(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
G03F 7/20

(11) 공개번호 10-2004-0101089
(43) 공개일자 2004년12월02일

(21) 출원번호 10-2004-0036790
(22) 출원일자 2004년05월24일

(30) 우선권주장
JP-P-2003-00146442 2003년05월23일 일본(JP)
JP-P-2003-00187469 2003년06월30일 일본(JP)
JP-P-2003-00189594 2003년07월01일 일본(JP)
JP-P-2004-00139679 2004년05월10일 일본(JP)
JP-P-2004-00139680 2004년05월10일 일본(JP)

(71) 출원인
캐논 가부시끼가이샤
일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고

(72) 발명자
카토타카시
일본국도꾜도오오따꾸시모마루꼬3쪼메30방2고캐논가부시끼가이샤나이

테라사와치아키
일본국도꾜도오오따꾸시모마루꼬3쪼메30방2고캐논가부시끼가이샤나이

(74) 대리인
신중훈
임옥순

심사청구 : 있음

(54) 투영광학계, 노광장치 및 디바이스의 제조방법

요약

제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서, 상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하며, 렌즈를 지닌 제 1결상광학계, 상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하며, 렌즈와 오목면경을 지닌 제 2결상광학계 및 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하며, 렌즈를 지닌 제 3결상광학계를 구비하고, 상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 이 순서로, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서 배치되고, 상기 제 1결상광학계의 근축배율을 β1, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 β2라 한 때, 0.70 < | β1 · β2 | < 3.0을 만족하는 것을 특징으로 한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의한 반사굴절 투영광학계의 개략구성도

도 2는 본 발명에 의한 다른 실시예의 반사굴절 투영광학계의 개략구성도

도 3은 본 발명에 의한 제 1실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 4는 본 발명에 의한 제 2실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 5는 본 발명에 의한 제 1실시예의 수차도

도 6은 본 발명에 의한 제 2실시예의 수차도

도 7은 본 발명에 의한 다른 실시예의 반사굴절 투영광학계의 개략구성도

도 8은 본 발명에 의한 또 다른 실시예의 반사굴절 투영광학계의 개략구성도

도 9는 본 발명에 의한 또 다른 실시예의 반사굴절 투영광학계의 개략 구성도

도 10은 본 발명에 의한 또 다른 실시예의 반사굴절 투영광학계의 개략구성도

도 11은 본 발명에 의한 또 다른 실시예의 반사굴절 투영광학계의 개략구성도

도 12는 본 발명에 의한 제 3실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 13은 본 발명에 의한 제 4실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 14는 본 발명에 의한 제 5실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 15는 본 발명에 의한 제 3실시예의 수차도

도 16은 본 발명에 의한 제 4실시예의 수차도

도 17은 본 발명에 의한 제 5실시예의 수차도

도 18은 본 발명에 의한 제 6실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 19는 본 발명에 의한 제 7실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 20은 본 발명에 의한 제 8실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 21은 본 발명에 의한 제 9실시예의 반사굴절 투영광학계를 표시한 광로도

도 22는 본 발명에 의한 제 6실시예의 수차도

도 23은 본 발명에 의한 제 7실시예의 수차도

도 24는 본 발명에 의한 제 8실시예의 수차도

도 25는 본 발명에 의한 제 9실시예의 수차도

도 26은 본 발명에 의한 일측면의 예시적인 투영광학계를 표시한 개략블록단면도

도 27은 디바이스(IC나 LSI 등의 반도체칩, LCD, CCD 등)의 제조를 설명하는 순서도

도 28은 도 27에 표시한 스텝 4의 상세 순서도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

101: 제 1물체면 102: 제 2물체면

103: 개구조리개 Gr1: 제 1결상광학계

Gr2: 제 2결상광학계 Gr3: 제 3결상광학계

IMG1: 제 1중간상 IMG2: 제 2중간상

FM1: 제 1편향반사기 FM2: 제 2편향반사기

L2: 제 2결상광학계의 왕복광학계 부분

L: 물-상간 거리(제 1물체와 제 2물체의 광축(AX1)을 따라서 측정한 거리)

AX1, AX2, AX3: 광축

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 일반적으로, 투영광학계, 해당 투영광학계를 지닌 투영노광장치 및 디바이스의 제조방법에 관한 것이며, 특히, 레티클 패턴을 웨이퍼에 투영노광하는 투영광학계에 대해서 미러(거울, 즉, 반사경)를 이용한 반사굴절(catadioptric) 투영광학계에 관한 것이다.

반도체의 집적회로를 제조하기 위한 포토리소그라피 공정에 있어서, 마스크 또는 레티클상의 패턴을, 투영광학계를 이용해서 포토레지스트 등이 도포된 웨이퍼상에 투영노광하는 투영노광장치가 사용되고 있다. 근년, 집적회로의 고집적화가 진행됨에 따라, 투영노광 광학계에 대한 사양 및 성능도 점점 엄격해지고 있다.

투영노광 광학계에 있어서 높은 해상력을 얻기 위해서는, 노광파장의 단파장화 및/또는 개구수('NA')의 고NA화가 필요로 된다. 높은 해상도를 얻기 위해 노 광파장의 단파장화가 진행되고, 노광파장이 193nm(ArF)나 157nm(F_2) 등의 파장영역에 달하면, 석영렌즈나 형석렌즈이외의 투과형 광학소자를 이용하면 높은 투과율이 거의 얻어지지 않으므로, 예정된 광량을 얻기 위해서는, 렌즈재료가 석영과 형석으로 한정되고 있다. 193nm나 157nm 등의 파장영역의 광을 이용하는 투영노광장치의 광학계로서, 예를 들면, 일본국 공개특허 평 10-79345호 공보(EP A1 828172에 대응함) 등에 개시되어 있는 바와 같은 오로지 굴절렌즈로 구성되고, 렌즈구성 매수가 많고 전체 유리재료의 두께가 큰 광학계를 이용한 경우, 광학계내에서의 광의 흡수량이 많아지므로, 웨이퍼상에서의 노광량이 저하하여, 쓰루풋(throughput)의 저하의 원인으로 된다. 또, 렌즈의 열흡수 및 그 결과 온도의 상승에 의한 초점위치의 변동, (열)수차의 변동 등의 문제가 생기고 있다. 또, 노광파장이 193nm에서는 석영렌즈와 형석렌즈가 사용가능하나, 이들의 분산치의 차가 작으므로, 색수차의 보정이 곤란하여, 색수차를 보정하고자 하면 곡률반경이 작은 무색 면을 지닌 무색 렌즈가 복수개 필요하게 된다. 이와 같은 무색 렌즈가 광학계내에 복수개 있으면, 전체 유리재료 두께의 증대를 초래하여, 전술한 투과율의 저하, 열수차의 발생 등의 문제가 더욱 현저해지게 된다. 또, 형석에 관해서는, 투영광학계에 적합한 설계성능을 지닌 렌즈를 제공하는 것이 거의 곤란하고, 또한, 개구수가 큰 렌즈의 제조가 복잡화된다. 이것은 색보정을 더욱 복잡화해서, 비용증대의 요인으로 되고 있다. 또한, 노광파장이 157nm로 되면, 사용가능한 렌즈재료는 형석만으로 되어, 단일 재료만으로는 색수차를 보정하는 것은 곤란하다. 이와 같이, 굴 절계만으로 투영광학계를 구성하는 것이 곤란하므로, 광학계중에 미러를 사용함으로써, 전술한 투과율의 저하, 색수차의 보정곤란성 등의 문제를 해결하고자 하는 제안이 여러 가지 이루어지고 있다.

예를 들면, 미러만으로 구성되어 있는 반사굴절 투영광학계가 일본국 공개특허 평 9-211332호 공보(미국특허 제 5,815,310호에 대응), 일본국 공개특허 평 10-90602호 공보(미국특허 제 5,686,728호에 대응) 등에 개시되어 있다. 또, 미러와 렌즈를 조합시킨 반사굴절 투영광학계가, 미국특허 제 5,650,877호 공보, 일본국 공개특허 소 62-210415호 공보, 일본국 공개특허 소 62-258414호 공보, 일본국 공개특허 평 2-66510호 공보(미국특허 제 4,953,960호에 대응), 일본국 공개특허 평 3-282527호 공보(미국특허 제 5,220,454호에 대응), 일본국 공개특허 평 5-188298호 공보(미국특허 제 5,668,673호에 대응), 일본국 공개특허 평 6-230287호 공보 (미국특허 제 5,592,329호에 대응), 일본국 공개특허 평 10-3039호 공보(EP A2 816892호에 대응), 일본국 공개특허 제 2000-47114호 공보(EP A2 989434호에 대응), 일본국 공개특허 평 8-62502호 공보(미국특허 제 5,861,997호에 대응), 일본국 공개특허 제 2002-83766호 공보(EP A2 1168028호에 대응) 등에 개시되어 있다.

이와 같은 노광파장의 단파장화나 고 NA화에 대응해서 반사광학계를 포함하는 투영광학계를 구축할 때, 색수차보정이 가능한 것은 당연하고, 이상적으로는 상면상에서 충분한 크기의 결상영역이 유지되는 동시에, 충분한 상측 작동거리를 확보할 수 있고, 또한, 간단한 구성을 제공하는 것이 바람직하다. 상면상에서 충분 히 큰 결상영역을 얻을 수 있다면, 주사형 투영노광장치에서는 쓰루풋상 유리하므로, 노광변동을 제어하는 것이 가능하다. 충분한 상측작동거리를 확보할 수 있으면, 장치의 오토포커스계나 웨이퍼 스테이지의 반송계 등을 구성하는 관점에서 바람직하고, 간단한 구성이면, 기계적 경통 등도 복잡화시키는 일이 없어, 조립 제조상의 이점이 있다.

이상과 같은 시점으로부터 종래예에 대해서 검증하면, 먼저, 미국특허 제 5,650, 877호 공보에서는, 광학계중에 만긴 미러(Mangin mirror)와 굴절기를 배치해서, 레티클의 상을 웨이퍼에 노광하는 것이나, 이 광학계는, 사용하는 모든 화각에 있어서 동공의 중심부분의 차광(중공 조명)이 일어나는 동시에, 노광영역이 크게 될 수 없다고 하는 결점을 지니고 있다. 또, 노광영역을 크게 하고자 하면 동공의 중심부분의 차광이 크게 되어 바람직하지 않고, 또한, 만긴 미러의 굴절면이 광분할면을 형성하고 있어, 광이 그 면을 통과할 때마다 광강도가 절반으로 되어, 광강도가 10%정도로 저하해 버린다고 하는 등의 문제를 지니고 있다. 또, 일본국 공개특허 평 9-211332호 및 일본국 공개특허 평 10-90602호 공보에서는, 반사광학계를 사용하는 것을 기본으로 하고 있으나, 수차(페츠발(Petzval) 합계)가 악화되어 버린다고 하는 문제나, 미러 배치가 복잡화된다고 하는 문제 등으로부터 상면상에서의 결상영역의 폭을 충분히 확보하는 것이 곤란하다. 또, 주로 상면 근방의 파워가 강한 오목면경이 결상작용을 지닌 구성으로 되어 있으므로 고NA화가 거의 곤란하며, 해당 오목면경의 직전 위치에 볼록면경이 배치되므로, 충분한 상측 작동거리를 확보할 수 없다고 하는 문제가 있다. 또, 일본국 공개특허 소 62-210415 호 공보 및 일본국 공개특허 소 62-258414호 공보는, 카세그레인(Cassegrain)형이나 슈바르츠실트(Schwarzschild)형의 미러계를 응용해서, 미러 중심부에 개구를 형성함으로써 동공의 중공 조명을 일으켜 동공의 주변부분만을 결상에 기여시키는 광학계를 제안하고 있으나, 동공의 중공 조명의 결상성능에의 영향이 염려되고, 또 동공의 중공 조명을 적게 하고자 하면 필연적으로 미러의 파워가 크게 되므로 미러에 입사하는 반사각도 커지고, 또한 고NA화를 도모하면 미러 직경이 현저하게 증대해버린다. 또한, 일본국 공개특허 평 5-188298호 공보 및 일본국 공개특허 평 6-230287호 공보에서는, 광로의 편향에 의해 장치의 구성이 복잡하고, 중간상을 최종 상에 결상시키는 광학소자의 파워의 대부분을 오목면경이 담당하고 있으므로, 구성상 고NA화가 곤란하고, 오목면경과 상면사이에 배치되어 있는 렌즈계는 축소계이며, 그의 배율이 정(+)의 부호이므로, 상측 작동거리가 충분히 확보될 수 없다. 또, 구성상, 광로분할이 필요하므로, 결상영역폭을 확보하는 것은 곤란하며, 광학계가 대형화하고 있으므로 풋프린트(foot-printing)에 대해서도 적합하지 않다.

또, 일본국 공개특허 평 2-66510호 공보 및 일본국 공개특허 평 3-282527호 공보에서는, 먼저, 광로가 광스플리터(즉, 빔스플리터)에 의해 분할되어 있으므로, 경통구조가 복잡해지게 된다. 그리고, 직경이 큰 광스플리터를 필요로 하고, 이 광스플리터가 프리즘형인 경우에는 그 두께에 의해 광강도 손실이 크다. 고NA시에는 더욱 직경이 커지므로 광강도의 손실도 점점 커져 버린다. 빔스플리터가 평판형인 경우에는 축상 광선에 있어서도 비점수차, 코마수차가 발생해 버리는 문제가 있다. 또, 열흡수에 의한 비대칭 수차의 발생이나 광분할면에서의 특성변화에 의한 수차의 발생을 초래하여, 제조면에서 정밀도 양호한 빔스플리터를 작성하는 것도 곤란하다.

또, 일본국 공개특허 평 10-3039호 공보 및 일본국 공개특허 제 2000-47114호 공보에서는, 중간상을 1회 형성하는 2회 결상 반사굴절 광학계로서, 오목면경을 포함하는 왕복광학계를 지니고 물체(예를 들면, 레티클)의 중간상을 형성하는 제 1결상광학계와, 중간상을 제 2물체(예를 들면, 웨이퍼)면상에 결상하는 제 2결상광학계로 이루어진다. 일본국 공개특허 평 10-3039호 공보에서는, 그 중간상 근방에 광축 및 광을 편향시키기 위한 제 1평면경을 배치하고 있다. 또, 휘어진 광축은 대략 레티클 스테이지에 대해서 평행하게 편향되어, 제 2평면경에 의해 재차 편향되고, 혹은 제 2평면경없이 제 2물체상에 결상된다. 또, 일본국 공개특허 제 2000-47114호 공보에서는, 제 1물체(예를 들면, 레티클)로부터의 광을 정(+)의 렌즈에 의해 굴절시키고, 제 1평면경에 의해 광축을 편향시키고, 오목면경을 포함하는 왕복광학계에 의해 반사된 광을 재차 제 1결상광학계중의 제 2평면경에 의해 제 2결상광학계를 지닌 제 2물체(예를 들면, 웨이퍼)에 투영하고 있다. 그 때문에, 상기 두 공보에 있어서, 필연적으로 제 1물체면(예를 들면, 레티클)과, 렌즈, 평면경 및 편향된 광은, 서로 근접배치됨으로써, 제 1물체면(예를 들면, 레티클) 또는 레티클 스테이지와, 렌즈나 평면경과의 간섭이 문제로 되어, 충분한 공간을 확보하는 것이 곤란하다.

또, 일본국 공개특허 제 2002-83766호 공보의 도 13의 광학계 및 도 9의 광학계 및 일본국 공개특허 평 8-62502호 공보의 도 7 및 도 9의 광학계는, 중간상을 2회 형성하는 3회 결상 반사굴절 광학계이며, 제 1물체(예를 들면, 레티클)의 제 1중간상을 형성하는 제 1결상광학계, 제 1중간상으로부터 제 2중간상을 형성하고, 오목면경을 지닌 제 2결상광학계 및 제 2중간상을 제 2물체(예를 들면, 웨이퍼)면상에 결상하는 제 3결상광학계로 이루어진다. 제 2결상광학계는 왕복광학계로서 오목면경을 지니고 있다. 전자의 일본국 공개특허 제 2000-83766호 공보의 도 13의 NA 0.75인 광학계는, 제 1 및 제 2중간상 부근에 평면경(반사블록)을 배치하고, 제 1 및 제 3결상광학계의 광축을 서로 일치시킴으로써, 제 1물체(예를 들면, 레티클)와 제 2물체(예를 들면, 웨이퍼)를 평행하게 배치하고 있다. 그러나, 더욱 고NA에 대해서는, 수차보정의 관계상, 전체 길이(또는 제 1물체에서 제 2물체까지의 거리)가 너무 길어져 버린다고 하는 문제가 있다. 또, 제 1 및 제 2중간상의 위치근방에 광을 편향시키기 위한 평면경(반사블록)을 배치할 필요가 있으므로, 2매의 평면경 성능의 결상성능에 먼지나 흠집이 미치는 영향이 크다. 또, 제 1결상광학계에서 축소배율을 크게 유지(제 1결상광학계의 근축배율 ｜β1｜가 0.625정도에 상당)하고 있으므로, 제 1물체(예를 들면, 레티클)에서의 물체측 NA에 대해서 제 1중간상에서는 그 축소배율분만큼 NA를 크게 함으로써, 결과로서 평면경에의 입사각도 범위가

크게 되어 버린다. 이것은 더욱 고NA화에 따라서 보다 심각한 문제로 된다. 즉, 더욱 고NA에 의해, 제 1결상광학계가 축소배율을 지나치게 부담하므로, 평면경에의 입사각도범위가 과도하게 크게 되기 때문에, 평면경의 막의 영향으로 P편광광과 S편광광간의 반사광 강도에 큰 차가 생겨 버리는 결과로 된다. 또, 축소배율을 제 1결상광학계에서 지나치게 부담하면, 제 1중간상의 상점이 낮아 져 버려, 평면경에서 최저 화각의 전체의 광을 제 2결상광학계에 반사하는 것이 곤란해져 버린다. 또, 후자의 일본국 공개특허 평 8-62502호 공보의 도 7 및 도 9의 NA 0.45 내지 0.5인 광학계는, 마찬가지로 3회 결상, 즉, 중간상을 2회 형성하는 반사굴절형의 투영광학계이다. 이 타입의 투영광학계의 경우, 제 1물체(예를 들면, 레티클)와 제 2물체(예를 들면, 웨이퍼)를 평행하게 배치하기 위해서는, 또 1매의 평면경을 필요로 한다. 그 경우에는, 전술한 공보중에도 기재되어 있는 바와 같이, 제 1결상광학계중에 미러를 배치하지 않으면 안되고, 제 1중간상 부근에 배치하면, 전술한 일본국 공개특허 제 2002-83766호 공보의 도 13의 광학계와 마찬가지의 배치로 된다. 또, 제 1결상광학계 및 제 2결상광학계에 있어서의 축소배율은 전체 계 축소배율에 대해서 상당히 영향을 미치고 있어(제 1결상광학계의 근축배율 $|\beta 1|$이 0.438 내지 0.474정도임), 더욱 고NA화를 시도하고자 하면, 전자의 일본국 공개특허 제 2002-83766호 공보의 광학계와 마찬가지로 치명적인 문제를 일으킨다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 예시적인 목적은, 제 1물체(예를 들면, 레티클) 부근의 공간을 용이하게 확보할 수 있어, 기계적인 구성이 용이하고, 또, 평면경에 있어서의 막의 영향을 최소한으로 하는 것이 가능한 투영광학계를 제공하는 데 있다.

본 발명에 의한 일측면의 투영광학계는, 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서(제 1물체쪽으로부터 출사하는 광이 통과하는 순서로), 적어도 1개의 렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하는 제 1결상광학계와, 적어도 1개의 렌 즈와 적어도 1개의 오목면경을 지니고, 상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하는 제 2결상광학계와, 적어도 1개의 렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하는 제 3결상광학계를 구비해서, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 결상하는 반사굴절 투영광학계에 있어서, 상기 제 1결상광학계의 근축배율을 $\beta 1$, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 $\beta 2$라 한 때, $0.70 < |\beta 1 \cdot \beta 2| < 3.0$을 만족하는 것을 특징으로 한다.

또, 본 발명에 의한 다른 측면의 투영광학계는, 제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서, 상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하며, 렌즈를 지닌 제 1결상광학계와, 상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하며, 상기 제 1물체쪽으로부터 차례로, 제 1편향반사기, 굴절렌즈군 및 오목면경을 지닌 제 2결상광학계와, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하며, 상기 렌즈와 상기 제 1편향반사기의 법선에 대해서 실질적으로 90° 를 이루는 법선을 지니는 제 2편향반사기를 지닌 제 3결상광학계를 구비하고, 상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 이 순서로, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서 배치되고, 상기 오목면경은, 상기 제 1물체에 대향하도록 배치되고, 상기 제 1결상광학계로부터의 광은, 상기 오목면경 및 상기 제 1편향반사기의 순으로 반사되어 상기 제 3결상광학계에 인도되고, 상기 제 1편향반사기로부터의 광은, 상기 제 2편향반사기에서 편향되어서 상기 제 2물체로 인도되는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 다른 측면의 투영광학계는, 제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서, 상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하며, 렌즈를 지닌 제 1결상광학계와, 상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하며, 상기 제 1물체쪽으로부터 차례로, 편향반사기, 굴절렌즈군 및 오목면경을 지닌 제 2결상광학계와, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하며, 렌즈를 지닌 제 3결상광학계를 구비하고, 상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 이 순서로, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서 배치되고, 상기 오목면경은, 상기 제 1물체에 대향하도록 배치되고, 상기 편향반사기는, 상기 제 1결상광학계로부터 상기 오목면경으로의 광과 상기 편향반사기를 반사한 광이 서로 교차하도록, 상기 제 2결상광학계의 광축에 대해서 소정의 각도를 이루도록 배치되는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 다른 측면의 투영광학계는, 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서, 적어도 1개의 렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하는 제 1결상광학계와, 적어도 1개의 렌즈와 적어도 1개의 오목면경을 지니고, 상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하는 제 2결상광학계와, 적어도 1개의 렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하는 제 3결상광학계를 구비해서, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 결상하는 반사굴절 투영광학계에 있어서, 상기 제 1결상광학계의 근축배율을 $\beta 1$이라 한 때, $0.7 < |\beta 1| < 2.0$을 만족하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 다른 측면의 투영광학계는, 제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서, 렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하는 제 1결상광학계와, 렌즈와 오목면경을 지니고, 상기 제 1물체의 제 2중간상 을 형성하는 제 2결상광학계와, 렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하는 제 3결상광학계를 구비하고, 상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서, 상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계의 순으로 배치되고, 상기 제 1결상광학계의 근축배율을 $\beta 1$, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 $\beta 2$, 상기 투영광학계의 상기 제 1물체쪽의 개구수를 NAo라 한 때, $3.5 < |\beta 1 \cdot \beta 2|/NAo < 20$을 만족하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 일측면의 노광장치는, 광원으로부터의 광을 이용해서 제 1물체를 조명하는 조명광학계와, 상기 제 1 물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 상기 투영광학계를 구비한 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 다른 측면의 디바이스의 제조방법은, 상기 노광장치를 이용해서 제 2물체를 노광하는 공정과, 상기 노광된 제 2물체를 현상하는 공정을 구비한 것을 특징으로 한다.

본 발명의 기타 특징과 이점은, 첨부도면과 관련하여 취한 이하의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이며, 첨부도면에 있어서 동일한 참조 부호는, 도면을 통해서 동일 혹은 유사한 부분을 지칭하는 것이다.

또, 본 발명의 일부를 구성하는 동시에 본 발명에 병합되는 첨부도면은, 본 발명의 실시예를 예시하며, 발명의 상세한 설명과 함께, 본 발명의 원리를 설명하는데 이용된다.

발명의 구성 및 작용

이하, 첨부도면을 참조해서, 본 발명의 일측면으로서의 반사굴절 투영광학계에 대해서 설명한다. 단, 본 발명은, 이들 바람직한 실시예로 한정되는 것은 아니고, 본 발명의 정신과 목적내에서, 각 구성요소가 대체적으로 치환되어도 되고, 또, 광원에 레이저를 사용하고 있으나, 반드시 이것으로 한정할 필요는 없고, 수은램프나 크세논램프 등의 램프도 사용가능하다. 또한, 각 도면에 있어서, 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조부호를 부여하고, 중복되는 설명은 생략한다. 여기서, 도 1은, 본 발명의 일측면에 의한 반사굴절 투영광학계의 개략도이다. (101)은, 제 1물체(예를 들면, 레티클), (102)는 제 2물체(예를 들면, 웨이퍼), (AX1) 내지 (AX3)은 광학계의 광축이며, 여기서의 광학계는, 물체쪽으로부터 광이 통과하는 순으로, 제 1결상광학계(Gr1), 제 2결상광학계(Gr2) 및 제 3결상광학계(Gr3)를 포함한다. 제 1결상광학계(Gr1)는, 제 1물체(101)의 상(제 1중간상(IMG1))을 형성하고, 제 1중간상으로부터의 광은, 오목면경(M1) 및 왕복광학계 부분(L2)을 지닌 제 2결상광학계에 의해서 제 2중간상(IMG2)을 형성한다. 그 때, 제 1편향반사기(FM1)에 의해, 제 2결상광학계(Gr2)의 왕복광학계 부분(L2)에 의해서 제 1물체(101)방향에 반사된 광 및 광축(AX1)을 편향한다. 제 3결상광학계(Gr3)는, 중간상(IMG3)의 상을 제 2물체(102)상에 소정의 배율로 형성한다. 그 때, 제 3결상광학계중에 지닌 제 2편향반사기(FM2)에 의해, 제 1편향반사기(FM1)로부터 반사된 광을 편향하고 있다. 그것에 따라서 광축(AX2)은 도시한 바와 같이 광축(AX3)으로 편향된다.

이와 같이 3회 결상광학계간의 조합과, 제 2결상광학계(Gr2)중에 지닌 오목 면경(M1)과, 편향반사기(FM1), (FM2)에 의해 광을 편향함으로써, 제 1물체(101)와 렌즈 및 편향반사기 등과의 간섭을 피하는 것이 가능한 동시에, 3회 결상광학계로서는, 물-상(즉, 물체와 상)간 거리가 작고 유효직경도 작은, 동공의 중심부의 차광이 없는, 축외광을 결상하는 투영광학계를 제공할 수 있게 된다.

