



공개특허 10-2020-0095398



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0095398
(43) 공개일자 2020년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 9/00 (2006.01) *G03B 27/74* (2006.01)

(52) CPC특허분류
G03F 9/7049 (2013.01)
G03B 27/74 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0009661

(22) 출원일자 2020년01월28일
심사청구일자 없음

(30) 우선권주장
JP-P-2019-015987 2019년01월31일 일본(JP)

(71) 출원인
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고

(72) 발명자
마에다 히로노리
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고
캐논 가부시끼가이샤 내

미노다 켄
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고
캐논 가부시끼가이샤 내

(74) 대리인
장수길, 이중희

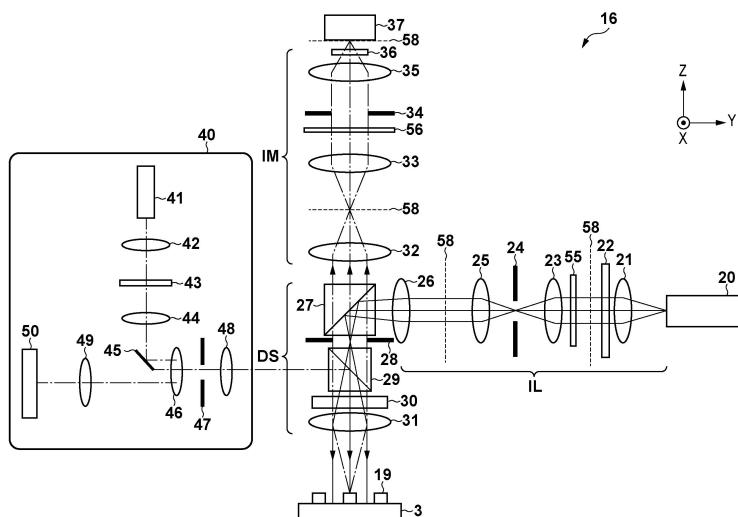
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 계획 장치, 노광 장치, 및 물품 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 물체의 위치를 계측하는 계측 장치로서, 상기 물체를 조명광으로 조명하도록 구성된 조명계, 상기 물체로부터의 검출광을, 상기 물체의 상을 검출하도록 구성된 광전 변환 디바이스에 결상하도록 구성된 결상계, 및 상기 조명계와 상기 결상계 사이에 배치된 반사형 편광자 및 $\lambda/4$ 판을 포함하고, 상기 반사형 편광자 및 상기 $\lambda/4$ 판을 통해서 상기 조명광과 상기 검출광을 분리하도록 구성된 분리계를 포함하고, 상기 분리계는, 상기 반사형 편광자와 상기 $\lambda/4$ 판 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재를 포함하고, 상기 조명계 및 상기 결상계 각각은 투과형 편광자를 포함하는, 계측 장치를 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G03F 9/7088 (2013.01)

G03F 9/7092 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

파검 물체의 위치를 계측하는 계측 장치이며,

상기 파검 물체를 조명광으로 조명하도록 구성된 조명계;

상기 파검 물체로부터의 검출광을, 상기 파검 물체의 상을 검출하도록 구성된 광전 변환 디바이스에 결상하도록 구성된 결상계; 및

상기 조명계와 상기 결상계 사이에 배치된 반사형 편광자 및 $\lambda/4$ 판을 포함하고, 상기 반사형 편광자 및 상기 $\lambda/4$ 판을 통해서 상기 조명광과 상기 검출광을 분리하도록 구성된 분리계를 포함하고,

상기 분리계는, 상기 반사형 편광자와 상기 $\lambda/4$ 판 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재를 포함하고,

상기 조명계 및 상기 결상계 각각은 투과형 편광자를 포함하고,

상기 반사형 편광자에서는, S 편광의 반사율이 P 편광의 반사율보다 높고,

상기 조명계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 P 편광의 투과율이 상기 S 편광의 투과율보다 높으며,

상기 결상계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 S 편광의 투과율이 상기 P 편광의 투과율보다 높은, 계측 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조명계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 P 편광의 투과율이 100%이고, 상기 S 편광의 투과율이 1%이며,

상기 결상계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 S 편광의 투과율이 100%이며, 상기 P 편광의 투과율이 1%인, 계측 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광학 부재는, 상기 조명광의 반사를 억제하도록 구성된 반사 방지막이 배치된 투과 부재를 포함하는, 계측 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 투과 부재는 다이크로익 프리즘을 포함하는, 계측 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광학 부재는, 상기 조명광의 반사를 억제하도록 구성된 반사 방지막이 배치된 전반사 프리즘을 포함하는, 계측 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 조명계는, 상기 파검 물체에 대해 상기 조명광을 사용하여 암시야 조명을 행하는, 계측 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 조명계에 포함되는 상기 투과형 편광자는 상기 조명계의 광축에 대하여 기울어지도록 배치되며,

상기 결상계에 포함되는 상기 투과형 편광자는 상기 결상계의 광축에 대하여 기울어지도록 배치되는, 계측 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 조명계에 포함되는 상기 투과형 편광자와 상기 결상계에 포함되는 상기 투과형 편광자의 각각은, 상기 피검 물체에 대해 광학적으로 공액인 면으로부터 시프트된 면 상에 배치되어 있는, 계측 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 조명광의 파장 대역의 폭이 300 nm 이상인, 계측 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 광전 변환 디바이스에 의해 검출된 상기 피검 물체의 상에 기초하여, 상기 피검 물체의 위치를 구하도록 구성된 제어 유닛을 더 포함하는, 계측 장치.

청구항 11

피검 물체의 위치를 계측하는 계측 장치이며,

상기 피검 물체를 조명광으로 조명하도록 구성된 조명계;

상기 피검 물체로부터의 검출광을, 상기 피검 물체의 상을 검출하도록 구성된 광전 변환 디바이스에 결상하도록 구성된 결상계; 및

상기 조명계와 상기 결상계 사이에 배치된 반사형 편광자 및 $\lambda/4$ 판을 포함하고, 상기 반사형 편광자 및 상기 $\lambda/4$ 판을 통해서 상기 조명광과 상기 검출광을 분리하도록 구성된 분리계를 포함하고,

상기 분리계는, 상기 반사형 편광자와 상기 $\lambda/4$ 판 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재를 포함하고,

상기 조명계 및 상기 결상계 각각은 투과형 편광자를 포함하고,

상기 반사형 편광자에서는, S 편광의 반사율이 P 편광의 반사율보다 높고,

상기 조명계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 S 편광의 투과율이 상기 P 편광의 투과율보다 높으며,

상기 결상계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 P 편광의 상기 투과율이 상기 S 편광의 상기 투과율보다 높은, 계측 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 조명계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 S 편광의 투과율이 100%이고, 상기 P 편광의 투과율이 1%이며,

상기 결상계에 포함되는 상기 투과형 편광자에서는, 상기 P 편광의 투과율이 100%이며, 상기 S 편광의 투과율이 1%인, 계측 장치.

청구항 13

피검 물체의 위치를 계측하는 계측 장치이며,

상기 피검 물체를 조명광으로 조명하도록 구성된 조명계;

상기 피검 물체로부터의 검출광을, 상기 피검 물체의 상을 검출하도록 구성된 광전 변환 디바이스에 결상하도록 구성된 결상계; 및

상기 조명계와 상기 결상계 사이에 배치된 반사형 편광자 및 $\lambda/4$ 판을 포함하고, 상기 반사형 편광자 및 상기 $\lambda/4$ 판을 통해서 상기 조명광과 상기 검출광을 분리하도록 구성된 분리계를 포함하고,

상기 분리계는, 상기 반사형 편광자와 상기 $\lambda/4$ 판 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재를 포함하고,

상기 조명계와 상기 결상계 중 적어도 하나는 편광자를 포함하고,

상기 조명계에 포함되는 상기 편광자는 상기 조명계의 광축에 대하여 기울어지도록 배치되며,

상기 결상계에 포함되는 상기 편광자는 상기 결상계의 광축에 대하여 기울어지도록 배치되는, 계측 장치.

청구항 14

피검 물체의 위치를 계측하는 계측 장치이며,

상기 피검 물체를 조명광으로 조명하도록 구성된 조명계;

상기 피검 물체로부터의 검출광을, 상기 피검 물체의 상을 검출하도록 구성된 광전 변환 디바이스에 결상하도록 구성된 결상계; 및

상기 조명계와 상기 결상계 사이에 배치된 반사형 편광자 및 $\lambda/4$ 판을 포함하고, 상기 반사형 편광자 및 상기 $\lambda/4$ 판을 통해서 상기 조명광과 상기 검출광을 분리하도록 구성된 분리계를 포함하고,

상기 분리계는, 상기 반사형 편광자와 상기 $\lambda/4$ 판 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재를 포함하고,

상기 조명계와 상기 결상계 중 적어도 하나는 편광자를 포함하며,

상기 편광자는, 상기 피검 물체에 대해 광학적으로 공액인 면으로부터 시프트된 면 상에 배치되는, 계측 장치.

청구항 15

노광 장치이며,

원판의 패턴을 기판에 투영하도록 구성된 투영 광학계;

상기 기판을 보유지지하도록 구성된 스테이지;

제1항에서 규정되며, 상기 기판의 위치를 피검 물체의 위치로서 계측하도록 구성된 계측 장치; 및

상기 계측 장치로부터의 계측 결과에 기초하여, 상기 스테이지의 위치를 제어하도록 구성된 제어 유닛을 포함하는, 노광 장치.

청구항 16

물품 제조 방법이며,

제15항에서 규정된 노광 장치를 사용하여 기판을 노광하는 단계;

노광된 상기 기판을 현상하는 단계; 및

현상된 상기 기판으로부터 상기 물품을 제조하는 단계를 포함하는, 물품 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[0002] 근년, 반도체 디바이스의 제조에 사용되는 노광 장치는 미세패턴화와 함께 기판의 높은 오버레이 정밀도

(overlay accuracy)의 달성이 요구되고 있다. 오버레이 정밀도에는 일반적으로 1/5 정도의 해상도가 필요하기 때문에, 반도체 디바이스의 미세패턴화가 진행됨에 따라서 오버레이 정밀도의 향상이 점점 중요해진다.

[0003] 오버레이 정밀도를 향상시키기 위해서는, 위치 계측계를 고정밀도로 조정하는 것이 필요하다. 예를 들어, 위치 계측계의 오계측을 저감하기 위해서, 일본 특허 제5036429호는 위치 계측계의 코마 수차와 광축 어긋남을 분리해서 위치 계측계를 고정밀도로 조정하는 기술을 제안하고 있다.

[0004] 또한, 오버레이 정밀도를 더 향상시키기 위한 수단으로서는, 얼라인먼트 마크를 검출하기 위한 광(검출광)의 광장 대역을 광역화하는 것이 생각된다. 특히, 근년에는, 가시광에서는 낮은 콘트라스트 및 낮은 정밀도가 획득되는 컬러 필터 공정 등의 공정이 증가하고 있어, 가시광 이외의 청색 광장을 갖는 광(청색 광장 광) 및 근적외 광을 포함하는 넓은 광장 대역의 광을 사용할 수 있는 위치 계측계가 요구되고 있다.

[0005] 그러나, 종래의 위치 계측계에서 검출광의 광장 대역을 광역화하는 경우, 콘트라스트가 저하되고, 그 결과 계측 정밀도 및 오버레이 정밀도의 저하를 초래한다. 이는, 조명 광학계와 결상 광학계의 합성에 사용되는, S 편광과 P 편광에 대해 반사율이 상이한 편광 빔 스플리터 등의 부분 반사 부재의 특성(막 특성)이 완전하지 않다는 사실에 기인한다. 더 구체적으로는, 광장 대역이 좁으면, 매우 정밀한 편광 빔 스플리터 특성을 실현할 수 있지만, 광장 대역이 광역화되면 매우 정밀한 편광 빔 스플리터 특성을 실현할 수 없다. 이에 의해, 편광 빔 스플리터에 의해 분할되지 않았던 편광 성분이 플레어(flare)가 되고, 플레어가 위치 계측계의 콘트라스트를 저하시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 피검 물체의 위치를 계측하는 계측 정밀도의 면에서 유리한 계측 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 양태에 따르면, 피검 물체의 위치를 계측하는 계측 장치로서, 상기 피검 물체를 조명광으로 조명하도록 구성된 조명계, 상기 피검 물체로부터의 검출광을, 상기 피검 물체의 상을 검출하도록 구성된 광전 변환 디바이스에 결상하도록 구성된 결상계, 및 상기 조명계와 상기 결상계 사이에 배치된 반사형 편광자 및 $\lambda/4$ 판을 포함하고, 상기 반사형 편광자 및 상기 $\lambda/4$ 판을 통해서 상기 조명광과 상기 검출광을 분리하도록 구성된 분리계를 포함하고, 상기 분리계는, 상기 반사형 편광자와 상기 $\lambda/4$ 판 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재를 포함하고, 상기 조명계 및 상기 결상계 각각은 투파형 편광자를 포함하고, 상기 반사형 편광자에서는, S 편광의 반사율이 P 편광의 반사율보다 높고, 상기 조명계에 포함되는 상기 투파형 편광자에서는, 상기 P 편광의 투파율이 상기 S 편광의 투파율보다 높으며, 상기 결상계에 포함되는 상기 투파형 편광자에서는, 상기 S 편광의 상기 투파율이 상기 P 편광의 상기 투파율보다 높은 계측 장치가 제공된다.

[0008] 본 발명의 추가적인 특징은 첨부된 도면을 참고한 예시적인 실시형태에 대한 이하의 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 일 양태로서의 노광 장치의 구성을 도시하는 개략도이다.

도 2는 기판 스테이지 상에 배치되는 스테이지 기준 플레이트의 구성을 도시하는 도면이다.

도 3은 기판 얼라인먼트 계측계의 구체적인 구성을 도시하는 개략도이다.

도 4는 AF 계측계를 상세하게 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 AF 계측계를 상세하게 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 컬러 필터를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 RGB 컬러 필터를 도시하는 도면이다.

도 8은 RGB 컬러 필터의 투파율의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 9는 편광 빔 스플리터의 특성의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 10은 편광 빔 스플리터의 특성의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 11은 편광 빔 스플리터의 특성의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 12는 반사 방지막의 특성의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 13은 기판 얼라인먼트 계측계의 편광 빔 스플리터의 근방의 구성을 도시하는 개략도이다.

도 14는 암시야 조명의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 15는 이상적인 얼라인먼트 신호의 파형을 도시하는 그래프이다.

도 16은 얼라인먼트 신호의 파형을 도시하는 그래프이다.

도 17은 얼라인먼트 신호의 파형의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 18은 본 실시형태에서의 기판 얼라인먼트 계측계의 편광 빔 스플리터의 근방 구성을 도시하는 개략도이다.

도 19는 본 실시형태에 따른 기판 얼라인먼트 계측계의 편광 빔 스플리터의 근방의 다른 구성을 도시하는 개략도이다.

도 20은 얼라인먼트 신호의 파형의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 21은 본 실시형태에 따른 기판 얼라인먼트 계측계의 구체적인 구성을 도시하는 개략도이다.

도 22는 명시야 조명의 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 23은 얼라인먼트 신호의 파형 일례를 도시하는 그래프이다.

도 24는 얼라인먼트 신호의 파형의 일례를 도시하는 그래프이다.

도 25는 본 실시형태에 따른 기판 얼라인먼트 계측계의 편광 빔 스플리터의 근방의 구성을 도시하는 개략도이다.

도 26은 본 실시형태에 따른 기판 얼라인먼트 계측계의 편광 빔 스플리터의 근방의 구성을 도시하는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 첨부된 도면을 참고하여 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다. 이하의 실시형태는 청구된 발명의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다는 것에 유의한다. 실시형태에서 다수의 특징이 설명되지만, 본 발명은 이러한 모든 특징을 필요로 하는 것으로 제한되지 않으며, 이러한 다수의 특징은 적절하게 조합될 수 있다. 또한, 첨부된 도면에서, 동일한 또는 유사한 구성에는 동일한 참조 번호가 부여되며, 그에 대한 중복되는 설명은 생략된다.

[0011] 도 1은 본 발명의 일 양태로서의 노광 장치(100)의 구성을 도시하는 개략도이다. 노광 장치(100)는 패턴을 기판에 형성하는 리소그래피 장치이다. 노광 장치(100)는, 레티클(1)(원판)을 보유지지하는 레티클 스테이지(2), 기판(3)을 보유지지하는 기판 스테이지(4), 레티클 스테이지(2)에 의해 보유지지된 레티클(1)을 조명하는 조명 광학계(5)를 포함한다. 또한, 노광 장치(100)는, 레티클(1)의 패턴(의 상)을 기판 스테이지(4)에 보유지지된 기판(3)에 투영하는 투영 광학계(6), 및 노광 장치(100)의 전체의 동작을 통괄적으로 제어하는 제어 유닛(17)을 포함한다.

[0012] 노광 장치(100)는, 본 실시형태에서는, 레티클(1)과 기판(3)을 주사 방향에서 동기하여 주사하면서(즉, 스텝 앤드 스캔 방식으로), 레티클(1)의 패턴을 기판(3)에 전사하는 주사형 노광 장치(스캐너)이다. 단, 노광 장치(100)는, 레티클(1)을 고정하면서(즉, 스텝 앤드 리피트 방식으로), 레티클(1)의 패턴을 기판(3)에 전사하는 노광 장치(스테퍼)일 수 있다.

