



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월29일
(11) 등록번호 10-1862053
(24) 등록일자 2018년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
H01L 21/683 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/0274 (2013.01)
H01L 21/683 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0083121
(22) 출원일자 2015년06월12일
심사청구일자 2016년06월10일
(65) 공개번호 10-2015-0144705
(43) 공개일자 2015년12월28일
(30) 우선권주장
JP-P-2014-124684 2014년06월17일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
US20060170888 A1*
KR1020110108756 A*
US20090014932 A1
JP2009141283 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고
(72) 발명자
마루야마 사토시
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방
2고 캐논 가부시끼가이샤 나이
히라타 미츠오
일본국 토치기켄 우츠노미야시 요토 7-1-2 우츠노
미야 유니버시티
(74) 대리인
권태복

전체 청구항 수 : 총 15 항

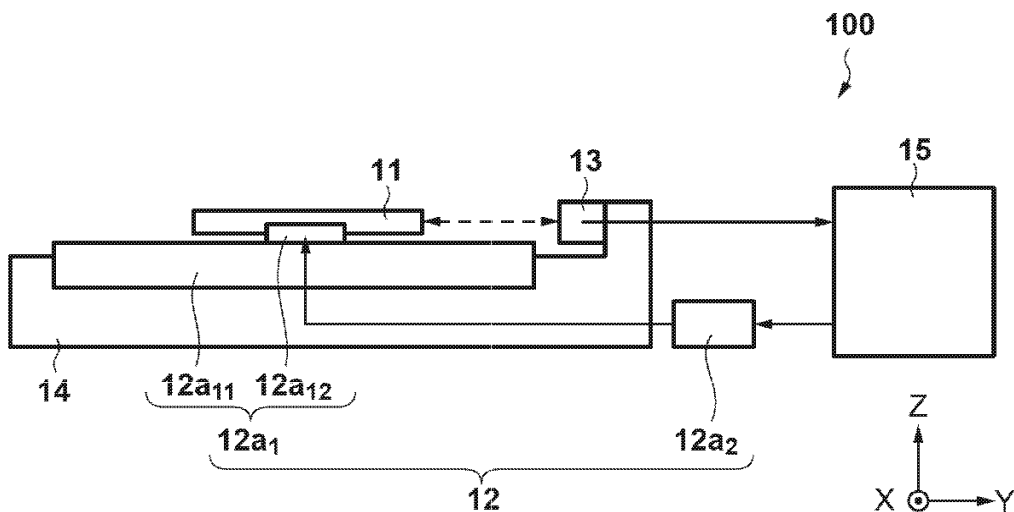
심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 스테이지 장치, 리소그래피 장치, 물품의 제조방법, 및 결정방법

(57) 요약

본 발명은 이동가능한 스테이지를 포함하는 스테이지 장치를 제공하고, 상기 스테이지 장치는 상기 스테이지에 추력을 제공하는 것에 의해 상기 스테이지를 구동하도록 구성된 구동부와, 상기 스테이지의 위치를 계측하도록 구성된 계측부와, 상기 스테이지의 현재 위치와 목표위치와의 편차를 저장하기 위한 제1 신호와, 상기 추력에 포함되는 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동을 저장하기 위한 제2 신호로 구성된 신호를 상기 구동부에 공급함으로써 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 구비한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 22/12 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

이동가능한 스테이지를 포함하는 스테이지 장치로서,

상기 스테이지에 추력을 제공하는 것에 의해 상기 스테이지를 구동하도록 구성된 구동부와,

상기 스테이지의 위치를 계측하도록 구성된 계측부와,

상기 스테이지의 현재 위치와 목표 위치 사이의 편차를 저감하기 위한 제 1 신호와 상기 추력에 포함된 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동을 저감하기 위한 제 2 신호를 생성하고, 상기 제 1 신호와 상기 제 2 신호를 포함하는 제 1 합성 신호를 상기 구동부에 공급함으로써 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 포함하고,

상기 제어부는, 생성 처리를 수행함으로써 상기 제 2 신호를 생성하고,

상기 생성 처리는,

상기 제 2 신호를 대신하여 복수의 임의신호를 준비하고,

상기 제 1 신호와 상기 복수의 임의신호 중 하나를 합성하는 신호를 공급함으로써 상기 스테이지를 구동할 때의 상기 스테이지의 위치에 관한 정보를 상기 계측부에 의한 계측 결과에 의거하여 취득하고, 상기 정보는 상기 복수의 임의신호들 각각에 대해 취득되고,

상기 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동이 허용 범위 내에 있도록 상기 복수의 임의신호 각각에 대해 취득된 상기 정보에 의거하여 상기 제 2 신호를 결정하고,

상기 복수의 임의신호 각각의 진폭 또는 위상 또는 진폭 및 위상이 서로 다른, 스테이지 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 정보는, 상기 스테이지가 등속으로 이동하는 기간에 있어서의 상기 스테이지의 위치에 관한 정보를 포함하고,

상기 제어부는, 상기 기간에 있어서의 상기 스테이지의 위치에 관한 상기 정보에 의거하여 상기 제2 신호를 결정하는, 스테이지 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 정보는, 상기 스테이지가 등속으로 이동하고 상기 스테이지의 진동이 일정한 기간에 있어서의 상기 스테이지의 위치에 관한 정보를 포함하고,

상기 제어부는, 상기 기간에 있어서의 상기 스테이지의 위치에 관한 상기 정보에 의거하여 상기 제2 신호를 결정하는, 스테이지 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 복수의 임의신호의 각각에 대해 취득된 상기 정보에 의거하여 상기 제2 신호를 입력으로 하고 상기 스테이지의 위치를 출력으로 하는 전달 함수를 설정하고,

상기 전달 함수를 이용해서 추정된 스테이지의 위치와 상기 목표 위치와의 차이가 감소하도록 상기 제 2 신호를 결정하는, 스테이지 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 전달함수를 이용해서 취득한 상기 스테이지의 진동이 상기 전달함수를 이용하지 않고 취득한 상기 스테이지의 진동보다 낮도록 상기 제2 신호를 결정하는, 스테이지 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동이 허용범위 내에 있도록 상기 제2 신호의 진폭 및 위상을 취득하는 것에 의해 상기 제2 신호를 결정하는, 스테이지 장치.

청구항 7

기관 상에 패턴을 형성하는 리소그래피 장치로서,

청구항 1에 따른 스테이지 장치를 구비하는, 리소그래피 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제어부는, 복수의 기관 상에 패턴을 각각 형성하기 위한 복수의 처리 사이의 기간에 있어서 상기 스테이지가 이동하는 동안 상기 정보를 취득하는, 리소그래피 장치.

청구항 9

물품을 제조하는 방법으로서,

리소그래피 장치를 이용해서 기관 위에 패턴을 형성하는 단계와, 상기 패턴이 형성된 기관을 가공해서 상기 물품으로 제조하는 단계를 포함하고,

상기 물품은 반도체 디바이스를 포함하고,

상기 리소그래피 장치는 상기 기관 위에 패턴을 형성하고, 스테이지 장치를 포함하며,

상기 스테이지 장치는,

이동가능한 스테이지와,

상기 스테이지에 추력을 제공하는 것에 의해 상기 스테이지를 구동하도록 구성된 구동부와,

상기 스테이지의 위치를 측정하도록 구성된 측정부와,

상기 스테이지의 현재 위치와 목표 위치 사이의 편차를 저감하기 위한 제 1 신호와 상기 추력에 포함된 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동을 저감하기 위한 제 2 신호를 생성하고, 상기 제 1 신호와 상기 제 2 신호를 포함하는 제 1 합성 신호를 상기 구동부에 공급함으로써 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성된 제어부를

포함하고,

상기 제어부는, 생성 처리를 수행함으로써 상기 제 2 신호를 생성하고,

상기 생성 처리는,

상기 제 2 신호를 대신하여 복수의 임의신호를 준비하고,

상기 제 1 신호와 상기 복수의 임의신호 중 하나를 합성하는 신호를 공급함으로써 상기 스테이지를 구동할 때의 상기 스테이지의 위치에 관한 정보를 상기 계측부에 의한 계측 결과에 의거하여 취득하고, 상기 정보는 상기 복수의 임의신호들 각각에 대해 취득되고,

상기 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동이 허용 범위 내에 있도록 상기 복수의 임의신호 각각에 대해 취득된 상기 정보에 의거하여 상기 제 2 신호를 결정하고,

상기 복수의 임의신호 각각의 진폭 또는 위상 또는 진폭 및 위상이 서로 다른, 물품의 제조 방법.

청구항 10

이동가능한 스테이지와, 상기 스테이지의 위치를 계측하도록 구성된 계측부와, 상기 스테이지에 추력을 제공하는 것에 의해 상기 스테이지를 구동하도록 구성된 구동부를 포함하고, 상기 스테이지의 현재 위치와 목표위치와의 편차를 저장하기 위한 제1 신호와, 상기 추력에 포함되는 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동을 저장하기 위한 제2 신호를 포함하는 제 1 합성 신호를 상기 구동부에 공급함으로써 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성되는 스테이지 장치에 있어서 상기 제2 신호를 결정하는 결정 방법으로서,

상기 제 2 신호를 대신하여 복수의 임의신호를 준비하는 단계와,

상기 제 1 신호와 상기 복수의 임의신호 중 하나를 합성하는 신호를 공급함으로써 상기 스테이지를 구동할 때의 상기 스테이지의 위치에 관한 정보 -상기 정보는 상기 복수의 임의신호들 각각에 대해 취득되고- 를 상기 계측부에 의한 계측 결과에 의거하여 취득하는 단계와,

상기 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동이 허용 범위 내에 있도록 상기 복수의 임의신호들 각각에 대해 취득된 상기 정보에 의거하여 상기 제 2 신호를 결정하는 단계를 포함하고,

상기 복수의 임의신호 각각의 진폭 또는 위상 또는 진폭 및 위상이 서로 다른, 결정 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 계측부는, 상기 구동부에 의한 상기 스테이지의 구동 방향으로 상기 스테이지의 위치를 계측하도록 구성되고,

상기 제어부는, 상기 생성 처리에서 상기 구동 방향으로 상기 스테이지의 위치에 관한 상기 정보를 취득하는, 스테이지 장치.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 생성 처리에서는, 상기 제 1 신호와 상기 복수의 임의신호 중 하나를 합성하는 신호에 의해 상기 스테이지를 구동할 때의 상기 스테이지의 진동이 상기 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동 보다 커지도록 각각의 상기 복수의 임의신호가 준비되는, 스테이지 장치.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 생성 처리에서는, 상기 제 1 신호와 상기 복수의 임의신호 중 하나를 합성하는 신호에 의해 상기 스테이지를 구동할 때의 상기 스테이지의 진동이 상기 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동에 대하여 2 내지 5배가 되도록 각각의 상기 복수의 임의신호가 준비되는, 스테이지 장치.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 생성 처리에서 준비해야 할 상기 복수의 임의신호의 수가 상기 제 2 신호에서 결정해야 할 파라미터의 종류의 수 보다 1개 많은, 스테이지 장치.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 신호 및 상기 복수의 임의신호는 정현파 신호로서 각각 발생되는, 스테이지 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 스테이지 장치, 리소그래피 장치, 물품의 제조방법, 및 결정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 반도체 디바이스 등의 제조에 있어서 사용되는 리소그래피 장치에서는, 기판이나 마스크를 홀드하는 스테이지를 고정밀하게 위치 결정하는 것이 요구되고 있다. 리소그래피 장치에서는, 일반적으로, 스테이지에 추력을 제공하는 것에 의해 스테이지를 구동하는 구동부가 설치되고, 스테이지의 현재 위치와 목표위치와의 편차를 저장하기 위한 신호(제1 신호)를 구동부에 공급함으로써 스테이지의 위치가 제어된다.

[0004] 이렇게 구성된 리소그래피 장치에서는, 구동부가 스테이지에 제공하는 추력에 리플(ripple)(추력 리플)이 포함되기 때문에, 해당 추력 리플에 의해 스테이지가 진동하는 것이 알려져 있다. 일본국 공개특허공보 특개 2001-175332호 및 일본국 공개특허공보 특개 2003-88159호에는, 추력 리플에 기인한 스테이지의 진동을 저장하기 위한 신호(제2 신호)를 제1 신호와 함께 구동부에 공급하여, 스테이지의 위치를 제어하는 방법이 제안되어 있다. 일본국 공개특허공보 특개 2001-175332호에는, 구동부(예를 들면, 리니어 모터)의 설계 데이터를 사용한 모델식에 근거해서 추력 리플을 취득하고, 취득한 추력 리플을 상쇄시키도록 제2 신호를 결정하는 방법이 기재되어 있다. 또한, 일본국 공개특허공보 특개 2003-88159호에는, 추력 리플의 주파수가 구동부에 포함되는 모터의 전기 각 주파수의 정수배인 것에 착안해서 제2 신호를 결정하는 방법이 기재되어 있다.