여기서, 제 2결상광학계(Gr2)는, 오목면경(M1)을 지니고 있고, 또, 광이 왕복하는 왕복광학계 부분(도면중 (L2))도 지니고 있다. 이 오목면경(M1)과 제 1결상광학계(Gr1)는 동일한 직선 광축(AX1)상에 있고, 그 오목면이 레티클면과 대향하도록 배치되어 있다. 이 제 2결상광학계(Gr2)중의 오목면경(M1)을 반사한 광은 제 2결상광학계(Gr2)중의 왕복광학계 부분(L2)을 통과한 후, 제 1편향반사기에 의해서 광축(AX1)을, (AX2)로 90° 휘게 한다. 이 때, 제 1결상광학계로부터 오목면경으로의 광과, 상기 오목면경으로부터 반사된 후에 상기 편향반사기를 반사한 광이 교차하도록, 상기 편향반사기를 광축에 대해서 소정의 각도로 배치하고 있다. 제 1편향반사기(FM1)를 반사한 광은, 제 3결상광학계(Gr3)중에 배치되어 있는 제 2편향반사기(FM2)에 의해, 광축(AX2)으로부터 (AX3)으로 90° 휘어져 있다. 이와 같이, 2개의 편향반사기에 의해 2번 광축을 휘게 함으로써, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 평행하게 배치하고 있다. 따라서, 도 1에 있어서의 제 1편향반사기와 제 2편향반사기는, 그들의 반사면이 상대적으로 90° 의 각도차를 지니도록 배치되어 있다. 도 1에서는, 제 1물체(101)의 축외의 어느 물점로부터 나온 광이 제 1물체면(102)상에 결상되는 태양을 표시하고 있으나, 본 발명은 제 1물체의 광축(AX1)으로부터 벗어난 어느 범위의 축외물점으로부터 나온 광을 사용하고 있 다. 그 때, 제 1물체면상에 있어서, 광축을 포함하지 않는 직사각형의 슬릿영역 혹은 광축을 포함하지 않는 원호형상의 슬릿영역(노광영역)의 패턴이 제 2물체(102)상에 노광된다.

또, 제 1결상광학계(Gr1)는, 부(負)의 초점거리를 지니고 있고, 적어도 1개의 렌즈를 지니고 있다. 또, 제 2결상광학계(Gr2)는 정의 초점거리를 지니고 있고, 적어도 1개의 렌즈와 오목면경(M1)을 지니고 있다. 또한, 제 3결상광학계(Gr3)는 부의 초점거리를 지니고 있고, 적어도 1개의 렌즈를 지니고 있다. 그리고, 제 1결상광학계(Gr1) 및 제 3결상광학계(Gr3)에 의해 발생하는 색수자 및 정의 페츠발 합계를, 제 2결상광학계(Gr2)의 오목면경(M1) 및 렌즈에 의해 보정하고 있다.

또, 본 발명의 실시예에서는, 제 1결상광학계(Gr1)의 초점거리는 부, 제 2결상광학계(Gr2)의 초점거리는 정, 제 3결상광학계(Gr3)의 초점거리는 부로 설정하였으나, 이것으로 한정되는 것은 아니다. 제 1 내지 제 3결상광학계(Gr3)는, 각각 그 초점거리가 부 혹은 정, 혹은 무한대이어도 된다. 따라서, 제 1 내지 제 3결상광학계에 대해서 3개의 초점거리(부, 정 및 무한대)의 전체의 조합이 적용될 수 있다.

또한, 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

$0.70 < |\beta 1 \cdot \beta 2| < 3.0$ ~ (1)

(식중, β1은 제 1결상광학계(Gr1)의 근축결상배율, β2는, 제 2결상광학계(Gr2)의 근축결상배율임).

조건식(1)의 하한치보다도 낮으면, 제 1결상광학계(Gr1)와 제 2결상광학계(Gr2)의 합성배율이 지나치게 적게 되어, 이하의 [A] 내지 [C]의 어느 것인가의 상태로 되어 바람직하지 않다. 즉, [A] 편향반사기(FM1)에서 반사되어 제 3결상광학계(Gr3)의 방향으로 향하는 광과, 제 1결상광학계(Gr1)로부터 제 2결상광학계(Gr2)에 입사해가는 광이 분리될 수 없게 되면, 광학계가 구성될 수 없게 되어 버린다. [B] 제 2결상광학계의 근축배율(β2)이 지나치게 작은 축소배율로 되어, 특히 왕복광학계 부분에서의 비대칭 수차의 발생이 커서 결상성능을 악화시켜 버린다. [C] 특히 고NA를 지닌 광학계에 있어서는, 편향을 목적으로 한 편향반사기에 입사하는 광의 입사각도 범위가 지나치게 크게 되어 버린다. 이것은, 제 1 및 제 2결상광학계에 의해 상당한 축소배율을 부담함으로써, 제 1물체로부터의 광의 퍼짐, 즉, 물체쪽 NA가 제 1 및 제 2결상광학계의 축소배율만큼 크게 되어 버리므로, 제 1편향반사기에 입사하는 광의 입사각도범위가 크게 되기 때문이다. 그 결과, 편향반사기의 반사막의 영향으로 P편광광과 S편광광간의 반사강도에 큰 차가 생겨 버린다. 이것은, NA 0.8이상, 특히, NA 0.85이상의 다수회 결상을 지닌 반사굴절 투영광학계에 있어서 보다 현저해진다.

한편, 조건식(1)의 상한치를 초과하면, 제 1 및 제 2결상광학계의 합성배율이 지나치게 크므로, 제 1물체(101)를 제 2물체에 축소투영할 경우를 고려하면, 제 3결상광학계(Gr3)의 근축결상배율(β3)의 절대치가 지나치게 작게 되어, 수차보정이 곤란하게 된다. 또, 제 2중간상(IMG2) 부근의 렌즈의 유효직경이 지나치게 커져 버린다.

또, 보다 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다. 즉,

$0.80 < |\beta 1 \cdot \beta 2| < 2.0$ ~(2)

바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다. 즉,

$0.70 < |\beta 1| < 2.0$ ~(3)

$0.70 < |\beta 2| < 2.0$ ~(4)

조건식(3)의 하한치보다도 낮으면, 제 1결상광학계(Gr1)의 결상배율 β1이 지나치게 크게(혹은 작게) 되어 버려, 제 1물체(101)의 상으로서의 제 1중간상(IMG1) 부근의 광과, 편향반사기(FM1)가 간섭해버려, 결과적으로 광이 차폐된다. 또, 상한치를 초과하면, 제 1중간상(IMG1)이 지나치게 크게 되어 버려, 제 1중간상(IMG1) 부근의 렌즈의 유효직경이 지나치게 커져 버리는 동시에, 다른 결상광학계(Gr2), (Gr3)에서의 배율제어가 곤란해져 버리므로 바람직하지 않다. 조건식(4)를 벗어나면, 배율이 실제 크기(즉, 등배)로부터 크게 벗어나게 되어, 제 2결상광학계(Gr2)중의 왕복광학계의 강한 파워에 기인한 상당한 비대칭성이, 비대칭성의 수차를 보정하는 것을 복잡하게 한다.

또, 더욱 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

$0.80 < |\beta 1| < 1.5$ ~(5)

$0.80 < |\beta 2| < 1.5$ ~(6)

조건식(5) 및 조건식(6)을 만족함으로써, 제 1 내지 제 3결상광학계의 배율부담을 보다 적정한 것으로 하는 것이 가능한 동시에, 보다 유효직경이 작고, 성능이 양호한 광학계를 달성하는 것이 용이해진다. 또, 제 1결상광학계의 배율 β1 이 실제 크기보다 크게 되면, 제 1편향반사기(FM1)로부터의 광과 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 최저 화각의 광과의 광분리가 보다 용이해지고, 그 결과, 최대 화각이 낮아질 수 있다고 하는 이점도 있다.

또, 제 1결상광학계(Gr1)와 제 3결상광학계(Gr3)의 굴절 광학계 부분에 의해서 생기는 정의 페츠발 합계를, 제 2결상광학계(Gr2)중의 왕복광학계 부분의 부의 굴절력을 지닌 렌즈군(L2)과 오목면경(M1)에 의해서 생기는 부의 페츠발 합계가 상쇄시킬 수 있게 된다. 바람직하게는, 다음의 조건식을 만족한다. 즉,

$P1 > 0$, $P2 < 0$ 및 $P3 > 0$ ~ (7)

(식중, P1은, 제 1결상광학계의 페츠발 합계, P2는 제 2결상광학계의 페츠발 합계, P3은 제 3결상광학계의 페츠발 합계임).

상기 조건은, 오목면경(M1) 및 왕복광학계 부분(L2)을 지닌 결상광학계를, 제 2결상광학계로서 배치하는 것이 가능해져, 상면만곡이 작은 결상광학계를 달성하는 것이 가능해진다. 만약, 조건식(7)을 벗어나면, 오목면경(M1) 및 왕복광학계 부분(L2)을 제 1결상광학계 혹은 제 3결상광학계로서 배치하는 것으로 되나, 전자는 오목면경(M1)으로부터의 반사광이 제 1물체(101) 부근으로 되돌아와 버리므로, 제 1물체(예를 들면, 레티클)와, 되돌아와 버린 광 및 부근의 렌즈와의 물리적 간섭이 일어나기 쉽게 되어, 기계적 구성이 복잡하게 되어 버린다. 또, 후자는, 최종 결상계(또는 제 3결상광학계)에 오목면경(M1)을 이용하는 것으로 되어, 고NA광학계를 달성하고자 하면 광분리가 복잡하게 되어 버린다.

또, 도 1에 표시한 바와 같은 배치를 지닌 경우, 이하의 조건식을 만족하는 것이 바람직하다. 즉,

$$0.2 < (\phi Gr2\_max + \phi L3B\_max)/(2Y) < 0.9 \sim (8)$$

(식중, Y는, 광축(AX1)과 (AX3)과의 거리, φGr2_max는, 상기 제 2결상광학계(Gr2)에 있어서의 최대유효직경, φL3B_max는, 제 3결상광학계(Gr3)에 있어서의 상기 제 2편향반사기(FM2)와 상기 2물체(102)와의 사이에 위치하는 렌즈군(L3B)에 있어서의 최대유효직경임). 조건식(8)의 하한치보다도 낮으면, 광축(AX1)과 (AX3)의 간격이 지나치게 멀어져 버려, 제 3결상광학계(Gr3)의 유효직경이 과도하게 커져 버린다. 상한치를 초과하면, 광축((AX1)과 (AX3)과의 간격이 지나치게 가까워 제 2결상광학계(Gr2)의 렌즈나 오목면경(M1)과, 제 3결상광학계(Gr3)의 렌즈군(L3B)이 간섭하여, 경통이 구성될 수 없게 되어 버린다.

바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다. 즉,

$$-0.01 < hM1/\phi M1 < 0.10 \sim (9)$$

(식중, φM1은 오목면경(M1)의 유효직경, hM1은 오목면경(M1)에 있어서의 광축(AX1)으로부터의 최축외 주광선의 높이임).

이와 같이, 제 2결상광학계)의 오목면경(M1)을 동공 근방에 배치함으로써, 비점수차 등의 발생을 회피하는 것이 가능해진다.

또, 본 발명의 반사굴절 광학계는, 적어도 1개의 편향반사기를 지니고 있다. 2개의 편향반사기를 지닌 경우, 제 2결상광학계(Gr2)중에 1개, 그리고 제 3결상광학계(Gr3)중에 1개 배치하는 것이 바람직하다. 특히 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 제 2결상광학계(Gr2)에 입사한 후에 오목면경(M1)에서 반사되어, 그 후에 제 1편향반사기에서 반사하도록 배치하는 것이 바람직하다. 즉, 제 1물체(101)로부터의 광이 제 1결상광학계(Gr1)에 의해 제 1중간상(IMG1)을 형성한 후, 제 2결상광학계(Gr2)중의 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후에, 오목면경(M1)에 의해 반사되어 재차 (L2)에 입사하고, (L2)로부터 출사된 광을 반사하도록 제 1편향반사기를 배치하는 것이 바람직하다.

또, 제 2결상광학계(Gr2)에 입사하기 전의, 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 결상하는 제 1중간상(IMG1) 부근에 편향반사기를 배치하면, 오목면경(M1)이 제 1물체(101)와 평행하게 배치하는 것이 가능하지 않게 된다. 그러면, 중력의 방향을 광축(AX1)에 일치시킨 경우에는, 강한 굴절력을 지닌 오목면경(M1)이나 왕복광학계 부분(L2)의 자체 중량 변형, 혹은 경통 등의 억제에 의한 결상성능의 열화가 현저해져 버린다. 또, 편향반사기는 제 3결상광학계(Gr3)중에 2개 지니고 있어도 된다. 그 경우에는, 제 2결상광학계(Gr2)가 중간상(IMG2)을 결상한 직후, 혹은 렌즈를 개재한 후에 제 1편향반사기(FM1)를 배치하는 것으로 된다.

또, 제 2편향반사기(FM2)는, 제 1편향반사기(FM1)를 반사한 광이 제 2물체에 도달할 때까지의 공간의 어딘 가에 배치하는 것으로 된다. 그러한 경우, 제 1편향반사기(FM1)와 제 2편향반사기(FM2)와의 사이에 적어도 1매의 렌즈(정의 굴절력을 지닌 것이 바람직함)가 있는 것이 편향반사기를 소형화하므로 바람직하나, 필수는 아니다.

도 1에 표시한 바와 같이, 제 1중간상(IMG1)을 형성한 후에 제 2결상광학계(Gr2)의 왕복광학계 부분(L2)에 입사하는 광에 있어서, 이들사이, 즉 (IMG1)과 (L2)의 사이에 렌즈가 없는 것이 바람직하다. 제 1중간상을 형성한 후에, 왕복광학계 부분(L1)이외의 부분 어떠한 렌즈가 존재하면, 이 렌즈가 편향반사기(FM1)와 간섭하게 될 가능성이 있어 그들의 구성이 복잡하게 될 가능성이 있으나, 단, 근접하고 있어도 기계적 구성이 가능하면 배치해도 관계없다.

또, 제 2결상광학계(Gr2)는 왕복광학계 부분(L2)을 지니나, 이 (L2)는 부의 굴절력을 지니고, 적어도 1매의 부의 굴절력을 지닌 굴절렌즈를 지닌다. 이 제 2결상광학계(Gr2)는, 제 1물체(101)에 대해서 오목면을 향한, 부의 굴절력을 지닌 렌즈를 적어도 1매(바람직하게는, 2매) 구비하는 것이 바람직하다. 또, 이 왕복광학계 부분(L2)은 비구면을 지닌 렌즈를 적어도 1매 지니는 것이 가능하다. 만약, 비구면을 이용하지 않는 경우에는, 왕복광학계 부분(L1)에 복수매의 렌즈를 이용해서 파워를 분담하는 것이 바람직하다. 물론, 비구면을 이용한 경우에는, 복수매의 렌즈를 이용해서, 왕복광학계 부분에 있어서의 수차발생을 더욱 제어하는 것이 가능하다. 또, 오목면경은 비구면을 지니고 있어도 된다.

또, 제 2결상광학계는, 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)의 선단에, 적어도 1개의 렌즈를 지니고 있어도 된다. 구체적으로는, 제 1편향반사기(FM1)와 제 2편향반사기(FM2)와의 사이에 제 2중간상(IMG2)이 있고, 그 제 1편향반사기(FM1)와 제 2중간상(IMG2)의 사이에 렌즈가 존재할 경우가 있다. 그 경우, 제 2중간상(IMG2) 부근의 렌즈의 유효직경을 적게 하는 것이 가능해진다.

또, 제 3결상광학계(Gr3)는 적어도 1개의 굴절기로 이루어지고, 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L3A)과, 적어도 1개의 굴절기로 이루어지고, 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L3B)으로 구성되어 있고, 제 2중간상(IMG2)의 상을 제 2물체(102)상에 형성한다. 이 때, 렌즈군(L3B)은 부의 굴절력을 지닌 렌즈군을 지니고 있어도 된다. 또, 렌즈군(L3A)과 (L3B) 사이에 제 2편향반사기를 배치함으로써, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 서로 평행하게 되도록 배치할 수 있다. 물론, 제 2중간상(IMG2)과 렌즈군(L3A)과의 사이에 제 2편향반사기를 배치해도 된다.

또, 편향반사기는 편향반사경으로 구성되어 있다. 이 거울의 형상은 평면판 형상이어도 큐브형상의 일부여도 상관없다. 또, 유리의 배면반사를 이용한 반사경이어도 된다. 또, 빔스플리터를 이용해서, 축상으로부터 축외의 광을 이용해도 된다.

또, 도 1에 배치되어 있는 바와 같이, 제 1결상광학계(Gr1)로부터 오목면경(M1)으로의 광과, 오목면경(M1)으로부터 반사된 후에 제 1편향반사기를 반사한 광이 교차하도록, 제 1편향반사기를 광축에 대해서 소정의 각도로 배치하면 된다. 이와 같이 배치하면, 제 1편향반사기(FM1)에 입사하는 주광선의 입사각을 적게 하는 것이 가능하므로, 제 1편향반사기(FM1)에의 최대입사각을 적게 하는 것이 가능해진다. 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족하는 것이 바람직하다. 즉,

$$20^\circ < \theta p < 45^\circ \sim (10)$$

(식중, θp는 제 1물체의 축외로부터의 주광선과 상기 제 1편향반사기(FM1)의 반사면의 법선이 이루는 각도임). 조건식(10)의 하한치보다도 낮으면, 편향반사기의 반사면의 법선과 주광선이 이루는 각도가 지나치게 적어져, 편향반사기가 지나치게 크게 되어 버리거나, 부근의 렌즈의 굴절력을 너무 강하게 하지 않으면 안되므로, 성능이 악화되어 버린다. 상한치를 초과하면, 편향반사기에 입사하는 광의 각도가 크게 되어 버리므로 전술한 바와 같이 막 특성이 악화되어 버린다. 더욱 바람직하게는, 이하의 식(11)을 만족한다. 즉,

$$30^\circ < \theta p < 44^\circ \sim (11)$$

또, 예를 들면, 도 7에 표시한 바와 같이, 제 1결상광학계(Gr1)로부터 출사하여 오목면경(M1)에 이르는 광로와, 제 1편향반사기에서 반사되어 제 2편향반사기에 이르는 광로가 교차하지 않도록 제 1편향반사기(FM1)를 배치하는 것도 가능하다.

또한, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)는 평행하게 배치되는 것이 바람직하나, 그것으로 한정되는 것은 아니다. 즉, 도 8에 표시한 바와 같이, 제 2편향반사기(FM2)없이 광학계를 구성해도 된다.

또, 개구조리개(103)는, 제 3결상광학계(Gr3)의 렌즈군(L3B)중에 배치하는 것이 바람직하다. 또, 제 1결상광학계(Gr1)의 주광선이 광축(AX1)과 교차하는 부근에, 조합해서 혹은 단독으로 배치해도 된다.

또한, 도 1에서는, 광축(AX1)과 광축(AX2), 그리고, 광축(AX2)과 (AX3)은, 직교해서 배치되어 있으나, 도 2에 표시한 바와 같이, 광축(AX1) 내지 (AX3)은 반드시 직교하고 있을 필요는 없다. 바람직하게는, 편향반사기(FM1)와 (FM2)가, 그들의 반사면이 90° 의 각도차를 지니도록 배치되면 된다. 상대적으로 90° 의 각도차로 배치하면, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)가 평행하게 배치될 수 있기 때문 이다. 단, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 평행하게 배치할 필요가 없을 때는, 90° 이외에 임의의 각도를 이용해도 된다.

또, 제 2물체면이 광축방향으로 변동하면 배율의 변화를 줄이기 위해서, 적어도 상면측에서 텔레센트릭하게 구성하고 있는 것이 바람직하다. 또, 본 발명의 결상광학계는 NA 0.8이상, 특히 0.85이상의 매우 높은 NA를 지니는 경우에 특히 유효하다.

또, 본 발명의 광학계는, 수차보정기구를 지니는 것이 가능하다. 예를 들면, 제 1결상광학계중에 렌즈를 광축방향으로 이동시키는 및/또는 광축에 수직방향이나 그외의 방향으로 이동시키는(렌즈를 편심시키는) 기구를 지니는 것이 가능하다. 또, 제 2결상광학계나 제 3결상광학계에도 마찬가지의 수차보정기구를 적용할 수 있다. 또한, 오목면경(M1)을 변형시키는 기구를 설치해서 수차보정을 행해도 된다.

또, 제 2물체(102)면과 광학계의 최종 유리면의 사이(후술하는 도 3에 있어서의 제 2물체(102)면과 렌즈(L326)와의 사이)의 간극을 액체로 매립하는, 소위 액침(液浸) 구성(immersion structure)으로 해도 된다.

또한, 중간상(IMG1)이나 (IMG2)의 근방에 시야 조리개를 설치해도 된다. 또, 제 2물체(102)면의 근방에 시야 조리개를 설치해도 된다. 특히, 광학계중에 회절광학소자를 이용하고, 또, 전술한 바와 같이 제 2물체면과 그 근방을 침지 구성으로 한 경우에는, 광학계의 최종 유리면에 시야를 제한하는 조리개를 설치하거나, 그 근방(예를 들면, 최종 유리면과 제 2물체(102)면과의 사이)에 시야 조리개 를 배치하거나 하면, 회절광학소자에 있어서 발생하거나 혹은 발생하지 않는 섬광 등이 제 2물체면에 도달하는 것을 방지하는 것이 가능하다.

또, 광학계중에 회절광학소자를 이용하지 않고, 제 2물체면을 액침 구성으로 하는 것도 가능하다. 또한, 액침 광학계를 구성할 경우에는, 회절광학소자의 유무에 관계없이, 그 액체의 성능 등이 광학계의 결상성능에 기여하는 영향을 최소한으로 할 필요성으로부터, 광학계의 최종면과 제 2물체면(102)과의 사이의 축상의 간격은 5㎜이하인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는, 1㎜이하이다.

이하에, 본 발명의 실시예에 대해서 설명한다.

제 1실시예

본 발명에 의한 제 1실시예의 투영광학계의 구체적인 구성을 도 3에 표시한다. 이 투영광학계는, 제 1물체(레티클, 마스크 등에 그려진 패턴을 지니는 원화)의 패턴을 제 2물체상에 투영하고, 제 1결상광학계, 제 2결상광학계 및 제 3결상광학계를 지니고 있다. 이 제 1실시예는, 투영광학계에 관한 실시예이나, 본 발명은 이 출원에 한하지 않고, 이 투영광학계를 지닌 광학기기 및 노광장치에도 적용가능하며, 나아가서는, 본 실시예에 의한 투영광학계를 지니는 노광장치를 이용한 디바이스의 제조방법도 적용가능하다.

도 3중의 제 1결상광학계는, 제 1물체쪽으로부터 차례로, 정의 굴절력을 지니는 굴절렌즈군(L1A)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향에 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철(平凸: 한 면만 볼록한)형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 제 1물체쪽으로 대략 볼록면을 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L113) 및 제 1물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L114), (L115)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)은, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 부 렌즈(L116)와, 제 1물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L117), (L118)와, 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L119)와, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 제 1결상광학계로부터의 광의 진행방향을 따라서, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있다. 그리고, 제 1물체쪽으로부터 차례로, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평요(平凹: 한 면만 오목한)형상의 렌즈(L211), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면렌즈(L212) 및 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다.

제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계에 입사한 후, 편향반사기(FM1)에 의해 광축(AX1)이 (AX2)로 90° 휨으로써 광도 휘어져 제 2중간상(IMG2)을 형성한다. 편향반사기(FM1)는, 제 2 및 제 3결상광학계의 사이에 배치되어 있으나, 본 실시예와 같이 제 2중간상(IMG2)과 왕복광학계 부분(L2)사이에 배치되는 것이 바람직하다. 또, 본 실시예에서는 편향반사기는 평면경을 이용하고 있다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군 (L3A)은, 제 2결상광학계(Gr2)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 대략 평면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L311)와, 제 2중간상 (IMG2)쪽으로 그들의 볼록면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L312), (L313)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 양면 볼록형상의 비구면 부 렌즈(L315), 제 2물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L316), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 부 렌즈(L317), 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L318), 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L319), 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L320), 개구조리개(103), 양면 볼록형상의 비구면의 정 렌즈(L321), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L322), 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈 (L323), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면 정 렌즈(L324), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L325) 및 제 2물체쪽으로 평면을 향한 평철형상의 정 렌즈(L326)로 이루어진다.

또, 제 3결상광학계(Gr3)중의, 굴절렌즈군(L3A)과 (L3B)의 사이에, 제 2편향반사기(FM2)를 배치하고 있다. 제 2편향반사기(FM2)는 본 실시예의 경우, 평면경 이며, 제 1편향반사기로부터 반사된 광을 소정의 방향으로 휘게 하고 있다.

또한, 본 실시예에서는, 제 1결상광학계(Gr1)는, 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L1A)과 (L1B)으로 구성되어 있으나, 이 광학배치에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 정(正) 부(負) 정(正)의 3군의 구성이거나, 부 정 부 정의 4군 구성이거나, 혹은 다른 구성이어도 된다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 (L3A)과, 정의 굴절력을 지닌 (L3B)를 구비한 광학배치를 포함하지만, 이것으로 한정되는 것은 아니다. 렌즈군(L3B)중에 부의 굴절력을 지닌 렌즈군을 지니고 있어도 되고, 이것이외의 구성이어도 된다.

본 실시예는, 투영배율은 1/4배이며, 기준파장은 157nm, 유리재료로서는 형석을 이용하고 있다.

또, 상측의 개구수는 NA = 0.87, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1483㎜이다. 또한, 물점이 약 4.25 내지 16.63㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 26㎜, 폭으로 6㎜의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L320)과 (L321)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 5에 표시한다. 도 5에 있어서, Y= 4.25인 부분은, 제 2물체에 있어서의 상점이 4.25㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있고, 한편, Y = 16.625인 부분은 제 1물체에 있어서의 상점이 16.625㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 도 5는 기준파장 157.6nm ±0.6pm의 파장에 대해서 표시되어 있고, 단색 및 색수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

또한, 사용하는 유리재료는 본 실시예에서는 형석만을 사용하였으나, 그 밖의 불화바륨칼슘이나 불화마그네슘칼슘 등의 유리재료를 조합해서 혹은 단독으로 사용해도 된다. 또, 193nm파장(ArF)에서 이용할 경우에는, 석영과 형석을 함께 이용해도 되고, 석영만으로 구성해도 된다. 또한, 이것이외의 유리재료를 이용해도 된다.

