(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
G03F 7/20

(45) 공고일자 2003년11월10일
(11) 등록번호 10-0378921
(24) 등록일자 2003년03월24일

(21) 출원번호 10-1995-0002551
(22) 출원일자 1995년02월07일

(65) 공개번호 특1996-0024688
(43) 공개일자 1996년07월20일

(30) 우선권주장 311050/94 1994년12월14일 일본(JP)

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

(72) 발명자 마츄자와히토시
일본국도쿄세타가야-쿠오쿠사와2-쵸메34-17

이시이미키히토
일본국사이타마-켄키타아다치-군후키아게-마치미요우요우133-1

타나카이세이
일본국카나가와-켄요코하마-시호도가야-쿠니시야-쵸1259-1-423

(74) 대리인 이정훈

심사관 : 김현숙

(54) 노광장치

요약

본 발명은 물체면으로 부터의 순서대로 명명하여 정의 제 1 렌즈 그룹 G_1, 부의 제 2 렌즈 그룹 G_2, 정의 제 3 렌즈 그룹 G_3, 부의 제 4 렌즈 그룹 G_4, 정의 제 5 렌즈 그룹 G_5, 및 부의 제 6 렌즈 그룹 G_6으로 구성되며, 제 2 렌즈 그룹 G_2은 부의 전방 렌즈 L_{2F}와 부의 후방 렌즈 L_{2R} 사이의 중간 렌즈 그룹 G_{2M}을 포함하며, 중간 렌그 그룹 G_{2M}은 물체면으로 부터 순서대로 명명하여 적어도 하나의 정의 제 1 정의 렌즈, 부의 제 2 렌즈, 부의 제 3 렌즈, 및 부의 제 4 렌즈로 이루어지도록 배열됨을 특징으로 하는 투영 광학계에 관한 것이다. 본 발명은 제 1 내지 제 6 렌즈 그춥 G_1 내지 G_6에 대한 적합한 촛점 길이 범위를 정하고 제 2 렌즈 그룹 G_2의 촛점 길이를 고려하여 제 2 부의 렌즈로부터 제 4 렌즈 까지의 전체 촛점 길이의 최적 범위를 정하는 것을 포함한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

제 1 도는 본 발명의 실시예에서 정의된 매개 변수들을 도시한 도면.
제 2 도는 본 발명에 따른 노광 장치의 도식적 구조를 도시한 도면.

제 3 도는 본 발명에 따른 제 1 실시예의 렌즈 메이크업 선도.
제 4 도는 본 발명에 따른 제 2 실시예의 렌즈 메이크업 선도.
제 5 도는 본 발명에 따른 제 3 실시예의 렌즈 메이크업 선도.
제 6 도는 본 발명에 따른 제 4 실시예의 렌즈 메이크업 선도.
제 7 도는 본 발명에 따른 제 5 실시예의 렌즈 메이크업 선도.
제 8 도는 본 발명에 따른 제 6 실시예의 렌즈 메이크업 선도.
제 9 도는 본 발명에 따른 제 1 실시예의 다양한 수차 선도.
제 10 도는 본 발명에 따른 제 2 실시예의 다양한 수차 선도.
제 11 도는 본 발명에 따른 제 3 실시예의 다양한 수차 선도.
제 12 도는 본 발명에 따른 제 4 실시예의 다양한 수차 선도.
제 13 도는 본 발명에 따른 제 5 실시예의 다양한 수차 선도.
제 14 도는 본 발명에 따른 제 6 실시예의 다양한 수차 선도.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 제 1 물체의 패턴을 제 2 물체로서 감광 기판 등에 투영하기위한 투영 광학계를 갖는 노광 장치에 관한 것이며, 보다 상세하게는 제 1 물체로서 레티클(마스크) 상에 형성된 반도체 또는 액정용 패턴을 제 2 물체로서 기판(반도체 웨이퍼, 플레이트, 등)에 투영 노광시키는 데에 적합하게 적용될 수 있는 투영 광학계에 관한 것이다.
집적 회로의 패턴이 점점더 미세해짐에 따라, 웨이퍼 프린팅에 사용되는 노광 장치에 요구되는 해상력 또한 점점더 높아지고 있다. 해상력의 발달에 추가하여, 결상 스트레스를 감소시키기 위해 노광 장치의 투영 광학계가 요구되고 있다.
이 결상 스트레스에는 투영 광학계의 결상면 상에 프린트된 웨이퍼의 보우잉(bowing) 등에 의한 것, 투영 광학계의 물체면에 회로 패턴 등이 기재된 레티클의 보우잉(bowing) 등에 의한 것, 및 투영 광학계에 의한 왜곡수차에 의한 것들이 포함된다.
최근 전이 패턴의 미세화 경향의 발달로 결상 스트레스를 감소시키것이 더욱 어려워지고 있다.
그리하여, 결상 스트레스에 대한 웨이퍼의 보우잉 효과를 감소시키기 위해서, 통상의 기술에서는 투영 광학계의 결상면의 원점에서 출구동공 위치를 배치시킨 소위 결상면 텔레센트릭 광학계를 사용하고 있다.
한편, 레티클의 보우잉에 의한 결상 스트레스 역시 물체 면으로부터 원점에서 투영 광학계의 입구 동공 위치를 배치시킨 소위 물체머너 텔레센트릭 광학계를 사용함으로써 감소시킬 수 있으며, 상기 물체면으로부터 비교적 먼 위치에서 투영 광학계의 입구 동공 위치를 배치하는 것이 제안되었다. 이러한 제안은 일본 특허 출원 공개 제 63-118115 및 5-173065호 및 미합중국 특허 제 5,260,832 호에 기재되어 있다.
본 발명의 목적은 비교적 넓은 노광 영역 및 큰 개구 수를 유시하면서 바이텔레센트릭한 배열에서도 비점수차, 특히 왜곡 수차를 매우 정확하게 수정할 수 있는 고성능 투영 광학계를 갖는 노광 장치를 제공하는 데에 있다.
상기 목적을 달성하기위하여, 본 발명은 감광 기판(예를 들어, 내광성 물질과 같은 광민감성 물질로 피복된 반도체 웨이퍼)을 주 표면 상에 고정시키는 스테이지, 소정 파장의 노광을 방출하고 마스크 상의 소정의 패턴을 기판 상에 전이시키기 위한 광원을 갖는 조명 광학계, 및 마스크의 상을 기판면에 투영하기위한 투영 광학계로 이루어진 고성능 투영 광학계를 포함한다. 상기 투영 광학계는 제 1 물체의 상(예를 들어, 집적 회로와 같은 패턴의 마스크)을 제 2 물체(예를 들어, 감광 기판)에 투광하기위한 것이다.
제 1 도에 도시된 바와 같이, 투영 광학계는 제 1 물체 R 측면으로부터 순서대로 명명하여, 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹 G_1, 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹 G_2, 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹 G_3, 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹 G_4, 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹 G_5, 및 부의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹 G_6 로 이루어져 있으며, 제 2 렌즈 그룹 G_2 는 추가로 제 1 물체 R 에 가 장 근접하게 위치하고 제 2 물체 W 에 대하여 오목면을 갖는 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈 L_{2F}, 제 2 물체에 가장 근접하게 위치하고 제 1 물체 R 에 대하여 오목면을 갖는 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈 L_{2R}, 및 제 2 렌즈 그룹 G_2 에서 전방 렌즈 L_{2F} 와 제 2 렌즈 그룹 G_2 에서 후방 렌즈 L_{2R} 사이에 놓인 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 으로 이루어진다. 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 은 제 1 물체 R 의 측면으로부터 순서대로 명명하여 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 L_{M1}, 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 L_{M2}, 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 L_{M3}, 및 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 L_{M4} 로 이루어진다.
먼저, 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹 G_1 은 주로 텔레센트릭성을 유지하면서 왜곡 수차를 보정하는 데에 기여하며, 특이적으로, 제 1 렌즈 그룹 G_1 은 제 1 렌즈 그룹 G_1 이후 제 2 물체 상에 위치한 복수의 렌즈 그룹에 의한 부의 왜곡 수차를 균형을 잘 맞추도록 보정하기 위한 정의 왜곡 수차를 발생하도록 배열된다. 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹 G_2 및 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹 G_4 는 주로 결상면 플레이트를 만들기 위해 페쯔벌 합계(Petzval sum)을 보정하는 데에 기여한다. 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹 G_2 및 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹 G_3 의 두 렌즈 그룹은 투영 광학계에서 후방 촛점(투영 광학계에서 제 2물체 W 에 대하여 제 2물체 W 에 가장 근

접한 렌즈면과 같은 광학면으로 부터의 거 리)을 보장하는 데에 기여하는 역 망원경 시스템을 형성한다. 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹 G_5 및 마찬가지로 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹 G_6 은 주로 제 2 물체 면상에서 고 NA 구조를 충분히 지지하기 위해 왜곡 수차 발생을 억제하고 특히 구면 수차의 발생을 억제하는 데에 기여한다.

상기 구조에 기초하여, 제 2 렌즈 그룹 G_2 에서 제 1 물체 R 에 가장 근접하게 위치하고 제 2 물체 W 에 대하여 오목면을 갖는 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈 L_{2F} 는 필드의 곡률 및 코마를 보정하는 데에 기여하며, 제 2 렌즈 그룹 G_2 에서 제 2 물체 W 에 가장 근접하게 위치하고 제 1 물체 R 에 대하여 오목면을 갖는 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈 L_{2R} 는 필드의 곡률, 코마, 및 비점수차를 보정하는 데에 기여한다. 전방 렌즈 L_{2F} 와 후방 렌즈 L_{2R} 사이에 위치한 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서, 정의굴절력을 갖는 제 1 렌즈 L_{M1} 는 필드의 곡률을 보정하는 데에 크게 기여하는 부의 굴절력을 갖는 제 2 내지 제 4 렌즈 L_{M2} - L_{M4} 에 의한 부의 왜곡 수차를 보정하는 데에 기여한다.

특히, 상기 투영 광학계에서, 제 1 그룹 렌즈 G_1 의 촛점 길이가 f_1, 제 2 그룹 렌즈 G_2 의 촛점 길이가 f_2, 제 3 그룹 렌즈 G_3 의 촛점 길이가 f_3, 제 4 그룹 렌즈 G_4 의 촛점 길이가 f_4, 제 5 그룹 렌즈 G_5 의 촛점 길이가 f_5, 제 6 그룹 렌즈 G_6 의 촛점 길이가 f_6, 제 2 그룹 렌즈 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 제 2 내지 제 4 렌즈 L_{M2} - L_{M4} 의 전체 촛점 길이가 f_n, 및 제 1 물체 R 로부터 제 2 물체 W 까지의 거리를 L 이라 할 때 하기 (1) 내지 (5) 의 조건이 만족된다:

(1) $0.1 < f_1/f_3 < 17$

(2) $0.1 < f_2/f_4 < 14$

(3) $0.01 < f_5/L < 0.9$

(4) $0.02 < f_6/L < 1.6$

(5) $0.01 < f_n/f_2 < 2.0$

조건 (1) 은 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹 G_1 의 촛점 길이 f_1 와 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹 G_3 의 촛점 길이 f_3 간의 최적 비를 정하고 있으며, 이는 제 1 렌즈 그룹 G_1 과 제 3 렌즈 그룹 G_3 사이의 최적 굴절력(힘) 균형이다. 이 조건 (1) 은 주로 왜곡 수차를 균형이 잘 맞도록 보정하기 위한 것이다. 이 조건 (1) 하한 아래에서는 제 3 렌즈 그룹 G_3 의 굴절력이 제 1 렌즈 그룹 G_1 의 굴절력에 비해 상대적으로 약해지기 때문에 큰 부의 왜곡수차가 발생한다. 이 조건 (1) 상한 이상에서는 제 1 렌즈 그룹 G_1 의 굴절력이 제 3 렌즈 그룹 G_3 의 굴절력에 비해 상대적으로 약해지기 때문에 큰 부의 왜곡수차가 발생한다.

