(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
G03F 7/20

(45) 공고일자 2004년06월14일
(11) 등록번호 10-0385813
(24) 등록일자 2003년05월19일

(21) 출원번호 10-1996-0000847
(22) 출원일자 1996년01월17일

(65) 공개번호 10-1996-0029907
(43) 공개일자 1996년08월17일

(30) 우선권주장 005835/95 1995년01월18일 일본(JP)
136779/95 1995년06월02일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시키가이샤 니콘
일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 3쵸메 2방 3고

(72) 발명자 쿠마자와 마사토
일본국 카나가와-켄 카와사키-시 타카추-쿠 신사쿠5-쵸메9-1-에이 102

(74) 대리인 이정훈

심사관 : 김현숙

(54) 노광장치

요약

본 발명의 목적은 노광 영역이 큰 경우라도, 생산량을 저하시키지 않고, 각각 충분한 작업 거리를 확보하고 양호한 결상 성능을 가질 수 있는 복수의 조밀한 투영 광학계를 사용함으로써 만족스러운 광학 성능을 갖는 투영 광학계 성능을 가질 수 있는 고성능 고밀도 노광 장치를 제공하는 데에 있다. 마스크 및 플레이트를 이동시키면서 마스크의 영상을 플레이트로 투영 및 노광시키는 본 발명의 노광 장치는 각각 실제-크기 및 양측 텔레센트릭하고 마스크 상의 직립상을 플레이트 위에 형성시키는 제 1 투영 광학계 및 제 2 투영 광학계를 갖는다. 제 1 또는 제 2 투영 광학계는 정의 굴절력을 갖는 굴절 광학계 및 굴절 광학계로부터 굴절 광학계로 향하는 광속을 반사시키는 오목 반사 거울을 갖는다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

제 1 도는 본 발명의 실시예에 따르는 투영 광화계의 배열을 도시한 도면.
제 2A, 2B 및 2C 도는 투영 광학계의 노광 영역과 필드 스톱사이의 관계를 도시한 도면.
제 3 도는 본 발명에 따르는 노광 장치를 개략적으로 도시한 도면.
제 4 도는 제 1 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 5A, 5B 및 5C 도는 제 4 도에 도시 한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 6 도는 디손 광확계로서 구성된 투영 광화계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 7 도는 제 2 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 8A, 8B 및 8C 도는 제 7 도에 도시한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.

제 9 도는 제 3 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 10A, 10B 및 10C 도는 제 9 도에 도시한 투영 광확계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 11 도는 제 4 실시예에 따르는 투영 광화계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 12A, 12B 및 12C 도는 제 11 도에 도시한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 13 도는 제 5 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 14A, 14B 및 14C 도는 제 13 도에 도시한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 15 도는 제 6 실시예에 따르는 투영 광화계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 16A, 16B 및 16C 도는 제 15 도에 도시한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 17 도는 제 7 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 18A, 18B 및 18C 도는 제 17 도에 도시한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 19 도는 제 8 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 20A, 20B 및 20C 도는 제 19 도에 도시한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 21 도는 제 9 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 22A, 22B 및 22C 도는 제 21 도에 도시한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.
제 23 도는 제 10 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 24 도는 제 10 실시예에 따르는 투영 광학계의 렌즈 배열을 도시한 도면.
제 25A 및 25B 도는 제 10 실시예에서 프리즘 부재의 변형도.
제 26A, 26B 및 26C 도는 제 24 도에 도시 한 투영 광학계의 다양한 수차를 도시한 도면.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 제 1 물체 (예를 들어, 마스크 또는 레티클) 및 제 2 물체 (예를 들어, 기판)를 이동시키면서 노광 작동을 수행하는 주사 노광 장치에 관한 것이다.
최근 워드 프로세서, 퍼스널 컴퓨터, TV 등의 표시 소자로서 액정 표시 패널이 많이 사용되기에 이르렀다.
이러한 액정 표시 패널은 유리 기판상에 투명 박막 전극을 포토리소그래피 수법으로 원하는 형상으로 패터닝하여 만들어진다.
리소그래피를 위한 장치로서는, 예를 들어 거울 투영형 정렬 장치가 알려져 있다.
최근 들어 대형 액정 디스플레이 패널이 요구되고 있고, 이러한 정렬 장치에 대해 노광 영역의 증가가 필요하게 되었다.
본 발명의 목적은 노광 영역이 큰 경우라도, 생산량을 저하시키지 않고, 각각 충분한 작업 거리를 확보하고 양호한 결상성능을 가질 수 있는 복수의 조밀한 투영 광학계를 사용함으로써 만족스러운 광학 성능을 갖는 투영 광학계 성능을 가질 수 있는 고성능 고밀도 노광 장치를 제공하는 데에 있다.
상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따르면 제 1 도에 도시된 바와 같이, 제 1 물체와 제 2 물체를 이동시키면서 상기 제 1 물체의 상을 상기 제 2 물체에 투영 및 전이하는 노광 장치에 있어서, 제 1 물체의 정의 실제-크기 정립상을 제 2 물체위에 형성시키는 제 1 및 제 2 의 양측 텔레센트릭한 투영 광학계로 이루어지고, 이 제 1 및 제 2 투영 광학계 각각이 제 1 물체상으로부터의 광속을 1 차 영상을 형성하도록 집광시키는 제 1 결상 광학계, 및 1 차 영상으로부터의 광속을 2 차 영상을 형성하도록 집광시키는 제 2 결상 광학계로 이루어지며, 제 1 결상 광학계가 정의 굴절력을 갖는 제 1 정의 렌즈 그룹, 부의 굴절력을 갖는 제 1 부의 렌즈 그룹, 및 제 1 오목 반사 거울로 이루어지고, 제 1 물체로부터의 광속이 제 1 정의 렌즈 그룹 및 제 1 부의 렌즈 그룹을 통과하여 제 1 오목 거울에 의해 반사되어 제 1 부의 렌즈 그룹 및 제 1 정의 렌즈 그룹을 다시 통과함으로써 1 차 영상을 형성하며, 제 2 결상 광학계는 정의 굴절력을 갖는 제 2 정의 렌즈 그룹, 부의 굴절력을 갖는 제 2 부의 렌즈 그룹, 및 제 2 오목 반사 거울로 이루어지고, 제 1 물체로부터의 광속이 제 2 정의 렌즈 그룹 및 제 2 부의 렌즈 그룹을 통과하여 제 2 오목 거울에 의해 반사되어 제 2 부의 렌즈 그룹 및 제 2 정의 렌즈 그룹을 다시 통과함으로써 2 차 영상을 형성함을 특징으로 하는 노광 장치를 제공한다.
제 1 정의 렌즈 그룹(및/또는 제 2 정의 렌즈 그룹)의 촛점 길이를 f_{GP}, 제 1 부의 렌즈 그룹(및/또는 제 2 부의 렌즈 그룹)의 촛점 길이를 f_{GN} 라 할때, 제 1 및/또는 제 2 결상 광학계는 다음의 관계 가 만족시키는 것이 바람직하다:

$$3 < |f_{GN}/f_{GP}|.$$

상기 배열에 기초하여, 제 1 부의 렌즈 그룹은 제 1 정의 렌즈 그룹 측을 향 하는 볼록면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈를 포함하는 것이 바람직하고, 제 2 부의 렌즈 그룹은 제 2 정의 렌즈 그룹 측을 향하는 볼록면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈를 포함하는 것이 바람직하다.
투영 광학계를 구성하는 제 1 및/또는 제 1 결상 광학계는 제 1 정의 렌즈 그룹측 (및/또는 제 2 정의 렌즈 그룹측)을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈를 포함하는 것이 바람직하다.
제 1 정의 렌즈 그룹측 (및/또는 제 2 정의 렌즈 그룹측) 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{1N}

, 제 1 오목 반사 거울측 (및/또는 제 2 오목 반사 거울측) 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{2N}, 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울까지의 광축상 거리 (및/또는 제 1 오목 반사 거울측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 2 오목 반사 거울까지의 광축상 거리)를 L_{NM} 이라 할 때, 다음 관계를 만족시키는 것이 바람직하다:

$$-30 < q < -3$$

$$-4 < L_{NM}/TL < 0.2$$

상기 식에서, $q = (r_{2N} + r_{1N})/(r_{2N} - r_{1N})$.

제 1 정의 렌즈 그룹의 제 1 오목 반사 거울 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹의 제 1 오목 반사 거울 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리(및/또는 제 2 정의 렌즈 그룹의 제 2 오목 반사 거울 측에 해당하는 영상 측 주점으로부터 제 2 부의 렌즈 그룹의 제 2 오목 반사 거울 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리)를 L_{GP-GN}, 및 물체 표면 0 으로부터 제 1 오목 반사 거울(및/또는 제 2 오목 반사 거울)까지의 광축상의 거리(전체 길이)를 TL 이라 할때, 투영 광학계를 구성하는 제 1 및/또는 제 2 결상 광학계는 다음 관계를 만족시키는 것이 바람직하다:

$$0.35 < L_{GP-GN}/TL.$$

제 1 정의 렌즈 그룹(및/또는 제2 정의 렌즈 그룹)의 촛점 길이를 f_{GP}, 물체 표면 0 으로부터 제 1 오목 반사 거울(및/또는 제 2 오목 반사 거울)까지의 광축상 거리를 TL, 및 제 1 오목 반사 거울(및/또는 제 2 오목 반사 거울)의 곡률 반경을 r_N 이라 할 때, 투영 광학계를 구성 하는 제 1 및/또는 제 2 결상 광학계는 다음 관계가 만족되는 것이 바람직하다:

$$0.95 < |r_M/TL| < 1.08$$

$$0.3 < f_{GP}/TL < 1.0.$$

제 1 부의 렌즈 그룹은 제 1 정의 렌즈 그룹으로부터 차례로 제 1 정의 렌즈 그룹 측을 향하는 오목 표면을 갖는 정의 렌즈 및 부의 메니스쿠스 렌즈를 가질 수 있으며, 제 2 부의 렌즈 그룹은 제 2 정의 렌즈 그룹으로부터 차례로 제 2 정의 렌즈 그룹 측을 향하는 오목 표면을 갖는 정의 렌즈 및 부의 메니스쿠스 렌즈를 가질 수 있다.

이 경우, 제 1 부의 렌즈 그룹에서 부의 메니스쿠스 렌즈는 제 1 오목 반사 거울에 결합되는 것이 바람직하며, 제 2 부의 렌즈 그룹에서 부의 메니스쿠스 렌즈는 제 2 오목 반사 거울에 결합되는 것이 바람직하다.

상기 배열에 의해, 제 1 물체 (예를 들어, 마스크 또는 레티클) 및 제 2 물체 (예를 들어, 기판)의 주사 노광은 높은 생산성을 확보하면서 넓은 범위에서 투영 광학계의 만족스러운 광화 성능을 수행할 수 있다.

특히, 본 발명에서는 제 1 또는 제 2 결상 광학계의 부의 렌즈 그룹이 정의 렌즈 그룹과 오목 반사 거울 사이의 광로에 배열되기 때문에, 충분한 작업 거리를 확보할 수 있다.

또, 본 발명에 따르면, 제 1 물체의 화상을 제 2 물체로 전이하는 포토리소그래피에 사용하기 위한 노광 장치에 있어서,

상기 제 1 물체와 상기 제 2 물체간에 배열되며, 상기 제 1 물체 위의 패턴의 화상을 상기 제 2 물체에 형성하기 위한, 오목 거울과, 제 1 렌즈 그룹과, 제 2 렌즈 그룹과, 제 1 공간과, 제 2 공간과, 제 1 거울과, 제 2 거울을 갖는 단위 배율 투영 광학계를 구비하고,

상기 제 1 렌즈 그룹은, 상기 제 1 물체와 상기 오목 거울간의 광로와, 상기 오목 거울과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되고,

상기 제 2 렌즈 그룹은, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 오목 거울간에 배열됨과 동시에, 상기 오목 거울쪽으로 향한 오목 렌즈면을 갖고 있으며,

상기 제 1 공간은, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹간에 배열되고,

상기 제 2 공간은, 상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 오목 거울간에 배열되며,

상기 제 1 거울은, 상기 제 1 물체와 상기 제 1 렌즈 그룹간의 광로에 배열되고,

상기 제 2 거울은, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되며,

상기 제 1 공간은 제 2 공간 보다 크고,

상기 투영 광학계는, 양측 텔레센트릭한 광학계이며,

상기 제 1 렌즈 그룹을 통한 상기 제 1 거울로부터의 광로는, 상기 제 1 렌즈 그룹을 통해 상기 제 2 거울로 역주행하는 광로와 실제적으로 평행인 노광 장치가 제공된다.

상기 투영 광학계는, 다른 오목 거울, 제 3 렌즈 그룹, 제 4 렌즈 그룹, 제 3 공간, 제 4 공간, 제 3 거울, 제 4 거울을 추가로 구비하며,

상기 다른 오목 거울은, 상기 제 2 거울과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되고,

상기 제 3 렌즈 그룹은, 상기 제 2 거울과 상기 다른 오목 거울간의 광로와, 상기 다른 오목 거울과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되며,

상기 제 4 렌즈 그룹은, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 다른 오목 거울간에 배열됨과 동시에, 상기 다른 오목 거울쪽으로 향한 다른 오목 렌즈면을 갖고,

상기 제 3 공간은, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 4 렌즈 그룹간에 배열되며,

상기 제 4 공간은, 상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 다른 오목 거울간에 배열되고,

상기 제 3 거울은, 상기 제 2 거울과 상기 제 3 렌즈 그룹간의 광로에 배열되며,

상기 제 4 거울은, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되고,

상기 제 3 공간은 상기 제 4 공간 보다 크다.
또한, 제 1 물체의 화상을 제 2 물체상에 전이 가능한 노광 장치에 있어서, 상기 제 2 물체 위의 제 1 노광 영역내에서 제 1 필드영역의 제 1 화상을 형성하기 위해, 상기 제 1 물체 위의 상기 제 1 필드영역으로부터 광을 수광하도록 배열되며, 제 1 카타디옵트릭(catadioptric) 광학계와 제 2 카타디옵트릭 광학계를 갖는 제 1 투영 광학계와,
상기 제 2 물체 위의 제 2 노광 영역내에서 제 2 필드영역의 제 2 화상을 형성하기 위해, 상기 제 1 물체 위의 상기 제 2 필드영역으로부터 광을 수광하도록 배열되며, 제 3 카타디옵트릭 광학계와 제 4 카타디옵트릭 광학계를 갖는 제 2 투영 광학계와,
상기 제 1 카타디옵트릭 광학계는, 제 1 오목 거울, 제 1 렌즈 그룹, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 1 오목 거울간에 배열된 제 2 렌즈 그룹, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹간의 제 1 공간, 상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 제 1 오목 거울간의 제 2 공간을 포함하며,
상기 제 2 카타디옵트릭 광학계는, 제 2 오목 거울, 제 3 렌즈 그룹, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 2 오목 거울간에 배열된 제 4 렌즈 그룹, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 4 렌즈 그룹간의 제 3 공간, 상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 제 2 오목 거울간의 제 4 공간을 포함하고,
상기 제 3 카타디옵트릭 광학계는, 제 3 오목 거울, 제 5 렌즈 그룹, 상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 제 3 오목 거울간에 배열된 제 6 렌즈 그룹, 상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 제 6 렌즈 그룹간의 제 5 공간, 상기 제 6 렌즈 그룹과 상기 제 3 오목 거울간의 제 6 공간을 포함하며,
상기 제 4 카타디옵트릭 광학계는, 제 4 오목 거울, 제 7 렌즈 그룹, 상기 제 7 렌즈 그룹과 상기 제 4 오목 거울간에 배열된 제 8 렌즈 그룹, 상기 제 7 렌즈 그룹과 상기 제 8 렌즈 그룹간의 제 7 공간, 상기 제 8 렌즈 그룹과 상기 제 4 오목 거울간의 제 8 공간을 포함하고,
상기 제 1 카타디옵트릭 광학계는, 제 1필드영역으로부터의 상기 광이, 제 1 렌즈 그룹, 제 1 공간, 제 2 렌즈 그룹, 제 2 공간을 통과하고, 상기 제 1 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 2 공간, 제 2 렌즈 그룹, 제 1 공간, 제 1 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,
상기 제 2 카타디옵트릭 광학계는, 상기 제 1 카타디옵트릭 광학계로부터의 광이, 상기 제 3 렌즈 그룹, 제 3 공간, 제 4 렌즈 그룹, 및 제 4 공간을 통과하고, 상기 제 2 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 4 공간, 제 4 렌즈 그룹, 제 3 공간, 및 제 3 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되고,
상기 제 3 카타디옵트릭 광학계는, 제 2 필드영역으로부터의 상기 광이, 제 5 렌즈 그룹, 제 5 공간, 제 6 렌즈 그룹, 및 제 6 공간을 통과하고, 상기 제 3 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 6 공간, 제 6 렌즈 그룹, 제 5 공간과, 제 5 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,
상기 제 4 카타디옵트릭 광학계는, 제 3 카타디옵트릭 광학계로부터의 광이, 제 7 렌즈 그룹, 제 7 공간, 제 8 렌즈 그룹, 제 8 공간을 통과하고, 상기 제 4 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 8 공간, 제 8 렌즈 그룹, 제 7 공간, 제 7 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,
상기 제 2 렌즈 그룹은, 상기 제 1 오목 거울쪽으로 향한 제 1 오목 렌즈면을 갖고,
상기 제 4 렌즈 그룹은, 상기 제 2 오목 거울쪽으로 향한 제 2 오목 렌즈면을 갖고 있으며,
상기 제 6 렌즈 그룹은, 상기 제 3 오목 거울쪽으로 향한 제 3 오목 렌즈면을 갖고,
상기 제 8 렌즈 그룹은, 상기 제 4 오목 거울쪽으로 향한 제 4 오목 렌즈면을 갖고 있으며,
상기 제 1 공간은 상기 제 2 공간 보다 크고,
상기 제 3 공간은 상기 제 4 공간 보다 크며,
상기 제 5 공간은 상기 제 6 공간 보다 크고,
상기 제 7 공간은 상기 제 8 공간 보다 큰 노광 장치가 제공된다.
또한, 본 발명에 따르면, 제 1 물체의 상을 제 2 물체에 투영하기 위한 투영 광학계에 있어서, 제 1 정의 렌즈 그룹과, 오목한 렌즈면의 렌즈를 갖는 제 2 렌즈 그룹과, 오목 거울을 구비하고,
상기 제 1, 제 2 렌즈 그룹과 상기 오목 거울은, 제 1 물체로부터의 광이, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹을 통과하고, 상기 오목 거울에 의해 반사된 광이, 상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 제 1 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,
상기 제 2 렌즈 그룹의 상기 렌즈의 상기 오목 렌즈면이 상기 오목 거울을 향하도록 구성된 것을 특징으로 하는 투영 광학계가 제공된다.
본 발명은 아래에 설명될 상세한 설명과 첨부 도면에 의해 더욱 잘 이해될 것이고 하기의 설명은 단지 예로서 나타낸 것으로 본 발명은 그것에 제한되지 않는다.
본 발명의 추가의 적용 범주는 하기 상세한 설명에 의해 명백하게 될 것이다.
하지만 상세한 설명과 특정예는 본 발명의 바람직한 실시예로서 단지 예로서 나타내었고 본 발명이 속하는 기본 정신과 범주를 벗어나지 않는다면 상세한 설명으로부터 당업자가 용이하게 이해할 수 있다.
상기 정렬 장치형 투영 노광 장치에서, 노광 영역은 작은 노광 영역을 결합시킴으로써 증가시킨다.
이 경우, 큰 노광 영역을 얻기 위해서는, 노광 작동을 여러번 수행해야 하며, 결과적으로 생산량(단위 시간당 노광되는 기판의 수)의 감소를 가져온다.
인접 노광 영역 사이의 결합 정확도가 증가해야 하기 때문에, 투영 광화계에서 배율 오차 또는 왜곡도 0 이 되어야 한다.
또한, 정렬 정확도가 크게 증가해야 하므로, 장치의 가격이 증가된다.
노광 영역을 증가시키는 기술로는 큰 노광 영역의 단발 노광을 수행하기 위해 큰 투영 광학계를 형성시키는 기술을 사용할 수 있다.