이하의 표 1 및 표 2에, 제 1실시예의 수치예의 명세를 표시한다. 또, 표중의 'i'는 제 1물체(101)로부터의 광의 진행방향을 따른 면번호, 'ri'는 면번호에 대응한 각 면의 곡률반경, 'di'는 각 면의 면간격을 표시한다. 렌즈유리재료 CaF_2는, 기준파장 λ= 157.6nm에 대한 굴절률을 1.56으로 하고 있다. 또, 기준파장에 대한 +0.6pm 및 -0.6pm의 파장의 굴절률은, 각각 1.55999853 및 1.560000147이다. 또, 비구면의 형상은 다음식으로 부여되는 것으로 한다:

$$x = (H2+4)/(1+((1-(1+k)\cdot(H/ri)2))1/2) + AH4 + BH6 + CH8 + DH10 + EH12 + FH14 + GH16$$

(상기 식중, X는 렌즈정점으로부터 광축방향으로의 변위량, H는 광축으로부터의 거리, ri는 곡률반경, k는 원추정수; A, B, C, D, E, F 및 G는 각각 비구면계수임).

[표 1]

L=1483mm
β=1/4
NA=0.87
$|\beta 1 \cdot \beta 2|$=0.9865
$|\beta 1|$=1.07617
$|\beta 2|$=0.91667
P1=0.00863
P2=-0.01853
P3=0.009090
(ϕGr2_max+ϕL3B_max)/(2Y)=0.455
hM1/ϕM1=0.0054
θp=34.88~42.49
$|(\beta 1 \cdot \beta 2)|$/NAo=4.5356
제 1물체에서 제 1면 까지의 거리 : 66.66724㎜

i	ri	di	유리재료	
1	-133.68441	16.49220	CaF2	
2	-176.86097	1.00000		
3	40152.36742	28.38830	CaF2	
4	-262.56998	1.00000		
5	304.18133	38.71080	CaF2	
6	2595.91853	43.36240		
7	149.86892	35.35540	CaF2	
8	725.36362	1.00000		
9	111.60486	30.55120	CaF2	
10	225.57909	75.77320		
11	-145.37235	26.78880	CaF2	
12	-347.84702	72.33700		
13	-155.23428	37.05130	CaF2	
14	-104.28935	3.57190		
15	-384.20581	20.14790	CaF2	
16	-226.11861	9.26860		
17	-6486.16517	34.92780	CaF2	
18	-233.44088	54.94260		
19	221.14856	28.55640	CaF2	
20	3567.56703	453.80150		
21	-107.26122	16.10000	CaF2	
22	-1408.82289	21.22160		
23	-245.17249	17.50000	CaF2	
24	-560.51161	37.94820		
25	-186.91693	-37.94820		M1
26	-560.51161	-17.50000	CaF2	
27	-245.17249	-21.22160		
28	-1408.82289	-16.10000	CaF2	
29	-107.26122	-341.56400		
30	0.00000	118.87660		FM1
31	28269.67935	37.29510	CaF2	
32	-260.69754	85.64520		
33	603.70825	38.72560	CaF2	
34	1550.78416	88.22850		
35	323.96085	28.40410	CaF2	
36	467.10275	107.50000		
37	0.00000	-127.50000		FM2
38	-166.20000	-27.88780	CaF2	
39	-222.01681	-94.89530		
40	671.87167	-12.00000	CaF2	

[표 2]

i	ri	di	유리재료	
41	-327.37247	-38.89890		
42	292.12997	-12.00000	CaF2	
43	332.22311	-23.57750		
44	-288.75199	-15.00000	CaF2	
45	-283.66214	-10.39550		
46	-328.80134	-31.77170	CaF2	
47	-911.33723	-1.11640		
48	-280.71048	-36.65500	CaF2	
49	10234.62621	-25.47160		
50	312.01876	-20.00000	CaF2	
51	1519.79239	-1.00000		
52	0.00000	-0.50000		개구 조리개
53	-883.83306	-34.16110	CaF2	
54	294.26570	-51.76030		
55	-185.02976	-37.03720	CaF2	
56	-456.62551	-2.12680		
57	-169.81101	-40.00000	CaF2	
58	3315.28275	-1.64120		
59	-150.38112	-31.00690	CaF2	
60	-573.81669	-7.72630		
61	-485.70987	-15.04150	CaF2	
62	-451.90906	-1.27210		
63	-285.56465	-35.98810	CaF2	
64	0.00000	-8.65340		

비구면

i	K	A	B	C
4	1.961540E+00	1.404161E-08	8.030221E-13	3.806993E-17
11	2.103299E-01	5.048392E-08	6.467869E-11	8.462532E-15
19	8.005109E-01	-1.715298E-08	-3.758478E-13	-8.165751E-18
23	-4.415435E-02	3.999345E-08	5.826131E-13	-6.218149E-17
27	-4.415435E-02	3.999345E-08	5.826131E-13	-6.218149E-17
32	-4.487673E-01	8.587036E-10	1.706931E-14	-2.068700E-18
41	1.622021E+00	-2.827005E-08	3.130594E-13	-1.951319E-17
45	8.322689E-01	-1.346285E-08	-1.417753E-12	7.110990E-17
48	8.868436E-01	-4.598919E-09	-1.235447E-12	2.868212E-17
54	-1.193684E+00	-2.750081E-08	-1.844248E-13	8.570097E-18
57	-2.577368E-01	1.000440E-08	1.927015E-12	-9.095342E-18
60	8.979579E-01	-7.499728E-09	-3.707694E-12	7.810330E-16

i	D	E	F	G
4	-4.176179E-21	6.584084E-25	-4.401956E-29	1.324219E-33
11	-2.133698E-17	1.769683E-20	-7.986914E-24	1.416960E-27
19	-4.811791E-22	2.941307E-26	-2.562396E-30	5.352903E-35
23	-3.118791E-22	4.394162E-25	-5.781790E-29	2.265698E-33
27	-3.118791E-22	4.394162E-25	-5.781790E-29	2.265698E-33
32	3.167229E-22	-2.830102E-26	1.343394E-30	-2.715699E-35
41	-1.706913E-23	1.167358E-25	1.010568E-30	3.276339E-35
45	2.559912E-21	-2.119161E-25	8.637876E-30	-3.958428E-34
48	4.806642E-21	-3.256858E-25	1.227283E-29	-9.230396E-35
54	4.340422E-22	-5.867972E-26	1.136109E-29	-4.445214E-34
57	6.646700E-21	-3.779579E-25	1.485480E-29	-6.678406E-34
60	-7.166197E-20	2.255733E-24	8.825106E-29	-1.488612E-32

제 2실시예

도 4는 구체적인 렌즈구성을 표시한 것이다. 제 1결상광학계는, 제 1물체쪽으로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체 (101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철(平凸: 한 면만 볼록한)형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L113), 양면 볼록형상의 정 렌즈(L114) 및 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L115)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L1B)은, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스 형상의 비구면의 부 렌즈(L116)와; 제 1물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 3매의 메니스커스형상의 비구면 정 렌즈(L117), (L118), (L119)와; 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있다. 그리고, 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 오목면경(M1)쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 렌즈(L211), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 대략 메니스커스형상의 부 렌즈(L212), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 렌즈(L213), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면 렌즈(L214) 및 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 편향반사기(FM1)에 의해 광축(AX1)이 광축(AX2)으로 휨으로써 광도 휘어서, 제 2중간상(IMG2)을 형성한다. 편향반사기(FM1)는, 제 2 및 제 3결상광학계의 사이에 배치되어 있으나, 본 실시예에 표시한 바와 같이 제 2중간상(IMG2)과 왕복광학계 부분(L2)사이에 배치되는 것이 바람

직하지만, 제 2중간상(IMG2)이 왕복광학계 부분(L2)과 편향반사기(FM2)와의 사이에 위치해도 된다. 또, 본 실시예에서는, 편향반사기는 평면경을 이용하고 있다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군 (L3A)은, 제 2결상광학계(Gr2)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 대략 평면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L311)와, 그들의 볼록면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L312), (L313)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 양면 오목형상의 비구면 부 렌즈 (L315), 오목면을 제 2물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L316), 볼록면을 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L317), 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈(L318), 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L319), 개구 조리개(103), 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈(L320), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L321), 제 2물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 2매의 메니스커스형상의 비구면 정 렌즈(L322), (L323), 제 2물 체쪽으로 그들의 오목면을 향한 2매의 메니스커스형상의 비구면 정 렌즈(L324), (L325), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L326) 및 제 2물체쪽으로 평면을 향한 평철형상의 정 렌즈(L327)로 이루어진다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)중의, 굴절렌즈군(L3A)과 (L3B)의 사이에, 제 2편향반사기(FM2)를 배치하고 있다. 제 2편향반사기(FM2)는, 본 실시예의 경우, 평면경이며, 제 1편향반사기로부터 반사된 광을 소정의 방향으로 휘게 하고 있다.

또한, 본 실시예에서는, 제 1결상광학계(Gr1)는, 렌즈군(L3A)과 (L3B)으로 구성되어 있으나, 그 구성으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 정 부 정의 3군의 구성으로 해도 되고, 또는 다른 구성이어도 된다.

본 실시예는, 투영배율은 1/4배이며, 기준파장은 157nm, 유리재료로서는 형석을 이용하고 있다. 또, 상측의 개구수는 NA = 0.86, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1425㎜이다. 또한, 물점이 약 3.25 내지 16.5㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 26㎜, 폭으로 6㎜의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L320)과 (L321)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 6에 표시한다. 도 6에 있어서, Y= 3.25인 부분은, 제 2물체에 있어서의 상점이 3.25㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 한편, Y = 16.5인 부분은, 제 1물체에 있어서의 상점이 16.5㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 도 6은 기준파장 157.6nm 및 ±0.6pm의 파장에 대해서 표시되어 있고, 단색 및 색수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

이하의 표 3 및 표 4에, 제 2실시예의 수치예의 명세를 표시한다. 또, 표중의 기호의 설명은, 표 1과 동일하므로, 여기서는 그 설명을 생략한다.

[표 3]

L=1425mm
β=1/4
NA=0.86
|β1·β2|=0.972
|β1|= 1.002
|β2|= 0.97
P1=0.00854
P2=-0.01881
P3=0.01027
(φGr2_max+φL3B_max)/(2Y)=0.485
hM1/φM1=0.0009
θp=35.43~43.19
|(β1·β2)|/NAo=4.5209
제 1물체에서 제 1면까지의 거리 : 66.47419mm

i	ri	di	유리재료	
1	-129.17614	24.3969	CaF2	
2	-213.72493	1.0000		
3	17365.08332	39.9991	CaF2	
4	-282.45825	1.0000		
5	616.79913	21.0500	CaF2	
6	-2051.41465	7.3520		
7	289.03662	38.6851	CaF2	
8	-605.30585	1.0000		
9	114.03499	32.1762	CaF2	
10	194.16463	122.3254		
11	-130.03729	16.9217	CaF2	
12	-171.79452	77.2284		
13	-201.88977	27.2402	CaF2	
14	-125.00721	1.0062		
15	-417.78802	24.8673	CaF2	
16	-189.96485	1.0000		
17	-1050.78678	26.9836	CaF2	
18	-233.56610	66.8855		
19	230.70172	36.3330	CaF2	
20	-1406.08059	336.9103		
21	1507.82954	30.0000	CaF2	
22	-439.13700	14.6178		
23	-190.85280	15.0000	CaF2	
24	-576.04971	49.8868		
25	-113.37985	16.1000	CaF2	
26	-2506.00202	19.8946		
27	-278.23408	17.5000	CaF2	
28	-650.19849	36.5600		
29	-183.80040	-36.5600		M1
30	-650.19849	-17.5000	CaF2	
31	-278.23408	-19.8946		
32	-2506.00202	-16.1000	CaF2	
33	-113.37985	-49.8868		
34	-576.04971	-15.0000	CaF2	
35	-190.85280	-14.6178		
36	-439.13700	-30.0000	CaF2	
37	1507.82954	-237.3715		
38	0.00000	131.4229		FM1
39	3074.12074	29.6707	CaF2	
40	-276.47467	88.7346		
41	437.72169	37.7062	CaF2	
42	-9146.00679	181.5882		
43	0.00000	-119.6500		FM2
44	-151.47795	-32.6687	CaF2	
45	-163.39654	-57.2588		
46	389.07431	-12.0000	CaF2	
47	-405.49505	-60.1470		

[표 4]

i	ri	di	유리재료	
48	-231.69736	-15.0000	CaF2	
49	-259.39566	-14.5276		
50	-368.66999	-27.9408	CaF2	
51	-1547.15886	-4.4580		
52	-502.71539	-37.7910	CaF2	
53	543.49967	-12.0264		
54	314.64941	-20.0000	CaF2	
55	581.64819	-2.2522		
56	0.00000	-2.0078		개구 조리개
57	-530.80806	-37.3755	CaF2	
58	531.27927	-1.8289		
59	-567.39397	-20.0000	CaF2	
60	-274.01057	-20.5516		
61	-228.67774	-26.9691	CaF2	
62	-608.77802	-1.0520		
63	-189.94931	-29.6096	CaF2	
64	-391.16728	-1.0000		
65	-192.42317	-29.1009	CaF2	
66	-740.67335	-1.3507		
67	-176.78886	-29.0854	CaF2	
68	-625.81900	-1.8665		
69	-197.56994	-23.2371	CaF2	
70	-811.53509	-14.8718		
71	-348.55221	-29.5588	CaF2	
72	0.00000	-6.3487		

비구면

i	K	A	B	C
4	1.654370E+00	1.359932E-08	7.013095E-13	9.683493E-18
11	5.347470E-01	1.614393E-07	4.214306E-11	6.602445E-15
19	6.870009E-01	-1.618277E-08	-2.710472E-13	-1.343896E-17
27	-1.816739E-01	4.375983E-08	2.587750E-13	-5.443843E-17
31	-1.816739E-01	4.375983E-08	2.587750E-13	-5.443843E-17
40	4.090856E-01	5.735444E-09	8.018404E-14	3.987878E-18
47	-1.000254E+00	-4.201947E-08	1.380004E-12	-3.877263E-17
49	6.878693E-01	-8.397553E-09	-2.040356E-12	7.957418E-17
52	1.226930E+00	-4.513526E-09	-1.194060E-12	1.815938E-17
58	-1.444022E+00	-2.798501E-08	-1.409895E-13	1.861974E-17
65	-9.742292E-02	9.978599E-09	1.595418E-12	-2.232830E-17
68	-5.727425E-01	2.814570E-09	-2.925075E-12	2.741896E-16

i	D	E	F	G
4	5.396764E-22	-2.961815E-26	3.025455E-30	-8.053385E-35
11	-9.101695E-18	6.880629E-21	-2.948824E-24	4.790076E-28
19	1.690052E-21	-2.514793E-25	1.811661E-29	-5.538095E-34
27	7.624010E-22	2.791480E-25	-2.762620E-29	8.897952E-34
31	7.624010E-22	2.791480E-25	-2.762620E-29	8.897952E-34
40	-6.356746E-22	7.145321E-26	-4.073153E-30	9.394356E-35
47	-6.026798E-22	2.140551E-25	-9.143022E-30	1.212017E-34
49	8.849393E-22	-8.816850E-26	-4.192565E-31	6.173355E-35
52	5.246390E-21	-3.191596E-25	9.737457E-30	-4.147263E-35
58	6.572195E-22	-1.250157E-25	1.061690E-29	-3.152767E-34
65	5.400446E-21	-3.450916E-25	1.054103E-30	1.089722E-33
68	-2.871661E-20	2.190636E-24	-1.947916E-29	4.956907E-34

다음에, 첨부도면을 참조해서, 본 발명에 의한 다른 측면으로서의 반사굴절 투영광학계에 대해서 설명한다. 상술한 바와 같이, 여기서는, 도 1과 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조부호를 붙이고, 중복하는 설명은 생략한다. 도 9에 있어서는, 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광을 제 1편향반사기(FM1)에 대해서 편향시킴으로써(즉, 휘게 함으로써) 제 2결상광학계(Gr2)에 인도하고 있다. 또, 제 2결상광학계(Gr2)로부터의 광을 제 2편향반사기(FM2)에 의해 편향시켜, 제 3결상광학계(Gr3)로 인도하고 있다. 도 9에서는, 편향반사기(FM1)와 (FM2)는, 동일한 소자에 별개의 반사면을 형성해서 구성되어 있다. 또, 광축(AX1)과 (AX3)은 동일하게 구성되어 있다. (AX2)는 제 2결상광학계(Gr2)의 광축이고, (AX1)과 (AX2)와는 서로 직교하고 있다. 제 3결상광학계(Gr3)는, 중간상(IMG2)의 상을 제 2물체(102)상에 소정의 배율로 형성한다.

또, 제 1결상광학계(Gr1) 및 제 3결상광학계(Gr3)에 의해 발생하는 색수차 및 정의 페츠발 합계를, 제 2결상광학계(Gr2)의 오목면경(M1) 및 렌즈에 의해 보정하고 있다.

또한, 이하의 조건식을 만족하는 것이 바람직하다:

$$0.70 < |\beta 1| < 2.0 \quad \cdots (12)$$

(식중, β은 제 1결상광학계(Gr1)의 근축결상배율임).

조건식(12)의 하한치보다도 낮으면, 제 1결상광학계(Gr1)의 결상배율 β1이 지나치게 작은 축소배율로 되어 버려, 제 1편향반사기(FM1)에 입사하는 광의 입사각도범위가 지나치게 커져 버린다. 입사각도범위가 지나치게 커지면, 평면경의 막의 특성을 제어하는 것이 복잡해져서 바람직하지 않게 된다. 한편, 상한치를 초과하면, 제 1중간상(IMG1)이

지나치게 커져 버려, 제 1중간상(IMG1) 부근의 렌즈의 유효직경이 커져버리는 동시에, 다른 결상광학계(Gr2), (Gr3)에서의 배율제어가 곤란해지므로 바람직하지 않다.

또, 보다 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

$0.80 < |\beta 1| < 1.5$ ・・・(13).

조건식(13)을 만족함으로써, 제 1 내지 제 3결상광학계의 배율제어를 보다 적정하게 하는 동시에, 유효광학계의 직경을 작게 하는 것이 가능해진다. 또, 제 1결상광학계의 배율 β1이 1이상으로 되면, 제 1편향반사기(FM1)와 제 1결상광학계 (Gr1)의 최저화각의 광과의 광분리가 보다 용이해지고, 그 결과, 최대화각을 낮추는 것이 가능하다고 하는 이점도 있다.

또, 제 1결상광학계(Gr1)와 제 3결상광학계(Gr3)의 굴절광학계 부분에 의해서 생기는 정의 페츠발 합계를, 제 2결상광학계(Gr2)중의 왕복광학계 부분의 부의 굴절력을 지닌 렌즈군(L2)과 오목면경(M1)에 의해서 생기는 부의 페츠발 합계로 보정하는 것이 가능하다. 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

$P1 > 0$, $P2 < 0$ 및 $P3 > 0$ ・・・(14)

(식중, P1은, 제 1결상광학계(Gr1)의 페츠발 합계, P2는 제 2결상광학계(Gr2)의 페츠발 합계, P3은 제 3결상광학계(Gr3)의 페츠발 합계임).

상기 조건을 만족함으로써, 오목면경(M1) 및 왕복광학계 부분(L2)을 제 2결상광학계로서 배치하는 것이 가능하며, 상면만곡이 작은 결상광학계를 달성하는 것 이 가능해진다. 만약, (14)식의 조건식을 벗어나면, 오목면경(M1) 및 왕복광학계 부분(L2)을 제 1 혹은 제 3결상광학계로서 배치하는 것으로 되나, 전자는 오목면경 (M1)으로부터의 반사광이 제 1물체(101) 부근으로 되돌아와 버리므로, 제 1물체(101)(예를 들면, 레티클)와, 되돌아와 버린 광 및 부근의 렌즈와의 물리적 간섭이 일어나기 쉽게 되어, 기계적 구성이 곤란하게 되어 버린다. 또, 후자는, 최종 결상계(제 3결상광학계)에 오목면경(M1)을 이용하는 것으로 되어, 고NA광학계를 달성하고자 하면 광분리가 복잡해진다.

바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

$-0.10 \leq |hM1/\phi M1| < 0.10$ ・・・(15)

(식중, φM1은, 오목면경(M1)의 유효직경, hM1은, 오목면경(M1)에 있어서의 광축(AX2)으로부터의 최축외 주광선의 높이임).

이와 같이, 제 2결상광학계(Gr2)의 오목면경(M1)을 동공 근방에 배치함으로써, 비점수차 등을 저감시키는 것이 가능해진다. 더욱 바람직하게는, 이하의 조건을 만족한다:

$-0.05 \leq |hM1/\phi M1| < 0.05$ ・・・(16).

또, 도 9에 있어서, 편향반사기(FM1)와 (FM2)는 반드시 동일한 소자로 구성할 필요는 없고, 별개의 소자로 구성해도 된다. 또, 제 1결상광학계(Gr1)의 광축과 제 3결상광학계(Gr3)의 광축은 동일하지 않아도 된다. 이들은, 일직선상에 없어도 된다. 특히, 일직선상에 없어도 양 광축이 평행하게 배치되어 있으면, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 평행하게 배치하는 것이 가능하다. 또, 제 2결상광 학계(Gr2)의 광축(AX2)과 제 1결상광학계(Gr1)의 광축(AX1)이 반드시 직교하고 있을 필요는 없다. 예를 들면, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)가 평행하게 배치되면, 광축(AX1)과 (AX2)은 렌즈나 반사기 등의 간섭이 일어나지 않는 한, 서로 임의의 각도를 지니고 있어도 된다.

또, 도 10 및 도 11에 표시한 바와 같이, 제 2결상광학계(Gr2)에 대해서, 오목면경(M1)으로 향하는 광과 오목면경(M1)으로부터 반사된 광이 서로 교차하는 바와 같은 배치를 취해도 된다. 이 경우, 도 10에 표시된 배치에 의하면, 제 1물체(101)로부터의 광을 제 1편향반사기(FM1)에 의해 편향시킨 광과, 상기 제 1편향반사기(FM1)에 의해 반사된 상기 광을 오목면경(M1)에 의해 반사한 후 제 2편향반사기(FM2)로 향하는 광이 교차하도록 편향반사기를 배치하고 있다. 상기 도 10 및 도 11과 같은 배치를 취하면, 2개의 편향반사기(FM1), (FM2)에 입사하는 주광선의 입사각도를 감소시키는 것이 가능해진다. 또, 이상과 같은 본 발명의 실시예의 일례로서의 도 9, 도 10 및 도 11과 같은 광학배치를 지닌 경우, 광을 편향하기 위한 편향반사기를, 제 1결상광학계(Gr1)와 제 2결상광학계(Gr2)와의 사이와, 제 2결상광학계(Gr2)와 제 3결상광학계(Gr3)와의 사이에 지니고 있다. 여기서, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 대략 평행하게 배치하기 위해서는, 2개의 편향반사기의 그 반사면이 상대적으로 90° 의 각도차로 배치될 필요가 있다. 또, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 대략 평행하게 배치할 필요가 없을 경우에는, 제 2편향반사기(FM2)는 없어도 된다. 그 경우, 제 2물체(102)와 오목면경(M1)은 대향하도록 배치되어 있다.

도 10 및 도 11과 같이 구성하면, 편향반사기(FM1), (FM2)에의 주광선의 입사각도를 45 ° 보다 작게 제어하는 것이 가능하다. 이와 같은 구성을 취할 경우, 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

$$20° < \theta p < 45° \quad \cdots (17)$$

(식중, θp는, 제 1물체의 축외로부터의 주광선과 상기 제 1편향반사기(FM1)의 반사면의 법선이 이루는 각도임). 조건식(17)의 하한치보다도 낮으면, 제 1편향반사기의 반사면의 법선과 주광선이 이루는 각도가 지나치게 작게 되어 버려, 편향반사기가 지나치게 커져서, 주변의 렌즈의 굴절력을 비정상적으로 강하게 하지 않으면 안되므로 성능이 악화되어 버린다. 한편, 상한치를 초과하면, 왕복광학계 부분(L2)에 강한 정의 굴절력을 지닌 렌즈가 팰요로 되어 버리므로, 색수차의 보정이 곤란하게 되거나, 혹은 오목면경(M1)과 편향반사기(FM1)와의 거리가 매우 커져 버려, 장치가 대형화되어 버린다.

보다 바람직하게는, 이하의 식(18)을 만족한다:

$$30° < \theta p < 44° \quad \cdots (18).$$

(18)식을 만족함으로써, 보다 양호한 결상성능을 얻는 것이 가능한 동시에, 각 소자 및 광학계의 소형화를 달성하는 것이 가능하다.

또, 본 발명의 광학계는, 제 2결상광학계(Gr2)에 왕복광학계 부분(L2)을 지니나, 이 (L2)는 부의 굴절력을 지니고, 적어도 1매의 부의 굴절력을 지닌 렌즈로 이루어진다. 이들 부의 굴절력을 지닌 렌즈중 적어도 1매는 제 1물체(101)에 대해서 오목면을 향하고 있는 것이 바람직하다. 또, 이 왕복광학계 부분(L2)은 비 구면을 지닌 렌즈를 적어도 1매 지니는 것이 바람직하다. 만약, 비구면을 지니지 않을 경우에는, 왕복광학계 부분(L1)에 복수매의 렌즈를 이용해서 파워를 분담하는 것이 바람직하다. 물론, 비구면을 이용한 경우에도, 복수매의 렌즈로 왕복광학계 부분(L1)을 구성함으로써, 왕복광학계 부분에 있어서의 수차의 도입을 보다 제어하는 것이 가능해진다. 또, 오목면경은 비구면을 지녀도 된다.

또한, 편향반사기는 편향경으로 구성되어 있다. 그 거울의 형상은 평면판형상이어도 큐브형상의 일부여도 된다. 또, 유리의 이면반사를 이용하는 거울이어도 된다. 또한, 빔스플리터를 이용해도 되며, 그 경우, 축상으로부터 축외의 광을 이용할 수 있다.

또, 개구조리개(103)는, 제 3결상광학계(Gr3)중에 배치하는 것이 바람직하다. 또, 제 1결상광학계(Gr1)의 주광선이 광축(AX1)과 교차하는 부근에, 조합해서 혹은 단독으로 배치해도 된다.

또한, 도 9 내지 도 11에서는, 광축(AX1)과 광축(AX2), 광축(AX2)과 (AX3)은 직교해서 배치되어 있으나, 반드시 직교하고 있을 필요는 없다. 그리고, 바람직하게는, 전술한 바와 같이, 편향반사기(FM1)와 (FM2)가 서로의 반사면이 90 ° 의 각도차를 지니도록 배치하면 된다. 상대적으로 90 ° 의 각도차를 지니도록 배치하면, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 평행하게 배치할 수 있기 때문이다. 그러나, 제 1물체(101)와 제 2물체(102)를 평행하게 배치할 필요가 없다면, 이들은 상대적으로 90 ° 의 각도차를 지닐 필요가 없으므로, 임의의 각도를 취해도 된다.