조건 (2) 은 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 촛점 길이 f_2 와 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 촛점 길이 f_4 간의 최적 비를 정하고 있으며, 이는 제 2 렌즈 그룹 G_2 과 제 4 렌즈 그룹 G_4 사이의 최적 굴절력(힘) 균형이다. 이 조건 (2) 은 주로 넓은 노광 필드를 보장하면서 필드의 곡률을 잘 보정하도록 페쯔발 합계를 작게 유지시키기 위한 것이다. 이 조건 (2) 하한 아래에서는 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 굴절력이 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 굴절력에 비해 상대적으로 약해지기 때문에 큰 정의 페쯔발 합계가 나타난다. 이 조건 (2) 상한 이상에서는 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 굴절력이 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 굴절력에 비해 상대적으로 약해지기 때문에 큰 정의 페쯔발 합계가 나타난다. 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 굴절력을 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 굴절력에 비하여 강하게 함으로써 넓은 노광 필드하에서 페쯔발 합계가 보다 잘 균형을 갖도록 하기위해, 상기 조건 (2)의 더 낮은 한계를 0.8, 즉, $0.8 < f_2/f_4$ 로 설정하는 것이 바람직하다.

조건 (3) 은 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 촛점 길이 f_5 와 제 1 물체 R(레티클 등) 및 제 2 물체 W(웨이퍼 등)으로 부터의 거리(물체-상 거리) L 사이의 최적 비를 정하고 있다. 이 조건 (3) 은 큰 개구수를 유지하면서 구면 수차, 왜곡 수차, 및 페쯔발 합계의 균형을 잘 보정하기 위한 것이다. 이 조건 (3) 하한 아래에서는 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 굴절력이 너무 강하여, 이 제 5 렌즈 그룹 G_5 은 부의 왜곡 수차 뿐 만 아니라 큰 부의 구면 수차도 발생시킨다. 이 조건 (3) 상한 이상에서는 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 굴절력이 너무 약하여, 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 굴절력도 또한 그와 함께 약해지는 것이 불가피하며, 따라서 페쯔발 합계를 잘 보정하는 데에 실패하는 결과를 가져온다.

조건 (4) 은 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹 G_6 의 촛점 길이 f_6 와 제 1 물체 R (레티클 등) 내지 제 2 물체 W (웨이퍼 등)까지의 거리(물체-상 거리) L 사이의 최적 비를 정하고 있다. 이 조건 (4) 은 큰 개구수를 유지하면서 더 높은 차수의 구면 수차 및 부의 왜곡 수차의 발생을 억제하기 위한 것이다. 이 조건 (4) 하한 아래에서는 제 6 렌즈 그룹 G_6 자체가 더 큰 불의 왜곡 수차를 발생시키며, 이 조건 (4)의 상한 이상에서는 더 높은 차수의 구면 수차를 나타낸다.

조건 (5) 은 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 L_{M2} 내지 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 L_{M4} 의 전체 촛점 길이 f_n 와 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 촛점 거리 f_2 간의 최적 비를 정하고 있다. 상기한 바와 같이, 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 L_{M2} 내지 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 L_{M4} 의 전체 촛점 길이 f_n 는 3개, 즉 제 2 렌즈 L_{M2} 내지 제 4 렌즈 L_{M4} 의 렌즈의 전체 촛점 길이일뿐 만 아니라, 제 2 렌즈와 제 4 렌즈 사이에 복수의 렌즈가 있는 제 2 렌즈 L_{M2} 와 제 4 렌즈 L_{M4} 사이에 3 또는 그 이상의 렌즈의 전체 촛점 길이를 의미한다.

이 조건 (5) 은 왜곡 수차의 발생을 억제하면서 페쯔발 합계를 작게 유지시 키기 위한 것이다. 이 조건 (5) 낮은 하한

아래에서는 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 제 2 부의 렌즈 내지 제 4 부의 렌즈의 적어도 3 개의 부의 렌즈를 포함하는 부의 서브렌즈 그룹의 전체 굴절력이 너무 커서 큰 부의 왜곡 수차가 나타난다. 왜곡 수차 및 코마를 충분히 보정하기 위해, 상기 조건(5)의 낮은 한계는 0.1, 즉 $0.1 < f_n/f_2$ 로 설정하는 것이 바람직하다.
이 조건 (5) 의 높은 상한 이상에서는 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 제 2 부의 렌즈 내지 제 4 부의 렌즈의 적어도 3개의 부의 렌즈를 포함하는 부의 서브렌즈 그룹의 전체 굴절력이 너무 약하여 큰 페쯔발 합계를 발생시킨다. 또한, 제 3 렌즈 그룹 G_3 의 굴절력도 또한 약해진다. 그러므로 투영 광학계는 치밀하게 구축시키는 것이 어렵다. 페쯔발 합계를 잘 보정하면서 충분히 치밀한 설계를 달성하기 위해서 상기 조건 (5) 의 높은 한계는 1.3, 즉 $f_n/f_2 < 1.3$ 으로 설정하는 것이 바람직하다.
추가로, 바람직하게는 전체 투영 광학계의 제 1 물체 R 로 부터 제 1 물체면 촛점 F 까지의 축 거리를 I 로 하고 제 1 물체 R 로부터 제 2 물체 W 까지의 거리를 L 이라 할 때, 하기 조건 (6) 을 만족시킨다.

(6) $1.0 < I/L$

조건 (6) 은 전체 투영 광학계의 제 1 물체 R 로부터 제 1 물체면 촛점 F 까지의 축 거리 I 와 제 1 물체 R (레티클 등)으로 부터 제 2 물체 W (웨이퍼 등)까 지의 거리(물체-상 거리) 간의 최적 비를 한정한다. 여기에서, 조준된 광 빔을 투영 광학계의 광축에 대해서 근축 영역의 제 2 물체면 상에서 투영 광학계로 들어가도록 한 후 및 근축 영역에서 광 빔이 투영 광학계로부터 나오는 경우에는 전체 투영 광학계의 제 1 물체면 촛점 F 이란 투영 광학계로부터 나온 빛을 광축으로 절단한 지점을 의미한다.
이 조건 (6) 의 낮은 하한 아래에서는 투영 광학계의 제 1 물체면의 텔레센트릭성은 상당히 파괴되어, 제 1 물체 R 의 축 편차로 인한 배율 및 왜곡 수차의 변화가 커질 것이다. 그 결과, 목적 배율에서 제 1 물체 R 의 상을 제 2 물체 W 로 정확하게 투영하는 것이 어려워질 것이다. 제 1 물체 R 의 축 편차로 인한 배율 왜곡 수차의 변화를 충분히 억제하기 위해서, 상기 조건 (6) 의 낮은 한계는 1.7, 즉 $1.7 < I/L$ 로 설정하는 것이 바람직하다. 또한, 투영 광학계의 조밀한 설계를 유지하면서 동공의 구면 수차 및 왜곡 수차 모두가 균형 상태로 잘 보정하기 위해서 상기 조건 (6) 의 높은 한계는 6.8, 즉 $I/L < 6.8$ 로 설정하는 것이 바람직하다.
또한, 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 부의 굴절력을갖는 제 3 렌즈 L_{M3} 의 촛점 길이가 f_{23} 이고 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 부의 굴절력을갖는 제 4 렌즈 L_{M4} 의 촛점 길이가 f_{24} 일 경우에는 하기 조건 (7)을 만족시키는 것이 더욱 바람직하다.

(7) $0.07 < f_{24}/f_{23} < 7$

이 조건 (7) 의 낮은 하한 아래에서는 제 4부의 렌즈 L_{M4} 의 굴절력이 제 3 부 의 렌즈 L_{M3} 의 굴절력에 비해 강해져서, 제 4 부의 렌즈 L_{M4} 는 큰 코마 및 큰 부의 왜곡 수차를 발생시킨다. 부의 왜곡 수차를 보정하면서 코마를 더 잘 보정하기 위해서, 상기 조건 (7) 의 낮은 한계는 0.14, 즉 $0.14 < f_{24}/f_{23}$ 로 설정하는 것이 바람직하다. 이 조건 (7) 의 높은 상한 이상에서는 제 3 부의 렌즈 L_{M3} 의 굴절력이 제 4 부의 렌즈 L_{M4} 의 굴절력에 비해 상대적으로 강해져서, 제 3 부의 렌즈 L_{M3} 는 큰 코마 및 큰 부의 왜곡 수차를 발생시킨다. 코마를 보정하면서 부의 왜곡 수차를 더 잘 보정하기 위해서, 상기 조건 (7) 의 높은 한계는 3.5, 즉 $f_{24}/f_{23} < 3.5$ 로 설정하는 것이 바람직하다.
또한, 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 L_{M2} 의 촛점 길이가 f_{22} 이고 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 부의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 L_{M3} 의 촛점 길이가 f_{23} 일 경우에는 하기 조건 (8)을 만족시키는 것이 더욱 바람직하다.

(8) $0.1 < f_{22}/f_{23} < 10$

이 조건 (8) 의 낮은 하한 아래에서는 제 2부의 렌즈 L_{M2} 의 굴절력이 제 3 부의 렌즈 L_{M3} 의 굴절력에 비해 강해져서, 제 2 부의 렌즈 L_{M2} 는 큰 코마 및 큰 부의 왜곡 수차를 발생시킨다. 부의 왜곡 수차를 더 잘 보정하기 위해서, 상기 조건 (8) 의 낮은 한계는 0.2, 즉 $0.2 < f_{22}/f_{23}$ 로 설정하는 것이 바람직하다. 이 조건 (8) 의 높은 상한 이상에서는 제 3 부의 렌즈 L_{M3} 의 굴절력이 제 2 부의 렌즈 L_{M2} 의 굴절력에 비해 강해져서, 제 3 부의 렌즈 L_{M3} 는 큰 코마 및 큰 부의 왜곡 수차를 발생시킨다. 코마를 보정하면서 부의 왜곡 수차를 더 잘 보정하기 위해서, 상기 조건 (8) 의 높은 한계는 5, 즉 $f_{22}/f_{23} < 5$ 로 설정하는 것이 바람직하다.
또한, 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서 부의 굴절률을 갖는 제 4 렌즈 L_{M4} 의 제 2 물체측 렌즈 표면으로 부터 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 후방 렌즈 L_{2R} 의 제 1 물체측 렌즈 표면까지의 거리가 D 이고, 제 1 물체 R 로부터 제 2 물체 W 에로의 거리가 L 일때, 하기 조건 (9) 가 만족되는 것이 보다 바람직하다.