[0005] 일본국 공개특허공보 특개 2001-175332호에 기재된 방법과 같이, 구동부의 설계 데이터를 사용한 모델식에 근거해서 취득된 추력 리플에만 의거하여 제2 신호를 결정하면 추력 리플에 의한 스테이지의 진동을 충분히 저장할 수 없다. 또한, 일본국 공개특허공보 특개 2003-88159호에는, 추력 리플에 의한 스테이지의 진동이 저장되도록 제2 신호의 진폭 및 위상을 결정하는 것에 관해서는 기재되어 있지 않다.

발명의 내용

[0007] 본 발명은, 예를 들면 스테이지를 고정밀하게 위치 결정하는 데에 유리한 기술을 제공한다.

[0008] 본 발명의 일 국면에 의하면, 이동가능한 스테이지를 포함하는 스테이지 장치가 제공되고, 상기 스테이지 장치는 상기 스테이지에 추력을 제공하는 것에 의해 상기 스테이지를 구동하도록 구성된 구동부와, 상기 스테이지의 위치를 계측하도록 구성된 계측부와, 상기 스테이지의 현재 위치와 목표위치와의 편차를 저장하기 위한 제1 신호와, 상기 추력에 포함되는 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동을 저장하기 위한 제2 신호로 구성된 신호를 상기 구동부에 공급함으로써 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성된 제어부를 포함하고, 상기 제어부는, 진폭 및 위상 중의 적어도 한 개가 서로 다른 복수의 신호를 상기 제2 신호 대신에 사용했을 때의 상기 스테이

지의 응답에 관한 복수의 정보를 상기 계측부에 의한 계측 결과에 의거하여 취득하고, 상기 추력 리플에 의한 상기 스테이지의 진동의 진폭이 허용범위 내에 있도록 상기 복수의 정보에 의거하여 상기 제2 신호를 결정한다.

[0009] 본 발명의 추가 특징들은 첨부도면을 참조하면서 이하의 예시적인 실시예의 설명으로부터 밝혀질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은, 제1 실시예의 스테이지 장치를 도시한 개략도다.
- 도 2는, 제1 실시예에 있어서의 제어 시스템을 나타내는 블록선도다.
- 도 3은, 제2 신호를 생성하는 방법을 나타내는 플로차트다.
- 도 4는, 제1 실시예에 있어서의 제어 시스템을 나타내는 블록선도다.
- 도 5는, 스테이지를 구동시키고 있는 동안에 있어서의 스테이지의 위치와 목표위치와의 편차를 도시한 도면이다.
- 도 6은, 제2 신호를 구동부에 공급했을 경우와 제2 신호를 공급하지 않을 경우에 있어서의 스테이지의 진동의 실험 결과를 도시한 도면이다.
- 도 7은, 제2 실시예의 스테이지 장치를 도시한 개략도다.
- 도 8은, 제2 실시예에 있어서의 제어 시스템을 나타내는 블록선도다.
- 도 9는, 제2 실시예에 있어서의 제어 시스템을 나타내는 블록선도다.
- 도 10은, 스테이지 장치를 적용한 노광 장치를 도시한 개략도다.
- 도 11a 및 11b는, 노광 장치가 복수의 기관의 각각을 노광하는 공정을 나타내는 플로차트다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 발명의 예시적인 실시예에 대해서 첨부도면을 참조하여 설명한다. 동일한 참조번호는 도면 전반에 걸쳐 같은 구성소자를 나타내므로, 그것의 반복적인 설명은 생략한다.

[0013] <제1 실시예>

[0014] 본 발명의 제1 실시예에 따른 스테이지 장치(100)에 대해서, 도 1을 참조하면서 설명한다. 도 1은, 제1 실시예의 스테이지 장치(100)를 도시한 개략도다. 제1 실시예의 스테이지 장치(100)는, 이동가능한 스테이지(11)와, 스테이지(11)를 구동하는 구동부(12)와, 스테이지(11)의 위치를 계측하는 계측부(13)와, 제어부(15)를 포함할 수 있다. 제어부(15)는, 예를 들면 CPU, 메모리 등을 포함하고, 스테이지 장치(100)의 각 부를 제어한다. 여기에서, 제1 실시예에서는, 설명을 간단하게 하기 위해서, Y방향에 있어서의 스테이지(11)의 위치를 제어하는 방법에 관하여 설명하지만, X방향에 있어서도 동일한 구성을 이용해서 스테이지(11)의 위치를 제어할 수 있다.

[0015] 구동부(12)는, 스테이지(11)에 추력을 제공하는 것에 의해 스테이지(11)를 구동한다. 제1 실시예에서는, 구동부(12)는, 고정자(12a₁₁) 및 가동자(12a₁₂)를 갖는 리니어 모터(12a₁)와, 제어부(15)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(12a₁)(예를 들면, 가동자 12a₁₂)에 전류를 공급하는 드라이버(12a₂)를 포함할 수 있다. 리니어 모터(12a₁)의 고정자(12a₁₁)는 정반(14)에 고정되고, 가동자(12a₁₂)는 스테이지(11)에 고정되어 있다. 또한, 드라이버(12a₂)는, 제어부(15)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(12a₁)에 전류를 공급함으로써, 스테이지(11)를 Y방향으로 구동할 수 있다. 여기에서, 스테이지(11)의 위치는, 정반(14)에 설치된 계측부(13)에 의해 계측될 수 있다. 계측부(13)는, 예를 들면 레이저 간섭계를 포함하고, 스테이지(11)의 측면에 설치된 미러(도면에 나타내지 않는다)에 레이저광을 조사하고, 미러에 의해서 반사된 레이저광을 사용해서 스테이지(11)의 기준위치부터의 변위를 취득하고, 그 변위에 근거해 스테이지(11)의 현재 위치를 취득할 수 있다. 또한, 제어부(15)는, 계측부(13)에 의해 계측된 스테이지(11)의 현재 위치와 목표위치와의 편차가 0에 근접하도록 구동부(12)를 제어함으로써 스테이지(11)의 위치 결정을 행한다.

[0016] 도 2는, 제1 실시예에 있어서의 제어 시스템을 나타내는 블록선도다. 도 2에 있어서, 제어부(15)는, 제1 공급기(15a), 감산기(15b), 보상기(15c), 가산기(15d), 생성기(15e) 및 제2 공급기(15f)를 포함한다. 제1 공급기(15a)는, 스테이지(11)의 목표위치 REF에 관한 지령값을 감산기(15b)에 공급한다. 감산기(15b)는, 제1 공급기

(15a)로부터 공급된 지령값에 의거하여, 계측부(13)에 의해 계측된 스테이지(11)의 현재 위치 POS와 목표위치 REF와의 편차 ERR를 산출한다. 보상기(15c)는, 예를 들면 PID 보상기이며, 감산기(15b)에 의해 산출된 편차 ERR를 저감하기 위한 신호(제1 신호)를 생성한다. 보상기(15c)는, 감산기(15b)에 의해 산출된 편차 ERR가 0에 근접하도록 제1 신호를 생성하면 된다. 보상기(15c)에 의해 생성된 제1 신호는, 구동부(12)의 드라이버(12a₂)에 공급된다. 드라이버(12a₂)는, 공급된 신호에 따라 리니어 모터(12a₁)에 전류를 공급한다. 이러한 제어에 의해, 스테이지 장치(100)는, 스테이지(11)의 현재 위치 POS와 목표위치 REF와의 편차 ERR가 0에 근접하도록 스테이지(11)의 위치 결정을 행할 수 있다.

[0017] 한편, 이렇게 구성된 스테이지 장치(100)에서는, 구동부(12)(리니어 모터12a₁)에 의해 스테이지(11)에 제공된 추력에 리플(추력 리플 d)이 포함되기 때문에, 그 추력 리플 d에 의해 스테이지(11)가 진동하는 것이 알려져 있다. 그 때문에, 제1 실시예의 제어부(15)는, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동을 저감하기 위한 신호(제2 신호)를 생성하는 생성기(15e)와, 생성기(15e)로 생성된 제2 신호를 가산기(15d)에 공급하는 제2 공급기(15f)를 포함할 수 있다. 생성기(15e)에 의해 생성된 제2 신호는, 제2 공급기(15f)에 설치되고, 제2 공급기(15f)에 의해 가산기(15d)에 공급된다. 가산기(15d)에 공급된 제2 신호는, 제1 신호에 가산되어서 구동부(12)의 드라이버(12a₂)에 공급된다. 구동부(12)의 드라이버(12a₂)는, 제1 신호와 제2 신호로 구성된 신호(합성신호 u)에 따라 리니어 모터(12a₁)에 전류를 공급한다. 이러한 제어에 의해, 스테이지 장치(100)는, 스테이지(11)의 현재 위치 POS와 목표위치 REF와의 편차 ERR가 저감되도록, 또 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동이 저감되도록 스테이지(11)의 위치 결정을 행할 수 있다. 여기에서, 제어부(15)는, 도 2에 나타나 있는 바와 같이, 제1 공급기(15a)로부터 피드포워드(feed-forward) 신호 FF를 가산기(15d)에 공급하고, 제1 신호, 제2 신호 및 피드포워드 신호 FF로 구성된 신호를 드라이버(12a₂)에 공급하도록 구성되어도 된다.

[0018] 여기에서, 제어부(15)(생성기 15e)에 있어서 제2 신호를 생성하는 방법에 대해서, 도 3을 참조하면서 설명한다. 도 3은, 제어부(15)에 있어서 제2 신호를 생성하는 방법을 나타내는 플로차트다. 스텝 S101에서는, 제어부(15)는, 제2 신호 대신에 가산기(15d)에 공급하는 임의의 신호를 결정한다. 제2 신호로서는, 예를 들면 식(1)으로 나타낸 정현파 신호 S를 사용할 수 있다. 식(1)에 있어서, A는 진폭을, α는 위상을, θ는 리니어 모터(12a₁)의 전기 각을 나타낸다. 그 때문에, 제2 신호 대신에 사용되는 임의신호로서도, 식(1)으로 나타낸 정현파 신호 S를 사용할 수 있다. 제1 실시예에서는, 임의신호의 진폭 A 및 위상 α이, 파형을 특징하는 파라미터로서 설정된다. 파라미터의 값은, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동에 대하여, 2~5배 정도의 진동이 발생하도록 설정되는 것이 바람직하다. 또한 식(1)은, 가법 정리를 사용해서 식(2)과 같이 나타낸다. 여기에서, 제1 실시예에서는, 임의신호의 진폭 A 및 위상 α의 양쪽이 파라미터로서 설정되어 있지만, 진폭 A 및 위상 α 중 적어도 1개가 파라미터로서 설정될 수 있다.

[0019]
$$S = A \sin(\theta + \alpha) \quad \dots (1)$$

[0020]
$$S = A_1 \sin \theta + A_2 \cos \theta$$

[0021]
$$A_1 = A \cos \alpha, \quad A_2 = A \sin \alpha \quad \dots (2)$$

[0022] 스텝 S102에서는, 제어부(15)는, 스텝 S101에서 결정된 임의신호와 제1 신호로 구성된 신호를 구동부(12)에 공급하여, 구동부(12)에게 스테이지(11)를 구동시키게 한다. 이때, 제어부(15)는, 계측부(13)에 의한 계측 결과에 의거해서, 임의신호를 제2 신호 대신에 사용했을 때의 스테이지(11)의 응답에 관한 정보를 취득한다. 스테이지의 응답에 관한 정보는, 예를 들면 시간에 대한 스테이지(11)의 위치를 나타내는 위치 프로파일에 관한 정보를 포함할 수 있다. 스텝 S103에서는, 제어부(15)는, 스텝 S102에서 취득한 스테이지(11)의 응답에 관한 정보를 기억한다. 또한, 제어부(15)는, 스텝 S102에 있어서 스테이지(11)를 구동시킬 때에 사용한 목표 위치 프로파일을 기억해 두면 된다. 목표 위치 프로파일은, 시간에 대한 스테이지(11)의 목표위치 REF를 나타내는 프로파일이며, 제1 공급기(15a)로부터 출력되는 지령값(목표위치 REF)의 데이터 열이다.

