



등록특허 10-2433491



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년08월18일
(11) 등록번호 10-2433491
(24) 등록일자 2022년08월12일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) *G02B 7/32* (2021.01)
G02B 7/40 (2021.01) *H01L 21/027* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 7/70091 (2013.01)
G02B 7/32 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7013920
- (22) 출원일자(국제) 2018년10월16일
심사청구일자 2020년05월15일
- (85) 번역문제출일자 2020년05월15일
- (65) 공개번호 10-2020-0074162
- (43) 공개일자 2020년06월24일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2018/038417
- (87) 국제공개번호 WO 2019/082727
국제공개일자 2019년05월02일
- (30) 우선권주장
JP-P-2017-205645 2017년10월24일 일본(JP)
JP-P-2018-146250 2018년08월02일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2006060152 A*

(뒷면에 계속)

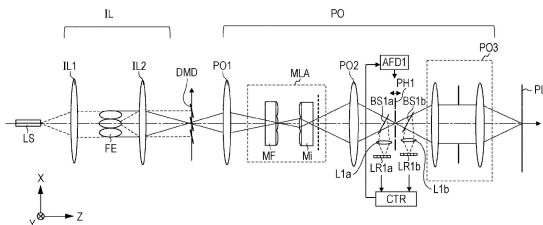
전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 정성용

(54) 발명의 명칭 노광장치 및 물품의 제조방법

(57) 요 약

기판(PL)에 패턴을 형성하기 위한 노광 광을 기판 위에 투영하는 투영 광학계(PO)와, 노광 광을 통과시 키기 위한 개구를 포함하는 차광부재(PH1)와, 노광 광의 집광 위치와 기판의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량을 검출하는 포커스 검출부와, 포커스 검출부에 있어서의 검출 결과에 근거하여 차광부재(PH1)를 투영 광학계(PO)의 광축 방향으로 이동시키는 제어부(CTR)를 포함하도록 노광장치를 구성한다.

대 표 도

(52) CPC특허분류

G02B 7/40 (2013.01)

G03F 7/70291 (2013.01)

H01L 21/027 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2015012258 A*

US05117254 A*

JP2011527024 A

JP2000173112 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

기판에 패턴을 형성하기 위한 노광 광을 상기 기판 위에 투영하도록 구성된 투영 광학계와,
상기 노광 광을 통과시키기 위한 개구를 갖는 차광부재와,
상기 노광 광의 집광 위치와 상기 기판의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량을 검출하도록 구성된 포커스 검출부와,
상기 기판에 의해 반사된 후에 상기 차광부재의 개구를 통과한 광속을 수광하도록 구성된 제1 수광 소자와,
상기 차광부재의 개구를 통과한 광속을 수광하고, 상기 제1 수광 소자가 배치된 위치와는 다른 위치에 배치하도록 구성된 제2 수광 소자와,
상기 포커스 검출부에 있어서의 검출 결과에 근거하여 상기 차광부재를 상기 투영 광학계의 광축 방향으로 이동시키도록 구성된 제어부를 구비하고,
상기 포커스 검출부는, 상기 제1 수광 소자에 의해 수광된 광량과 상기 제2 수광 소자에 의해 수광된 광량에 근거하여 상기 디포커스 량을 검출하는 노광장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1 수광 소자에 의해 수광되는 광량을 증가시키도록, 상기 차광부재를 이동시키는 노광장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 차광부재는 상기 투영 광학계의 광로 중에 배치되는 노광장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 차광부재는, 상기 디포커스 량이 소정 량보다도 작은 초점맞춤 상태에 있어서 상기 기판과 광학적으로 공역의 면에 배치되어 있는 노광장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 차광부재는 금속으로 구성되는 노광장치.

청구항 6

기판에 패턴을 형성하기 위한 노광 광을 상기 기판 위에 투영하도록 구성된 투영 광학계와, 상기 노광 광의 집

광 위치를 변화시키도록 구성된 제1 차광부재를 포함하는 노광 유닛과,

상기 기판에 의해 반사된 빛을 통과시키기 위한 개구를 갖는 제2 차광부재와, 상기 제2 차광부재를 통과한 광속을 수광하도록 구성된 수광 소자를 포함하는 광학 유닛을 구비한 노광장치로서,

상기 수광 소자에 의해 수광된 광량에 따라, 상기 제1 차광부재를 상기 투영 광학계의 광축 방향으로 이동시키는 노광장치.

청구항 7

기판에 패턴을 형성하기 위한 노광 광을 상기 기판 위에 투영하도록 구성된 투영 광학계와, 상기 노광 광의 집광 위치를 변화시키도록 구성된 차광부재를 포함하는 노광 유닛과,

상기 기판에 의해 반사된 빛을 수광하도록 구성된 제1 수광 소자와, 상기 차광부재의 개구를 통과한 광속을 수광하고, 상기 제1 수광 소자가 배치된 위치와는 다른 위치에 배치하도록 구성된 제2 수광 소자를 포함하는 광학 유닛을 구비한 노광장치로서,

상기 제1 수광 소자에 의해 수광된 광량과 상기 제2 수광 소자에 의해 수광된 광량에 따라, 상기 차광부재를 상기 투영 광학계의 광축 방향으로 이동시키는 노광장치.

청구항 8

제 1항에 있어서,

복수의 광 변조 소자를 포함하는 광 변조부와,

상기 광 변조부에 빛을 조사하도록 구성된 조명 광학계를 더 구비하고,

상기 광 변조부에 의해 반사된 빛이 상기 투영 광학계에 입사하는 노광장치.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 노광 광의 집광 위치와 상기 기판의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량을 변화시키는 포커스 제어 하에서, 상기 조명 광학계에 의해 형성된 스포트 광을 상기 투영 광학계를 거쳐 상기 기판 위에 투영하는 노광 동작을 행하고,

상기 기판 위의 특정한 영역에 대하여 상기 노광 동작을 반복하는 노광장치.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 제2 수광 소자는, 상기 기판에 의해 반사된 후에 그리고 상기 차광부재의 개구에 도달하기 전에 상기 광속을 수광하는 노광장치.

청구항 11

제 1항에 있어서,

상기 제2 수광 소자는, 상기 기판에 도달하기 전에 상기 광속을 수광하는 노광장치.

청구항 12

제 1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제2 수광 소자에 의해 수광된 광량에 근거하여 상기 제1 수광 소자에 의해 수광된 광량의 기준값을 보정하는 노광장치.

청구항 13

제 1항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 제1 수광 소자에 의해 수광된 광량과 상기 제2 수광 소자에 의해 수광된 광량의 비율에 근거하여 상기 디포커스량을 검출하는 노광장치.