그러나, 이 경우 투영 광학계를 구성하는 큰 광학 소자를 정확하게 제조하여야 한다.
이는 노광 장치의 크기의 증가 및 제조가의 상승을 유발할 수 있다.
투영 광학계가 커질 경우에는, 광학 수차도 따라서 증가할 수 있다.
실제-크기 투영 광학계 (1 의 배율을 갖는)를 통해 기판으로 광리소그래피에 의해 마스크 상에 형성된 패턴의 주사 노광을 수행하는 노광 장치의 투영 광학계로서 디손 광학계를 사용하는 투영 광학계에 대해서는 예를 들어, 국제 특허출원 공개 제 57-502067 호에 기재되어 있다.
그러나, 국제 특허출원 공개 제 57-502067 호에 기재된 디손 광학계는 물체(또는 영상) 위치로부터 광학계까지지의 거리, 즉 소위 작동 거리가 충분히 확보되기 어려울 수 있다.
이러한 이유로, 마스크 및 기판에 의해 정확한 각도가 형성되어, 마스크 및 기판은 서로 거의 평행하게 설정될 수 없고, 결과적으로 주사 영역에 중요한 한계를 가져온다.
또한, 마스크 및 기판을 고정시키는 스테이지의 배열도 크게 제한된다.
또한, 투영 광학계의 광학 성능을 조절하는 부재를 작업 거리 안의 공간에 거의 삽입시킬 수 없게 된다.
본 발명에 따르는 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 이하 설명한다.
제 1 도는 본 발명에 따르는 노광 장치의 투영 광학계를 개략적으로 도시하는 도면이다.
제 1 도에서 표면에 형성된 소정 회로 패턴을 갖는 마스크(10) 및 내광성 물질로 도포된 유리 기판으로서의 플레이트(20)가 각각 반송되는 방향을 X-축으로 하고, 마스크(10)의 평면 내에 있어서 X-축과 직교하는 방향을 Y-축, 마스크(10)의 법선 방향을 Z-축으로 한다.
제 1 도는 제 1 투영 광학계(35a) 만을 도시한다.
제 1 도에 있어서, 제 1 투영 광학계(35a)는 마스크(10) 위에서 회로 패턴의 1 차 영상을 형성시키는 제 1 결상 광학계 K_1, 1 차 영상으로부터의 광속에 기초하여 플레이트(30)상으로 회로 패턴의 직립상(2 차 영상)을 형성시키는 제 2 결상 광학계 K_2 를 갖는다.
제 1 결상 광학계 K_1 는 마스크(10)의 평면 (X-Y 평면)에 대해 45° 로 경사진 반사 표면 P_{1a} 및 P_{1b} 을 갖는 직사각형 프리즘 P_1 (제 1 반사 부재), 제 1 정의 렌즈 G_{1P} 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S_1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 을 갖는다.
제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 은 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1}, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 더 큰 곡률을 갖는 표면의 정의 렌즈 L_{1P2}, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3}, 및 양볼록 정의 렌즈 L_{1P1} 로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N4} 만으로 이루어진다.
제 2 결상 광학계 K_2 의 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 와 동일하다.
보다 상세하게는, 제 2 결상 광학계 K_2 는 플레이트(30)의 평면 (X-Y 평면)에 대해 45° 로 경사진 반사 표면 P_{2a} 및 P_{2b} 를 갖는 직사각형 프리즘 P_2 (제 2 반사 부재), 제 2 정의 렌즈 G_{2P} 및 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N} 으로 구성된 제 2 굴절 광학계 S_2, 및 제 2 오목 반사 거울 M_2 을 갖는다.
제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 에서와 같이, 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 은 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P1}, 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 더 큰 곡률을 갖는 표면의 정의 렌즈 L_{2P2}, 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P3}, 및 양볼록 정의 렌즈 L_{2P4} 로 이루어진다.
제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N} 은 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2N1} 만으로 이루어진다.
플레이트(30) 상의 투영 영역을 정하는 필드 스톱 FS 은 회로 패턴의 1 차 영상이 제 1 결상 광학계 K_1 에 의해 형성되는 위치에 제공된다.
마스크(10) 상에서 회로 패턴은 조명 광학계(40)로부터 거의 균일한 조명의 조명 광속(노광 광속)으로 조명된다.
회로 패턴을 통과한 광속은 제 1 도에서 -Z 방향을 따라서 전파되어, 직사각형 프리즘 P_1 의 반사 표면 P_{1a} 에 의해 90° 로 편향되어 제 1 도의 +X 방향을 따라서 전파되어, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (L_{1P1} 내지 L_{1P4})상으로 입사한다.
제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (L_{1P1} 내지 L_{1P4})위로 입사된 광속은 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (L_{1N1}) 을 통해 제 1 오목 반사 거울 M_1 에 도달한다.
제 1 오목 반사 거울 M_1 은 거의 제 1 굴절 광학계 S_1 (G_{1P} 및 G_{1N})의 배면 촛점 위치에 배열된다.
즉, 제 1 오목 반사 거울 M_1 은 제 1 결상 광학계 K_1 의 동공면에 위치한다.
제 1 굴절 광학계 S_1 의 배면 촛점 위치는 직사각형 프리즘 P_1 측이 정면 측 으로 정의되고, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측이 배면 측으로 정의되는 경우에 구해진다.
제 1 오목 반사 거울 M_1 에 의해 반사된 광속은 제 1 도의 -X 축을 따라서 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (L_{1N1}) 및 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (L_{1P1} 내지 L_{1P4})을 통해 직사각형 프리즘 P_1 의 반사 표면 P_{1b} 을 향하여 전파된다.
정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 로부터 입사된 광속에 의해 수용되는 굴절력은 제 1 오목 반사 거울 M_1 측으로부터 입사된 광속에 의해 수용되고, 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 로부터 존재하는 굴절력과 거의 동일하다.
직사각형 프리즘 P_1 의 반사 표면 P_{1b} 에 도달하는 광속은 반사 표면 P_{1b} 에 의해 거의 90° 편향되어 제 1 도의 -Z 방향을 따라서 전파되고 필드 스톱 FS 의 위치에서 회로 패턴의 1 차 영상을 형성시킨다.
이 1 차 영상에서, X 방향에서의 횡배율은 거의 +1 배이며, Y 방향으로의 횡배율은 거의 -1 배이다.
1 차 영상으로부터의 광속은 제 2 결상 광학계 K_2 를 통해 플레이트(30) 위로 회로 패턴의 2 차 영상을 형성한다.

이 2 차 영상의 X 및 Y 방향에서의 횡배율은 거의 +1 배이다.
즉, 플레이트(30) 상에 형성된 2 차 영상은 직립상이다.
제 2 결상 광학계 K_2 의 기능은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것과 같으며, 이하 상세한 설명은 생략한다.
플레이트(30) 위에 형성된 회로 패턴의 영상은 직립상이므로, 마스크 스테이지 MS 에 의해 고정된 마스크 및 플레이트 스테이지 PS 에 의해 고정된 플레이트(30)를 동일한 방향으로 일체로 이동시킴으로써 주사 노광을 수행할 수 있다.
제 1 오목 반사 거울 M_1 은 제 1 굴절 광학계 S_1 의 배면 촛점 위치에 배열되기 때문에 제 1 결상 광학계 K_1 는 마스크(10)측 및 필드 스톱 FS 측 상에서 텔레센트릭하다.
마찬가지로, 제 2 오목 반사 거울 M_2 은 제 2 굴절 광학계 S_2 의 배면 촛점 위치에 배열되기 때문에 제 2 결상 광학계 K_2 는 플레이트(30) 측 및 필드 스톱 FS 측 상에서 텔레센트릭하다.
그러므로, 제 1 투영 광학계(35a)는 양측(마스크(10)측 및 플레이트(30)측에서) 텔레센트릭한 광학계이다.
제 1 도에 도시된 제 1 투영 광학계의 노광 영역은 제 2A, 2B, 및 2C 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 2A 도는 제 1 투영 광학계(35a)도에서 마스크 상의 X-Y 평면의 필드와 유효 필드 영역 사이의 관계를 도시한 평면도이다.
제 2B 도는 필드 스톱 FS 의 평면도이다.
제 2C 도는 제 1 투영 광학계(35a)에서의 노광 영역과 유효 노광 영역 사이의 관계를 도시한 평면도이다.
제 2A 도에 따르면, 제 1 투영 광학계(35a)도에서 얻을 수 있는 최대 필드 영역인 유효 노광 영역은 마스크(10) 상에서 파선으로 둘러싸인 반원 영역이다.
필드 스톱 FS 의 개구부 FSa 가 제 2B 도에 도시된 바와 같이 사다리꼴인 경우에는, 제 1 투영 광학계(35a)에서 마스크(10) 상의 필드 영역(10a)은 개구부 FSa 와 유사한 사다리꼴을 갖는다.
필드 영역(10a)은 유효 필드 영역에 자연스럽게 포함된다.
제 2C 도에 도시된 바와 같이, 제 1 투영 광학계(35a)에서 플레이트(30) 상에서 얻을 수 있는 최대 필드 영역인 유효 노광 영역은 파선으로 둘러싸인 반원 영역이다.
플레이트(30) 상에서 노광 영역(30a)는 필드 스톱 FS 의 개구부 FSa 에 의해 개구부 FSa 와 유사한 사다리꼴로 정의된다.
노광 영역(30a)은 유효 노광 영역에 포함된다.
사다리꼴 노광 영역(30a)에서, 사다리꼴의 X 방향 높이는 슬릿 폭에 해당하며, Y 방향에서 말단부에서의 경사측 부분(X 방향을 다라서 높이가 변화되는 부분)은 중첩 영역(인접 노광 영역을 Y 방향으로 중첩하는 영역)에 해당한다.
본 발명의 노광 장치의 전체 배열을 제 3 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 3 도는 본 발명에 따르는 노광 장치의 예를 개략적으로 도시한 도면이다.
제 3 도에서 제 1 도에 도시된 조명 광학계(40), 마스크(10) 를 지지하는 마스크 스테이지, 및 플레이트(30)를 지지하는 플레이트 스테이지는 도시하지 않았다.
제 3 도에 있어서, 4 개의 투영 광학계(35a 내지 35d) 및 3 개의 투영 광학계(35e 내지 35g)는 마스크(10)와 플레이트(30)사이에서 Y방향을 따라서 배열된다.
투영 광학계 (35a 내지 35d) 및 투영 광학계 (35e 내지 35g)는 X 방향으로 상이한 위치에 배열된다.
투영 광학계(35a 내지 35d) 각각은 제 1 도에 기재된 제 1 투영 광학계(35a)와 동일한 배열을 하므로 이하 상세한 설명은 생략한다.
투영 광학계(35a 내지 35g)에 의해 형성되는 필드 영역(10a 내지 10g)은 사다리꼴이다.
투영 광학계(35a 내지 35d)에 의해 형성된 필드 영역(10a 내지 10d)의 단측은 투영 광학계(35e 내지 35g)에 의해 형성된 필드 영역(10e 내지 10g)과 대향하고 있다.
그러므로, 투영 광학계(35a 내지 35g)에 의해 플레이트(30)에 의해 형성된 노광 영역(30a 내지 30g)은 직사각형이다.
노광 영역(30a 내지 30g)의 주사 방향(X 방향)의 합은 주사 방향에 수직인 방향(Y 방향)의 어느 위치에서나 일정하다.
더욱 상세하게는, 투영 광학계는 노광 영역(30a 내지 30g)의 영역이 Y 방향으로 중첩되도록 배열된다.
필드 영역(10a 내지 10g)의 직립상은 각각 노광 영역(30a 내지 30g)에 형성되기 때문에, 마스크(10)의 영상은 주사 마스크(10) 및 플레이트(30)에 의해 주사 방향을 따라서 플레이트(30)상에 차례로 형성된다.
제 3 도에서는 7 개의 투영 광학계(35a 내지 35g)가 사용된다.
그러나, 본 발명에 따르는 노광 장치에서, 투영 광학계의 수는 7 개에 제한되지는 않으며, 2 개(제 1 투영 광학계 및 제 2 투영 광학계) 이상의 투영 광학계도 배열될 수 있다.
중력으로 인하 마스크(10) 및 플레이트(30)의 편향을 감소시키기 위해서, 주사 방향에 수직인 방향(Y 방향)은 수직 방향을 따라 설정하는 것이 바람직하다.
또는, 주사 방향(X 방향)을 수직 방향을 따라서 설정할 수도 있다.
그러나, 이 경우에는 주사가 중력에 대향하여 수행되기 때문에, 마스크 스테이지 및 플레이트 스테이지 상에서 불필요한 로드가 증가한다.
이 실시예의 전체 배열은 상기 설명하였다.
제 1 도에 도시된 이 실시예의 투영 광학계의 바람직한 예에 대해 이하 설명한다.
제 4 도는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 4 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 하여 설명한다.

제 4 도에 도시된 실시예에서, 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를 WD, 물체 표면 0으로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성된 등선 상의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리)를 D_1, 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 프리즘 P_1 측에서 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리를 D_2, 물체 표면 0 (마스크)로부터 명상 표면 1 (1 차 영상 표면)까지의 거리를 D_{01} 라 할 때, 다음 관계가 성립한다:

(I) $WD = D_1 + D_2$

(II) $D_{01} = 2D_1$

이러한 이유로, 투영 광학계를 구성하는 제 1 또는 제 2 결상 광학계 (K_1 또는 K_2)에서 충분한 작업 거리를 확보하기 위해서는, 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경을 ϕmax 라 할때, 다음 관계 (1)가 만족되는 것이 바람직하다.

(1) $2(WD - D_2)/\phi max > 1$

관계 (1)가 만족되는 경우, 마스크(10), 플레이트(30) 및 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 Z 방향으로 충분한 공간을 확보할 수 있다.

그러므로, 전체 투영 광학계의 배율을 포함하는 광학 성능을 조절 하는 보정 광학 부재를 마스크(10)와 제 1 직사각형 프리즘 P_1 사이, 제 1 직사각형 프리즘 P_1 과 제 2 직사각형 프리즘 P_2 사이, 또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2 과 플레이트(30) 사이에 배열할 수 있다.

또한, 마스크(10) 및 플레이트(30)를 고정시키는 스테이지의 배열에 있어서 공간적인 제한도 크게 감소시킬 수 있다.

제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이 를 f_{GP}, 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이를 f_{GN} 라 할 때, 투영 광학계를 구성하는 제 1 또는 제 2 결상 광학계 (K_1 또는 K_2)는 다음의 관계가 만족되는 것이 바람직하다:

(2) $3 < |f_{GN}/f_{GP}|$.

관계 (2)는 충분한 작업 거리가 확보되는 경우에 구면 수차를 만족스럽게 보정하는 조건이다.

$|f_{GN}/f_{GP}|$ 가 조건 (2)의 하한치 보다 낮은 경우에는, 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 굴절력이 너무 강하게 되어, 구면 수차는 기대치보다 과도하게 보정된다.

이 실시예의 수차에서, 광속의 전파 방향은 정의 방향으로 정의한다.

투영 광학계를 구성하는 제 1 또는 제 2 결상 광학계 (K_1 또는 K_2)에서 제 1 또는 제 2 부의 렌즈 그룹은 부의 메니스쿠스 렌즈에 의해 구성되는 것이 바람직하다.

제 1 정의 렌즈 그룹측 (또는 제 2 정의 렌즈 그룹측) 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{1N}, 제 1 오목 반사 거울측 (또는 제 2 오목 반사 거울측) 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{2N}, 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울까지의 광축상 거리(또는 제 2 오목 반사거울측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 2 오목 반사 거울까지의 광축상 거리)를 L_{NM} 라 할 때, 다음 관계를 만족시키는 것이 바람직하다:

(3) $-30 < q < -3$

(4) $-4 < L_{NM}/TL < 0.2$

상기 식에서, 모양 인자 q 는 $q = (r_{2N} + r_{1N})/(r_{2N} - r_{1N})$ 이다.

충분한 작업 거리가 확보되는 경우, 관계 (3) 및 (4)는 구면 수차를 충분히 보정하는 조건이다.

q 가 관계(3)의 하한치 보다 낮은 경우에는 구면 수차가 과도하게 보정되어 바람직하지 않다.

q 가 관계(3)의 상한치 보다 높은 경우에는 구면 수차는 불충분하게 보정되어 바람직하지 않다.

한편, L_{NM}/TL 이 관계(4)의 하한치 보다 낮은 경우에는, 영상 표면이 정의 방향으로 구부러져, 구면 수차가 과도하게 보정되어 바람직하지 않다.

L_{NM}/TL 이 관계(4)의 상한치 보다 높은 경우에는, 영상 표면이 부의 방향으로 구부러져, 구면 수차는 불충분하게 보정되어 바람직하지 않다.

충분한 작업 거리가 확보되는 경우, 구면 수차를 억제하면서 영상 표면을 평편하게 유지하기 위해서는, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리(또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 의 제 2 오목 반사 거울 M_2 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N} 의 제 2 오목 반사 거울 M_2 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리)를 $L_{GP\text{-}GN}$, 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축상의 거리를 TL 이라 할때, 투영 광학계를 구성하는 제 1 또는 제 2 결상 광학계 (K_1 또는 K_2)는 다음 관계를 만족시키는 것이 바람직하다:

(5) $0.35 < L_{GP\text{-}GN}/TL$

$L_{GP\text{-}GN}/TL$ 이 관계 (5)의 하한치 보다 낮은 경우에는 구면 수차는 불충분하게 보정되며, 영상 표면은 부의 방향으로 구부러져 바람직하지 않다.

제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이를 f_{GP}, 물체 표면 0 으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리(전체 거리)를 TL, 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경을 r_M 이라 할 때, 투영 광학계를 구성하는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)는 다음 관계를 만족시키는 것이 바람직하다:

(6) $0.95 < |r_M/TL| < 1.08$

(7) $0.3 < f_{GP}/TL < 1.0$

충분한 작업 거리가 확보되는 경우, 관계 (6) 및 (7)은 비점수차 및 필드의 곡률을 억제하는 조건이다.

$|r_M/TL|$ 이 관계(6)의 하한치 보다 낮은 경우에는, 비점수차가 발생하여, 영상 표면은 부의 방향으로 구부러져 바람직하지 않다.

$|r_M/TL|$ 이 관계(6)의 상한치를 넘는 경우에는, 비점수차가 발생하여, 영상 표면은 정의 방향으로 구부러져 바람직하지 않다.

