



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0007721
(43) 공개일자 2020년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G03F 7/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G03F 7/70633 (2013.01)

G03F 7/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0084200

(22) 출원일자 2019년07월12일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

JP-P-2018-133431 2018년07월13일 일본(JP)

(71) 출원인

캐논 가부시끼가이샤

일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자

미야하루 다카후미

일본 1468501 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메

30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

(74) 대리인

장수길, 이중희

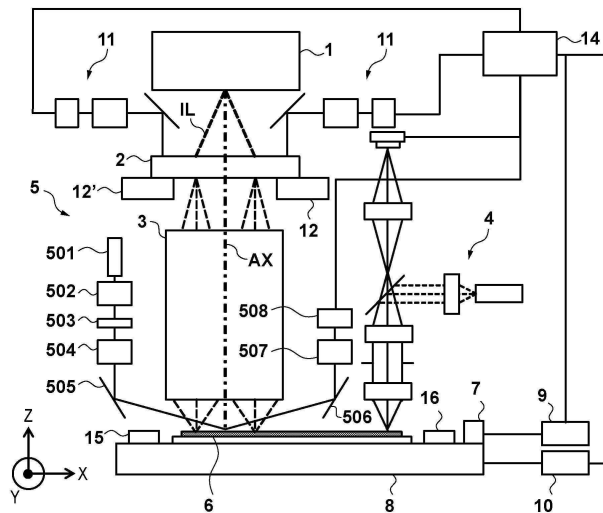
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 노광 장치 및 물품 제조 방법

(57) 요약

노광 장치는 마스크의 패턴을 투영하기 위한 투영 광학계, 기관을 보유지지하는 기관 스테이지, 및 상기 기관 스테이지에 설치되는 계측기로서, 기관측 마크가 형성되어 있는 플레이트, 및 마스크측 마크, 투영 광학계, 및 기관측 마크를 투과한 광을 검출하는 센서를 포함하고, 센서에 의해 검출된 광량을 계측하도록 구성되는 계측기를 포함한다. 기관측 마크는 센서의 감도 영역의 중심에 배치되는 중앙 마크 및 중앙 마크의 주변에 배치되는 주변 마크를 포함한다. 중앙 마크는 투영 광학계의 광축에 평행한 방향으로 기관 스테이지를 구동하는 것을 포함하는 광량의 계측에 사용된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G03F 7/70141 (2013.01)

G03F 7/70258 (2013.01)

G03F 7/70691 (2013.01)

G03F 7/70725 (2013.01)

G03F 7/70775 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

노광 장치이며,

마스크 스테이지에 보유지되던 마스크의 패턴을 투영하도록 구성되는 투영 광학계;

기관을 보유지하면서 이동가능한 기관 스테이지; 및

상기 기관 스테이지에 설치된 계측기로서, 기관측 마크가 형성된 플레이트와, 상기 마스크 또는 상기 마스크 스테이지에 형성된 마스크측 마크, 상기 투영 광학계, 및 상기 기관측 마크를 투과한 광을 검출하는 센서를 포함하고, 상기 센서에 의해 검출된 상기 광의 양을 계측하도록 구성되는 계측기를 포함하며,

상기 기관측 마크는 상기 센서의 감도 영역의 중심에 배치된 중앙 마크와 상기 중앙 마크의 주변에 배치된 주변 마크를 포함하고, 상기 중앙 마크는 상기 기관 스테이지를 상기 투영 광학계의 광축과 평행한 제1 방향으로 구동하는 것을 포함하는 상기 광의 양의 계측에 사용되는 마크인 노광 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 중앙 마크는 상기 투영 광학계의 주 광의 기울기를 나타내는 텔레센트릭 특성을 계측하는 처리에 사용되는 마크인 노광 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 텔레센트릭 특성을 계측하는 상기 처리는, 상기 기관 스테이지를 상기 제1 방향으로 구동할 때에 발생하는, 상기 투영 광학계에 의해 투영된 상기 마스크측 마크의 상의, 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향의 상기 중앙 마크로부터의 위치 어긋남량을 구하는 처리를 포함하는 노광 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 중앙 마크는, 상기 기관 스테이지를 상기 제1 방향으로 구동하면서 상기 광의 양을 계측함으로써 상기 제1 방향에서의 베스트 포커스 위치를 결정하는 처리에 사용되는 마크인 노광 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 중앙 마크는, 상기 제1 방향에 직교하는 제2 방향으로 구동을 행하면서 상기 광의 양을 계측함으로써, 상기 투영 광학계에 의해 투영된 상기 마스크측 마크의 상의, 상기 제2 방향의 상기 중앙 마크로부터의 위치 어긋남량을 결정하는 처리에 사용되는 마크인 노광 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 중앙 마크는 상기 감도 영역의 표면에 평행하고 상기 제2 방향에 직교하는 제3 방향으로 연장되는 형상을 갖는 제1 중앙 마크를 포함하고, 상기 제1 중앙 마크는 상기 제2 방향에서의 중앙 위치에 배치되는 노광 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 중앙 마크는 상기 제2 방향으로 연장되는 형상을 갖는 제2 중앙 마크를 더 포함하고, 상기 제2 중앙 마크는 상기 제3 방향에서의 중앙 위치에 배치되는 노광 장치.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 중앙 마크는, 상기 제2 방향 또는 상기 제3 방향에 평행한 상기 감도 영역의 중심선 상의 위치에 배치되고 상기 감도 영역의 중심에 대하여 대칭인 한 쌍의 제3 중앙 마크를 더 포함하는 노광 장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 중앙 마크는 상기 플레이트와 상기 감도 영역을 정렬시키기 위한 얼라인먼트 마크를 더 포함하는 노광 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 감도 영역의 사이즈를 S로 하고, 상기 플레이트의 이면과 상기 감도 영역 사이의 거리를 L로 하고, 상기 플레이트의 두께를 L'로 하고, 상기 플레이트의 굴절률을 n으로 하며, 계측되는 조명 모드의 개구수를 NA으로 하면, 상기 중앙 마크는 상기 감도 영역의 중심으로부터

$$S/2 - 3 \cdot (L \cdot \tan(\text{asin}(NA)) + L' \cdot \tan(\text{asin}(NA/n)))$$

에 의해 표현되는 반경(R) 내의 영역에 배치되는 노광 장치.

청구항 11

물품 제조 방법이며,

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 노광 장치를 사용하여 기판을 노광하는 단계; 및

상기 노광 단계에서 노광된 상기 기판을 현상하는 단계를 포함하며,

상기 현상 단계에서 현상된 상기 기판으로부터 물품을 제조하는 물품 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 노광 장치 및 물품 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 노광 장치에서는, 조명 광학계 및 투영 광학계의 상 성능이 CD나 오버레이에 영향을 미친다. 그러므로, 에어리얼 화상 계측기(aerial image measurement device)를 사용하여, 조명 광학계 및 투영 광학계의 광학 특성을 계측하고 조정한다. 일본 특허 공개 제2003-059817호는, 에어리얼 화상 계측기의 광축 방향에서 포커스 위치를 변화시키면서 광축에 대해 수직인 단면 방향의 시프트 계측을 행함으로써 조명 광학계의 텔레센트릭 특성을 계측하는 방법을 기재하고 있다. 또한, 일본 특허 공개 제2008-294019호는, 에어리얼 화상 계측기의 패턴 기관에 얼라인먼트 마크를 형성하고, 투영 광학계에 의해 투영된 상과 패턴 기관을 광축 둘레의 회전 방향으로 조정하는 방법을 기재하고 있다. 이들 에어리얼 화상 계측기는, Cr 막 등의 차광 부재에 의해 형성되는 개구부를 갖는 유리 플레이트와 센서를 포함한다.

[0003] 공교롭게도, 종래의 에어리얼 화상 계측기는, 유리 플레이트의 개구부의 중심과 센서의 감도 영역의 중심 사이의 어긋남이 주사 신호의 검출 광량을 왜곡하여 계측 오차가 발생하는 과제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은, 예를 들어 마크 계측에서의 계측 오차를 저감하는데 유리한 노광 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명은 그 일 양태에서 마스크 스테이지에 보유지된 마스크의 패턴을 투영하도록 구성되는 투영 광학계, 기관을 보유지하면서 이동가능한 기관 스테이지, 및 상기 기관 스테이지에 설치된 계측기로서, 기관측 마크가 형성된 플레이트와 상기 마스크 또는 상기 마스크 스테이지에 형성된 마스크측 마크, 상기 투영 광학계, 및 상기 기관측 마크를 투과한 광을 검출하는 센서를 포함하고, 상기 센서에 의해 검출된 상기 광의 양을 계측하도록 구성되는 계측기를 포함하며, 상기 기관측 마크는 상기 센서의 감도 영역의 중심에 배치된 중앙 마크와 상기 중앙 마크의 주변에 배치된 주변 마크를 포함하고, 상기 중앙 마크는 상기 기관 스테이지를 상기 투영 광학계의 광축과 평행한 제1 방향으로 구동하는 것을 포함하는 상기 광의 양의 계측에 사용되는 마크인 노광 장치를 제공

한다.

[0006] 본 발명의 추가적인 특징은 (첨부된 도면을 참고한) 예시적인 실시형태에 대한 이하의 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 실시형태에 따른 노광 장치의 구성을 도시하는 도면이다.
 도 2는 실시형태에서의 계측 마크의 예를 도시하는 도면이다.
 도 3은 레티클 측의 계측 마크의 상세 예를 도시하는 도면이다.
 도 4는 위치 검출기와 레티클 사이의 상대 위치 관계(베이스라인)를 도시하는 도면이다.
 도 5a는 계측기의 구성을 도시하는 도면이다.
 도 5b는 계측기의 복수의 계측 마크의 예를 도시하는 도면이다.
 도 6은 계측 마크의 X 방향의 위치와 광전 변환부의 출력값 사이의 관계를 예시적으로 도시하는 도면이다.
 도 7은 계측 마크로부터 얻어지는 텔레센트릭 특성을 도시하는 개략도이다.
 도 8a는 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하지 않는 조건을 설명하는 도면이다.
 도 8b는 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하지 않는 조건을 설명하는 도면이다.
 도 9a는 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하는 조건을 설명하는 도면이다.
 도 9b는 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하는 조건을 설명하는 도면이다.
 도 10a는 렌즈를 포함하는 계측기에서 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하는 모습을 도시하는 도면이다.
 도 10b는 렌즈를 포함하는 계측기에서 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하는 모습을 도시하는 도면이다.
 도 11a는 실시형태에 따른 계측기의 구성을 도시하는 도면이다.
 도 11b는 실시형태에 따른 계측기에서의 복수의 계측 마크의 예를 도시하는 도면이다.
 도 11c는 실시형태에 따른 계측기에서의 얼라인먼트 마크의 예를 도시하는 도면이다.
 도 12는 실시형태에 따른 계측기의 구성을 도시하는 도면이다.
 도 13은 실시형태에 따른 계측기의 구성을 도시하는 도면이다.
 도 14는 실시형태에 따른 조명 광학계의 퓨필 분포를 계측하는 계측기의 구성을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명의 다양한 예시적인 실시형태, 특징 및 양태를 도면을 참고하여 이하에서 상세하게 설명한다.