또, 제 2물체(102)면이 광축방향으로 변동할 경우 배율의 변화가 적도록 하 기 위해서, 적어도 상면쪽에서 텔레센트릭하게 구성하고 있는 것이 바람직하다. 또한, 본 발명의 결상광학계는 NA 0.8이상, 특히, 0.85이상의 매우 높은 NA를 지닌 경우에 특히 유효하다.

또, 본 발명에 관한 광학계는, 제 1결상광학계(Gr1)가 굴절기로 구성되고, 또, 제 2결상광학계(Gr2)가 오목면경(M1)과 굴절기로 구성되고, 제 3결상광학계 (Gr3)가 굴절기로 구성되어 있는 것이 바람직하다. 제 1결상광학계(Gr1)가 반사계 혹은 반사굴절계로 구성되어 있으면, 제 1물체(101)로 광이 되돌아가는 일이 자주 있기 때문에, 제 1물체(101) 부근에 렌즈 및 편향반사기가 배치되어 복잡하게 된다. 또, 최종 결상광학계에 반사굴절계를 채용하면, 오목면경과 광사이에 간섭이 일어나, 고NA를 지닌 광학계의 구성을 복잡하게 한다. 또, 전체의 광학계중에 반사굴절계를 부분계로서 채용하지 않으면, 혹은 제 2결상광학계(Gr2)를 반사계로 해버리면, 색수차의 보정이 거의 곤란해져 버린다.

또, 본 발명의 광학계는, 수차보정기구를 지니는 일이 가능하다. 예를 들면, 제 1결상광학계(Gr1)중에 렌즈를 광축방향으로 이동시키는, 및/또는 광축에 수직방향이나 그 밖의 방향으로 이동시키는(렌즈를 편심시키는) 기구를 지니는 것이 가능하다. 또, 제 2결상광학계(Gr2)나 제 3결상광학계(Gr3)에도 마찬가지의 수차보정기구를 지녀도 된다. 또한, 오목면경(M1)을 변형시키는 기구를 설치해서 수차보정을 행해도 된다.

또, 제 2물체(102)면과 광학계의 최종 유리면의 사이(예를 들면, 도 12에 있어서의 제 2물체(102)와 렌즈(L327)와의 사이, 또는 예를 들면, 도 13 및 도 14 에 있어서의 제 2물체면(102)과 렌즈(L326)와의 사이)의 공간을 액체로 채우

는, 소위 액침 구성으로 해도 된다.

또, 중간상(IMG1) 또는 (IMG2) 부근에 시야 조리개를 설치해도 된다. 또한, 제 2물체면(102) 근방에 시야 조리개를 설치해도 된다. 특히 광학계중에 회절광학소자를 이용하고, 또 제 2물체면에 대해서 상기 액침 구성으로 한 경우에는, 광학계의 최종 유리면에 시야를 제한하는 조리개를 설치하거나, 그 근방(예를 들면, 최종 유리면과 제 2물체(102)면과의 사이)에 시야 조리개를 배치하거나 하면, 회절광학소자에 있어서 발생하는 섬광 등(회절광학소자이외로부터 발생하는 섬광이어도 됨)이 제 2물체면에 도달하는 것을 방지하는 것이 가능하다. 광학계중에 회절광학소자를 사용하는 일없이, 제 2물체면을 액침 구성으로 하는 것도 가능하다. 또, 액침 광학계를 구성할 경우에는, 회절광학소자의 유무에 관계없이, 그 액체의 특성 등이 광학계의 결상성능에 기여하는 영향을 최소한으로 할 필요성으로부터, 광학계의 최종면과 제 2물체(102)면과의 사이의 광축상의 간격은 5㎜이하인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는, 1㎜이하이다.

또, 본 발명의 광학계의 배율은 1/4배로 한정되는 것은 아니고, 1/5나 1/6배여도 된다.

또한, 본 발명의 광학계는, 제 1물체의, 광축으로부터 임의의 범위에 있어서 벗어난 축외상점을 사용하고 있다. 그 때, 제 1물체면상에 있어서, 광축을 포함하지 않는 직사각형의 슬릿영역, 혹은 광축을 포함하지 않는 원호형상의 슬릿영역이 노광영역으로 된다.

또, 개구조리개는 제 3결상광학계(Gr3)중에 배치하였으나, 제 1결상광학계 (Gr1)중에 배치해도 된다.

또한, 본 발명의 실시예로서 도 9 내지 도 11에 그 개략도를 표시하였으나, 이들 구성으로 한정되는 것은 아니다. 이상 설명한 바와 같이, 적어도 1개의 렌즈를 지닌 제 1결상광학계(Gr), 적어도 1개의 렌즈와 1개의 오목면경을 지닌 제 2결상광학계(Gr2), 적어도 1개의 렌즈를 지닌 제 3결상광학계(Gr3)를 지니고, 제 1결상광학계의 근축배율 β1이 전술한 소정의 범위의 값을 취함으로써, 종래의 광학계에서 문제로 되고 있던 제 1물체 근방의 공간의 확보가 가능한 동시에, 단파장화나 고NA화에 의해서 문제로 되는 편향반사기에의 입사각도범위에 기인하는 편향반사기의 반사막의 특성의 악화를 방지하는 것이 가능해진다.

이하에, 본 발명의 또 다른 실시예에 대해서 설명한다.

제 3실시예

제 3실시예의 구체적인 렌즈구성을 도 12에 표시한다. 도면중의 제 1결상광학계는, 제 1물체(101)로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L113), 제 2물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈 (L114) 및 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L115)로 구성 되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)은, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스 형상의 비구면의 부 렌즈(L116)와, 제 1물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L117), (L118)와, 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L119)와, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 제 1결상광학계로부터의 광의 진행방향을 따라서, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있고, 제 1중간상의 상, 즉, 제 2중간상을 형성한다. 구체적으로는, 오목면경(M1)쪽으로 오목면을 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L211), 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 대략 메니스커스형상의 부 렌즈(L212), 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 렌즈(L213), 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면 렌즈(L214) 및 제 2결상광학계(Gr2)의 왕복광학계 부분(L2)쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다. 또, 제 1결상광학계 (Gr1)와 제 2결상광학계(Gr2)와의 사이에는 편향반사기(FM1)가 배치되어 있다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광 및 광축(AX1)이 편향반사기(FM1)에 의해 편향되어서, 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한다. 광축이 (AX2)에서부터 (AX3)으로 휨으로써 광도 휘어진다. 또, 본 실시예에서는, 편향반사기는 편향반사기(FM1)와 (FM2)를 일체화해서 구성하고 있으나, 별도의 부재를 이용해도 된다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 부의 굴절 력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3C)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)은, 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈 (L311), 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L312) 및 제 2물체(102)쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L313)로 이루어진다. 부의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 제 2물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 비구면 정 렌즈(L315) 및 양면 오목형상의 부 렌즈(L316)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3C)은, 제 2물체쪽으로 오

목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 부 렌즈(L317), 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L318), 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈(L319), 개구조리개(103), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L320), 제 2물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L321), 제 1물체쪽으로 그들의 볼록면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L322), (L323), 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L324), (L325), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면 정 렌즈(L326) 및 제 2물체쪽으로 평면을 향한 평철형상의 정 렌즈(L327)로 이루어진다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)에 의해, 제 2중간상의 상을 제 2물체(102)에 결상한다.

또, 본 실시예에서는 제 3결상광학계(Gr3)를, 정의 굴절력을 지닌 (L3A)과, 부의 굴절력을 지닌 (L3B)과, 정의 굴절력을 지닌 (L3C)로 구성된 바와 같은 광학배치를 취하였으나, 이것으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 정-부-정-부-정 조합의 5군구성이거나, 정-정 조합의 2군구성이거나, 혹은 (FM2)쪽으로부터 부의 굴절력으로 시작하는 구성이어도 된다.

또한, 본 실시예에서는, 제 1결상광학계(Gr1)는, 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L1A)과 (L1B)으로 구성되어 있으나, 이 광학배치로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 정-부-정의 3군의 구성, 부-정-부-정의 4군의 구성으로 해도 되고, 또는 다른 구성이어도 된다.

본 실시예는, 투영배율은 1/4배이며, 기준파장은 157nm, 유리재료로서는 형석을 이용하고 있다.

또, 상측의 개구수는 NA = 0.865, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1598.23㎜이다. 또한, 물점이 약 2.25 내지 16㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 26㎜, 폭으로 7㎜의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L319)와 (L320)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 15에 표시한다. 여기서, Y= 2.25로 기재한 도면의 부분은, 제 2물체에 있어서의 상점이 2.25㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 한편, Y = 16은, 제 1물체에 있어서의 상점이 16㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 도 15는 기준파장 157.6nm 및 ±0.6pm의 파장에 대해서 표시되어 있고, 단색 및 색수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

제 4실시예

제 4실시예의 구체적인 렌즈구성을 도 13에 표시한다. 도면중의 제 1결상 광학계는, 제 1물체(101)로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 2매의 양면 볼록의 비구면 정 렌즈(L112), (L113), 제 2물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L114) 및 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L115)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)은, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스 형상의 비구면의 부 렌즈(L116)와, 제 1물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 3매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L117), (L118), (L119)와, 양면 볼록의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다. 제 1결상광학계(Gr1)는 제 1물체(101)의 제 1중간상을 형성한다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 제 1결상광학계로부터의 광의 진행방향을 따라서, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있고, 제 1중간상의 상, 또는, 제 2중간상을 형성한다. 구체적으로는, 양면 볼록형상의 정 렌즈(L211), 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 부 렌즈(L212), 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 렌즈(L213), 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면렌즈(L214) 및 제 2결상광학계(Gr2)의 왕복광학계 부분(L2)쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다. 또, 제 1결상광학계(Gr1)와 제 2결상광학계(Gr2)와의 사이에는 편향반사기(FM1)가 배치되어 있다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광 및 광축(AX1)이 편향반사기(FM1)에 의해 편향되어서, 제 2편향반사기(FM2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한다. 광축이 (AX1)에서부터 (AX3)으로 휨으로써, 광도 휘어진다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 부의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3C)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)은, 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈(L311), 양면볼록형상의 정 렌즈(L312) 및 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L313)로 이루어진다. 부의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314) 및 양면 오목형상의 비구면의 부 렌즈(L315)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3C)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 정 렌즈(L316), 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L317), 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈(L318), 개구조리개(103), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L319), 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈(L320), 제 1물체쪽으로 그들의 볼록면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L321), (L322), 그들의 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 2매의 대략 평철형상의 비구

면 정 렌즈(L323), (L324), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L325) 및 제 2물체쪽으로 평면을 향한 평철형상의 정 렌즈(L326)로 이루어진다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)에 의해, 제 2중간상의 상을 제 2물체(102)에 결상한다.

본 실시예는, 투영배율은 1/4배이며, 기준파장은 157nm, 유리재료로서는 형석을 이용하고 있다.

또, 상측의 개구수는 NA = 0.85, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1610.13㎜이다. 또한, 물점이 약 2.25 내지 15.5㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 26㎜, 폭으로 7㎜의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L318)과 (L319)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 16에 표시한다.

제 5실시예

제 5실시예의 구체적인 렌즈구성을 도 14에 표시한다. 도면중의 제 1결상광학계는, 제 1물체(101)로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 양면 볼록형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L113), 양면 볼록형상의 정 렌즈(L114) 및 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L115)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)은, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스 형상의 비구면의 부 렌즈(L116)와, 제 1물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L117), (L118)와, 제 2물체쪽으로 볼록면을 향한 평철형상의 정 렌즈(L119)와, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 제 1결상광학계로부터의 광의 진행방향을 따라서, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있고, 제 1중간상의 상, 또는, 제 2중간상을 형성한다. 구체적으로는, 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L211), 오목면경(M1)과는 반대쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 부 렌즈(L212) 및 제 2결상광학계(Gr2)의 왕복광학계 부분(L2)쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다. 또, 제 1결상광학계(Gr1)와 제 2결상광학계(Gr2)와의 사이에는 편향반사기(FM1)가 배치되어 있다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광 및 광축(AX1)이 편향반사기(FM1)에 의해 편향되어서, 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한다. 그 후, 광축이 (AX1)에서부터 (AX3)으로 휨으로써 광도 휘어진다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 부의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3C)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)은, 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈 (L311), 양면 볼록형상의 정 렌즈(L312) 및 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L313)로 이루어진다. 부의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군 (L3B)은, 제 1물체(101)쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L315) 및 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 정 렌즈(L316)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3C)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면 의 정 렌즈(L317), 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈 (L318), 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L319), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L320), 개구조리개(103), 양면 볼록형상의 비구면 정 렌즈(L321), 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L322), 그들의 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 2매의 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L323), (L324), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평철형상의 부 렌즈(L325) 및 대략 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈 (L326)로 이루어진다. 이 제 3결상광학계(Gr3)에 의해, 제 2중간상의 상을 제 2물체(102)에 결상한다.

본 실시예는, 투영배율은 1/4배이며, 기준파장은 157nm, 유리재료로서는 형석을 이용하고 있다.

또, 상측의 개구수는 NA = 0.86, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1567.89㎜이다. 또한, 물점이 약 3.13 내지 16.5㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 26㎜, 폭으로 7㎜의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L320)과 (L321)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 17에 표시한다.

또한, 이상의 제 3실시예 내지 제 5실시예에서는, 사용하는 유리재료는 본 실시예에서는 형석만을 사용하였으나, 그 밖의 불화바륨칼슘이나 불화마그네슘칼슘 등의 유리재료를 조합해서 혹은 단독으로 사용해도 된다. 또, 193nm파장(ArF)에서 이용할 경우에는, 석영과 형석을 조합해서 이용해도 되고, 또는 석영만으로 구 성해도 된다. 또한, 이것이외

의 유리재료를 이용해도 된다. 또한, 굴절소자만으로는 고NA화에 의한 색수차 등을 보정하는 것이 곤란하거나, 렌즈가 대형화되어 버리거나 하는 과제를 지닌, F_2 나 ArF의 파장을 포함하는 200nm이하의 노광파장에 있어서, 본 발명의 반사굴절 투영광학계를 이용하는 것이 더욱 바람직하다.

이하의 표 5 및 표 6에, 상기 제 3실시예의 수치예의 명세를 표시하고, 또, 표 7 및 표 8에 상기 제 4실시예의 수치예의 명세를 표시하고, 표 9 및 10에 상기 제 5실시예의 수치예의 명세를 표시한다. 또, 하기 표중의 'i'는 제 1물체(101)로부터의 광의 진행방향을 따른 면번호, 'ri'는 면번호에 대응한 각 면의 곡률반경, 'di'는 각 면의 면간격을 표시한다. 렌즈유리재료 CaF_2 는, 기준파장 λ= 157.6nm에 대한 굴절률을 1.56으로 하고 있다. 또, 기준파장에 대한 +0.6pm 및 -0.6pm의 파장의 굴절률은, 각각 1.5599853 및 1.560000147이다. 또, 비구면의 형상은 다음식으로 부여되는 것으로 한다:

$$x = (H2+4)/(1+((1-(1+k)\cdot(H/r)2))1/2) + AH4 + BH6 + CH8 + DH10 + EH12 + FH14 + GH16$$

(상기 식중, X는 렌즈정점으로부터 광축방향으로의 변위량, H는 광축으로부터의 거리, ri는 곡률반경, k는 원추정수, A, B, C, D, E, F 및 G는 각각 비구면계수임).

[표 5]

L=1598.23mm
β=1/4
NA=0.865
|β1·β2| = 0.90034
|β1| =1.0423
|β2| =0.86381
P1=0.00876
P2=-0.01914
P3=0.01038
hM1／φM1=0.00054
|(β1·β2)|/NAo=4.1634
제 1물체에서 제 1면까지의 거리 : 58.79745mm

i	ri	di	유리재료	
1	-137.23037	15.00193	CaF2	
2	-194.27380	1.00000		
3	1396.10895	22.86270	CaF2	
4	-295.05045	1.00000		
5	303.69332	25.88983	CaF2	
6	-1498.69823	48.24549		
7	-1127.94608	23.05739	CaF2	
8	-231.32925	1.00000		
9	94.01344	31.78943	CaF2	
10	190.69567	88.53201		
11	-116.64786	17.85557	CaF2	
12	-203.69343	88.90402		
13	-183.19491	27.74002	CaF2	
14	-125.00000	1.00000		
15	-469.45311	27.81052	CaF2	
16	-200.00000	1.00000		
17	-1663.96340	31.25949	CaF2	
18	-249.50027	24.61031		
19	264.40981	32.94576	CaF2	
20	-1400.00000	104.60952		
21	0.00000	-261.36499		FM1
22	-1792.37319	-30.00000	CaF2	
23	411.03390	-12.02075		
24	190.00000	-15.00000	CaF2	
25	1016.69163	-54.01460		
26	110.68223	-16.10000	CaF2	
27	2339.77245	-20.99972		
28	310.99975	-17.50000	CaF2	
29	621.64789	-37.99994		
30	183.74571	37.99994		M1
31	621.64789	17.50000	CaF2	
32	310.99975	20.99972		
33	2339.77245	16.10000	CaF2	
34	110.68223	54.01460		
35	1016.69163	15.00000	CaF2	
36	190.00000	12.02075		
37	411.03390	30.00000	CaF2	
38	-1792.37319	261.36499		
39	0.00000	-114.36936		FM2
40	-1024.78134	-32.21631	CaF2	
41	379.52065	-1.00326		
42	-664.31702	-23.21889	CaF2	
43	1793.48644	-1.00000		
44	-365.50764	-24.34329	CaF2	
45	-1750.56188	-126.45376		
46	-211.09523	-16.08650	CaF2	
47	-292.69409	-30.52013		

[표 6]

i	ri	di	유리재료	
48	300.00000	-12.00000	CaF2	
49	284.81010	-36.95300		
50	599.51546	-12.00000	CaF2	
51	-159.12034	-155.04606		
52	-256.96818	-12.00000	CaF2	
53	-263.78703	-15.08132		
54	-524.95792	-21.37162	CaF2	
55	1538.35443	-1.00000		
56	-421.87131	-28.35593	CaF2	
57	787.79636	-1.00000		
58	0.00000	-19.09358		개구 조리개
59	314.97989	-20.00000	CaF2	
60	747.35429	-1.00000		
61	-1484.71622	-26.50339	CaF2	
62	351.35689	-1.00000		
63	-239.81108	-38.83752	CaF2	
64	-592.37770	-1.00000		
65	-206.72140	-23.50170	CaF2	
66	-419.81128	-1.98004		
67	-205.60493	-31.03859	CaF2	
68	-2368.00907	-1.67631		
69	-200.00000	-28.07583	CaF2	
70	-1772.60064	-1.00000		
71	-174.24890	-21.42482	CaF2	
72	-414.80896	-9.26035		
73	-413.95733	-27.63278	CaF2	
74	0.00000	-6.27422		

비구면

i	K	A	B	C
4	-2.924494E-01	2.107888E-08	1.268052E-12	1.816675E-17
11	6.045219E-01	1.027445E-07	8.072805E-11	2.325938E-14
19	8.837230E-01	-1.306527E-08	-1.847813E-13	-4.205543E-18
28	-2.530848E-02	-4.351236E-08	1.511812E-13	4.797330E-17
32	-2.530848E-02	-4.351236E-08	1.511812E-13	4.797330E-17
41	8.790216E-01	-3.393212E-09	-3.209923E-14	-9.088900E-19
49	1.559763E+00	-3.400099E-08	1.164075E-12	-5.634572E-17
53	1.049769E+00	-1.535766E-08	-1.449177E-12	1.038437E-16
56	1.308923E+00	-4.452057E-09	-1.388776E-12	4.751164E-17
62	-1.566544E+00	-2.851229E-08	-9.726991E-14	3.190470E-17
67	-4.185863E-02	7.536660E-09	2.042494E-12	-2.643247E-17
70	6.734922E+01	-1.364036E-08	-2.981043E-12	3.897724E-16

i	D	E	F	G
4	5.012368E-21	-5.385900E-25	3.987634E-29	-8.927292E-34
11	-2.839633E-17	2.422684E-20	-1.200636E-23	2.308426E-27
19	2.221049E-22	-4.084518E-26	2.872768E-30	-8.367862E-35
28	-1.176445E-21	-1.621272E-25	2.106678E-29	-7.679399E-34
32	-1.176445E-21	-1.621272E-25	2.106678E-29	-7.679399E-34
41	1.092187E-22	-1.007276E-26	4.726463E-31	-8.890424E-36
49	1.999855E-21	-1.245803E-25	6.179518E-30	-1.220993E-34
53	-1.260628E-21	-2.403790E-27	3.695072E-30	-9.504329E-34
56	4.830304E-21	-5.239116E-26	-4.092669E-31	4.125771E-34
62	1.091326E-21	2.748648E-26	1.339378E-29	-8.351081E-34
67	6.380862E-21	-2.485946E-25	2.372219E-29	-3.423708E-33
70	-7.860457E-21	-4.610599E-24	5.777653E-28	-5.200551E-32

[표 7]

L=1610.13mm
β=1/4
NA=0.85
$|\beta 1 \cdot \beta 2|$ = 1.09741
$|\beta 1|$ =1.19
$|\beta 2|$ =0.922198
P1=0.0085
P2=-0.01885
P3=0.01036
hM1/ϕM1=-0.0175
$|(\beta 1 \cdot \beta 2)|$/NAo=5.1640

제 1물체에서 제 1면까지의 거리 : 59.03313mm

i	ri	di	유리재료	
1	-128.54939	15.00000	CaF2	
2	-169.06697	1.00000		
3	749.95392	22.24024	CaF2	
4	-344.15290	1.00000		
5	334.23821	27.32038	CaF2	
6	-601.29488	49.51914		
7	-1054.99300	20.67156	CaF2	
8	-234.59444	1.00000		
9	90.10900	30.76322	CaF2	
10	212.96965	82.57235		
11	-117.54375	28.36649	CaF2	
12	-459.69176	73.79791		
13	-182.53397	28.89626	CaF2	
14	-125.00000	1.00000		
15	-467.63000	29.86618	CaF2	
16	-200.00000	1.00000		
17	-857.36732	35.07798	CaF2	
18	-220.56363	34.91719		
19	284.84572	36.80779	CaF2	
20	-1000.00000	110.77546		
21	0.00000	-276.97393		FM1
22	802.30769	-30.00000	CaF2	
23	240.00000	-4.81827		
24	201.39006	-15.00000	CaF2	
25	1438.43491	-68.99700		
26	104.03778	-16.10000	CaF2	
27	710.52471	-21.00000		
28	224.49186	-17.50000	CaF2	
29	415.30228	-38.00000		
30	190.01543	38.00000		M1
31	415.30228	17.50000	CaF2	
32	224.49186	21.00000		
33	710.52471	16.10000	CaF2	
34	104.03778	68.99700		
35	1438.43491	15.00000	CaF2	
36	201.39006	4.81827		
37	240.00000	30.00000	CaF2	
38	802.30769	276.97393		
39	0.00000	-121.56160		FM2
40	-963.12119	-32.57281	CaF2	
41	461.17720	-1.00000		
42	-599.60240	-30.17525	CaF2	
43	978.00768	-25.49156		
44	-304.43231	-26.15498	CaF2	
45	-926.49316	-128.86452		
46	-154.29841	-17.80445	CaF2	
47	-213.33844	-40.26858		

[표 8]

i	ri	di	유리재료	
48	324.14407	-15.00000	CaF2	
49	-133.02338	-161.23190		
50	-236.83161	-12.00000	CaF2	
51	-230.14771	-11.60621		
52	-366.92825	-20.06836	CaF2	
53	-29080.77499	-1.00000		
54	-431.76224	-23.71080	CaF2	
55	889.47737	-1.00000		
56	0.00000	-16.13423		개구 조리개
57	315.00000	-20.00000	CaF2	
58	607.62068	-1.00000		
59	-579.20772	-24.01953	CaF2	
60	555.02345	-1.00000		
61	-220.00000	-30.00000	CaF2	
62	-540.25514	-1.00000		
63	-206.38722	-21.56461	CaF2	
64	-419.52531	-1.00000		
65	-196.08302	-33.07321	CaF2	
66	-1478.06687	-1.00000		
67	-195.58613	-31.19230	CaF2	
68	-1348.24670	-1.00000		
69	-145.60589	-24.66667	CaF2	
70	-389.06764	-6.45937		
71	-303.06065	-33.60956	CaF2	
72	0.00000	-3.27422		

비구면

i	K	A	B	C
4	-1.576022E+00	2.749600E-08	9.729677E-13	-1.277130E-17
11	5.398859E-01	9.941599E-08	1.008852E-10	2.161466E-14
19	9.881587E-01	-1.190329E-08	-1.467604E-13	-2.021605E-18
28	6.909633E-01	-3.671657E-08	-6.467565E-13	1.459521E-17
32	6.909633E-01	-3.671657E-08	-6.467565E-13	1.459521E-17
41	1.388425E+00	-2.495505E-09	-3.321853E-14	-9.875212E-19
48	-2.491892E+00	2.887198E-08	-3.549585E-12	2.157528E-16
51	9.988626E-01	-1.723317E-08	-6.992055E-13	1.517125E-16
54	2.150204E+00	-7.492977E-09	-9.305985E-13	1.250777E-16
60	-1.936949E+00	-2.876345E-08	3.397155E-13	3.213102E-17
65	-6.482719E-01	2.049179E-08	1.941702E-12	-1.671915E-16
68	1.448941E+02	-1.848238E-08	-2.340555E-12	-2.577542E-16

i	D	E	F	G
4	2.225816E-20	-4.105454E-24	3.799466E-28	-1.394840E-32
11	-3.180325E-17	2.422684E-20	-1.200636E-23	2.438787E-27
19	-2.156760E-23	-5.908111E-27	4.562459E-31	-1.360043E-35
28	8.619144E-23	-2.188575E-25	2.816037E-29	-1.322530E-33
32	8.619144E-23	-2.188575E-25	2.816037E-29	-1.322530E-33
41	1.246002E-22	-8.413556E-27	2.641064E-31	-2.958734E-36
48	-1.726602E-20	3.417355E-24	-4.843851E-28	2.840659E-32
51	-2.338026E-21	4.221164E-25	-3.974401E-29	6.943535E-34
54	4.967014E-21	-6.965123E-27	1.035065E-29	1.775542E-34
60	1.998807E-21	6.170818E-26	5.819869E-30	-1.179761E-33
65	6.533044E-21	1.905257E-25	-5.916422E-29	-1.954910E-34
68	1.209846E-19	-3.142789E-23	3.718178E-27	-2.555341E-31

[표 9]