(9) $0.05 < D/L < 0.4$

상기 조건식 (9)의 하한치 이하에서는 제 2 물체측에서의 충분한 후 촛점을 확보하는 것 뿐만 아니라 페쯔발 합계를 수정하기가 어렵게 된다. 조건식 (9)의 상한치 이상에서는 하나의 큰 코마와 왜곡 수차가 나타난다. 또한, 예를 들어 레티클을 제 1 물체 R 로서 지지하는 레티클 스테이지와 제 1 렌즈 그룹 G_1 사이에서의 기계적인 간섭을 피하기 위해 제 1 물체 R 과 제 1 렌즈 그룹 G_1 사이의 공간을 충분하게 확보하는 것이 바람직한 경우들이 있지만, 충분한 공간을 확보하는 것이 상기 조건식 (9)의 상한치 이상에서는 어려워지는 문제점이 있다.
또한, 제 4 렌즈 그룹 G_4 는 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 촛점 길이가 f_4 이고 제 1 물체 R 과 제 2 물체 W 사이의 거리가 L 일때 하기의 조건을 만족한다.

(10) $-0.098 < f_4/L < -0.005$

상기 조건 (10) 의 하한치 아래에서는 구면 수차의 수정이 어려워지게 되는데 이것은 바람직하지 못한 것이며, 또한, 상기 조건 (10)의 상한치 이상에서도 코마가 나타나는 바람직하지 못한 현상이 나타난다. 구면 수차와 페쯔발 합계를 잘 수정하기 위해서는 상기 조건 (10)의 하한이 -0.078, 즉, $-0.078 < f_4 L$ 로 설정되는 것이 바람직하며, 더 나아가서 코마의 생성을 극복하기 위해서는 상기 조건 (10)의 상한이 -0.047 즉, $f_4/L < -0.047$ 로 설정되는 것이 바람직

하다.

또한, 제 2 렌즈 그룹 G_2 는 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 촛점 길이가 f_2 이고 제 1 물체 R 로부터 제 2 물체 W 에 이르는 거리가 L 일때, 하기 조건을 만족한다.

(11) $-0.8 < f_2/L < -0.050$

여기서, 상기 조건 (11)의 하한 아래에서는, 정의 페쯔발 합계 결과를 얻게 되는데 이것은 바람직하지 못하며, 또한, 상기 조건(11)의 상한 이상에서는 부의 왜곡 수차이 나타나는 바람직하지 못한 현상이 나타난다. 페쯔발 합계를 보다 잘 수정하기 위해서는 상기 조건 (11)의 하한이 바람직하게는 -0.16 즉, $-0.16 < f_2/L$ 이 되고, 부의 왜곡 수차와 코마를 보다 잘 수정하기 위해서는, 상기 식 (11)의 상한이 바람직하게는 -0.0710 즉, $f_2/L < -0.0710$ 으로 설정한다.

제 3 차 구면 수차를 보다 잘 수정하기 위해서는, 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹 G_5 가 부의 메니스커스(meniscus) 렌즈 L_{54} 와 부의 메니스커스 렌즈 L_{54} 의 오목면에 인접하여 위치한 정의 렌즈 L_{53} 을 가지며, 또한 부의 메니스커스 렌즈 L_{54} 의 오목면에 대향하여 있는 볼록면을 가지는 것이 바람직하다. 그리고 하기 조건 (12)는 제 5 렌즈 그룹의 부의 메니스커스 렌즈 L_{54} 내에 위치한 오목면의 곡률 반경이 r_{5n} 이고 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 부의 메니스커스 렌즈 L_{54} 의 오목면에 인접하여 고정된 정의 렌즈 L_{53} 내의 부의 메니스커스 렌즈 L_{54} 의 오목면에 대향하여 있는 볼록면의 곡률 반경이 r_{5p} 라 할때, 다음과 같이 만족된다

(12) $0 < (r_{5p} - r_{5n})/(r_{5p} + r_{5n}) < 1$

조건 (12)의 하한 아래에서는, 3 차 구면 수차의 수정이 불충분해진다. 역으로, 상기 조건 (12)의 상한 이상에서는 3 차 구면 수차의 수정은 너무 지나치게 되는데, 이것은 바람직한 것이 아니다.

여기서, 3 차 구면 수차를 보다 잘 수정하기 위해서는, 조건 (12)의 하한이 0.01 즉, $0.01 < (r_{5p} - r_{5n})/(r_{5p} + r_{5n})$ 이 되고, 조건 (12)의 상한은 0.7 즉, $(r_{5p} - r_{5n})/(r_{5p} \cdot r_{5n}) < 0.7$ 로 설정되는 것이 바람직하다.

여기서, 부의 메니스커스 렌즈와 상기 부의 메니스커스 렌즈 오목면에 인접한 정의 렌즈는 제 5 렌즈 그룹 G_5 내의 적어도 하나의 정의 렌즈와 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 적어도 하나의 정의 렌즈 사이에 고정되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 부의 메니스커스 렌즈 L_{54} 한 세트와 정의 렌즈 L_{53} 은 정의 렌즈들 L_{52} 와 L_{55} 사이에 위치하게 된다. 이러한 배열로 함으로써, NA 값의 증가에 따라 나타나는 고차의 구면 수차의 생성을 억제시킬 수 있다.

또한, 보다 더 바람직한 것은 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹 G_4 는 제 1 물체 R 에 인접하여 위치한 전방 렌즈 L_{41} 을 가지고, 제 2 물체 W 에 대해 오목면을 가지는 부의 굴절력을 가짐과 동시에, 제 2 물체 W 에 대해 인접해 있는 후방 렌즈 L_{44} 을 가지며, 제 1 물체 R 에 대해 오목면이 됨과 함께 부의 굴절력을 가지며, 그리고 제 4 렌즈 그룹 G_4 내의 전방 렌즈와 제 4 렌즈 그룹 G_4 내의 후항 렌즈 L_{41} 사이에 위치한 최소한의 하나의 부의 렌즈를 갖는 것이다.

아래의 조건 (13)은 제 4 렌즈 그룹 G_4 에 있어서 제 2 물체 W 에 밀접하여 위치한 후방 렌즈 내의 제 1 물체 측에서의 곡률 반경을 r_{4F} 라 하고, 제 4 그룹 G_4 에 있어서 제 2 물체 W 에 인접하게 위치한 후방 렌즈 L_{44} 내의 제 2 물체상의 곡률 반경을 r_{4R} 이라 할때 다음과 같이 만족된다.

(13) $-1.00 \leq (r_{4F} - r_{4R})/(r_{4F} + r_{4R}) < 0$

상기 조건식 (13)의 하한 아래에서는 제 4 렌즈 그룹 G_4 내의 제 2 물체 W 에 인접하여 있는 후방 부의 렌즈 L_{44} 는 이중의 오목한 형상으로 되고 이것은 고차 의 구면 수차를 발생케 한다. 역으로, 상기 조건(13)의 상한을 넘게되면, 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 제 2 물체 W 에 인접해 있는 후방 부의 렌즈 L_{44} 는 정의 굴절력을 가지게 되며, 이것은 페쯔발 합계의 수정을 보다 더 어렵게 한다.

또한, 제 5 렌즈 그룹 G_5 는 제 2 물체 W 에 대해 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈 L_{58} 을 가지는 것이 바람직하다. 이것은 제 5 렌즈 그룹 G_5 에서의 제 2 물체 W 에 가장 인접하여 위치한 부의 렌즈 L_{58} 가 정의 왜곡 수차와 부의 페쯔발 합계를 생성시키는 것이 가능하게 한다. 이때 상기 정의 왜곡 수차과 페티벌 합계는 부의 왜곡 수차과 제 5 렌즈 그룹 G_5 에서의 정의 렌즈들에 의해 생성되는 정의 페티벌 합계를 제거할 수 있다.

이러한 경우, 제 6 렌즈 그룹 G_6 에서의 제 1 물체 R 에 대해 가장 밀접해 있는 렌즈 L_{61} 내에서 고차의 구면수차를 발생시키지 않고 부의 왜곡 수차을 억제하기 위해서는, 제 1 물체 R 에 가장 밀접해 있는 렌즈 표면이 제 1 물체 R 에 대해 볼록한 표면의 형상을 가지는 것이 바람직하다. 그리고 아래의 조건식은, 제 2 물체측에 있어서, 제 5 렌즈 그룹 G_5 에서의 제 2 물체 W 에 대해 가장 밀접하여 위치한 부의 렌즈 L_{58} 의 곡률 반경을 r_{5R} , 제 1 물체에 있어서, 제 6 렌즈 그룹 G_6 의 제 1 물체 R 에 가장 밀접하여 위치한 렌즈 L_{61} 의 곡률 반경을 r_{6F} 라 하면,

(14) $-0.90 < (r_{5R} - r_{6F})/(r_{5R} + r_{6F}) < -0.001$

상기 조건 (14)는 제 5 렌즈 그룹 G_5 와 제 6 렌즈 그룹 G_6 사이에 형성된 하나의 가스 렌즈의 최적 형상을 정의하는 것이다.

조건 (14)의 하한 아래에서는 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 제 2 물체 W 에 가장 밀접하여 위치한 부의 렌즈 L_{58} 의 제 2 물체 W 측 요면의 곡률은 너무 심하게 되고, 이로 인해 고차의 코마가 생성하게 된다.

조건 (14)의 상한 이상에서는 제 5 렌즈 그룹 G_5 와 제 6 렌즈 그룹 G_6 사이에 형성된 가스 렌즈 그 자체의 굴절력이 매우 약해져 이러한 가스 렌즈에 의해 생성되는 많은 정의 정의 왜곡 수차이 작아지게 되고, 이것은 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 정의 렌즈들에 의해 생성되는 부의 왜곡 수차을 원할히 수정하는 것을 어렵게 한다. 고차의 코마 생성을 충분히 억제하기 위해서는 상기 조건 (14)의 하한이 -0.30 즉, $-0.30 < (r_{5R} - r_{6F})/(r_{5R} + r_{6F})$ 으로 되는 것이 바람직하다.

또한, 하기 조건은 제 5 렌즈 그룹 G_5 와 제 6 렌즈 그룹 G_6 사이의 렌즈 그룹 분리를 d_{56} , 제 1 물체 R 로 부터 제 2 물체 W 에 이르는 거리를 L 이라 할 때, 다음과 같이 만족된다.

(15) $d_{56}/L < 0.017$

이러한 조건 (15)의 상한 이상에서는 제 5 렌즈 그룹 G_5 와 제 6 렌즈 그룹 G_6 사이의 렌즈 그룹 분리가 너무 커서 생성된 많은 정의 왜곡 수차가 작아진다. 그 결과로 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 정의 렌즈에 의해 생성된 부의 왜곡 수차를 적절하게 수정하는 것을 어렵게 한다.