[0009] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다. 이하의 실시형태는 본 발명을 실시하는 경우의 구체예를 나타내는 것에 지나지 않으며, 따라서 본 발명은 이하의 실시형태로 한정되는 것은 아니라는 것에 유의한다. 또한, 이하의 실시형태에서 설명되는 특징의 조합 모두가 본 발명의 과제를 해결하는 데 반드시 필수적인 것은 아니라는 것에 유의한다. 또한, 도면에서 동일한 참조 부재는 유사 부재를 나타내며, 그에 대한 반복적인 설명은 생략한다.

[0010] <제1 실시형태>

[0011] 도 1은 본 실시형태에 따른 노광 장치의 구성을 도시하는 도면이다. 본 명세서에서는, 수평면을 XY 평면으로 하는 XYZ 좌표계에서 방향을 나타낸다. 일반적으로, 기판(6)은 기판(6)의 표면이 수평면(XY 평면)에 대해 평행해지도록 기판 스테이지(8) 위에 놓이고, 투영 광학계의 광축(AX)은 XY 평면에 대해 직교하는 Z 축과 평행하다. 제어부(14)가 노광 장치의 동작을 관리한다. 조명 광학계(1)로부터 사출된 광(IL)은, 레티클 스테이지(마스크 스테이지)(도시되지 않음) 위에 형성된 레티클 세트 마크(12 및 12')를 기준으로 배치된 레티클(2)을 조명한다. 레티클(2)은, 레티클 세트 마크(12 및 12') 및 레티클(2) 위에 형성된 레티클 세트 마크(도시되지 않음)를 동시

에 관찰할 수 있는 레티클 얼라인먼트 스코프(11)에 의해 위치결정된다.

- [0012] 원판(마스크)으로서의 레티클(2) 상의 패턴을 투과한 광의 상이 투영 광학계(3)에 의해 기관(6) 상에 형성되어, 기관(6) 상에 노광 패턴을 형성한다. 기관(6)은, X, Y, 및 Z 축 방향 및 이들 축 둘레의 회전 방향으로 이동가능한 기관 스테이지(8)에 보유지지되어 있다. 스테이지 제어 시스템(10)이 기관 스테이지(8)를 제어한다. 기관 스테이지(8) 상에는, 베이스라인 계측용의 계측기(15)(에어리얼 화상 계측기 또는 공간 화상 계측기라고도 칭함)(도시되지 않음)가 설치되어 있다.
- [0013] 한편, 기관(6) 상에는 얼라인먼트 마크(도시되지 않음)가 형성되어 있고, 전용 위치 검출기(4)가 이러한 얼라인먼트 마크의 위치를 계측한다. 미러(7)를 참조하는 간섭계(9)가 기관 스테이지(8)의 위치를 항상 계측하고, 간섭계(9)의 계측 결과 및 위치 검출기(4)의 얼라인먼트 마크 계측 결과로부터 기관(6) 상에 형성된 칩의 배열 정보가 산출된다.
- [0014] 기관(6)을 노광할 때, 투영 광학계(3)에 의해 형성되는 상의 포커스 위치에 대하여 정렬을 행해야 하며, 포커스 검출기(5)가 포커스 방향의 기관(6)의 위치를 검출한다. 포커스 검출기(5)에서, 광원(501)으로부터 사출된 광은, 조명 렌즈(502), 슬릿(503), 투광 렌즈(504), 및 미러(505)에 의해 슬릿(503)에 의해 규정되는 패턴 광을 기관(6) 위에 비스듬히 투영된다. 기관(6) 위에 투영된 패턴 광은 기관 표면에 의해 반사되고, 대향 측에 설치된 미러(506)를 통해서 수광 렌즈(507)에 의해 CCD 등의 광전 변환부(508)에 입력된다. 광전 변환부(508)에 의해 얻어지는 슬릿 상의 위치로부터 기관(6)의 포커스 방향을 계측할 수 있다.
- [0015] 상술한 바와 같이, 위치 검출기(4)는 기관(6) 상에 형성되어 있는 칩 배열 정보를 검출하지만, 미리 도 4에 도시된 바와 같은 위치 검출기(4)와 레티클(2) 사이의 상대 위치 관계(베이스라인(B.L.))를 얻을 필요가 있다. 이하, 베이스라인 계측 방법의 개략을 설명한다. 도 2는 레티클(2)과 레티클 기준 플레이트(22) 위에 형성된 레티클측 계측 마크(20 및 21)(마스크측 마크)를 나타낸다. 도 3은 도 2에 도시된 계측 마크(20 및 21)의 상세 예를 나타내고 있다. 레티클(2)은 차광 구역(40)의 내측에 실제 소자 패턴이 형성되어 있는 노광 영역(41)을 갖는다. 차광 구역(40)의 주변부에 계측 마크(20)가 형성된다. 계측 마크(20)는, 도 3에 도시한 바와 같이, X 방향을 계측하기 위한 계측 마크(20x) 및 Y 방향을 계측하기 위한 계측 마크(20y)를 포함한다. 계측 마크(20x)는 Y 방향으로 연장되는 개구부 및 차광부의 반복 패턴으로서 형성된다. 계측 마크(20y)는, 계측 마크(20x)의 연장 방향에 직교하는 X 방향으로 연장되는 개구부 및 차광부의 반복 패턴으로서 형성된다. 계측 마크(20x 및 20y)의 연장 방향은 X 또는 Y 방향과 평행할 필요는 없다는 것에 유의한다. 예를 들어, 계측 마크(20x 및 20y)는 X 방향에 대하여 45° 또는 135° 기울어진 방향으로 연장될 수도 있다.
- [0016] 도 2에 도시한 바와 같이, 노광 장치는 레티클(2)과 동일한 높이에 레티클 기준 플레이트(22)를 포함한다. 레티클 스테이지(도시되지 않음)를 구동함으로써 레티클 기준 플레이트(22)를 투영 광학계(3) 바로 위의 위치로 구동할 수 있다. 레티클 기준 플레이트(22)에는, 레티클(2)이 노광 장치에 장착되어 있지 않을 때에도 캘리브레이션 계측이 행해질 수 있도록, 계측 마크(20, 21)가 형성된다. 또한, 레티클 기준 플레이트(22)에 복수의 계측 마크(20 및 21)가 X 방향(투영 광학계(3)의 비스캔 방향)으로 배치되기 때문에, 이들 마크는 투영 광학계(3)의 디스토션 또는 상면의 수차의 계측에도 사용될 수 있다. 도 3에 도시한 바와 같이, 계측 마크(21)는 X 방향의 대략 계측을 위한 계측 마크(21x)와 Y 방향의 대략 계측을 위한 계측 마크(21y)를 포함한다. 계측 마크(21x)는 Y 방향으로 연장되는 개구부에 의해 형성되며, 계측 마크(21y)는 계측 마크(21x)의 연장 방향과 직교하는 X 방향으로 연장되는 개구부에 의해 형성된다. 조명 광학계(1)가 이들 계측 마크에 노광광을 조명하면, 도 4에 도시된 바와 같이, 투영 광학계(3)는 계측 마크를 투과한 광의 개구부 패턴 상을 기관 측의 베스트 포커스 위치에 형성한다.
- [0017] 도 5a는 기관 스테이지(8) 상에 배치된 계측기(15)의 구성을 도시한다. 도 5a는 Y 방향에서 본 계측기(15)의 단면도이다. 계측기(15)는, 유리 플레이트(50) 및 유리 플레이트(50)의 아래에 배치된 광전 변환부(51)(센서)를 포함한다. 유리 플레이트(50)의 표면에는 Cr 막 등의 차광부(35)가 형성된다. 차광부(35)의 중앙부에는 복수의 계측 마크(33)(마스크측 마크)가 형성된다. 복수의 계측 마크(33) 각각은 노광광에 대하여 차광 특성을 갖는 차광부와 개구부로 형성된다. 그러나, 도 5a는 복수의 계측 마크(33)를 단순한 개구부로서 나타낸다. 마스크측 마크, 투영 광학계(3), 및 마스크측 마크로부터 투과된 광은 광전 변환부(51)에 도달한다. 광전 변환부(51)는 수광된 광의 강도에 대응하는 전기 신호를 출력한다. 이에 의해, 광전 변환부(51)에 의해 검출된 광의 광량(또는 강도)을 계측할 수 있다.
- [0018] 도 5b는 복수의 계측 마크(33)의 예를 나타낸다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 복수의 계측 마크(33)는, 레티클 측의 계측 마크(20x, 20y, 21x, 및 21y)에 상당하는 계측 마크(30x, 30y, 31x, 및 31y)를 포함하며, 다른 계측

마크를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 계측 마크(30s 및 30t)는, 경사 방향으로 개구부와 차광부의 반복 패턴을 갖는 계측 마크의 상을 계측하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 위치 검출기(4)에 의해 검출될 수 있는 위치 계측 마크(32)도 형성된다. 위치 계측 마크(32)가 위치 검출기(4)의 관찰 영역 내에 위치될 때, 위치 검출기(4)에 의해 검출된 결과와 그때의 간섭계에 의해 획득된 결과로부터 위치 계측 마크(32)의 위치를 구할 수 있다.

[0019] 상술한 바와 같은 복수의 계측 마크(33)는 유리 플레이트(50) 상에 배치되지만, 복수의 계측 마크(33)의 배치는 제한이 있다. 복수의 계측 마크(33)를 조명하는 광은 NA를 갖고, 복수의 계측 마크(33)를 투과하는 모든 광 성분이 광전 변환부(51)에 의해 검출되어야 하기 때문에, 복수의 계측 마크(33)가 배치될 수 있는 영역은 한정된다. 또한, 복수의 계측 마크(33)는, 미세 검출용의 계측 마크(30x, 30y, 30s, 및 30t), 대략 검출용의 계측 마크(31x 및 31y) 및 그 예비 마크도 포함할 수 있다. 복수의 계측 마크의 유리 플레이트(50) 상으로의 배치를 검토할 때, 우선 순위가 높은 계측 마크가 유리 플레이트(50) 상의 중심 근방에 배치된다. 우선 순위가 높은 계측 마크는, 고정밀도로 계측을 행할 때 사용되는 계측 마크이다. 도 5b에서는, 계측 마크(30x 및 30y)가 유리 플레이트(50) 상의 중심 근방에 배치된다.

[0020] 아래에서, 계측기(15)를 사용하여 투영 광학계(3)에 대한 위치 검출기(4)의 상대 위치(베이스라인)를 구하는 방법에 대해서 상세하게 설명한다. 먼저, 제어부(14)는, 레티클(2)에 형성된 계측 마크(20x 및 20y)를 투영 광학계(3)의 노광광이 통과하는 미리결정된 위치로 구동한다. 이하에서는 계측 마크(20x)를 예로서 설명한다. 계측 마크(20y)에 관해서도, 동일한 방법을 적용할 수 있다. 조명 광학계(1)는 미리결정된 위치로 구동된 계측 마크(20x)에 노광광을 조명한다. 투영 광학계(3)가 계측 마크(20x)를 투과한 광의 상을 기관 공간 상의 상 형성 위치에 그 마크 패턴 상으로서 형성한다. 제어부(14)는, 기관 스테이지(8)를 구동하여, 계측기(15)에 형성되어 있으며 계측 마크(20x)와 동일한 형상을 갖는 계측 마크(30x)를 마크 패턴 상과 일치하는 위치에 배치한다.

