



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월09일
(11) 등록번호 10-1885524
(24) 등록일자 2018년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 7/7015 (2013.01)
G03F 7/20 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0060192
(22) 출원일자 2015년04월29일
심사청구일자 2016년04월29일
(65) 공개번호 10-2015-0126292
(43) 공개일자 2015년11월11일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-095510 2014년05월02일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
US06842277 B2*
US20100027143 A1*
KR100697569 B1
KR100863850 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고
(72) 발명자
아사다 카쓰미
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방
2고 캐논 가부시끼가이샤 나이
(74) 대리인
권대복

전체 청구항 수 : 총 33 항

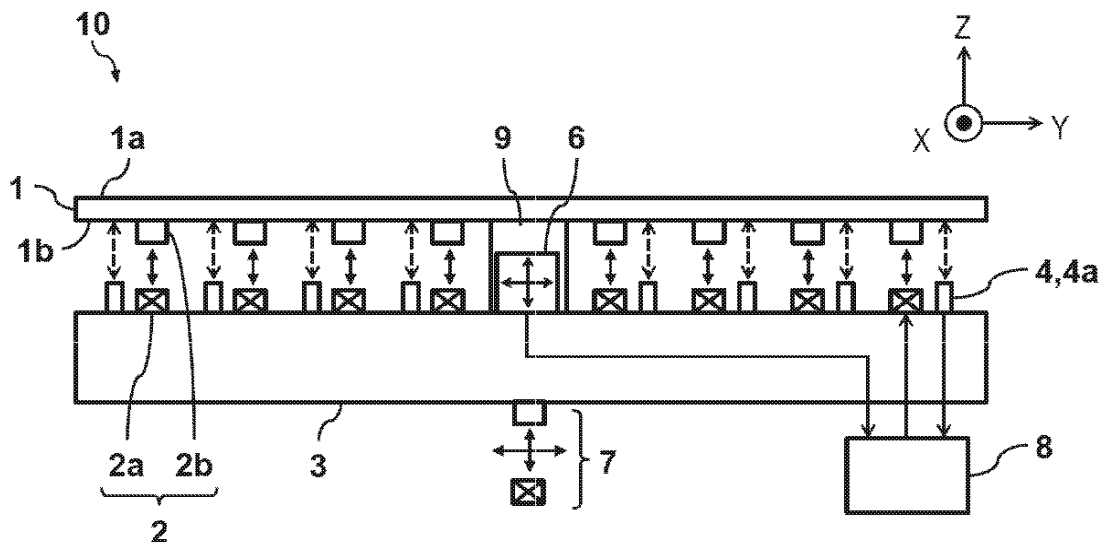
심사관 : 박종민

(54) 발명의 명칭 광학장치, 투영 광학계, 노광 장치, 및 물품의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 미러의 반사면을 변형시키는 광학장치를 제공하고, 상기 광학장치는 베이스 플레이트와, 상기 베이스 플레이트와 상기 미러와의 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와, 상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와, 상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G03F 7/70191 (2013.01)

G03F 7/70233 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

미러를 변형시키는 광학장치로서,

상기 미러를 지지하도록 구성된 베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러와의 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트의 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트의 진동에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터의 피드 포워드 제어를 행하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 검출부는, 상기 베이스 플레이트에 설치되고, 상기 베이스 플레이트의 진동으로서 상기 베이스 플레이트의 가속도를 검출하는, 광학장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하기 위한 지령값을 결정하도록 구성된 보상기를 포함하고,

상기 보상기는 상기 지령값의 입력을 수신하여 상기 미러의 변형을 출력하는 제1 전달함수의 역수와, 상기 베이스 플레이트의 진동의 입력을 수신하여 상기 미러의 변형을 출력하는 제2 전달함수를 곱함으로써 결정된 전달함수를 포함하는, 광학장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제1 전달함수는, 1개의 액추에이터가 상기 미러에 단위량의 힘을 가했을 때에 상기 미러에 있어서의 복수의 개소의 각각이 변위하는 변위량을, 각 액추에이터에 대해서 취득함으로써 결정되는, 광학장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 베이스 플레이트에 설치되고, 상기 미러에 있어서의 각 개소의 위치를 측정하도록 구성된 측정부를 더 구비하고,

상기 미러에 있어서의 각 개소에서의 변위량은, 상기 측정부에 의한 측정 결과에 의거하여 취득되는, 광학장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 베이스 플레이트에 진동을 가하도록 구성된 진동부를 더 구비하고,

상기 제2 전달함수는, 상기 진동부에 의해 상기 베이스 플레이트에 진동을 가했을 때에 상기 미러에 있어서의

복수의 개소의 각각에서의 변위량을 취득함으로써 결정되는, 광학장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 베이스 플레이트에 설치되고, 상기 미러에 있어서의 각 개소의 위치를 계측하도록 구성된 계측부를 더 구비하고,

상기 미러에 있어서의 각 개소에서 변위량은, 상기 계측부에 의한 계측 결과에 의거하여 취득되는, 광학장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 3 항에 있어서,

기준체와,

상기 기준체에 설치되고, 상기 미러에 있어서의 각 개소의 위치를 계측하도록 구성된 계측부를 더 구비하고,

상기 미러에 있어서의 각 개소에서 변위량은, 상기 계측부에 의한 계측 결과에 의거하여 취득되는, 광학장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 검출부는, 상기 기준체에 설치되고, 상기 베이스 플레이트의 진동으로서 상기 기준체의 가속도를 검출하는, 광학장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 미러의 형상과 목표형상 간의 에러에 의거하여 각 액추에이터를 제어하기 위한 제2 지령값을 결정하도록 구성된 제2 보상기를 포함하는, 광학장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 미러의 중심을 포함하는 상기 미러의 일부를 상기 베이스 플레이트에 고정하도록 구성된 고정부재를 더 구비하는, 광학장치.

청구항 12

마스크 패턴을 기관에 투영하는 투영 광학계로서, 청구항 1에 기재된 광학장치를 구비하는, 투영 광학계.

청구항 13

기관을 노광하는 노광 장치로서, 청구항 12에 기재된 투영 광학계를 구비하는, 노광 장치.

청구항 14

물품을 제조하는 방법으로서,

노광장치를 이용해서 기관을 노광하는 단계와,

노광된 기관을 현상하는 단계와,

현상된 기관을 처리해서 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하고,

상기 노광장치는 상기 기관을 노광하고, 상기 기관 위에 마스크 패턴을 투영하는 투영 광학계를 포함하며, 또 광학 장치를 포함하고

상기 광학 장치는, 미러를 변경시키고,

상기 미러를 지지하도록 구성된 베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트의 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트의 진동에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터의 피드 포워드 제어를 행하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 검출부는, 상기 베이스 플레이트에 설치되고, 상기 베이스 플레이트의 진동으로서 상기 베이스 플레이트의 가속도를 검출하는, 물품의 제조방법.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 베이스 플레이트로부터 상기 미러에 전해지는 진동의 위상 지연이 보상되도록, 상기 각 액추에이터의 상기 피드 포워드 제어를 행하는, 광학장치.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 액추에이터의 각각은 상기 미러에 연결되는, 광학장치.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 베이스 플레이트로부터 상기 미러에 전해지는 진동에 의한 상기 미러의 변형이 보상되도록, 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터의 피드 포워드 제어를 행하는, 광학장치.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 베이스 플레이트의 속도에 대하여 미분 연산을 행함으로써 상기 베이스 플레이트의 상기 가속도를 검출하는, 광학장치.

청구항 19

미러의 반사면을 변형시키는 광학장치로서,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러와의 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 제어부는, 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하기 위한 지령값을 결정하도록 구성된 보상기를 포함하고,

상기 제어부는 상기 지령값의 입력을 수신하여 상기 미러의 변형을 출력하는 제1 전달함수의 역수와, 상기 베이스 플레이트의 진동의 입력을 수신하여 상기 미러의 변형을 출력하는 제2 전달함수를 곱함으로써 상기 보상기의 전달함수를 결정하는, 광학장치.

청구항 20

마스크 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계로서, 청구항 19에 기재된 광학장치를 구비하는, 투영 광학계.

청구항 21

기판을 노광하는 노광 장치로서, 청구항 20에 기재된 투영 광학계를 구비하는, 노광 장치.