청구항 14

청구항 1 내지 13 중 어느 한 항에 기재된 노광장치를 사용해서 기판을 노광하는 단계와,

상기 노광하는 단계에서 노광된 상기 기판을 현상하는 단계를 포함하는 물품의 제조방법.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 노광장치 및 그것을 사용한 물품의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 원판(마스크)의 패턴을, 투영 광학계를 거쳐 감광성의 기판에 전사하는 노광장치가 알려져 있다. 최근, 노광장치에 의해 노광되는 기판의 대형화가 진행되고, 그것에 따라, 패턴이 형성되는 마스크도 대형화하고 있다. 마스크가 대형화하면, 마스크 자체의 코스트가 상승하는 동시에, 마스크의 제조 기간이 길어져, 마스크의 제조 코스트의 상승에 이어진다.

[0003] 따라서, 패턴이 형성된 마스크를 이용하지 않고, 기판 위에 패턴을 형성하는 것이 가능한 소위 마스크리스 노광장치가 주목받고 있다. 마스크리스 노광장치는, 디지털 마이크로미러 디바이스(Digital Micromirror Device: DMD)등의 광 변조기를 사용한 디지털 노광장치다. 마스크리스 노광장치에서는, DMD에 의해 노광 패턴에 대응하는 노광 광을 생성하고, 노광 패턴에 대응하는 패턴 데이터를 기판 위에 노광함으로써, 마스크를 이용하지 않고 기판 위에 패턴을 형성할 수 있다.

[0004] 특허문헌 1은, 레이저 출사부에서 출사된 레이저빔을 광 변조 소자의 각 소자에 입사시키고, 각 노광 소자에 의해 노광 상태와 비노광 상태 중 어느 한개로 변조함으로써, 화상 데이터에 근거하여 화상 노광을 행하는 마스크리스 노광장치를 개시하고 있다.

선행기술문헌**특허문헌**

[0005] (특허문헌 0001) 일본국 특개 2004-62155호 공보

(특허문헌 0002) 일본국 특개 2011-2512호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006]

마스크리스 노광장치에서는, 기판 상에서의 스폿 광의 강도 분포가 패턴의 해상 성능에 큰 영향을 미친다. 스폿 광의 집광 위치가 기판과 수직한 방향으로 어긋나는 것에 의해, 기판 상에서의 스폿 광의 강도 분포에 격차가 생기고, 결과적으로 패턴의 해상 성능의 저하를 초래할 우려가 있다. 스폿 광의 집광 위치와 기판면과의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스를 저감시키는 포커스 제어를 행함으로써, 패턴의 해상 성능을 향상시킬 수 있다.

[0007]

특허문헌 2는, 기판을 유지하는 유지 부재에 설치된, 디포커스를 검지하기 위한 화상처리 센서를 사용한 포커스 제어방법을 개시하고 있다. 광 변조기에서 반사되어 투영 광학계를 투과한 빛을 화상처리 센서에 결상시키고, 화상처리 센서에 결상된 광학 상의 콘트라스트가 높아지도록, 광 변조기에 의해 반사되는 광빔의 각도를 조절함으로써 포커스 제어를 행하고 있다.

[0008]

특허문헌 2의 포커스 제어방법에서는, 기판의 유지면을 기준으로 한 디포커스에 대한 포커스 제어를 실행하는 것은 가능하지만, 실제로 패턴이 형성되는 기판을 기준으로 한 디포커스에 대한 포커스 제어를 실행하는 것은 곤란하다. 그 때문에, 특허문헌 2에 있어서의 포커스 제어방법에서는, 포커스 정밀도를 충분히 향상시킬 수 없을 우려가 있다. 또한, 광학 상의 콘트라스트에 근거하여 포커스 제어를 실행하기 위해서는 비교적 긴 시간을 필요로 하기 때문에, 고속의 포커스 제어를 실현하는 것은 곤란하다.

[0009]

본 발명은, 기판 상에 있어서의 포커스 제어를 고속으로 실행하는 것이 가능한 노광장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010]

본 발명의 노광장치는, 기판에 패턴을 형성하기 위한 노광 광을 기판 위에 투영하는 투영 광학계와, 상기 노광 광을 통과시키기 위한 개구를 포함하는 차광부재와, 상기 노광 광의 집광 위치와 상기 기판의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량을 검출하는 포커스 검출부와, 상기 포커스 검출부에 있어서의 검출 결과에 근거하여 상기 차광부재를 상기 투영 광학계의 광축 방향으로 이동시키는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0011]

본 발명에 따르면, 기판 상에 있어서의 포커스 제어를 고속으로 실행하는 것이 가능한 노광장치가 얻어진다.

도면의 간단한 설명

[0012]

도1은 제1실시형태에 관한 광학계의 구성을 도시한 도면이다.

도2는 제2실시형태에 따른 광학계의 구성을 도시한 도면이다.

도3은 제3실시형태에 따른 광학계의 구성을 도시한 도면이다.

도4는 본 발명에 따른 기판 상의 주사 노광의 개요를 도시한 도면이다.

도5는 디포커스 량과 수광 소자의 검출 광량의 관계를 도시한 도면이다.

도6은 기판에 있어서의 표면 높이의 변동을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013]

이하, 각도면을 참조해서 본 발명의 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다. 이때, 본 발명은 이하의 실시형태에 한정되는 것은 아니고, 이하의 실시형태는 본 발명의 구체 예를 나타내는 것에 지나지 않는다. 본 발명의 노광장치는, 패턴이 형성된 마스크를 이용하지 않고, 기판 위에 패턴을 형성하는 것이 가능한 소위 마스크리스 노광장치로서 적합한 것이다. 이때, 본 발명의 노광장치는, 패턴이 형성된 마스크를 사용해서 기판 위에 패턴을 형성하는 노광장치에도 적용할 수 있다.

[0014]

(제1실시형태)

[0015]

도 1을 사용하여, 본 실시형태에 따른 조명 광학계 IL 및 투영 광학계 PO를 포함하는 노광장치의 구성 을 설명한다.