[0023] 스텝 S104에서는, 제어부(15)는, 스텝 S102에서 취득하고 또 스텝 S103에서 기억한 정보의 수가 규정수에 도달했는지 아닌지를 판단한다. 정보의 수가 규정수에 도달한 경우에는, 처리가 스텝 S105로 진행된다. 한편, 정보의 수가 규정수에 도달하지 않은 경우에는, 처리가 스텝 S101로 진행되고, 제어부(15)는, 임의신호의 파라미터(진폭 A 및 위상 α)의 값을 변경한다. 또한, 제어부(15)는, 파라미터의 값을 변경한 임의신호를 제2 신호 대신에 사용했을 때의 스테이지(11)의 응답에 관한 정보를 새롭게 취득하고(스텝 S102), 제어부(15)는 새롭게 취득

한 정보를 기억한다(스텝 S103). 이렇게, 제어부(15)는, 파라미터의 값이 서로 다른 복수의 임의신호의 각각을 제2 신호 대신에 구동부(12)에 공급함으로써, 스테이지(11)의 위치 프로파일에 관한 복수의 정보를 취득할 수 있다. 여기에서, 임의신호를 사용해서 스테이지(11)를 구동함으로써 취득되는 정보의 수는, 제2 신호에서 결정해야 할 파라미터의 종류의 수보다 많은 것이 바람직하다. 그 때문에, 제어부(15)는, 규정수를, 제2 신호에서 결정해야 할 파라미터의 종류의 수보다 1개 많은 수로 설정하면 된다. 예를 들면, 식(1)으로 나타낸 제2 신호에서는, 결정해야 할 파라미터는 진폭 A 및 위상 α이기 때문에, 파라미터의 종류의 수는 "2"이다. 이 경우, 제어부(15)는, 규정수를 "3"로 설정하면 된다.

[0024] 스텝 S105에서는, 제어부(15)는, 스텝 S101~S103을 반복함으로써 취득된 복수의 정보에 의거하여, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동의 진폭이 허용범위 내에 있도록 제2 신호를 결정한다. 스텝 S106에서는, 제어부(15)는, 스텝 S105에서 결정한 제2 신호를 제2 공급기(15f)에 설정한다.

[0025] 다음에, 스텝 S105에서 제2 신호를 결정하는 방법에 관하여 설명한다. 이하의 설명에서는, 정식화를 위해서, 도 2에 나타낸 블록선도를, 도 4에 나타낸 블록선도로 교체해서 설명한다. 도 2에 나타낸 블록선도에 있어서의 추력 리플 d는, 도 4에 나타낸 블록선도에서는, 정식화를 위해서 등가 변환되어, 가산기(15d) 뒤에 추력 리플의 데이터 열 D로서 기재되어 있다. 또한, 도 2에 나타낸 피드포워드 신호 FF는, 제2 신호를 결정하는 데에 필요하지 않기 때문에, 도 4에 나타낸 블록선도에서는 피드포워드 신호 FF가 도시되어 있지 않다. 이때, 제1 실시예에 있어서의 스테이지 장치(100)가 선형 시불변 시스템(LTI 시스템)이라고 가정하면, 도 4에 나타낸 블록선도에서는 식(3)이 성립한다.

[0026]
$$Y = GU + GD$$

$$Y = \begin{bmatrix} \text{POS}[0] \\ \text{POS}[1] \\ \vdots \\ \text{POS}[N-1] \end{bmatrix}, \quad U = \begin{bmatrix} u[0] \\ u[1] \\ \vdots \\ u[N-1] \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} g_0 & 0 & 0 & 0 \\ g_1 & g_0 & 0 & 0 \\ g_2 & g_1 & g_0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \dots (3)$$

[0027] 식(3)에 있어서, Y는, 스테이지(11)의 위치의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타내고, U는, 제1 신호와 제2 신호로 구성된 합성신호 u의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다. 또한, D는, 추력 리플 d를 가산기(15d)의 위치에 가산하도록 등가 변환된 신호의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다. G는, 데이터 열 U 및 데이터 열 D를 입력으로 하고, 데이터 열 Y를 출력으로 하는 함수(예를 들면, 전달함수)를 나타내고, 식(3)이 성립하도록 정의된다. 여기에서, 합성신호 u의 데이터 열 U는, 식(4)에 의해 나타낼 수 있다. 식(4)에 있어서, U_d는, 제1 신호의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다. 또한, U_{sin}은, 제2 신호를 나타내는 식(2)의 제1항의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타내고, U_{cos}는, 제2 신호를 나타내는 식(2)의 제2항의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다.

[0029]
$$U = A_1 U_{\sin} + A_2 U_{\cos} + U_d \dots (4)$$

[0030] 식(3) 및 식(4)에 의해, 스테이지(11)의 위치의 데이터 열 Y는 식(5)으로 나타낸다. 또한, 파라미터 A₁ 및 A₂에 대해서 식(5)을 요약하면, 데이터 열 Y는 식(6)으로 나타낸다.

[0031]
$$Y = G(A_1 U_{\sin}) + G(A_2 U_{\cos}) + GU_d + GD \dots (5)$$

$$Y = [GU_{\sin} \quad GU_{\cos} \quad GU_d + GD] \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ 1 \end{bmatrix} \dots (6)$$

[0032] 상기의 스텝 S101~S103의 공정을 i번째 실행했을 때의 파라미터를 A_{i1} 및 A_{i2}라고 하고, 그때 취득된 정보(위치 프로파일)에 있어서의 스테이지(11)의 위치의 데이터 열을 Y_i라고 하면, 데이터 열 Y_i는 식(7)으로 나타낼 수 있다. 따라서, 스텝 S101~S103의 공정을 n회 실행함으로써 취득된 n개의 정보에 있어서의 데이터 열 Y_i를 요약하면, 식(8)을 얻을 수 있다. 식(8)에 있어서, Y_{ex}는, n개의 정보에 의해 취득된 스테이지(11)의 위치의 데이터 열 Y_i의 행렬을 나타내고, X는, n개의 정보를 취득할 때에 사용되는 파라미터 A_{i1} 및 A_{i2}의 행렬을 나타낸다.

$$Y_i = \begin{bmatrix} GU_{\sin} & GU_{\cos} & GU_d + GD \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{i1} \\ A_{i2} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n \quad \dots (7)$$

$$Y_{ex} = \Sigma X$$

$$Y_{ex} = \begin{bmatrix} Y_1 & Y_2 & \dots & Y_n \end{bmatrix}$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} GU_{\sin} & GU_{\cos} & GU_d + GD \end{bmatrix}$$

$$X = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & \dots & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & \dots & A_{n2} \\ 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

여기에서, 식(8)은, 행렬에 의한 선형 방정식이기 때문에, X의 의사 역행렬을 $X^T(XX^T)^{-1}$ 로 함으로써 Σ 을 결정할 수 있다. 스텝 S101~S103의 공정에서 사용되는 파라미터는, XX^T 가 풀 랭크(full rank)가 되는 것으로 식(9)이 성립하기 때문에, X가 풀 행 랭크(full row rank)가 되도록 설정되는 것이 바람직하다. 이렇게 복수의 정보를 이용해서 결정된 Σ 은, 제2 신호를 입력으로 하고 스테이지의 위치를 출력으로 하는 함수이며, 식(8)에 있어서 $\Sigma = [GU_{\sin} \ GU_{\cos} \ GU_d + GD]$ 로 정의되어 있는 것으로 식(10)을 얻을 수 있다. 식(10)에 있어서, Y_{th} 는, 제2 신호의 파라미터 A_1 및 A_2 로서 A_{th1} 및 A_{th2} 을 설정했을 때에 추정되는 스테이지(11)의 위치(스테이지(11)의 추정 위치)의 데이터 열을 나타낸다.

$$\Sigma = Y_{ex} X^T (XX^T)^{-1} \quad \dots (9)$$

$$Y_{th} = \Sigma \begin{bmatrix} A_{th1} \\ A_{th2} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (10)$$

스텝 S102에 있어서, 스테이지(11)를 구동시킬 때에 사용한 목표위치 REF의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 Y_{ref} 라고 하면, 데이터 열 Y_{ref} 는 식(11)으로 나타낸다. 이에 따라, 데이터 열 Y_{th} 와 데이터 열 Y_{ref} 와의 차 Y_{err} 가 식(12)으로 나타낸다. 식(10)에 따라 데이터 열 Y_{th} 가 파라미터 A_{th1} 및 A_{th2} 의 함수인 것에 의해, 차 Y_{err} 도 파라미터 A_{th1} 및 A_{th2} 의 함수다. 다시 말해, 차 Y_{err} 는 식(13)으로 나타낸다.

$$Y_{ref} = \begin{bmatrix} REF[0] \\ REF[1] \\ \vdots \\ REF[N-1] \end{bmatrix} \quad \dots (11)$$

$$Y_{err} = Y_{ref} - Y_{th} \quad \dots (12)$$

$$Y_{err}(A_{th1}, A_{th2}) = Y_{ref} - \Sigma \begin{bmatrix} A_{th1} \\ A_{th2} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (13)$$

여기에서, 데이터 열 Y_{th} 는, 상술한 바와 같이, 스테이지(11)의 추정 위치의 데이터 열을 나타내고, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동이 포함된다. 한편, 데이터 열 Y_{ref} 는, 스테이지(11)의 목표위치의 데이터 열을 나타내고, 추력 리플에 기인한 스테이지(11)의 진동이 포함되지 않는다. 즉, 차 Y_{err} 는, 추력 리플에 의한 스테이지

(11)의 진동을 나타낸다. 그 때문에, 제어부(15)는, 이 차 Y_{err} 가 허용범위 내에 있도록 파라미터 A_{th1} 및 A_{th2} 을 취득하는 것에 의해, 스테이지(11)의 진동의 진폭이 허용범위 내에 있도록 제2 신호를 결정할 수 있다. 특히, 제어부(15)는, 차 Y_{err} 가 감소하도록(예를 들면, 최소가 되도록) 파라미터 A_{th1} 및 A_{th2} 을 취득하는 것이 바람직하다.

[0048] 식(13)에 나타난 것과 같은 다변수 함수에 대해서, 평가함수(목적함수)를 최소화하는 문제는, 일반적으로, 최적화 문제라고 칭하고, 최소 제곱법, Nelder와 Mead에 의해 제안된 활강 심플렉스법(downhill simplex method) 등을 이용해서 해결될 수 있다. 심플렉스법은, 수치 해석 소프트웨어로 알려져 있는 MATLAB 내에 fminsearch 코멘드와 같은 형태로 포함되어 있으므로, 그러한 툴을 이용하여 해(solution)를 찾을 수 있다. 예를 들면, 평가함수를 식(14)으로 나타냈을 경우, 차 Y_{err} 를 최소화하는 파라미터(A_{th1} 및 A_{th2})의 해(A_{opt1} 및 A_{opt2})는, 최소 제곱법을 사용함으로써 식(15)과 같이 취득될 수 있다. 또한, 평가함수를 식(16)과 같이 나타내서 진폭의 절대값을 최소화하는 경우나, 평가함수를 식(17)과 같이 나타내서 진폭의 최대값과 최소값과의 차를 최소화하는 경우에는, 심플렉스법에 의해 해를 얻을 수도 있다. 또한, 스테이지(11)의 위치와 목표위치와의 편차의 값을 주파수 해석하여, 추력 리플에 해당하는 주파수 스펙트럼을 최소화하도록 평가함수를 나타내도 된다.