청구항 22

물품을 제조하는 방법으로서,

노광장치를 이용해서 기판을 노광하는 단계와,

노광된 기판을 현상하는 단계와,

현상된 기판을 처리해서 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하고,

상기 노광장치는 상기 기판을 노광하고, 상기 기판 위에 마스크 패턴을 투영하는 투영 광학계를 포함하며, 또 광학 장치를 포함하고

상기 광학 장치는, 미러의 반사면을 변경시키고,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 제어부는, 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하기 위한 지령값을 결정하도록 구성된 보상기를 포함하고,

상기 제어부는 상기 지령값의 입력을 수신하여 상기 미러의 변형을 출력하는 제1 전달함수의 역수와, 상기 베이스 플레이트의 진동의 입력을 수신하여 상기 미러의 변형을 출력하는 제2 전달함수를 곱함으로써 상기 보상기의

전달함수를 결정하는, 물품의 제조방법.

청구항 23

미러의 반사면을 변형시키는 광학장치로서,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러와의 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 검출부는, 상기 베이스 플레이트에 생기는 진동으로서 상기 베이스 플레이트의 가속도를 검출하는, 광학장치.

청구항 24

마스크 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계로서, 청구항 23에 기재된 광학장치를 구비하는, 투영 광학계.

청구항 25

기판을 노광하는 노광 장치로서, 청구항 24에 기재된 투영 광학계를 구비하는, 노광 장치.

청구항 26

물품을 제조하는 방법으로서,

노광장치를 이용해서 기판을 노광하는 단계와,

노광된 기판을 현상하는 단계와,

현상된 기판을 처리해서 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하고,

상기 노광장치는 상기 기판을 노광하고, 상기 기판 위에 마스크 패턴을 투영하는 투영 광학계를 포함하며, 또 광학 장치를 포함하고

상기 광학 장치는, 미러의 반사면을 변경시키고,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 검출부는, 상기 베이스 플레이트에 생기는 진동으로서 상기 베이스 플레이트의 가속도를 검출하는, 물품의 제조방법.

청구항 27

미러의 반사면을 변형시키는 광학장치로서,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러와의 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 제어부는, 상기 미러의 형상과 목표형상 간의 에러에 의거하여 각 액추에이터를 제어하기 위한 지령값을 결정하도록 구성된 보상기를 포함하는, 광학장치.

청구항 28

마스크 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계로서, 청구항 27에 기재된 광학장치를 구비하는, 투영 광학계.

청구항 29

기판을 노광하는 노광 장치로서, 청구항 28에 기재된 투영 광학계를 구비하는, 노광 장치.

청구항 30

물품을 제조하는 방법으로서,

노광장치를 이용해서 기판을 노광하는 단계와,

노광된 기판을 현상하는 단계와,

현상된 기판을 처리해서 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하고,

상기 노광장치는 상기 기판을 노광하고, 상기 기판 위에 마스크 패턴을 투영하는 투영 광학계를 포함하며, 또 광학 장치를 포함하고

상기 광학 장치는, 미러의 반사면을 변경시키고,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비하고,

상기 제어부는, 상기 미러의 형상과 목표형상 간의 에러에 의거하여 각 액추에이터를 제어하기 위한 지령값을 결정하도록 구성된 보상기를 포함하는, 물품의 제조방법.

청구항 31

미러의 반사면을 변형시키는 광학장치로서,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러와의 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부와,

상기 미러의 중심을 포함하는 상기 미러의 일부를 상기 베이스 플레이트에 고정하도록 구성된 고정부재를 구비하는, 광학장치.

청구항 32

마스크 패턴을 기관에 투영하는 투영 광학계로서, 청구항 31에 기재된 광학장치를 구비하는, 투영 광학계.

청구항 33

기관을 노광하는 노광 장치로서, 청구항 32에 기재된 투영 광학계를 구비하는, 노광 장치.

청구항 34

물품을 제조하는 방법으로서,

노광장치를 이용해서 기관을 노광하는 단계와,

노광된 기관을 현상하는 단계와,

현상된 기관을 처리해서 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하고,

상기 노광장치는 상기 기관을 노광하고, 상기 기관 위에 마스크 패턴을 투영하는 투영 광학계를 포함하며, 또 광학 장치를 포함하고

상기 광학 장치는, 미러의 반사면을 변경시키고,

베이스 플레이트와,

상기 베이스 플레이트와 상기 미러 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와,

상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와,

상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부와,

상기 미러의 중심을 포함하는 상기 미러의 일부를 상기 베이스 플레이트에 고정하도록 구성된 고정부재를 구비하는, 물품의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 미러의 반사면을 변형시키는 광학장치, 그 광학장치를 포함하는 투영 광학계, 노광 장치, 및 물품의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 반도체 디바이스 등의 제조에 사용하는 노광 장치의 해상도를 향상시키기 위해서, 노광 장치에 포함된 투영 광학계의 광학 수차를 보정하는 것이 요구되고 있다. 일본국 공개특허공보 특개2004-64076호에는, 복수의 액추에이터에 의해 투영 광학계에 포함된 미러에 힘을 가해서 미러의 반사면을 변형시킴으로써 투영 광학계의 광학 수차를 보정하는 광학장치가 제안되어 있다.

[0004] 노광 장치에서는, 노광장치가 배치되어 있는 바닥의 진동이나 노광 장치 내부에서 발생한 진동 등이 외란으로서

미러에 전해지면, 그 진동에 의해 미러가 변형될 수 있다. 일본국 공개특허공보 특개2004-64076호에 기재된 광학장치는, 센서에 의해 측정된 미러의 형상과 목표 형상 간의 에러에 의거하여 각 액추에이터를 제어함으로써 진동에 의한 미러의 의도하지 않는 변형을 보정하고 있다. 그렇지만, 이러한 제어로는, 진동이 미러에 전해져서 변형된 미러의 형상의 측정 결과에 의거하여 각 액추에이터의 제어가 이루어지기 때문에, 진동의 주파수가 높아짐에 따라, 각 액추에이터의 제어를 진동에 따르게 하는 것이 곤란해질 수 있다. 다시 말해, 고주파 성분을 갖는 진동에 의한 의도하지 않는 미러의 변형을 보정하는 것이 불충분해질 수 있다.

발명의 내용

[0006] 본 발명은, 예를 들면 진동에 의한 의도하지 않는 미러의 변형을 보정하는 데에 유리한 광학장치를 제공한다.

[0007] 본 발명의 일 국면에 의하면, 미러의 반사면을 변형시키는 광학장치가 제공되고, 상기 광학장치는, 베이스 플레이트와, 상기 베이스 플레이트와 상기 미러와의 사이에 배치되고, 상기 미러에 힘을 가하도록 구성된 복수의 액추에이터와, 상기 베이스 플레이트에 생기는 진동을 검출하도록 구성된 검출부와, 상기 베이스 플레이트에 진동이 생기는 것에 의한 상기 미러의 변형이 허용범위 내에 있도록 상기 검출부에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터를 제어하도록 구성된 제어부를 구비한다.

[0008] 본 발명의 추가 특징들은 첨부도면을 참조하면서 이하의 예시적인 실시예의 설명으로부터 밝혀질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은, 제1 실시예에 따른 광학장치의 구성 예를 도시한 개략도다.

도 2는, 제1 실시예에 따른 광학장치에 있어서의 제어계의 블록도다.

도 3a는, 제1 실시예에 따른 제어계에 있어서의 전달 함수를 도시한 도면이다.

도 3b는, 제1 실시예에 따른 제어계에 있어서의 전달함수를 도시한 도면이다.

도 3c는, 제1 실시예에 따른 제어계에 있어서의 전달함수를 도시한 도면이다.

도 4는, 베이스 플레이트의 진동이 미러의 각 장소에 전해질 때까지의 전달함수를 도시한 도면이다.

도 5는, 제2 실시예에 따른 광학장치의 구성 예를 도시한 개략도다.

도 6은, 제3 실시예에 따른 광학장치에 있어서의 제어계의 블록도다.

도 7은, 노광 장치의 구성 예를 도시한 개략도다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명의 예시적인 실시예에 대해서 첨부도면을 참조하면서 설명한다. 도면 전체에 있어서 동일한 참조 번호는 동일한 구성소자를 나타내고 그것의 반복적인 설명은 생략한다.