구 면 수차가 불충분하게 보정되는 것을 방지하기 위해서는, 비점수차 및 필드의 곡률에 더하여, 관계(6)의 상한치를 1.05, 즉 $|r_M/TL| < 1.05$ 로 하는 것이 바람직하다.

f_{GP}/TL 이 관계(7)의 하한치 보다 낮은 경우에는, 관계(6)가 만족되는 경우라 하더라도, 비점수차가 발생하여, 영상 표면은 부의 방향으로 구부러져 바람직하지 않다.

만족스러운 결상 성능을 얻기 위해, 비점수차, 필드 곡률, 및 불충분하게 보정된 구면 수차를 억제하기 위해서는, 관계(7)의 하한치는 0.5, 즉 $0.5 < f_{GP}/TL$ 로 하는 것이 바람직하다.

f_{GP}/TL 이 관계(7)의 상한치를 넘는 경우에는, 비점수차가 발생하여, 영상 표면은 정의 방향으로 구부러져 바람직하지 않다.

구면 수차가 과도하게 보정되는 것을 방지하기 위해서는, 비점수차 및 필드의 곡률에 더하여, 만족스러운 결상 성능을 달성하기 위해, 관계(7)의 상한치를 0.8, 즉 $f_{GP}/TL < 0.8$ 로 하는 것이 바람직하다.

표 1 은 제 4 도에 도시된 광학계의 수치 데이타 및 조건 해당치를 도시한다.

최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 φ는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.

표 1에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로 부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 1 (1 차 영상 표면)까지의 거리, φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이, f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이), r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지 의 거리를 나타낸다.

표 1

제 1 실시예

WD = 2.33

D_1 = 2.06

D_2 = 0.27

D_{0I} = 4.12

TL = 9.66

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.33	1.00000		
1	-11.87	0.38	1.60384	2.7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-5.42	0.05	1.00000		
3	-85.84	0.55	1.50332	2.7	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-3.00	0.08	1.00000		
5	-2.94	0.33	1.60384	2.7	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-18.79	0.05	1.00000		
7	6.80	0.44	1.50332	2.7	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-10.44	3.77	1.00000		
9	7.63	0.33	1.52670	1.7	L_{1N1} (L_{2N1})
10	5.47	1.35	1.00000		
11	-9.94		-1.00000	1.3	M_1 (M_2)

조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.53$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 6.55$

(3) $q = -6.06$

(4) $L_{NM}/TL = 0.0795$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.529$

(6) $|r_M/TL| = 1.03$

(7) $f_{GP}/TL = 0.613$

표 1 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 1 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시킨다.
제 5A, 5B 및 5C 도는 제 4 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 5C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 이다.
제 5A, 5B 및 5C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 4 도에 도시된 실시예는 개선된 디손 광학계로 간주할 수 있다.
제 4 도에 도시된 실시예의 비교예는 후벽 평-볼록 렌즈 L_P 및 오목 반사 거울 M 을 갖는 디손 광학계이다.
제 6 도에 도시된 바와 같이, 평-볼록 렌즈 L_P 는 평면 r_{P1} 가 물체 표면 A(물체면)과 일치하고, 평-볼록 렌즈 L_P 의 렌즈 표면 r_{P2} 의 곡률 중심이 물체 표면 A의 교차부 및 디손 광학계의 광축 AX 와 일치하도록 배열된다.
오목 반사 거울 M은 오목 반사 거울 M 의 반사 표면의 곡률 중심이 평-볼록 렌즈 L_P 의 렌즈 표면 r_{P2} 의 곡률 C 의 중심과 일치하도록 평-볼록 렌즈 L_P 의 배면 촛점 위치에 배열된다.
이러한 배열에 의해, 제 6 도에 도시된 바와 같이, 광축 AX 에 거의 평행하고 평-볼록 렌즈 L_P 상에서 물체 표면 A 상에 물체점 Y_0 으로부터 입사된 광속은 평-볼록 렌즈 L_P 의 굴절 표면 r_{P2} 에 의해 굴절되어 오목 반사 거울 M 에 도달한다.
오목 반사 거울 M 에 의해 반사된 광속은 평-볼록 렌즈 L_P 의 굴절 표면 r_{P2} 에 의해 굴절되어 광축 AX 에 거의 평행하게 되어 물체 표면 A 상의 영상점 Y_1 에 도달한다.

물체점 Y_0 의 영상은 이 영상점 Y_1 에서 형성된다.
표 2 는 제 6 도에 도시된 디손 광학계의 수치 데이타를 나타내며, 표 1 에 도시된 이 실시예의 광학계와 거의 동일한 성능을 갖는다.
최좌측 숫자는 물체 0 측으로부터 제 1 오목 반사 거울 M 까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면 간의 거리 를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 ϕ 는 매질 (광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 2

	r	d	n	Φ	광학부재
0		0	1.60384		
1	∞	21.92	1.60384	4.8	L_P
2	-21.92	36.30	1.00000		
3	58.22		-1.00000	7.4	M

물체 표면(물체면) 또는 영상 표면(영상면)으로부터 오목 반사 거울까지의 거리를 광학계의 전체 길이 TL 이라 할 때, 제 1 도에 도시된 이 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 9.66 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
제 6 도에서 디손 광학계의 전체 길이는 제 4 도에 도시된 이 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 약 6 배 크기이다.
디손 광학계에서 평-볼록 렌즈 L_P 의 외부 직경 및 오목 반사 거울 M 도 따라서 크게 증가한다.
제 6 도에 도시된 디손 광학계에서, 투영 광학계가 두 광학계를 결합시켜 구성되는 경우에는, 장치의 크기 및 제조가가 불필요하게 상승한다.
제 6 도에 도시된 디손 광학계에서, 물체 표면(물체면) 및 영상 표면(영상면)은 평-볼록 렌즈 L_P 의 평면 r_{P1} 과 일치한다.
이러한 이유로, 예를 들어, 마스크가 물체 표면(물체면) 위에 설정되고, 예를 들어, 플레이트가 영상 표면(영상면) 위에 설정되는 경우에도, 주사 노광을 거의 수행할 수 없다.
제 6 도에 도시된 디손 광학계에서 평-볼록 렌즈 L_P 는 공중 변환 길이에 해당하는 작업 거리 WD 를 확보하도록 얇게 만들어지 수 있다.
그러나, 이 기술에서, 큰 구면 수차 및 큰 색수차가 발생한다.
수차 보정의 자유도로 인하여 이들 수차를 충분히 보정하기는 어렵다.
그러므로, 제 6 도에 도시된 디손 광학계에서 충분한 작업 거리를 확보할 수 없게 된다.
반대로, 제 4 도에 도시된 이 실시예에서는 제 1 및 제 2 결상 광학계 (K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL(투영 광학계의 전체 길이)를 충분히 감소시키기 위해서, 오목 반사 거울(M_1 및 M_2)의 곡률 반경을 감소시킨다.
제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 상의 광축 보다 더 높은 위치로부터 입사된 광속은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 에 의해 크게 굴절되여야하며, 그래서, 다양하고 큰 수차가 발생된다.
수차 보정의 자유도를 확보하기 위해서, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 및 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 각각은 약 4 개의 렌즈로 구성된다.
광학계의 크기 감소를 달성하기 위해서는, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 및 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 의 각각은 약 3 개 내지 7 개의 렌즈로 구성되는 것이 바람직하다.
제 4 도에 도시된 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)에서는, 과도하게 보정된 구면 수차가 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 에서 발생되는 경향이 있다.
이 실시예에서, 과도하게 보정된 구면 수차를 만족스럽게 보정하기 위해서, 부의 굴절력을 갖는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})과 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2) 사이의 광로에 배열시킨다.
특히, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})에서 발생되는 과도하게 보정된 구면 수차를 보정하기 위해서 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 효율적인 기능을 달성하기 위해서는, 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)에 더 인접한 위치에 배열된 부의 메니스쿠스 렌즈를 포함시키는 것이 바람직하다.
제 4 도에 도시된 이 실시예의 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)에서 도, 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})은 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)에 더 인접한 위치에 배열된 부의 메니스쿠스 렌즈를 포함하는 구조를 갖는다.
상기한 바와 같이, 제 4 도에 도시된 이 실시예의 제 1 또는 제 2 결상 광학계 (K_1 및 K_2)에 따르면, 충분한 작업 거리 WD 를 확보하면서 저가로 뛰어난 결상 성능을 갖는 조밀도 투영 광학계를 실현시킬 수 있다.
그러므로, 큰 노광 영역에서 노광 작동을 수행할 수 있는 상대적으로 고밀도인 고성능 주사 노광 장치를 달성할 수 있다.
제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 예는 제 4 도를 참조하여 상기 설명하였다.
제 2 실시예에 따르는 투영 광학계는 제 7 도를 참조하여 이하 설명한다.

제 7 도는 제 2 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 7 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 7 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S_1 , 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)을 갖는다.
편의상, 제 7 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은 도시하지 않았다.
제 7 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})은 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 더 큰 곡률의 표면을 갖는 정의 렌즈 L_{1P1} (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 더 큰 곡률의 표면을 갖는 정의 렌즈 L_{2P1}), 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 블록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} (또는 제 2 오목 반사 거을 M_2 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P2}), 양볼록 정의 렌즈 L_{1P3} (또는 양볼록 정의 렌즈 L_{2P3}), 및 부의 렌즈 L_{1P4} (또는 부의 렌즈 L_{2P4})로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N1} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2N1}) 만으로 이루어진다.
표 3 은 제 7 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.
최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 φ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 3에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.
표 3

제 2 실시예

WD = 2.33

D_1 = 2.06

D_2 = 0.27

D_{0I} = 4.12

TL = 10.55

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.33	1.00000		
1	230.38	0.58	1.50332	2.7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-3.66	0.11	1.00000		
3	-2.93	0.38	1.60384	2.7	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-4.40	0.05	1.00000		
5	12.74	0.55	1.50332	2.7	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-5.27	0.05	1.00000		
7	-8.29	0.38	1.60384	2.7	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-41.15	4.25	1.00000		
9	11.17	0.33	1.52670	1.8	L_{1N1} (L_{2N1})
10	8.23	1.53	1.00000		
11	-10.78		-1.00000	1.6	M_1 (M_2)

제 2 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.53$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 9.19$

(3) $q = -6.06$

(4) $L_{NM}/TL = 0.0860$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.551$

(6) $|r_M/TL| = 1.02$

(7) $f_{GP}/TL = 0.636$

표 3 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 3 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)를 만족시킨다.
표 3 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계 (K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 10.54 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 3 에 도시된 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/6 정도 작다.
제 8A, 8B 및 8C 도는 제 7 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 8C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 이다.
제 8A, 8B 및 8C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 3 실시예에 따르는 투영 광학계를 구성하는 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)를 제 9 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 9 도는 제 2 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 9 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 9 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광

학계 S_1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)를 갖는다.
편의상, 제 9 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은 도시하지 않았다.
제 9 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})은 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 블록표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P1}), 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P2}), 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3} (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P3})로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})은 양볼록 정의 렌즈 L_{1N1} (또는 양볼록 정의 렌즈 L_{2N1}), 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 에 결합하고 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 오목 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N2} (또는 제 1 오목 반사 거울 M_2 에 결합하고 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 측을 향하는 오목 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2N2})로 이루어진다.
표 4 은 제 9 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.
최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 φ 는 매질(광화 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 4에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 $L_{GP\text{-}GN}$ 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.
표 4

제 3 실시예

$WD = 2.11$

$D_1 = 1.84$

$D_2 = 0.27$

$D_{0I} = 3.68$

$TL = 12.26$

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.11	1.00000		
1	-14.36	0.49	1.60384	2.7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-6.93	0.05	1.00000		
3	-23.94	0.49	1.50332	2.7	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-4.34	0.11	1.00000		
5	-3.72	0.41	1.59593	2.7	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-4.84	5.39	1.00000		
7	244.04	0.41	1.50332	2.3	L_{1N1} (L_{2N1})
8	-6.26	2.47	1.00000		
9	-4.83	0.33	1.52670	1.6	L_{1N2} (L_{2N2})
10	-12.71		1.00000	1.6	M_1 (M_2)

제 3 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.36$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 24.2$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 6.51$

(6) $|r_M/TL| = 1.04$

(7) $f_{GP}/TL = 0.777$

표 4 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 4 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시킨다.
표 4 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 12.26 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 4 에 도시된 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/5 정도 작다.
제 10A, 10B 및 10C 도는 제 9 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 10C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크키는 ±0.014 이다.
제 10A, 10B 및 10C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 4 실시예에 따르는 투영 광학계를 구성하는 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)를 제 11 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 11 도는 제 4 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 11 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 11 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S_1 , 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)을 갖는다.
편의상, 제 11 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은 도시하지 않았다.
제 11 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})은 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 더 큰 곡률을 갖는 표면의 정의 렌즈 L_{1P1} (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 더 큰 곡률을 갖는 표면의 정의 렌즈 L_{2P1}), 양오목 부의 렌즈 L_{1P2} (또는 양오목 부의 렌즈 L_{2P2}), 양볼록 정의 렌즈 L_{1P3} (또는 양볼록 정의 렌즈 L_{2P3}), 및 양오목 정의 렌즈 L_{1P4} (또는 양오목 부의 렌즈 L_{2P4})로 이루어진다.

제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N1} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2N1})로 이루어진다.

표 5는 제 11 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.

최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 Φ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.

표 5에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; Φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리, 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.

표 5

제 4 실시예

WD = 2.14

D_1 = 1.87

D_2 = 0.27

D_{0I} = 3.74

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.14	1.00000		
1	27.29	0.52	1.50332	2.8	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-2.91	0.05	1.00000		
3	-2.82	0.33	1.60384	2.8	L_{1P2} (L_{2P2})
4	7.51	0.08	1.00000		
5	7.26	0.55	1.50332	2.8	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-7.27	0.05	1.00000		
7	24.14	0.47	1.60384	2.8	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-7.46	5.40	1.00000		
9	15.84	0.33	1.52670	1.8	L_{1N2} (L_{2N2})
10	10.07	1.14	1.00000		
11	-11.18		-1.00000	1.5	M_1 (M_2)

제 4 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.34$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 7.68$

(3) $q = -4.49$

(4) $L_{NM}/TL = 0.0688$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.561$

표 5 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.

0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.

표 5 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시 킨다.

표 5 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계 (K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 11.06 이며, 표 2 에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 5 에 도시된 실시예의 전체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/5 정도 작다.
제 12A, 12B 및 12C 도는 제 11 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 12C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 이다.
제 12A, 12B 및 12C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 5 실시예에 따르는 투영 광학계를 구성하는 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)를 제 13 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 13 도는 제 2 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 13 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 13 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)을 갖는다.
편의상, 제 13 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은 도시하지 않았다.
제 13 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})은 약한 굴절력을 갖는 양오목 부의 렌즈 L_{1P1} (또는 약한 굴절력을 갖는 양오목 부의 렌즈 L_{2P1}), 양볼록 정의 렌즈 L_{1P2} (양볼록 정의 렌즈 L_{2P2}), 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3} (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P3}), 양볼록 정의 렌즈 L_{1P4} (또는 양볼록 정의 렌즈 L_{2P4}), 및 양볼록 정의 렌즈 L_{1P4} 측을 향하는 더 큰 곡률을 갖는 표면의 부의 렌즈 L_{1P5} (양볼록 정의 렌즈 L_{2P4} 측을 향하는 더 큰 곡률을 갖는 표면의 부의 렌즈 L_{2P5})로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N2} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2N2})로 이루어진다.
표 6 은 제 13 도에 도시된 광화계의 수치 데이타를 나타낸다.
최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 φ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 6 에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.
표 6

WD = 2.05

D_1 = 1.78

제 5 실시예 D_2 = 0.27

D_{0I} = 3.56

TL = 10.59

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.05	1.00000		
1	-65.99	0.41	1.60384	3.1	L_{1P1} (L_{2P1})
2	25.92	0.05	1.00000		
3	12.47	0.55	1.50332	3.1	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-4.06	0.11	1.00000		
5	-3.24	0.41	1.52670	3.1	L_{1P3} (L_{2P3})
6	-5.31	0.05	1.00000		
7	27.75	0.55	1.50332	3.1	L_{1P4} (L_{2P4})
8	-4.33	0.08	1.00000		
9	-4.41	0.41	1.52670	3.1	L_{1P5} (L_{2P5})
10	-7.07	3.91	1.00000		
11	15.06	0.41	1.52670	2.4	L_{1N1} (L_{2N1})
12	9.05	1.60	1.00000		
13	-10.79		-1.00000	2.1	M_1 (M_2)

제 5 실시예의 조건 해당치 (1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.15$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 6.88$

(3) $q = -4.00$

(4) $L_{NM}/TL = 0.112$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.497$

(6) $|r_M/TL| = 1.02$

(7) $f_{GP}/TL = 0.605$

표 6 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.15 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 6 에 도시된 광화계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시킨다.
표 6 에 도시된 실시에의 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 10.59 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 6 에 도시된 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/5 정도 작다.
제 14A, 14B 및 14C 도는 제 13 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다. 제 14C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 μm 이다.
제 14A, 14B 및 14C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 6 실시예에 따르는 투영 광학계를 구성하는 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)를 제 15 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 15 도는 제 6 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 15 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 15 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S_1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)을 갖는다. 편의상, 제 15 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은

도시하지 않았다.

제 15 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})은 물체측으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 측까지 차례로 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} , 제 1 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 에 결합되고 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} , 양오목 정의 렌즈 L_{1P3} , 및 양오목 정의 렌즈 L_{1P3} 에 결합되고 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P4} 로 이루어진다.

제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N2} 로 이루어진다.

이 실시예에서, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 은 결합된 렌즈 성분(정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} , 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} 로 구성된 결합 렌즈 성분, 또는 정의 렌즈 L_{1P3} 및 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P4} 로 구성된 결합 렌즈 성분)으로 구성되기 때문에, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 성분의 수 자체는 감소한다.

이러한 배열에 의해, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 에 더 큰 내중심일탈성이 설정될 수 있으며, 투영 광학계를 쉽게 제조할 수 있다.

표 7 은 제 15 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.

최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며, r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 ϕ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.

표 7 에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; ϕmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 $L_{GP\text{-}GN}$ 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.