[0049]
$$J = \| Y_{err}(A_{th1}, A_{th2}) \| \quad \dots (14)$$

[0050]
$$\begin{bmatrix} A_{opt1} \\ A_{opt2} \\ 1 \end{bmatrix} = \Sigma^T (\Sigma \Sigma^T)^{-1} Y_{ref} \quad \dots (15)$$

[0051]
$$J = \max | Y_{err}(A_{th1}, A_{th2}) | \quad \dots (16)$$

[0052]
$$J = \max \{ Y_{err}(A_{th1}, A_{th2}) \} - \min \{ Y_{err}(A_{th1}, A_{th2}) \} \quad \dots (17)$$

[0053] 여기에서, 스테이지(11)를 가속하고 있는 기간 및 스테이지(11)를 감속하고 있는 기간에서는, 추력 리플 이외의 외란에 의해 스테이지(11)가 진동하는 경우도 있다. 도 5는, 스테이지(11)를 구동시켜 있는 동안에 있어서의 스테이지(11)의 위치와 목표위치와의 편차 ERR를 도시한 도면이다. 도 5에 있어서의 종축은 스테이지(11)의 위치와 목표위치와의 편차 ERR를 나타내고, 횡축은 시간을 나타낸다. 도 5에 나타나 있는 바와 같이, 스테이지(11)를 가속하고 있는 기간 및 스테이지(11)를 감속하고 있는 기간에서는, 스테이지(11)를 등속으로 이동시키고 있는 기간에 비하여, 편차 ERR가 크다는 것을 알 수 있다. 그 때문에, 제2 신호를 결정하기 위해서 사용된 각 정보의 위치 프로파일, 이렇게 편차 ERR가 커지는 기간이 포함되어버리면, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동을 저감하기 위한 제2 신호를 정밀하게 결정하는 것이 곤란해질 수 있다. 따라서, 제어부(15)는, 스텝 S101~S103의 공정에 있어서, 스테이지(11)가 등속으로 이동하고 있는 기간에 있어서의 스테이지(11)의 위치 프로파일이 각 정보에 포함되도록 스테이지의 위치를 제어해도 된다. 이 경우, 제어부(15)는, 스테이지(11)가 등속으로 이동하고 있는 기간에 있어서의 스테이지(11)의 위치 프로파일을 이용해서 제2 신호를 결정해도 된다.

[0054] 또한, 스테이지(11)를 등속으로 이동시키고 있는 기간에서도, 스테이지(11)의 가속을 종료한 직후에는, 스테이지(11)의 진동이 안정적인(일정한) 기간에 비해서 편차 ERR가 크다. 따라서, 제어부(15)는, 스텝 S101~S103의 공정에 있어서, 스테이지(11)가 등속으로 이동하고 또 스테이지(11)의 진동이 일정하게 되어 있는 기간에 있어서의 스테이지(11)의 위치 프로파일이 각 정보에 포함되도록 스테이지의 위치를 제어하면 된다. 이 경우, 제어부(15)는, 스테이지(11)가 등속으로 이동하고 또 스테이지(11)의 진동이 일정하게 되어 있는 기간에 있어서의 스테이지(11)의 위치 프로파일을 이용해서 제2 신호를 결정하면 된다.

[0055] 예를 들면, 도 5에 나타나 있는 바와 같이, 시간 $t_1 \sim t_2$ 의 기간에 있어서 스테이지(11)의 진동이 일정하게 되어 있다고 하면, 제어부(15)는, 시간 $t_1 \sim t_2$ 의 기간에 있어서의 스테이지(11)의 위치 프로파일이 포함되도록 각 정보를 취득한다. 그리고, 제어부(15)는, 각 정보를 이용해서 스텝 S104의 공정을 수행함으로써 제2 신호를 결정하면 된다. 이때, 식(3)으로 나타난 데이터 열 Y_i , 및 식(11)으로 나타난 데이터 열 Y_{ref} 는, 식(18)으로 각각 나타낼 수 있다. 이에 따라, 제어부(15)는, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동을 저감하기 위한 제2 신호를 정밀하게 결정할 수 있다.

$$Y_i = \begin{bmatrix} \text{POS}[t_1] \\ \text{POS}[t_1 + \Delta] \\ \vdots \\ \text{POS}[t_2] \end{bmatrix}, Y_{ref} = \begin{bmatrix} \text{REF}[t_1] \\ \text{REF}[t_1 + \Delta] \\ \vdots \\ \text{REF}[t_2] \end{bmatrix} \dots (18)$$

또한, 추력 리플은 복수의 주파수 성분을 포함하는 경우가 있다. 이 경우, 스텝 S101~S103의 공정에 있어서 제 2 신호 대신에 사용되는 임의신호로서, 식(19)으로 나타낸 정현파 신호 S를 사용하면 된다. 이때, 식(8)에 있어서의 X는, 식(20)으로 나타낼 수 있다.

$$S = A_1 \sin \theta + A_2 \cos \theta + A_3 \sin 2\theta + A_4 \cos 2\theta + A_5 \sin 3\theta + A_6 \cos 3\theta \dots (19)$$

$$X = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} & \dots & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & A_{32} & \dots & A_{n2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{1x} & A_{2x} & A_{3x} & \dots & A_{nx} \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \dots (20)$$

이렇게 스텝 S104에서 결정한 제2 신호를 제2 공급기(15f)에 설정함으로써, 구동부(12)(드라이버 12a₂)에는, 스텝 S104에서 결정한 제2 신호와 제1 신호로 구성된 합성신호 u가 공급된다. 이에 따라, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동의 진폭을 허용범위 내로 할 수 있다. 다시 말해, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동을 억제할 수 있다. 도 6은, 스텝 S104에서 결정한 제2 신호를 구동부(12)에 공급했을 경우와 제2 신호를 공급하지 않을 경우에 있어서의 스테이지(11)의 진동의 실험 결과를 도시한 도면이다. 도 6에 있어서 종축은 스테이지(11)의 위치와 목표위치와의 편차 ERR를 나타내고, 횡축은 시간을 나타낸다. 또한, 도 6에 있어서, 실선은, 스텝 S104에서 결정한 제2 신호를 구동부(12)에 공급했을 경우에 있어서의 스테이지(11)의 진동을 나타내고, 파선은, 해당 제2 신호를 구동부(12)에 공급하지 않을 경우에 있어서의 스테이지(11)의 진동을 나타낸다. 도 6에 나타나 있는 바와 같이, 스텝 S104에서 결정한 제2 신호를 구동부(12)에 공급함으로써, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동이 억제되어 있다는 것을 알 수 있다.

상기한 바와 같이, 제1 실시예의 스테이지 장치(100)에서는, 제어부(15)는, 복수의 임의신호의 각각을 제2 신호 대신에 사용했을 때의 스테이지(11)의 응답을 나타내는 복수의 정보를 취득한다. 그리고, 제어부(15)는, 취득한 복수의 정보에 의거하여 스테이지(11)의 진동의 진폭이 허용범위에 수습되도록, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동을 저감하기 위한 제2 신호를 결정한다. 이렇게 결정한 제2 신호를 사용함으로써, 제1 실시예의 스테이지 장치(100)는, 추력 리플에 의한 스테이지(11)의 진동을 저감할 수 있다.

<제2 실시예>

본 발명의 제2 실시예에 따른 스테이지 장치(200)에 대해서, 도 7을 참조하면서 설명한다. 도 7은, 제2 실시예의 스테이지 장치(200)를 도시한 개략도다. 제2 실시예의 스테이지 장치(200)는, Y방향에 있어서의 스테이지의 위치뿐만 아니라, θ 방향(Z축 주변의 회전 방향)에 있어서의 스테이지의 위치(회전)도 제어하도록 구성되어 있다. 제2 실시예의 스테이지 장치(200)는, 정반(24) 위를 이동가능한 스테이지(21)와, 스테이지(21)를 구동하는 구동부(22)와, 스테이지(21)의 위치를 계측하는 계측부(23)와, 제어부(25)를 포함할 수 있다. 제어부(25)는, 제1 실시예의 제어부(15)와 마찬가지로, 예를 들면 CPU나 메모리 등을 포함하고, 스테이지 장치(200)의 각 부를 제어한다. 여기에서, 제2 실시예에서는, 설명을 간단하게 하기 위해서, Y방향 및 θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치를 제어하는 방법에 관하여 설명하지만, X방향에 있어서도 같은 방법으로 스테이지(21)의 위치를 제어할 수 있다.

구동부(22)는, 스테이지(21)의 -X방향측의 부분에 추력을 제공하는 제1 구동부(22a)와, 스테이지(21)의 +X방향측의 부분에 추력을 제공하는 제2 구동부(22b)를 포함할 수 있다. 제2 실시예에서는, 제1 구동부(22a)는, 고정자(22a₁₁) 및 가동자(22a₁₂)를 갖는 리니어 모터(22a₁)와, 제어부(25)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(22a₁)(예를 들면, 가동자 22a₁₂)에 전기를 공급하는 드라이버(22a₂)를 포함할 수 있다. 리니어 모터(22a₁)의 고정자(22a₁₁)는 정반(24)에 고정되고, 가동자(22a₁₂)는 스테이지(21)에 고정되어 있다. 또한, 드라이버(22a₂)는, 제어부(25)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(22a₁)에 전류를 공급함으로써, 스테이지(21)의 -X방향측의

부분을 Y방향으로 구동할 수 있다. 또한, 제2 구동부(22b)는, 고정자(22b₁₁) 및 가동자(22b₁₂)를 갖는 리니어 모터(22b₁)와, 제어부(25)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(22b₁)(예를 들면, 가동자 22b₁₂)에 전류를 공급하는 드라이버(22b₂)를 포함할 수 있다. 리니어 모터(22b₁)의 고정자(22b₁₁)는 정반(24)에 고정되고, 가동자(22b₁₂)는 스테이지(21)에 고정되어 있다. 또한, 드라이버(22b₂)는, 제어부(25)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(22b₁)에 전류를 공급함으로써, 스테이지(21)의 +X방향측의 부분을 Y방향으로 구동할 수 있다.

[0065] Y방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치는, 정반(24)에 설치된 계측부(23)에 의해 계측될 수 있다. 계측부(23)는, 스테이지(21)의 -X방향측의 부분의 위치를 계측하는 제1 계측부(23a)와, 스테이지(21)의 +X방향측의 부분의 위치를 계측하는 제2 계측부(23b)를 포함할 수 있다. 제1 계측부(23a) 및 제2 계측부(23b)의 각각은, 예를 들면 레이저 간섭계를 포함할 수 있다. 또한, 각 계측부(23a 및 23b)는, 스테이지(21)의 측면(미러)에 레이저광을 조사하고, 해당 측면에 의해서 반사된 레이저광을 사용해서 스테이지(21)의 기준위치부터의 변위를 취득하며, 그 변위에 근거해서 스테이지(21)의 각 부분에 있어서의 현재 위치를 취득할 수 있다. 제어부(25)는, 제1 계측부(23a)에 의한 계측 결과 및 제2 계측부(23b)에 의한 계측 결과에 대하여 좌표 변환을 행함으로써, Y방향 및 θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 현재 위치를 취득할 수 있다. 또한, 제어부(25)는, 스테이지(21)의 현재 위치(Y방향 및 θ 방향)와 목표위치와의 편차가 0에 근접하도록 제1 구동부(22a) 및 제2 구동부(22b)를 제어함으로써 스테이지(21)의 위치 결정을 행한다.

[0066] 이렇게 구성된 스테이지 장치(200)에서는, 제1 구동부(22a)와 제2 구동부(22b)의 사이에서 리니어 모터나 드라이버의 특성이 다른 것에 의해, 제1 구동부(22a) 및 제2 구동부(22b)의 사이에서 추력 리플이 서로 다른 경우가 있다. 이 경우, Y방향뿐만 아니라, θ 방향에 있어서도 스테이지(21)의 진동이 생길 수 있다. 이 점에서, 제2 실시예의 스테이지 장치(200)는, 추력 리플에 의한 스테이지(21)의 진동을 저감하기 위한 제2 신호를, Y방향뿐만 아니라 θ 방향에 관해서도 생성한다.

[0067] 도 8은, 제2 실시예에 있어서의 제어 시스템을 나타내는 블록선도다. 제2 실시예에 있어서의 제어 시스템은, Y방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치를 제어하기 위한 제어 시스템뿐 아니라, θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치를 제어하기 위한 제어 시스템도 포함할 수 있다. 도 2에 있어서, 제어부(25)는, 제1 공급기(25a), 제1 감산기(25b₁), 제2 감산기(25b₂), 제1 보상기(25c₁), 제2 보상기(25c₂), 제1 가산기(25d₁), 제2 가산기(25d₂), 생성기(25e), 제2 공급기(25f) 및 처리기(25g)를 포함한다.