[0012] <제1 실시예>

[0013] [장치 구성]

[0014] 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에 대해서, 도 1을 참조하면서 설명한다. 도 1은, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)의 구성 예를 도시한 개략도다. 제1 실시예에 따른 광학장치(10)는, 예를 들면 노광 장치에 포함된 투영 광학계에 포함되는 미러(1)의 반사면 1a를 변형시킴으로써 투영 광학계의 광학 수차뿐만 아니라, 투영 상의 배율, 왜곡 및 초점도 보정한다. 광학장치(10)는, 미러(1)와, 베이스 플레이트(3)와, 복수의 액추에이터(2)와, 계측부(4)와, 제어부(8)를 포함할 수 있다. 제어부(8)는, CPU, 메모리 등을 포함하고, 복수의 액추에이터(2)를 제어한다.

[0015] 미러(1)는, 빛을 반사하는 반사면 1a와, 반사면의 반대측의 면인 이면 1b를 포함하고, 미러(1)의 중심을 포함하는 미러(1)의 영역(이하, "중심부"라고 칭함)이 고정부재(9)를 통해서 베이스 플레이트(3)에 고정되어 있다. 상술한 바와 같이, 미러(1)의 중심부를 베이스 플레이트(3)에 고정하는 것은, 노광 장치의 투영 광학계에 사용된 미러(1)로는, 미러(1)의 중심부에 빛이 조사되지 않는 경우가 종종 있어, 미러(1)의 중심부를 변형시킬 필요성이 작기 때문이다. 제1 실시예에서는, 미러(1)의 중심부를 고정부재(9)를 통해서 베이스 플레이트(3)에 고정하고 있지만, 미러(1)의 임의의 영역을 고정부재(9)를 통해서 베이스 플레이트(3)에 고정해도 된다. 액추에이터

(2)로서는, 압전 소자 등의 변위 액추에이터를 사용하고, 액추에이터(2)에 의해 미러(1)가 베이스 플레이트(3)에 지지될 경우에는, 고정부재(9)를 사용하지 않아도 된다. 또한, 제1 실시예에서는, 원형의 평면 미러를 미러(1)로서 사용하는 예에 관하여 설명하지만, 미러(1)는 그것에 한정되는 것은 아니고, 예를 들면 요면이나 철면을 갖는 구면 미러를 미러(1)로서 사용해도 된다.

[0016] 복수의 액추에이터(2)는, 미러(1)와 베이스 플레이트(3)와의 사이에 배치되고, 미러(1)(이면 1b)에 힘을 가한다. 액추에이터(2)로서는, 예를 들면 보이스 코일 모터(voice coil motors;VCM)나 리니어 모터 등, 서로 접촉하지 않는 가동자 2a과 고정자 2b를 각각 포함하는 비접촉형의 액추에이터를 사용하면 되지만, 예를 들면 압전소자 등의 변위 액추에이터를 사용하는 것도 가능하다. 액추에이터(2)로서 VCM 등의 비접촉형의 액추에이터를 사용하는 경우에는, 각 액추에이터(2)의 가동자 2a 및 고정자 2b 중 하나가 미러(1)의 이면 1b에 고정되고, 다른 하나가 베이스 플레이트(3)에 고정된다. 도 1에 나타난 예에서는, 가동자 2a가 베이스 플레이트(3)에 고정되고, 고정자 2b가 미러(1)의 이면 1b에 고정되어 있다. 이 구성에 따라, 액추에이터(2)는, 미러(1)의 이면 1b에 힘을 가해서 미러(1)와 베이스 플레이트(3)와의 사이의 거리를 변경할 수 있다.

[0017] 계측부(4)는, 미러(1)에 있어서의 복수의 개소의 각각의 위치를 계측하여, 미러(1)의 형상을 취득한다. 계측부(4)는, 예를 들면 정전용량 센서 등, 미러(1)에 있어서의 1개의 기준 위치부터의 변위(예를 들면, Z방향의 변위)를 계측하는 변위계 4a을 복수 포함할 수도 있다. 그리고, 계측부(4)는, 각 변위계 4a에 의해 미러(1)에 있어서의 각 개소의 위치를 계측함으로써, 미러(1)의 형상을 결정할 수 있다. 또한, 계측부(4)는, 레이저 간섭계이나 Schack-Hartmann 센서 등, 미러(1)의 반사면 1a의 형상을 계측하는 계측기를 포함해도 된다. 이 경우, 계측부(4)는, 해당 계측기에 의해 계측된 미러(1)의 반사면 1a의 형상에 의거하여 미러(1)에 있어서의 각 개소의 위치를 결정할 수 있다.

[0018] 이렇게 구성된 광학장치(10)는, 계측부(4)에 의해 계측된 미러(1)의 형상과 목표 형상과의 에러에 의거하여 각 액추에이터(2)를 피드백 제어한다. 예를 들면, 광학장치(10)의 제어부(8)는, 계측부(4)에 의해 계측된 미러(1)에 있어서의 각 개소의 위치와 각 개소의 목표 위치와의 에러가 각각 0에 근접하도록, 각 액추에이터(2)를 구동하기 위한 지령값을 결정하고, 지령값에 의거하여 각 액추에이터(2)를 제어한다. 이에 따라, 각 액추에이터(2)가 미러(1)에 힘을 가해서 미러(1)를 변형시키고, 미러(1)의 형상을 목표 형상에 가깝게 할 수 있다. 여기에서, 광학장치(10)에 있어서의 제어계에 관하여 설명한다. 도 2는, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에 있어서의 제어계의 블록도다. 도 2에 나타난 블록도에 있어서, 보상기 8a 및 8b, 드라이버 8c, 감산기 8d, 가산기 8e, 필터 8f 및 8g는, 제어부(8)에 포함되는 것으로 한다. 또한, 이하의 설명에 있어서, 각 액추에이터(2)가 미러(1)에 가하는 힘을 "구동력"이라고 부른다. 또한, 미러(1)의 형상 s 는, 미러(1)에 있어서의 각 개소의 위치의 행렬로 나타내고, 목표 형상 r 은, 미러(1)에 있어서의 각 개소의 목표 위치의 행렬로 나타낼 수 있다.

[0019] 광학장치(10)의 제어계에서는, 계측부(4)에 의해 계측된 미러(1)의 형상 s (현재 형상)이 감산기 8d에 공급된다. 감산기 8d는, 미러(1)의 형상 s 와 목표형상 r 과의 에러 e 를 산출하고, 해당 에러 e 를 나타내는 신호를 보상기 8a(제2 보상기)에 공급한다. 보상기 8a는, 예를 들면, 전달함수 C 을 갖는 PID 보상기이다. 보상기 8a는 감산기 8d로부터 공급(입력)된 에러 e 에 의거하여 각 액추에이터(2)를 제어하기 위한 지령값 u (제2 지령값)을 결정하고, 지령값 u 를 출력한다. 지령값 u 는, 후술하는 보상기 8b에 의해 결정된 지령값 v 와 가산기 8e에 의해 합성되어, 지령값 w 로서 드라이버 8c에 공급된다. 드라이버 8c는, 각 액추에이터(2)를 구동하기 위한 전류를 각 액추에이터(2)에 공급하는 전류 드라이버이며, 전류 게인 K_i 를 갖는다. 각 액추에이터(2)는, 추력 상수 K_t 를 갖고, 드라이버 8c으로부터 전류 i 가 공급됨으로써, 액추에이터(2)는 미러(1)에 구동력 f 을 인가한다. 일반적으로, 드라이버 8c와 각 액추에이터(2)는, 수 kHz를 초과하는 높은 주파수 대역까지 응답할 수 있고, 지령값 w 와 구동력 f 는 비례 관계에 있다. 미러(1)는, 각 액추에이터(2)에 의해 가해지는 구동력 f 의 입력을 수신하여 미러(1)의 형상 s 를 출력하는 전달함수 P 를 갖는다. 이렇게, 계측부(4)에 의해 계측된 미러(1)의 형상 s 와 목표형상 r 과의 에러 e 에 의거하여 각 액추에이터(2)를 피드백 제어함으로써, 미러(1)의 형상 s 를 목표형상 r 에 가깝게 할 수 있다.