표 7

WD = 2.29

D_1 = 2.02

제 6 실시예 D_2 = 0.27

D_{0I} = 4.04

TL = 11.99

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.29	1.00000		
1	-12.83	0.55	1.50332	2.9	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-2.24	0.38	1.60384	2.9	L_{1P2} (L_{2P2})
3	-5.05	0.05	1.00000		
4	10.57	0.55	1.50332	2.9	L_{1P3} (L_{2P3})
5	-8.20	0.38	1.52670	2.9	L_{1P4} (L_{2P4})
6	-12.32	4.81	1.00000		
7	8.99	0.38	1.52670	2.2	L_{1N1} (L_{2N1})
8	7.56	2.60	1.00000		
9	-12.33		-1.00000	1.9	M_1 (M_2)

제 6 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.39$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 12.6$

(3) $q = -11.6$

(4) $L_{NM}/TL = 0.952$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.568$

(6) $|r_M/TL| = 1.03$

(7) $f_{GP}/TL = 0.656$

표 7 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 7 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시 킨다.
표 7 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계 (K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 11.99 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 7 에 도시된 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/5 정도 작다.
제 16A, 16B 및 16C 도는 제 15 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 16C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 ㎛ 이다.
제 16A, 16B 및 16C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 7 실시예에 따르는 투영 광학계를 구성하는 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)를 제 17 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 17 도는 제 7 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 17 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 17 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)을 갖는다.
편의상, 제 17 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은 도시하지 않았다.
제 17 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 은 물체 측으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 측으로 차례로 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1}, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2}, 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} 에 결합되고 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3}, 및 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3} 를 향하는 더 큰

곡률 표면을 갖는 양볼록 정의 렌즈 L1P4 로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 오목 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N1} 로 이루어진다.
이 실시예에서, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} 및 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3} 은 결합된 렌즈 성분으로 구성되기 때문에, 두 렌즈에 대해 더 큰 내중심일탈성이 될 수 있으며, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 성분의 수 자체는 감소한다.
이러한 배열에 의해, 투영 광학계를 쉽게 제조할 수 있다.
표 8 은 제 17 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.
최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 φ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 8 에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.
표 8

제 7 실시예

WD = 2.29

D_1 = 2.02

D_2 = 0.27

D_{0I} = 4.04

TL = 9.92

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.29	1.00000		
1	-7.12	0.39	1.48088	2.8	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-4.33	0.04	1.00000		
3	-34.60	0.54	1.48088	2.8	L_{1P2} (L_{2P2})

4	-2.62	0.35	1.60384	2.8	L_{1P3} (L_{2P3})
5	-7.75	0.04	1.00000		
6	5.78	0.43	1.48088	2.8	L_{1P4} (L_{2P4})
7	-24.55	4.43	1.00000		
8	9.60	0.33	1.48088	2.8	L_{1N1} (L_{2N1})
9	6.24	1.10	1.00000		
10	-10.01		-1.00000	1.5	M_1 (M_2)

제 7 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.39$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 6.33$

(3) $q = -4.71$

(4) $L_{NM}/TL = 0.0687$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.546$

(6) $|r_M/TL| = 1.01$

(7) $f_{GP}/TL = 0.610$

표 8 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 8 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시킨다.
표 8 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 9.92 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 8 에 도시된 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/6 정도 작다.
제 18A, 18B 및 18C 도는 제 17 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 18C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 μm 이다.
제 18A, 18B 및 18C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 8 실시예에 따르는 투영 광학계를 구성하는 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)를 제 19 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 19 도는 제 8 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 19 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 19 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S_1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)을 갖는다.
편의상, 제 19 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은 도시하지 않았다.
제 19 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 은 물체측으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 측으로 차례로, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1}, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2}, 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} 에 결합되고 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3}, 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3} 를 향하는 더 큰 곡률 표면을 갖는 양볼록 정의 렌즈 L_{1P4} 로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N1} 로 이루어진다.
이 실시예에서, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} 및 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3} 은 결합된 렌즈 성분으로 구성되기 때문에, 두 렌즈에 대해 더 큰 내중심일탈성이 될 수 있으며, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 성분의 수 자체는 감소한다.
이러한 배열에 의해, 투영 광학계를 쉽게 제조할 수 있다.
표 9 은 제 19 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.
최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선:

436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 φ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 9 에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리), D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1G} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.
표 9

제 8 실시예

WD = 2.43

D_1 = 2.16

D_2 = 0.27

D_{0I} = 4.32

TL = 9.83

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.43	1.00000		
1	-8.43	0.39	1.48088	2.8	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-4.68	0.04	1.00000		
3	-27.09	0.54	1.48088	2.8	L_{1P2} (L_{2P2})
4	-2.63	0.35	1.60384	2.8	L_{1P3} (L_{2P3})
5	-7.41	0.04	1.00000		
6	5.15	0.43	1.48088	2.8	L_{1P4} (L_{2P4})
7	-33.16	4.63	1.00000		
8	9.38	0.33	1.48088	2.8	L_{1N1} (L_{2N1})
9	5.77	0.65	1.00000		
10	-9.88		-1.00000	1.5	M_1 (M_2)

제 8 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.54$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 5.53$

(3) $q = -4.20$

(4) $L_{NM}/TL = 0.0294$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.567$

(6) $|r_M/TL| = 1.01$

(7) $f_{GP}/TL = 0.591$

표 9 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 9 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시킨다.
표 9 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 9.83 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 9 에 도시 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/6 정도로 작다.

제 20A, 20B 및 20C 도는 제 19 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 20C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 ㎛ 이다.
제 20A, 20B 및 20C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 9 실시예에 따르는 투영 광학계를 구성하는 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)를 제 21 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 21 도는 제 9 실시예에 따르는 제 1 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면이다.
편의상, 제 21 도에 도시된 렌즈 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것으로 기재한다.
제 21 도에 도시된 바와 같이, 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P}) 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S_1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 (제 2 오목 반사 거울 M_2)을 갖는다.
편의상, 제 21 도에서 제 1 굴절 광학계 S_1 (또는 제 2 굴절 광학계 S_2)의 좌측에 배열된 제 1 직사각형 프리즘 P_1 (또는 제 2 직사각형 프리즘 P_2)은 도시하지 않았다.
제 21 도에 도시한 바와 같이, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 은 물체측으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 측으로 차례로, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의된 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1}, 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 에 결합되고 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2}, 양볼록 정의 렌즈 L_{1P3}, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P4} 로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 볼록 표면 을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N1} 로 이루어진다.
이 실시예에서, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} 및 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P3} 은 결합된 렌즈 성분으로 구성되기 때문에, 두 렌즈에 대해 더 큰 내중심일탈성이 될 수 있으며, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 성분의 수 자체는 감소한다.
이러한 배열에 의해, 투영 광학계를 쉽게 제조할 수 있다.
표 10 은 제 21 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.
최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 φ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 10 에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물 체 표면 0(마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.
표 10

제 9 실시예

WD = 2.23

D_1 = 1.96

D_2 = 0.27

D_{OI} = 3.92

TL = 9.16

	r	d	n	Φ	광학부재
0		2.23	1.00000		
1	-359.70	0.54	1.48088	2.7	L_{1P1} (L_{2P1})
2	-2.41	0.33	1.60384	2.7	L_{1P2} (L_{2P2})
3	-4.79	0.04	1.00000		
4	7.53	0.61	1.48088	2.7	L_{1P3} (L_{2P3})
5	-18.03	1.38	1.00000		
6	5.71	0.85	1.48088	2.3	L_{1P4} (L_{2P4})
7	18.35	0.11	1.00000		
8	7.39	0.84	1.60384	2.1	L_{1N1} (L_{2N1})
9	3.90	2.23	1.00000		
10	-9.01		-1.00000	1.3	M_1 (M_2)

제 9 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.45$

(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 3.17$

(3) $q = -3.23$

(4) $L_{NM}/TL = 0.0173$

(5) $L_{GP-GN}/TL = 0.385$

(6) $|r_M/TL| = 0.983$

(7) $f_{GP}/TL = 0.519$

표 10 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.
0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 10 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시 킨다.
표 10 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 9.16 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 10 에 도시된 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/6 정도로 작다.
제 22A, 22B 및 22C 도는 제 21 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 22C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 μm 이다. 제 22A, 22B 및 22C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
상기 제 1 내지 9 실시예 각각의 제 1 또는 제 1 결상 광학계(K_1 또는 K_2)에서, 90° 에서 서로 교차하는 반사 표면을 갖는 반사 거울로서 제공되는 직사각형 프리즘 P_1 또는 P_2 는 제 1 또는 제 2 반사 부재로서 사용된다.
대신에, 90° 에서 서로 교차하는 전체 반사 표면을 갖는 프리즘 부재도 사용할 수 있다.
프리즘 부재가 제 1 또는 제 2 반사 부재로서 사용되는 제 10 실시예를 제 23 도를 참조하여 이하 설명한다.
제 23 도는 본 발명의 제 10 실시예에 따르는 노광 장치의 투영 광학계를 개략적으로 도시한 도면이다.
제 23 도에서는, 제 1 도에 도시된 바와 같이 X-Y-Z 좌표계를 사용하고, 같은 참조 번호는 동일한 부재를 나타낸다.
제 23 도에 있어서, 제 1 투영 광학계(35a)는 마스크(10) 위에 회로 패턴의 1 차 영상을 형성시키는 제 1 결상 광학계 K_1, 1 차 영상으로부터의 광속에 기초하여 플레이트(30) 상으로 회로 패턴의 직립상(2 차 영상)을 형성시키는 제 2 결상 광학계 K_2 를 갖는다.
제 1 결상 광학계 K_1 는 마스크(10)의 평면(X-Y 평면)에 대해 45° 로 경사된 반사 표면 P_{1a} 및 P_{1b} 를 갖는 프리즘 부재 P_1 (제 1 반사 부재), 제 1 정의 렌즈 G_{1P} 및 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 으로 구성된 제 1 굴절 광학계 S_1, 및 제 1 오목 반사 거울 M_1 을 갖는다.

제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 은 제 1 오목 반사 거울 M_1 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 및 제 1 오목 거울 M_1 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P2} 로 구성된 결합 렌즈, 및 양볼록 정의 렌즈 L_{1P3} 로 이루어진다.
제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{1N4} 만으로 이루어진다.
제 2 결상 광학계 K_2 의 배열은 제 1 결상 광학계 K_1 와 동일하다.
보다 상세하게는, 제 2 결상 광학계 K_2 는 플레이트(30)의 평면(X-Y 평면)에 대해 45° 로 경사된 반사 표면 P_{2a} 및 P_{2b} 를 갖는 프리즘 부재 P_2 (제 2 반사 부재), 제 2 정의 렌즈 G_{2P} 및 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N} 으로 구성된 제 2 굴절 광학계 S_2 , 및 제 2 오목 반사 거울 M_2 을 갖는다.
제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 에서와 같이, 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 은 제 2 오목 반사 거울 M_2 축을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P1} 및 제 2 오목 거울 M_2 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2P2} 로 구성된 결합 렌즈, 및 양볼록 정의 렌즈 L_{2P3} 로 이루어진다.
제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N} 은 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P} 측을 향하는 그 볼록 표면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈 L_{2N1} 만으로 이루어진다.
플레이트(30) 상의 투영 영역을 정하는 필드 스톱 FS 은 회로 패턴의 1 차 영상이 제 1 결상 광학계 K_1 에 의해 형성되는 위치에 제공된다.
이 필드 스톱 FS 의 배열은 제 1, 2A, 2B, 및 2C 도에 도시된 실시예와 동일하므로 그 상세한 설명은 생략한다.
마스크(10) 상에서 회로 패턴은 조명 광학계(40)로부터 거의 균일한 조명의 조명 광속(노광 광속)으로 조명된다.
회로 패턴을 통과한 광속은 제 23 도에서 -Z 방향을 따라서 전파되어, 프리즘 부재 P_1 로 입사되고, 프리즘 부재 P_1 의 전체 반사 표면 P_{1a} 에 의해 90° 로 편향되어, 제 23 도의 +X 방향을 따라서 전파되어, 프리즘 부재 P_1 로부터 탈출한다.
프리즘 부재 P_1 로부터의 광속은 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (L_{1P1} 내지 L_{1P4})상으로 입사되어 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (L_{1N1})을 통해 제 1 오목 반사 거울 M_1 에 도달한다.
제 1 오목 반사 거울 M_1 은 거의 제 1 굴절 광학계 S_1 (G_{1P} 및 G_{1N})의 배면 촛점 위치에 배열된다.
즉, 제 1 오목 반사 거울 M_1 은 제 1 결상 광학계 K_1 의 동공면에 위치한다.
제 1 굴절 광학계 S_1 의 배면 촛점 위치는 직사각형 프리즘 P_1 측이 정면 측으로 정의되고, 제 1 오목 반사 거울 M_1 측이 배면 측으로 정의되는 경우에 구해진다.
제 1 오목 반사 거울 M_1 에 의해 반사된 광속은 제 1 도의 -X 축을 따라서 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (L_{1N1}) 및 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (L_{1P1} 내지 L_{1P4})을 통해 전파되어 직사각형 프리즘 P_1 위로 입사된다.
직사각형 프리즘 P_1 위로 입사된 광속은 직사각형 프리즘 P_1 의 전체 반사 표면 P_{1b} 에 의해 약 90° 편향되어 제 23 도의 -Z 방향을 따라서 전파되어, 필드 스톱 FS 의 위치에서 회로 패턴의 1 차 영상을 형성한다.
이 1 차 영상에서, X 방향으로의 횡배율은 거의 +1배이며, Y방향으로의 횡배율은 거의 -1배 이다.
1 차 영상으로부터의 광속은 제 2 결상 광학계 K_2 를 통해 플레이트(30) 위로 회로 패턴의 2 차 영상을 형성한다.
이 2 차 영상의 X 및 Y 방향에서의 횡배율은 거의 +1 배이다.
즉, 플레이트(30) 상에 형성된 2 차 영상은 직립상이다.
제 2 결상 광학계 K_2 의 기능은 제 1 결상 광학계 K_1 의 것과 같으며, 이하 상세한 설명은 생략한다.
이 실시예에서도, 플레이트(30) 위에 형성된 회로 패턴의 영상은 직립상이므로, 마스크 스테이지 MS 에 의해 고정된 마스크(10) 및 플레이트 스테이지 PS 에 의해 고정된 플레이트(30)를 동일한 방향으로 일체로 이동시킴으로써 주사 노광을 수행할 수 있다.
제 1 오목 반사 거울은 제 1 굴절 광학계 S_1 의 배면 촛점 위치에 배열되기 때문에, 마스크(10) 및 필드 스톱 FS 상에서 제 1 결상 광학계 K_1 에서 텔레센트리시티가 달성된다.
마찬가지로, 제 2 오목 반사 거울 M_2 은 제 2 굴절 광학계 S_2 의 배면 촛점 위치에 배열되기 때문에, 플레이트(30) 및 필드 스톱 FS 상에서 제 2 결상 광학계 K_2 에서 텔레센트리시티가 달성된다.
즉, 제 1 투영 광학계(35a)는 양측(마스크(10) 측 및 플레이트(30) 측에서) 텔레센트릭한 광학계이다.
이 실시예에서는 각각 제 1 투영 광학계(35a)와 동일한 배열을 갖는 복수의 투영 광학계를 제 3 도에 도시된 바와 같이 배열하였다.
이들 투영 광학계의 배열은 제 3 도에 도시된 것과 동일하므로 상세한 설명은 생략한다.
제 24 도는 제 23 도에 도시된 제 1 결상 광학계 K_1 (또는 제 2 결상 광학계 K_2)의 렌즈 배열을 도시한 도면으로서, 여기에서 프리즘 부재 P_1 (프리즘 부재 P_2)는 평면-평행 플레이트로 도시되었다.
이 실시예에서는 제 24 도에 도시한 바와 같이, 결합 렌즈 L_{1P1} 및 L_{1P2} (또는 L_{2P1} 및 L_{2P2})를 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})에 배열시킨다.
이러한 배열에 의해, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 성분수 자체가 감소되며, 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})에 대해 더 큰 내중심일탈성이 될 수 있다.
그러므로, 투영 광학계를 쉽게 제조할 수 있다.
제 24 도에 도시된 실시예에서는, 프리즘 부재 P_1 (또는 프리즘 부재 P_2)에 해당하는 평면-평행 플레이트도 나뉘어질 수 있다.
더욱 상세하게는, 제 25A 도에 도시된 바와 같이, 평면-평행 플레이트로 구성된 프리즘 플레이트 P_1 를 전체 반사 표면 P_{1a} 및 P_{1b} 를 갖는 직사각형 플레이트 P_{11} 및 P_{13} 및 제 25B 도에 도시된 바와 같이 평면-평행 플레이트 P_{10} , P_{12} 및 P_{14} 로 나눌 수 있다.

제 25B 도에 도시된 실시예에서, 직사각형 프리즘 P_{11} 및 P_{13} 에 결합된 평면-평행 플레이트 P_{12} 는 두 개의 직사각형 프리즘 P_{11} 및 P_{13} 를 지지하는 기능을 갖는다.
평면-평행 플레이트 P_{10} 및 P_{14} 는 광축에 수직인 방향에 해당하는 축 주위를 회전 하도록 배열됨으로써, 광축에 수직인 평면에서 필드 또는 영상을 이동시키는 기능, 즉 소위 이분 유리(halving glass)의 기능을 할 수 있다.
표 11 은 제 24 도에 도시된 광학계의 수치 데이타를 나타낸다.
최좌측 숫자는 물체 0 측(또는 1 차 영상측)으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 순서를 나타내며; r 은 렌즈 표면 또는 반사 표면의 곡률 반경을; d 는 렌즈 표면간의 거리를; n 은 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 대한 매질(광학 재료)의 굴절률을; 및 Φ 는 매질(광학 재료)의 외부 직경을 나타낸다.
표 11 에서 WD 는 제 1 결상 광학계 K_1 의 작업 거리를; D_1 는 물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 에서 직사각형 프리즘 P_1 의 정점(서로 수직인 두 개의 반사 표면에 의해 형성되는 능선위의 점)까지의 거리(물체 표면 0 로부터 제 1 결상 광학계 K_1 의 광축 AX 까지의 거리); D_2 는 직사각형 프리즘 P_1 의 정점으로부터 직사각형 프리즘 P_1 상의 정의 메니스쿠스 렌즈 L_{1P1} 의 정점까지의 거리; D_{01} 는 물체 표면 0 (마스크)로부터 영상 표면 I (1 차 영상 표면)까지의 거리; Φmax 는 제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)의 최대 외부 직경; f_{GP} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} (또는 제 2 정의 렌즈 그룹 G_{2P})의 촛점 길이; f_{NP} 는 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} (또는 제 2 부의 렌즈 그룹 G_{2N})의 촛점 길이; TL 은 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상의 거리(전체 길이); r_M 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)의 곡률 반경; r_{1N} 을 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; r_{2N} 을 제 1 오목 반사 거울 M_1 측 위의 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경; L_{NM} 을 부의 메니스쿠스 렌즈의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 까지의 광축상 거리; 및 L_{GP-GN} 는 제 1 정의 렌즈 그룹 G_{1P} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점으로부터 제 1 부의 렌즈 그룹 G_{1N} 의 제 1 오목 반사 거울 M_1 측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 나타낸다.
표 11

제 10 실시예

WD = 2.49
D_1 = 2.38
D_2 = 0.11
D_{0I} = 4.72
TL = 9.70

	r	d	n	Φ	광학부재
0		1.40	1.00000		
1	0.00	0.98	1.59422		P_1 (P_2)
2	0.00	0.11	1.00000		
3	-17.17	0.56	1.48088	2.7	L_{1P1} (L_{2P1})
4	-2.30	0.27	1.60384	2.7	L_{1P2} (L_{2P2})
5	-4.25	0.04	1.00000		
6	7.35	0.70	1.48088	2.7	L_{1P3} (L_{2P3})
7	18.96	3.25	1.00000		
8	3.47	0.62	1.60384	2.0	L_{1N1} (L_{2N1})
9	3.20	2.13	1.00000		
10	-10.05		-1.00000	1.8	M_1 (M_2)

제 10 실시예의 조건 해당치

(1) $2(WD - D_2)/\Phi max = 1.76$
(2) $|f_{GN}/f_{GP}| = 84.6$
(3) $q = -24.8$
(4) $L_{NM}/TL = -3.57$
(5) $L_{GP-GN}/TL = 4.22$
(6) $|r_M/TL| = 1.04$
(7) $f_{GP}/TL = 0.665$

표 11 에서, 영상 높이 Y 는 1.0 이며, 영상측 개구수 N.A. 는 0.1 이다.