[0013] 이하의 설명에서는, 투영 광학계(6)의 광축과 일치하는 방향(광축 방향)을 Z축 방향으로서 규정할 것이다. Z축 방향에 수직인 평면 내에서의 레티클(1) 및 기판(3)의 주사 방향을 Y축 방향으로서 규정할 것이다. Z축 방향 및 Y축 방향에 수직인 방향(비주사 방향)을 X축 방향으로서 규정할 것이다. X축 둘레, Y축 둘레 및 Z축 둘레의 방향들을 각각 ΘX 방향, ΘY 방향 및 ΘZ 방향으로서 규정할 것이다.

[0014] 조명 광학계(5)는, 레티클(1), 더 구체적으로는, 레티클 상의 미리결정된 조명 영역을, 균일한 조도 분포의 광

(노광광)으로 조명한다. 노광광의 예는, 초고압 수은 램프의 g선 및 i선, KrF 액시머 레이저, ArF 액시머 레이저, 및 F2 레이저이다. 더 작은 반도체 디바이스를 제조하기 위해서, 수 nm 내지 몇 백 nm의 극자외광(extreme ultraviolet light)(EUV 광)을 노광광으로서 사용할 수 있다.

[0015] 레티클 스테이지(2)는, 레티클(1)을 보유지지하고, 투영 광학계(6)의 광축에 수직인 평면내, 즉, X-Y 평면 내에서 2차원적으로 이동가능하게, 및 ΘZ 방향으로 회전 가능하게 구성되어 있다. 레티클 스테이지(2)는, 리니어 모터 등의 구동 장치(도시되지 않음)에 의해 구동된다.

[0016] 레티클 스테이지(2)에는, 미러(7)가 배치된다. 미러(7)에 대응하는 위치에는, 레이저 간섭계(9)가 배치된다. 레이저 간섭계(9)는 레티클 스테이지(2)의 2차원 위치 및 회전각을 실시간으로 계측하며, 계측 결과를 제어 유닛(17)에 출력한다. 제어 유닛(17)은, 레이저 간섭계(9)의 계측 결과에 기초하여 구동 장치를 제어하고, 레티클 스테이지(2)에 보유지지된 레티클(1)을 위치결정한다.

[0017] 투영 광학계(6)는, 복수의 광학 소자를 포함하고, 레티클(1)의 패턴을 미리결정된 투영 배율(β)에서 기판(3)에 투영한다. 투영 광학계(6)는, 본 실시형태에서는, 예를 들어 1/4 또는 1/5의 투영 배율(β)을 갖는 축소 광학계이다.

[0018] 기판 스테이지(4)는, 척을 통해서 기판(3)을 보유지지하는 Z 스테이지, Z 스테이지를 지지하는 X-Y 스테이지, 및 X-Y 스테이지를 지지하는 베이스를 포함한다. 리니어 모터 등의 구동 장치(도시되지 않음)가 기판 스테이지(4)를 구동한다.

[0019] 기판 스테이지(4)에는 미러(8)가 배치된다. 미러(8)에 대향하는 위치에는, 레이저 간섭계(10 및 12)가 배치된다. 레이저 간섭계(10)가 기판 스테이지(4)의 X축 방향, Y축 방향 및 ΘZ 방향의 위치를 실시간으로 계측하고, 계측 결과는 제어 유닛(17)에 출력된다. 마찬가지로, 레이저 간섭계(12)는 Z축 방향, ΘX 방향 및 ΘY 방향의 기판 스테이지(4)의 위치를 실시간으로 계측하고, 계측 결과를 제어 유닛(17)에 출력한다. 제어 유닛(17)은, 레이저 간섭계(10 및 12)의 계측 결과에 기초하여 구동 장치를 제어하고, 기판 스테이지(4)에 보유지지된 기판(3)을 위치결정한다.

[0020] 레티클 열라인먼트 계측계(13)는 레티클 스테이지(2)의 근방에 배치된다. 레티클 열라인먼트 계측계(13)는, 레티클 스테이지(2)에 보유지지된 레티클(1)에 제공된 레티클 기준 마크(도시되지 않음), 및 투영 광학계(6)를 통해서 기판 스테이지(4)에 배치된 스테이지 기준 플레이트(11)에 제공된 기준 마크(38)를 검출한다. 레티클 열라인먼트 계측계(13)는, 기판(3)을 실제로 노광할 때에 사용되는 광원과 동일한 광원을 사용하여, 레티클(1)에 제공된 레티클 기준 마크, 및 투영 광학계(6)를 통해서 기준 마크(38)를 검출한다. 더 구체적으로는, 레티클 열라인먼트 계측계(13)는, 레티클 기준 마크 및 기준 마크(38)에 의해 반사된 광 빔을 이미지 센서(예를 들어, CCD 카메라 등의 광전 변환 디바이스)에 의해 검출한다. 레티클(1) 및 기판(3)은 이미지 센서로부터의 검출 신호에 기초하여 위치결정(열라인먼트)된다. 이때, 레티클(1)에 제공된 레티클 기준 마크와 스테이지 기준 플레이트(11)에 제공된 기준 마크(38) 사이에서 위치 및 포커스를 조정하면, 레티클(1)과 기판(3) 사이의 상대적인 위치 관계(X, Y, 및 Z)를 조정할 수 있다.

[0021] 레티클 열라인먼트 계측계(14)는 기판 스테이지(4) 상에 배치된다. 레티클 열라인먼트 계측계(14)는, 투과형 계측계이며, 기준 마크(38)가 투과형 마크일 경우에 사용된다. 레티클 열라인먼트 계측계(14)는, 기판(3)을 실제로 노광할 때에 사용되는 광원과 동일한 광원을 사용하여, 레티클(1)에 제공된 레티클 기준 마크 및 기준 마크(38)를 검출한다. 더 구체적으로는, 레티클 열라인먼트 계측계(14)는, 레티클 기준 마크 및 기준 마크(38)를 통과한 투과광을 광량 센서를 사용하여 검출한다. 이때, 기판 스테이지(4)를 X축 방향(또는 Y축 방향) 및 Z축 방향으로 이동시키면서, 레티클 열라인먼트 계측계(14)는 투과광의 광량을 검출한다. 이에 의해, 레티클(1)에 제공된 레티클 기준 마크와 스테이지 기준 플레이트(11)에 제공된 기준 마크(38) 사이에서 위치 및 포커스를 조정할 수 있다.

[0022] 이와 같이, 레티클 열라인먼트 계측계(13) 또는 레티클 열라인먼트 계측계(14)는 레티클(1)과 기판(3) 사이의 상대적인 위치 관계(X, Y, 및 Z)를 조정하기 위해 임의대로 사용될 수 있다.

[0023] 스테이지 기준 플레이트(11)는, 기판 스테이지(4)에 보유지지된 기판(3)의 표면과 거의 동일한 높이가 되게, 기판 스테이지(4)의 코너에 배치된다. 스테이지 기준 플레이트(11)는 기판 스테이지(4)의 1개의 코너에 배치될 수 있거나, 스테이지 기준 플레이트(11)는 기판 스테이지(4)의 복수의 코너에 배치될 수 있다.

[0024] 스테이지 기준 플레이트(11)는, 도 2에 도시한 바와 같이, 레티클 열라인먼트 계측계(13 또는 14)에 의해 검출되는 기준 마크(38), 및 기판 열라인먼트 계측계(16)에 의해 검출되는 기준 마크(39)를 포함한다. 스테이지 기

준 플레이트(11)는 복수의 기준 마크(38) 및 복수의 기준 마크(39)를 포함할 수 있다. 기준 마크(38)와 기준 마크(39) 사이의 위치 관계(X축 방향 및 Y축 방향)은 미리결정된 위치 관계로 설정되어 있다(즉, 기지이다). 기준 마크(38)와 기준 마크(39)는 공통의 마크일 수 있다는 것에 유의한다.

[0025] 포커스 계측계(15)는, 기판(3)의 표면에 광을 비스듬히 투광하는 투광계, 및 기판(3)의 표면에 의해 반사된 광을 수광하는 수광계를 포함한다. 포커스 계측계(15)는, 기판(3)의 Z축 방향의 위치를 계측하고, 계측 결과를 제어 유닛(17)에 출력한다. 제어 유닛(17)은, 포커스 계측계(15)의 계측 결과에 기초하여, 기판 스테이지(4)를 구동하는 구동 장치를 제어하고, Z축 방향의 기판(3)의 위치 및 기판 스테이지(4)에 의해 보유지지된 기판(3)의 경사각을 조정한다.

[0026] 기판 얼라인먼트 계측계(16)는 조명계(IL) 및 결상계(IM)를 포함한다. 조명계(IL)는 기판(3)에 제공된 얼라인먼트 마크(19) 및 스테이지 기준 플레이트(11)에 제공된 기준 마크(39)를 광(조명광)으로 조명한다. 결상계(IM)는, 기판(3)에 제공된 얼라인먼트 마크(19) 및 스테이지 기준 플레이트(11)에 제공된 기준 마크(39)로부터의 광(검출광)을, 이들의 상을 검출하는 광전 변환 디바이스에 결상한다. 기판 얼라인먼트 계측계(16)는, 얼라인먼트 마크(19)의 위치 및 기준 마크(39)의 위치를 계측하고, 계측 결과를 제어 유닛(17)에 출력한다. 제어 유닛(17)은, 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 계측 결과에 기초하여, 기판 스테이지(4)를 구동하는 구동 장치를 제어하고, 기판 스테이지(4)에 의해 보유지지된 기판(3)의 X축 방향 및 Y축 방향의 위치를 조정한다.

[0027] 기판 얼라인먼트 계측계의 구성은, 일반적으로는, 오프 액시스 얼라인먼트(OA) 계측계와 TTL(Through The Lens 얼라인먼트) 계측계의 2개로 크게 구별된다. OA 계측계는, 투영 광학계를 통하지 않고, 기판에 제공된 얼라인먼트 마크를 광학적으로 검출한다. TTL 계측계는, 투영 광학계를 통하여 노광광의 파장과는 다른 파장의 광(비노광광)을 사용해서 기판에 제공된 얼라인먼트 마크를 검출한다. 기판 얼라인먼트 계측계(16)는 본 실시형태에서는 OA 계측계이지만, 본 발명은 얼라인먼트 검출 방식을 한정하는 것은 아니다. 예를 들어, 기판 얼라인먼트 계측계(16)가 TTL 계측계인 경우에는, 기판 얼라인먼트 계측계는 투영 광학계(6)를 통하여 기판에 제공된 얼라인먼트 마크를 검출한다. 이를 제외하고, 기본적인 구성은 OA 계측계와 동일하다.

[0028] 제어 유닛(17)은, 예를 들어 CPU 및 메모리를 포함하는 컴퓨터로 구성되고, 기억 유닛에 기억된 프로그램에 따라서 노광 장치(100)의 각 유닛을 통괄적으로 제어한다. 제어 유닛(17)은, 레티클(1)의 패턴을 기판(3)에 전사하는, 즉 기판(3)을 노광하는 노광 처리를 제어한다. 노광 처리에서, 제어 유닛(17)은, 예를 들어 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 계측 결과에 기초하여, 기판 스테이지(4)의 위치를 제어한다.

[0029] 도 3을 참조하여, 기판 얼라인먼트 계측계(16)에 대해서 상세하게 설명한다. 도 3은, 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 구체적인 구성을 도시하는 개략도이다. 기판 얼라인먼트 계측계(16)는, 피검 물체인 기판(3)에 제공된 얼라인먼트 마크(19)를 검출함으로써 기판(3)의 위치를 계측하는 계측계로서 기능한다.

[0030] 기판 얼라인먼트 계측계(16)는, 광원(20), 제1 콘덴서 광학계(21), 파장 필터판(22), 제2 콘덴서 광학계(23), 개구 조리개판(24), 제1 조명계(25), 제2 조명계(26), 편광 빔 스플리터(27), 및 NA 조리개(28)를 포함한다. 또한, 기판 얼라인먼트 계측계(16)는, AF 렌즈(29), $\lambda/4$ 판(30), 대물 렌즈(31), 릴레이 렌즈(32), 제1 결상계(33), 개구 조리개(34), 제2 결상계(35), 파장 시프트 차 조정용 광학 부재(36), 및 광전 변환 디바이스(37)를 포함한다.

[0031] 본 실시형태에서는, 제1 콘덴서 광학계(21), 파장 필터판(22), 제2 콘덴서 광학계(23), 개구 조리개판(24), 제1 조명계(25) 및 제2 조명계(26)는 조명계(IL)를 구성한다. 릴레이 렌즈(32), 제1 결상계(33), 개구 조리개(34), 제2 결상계(35) 및 파장 시프트 차 조정용 광학 부재(36)는, 결상계(IM)를 구성한다. 또한, 조명계(IL)와 결상계(IM) 사이에 배치된 편광 빔 스플리터(27), NA 조리개(28), AF 렌즈(29), $\lambda/4$ 판(30), 및 대물 렌즈(31)는 분리계(DS)를 구성한다. 분리계(DS)는, 조명계(IL)와 결상계(IM)를 합성하는 광학계이다. 분리계(DS)는, 본 실시형태에서는, 조명광과 검출광을 분리하는 기능을 갖는다.

[0032] 광원(20)은, 얼라인먼트 마크(19)를 조명하기 위한 광(조명광)으로서, 300 nm 이상의 파장 대역 폭을 갖는 광을 사출(출력)한다. 광원(20)은, 본 실시형태에서는, 가시광(예를 들어, 500 nm(포함) 내지 700 nm(포함))의 파장을 갖는 광, 청색 파장 광(예를 들어, 450 nm(포함) 내지 550 nm(포함))의 파장을 갖는 광(청색 파장 광)) 및 적외광(예를 들어, 700 nm(포함) 내지 1,500 nm(포함))의 파장을 갖는 광(적외광)을 사출한다. 광원(20)으로부터 사출되는 광(조명광)은, 제1 콘덴서 광학계(21), 파장 필터판(22) 및 제2 콘덴서 광학계(23)를 통과하고, 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 퓨필면(물체면에 대한 광학적인 퓨리에 변환면(Fourier transform plane))에 위치하는 개구 조리개판(24)에 도달한다.