[0021] 계측기(15)가 계측 마크(20x)의 상 형성면(베스트 포커스면)에 배치되어 있는 상태에서, 계측 마크(30x)를 X 방향으로 구동하면서 광전 변환부(51)의 출력값을 모니터링한다. 도 6은 계측 마크(30x)의 X 방향 위치와 광전 변환부(51)의 출력값을 플롯한 개략적인 그래프를 나타낸다. 도 6을 참조하면, 횡축이 계측 마크(30x)의 X 방향 위치이며, 종축이 광전 변환부(51)의 출력값(I)이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 계측 마크(20x)와 계측 마크(30x)의 상대 위치를 변화시키면, 얻어지는 출력값도 변화한다. 변화 커브(60) 상에서, 계측 마크(20x)를 통과한 광이 계측 마크(30x)의 개구부와 일치하는 위치(X0)에서 출력이 최대가 된다. 이 위치(X0)를 구함으로써, 계측 마크(20x)의, 투영 광학계(3)에 의해 기관 공간 측에 형성되는 투영 상의 위치를 구할 수 있다. 얻어진 변화 커브(60)의 미리결정된 영역에서 무게중심 계산, 함수 근사 등에 의해 피크 위치를 계산함으로써, 검출 위치(X0)의 안정된 정밀한 계측값이 얻어진다.

[0022] 위에서 X 방향의 계측에 대해서 설명했다. 그러나, 계측 마크(20y)에 대응하는 계측 마크(30y)를 사용해서 마찬가지로 검출을 행함으로써, 투영 광학계(3)에 의해 형성되는 계측 마크(20x 및 20y)의 투영 상의 위치를 검출할 수도 있다. 투영 상의 베스트 포커스면에 계측기(15)가 존재한다는 전제 하에 상기 설명이 이루어졌다는 것에 유의한다. 그러나, 실제 노광 장치에서는, 포커스 방향(Z 방향)은 일부 경우에 훼손된다. 이 경우, 계측기(15)를 Z 방향으로 구동하면서, 광전 변환부(51)의 출력값을 모니터링함으로써, 베스트 포커스면을 구할 수 있다. 이와 같은 경우에, 도 6에 나타난 그래프에서, 횡축을 포커스 위치로 종축을 출력값(I)으로 간주함으로써 마찬가지로의 처리에 의해 베스트 포커스면을 산출할 수 있다.

[0023] 계측기(15)가 X 및 Y 방향과 Z 방향으로 어긋나 있는 경우, 하나의 방향에서 계측을 행하여 미리결정된 정밀도로 위치를 구한 후, 다른 방향에서 위치를 검출한다는 것에 유의한다. 이러한 처리를 교대로 반복함으로써, 최종적으로는 최적 위치를 산출할 수 있다. 예를 들어, 계측기(15)가 Z 방향으로 어긋나 있는 상태에서, 계측기(15)는 X 방향으로 구동되고, X 방향에서 저정밀 계측을 행하여, X 방향의 대략 위치를 산출한다. 그 후, 동일한 위치에서 Z 방향으로 계측기(15)를 구동하고, 베스트 포커스면을 산출한다. 다음에 베스트 포커스면에서 다시 X 방향으로 계측기(15)를 구동하여, 계측을 행한다. 이에 의해 X 방향의 최적 위치를 정밀하게 구할 수 있다. 통상, 상술한 바와 같이 교대의 계측을 한 번 행함으로써 정밀한 계측을 행할 수 있다. 이상의 예에서는 X 방향의 계측을 먼저 행하지만, Z 방향의 계측을 먼저 행해도 최종적으로는 정밀한 계측을 행할 수 있다.

[0024] 이상으로부터, 계측기(15)를 사용하여 계측 마크(20x 및 20y)의 투영 상의 XY 위치가 산출된다. 그 후, 제어부(14)는 계측기(15)를 위치 검출기(4)를 향해 구동하고, 위치 검출기(4)는 위치 계측 마크(32)의 위치를 검출한다. 기관 스테이지(8)의 구동량 및 위치 검출기(4)의 검출 결과를 사용함으로써, 투영 광학계(3) 및 위치 검출

기(4)의 상대 위치(베이스라인)를 산출할 수 있다.

[0025] 또한, 계측기(15)는, 조명 광학계(1)와 투영 광학계(3)의 주 광선의 기울기를 나타내는 텔레센트릭 특성을 계측하기 위해서도 사용된다. 기관(6)이 노광될 때 텔레센트릭 특성이 크면, 상 시프트가 발생하고, 이는 오버레이 오차를 유발한다. 그러므로, 계측기(15)를 사용해서 텔레센트릭 특성을 계측하고, 예를 들어 조명 광학계(1) 및 투영 광학계(3)의 렌즈를 구동함으로써 텔레센트릭 특성을 조정한다. 이하, 계측기(15)를 사용해서 텔레센트릭 특성을 계측하는 시퀀스의 예를 설명한다. 제어부(14)는, 레티클 기준 플레이트(22) 위에 형성된 계측 마크(21x 및 21y)를, 투영 광학계(3)의 노광광이 통과하는 미리결정된 위치로 구동한다. 계측 마크(21x)를 일례로 하여 설명한다. 계측 마크(21y)에 관해서도, 동일한 방법이 적용될 수 있다. 제어부(14)는, 기관 스테이지(8)를 구동하고, 계측 마크(21x)와 동일한 형상을 갖고 계측기(15) 위에 배치되어 있는 계측 마크(31x)를, 계측 마크(31x)가 마크 패턴 상과 일치하는 위치에 배치한다. 먼저, Z 방향의 베스트 포커스 위치를 구하기 위해서, Z 방향 계측을 행한다. 이어서, 구해진 Z 방향의 베스트 포커스 위치에 기초하여 Z 방향의 복수의 점의 위치에서 X 방향 계측을 행한다. 도 7에서 나타낸 바와 같이, Z 방향의 각 위치에서 산출된 X 방향의 값을 사용하여, Z 방향에 대한 X 방향의 기울기, 즉 텔레센트릭 특성(70)을 산출할 수 있다.

[0026] 계측기(15)를 사용해서 텔레센트릭 특성을 계측할 때의 과정을 이하에서 설명한다. 도 8a 및 도 8b는, 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하지 않는 조건을 나타낸다. 도 9a 및 도 9b는 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생하는 조건을 나타낸다. 도 8a는, 조명 광학계(1)로부터 사출된 광의 조명 분포를 계측기(15)를 사용해서 계측할 때의 주사 신호의 개략도이다. 조명 광학계(1)로부터의 조명 광(201)이 베스트 포커스면과 디포커스면을 조명한다. 사선부는, 베스트 포커스면에서의 조명 분포(202)와 디포커스면에서의 조명 분포(203)를 나타낸다. 베스트 포커스면에서의 조명 분포(202)에서는, 단부의 경사가 크다. 대조적으로 디포커스면에서의 조명 분포(203)에서는, 단부의 경사가 작고, 분포가 퍼져 있다. 계측기(15)가 조명 분포(202)를 주사하고 계측할 때의 주사 신호를 주사 신호(204)로 나타낸다. 계측기(15)가 조명 분포(203)를 주사하고 계측할 때의 주사 신호를 주사 신호(205)로 나타낸다.

[0027] 도 8b는, 조명 분포(202)의 2개의 단부의 A 점 및 B 점과 조명 분포(203)의 2개의 단부의 C 점 및 D 점을 계측기(15)를 사용해서 Y 방향으로 주사하고 계측할 때의, 계측기(15) 내의 광 트레이스(light trace)를 나타낸다. 도 8b는 복수의 계측 마크(33)(도 5b) 중 계측 마크(31y)를 예로 하여 설명된다. 또한, 도 8b는 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)을 나타낸다. 계측 마크(31y)는 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 중심에 배치된다. A 점 및 B 점 모두에서, 유리 플레이트(50)와 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)에 의해 1회 반사된 광이 검출된다. 한편, C 점은 디포커스된 위치에서 계측되므로, 조명 광(201)은 일 측을 조명한다. 마찬가지로, D 점에 대해서 반대 측이 조명된다. 그러나 계측 마크(31y)가 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 중심에 배치되어 있기 때문에, C 점과 D 점에서 계측되는 검출 광량은 동등하다. 따라서, 주사 신호(204 및 205)에서 무게중심 변화는 발생하지 않는다. 결과적으로, 주사 신호(204 및 205)에서 계측 오차는 발생하지 않는다.

[0028] 이어서, 도 9a 및 도 9b를 참조하여, 텔레센트릭 특성 계측 오차를 유발하는 원리를 설명한다. 도 9a 및 도 9b는, 계측 마크(31y)의 위치가 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 중심으로부터 어긋나 있는 경우를 나타내고 있다. 도 9b는, 도 8b와 마찬가지로, 조명 분포(202)의 2개의 단부의 A 점과 B 점 및 조명 분포(203)의 2개의 단부의 C 점과 D 점을 계측기(15)를 사용해서 Y 방향으로 주사하고 계측했을 때의, 계측기(15) 내의 광 트레이스를 나타내고 있다. A 점 및 B점에서는, 조명 광(201)의 일 측에서만 1회 반사광을 검출할 수 있다. 반대 측의 1회 반사광은, 광이 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 외부로 벗어나기 때문에 검출되지 않는다. 따라서, 주사 신호(204)의 검출 광량은 A 점과 B 점에서 감소된다. 그러나, 주사 신호(204)는 좌우 대칭적으로 변화하기 때문에, 무게중심 위치는 변화하지 않는다. C 점에서는, 유리 플레이트(50)와 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)에 의해 1회 반사된 광이 검출된다. 한편, D 점에서는, 1회 반사된 광이 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 외부로 벗어나고 검출되지 않는다. 따라서, 도 9a에 도시된 계측기(15)의 구성에서, 주사 신호(205)의 파형은 계측시에 주사 파형(206)으로 변화한다. 주사 파형(206)에서는, D 점 측에서만 검출 광량이 감소하기 때문에, 무게중심이 변화한다. 이는 디포커스 위치에서 계측이 행해지는 Y 방향에서 계측 오차를 유발한다. 베스트 포커스면의 A 점 및 B점에서는, Y 방향에서 계측 오차가 발생하지 않기 때문에, 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생한다.

[0029] 도 9a에 도시된 디포커스는 + 디포커스인 것으로 상정하며, - 디포커스의 조건은 다음과 같다. 이 경우를 도 9a에 도시된 경우와 동일한 것으로 간주할 수 있는데, 즉 - 디포커스에 대해서는 무게중심 시프트의 부호가 반전된다. 따라서, $\pm$ 디포커스에 대해 상이한 부호를 갖는 무게중심 시프트가 발생하고, 그래서 텔레센트릭 특성 계측 오차가 발생한다. 도 8b 및 도 9b는 계측 마크(31y)를 사용한 조건에서 설명되었다는 것에 유의한다.