[0068] Y방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치를 제어하기 위한 제어 시스템에서는, 스테이지(21)의 Y방향에 있어서의 목표위치 REF에 관한 지령값이 제1 공급기(25a)로부터 제1 감산기(25b₁)에 공급된다. 제1 감산기(25b₁)는, 제1 공급기(25a)로부터 공급된 지령값에 의거하여, 스테이지(21)의 Y방향에 있어서의 현재 위치 POS와 목표위치 REF와의 편차 ERR를 산출한다. 제1 보상기(25c₁)는, 예를 들면 PID 보상기이며, 제1 감산기(25b₁)에 의해 산출된 편차 ERR를 저감하기 위한 신호(Y방향에 있어서의 제1 신호)를 생성한다. 제1 보상기(25c₁)는, 제1 감산기(25b₁)에 의해 산출된 편차 ERR가 0에 근접하도록 Y방향에 있어서의 제1 신호를 생성하면 된다. 제1 보상기(25c₁)에 의해서 생성된 Y방향에 있어서의 제1 신호는, 제1 가산기(25d₁)에 공급된다. 한편, 생성기(25e)는, 추력 리플에 의해 발생하는 Y방향에 있어서의 스테이지(21)의 진동을 저감하기 위한 신호(Y방향에 있어서의 제2 신호)를 생성한다. 생성기(25e)에 의해 생성된 Y방향에 있어서의 제2 신호는, 제2 공급기(25f)에 의해 제1 가산기(25d₁)에 공급된다. 제1 가산기(25d₁)는, Y방향에 있어서의 제1 신호와 Y방향에 있어서의 제2 신호로 구성된 합성신호 u를 처리기(25g)에 공급한다.

[0069] 또한, θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치를 제어하기 위한 제어 시스템에서는, 스테이지(21)의 θ 방향에 있어서의 목표위치 REF _{θ} 에 관한 지령 값이 제1 공급기(25a)로부터 제2 감산기(25b₂)에 공급된다. 제2 감산기(25b₂)는, 제1 공급기(25a)로부터 공급된 지령값에 의거하여, 스테이지(21)의 θ 방향에 있어서의 현재 위치 POS _{θ} 과 목표위치 REF _{θ} 과의 편차 ERR _{θ} 을 산출한다. 제2 보상기(25c₂)는, 예를 들면 PID 보상기이며, 제2 감산기(25b₂)에 의해 산출된 편차 ERR _{θ} 을 저감하기 위한 신호(θ 방향에 있어서의 제1 신호)를 생성한다. 제2 보상기(25c₂)는, 제2 감산기(25b₂)에 의해 산출된 편차 ERR _{θ} 이 0에 근접하도록 θ 방향에 있어서의 제1 신호를 생성하면 된다. 제2 보상기(25c₂)에 의해 생성된 θ 방향에 있어서의 제1 신호는, 제2 가산기(25d₂)에 공급된다. 한편, 생성기(25e)는, Y방향에 있어서의 제2 신호에 더해서, 추력 리플에 의해 생성되는 θ 방향에 있어서의 스테이지

(21)의 진동을 저감하기 위한 신호(θ 방향에 있어서의 제2 신호)도 생성한다. 생성기(25e)에 의해 생성된 θ 방향에 있어서의 제2 신호는, 제2 공급기(25f)에 의해 제2 가산기(25d₂)에 공급된다. 제2 가산기(25d₂)는, θ 방향에 있어서의 제1 신호와 제2 신호로 구성된 합성신호 u_θ 을 처리기(25g)에 공급한다.

[0070] 처리기(25g)는, 공급된 합성신호 u 및 u_θ 에 의거하여, 제1 구동부(22a)의 드라이버(22a₂)에 공급하는 신호 및 제2 구동부(22b)의 드라이버(22b₂)에 공급하는 신호를 생성하는 처리를 행한다. 제1 구동부(22a)의 드라이버(22a₂)는, 처리기(25g)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(22a₁)에 전류를 공급한다. 또한, 제2 구동부(22b)는, 처리기(25g)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(22b₁)에 전류를 공급한다. 이러한 제어에 의해, 스테이지 장치(200)는, Y방향 및 θ 방향의 쌍방에 있어서, 스테이지(21)의 현재 위치와 목표위치와의 편차가 저감되도록, 또 추력 리플에 의한 스테이지(21)의 진동이 저감되도록 스테이지(21)의 위치 결정을 행할 수 있다.

[0071] 여기에서, 제어부(25)(생성기 25e)에서 Y방향에 있어서의 제2 신호와, θ 방향에 있어서의 제2 신호를 생성하는 방법에 관하여 설명한다. 제어부(25)는, Y방향에 있어서의 제2 신호와 θ 방향에 있어서의 제2 신호를, 도 3에 나타난 플로차트에 따라 생성한다. 제2 실시예의 스테이지 장치(200)에서는, 제1 실시예의 스테이지 장치(100)와 비교해서 도 3의 스텝 S105의 공정이 다르기 때문에, 이하에서는, 스텝 S105의 공정에 관하여 설명한다.

[0072] 스텝 S105에서는, 제어부(25)는, 스텝 S101~S103을 반복함으로써 취득된 복수의 정보에 의거하여, 추력 리플에 의한 스테이지(21)의 진동의 진폭이 허용범위 내에 있도록 Y방향에 있어서의 제2 신호와 θ 방향에 있어서의 제2 신호를 결정한다. 이하의 설명에서는, 정식화를 위해서, 도 8에 나타난 블록선도를, 도 9에 나타난 블록선도로 교체해서 설명한다. 여기에서, 스테이지(21)에 주어지는 추력의 추력 리플은, 도 8에 나타난 블록선도에서는, 제1 구동부(22a)의 추력 리플 d_a 및 제2 구동부(22b)의 추력 리플 d_b 로서 기재되어 있다. 한편, 도 9에 나타난 블록선도에서는, 정식화를 위해서, Y방향에 있어서의 추력 리플의 데이터 열 D 및 θ 방향에 있어서의 추력 리플의 데이터 열 D _{θ} 로서 기재되어 있다. 이때, 제2 실시예에 있어서의 스테이지 장치(200)가 LTI 시스템이라고 가정하면, 도 9에 나타난 블록선도에서는 식(21)이 성립한다.

$$\begin{aligned} Y &= G_Y(U + D) + G_{Y\theta}(U_\theta + D_\theta) \\ \Theta &= G_\theta(U_\theta + D_\theta) + G_{\theta Y}(U + D) \end{aligned}$$

$$Y = \begin{bmatrix} \text{POS}[0] \\ \text{POS}[1] \\ \vdots \\ \text{POS}[N-1] \end{bmatrix}, U = \begin{bmatrix} u[0] \\ u[1] \\ \vdots \\ u[N-1] \end{bmatrix}, \Theta = \begin{bmatrix} \text{POS}_\theta[0] \\ \text{POS}_\theta[1] \\ \vdots \\ \text{POS}_\theta[N-1] \end{bmatrix}, U_\theta = \begin{bmatrix} u_\theta[0] \\ u_\theta[1] \\ \vdots \\ u_\theta[N-1] \end{bmatrix} \dots (21)$$

[0073] 식(21)에 있어서, Y는, Y방향에 있어서의 스테이지의 위치의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타내고, Θ 은, θ 방향에 있어서의 스테이지의 위치의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다. U는, Y방향에 있어서의 제1 신호와 제2 신호로 구성된 합성신호 u 의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타내고, U_θ 은, θ 방향에 있어서의 제1 신호와 제2 신호로 구성된 합성신호 u_θ 의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다. D는, Y방향에 있어서의 추력 리플의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타내고, D _{θ} 은, θ 방향에 있어서의 추력 리플의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다. $G_{Y\theta}$ 은, 데이터 열 U_θ 및 데이터 열 D _{θ} 을 입력으로 하고, Y방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치를 출력으로 하는 함수를 나타내고, $G_{\theta Y}$ 는, 데이터 열 U 및 데이터 열 D를 입력으로 하고 θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치를 출력으로 하는 함수를 나타낸다. $G_{Y\theta}$ 및 $G_{\theta Y}$ 는, 식(21)이 성립하도록 정의된다. 여기에서, 데이터 열 U 및 데이터 열 U_θ 은, 식(22)으로 나타낼 수 있다. 식(22)에 있어서, U_a 는, Y방향에 있어서의 제1 신호의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타내고, $U_{a\theta}$ 은, θ 방향에 있어서의 제1 신호의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다. 또한, 제1 실시예와 마찬가지로, U_{\sin} 은, 제2 신호를 나타내는 식(2)의 제1항의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타내고, U_{\cos} 는, 제2 신호를 나타내는 식(2)의 제2항의 시간 0~N-1에 있어서의 데이터 열을 나타낸다.

$$U = A_1 U_{\sin} + A_2 U_{\cos} + U_d$$

$$U_{\theta} = A_3 U_{\sin} + A_4 U_{\cos} + U_{d\theta} \quad \dots (22)$$

식(21) 및 식(22)에 의하면, Y방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치의 데이터 열 Y, 및 θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치의 데이터 열 θ 은, 식(23)으로 나타낸다. 또한, 파라미터 A_1 , A_2 , A_3 및 A_4 에 대해서 식(22)을 요약하면, 데이터 열 Y 및 데이터 열 θ 은 식(24)으로 나타낸다.

$$\begin{aligned} Y &= G_Y(A_1 U_{\sin}) + G_Y(A_2 U_{\cos}) + G_Y(U_d + D) + G_{Y\theta}(A_3 U_{\sin}) + G_{Y\theta}(A_4 U_{\cos}) + G_{Y\theta}(U_{d\theta} + D_{\theta}) \\ \theta &= G_{\theta}(A_3 U_{\sin}) + G_{\theta}(A_4 U_{\cos}) + G_{\theta}(U_{d\theta} + D_{\theta}) + G_{\theta Y}(A_1 U_{\sin}) + G_{\theta Y}(A_2 U_{\cos}) + G_{\theta Y}(U_d + D) \quad \dots (23) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y &= [G_Y U_{\sin} \quad G_Y U_{\cos} \quad G_{Y\theta} U_{\sin} \quad G_{Y\theta} U_{\cos} \quad G_Y(U_d + D) + G_{Y\theta}(U_{d\theta} + D_{\theta})] \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ 1 \end{bmatrix} \\ \theta &= [G_{\theta Y} U_{\sin} \quad G_{\theta Y} U_{\cos} \quad G_{\theta} U_{\sin} \quad G_{\theta} U_{\cos} \quad G_{\theta}(U_{d\theta} + D_{\theta}) + G_{\theta Y}(U_d + D)] \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (24) \end{aligned}$$

상기의 스텝 S101~S103의 공정을 i번째로 실행했을 때의 파라미터를 A_{i1} , A_{i2} , A_{i3} 및 A_{i4} 로 하고, 그때 취득된 정보에 있어서의 Y방향 및 θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 위치의 데이터 열을 Y_i 및 θ_i 으로 한다. 이때, 데이터 열 Y_i 및 데이터 열 θ_i 는 식(25)을 이용해서 나타낼 수 있다. 따라서, 스텝 S101~S103의 공정을 n회 실행함으로써 취득된 n개의 정보에 있어서의 데이터 열 Y_i 를 요약하면, 식(26)을 얻을 수 있다. 식(26)에 있어서 Y_{ex} 는, n개의 정보에 의해 취득된 스테이지(21)의 위치의 데이터 열 Y_i 에 대한 행렬을 나타내고, X_Y 는, n개의 정보를 취득할 때에 사용되는 파라미터 A_{i1} , A_{i2} , A_{i3} 및 A_{i4} 에 대한 행렬을 나타낸다. 또한, 스텝 S101~S103의 공정을 n회 실행함으로써 취득된 n개의 정보에 있어서의 데이터 열 θ_i 를 요약하면, 식(27)을 얻을 수 있다. 식(27)에 있어서 θ_{ex} 는, n개의 정보에 의해 취득되는 스테이지(21)의 위치의 데이터 열 θ_i 에 대한 행렬을 나타내고, X_{θ} 은, n개의 정보를 취득할 때에 사용되는 파라미터 A_{i1} , A_{i2} , A_{i3} 및 A_{i4} 에 대한 행렬을 나타낸다.