L=1567.89mm
β=1/4
NA=0.86
$|\beta 1 \cdot \beta 2| = 0.78064$
$|\beta 1| = 0.85521$
$|\beta 2| = 0.91281$
P1=0.00867
P2=-0.01907
P3=0.01039
$hM1 / \phi M1 = -0.000233$
$|(\beta 1 \cdot \beta 2)| / NAo = 3.6309$
제 1물체에서 제 1면까지의 거리 : 71.67921mm

i	ri	di	유리재료	
1	-127.21306	17.02064	CaF2	
2	-212.48710	2.59624		
3	1083.44021	39.43413	CaF2	
4	-300.19315	1.46982		
5	513.70944	25.18335	CaF2	
6	66340.17315	7.28099		
7	246.44966	42.81141	CaF2	
8	-549.40424	1.47587		
9	121.94959	32.29197	CaF2	
10	236.73664	104.23590		
11	-114.35256	15.00068	CaF2	
12	-224.50799	69.89493		
13	-197.53300	35.75587	CaF2	
14	-102.75305	1.98446		
15	-298.90596	15.85839	CaF2	
16	-219.25120	2.00552		
17	-36165.69550	31.11858	CaF2	
18	-237.27531	4.23596		
19	211.25460	32.63091	CaF2	
20	-1339.08130	95.44358		
21	0.00000	-314.92653		FM1
22	105.48551	-16.10000	CaF2	
23	1198.42736	-19.06661		
24	234.07245	-17.50000	CaF2	
25	500.86929	-36.93303		
26	178.15802	36.93303		M1
27	500.86929	17.50000	CaF2	
28	234.07245	19.06661		
29	1198.42736	16.10000	CaF2	
30	105.48551	314.92653		
31	0.00000	-94.11763		FM2
32	-386.10510	-31.07059	CaF2	
33	670.19014	-2.22761		
34	-801.74027	-25.67667	CaF2	
35	587.85913	-25.25053		
36	-546.02372	-15.71600	CaF2	
37	-1295.69292	-105.84831		
38	-190.67982	-20.25144	CaF2	
39	-330.13357	-54.90451		
40	184.97462	-12.00000	CaF2	
41	-9146.49492	-41.88823		

[표 10]

i	ri	di	유리재료	
42	-1110.05510	-12.00000	CaF2	
43	-348.04948	-79.12213		
44	-239.27227	-12.00000	CaF2	
45	-239.77770	-19.71901		
46	-506.87202	-18.69178	CaF2	
47	-3473.96320	-1.00717		
48	-314.81982	-37.08372	CaF2	
49	1217.70424	-19.80658		
50	296.43508	-19.31141	CaF2	
51	602.79243	-2.45925		
52	0.00000	-1.19320		개구 조리개
53	-991.13744	-29.08931	CaF2	
54	373.20653	-50.92930		
55	-184.84388	-33.97952	CaF2	
56	-324.69272	-1.10056		
57	-155.65890	-43.64555	CaF2	
58	2956.61316	-1.03736		
59	-148.36253	-34.13436	CaF2	
60	-1019.14352	-9.67762		
61	-11758.61646	-15.04935	CaF2	
62	-700.59292	-1.06311		
63	-188.86970	-37.96727	CaF2	
64	-3150.51588	-9.46301		

비구면

i	K	A	B	C
4	8.231925E-01	1.757709E-08	8.649041E-13	9.837938E-18
11	2.012405E-01	1.075760E-07	7.873867E-11	2.265504E-14
19	6.087856E-01	-2.115076E-08	-4.113005E-13	-1.276655E-17
24	-3.500545E-01	-4.437823E-08	-5.487449E-13	6.043631E-17
28	-3.500545E-01	-4.437823E-08	-5.487449E-13	6.043631E-17
33	-7.385015E-01	-4.492625E-09	-8.936495E-14	7.619513E-19
41	-5.930601E+03	-3.719249E-08	3.119095E-12	7.589967E-18
45	3.803091E-01	-6.096883E-09	-1.553592E-12	7.459325E-17
48	8.640243E-01	-4.057559E-09	-1.123729E-12	1.215477E-17
54	-1.469354E+00	-2.795557E-08	-2.120861E-13	1.664543E-17
57	-3.427727E-01	1.571817E-08	1.722881E-12	-9.326799E-18
60	1.957877E+00	-1.708824E-08	-1.210579E-12	3.986155E-16

i	D	E	F	G
4	-6.927911E-22	1.885759E-25	-1.443122E-29	4.818413E-34
11	-2.464768E-17	6.896271E-21	-1.486043E-25	-5.402033E-28
19	8.391148E-22	-1.705301E-25	1.321175E-29	-4.551009E-34
24	6.548473E-22	-3.042504E-25	2.701935E-29	-8.667684E-34
28	6.548473E-22	-3.042504E-25	2.701935E-29	-8.667684E-34
33	-1.136942E-22	1.571850E-26	-8.534403E-31	1.904240E-35
41	-1.266827E-21	-2.603875E-26	1.073921E-29	-3.934649E-34
45	1.372935E-21	-2.458714E-25	1.431932E-29	-5.167212E-34
48	5.302362E-21	-3.195123E-25	1.301877E-29	-1.163602E-34
54	9.705743E-22	-8.673097E-26	1.169492E-29	-4.509501E-34
57	5.155239E-21	-3.369738E-25	1.372621E-29	-6.069227E-34
60	-5.246616E-20	2.480073E-24	-1.103509E-29	-8.140743E-33

다음에, 첨부도면을 참조해서, 본 발명에 의한 일측면으로서의 반사굴절 투영광학계에 대해서 설명한다. 상술한 바와 같이, 여기서는, 도 1과 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조부호를 붙이고, 중복되는 설명은 생략한다. 도 1에 표시한 광학계(또는 도 7 및 도 8의 광학계)에 있어서, 제 1결상광학계(Gr1)의 근축결상배율을 β1, 제 2결상광학계(Gr2)의 근축결상배율을 β2, 제 1물체쪽의 개구수를 NAo라 한 때, 이하의 조건식을 만족하는 것이 바람직하다:

$$3.5 < |\beta 1 \cdot \beta 2| / NAo < 20 \sim (20).$$

조건식(20)은, 제 1물체쪽의 개구수 NAo에 대한 제 1 및 제 2결상광학계의 합성근축배율의 값을 규정한 것이다. 조건식(20)의 하한치보다도 낮으면, 제 1물체쪽의 개구수에 대한, 제 1결상광학계(Gr1)와 제 2결상광학계(Gr2)의 합성배율이 지나치게 작게 되어 버린다. 그렇게 되면, 편향반사기(FM1)에서 반사되어 제 3결상광학계(Gr3)로 향하는 광과, 제 1결상광학계(Gr1)로부터 제 2결상광학계(Gr2)로 입사하고 있는 광의 분리가 곤란해지거나, 결상광학계(Gr2)의 근축배율 β2가 극단적으로 지나치게 축소배율로 되어버려, 특히 왕복광학계 부분에서의 비대칭수차의 발생이 커서 결상성능을 악화시켜 버리거나, 또, 특히 고NA를 지닌 광학계에 있어서는, 편향을 목적으로 한 편향반사기에 입사하는 광의 입사각도범위가 크게 되어 버린다. 즉, 이것은 제 1 및 제 2결상광학계가 거의 축소배율을 제어함으로써, 제 1물체로부터 발사되는 광의 퍼짐 또는 제 1물체쪽의 개구수 NAo가 제 1 및 제 2결상광학계에 의해 그 축소배율만큼 커져 버리므로, 제 1편향반사기에 입사하는 광의 입사각도범위가 커지기 때문이다. 그 결과, 편향반사기의 반사막의 영향으로 P편광광과 S편광광과의 반사강도에 차이가 생겨버린다. 이것은, 특히 액침 광학계에 있어서, NA가 1을 초과한 경우, 특히 NA 1.10이상, 다시 말하면 1.20이상의 다수회 결상을 형성하는 반사굴절 광학계에 있어서 보다 현저해진다. 액침 광학계란, 최종 소자(투영광학계의 가장 상면에 가까운 제 2물체쪽의 광학소자)의 최종면(또는 상면쪽 또는 제 2물체쪽의 면)과 제 2물체(102)면(웨이퍼 등)사이에 액체가 채워져 있는 광학계이다. 환언하면, 액침 광학계

란, 광학계의 최종 소자의 최종면(또는 가장 상면에 가까운 광학소자의 상면쪽의 면)과 제 2물체면(또는 상면)과의 사이에 액체가 채워져 있는 것을 전제로 해서 설계된 것으로, 주로 노광장치 등에 있어서, 최종소자의 최종면과 제 2물체면과의 사이를 순수로 채운 상태에서 노광을 행할 때에, 레티클 등의 패턴을 웨이퍼 등에 투영노광하기 위해 사용되는 광학계이다. 조건식(20)의 상한치를 초과하면, 제 1물체쪽의 개구수에 대한, 제 1 및 제 2결상광학계의 합성배율이 지나치게 커지므로, 제 1물체(101)를 제 2물체 (102)에 축소투영할 경우를 고려하면, 제 3결상광학계(Gr3)의 근축결상배율 β3의 절대치가 지나치게 작게 되어, 수차보정이 곤란해져 버린다. 또, 제 2중간상 (IMG2) 부근의 렌즈의 유효직경이 지나치게 커져 버린다.

또, 보다 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

4.0 < | β1 · β2 | /NAo < 10 ~ (21).

상기 조건식(20) 및 (21)에 의해 규정되는 광학계는, 도 1 등에 표시된 광학계에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 제 1, 제 2 및 제 3결상광학계를 지니고, 제 2결상광학계에 오목면경, 또는 광학계중에 편향반사경을 지닐 경우에 유효하다.

또, 액침 광학계는, 이하의 조건식을 만족하는 것이 바람직하다:

1.1 < NA < 1.6 ~ (22).

조건식(22)의 하한치보다도 낮으면, 굴절반사 광학계에 대해서 액침 광학계를 구성한 경우에 기대되는 해상력을 얻는 것이 곤란해진다. 한편, 상한치를 초과하면 액침 광학계의 유효직경이 지나치게 커져 버려, 렌즈를 제조하는 것이 곤란해진다.

보다 바람직하게는, 이하의 조건식을 만족한다:

1.2 < NA < 1.5 ~ (23).

이하에, 본 발명의 또 다른 실시예에 대해서 설명한다.

제 6실시예

제 6실시예의 구체적인 렌즈구성을 도 18에 표시한다. 도 18에 있어서, 제 1결상광학계는, 제 1물체쪽으로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 양면 볼록형상의 정 렌즈(L113), 제 1물체쪽으로 대략 볼록면을 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L114) 및 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L115)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L1B)은, 대략 오목면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 부 렌즈(L116)와, 제 1물체쪽으로 그들의 오목면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L117), (L118)와, 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L119)와, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있다. 그리고, 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평요형상의 부 렌즈(L211), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 오목렌즈(L212) 및 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 편향반사기(FM1)에 의해 광축(AX1)을 (AX2)로 90 ° 휨으로써 광도 휘어져 제 2중간상(IMG2)을 형성한다. 편향반사기(FM1)는, 제 2 및 제 3결상광학계의 사이에 배치되어 있으나, 본 실시예에 표시한 바와 같이 제 2중간상(IMG2)과 왕복광학계 부분(L2)사이에 배치되는 것이 바람직하다. 또, 본 실시예에서는 편향반사기는 평면경을 이용하고 있다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군 (L3A)은, 제 2결상광학계(Gr2)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 오목면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L311), 대략 평면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L312) 및 대략 평면을 제 2편 향반사기(FM2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L313)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 제 2물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 부 렌즈 (L315), 양면 오목형상의 비구면의 부 렌즈(L316), 제 2물체와는 반대쪽으로 그들의 볼록면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L317), (L318), 평면을 제 2물체쪽으로

향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L319), 오목면을 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 향한 대략 평요형상의 부 렌즈(L320), 평면을 제 2물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면 정 렌즈(L321), 개구조리개(103), 볼록면을 제 2물체(102)쪽과는 반대쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L322), 볼록면을 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L323), 오목면을 제 2물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 비구면 정 렌즈(L324) 및 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L325)로 이루어진다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)중의, 굴절렌즈군(L3A)과 (L3B)의 사이에, 제 2편향반사기(FM2)를 배치하고 있다. 제 2편향반사기(FM2)는 본 실시예의 경우, 평면경이며, 제 1편향반사기로부터 반사된 광을 소정의 방향으로 휘게 하고 있다.

또, 본 실시예에서는, 최종 렌즈(L325)와 제 2물체(102)사이에 액체로 채워진 소위 액침 광학계를 채용하고 있다. 또, 본 실시예에서는 액체로서 순수를 이용하고 있으나, 다른 액체를 이용해도 된다. 또한, 액체의 굴절률에 대해서도, 본 실시예의 것으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 굴절률 1.6정도의 액체를 이용해도 된다. F_2 레이저로 마찬가지의 구성을 취할 경우에는, 예를 들면, PFPE 등을 이용해도 되고, 또는 기타의 액체를 사용해도 된다. 또, 최종 렌즈는 평면판이어도 된다. 또한, 제 1물체(101)와 제 1렌즈(L101)와의 사이에 평면판을 사용할 수 있다. 또, 본 실시예에서는 개구 조리개(103)를 렌즈(L321)와 (L322)사이에 배치했으나, 개구 조리개(103)의 위치는 그 위치로 한정되는 것은 아니다.

본 실시예는, 투영배율은 1/4배이며, 기준파장은 193nm, 유리재료로서는 형석을 이용하고 있다. 또, 상측의 개구수는 NA = 1.20, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1663.38㎜이다. 또한, 물점이 약 3.38 내지 17㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 26㎜정도, 폭으로 7.5㎜정도의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L321)과 (L322)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 22에 표시한다. 도 22에 있어서 Y= 3.38인 부분은, 제 2물체에 있어서의 상점이 3.38㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있고, 한편, Y = 17.0인 부분은 제 2물체에 있어서의 상점이 17.0㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 도 22는 기준파장 193.0nm ±0.2pm의 파장에 대해서 표시되어 있고, 단색 및 색수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

또한, 사용하는 유리재료는 193nm파장(ArF)인 경우에는, 석영과 형석을 동시에 이용해도 되고, 본 실시예와 같이 석영만으로 구성해도 된다. 또, 그 밖의 재 료를 이용해도 된다. 157nm파장(F_2)에 있어서는, 형석을 사용하거나, 그 밖의 불화바륨칼슘이나 불화마그네슘칼슘 등의 유리재료를 조합해서 혹은 단독으로 사용해도 된다.

제 7실시예

제 7실시예의 구체적인 렌즈구성을 도 19에 표시한다. 도 19에 있어서, 제 1결상광학계는, 제 1물체쪽으로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 양면 볼록형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 2매의 양면 볼록형상의 정 렌즈 (L113), (L114), 볼록면을 제 1물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L115) 및 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평철형상의 부 렌즈(L116)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L1B)은, 오목면을 제 1물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L117)와, 오목면을 제 1물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L118)와, 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L119)와, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있다. 그리고, 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광의 진행방향 을 따라서, 양면 오목형상의 부 렌즈(L211), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 오목 렌즈(L212) 및 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 오목면경 (M1)으로 이루어진다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 편향반사기(FM1)에 의해 광축(AX1)을 광축(AX2)으로 90° 휨으로써 광도 휘어져 제 2중간상(IMG2)을 형성한다. 편향반사기(FM1)는, 제 2 및 제 3결상광학계의 사이에 배치되어 있으나, 본 실시예에 표시한 바와 같이 제 2중간상(IMG2)과 왕복광학계 부분(L2)사이에 배치되는 것이 바람직하다. 또, 본 실시예에서는 편향반사기는 평면경을 이용하고 있다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군 (L3A)은, 제 2결상광학계(Gr2)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 오목면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L311), 대략 평면을 제 2중간상 (IMG2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L312) 및 대략 평면을 제 2편향반사기 (FM2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L313)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 부 렌즈(L315), 양면 오목형상의 비구면의 부 렌즈(L316), 제 2물체쪽과는 반대쪽에 볼록면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L317), 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략

평철형상의 정 렌즈(L318), 양면 볼록형상의 비구면의 정 렌즈(L319), 오목면을 제 2물체쪽 과는 반대쪽으로 향한 대략 평요형상의 부 렌즈(L320), 양면 볼록형상의 비구면의 정 렌즈(L321), 개구 조리개(103), 양면 볼록형상의 정 렌즈(L322), 볼록면을 제 2물체(102)와는 반대쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L323), 오목면을 제 2물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 비구면의 정 렌즈(L324) 및 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L325)로 이루어진다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)중의, 굴절렌즈군(L3A)과 (L3B)의 사이에, 제 2편향반사기(FM2)를 배치하고 있다. 제 2편향반사기(FM2)는 본 실시예의 경우, 평면경이며, 제 1편향반사기로부터 반사된 광을 소정의 방향으로 휘게 하고 있다.

또, 본 실시예에서는, 최종 렌즈(L325)와 제 2물체(102)사이에는 액체로 채워진 소위 액침 광학계를 채용하고 있다.

본 실시예는, 투영배율은 1/4배이며, 기준파장은 193nm, 유리재료로서는 형석을 이용하고 있다. 또, 상측의 개구수는 NA = 1.30, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1759㎜이다. 또한, 물점이 약 3.0 내지 14.0㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 17㎜정도, 폭으로 8.1㎜정도의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 노광영역에 있어서의 슬릿형상은, 직사각형으로 한정되지 않고, 원호형상이나 기타 다른 형상을 이용해도 된다. 또, 개구조리개(103)는, (L321)과 (L322)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 23에 표시한다. 도 23에 있어서 Y= 3.0인 부분은, 제 2물체에 있어서의 상점이 3.0㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있고, 한편, Y = 14.0인 부분은 제 2물체에 있어서의 상점이 14.0㎜인 축 외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 도 23은 기준파장 193.0nm ±0.2pm의 파장에 대해서 표시되어 있고, 단색 및 색수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

제 8실시예

제 8실시예의 구체적인 렌즈구성을 도 20에 표시한다. 도 20에 있어서, 제 1결상광학계는, 제 1물체쪽으로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L111), 오목면을 제 1물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 양면 볼록형상의 정 렌즈(L113) 및 그들의 볼록면을 제 1물체쪽으로 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L114), (L115)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L1B)은, 오목면을 제 1물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L116)와, 그들의 오목면을 제 1물체쪽으로 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L117), (L118)와, 대략 평면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L119)와, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있다. 그리고, 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 볼록면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L211), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 오목렌즈(L212) 및 제 1물체 쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 편향반사기(FM1)에 의해 광축(AX1)을 광축(AX2)으로 90° 도 휨으로써 광도 휘어져 제 2중간상(IMG2)을 형성한다. 편향반사기(FM1)는, 제 2 및 제 3결상광학계의 사이에 배치되어 있으나, 본 실시예에 표시한 바와 같이 제 2중간상(IMG2)과 왕복광학계 부분(L2)사이에 배치되는 것이 바람직하다. 또, 본 실시예에서는 편향반사기는 평면경을 이용하고 있다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군 (L3A)은, 제 2결상광학계(Gr2)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 오목면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L311), 대략 평면을 제 2중간상 (IMG2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L312) 및 대략 평면을 제 2편향반사기 (FM2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L313)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 양면 오목형상의 비구면의 부 렌즈(L315), 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 그들의 볼록면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L316), (L317), 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L318), 오목면을 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L319), 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L320), 개구조리개(103), 볼록면을 제 2물체(102)쪽과는 반대쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L321), 볼록면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 메니스커스형상의 비구면의 정 렌즈(L322), 오목면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 메니스커스형상의 비구면의 정 렌즈(L323) 및 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L324)로 이루어진다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)중의, 굴절렌즈군(L3A)과 (L3B)의 사이에는, 제 2편향반사기(FM2)를 배치하고 있다.

또, 본 실시예에서는, 최종 렌즈(L324)와 제 2물체(102)사이가 액체로 채워진 소위 액침 광학계를 채용하고 있다.

본 실시예는, 투영배율은 1/6배이며, 기준파장은 193nm, 유리재료로서는 형석과 석영을 이용하고 있다. 또, 상측의 개구수는 NA = 1.30, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1704.76㎜이다. 또한, 물점이 약 2.75 내지 13.75㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 17㎜정도, 폭으로 8㎜정도의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L320)과 (L321)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 24에 표시한다. 도 24에 있어서 Y= 2.75인 부분은, 제 2물체에 있어서의 상점이 2.75㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있고, 한편, Y = 13.75인 부분은 제 2물체에 있어서의 상점이 13.75㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 도 24는 기준파장 193.0nm ±0.2pm의 파장에 대해서 표시되어 있고, 단색 및 색수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

제 9실시예

제 9실시예의 구체적인 렌즈구성을 도 21에 표시한다. 도 21에 있어서, 제 1결상광학계는, 제 1물체쪽으로부터 차례로, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)과 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1B)으로 구성된다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L1A)은, 제 1물체(101)쪽으로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 부 렌즈(L111), 볼록면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L112), 양면 볼록형상의 정 렌즈(L113) 및 제 1물체쪽으로 그들의 볼록면을 향한 2매의 대략 평철형상의 정 렌즈(L114), (L115)로 구성되어 있다. 정의 굴절력을 지닌 렌즈군(L1B)은, 오목면을 제 1물체쪽과는 반대쪽으로 향한 대략 메니스커스형상의 부 렌즈(L116)와, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L117)와, 오목면을 제 1물체쪽으로 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L118)와, 양면 볼록형상의 정 렌즈(L119)와, 볼록면을 제 1물체쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L120)로 이루어진다.

제 2결상광학계(Gr2)는, 부의 굴절력을 지닌 왕복광학계 부분(L2)과 오목면경(M1)으로 구성되어 있다. 그리고, 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 대략 평요형상의 부 렌즈(L211), 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 비구면의 오목렌즈(L212) 및 제 1물체쪽으로 오목면을 향한 오목면경(M1)으로 이루어진다. 제 1결상광학계(Gr1)로부터의 광이 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 오목면경(M1)에서 반사되어, 재차 왕복광학계 부분(L2)에 입사한 후, 편향반사기(FM1)에 의해 광축(AX1)이 광축(AX2)으로 90° 휨으로써 광도 휘어져 제 2중간상(IMG2)을 형성한다. 편향반사기(FM1)는, 제 2 및 제 3결상광학계 사이에 배치되어 있으나, 본 실시예에 표시한 바와 같이 제 2중간상(IMG2)과 왕복광학계 부분(L2)사이에 배치되는 것이 바람직하다.

제 3결상광학계(Gr3)는, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3A)과, 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)으로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군 (L3A)은, 제 2결상광학계(Gr2)로부터의 광의 진행방향을 따라서, 대략 평면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L311), 대략 평면을 제 2중간상(IMG2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L312) 및 대략 평면을 제 2편향반사기(FM2)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L313)로 이루어진다. 정의 굴절력을 지닌 굴절렌즈군(L3B)은, 제 2물체(102)쪽으로 오목면을 향한 메니스커스형상의 정 렌즈(L314), 양면 오목형상의 비구면의 부 렌즈(L315), 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 그들의 볼록면을 향한 2매의 메니스커스형상의 정 렌즈(L316), (L317), 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평철형상의 비구면의 정 렌즈(L318), 오목면을 제 2물체쪽과는 반대쪽으로 향한 메니스커스형상의 부 렌즈(L319), 대략 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평요형상의 비구면의 정 렌즈(L320), 개구조리개(103), 볼록면을 제 2물체(102)쪽과는 반대쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L321), 그들의 볼록면을 제 2물체(102)쪽과는 반대쪽으로 향한 2매의 메니스커스형상의 비구면의 정 렌즈(L322), (L323) 및 평면을 제 2물체(102)쪽으로 향한 대략 평철형상의 정 렌즈(L324)로 이루어진다. 또, 제 3결상광학계(Gr3)중의, 굴절렌즈군(L3A)과 (L3B)의 사이에는, 제 2편향반사기(FM2)를 배치하고 있다.

또, 본 실시예에서는, 최종 렌즈(L324)와 제 2물체(102)사이에는 액체로 채 워진 소위 액침 광학계를 채용하고 있다.

본 실시예는, 투영배율은 1/8배이며, 기준파장은 193nm, 유리재료로서는 형석과 석영을 이용하고 있다. 또, 상측의 개구수는 NA = 1.35, 물-상간 거리(제 1물체면에서 제 2물체면까지)는 L=1753.2㎜이다. 또한, 물점이 약 2.06 내지 10.3㎜의 범위에서 수차보정되어 있어, 적어도 길이방향으로 13㎜정도, 폭으로 5.9㎜정도의 직사각형의 노광영역을 확보할 수 있다. 또, 개구조리개(103)는, (L320)과 (L321)사이에 배치되어 있다.

또, 본 실시예의 횡수차도를 도 25에 표시한다. 도 25에 있어서의 Y= 2.06인 부분은, 제 2물체에 있어서의 상점이 2.06㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있고, 한편, Y = 10.3인 부분은 제 2물체에 있어서의 상점이 10.3㎜인 축외영역으로부터의 광의 횡수차도를 표시하고 있다. 도 25는 기준파장 193.0nm ±0.2pm의 파장에 대해서 표시되어 있고, 단색 및 색수차가 양호하게 보정되어 있는 것을 알 수 있다.

이하의 표 11 및 표 12에, 상기 제 6실시예의 수치예의 명세를 표시하고, 또, 표 13 및 표 14에 상기 제 7실시예의 수치예의 명세를 표시하고, 표 15 및 16에 상기 제 8실시예의 수치예의 명세를 표시하고, 표 17 및 표 18에 제 9실시예의 수치예의 명세를 표시한다. 또, 각 표중의 기호의 설명은, 표 1 및 표 2와 마찬가지이므로, 여기서는 생략한다.

렌즈의 유리재료 SiO_2 및 CaF_2 와 물(바람직하게는, 순수)은, 기준파장 λ= 193.0nm에 대한 굴절률을 각각 1.5609, 1.5018 및 1.437로 하고 있다. 또, 기준파장에 대한 +0.2pm 및 -0.2pm의 파장의 굴절률은, SiO_2 의 경우, 각각 1.56089968 및 1.56090031이며, CaF_2 의 경우, 각각 1.50179980 및 1.50180019이며, 또한, 물의 경우, 각각 1.43699576 및 1.437000424이다.