[0020] 노광 장치에서는, 노광 장치가 배치되어 있는 바닥의 진동, 마스크를 홀드하는 스테이지의 구동에 의해 노광 장치의 내부에서 발생한 진동 등이 외란 d 로서 베이스 플레이트(3)를 통해서 미러(1)에 전해지는 상황이 발생할 수도 있다. 이렇게 미러(1)에 진동이 전해지면, 이 진동에 의해서 미러(1)가 변형되어, 투영 광학계의 광학 수차의 보정이 불충분해질 수 있다. 상기한 바와 같이, 광학장치(10)는, 미러(1)의 형상 s 와 목표형상 r 과의 에러에 의거하여 각 액추에이터(2)를 피드백 제어함으로써, 진동에 의한 미러(1)의 의도하지 않는 변형을 보정할 수 있다. 그렇지만, 이러한 피드백제어로는, 진동(외란 d)이 미러(1)에 전해짐으로써 변형된 미러(1)의 형상 s 의 계측 결과에 의거하여 각 액추에이터(2)가 제어된다. 그 때문에, 진동의 주파수가 높아짐에 따라, 각 액추에이

터(2)의 제어를 진동에 따르게 하는 것이 곤란해질 수 있다. 다시 말해, 미러(1)의 형상 s에 근거하는 피드백 제어로는, 고주파 성분을 갖는 진동에 의한 미러(1)의 의도하지 않는 변형을 보정하는 것이 불충분해질 수 있다. 또한, 에러 e를 더욱 작게 하기 위해서 피드백 제인을 증가시키면, 다수의 탄성 변형 모드의 영향으로 인해 미러가 진동되어, 결국 에러 e가 커질 수도 있다. 이것을 해결하기 위해서, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에서는, 베이스 플레이트(3)의 진동을 검출하는 검출부(6)는 베이스 플레이트(3)에 포함된다. 그리고나서, 광학장치(10)는, 베이스 플레이트(3)에 진동이 생기는 것에 의한 미러(1)의 변형(변형량)이 허용범위 내에 있도록, 검출부(6)에 의한 검출 결과에 의거하여 각 액추에이터(2)를 피드 포워드(feed-forward) 제어한다. 이하에, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에 설치된 검출부(6) 및 검출부(6)에 의한 검출 결과에 근거한 각 액추에이터(2)의 피드 포워드 제어에 관하여 설명한다.

[0021] 검출부(6)는, 도 1에 나타나 있는 바와 같이, 베이스 플레이트(3)에 설치되고, 베이스 플레이트(3)에 생긴 진동을 검출한다. 검출부(6)는, 예를 들면, 가속도계를 포함하고, 베이스 플레이트(3)의 가속도를 베이스 플레이트(3)에 생긴 진동으로서 검출할 수 있다. 검출부(6)는, 미러(1)의 의도하지 않는 변형이 생기기 쉬운 방향(예를 들면, Z방향)에서 베이스 플레이트(3)의 가속도를 검출하도록 구성되면 좋지만, X방향 및 Y방향에 있어서의 가속도도 검출하도록 구성되어도 된다. 또한, 검출부(6)는, 가속도계 대신에 속도계를 포함하고, 베이스 플레이트(3)의 속도를 검출해도 된다. 이 경우, 검출부(6)는, 속도계에 의해 검출된 베이스 플레이트(3)의 속도에 대하여 미분 연산을 행함으로써, 베이스 플레이트(3)의 가속도를 결정할 수 있다.

[0022] 검출부(6)에 의해 검출된 베이스 플레이트(3)의 가속도 a는, 도 2에 나타나 있는 바와 같이, 저주파 성분을 감쇠시키는 전달 함수 F_1 를 갖는 필터 8f(하이패스 필터)을 통해서 보상기 8b(제1 보상기)에 공급된다. 보상기 8b는, 예를 들면 전달함수 H, 비례, 적분 혹은 미분 구성이나 그것의 조합을 갖는 PID 보상기이다. 보상기 8b는, 베이스 플레이트(3)의 진동에 의한 미러(1)의 변형(변형량)이 허용범위 내에 있도록, 필터 8f를 통해서 공급된 가속도 a에 의거하여 각 액추에이터(2)를 제어하기 위한 지령값 v를 결정(출력)한다. 결정된 지령값 v는, 필터 8g를 통해서 가산기 8e에 공급된다. 필터 8g는, 예를 들면 고주파 성분을 감쇠시키는 전달함수 F_2 를 갖는 로패스 필터를 포함할 수 있다. 일반적으로, 고주파측에서는, 노이즈의 영향과 샘플링 주파수의 한계에 의해 각 액추에이터(2)를 제어하는 것이 곤란해질 수 있다. 그 때문에, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에서는, 적절한 주파수 대역(예를 들면, 장치에 있어서 실제로 사용되는 주파수 대역)에 있어서 피드 포워드 제어가 행해지도록 필터 8g를 사용하고 있다. 여기에서, 필터 8g의 전달함수 F_2 은, 고주파 성분을 감쇠시키는 로패스 특성에 더해, 소정의 주파수 성분을 감쇠시키는 노치(notch) 특성을 포함해도 되고, 혹은 드라이버 8c의 주파수 특성이 해당 주파수 대역에서 위상 지연이 있는 경우에는 위상 보상 특성을 가질 수도 있다. 제1 실시예에서는, 필터 8f 및 8g를 사용하는 예에 관하여 설명하고 있지만, 반드시 필터 8f 및 8g를 사용하지 않아도 된다.

[0023] [보상기 8b의 전달함수 H의 결정 방법]

[0024] 보상기 8b의 전달함수 H의 결정 방법에 관하여 설명한다. 보상기 8b의 전달함수 H는, 식(1)에 나타나 있는 바와 같이, 전달함수 U(제1 전달함수)의 역수와 전달함수 G(제2 전달함수)를 곱함으로써 결정될 수 있다. 전달함수 U는, 지령값 v(혹은 지령값 v에 비례하는 구동력 f)의 입력을 수신해서 미러(1)의 변형을 출력하는 전달함수다. 지령값 v는, 복수의 액추에이터를 제어하기 위한 복수의 지령값을 포함하고, 미러(1)의 변형은, 미러(1)에 있어서의 복수의 개소의 변위를 포함할 수 있다. 그 때문에, 전달함수 U는, 각 액추에이터(2)를 제어하기 위한 지령값 v와 미러(1)에 있어서의 각 개소의 변위와의 행렬로 나타낼 수 있다. 이 경우, 식(1)에 있어서의 " U^{-1} "은 전달함수 U의 역행렬이 된다. 또한, 전달함수 G는, 베이스 플레이트(3)의 진동의 입력을 수신해서 미러(1)의 변형을 출력하는 전달함수다. 베이스 플레이트(3)의 진동은, 예를 들면 Z방향, X방향 및 Y방향 등의 복수(3개)의 방향 성분을 포함할 수 있다. 그 때문에, 전달함수 G는, 베이스 플레이트(3)의 진동에 있어서의 각 방향성분과 미러(1)에 있어서의 각 개소의 변위와의 행렬로 나타낼 수 있다. 여기에서, 각 전달함수에 있어서의 입력수와 출력수가 다른 경우에는, 보상기 8b의 전달함수 H를, 역행렬 대신에 의사 역행렬(pseudo-inverse matrix)을 사용한 식(2)에 의해 결정할 수 있다. 식(2)에 있어서, T는 전치(transpose)를 나타낸다. 또한, 제1 실시예에서는, 제어부(8)가 보상기 8b의 전달함수 H를 결정하는 방법에 관하여 설명하지만, 본 발명은 그것에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 광학장치(10) 혹은 노광 장치의 외부에 설치된 외부 컴퓨터를 사용한 계산이나 시뮬레이션을 통해서 전달함수 U 및 전달함수 G를 결정해서, 보상기 8b의 전달함수 H를 결정해도 된다.