또한, 아래의 조건은 제 6 렌즈 그룹 G_6 의 제 1 물체 R 에 인접하여 있는 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{6F}, 제 6 렌즈 그룹 G_6 의 제 1 물체 R 에 대해 인접한 렌즈 표면으로 부터 제 2 물체 W 에 이르는 축방향 거리를 d_6 라 하면, 다음과 같이 만족된다.

(16) $0.50 < d_6/r_{6F} < 1.50$

상기 조건 (16)의 하한 아래에서는, 제 6 렌즈 그룹 G_6 의 제 1 물체 R 에 밀접한 렌즈 표면의 정의 굴절력은 매우 강하게 되어 하나의 큰 부의 왜곡 수차과 큰 코마가 생성된다.

조건식 (16)의 상한 이상에서는, 제 6 렌즈 그룹 G_6 의 제 1 물체 R 에 밀접한 렌즈 표면의 정의 굴절력은 매우 약해져 하나의 큰 코마를 생성하게 된다. 코마의 생성을 보다 더 억제하기 위해서는 상기 조건식(16)의 하한이 0.84 즉, $0.84 < d_6/r_{6F}$ 로 되는 것이 바람직하다.

아래의 조건식 (17)은 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 제 2 물체 W 에 가장 인접하여 있는 부의 렌즈 L_{58} 의 제 1 물체측에서의 곡률 반경을 r_{5R}, 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 제 2 물체 W 에 가장 근접하여 위치한 부의 렌즈 L_{58} 의 제 2 물체측에서의 곡률 반 경을 r_{5R} 이라 할 때, 하기 조건(17)이 만족된다.

(17) $0.30 < (r_{5F} - r_{6R})/(r_{5F} + r_{6R}) < 1.28$

상기 조건 (17)의 하한 아래에서는, 페쯔발 합계와 코마 양쪽 모두를 수정하는 것이 어렵고, 상기 조건 (17)의 상한 이상에서는 바람직하지 않은 큰 고차의 코마들이 나타난다. 고차의 코마들이 생성되는 것을 방지하기 위해서는 상기 식 (17)의 상한이 0.93 즉, $(r_{5F} - r_{6R})/(r_{5F} + r_{6R}) < 0.93$ 으로 되는 것이 바람직하다.

더 나아가, 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서의 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 L_{M1} 의 제 2 물체측 렌즈 표면이 제 2 물체 W 에 대해 볼록한 표면을 가지는 렌즈 형상으로 되는 것이 바람직하다. 이 경우에 있어서, 아래의 식 (18)은 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 의 제 1 정의 렌즈 L_{M1} 의 제 2 물체측 렌즈 표면에서의 굴절력을 Φ_{21}, 제 1 물체 R 로 부터 제 2 물체 W 에 이르는 거리를 L 이라 할 때, 다음과 같이 만족된다.

(18) $0.54 < 1/(\Phi_{21} \cdot L) < 10$

여기서, 위에서 언급된 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서의 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 L_{M1} 의 제 2 물체측 렌즈 표면의 굴절력은 제 1 렌즈 L_{M1} 에 대한 매개물의 굴절률을 n_1, 제 1 렌즈 L_{M1} 의 제 2 물체측 렌즈 표면과 접촉하는 매개물의 굴절률을 n_2, 그리고 제 1 렌즈의 제 2 물체측 렌즈 표면의 곡률 반경을 r_{21} 이라 할 때, 다음 과 같은 공식으로 주어진다.

$$\Phi_{21} = (n_2 - n_1)/r_{21}$$

상기 조건 (18)의 하한 아래에서는 고차의 왜곡 수차이 나타나고, 역으로, 상기 조건 (18)의 상한 이상에서는 제 1 렌즈 그룹 G_1 에 의해 왜곡 수차을 과도하게 수정해야 할 필요가 있으며, 이것은 동공의 구면 수차를 생성시키는 바람직하지 않은 현상을 초래한다.

또한, 아래의 식 (19)는 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 에서의 정의 굴절력을 가지는 제 1 렌즈 L_{M1} 의 촛점 길이를 f_{21}, 제 1 물체 R 로 부터 제 2 물체 W 에 이르는 거리를 L 이라 할 때, 다음과 같이 만족된다.

(19) $0.230 < f_{21}/L < 0.40$

상기 조건 (19)의 하한 아래에서는 정의 왜곡 수차이 나타나고, 상기 조건 (19)의 상한 이상에서는 부의 왜곡 수차이 나타나게 되어 바람직하지 못하다.

또한, 제 2 렌즈 그룹 G_2 에서의 전방 렌즈 L_{2F} 와 후방 렌즈 L_{2R} 은 아래의 식(20) 을 만족한다. 이때, 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 제 1 물체 R 에 밀접하게 놓이며 제 2 물체 W 에 대해 오목한 표면으로 부의 굴절력을 가지는 전방 렌즈 L_{2F} 의 촛점 길이를 f_{2F}, 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 제 2 물체 W 에 가장 밀접하게 위치하며 제 1 물체 R 에 대해 오목한 표면으로 부의 굴절력을 가지는 후방 렌즈 L_{2R} 의 촛점 길이를 f_{2R} 이라 한다.

(20) $0 \leq f_{2F}/f_{2R} < 18$

상기 식 (20)은 제 2 렌즈 그룹 G_2 에서의 후방 렌즈 L_{2R} 의 촛점
길이 f_{2R} 과 제 2 렌즈 그룹 G_2 에서의 후방 렌즈 L_{2F} 의 촛점 길이 f_{2F} 사이의 최적 비율을 정의하고 있다.

상기 조건식 (20)의 하한 아래와 상한 이상에서는 제 1 렌즈 그룹 G_1 혹은 제 3 렌즈 그룹 G_3 의 굴절력으로 균형이 파괴되는데, 이것은 왜곡 수차을 잘 수정하거나 페티벌 합계와 비점 수차를 동시에 잘 수정하는 것을 어렵게 한다.

다부의 특정 정리들은 상기 각 렌즈 그룹들에게 충분한 수차 조정기능을 제공한다.

첫째로, 제 1 렌즈 그룹 G_1 에 고차의 왜곡 수차과 동공의 구면 수차가 생성하는 것을 억제시키는 기능을 제공하기 위하여 제 1 렌즈 그룹 G_1 은 적어도 두개의 정의 렌즈를 가진다 ; 제 3 렌즈 그룹 G_3 에 구면 수차와 페쯔발 합계의 낮아짐을 억제하는 기능을 제공하기 위해 제 3 렌즈 그룹 G_3 은 적어도 세개의 정의 렌즈를 가진다 ; 또한 제 4 렌즈 그룹 G_4 에 페티벌 합계를 수정하는 동안 코마의 생성을 억제하는 기능을 제공하기 위해 제 4 렌즈 그룹 G_4 은 적어도 세개의 부의 렌즈를 가 진다. 나아가서, 제 5 렌즈 그룹 G_5 에 부의 왜곡 수차과 구면 수차의 생성을 억제하는 기능을 제공하기 위해 제 5 렌즈 그룹 G_5 는 최소한 다섯개의 렌즈를 가진다 ; 또한 제 5 렌즈 그룹 G_5 에 부의 왜곡 수차과 페쯔발 합계를 수정하는 기능을 제공하기 위해 제 5 렌즈 그룹 G_5 는 적어도 하나의 부의 렌즈를 가진다. 또한 제 6 렌즈 그룹 G_6 에 제 2 물체 W 에 하나의 큰 구면 수차를 생성하지 않고 빛을 집중 시키는 기능을 제공하기 위해 제 6 렌즈 그룹 G_6 는 적어도 한 개의 정의 렌즈를 가진다. 또한, 페쯔발 합계를 보다 잘 수정하기 위해 제 2 렌즈 그룹 G_2 중간 렌즈 그룹 G_{2M} 은 부의 굴절력을 갖는다.

제 6 렌즈 그룹 G_6 에 부의 왜곡 수차이 생성하는 것을 억제하는 기능을 제공하기 위해 제 6 렌즈 그룹 G_6 는 하기 조건 (21)을 만족하는 적어도 하나의 표면을 갖는 세개 혹은 2개 이하의 렌즈들로 구성된다.

(21) $1/|\Phi L| < 20$

여기서,

Φ : 렌즈 표면의 굴절력

L : 제 1 물체 R 로 부터 제 2 물체 W 에 이르는 W 에 이르는 물체-상 거리

위에서 언급된 렌즈 표면의 굴절력은 아래의 공식으로 주어진다. 이때, 렌즈 표면의 곡률 반경을 r, 제 1 물체측에서의 매개물과 렌즈 표면의 굴절률을 n_1, 그리 고 제 2 물체측에서의 매개물과 렌즈 표면의 굴절률을 n_2 라 한다.

$\Phi = (n_2 - n_1)/r$

여기서, 만약 상기 조건 (21)을 만족하는 렌즈 표면을 갖는 4개 혹은 그 이상의 렌즈들이 있다면, 제 2 물체 W 에 인접하여 위치해 있고 어느 정도의 곡률을 갖는 렌즈 표면들의 수는 증가하게 되는데, 이것은 왜곡 수차을 생성시키게 되는 바람직하지 않은 현상을 일으킨다.

본 발명의 아래의 상세한 설명과 첨부되는 도면으로 보다 잘 이해할 수 있으며, 이때 상기 상세한 설명과 첨부된 도면은 예시를 위한 것으로 본 발명을 한정시키는 것으로 해석되어서는 안된다.

또한, 본 발명의 응용 범위는 이후 기술되는 발명의 상세한 설명에서 보다 명백해지게 되며, 아울러, 본 발명의 양호한 실시예를 나타내는 상세한 설명과 특정 예들은 단지 예시용으로 제시된 것으로서, 본 발명의 사상과 범위내에서 본 발명의 상세한 설명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진자라면, 다양한 변화와 수정이 가능함을 알 수 있다.

이하에서 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하기로 한다. 본 발명에 의한 노광 장치는 제 2도에 도시한 투영 광학계을 구성한다.

먼저, 제 2 도를 간단하게 설명하기로 한다. 레티클(R)(제 1 물체)은 예정된 회로 패턴이 형성된 마스크와 같이 투영 광학계(PL)의 목표면상에 위치한다. 그리고, 웨이퍼 (W) (두번째 물체)는 감광 기판과 같이 상기 투영 광학계 (PL)의 결상 면에 위치한다. 상기 레티클(R)은 웨이퍼 스테이지 (RS) 상에 고정되며, 상기 웨이퍼는 웨이퍼 스테이지(WS)에 고정된다. 상기 감광 기판은 웨이퍼 (W) 와 내광성 물질과 같은 재질로 제조된 감광막 (100) 을 구성한다. 게다가, 예정된 파장을 갖는 빛으로 조명하고, 레티클(R) 을 균일하게 조명하기 위한 광원 (102)은 레티클 상부에 장착된다.

상기한 배열은 조명 광학계 (IS) 으로 부터 공급되는 광이 투영 광학계 (PL) 의 동공 위치 (구경 끝 (IS) 의 위치)에서 조명 광학계에 광원의 상를 형성하기 위하여 상기 레티클(R) 로 비추어서 코흘러(Kohler) 조명이라 불리는 것을 얻을 수 있다. 그리고, 투영 광학계을 통하여 이와같이 코흘러 조명된 레티클(R)의 패턴 상은 투영 광학계(PL)에 의해 감광막 (100)을 통하여 웨이퍼 (W) 상부에 조사된다.