$$\begin{aligned} Y_i &= [G_Y U_{\sin} \quad G_Y U_{\cos} \quad G_{Y\theta} U_{\sin} \quad G_{Y\theta} U_{\cos} \quad G_Y(U_d + D) + G_{Y\theta}(U_{d\theta} + D_{\theta})] \begin{bmatrix} A_{i1} \\ A_{i2} \\ A_{i3} \\ A_{i4} \\ 1 \end{bmatrix} \\ \theta_i &= [G_{\theta Y} U_{\sin} \quad G_{\theta Y} U_{\cos} \quad G_{\theta} U_{\sin} \quad G_{\theta} U_{\cos} \quad G_{\theta}(U_{d\theta} + D_{\theta}) + G_{\theta Y}(U_d + D)] \begin{bmatrix} A_{i1} \\ A_{i2} \\ A_{i3} \\ A_{i4} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (25) \end{aligned}$$

$$Y_{ex} = \sum_Y X_Y$$

$$Y_{ex} = [Y_1 \quad Y_2 \quad \dots \quad Y_n]$$

$$\sum_Y = [G_Y U_{\sin} \quad G_Y U_{\cos} \quad G_{Y\theta} U_{\sin} \quad G_{Y\theta} U_{\cos} \quad G_Y(U_d + D) + G_{Y\theta}(U_{d\theta} + D_{\theta})]$$

$$X_Y = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{n2} \\ A_{13} & A_{23} & \cdots & A_{n3} \\ A_{14} & A_{24} & \cdots & A_{n4} \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (26)$$

$$\Theta_{ex} = \Sigma_{\theta} X_{\theta}$$

$$Y_{ex} = [Y_1 \quad Y_2 \quad \cdots \quad Y_n]$$

$$\Sigma_{\theta} = [G_{\theta Y} U_{\sin} \quad G_{\theta Y} U_{\cos} \quad G_{\theta} U_{\sin} \quad G_{\theta} U_{\cos} \quad G_{\theta} (U_{ds} + D_{\theta}) + G_{\theta Y} (U_d + D)]$$

$$X_{\theta} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & \cdots & A_{n1} \\ A_{12} & A_{22} & \cdots & A_{n2} \\ A_{13} & A_{23} & \cdots & A_{n3} \\ A_{14} & A_{24} & \cdots & A_{n4} \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (27)$$

여기에서, 스텝 S101~S103의 공정에서 사용되는 임의신호의 파라미터를, X_Y 및 X_{θ} 이 각각 폴 랭크를 갖도록 선택해 두면, X_Y 및 X_{θ} 의 의사 역행렬에 근거해 Σ_Y 및 Σ_{θ} 을 결정할 수 있다. 식(28)은, Σ_Y 및 Σ_{θ} 을 나타낸다. 이렇게 복수의 정보를 사용해서 결정된 Σ_Y 및 Σ_{θ} 은, 제2 신호를 입력으로 하고 스테이지의 위치를 출력으로 하는 함수다. 그 때문에, Y방향에 있어서의 스테이지(21)의 추정 위치의 데이터 열 Y_{th} 및 θ 방향에 있어서의 스테이지(21)의 추정 위치의 데이터 열 θ_{th} 는, 식(29)으로 나타낼 수 있다. 식(29)에 있어서, Y_{th} 는, 제2 신호의 파라미터 $A_1 \sim A_4$ 로서 $A_{th1} \sim A_{th4}$ 을 설정했을 때의 스테이지(21)의 추정 위치의 데이터 열을 나타낸다. 또한, θ_{th} 는, 제2 신호의 파라미터 $A_1 \sim A_4$ 로서 $A_{th1} \sim A_{th4}$ 을 설정했을 때의 스테이지(21)의 추정 위치의 데이터 열을 나타낸다.

$$\Sigma_Y = Y_{ex} X_Y^T (X_Y X_Y^T)^{-1}$$

$$\Sigma_{\theta} = \Theta_{ex} X_{\theta}^T (X_{\theta} X_{\theta}^T)^{-1} \quad \dots (28)$$

$$Y_{th} = \Sigma_Y \begin{bmatrix} A_{th1} \\ A_{th2} \\ A_{th3} \\ A_{th4} \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \Theta_{th} = \Sigma_{\theta} \begin{bmatrix} A_{th1} \\ A_{th2} \\ A_{th3} \\ A_{th4} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (29)$$

스텝 S102에 있어서 스테이지(21)를 구동시킬 때에 사용한 목표위치의 시간 $0 \sim N-1$ 에 있어서의 데이터 열 Y_{ref} 및 데이터 열 θ_{ref} 는 식(30)으로 나타낸다. 또한, 데이터 열 Y_{th} 와 데이터 열 Y_{ref} 와의 차 Y_{err} , 및 데이터 열 θ_{th} 와 데이터 열 θ_{ref} 와의 차 θ_{err} 는 식(31)으로 나타낸다. 제어부(25)는, 이 차 Y_{err} 및 차 θ_{err} 가 각각 허용범위 내에 있도록 파라미터 $A_{th1} \sim A_{th4}$ 을 취득한다. 특히, 제어부(25)는, 차 Y_{err} 및 차 θ_{err} 가 각각 감소하도록(예를 들면, 최소가 되도록) 파라미터 $A_{th1} \sim A_{th4}$ 을 취득하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 제어부(25)는, 추력 리플에 의한 스테이지(21)의 진동의 진폭이 허용범위 내에 있도록 Y방향에 있어서의 제2 신호 및 θ 방향에 있어서의 제2 신호를 결정할 수 있다.

$$Y_{ref} = \begin{bmatrix} REF[0] \\ REF[1] \\ \vdots \\ REF[N-1] \end{bmatrix}, \quad \Theta_{ref} = \begin{bmatrix} REF_0[0] \\ REF_0[1] \\ \vdots \\ REF_0[N-1] \end{bmatrix} \quad \dots (30)$$

$$Y_{err}(A_{th1}, A_{th2}, A_{th3}, A_{th4}) = Y_{ref} - \sum_Y \begin{bmatrix} A_{th1} \\ A_{th2} \\ A_{th3} \\ A_{th4} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\Theta_{err}(A_{th1}, A_{th2}, A_{th3}, A_{th4}) = \Theta_{ref} - \sum_\Theta \begin{bmatrix} A_{th1} \\ A_{th2} \\ A_{th3} \\ A_{th4} \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots (31)$$

식(31)과 같은 다변수 함수에 대해서 최적화 문제를 해결할 때는, 가중된 평가함수를 사용함으로써 복수의 다변수 함수의 최적값을 취득할 수 있다. 가중된 평가함수의 일례로서는, 예를 들면, 식(32)을 들 수 있다. 제어부(25)는, 차 Y_{err} 및 차 Θ_{err} 의 단위계를 이용해서, 데이터 열 Y 및 데이터 열 Θ 의 평가값이 등가가 되도록 q_Y 및 q_Θ 을 이용해서 가중을 행한다. 이에 따라, 제어부(25)는, 추력 리플에 의한 스테이지(21)의 진동의 진폭이 최소가 되도록 Y 방향에 있어서의 제2 신호 및 Θ 방향에 있어서의 제2 신호를 결정할 수 있다. 여기에서, 상기의 계산 예는 일례이며, 평가함수의 정의와, 최적화 문제를 해결하는 방법은, 상기의 방법에 한정되는 것은 아니다.

$$J = q_Y^2 \| Y_{err}(A_{th1}, A_{th2}, A_{th3}, A_{th4}) \|^2 + q_\Theta^2 \| \Theta_{err}(A_{th1}, A_{th2}, A_{th3}, A_{th4}) \|^2 \quad \dots (32)$$

<리소그래피 장치의 실시예>

기판에 패턴을 형성하는 리소그래피 장치에 상기의 스테이지 장치를 적용하는 예에 관하여 설명한다. 리소그래피 장치는, 예를 들면 기판을 노광해서 마스크의 패턴을 기판에 전사하는 노광 장치, 기판상의 임프린트(imprint)재를 몰드를 사용해서 몰딩하는 임프린트 장치, 및 하전 입자선을 기판에 조사해서 기판에 패턴을 형성하는 묘화장치를 포함할 수 있다. 노광 장치에 있어서는, 마스크 및 기판 중의 적어도 하나를 홀딩하는 스테이지의 위치를 제어하기 위해서 상기의 스테이지 장치를 사용할 수 있다. 임프린트 장치에 있어서는, 몰드 및 기판 중의 적어도 하나를 홀딩하는 스테이지의 위치를 제어하기 위해서 상기의 스테이지 장치를 사용할 수 있다. 또한, 묘화장치에 있어서는, 기판을 홀딩하는 스테이지의 위치를 제어하기 위해서 상기의 스테이지 장치를 사용할 수 있다. 이하에서는, 노광 장치에 있어서 상기의 스테이지 장치를 사용하는 예에 관하여 설명한다.

도 10은, 본 발명의 스테이지 장치를 적용한 노광 장치(300)를 도시한 개략도다. 노광 장치(300)는, 조명 광학계(30)와, 투영 광학계(50)와, 마스크(45)를 홀딩하는 마스크 스테이지(41)의 위치를 제어하기 위한 제1 스테이지 장치(40)와, 기판(65)을 홀딩하는 기판 스테이지(61)의 위치를 제어하기 위한 제2 스테이지 장치(60)를 포함할 수 있다. 또한, 노광 장치(300)는, 노광 장치(300)의 각 부를 제어하는 제어부(70)를 포함할 수 있다. 여기에서, 제1 스테이지 장치(40) 및 제2 스테이지 장치(60)는 각각, 제1 실시예의 스테이지 장치(100) 또는 제2 실시예의 스테이지 장치(200)와 동일하기 때문에, 여기에서는 그 설명을 생략한다. 또한, 본 실시예에 있어서의 제어부(70)는, 제1 스테이지 장치(40)에 있어서의 제어부와 제2 스테이지 장치(60)에 있어서의 제어부를 포함할 수 있다.

마스크(45) 및 기판(65)은, 마스크 스테이지(41) 및 기판 스테이지(61)에 의해 각각 홀딩되고, 투영 광학계(50)를 통해 광학적으로 거의 공역한 위치(투영 광학계(50)의 물체면 및 상면의 위치)에 배치된다. 투영 광학계(50)는, 소정의 투영 배율(예를 들면, 1/2배)을 갖고, 조명 광학계(30)로부터 방출된 노광광(31)을 사용하여 마스크(45)에 형성된 패턴을 기판(65)에 투영한다. 그때, 제1 스테이지 장치(40) 및 제2 스테이지 장치(60)는, 투영 광학계(50)의 투영 배율에 대응하는 고속으로, 마스크 스테이지(41) 및 기판 스테이지(61)를 예를 들면 Y 방

향으로 상대적으로 이동시킨다. 이에 따라, 마스크(45)에 형성된 패턴을 기관(65)에 전사할 수 있다.

[0104] 제1 스테이지 장치(40)는, 진공 흡착 등에 의해 마스크(45)를 홀드하는 마스크 스테이지(41)와, 마스크 스테이지(41)를 구동하는 구동부(42)와, 마스크 스테이지(41)의 위치를 계측하는 계측부(43)를 포함할 수 있다. 구동부(42)는, 예를 들면 고정자(42a₁₁) 및 가동자(42a₁₂)를 갖는 리니어 모터(42a₁)와, 제어부(70)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(42a₁)에 전류를 공급하는 드라이버(42a₂)를 포함할 수 있다. 또한, 제어부(70)는, 계측부(43)에 의해 계측된 마스크 스테이지(41)의 현재 위치와 목표위치와의 편차를 저장하기 위한 제1 신호와, 추력 리플에 의한 마스크 스테이지(41)의 진동을 저장하기 위한 제2 신호에 의거하여 구동부(42)를 제어한다. 또한, 제2 스테이지 장치(60)는, 진공 흡착 등에 의해 기관(65)을 홀드하는 기관 스테이지(61)와, 기관 스테이지(61)를 구동하는 구동부(62)와, 기관 스테이지(61)의 위치를 계측하는 계측부(63)를 포함할 수 있다. 구동부(62)는, 예를 들면 고정자(62a₁₁) 및 가동자(62a₁₂)를 갖는 리니어 모터(62a₁)와, 제어부(70)로부터 공급된 신호에 따라 리니어 모터(62a₁)에 전류를 공급하는 드라이버(62a₂)를 포함할 수 있다. 또한, 제어부(70)는, 상기한 바와 같이, 계측부(63)에 의해 계측된 기관 스테이지(61)의 현재 위치와 목표위치와의 편차를 저장하기 위한 제1 신호와, 추력 리플에 의한 기관 스테이지(61)의 진동을 저장하기 위한 제2 신호에 의거하여 구동부(62)를 제어한다.

[0105] 다음에, 노광 장치(300)가 복수의 기관(65)의 각각을 노광하고 있는 동안에, 제2 신호를 갱신하는 방법에 관하여 설명한다. 도 11a 및 11b는, 노광 장치(300)가 복수의 기관(65)의 각각을 노광하는 공정을 나타내는 플로차트다. 도 11a 및 11b에 나타난 플로차트에 있어서의 각 공정은, 제어부(70)에 의해 실행될 수 있다.