[0025]
$$H = U^{-1} \cdot G \quad \dots(1)$$

[0026]
$$H = (U^T \cdot U)^{-1} \cdot U^T \cdot G \quad \dots(2)$$

[0027] 이하에서는, 전달함수 U 및 전달함수 G의 결정 방법에 관하여 설명한다. 우선, 전달함수 U(제1 전달함수)의 결정 방법에 관하여 설명한다. 전달함수 U는, 넓은 주파수 범위에 걸쳐 액추에이터(2)를 구동하면서, 액추에이터의 구동력 또는 지령값과 미러(1)의 변위와의 사이에 있어서의 진폭비 및 위상차를 조사하는 진동 실험에 의해 취득될 수 있다. 더 구체적으로는, 제어부(8)는, 복수의 액추에이터(2) 중 1개의 액추에이터(2)만이 미러(1)에 단위량의 힘(구동력)을 넓은 주파수에 걸쳐 인가하도록 지령값 v를 결정하고, 결정된 지령값 v에 의거해 1개의 액추에이터(2)를 제어한다. 이때, 제어부(8)는, 1개의 액추에이터(2)만이 미러(1)에 단위량의 힘을 인가했을 때에 미러(1)에 있어서의 각 개소의 변위를 계측부(4)에 계측시켜, 그 계측 결과를 취득한다.

[0028] 제어부(8)는, 1개의 액추에이터(2)를 제어하여, 미러(1)에 있어서의 각 개소의 변위를 취득하는 스텝을, 각 액추에이터(2)에 대해서 순차적으로 행한다. 이에 따라, 제어부(8)는, 도 3a에 나타나 있는 바와 같이, 각 액추에이터(2)를 제어하기 위한 지령값 v(지령값 1, 지령값 2...)과 미러(1)에 있어서의 각 개소의 변위량(변위량 1, 변위량 2...)과의 행렬로 나타내는 전달함수 U를 결정할 수 있다. 결정된 전달함수 U에서는, 행렬의 각 요소에도 미러(1)의 다수의 탄성 변형 모드가 나타나고, 서로의 특성이 조금씩 다를 수 있다.

[0029] 다음에, 전달함수 G(제2 전달함수)의 결정 방법에 관하여 설명한다. 전달함수 G는, 넓은 주파수 범위에 걸쳐 베이스 플레이트(3)에 진동을 인가하면서, 베이스 플레이트(3)의 진동과 미러(1)의 변위와의 사이에 있어서의 진폭비 및 위상차를 조사하는 진동 실험에 의해 취득될 수 있다. 이러한 진동 실험을 행하기 위해서, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)는, 베이스 플레이트(3)에 진동(가속도)을 인가하는 진동부(7)를 포함할 수 있다. 진동부(7)는, Z방향, X방향 및 Y방향을 포함하는 복수(3개)의 방향의 각각에 있어서 베이스 플레이트(3)에 진동을 인가하도록 구성되면 된다. 제어부(8)는, 각 방향에 있어서, 진동부(7)에 의해 베이스 플레이트(3)에 가속도 a를 가했을 때에 미러(1)에 있어서의 각 개소에서 변위량을 계측부(4)에 계측시켜, 그 계측 결과를 취득한다. 이에 따라, 제어부(8)는, 도 3b에 나타나 있는 바와 같이, 베이스 플레이트(3)에 가해진 각 방향(Z방향, X방향 혹은 Y방향)에 있어서의 가속도 a와 미러(1)에 있어서의 각 개소의 변위량(변위량 1, 변위량 2...)과의 행렬로 나타내는 전달함수 G를 결정할 수 있다. 결정된 전달함수 G에서는, 행렬의 각 요소에도 미러(1)의 다수의 탄성 변형 모드가 나타나고, 서로의 특성이 조금씩 다를 수 있다.

[0030] 제어부(8)는, 식(1) 또는 식(2)을 사용해서 보상기 8b의 전달함수 H를 결정한다. 도 3c는, 베이스 플레이트(3)에 가해진 각 방향(Z방향, X방향 혹은 Y방향)에 있어서의 가속도 a와 각 액추에이터(2)를 제어하기 위한 지령값 v(지령값 1, 지령값 2...)과의 행렬로 나타내는 보상기 8b의 전달함수 H를 나타내는 도면이다. 전달함수 H의 각 요소에서는, 식(1) 또는 식(2)의 연산에 의해 다수의 탄성 변형 모드가 취소되고, 주파수에 의존하지 않는 플랫(flat) 계인 특성이 취득된다. 다시 말해, 전달함수 H는, 주파수에 의존하지 않는 계수의 행렬로 나타낼 수 있다. 이 계수는, 식(1) 또는 식(2)에 의한 연산 후의 단위의 차원에서, 물리적인 질량을 의미하기 때문에, 각 액추에이터(2)가 구동하는 분포 질량이라고 해석할 수 있다. 따라서, 제어부(8)는, 탄성체의 특징을 갖는 미러(1)(가변형 미러)를 구동하는 경우에 있어서, 상술한 방법에 의해 취득된 전달함수 H를 갖는 보상기 8b를 통해서 액추에이터(2)를 동시에 제어할 수 있다. 이에 따라, 베이스 플레이트(3)의 진동에 의한 의도하지 않는 변위 등이 미러(1)에 생기는 것을 억제할 수 있다. 여기에서, 상술한 바와 같이, 광학장치(10) 혹은 노광 장치의 외부에 설치된 외부 컴퓨터를 사용하여 유한 요소 모델에 의한 해석을 행해서 전달함수 U와 전달함수 G에 의해 결정될 수 있고, 보상기 8b의 전달함수 H를 결정해도 된다. 이 경우, 해석에 의해 취득된 전달함수 H와 실제의 측정에 의해 취득된 전달함수 H와의 사이에는 오차가 생길 수 있기 때문에, 해석에 의해 취득된 전달함수 H와 실제의 측정에 의해 취득된 전달함수 H를 비교하여, 해석에 의해 취득된 전달함수 H를 부분적으로 수정해도 된다.

[0031] [피드 포워드 제어의 효과]

[0032] 도 4는, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에 있어서, 베이스 플레이트(3)의 Z방향에 있어서의 진동(가속도 a)이 미러(1)의 각 개소(개소 1, 개소 2...)에 전해 질 때까지의 전달함수를 도시한 도면이다. 도 4에 있어서, 실선은 피드 포워드 제어계를 동작시켰을 경우를 나타내고, 파선은 피드 포워드 제어계를 동작시키지 않을 경우를 나타낸다. 또한, 필터 8f로서는 1Hz의 차단 주파수를 갖는 하이패스 필터를 사용하고, 필터 8g로서는 200Hz의 차단 주파수를 갖는 로패스 필터를 사용한다. 도 4에 나타나 있는 바와 같이, 피드 포워드 제어계를 동작시켰을 경우에는, 피드 포워드 제어계를 동작시키지 않을 경우와 비교하여, 1~100 Hz의 주파수 범위에 있어서 베이스 플레이트(3)로부터 미러(1)의 각 개소에 전해지는 진동이 20~40dB로 저감된다. 다시 말해, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)로, 베이스 플레이트(3)의 진동에 의거하여 각 액추에이터(2)를 피드 포워드 제어함으로써, 베이스 플레이트(3)의 진동에 의한 미러(1)의 의도하지 않는 변형을 저감할 수 있다.