본 발명의 노광 장치에 관한 기술에 관해서는 예를들어 미국 특허 제 5,194,893 호, 제 5,097,291 호 및 제 5,245,384 호, 그리고, 미국출원 제 299,305호, 제 255,927호, 그리고, 226,327 호에 설명되어 있다.

본 발명에 의한 실시예를 예를 들어 투영 광학계을 설명하면 조명 광학계 (IS) 내측에 광원 (102) 은 248.4λ 파장을 갖는 광을 공급하는 엑시머 레이저이며, 제 3 도 내지 제 8 도는 본 발명의 제 1 실시예 내지 제 6 실시예의 투영 광학계의 렌즈 구성도이다.

제 3 도 내지 제 8 도를 참조하면 각각의 실시예에 투영 광학 렌즈는 물체 측면(레티클(R) 측면) 상부 및 결상면(웨이퍼 (W) 측면)상에 거의 텔레센트릭하게 되고, 크기 배율을 갖는 제 1 물체과 같은 레티클(R)의 측면으로 부터 순서대로 일 컬어지는 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹 (G_1), 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹 (G_2), 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹 (G_3), 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹(G_4), 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹 (G_5), 부의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹 (G_6) 을 갖는다.

제 3 도 내지 제 8 도에 보여준 대표적인 실시예의 투영 광학계는 물체-상 거리(물체면 으로 부터 상 면까지 거리, 또는 레티클(R) 로부터 웨이퍼 (W) 까지 거리) L 은 1200 이고, 결상면 개구수 NA는 0.55 이며, 투영 배율 B은 5:1 이며, 웨이퍼 (W) 상의 노광 면적의 직경은 31.2 이다. 본 발명의 실시예의 설명에 있어서, 결상면은 웨이퍼의 주표면을 의미하며, 물체 면은 레티클의 표면을 의미한다.

제 3 도에 도시된 제 1 실시예의 렌즈 구성을 특별히 설명해보면, 첫째로 제 1 렌즈 그룹 (G1)은 물체 측면에서 순차적으로 명명되는데 상(정의 메니스커스 렌즈)으로 볼록한 표면을 갖는 정의 (L_{11})을 가지며, 물체에 대하여 볼록한 표면을 갖는 메니스커스 형태의 부의 렌즈(L_{11})을 가지며, 이중-블록 상의 두개 정의 렌즈(L_{13}, L_{14})를 갖는다.

다음에, 제 2 렌즈 그룹 (G2)는 상에 대하여 볼록한 표면을 갖는 물체에 근접될 때에 놓여지는 부의 메니스커스 렌즈(렌즈 전방) (L_{2F})와 물체에 대하여 오목한 표면을 갖는 상에 근접될때 놓여지는 부의 메니스커스 렌즈(렌즈 뒷면) (L_{2R})와, 제 2 렌즈 그룹 (G2) 에서 대상불에 대하여 근접되게 놓여진 부의 렌즈 (L_{2R}) 사이에 놓여지는 중간 메니스커스 렌즈 (L_{2F})를 구성하며, 부의 굴절력을 갖는다.

중간 렌즈 그룹 (G_{2M})은 물체 면으로 부터 순차적으로 명명되는 이중-볼록 형의 정의 렌즈(제 1 렌즈) (L_{M1})과 상에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 부의 렌즈(제 2 렌즈)와, 이중-오목 형의 부의 렌즈(제 3 렌즈) (L_{M4})와, 물체에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 부의 렌즈(제 4 렌즈)와, 상에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈(제 5 렌즈)를 구성한다.

게다가, 제 3 렌즈 그룹 G3 는 상에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈(정의 메니스커스 렌즈) (L_{31})와, 이중-볼록 형의 정의 렌즈(제 3 렌즈) (L_{32})와, 물체에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 렌즈(이중-볼록형 정의 렌즈) (L_{32})과, 물체에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈 (L_{34}) 를 구성한다. 그리고, 제 4 렌즈 그룹 (G4)는 상에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈(부의 메니스커스 렌즈)와, 상에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{42})와, 이중 오목한 표면의 부의 렌즈 (L_{43})와, 물체에 대하여 오목한 표면을 찾는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{44})로 구성된다.

여기서, 개구 스톱(aperture stop, AS)는 제 4 렌즈 그룹 (G1)에서 부의 렌 즈 (L_{51})의 결상면 오목한 표면과 상기 부의 메니스커스 렌즈(L_{44}) 의 물체 면 오목한 표면 사이의 광 통로에 배치한다.

제 5 렌즈 그룹 (G5)는 상에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 메니스커스 렌즈와, 상(이중-볼록 형의 정의 렌즈) (L_{52})에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와, 이중-볼록형의 정의 렌즈와, 물체에 대하여 오목한 부의 메니스커스 렌즈 (L_{54})와, 물체(정의 메니스커스 렌즈) (L_{57}) 에 대하여 매우 만곡한 표면을 갖는 정의 렌즈와, 상(부의 메니스커스 렌즈) (L_{58}) 에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈와, 그리고 상(부의 메니스커스 렌즈) (L_{58}) 에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈로 구성되며, 그리고, 제 6 렌즈 그룹 (G1)은 물체에 대하여 볼록한 표면을 갖는 두꺼운-벽 정의 렌즈 (L_{51})로만 구성된다.

여기서, 물체에 대하여 자체의 볼록한 표면를 갖는 메니스커스 상의 부의 렌즈 (L_{12})의 결상면 렌즈 표면과 거의 같은 만곡이 되도록 이중-볼록 형의 정의 렌즈 (L_{13})의 물체 면 렌즈 표면이 서로 비교적 인접되도록 배열되도록 되기 위하여 제 1 실시예에서 제 1 렌즈 그룹(G1)은 배열되는 것이며, 두개의 렌즈 표면들은 고-차 왜곡 수차를 바로 잡는다.

본 발명의 실시예에 있어서, 제 2 렌즈 그룹 (G2)에서 물체에 대하여 인접되게 놓여진 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈 (L_{2F})는 상에 대하여 오목한 표면을 갖는 메니스커스 상으로 되기 때문에 코마(come)의 발생이 감소될 수 있다. 제 2 렌즈 그룹 (G_{2M})에서 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 (L_{M1})는 상에 대하여 볼록한 표면을 갖는 이중 볼록 형상이며, 그리고 물체에 대하여 볼록한 표면을 가지게 되므로 동공의 구면 수차의 발생을 억제할 수 있다. 게다가 중간 렌즈 그룹 (G_{2M}) 에서 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈는 결상면 상에 놓여지는 부의 굴절력을 갖는 렌즈 뒷면의 오목한 표면에 대하여 마주보는 볼록한 렌즈를 가지기 때문에 비점 수차가 보정되어 진다.

한편, 상에 대하여 자체에 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈 (L_{41}) 은 부의 렌즈(2중 오목 형상)(L_{43}) 의 물체 측면 상에 놓여지도록 하고, 상에 대하여 자체에 오목한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{44}) 는 부의 렌즈 (2중 오목 형상)의 결상면에 놓여지도록 하기 위하여 제 4 렌즈 그룹 (G4) 는 배열되며, 코마의 발생이 억제되는 동안에 페쯔발 합계가 보정 될 것이다.

개구 스톱 (AS)이 부의 렌즈 (L_{41}) 의 결상면 오목한 표면과 제 4 렌즈 그룹 (G4)에서 부의 메니스커스 렌즈 (L_{44})의 물체면 오목한 표면상에 놓여지도록 본 발명의 실시예는 배열된다. 그로 인하여 제 3 렌즈 그룹(G3) 내지 제 6 렌즈 그룹 (G6) 의 렌즈 그룹들은 약간의 축소 배율을 갖는 개구 스톱 (AS)의 양측 측면에 심하게 대칭성을 파괴하지 않으면서 배열되며, 비대칭 수차의 발생, 코마 또는 왜곡 수차의 발생을 특별히 억제할 수 있다.

한편, 제 5 렌즈 그룹 (G5)에서 정의 렌즈 (L_{53})는 이중-볼록 형으로 이루어지고 자체의 볼록 표면이 부의 메니스커스 렌즈 (L_{54})와 마주보게 되며, 부의 메니스커스 렌즈 (L_{54}) 의 맞은 편에 다른 렌즈 표면은 또한 볼록 표면이며, NA 에서 증대되는 고-차 구면 수차의 발생이 억제된다.

제 4 도에 도시한 바와같이 제 2 실시예에서 투영 광학계의 특수한 렌즈 구성은 제 3 도에 도시하고, 상기한 제 1 실시예의 것과 유사하지만 상(평요(planoconcave) 상의 부의 렌즈) (L_{41}) 에 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈와, 상에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{42})와, 2중 오목 형상의 부의 렌즈 (L_{43}) 로 구성되는 제 4 렌즈 그룹 (G4)는 다르며, 물체(정의 메니스커스 렌즈) (L_{61})에 대하여 볼록 표면을 갖는 정의 렌즈와 물체(정의 메니스커스 렌즈) (L_{62})에 대하여 볼록 표면을 갖는 정의 렌즈로 구성되는 제 6 렌즈 그룹 (G6)와는 다르다.

또한, 제 2 실시예에 있어서, 물체에 대하여 자체의 볼록한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{12}) 의 결상면 렌즈 표면과 이중 볼록 형상의 정의 렌즈 (L_{13})의 물체면 렌즈 표면은 상기한 제 1 실시예와 유사하게 고-차 왜곡 수차를 보정한다.

게다가, 제 6 렌즈 그룹 (G6)는 제 6 렌즈 그룹 (G6)에 의하여 발생되는 왜 곡 수차를 억제하기 위하여 구성 요소 렌즈들 보다 적은 수로 적절하게 구성된다. 그러나, 두꺼운 렌즈로 제작하는 것이 어려울 경우 제 6 렌즈 그룹 (G6) 은 본 발명의 실시예와 같이 두개의 렌즈로 구성될 수도 있다. 제 2 실시예에서 다른 렌즈 그룹(제 2 렌즈 그룹 (G2) 내지 제 5 렌즈 그룹 (G5))에 관해서는 제 1 실시예와 같이 동일한 기능을 그것에 의해 얻을수 있다.

제 5 도에 도시한 바와같이 제 3 실시예에서 투영 광학계의 특수한 렌즈 구성은 제 3 도에 도시하고 그리고 설명된 제 1 실시예의 것과 유사하지만 물체 측면으로 부터 순차적으로 명명되는 상(이중 볼록 형상의 정의 렌즈) (L_{11}) 에 볼록한 표면을 갖는 정의 렌즈와, 상(이중 볼록 형상의 정의 렌즈) (L_{12})에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 메니스커스 렌즈와, 이중 볼록 형상의 정의 렌즈 (L_{14}) 로 구성되는 제 1 렌즈 그룹 (G1) 은 다르며, 그리고 상(정의 메니스커스 렌즈) (L_{31})에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와 물체(2중 볼록 형상의 정의 렌즈) (L_{33})에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와 물체(정의 메니스커스 렌즈)에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의로 구성되는 제 3 렌즈 그룹 (G3) 은 다르다.