- [0016] 본 실시형태에서는, 기판 PL에 있어서 반사되어, 투영 광학계 P0에 설치된 펀홀을 통과한 광속의 광량을 검출함으로써, 스폿 광의 집광 위치와 기판 PL면의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량의 검출을 행한다. 그리고, 차광부재로서의 펀홀을 이동시킴으로써, 검출된 디포커스 량을 변화시키는 포커스 제어를 행한다.
- [0017] 본 실시형태에 따른 소위 마스크리스 노광장치에서는, 조명 광학계 IL로부터 조사된 광속을, 광 변조기의 한 개인 광 변조부로서의 디지털 마이크로미러 디바이스(이하, DMD로 기재한다)에 입사시킨다. 그리고, DMD에 의해 노광 패턴에 대응하는 노광 광을 생성하고, 투영 광학계 P0를 거쳐 노광 광을 기판 PL 위에 집광시킴으로써, 노광 패턴에 대응하는 패턴 데이터를 기판 위에 노광한다.
- [0018] 광원 LS로서는, 반도체 레이저나 LED(Light Emitting Diode)가 사용된다. 광원의 파장은, 기판 PL 위에 도포되는 감광성 레지스트의 종류에 의해 결정된다. 광원 LS의 파장은, 일반적으로는 300nm로부터 440nm 정도다.
- [0019] 이어서 조명 광학계 IL의 구성에 대해 설명한다. 광원 LS로부터 조사된 광속은, 광학계 IL1에 의해 콜리메이트되어, 플라이아이 렌즈 FE를 조명한다.
- [0020] 도 1중의 플라이아이 렌즈 FE는, 조명 광학계 IL의 광축(Z축)과 수직한 X축과 Y축을 포함하는 XY 평면 내에 배치된 9개의 렌즈 셀을 포함한다. 9개의 렌즈 셀은, X축 방향으로 3개 나란하게 배치되고, Y축 방향으로 3개 나란하게 배치되어 있다. 이때, 플라이아이 렌즈 FE를 구성하는 렌즈 셀의 수는 적절히 변경하는 것이 가능하다.
- [0021] 플라이아이 렌즈 FE에 의해 광학계 IL2에 대하여 대략 균일하게 조명된 광속은, 광학계 IL2의 작용에 의해, DMD를 구성하는 광 변조 소자로서의 마이크로 미러에 결상된다. 여기에서, 도 1에서는, DMD에 입사된 광속이 DMD를 투과하는 것과 같이 그려져 있지만, 실제로는 DMD에 입사된 광속은 DMD를 구성하는 각 마이크로 미러의 반사면에 의해 반사된다.
- [0022] DMD를 구성하는 복수의 마이크로 미러는 2차원 형상으로 배치되어 있고, 각 미러의 반사면의 각도는 각각 개별적으로 변경 가능하게 되어 있다. 이에 따라, 각 미러에 조사되는 빛을 노광 상태와 비노광 상태 중 어느 한개로 변조할 수 있다.
- [0023] 다음에, 투영 광학계 P0의 구성에 대해 설명한다. DMD를 구성하는 마이크로미러에서 반사된 광속은, 투영 광학계 P0를 구성하는 광학계 P01에 입사된다. 광학계 P01은, 광학계 P01에 입사된 광속을 마이크로렌즈 어레이 MLA에 집광하는 작용을 갖는다. 마이크로렌즈 어레이 MLA는, 월드 렌즈 MF와, 월드 렌즈 MF로부터 월드 렌즈 MF의 초점거리만큼 떨어진 위치에 있는 결상 렌즈 Mi로 구성된다.
- [0024] 광학계 P01에 의해 월드 렌즈 MF에 결상된 광속은, 결상 렌즈 Mi에 의해 재결상된다. 본 실시형태에서는, 결상 렌즈 Mi에 의한 재결상점은, 결상 렌즈 Mi의 내부에 위치한다. 재결상점으로부터의 광속은 광학계 P02에 의해 다시 결상되고, 이 결상 위치에 복수의 개구를 갖는 펀홀 PH1을 배치하고 있다. 펀홀 PH1은 투영 광학계 P0의 광로중에 배치되고, 펀홀 PH1의 각 개구는, DMD를 구성하는 마이크로 미러의 위치에 대응하고 있다. 펀홀 PH1에 의해 직경이 작아진 스폿 광은, 광학계 P03을 거쳐 기판 PL 위에 조사된다.
- [0025] 펀홀 PH1은 예를 들면 금속으로 구성된다. 금속은 광반사율이 높기 때문에, 펀홀 PH1의 재료로서 금속을 사용함으로써 펀홀 PH1의 차광 특성을 높일 수 있다. 또한, 펀홀 PH1을 유전체막에 의해 피막하는 구성으로 하여도 된다.
- [0026] 다음에, 펀홀 및 후술하는 수광 소자를 사용한, 디포커스 량의 검출방법 및 디포커스 량을 변화시키는 포커스 제어방법에 대해 설명한다.
- [0027] 처음에 펀홀과 수광 소자를 사용한 디포커스 량의 검출방법에 대해 설명한다. 본 실시형태에서는, 투영 광학계 P0에 포함되는 광학계 P02와 펀홀 PH1 사이에, 반사부재로서의 빔 스플리터 BS1a를 배치하고 있다. 빔 스플리터 BS1a에 의해 반사된 광속은 결상 렌즈 L1a에 의해 수광 소자 LR1a 위에 결상된다.
- [0028] 상기한 바와 같이, 펀홀 PH1을 통과한 스폿 광은, 광학계 P03을 거쳐 기판 PL 위에 집광된다. 여기에서 기판 PL 위에 집광된 스폿 광의 일부는, 기판 PL에 의해 반사되고, 광학계 P03 및 펀홀 PH1의 개구를 통과해서 빔 스플리터 BS1a에 입사한다. 빔 스플리터 BS1a에 입사된 빛의 일부는 빔 스플리터 BS1a에 의해 반사되고, 결상 렌즈 L1a에 의해 수광 소자 LR1a 위에 결상된다.
- [0029] 본 실시형태에서는, 수광 소자 LR1a에서 수광된 광량에 근거하여, 스폿 광의 집광 위치와 기판 PL면의

위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량의 추정을 행하고 있다. 핀홀 PH1은, 기판 PL면에 대하여 광학적으로 공역의 면에 배치되어 있고, 디포커스 량이 소정 량보다도 작은 초점맞춤 상태에 있어서, 수광 소자 LR1a에서 수광되는 광량이 최대가 된다. 한편, 소정 량 이상의 디포커스 량이 생기고 있는 비초점맞춤 상태에 있어서는 핀홀 PH를 통과하는 광속에 비네팅이 생겨, 수광 소자 LR1a에서 수광되는 광량이 저하한다.

[0030] 초점맞춤 상태에 있어서 수광 소자 LR1a에서 검출되는 최대 광량을 기준값으로 하여 디포커스 량의 추정을 행한다. 구체적으로는, 수광 소자 LR1a에 있어서 검출되는 광량과 디포커스 량의 상대 관계를 미리 결정해 놓음으로써, 수광 소자 LR1a에 있어서 검출되는 광량으로부터 디포커스 량을 추정할 수 있다. 예를 들면, 전술한 상대 관계를 제어부 CTR에게 기억시키고, 수광 소자 LR1a에 있어서의 광량의 검출 결과를 제어부 CTR에 입력함으로써, 제어부 CTR는 디포커스 량을 검출하는 포커스 검출부로서 기능한다. 더구나 제어부 CTR는, 디포커스 량을 저감시키기 위한 포커스 제어를 실행할 수 있다.