[표 11]

L=1663.38mm
β=1/4
NA=1.2
|β1·β2|=1.58004
|β1|=1.14442
|β2|=1.38065
P1=0.007888
P2=-0.018174
P3=0.010286
(φGr2_max+φL3B_max)/(2Y)=0.452
hM1/φM1= 0.016428
θp=32.04~42.53
|(β1·β2)|/NAo=5.2668
제 I물체에서 제 I면까지의 거리 :64.34385mm

i	ri	di	유리재료	
1	-149.75183	26.09099	SiO2	
2	-218.44939	1.00000		
3	2396.67702	28.97069	SiO2	
4	-396.73989	1.00000		
5	516.09139	35.82029	SiO2	
6	-430.33907	10.84902		
7	223.12587	48.98928	SiO2	
8	1383.40789	1.00000		
9	134.00369	35.81423	SiO2	
10	366.50519	63.92927		
11	-1122.06589	54.62215	SiO2	
12	-19313.59036	71.93406		
13	-113.02146	55.79289	SiO2	
14	-120.15251	23.90335		
15	-374.64398	41.20793	SiO2	
16	-201.97208	1.00000		
17	-1488.50492	43.36950	SiO2	
18	-266.74881	1.00000		
19	232.61873	46.79106	SiO2	
20	-15265.01733	423.31789		
21	-165.60762	18.00000	SiO2	
22	2610.25929	43.00000		
23	-141.52101	18.44904	SiO2	
24	-384.71896	39.37247		
25	-193.24884	-39.37247		M1
26	-384.71896	-18.44904	SiO2	
27	-141.52101	-43.00000		
28	2610.25929	-18.00000	SiO2	
29	-165.60762	-306.43207		
30	0.00000	247.45784		FM1
31	-735.00000	23.74583	SiO2	
32	-380.56645	1.00000		
33	-7249.20270	26.11788	SiO2	
34	-644.97780	1.00000		
35	640.81989	32.87887	SiO2	
36	-3860.84472	291.02056		
37	0.00000	-153.00000		FM2

[표 12]

i	ri	di	유리재료	
38	-220.86072	-49.01253	SiO2	
39	-690.16770	-72.88062		
40	-3677.96730	-18.00000	SiO2	
41	-151.94597	-71.35735		
42	577.21695	-18.00000	SiO2	
43	-610.59831	-15.33267		
44	-252.17496	-15.89391	SiO2	
45	-300.51060	-38.31824		
46	-292.80069	-35.43518	SiO2	
47	-950.77179	-1.00000		
48	-245.97037	-53.99831	SiO2	
49	2057.28159	-38.92896		
50	283.55268	-25.00000	SiO2	
51	-355227.48486	-1.00000		
52	-328.66462	-37.86513	SiO2	
53	2983.96320	-1.02024		
54	0.00000	-10.11169		개구 조리개
55	-390.72131	-47.65150	SiO2	
56	1425.98062	-9.92855		
57	-193.76429	-62.50116	SiO2	
58	1899.01565	-3.72073		
59	-98.05750	-49.82863	SiO2	
60	-185.70257	-1.00000		
61	-104.55853	-55.79289	SiO2	
62	0.00000	-2.49568	물	

비구면

i	K	A	B	C	D
4	1.401232E+00	1.491470E-08	2.579155E-13	3.658922E-18	1.035637E-22
19	5.274387E-01	-1.257756E-08	-2.155703E-13	-3.965950E-18	-5.061930E-23
23	-1.364948E-01	1.701040E-08	1.028792E-12	4.633252E-17	1.448171E-21
27	-1.364948E-01	1.701040E-08	1.028792E-12	4.633252E-17	1.448171E-21
43	9.591215E-02	1.241258E-10	-5.097072E-14	8.978586E-19	6.643640E-23
48	-1.006751E+00	6.714909E-09	6.101093E-14	1.038240E-18	5.999548E-23
52	-4.188964E-01	2.347743E-08	-8.697596E-14	1.622228E-18	-2.628677E-22
57	-1.722694E-01	1.154097E-08	-6.055947E-14	-1.460241E-19	4.475631E-22
60	1.334718E+00	-4.883784E-08	-4.310300E-12	6.151464E-16	-6.867197E-20

i	E	F	G
4	-1.451560E-26	9.064770E-31	-2.572115E-35
19	-4.372997E-27	1.311557E-31	-5.268035E-36
23	1.178716E-25	-4.598562E-30	4.060472E-34
27	1.178716E-25	-4.598562E-30	4.060472E-34
43	1.503646E-27	-1.697847E-31	-5.610523E-36
48	1.557171E-28	-9.523159E-33	7.662435E-37
52	8.092818E-27	-1.071834E-31	5.817902E-37
57	1.797305E-26	-1.010578E-30	1.323077E-35
60	1.145948E-23	-7.688950E-28	2.337414E-32

[표 13]

L=1759mm
β=1/4
NA=1.3
|β1·β2|=2.344921
|β1|=1.542679
|β2|=1.520032
P1=0.007527
P2=-0.018044
P3=0.010518
(φGr2_max+φL3B_max)/(2Y)= 0.441
hM1/φM1=0.01994
θp=33.14~42.52
|(β1·β2)|/NAo= 7.2151
제 1물체에서 제 1면까지의 거리 : 45.17502mm

i	ri	di	유리재료	
1	-163.55145	40.20723	SiO2	
2	-359.84795	1.00000		
3	626.20592	22.39508	SiO2	
4	-405.00000	1.00000		
5	399.06366	28.85880	CaF2	
6	-653.82642	1.00000		
7	241.35887	37.11570	SiO2	
8	-951.60096	42.42890		
9	120.13808	50.00000	SiO2	
10	949.99519	21.58565		
11	-720.92407	50.00000	SiO2	
12	1601.86158	69.82644		
13	-81.61049	50.00000	SiO2	
14	-105.00000	80.96225		
15	-333.25886	50.00000	SiO2	
16	-198.02368	1.00000		
17	-3973.53837	44.82861	CaF2	
18	-304.90999	1.00000		
19	275.32316	50.87725	CaF2	
20	-1869.89917	526.38065		
21	-216.40277	16.34450	SiO2	
22	647.47738	45.17972		
23	-144.10382	17.97700	SiO2	
24	-464.80018	39.11417		
25	-196.61753	-39.11417		M1
26	-464.80018	-17.97700	SiO2	
27	-144.10382	-45.17972		
28	647.47738	-16.34450	SiO2	
29	-216.40277	-445.88654		
30	0.00000	229.90650		FM1
31	-1262.48951	22.83870	SiO2	
32	-540.95423	1.00000		
33	5306.05887	25.93914	SiO2	
34	-966.16176	1.00000		
35	785.96285	31.80902	SiO2	
36	-3720.18615	386.30091		
37	0.00000	-163.96908		FM2

[표 14]

i	ri	di	유리재료	
38	-211.23856	-43.25638	SiO2	
39	-434.04046	-113.09484		
40	-6008.82934	-18.00000	SiO2	
41	-155.41531	-74.07301		
42	645.49454	-18.00000	SiO2	
43	-734.52030	-55.67757		
44	-290.87337	-15.37576	SiO2	
45	-337.78602	-30.06546		
46	-346.14457	-44.99901	SiO2	
47	-2057.50280	-1.00000		
48	-301.88346	-65.97155	SiO2	
49	940.17883	-40.10072		
50	305.94369	-23.78347	SiO2	
51	3176.73354	-1.00000		
52	-367.85832	-50.82828	SiO2	
53	1232.69785	-1.00000		
54	0.00000	-1.00810		개구 조리개
55	-376.13288	-64.87849	SiO2	
56	1468.96802	-1.00000		
57	-199.03661	-65.00145	SiO2	
58	12769.93730	-1.00000		
59	-91.80284	-45.69624	SiO2	
60	-180.85062	-1.00000		
61	-88.05912	-48.98059	CaF2	
62	0.00000	-0.48376	물	

비구면

i	K	A	B	C	D
4	-8.457059E-01	3.730962E-08	6.941040E-13	4.119594E-18	3.880816E-22
19	8.631092E-01	-1.076495E-08	-1.450559E-13	-2.255607E-18	-2.209803E-23
23	-2.099377E-01	1.960978E-08	1.240831E-12	5.572912E-17	1.981631E-21
27	-2.099377E-01	1.960978E-08	1.240831E-12	5.572912E-17	1.981631E-21
43	1.933946E+01	-1.186250E-08	-2.597548E-13	-1.393731E-17	-8.816454E-23
48	-7.834348E-01	5.135736E-09	1.305507E-13	-9.684862E-19	7.766507E-23
52	-6.051382E-02	2.155030E-08	-7.945184E-14	2.282806E-18	-2.592429E-22
57	-2.118548E-01	9.876014E-09	2.499851E-15	-7.651280E-18	3.142967E-22
60	9.389581E-01	-3.706946E-08	-5.025562E-12	6.705793E-16	-8.669953E-20

i	E	F	G
4	-1.180363E-25	8.990058E-30	-2.630036E-34
19	-2.067162E-27	5.778163E-32	-1.858768E-36
23	7.947697E-26	2.209766E-30	7.635654E-35
27	7.947697E-26	2.209766E-30	7.635654E-35
43	-6.459428E-26	3.206873E-30	-2.320899E-34
48	-1.209707E-27	2.935626E-32	-1.925350E-37
52	7.085388E-27	-8.300162E-32	3.730985E-37
57	3.052543E-26	-1.178103E-30	1.295929E-35
60	1.437866E-23	-1.256408E-27	5.393982E-32

[표 15]

L=1704.76mm
β=1/6
NA=1.3
|β1·β2|=1.298113
|β1|=0.896756
|β2|=1.447565
P1=0.007539
P2=-0.019031
P3=0.011492
(φGr2_max+φL3B_max)/(2Y)= 0.57
hM1/φM1=0.02568
θp=31.81～42.43
|(β1·β2)|/NAo= 5.9913
제 1물체에서 제 1면까지의 거리 : 145.94546mm

i	ri	di	유리재료	
1	-154.28700	15.00000	SiO2	
2	-196.67456	1.00000		
3	271.02074	30.66734	SiO2	
4	3307.51664	1.00000		
5	413.33733	52.66500	SiO2	
6	-494.51307	1.00000		
7	195.58448	41.17963	SiO2	
8	596.55890	1.00000		
9	255.65356	27.18086	SiO2	
10	779.93188	125.52779		
11	-279.35189	15.00000	SiO2	
12	-519.58501	42.92339		
13	-85.40352	53.38301	SiO2	
14	-99.37546	1.00000		
15	-448.36094	36.61211	SiO2	
16	-164.25892	1.00000		
17	2393.93825	26.68106	SiO2	
18	-397.60573	1.00000		
19	227.34498	36.35167	SiO2	
20	-1683.66137	373.74735		
21	-143.15737	19.53570	SiO2	
22	-1119.01014	27.55110		
23	-146.62325	21.17304	SiO2	
24	-472.87721	28.24428		
25	-177.44307	-28.24428		M1
26	-472.87721	-21.17304	SiO2	
27	-146.62325	-27.55110		
28	-1119.01014	-19.53570	SiO2	
29	-143.15737	-274.51119		
30	0.00000	175.55596		FM1
31	-1007.86975	22.51471	SiO2	
32	-350.68784	1.31349		
33	2593.33387	23.65495	SiO2	
34	-731.02692	15.16668		
35	567.38767	23.75420	SiO2	
36	23428.27016	245.78935		
37	0.00000	-135.18935		FM2

[표 16]

i	ri	di	유리재료	
38	-237.46337	-48.94270	SiO2	
39	-345.85731	-111.65040		
40	417.56614	-16.35639	SiO2	
41	-219.30461	-104.37575		
42	-290.48971	-22.94275	SiO2	
43	-386.22049	-42.36333		
44	-335.82829	-45.51854	SiO2	
45	-1059.63870	-5.00240		
46	-267.22081	-63.25321	SiO2	
47	14661.61326	-62.02904		
48	285.16620	-23.32677	SiO2	
49	651.16397	-1.00000		
50	-280.63451	-37.42811	SiO2	
51	-2186.11909	-10.40784		
52	0.00000	-1.00000		개구 조리개
53	-288.21530	-68.22077	SiO2	
54	5967.10424	-1.00000		
55	-186.83016	-57.59271	SiO2	
56	-1369.28288	-1.00000		
57	-90.93232	-41.79047	SiO2	
58	-175.53158	-1.62165		
59	-85.37446	-46.16012	CaF2	
60	0.00000	-1.23285	물	

비구면

i	K	A	B	C	D
4	1.295067E+02	3.297417E-08	5.500704E-14	6.229347E-19	-8.172163E-23
19	1.102358E+00	-2.108264E-08	-4.785323E-13	-1.257926E-17	-1.258379E-22
23	-5.735946E-02	3.096093E-08	1.359473E-12	5.790890E-17	1.064632E-21
27	-5.735946E-02	3.096093E-08	1.359473E-12	5.790890E-17	1.064632E-21
41	1.491604E-01	-3.998720E-09	1.165315E-13	-4.222672E-18	6.525210E-22
46	-6.748458E-01	3.981173E-09	8.065036E-14	-4.459159E-19	3.297952E-23
50	-8.293088E-01	2.629535E-08	-2.446508E-14	-1.516995E-18	-3.173867E-22
55	-1.646877E-01	8.027696E-09	-5.338898E-13	-6.351902E-19	1.440657E-21
58	1.115290E+00	-2.683821E-08	-7.764043E-12	1.332891E-15	-2.073183E-19

i	E	F	G
4	1.084560E-27	1.203985E-32	-3.711867E-37
19	-4.061811E-26	2.042733E-30	-9.262486E-35
23	-1.427878E-26	-9.529667E-30	1.289660E-33
27	-1.427878E-26	-9.529667E-30	1.289660E-33
41	-2.932342E-26	2.234264E-31	1.397471E-35
46	-5.241931E-29	3.252312E-34	1.200981E-37
50	1.131857E-26	-1.516431E-31	7.642264E-37
55	-4.741168E-26	1.648924E-30	-2.164446E-35
58	2.737199E-23	-1.861469E-27	5.739376E-32

[표 17]

L=1753.20m
β=1/8
NA=1.35
$|\beta 1 \cdot \beta 2|$=0.996200
$|\beta 1|$=0.769355
$|\beta 2|$=1.294850
P1=0.007114
P2=-0.019102
P3=0.011987
(ϕGr2_max+ϕL3B_max)/(2Y)=0.555
hM1/ϕM1=0.01181
θp=34.41~42.93
$|(\beta 1 \cdot \beta 2)|$/NAo=5.9034
제 1물체에서 제 1면까지의 거리 : 130.20833㎜

i	ri	di	유리재료	
1	-486.56530	15.00096	SiO2	
2	-3101.02582	1.00000		
3	231.06784	31.83036	SiO2	
4	-332567.28878	1.00000		
5	323.02816	33.68869	SiO2	
6	-1543.68665	44.93138		
7	189.51087	32.72995	SiO2	
8	1392.22713	1.00000		
9	379.15724	16.05595	SiO2	
10	1209.58329	118.79104		
11	907.52582	15.00000	SiO2	
12	573.25035	32.44034		
13	-65.26274	54.35428	SiO2	
14	-99.06292	1.00000		
15	-311.87561	37.55720	SiO2	
16	-135.08941	1.00495		
17	542.10439	34.59664	SiO2	
18	-388.89034	9.50630		
19	251.45912	33.91586	SiO2	
20	-2718.98055	400.89640		
21	-169.28348	21.21541	SiO2	
22	-3584.89452	29.47604		
23	-142.91647	21.65833	SiO2	
24	-550.12289	29.06864		
25	-176.45169	-29.06864		M1
26	-550.12289	-21.65833	SiO2	
27	-142.91647	-29.47604		
28	-3584.89452	-21.21541	SiO2	
29	-169.28348	-288.91741		
30	0.00000	173.92119		FM1
31	-1415.66719	17.77721	SiO2	
32	-434.10960	1.06896		
33	-12196.01923	27.71709	SiO2	
34	-465.14226	5.06132		
35	747.67938	37.10629	SiO2	
36	5377.28976	252.60352		
37	0.00000	-124.83676		FM2

[표 18]

i	ri	di	유리재료	
38	-192.86959	-33.38633	SiO2	
39	-325.47941	-172.44662		
40	267.94200	-21.92463	SiO2	
41	-220.09999	-119.52488		
42	-284.81937	-21.45152	SiO2	
43	-364.34587	-37.98167		
44	-320.05394	-44.49918	SiO2	
45	-878.10201	-1.00000		
46	-262.55054	-63.65972	SiO2	
47	26148.43280	-62.35996		
48	284.13774	-22.59832	SiO2	
49	838.82650	-1.00000		
50	-283.84333	-45.24747	SiO2	
51	-15023796.69980	-3.00111		
52	0.00000	-1.00000		개구 조리개
53	-276.07517	-67.68713	SiO2	
54	-4860.73737	-1.00000		
55	-180.69277	-61.07528	SiO2	
56	-1039.35461	-1.00000		
57	-92.40826	-44.33383	SiO2	
58	-178.99277	-1.00000		
59	-67.93290	-43.12765	CaF2	
60	0.00000	-0.46939	물	

비구면

i	K	A	B	C	D
4	-2.147900E+07	3.749330E-08	1.970547E-13	-2.130192E-19	8.247744E-23
19	1.778306E+00	-2.384853E-08	-5.523103E-13	-1.265419E-17	-8.833538E-22
23	-7.011156E-02	3.208451E-08	1.390429E-12	7.954938E-17	8.854393E-22
27	-7.011156E-02	3.208451E-08	1.390429E-12	7.954938E-17	8.854393E-22
41	4.504983E-01	-1.169682E-08	1.259138E-13	-9.817312E-18	-2.250554E-22
46	-6.849227E-01	4.022367E-09	8.088426E-14	-5.198350E-19	3.368240E-23
50	-7.958376E-01	2.601538E-08	-1.250656E-14	-1.750622E-18	-3.218019E-22
55	-1.882451E-01	8.953186E-09	-4.314651E-13	6.563698E-19	1.296406E-21
58	9.996148E-01	-1.704842E-08	-1.032246E-11	1.856197E-15	-2.893960E-19

i	E	F	G
4	-8.260915E-27	4.824234E-31	-8.680517E-36
19	5.242704E-26	-5.020206E-30	9.805998E-35
23	7.262098E-25	-1.812557E-28	1.120765E-32
27	7.262098E-25	-1.812557E-28	1.120765E-32
41	8.556556E-26	-1.082856E-29	4.475034E-34
46	-1.600869E-28	5.355569E-33	1.335343E-38
50	1.144740E-26	-1.528227E-31	7.672950E-37
55	-5.351070E-26	1.891330E-30	-2.153992E-35
58	3.321301E-23	-2.068161E-27	5.463746E-32

이상 설명한 제 1 내지 제 9실시예는, 모순이 없는 한 임의로 조합해도 된다. 특히, 도 1, 도 2 및 도 7 내지 도 11에 표시한 투영광학계를 액침 광학계로 하는 것은 본 실시예의 범위내이고, 각 수치조건식을 제 1실시예 내지 제 9실시예와 조합시키는 것도 물론 본 실시예의 범위내이다. 이것은, 이하에 설명하는 제 10실시예 및 제 11실시예에, 제 1실시예 내지 제 9실시예의 투영광학계를 조합해서 이용한 경우에도 마찬가지이다.

제 10실시예

제 10실시예는, 상술한 실시예에 기재한 투영광학계를 적용한 노광장치의 예이다.

이하, 도 26을 참조해서, 본 발명의 투영광학계(230)를 적용한 예시적인 노광장치(200)에 대해서 설명한다. 도 26은, 본 발명에 의한 일측면인 노광장치 (200)를 표시한 개략블록단면도이므로, 투영광학계(230)도 간략화해서 그리고 있으나, 투영광학계(230)는 전술한 제 1실시예 및 제 2실시예에 따른 투영광학계이다. 노광장치(200)는, 도 26에 표시한 바와 같이, 회로패턴이 형성된 마스크(제 1물체)(220)를 조명하는 조명장치(210)와, 조명된 마스크 패턴으로부터 생기는 회절광을 플레이트(제 2물체 또는 웨이퍼)(240)에 투영하는 투영광학계(230)와, 플레이트(240)를 지지하는 스테이지(245)를 구비한다.

노광장치(200)는, 예를 들면, 스텝 앤드 스캔 방식이나, 스텝 앤드 리피트 방식으로 마스크에 형성된 회로패턴을 플레이트(240)에 노광하는 노광장치이다. 이러한 노광장치는, 서브미크론이나 쿼터미크론이하의 리소그래피처리에 적합하다. 본 실시예에서는, 스텝 앤드 스캔방식의 노광장치('스캐너'라고도 칭함)를 예로 설명한다. 여기서, '스텝 앤드 스캔 방식'이란, 마스크에 대해서 웨이퍼를 연속적으로 주사해서 마스크 패턴을 웨이퍼에 노광하는 동시에, 1쇼트(shot)의 노광종료후 웨이퍼를 스텝이동해서, 다음의 쇼트로 되는 노광영역으로 이동하는 노광방법이다. '스텝 앤드 리피트 방식'이란, 웨이퍼의 일괄노광시마다 웨이퍼를 스텝이동해서 다음의 쇼트의 노광영역으로 이동하는 노광방법이다.

조명장치(210)는, 전사용의 회로 패턴이 형성된 마스크(220)를 조명하며, 광원부(212)와, 조명광학계(214)를 지닌다
.

광원부(212)는, 예를 들면, 광원으로서는, 파장 약 157nm의 F_2 레이저, 파장 약 193nm의 ArF엑시머레이저 등을 사용하는 것이 가능하나, 광원의 종류는 엑시머 레이저에 한정되지 않고, 예를 들면, 파장 약 248nm의 KrF엑시머레이저나 YAG레이저를 사용해도 되고, 그 광원부의 개수도 한정되지 않는다. 또, EUV(extreme ultraviolet)광원 등을 이용해도 된다. 예를 들면, 독립적으로 동작하는 2개의 고체 레이저(또는 가스 레이저)를 사용하면 이들 고체 레이저간의 간섭은 없어, 그 간섭에 기인하는 스펙클(speckles)은 상당히 저감된다. 또, 스펙클을 저감하기 위해 광학계를 직선적 또는 회동적으로 요동시켜도 된다. 또, 광원부(212)에 레이저가 사용될 경우, 레이저광원으로부터의 평행 빔을 소망의 빔형상으로 조정하는 광정형광학계, 간섭성의 레이저광을 비간섭성화하는 비간섭성화 광학계를 사용하는 것이 바람직하다. 또, 광원부(212)에 사용가능한 광원은, 레이저로 한정되지 않 고, 1개 이상의 수은 램프나 크세논 램프 등의 램프도 사용가능하다.

조명광학계(214)는, 마스크(220)를 조명하는 광학계이며, 렌즈, 미러, 광 인테그레이터(light integrator), 조리개 등을 포함한다. 예를 들면, 콘덴서 렌즈, 파리의 눈 렌드, 개구 조리개, 콘덴서 렌즈, 슬릿 및 결상광학계의 순으로 정렬한다. 조명광학계(214)는, 축상광, 축외광을 불문하고 사용하는 것이 가능하다. 광 인테그레이터는, 파리의 눈렌즈나 2조의 원통형 렌즈어레이(또는 렌티큘러 (lenticular) 렌즈)판을 적층함으로써 구성되는 인테그레이터 등을 포함하나, 광학 로드 혹은 회절소자로 치환할 경우도 있다.

마스크(220)는, 예를 들면, 석영제로, 그 위에는 전사해야 할 회로 패턴(또는 상)이 형성되고, 마스크 스테이지(도시 생략)에 의해 지지 및 구동된다. 마스크(200)로부터 방출된 회절광은, 투영광학계(230)를 통과해서, 플레이트(240)상에 투영된다. 마스크(220)와 플레이트(240)는, 광학적으로 공역의 광계에 있다. 본 실시예의 노광장치(200)는 스캐너이므로, 마스크(220)와 플레이트(240)를 축소배율비의 속도비로 주사함으로써 마스크(220)의 패턴을 플레이트(240)상에 전사한다. 또, 스텝 앤드 리피트 방식의 노광장치('스테퍼'라고도 칭함)의 경우에는, 마스크(220)와 플레이터(240)를 정지시킨 상태에서 노광이 행해진다.

투영광학계(230)는, 복수의 렌즈소자만으로 이루어진 광학계, 복수의 렌즈소자와 적어도 1매의 오목면경을 지닌 광학계(반사굴절 광학계), 복수의 렌즈소자를 적어도 1매의 키노폼(kinofrom) 등의 회절광학소자를 지닌 광학계, 전체 미러형의 광학계 등을 사용하는 것이 가능하다. 색수차의 보정이 필요한 경우에는, 서로 분산치(압베치)가 다른 유리재료로 이루어진 복수의 렌즈유닛을 사용하거나, 회절광학소자를 렌즈유닛과 역방향의 분산이 생기도록 구성하거나 한다.

플레이트(240)는, 웨이퍼나 LCD 등의 피처리체의 예이며, 포트레지스트가 도포되어 있다. 포토레지스트 도포공정은, 전처리와, 밀착성 향상제 도포처리와, 포토레지스트 도포처리와, 프리베이크처리를 포함한다. 전처리는, 세정, 건조 등을 포함한다. 밀착성 향상제 도포처리는, 포토레지스트와 기재와의 밀착성을 높이기 위한 표면개질(즉, 계면활성제의 도포에 의한 소수성을 증대시키는) 처리이며, HMDS(Hexamethyl-disilazane) 등의 유기막을 코트 또는 증기처리한다. 프리베이크는, 베이킹(소성)공정으로, 현상후의 그것보다도 소프트하며, 용제를 제거한다.

스테이지(245)는, 플레이트(240)를 지지한다. 스테이지(245)는, 당업계에서 공지된 구성이면 어떠한 구성도 적용하는 것이 가능하므로, 여기서는 상세한 구조 및 동작의 설명은 생략한다. 예를 들면, 스테이지(245)는, 선형 모터를 이용해서 XY방향으로 플레이트(240)를 이동하는 것이 가능하다. 마스크(220)와 플레이트(240)는, 예를 들면, 동기주사되어, 스테이지(245)와 마스크 스테이지(도시 생략)의 위치는, 예를 들면, 레이저 간섭계 등에 의해 감시되어, 양자는 일정 속도비율로 구동된다. 스테이지(245)는, 예를 들면, 댐퍼를 개재해서 마루 등의 위에 지지되는 스테이지 정반상에 설치되고, 마스크 스테이지 및 투영광학계(230)는, 예를 들면, 마루 등에 탑재된 베이스 프레임상에 댐퍼를 개재해서 지지되는 경통 정반(도시 생략)상에 설치된다.

노광에 있어서, 광원부(212)로부터 발사된 광은, 조명광학계(214)에 의해 마스크(220)를, 예를 들면, 쾰러(Koehler) 조명한다. 마스크(220)를 통과해서 마스크 패턴을 반영하는 광은, 투영광학계(230)에 의해 플레이트(240)상에 결상된다.

제 11실시예

다음에, 도 27 및 도 28을 참조해서, 상기 노광장치를 이용한 제 11실시예의 디바이스의 제조방법을 설명한다.