- [0033] 상기한 바와 같이, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)는, 베이스 플레이트(3)의 진동을 검출하는 검출부(6)를 포함한다. 그리고나서, 광학장치(10)는, 베이스 플레이트(3)에 진동이 생기는 것에 의한 미러(1)의 변위량이 허용 범위 내에 있도록, 검출부(6)에 의한 검출 결과에 의거하여 미러(1)에 힘을 가하도록 구성된 각 액추에이터(2)를 피드 포워드 제어한다. 이에 따라, 광학장치(10)는, 고주파 성분을 갖는 진동에 의한 미러(1)의 의도하지 않는 변형을 정밀하게 보정할 수 있다.
- [0034] <제2 실시예>
- [0035] 본 발명의 제2 실시예에 따른 광학장치(20)에 대해서, 도 5를 참조하면서 설명한다. 도 5는, 제2 실시예에 따른 광학장치(20)를 나타내는 단면도다. 제2 실시예에 따른 광학장치(20)는, 베이스 플레이트(3)와는 별도로 설치된 기준체(5)를 포함하고, 그 기준체(5)에 검출부(6)와 계측부(4)가 설치된다. 기준체(5)에 설치된 검출부(6)는 베이스 플레이트(3)에 생기는 진동으로서 기준체(5)의 가속도를 검출하고, 계측부(4)는 미러(1)에 있어서의 각 개소의 위치를 계측한다. 기준체(5)는, 미러(1)에 입사하는 빛과 미러(1)에 의해 반사된 빛을 통과시킬 수 있도록 개구를 가지고 있는 것이 바람직하다. 또한, 제2 실시예의 광학장치(20)에 있어서의 제어계는, 제1 실시예에 따른 광학장치의 제어계와 동일한 구성을 가지고 있기 때문에, 여기에서는 제어계의 구성에 관한 설명을 생략한다.
- [0036] 여기에서, 기준체(5)는, 베이스 플레이트(3)를 지지하는 구조체(예를 들면, 케이싱)에 의해 지지되어 있으면 좋지만, 본 발명은 그것에 한정되는 것이 아니며, 기준체(5)는 베이스 플레이트(3)를 지지하는 구조체와는 다른 구조체에 의해 지지되어 있어도 된다. 기준체(5) 및 베이스 플레이트(3)가 같은 구조체에 의해 지지되어 있을 경우에는, 도 5에 나타나 있는 바와 같이, 기준체(5)에 진동부(7)를 설치해도 된다. 이 경우, 전달함수 G 을 취득하는 스텝에 있어서, 기준체(5)에 설치된 진동부(7)로 기준체(5)를 진동시키면, 기준체(5)의 위치가 변화되기 때문에, 기준체(5)에 관한 변위를 계측하는 변위계 4a에 의해 미러(1)의 변위로서 계측된다. 이 계측값을 사용해서 전달함수 G 을 취득하면 된다.
- [0037] <제3 실시예>
- [0038] 제3 실시예에 따른 광학장치에 관하여 설명한다. 제3 실시예에 따른 광학장치는, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에 비교하여, 미러(1)의 형상이 목표 형상에 근접하도록 각 액추에이터(2)를 제어하기 위한 제어계의 구성이 다르다. 제1 실시예에 따른 광학장치(10)에서, 미러(1)의 형상과 목표형상과의 에러에 의거하여 각 액추에이터(2)를 피드백 제어하지만, 제3 실시예에 따른 광학장치에서는, 미러(1)의 목표형상 r' 에 의거하여 각 액추에이터(2)를 피드 포워드 제어한다. 여기에서, 제3 실시예에 따른 광학장치는, 제1 실시예에 따른 광학장치(10) 또는 제2 실시예에 따른 광학장치(20)와 구성이 동일하기 때문에, 여기에서는 장치 구성에 관한 설명을 생략한다.
- [0039] 도 6은, 제3 실시예에 따른 광학장치의 제어계의 블록도다. 미러의 목표형상 r' 은, 미러(1)에 있어서의 각 개소의 목표 변위량의 행렬로 나타내고, 제어부(8)에 포함되는 보상기 8h에 공급된다. 보상기 8h는, 미러(1)의 목표형상 r' 의 입력을 수신하여 각 액추에이터(2)를 제어하기 위한 지령값 u 를 출력하는 전달함수를 갖는다. 보상기 8h의 전달함수는, 드라이버 8c의 전류 게인 K_i 의 역특성, 각 액추에이터(2)의 추력 상수 K_t 의 역특성, 및 미러(1)의 전달함수 P 의 역특성을 곱함으로써 취득되고, " $P^{-1} \cdot K_t^{-1} \cdot K_i^{-1}$ "로 나타낼 수 있다. 미러(1)의 전달함수 P 의 역특성은, 유한 요소 모델의 해석을 사용한 계산이나 시뮬레이션을 통해서 결정되어도 되고, 광학 장치(실제의 기기)를 사용해서 결정되어도 된다. 또한, 검출부(6)에 의한 검출 결과(가속도 a)에 의거하여 각 액추에이터(2)를 제어하는 피드 포워드 제어계는, 제1 실시예에 따른 광학장치(10)와 같다. 이렇게 제어계를 구성함으로써, 미러(1)의 형상을 계측하는 계측부(4)가 불필요해지기 때문에, 장치의 저비용화를 달성할 수 있다. 이 경우, 예를 들면, 광학장치(10) 혹은 노광 장치의 외부에 설치된 외부 컴퓨터를 사용한 계산이나 시뮬레이션을 통해서 전달함수 U 및 전달함수 G 을 결정함으로써, 보상기 8b의 전달함수 H 를 결정해도 된다.
- [0040] <노광 장치의 실시예>
- [0041] 본 발명의 실시예에 따른 노광 장치에 대해서, 도 7을 참조하면서 설명한다. 본 실시예에 따른 노광 장치(50)는, 조명 광학계 IL과, 투영 광학계 PO와, 마스크(55)를 홀드하도록 구성된 이동가능한 마스크 스테이지 MS와, 기판(56)을 홀드하도록 구성된 이동가능한 기판 스테이지 WS를 포함할 수도 있다. 또한, 노광 장치(50)는, 기판(56)을 노광하는 처리를 제어하는 제어부(51)를 포함할 수도 있다.
- [0042] 조명 광학계 IL에 포함되는 광원(도면에 나타내지 않는다)으로부터 사출된 빛은, 조명 광학계 IL에 포함되는 슬릿(도면에 나타내지 않는다)을 통해서, 예를 들면 Y방향으로 긴 원호형의 조명 영역을 마스크(55) 위에 형성할

수 있다. 마스크(55) 및 기관(56)은, 마스크 스테이지 MS 및 기관 스테이지 WS에 의해 각각 홀드되어, 투영 광학계 P0을 통해서 광학적으로 거의 공역한 위치(투영 광학계 P0의 물체면 및 상면에 대응하는 위치)에 배치된다. 투영 광학계 P0는, 소정의 투영 배율 (예를 들면, 1/2배)을 갖고, 마스크(55)에 형성된 패턴을 기관(56)에 투영한다. 그리고, 마스크 스테이지 MS 및 기관 스테이지 WS를, 투영 광학계 P0의 물체면과 평행한 방향 (예를 들면, 도 7의 X방향)으로, 투영 광학계 P0의 투영 배율에 대응한 속도비로 주사시킨다. 이에 따라, 마스크(55)에 형성된 패턴을 기관(56)에 전사할 수 있다.

[0043] 투영 광학계 P0는, 예를 들면 도 7에 나타나 있는 바와 같이, 평면경(52)과, 오목경(53)과, 볼록경(54)을 포함한다. 조명 광학계 IL로부터 사출되어, 마스크(55)를 투과한 노광 광의 광로가, 평면경(52)의 제1 면(52a)에 의해 구부러져서, 오목경(53)의 제1 면(53a)에 입사한다. 오목경(53)의 제1 면(53a)에 의해서 반사된 노광 광은, 볼록경(54)에 의해서 반사되어, 오목경(53)의 제2 면(53b)에 입사한다. 오목경(53)의 제2 면(53b)에 의해서 반사된 노광 광의 광로가, 평면경(52)의 제2 면(52b)에 의해 구부러져서, 기관 위에 결상한다. 상술한 바와 같이 구성된 투영 광학계 P0에서는, 볼록경(54)의 표면이 광학적인 동공이 된다.

[0044] 전술한 노광 장치(50)의 구성에 있어서, 상술한 실시예의 광학장치는, 예를 들면 미러(1)로서 기능하는 오목경(53)의 반사면을 변형하는 장치로서 사용될 수 있다. 상술한 실시예의 광학장치를 노광 장치(50)에 사용함으로써, 오목경(53)의 반사면(제1 면 53a 및 제2 면 53b)을 고속으로 고정밀하게 변형시킬 수 있고, 투영 광학계 P0에 있어서의 광학 수차를 실시간으로 고정밀하게 보정할 수 있다. 여기에서, 노광 장치(50)에 있어서의 제어부(51)는, 상술한 실시예에 따른 광학장치에 있어서 액추에이터(2)를 제어하기 위한 제어부(8)를 포함해도 된다. 또한, 상술한 실시예에 따른 광학장치가 오목경(53)의 반사면을 변형하는 장치로서 사용되는 경우, 도 7에 있어서의 X방향, Y방향 및 Z 방향은, 도 1 및 도 5에 있어서의 -Z방향, Y방향 및 X방향에 각각 대응한다.