제 3 실시예에 있어서, 상에 대하여 자체의 볼록한 표면을 갖는 정의 렌즈 (L_{12}) 의 결상면 렌즈 표면과 물체에 대하여 자체의 볼록한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{13})의 물체면 렌즈 표면은 고-차 왜곡 수차를 정정한다. 제 3 실시예에서 다른 렌즈 그룹(제 2 렌즈 그룹 (G2), 제 4 렌즈 그룹 (G4) 내지 제 6 렌즈 그룹 (G6))에 관해서는 제 1 실시예와 같이 동일한 기능을 그것에 의해 얻을수 있다.

제 6 도에 도시한 바와같이 제 4 실시예에서 투영 광학계의 특수한 렌즈 구성은 제 5 도에 도시하고 그리고 설명된 제 3 실시예의 것과 유사하지만 결상면(정의 메니스커스 렌즈) (L_{31}) 에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와, 이중 볼록 형상의 정의 렌즈 (L_{32})와 물체(이중-볼록 형상의 정의 렌즈) (L_{33}) 에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와, 물체(이중-볼록 형상의 정의 렌즈) (L_{34}) 에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈로 구성되는 제 3 렌즈 그룹 (G3) 은 다르며, 그리고 상(이중-오목 형상의 부의 렌즈) (L_{41})에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈와 상에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈 (L_{42})와 물체에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{44}) 로 구성되는 제 4 렌즈 그룹 (G4) 은 다르다 또한, 물체(정의 메니스커스 렌즈) (L_{61}) 에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 렌즈와 물체(정의 메니스커스 렌즈) (L_{62}) 에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 렌즈로 구성되는 제 6 렌즈 그룹 (G6) 과 역시 다르다.

제 4 실시예에서 제 1 렌즈 그룹 G1은 이미 설명한 제 3 실시예와 같이 동일한 기능을 얻으며, 제 2 렌즈 그룹 (G2) 내지 제 5 렌즈 그룹 (G5) 그리고 제 6 렌즈 그룹 (G6)은 제 2 실시예와 같이 동일한 기능을 수행한다.
제 7 도에 도시한 바와같이 제 5 실시예에서 투영 광학계의 특수한 렌즈 구 성은 제 3 도에 도시하고 그리고 설명된 제 1 실시예의 것과 유사하지만 물체의 측면으로 부터 명명되는 상(이중-볼록 형상)(L_{11}) 에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 렌즈와, 상(이중-볼록 형상의 부의 렌즈) (L_{12}) 에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈와, 이중-오목 형상의 두개의 정의 렌즈(L_{13}, L_{14})로 구성되는 제 1 렌즈 그룹 (G1)은 다르다. 또한 상(정의 메니스커스 렌즈) (L_{31})에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와, 이중-볼록 형상의 정의 렌즈 (L_{32})와, 물체(정의 메니스커스 렌즈) (L_{32}) 에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 렌즈와, 물체(이중-볼록 형상의 정의 렌즈) (L_{34}) 에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈로 구성되는 제 3 렌즈 그룹 (G3) 은 다르다.
또한 상(이중-오목 형상의 부의 렌즈) (L_{41}) 에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 렌즈 (L_{42})와 물체에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈 (L_{44}) 로 구성되는 제 4 렌즈 그룹 (G4) 은 제1 실시예의 렌즈 구성으로 부터 다르다.
게다가, 상에 볼록한 표면을 갖는 정의 메니스커스 렌즈 (L_{51})과, 상(정의 메니스커스 렌즈) (L_{52}) 에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와, 이중-볼록 형상의 정의 렌즈 (L_{53})와, 물체(정의 메니스커스 렌즈) (L_{55}) 에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와, 물체에 대하여 볼록한 표면을 갖는 정의 메니스커스 렌즈와, 물체(정의 메니스커스 렌즈)에 대하여 매우 만곡된 표면을 갖는 정의 렌즈와, 그리고 상(부의 메니스커스 렌즈) (L_{58}) 에 대하여 오목한 표면을 갖는 부의 메니스커스 렌즈로 구성되는 제 5 렌즈 그룹 (G5) 와는 다르다.
제 5 실시예에서, 고차원의 왜곡 수차는 1 조의 정의 렌즈 L_{11} 의 영상측 볼록면과 오목렌즈 L_{12} 의 물체측 오목면과, 1조의 오목 렌즈 L_{12} 의 경상면의 오목면과 정의 렌즈 L_{13} 의 물체측 볼록면에 의하여 교정된다. 제 5 실시예에서 다른 렌즈 그룹(제 2 내지 제 5 렌즈 그룹 G_2 내지 G_5)에 있어서 제 1 실시예에서와 같은 동일한 기능은 이에 의하여 달성되게 된다.
제 8 도에 도시된 제 6 실시예는 상술한 제 5 실시예와 동일한 렌즈로 구성되며 제 5 실시예에서와 동일한 기능을 수행하게 된다.
다음에 기재된 표 1 내지 표 12 는 본 발명에 따른 각각의 실시예의 조건에 따른 사양 및 수치값을 나타낸 것이다.
표에서, 좌단의 수치들은 물체면(레티클면)으로부터의 순서를 나타내며, r 은 렌즈면의 곡률을, d 는 렌즈 표면 간격을, n 은 노출파장 λ 가 248.4 nm 일때 함성 수정 SiO_2 의 반사율을, d_0 는 제 1 물체(레티클)으로 부터 제 1 렌즈 그룹 G_1 내의 물체(레티클)에 가장 근접한 렌즈면(제 1 렌즈면) 까지의 거리를, Bf 는 제 6 렌즈 그룹 G_6 내의 상(웨이퍼)에 가장 근접한 렌즈면으로 부터 결상면(웨이퍼 면) 까지의 거리를, B 는 투영 광학계의 투사 배율을, NA 는 투영 광학계의 상측 개구 수를, L 은 물체면(레티클 면)으로 부터 결상면(웨이퍼 면) 까지의 물체-상 간 거리를, I 는 제 1 물체(레티클)로부터 전체 투영 광학계의 제 1 물체면 촛점 거리를(여기에서 전체 투영 광학계의 제 1 물체면 촛점거리는 투영 광학계의 광축에 대하여 등축인 구역내에서 정렬된 광이 제 2 물체면 상에서 투영 광학계내로 진입된 후 등축 구역 내의 광이 투영 광학계로 부터 이탈될 때 이탈 광이 광축과 교차되는 것을 의미한다), f_1 은 제 1 렌즈 그룹 G_1 의 촛점 거리를, f_2 는 제 2 렌즈 그룹 G_2 의 촛점거리를, f_3 은 제 3 렌즈 그룹 G_3 의 촛점거리를, f_4 는 제 4 렌즈 그룹 G_4 의 촛점 거리를, f_5 는 제 5 렌즈 그룹 G_5 의 촛점거리를, f_6 은 제 6 렌즈 그룹 G_6 의 촛점거리를, f_n 은 제 2 렌즈 그룹 으로 부터 제 4 렌즈 그룹 까지의 촛점거리를, f_{2F} 는 제 2 렌즈 그룹 내의 제 1 물체에 가장 근접되어 있고 제 2 물체에 대하여 그 오목면이 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈의 촛점거리를, f_{2R} 은 제 2 렌즈 그룹 내에 위치한 제 2 물체에 가장 근접되어 있고 제 1 물체에 대하여 그 오목면이 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈의 촛점거리를, f_{21} 은 제 2 렌즈 그룹내의 중간 렌즈 그룹에 위치하는, 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈의 촛점거리를, f_{22} 는 제 2 렌즈 그룹 내의 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈의 촛점거리를, f_{23} 은 제 2 렌즈 그룹 내의 부의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈의 촛점거리를, f_{24} 는 제 2 렌즈 그룹 내의 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈의 촛점거리를, Φ_{21} 은 제 2 렌즈 그룹 내의 중간 렌즈 그룹 G_{21} 의 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈의 제 2 물체면 렌즈면의 굴절력을, D 는 제 2 렌즈 그룹 내의 중간 렌즈 그룹의 제 4 렌즈의 제 2 물체면 렌즈면으로 부터 제 2 렌즈 그룹의 후방렌즈의 제 1 물체면 의 렌즈면까지의 축간 거리를, r_{5n} 는 제 5 렌즈 그룹 내의 굴곡형 오목렌즈의 오목면의 곡률을, r_{5P} 는 제 5 렌즈 그룹 내의 상기 굴곡형 오목렌즈의 오목면에 인접하여 위치한 정의 렌즈의, 굴곡형 부의 렌즈의 오목면에 대향된 볼록면의 곡률을, r_{4F} 는 제 4 렌즈 그룹 내의 제 2 물체에 가장 근접된 후방 렌즈의 제 1 물체면 곡률을, r_{4R} 은 제 4 렌즈 그룹 내의 제 2 물체에 가장 근접된 후방 렌즈의 제 2 물체면 곡률을, r_{5F} 는 제 5 렌즈 그룹 내의 제 2 물체에 가장 근접되게 위치한 제 2 렌즈의 제 1 물체면 곡률을, r_{5R} 은 제 5 렌즈 그룹 내의 제 2 물체에 가장 근접되게 위치한 부의 렌즈의 제 2 물체면 곡률을, r_{5F} 는 제 6 렌즈 그룹 내의 제 1 물체에 가장 근접되게 위치한 렌즈의 제 1 물체면 곡률을, d_{56} 은 제 5 렌즈 그룹과 제 6 렌즈 그룹 사이의 간격을, d_6 는 제 6 렌즈 그룹내의 제 1 물체에 가장 근접된 렌즈면으로 부터 제 2 물체 까지의 축간 거리를, Φ 는 제 6 렌즈 그룹을 구성하는 렌즈 또는 렌즈들의 렌즈 표면의 굴곡률을 각각 나타내는 것이다.
(표 1) 제 1 실시예

d0 = 105.33208

B=1/5

NA= 0.55

Bf= 28.62263

L= 1200

	r	d	n
1	-821.91920	23.00000	1.50839
2	-391.93385	20.81278	
3	334.30413	20.00000	1.50839
4	239.01947	7.92536	
5	267.66514	28.00000	1.50839
6	-618.41676	1.04750	
7	337.90351	23.00000	1.50839
8	-1279.67000	0.97572	
9	200.03116	24.00000	1.50839
10	105.22457	22.04713	
11	219.65515	26.00000	1.50839
12	-546.12474	1.10686	
13	4788.40002	17.00000	1.50839
14	125.70412	20.76700	
15	-381.52610	12.90000	1.50839
16	134.36400	26.88549	
17	-127.38724	15.00000	1.50839