도 27은, 디바이스(예를 들면, IC나 LSI 등의 반도체칩, LCD, CCD 등)의 제조방법을 설명하기 위한 순서도이다. 여기에서는, 반도체칩의 제조를 예로 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는 반도체 디바이스의 회로를 설계한다. 스텝 2(마스크제작)에서는 설계한 회로패턴에 의거해서 마스크를 제작하고, 스텝 3(웨이퍼제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용해서 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼처리)는, 전(前)공정이라고도 불리며, 이와 같이 해서 준비한 마스크와 웨이퍼를 이용해서 포토리소그라피기술에 의해 웨이퍼상에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 5(조립)는, 후공정이라고도 불리며, 스텝 4에서 형성된 웨이퍼를 반도체칩으로 형성하고, 어셈블리(다이싱 및 본딩)공정, 패키징(칩봉인)공정 등을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 작성된 반도체 디바이스의 타당성 체크, 내구성 체크 등의 각종 시험을 수

행한다. 이들 공정에 의해 반도체 디바이스가 완성되어 출하된다(스텝 7).

도 28은 스텝 4의 웨이퍼처리공정의 상세한 순서도이다. 스텝 11(산화)에서는 웨이퍼의 표면을 산화하고, 스텝 12(CVD)에서는 웨이퍼 표면에 절연막을 형성 하고, 스텝 13(전극형성)에서는 증착법 등에 의해 웨이퍼상에 전극을 형성한다. 스텝 14(이온주입)에서는 웨이퍼에 이온을 주입하이고, 스텝 15(레지스트처리)에서는 웨이퍼에 감광재를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는 노광장치(200)를 이용해서 웨이퍼상에 마스크의 회로패턴을 노광하고, 스텝 17(현상)에서는 노광한 웨이퍼를 현상하고, 스텝 18(에칭)에서는 현상한 레지스트상이외의 부분을 에칭하고, 스텝 19(레지스트박리)에서는 에칭공정후 불필요하게 된 레지스트재를 제거한다. 이들 공정을 반복함으로써, 웨이퍼상에 다중으로 회로패턴이 형성된다. 본 실시예의 제조방법에 의하면, 종래보다도 고품위의 디바이스를 제조하는 것이 가능하다. 이와 같이, 상기 노광장치를 사용하는 디바이스의 제조방법, 및 결과물로서의 디바이스도 본 발명의 일측면을 구성한다.

이상, 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 이들로 한정되지 않고 그 요지의 범위내에서 다양한 변형이나 변경이 가능하다.

발명의 효과

이상, 본 발명의 실시예에 의하면, 제 1물체면(예를 들면, 레티클)과, 광학계를 구성하는 렌즈나 미러(거울)와의 공간의 문제를 용이하게 해결할 수 있는 동시에, 고 NA화에 대해서 문제로 되는 거울의 막에 의한 영향을 억제하는 것이 가능하고, 동공의 차광이 없고, 상면상에서 충분히 큰 결상영역이 얻어지는 고NA의 반사굴절 광학계와, 해당 투영광학계에 의한 투영노광장치 및 디바이스의 제조방법을 얻는 것이 가능하다.

본 발명의 정신과 범위로부터 일탈하는 일없이 본 발명의 각종 다양한 실시 예를 행할 수 있으므로, 본 발명은, 첨부된 특허청구범위 규정된 것이외에 그의 구체적인 실시예로 제한되는 것은 아니다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서,

상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하며, 렌즈를 지닌 제 1결상광학계;

상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하며, 렌즈와 오목면경을 지닌 제 2결상광학계; 및

상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하며, 렌즈를 지닌 제 3결상광학계를 구비하고,

상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 이 순서로, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서 배치되고,

상기 제 1결상광학계의 근축배율을 β1, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 β2라 한 때, $0.70 < |\beta 1 \cdot \beta 2| < 3.0$ 을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 2.

제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서,

상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하며, 렌즈를 지닌 제 1결상광학계;

상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하며, 상기 제 1물체쪽으로부터 차례로, 제 1편향반사기, 굴절렌즈군 및 오목면경을 지닌 제 2결상광학계; 및

상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하며, 렌즈와 상기 제 1편향반사기의 법선에 대해서 실질적으로 90° 를 이루는 법선을 지니는 제 2편향반사기를 지닌 제 3결상광학계를 구비하고,

상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 이 순서로, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서 배치되고,

상기 오목면경은, 상기 제 1물체에 대향하도록 배치되고,

상기 제 1결상광학계로부터의 광은, 상기 오목면경 및 상기 제 1편향반사기의 순으로 반사되어 상기 제 3결상광학계에 인도되고,

상기 제 1편향반사기로부터의 광은, 상기 제 2편향반사기에서 편향되어서 상기 제 2물체로 인도되는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 3.
제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서,

상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하며, 렌즈를 지닌 제 1결상광학계;

상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하며, 상기 제 1물체쪽으로부터 차례로, 편향반사기, 굴절렌즈군 및 오목면경을 지닌 제 2결상광학계; 및

상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하며, 렌즈를 지닌 제 3결상광학계를 구비하고,

상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 이 순서로, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서 배치되고,

상기 오목면경은, 상기 제 1물체에 대향하도록 배치되고,

상기 편향반사기는, 상기 제 1결상광학계로부터 상기 오목면경으로의 광과 상기 편향반사기를 반사한 광이 서로 교차하도록, 상기 제 2결상광학계의 광축에 대해서 소정의 각도를 이루도록 배치되는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 4.
제 2항에 있어서, 상기 제 1결상광학계의 근축배율을 β1, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 β2라 한 때, $0.70 < |\beta 1 \cdot \beta 2| < 3.0$을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 5.
제 3항에 있어서, 상기 제 1결상광학계의 근축배율을 β1, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 β2라 한 때, $0.70 < |\beta 1 \cdot \beta 2| < 3.0$을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 6.
제 1항, 제 4항 및 제 5항중 어느 한 항에 있어서, $0.80 < |\beta 1 \cdot \beta 2| < 2.0$을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 7.
제 1항, 제 4항 및 제 5항중 어느 한 항에 있어서, $0.70 < |\beta 1| < 2.0$을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 8.
제 1항, 제 4항 및 제 5항중 어느 한 항에 있어서, $0.70 < |\beta 2| < 2.0$을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 9.
제 7항에 있어서, $0.80 < |\beta 1| < 1.5$를 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 10.
제 8항에 있어서, $0.80 < |\beta 2| < 1.5$를 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 11.
제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서,

상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하며, 렌즈를 지닌 제 1결상광학계;

상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하며, 렌즈와 오목면경을 지닌 제 2결상광학계; 및

상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하며, 렌즈를 지닌 제 3결상광학계를 구비하고,

상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 이 순서로, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서 배치되고,

상기 제 1결상광학계의 근축배율을 β1이라 한 때, 0.7 < | β1 | < 2.0을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 12.
제 11항에 있어서, 상기 제 1결상광학계와 상기 제 2결상광학계와의 사이에 배치된 제 1편향반사기와, 상기 제 2결상광학계와 상기 제 3결상광학계와의 사이에 배치된 제 2편향반사기를 구비한 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 13.
제 11항에 있어서, 상기 오목면경은, 상기 제 1물체에 대향해서 배치되는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 14.
제 11항에 있어서, 0.8 < | β1 | < 1.5를 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 15.
제 12항에 있어서, 상기 제 1편향반사기의 반사면의 법선과 상기 제 2편향반사기의 반사면의 법선과는, 서로 실질적으로 직교하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 16.
제 12항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2편향반사기는, 상기 오목면경을 향하는 상기 제 1결상광학계로부터의 광과 상기 오목면경을 반사해서 상기 제 3결상광학계를 향하는 광이 서로 교차하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 17.
제 1항 내지 제 3항 및 제 11항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1결상광학계의 페츠발 합계(Petzval sum)를 P1, 상기 제 2결상광학계의 페츠발 합계를 P2, 상기 제 3결상광학계의 페츠발 합계를 P3이라 한 때, P1 > 0, P2 < 0 및 P3 > 0을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 18.
제 1항 내지 제 3항 및 제 11항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2결상광학 계가 지닌 오목면경의 유효직경을 φM1, 상기 제 1물체로부터 출사하는 최축외 주광선이 상기 오목면경에 입사하는 위치의, 상기 제 1결상광학계의 광축으로부터의 높이를 hM1이라 한 때, 0 ≤ | hM1/φM1 | < 0.10을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 19.
제 1항 또는 제 11항에 있어서, 상기 제 2결상광학계의 오목면경으로부터의 반사광을 반사하는 제 1편향반사기와, 상기 제 1편향반사기와 대략 90 ° 를 이루는 각도로 배치되어, 상기 제 1편향반사기로부터의 반사광을 반사해서, 상기 제 2물체쪽으로 인도하는 제 2편향반사기를 또 구비하고,

상기 제 1결상광학계의 광축과 상기 제 2편향반사기와 상기 2물체와의 사이의 광학계의 광축과의 거리를 Y, 상기 제 2결상광학계에 있어서의 최대유효직경을 φGr2_max, 상기 제 2편향반사기와 상기 2물체와의 사이에 배치된 광학계에 있어서의 최대유효직경을 φL3B_max라 할 때, 0.2< (φGr2_max + φL3B_max)/(2Y) < 0.9를 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 20.
제 1항 또는 제 11항에 있어서, 상기 제 2결상광학계의 오목면경으로부터의 반사광을 반사하는 제 1편향반사기를 또 구비하고, 상기 제 1물체의 축외로부터의 주광선과 상기 제 1편향반사기의 반사면의 법선이 이루는 각도를 θp라 할 때, 20 ° < θp < 45 ° 를 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 21.
제 20항에 있어서, 30 ° < θp < 44 ° 를 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 22.
제 1항 또는 제 11항에 있어서, 상기 제 2결상광학계의 오목면경으로부터 제 2물체까지에 간격을 두고 배치된 2개의 편향반사기를 또 구비한 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 23.

제 1항, 제 2항, 제 3항 및 제 11항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1결상광학계의 근축배율을 β1, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 β2, 상기 투영광학계의 상기 제 1물체쪽의 개구수를 NAo라 한 때, 3.5 < | β1 · β2 | /NAo < 20을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 24.
제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 투영광학계에 있어서,

렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 제 1중간상을 형성하는 제 1결상광학계;

렌즈와 오목면경을 지니고, 상기 제 1물체의 제 2중간상을 형성하는 제 2결상광학계; 및

렌즈를 지니고, 상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 형성하는 제 3결상광학계를 구비하고,

상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계는, 상기 제 1물체쪽으로부터의 광로를 따라서, 상기 제 1결상광학계, 상기 제 2결상광학계 및 상기 제 3결상광학계의 순으로 배치되고,

상기 제 1결상광학계의 근축배율을 β1, 상기 제 2결상광학계의 근축배율을 β2, 상기 투영광학계의 상기 제 1물체쪽의 개구수를 NAo라 한 때, 3.5 < | β1 · β2 | /NAo < 20을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 25.
제 23항 또는 제 24항에 있어서, 4.0 < | β1 · β2 | /NAo < 10을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 26.
제 1항, 제 2항, 제 3항, 제 11항 및 제 24항중 어느 한 항에 있어서,

상기 투영광학계의 상기 제 2물체쪽의 개구수를 NA라 할 때, 1.1 < NA < 1.6을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 27.
제 26항에 있어서, 1.2 < NA < 1.5를 만족하는 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 28.
제 1항, 제 2항, 제 3항, 제 11항 및 제 24항중 어느 한 항에 있어서, 상기 투영광학계는 액침(液浸) 광학계인 것을 특징으로 하는 투영광학계.

청구항 29.
광원으로부터의 광을 이용해서 제 1물체를 조명하는 조명광학계와;

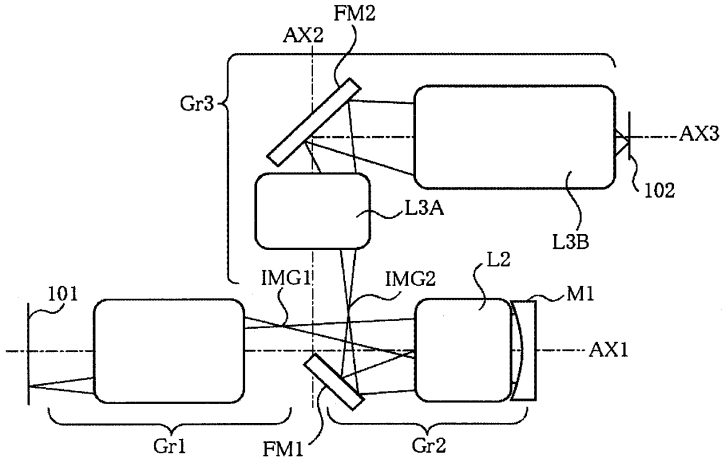
상기 제 1물체의 상을 제 2물체상에 투영하는 제 1항 내지 제 3항, 제 11항 및 제 24항중 어느 한 항에 의한 투영광학계를 구비한 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 30.
제 29항에 기재된 노광장치를 이용해서 제 2물체를 노광하는 공정과;

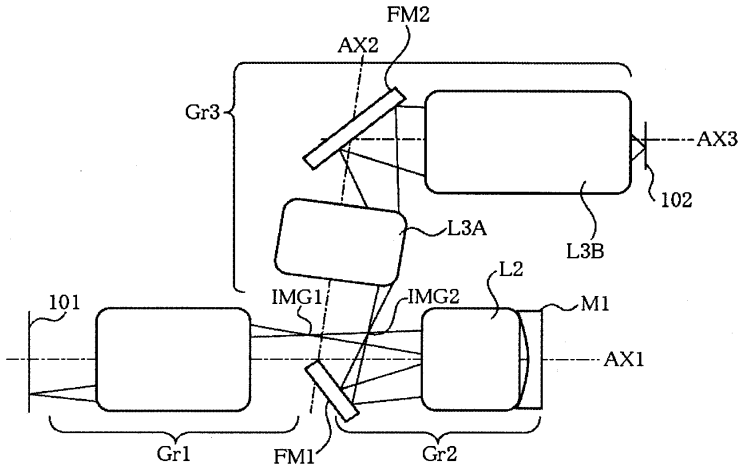
상기 노광된 제 2물체를 현상하는 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

도면

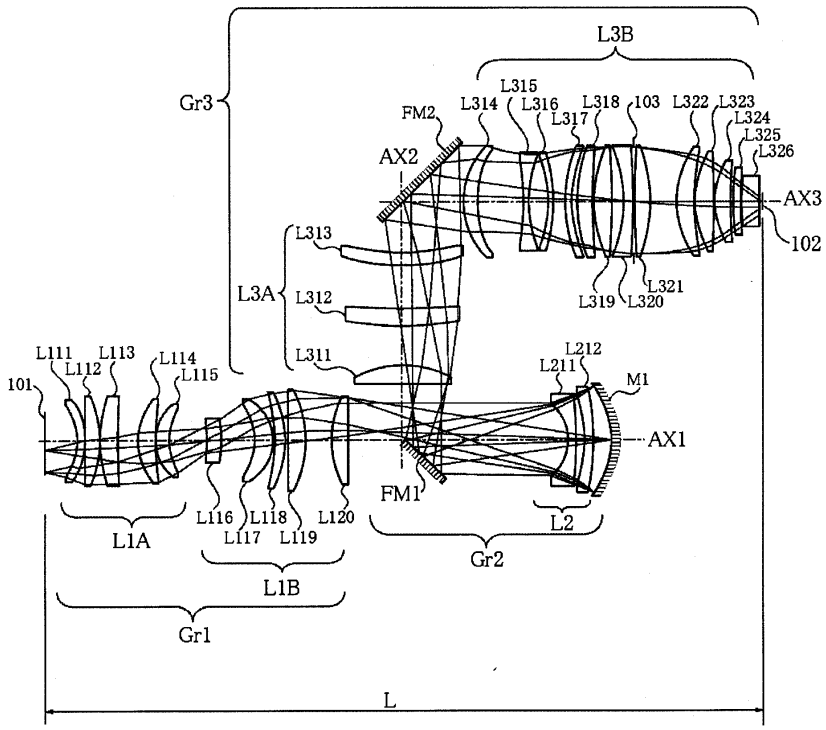
도면1


FM2
AX2
Gr3
AX3
102
L3A
L3B
L2
IMG1
IMG2
M1
101
AX1
Gr1
FM1
Gr2

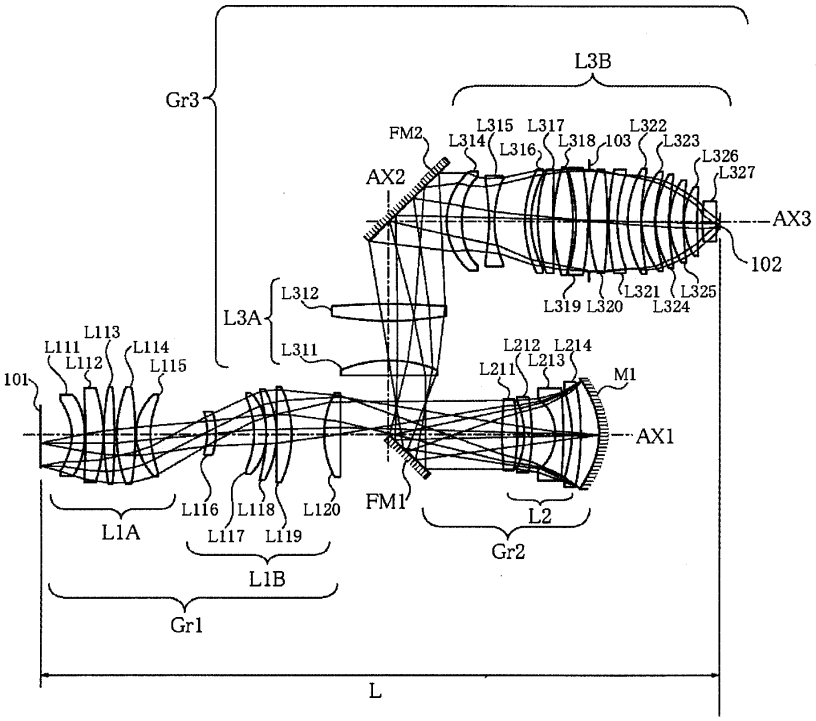
도면2


FM2
AX2
Gr3
AX3
102
L3A
L3B
L2
IMG1
IMG2
M1
101
AX1
Gr1
FM1
Gr2

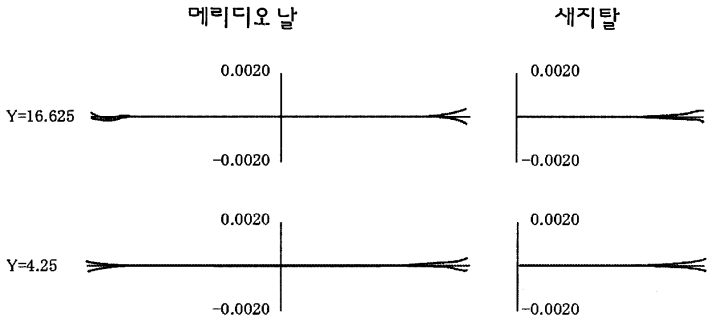
도면3


L3B
Gr3
L315
L314
L316
L318
103
L322
L323
L324
L325
L326
FM2
L317
AX2
AX3
102
L313
L3A
L312
L319
L320
L321
L111
L113
L114
L112
L115
L311
L212
L211
M1
101
AX1
FM1
L116
L118
L120
L117
L119
L1A
L2
Gr2
L1B
Gr1
L

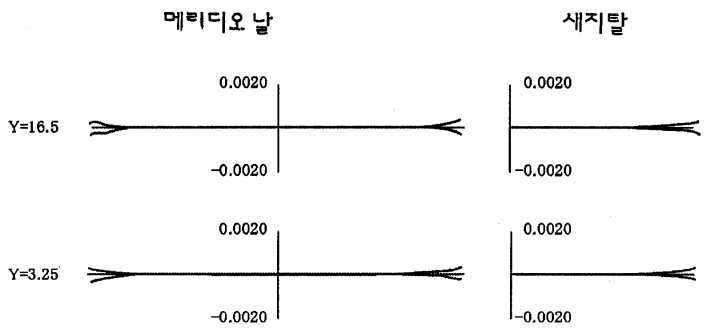
도면4


Gr3
L3B
FM2
L315
L317
L322
L314
L316
L318
103
L323
L326
L327
AX2
AX3
102
L312
L3A
L311
L319
L320
L321
L324
L325
L113
L111
L114
L112
L115
101
L212
L214
L211
L213
M1
AX1
L116
L118
L120
FM1
L2
L1A
L117
L119
Gr2
L1B
Gr1
L

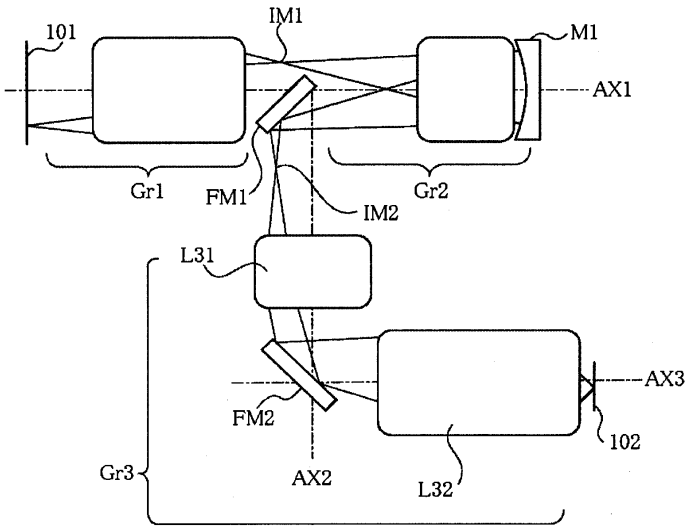
도면5


메리디오 날
새지탈
0.0020
Y=16.625
-0.0020
0.0020
-0.0020
0.0020
Y=4.25
-0.0020
0.0020
-0.0020

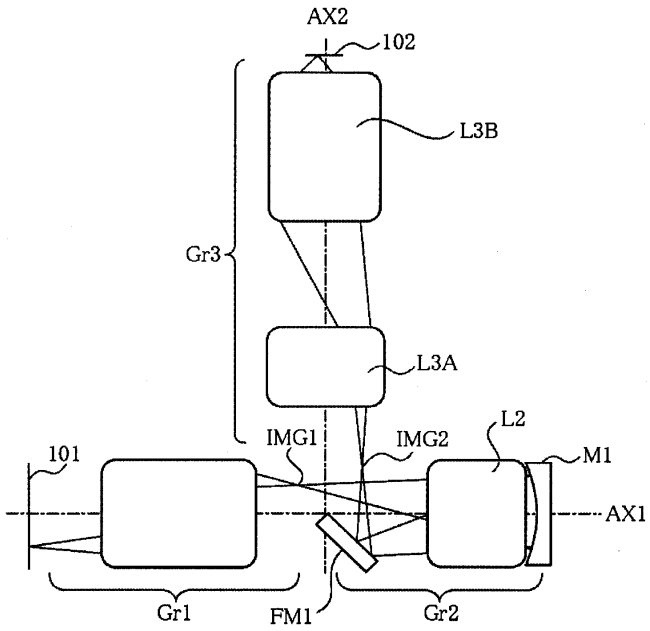
도면6


메리디오 날
새지탈
0.0020
Y=16.5
-0.0020
0.0020
-0.0020
0.0020
Y=3.25
-0.0020
0.0020
-0.0020