0 차 표면은 물체 표면 또는 영상 표면에 해당한다.
표 11에서, 물체 표면 0 로부터 제 1 오목 반사 거울 M_1 (또는 제 2 오목 반사 거울 M_2)까지의 광축 AX 상 거리 TL 는 프리즘 부재 P_1 (또는 프리즘 부재 P_2)의 공기 전환 길이를 나타낸다.
표 11 에 도시된 광학계는 충분한 작업 거리를 확보하도록 관계(1)을 만족시킨다.
표 11 에 도시된 실시예의 제 1 및 제 2 결상 광학계 (K_1 및 K_2)의 전체 길이 TL는 9.70 이며, 표 2에 도시된 디손 광학계의 전체 길이 TL 는 58.22 이다.
그러므로, 표 11 에 도시된 실시예의 정체 길이는 제 6 도의 디손 광학계의 약 1/6 정도로 작다.
제 26A, 26B 및 26C 도는 제 24 도에 도시된 실시예의 노광 파장(g-선: 436 nm)의 광속에 의한 다양한 수차를 나타낸다.
제 26C 도에 도시된 코마는 1, 0.75, 및 0.5의 영상 높이에서의 수차 곡선으로 나타낸다.
각 영상 높이에서의 코마의 크기는 ±0.014 ㎛ 이다.
제 26A, 26B 및 26C 도에 도시된 다양한 수차로부터 명백한 바와 같이, 다양한 수차가 잘 균형되게 보정된다.
제 1 또는 제 2 결상 광학계(K_1 또는 K_2)를 구성하는 최적 광학계의 10 개의 예를 제 4, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 및 24 도를 참조하여 상기 설명하였다.
그러나, 제 1 및 제 2 결상 광학계(K_1 및 K_2) 모두는 동일한 광학계로 구성될 필요는 없다.
예를 들어, 제 1 결상 광학계 K_1 는 제 4, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 및 24 도에 도시된 10 개의 광학계 중의 하나로 구성될 수 있으며, 또는 제 2 결상 광학계 K_2 는 사실상 10개의 광학계 중의 다른 하나로 구성될 수 있다.
따라서, 상기 각각의 실시예에 따라서, 복수의 투영 광학계에 의해 주사 방향에 수직인 방향으로 넓은 노광 영역이 형성될 수 있다.
이러한 이유로, 노광 영역은 각 투영 광학계의 크기를 증가시키지 않고 확장시킬 수 있다.
또한, 상기 각 실시예에서, 투영 광학계의 크기를 감소시킬 수 있기 때문에, 광학계의 크기의 증가에 따르는 수차 증가를 억제시킬 수 있다.
또한, 상기 각 실시예에서, 큰 스크린의 노광 작동은 단발 주사 노광에 의해 수행할 수 있다.
그러므로, 생산량의 증가를 달성할 수 있으며, 이음이 없는 스크린을 만들 수 있다.
상기한 바와 같이, 본 발명에 따라서, 각각 큰 노광 영역에서도 생산량의 감소를 방지하면서, 충분한 작업 거리를 확보하고 뛰어난 결상 성능을 가질 수 있는 복수의 고밀도 노광 광학계를 사용함으로써 만족스로운 광학 성능으로 투영 노광 작동을 수행할 수 있는 고성능 고밀도 노광 장치를 달성할 수 있다.
상술한 본 발명으로부터 다양한 방법으로 본 발명을 변형할 수 있음은 명백하다.
이러한 변형은 모두 본 발명에 속하는 것으로 보아야 할 것이며 당업자에 명백한 이러한 변형은 다음에 첨부되는 특허청구 범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.
1995. 1. 18.자 출원된 기본 일본국 출원 번호 제 55835/1995 호 및 1995. 6. 2. 자 출원된 제 136779/1995 호가 본 발명의 참조 자료로 사용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

제 1 물체와 제 2 물체를 이동시키면서 상기 제 1 물체의 상을 상기 제 2 물체에 투영 및 전이하는 노광 장치에 있어서,
상기 제 1 물체의 정의 수평 및 수직 횡배율의 실제-크기 정립상을 상기 제 2 물체 위에 형성시키는 제 1 의 양측 텔레센트릭한 투영 광학계; 및
상기 제 1 물체의 정의 수평 및 수직 횡배율의 실제-크기 정립상을 상기 제 2 물체 위에 형성시키는 제 2 투영 광학계로 이루어지며, 상기 제 1 및 제 2 투영 광학계가 각각
상기 제 1 물체상으로부터의 광속을 1 차 영상을 형성하도록 집광시키는 제 1 결상 광학계; 및
상기 1 차 영상으로부터의 광속을 2 차 영상을 형성하도록 집광시키는 제 2 결상 광학계로 이루어지며, 상기 제 1 결상 광학계는 정의 굴절력을 갖는 제 1 정의 렌즈 그룹;
부의 굴절력을 갖는 제 1 부의 렌즈 그룹; 및
제 1 오목 반사 거울로 이루어지고,
상기 제 1 물체로부터의 광속이 상기 제 1 정의 렌즈 그룹 및 상기 제 1 부의 렌즈 그룹을 통과하여 상기 제 1 오목 거울에 의해 반사되어 상기 제 1 부의 렌즈 그룹 및 상기 제 1 정의 렌즈 그룹을 다시 통과함으로써 상기 1 차 영상을 형성하며, 상기 제 2 결상 광학계는 정의 굴절력을 갖는 제 2 정의 렌즈 그룹;
부의 굴절력을 갖는 제 2 부의 렌즈 그룹; 및
제 2 오목 반사 거울로 이루어지고,
상기 제 1 물체로부터의 광속이 상기 제 2 정의 렌즈 그룹 및 상기 제 2 부의 렌즈 그룹을 통과하여 상기 제 2 오목 거울에 의해 반사되어 상기 제 2 부의 렌즈 그룹 및 상기 제 2 정의 렌즈 그룹을 다시 통과함으로써 상기 2 차 영상을 형성함을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,
상기 제 1 결상 광학계의 상기 제 1 정의 렌즈 그룹의 촛점 길이를 f_{GP} , 상기 제 1 결상 광학계에서 상기 제 1 부의 렌즈 그룹의 촛점 길이를 f_{GN} 라 할때 다음의 관계가 만족됨을 특징으로 하는 노광 장치:

$$3 < |f_{GN}/f_{GP}|.$$

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 결상 광학계의 상기 제 2 정의 렌즈 그룹의 촛점 길이를 f_{GP}, 상기 제 2 결상 광학계에서 상기 제 2 부의 렌즈 그룹의 촛점 길이를 f_{GN} 라 할 때 다음의 관계가 만족됨을 특징으로 하는 노광 장치:

$$3 < |f_{GN}/f_{GP}|.$$

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 부의 렌즈 그룹이 제 1 정의 렌즈 그룹측을 향하는 볼록면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈를 포함하고,

상기 제 1 정의 렌즈 그룹측 위의 상기 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{1N}, 제 1 오목 반사 거울측 위의 상기 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{2N}, 상기 부의 메니스쿠스 렌즈의 상기 제 1 오목 반사 거울측에 해당하는 영상측 주점으로부터 상기 제 1 오목 반사 거울까지의 광축상 거리를 L_{NM}, 및 상기 제 1 물체로부터 상기 오목 반사 거울까지의 광축상 거리가 TL 이라 할 때 다음 관계를 만족시킴을 특징으로 하는 노광 장치:

$$-30 < q < -3$$

$$-4 < L_{NM}/TL < 0.2$$

상기 식에서, $q = (r_{2N} + r_{1N})/(r_{2N} - r_{1N})$.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 부의 렌즈 그룹이 제 2 정의 렌즈 그룹측을 향하는 볼록면을 갖는 부의 메니스쿠스 렌즈를 포함하고,

상기 제 2 정의 렌즈 그룹측 위의 상기 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{1N}, 제 2 오목 반사 거울측 위의 상기 부의 메니스쿠스 렌즈의 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{2N}, 상기 부의 메니스쿠스 렌즈의 상기 제 2 오목 반사 거울측 에 해당하는 영상측 주 점으로부터 상기 제 2 오목 반사 거울까지의 광축상 거리를 L_{NM}, 및 상기 제 2 물체로부터 상기 오목 반사 거울까지의 광축상 거리가 TL 이라 할 때 다음 관계를 만족시킴을 특징으로 하는 노광 장치:

$$-30 < q < -3$$

$$-4 < L_{NM}/TL < 0.2$$

상기 식에서, $q = (r_{2N} + r_{1N})/(r_{2N} - r_{1N})$.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 정의 렌즈 그룹의 제 1 오목 반사 거울측에 해당하는 영상측 주점으로부터 상기 제 1 부의 렌즈 그룹의 제 1 오목 반사 거울측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 $L_{GP\text{-}GN}$, 상기 제 1 물체로부터 상기 제 1 오목 반사 거울까지의 광축상의 거리를 TL 이라 할때, 다음 관계를 만족시킴을 특징으로 하는 노광 장치:

$$0.35 < L_{GP\text{-}GN}/TL.$$

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 정의 렌즈 그룹의 제 2 오목 반사 거울측에 해당하는 영상측 주점으로부터 상기 제 2 부의 렌즈 그룹의 제 2 오목 반사 거울측에 해당하는 영상측 주점까지의 거리를 $L_{GP\text{-}GN}$, 상기 제 1 물체로부터 상기 제 2 오목 반사 거울까지의 광축상의 거리를 TL 이라 할때, 다음 관계를 만족시킴을 특징으로 하는 노광 장치:

$$0.35 < L_{GP\text{-}GN}/TL.$$

청구항 8.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 결상 광학계에서 상기 제 1 오목 반사 거울의 곡률 반경을 r_M, 상기 제 1 정의 렌즈 그룹의 촛점 길이를 f_{GP}, 상기 제 1 물체로부터 상기 제 1 오목 반사 거울까지의 광축상 거리를 TL 이라 할 때, 다음 관계가 만족됨을 특징으로 하는 노광 장치:

$$0.95 < |r_M/TL| < 1.08$$

$$0.3 < f_{GP}/TL < 1.0.$$

청구항 9.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 결상 광학계에서 상기 제 2 오목 반사 거울의 곡률 반경을 r_M, 상기 제 2 정의 렌즈 그룹의 촛점 길이를 f_{GP}, 상기 이차 영상으부터 상기 제 2 오목 반사 거울까지의 광축상 거리를 TL 이라 할 때, 다음 관계가 만족됨을 특징으로 하는 노광 장치:

$$0.95 < |r_M/TL| < 1.08$$

$$0.3 < f_{GP}/TL < 1.0.$$

청구항 10.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 부의 렌즈 그룹이 상기 제 1 정의 렌즈 그룹으로부터 차례로 상기 제 1 정의 렌즈 그룹측을 향하는 오목 표면을 갖는 정의 렌즈 및 부의 메니스쿠스 렌즈를 가지며,

상기 제 2 부의 렌즈 그룹이 상기 제 2 정의 렌즈 그룹으로부터 차례로 상기 제 2 정의 렌즈 그룹측을 향하는 오목 표면을 갖는 정의 렌즈 및 부의 메니스쿠스 렌즈를 가짐을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 11.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 부의 렌즈 그룹이 상기 제 1 오목 반사 거울에 결합된 부의 메니스쿠스 렌즈를 가지며,

상기 제 2 부의 렌즈가 상기 제 2 오목 반사 거울에 결합된 부의 메니스쿠스 렌즈를 가짐을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 12.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 결상 광학계가 상기 제 1 물체로부터 상기 제 1 정의 렌즈 그룹을 향하여 편향되며 상기 제 1 정의 렌즈 그룹으로부터 상기 제 2 결상 광학계를 향하여 편향되는 제 1 반사 부재를 가지며,

상기 제 2 결상 광학계가 상기 제 1 결상 광학계로부터 상기 제 2 정의 렌즈 그룹을 향하여 편향되며 상기 제 2 정의 렌즈 그룹으로부터 상기 제 2 물체를 향하 여 편향되는 제 2 반사 부재를 가짐을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 13.

제 1 물체의 화상을 제 2 물체로 전이하는 포토리소그래피에 사용하기 위한 노광 장치에 있어서,

상기 제 1 물체와 상기 제 2 물체간에 배열되며, 상기 제 1 물체 위의 패턴의 화상을 상기 제 2 물체에 형성하기 위한, 오목 거울과, 제 1 렌즈 그룹과, 제 2 렌즈 그룹과, 제 1 공간과, 제 2 공간과, 제 1 거울과, 제 2 거울을 갖는 단위 배율 투영 광학계를 구비하고,

상기 제 1 렌즈 그룹은, 상기 제 1 물체와 상기 오목 거울간의 광로와, 상기 오목 거울과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되고,

상기 제 2 렌즈 그룹은, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 오목 거울간에 배열됨과 동시에, 상기 오목 거울쪽으로 향한 오목 렌즈면을 갖고 있으며,

상기 제 1 공간은, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹간에 배열되고,

상기 제 2 공간은, 상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 오목 거울간에 배열되며,

상기 제 1 거울은, 상기 제 1 물체와 상기 제 1 렌즈 그룹간의 광로에 배열되고,

상기 제 2 거울은, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되며,

상기 제 1 공간은 제 2 공간 보다 크고,

상기 투영 광학계는, 양측 텔레센트릭한 광학계이며,

상기 제 1 렌즈 그룹을 통한 상기 제 1 거울로부터의 광로는, 상기 제 1 렌즈 그룹을 통해 상기 제 2 거울로 역주행하는 광로와 실제적으로 평행인 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 14.

제 13 항에 있어서,

상기 투영 광학계는, 다른 오목 거울, 제 3 렌즈 그룹, 제 4 렌즈 그룹, 제 3 공간, 제 4 공간, 제 3 거울, 제 4 거울을 추가로 구비하며,

상기 다른 오목 거울은, 상기 제 2 거울과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되고,

상기 제 3 렌즈 그룹은, 상기 제 2 거울과 상기 다른 오목 거울간의 광로와, 상기 다른 오목 거울과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되며,

상기 제 4 렌즈 그룹은, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 다른 오목 거울간에 배열됨과 동시에, 상기 다른 오목 거울쪽으로 향한 다른 오목 렌즈면을 갖고,

상기 제 3 공간은, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 4 렌즈 그룹간에 배열되며,

상기 제 4 공간은, 상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 다른 오목 거울간에 배열되고,

상기 제 3 거울은, 상기 제 2 거울과 상기 제 3 렌즈 그룹간의 광로에 배열되며,

상기 제 4 거울은, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열되고,

상기 제 3 공간은 상기 제 4 공간 보다 큰 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 15.

제 13 항에 있어서,

상기 오목 렌즈면이 상기 제 2 공간에 나란히 놓인 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 16.

제 13 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 그룹이 부의 굴절력을 갖는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 17.

제 13 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 그룹이 단일렌즈로 구성된 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 18.

제 14 항에 있어서,

상기 제 2 거울과 상기 제 3 거울간의 광로에 배열된 필드스톱을 추가로 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 19.

제 18 항에 있어서,

상기 필드스톱은, 상기 제 2 물체상의 노광 영역을 규정하고, 상기 노광 영 역은 사다리꼴 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 20.

제 1 물체의 화상을 제 2 물체상에 전이 가늠한 노광 장치에 있어서,

상기 제 2 물체 위의 제 1 노광 영역내에서 제 1 필드영역의 제 1 화상을 형성하기 위해, 상기 제 1 물체 위의 상기 제 1 필드영역으로부터 광을 수광하도록 배열되며, 제 1 카타디옵트릭 광학계와 제 2 카타디옵트릭 광학계를 갖는 제 1 투영 광학계와,

상기 제 2 물체 위의 제 2 노광 영역내에서 제 2 필드영역의 제 2 화상을 형성하기 위해, 상기 제 1 물체 위의 상기 제 2 필드영역으로부터 광을 수광하도록 배열되며, 제 3 카타디옵트릭 광학계와 제 4 카타디옵트릭 광학계를 갖는 제 2 투영 광학계와,

상기 제 1 카타디옵트릭 광학계는, 제 1 오목 거울, 제 1 렌즈 그룹, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 1 오목 거울간에 배열된 제 2 렌즈 그룹, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹간의 제 1 공간, 상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 제 1 오목 거울간의 제 2 공간을 포함하며,

상기 제 2 카타디옵트릭 광학계는, 제 2 오목 거울, 제 3 렌즈 그룹, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 2 오목 거울간에 배열된 제 4 렌즈 그룹, 상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 4 렌즈 그룹간의 제 3 공간, 상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 제 2 오목 거울간의 제 4 공간을 포함하고,

상기 제 3 카타디옵트릭 광학계는, 제 3 오목 거울, 제 5 렌즈 그룹, 상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 제 3 오목 거울간에 배열된 제 6 렌즈 그룹, 상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 제 6 렌즈 그룹간의 제 5 공간, 상기 제 6 렌즈 그룹과 상기 제 3 오목 거울간의 제 6 공간을 포함하며,

상기 제 4 카타디옵트릭 광학계는, 제 4 오목 거울, 제 7 렌즈 그룹, 상기 제 7 렌즈 그룹과 상기 제 4 오목 거울간에 배열된 제 8 렌즈 그룹, 상기 제 7 렌즈 그룹과 상기 제 8 렌즈 그룹간의 제 7 공간, 상기 제 8 렌즈 그룹과 상기 제 4 오목 거울간의 제 8 공간을 포함하고,

상기 제 1 카타디옵트릭 광학계는, 제 1필드영역으로부터의 상기 광이, 제 1 렌즈 그룹, 제 1 공간, 제 2 렌즈 그룹, 제 2 공간을 통과하고, 상기 제 1 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 2 공간, 제 2 렌즈 그룹, 제 1 공간, 제 1 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,

상기 제 2 카타디옵트릭 광학계는, 상기 제 1 카타디옵트릭 광학계로부터의 광이, 상기 제 3 렌즈 그룹, 제 3 공간, 제 4 렌즈 그룹, 및 제 4 공간을 통과하고, 상기 제 2 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 4 공간, 제 4 렌즈 그룹, 제 3 공간, 및 제 3 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되고,

상기 제 3 카타디옵트릭 광학계는, 제 2 필드영역으로부터의 상기 광이, 제 5 렌즈 그룹, 제 5 공간, 제 6 렌즈 그룹, 및 제 6 공간을 통과하고, 상기 제 3 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 6 공간, 제 6 렌즈 그룹, 제 5 공간과, 제 5 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,

상기 제 4 카타디옵트릭 광학계는, 제 3 카타디옵트릭 광학계로부터의 광이, 제 7 렌즈 그룹, 제 7 공간, 제 8 렌즈 그룹, 제 8 공간을 통과하고, 상기 제 4 오목 거울에 의해 반사된 광이, 제 8 공간, 제 8 렌즈 그룹, 제 7 공간, 제 7 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,

상기 제 2 렌즈 그룹은, 상기 제 1 오목 거울쪽으로 향한 제 1 오목 렌즈면을 갖고,

상기 제 4 렌즈 그룹은, 상기 제 2 오목 거울쪽으로 향한 제 2 오목 렌즈면을 갖고 있으며,

상기 제 6 렌즈 그룹은, 상기 제 3 오목 거울쪽으로 향한 제 3 오목 렌즈면을 갖고,

상기 제 8 렌즈 그룹은, 상기 제 4 오목 거울쪽으로 향한 제 4 오목 렌즈면을 갖고 있으며,

상기 제 1 공간은 상기 제 2 공간 보다 크고,

상기 제 3 공간은 상기 제 4 공간 보다 크며,

상기 제 5 공간은 상기 제 6 공간 보다 크고,

상기 제 7 공간은 상기 제 8 공간 보다 큰 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 21.