[0031] 다음에, 포커스 제어방법의 상세에 대해 설명한다. 본 발명에서는 핀홀 PH1을 투영 광학계 PO의 광축 방향으로 이동시킴으로써 포커스 제어를 행한다. 구체적으로는, 수광 소자 LR1a에 있어서 검출되는 광량이 증가하는 방향으로 핀홀 PH1을 이동시킨다. 핀홀 PH1의 이동량은, 전술한 방법에서 추정된 디포커스 량과, 광학계 PO3의 초점거리 등에 의해 결정된다.

[0032] 핀홀 PH1은 액추에이터 AFD1에 의해 구동되고, 핀홀 PH1의 이동량은 제어부 CTR로부터 액추에이터 AFD1에 입력된다.

[0033] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 실시형태에서는, 수광 소자 LR1a에 있어서의 광량의 검출 결과에 근거하여 포커스 제어를 행한다. 수광 소자 LR1a에 있어서의 광량 검출은 비교적 단시간에 실행 할 수 있으므로, 본 실시형태에 따른 포커스 제어를 행함으로써, 포커스 제어의 고속화를 실현할 수 있다. 또한, 수광 소자 LR1a에서 검출되는 광량은, 기판 PL 위의 노광 영역에 있어서 반사된 광속을 직접 검출한 것이기 때문에, 수광 소자 LR1a에 있어서 검출된 광량에 근거하여 포커스 제어를 행함으로써, 포커스 제어의 정밀도를 높일 수 있다.

[0034] 본 실시형태에서는, 비교적 경량의 핀홀 PH1을 구동시킴으로써 포커스 제어를 행하고 있기 때문에 포커스 제어의 고속화를 실현하기 쉽다. 또한, 디포커스 량의 검출, 포커스 제어 및 스포 광의 작은 직경화를 위해 핀홀 PH1을 사용하고 있기 때문에, 노광장치 전체로서의 구성을 간략화할 수 있다.

[0035] 본 실시형태에서는, 복수의 수광부가 2차원 형상으로 배치된 수광 소자 LR1a를 사용하는 것을 상정하고 있다. 수광 소자 LR1a를 구성하는 각 수광부는 각각, 핀홀 PH1의 1개의 개구 및 DMD를 구성하는 1개의 마이크로 미러에 대응하고 있다. 이에 따라, DMD를 구성하는 1개의 미러에서 반사된 광속에 의해 노광되는 기판 상의 영역마다 포커스 제어를 실행할 수 있으므로, 포커스 제어의 정밀도를 높일 수 있다.

[0036] 한편, 복수의 수광부에서 개별적으로 광량의 검출을 행하면 포커스 제어에 시간을 필요로 할 우려가 있다. 따라서, DMD를 구성하는 1개의 마이크로 미러의 노광 영역에 있어서의 기판 PL의 표면 형상의 변화량이 충분히 작은 경우에는, 수광 소자 LR1a를 1개의 수광부로 구성해도 된다. 이에 따라, 포커스 제어에 필요로 하는 시간을 한층 더 단축할 수 있다.

[0037] 또한, 본 실시형태에서는, 핀홀 PH1과 광학계 PO3의 사이에, 빔 스플리터 BS1b를 더 배치하고 있다. 빔 스플리터 BS1b에 의해 반사된 광속은 결상 렌즈 L1b에 의해 수광 소자 LR1b 위에 결상된다. 수광 소자 LR1b에 의해 검출되는 광량에 근거하여, 기판 PL의 표면 반사율의 변화에 따르는 수광 소자 LR1a에 있어서 검출되는 광량의 기준값의 보정을 행한다.

[0038] 수광 소자 LR1a에 있어서 검출되는 광량의 기준값의 보정에 대해서 상세하게 설명한다. 예를 들면, 기판 PL에는 다양한 레지스트 재료가 도포될 수 있기 때문에, 도포된 레지스트 재료의 종류에 따라 기판 PL의 표면 반사율이 변화된다. 기판 PL의 표면 반사율이 변화되면, 초점맞춤 상태에 있어서 수광 소자 LR1a에서 검출되는 최대 광량도 변화되어 버린다. 상기한 바와 같이, 본 실시형태에서는, 수광 소자 LR1a에서 검출되는 최대 광량을 기준값으로 하여 포커스 제어를 실행하고 있기 때문에, 기판 PL의 표면 반사율의 변화에 따라 기준값을 변경할 필요가 있다.

[0039] 기판 PL에 의해 반사된 광속은 핀홀 PH1을 통과하지 않고, 수광 소자 LR1b에 이른다. 그 때문에, 수광 소자 LR1b에서 검출되는 광량은, 기판 PL의 표면 반사율에 관계없이 거의 변화되지 않는다. 즉, 수광 소자 LR1b에 있어서의 검출 광량을 사용해서 수광 소자 LR1a의 검출 광량을 정규화함으로써, 기판 PL의 표면 반사율이 변화한 경우에 있어서도 포커스 제어의 정밀도를 유지할 수 있다. 예를 들면, 수광 소자 LR1a의 검출 광량과 수광

소자 LR1b의 검출 광량의 비를 사용해서 수광 소자 LR1a의 검출값의 정규화를 행할 수 있다.

[0040] (제2실시형태)

도 2를 사용해서 본 발명의 제2실시형태에 따른 노광장치에 대해 설명한다. 본 실시형태에서는, 조명 광학계 IL과 투영 광학계 PO를 포함하는 노광 유닛 EU와는 별도로, 스폰 광의 집광 위치와 기판 PL면의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량의 검출을 행하기 위한 광학 유닛 OU를 설치하고 있다. 이때, 노광 유닛 EU의 구성은 지금까지의 실시형태에 있어서 설명한 구성과 동일하기 때문에, 노광 유닛 EU에 관한 설명은 생략한다.

[0042] 광학 유닛 OU에는, 광원 LSB, 결상광학계 LK1, 제2 차광부재로서의 핀홀 PH4, 결상광학계 LK2가 포함된다. 광원 LSB에서 출사한 광속은, 결상광학계 LK1에 의해 핀홀 PH4 위에 집광되고, 결상광학계 LK2에 의해 기판 PL 위의 위치 A에 집광된다.

[0043] 결상광학계 LK1과 핀홀 PH4 사이에는 빔 스플리터 BS4a가 배치되고, 빔 스플리터 BS4a에 의해 반사된 광속은, 결상 렌즈 L4a에 의해 수광 소자 LR4a 위에 집광된다.