그러나, 계측 마크(31x)를 사용해도 X 방향의 무게중심 계측값에서 계측 오차가 발생하는 것은 명확하다.

[0030] 이상과 같이, 계측기(15)의 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 중심과, 계측 마크(31x 및 31y)의 위치가 어긋나는 경우, 디포커스 위치에서의 무게중심 계측에 계측 오차가 발생하고, 이는 텔레센트릭 특성 계측 오차를 유발한다. 투영 광학계(3)와 위치 검출기(4)의 상대 위치(베이스라인)를 산출하는 경우에 대해서 이하에서 설명한다. 투영 상의 베스트 포커스면에 계측기(15)를 배치함으로써 X 및 Y 방향의 위치 어긋남을 계측한다. 그러나, 계측 재현성 등을 고려하면, 완전한 베스트 포커스 위치에서 X 및 Y 방향의 계측을 행하는 것은 불가능하다. 따라서, 계측 마크(30x, 30y)를 사용하여 XY 위치를 계측하는 경우에도, 진술한 디포커스에 의해 XY 위치에서 계측 오차가 발생한다.

[0031] 도 5a에 나타난 계측기(15)는 곡률을 갖는 렌즈를 포함하지 않는다. 그러나, 도 10a 및 도 10b에 나타내는 바와 같이, 렌즈를 포함하는 계측기에서도 마찬가지로 계측 오차가 발생할 수 있다. 도 10a는, 유리 플레이트(50)의 패턴면과 감도 영역(52)의 면이 푸리에 변환 광학계를 형성하는 계측기(300)와, 이들이 상 형성 광학계를 형성하는 계측기(301)의 개략도이다. 계측기(300)에는 푸리에 변환 광학계(53)가 형성되며, 계측기(301)에는 상 형성 광학계(54)가 형성된다. 도 10b는, 도 9b와 마찬가지로, C 점과 D 점에서의 계측기(300 및 301)의 광 트레이스를 나타낸다. 도 10b에 도시된 바와 같이, C 점에서의 계측에서 검출 광량이 감소된다. 결과적으로, 주사 과정에서 무게중심 시프트가 발생하고, 이는 XY 위치의 계측 오차를 유발한다.

[0032] 상술한 바와 같이, 계측 마크와 광전 변환부의 감도 영역의 중심 사이의 어긋남에 의해, 계측기의 구성에 관계없이 디포커스면에서의 XY 계측 동안에 계측 오차가 발생한다. 도 5b에 도시한 바와 같이, 계측기에는 복수의 계측 마크(33)가 형성된다. 예를 들어, 계측 마크(31x)를 광전 변환부(51)의 감도 영역의 중심에 배치하는 경우, 나머지 계측 마크(30x, 30y, 및 31y)에서는 계측 오차가 발생한다.

[0033] 도 11a 및 도 11b는, 계측 마크와 광전 변환부의 감도 영역의 중심 사이의 어긋남에 의해 발생하는 XY 계측 오차를 저감하는 계측기(100)의 구성을 나타낸다. 도 11a는 계측기(100)의 YZ 단면도이며, 도 11b는 계측기(100)를 +Z 방향에서 봤을 때의 XY 면의 평면도이다. 복수의 계측 마크(33)는 계측 마크(111, 112, 113, 및 114)를 포함한다. 계측 마크(111)는 X 방향 계측 마크이며, 계측 마크(112, 113, 및 114)는 Y 방향 계측 마크이다. 도 5b에 도시된 예에서는, 정밀한 계측을 필요로 하는 계측 마크(30x, 30y, 30s, 및 30t)를, 유리 플레이트(50) 상의 중심 근방, 즉 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 중심 근방에 배치한다. 대조적으로, 도 11b에 도시된 계측기(100)에서는, 투영 광학계(3)의 상면으로부터 디포커스될 때 계측되어야 하는 계측 마크(111, 112, 113, 및 114)를, 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 중심 근방에 배치한다. X 및 Y 방향의 정밀한 계측을 필요로 하는 계측 마크(30x, 30y, 30s, 및 30t)는, 계측 마크(111, 112, 113, 및 114)보다 감도 영역(52)의 중심으로부터 먼 위치에 형성된다.

[0034] 즉, 기관측 마크로서의 복수의 계측 마크(33)는, 센서의 감도 영역(52)의 중심에 배치된 중앙 마크(계측 마크(111 내지 114))와 중앙 마크의 주변에 배치된 주변 마크(계측 마크(30x, 30y, 30s, 및 30t))를 포함한다. 중앙 마크는, 기관 스테이지(8)를 투영 광학계(3)의 광축(AX)과 평행한 Z 방향(제1 방향)으로 구동시킬 때의 광량을 계측하기 위해 사용되는 마크이다.

[0035] 이하에서는, 도 5b에 도시된 계측 마크(31y)에 상당하는 계측 마크(111, 112, 113, 및 114)를 사용해서 설명한다. 그러나, 다른 마크를 사용할 때도 동일한 방법이 명백히 적용될 수 있다.

[0036] 도 11b를 참조하면, 계측 마크(111)는, 감도 영역(52)의 표면과 평행하고 X 방향(제2 방향)과 직교하는 Y 방향(제3 방향)으로 연장되는 형상을 갖는 제1 중앙 마크이며, 이 마크는 X 방향에서의 중앙 위치에 배치된다. 따라서, 유리 플레이트(50)와 감도 영역(52) 사이의 다중 반사광은 좌우 대칭이 되어, X 계측 오차는 발생하지 않는다. 계측 마크(112)는, X 방향으로 연장되는 형상을 갖는 제2 중앙 마크이며, 이 마크는 Y 방향의 중앙 위치에 배치된다. 결과적으로, 유리 플레이트(50)와 감도 영역(52) 사이의 다중 반사광은 좌우 대칭이 되고, Y 계측 오차는 발생하지 않는다. 이러한 배치를 갖는 계측 마크(111 및 112)는 XY 계측 오차를 저감할 수 있다.

[0037] 복수의 계측 마크(33)의 중심 근방, 즉 도 11b에 도시된 감도 영역(52)의 X 및 Y 방향의 중심 근방은, XY 계측 오차를 저감할 수 있으며, 계측 마크를 배치하고 싶은 요구가 높은 영역이다. 따라서, 복수의 계측 마크(33) 중, 계측 정밀도가 가장 중요한 계측 마크를 감도 영역(52)의 X 및 Y 방향의 중심 근방에 배치하는 경우에도, 계측 마크의 계측 오차를 저감하는 구성은, 한 쌍의 제3 중앙 마크로서의 계측 마크(113 및 114)이다. 계측 마크(113 및 114)는, X 방향 또는 Y 방향(도 11b에서는, Y 방향)과 평행한 감도 영역(52)의 중심선 상에 위치되고 감도 영역(52)의 중심에 대하여 대칭인 위치에 배치된다. 결과적으로, 감도 영역(52)의 중심으로부터 계측 방

향으로서의 Y 방향의 계측 마크(113)의 중심까지의 거리가 감도 영역(52)의 중심으로부터 계측 방향으로서의 Y 방향의 계측 마크(114)의 중심까지의 거리와 일치한다. 도 11a로부터 예측할 수 있는 바와 같이, 계측기(100) 내의 다중 반사광에 의해 유발되는 Y 계측 오차는, 계측 마크(113 및 114)에서 상이한 부호로 발생한다. 계측 마크(113 및 114)를 사용하는 경우에는, 계측 마크(113 및 114)를 계측하고 계측 결과를 평균화함으로써, 발생하는 Y 계측 오차를 상쇄할 수 있다.

[0038] 도 11a 및 도 11b를 참조하여 설명한 중앙 마크를 사용하여 상술한 바와 같은 텔레센트릭 특성을 계측하는 처리를 실행할 수 있다. 상술한 바와 같이, 텔레센트릭 특성을 계측하는 처리는, 기관 스테이지를 Z 방향(제1 방향)으로 구동할 때에 발생하는, 마스크측 마크의 상의, 중앙 마크로부터의 X 또는 Y 방향(제2 방향)의 위치 어긋남량을 구하는 처리를 포함한다. 중앙 마크를 사용함으로써, 도 9a 및 도 9b를 참조하여 설명한 바와 같은 텔레센트릭 특성 계측 오차의 발생을 억제할 수 있다.

[0039] 또한, 중앙 마크는, 기관 스테이지를 Z 방향으로 구동하면서 광량을 계측함으로써 Z 방향에서의 베스트 포커스 위치를 결정하는 처리에서도 사용될 수 있다.

[0040] 또한, 중앙 마크는, X 또는 Y 방향(제2 방향)으로 기관 스테이지를 구동하면서 광량을 계측함으로써, 투영 광학계에 의해 투영된 마스크측 마크의 상의, 중앙 마크로부터의 제2 방향의 위치 어긋남량을 결정하는 처리에 사용될 수 있다.

[0041] 설계 상의 계측 마크의 배치에 관해서 XY 계측 오차를 저감하는 계측기(100)의 구성을 설명했다. 그러나, 실제로 계측기를 제조하는 경우에는, 조립 오차 없이 설계값과 일치하는 조립은 불가능하다. 그러므로, 조립 오차에 의해 유발되는 XY 계측 오차를 저감하는 방법을 이하에서 설명한다. 도 11a 및 도 11b에 나타내는 계측기(100)는, 유리 플레이트(50)와 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)을 정렬시키기 위한 얼라인먼트 마크(110)를 포함한다. 도 11c는 얼라인먼트 마크(110)의 예를 나타낸다. 복수의 계측 마크(33)가 형성된 유리 플레이트(50)의 면과 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 면 사이의 위치 어긋남을 계측할 필요가 있기 때문에 얼라인먼트 마크(110)는 개구부(115)와 눈금부(116)를 갖는다. 개구부(115)를 통해서 감도 영역(52)의 면에 포커스를 맞춰서 단부면을 계측할 수 있고, 복수의 계측 마크(33)가 형성된 유리 플레이트(50)의 면에 포커스를 맞춰서 눈금부(116)를 사용하여 위치 어긋남을 계측할 수 있다.

[0042] 상술한 바와 같이, 계측기(100)의 조립 동안, 유리 플레이트(50)와 감도 영역(52) 사이의 위치 어긋남을 계측하고, 계측 결과에 기초하여 조정을 행함으로써, XY 계측 오차를 저감할 수 있다.

[0043] 계측 마크의 개구부의 중심과 감도 영역(52)의 중심 사이의 어긋남량을 사용해서 XY 계측값을 보정하는 방법에 대해서 이하에서 설명한다. 계측 마크의 설계상의 중심 어긋남량을 사용해서 XY 계측값을 보정함으로써, 계측 마크(113 및 114)의 2회 계측의 필요성을 제거하고 1회 계측에 의해서도 XY 계측 오차를 저감할 수 있다. 물론, 얼라인먼트 마크(110)를 사용해서 계측되고, 제조 오차를 포함하는, 계측 마크의 개구부의 중심과 감도 영역(52)의 중심 사이의 어긋남량의 결과를 사용하여, XY 계측값을 보정하는 것도 가능하다.