제 20 항에 있어서,

상기 제 1, 제 2, 제 3, 및 제 4 카타디옵트릭 광학계는, 양측 텔레센트릭한 광학계인 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 22.

제 20 항에 있어서,

상기 제 1 물체와 상기 제 1 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 1 거울과,

상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 3 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 2 거울과,

상기 제 2 거울과 상기 제 3 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 3 거울과,

상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열된 제 4 거울과,

상기 제 1 물체와 상기 제 5 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 5 거울과,
상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 제 7 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 6 거울과,
상기 제 6 거울과 상기 제 7 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 7 거울과,
상기 제 7 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열된 제 8 거울을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 23.

제 22 항에 있어서,
상기 제 2 거울과 상기 제 3 거울간의 광로에 배열된 제 1 필드스톱과,
상기 제 6 거울과 상기 제 7 거울간의 광로에 배열된 제 2 필드스톱을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 24.

제 23 항에 있어서,
상기 제 1과 제 2 필드스톱이 상기 제 1과 제 2 노광 영역을 각각 규정하고, 상기 제 1과 제 2 노광 영역이 사다리꼴 형상을 하고 있는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 25.

제 20 항에 있어서,
상기 제 1 오목 렌즈면이 상기 제 2 공간에 나란히 놓이고,
상기 제 2 오목 렌즈면이 상기 제 4 공간에 나란히 놓이며,
상기 제 3 오목 렌즈면이 상기 제 6 공간에 나란히 놓이고,
상기 제 4 오목 렌즈면이 상기 제 8 공간에 나란히 놓이도록 구성된 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 26.

제 20 항에 있어서,
상기 제 2, 제 4, 제 6, 및 제 8 렌즈 그룹이 각각 부의 굴절력을 갖는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 27.

제 20 항에 있어서,
상기 제 2, 제 4, 제 6, 및 제 8 렌즈 그룹이 각각 단일렌즈로 구성된 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 28.

제 1 물체로서 원고를 조명하고, 청구항 1 내지 27 항 중의 어느 한 항 기재의 노광 장치에 의해, 제 2의 물체로서 기판 위에 화상을 형성하도록 구성된 것을 특징으로 하는 기판 위에 원고로부터의 패턴을 투영하는 방법.

청구항 29.

제 1 물체의 화상을 제 2 물체에 투영하기 위한 투영 광학계에 있어서,
제 1 정의 렌즈 그룹과,
제 2 부의 렌즈 그룹과,
오목 거울을 구비하고,
상기 제 1, 제 2 렌즈 그룹과 상기 오목 거울은, 상기 제 1 물체로부터의 광이, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹을 통과하고, 상기 오목 거울에 의해 반사된 광이, 상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 제 1 렌즈 그룹을 통과하도록 배열된 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 30.

제 1 물체의 상을 제 2 물체에 투영하기 위한 투영 광학계에 있어서,
제 1 정의 렌즈 그룹과,
오목한 렌즈면의 렌즈를 갖는 제 2 렌즈 그룹과,
오목 거울을 구비하고,
상기 제 1, 제 2 렌즈 그룹과 상기 오목 거울은, 제 1 물체로부터의 광이, 상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹을 통과하고, 상기 오목 거울에 의해 반사된 광이, 상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 제 1 렌즈 그룹을 통과하도록 배열되며,
상기 제 2 렌즈 그룹의 상기 렌즈의 상기 오목 렌즈면이 상기 오목 거울을 향하도록 구성된 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 31.

제 30 항에 있어서,
상기 제 2 렌즈 그룹이 부의 힘을 갖는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 32.

제 29 항 내지 제 31 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 1 공간과,
상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 오목 거울간의 광로에 배열된 제 2 공간을 추가로 구비하고,
상기 제 1 공간이 상기 제 2 공간 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 33.

제 32 항에 있어서,
상기 제 1 물체와 상기 제 1 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 1 거울과,

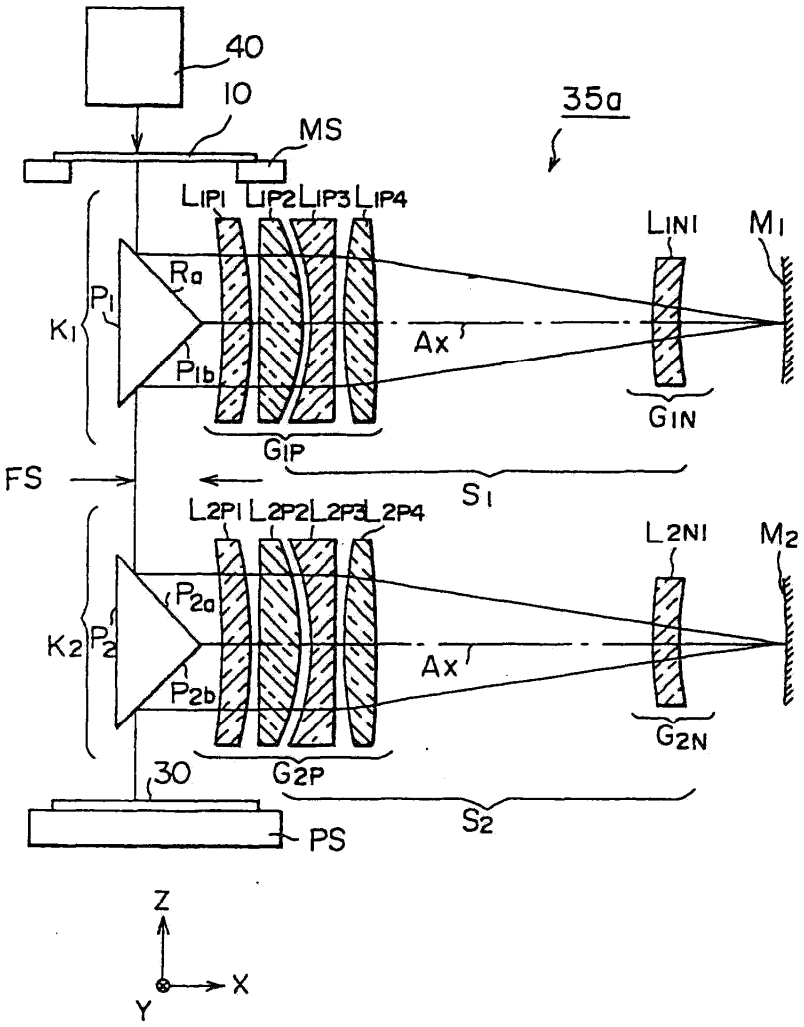
상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열된 제 2 거울을 추가로 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 34.

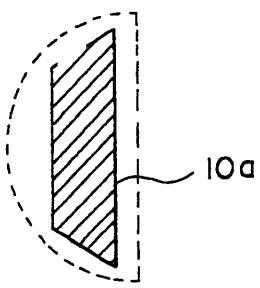
제 29 항 내지 제 31 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제 1 물체와 상기 제 1 렌즈 그룹간의 광로에 배열된 제 1 거울과,
상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체간의 광로에 배열된 제 2 거울을 추가로 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

도면

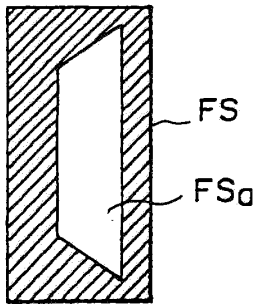
도면1



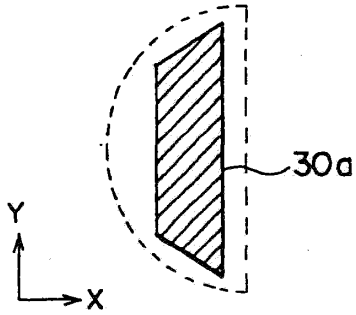
도면2a



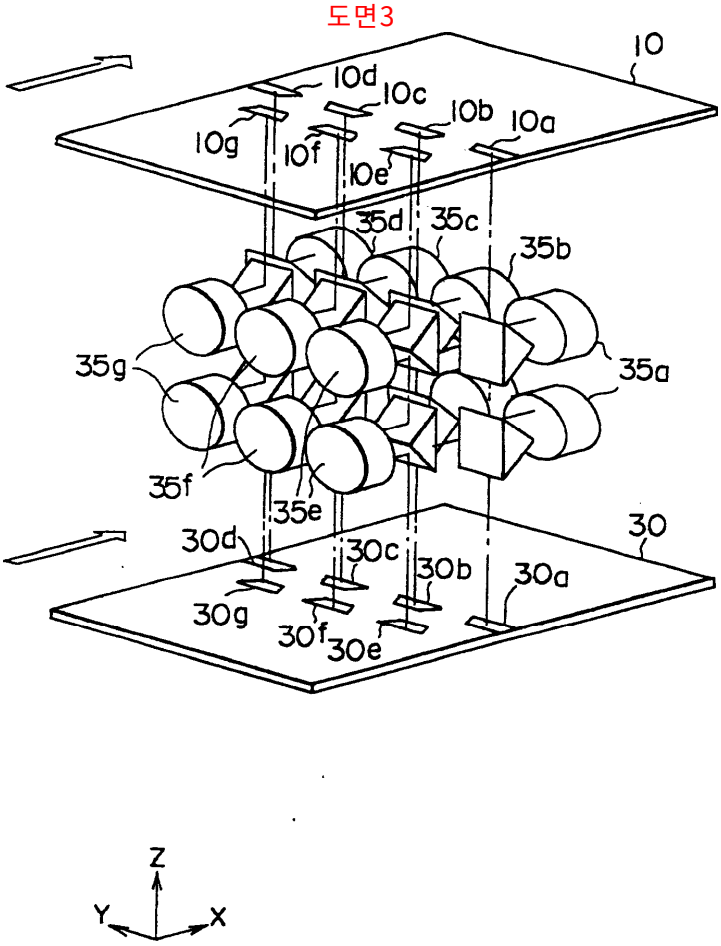
도면2b



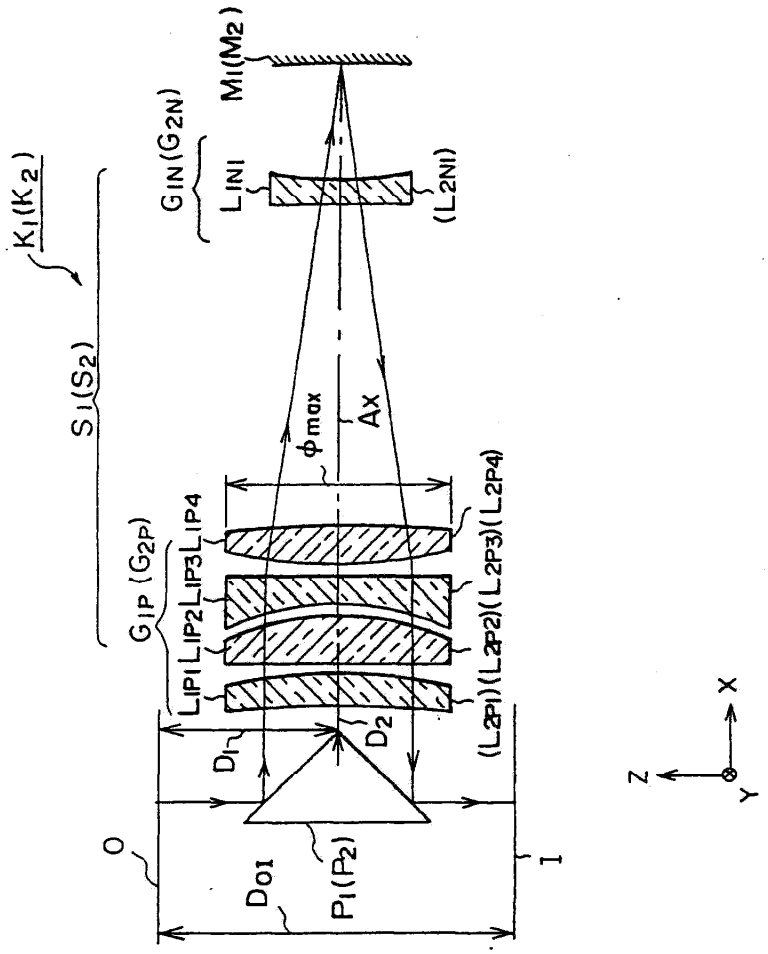
도면2c



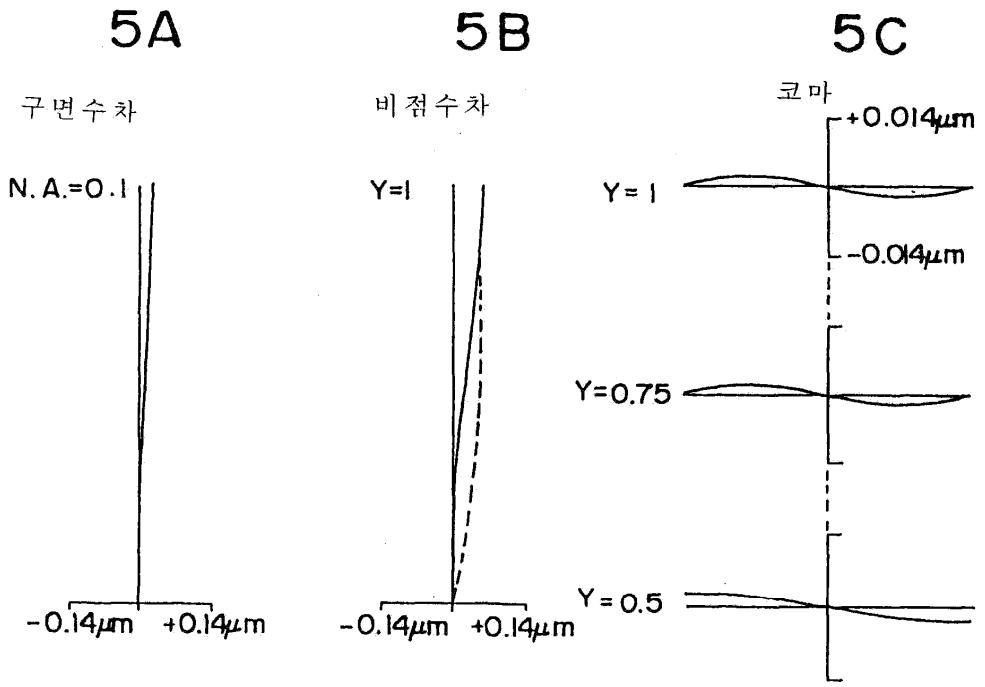
도면3



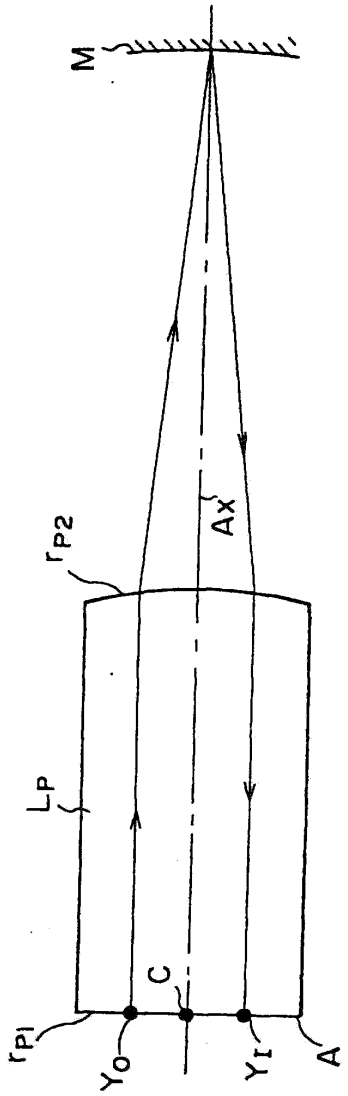
도면4


M1(M2)
GIN(G2N)
LIN1
(L2N1)
K1(K2)
S1(S2)
φmax
Ax
GIP (G2P)
LIP1 LIP2 LIP3 LIP4
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)
D1
D2
0
1
Do1
P1(P2)
X
Z
Y

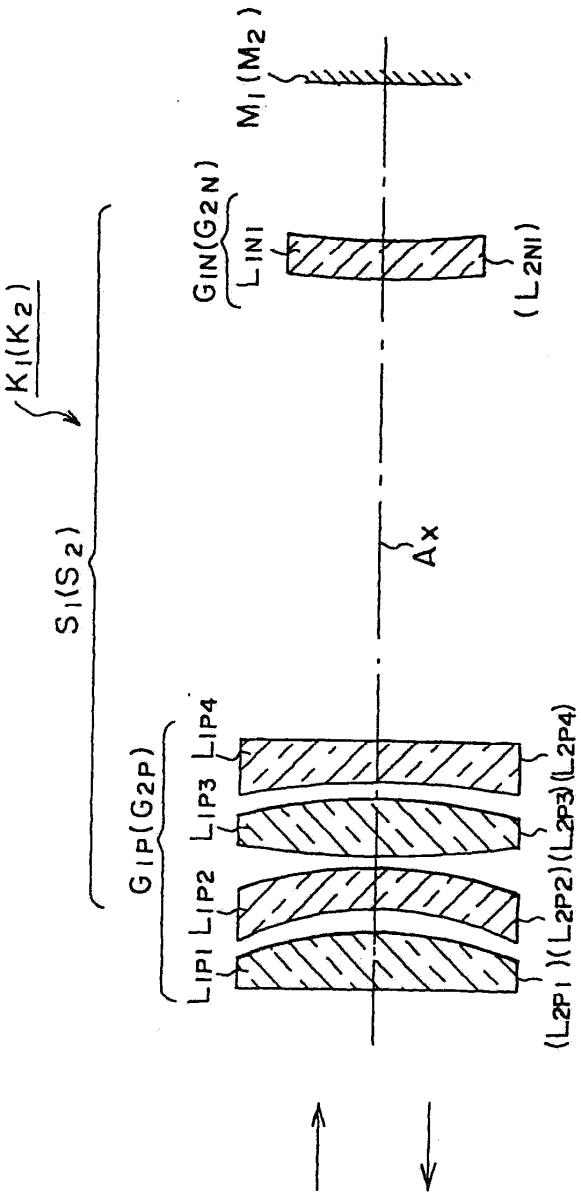
도면5


5A
구면수차
N.A.=0.1
-0.14μm
+0.14μm
5B
비점수차
Y=1
-0.14μm
+0.14μm
5C
코마
+0.014μm
Y=1
-0.014μm
Y=0.75
Y=0.5