- [0033] 파장 필터판(22)은, 광원(20)과 광전 변환 디바이스(37) 사이의 광로에 배치된다. 파장 필터판(22)에는, 광 빔을 통과시키는 파장 대역이 서로 상이한 복수의 파장 필터가 배치된다. 제어 유닛(17)의 제어 하에서, 복수의 파장 필터로부터 1개의 파장 필터가 선택되고 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 광로에 배치된다. 본 실시형태에서는, 파장 필터판(22)에는, 적외광(적색 파장 대역의 광)을 통과시키는 파장 필터, 가시광(청색 파장 대역의 광)을 통과시키는 파장 필터, 및 청색 파장 광을 통과시키는 파장 필터가 배치된다. 파장 필터판(22)에서, 파장 필터를 전환함으로써, 기판(3)에 제공된 얼라인먼트 마크(19)를 조명하는 광의 파장 대역을 선택할 수 있다. 또한, 파장 필터판(22)은, 미리 제공된 복수의 파장 필터 이외에, 새로운 파장 필터를 추가할 수 있는 구성을 가질 수 있다.
- [0034] 개구 조리개판(24)은 조명(σ)이 상이한 복수의 개구 조리개를 포함한다. 개구 조리개판(24)은, 제어 유닛(17)의 제어 하에서, 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 광로에 배치되는 개구 조리개를 전환함으로써, 얼라인먼트 마크(19)를 조명하는 광의 조명(σ)을 변경할 수 있다. 개구 조리개판(24)은, 미리 제공된 복수의 개구 조리개의 이외에, 새로운 개구 조리개를 추가할 수 있는 구성을 가질 수 있다.
- [0035] 개구 조리개판(24)에 도달한 광은, 제1 조명계(25) 및 제2 조명계(26)를 통해서 편광 빔 스플리터(27)에 유도된다. 편광 빔 스플리터(27)에 유도된 광 중, 도면의 지면에 수직한 S 편광은, 편광 빔 스플리터(27)에 의해 반사되고, NA 조리개(28), AF 프리즘(29) 및 $\lambda/4$ 판(30)을 통과해서 원 편광으로 변환된다. $\lambda/4$ 판(30)을 통과한 광은, 대물 렌즈(31)를 통해서 기판(3)에 제공된 얼라인먼트 마크(19)를 조명한다. NA 조리개(28)의 NA는, 제어 유닛(17)의 제어 하에서, 개구 값을 변화시킴으로써 변화될 수 있다.
- [0036] 얼라인먼트 마크(19)에 의해 반사, 회절 및 산란된 광 빔(검출광)은, 대물 렌즈(31)를 통과하고, $\lambda/4$ 판(30)을 투과하며, 도면의 지면에 평행한 P 편광으로 변환된다. P 편광은 NA 조리개(28)를 통해서 편광 빔 스플리터(27)를 투과한다. 편광 빔 스플리터(27)를 투과한 광은, 릴레이 렌즈(32), 제1 결상계(33), 개구 조리개(34), 제2 결상계(35) 및 파장 시프트 차 조정용 광학 부재(36)를 통해서 광전 변환 디바이스(예를 들어, CCD 이미지 센서 등의 이미지 센서)(37)에 도달한다. 광전 변환 디바이스(37)에 도달하는 광은, 광전 변환 디바이스 상에 얼라인먼트 마크(19)의 상을 형성하고, 광전 변환 디바이스(37)가 형성된 상을 검출한다. 광전 변환 디바이스(37)는, 얼라인먼트 마크(19)로부터의 광을 검출하며, 광의 강도가 미리결정된 임계치를 초과할 때까지 축적 시간을 연장시킬 수 있다. 제어 유닛(17)은 광전 변환 디바이스(37)의 축적 시간을 제어한다. 또한, 제어 유닛(17)은, 광전 변환 디바이스(37)로부터의 출력 신호(광전 변환 디바이스 상에 형성된 얼라인먼트 마크(19)의 상에 대응하는 얼라인먼트 신호)에 기초하여, 기판(3)의 위치를 구한다.
- [0037] 또한, 기판 얼라인먼트 계측계(16)는, 기판 얼라인먼트 계측용의 포커스 계측계(AF 계측계)(40)를 포함한다. 도 4 및 도 5를 참조하여, AF 계측계(40)를 상세하게 설명한다. 도 4 및 도 5는, AF 계측계(40)가 포커스 계측을 행하고 있는 상태를 나타낸다. 더 구체적으로는, 도 4는 AF 계측계(40)가 기판(3)에 포커스 계측광(AF 광)을 조사하고 있는 상태를 나타내고, 도 5는 AF 계측계(40)가 기판(3)에 의해 반사된 AF 광을 수광하고 있는 상태를 나타낸다.
- [0038] 도 4를 참조하면, AF 광원(41)으로부터 사출된 AF 광은, 렌즈(42)를 통하여 AF 계측용 패턴(43)을 퀼러 조명한다. AF 광원(41)은 기판 얼라인먼트에 사용되지 않는 파장의 광을 AF 광으로서 사출하고, 이러한 AF 광은 AF 프리즘(29)에 의해 반사된다. AF 프리즘(29)은 본 실시형태에서는 다이크로익 프리즘에 의해 구성된다. AF 계측용 패턴(43)은 유리 기판에 슬릿 패턴을 묘화함으로써 구성된다. AF 계측용 패턴(43)의 슬릿 패턴을 통과한 AF 광은, 렌즈(44)를 통해서 미러(45)에 의해 반사되며, 렌즈(46)에 도달한다. 이때, AF 광은, 렌즈(46)의 중심이 아니고, 렌즈(46)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(46)에 의해 굴절됨으로써, 기준 미러(47)를 통과하고, 렌즈(48)에 도달한다. 렌즈(48)에 도달하는 AF 광도 마찬가지로, 렌즈(48)의 중심이 아니고, 렌즈(48)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달한다. 도 4에서는, AF 계측용 패턴(43) 이후의 스테이지에서는, AF 광의 주 광선만을 나타내고 있지만, 실제로는, AF 광은 NA를 갖는 광선이다.
- [0039] 렌즈(48)에 도달한 AF 광은 렌즈(48)에 의해 굴절되고 AF 프리즘(29)에 도달한다. AF 프리즘(29)은, AF 광원(41)으로부터의 AF 광을 반사하고, 광원(20)으로부터의 광을 투과하는 특성을 갖는 프리즘으로 구성된다. AF 프리즘(29)에 의해 반사된 AF 광은, $\lambda/4$ 판(30)을 투과하고, 대물 렌즈(31)에 도달한다. 이때, AF 광은, 대물 렌즈(31)의 중심이 아니고, 대물 렌즈(31)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 대물 렌즈(31)에 의해 굴절되며, 도 4에 도시한 바와 같이, 기판(3)에 대하여 각도 θ 를 갖고서 입사(비스듬히 입사)한다.
- [0040] 도 5를 참조하면, 기판(3)에 입사한 AF 광은, 각도 θ 로 반사되어, 대물 렌즈(31)에 도달한다. 이때, AF 광은, 대물 렌즈(31)의 중심이 아니고, 대물 렌즈(31)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 대물 렌즈(31)에 의해

굴절됨으로써, $\lambda/4$ 판(30)을 투과하고, AF 프리즘(29)에 도달한다. 도 5에서는, AF 광의 주 광선만을 나타내고 있지만, 실제로는 AF 광은 NA를 갖는 광선이라는 것에 유의한다.

[0041] AF 프리즘(29)에 의해 반사된 AF 광은 렌즈(48)에 도달한다. 이때, AF 광은, 렌즈(48)의 중심이 아니고, 렌즈(48)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(48)에 의해 굴절됨으로써, 기준 미러(47)를 통과하고, 렌즈(46)에 도달한다. 이때, AF 광은, 렌즈(46)의 중심이 아니고, 렌즈(46)의 중심으로부터 편심된 부분에 도달하고, 렌즈(46)에 의해 굴절되며, 렌즈(49)의 중심에 도달한다. 렌즈(49)에 도달한 AF 광은, 렌즈(49)를 통과하고, AF 센서(50)에 의해 수광된다.

[0042] 본 실시형태에서는, AF 계측계(40)에서, 기판(3)에 AF 광이 비스듬히 조사되고, 기판(3)에 의해 반사된 AF 광을 AF 센서(50)가 수광하는 경우를 설명했다. 이 경우, 기판(3)이 Z축 방향(포커스 방향)으로 이동하면, 그에 따라, AF 센서(50)에 의해 수광되는 AF 광이 시프트된다(어긋난다)는 것을 알 수 있다. 이와 같이, AF 계측계(40)는, 기판(3)을 비스듬히 조명함으로써, 기판(3)의 포커스 계측을 행할 수 있다.

[0043] 기판 열라인먼트 계측계(16)가 기판(3)에 제공된 열라인먼트 마크(19)를 검출하는 경우, 열라인먼트 마크(19)상에는, 레지스트(투명층)가 도포(형성)되어 있기 때문에, 단색광 또는 좁은 파장 대역의 광이 간섭 줄무늬를 발생시킨다. 따라서, 광전 변환 디바이스(37)로부터의 열라인먼트 신호에 간섭 줄무늬의 신호가 가산되어, 열라인먼트 마크(19)를 고정밀도로 검출할 수 있게 된다. 일반적으로는, 넓은 파장 대역의 광을 사출하는 광원을 광원(20)으로서 사용하여, 광전 변환 디바이스(37)로부터의 열라인먼트 신호에 간섭 줄무늬의 신호가 가산되는 것을 저감하고 있다.

[0044] 상술한 바와 같이, 기판 열라인먼트 계측계(16)는 레지스트에 기인하는 간섭 줄무늬를 저감하기 위해서 넓은 파장 대역의 광을 사용한다. 그러나, 근년에는, 특정한 파장의 광만을 통과시키는 컬러 필터를 취급하는 공정(컬러 필터 공정)이 증가하고 있다. 컬러 필터는, 도 6에 도시하는 바와 같이, CCD 이미지 센서나 CMOS 이미지 센서 등의 센서 상에 배치되는 색 선택 필터이다. 광을 컬러 필터를 통과시킴으로써, 센서의 화소가 색 정보를 가질 수 있다. 더 구체적으로는, 도 6에 도시하는 바와 같이, 컬러 필터에 넓은 파장의 광(51)이 입사하면, 컬러 필터를 통과할 수 있는 광(52)만이 센서에 도달하고, 따라서 센서의 화소는 색 정보를 가질 수 있다.

[0045] 예를 들어, RGB 컬러 필터 공정에서는, 도 7에 도시하는 바와 같이, 적색 파장(R) 광, 녹색 파장(G) 광, 및 청색 파장(B) 광 각각을 통과시키는 컬러 필터가 센서 위에 병렬로 배치된다. RGB 컬러 필터 공정에서의 디바이스 제조에서는, 각 컬러 필터를 통해서 열라인먼트를 행할 필요가 있기 때문에, 청색 파장으로부터 적색 파장까지 폭넓게 파장 대역을 전환할 필요가 있다.

[0046] 도 8은 RGB 컬러 필터의 투과율의 일례를 도시하는 그래프이다. 도 8에서는, 횡축은 파장[nm]을 나타내고, 종축은 투과율[%]을 나타낸다. 도 8을 참조하면, R 컬러 필터는, 600 nm 이상의 파장을 갖는 광에 대하여 높은 투과율을 갖고 있지만, 550 nm 미만의 파장의 광을 거의 투과하지 않는다. 따라서, R 컬러 필터를 통해서 열라인먼트를 행하기 위해서는, 600 nm 이상의 파장을 갖는 광을 사용할 필요가 있다. G 컬러 필터는, 530 nm의 파장의 근방에서 투과율의 피크를 갖는다. 따라서, G 컬러 필터를 통해서 열라인먼트를 행하기 위해서는, 530 nm 근방의 파장을 갖는 광, 또는 850 nm 이상의 파장을 갖는 광을 사용할 필요가 있다. 또한, B 컬러 필터는 450 nm의 파장의 근방에 투과율의 피크를 갖는다. 따라서, B 컬러 필터를 통해서 열라인먼트를 행하기 위해서는, 450 nm 근방의 파장을 갖는 광, 또는 850 nm 이상의 파장을 갖는 광을 사용할 필요가 있다.

[0047] 상술한 바와 같이, RGB 컬러 필터 공정에서는, 각 컬러 필터를 투과하는 파장을 갖는 광, 또는 모든 컬러 필터를 투과하는 850 nm 이상의 파장을 갖는 광을 사용해서 열라인먼트를 행할 필요가 있다. 따라서, 모든 컬러 필터를 투과하는 850 nm 이상의 파장을 갖는 광, 즉 적외광만을 사용하는 것을 생각할 수 있다. 단, 실제의 프로세스에서는, 컬러 필터 이외에도 다양한 레이어가 겹쳐 있기 때문에, 간접 조건에 따라서는, 적외광만을 사용해서 콘트라스트를 얻는 것이 불가능할 수 있다. 따라서, RGB 컬러 필터 공정에서는, 컬러 필터를 투과하고, 콘트라스트를 얻는 것을 가능하게 하는 파장을 갖는 광을 선택해서 열라인먼트를 행하는 것이 중요하다.

[0048] 본 발명자가 예의 검토한 결과, 고정밀도의 열라인먼트를 행하기 위해서는, B 컬러 필터에 대하여는 450 nm 근방의 파장을 갖는 광을 사용하면서, R 컬러 필터 및 G 컬러 필터에 대하여는 800 nm 근방의 파장 광을 사용할 필요가 있다는 것을 발견했다. 따라서, RGB 컬러 필터 공정에서는, 300 nm 이상의 넓은 파장을 갖는 광을 사용할 수 있는 열라인먼트 계측계, 더 구체적으로는 가시광 이외의 청색 파장 및 적외광을 포함하는 넓은 파장 광을 사용할 수 있는 열라인먼트 시스템을 실현할 필요가 있다.

[0049] 도 9는, 종래 기술에서 편광 빔 스플리터(27)로서 사용되는 편광 빔 스플리터의 특성의 일례를 도시하는 그래프

이다. 도 9는, 580 nm(포함) 내지 620 nm(포함)의 파장을 갖는 광에 대한 편광 빔 스플리터의 S 편광 반사율(S 편광의 반사율) 및 P 편광 투과율(P 편광의 투과율)을 나타낸다. 또한, 도 9에서는, 횡축은 파장[nm]을 나타내고, 종축은 반사율 및 투과율[%]을 나타낸다. 도 9를 참조하면, 580 nm(포함) 내지 620 nm(포함)의 파장 같이 파장 대역의 폭이 좁은, 더 구체적으로는, 파장 대역의 폭이 40 nm 정도인 경우에는, S 편광 반사율 및 P 편광 투과율의 양쪽이 98% 이상일 것이다. 이 경우, 편광 빔 스플리터는, 매우 높은 정밀도로 S 편광과 P 편광을 분리(분할)할 수 있다.

[0050] 도 10은, 450 nm(포함) 내지 950 nm(포함)의 파장을 갖는 광에 대한 도 9에 나타내는 편광 빔 스플리터의 특성의 일례, 더 구체적으로는 S 편광 반사율 및 P 편광 투과율을 도시하는 그래프이다. 도 10에서는, 횡축은 파장[nm]을 나타내고, 종축은 반사율 및 투과율[%]을 나타낸다. 도 10을 참조하면, 450 nm(포함) 내지 950 nm(포함)의 파장 같이 파장 대역의 폭이 넓은 경우에는, 650 nm 이상의 파장 측에서 S 편광 반사율이 급격하게 저하되고, 550 nm 이하의 파장 측에서 P 편광 투과율이 급격하게 저하된다. 이 경우에는 580 nm(포함) 내지 620 nm(포함)의 파장 같이 좁은 파장 대역에 대하여 설계(최적화)된 편광 빔 스플리터(27)가 사용되기 때문에, 이 범위를 벗어난 파장 대역에서는 S 편광과 P 편광을 분리할 수 없다는 것이 나타나 있다.

[0051] 근년에는, 상술한 바와 같이, 가시광 이외의 청색 광 및 적외광을 포함하는 넓은 광을 얼라인먼트에 사용할 필요성이 높아지고 있다. 그러나, 도 10에 도시한 바와 같이, 좁은 파장 대역에 대하여 최적화된 편광 빔 스플리터를 청색 광 및 적외광에 대하여 사용할 수는 없다.

[0052] 따라서, 청색 광 및 적외 광을 포함하는 넓은 광 대역에 대해 설계(최적화)된 편광 빔 스플리터를 사용할 필요가 있다. 도 11은, 450 nm(포함) 내지 950 nm(포함)의 넓은 광 대역에 대해 설계된 편광 빔 스플리터의 특성의 일례를 도시하는 도면이다. 도 11에서는, 횡축은 파장[nm]을 나타내고, 종축은 반사율 및 투과율[%]을 나타낸다. 도 11을 참조하면, 도 10에서 관찰된 650 nm 이상의 장파장 측에서의 S 편광 반사율의 급격한 저하 또는 550 nm 이하의 광 측에서의 P 편광 투과율의 급격한 저하가 사라지고, 넓은 광 대역에서 S 편광이 반사되고, P 편광이 투과된다는 것을 알 수 있다. 한편, 580 nm(포함) 내지 620 nm(포함)의 광 대역에서는 98% 이상이었던 S 편광 반사율 및 P 편광 투과율이 95% 근방까지 크게 저하되어 있다. 이는, 넓은 광 대역에 대하여 편광 빔 스플리터(의 막 설계)를 설계하면, S 편광 반사율 및 P 편광 투과율을 100%에 근접시키는 것이 더 어려워지기 때문이다. 이와 같이, 넓은 광 특성(막 특성)과 S 편광 반사율 및 P 편광 투과율의 절대값 사이에 트레이드오프가 있다. 일반적으로, 넓은 광 특성을 실현하기 위해서는 막의 총수를 증가시킬 필요가 있고, 이는, 막 층의 증가에 의해 막 흡수가 증가하거나 다층 막에서의 간섭에 의한 광량 손실이 발생하기 때문에, S 편광 반사율 및 P 편광 투과율의 절대값을 저하시키는 경향이 있다. 또한, P 편광 투과율에는, 도 11에 도시한 바와 같이, 주기적인 광상 유사 성분이 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 이러한 성분은 막의 총수의 증가에 의해 일어나는 현상이다.

[0053] S 편광 반사율 및 P 편광 투과율의 절대값의 저하 및 주기적인 광상의 출현 같은 현상은 편광 빔 스플리터 이외의 광학 부재에서도 발생할 수 있다. 도 12는, 렌즈 등의 광학 부재에 사용되는 반사 방지막(AR(Anti Reflection) 막)의 특성의 일례를 도시하는 그래프이다. 도 12에서는, 횡축은 파장[nm]을 나타내고, 종축은 반사율[%]을 나타낸다. 넓은 광 대역 AR 막 특성(53)은, 450 nm(포함) 내지 950 nm(포함)의 넓은 광 대역에 대하여 설계된 8층 구조를 갖는 AR 막의 특성을 나타낸다. 또한, 좁은 광 대역 AR 막 특성(54)은, 580 nm(포함) 내지 620 nm(포함)의 좁은 광 대역에 대하여 설계된 3층 구조의 AR 막의 특성을 나타낸다.

[0054] 도 12를 참조하면, 좁은 광 대역 AR 막 특성(54)에서는, 580 nm(포함) 내지 620 nm(포함)의 광 대역에서의 반사율이 0.2% 이하로 억제된다. 한편, 넓은 광 대역 AR 막 특성(53)에서는, 450 nm(포함) 내지 950 nm(포함)의 광 대역에서의 반사율이 약 0.8% 내지 1%만으로 억제된다. 이것은, 편광 빔 스플리터 특성과 마찬가지로, 넓은 광 특성(막 특성)과 반사율의 절대값 사이에 트레이드오프가 있고, 넓은 광 특성과 반사율의 절대값이 양립하지 않는다는 것을 나타낸다. 이 또한, AR 막 층의 증가에 의해 유발되는 막 흡수 및 다층 막에서의 간섭에 의해 유발되는 광량 손실로 인한 것이다. 또한, 넓은 광 대역 AR 막 특성(53)에서는, 좁은 광 대역 AR 막 특성(54)과 비교하여, 주기적인 광상도 나타난다. 또한, $\lambda/4$ 판(30) 등과 같은 위상판을 사용하는 것에 의해서도 넓은 광에서 우수한 특성을 얻는 것은 곤란하기 때문에, 편광 빔 스플리터 및 AR 막의 것과 마찬가지의 문제가 발생할 것이다.