[0044] XY 계측값을 보정하기 위한 보정량을 산출하는 방법으로서, 기하 시뮬레이션을 행하는 방법이 가용하다. 유리 플레이트(50)와 차광부(35)의 면의 반사율, 유리 플레이트(50)의 이면 투과율과 반사율, 및 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 면의 반사율은 기지이다. 따라서, 계측기(100) 내의 다중 반사광의 광선을 트레이스함으로써, 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)의 외부로 벗어나는 검출 광량의 백분율을 산출할 수 있다. 즉, 주사 신호의 검출 광량의 저하를 예측하는 것이 가능하고, 주사 신호의 계측 오차에 의해 유발되는 무게중심 시프트량을 예측하는 것이 가능하다.

[0045] <제2 실시형태>

[0046] 이하에서, 도 12를 참고하여, 계측 마크와 광전 변환부의 감도 영역의 중심 사이의 어긋남에 의해 발생하는 XY 계측 오차를 저감하기 위해 계측기의 구성을 제한하는 조건을 설명한다. 도 12는 계측기(120)의 구성을 나타낸다. 이하에서 계측기(120)에서의 광 트레이스에 대해 설명한다. 광전 변환부(51)의 감도 영역(52)이 복수의 계측 마크(33)를 투과한 광선을 검출하지만, 광의 일부를 반사한다. 감도 영역(52)에 의해 반사된 광은, 유리 플레이트(50)의 이면(56)을 투과하고, 유리 플레이트(50)와 차광부(35) 사이의 경계면(55)을 조명한다. 차광부(35)는 Cr 막 등에 의해 형성된다. 따라서, 유리 플레이트(50)와 차광부(35) 사이의 경계면(55)은 높은 반사율을 갖는다. 한편, 유리 플레이트(50)의 이면(56)에는 반사 방지막 등이 형성될 수 있어, 유리 플레이트(50)의 이면(56)의 반사율은 낮다. 즉, 유리 플레이트(50)의 이면(56)으로부터의 반사광이 XY 계측 오차에 끼치는 영향은 작다. 또한, 경계면(55)에 의해 반사된 광은 다시 감도 영역(52)에 의해 반사된다. 그러나, 광이 경계면

(55)과 감도 영역(52) 사이를 2회 왕복한 후에 감도 영역(52)에 의해 검출되는 광량은 충분히 낮다고 추정된다. 따라서, 감도 영역(52)에 의해 반사되고 경계면(55)에 의해 다시 반사된 후에 감도 영역(52)에 되돌아 오는 광만을 고려해도, XY 계측 오차를 충분히 저감하는 것이 아마도 가능하다.

[0047] 감도 영역(52)의 사이즈(예를 들어, Y 방향의 길이)를 S로 하고, 유리 플레이트(50)의 이면(56)과 감도 영역(52) 사이의 거리를 L로 하고, 유리 플레이트(50)의 두께를 L'로 하고, 유리 플레이트(50)의 굴절률을 n로 하며, 계측되는 조명 모드의 개구수를 NA로 한다. 복수의 계측 마크(33)(중앙 마크)의 개구부 반경을 R로 하면, XY 계측 오차를 저감하도록 복수의 계측 마크(33)를 배치할 수 있는 영역은 이하에 의해 표현된다:

[0048]
$$R \leq S/2 - 3 \cdot (L \cdot \tan(\text{asin}(NA)) + L' \cdot \tan(\text{asin}(NA/n)))$$

[0049] 즉, 중앙 마크는 감도 영역의 중심으로부터 상기 식에 의해 표현되는 반경 R 내의 영역에 배치되는 것이 바람직하다. 상기 식에서, 우변의 제2 항에 있어서의 계수 3은, 광이 경계면(55)과 감도 영역(52) 사이의 거리를 계측 동안 1회 통과하고 다중 반사광이 이 거리를 2회 통과하는 것을 의미한다. 따라서, XY 계측 오차를 더 저감하기 위해서 경계면(55)과 감도 영역(52) 사이를 2회 왕복하는 다중 반사광을 고려하면, 광이 계측 동안 1회 통과하고 다중 반사광이 4회 통과하므로, 계수는 5로 변경되면 된다.

[0050] <제3 실시형태>

[0051] 이하 광전 변환부(51)가 복수의 광전 변환 소자를 포함하는 센서를 사용하는 경우의 계측기의 구성에 대해서 설명한다. 노광 장치는 일반적으로 복수의 계측기를 포함하고 있지만, 가능한 한 계측기를 공유함으로써 계측기의 총 수를 저감하는 것이 바람직하다. 따라서, 복수의 광전 변환 소자를 갖는 센서를 포함하는 계측기를 사용하여 기준 마크와 마찬가지로 주사 신호를 취득하는 경우에 대해서 설명한다.

[0052] 도 13은, 복수의 광전 변환 소자를 갖는 센서(153)를 포함하는 계측기(130)의 구성을 도시하는 도면이다. 계측기(130)는 유리 플레이트(50)와 복수의 계측 마크(33)를 포함한다. 또한, 계측기(130)는 센서(153)와 유리 플레이트(50) 사이의 위치 어긋남을 계측하기 위한 얼라인먼트 마크(110)를 포함한다. 얼라인먼트 마크(110)는, 복수의 계측 마크(33)와 마찬가지로, 차광부(35)의 개구부를 갖고, 매우 작은 σ 를 갖는 조명광이 얼라인먼트 마크를 조명한다. 얼라인먼트 마크(110)를 투과한 광을 센서(153)에 의해 검출함으로써, 복수의 계측 마크(33)와 센서(153)의 Y 방향 상대 위치를 계측할 수 있다. 복수의 계측 마크(33)의 계측되는 개구부를 시점으로서 설정함으로써, 계측되는 조명 모드의 개구수를 사용하여 센서(153)에의 낙사 범위(121 및 122)를 산출한다. 주사 계측 동안에는, 낙사 범위(121 및 122)의 광전 변환 소자만의 출력을 적산한다. 낙사 범위(121 및 122)가 동일한 값을 갖는 경우, 즉 복수의 계측 마크(33)의 개구부가 중심대칭인 경우, 다중 반사에 의한 XY 계측 오차를 저감할 수 있다. 물론, Y 방향과 마찬가지로 X 방향의 낙사 범위도 산출할 수 있다. 또한, 낙사 범위는 조명 모드의 개구수에 의해 결정되기 때문에, 센서(153)의 면에서는 원형 낙사 범위로서도 산출될 수 있다.

[0053] <제4 실시형태>

[0054] 이하, 조명 광학계(1)의 퓨필 분포를 계측하는 계측기에 대해서 설명한다. 도 1에 도시된 노광 장치에는, 조명 광학계(1)의 퓨필 분포를 계측하기 위한 계측기(16)가 기판 스테이지(8) 위에 배치된다. 도 14는 계측기(16)의 구성을 도시한다. 계측기(16)는, 유리 플레이트(57)와 유리 플레이트(57)의 아래에 배치되는 센서(58)를 포함한다. 유리 플레이트(57)의 표면에는 Cr 막 등의 차광부(35)가 형성되어 있다. 차광부(35)의 중앙부에는 계측 마크(34)가 형성된다. 계측 마크(34)는 차광부(35)에 형성된 개구부일 수 있다. 센서(58)는, 광량 검출 센서일 수 있으며 복수의 광전 변환 소자를 갖는 센서일 수도 있다. 센서(58)가 복수의 광전 변환 소자를 갖는 경우, 복수의 광전 변환 소자에 의한 동시 계측 또는 1차원 스텝 계측에 의해 조명 광학계(1)의 퓨필 분포를 계측할 수 있다. 센서(58)가 광량 센서일 경우, 광량 센서에 의한 2차원 스텝 계측에 의해 조명 광학계(1)의 퓨필 분포를 계측할 수 있다.

[0055] 계측기(16)에서도, 계측 마크(34)와 센서(58)의 중심 사이의 어긋남에 의해 센서(58)의 검출 광량이 왜곡될 수 있다. 이하, 계측기(16)를 사용하여 조명 광학계(1)의 퓨필 분포를 계측하는 방법을 설명한다. 제어부(14)는 레티클 기준 플레이트(22)의 개구부(도시되지 않음)를 투영 광학계(3)의 지정된 XY 상 높이로 구동한다. 그후 조명 광학계(1)가 지정된 조명 모드에서 레티클 기준 플레이트(22)의 개구부를 조명하면, 개구부의 상이 투영 광학계(3)의 상 형성면 위치에 형성된다. 계측기(16)를 사용하여, 투영 광학계(3)의 상 형성면 위치로부터 지정량(59)만큼 디포커스된 위치에서, X 및 Y 방향에서 2차원 스텝 계측을 행한다. 이 상태에서, 상술한 바와 같이, 계측기(16) 내의 다중 반사에 의해 검출 광량이 왜곡된다. 따라서, 본 실시형태에서는, 계측 마크(34)와 센서(58)의 중심을 일치시킨다. 이에 의해 검출 광량의 계측 오차를 저감할 수 있다.

[0056] <물품 제조 방법의 실시형태>

[0057] 본 발명의 실시형태에 따른 물품 제조 방법은 예를 들어 반도체 디바이스 등의 마이크로 디바이스나 미세 구조를 갖는 소자 등의 물품을 적절하게 제조한다. 본 실시형태의 물품 제조 방법은 기판에 도포된 감광제에 상술한 패터닝 방법 또는 리소그래피 장치를 사용해서 잠상 패턴을 형성하는 단계(기판을 노광하는 노광 단계)와 상기 단계에서 잠상 패턴이 형성된 기판을 현상하는 현상 단계를 포함한다. 또한, 상기 제조 방법은 다른 주지의 단계(예를 들어, 산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 박리, 다이싱, 본딩 및 패키징)를 포함한다. 본 실시형태의 물품 제조 방법은 종래의 방법에 비하여 물품의 성능, 품질, 생산성, 및 생산 비용 중 적어도 하나에서 더 유리하다.