18	433.13808	52.33906	
19	1260.83000	35.00000	1.50839
20	-178.61526	14.91509	
21	-129.71674	22.80000	1.50839
22	-202.88016	2.79782	
23	-4128.12000	27.00000	1.50839
24	-299.28737	2.87255	
25	556.52963	28.00000	1.50839
26	-928.16848	2.49780	
27	367.82207	30.00000	1.50839
28	-4438.51001	1.64701	
29	220.29374	31.00000	1.50839
30	-1698.69000	3.60527	
31	4987.07001	21.00000	1.50839
32	146.02635	11.76890	
33	216.75649	17.00000	1.50839
34	161.01290	31.54706	
35	-206.90673	15.90000	1.50839
36	309.12541	56.09046	
37	-183.11187	18.00000	1.50839
38	-894.17440	6.28784	
39	-409.02115	23.00000	1.50839
40	-215.49999	1.14438	
41	3139.57999	23.00000	1.50839
42	-320.84882	2.92283	
43	445.47649	38.00000	1.50839

44	-348.37380	11.43498	
45	-229.01731	27.00000	1.50839
46	-352.88961	1.10071	
47	370.91242	25.00000	1.50839
48	-3446.41000	4.83032	
49	178.35450	32.00000	1.50839
50	471.60399	3.29194	
51	137.85195	39.90000	1.50839
52	331.09797	9.82671	
53	520.77561	23.00000	1.50839
54	80.26937	7.04896	
55	90.74309	71.00000	1.50839
56	1836.49001		

(표 2) 제 1 실시예에서 조건에 해당하는 수치

(1) $f1/f3 = 1\ 47$

(2) $f2/f4 = 1.31$

(3) $f5/L = 0.0988$

(4) $f6/L = 0.154$

(5) $fn/f2 = 0.589$

(6) $I/L = 2\ 33$

(7) $f24/f23 = 0.990$

(8) $f22/f23 = 1.31$

(9) $D/L = 0.0852$

(10) $f4/L = -0.0638$

(11) $f2/L = -0.0834$

(12) $(r5p-r5n)/(r5p+r5n) = 0.207$

(13) $(r4F-r4R)/(r4F+r4R) = -0.660$

(14) $(r5R-r6F)/(r5R+r6F) = -0.0613$

(15) $d56/L = 0.00587$

(16) $d6/r6F = 1.10$

(17) $(r5F-r5R)/(r5F+r5R) = 0.733$

(18) $1/(\phi21 \cdot L) = 0.895$

(19) $f21/L = 0.260$

(20) $f2F/f2R = 0.604$

(표 3) 제 2 실시예

d0 = 103.54346

B=1/5

NA= 0.55

Bf= 29.06029

L= 1200

	r	d	n
1	-2191.45999	23.00000	1.50839
2	-443.19378	18.81278	
3	372.47246	20.00000	1.50839
4	259.89086	7.92536	
5	296.05557	26.00000	1.50839
6	-527.24081	1.04750	
7	478.04893	27.00000	1.50839
8	-948.34609	0.97572	
9	210.20717	24.00000	1.50839
10	107.85292	24.04713	
11	214.18600	26.00000	1.50839
12	-438.52759	1.10686	
13	-1434.49001	17.00000	1.50839
14	132.17373	18.76700	
15	-370.22109	12.90000	1.50839
16	137.36441	26.88549	
17	-131.18161	15.00000	1 50839

18	450.35044	53.03407	
19	1459.21001	35.00000	1.50839
20	-182.99101	14.91509	
21	-132.88561	22.80000	1.50839
22	-199.28914	2.79782	
23	-5536.72998	27.00000	1.50839
24	-310.74563	2.87255	
25	528.12523	28.00000	1.50839
26	-1200.55000	2.49780	
27	320.15215	30.00000	1.50839
28	-2820.19000	1.64701	
29	239.46093	31.00000	1.50839
30	-2425.69000	5.60527	
31	∞	21.00000	1.50839
32	148.13116	9.76890	
33	207.41773	17.00000	1.50839
34	155.42831	31.54706	
35	-218.29971	15.90000	1.50839
36	304.21175	56.74759	
37	-175.66635	18.00000	1.50839
38	-1130.86000	6.28784	
39	-485.73656	23.00000	1.50839
40	-216.43349	1.14438	
41	2806.14999	23.00000	1.50839
42	-316.00620	2.92283	
43	437.43410	38.00000	1.50839

44	-355.32964	11.43498	
45	-235.73758	27.00000	1.50839
46	-360.50104	1.10071	
47	410.57953	25.00000	1.50839
48	-3698.22000	4.83032	
49	178.15299	32.00000	1.50839
50	506.53177	3.29194	
51	137.46544	39.90000	1.50839
52	328.51597	9.82671	
53	544.32105	23.00000	1.50839
54	81.70638	7.04896	
55	92.81520	34.00000	1.50839
56	511.57718	2.00000	
57	482.15006	35.00000	1.50839
58	1631.30000		

(표 4) 제 2 실시예에서 조건에 해당하는 수치

(1) f1 /f3 = 1.50

(2) f2 /f4 = 1.39

(3) f5 /L= 0.0971

(4) f6 /L= 0.158

(5) fn /f2 = 0.568

(6) I/L= 2.21

(7) f24/f23= 1.01

(8) f22/f23= 1.21

(9) D/L= 0.0858

(10) f4 /L= -0.0621

(11) f2 /L= -0.0861

(12) (r5p-r5n) / (r5p+r5n) = 0.202

(13) (r4F-r4R) / (r4F+r4R) = -0.731

(14) (r5R-r6F) / (r5R+r6F) = -0.0637

(15) d56/L= 0.00587

(16) d6 /r6F= 1.08

(17) (r5F-r5R) / (r5F+r5R) = 0.739

(18) 1/ (φ21 · L) = 0.719

(19) f21/L= 0 239

(20) f2F/f2R= 0.533

(표 5) 제 3 실시예

d0 = 104.69561

B=1/5

NA= 0.55

Bf= 29.13809

L= 1200

	r	d	n
1	1364.36000	23.00000	1.50839
2	-612.17411	20.81278	
3	699.63988	24.00000	1.50839
4	-301.81026	7.92536	
5	-248.00150	20.00000	1.50839
6	-614.52792	1.04750	
7	332.05244	27.00000	1.50839
8	-582.52759	0.97572	
9	232.12759	24.00000	1.50839
10	110.33434	27.04713	
11	230.79590	23.00000	1.50839
12	-359.85171	1.10686	
13	-1275.75999	17.00000	1.50839
14	127.98361	18.76700	
15	-569.83204	12.90000	1.50839
16	140.20359	26.88549	
17	-108.76770	15.00000	1.50839

18	593.61218	51.86789	
19	2324.85999	35.00000	1.50839
20	-163.53564	14.91509	
21	-121.26603	22.80000	1.50839
22	-192.12364	2.79782	
23	-4480.40997	27.00000	1.50839
24	-297.83388	2.87255	
25	445.50685	28.00000	1.50839
26	-877.28296	2.49780	
27	422.96766	27.00000	1.50839
28	-1570.03000	1.64701	
29	230.95785	31.00000	1.50839
30	3000.00000	8.60527	
31	1800.00000	21.00000	1.50839
32	138.38357	9.76890	
33	191.56081	17.00000	1.50839
34	157.70119	31.54706	
35	-217.22866	15.90000	1.50839
36	294.71194	56.69427	
37	-173.19975	18.00000	1.50839
38	-973.64548	6.28784	
39	-467.87775	23.00000	1.50839
40	-215.12034	1.14438	
41	2688.16000	23.00000	1.50839
42	-320.45010	2.92283	
43	441.22198	40.00000	1.50839
44	-347.09282	9.43498	
45	-239.46132	27.00000	1.50839
46	-386.98159	1.10071	
47	381.41679	28.00000	1.50839
48	-2576.25000	4.83032	
49	186.44642	29.00000	1.50839
50	570.80649	3.29194	
51	138.75412	39 90000	1.50839
52	316.26440	9.82671	
53	504.37073	23.00000	1.50839
54	80.26770	7.04896	
55	91.17058	71.00000	1.50839
56	1553 61000		

(표 6) 제 3 실시예에서의 조건에 해당하는 수치

(1) $f1 / f3 = 1.46$

(2) $f2 / f4 = 1.27$

(3) $f5 / L = 0.0977$

(4) $f6 / L = 0.156$

(5) $fn / f2 = 0.591$

(6) $I / L = 2.93$

(7) $f24 / f23 = 0.816$

(8) $f22 / f23 = 1.04$

(9) $D / L = 0.0848$

(10) $f4 / L = -0.0645$

(11) $f2 / L = -0\ 0816$

(12) $(r5p - r5n) / (r5p + r5n) = 0.184$

(13) $(r4F - r4R) / (r4F + r4R) = -0.698$

(14) $(r5R - r6F) / (r5R + r6F) = -0.0636$

(15) $d56 / L = 0.00587$

(16) $d6 / r6F = 1.10$

(17) $(r5F - r5R) / (r5F + r5R) = 0.725$

(18) $1 / (\phi 21 \cdot L) = 0.590$

(19) $f21 / L = 0.234$

(20) $f2F / f2R = 0.611$

(표 7) 제 4 실시예

d0 = 104.71662

B = 1/5

NA = 0.55

Bf = 28.76320

L = 1200

	r	d	n
1	955.26796	23.00000	1.50839
2	-675.53148	20.81278	
3	788.04209	24.00000	1.50839
4	-320.77870	7.92536	
5	-261.99847	20.00000	1.50839
6	-613.40707	1.04750	
7	343.77433	27.00000	1.50839
8	-614.74297	0.97572	
9	220.40014	24.00000	1.50839
10	111.87626	27.04713	
11	230.00000	23.00000	1.50839
12	-410.00000	1.10686	
13	-2449.05000	17.00000	1.50839
14	118.87129	18.76700	
15	-632.77988	12.90000	1.50839
16	143.15226	26.88549	
17	-108.88557	15.00000	1.50839

18	595.22400	52.22565	
19	1526.21000	35 00000	1.50839
20	-168.52598	14 91509	
21	-120.87196	22.80000	1.50839
22	-188.10351	2.79782	
23	-3191.22000	27.00000	1.50839
24	-296.62706	2.87255	
25	697.45117	28.00000	1.50839
26	-669.27158	2.49780	
27	358 82454	27.00000	1.50839
28	-2986.21000	1.64701	
29	223.50971	31.00000	1.50839
30	-1510.16000	8.60527	
31	-3596.81000	21.00000	1.50839
32	141.11696	9.76890	
33	194.35300	17.00000	1.50839
34	157 66411	31.54706	
35	-209.96142	15.90000	1.50839
36	307.10883	56.68624	
37	-175.13115	18.00000	1.50839
38	-1162.95000	6.28784	
39	-505.38166	23.00000	1.50839
40	-213.39177	1.14438	
41	3114.45000	23.00000	1.50839
42	-339.03822	2.92283	
43	460.54759	40.00000	1.50839

44	-326.27369	9.43498	
45	-231.89968	27.00000	1.50839
46	-372.57441	1.10071	
47	390.03678	28.00000	1.50839
48	-1994.66000	4.83032	
49	182.18377	29.00000	1.50839
50	525.45378	3.29194	
51	138.67730	39.90000	1.50839
52	312.43609	9.82671	
53	511.48346	23.00000	1.50839
54	81.45867	7.04896	
55	93.64185	34 00000	1.50839
56	934.34560	2.00000	
57	826.70065	35.00000	1 50839
58	1680.21000	(Bf)	