[0055] 이와 같이, 얼라인먼트에서 사용하는 광 대역의 폭이 증가함에 따라, 편광 빔 스플리터, 위상판 등의 각종 광학 부재, AR 막 등의 막 등을 설계하는 것이 점점 어려워지고, 이를 광학 부재 및 막의 특성이 저하될 것이다.

[0056] 도 13을 참조하여, 도 11에 도시하는 특성을 갖는 편광 빔 스플리터 및 도 12에 도시하는 특성을 갖는 AR 막을

기판 열라인먼트 계측계(16)에 적용한 경우에 발생하는 문제에 대해서 설명한다. 도 13은, 기판 열라인먼트 계측계(16)의 편광 빔 스플리터(27)의 근방의 구성을 도시하는 개략도이다.

[0057] 광원(20)으로부터 사출되는 광은, 도 13에 도시하는 바와 같이, 무편광이며, 동일한 양의 S 편광과 P 편광을 포함하고 있다. 따라서, S 편광 100% 및 P 편광 100%의 광이 편광 빔 스플리터(27)에 도광된다. 편광 빔 스플리터(27)는, 도 11에 도시하는 특성을 갖는데, 즉 S 편광의 반사율이 P 편광의 반사율보다 높은 반사형 편광자이기 때문에, S 편광을 100% 반사할 수는 없고, S 편광의 95%만이 기판 측으로 반사된다. 이때, P 편광의 5%도 편광 빔 스플리터(27)에 의해 기판 측으로 반사될 것이다. 한편, S 편광 95% 및 P 편광 5%은 편광 빔 스플리터(27)를 투과하지만, 편광 빔 스플리터(27)의 광원(20)의 반대 측의 면은 경사져 있기 때문에, 이러한 면에 의해 반사된 광은 돌아오지 않는다.

[0058] 편광 빔 스플리터(27)에 의해 기판 측으로 반사된 S 편광의 95% 및 P 편광의 5%는, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 배치된 AF 프리즘(29)을 투과하고, 대물 렌즈(31)를 통해서 기판(3)을 조명한다. 여기서, 도 12에 나타내는 특성을 갖는 AR 막이 AF 프리즘(29)의 표면에 형성되면, 광원(20)으로부터 사출되는 광의 파장 대역에 따라서는 약 1.0%(최대)의 표면 반사가 AF 프리즘(29)에 의해 발생될 것이다. 따라서, S 편광의 95% 및 P 편광의 5%의 1%가 AF 프리즘(29)에 의해 반사되고, 기판(3)에 도달하지 않고 광전 변환 디바이스(37)에 도달한다. 즉, 입사 광량이 S 편광과 P 편광의 합계인 200%인 것으로 상정하면, S 편광의 0.95%와 P 편광의 0.05%의 합계인 1.0%가 기판(3)을 조명하지 않고 광전 변환 디바이스(37)에 직접 도달하는 플레이어 광이 될 것이다. 입사 광량에 대한 플레이어 광량의 비(플레이어율)는 $1.0\%/200\% = 0.5\%$ 이다. 단, 열라인먼트에 암시야 조명을 사용하는 경우, 또는 프로세스 웨이퍼가 높은 흡수율을 갖는 경우에는, 신호 강도가 낮기 때문에, 열라인먼트 신호가 플레이어 광에 매립된다.

[0059] 여기서, 도 14를 참조하여, 암시야 조명의 원리에 대해서 설명한다. 도 14는, 개구 조리개판(24)과 개구 조리개(34) 사이의 관계를 중심으로 기판 열라인먼트 계측계(16)의 간략화된 구성을 나타낸다. 암시야 조명에서는, 기판(3)에 제공된 열라인먼트 마크(19)에 대하여 광이 비스듬히 조사되고, 열라인먼트 마크(19)로부터 0차 회절 광을 검출하지 않고, 열라인먼트 마크(19)로부터의 고차 회절광, 산란광 등을 검출한다. 광이 열라인먼트 마크(19)에 비스듬히 조사되기 때문에, 개구 조리개판(24)에 제공된 개구 조리개로부터 령 형상의 중심에 차광부가 배치되고, 차광부의 주변부에 광투과부가 배치된 개구 조리개를 선택한다. 또한, 개구 조리개(34)로서는, 열라인먼트 마크(19)로부터의 0차 회절광을 검출하지 않고, 고차 회절광 및 산란광을 검출하기 위한 개구 조리개를 사용한다. 더 구체적으로는, 개구 조리개(34)로서, 중심에 광투과부가 배치되고 광투과부의 주변부에 차광부가 배치된 개구 조리개, 즉 개구 조리개판(24)에서 선택된 개구 조리개의 차광부에 대해 배타적인 위치에 차광부가 배치된 개구 조리개를 사용할 것이다.

[0060] 암시야 조명에서는 열라인먼트 마크(19)로부터의 0차 회절광이 검출되지 않기 때문에, 열라인먼트 마크(19)가 배치되어 있지 않은 비마크부 등의 단차가 없는 평탄부로부터는 고차 회절광 및 산란광을 검출할 수 없고, 평탄부로부터의 신호 강도가 제로가 될 것이다. 즉, 암시야 조명에서는, 평탄부로부터의 신호 강도가 제로가 되기 때문에, 열라인먼트 마크(19) 이외의 부분이 어두워질 것이다.

[0061] 평탄부로부터의 신호 강도가 제로이지만, 열라인먼트 마크(19)로부터는, 약하기는 하지만 고차 회절광 및 산란광의 신호 강도를 얻을 수 있다. 따라서, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 플레이어 광을 억제할 수 있으면, 열라인먼트 신호(마크 신호)만이 얻어질 것이고, 고콘트라스트를 실현할 수 있을 것이다. 한편, 암시야 조명에서는, 열라인먼트 신호에 0차 회절광이 포함되어 있지 않기 때문에, 열라인먼트 신호의 강도가 낮고, 열라인먼트 신호를 검출할 수 있는 레벨까지 광량(조명광량)을 증가시킬 필요가 있다. 단, 광량을 증가시키면, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 발생하는 플레이어 광에 의해 콘트라스트가 저하될 것이다.

[0062] 도 15는, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 플레이어 광이 발생하지 않는 경우에 얻어지는 이상적인 열라인먼트 신호의 과형을 도시하는 그래프이다. 도 15를 참조하면, 열라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 높고, 베이스에는 플레이어 광이 중첩되지 않기 때문에 베이스로부터의 강도는 제로이다. 암시야 조명에서는 열라인먼트 신호의 강도의 절대값이 작지만, 광량을 증가시키거나, 광전 변환 디바이스(37)의 축적 시간을 연장시키거나 함으로써, 베이스에 플레이어 광이 중첩되지 않는 한, 신호 강도는 증가할 것이다. 도 15에서는, 열라인먼트 신호의 강도를 1로 규격화한다는 것에 유의한다.

[0063] 도 16은, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 열라인먼트 신호의 강도의 절반에 대응하는 플레이어 광이 발생한 경우에 얻어지는 열라인먼트 신호의 과형을 도시하는 그래프이다. 도 16을 참조하면, 열라인먼트 마크(19)로부터의 규격화된 신호 강도는 1이고 이상적인 열라인먼트 신호와 동일하지만, 플레이어 광으로부의 신호 강도(플레이어 강

도가 0.5이다) 때문에 베이스의 신호 강도가 증가하였다.

[0064] 콘트라스트는, 일반적으로, 얼라인먼트 신호의 강도로부터 베이스의 신호 강도를 차감함으로써 획득되는 값에 의해 평가된다. 따라서, 도 15에 도시하는 얼라인먼트 신호의 콘트라스트는 (얼라인먼트 신호 강도 1) - (베이스 신호 강도 0) = 1이지만, 도 16에 나타내는 얼라인먼트 신호의 콘트라스트는 (얼라인먼트 신호 강도 1) - (베이스 신호 강도 0.5) = 0.5이 된다.

[0065] 콘트라스트가 증가할수록 계측이 더 유리하게 실행될 수 있다. 따라서, 일반적으로 암시야 조명에서는, 얼라인먼트 신호 강도를 1로 설정하면, 베이스 신호 강도는 0.3 이하로 억제될 필요가 있다. 베이스 신호 강도가 0.3을 초과하면, 계측 에러가 발생할 수 있거나 또는 계측이 행해지더라도 프로세스 변동 등에 의해 기판 내에서 신호 강도가 변동할 수 있기 때문에 계측 정밀도가 저하될 것이다.

[0066] 도 13에 도시하는 바와 같이, 입사광량에 대한 플레이어율이 0.5%일 경우, 암시야 조명에서 얼라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 약 0.55%로 낮으면, 도 17에 도시하는 바와 같이, 얼라인먼트 신호가 플레이어 강도(플레이어 광)에 매립될 것이다. 암시야 조명에서는, 상술한 바와 같이, 얼라인먼트 마크(19)로부터 0차 회절광을 검출하지 않고, 매우 미약한 고차 회절광, 산란광 등을 검출하기 때문에, 얼라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 종종 약 0.55%가 될 수 있다. 얼라인먼트 마크(19)로부터의 0.55%의 신호 강도에 대하여 플레이어율이 0.5%일 경우에 얼라인먼트 신호 강도를 1로 설정하면, 플레이어 강도가 0.9($\approx 0.5\%/0.55\%$)에 가까이 있는 것을 의미한다. 도 17을 참조하면, 1의 얼라인먼트 강도에 대하여 플레이어 강도가 0.9이고, 베이스의 신호 강도가 암시야 조명의 타깃(임계치)인 0.3을 크게 초과하는 것을 볼 수 있다.

[0067] 이와 같이, 입사 광량에 대한 플레이어율이 높은 경우(도 13에 나타내는 기판 얼라인먼트 계측계(16))에서는, 낮은 얼라인먼트 강도는 계측 정밀도가 저하되고 계측 에러가 발생할 가능성을 증가시킨다. 따라서, 기판 얼라인먼트 계측계(16)에서 발생하는 플레이어 광을 저감(억제)하는 것이 중요하다.

[0068] 따라서, 본 실시형태는, 넓은 과장 대역에 속하는 광을 사용하면서, 기판 얼라인먼트 계측계(16)에서 발생하는 플레이어 광의 저감을 실현하는 기술을 제공한다. 도 18은, 본 실시형태에 따른 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 편광 빔 스플리터(27)의 근방의 구성을 도시하는 개략도이다. 기판 얼라인먼트 계측계(16)는, 본 실시형태에서는, 도 18에 도시하는 바와 같이, 조명계(IL)에 편광자(55)를 포함한다. 본 실시형태에 따른 편광자(55)에서는, S 편광의 투과율이 P 편광의 투과율보다 높다. 더 구체적으로는, 편광자(55)는, S 편광만을 100% 투과하고, P 편광의 투과율은 1%로 억제되는 투과형 편광자이다. 편광자(55)는, 예를 들어 편광 빔 스플리터, 와이어 그리드 등으로 구성된다.

[0069] 광원(20)으로부터 사출되는 광은, 도 18에 도시하는 바와 같이, 무편광이며, 동일한 양의 S 편광 및 P 편광을 포함한다. 따라서, S 편광 100% 및 P 편광 100%가 편광자(55)에 도달된다. 편광자(55)에서는, S 편광의 투과율이 100%이며, P 편광의 투과율이 1%이기 때문에, S 편광 100% 및 P 편광 1%이 편광자(55)를 투과하고, 편광 빔 스플리터(27)에 도달한다. 편광 빔 스플리터(27)는, 도 11에 도시되는 특성을 갖는 반사형 편광자, 즉 S 편광의 반사율이 P 편광의 반사율보다도 높은 반사형 편광자이기 때문에, S 편광을 100% 반사할 수는 없다. S 편광의 95%만이 기판 측에 반사되고, P 편광의 5%가 기판 측에 반사된다. 따라서, S 편광 95% 및 P 편광 0.05%가 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 배치된 AF 프리즘(29)에 도달할 것이다.

[0070] AF 프리즘(29)은 AR 막이 제공된 투과 부재이다. 본 실시형태에서는, AF 프리즘(29)의 표면에는 도 12에 도시되는 특성을 갖는 AR 막이 형성되어 있기 때문에, 상술한 바와 같이 약 1.0%의 표면 반사가 AF 프리즘(29)에서 발생한다. 따라서, S 편광의 0.95% 및 P 편광의 0.0005%가 AF 프리즘(29)에 의해 반사되고, 기판(3)에 도달하지 않고 광전 변환 디바이스(37)에 도달한다. 즉, S 편광 0.95%와 P 편광 0.0005%의 합계인 0.9505%가, 기판(3)을 조명하지 않고, 광전 변환 디바이스(37)에 직접 도달하는 플레이어 광이 될 것이다. 입사 광량에 대한 플레이어율은 본 실시형태에서는 0.47525%이다. 이와 같이, 본 실시형태에서는, 입사 광량에 대한 플레이어율이 도 13에 나타내는 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 플레이어율(5%)로부터 개선되었다. 따라서, 편광자(55)는, 편광 빔 스플리터(27)에 의해 반사되는 P 편광의 영향을 저감하는 것에 효과가 있다.

[0071] 도 19는, 본 실시형태에 따른 기판 얼라인먼트 계측계(16)의 편광 빔 스플리터(27)의 부근의 다른 구성을 도시하는 개략도이다. 기판 얼라인먼트 계측계(16)는, 본 실시형태에서는, 도 19에 도시되는 바와 같이, 조명계(IL)에 포함되는 편광자(55) 외에, 결상계(IM)에 편광자(56)를 더 포함한다. 본 실시형태에서는, 편광자(56)에서, P 편광의 투과율이 S 편광의 투과율보다 높다. 더 구체적으로는, 편광자(56)는, P 편광만을 100% 투과하고, S 편광의 투과율이 1%로 억제되는 투과형 편광자이다. 편광자(56)는, 예를 들어 편광 빔 스플리터,

와이어 그리드 등으로 구성된다. 편광자(55) 및 편광자(56)의 투과 편광 축은 서로 광학적으로 직교한다.

[0072] 광원(20)으로부터 사출되는 광은, 도 19에 도시하는 바와 같이, 무편광이며, 동일한 양의 S 편광 및 P 편광을 포함한다. 따라서, S 편광 100% 및 P 편광 100%가 편광자(55)에 도달된다. 편광자(55)에서는, 상술한 바와 같이, S 편광의 투과율이 100%이며, P 편광의 투과율이 1%이기 때문에, S 편광 100% 및 P 편광 1%이 편광자(55)를 투과하고 편광 빔 스플리터(27)에 도달한다. 편광 빔 스플리터(27)는, 도 11에 도시되는 특성, 즉 S 편광의 반사율이 P 편광의 반사율보다 높은 반사형 편광자이기 때문에, S 편광은 100% 반사될 수 없고, S 편광의 95%만이 기판 측에 반사될 것이고, P 편광의 5%가 기판 측에 반사될 것이다. 따라서, S 편광 95% 및 P 편광 0.05%가 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 배치된 AF 프리즘(29)에 도달할 것이다.

[0073] AF 프리즘(29)은 AR 막이 제공된 투과 부재이다. 본 실시형태에서는, AF 프리즘(29)의 표면에는 도 12에 도시되는 특성을 갖는 AR 막이 형성되어 있기 때문에, 상술한 바와 같이 약 1.0%의 표면 반사가 AF 프리즘(29)에서 발생한다. 따라서, S 편광의 0.95% 및 P 편광의 0.0005%이 기판(3)에 도달하지 않고 AF 프리즘(29)에 의해 결상계측으로 반사된다.

[0074] 결상계측으로 반사된 S 편광의 0.95% 및 P 편광의 0.0005%는 편광자(56)에 도달할 것이다. 편광자(56)에서는, 상술한 바와 같이, P 편광의 투과율이 100%이며, S 편광의 투과율이 1%이기 때문에, S 편광의 0.0095% 및 P 편광의 0.0005%가 편광자(56)를 투과하고, 각각 광전 변환 디바이스(37)에 도달한다. 따라서, S 편광 0.0095% 및 P 편광 0.0005%의 합계인 0.01%의 광이 기판(3)을 조명하지 않고 광전 변환 디바이스(37)에 직접 도달하는 플레이어 광이 된다. 입사 광량에 대한 플레이어율은 본 실시형태에서는 0.005%이다. 이와 같이, 본 실시형태에서는, 입사 광량에 대한 플레이어율이 도 13에 나타내는 기판 열라인먼트 계측계(16)의 플레이어율(5%)의 1/100까지 개선되었다. 따라서, 편광자(56)는 편광 빔 스플리터(27)를 투과하는 S 편광의 영향을 저감하는 것에 효과가 있다.