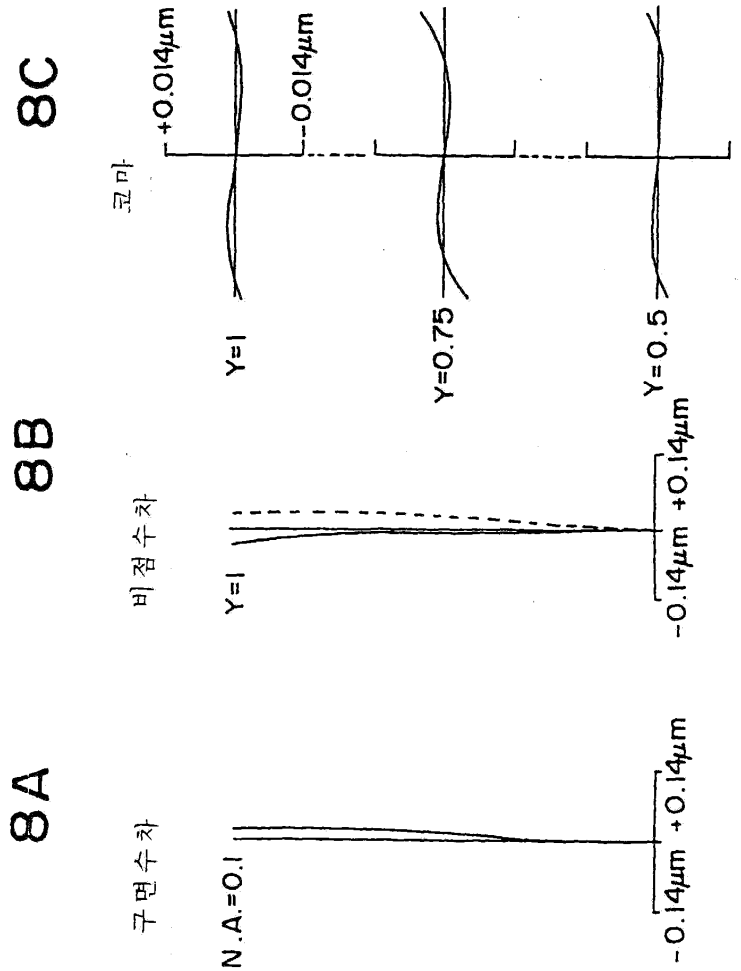
도면6



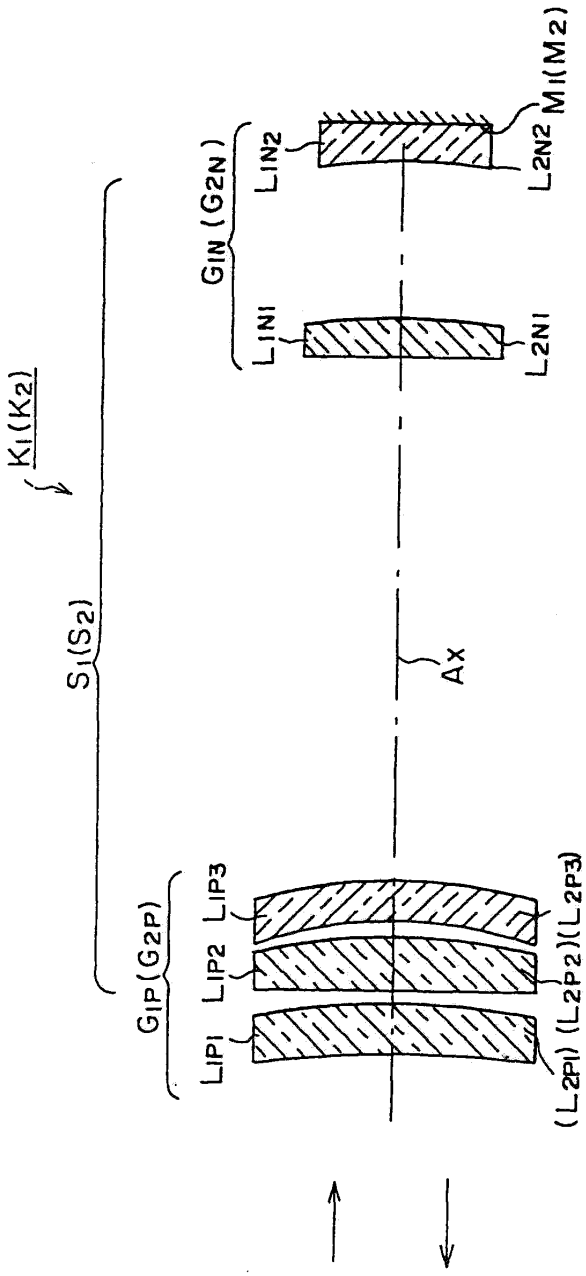
도면7


M1(M2)
GIN(G2N)
LIN1
(L2N1)
K1(K2)
S1(S2)
Ax
GIP(G2P)
LIP4
LIP3
LIP2
LIP1
(L2P4)
(L2P3)
(L2P2)
(L2P1)

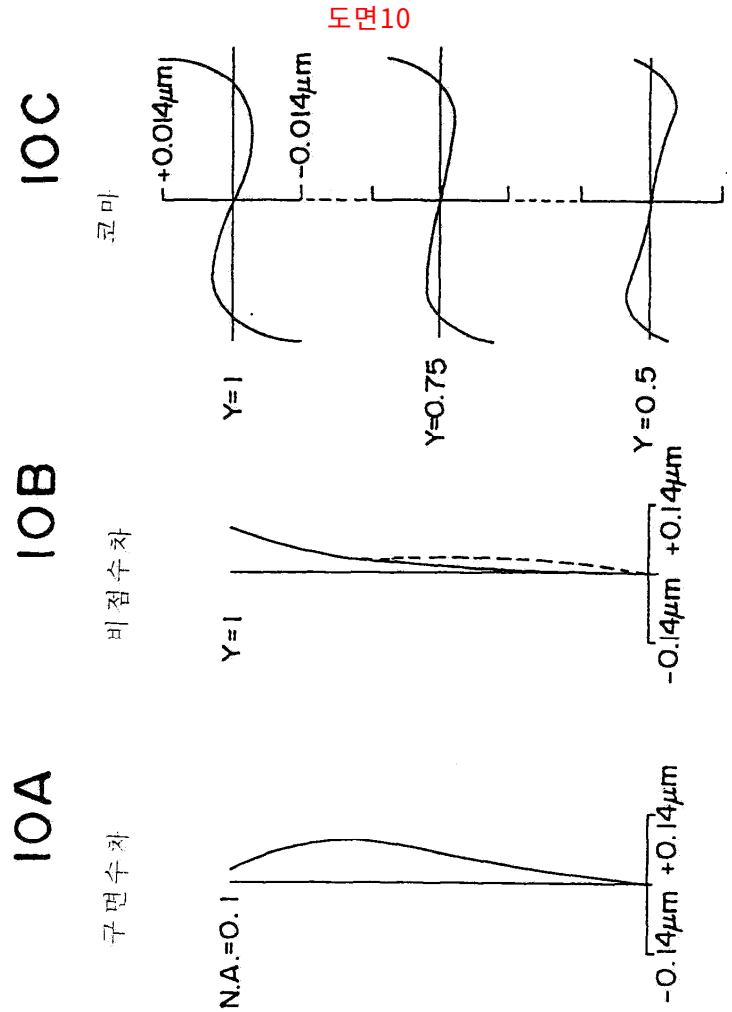
도면8


8A
구면수차
N.A.=0.1
-0.14μm +0.14μm
8B
비점수차
Y=1
-0.14μm +0.14μm
8C
코마
+0.014μm
-0.014μm
Y=1
Y=0.75
Y=0.5

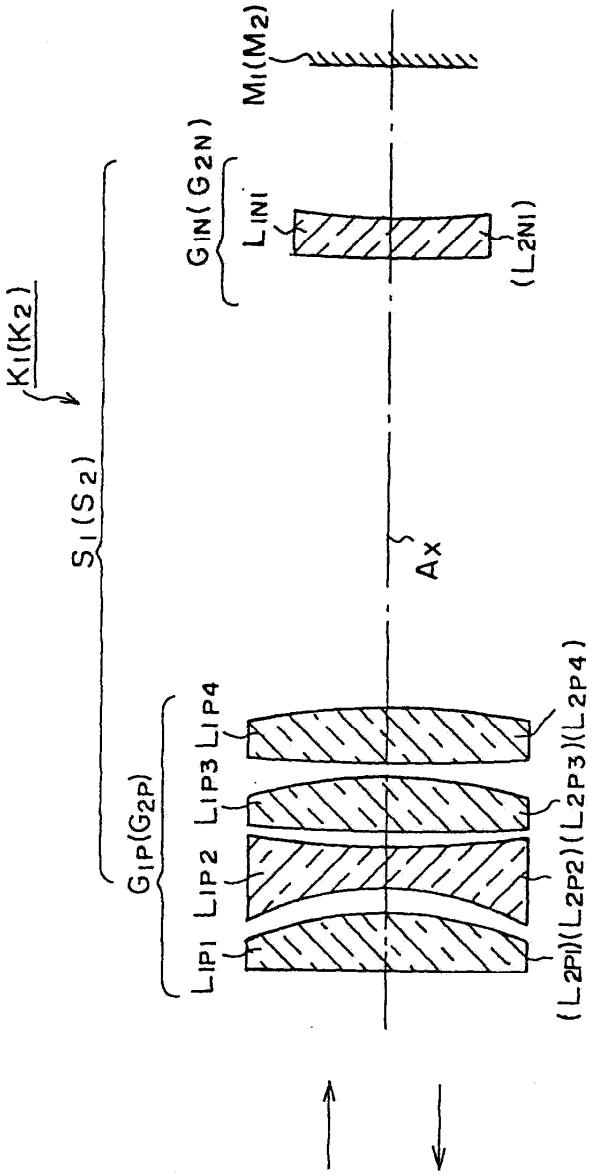
도면9


K1(K2)
S1(S2)
GIN(G2N)
LIN2
L2N2
M1(M2)
LIN1
L2N1
Ax
GIP(G2P)
LIP3
LIP2
LIP1
(L2P1)
(L2P2)(L2P3)

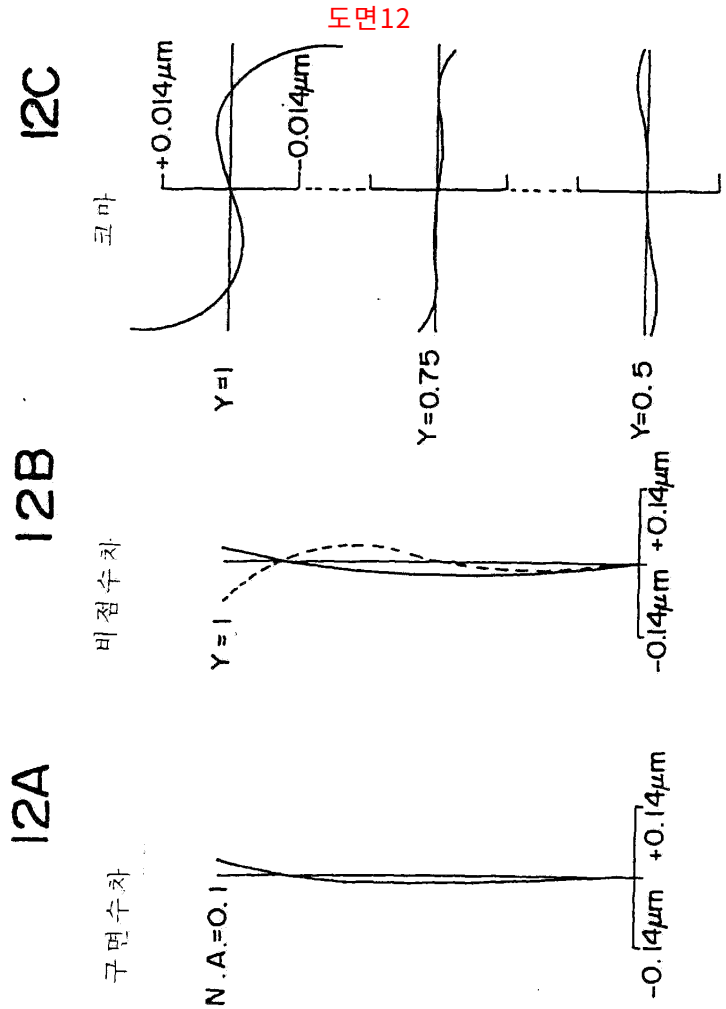
도면10


10A
구면수차
N.A.=0.1
-0.14μm
+0.14μm
10B
비점수차
Y=1
-0.14μm
+0.14μm
10C
코마
+0.014μm
-0.014μm
Y=1
Y=0.75
Y=0.5

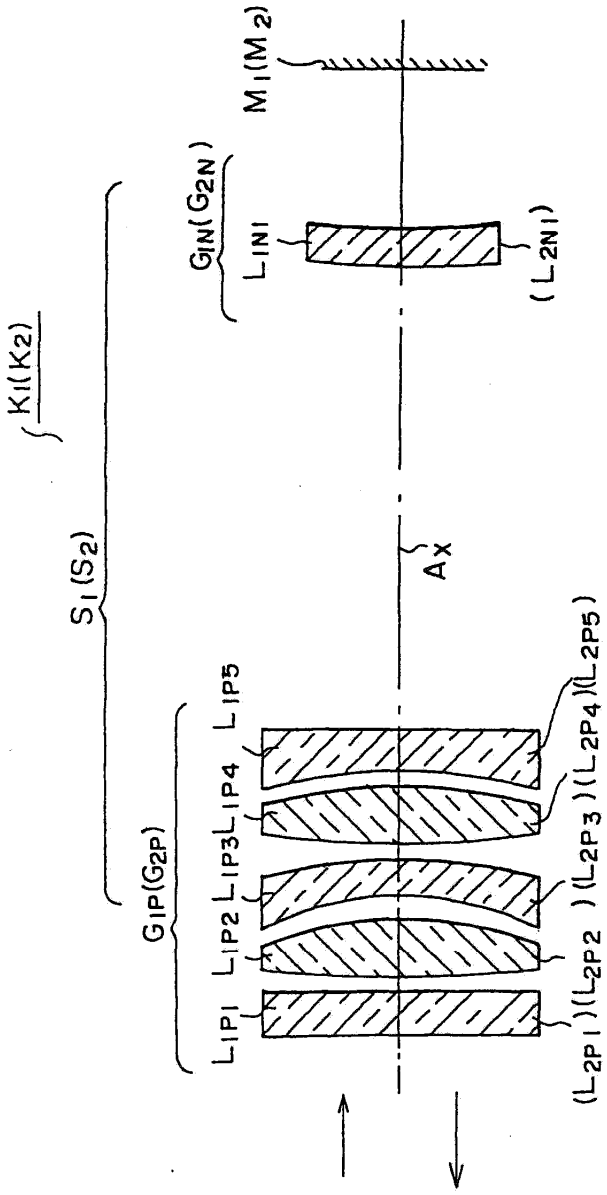
도면11


M1(M2)
G1N(G2N)
L1N1
(L2N1)
K1(K2)
S1(S2)
Ax
G1P(G2P)
L1P1 L1P2 L1P3 L1P4
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)

도면12


12C
코마
+0.014μm
-0.014μm
Y=1
Y=0.75
Y=0.5
12B
비점수차
Y=1
-0.14μm
+0.14μm
12A
구면수차
N.A.=0.1
-0.14μm
+0.14μm

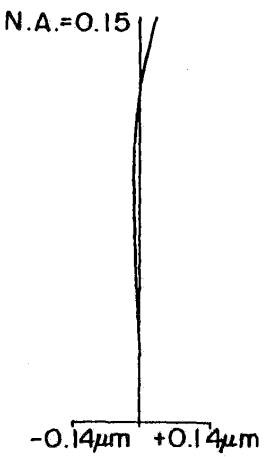
도면13


M1(M2)
G1N(G2N)
L1N1
(L2N1)
K1(K2)
S1(S2)
Ax
L1P5
L1P4
L1P3
L1P2
L1P1
G1P(G2P)
(L2P5)
(L2P4)
(L2P3)
(L2P2)
(L2P1)

도면14

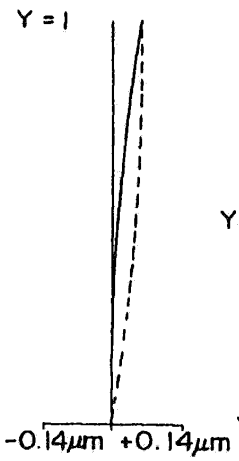
14A

구면수차



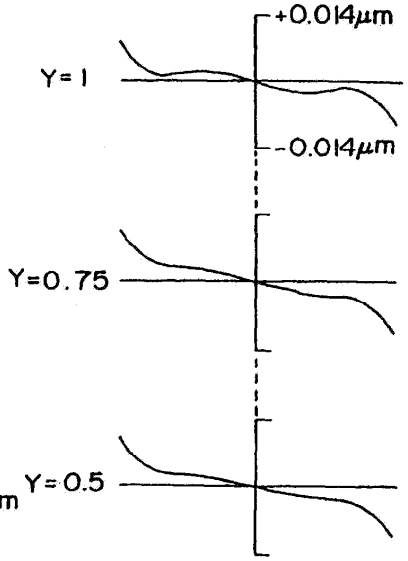
14B

비점수차

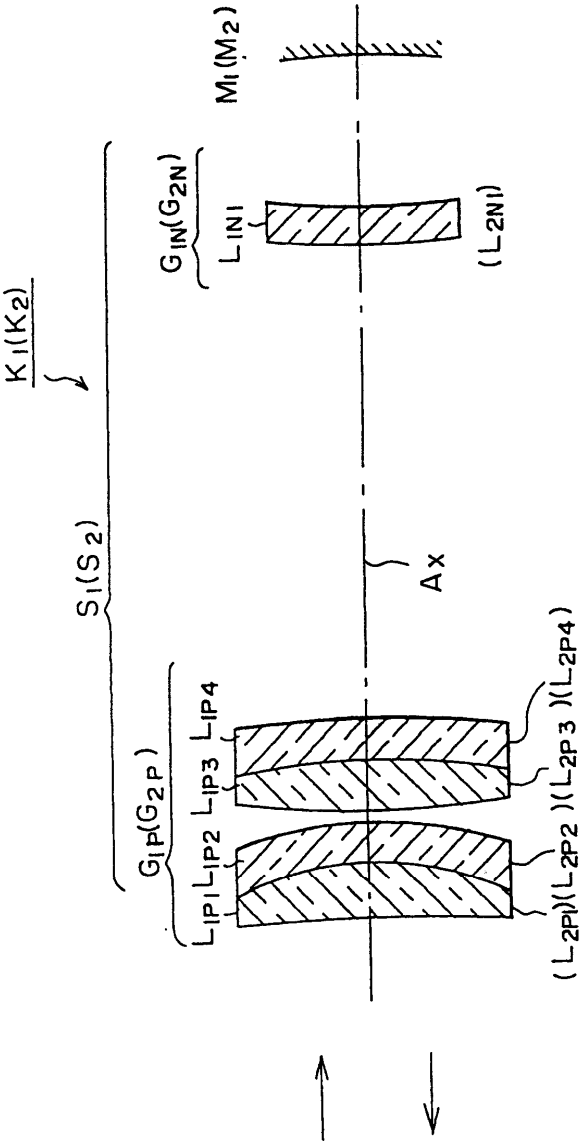


14C

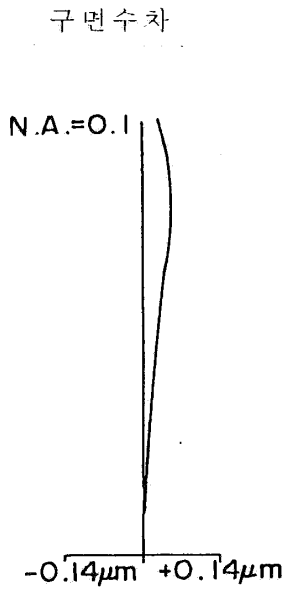
코마



도면15

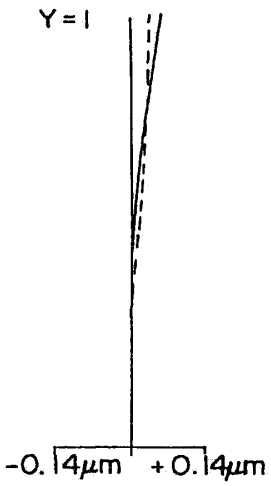

M1(M2)
G1N(G2N)
L1N1
(L2N1)
K1(K2)
S1(S2)
Ax
G1P(G2P)
L1P4
L1P3
L1P2
L1P1
(L2P4)
(L2P3)
(L2P2)
(L2P1)