[0044] 핀홀 PH4는, 디포커스가 생겼을 때에, 수광 소자 LR4a에 있어서 검출되는 광량이 저하하도록 배치되어 있고, 제1실시형태에 있어서의 디포커스 량의 검출방법과 같은 방법으로, 본 실시형태에 있어서의 디포커스 량의 검출이 행해진다. 광학 유닛 OU에 의해 검출된 디포커스 량에 관한 정보는 제어부 CTR에 송신되고, 제어부 CTR는 수신한 정보에 근거하여, 노광 유닛 EU에 포함되는 제1 차광부재로서의 핀홀 PH1의 구동신호를 액추에이터 AFD1에 송신한다. 액추에이터 AFD1은 수신한 구동신호에 근거하여 핀홀 PH1을 이동시킴으로써 포커스 제어를 실행한다.

[0045] 본 실시형태와 같이, 디포커스 량을 검출하기 위한 광학 유닛 OU를, 포커스 제어를 실행하기 위한 노광 유닛 EU와 다른 유닛으로 함으로써, 노광 처리의 스루풋을 향상시킬 수 있다.

[0046] 도 2에 있어서, 기판 PL이 X축의 플러스측으로부터 마이너스측을 향해서 주사 노광될 경우에 대해 설명한다. 기판 PL 위의 노광 영역은, 광학 유닛 OU의 투영 영역을 통과한 후에 노광 유닛 EU의 투영 영역을 통과한다. 즉, 광학 유닛 OU의 투영 영역을 통과한 타이밍에서 검출된 디포커스 량에 근거하여 포커스 제어를 실행한 후에, 노광 유닛 EU에 의해 노광 처리를 실행할 수 있다. 포커스 제어를 위해 기판 PL을 정지시키지 않고 주사 노광을 행할 수 있기 때문에, 포커스 정밀도의 향상과 스루풋 향상을 양립시키는 것이 가능해 진다.

[0047] (제3실시형태)

[0048] 도 3을 사용해서 본 발명의 제3실시형태에 따른 노광장치에 대해 설명한다. 본 실시형태에서는, 조명 광학계 IL과 투영 광학계 PO를 포함하는 노광 유닛 EU와는 별도로, 스폰 광의 집광 위치와 기판 PL면의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량의 검출을 행하기 위한 광학 유닛 OU2를 설치하고 있다. 이때, 노광 유닛 EU의 구성은 지금까지의 실시형태에 있어서 설명한 구성과 동일하기 때문에, 노광 유닛 EU에 관한 설명은 생략한다.

[0049] 본 실시형태와 제2실시형태와의 차이는, 광학 유닛 OU2에 있어서의 디포커스 검출방법에 있다. 본 실시 형태에 있어서의 광학 유닛 OU2에서는, 기판 PL 위에 광속을 경사 입사시키고, 기판 PL에서 반사된 광속을 수광 소자 LRo에 집광시킴으로써 얻어지는 신호에 근거하여 디포커스의 검출을 행한다.

[0050] 광원 LDD로부터 출사한 광속을 결상 렌즈 L01에 의해 기판 PL 위에 집광하고, 기판 PL에서 반사된 광속을 결상 렌즈 L02에 의해 수광 소자 LRo 위에 집광시킨다. 디포커스가 생겼을 때에는, 수광 소자 LRo 위의 집광 위치에 어긋남이 생긴다. 포커스 제어부 CTRD는, 수광 소자 LRo 위의 집광 위치의 어긋남 량에 근거하여 디포커스 량을 결정한다.

[0051] 광학 유닛 OU2에 의해 검출된 디포커스 량에 관한 정보는 제어부 CTR에 송신되고, 제어부 CTR는 수신한 정보에 근거하여, 노광 유닛 EU에 포함되는 핀홀 PH1의 구동신호를 액추에이터 AFD1에 송신한다. 액추에이터 AFD1은 수신한 구동신호에 근거하여 핀홀 PH1을 이동시킴으로써 포커스 제어를 실행한다.

[0052] 본 실시형태와 같이, 디포커스 량을 검출하기 위한 광학 유닛 OU2를, 포커스 제어를 실행하기 위한 노광 유닛 EU와 다른 유닛으로 함으로써, 노광 처리의 스루풋을 향상시킬 수 있다. 본 실시형태에 있어서도 제2실시형태와 마찬가지로, 포커스 제어를 위해 기판 PL을 정지시키지 않고 주사 노광을 행할 수 있기 때문에, 포커스 정밀도의 향상과 스루풋 향상을 양립시키는 것이 가능해 진다.

[0053] (주사 노광의 개요)

[0054] 도 4는, 기판 상의 주사 노광의 개요를 도시한 도면이다. DMD는 XY 평면 내에 배치된 복수의 마이크로 미러로 구성되고, 도 4에 있어서의 각 점은, DMD를 구성하는 마이크로 미러에 의해 형성된 스폿 광을 나타내고 있다.

[0055] 도 4에 있어서의 S_x , S_y 는 주사 노광시의 기판 PL의 주사 방향을 나타내고 있다. 기판 PL의 주사 방향에 대하여 스폿 광의 배열 방향이 각도 α 만큼 경사지도록 구성되어 있다. 이러한 구성으로 함으로써, 기판 PL 위를 균일하게 노광할 수 있다. S_y 방향으로 기판이 주사될 경우에는, S_x - S_y 좌표에 있어서의 $S_x=0$ 에 위치하는 영역은, 도 4 중에 혹점으로 나타낸 바와 같이 간헐적으로 복수회에 걸쳐 노광된다. 도 4는, 기판 PL 위의 특정한 노광 영역이, 스폿 광 S1, S2, S3, S4, S5에 있어서 순차 노광되는 형상을 나타내고 있다.

[0056] 각 노광 타이밍에서 검출된 수광 소자에 있어서의 광량에 근거하여 전술한 포커스 제어가 행해진다. 특정한 스폿 광 S_n 의 조사에 의해 수광 소자에서 검출된 광량에 근거하여, 스폿 광 A_{n+1} 에 의한 노광을 위한 포커스 제어를 실행해도 되고, 복수의 스폿 광의 조사에 의해 수광 소자에서 검출된 광량에 근거하여 포커스 제어를 실행해도 된다.

[0057] 예를 들면, 스폿 광 S_n 내지 S_{n+99} 의 각 스폿 광의 조사마다 수광 소자에서 검출된 광량에 근거하여, 스폿 광 S_{n+100} 에 의한 노광을 위한 포커스 제어를 실행할 수 있다.

[0058] 기판 상의 특정한 영역에 대한 주사 노광에 있어서의 포커스 제어방법에 대해서 도 5를 사용하여 설명한다. 도 5에 있어서, 가로축은 스폿 광의 집광 위치와 기판 면의 위치 어긋남을 나타내는 디포커스 량을 표시하고 있다. 세로축은 수광 소자에 있어서의 검출 광량을 나타내고 있다. 이하, 실시형태 1에 관한 노광장치에 있어서의 포커스 제어방법에 대해 설명한다.