[0075] 암시야 조명에서, 열라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 약 0.55%로 낮은 경우, 상술한 바와 같이, 플레이어율이 0.5%(도 13)로 설정되면, 도 17에 도시하는 바와 같이 열라인먼트 신호가 플레이어 강도에 매립된다. 단, 도 18 및 도 19에 나타내는 본 실시형태에서는, 열라인먼트 신호가 플레이어 강도에 매립되는 이러한 상태를 개선할 수 있다. 예를 들어, 도 19에 나타내는 본 실시형태에서는, 열라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 0.55%인 경우에도, 플레이어율이 0.005%로 저감되기 때문에, 도 20에 도시한 바와 같은 열라인먼트 신호가 얻어질 수 있다. 도 20은, 도 19에 나타내는 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 얻어지는 신호의 파형을 도시하는 그래프이다. 열라인먼트 마크(19)의 신호 강도 0.55%에 대하여 플레이어율이 0.05%라는 사실은, 열라인먼트 신호 강도를 1로 하면, 플레이어 강도는 약 0.01($\approx 0.005/0.55$)인 것을 의미한다. 도 20를 참조하면, 열라인먼트 신호 강도 1에 대하여 플레이어 강도가 약 0.01이고, 베이스 신호 강도는 암시야 조명의 타깃(임계치)인 0.3 이하이다.

[0076] 본 실시형태에서는, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 적어도 하나의 광학 부재(예를 들어, AF 프리즘(29))를 포함하는 기판 열라인먼트 계측계(16)에서, 편광자가 조명계(IL)에 포함되거나 또는 편광자가 조명계(IL) 및 결상계(IM)에 포함된다. 이에 의해, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 얻어지는 열라인먼트 신호의 콘트라스트를 크게 개선할 수 있다.

[0077] 또한, 본 실시형태는, 열라인먼트 신호의 콘트라스트가 개선되는 것을 설명했다. 이는, 열라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 더 낮은 프로세스에서도 열라인먼트 마크(19)가 검출될 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들어, 암시야 조명에서의 타깃 베이스 강도인 0.3 이하의 베이스 신호 강도를 실현하기 위해서, 도 13에 나타내는 기판 열라인먼트 계측계(16)에서는 플레이어율이 0.5%이기 때문에 약 1.6%($\approx 0.5/(1/0.3)$)의 열라인먼트 신호 강도가 필요해진다. 한편, 도 19에 나타내는 기판 열라인먼트 계측계(16)에서는 플레이어율이 0.05%이기 때문에, 열라인먼트 신호 강도가 약 0.016%($\approx 0.005/(1/0.3)$)인 경우에도, 열라인먼트 마크(19)가 검출될 수 있다. 즉, 도 19에 나타내는 기판 열라인먼트 계측계(16)는, 도 13에 나타내는 기판 열라인먼트 계측계(16)와 비교하여, 열라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 100배 더 어두워도 열라인먼트 마크(19)를 검출할 수 있다.

[0078] 도 19에서는, 설명적인 편의를 위해서, 편광 빔 스플리터(27)의 근방의 구성을 주로 나타냈지만, 기판 열라인먼트 계측계(16)는 실제로는 도 21에 나타내는 구성을 포함한다는 것에 유의한다. 도 21은, 본 실시형태에 따른 기판 열라인먼트 계측계(16)의 더 구체적인 구성을 도시하는 개략도이다.

[0079] 또한, 위에서는 열라인먼트 마크(19)로부터의 신호 강도가 낮은 경우의 일례로서 암시야 조명을 설명했지만, 본 실시형태에 따른 기판 열라인먼트 계측계(16)는 명시야 조명에도 채용될 수 있다.

- [0080] 도 22를 참조하여 명시야 조명의 원리에 대해서 설명한다. 도 22는, 개구 조리개판(24)과 개구 조리개(34) 사이의 관계를 중심으로 기판 열라인먼트 계측계(16)를 간략화해서 나타내고 있다. 명시야 조명에서는, 암시야 조명에서 사용한 개구 조리개와 상이한 개구 조리개를 사용한다(즉, 개구 조리개를 전환할 것이다).
- [0081] 명시야 조명에서는, 광이 기판(3)에 배치된 각각의 열라인먼트 마크(19)에 대하여 수직으로 조사되고 열라인먼트 마크(19)로부터의 0차 회절광이 검출되기 때문에, 암시야 조명과 비교하여 열라인먼트 마크(19)로부터의 광량이 높다. 한편, 열라인먼트 마크(19)가 마련되어 있지 않은 비마크부 등의 단차가 없는 평탄부로부터의 0차 회절광도 검출될 것이기 때문에, 평탄부로부터의 광량도 높다. 따라서, 명시야 조명에서는, 열라인먼트 신호의 콘트라스트가 암시야 조명에서보다 낮아질 것이다.
- [0082] 도 23은, 명시야 조명에서 얻어지는 열라인먼트 신호의 파형의 일례를 도시하는 그래프이다. 도 23을 참조하면, 명시야 조명에서는, 상술한 바와 같이, 평탄부로부터 0차 회절광도 검출되기 때문에, 평탄부로부터의 신호 강도(평탄부 신호 강도)가 높다는 것을 알 수 있다. 도 24는, 명시야 조명에서, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 플레이어 광이 발생한 경우에 얻어지는 열라인먼트 신호의 파형을 도시하는 그래프이다. 도 24를 참조하면, 열라인먼트 신호 강도는, 열라인먼트 신호와 상이한 플레이어 강도가 평탄부 강도(베이스)에 추가되기 때문에, 상대적으로 저감되었고 콘트라스트가 저하되었다는 것을 알 수 있다. 명시야 조명의 경우에도 프로세스 웨이퍼의 흡수율이 높으면 열라인먼트 마크(19)로부터의 광량과 평탄부로부터의 광량이 모두 저하될 것이기 때문에, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 발생하는 플레이어 광이 저감되지 않는 한, 플레이어 광의 영향이 상대적으로 높아질 것이다. 이에 의해, 도 24에 도시하는 바와 같이, 열라인먼트 신호의 콘트라스트가 저하될 것이다. 따라서, 열라인먼트에 암시야 조명 또는 명시야 조명이 채용되는지에 관계없이, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서의 플레이어 광의 발생을 저감하는 것은 중요하다.
- [0083] 본 실시형태는, 주로, 도 19 및 도 21에 도시하는 바와 같이, 기판 열라인먼트 계측계(16)의 조명계(IL) 및 결상계(IM) 각각에 편광자가 포함되는 경우의 예를 설명했다. 단, 도 18에 도시하는 바와 같이, 기판 열라인먼트 계측계(16)의 조명계(IL)에만 편광자가 포함되는 경우에도, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서의 플레이어 광의 발생을 저감할 수 있다. 또한, 결상계(IM)에만 편광자가 포함되는 경우에도, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서의 플레이어 광의 발생을 저감할 수 있다. 이와 같이, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서, 조명계(IL) 및 결상계(IM) 중 적어도 하나가 편광자를 포함하는 구성을 가지면 충분하다.
- [0084] 또한, 본 실시형태는, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재로서 AF 프리즘(29)이 사용되는 예를 설명했다. 그러나, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다. 예를 들어, 도 25에 도시하는 바와 같이, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 배치된 적어도 하나의 광학 부재는 전반사 프리즘(57)일 수 있다. 도 25는, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 전반사 프리즘(57)이 배치된 기판 열라인먼트 계측계(16)의 편광 빔 스플리터(27)의 근방의 구성을 도시하는 개략도이다.
- [0085] 전반사 프리즘(57)은, 광학계의 광축(광 빔)을 절곡하는 미러(반사 부재)의 1종이다. 전반사 프리즘(57)은, 전반사 프리즘(57)의 빗변과 공기층 사이의 굴절률 차에 의해 발생되는 전반사 효과에 따라, 광량 손실 없이 광빔의 방향을 90° 회전시킬 수 있다. 일반적인 표면 반사 미러에는 알루미늄 등의 금속막이 형성(코팅)되어 있기 때문에, 표면 반사 미러의 반사율은 90% 정도이고, 광량의 10% 정도가 상실될 것이다. 따라서, 전반사 프리즘(57)은, 광량의 면에서, 즉 광량 손실 없이 광빔을 회전시키는데 있어서 유리하다. 단, 전반사 프리즘(57)은, 편광 빔 스플리터(27)에 의해 반사된 광이 전반사 프리즘(57)의 클래스 재료의 표면에 제공된 AR 막에 의해 반사될 때 플레이어 광이 되는 문제가 있다. 이와 같이, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 전반사 프리즘(57)이 배치되는 경우에도, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서는 플레이어 광이 발생할 것이다. 따라서, 상술한 바와 같이, 기판 열라인먼트 계측계(16)의 조명계(IL) 및 결상계(IM) 중 적어도 하나에 편광자를 배치함으로써, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서의 플레이어 광의 발생을 저감할 수 있다.
- [0086] 본 실시형태는, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에, 1개의 AF 프리즘(29) 또는 1개의 전반사 프리즘(57)이 배치되어 있는 경우의 일례를 설명하였다. 그러나, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다. 예를 들어, AF 프리즘(29)과 전반사 프리즘(57)은 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에 배치될 수 있다. 이와 같이, 편광 빔 스플리터(27)와 $\lambda/4$ 판(30) 사이에는 복수의 광학 부재가 배치될 수 있다.
- [0087] 또한, 본 실시형태에서는, 편광 빔 스플리터(27)를 프리즘 타입 편광 빔 스플리터로서 도시하고 있지만, 편광 빔 스플리터(27)는 평행 평판을 45° 기울여서 배치한 미러 타입 편광 빔 스플리터일 수 있다.
- [0088] 또한, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서, 조명계(IL)에 포함되는 편광자(55)는, 도 26에 도시하는 바와 같이, 조

명계(IL)의 광축에 대하여 기울어지도록 배치될 수 있다. 마찬가지로, 결상계(IM)에 포함되는 편광자(56)는, 도 26에 도시하는 바와 같이, 결상계(IM)의 광축에 대하여 기울어지도록 배치될 수 있다. 도 26은, 본 실시형태에 따른 기판 열라인먼트 계측계(16)의 편광 빔 스플리터(27)의 근방의 구성을 도시하는 개략도이다.

[0089] 조명계(IL)에 포함되는 편광자(55)를 광축에 대하여 기울어지도록 배치함으로써, 편광자(55)의 표면에 의해 반사되는 광은 광축으로부터 대각선으로 지향될 수 있다. 예를 들어, 편광자(55)는 P 편광을 1%만 투과시키기 때문에, 99%의 P 편광은 편광자(55)에 의해 반사될 것이다. 이 경우 편광자(55)는 광축에 대하여 기울어지지 않고 수직으로 배치되면, 편광자(55)에 의해 반사된 99%의 P 편광이 광원(20)으로 되돌아가고, 광원(20)에 의해 반사되어, 편광자(55)에 다시 도달해서 투과되므로, 플레이어 광이 된다. 이러한 종류의 플레이어 광의 양은 매우 작고 통상적으로 무시될 수 있다. 그러나, 더 고정밀도로 열라인먼트를 실현하기 위해서는 이러한 종류의 플레이어 광의 영향을 저감할 필요가 있다. 도 26에 도시하는 바와 같이, 편광자(55)를 광축에 대하여 기울어지도록 배치함으로써, 편광자(55)에 의해 반사된 99%의 P 편광은, 광원(20)으로 되돌아가지 않을 것이고(즉, 광원(20)에 의해 반사되지 않을 것이고), 편광자(55)에 다시 도달하는 것이 방지될 수 있다. 즉, 편광자(55)에 의해 반사된 99%의 P 편광으로부터 플레이어 광이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[0090] 마찬가지로, 결상계(IM)에 포함되는 편광자(56)가 광축에 대하여 기울이지 않고 수직으로 배치되면, 편광자(56)에 의해 반사된 99%의 S 편광이 AF 프리즘(29)의 표면에 의해 반사될 것이고, 편광자(56)에 다시 도달해서 투과할 것이기 때문에, 플레이어 광이 된다. 도 26에 도시되는 바와 같이 편광자(56)를 광축에 대하여 기울어지도록 배치함으로써, 편광자(56)에 의해 반사된 99%의 S 편광은, AF 프리즘(29)에 되돌아가지 않을 것이고(즉, AF 프리즘(29)의 표면에 의해 반사되지 않을 것이고), 편광자(56)에 다시 도달하는 것이 방지될 수 있다. 즉, 편광자(56)에 의해 반사된 99%의 S 편광으로부터 플레이어 광이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[0091] 이와 같이, 조명계(IL)에 포함되는 편광자(55) 및 결상계(IM)에 포함되는 편광자(56) 각각을 대응하는 광축에 대하여 기울어지도록 배치하는 것은, 기판 열라인먼트 계측계(16)에서 발생하는 플레이어 광을 저감하는데 유효하다. 또한, 편광자(55 및 56) 각각이 기울어지는 방향(회전 방향)은, 투파축에 대하여 직교하는 방향을 회전 축으로서 설정하고, 조명계(IL)와 결상계(IM)를 서로 직교하게 함으로써 결정될 수 있다.

[0092] 또한, 편광자(55 및 56) 각각은, 도 21에 도시하는 바와 같이, 기판(3)과 광학적으로 공액인 면(공액면)(58)으로부터 시프트된 면(위치)에 배치된다. 편광자(55 및 56) 각각은, 그 성능을 고려하여, 기본적으로는 입사광 각도를 갖지 않는 면에 배치될 수 있다. 편광자(55) 및 편광자(56) 각각은 수직 입사광의 미리결정된 편광된 광 빔만을 투파하는 특성을 갖는 광학 디바이스이지만, 입사광이 각도를 갖고 있으면 미리결정된 편광된 광 이외의 편광된 광이 투파될 우려가 있다.

[0093] 기판 열라인먼트 계측계(16)의 조명계(IL)에서는, 제1 조명계(25)와 제2 조명계(26) 사이 및 제1 콘덴서 광학계(21)와 제2 콘덴서 광학계(23) 사이에, 광이 각도를 갖고 있지 않은 영역, 즉 공액면(58)이 존재한다. 그러나, 편광자(55)가 공액면(58)에 배치되면, 편광자(55)의 표면에 존재하는 흠집 및 티끌이 기판(3)에 반영될 수 있기 때문에, 오계측을 유발할 수 있다. 따라서, 편광자(55)를, 공액면(58)을 피하기 위해서, 제1 조명계(25)와 제2 조명계(26) 사이 또는 제1 콘덴서 광학계(21)와 제2 콘덴서 광학계(23) 사이에 배치하는 것이 바람직할 수 있다. 본 실시형태에서는, 도 21에 도시하는 바와 같이, 편광자(55)는 제1 콘덴서 광학계(21)와 제2 콘덴서 광학계(23) 사이에 배치되며, 따라서 공액면(58)으로부터 시프트된 면에 배치된다.

[0094] 한편, 기판 열라인먼트 계측계(16)의 결상계(IM)에서는, 제1 결상계(33)와 제2 결상계(35) 사이 및 광전 변환 디바이스(37)의 입사면에 공액면(58)이 존재한다. 따라서, 도 21에 도시하는 바와 같이, 광이 각도를 갖지 않고, 공액면(58)을 피할 수 있도록 편광자(56)를 제1 결상계(33)와 제2 결상계(35) 사이에 배치하는 것이 바람직 할 수 있다. 대물 렌즈(31)와 릴레이 렌즈(32) 사이의 공간에서 광이 각도를 갖지 않고 공액면(58)을 피할 수 있지만, 이 공간에 편광 빔 스플리터(27), AF 프리즘(29), $\lambda/4$ 판(30) 등과 같은 복수의 광학 부재가 이미 배치된다는 것에 유의한다. 따라서, 본 실시형태에서는, 제1 결상계(33)와 제2 결상계(35) 사이에 편광자(56)를 배치함으로써, 공액면(58)으로부터 편광자(56)를 시프트시킨다. 이에 의해, 편광자(56)의 상이 광전 변환 디바이스(37)(기판(3))에 반영되지 않기 때문에 양호한 계측을 얻을 수 있다.

[0095] 이와 같이, 조명계(IL)에 포함되는 편광자(55) 및 결상계(IM)에 포함되는 편광자(56) 각각을 공액면(58)으로부터 시프트되도록 배치하는 것은, 편광자(55) 및 편광자(56)에 의한 계측 정밀도 저하를 억제함으로써 양호한 계측을 실현하는데 유효하다.

[0096] 또한, 본 실시형태에서는, 편광 빔 스플리터(27)를, S 편광의 반사율이 P 편광의 반사율보다 높은 반사형 편광

자인 것으로 설명했다. 그러나, 편광 빔 스플리터(27)를, P 편광의 반사율이 S 편광의 반사율보다 높은 반사형 편광자로 치환할 수 있다. 이 경우, 조명계(IL)에 포함되는 편광자(55)를 P 편광의 투과율이 S 편광의 투과율보다 높은 투과형 편광자일 수 있으며, 결상계(IM)에 포함되는 편광자(56)는 S 편광의 투과율이 P 편광의 투과율보다 높은 투과형 편광자일 수 있다.