[0058] 다른 실시형태

[0059] 본 발명의 실시형태(들)는, 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하기 위해 저장 매체(보다 완전하게는 '비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체'라 칭할수도 있음)에 기록된 컴퓨터 실행가능 명령어(예를 들어, 하나 이상의 프로그램)를 판독 및 실행하고 그리고/또는 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하는 하나 이상의 회로(예를 들어, 주문형 집적 회로(ASIC))를 포함하는 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해, 그리고 예를 들어 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하기 위해 저장 매체로부터 컴퓨터 실행가능 명령어를 판독 및 실행함으로써 그리고/또는 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하기 위해 하나 이상의 회로를 제어함으로써 상기 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해 실행되는 방법에 의해 실현될 수도 있다. 컴퓨터는 하나 이상의 프로세서(예를 들어, 중앙 처리 유닛(CPU), 마이크로 처리 유닛(MPU))를 포함할 수 있고 컴퓨터 실행가능 명령어를 판독 및 실행하기 위한 별도의 컴퓨터 또는 별도의 프로세서의 네트워크를 포함할 수 있다. 컴퓨터 실행가능 명령어는 예를 들어 네트워크 또는 저장 매체로부터 컴퓨터에 제공될 수 있다. 저장 매체는, 예를 들어 하드 디스크, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 리드 온리 메모리(ROM), 분산형 컴퓨팅 시스템의 스토리지, 광디스크(예를 들어, 콤팩트 디스크(CD), 디지털 다기능 디스크(DVD) 또는 블루레이 디스크(BD)TM), 플래시 메모리 디바이스, 메모리 카드 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0060] (기타의 실시예)

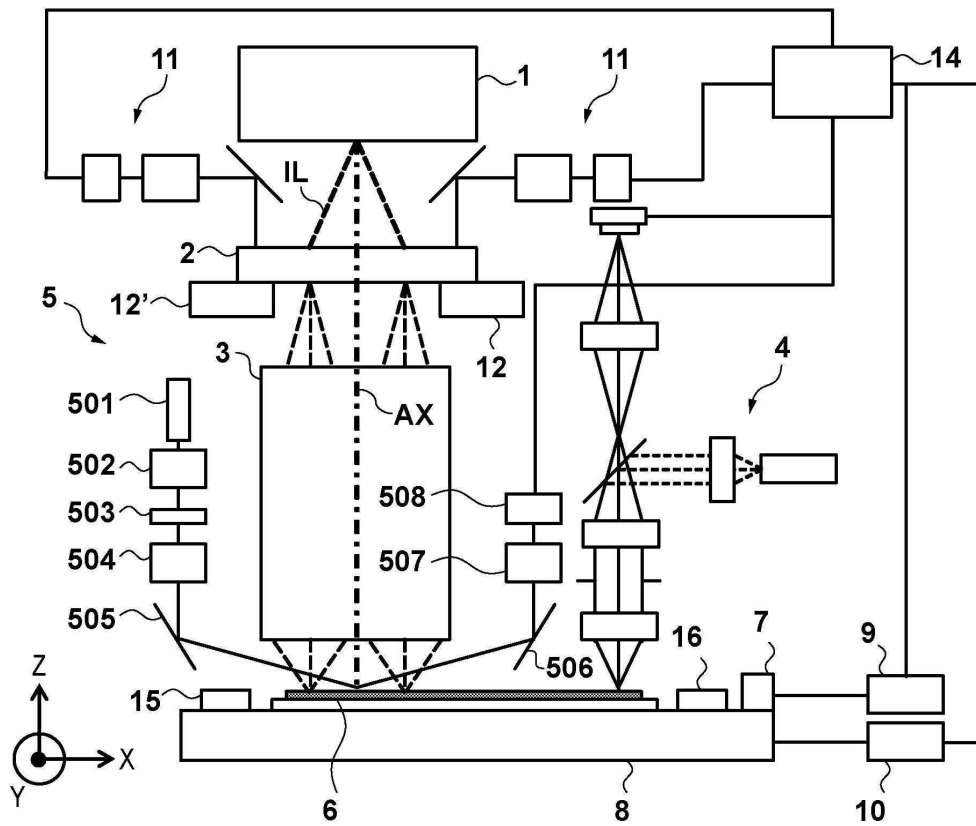
[0061] 본 발명은, 상기의 실시형태의 1개 이상의 기능을 실현하는 프로그램을, 네트워크 또는 기억 매체를 개입하여 시스템 혹은 장치에 공급하고, 그 시스템 혹은 장치의 컴퓨터에 있어서 1개 이상의 프로세서가 프로그램을 읽어 실행하는 처리에서도 실현가능하다.

[0062] 또한, 1개 이상의 기능을 실현하는 회로(예를 들어, ASIC)에 의해서도 실행가능하다.

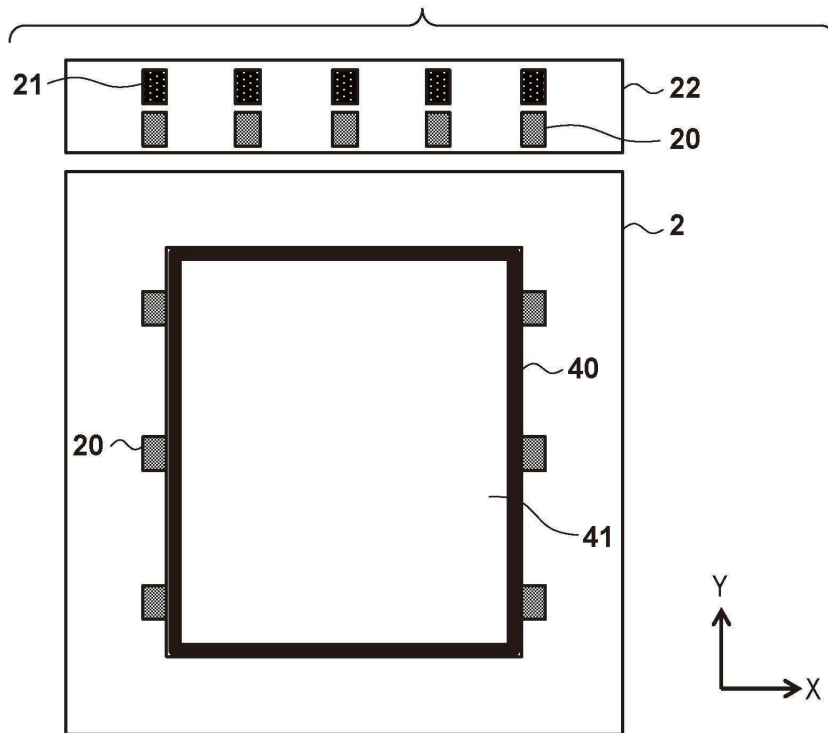
[0063] 본 발명을 예시적인 실시형태를 참고하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시형태로 한정되지 않음을 이해해야 한다. 이하의 청구항의 범위는 이러한 모든 변형과 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