[0106] 스텝 S301에서는, 제어부(70)는, 기관을 기관 스테이지(61) 위에 탑재하도록 기관 반송부(도면에 나타내지 않는다)를 제어하고, 노광 처리를 행하는 위치(노광 위치)에 기관 스테이지(61)를 이동시킨다. 스텝 S302에서는, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)에 탑재된 기관에 마스크(45)의 패턴을 전사하는 노광 처리를 행한다. 스텝 S303에서는, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)에 탑재된 기관을 다른 기관으로 변경하는 위치(변경 위치)에 기관 스테이지(61)를 이동시키고, 이때의 기관 스테이지(61)의 위치 프로파일을 취득한다. 스텝 S304에서는, 제어부(70)는, 제2 신호를 갱신할 것인지 아닌지를 판단한다. 제2 신호를 갱신한다고 판단한 경우에는, 절차가 스텝 S306로 진행되고, 제2 신호를 갱신하지 않는다고 판단한 경우에는, 절차가 스텝 S318로 진행된다. 추력 리플은, 리니어 모터의 자극 피치에 따라 발생하는 것이 알려져 있기 때문에, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)의 이동 속도에 근거해서 추력 리플의 주파수를 취득할 수 있다. 이에 따라, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)의 위치의 편차 데이터에 대하여 주파수 해석을 행하고, 추력 리플에 대응하는 주파수 스펙트럼의 크기가 규정 값을 초과했을 경우, 제2 신호의 갱신이 필요하다고 판단할 수 있다. 스텝 S305에서는, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)에 탑재된 기관을 다른 기관으로 변경하도록 기관 반송부를 제어한다.

[0107] 스텝 S306에서는, 제어부(70)는, 노광 처리를 행하는 위치로 기관 스테이지(61)를 이동시킨다. 스텝 S307에서는, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)에 탑재된 기관에 노광 처리를 행한다. 스텝 S308에서는, 제어부(70)는, 임의신호를 제2 신호 대신에 설정한다. 스텝 S309에서는, 제어부(70)는, 변경 위치로 기관 스테이지(61)를 이동시키고, 이때의 기관 스테이지(61)의 응답(위치 프로파일)에 관한 정보를 취득한다. 스텝 S310에서는, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)에 탑재된 기관을 다른 기관으로 변경하도록 기관 반송부를 제어한다. 스텝 S311에서는, 제어부(70)는, 스텝 S302 (또는 스텝 S307)의 공정에서 사용된 제2 신호를 다시 설정한다. 스텝 S312에서는, 제어부(70)는, 취득한 정보의 수가 규정수에 도달했는지 아닌지를 판단한다. 정보의 수가 규정수에 도달한 경우에는, 처리가 스텝 S313로 진행된다. 한편, 정보의 수가 규정수에 도달하지 않은 경우에는, 처리가 스텝 S306로 진행되고, 스텝 S306~S307의 공정을 행한 후, 스텝 S308에 있어서 임의신호에 있어서의 파라미터(진폭 A 및 위상 α)의 값을 변경하고, 해당 임의신호를 제2 신호 대신에 설정한다. 그리고, 스텝 S309에 있어서, 제어부(70)는, 변경 위치로 기관 스테이지(61)를 이동시키고, 이때의 기관 스테이지(61)의 응답에 관한 정보를 새롭게 취득한다. 이렇게, 본 실시예의 노광 장치(300)는, 복수의 노광 처리 중에 기관 스테이지(61)의 응답에 관한 정보를 취득하기 때문에, 스루풋이 저하하는 경우를 억제할 수 있다. 또한, 본 실시예의 노광 장치(300)는, 스텝 S302에서 사용된 제2 신호를 스텝 S311에 있어서 다시 설정하기 때문에, 복수의 정보를 취득하는 경우에도, 노광 처리를 안정적으로 행할 수 있다.

[0108] 스텝 S313에서는, 제어부(70)는, 노광 처리를 행하는 위치로 기관 스테이지(61)를 이동시킨다. 스텝 S314에서는, 제어부(70)는, 기관 스테이지(61)에 탑재된 기관에 노광 처리를 행한다. 스텝 S315에서는, 제어부(70)는, 도 3에 나타난 플로차트에 있어서의 스텝 S105의 공정과 마찬가지로, 복수의 정보에 의거하여 제2 신호를 결정하고, 결정한 제2 신호를 설정함으로써 제2 신호를 갱신한다. 스텝 S316에서는, 제어부(70)는, 변경 위

치로 기관 스테이지(61)를 이동시키고, 이때의 기관 스테이지(61)의 위치 프로파일을 취득한다.

[0109] 스텝 S317에서는, 제어부(70)는, 스텝 S316에서 취득한 기관 스테이지(61)의 위치 프로파일에 있어서, 추력 리플에 의한 기관 스테이지(61)의 진동의 진폭이 허용범위 내에 있는지 아닌지를 확인한다. 해당 진폭이 허용범위 내에 있지 않은 경우에는, 처리가 스텝 S318로 진행되고, 제어부(70)는, 기관을 변경하고, 스텝 S302에서 사용된 제2 신호를 다시 설정한 후, 스텝 S306~S317의 공정을 다시 행한다. 한편, 해당 진폭이 허용범위 내에 있는 경우에는, 처리가 스텝 S319로 진행되고, 제어부(70)는, 다음에 노광 처리를 행하는 기관(다음의 기관)이 있는지 아닌지를 판단한다. 다음 기관이 있는 경우에는, 스텝 S320에 있어서 기관의 변경을 행하고, 노광 처리를 행하는 위치로 기관 스테이지(61)를 이동시킨 후, 처리가 스텝 S302로 돌아간다. 한편, 다음 기관이 없는 경우에는, 스텝 S321에 있어서 기관을 회수한 후, 처리를 종료한다. 이렇게, 본 실시예의 노광 장치(300)는, 복수의 노광 처리 중에 취득한 기관 스테이지(61)의 위치 프로파일에 의거하여, 스텝 S315에서 결정한 제2 신호가 적합한지 아닌지를 확인하기 때문에, 스루풋이 저하하는 경우를 억제할 수 있다. 또한, 본 실시예의 노광 장치(300)는, 스텝 S302에서 사용된 제2 신호를 스텝 S318에 있어서 다시 설정하기 때문에, 스텝 S315에서 결정한 제2 신호가 적합하지 않은 경우에도, 노광 처리를 안정적으로 행할 수 있다.

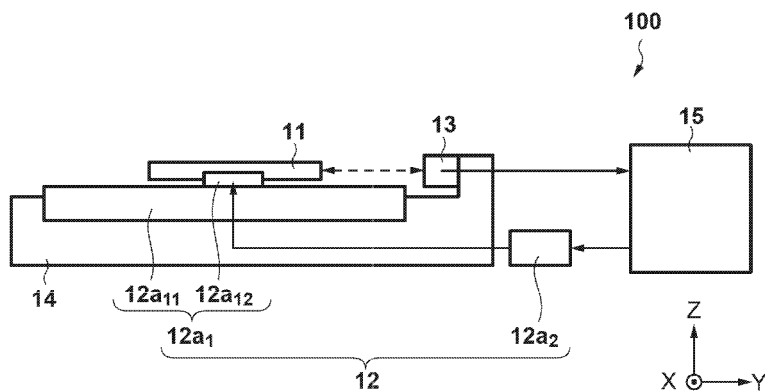
[0110] <물품의 제조 방법의 실시예>

[0111] 본 발명의 실시예에 있어서의 물품의 제조 방법은, 예를 들면 반도체 디바이스 등의 마이크로디바이스나 미세구조를 갖는 소자 등의 물품을 제조하는데도 적합하다. 본 실시예에 따른 물품의 제조 방법은, 상기의 리소그래피 장치(노광 장치)를 사용해서 기판에 패턴을 형성하는 공정(기판을 노광하는 공정)과, 이전의 공정에서 패턴이 형성된 기판을 가공(예를 들면, 현상)하는 공정을 포함한다. 또한, 이러한 제조 방법은, 다른 주지의 공정(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩, 패키징 등)을 포함한다. 본 실시예의 물품의 제조 방법은, 종래의 방법에 비해서, 물품의 성능·품질·생산성·생산 코스트 중의 적어도 1개에 있어서 유리하다.

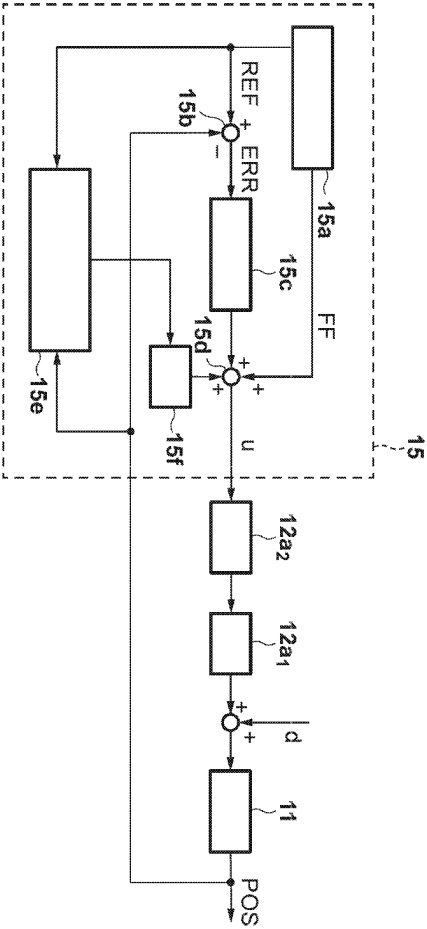
[0112] 본 발명은 예시적인 실시 예를 참조하면서 설명되었지만, 본 발명은 이 개시된 예시적인 실시 예에 한정되는 것이 아니라는 것이 이해될 것이다. 이하의 특허청구범위의 범주는 모든 변형 및 균등구조 및 기능을 포함하도록 가장 넓게 해석되어야 할 것이다.