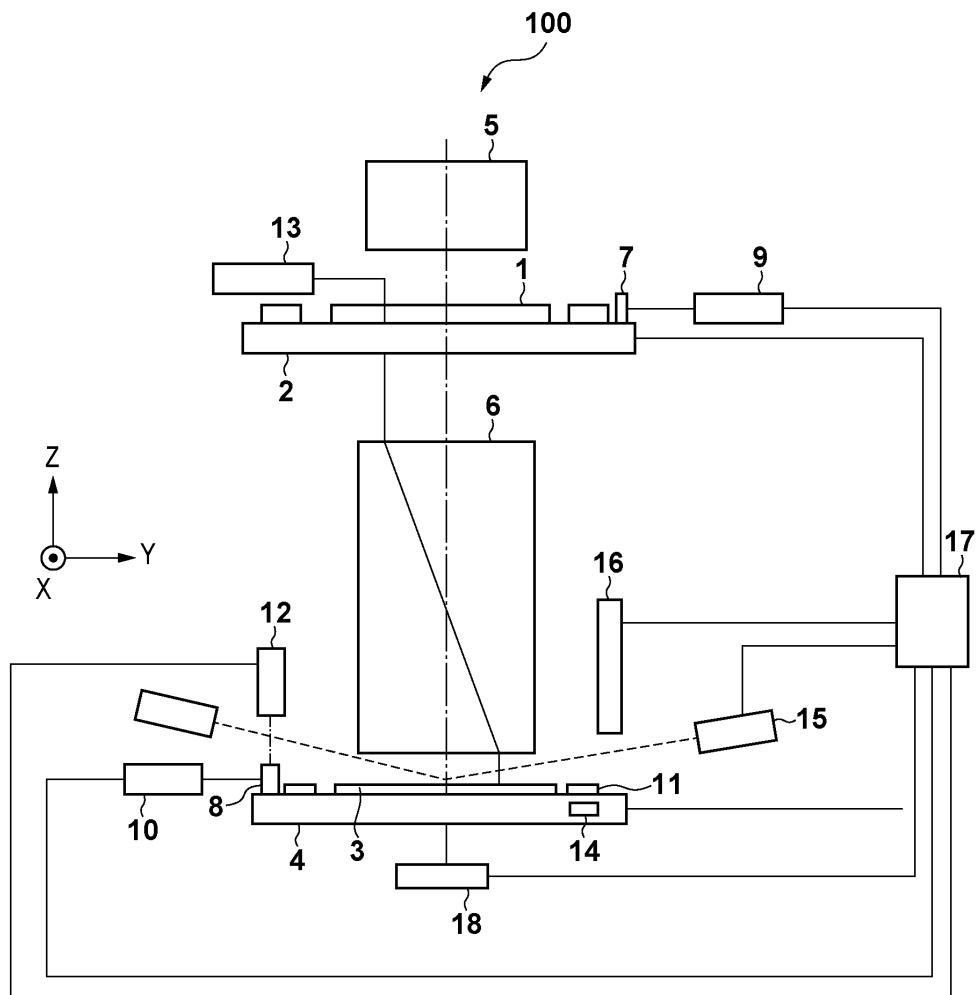
[0097] 본 실시형태의 기판 얼라인먼트 계측계(16)에 따르면, 플레이 왓을 저감하고 얼라인먼트 신호의 콘트라스트를 크게 개선할 수 있기 때문에, 계측 정밀도가 향상되고, 기판(3)의 위치를 고정밀도로 계측할 수 있다. 따라서, 기판 얼라인먼트 계측계(16)를 포함하는 노광 장치(100)는 레티클(1)과 기판(3)의 얼라인먼트에서 높은 오버레이 정밀도를 달성할 수 있다.

[0098] 본 발명의 실시형태에 따른 물품의 제조 방법은, 디바이스(반도체 디바이스, 자기 기억 매체, 액정 표시 소자 등), 컬러 필터, 광학 부품, 또는 MEMS 등의 물품을 제조하는데 바람직하다. 이 제조 방법은, 상술한 실시형태에 따른 노광 장치(100)를 사용하여, 감광제가 도포된 기판을 노광하는 단계, 및 노광된 감광제를 현상하는 단계를 포함한다. 현상된 감광제의 패턴을 마스크로서 사용하여 기판에 대하여 예칭 단계 및 이온 주입 단계를 행하여, 기판 상에 회로 패턴을 형성한다. 노광, 현상, 및 예칭 단계 등의 단계를 반복함으로써, 기판 상에 복수의 층으로 형성되는 회로 패턴을 형성한다. 후속 단계에서, 회로 패턴이 형성된 기판에 대하여 다이싱(가공)을 행하고, 칩의 마운팅, 본딩, 및 검사 단계를 행한다. 이러한 제조 방법은, 다른 주지의 단계(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 레지스트 박리 등)을 더 포함할 수 있다. 본 실시형태에 따른 물품의 제조 방법은, 종래에 비하여, 물품의 성능, 품질, 생산성 및 생산 비용 중 적어도 하나에서 우수하다.

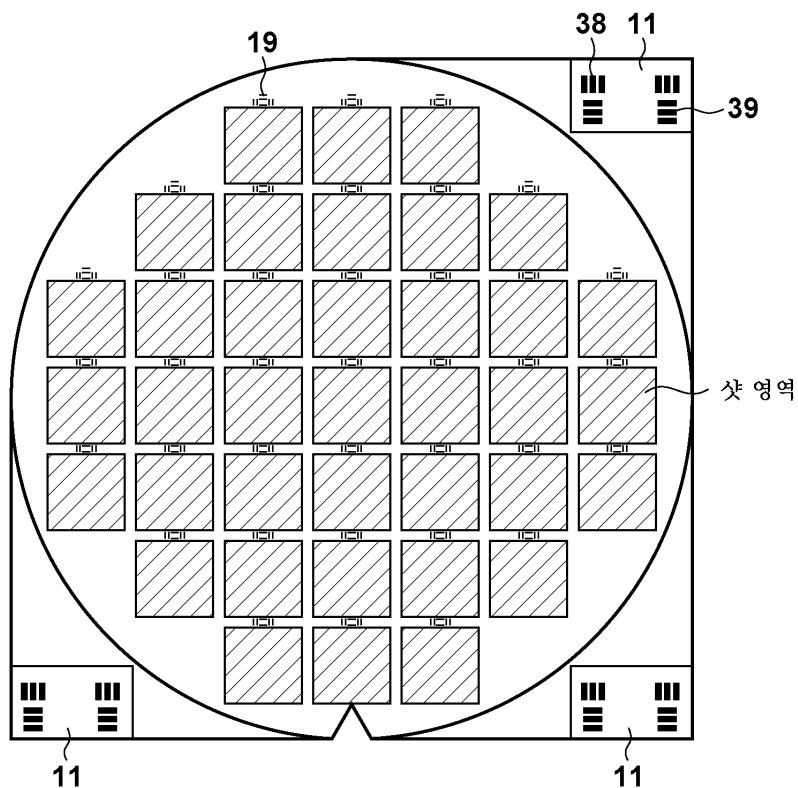
[0099] 본 발명을 예시적인 실시형태를 참고하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시형태로 한정되지 않음을 이해해야 한다. 이하의 청구항의 범위는 이러한 모든 변형과 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