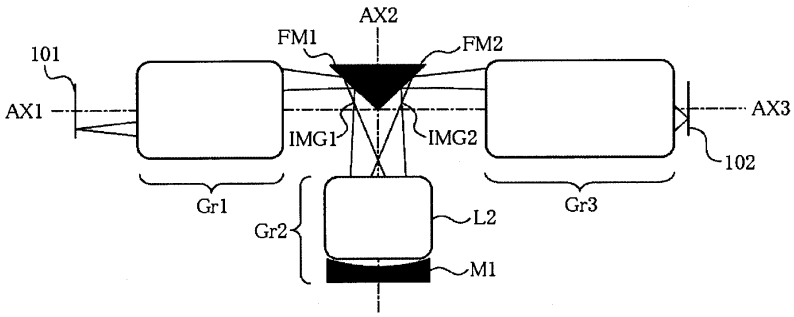
도면7


101
IM1
M1
AX1
Gr1
FM1
IM2
Gr2
L31
AX3
FM2
102
Gr3
AX2
L32

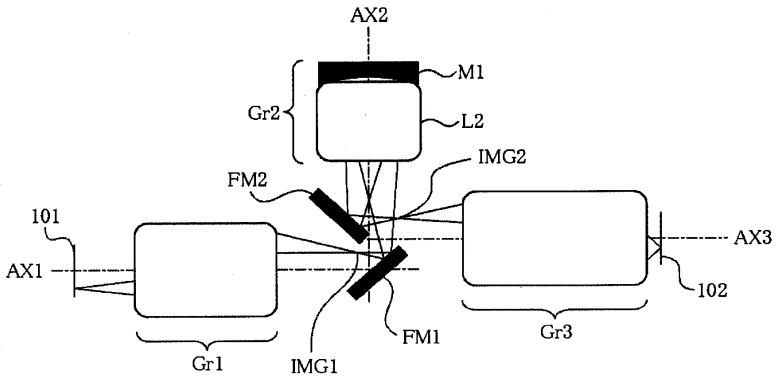
도면8


AX2
102
L3B
Gr3
L3A
L2
IMG1
IMG2
101
M1
AX1
Gr1
FM1
Gr2

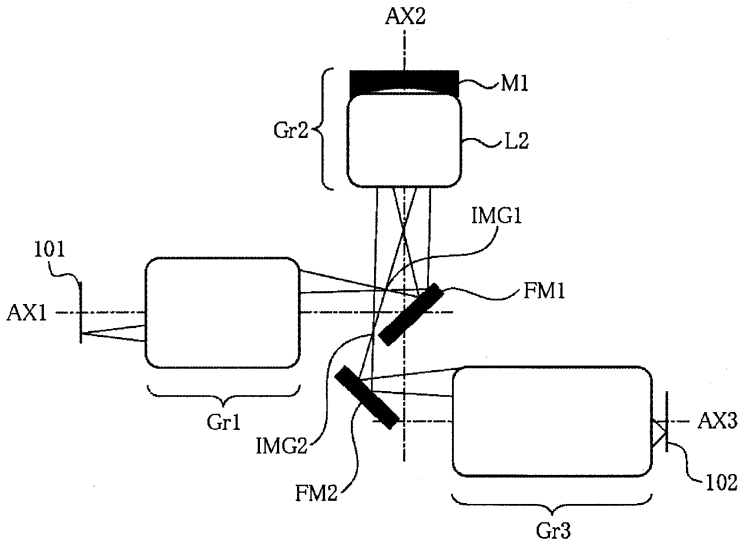
도면9


AX2
FM1
FM2
101
AX1
AX3
IMG1
IMG2
102
Gr1
Gr3
Gr2
L2
M1

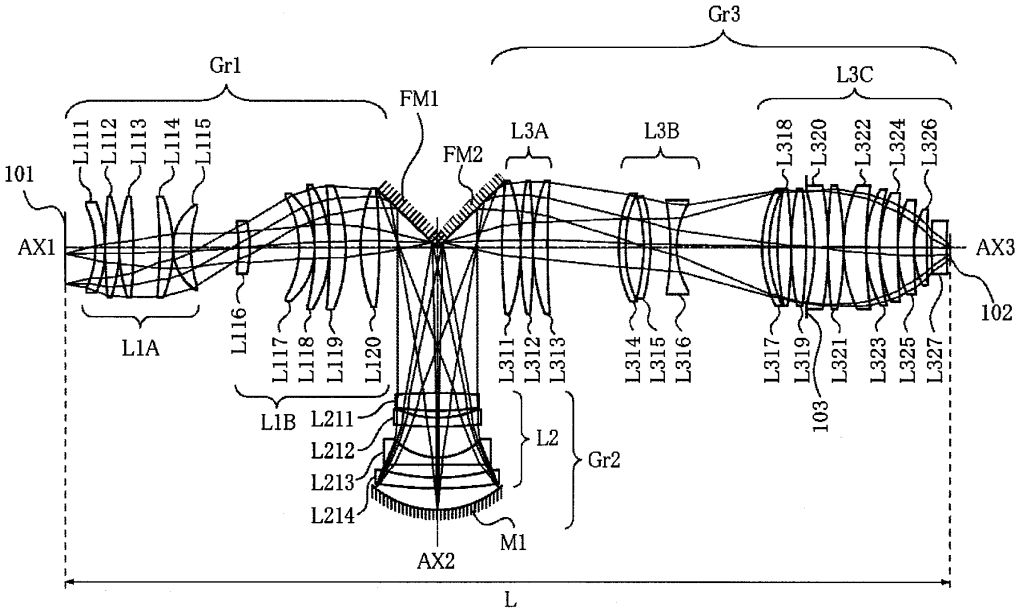
도면10



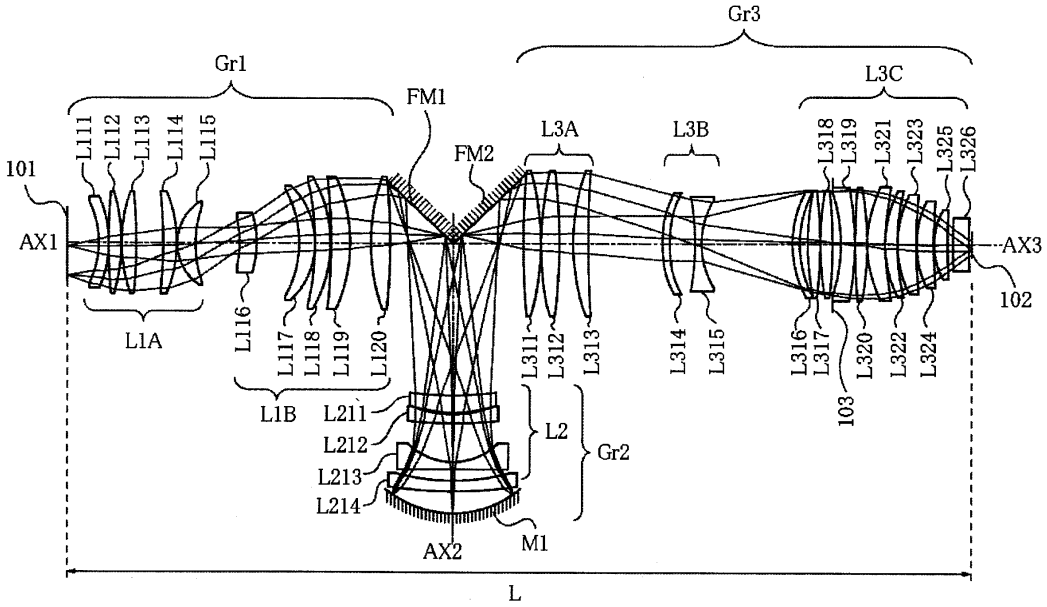
도면11



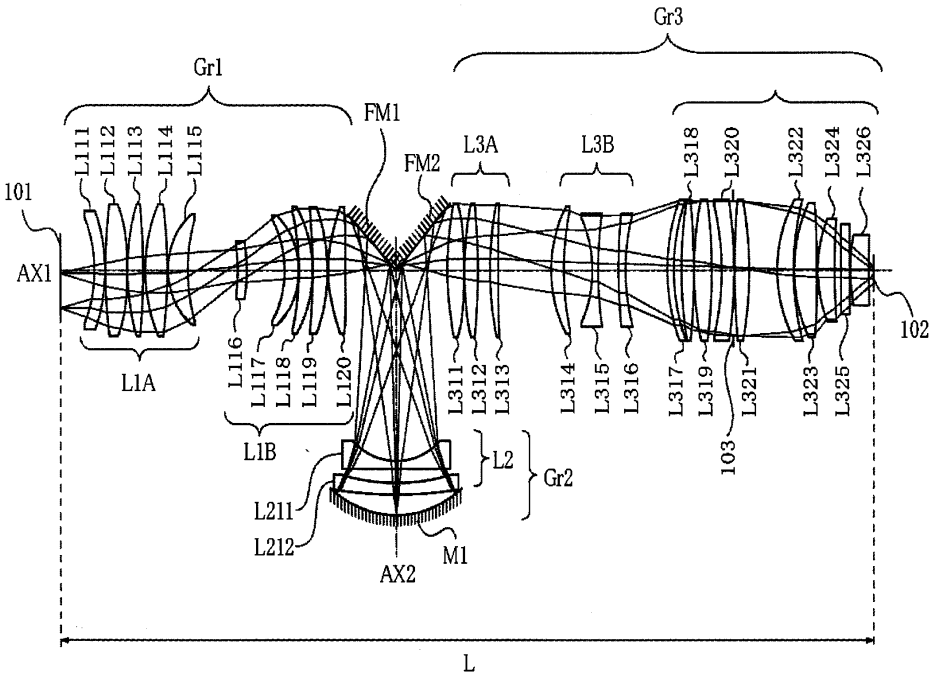
도면12



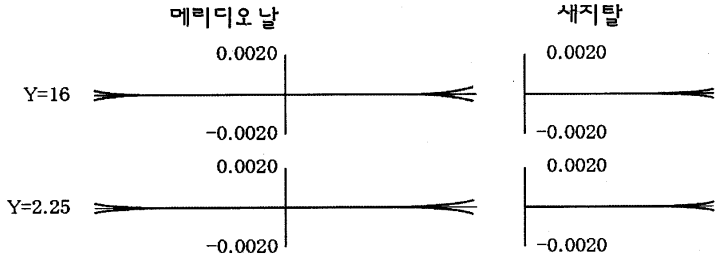
도면13



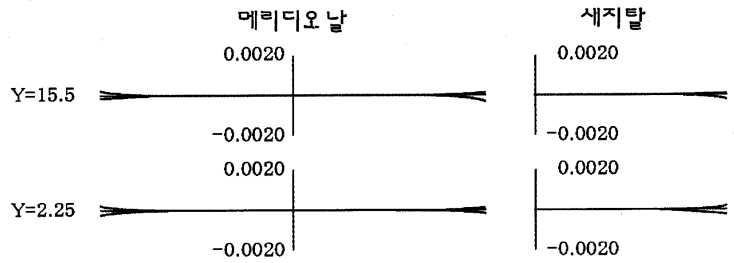
도면14



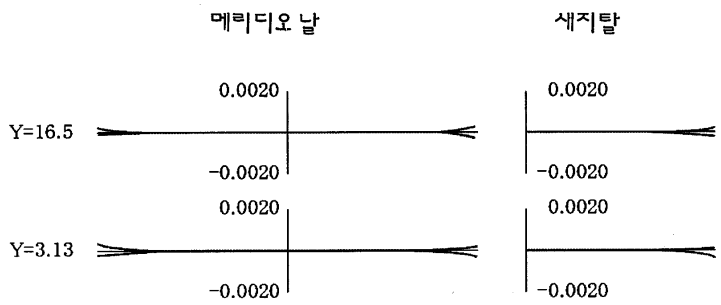
도면15



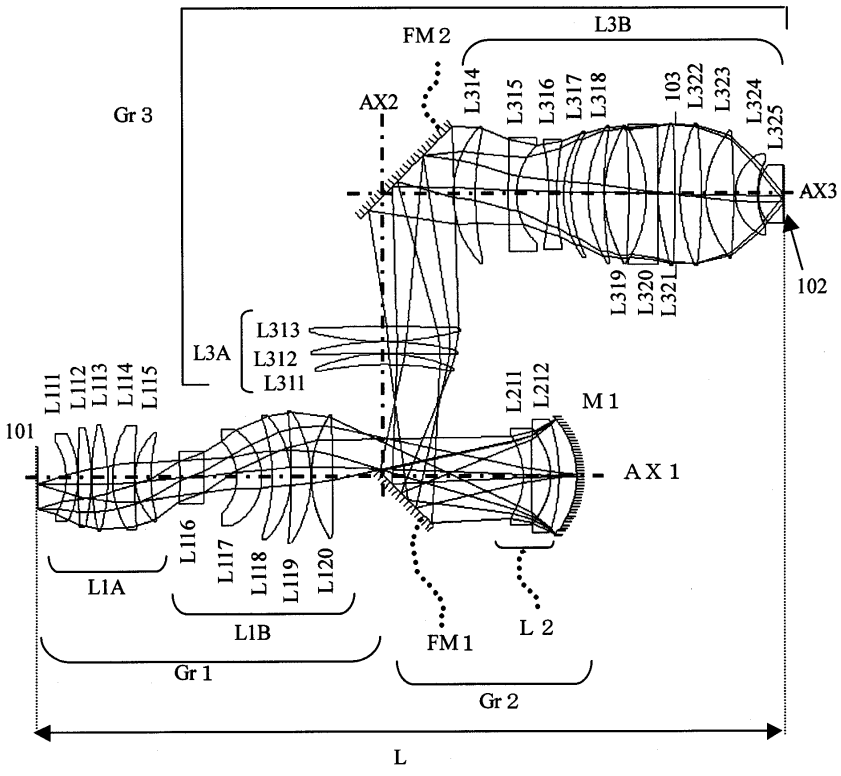
도면16



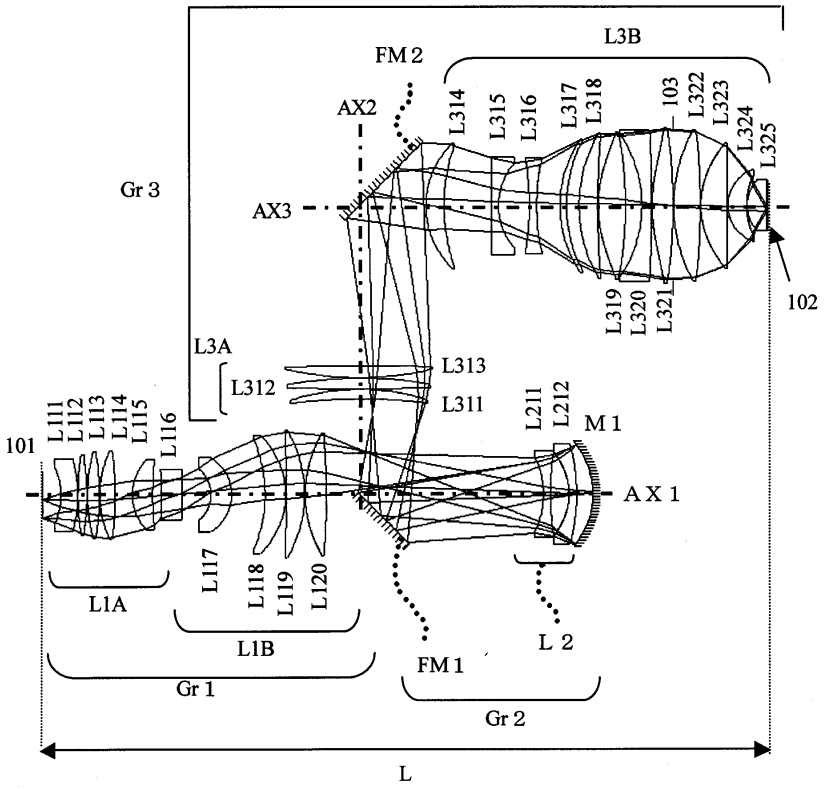
도면17



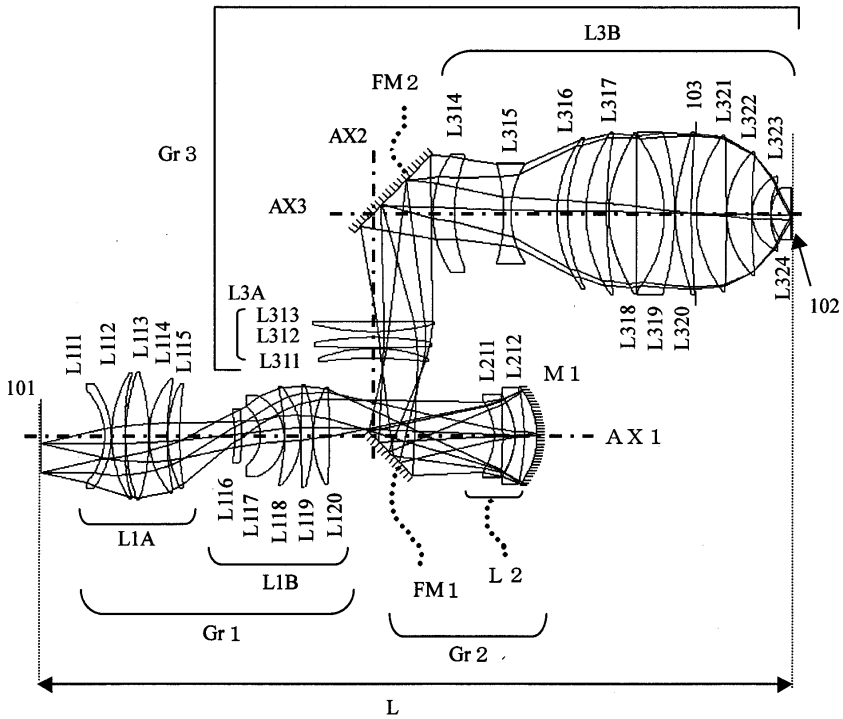
도면18



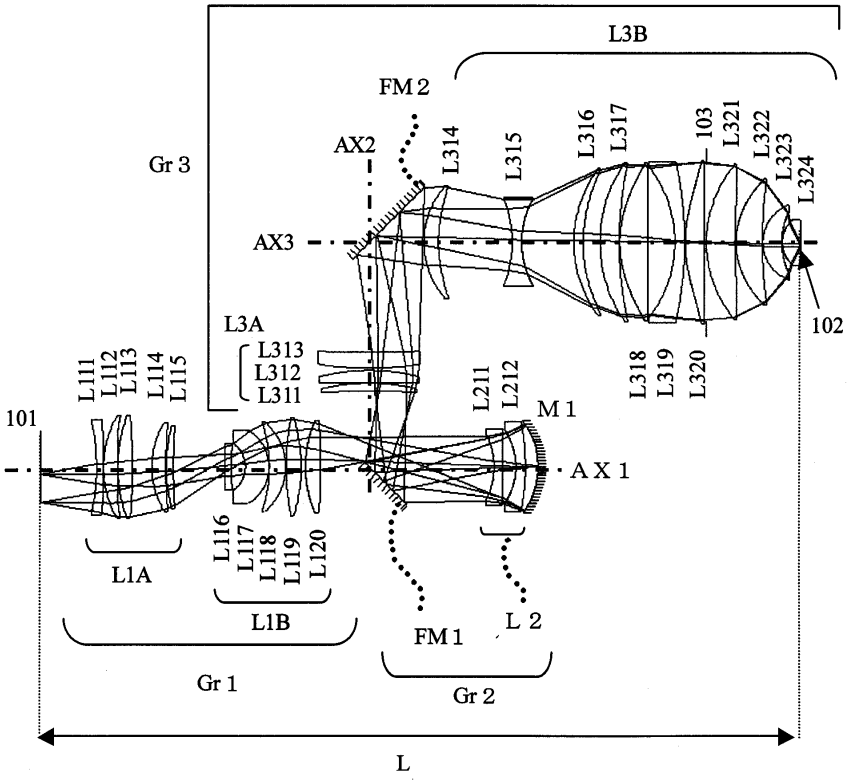
도면19


L3B
FM 2
AX2
Gr 3
AX3
L314
L315
L316
L317
L318
103
L322
L323
L324
L325
102
L319
L320
L321
L3A
L312
L313
L311
L211
L212
M 1
101
L111
L112
L113
L114
L115
L116
A X 1
L117
L118
L119
L120
L1A
L1B
L 2
FM 1
Gr 1
Gr 2
L

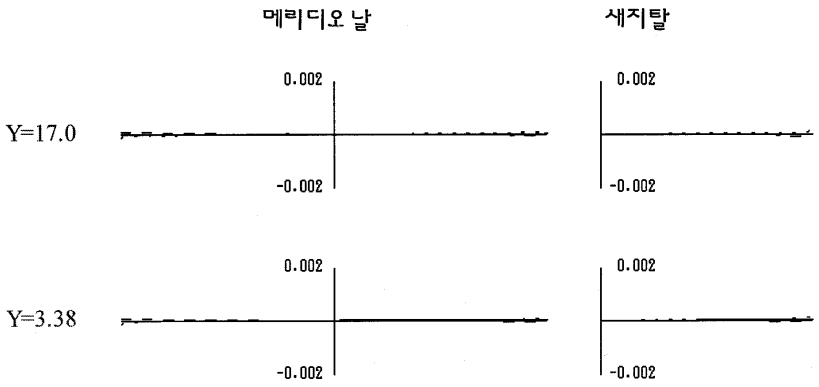
도면20


L3B
FM 2
AX2
Gr 3
AX3
L314
L315
L316
L317
103
L321
L322
L323
L324
102
L318
L319
L320
L3A
L313
L312
L311
L211
L212
M 1
101
L111
L112
L113
L114
L115
A X 1
L116
L117
L118
L119
L120
L1A
L1B
L 2
FM 1
Gr 1
Gr 2
L

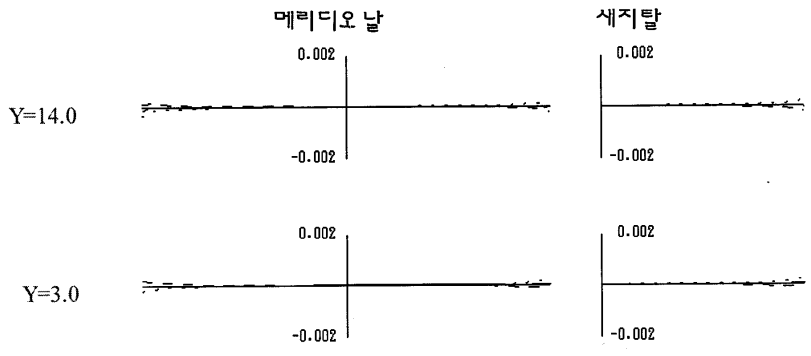
도면21



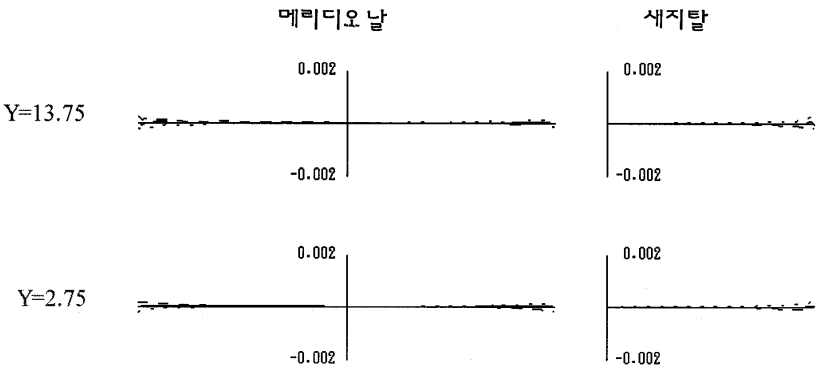
도면22



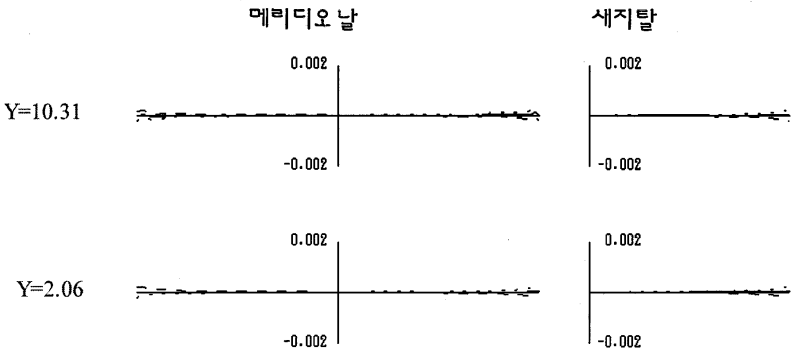
도면23



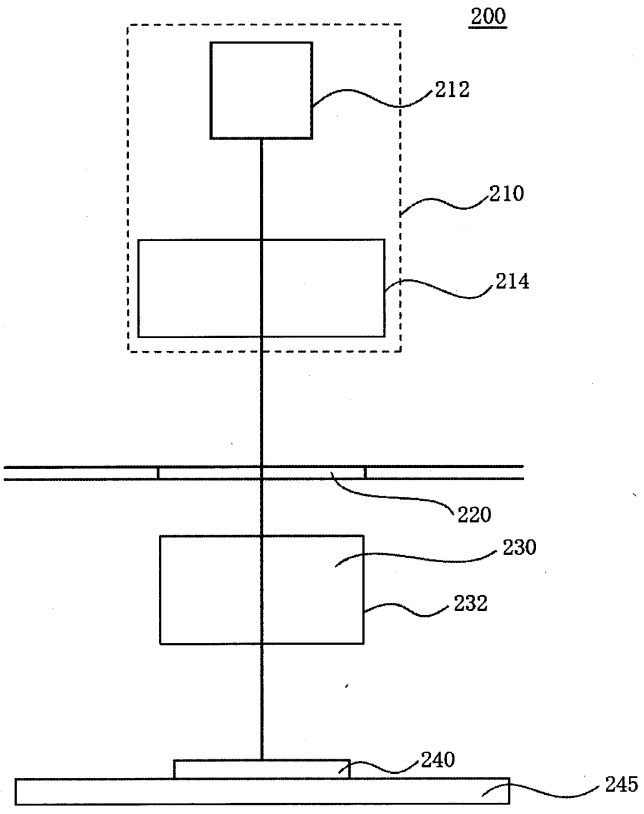
도면24



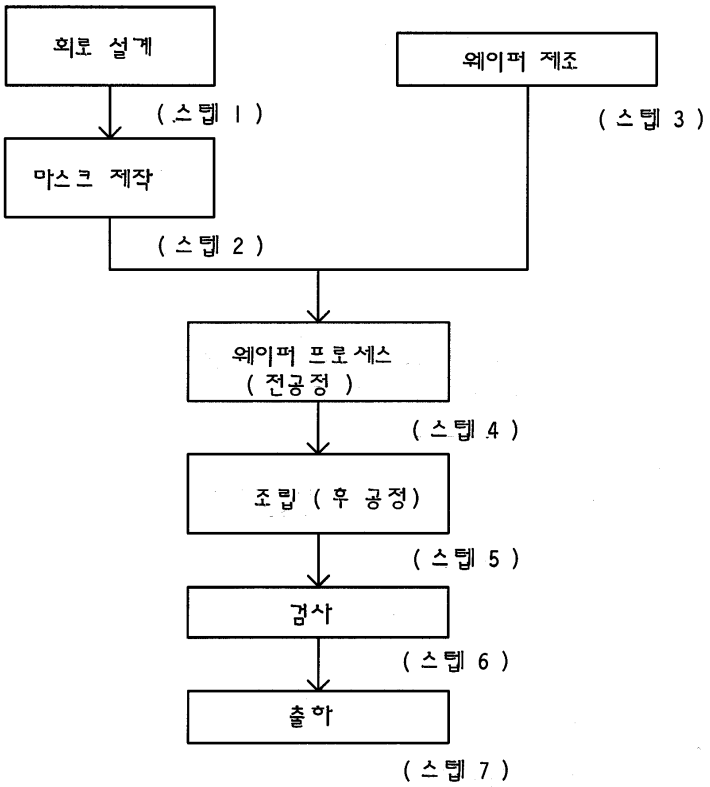
도면25



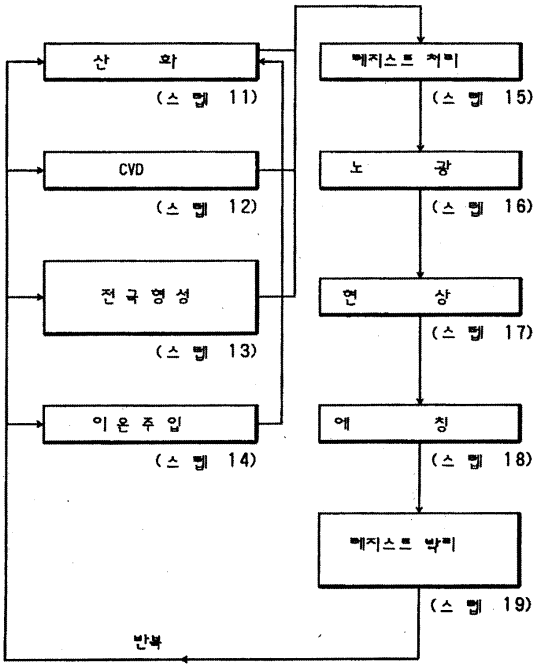
도면26



도면27


회로 설계
웨이퍼 제조
(스텝 1)
(스텝 3)
마스크 제작
(스텝 2)
웨이퍼 프로세스
(전공정)
(스텝 4)
조립 (후 공정)
(스텝 5)
검사
(스텝 6)
출하
(스텝 7)

도면28


산 화
(스 텝 11)
CVD
(스 텝 12)
전극형성
(스 텝 13)
이온주입
(스 텝 14)
레지스트 처리
(스 텝 15)
노 광
(스 텝 16)
현 상
(스 텝 17)
에 칭
(스 텝 18)
레지스트 박리
(스 텝 19)
반복