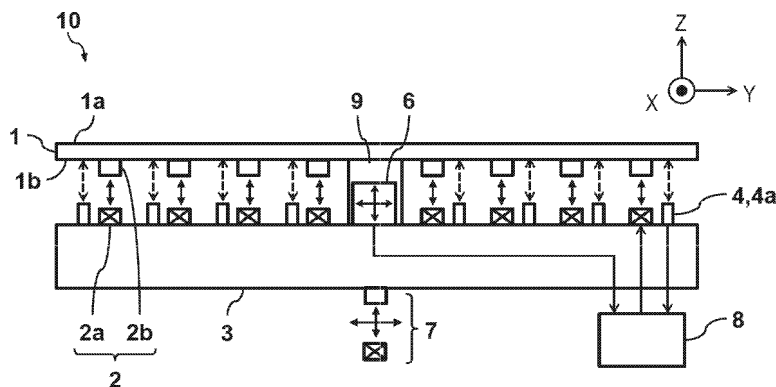
[0045] <물품의 제조 방법의 실시예>

[0046] 본 발명의 실시예에 따른 물품의 제조 방법은, 예를 들면 반도체 디바이스 등의 마이크로 디바이스나 미세구조를 갖는 소자 등의 물품을 제조하는데도 적합하다. 본 실시예의 물품의 제조 방법은, 기관에 도포된 감광제에 상술한 노광 장치를 사용해서 잠상 패턴을 형성하는 스텝(기관을 노광하는 스텝)과, 상기 스텝에서 잠상 패턴이 형성된 기관을 현상하는 스텝을 포함한다. 또한, 제조 방법은, 다른 주지의 스텝(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩, 패키징 등)을 더 포함한다. 본 실시예에 따른 물품의 제조 방법은, 종래의 방법에 비하여, 물품의 성능, 품질, 생산성 및 생산 비용 중의 적어도 하나에 있어서 유리하다.

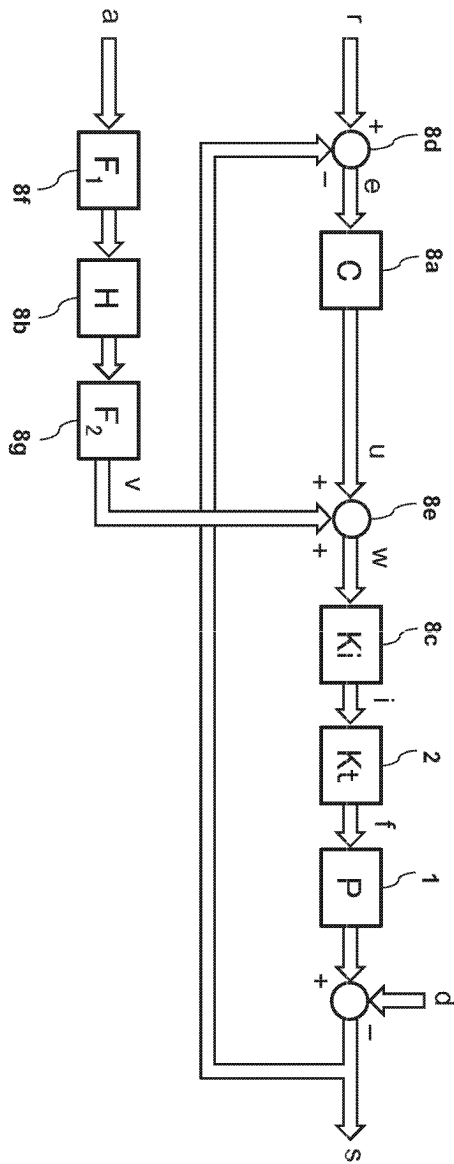
[0047] 본 발명은 예시적인 실시예를 참조하면서 설명되었지만, 본 발명은 이 개시된 예시적인 실시예에 한정되는 것이 아니라는 것이 이해될 것이다. 이하의 특허청구범위의 범주는 모든 변형 및 균등구조 및 기능을 포함하도록 가장 넓게 해석되어야 할 것이다.