[0059] 도 5 중의 (A)는, 포커스 제어의 개시시에 수광 소자에 의해 검출되는 광량과 포커스 제어의 개시시의 디포커스 량을 나타내고 있다. (A)의 단계에서는, 스폿 광의 집광 위치와 기판 면의 위치 어긋남의 방향이 불명이기 때문에, 핀홀 PH1을 광원 LS측과 기판 PL측 중 어느 한개를 향해서 구동한다. 예를 들면, 디포커스 량이 마이너스 방향으로 Z1만큼 증대하도록 핀홀 PH를 이동시키면, (B)과 같이 수광 소자에 있어서 검출되는 광량이 저하된다. 이 시점에서, 핀홀 PH를 이동시키는 방향과 수광 소자에 있어서의 검출 광량의 증감의 관계가 판명되기 때문에, (C)에서는, (A)로부터 (B)에의 핀홀 PH1의 구동 방향과는 반대 방향으로 핀홀 PH1을 이동시킨다. 여기에서, (B)로부터 (C)에의 핀홀 PH1의 이동량이, (A)로부터 (B)에의 핀홀 PH1의 이동량의 2배가 되도록 핀홀 PH1이 구동된다.

[0060] 이상과 같이 핀홀 PH1의 구동방향을 적절히 설정함으로써, 고속의 포커스 제어를 실현할 수 있다.

[0061] 이때, 도 5에서 나타낸 것과 같이, 포커스 제어를 개시하는 타이밍에서는 핀홀의 구동 방향과 디포커스의 증감의 관계가 불명이기 때문에, 포커스 제어의 개시시에는 디포커스 량이 증대하는 방향으로 핀홀을 이동시켜 버리는 일이 있다. 단, 도 4에서 나타낸 것과 같이, 마스크리스 노광장치에서는, 기판 상의 특정한 노광 영역에 있어서 스폿 광에 의한 노광을 복수회에 걸쳐 행하는 다중노광이 실행된다. 그 때문에, 가령 포커스 제어의 개시시에 디포커스 량을 증대시키는 것 같은 제어를 행했다고 하더라도, 초기 단계의 노광에 있어서의 포커스 제어의 정밀도에 영향을 미칠 뿐이며, 기판 상의 패턴 형성 정밀도를 저하시킬 가능성은 낮다.

[0062] 또한, 도 6에 나타낸 것과 같이, 실제의 기판 PL의 표면 높이는 완만하게 변화하고 있는 경우가 많다. 도 6은, 기판 PL에 있어서의 표면 높이의 Y축 방향의 변동을 나타내고 있다. 예를 들면, Y축 방향의 위치 Y_s 에 있어서는, 도 4에 나타낸, 스폿 광 S1, S2, S3, S4, S5에 의해 순차 주사 노광이 행해진다. 또한, 스폿 광 S1에 주목하면, 스폿 광 S1에 의해 Y_s , Y_s+1 , Y_s+2 , … Y_e 의 각 영역의 노광이 순차 행해진다.

[0063] 고정밀도의 노광 동작을 실행하기 위해서는, 기판의 표면 높이의 변동에 맞춰서 디포커스 량을 저감시키는 포커스 제어를 행하는 것이 요구된다. 단, 도 5에 있어서 설명한 바와 같이, 주사 노광의 개시 타이밍에서는 디포커스 량을 저감시키기 위해서 핀홀 PH1을 구동하는 방향이 정해지지 않고 있다.

[0064] 그러므로 주사 노광의 개시 직후의 기간에서는, 포커스 정밀도가 불충분한 상태에서 노광 동작이 실행되어 베릴 우려가 있다. 도 6의 예에서는, 스폿 광 S1에 의한 위치 Y_s 에서의 노광에 있어서의 포커스 정밀도가 불충분할 우려가 있다. 단, 도 5에 나타낸 것과 같이, 계속해서 포커스 제어를 실행함으로써, 포커스 정밀도를 높이는 것이 가능하다.

[0065] 구체적으로는, 스폿 광 S2에 의한 노광에 있어서의 포커스 정밀도는, 스폿 광 S1에 의한 노광에 있어서

의 포커스 정밀도보다도 저하할 가능성이 있다. 그렇지만, 스폿 광 S3에 의한 노광에 있어서의 포커스 정밀도는, 스폿 광 S1이나 S2에 의한 노광에 있어서의 포커스 정밀도보다도 향상시키는 것이 가능하다.

[0066] 이렇게 기판 PL 위의 특정한 영역에 있어서 스폿 광에 의한 노광을 반복하여 행하는 다중노광을 실행함으로써, 고정밀도의 패턴 형성이 가능해 진다. 이것은, 포커스 정밀도가 불충분한 상태에서 노광되는 노광량의 다중노광 전체의 노광량에 차지하는 비율이 작기 때문이다.

[0067] (변형예)

[0068] 각 실시형태에서는, 포커스 제어를 위해 핀홀 PH1을 일체로 이동시키고 있지만, 개별적으로 구동가능한 복수의 부재에 의해 핀홀 PH1을 구성해도 된다. 예를 들면, 개구를 갖는 부재를 복수 배치하고, 포커스 제어에 있어서 기판 PL 위의 영역에 대응하는 부재를 이동시킴으로써, 포커스 정밀도를 높일 수 있다.

[0069] (물품의 제조방법)

[0070] 본 발명의 실시형태에 따른 물품의 제조방법은, 예를 들면, 반도체 디바이스 등의 마이크로 디바이스나 미세 구조를 갖는 소자 등의 물품을 제조하는데 적합하다. 본 실시형태의 물품의 제조방법은, 기판에 도포된 감광제에 상기한 노광장치를 사용해서 잠상 패턴을 형성하는 공정(기판을 노광하는 공정)과, 이러한 공정에서 잠상 패턴이 형성된 기판을 현상하는 공정을 포함한다. 더구나, 이러한 제조방법은, 다른 주지의 공정(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩, 패키징 등)을 포함한다. 본 실시형태의 물품의 제조방법은, 종래의 방법에 비해, 물품의 성능·품질·생산성·생산 코스트의 적어도 1개에 있어서 유리하다.