도면16a


구면수차
N.A.=0.1
-0.14μm
+0.14μm

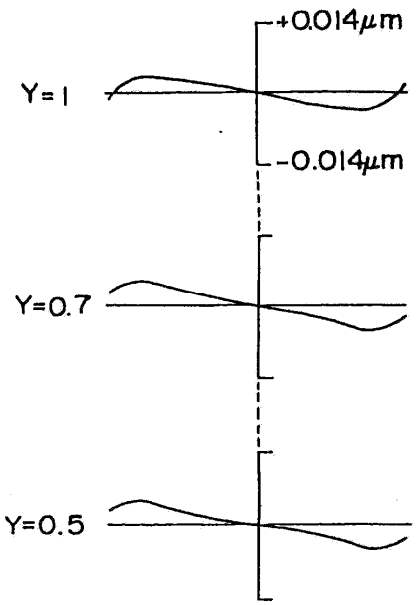
도면16b

비 점 수 차

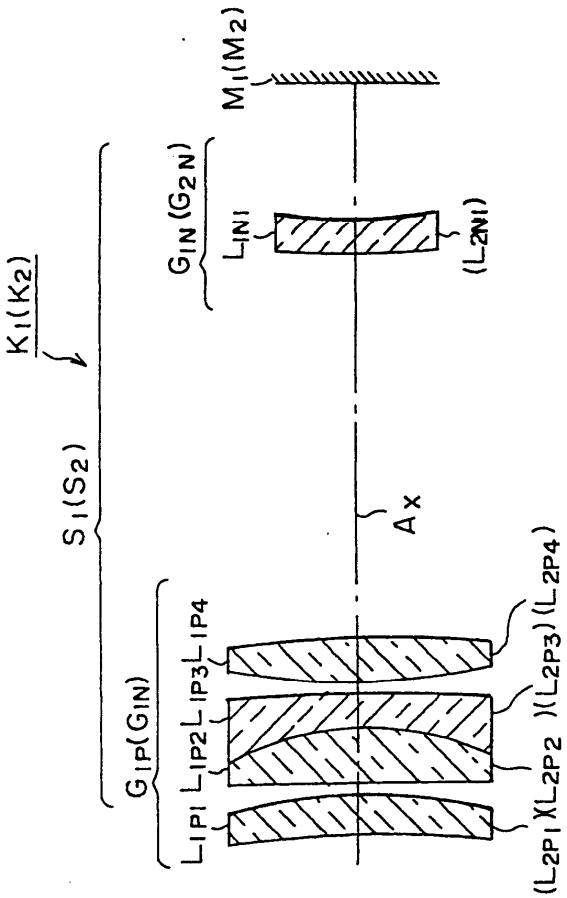


도면16c

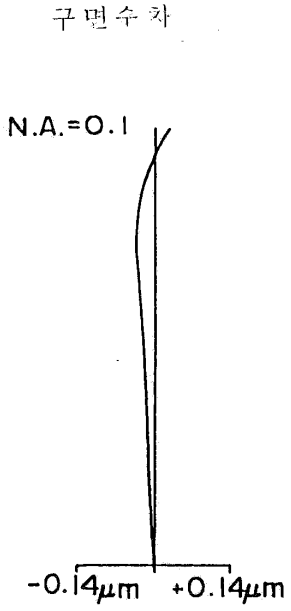
코 마



도면17

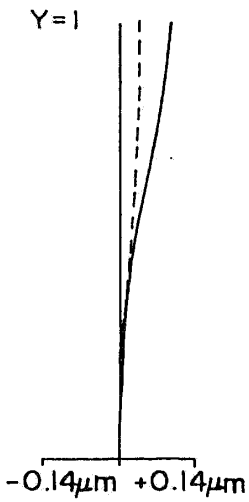

M1(M2)
GIN(G2N)
LIN1
(L2N1)
K1(K2)
S1(S2)
Ax
GIP(GIN)
LIP1 LIP2 LIP3 LIP4
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)

도면18a


구면수차
N.A.=0.1
-0.14μm
+0.14μm

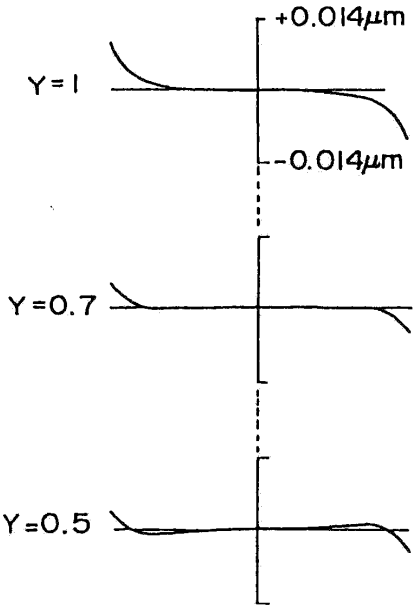
도면18b

비 점 수 차

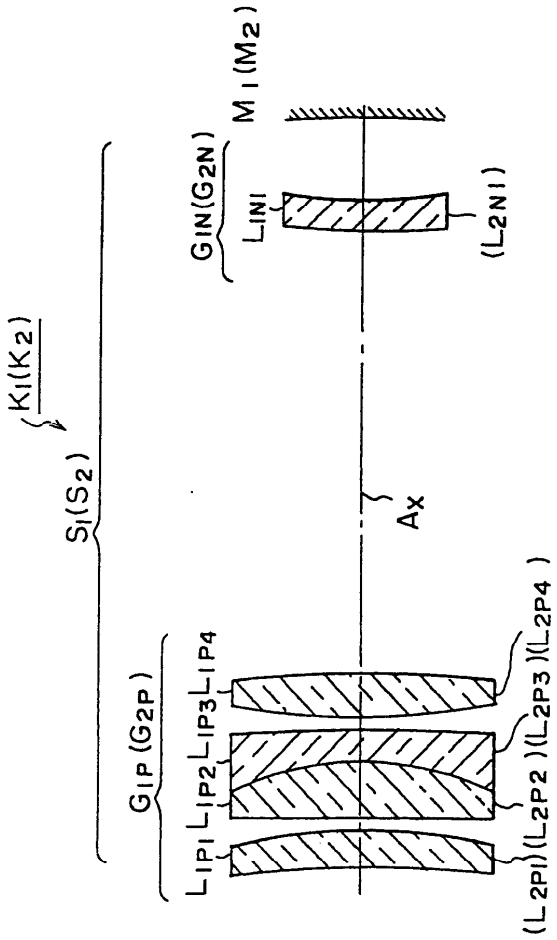


도면18c

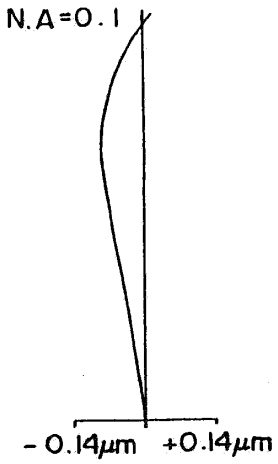
코 마



도면19


M1(M2)
G1N(G2N)
L1N1
(L2N1)
K1(K2)
S1(S2)
Ax
G1P(G2P)
L1P1 L1P2 L1P3 L1P4
(L2P1)(L2P2)(L2P3)(L2P4)

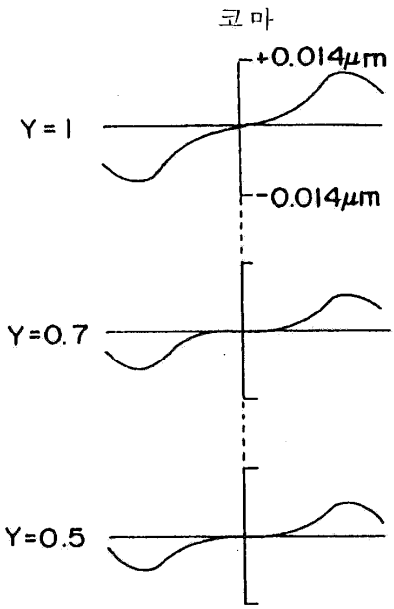
도면20a


구면수차
N.A=0.1
-0.14μm
+0.14μm

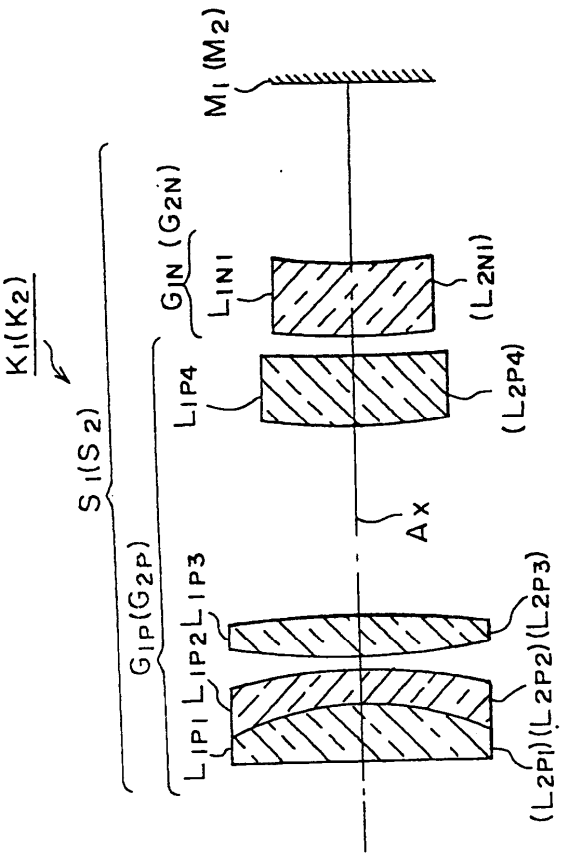
도면20b



도면20c

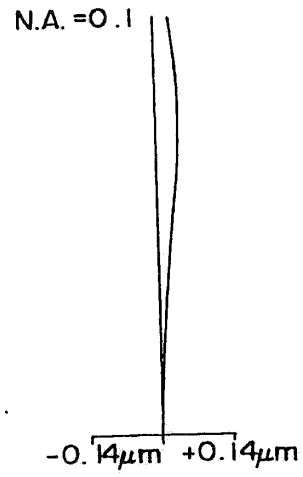


도면21



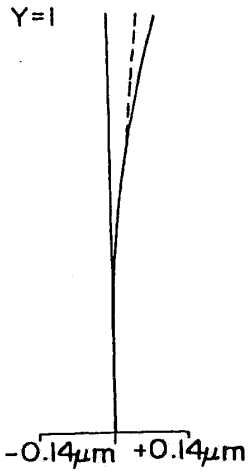
도면22a

구면수차



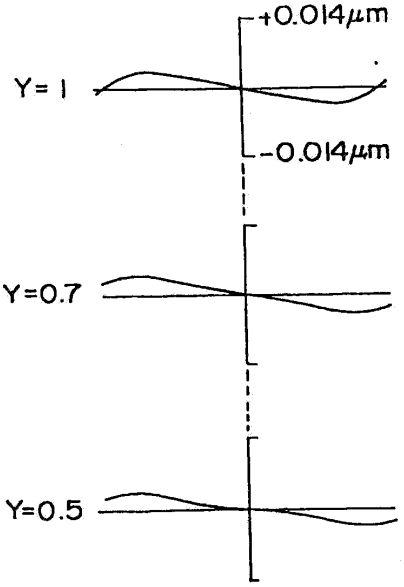
도면22b

비점수차

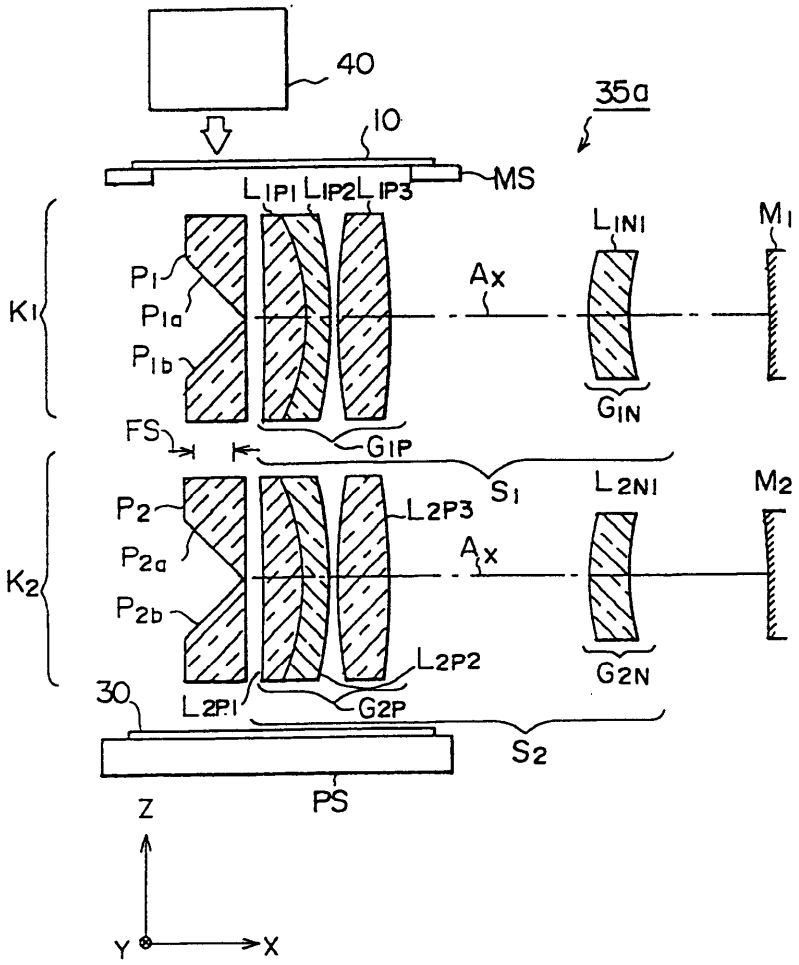


도면22c

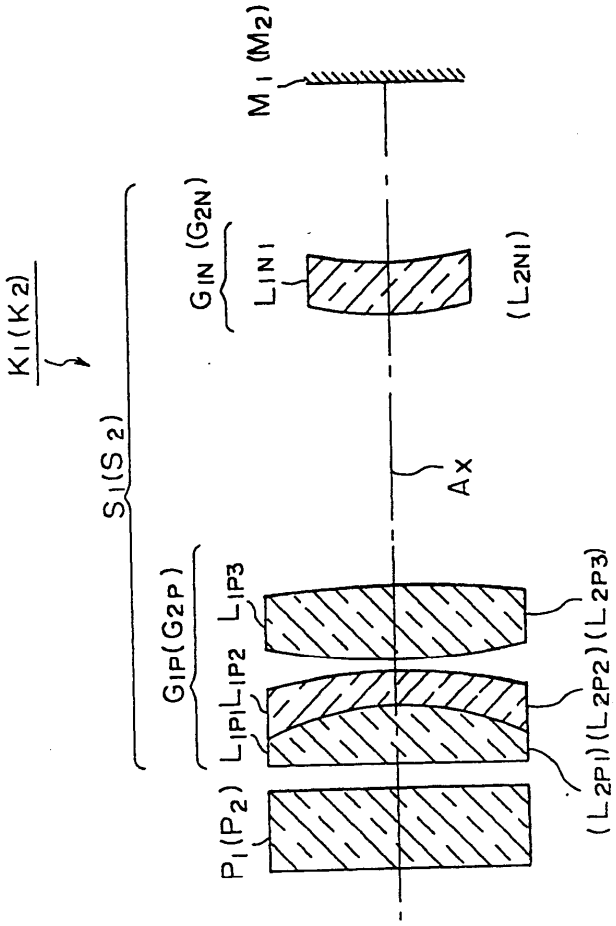
코마



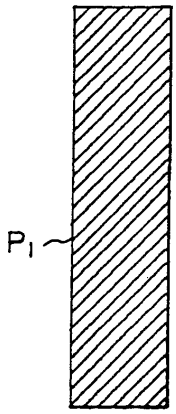
도면23


40
35a
10
MS
L1P1 L1P2 L1P3
LIN1
M1
P1
P1a
P1b
Ax
K1
GIN
FS
G1P
S1
L2N1
M2
P2
L2P3
P2a
Ax
K2
P2b
L2P2
G2N
30
L2P1
G2P
S2
PS
Z
Y
X

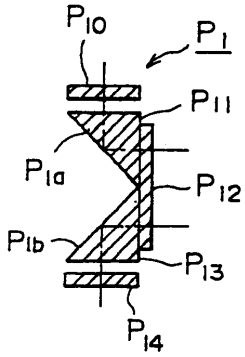
도면24


M1 (M2)
G1N (G2N)
L1N1
(L2N1)
K1 (K2)
S1 (S2)
Ax
G1P (G2P)
L1P3
L1P2
L1P1
(L2P3)
(L2P2)
(L2P1)
P1 (P2)

도면25a

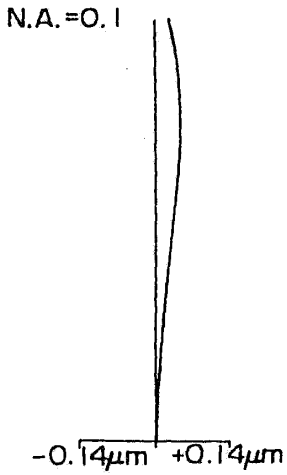

P1

도면25b



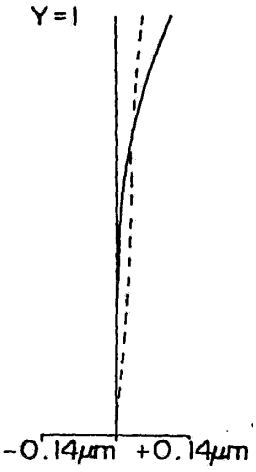
도면26a

구면수차



도면26b

비점수차



도면26c

코마