도면

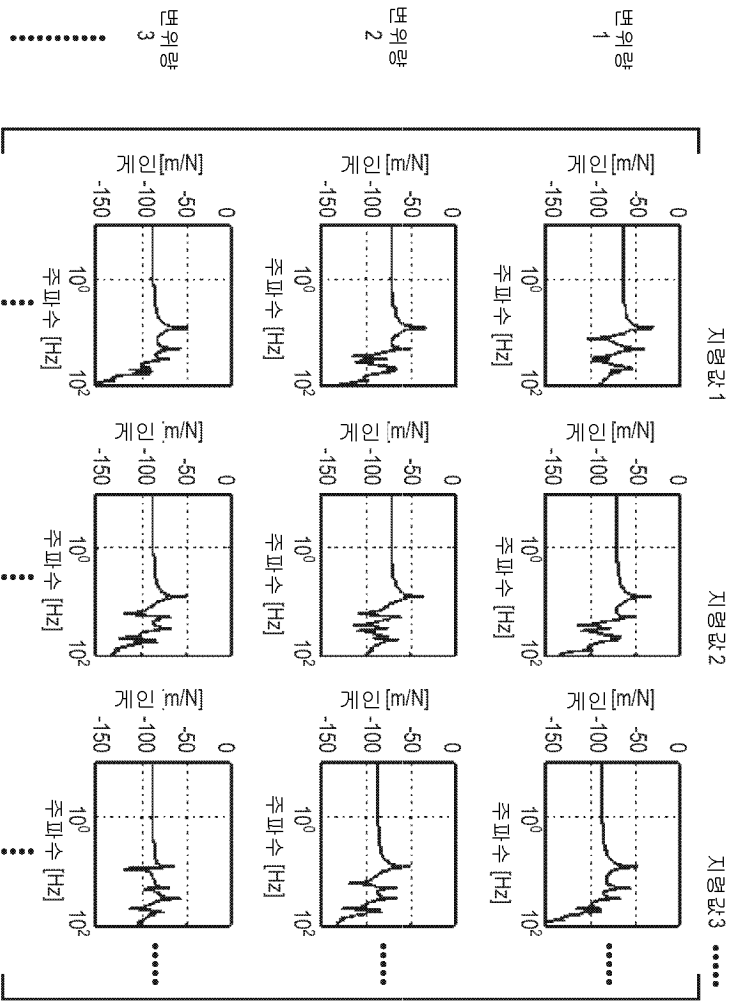
도면1



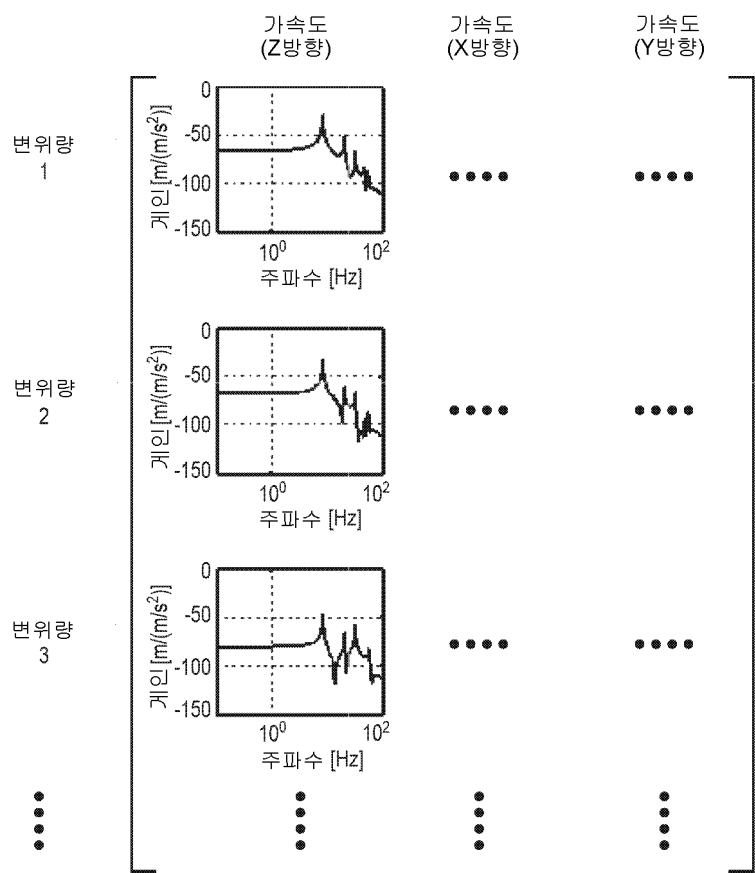
도면2



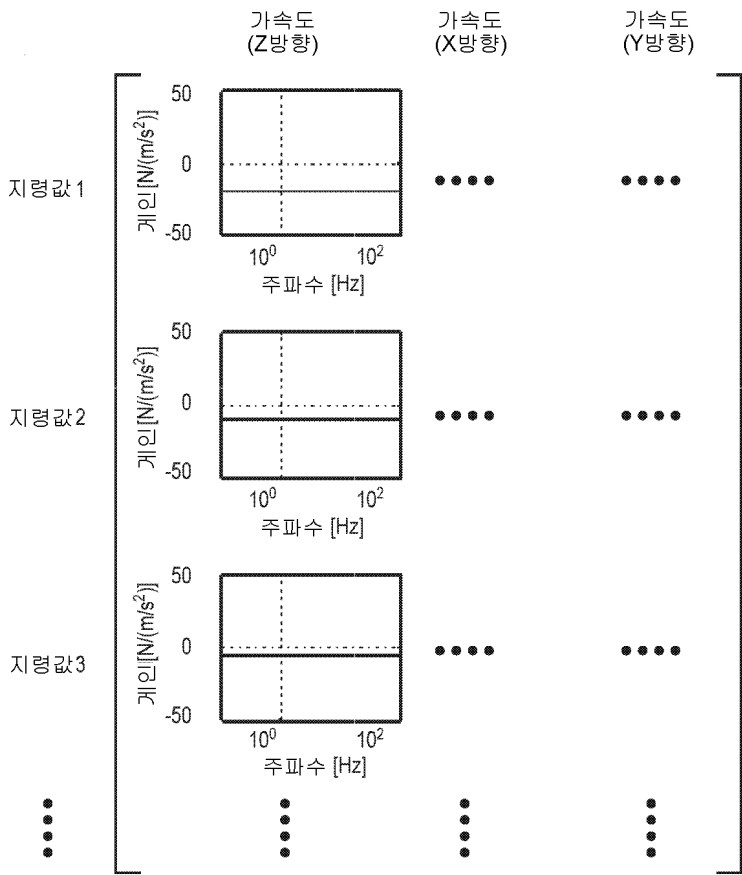
도면3a



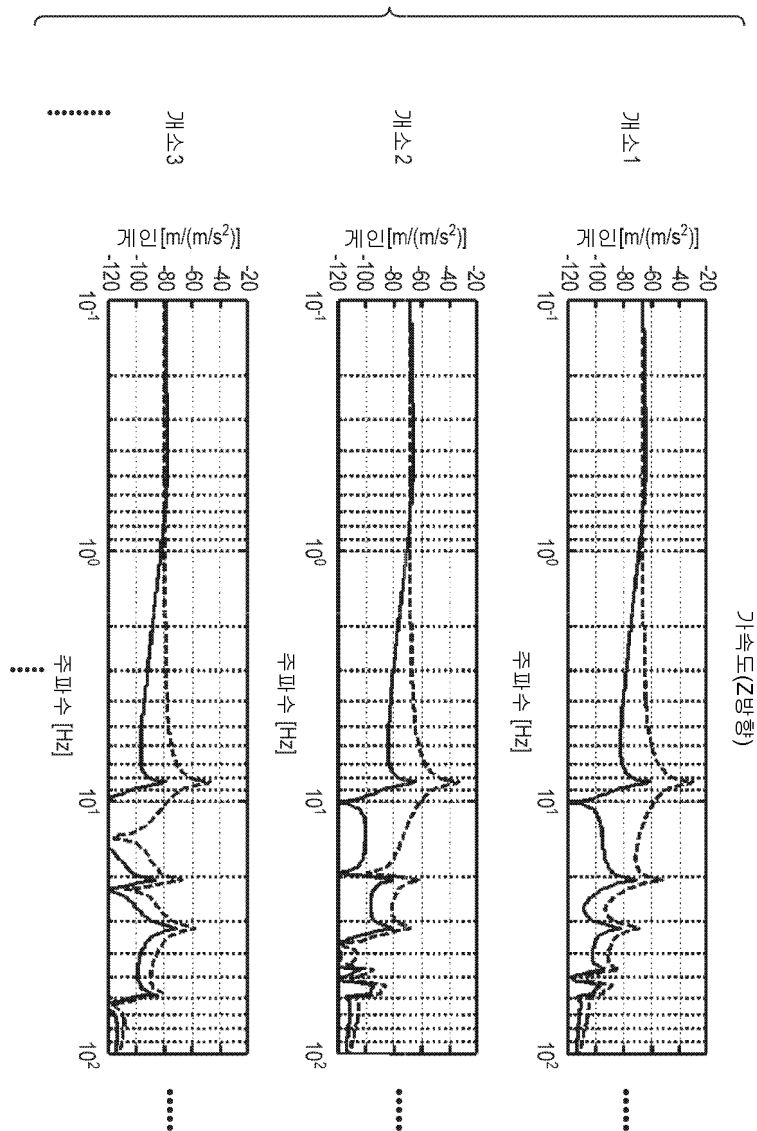
도면3b



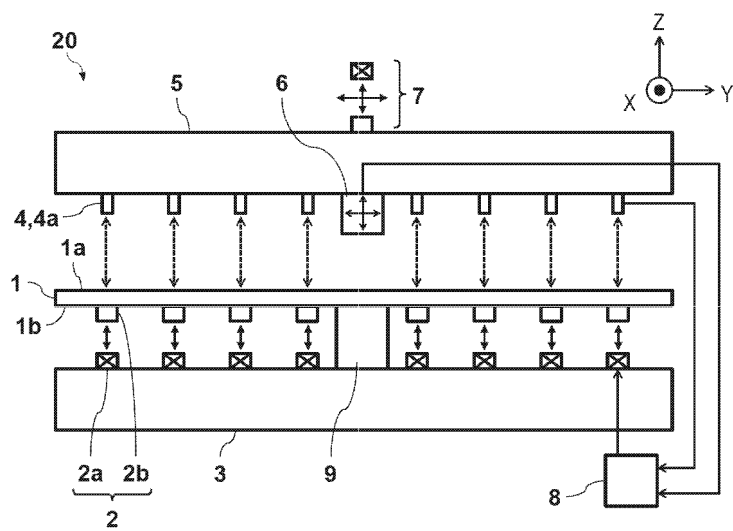
도면3c



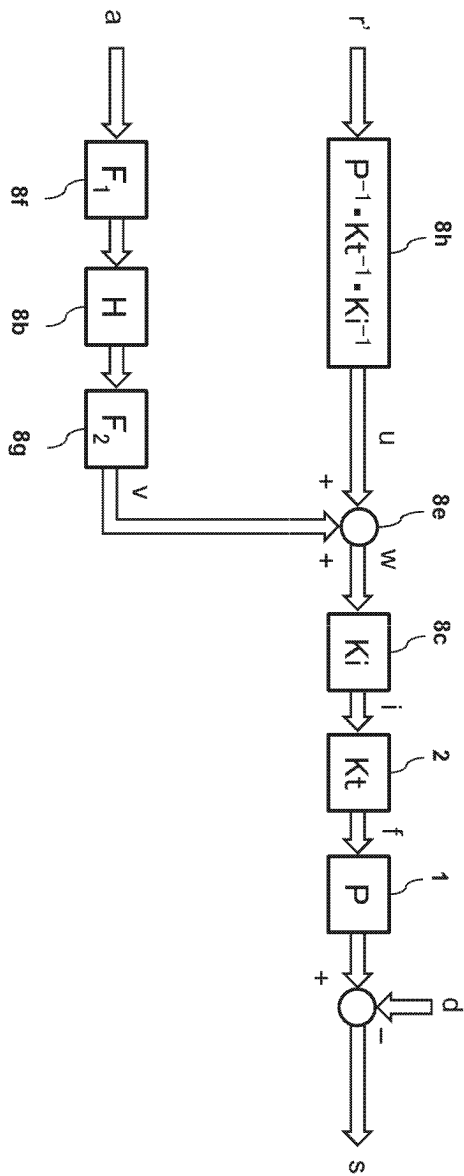
도면4



도면5



도면6



도면7