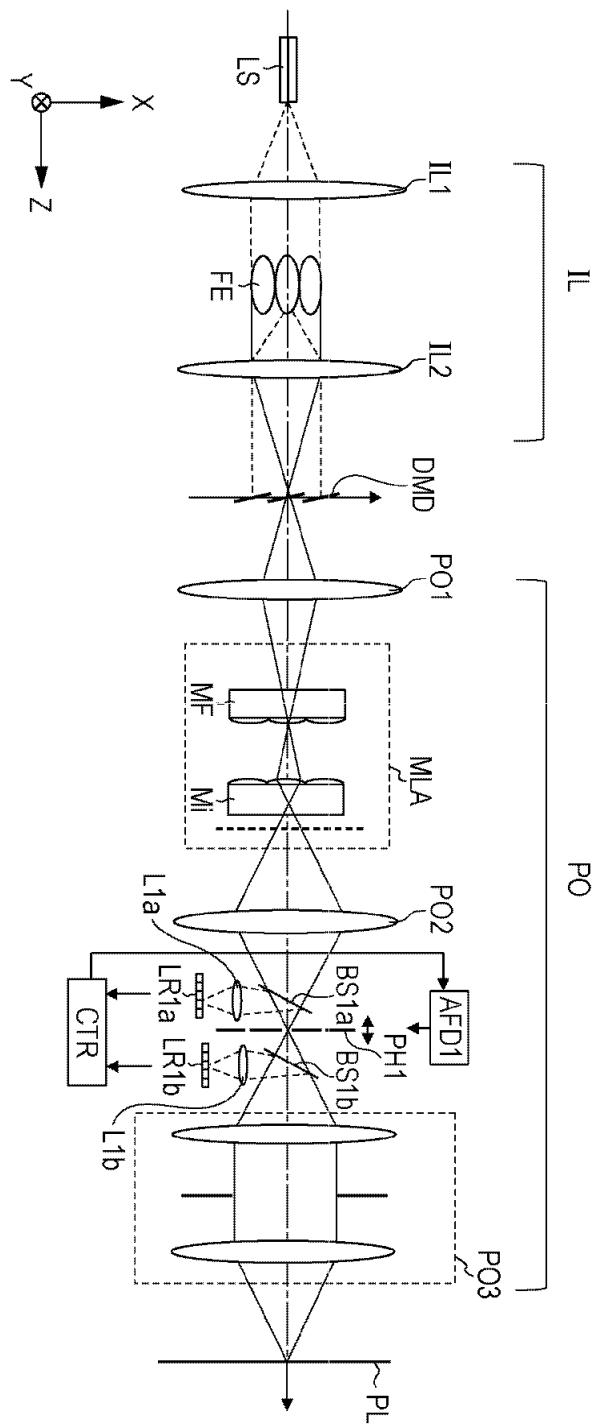
[0071] 이상, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대해 설명했지만, 본 발명은 이들 실시형태에 한정되지 않는 것은 말할 필요도 없고, 그 요지의 범위 내에서 다양한 변형 및 변경이 가능하다.

[0072] 본 발명은 상기 실시형태에 제한되는 것은 아니고, 본 발명의 정신 및 범위에서 이탈하지 않고, 다양한 변경 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 범위를 밝히기 위해서 이하의 청구항을 첨부한다.

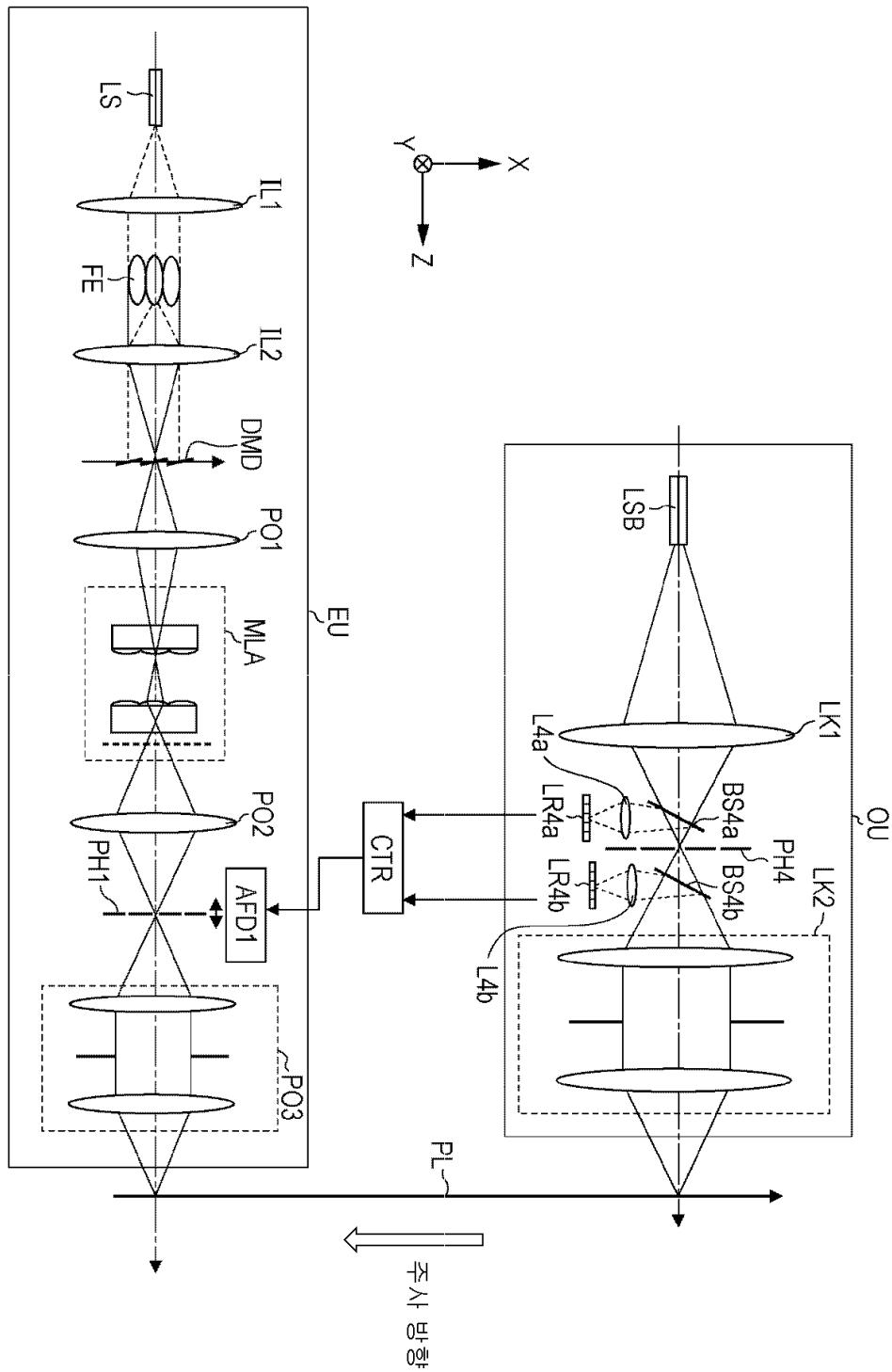
[0073] 본원은, 2017년 10월 24일 제출된 일본국 특허출원 특원 2017-205645와 2018년 8월 2일 제출된 일본국 특허출원 특원 2018-146250을 기초로 하여 우선권을 주장하는 것이며, 그것의 기재 내용의 전체를 여기에 원용 한다.

