 29일 출원된 일본 특허 출원 번호 제2016-231794호의 우선권을 주장한다.

도면

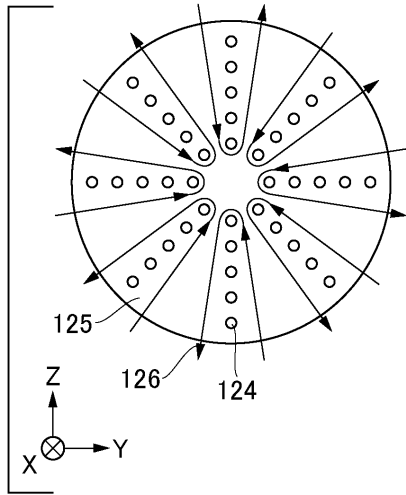
도면1a



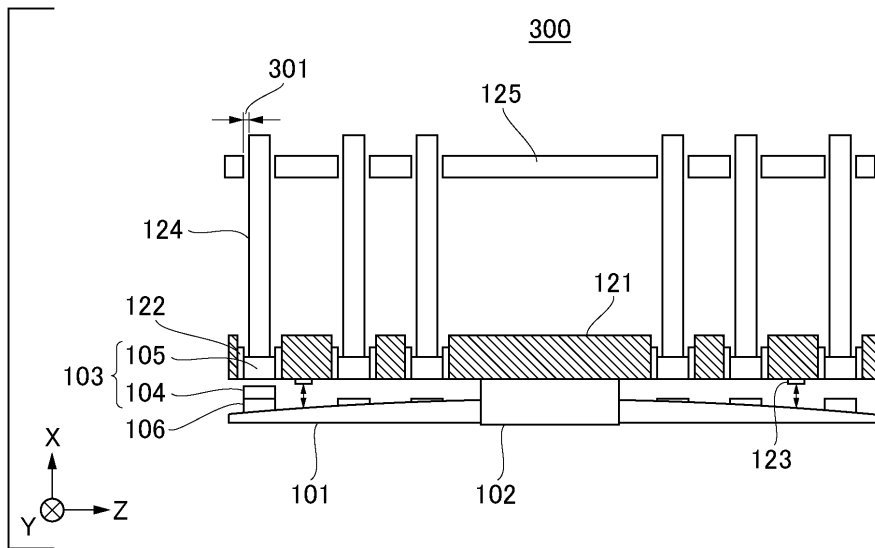
도면1b



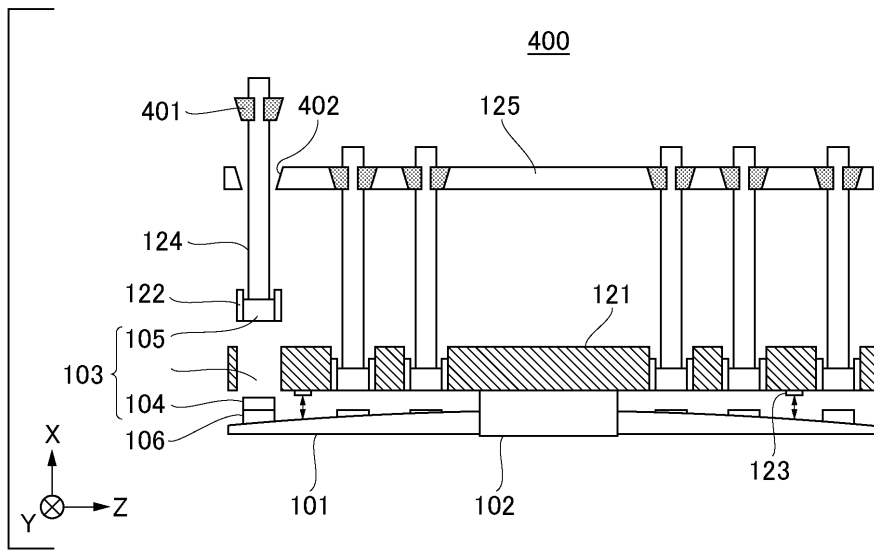
도면1c



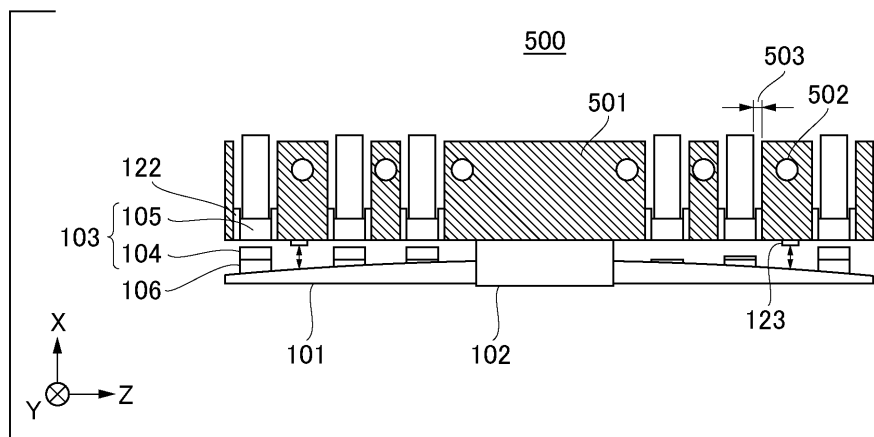
도면2



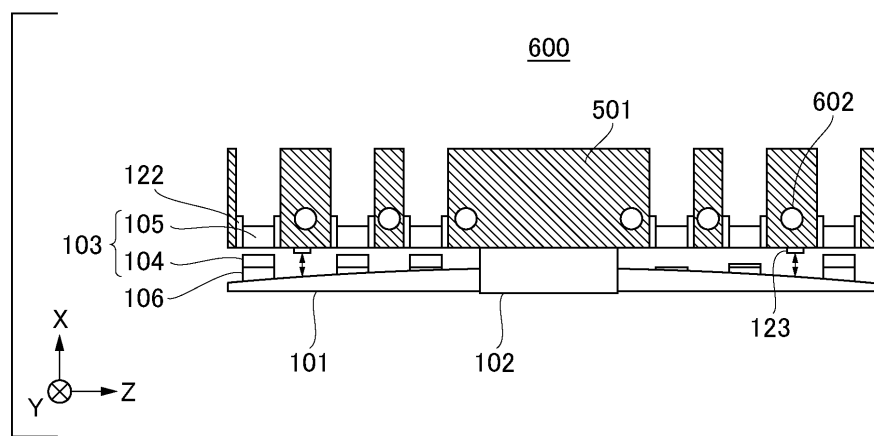
도면3



도면4



도면5



도면6