도면

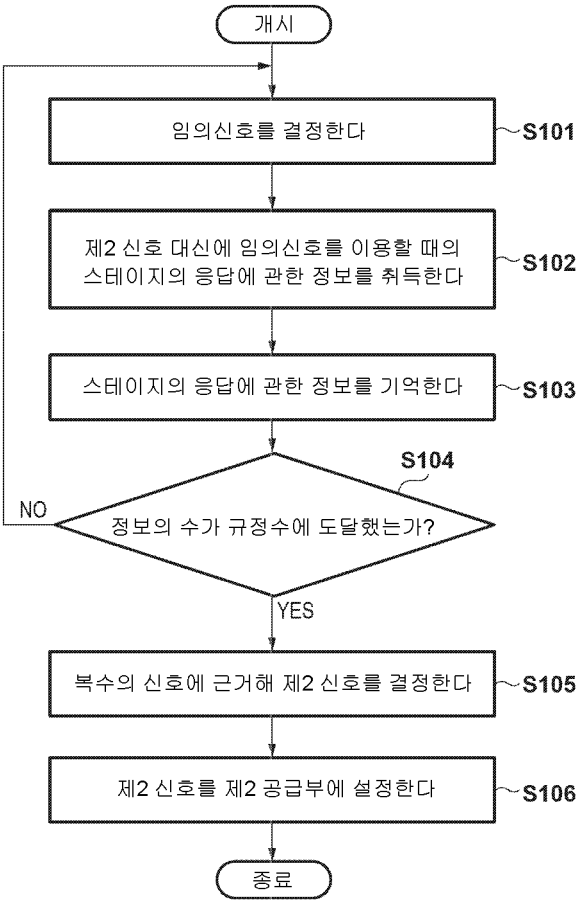
도면1



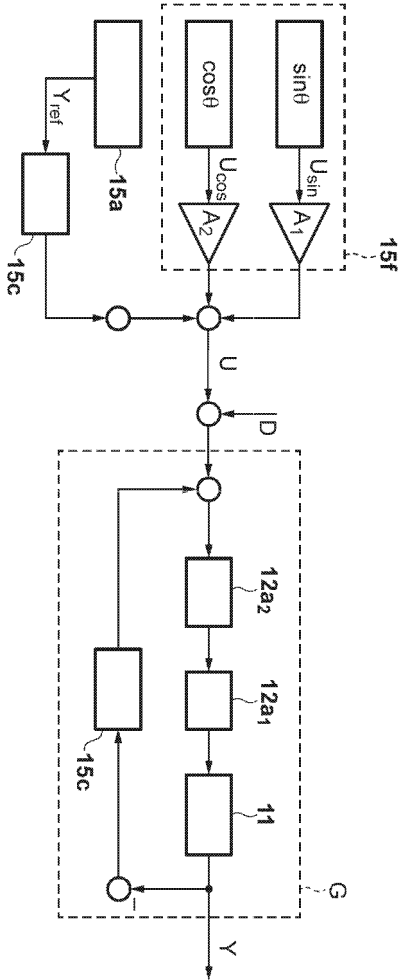
도면2



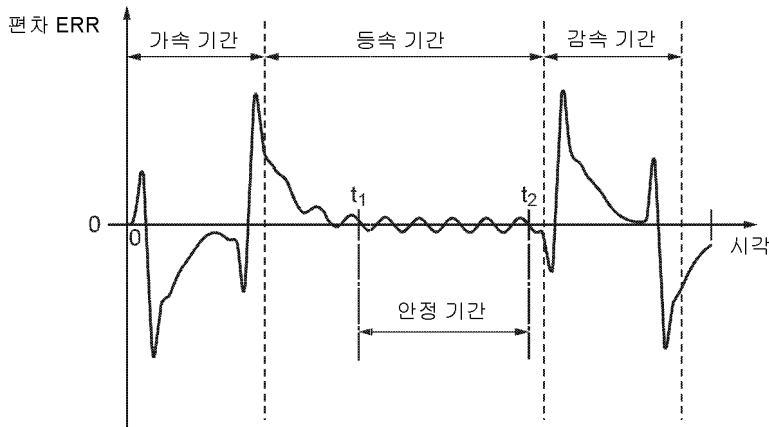
도면3



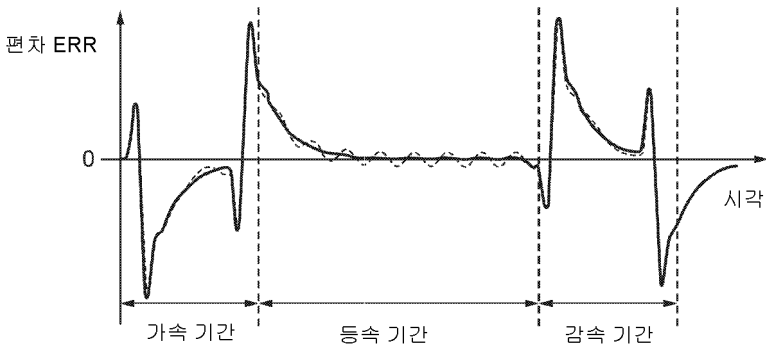
도면4



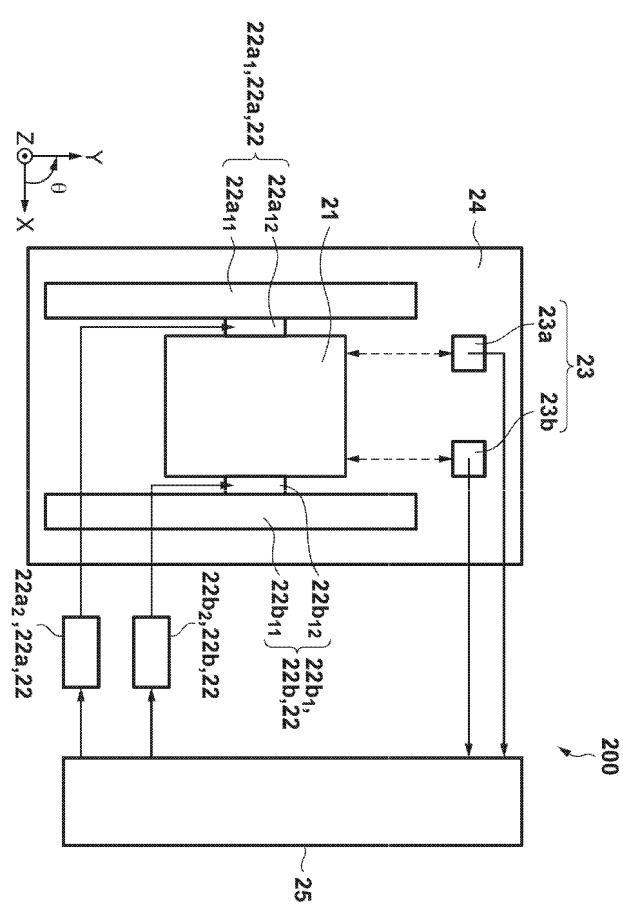
도면5



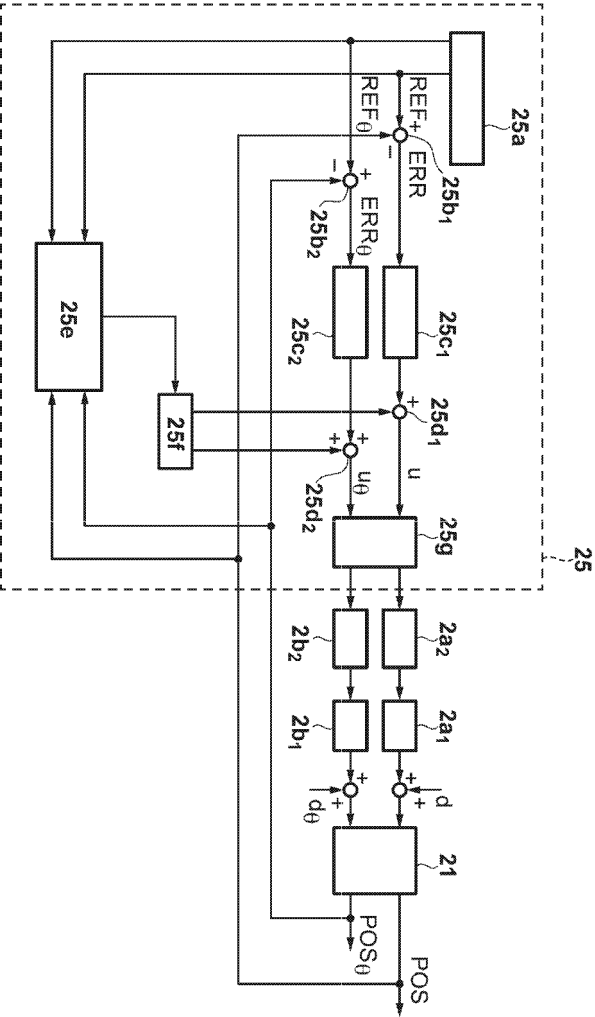
도면6



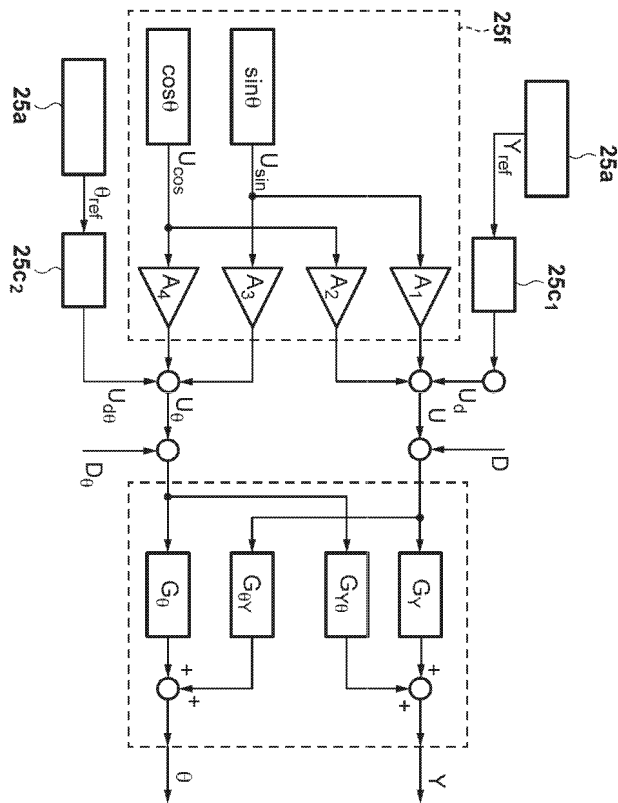
도면7



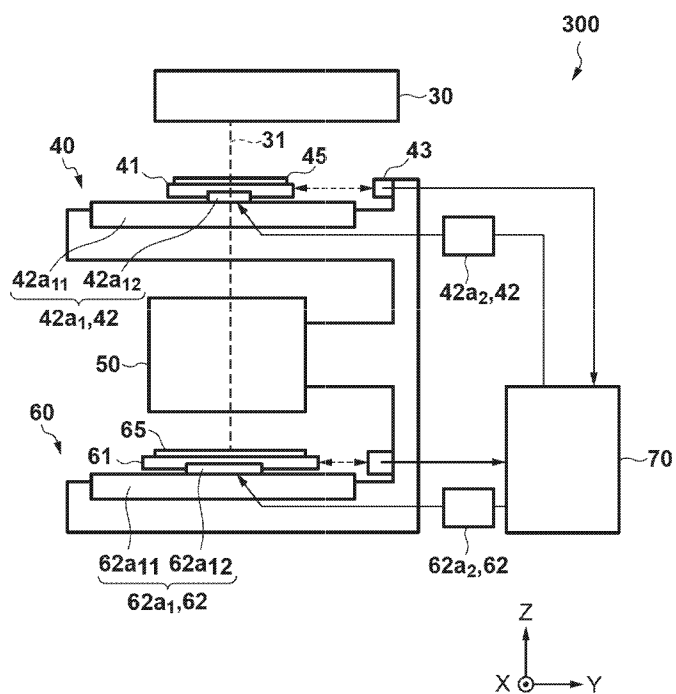
도면8



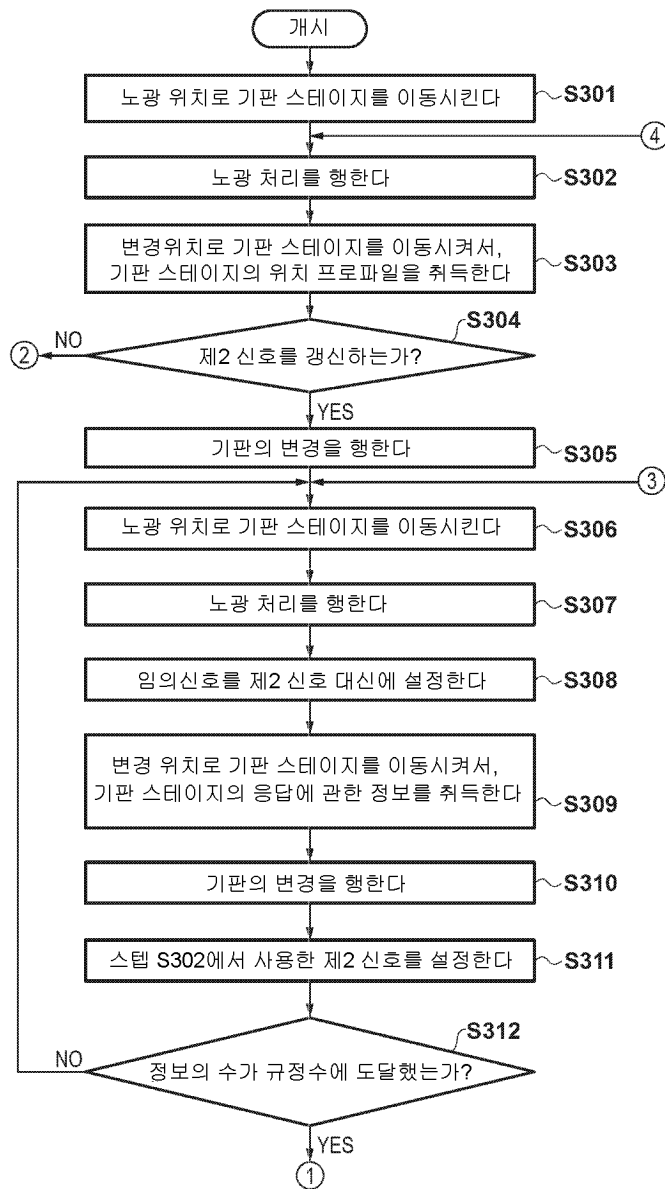
도면9



도면10



도면11a



도면11b