도면

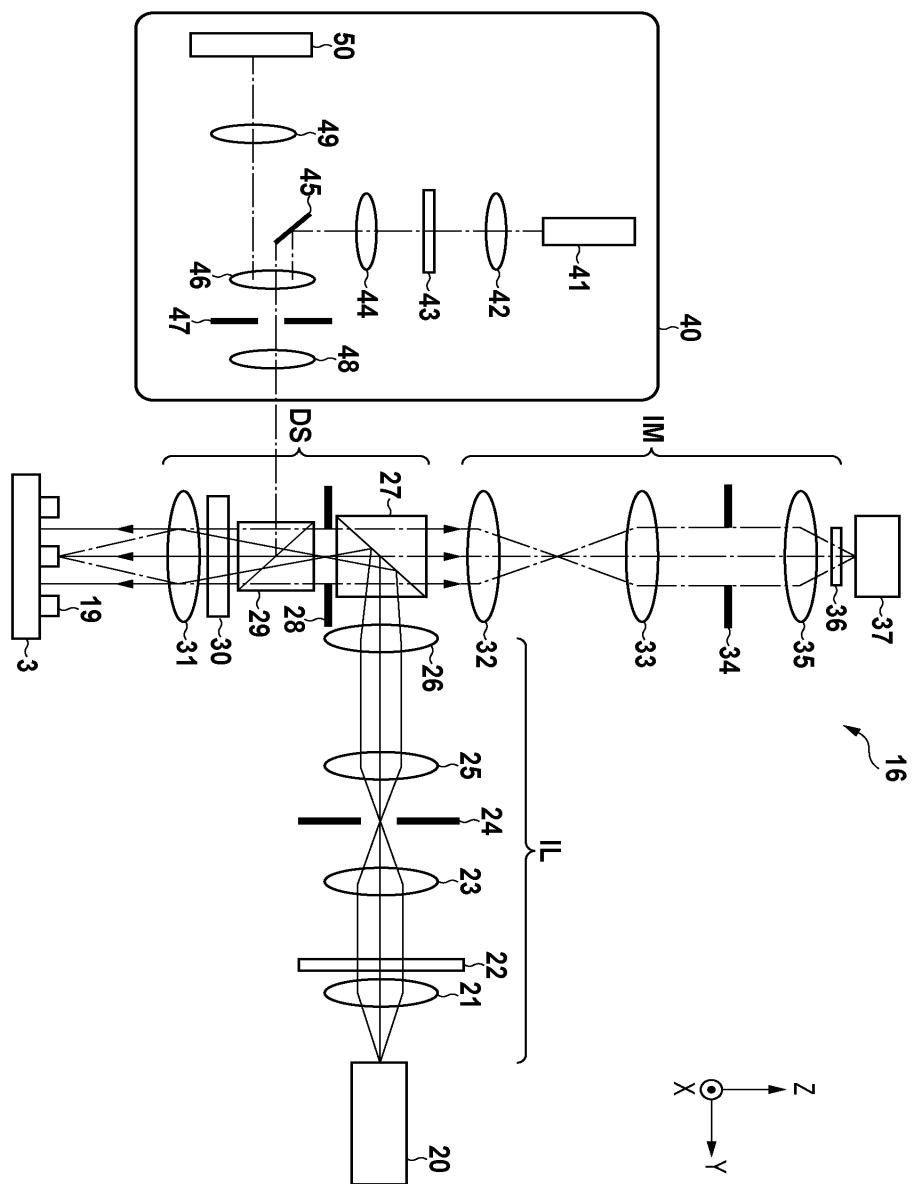
도면1



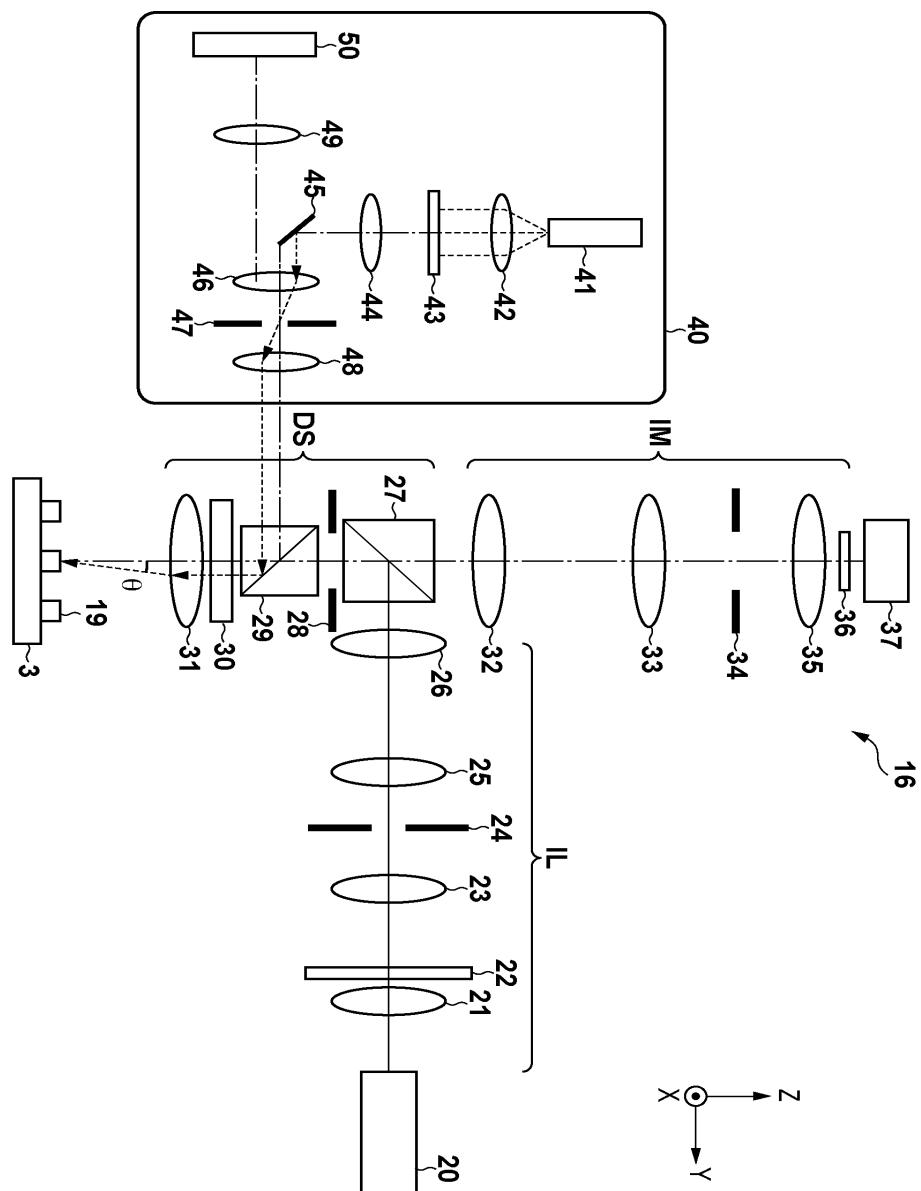
도면2



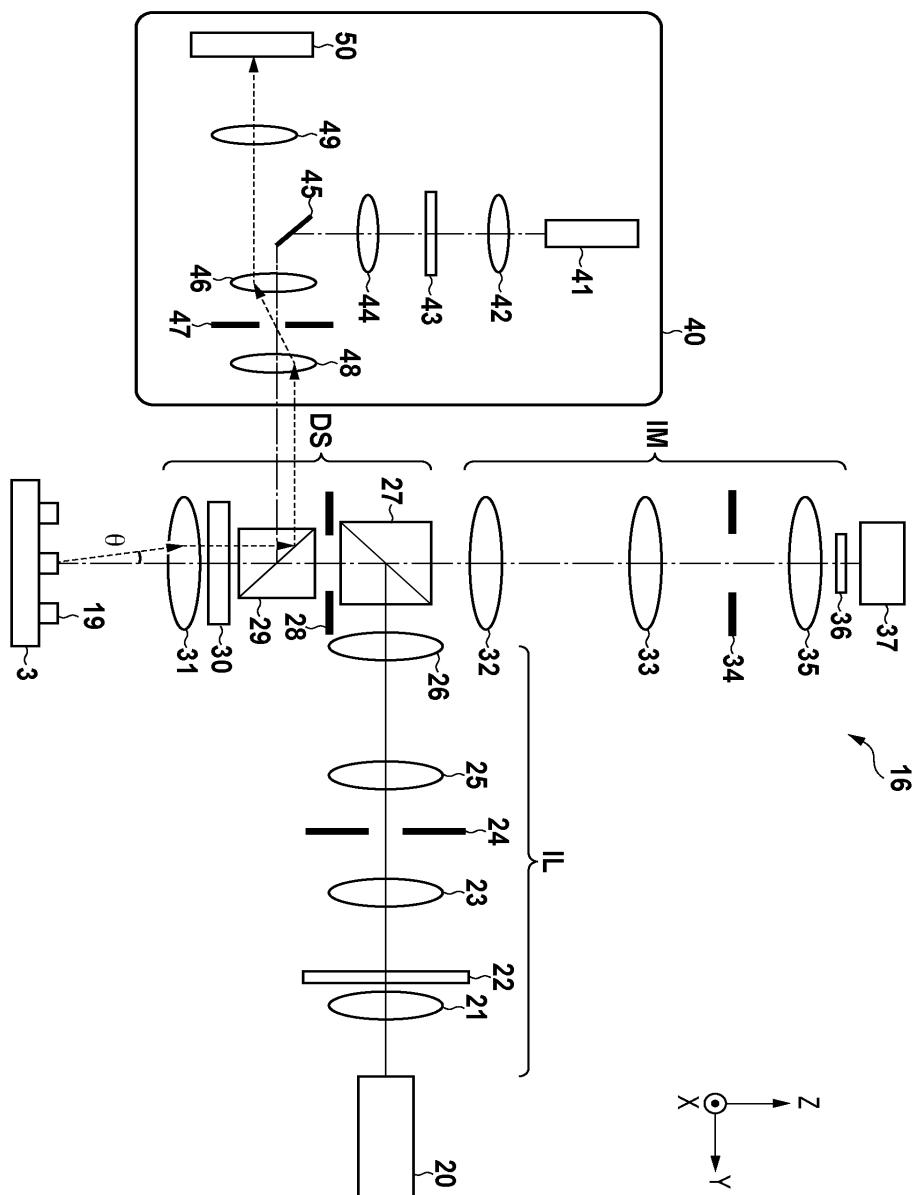
도면3



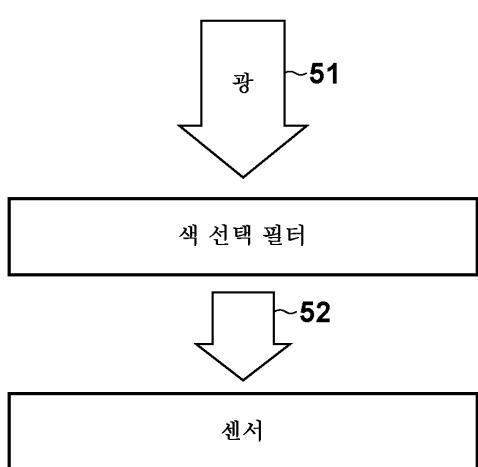
도면4



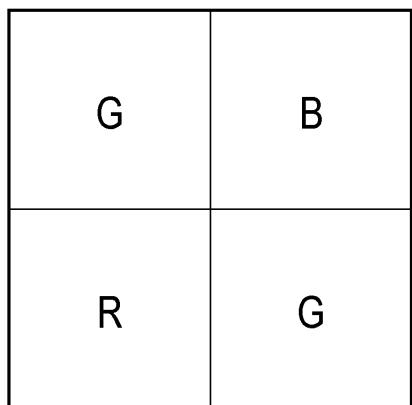
도면5



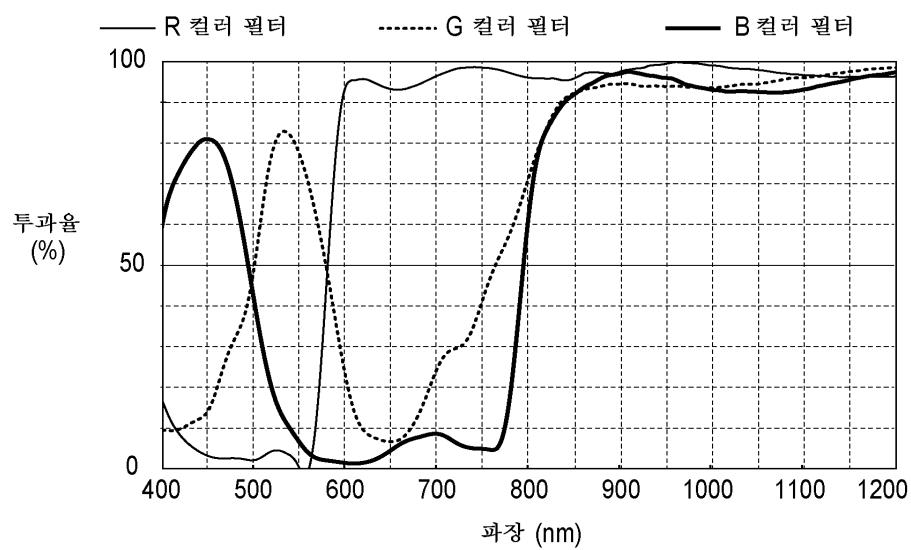
도면6



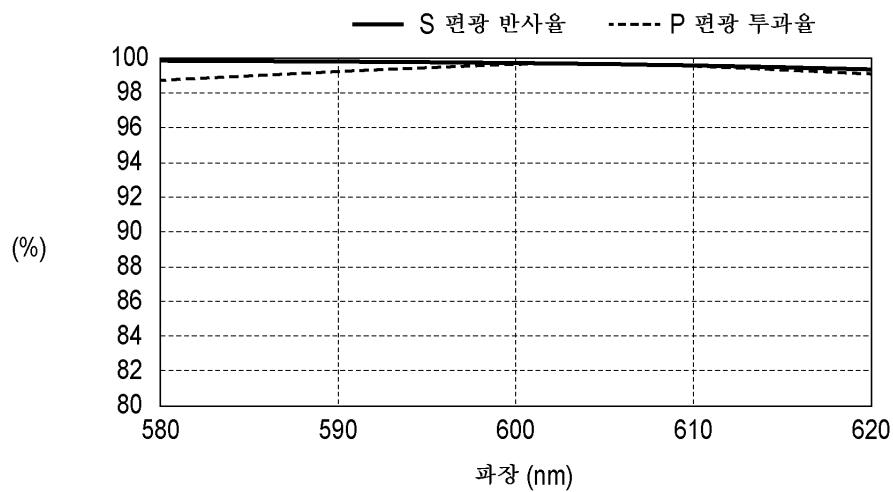
도면7



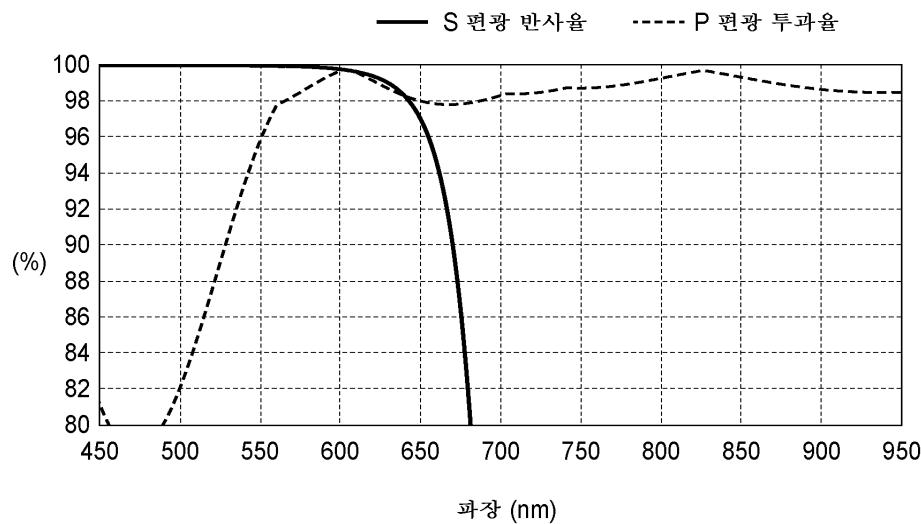
도면8



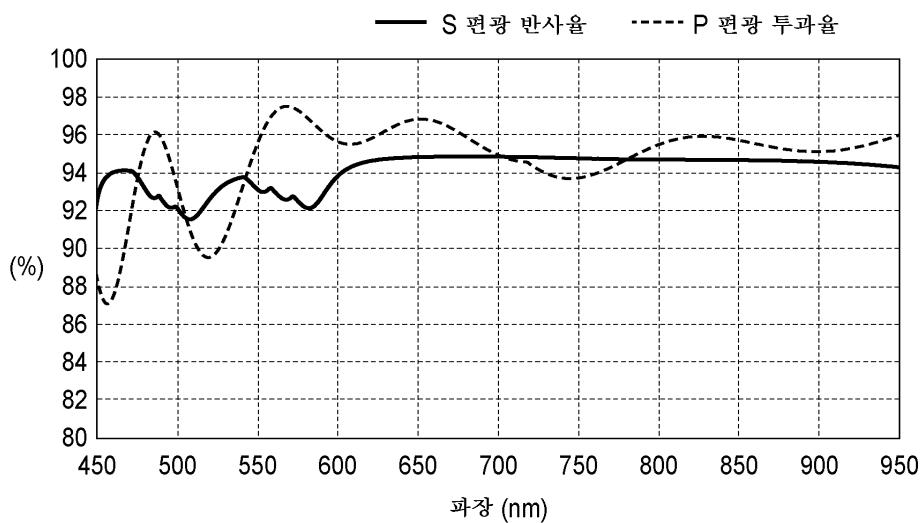
도면9



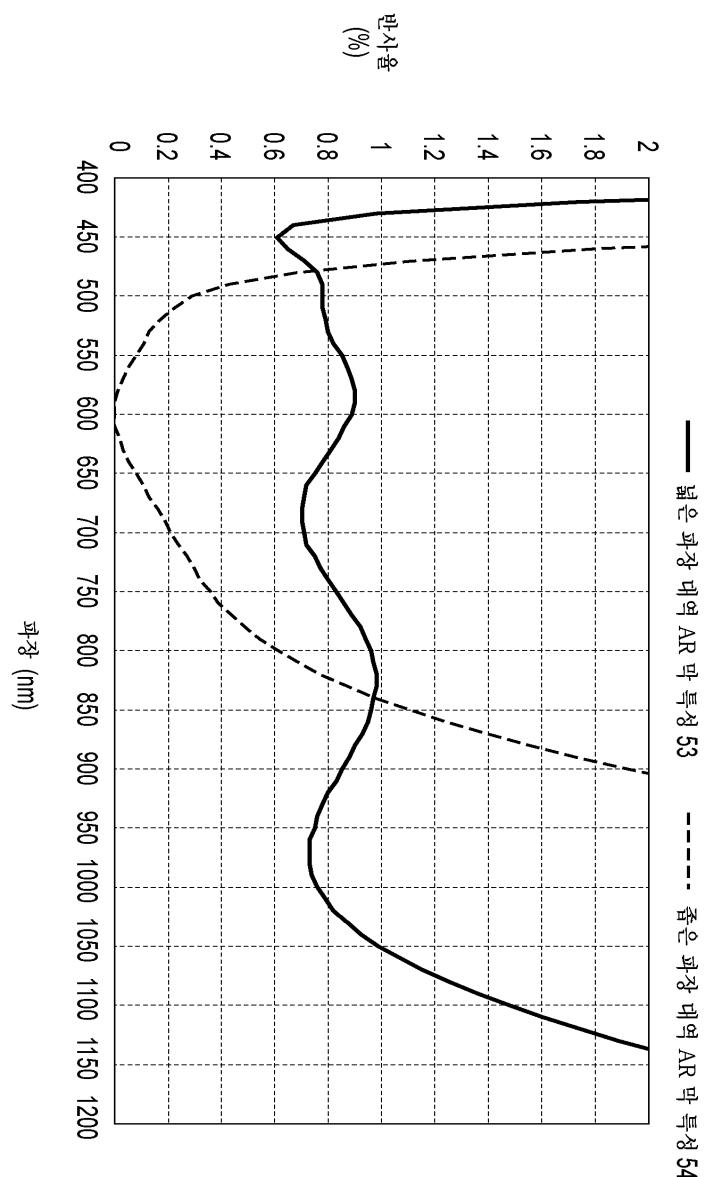
도면10



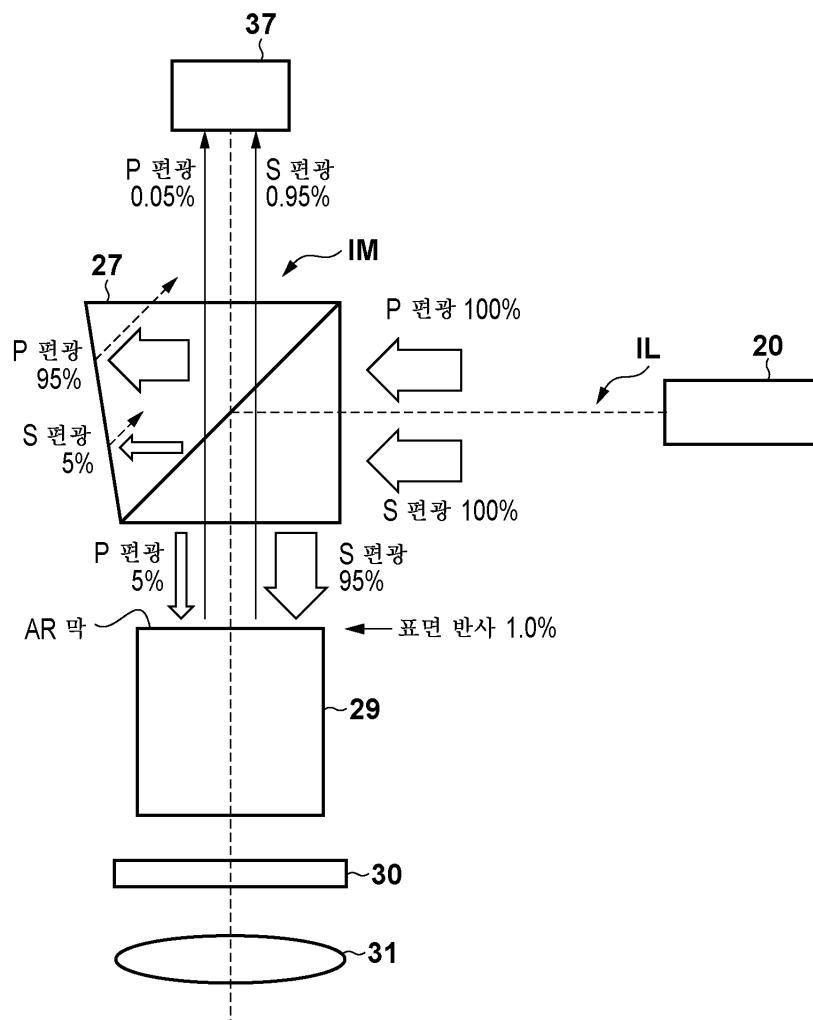
도면11



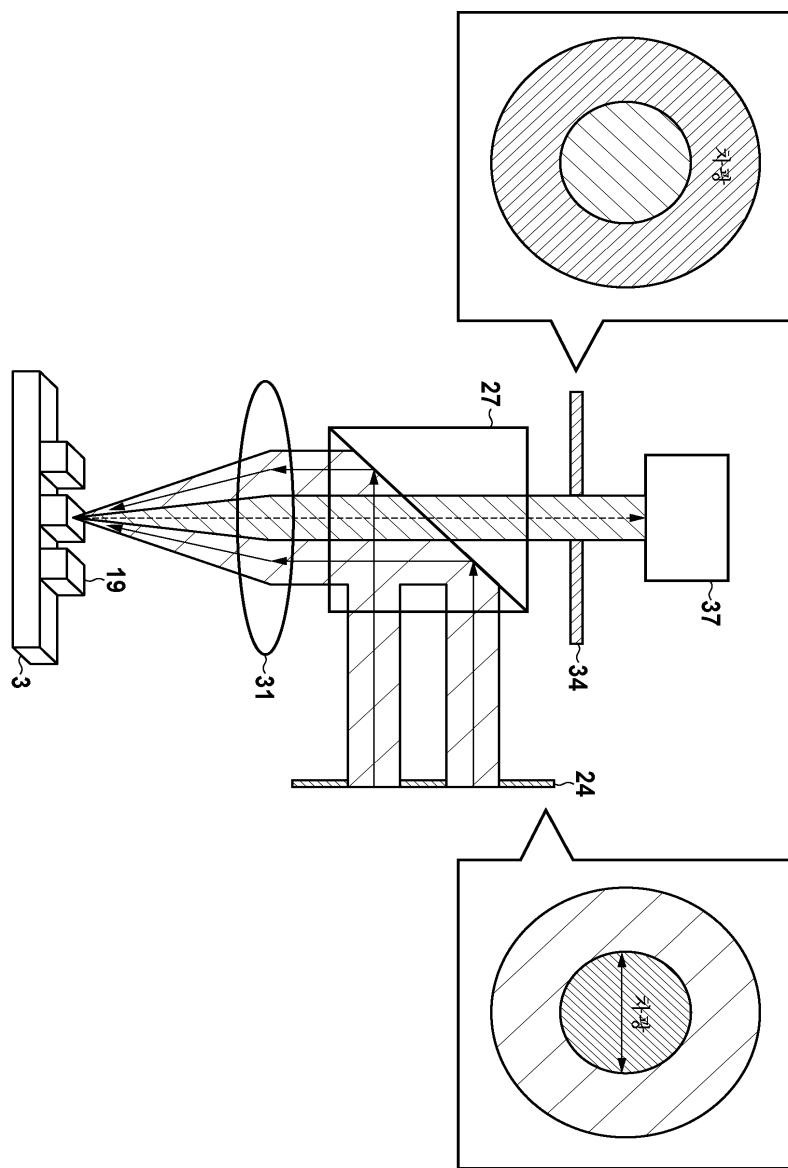