도면

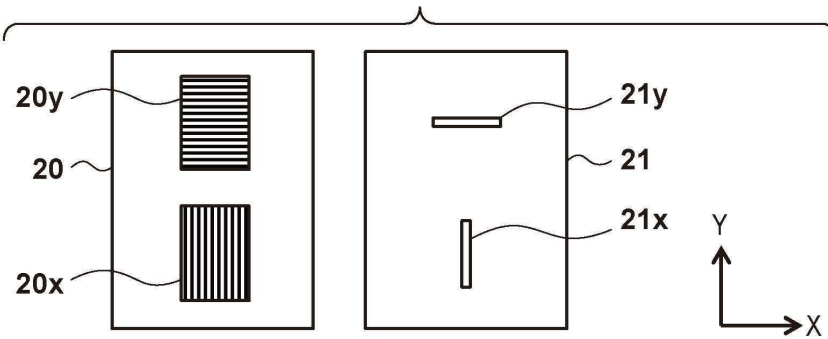
도면1



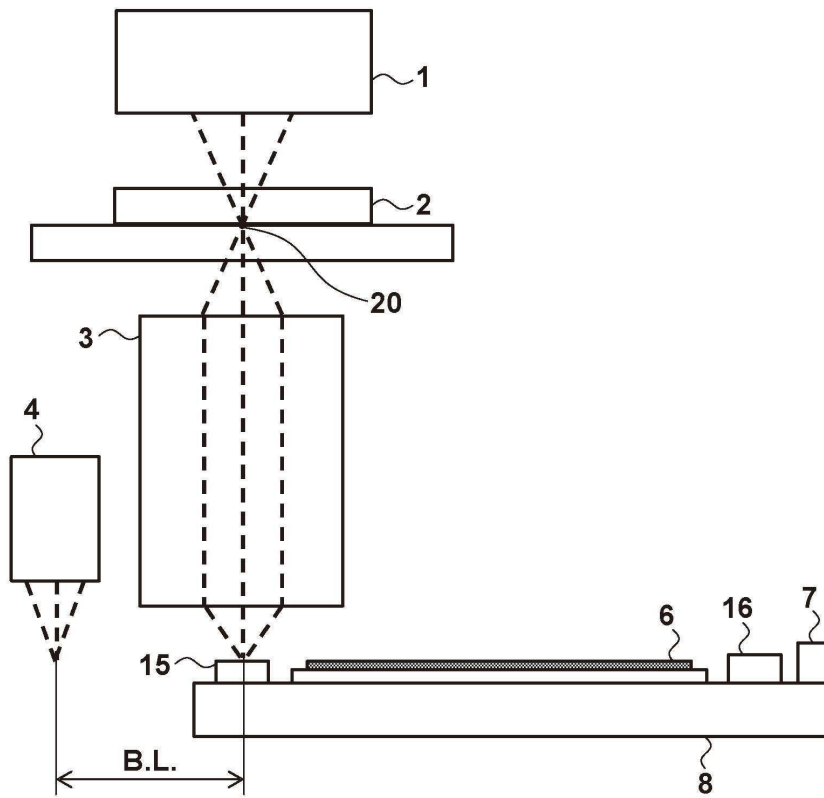
도면2



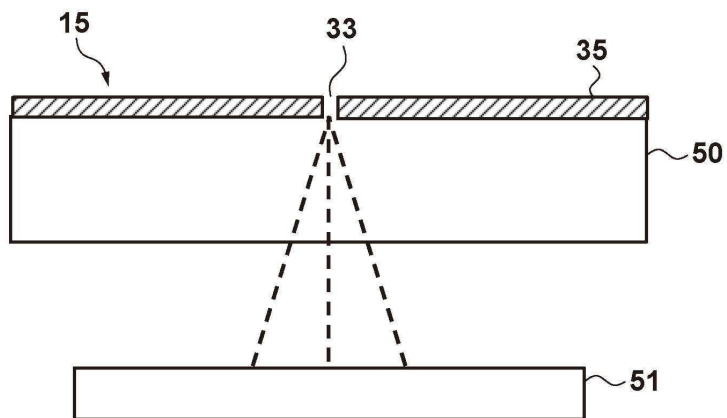
도면3



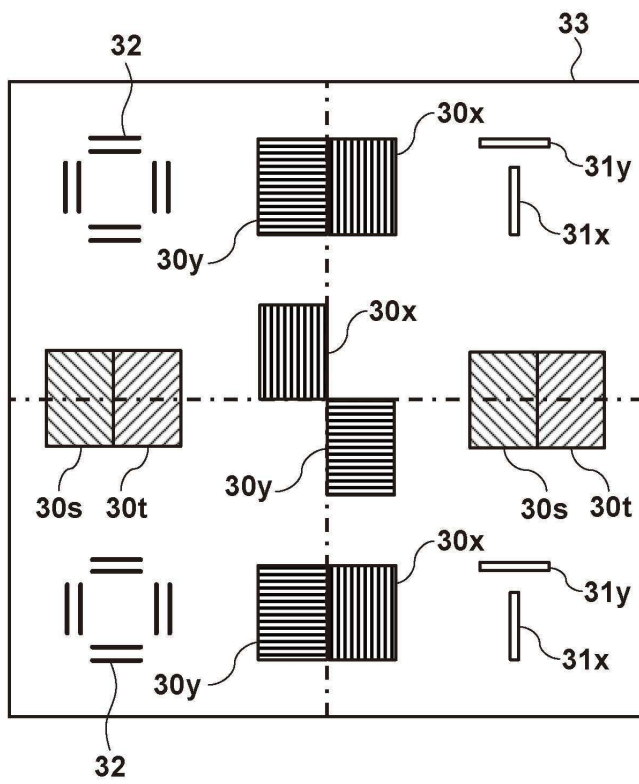
도면4



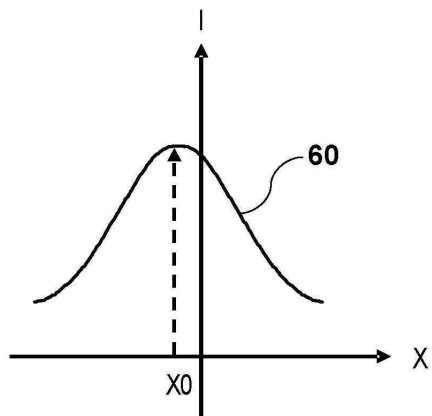
도면5a



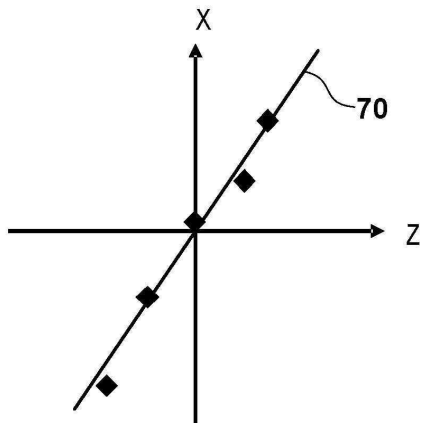
도면5b



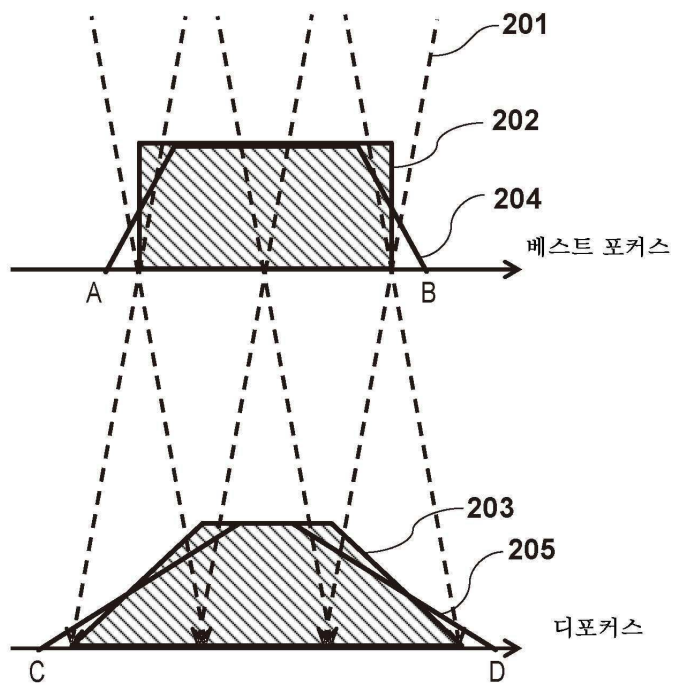
도면6



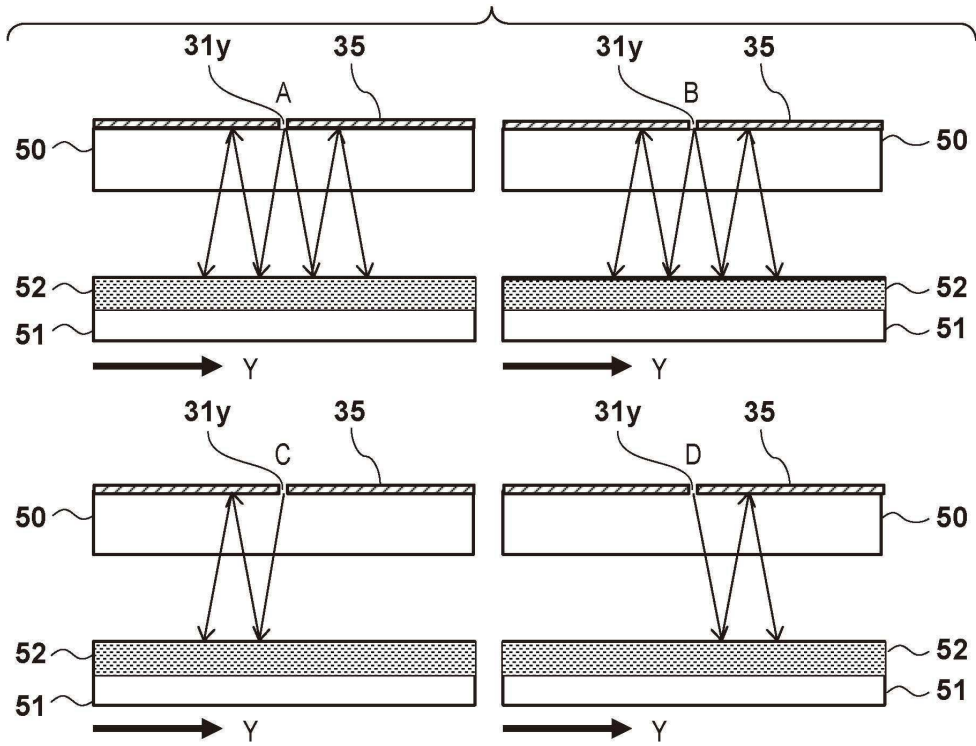
도면7



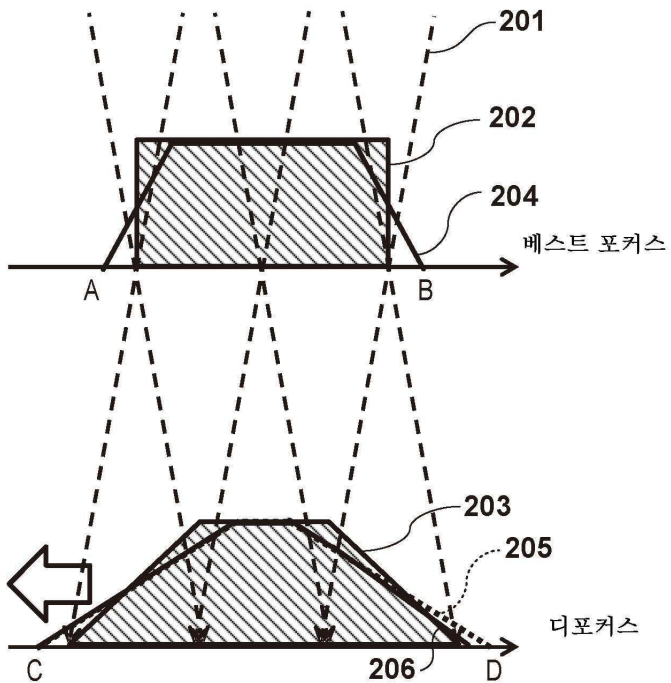