도면

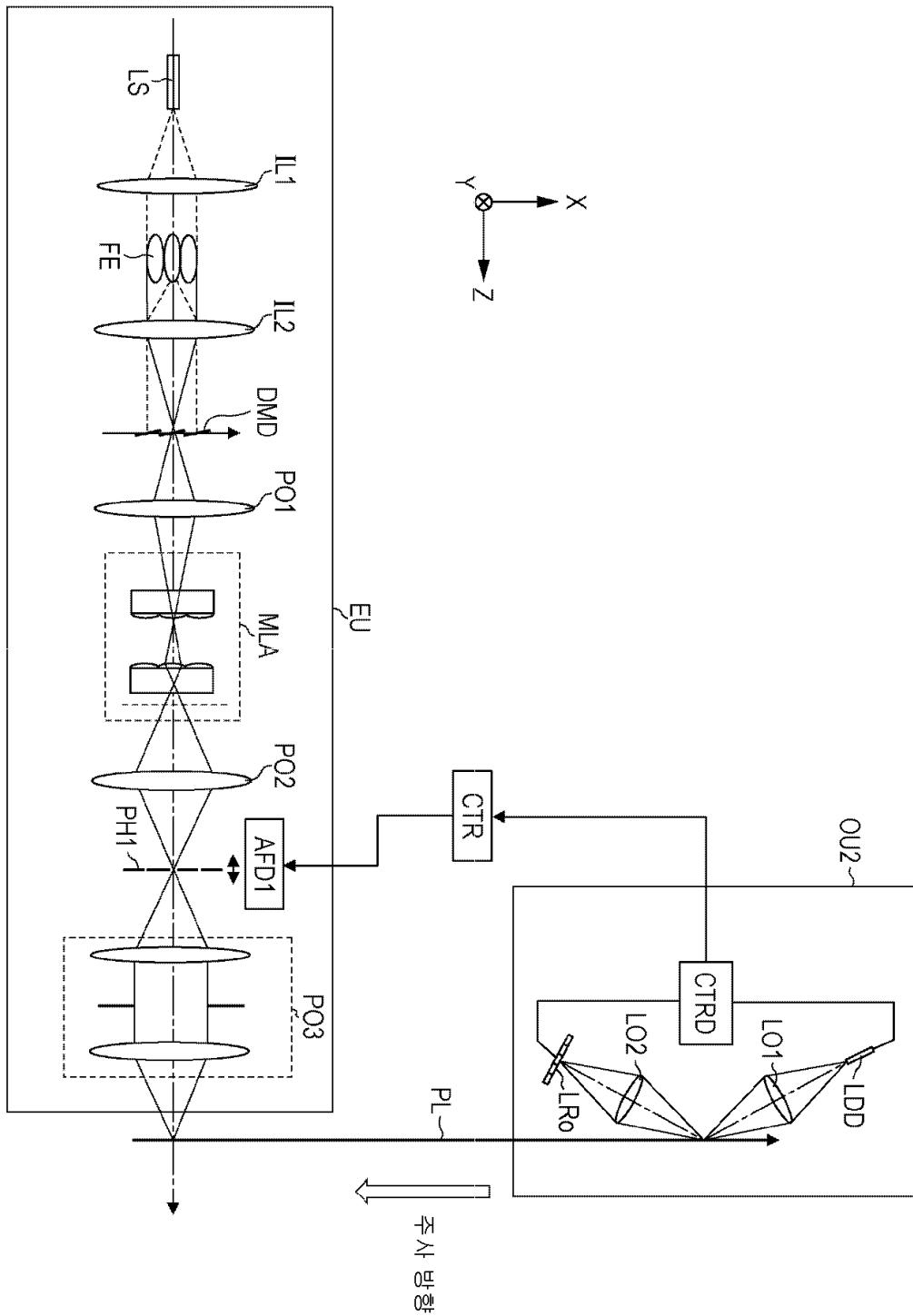
도면1



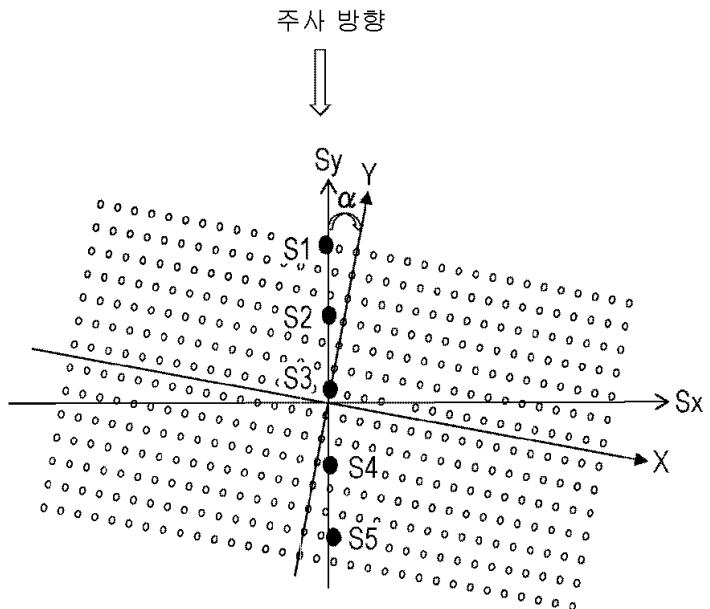
도면2



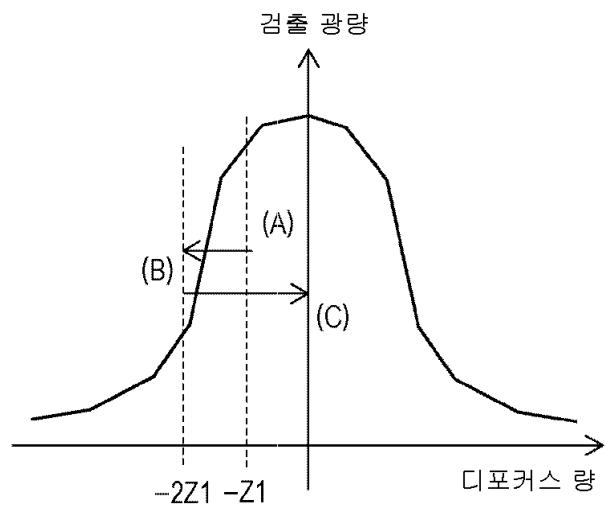
도면3



도면4



도면5



도면6