도면12



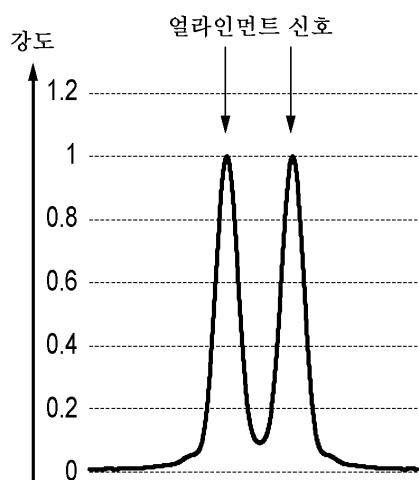
도면13



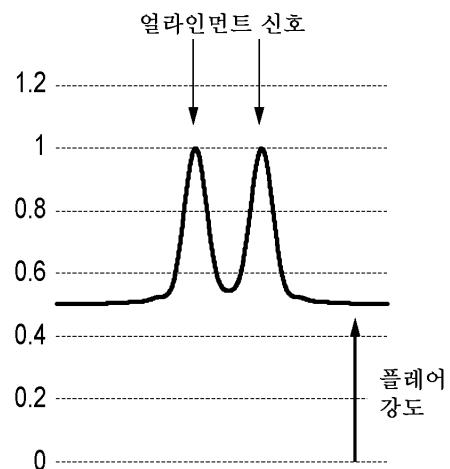
도면14



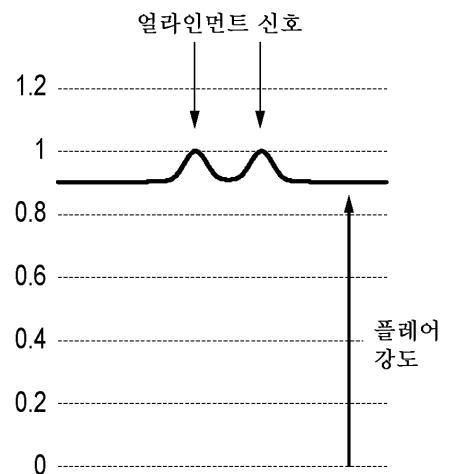
도면15



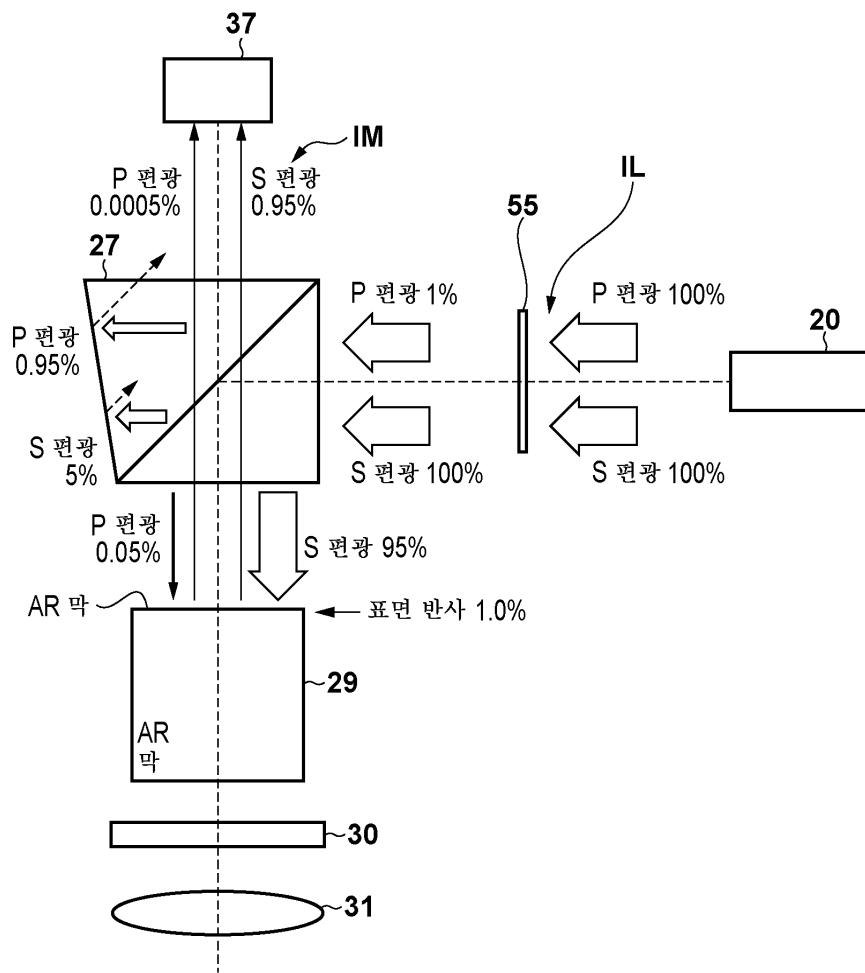
도면16



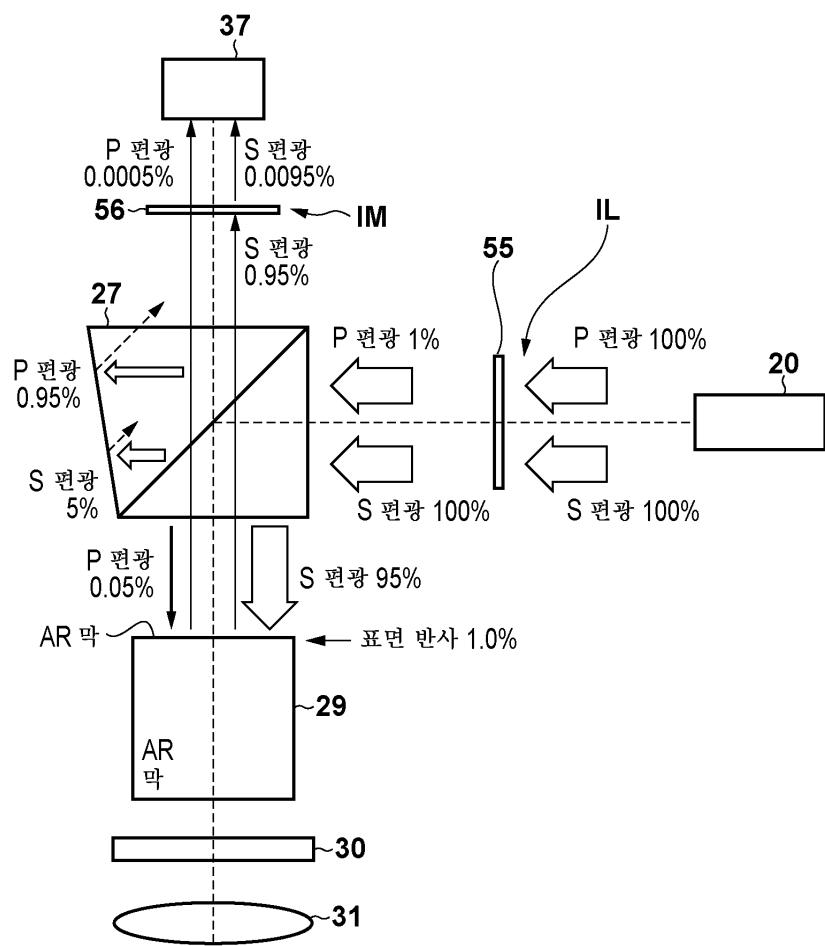
도면17



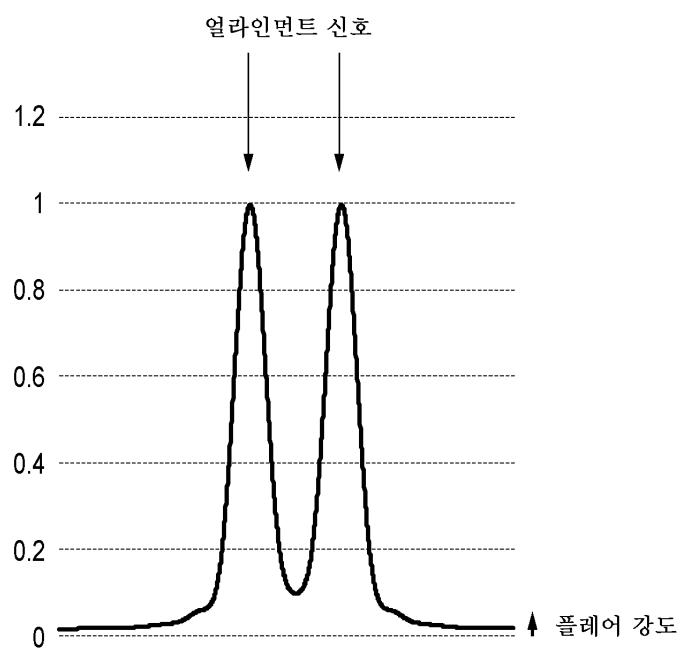
도면18



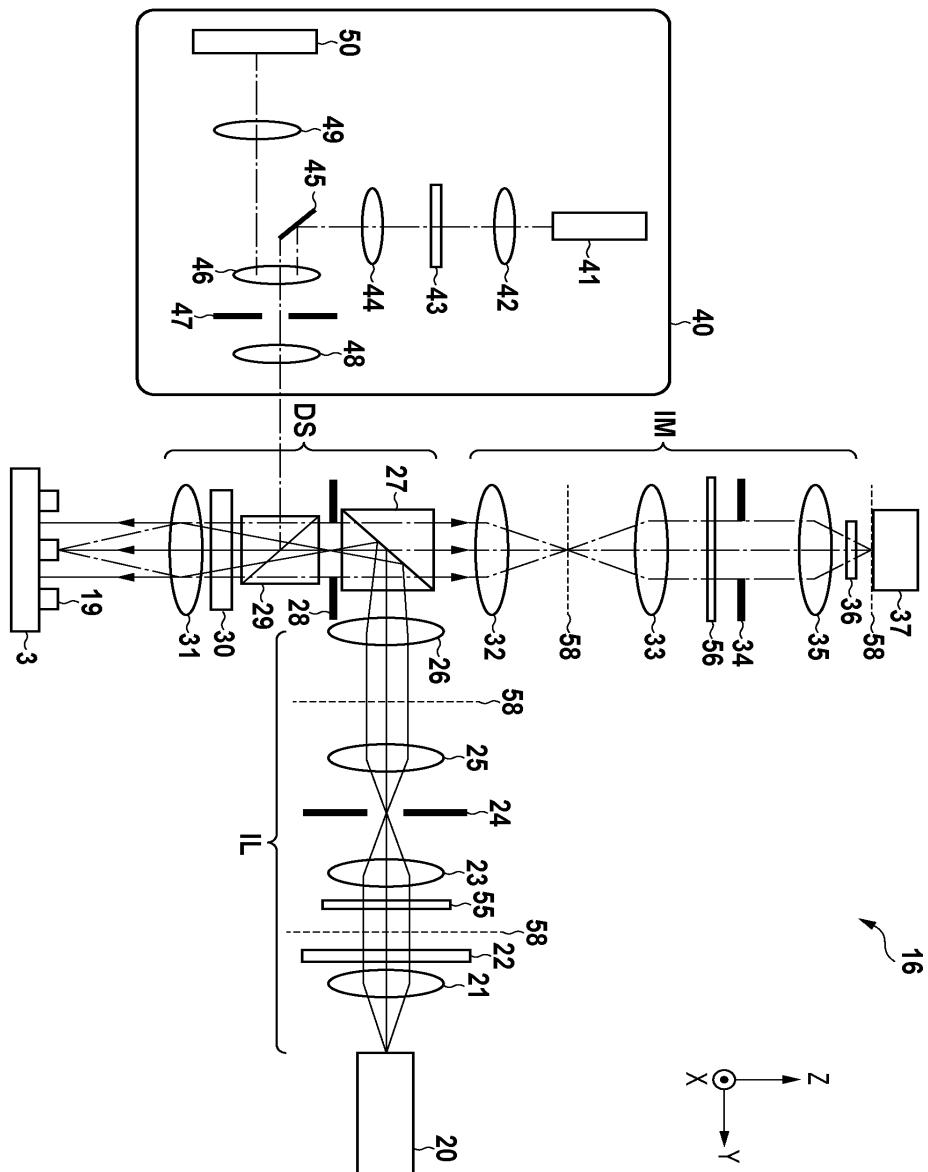
도면19



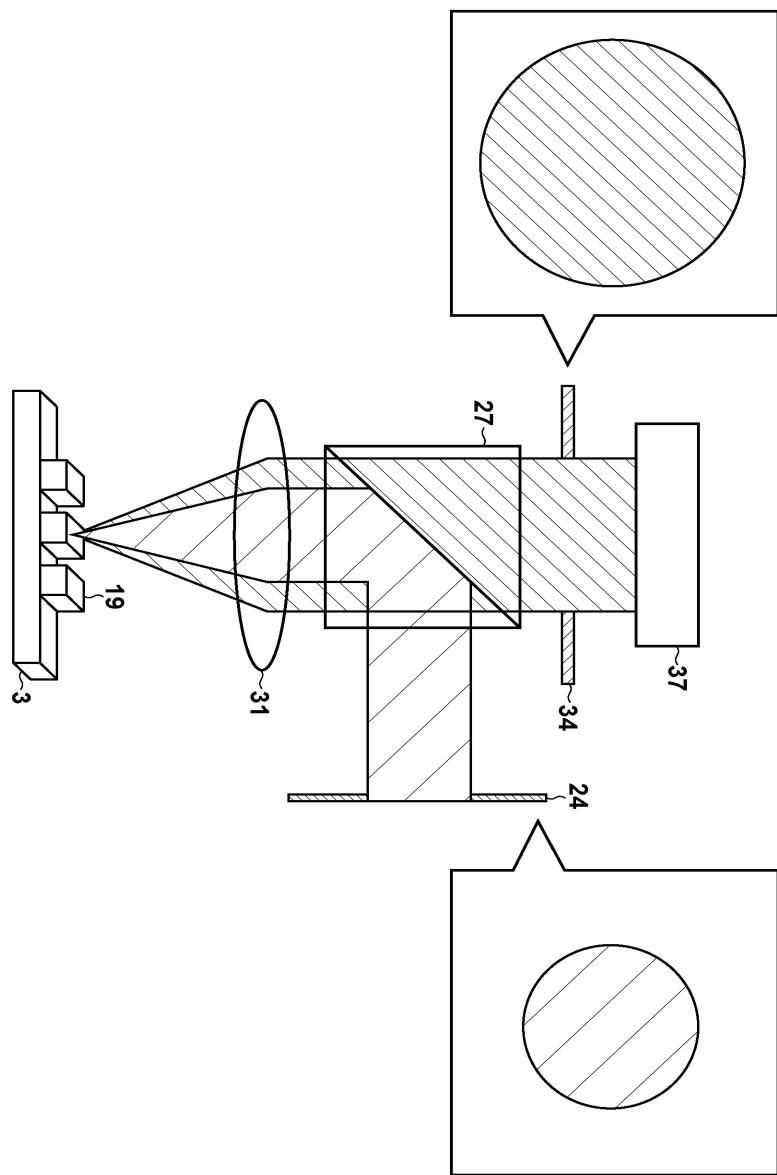
도면20



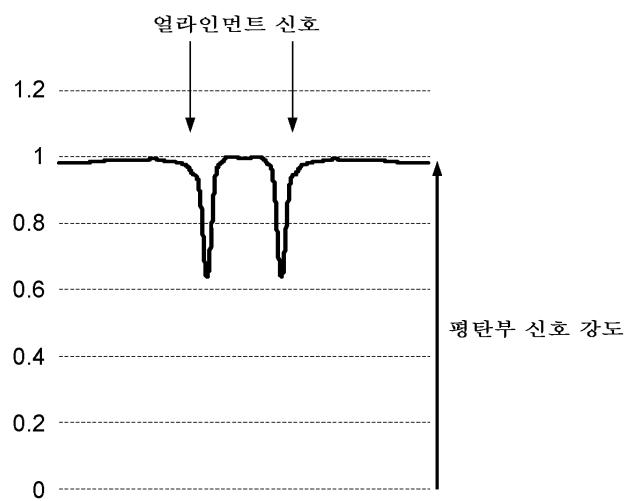
도면21



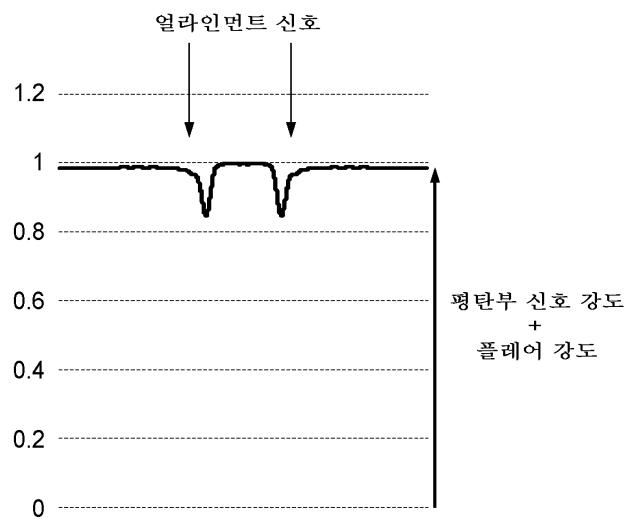
도면22



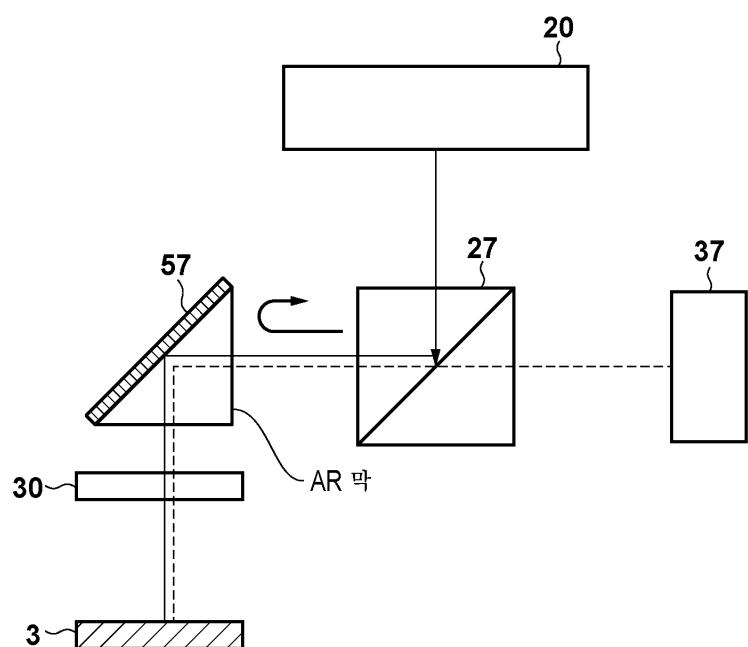
도면23



도면24



도면25



도면26