도면8a



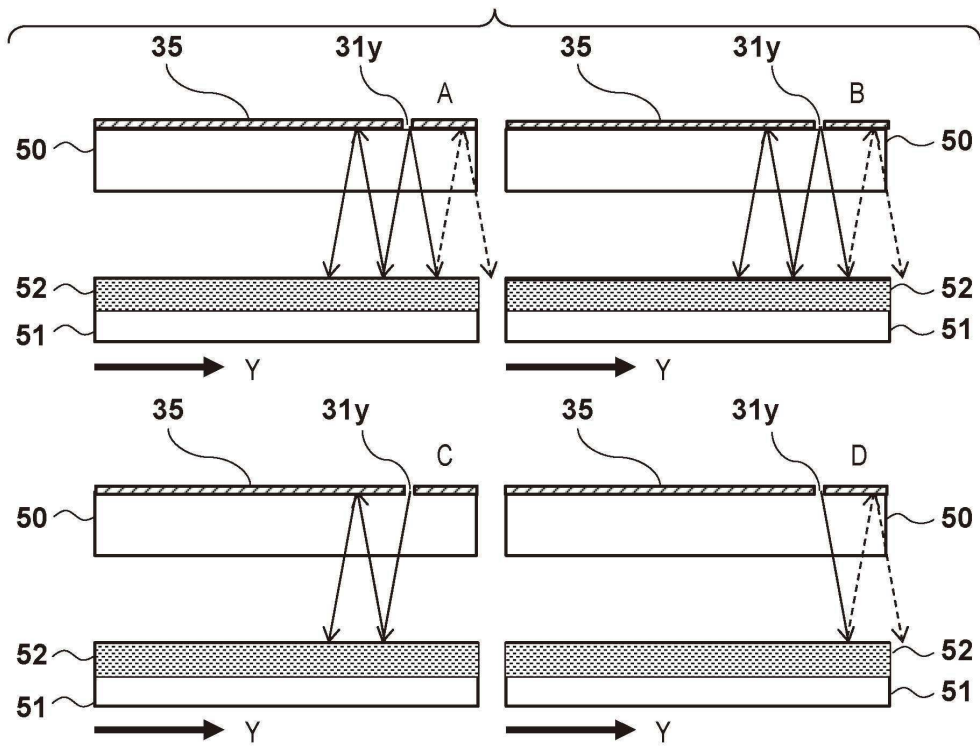
도면8b



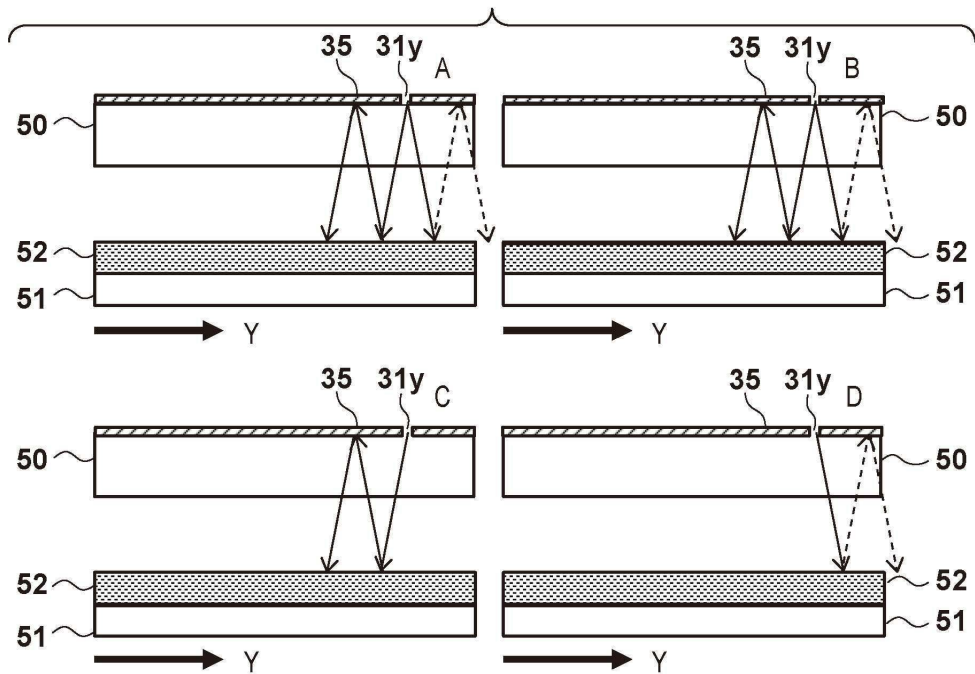
도면9a



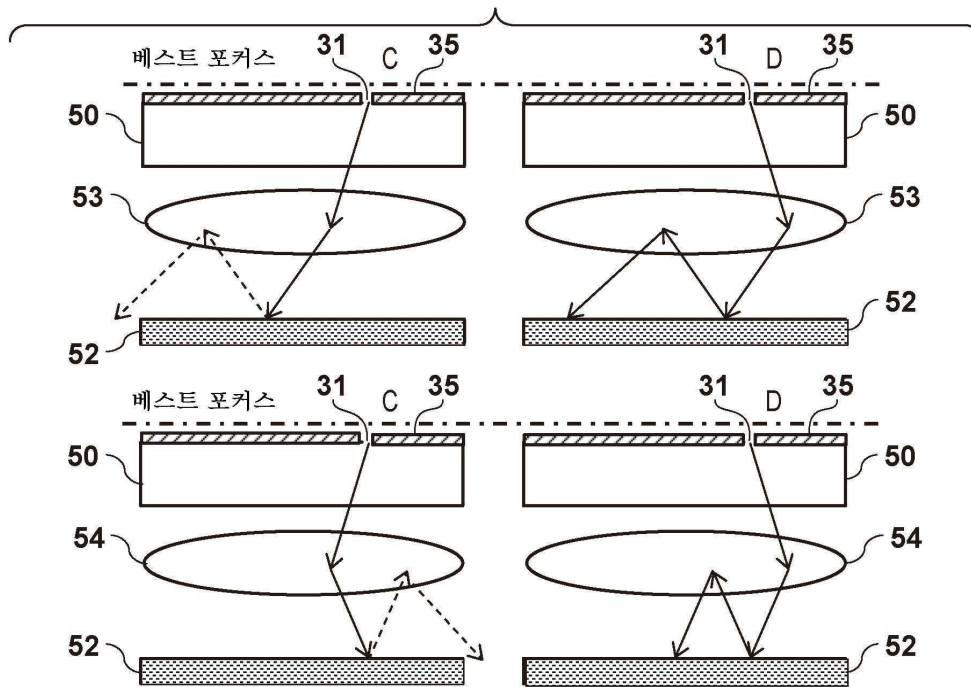
도면9b



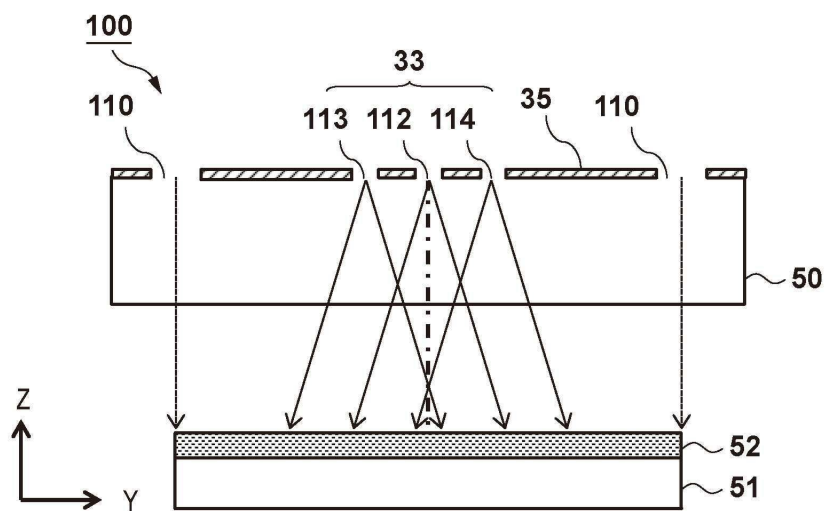
도면10a



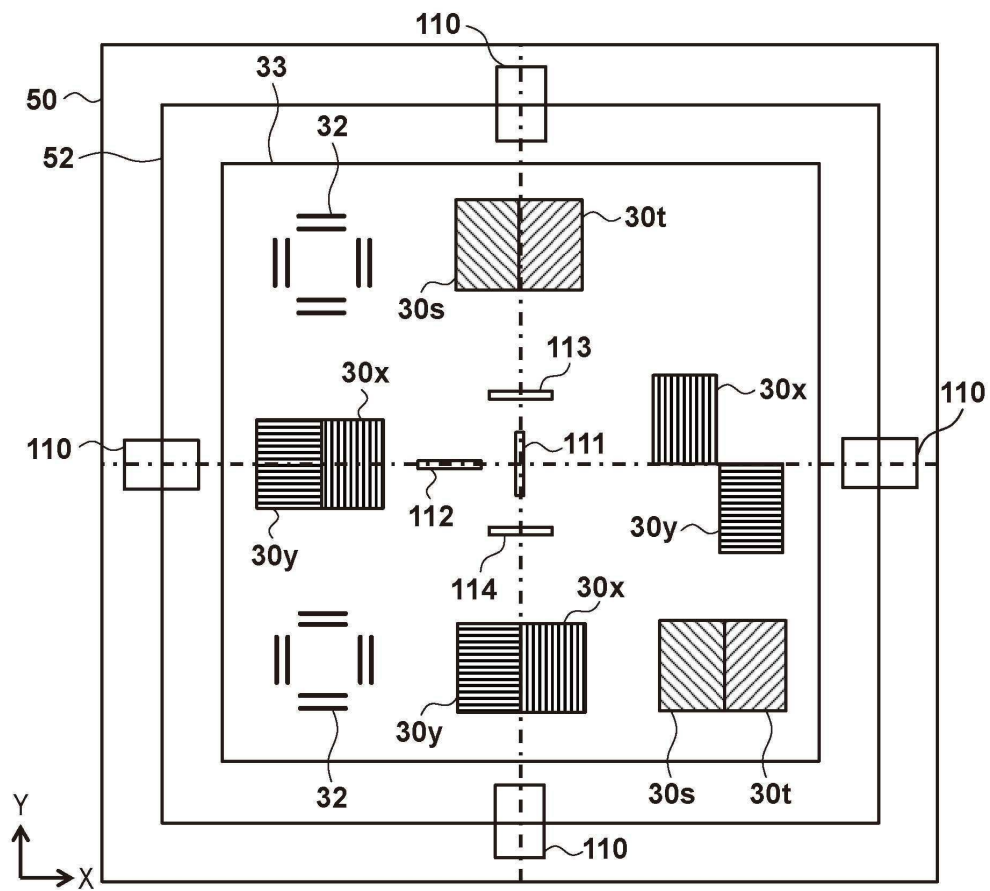
도면10b



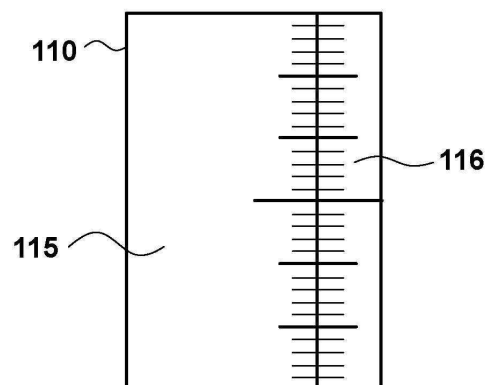
도면11a



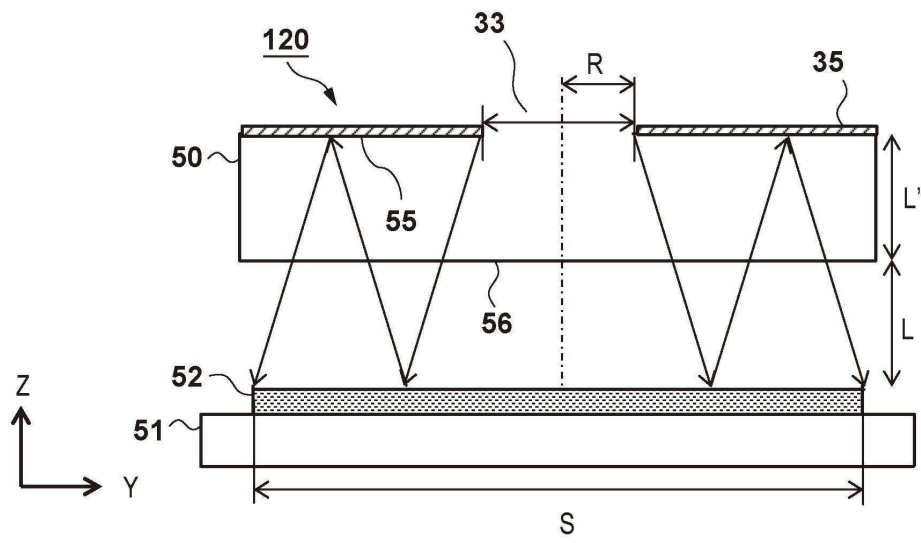
도면11b



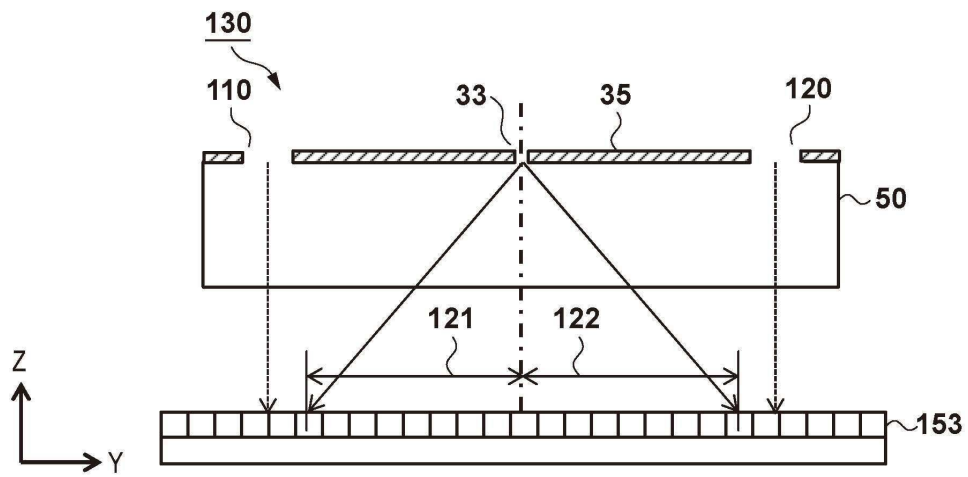
도면11c



도면12



도면13



도면14