(표 8) 제 4 실시예에서의 조건에 해당하는 수치

(1) f1 /f3 = 1.55

(2) f2 /f4 = 1.39

(3) f5 /L= 0.0975

(4) f6 /L= 0.158

(5) fn /f2 = 0.576

(6) I/L= 3.05

(7) f24/f23= 0.787

(8) f22/f23= 0.974

(9) D/L= 0.0851

(10) f4 /L= -0.0606

(11) f2 /L= -0.0843

(12) (r5p-r5n) / (r5p+r5n) = 0.169

(13) (r4F-r4R) / (r4F+r4R) = -0.738

(14) (r5R-r6F) / (r5R+r6F) = -0.0695

(15) d56/L= 0.00587

(16) d6 /r6F= 1.07

(17) (r5F-r5R) / (r5F+r5R) = 0.725

(18) 1/ (φ21·L) = 0.672

(19) f21/L= 0.244

(20) f2F/f2R= 0.642

(표 9) 제 5 실시예

d0 = 105.99385

B = 1 / 5

NA = 0.55

Bf = 28.96856

L = 1200

	r	d	n
1	723.32335	28.00000	1.50839
2	-571.27029	2.00000	
3	-8470.94995	20.00000	1.50839
4	324 13159	7.92536	
5	360.44110	28.00000	1.50839
6	-432.97069	1.04750	
7	397.04484	27.00000	1.50839
8	-825.96923	0.97572	
9	214.74004	31.00000	1.50839
10	110.51892	24.04713	
11	229.41181	26.00000	1.50839
12	-396.52854	1.10686	
13	-1014.34000	17.00000	1.50839
14	137.90605	18.76700	
15	-418.55207	12.90000	1.50839
16	138.89479	26.88549	
17	-133.71351	15.00000	1.50839

18	561.35918	52 53782	
19	1381.31000	35.00000	1.50839
20	-188.69074	14.91509	
21	-134.03345	22.80000	1.50839
22	-198.69180	2.79782	
23	-3029.37000	27.00000	1.50839
24	-333.96362	2.87255	
25	905.53484	28.00000	1.50839
26	-611.80005	2 49780	
27	254 70879	30.00000	1.50839
28	3936.53000	1.64701	
29	239.51669	31.00000	1.50839
30	-1238.94000	5.60527	
31	-2379.42001	21.00000	1 50839
32	150.43068	9.76890	
33	209.21387	17.00000	1.50839
34	149.67785	31.54706	
35	-199.55198	15.90000	1.50839
36	341.76300	57.70880	
37	-170.75300	18.00000	1.50839
38	-3700.60999	6.28784	
39	-1025.75000	23.00000	1.50839
40	-212.37919	1.14438	
41	-3009.97000	23.00000	1.50839
42	-312.33647	2.92283	
43	401.05778	37.00000	1.50839
44	-361.42967	12.43498	
45	-231.63315	27 00000	1.50839
46	-319.48896	1.10071	
47	355.64919	25.00000	1.50839
48	3678.53000	4.83032	
49	177.43364	32.00000	1.50839
50	553.83964	3.29194	
51	137.68248	39.90000	1.50839
52	330.86342	9.82671	
53	587.42747	23.00000	1.50839
54	81.23164	7.04896	
55	93.74477	71.00000	1.50839
56	1555.42999		

(표 10) 제 5 실시예에서 조건에 해당하는 수치

(1) $f_1 / f_3 = 1.58$

(2) $f_2 / f_4 = 1.63$

(3) $f_5 / L = 0.0923$

(4) $f_6 / L = 0.161$

(5) $f_n / f_2 = 0.554$

(6) $I / L = 2.27$

(7) $f_{24} / f_{23} = 1.04$

(8) $f_{22} / f_{23} = 1.17$

(9) $D / L = 0.0853$

(10) $f_4 / L = -0.0564$

(11) $f_2 / L = -0.0919$

(12) $(r_{5p} - r_{5n}) / (r_{5p} + r_{5n}) = 0.219$

(13) $(r_{4F} - r_{4R}) / (r_{4F} + r_{4R}) = -0.912$

(14) $(r_{5R} - r_{6F}) / (r_{5R} + r_{6F}) = -0.0715$

(15) $d_{56} / L = 0.00587$

(16) $d_6 / r_{6F} = 1.07$

(17) $(r_{5F} - r_{5R}) / (r_{5F} + r_{5R}) = 0.757$

(18) $1 / (\phi_{21} \cdot L) = 0.650$

(19) $f_{21} / L = 0.242$

(20) $f_{2F} / f_{2R} = 0.541$

(표 11) 제 6 실시예

d0 = 105.91377

B = 1 / 5

NA = 0.55

Bf = 28.96856

L = 1200

	r	d	n
1	723.70616	28.00000	1.50839
2	-571.49375	1.98414	
3	-8427.42000	20.00000	1.50839
4	324.06902	8.06076	
5	360.49965	28.00000	1.50839
6	-432.97519	1.01484	
7	397.09644	27.00000	1.50839
8	-826.03537	0.88781	
9	214.74356	31.00000	1.50839
10	110.51666	24.03750	
11	229.41181	26.00000	1.50839
12	-396.60684	1.12963	
13	-1014.38000	17.00000	1.50839
14	137.92108	18.76756	
15	-418.59453	12.90000	1.50839
16	138.90550	26.88587	
17	-133.71351	15.00000	1.50839

18	561.20342	52.51989	
19	1381.31000	35.00000	1.50839
20	-188.68876	14.85490	
21	-134.03581	22.80000	1.50839
22	-198.68592	2.89585	
23	-3029.37000	27.00000	1.50839
24	-333.96362	2.88769	
25	905.64444	28.00000	1.50839
26	-611.80428	2.47699	
27	254.70879	30.00000	1.50839
28	3936.53000	1.61920	
29	239.51669	31.00000	1.50839
30	-1238.94000	5.60156	
31	-2379.42000	21.00000	1.50839
32	150.42879	9.73510	
33	209.20275	16.99160	1.50839
34	149.68297	31.54706	
35	-199.55198	15.90229	1.50839
36	341.76300	57.70389	
37	-170.75300	18.00000	1.50839
38	-3700.61000	6.28293	
39	-1025.75000	23.00000	1.50839
40	-212.37919	1.14438	
41	-3009.97000	23.00000	1.50839
42	-312.33647	2.89661	
43	401.05778	37.00000	1.50839
44	-361.42967	12.47918	
45	-231.65257	27.00000	1.50839
46	-319.51171	1.23912	
47	355.64919	25.00000	1.50839
48	3678.53000	4.82925	
49	177.43453	32.00000	1 50839
50	553.98339	3.26768	
51	137.68248	39.90000	1.50839
52	330.86342	9.82671	
53	587.42747	23.00000	1.50839
54	81.23164	7.04896	
55	93.74477	71.00000	1.50839
56	1555.43000	(Bf)	

(표 12) 제 6 실시예에서의 조건에 해당하는 수치

(1) f1 /f3 = 1.58

(2) f2 /f4 = 1.63

(3) f5 /L= 0.0924

(4) f6 /L= 0.161

(5) fn /f2 = 0.554

(6) I/L= 2.25

(7) f24/f23= 1.04

(8) f22/f23= 1.17

(9) D/L= 0.0853

(10) f4 /L= -0.0564

(11) f2 /L= -0 0919

(12) (r5p-r5n) / (r5p+r5n) = 0.218

(13) (r4F-r4R) / (r4F+r4R) = -0.911

(14) (r5R-r6F) / (r5R+r6F) = -0.0715

(15) d56/L= 0.00587

(16) d6 /r6F= 1.07

(17) (r5F-r5R) / (r5F+r5R) = 0.757

(18) 1/ (φ21 · L) = 0.650

(19) f21/L= 0.242

(20) f2F/f2R= 0.541

상기한 제 1 실시예에서, 정의 렌즈 L_{61} 의 물체면 렌즈면의 1/|ΦL|=0.149 가 되어 상기한 조건(21)을 만족시키게 된다. 제 2 실시예에서, 정의 렌즈 L_{61} 의 물체면 렌즈면의 1/|ΦL|=0.152 가 되고 정의 렌지 L_{62} 의 물체측 렌즈면의 1/|ΦL=0.709가 되어 상기 조건(21)을 만족시키게 된다. 제 3 실시예에서, 정의 렌즈 L_{61} 의 물체측 렌즈면의 1/|ΦL|=0.149 로써 상기 조건(21)을 만족시키게 된다. 제 4 실시예에서, 정의 렌즈 L_{61} 의 물체측 렌즈면의 1/|ΦL|=0.153 이고 정의 렌즈 L_{62} 의 물체측 렌즈면의 1/|ΦL|=1.36 으로서 역시 상기 조건(21)을 만족시키게 된다. 제 5 실시예에서, 정의 렌즈 L_{61} 의 물체측 렌즈면의 1/|ΦL|=0.153 으로서 전기한 조건(21)을 만족시키게 된다. 제 6 실시예에서, 정의 렌즈 L_{61} 의 물체측 렌즈면의 1/|ΦL|=0.154 로서 전기한 조건을 만족시키게 된다. 따라서, 각각의 실시예에서 제 6 렌즈 그룹 G_6 는 조건(21)을 만족시키는 렌즈면(들)을 갖는 세개 또는 그 이상의 렌즈들로 구성된다.

각각의 실시예에 대한 상술한 사양치들로부터, 각각의 실시예에서 비교적 넓은 노광 면적 및 큰 구경치를 유지하면서 물체측 위에(기준면 위에) 및 영상면 위에(웨이퍼면 위에) 텔레센트리시티를 달성할 수 있게 된다.

제 9 도, 10 도, 11 도, 12 도, 13 도 및 14 도는 본 발명에 따른, 제 1 실시예 내지 제 6 실시예에서의 다양한 수차의 수차선도를 나타내는 도면이 다.

각각의 수차선도에서, NA는 투영 광학계의 구경치를 나타낸 것이고 Y는 상 높이를 나타내는 것이다. 비점수차의 각각의 수차선도에서, 점선은 메리디오날 영상면(meridional image surface)을 나타내고 실선은 수결적 상면(sagittal image surface)를 나타낸다.

수차선도의 비교로부터, 각각의 실시예에서 다양한 수차가 양호한 상태로 교 정되었음을 알 수 있으며, 특히 전체 영상에 걸쳐 왜곡 상태가 거의 제로에 근접되도록 교정되어 대구 경치에서도 고해상력의 투영 광학계을 달성할 수 있게 된다.

상기한 실시예에서는 광원으로서 파장 248.4nm의 광을 제공할 수 있는 엑사이머 레이저를 사용하였으나, 상기한 실시예와는 달리 파장 193nm의 광을 제공하는 엑사이머 레이저, g-라인(파장 436nm) 또는 i-라인(파장 365nm), 또는 상기 대역과는 다른 대역의 자외선광을 제공할 수 있는 다른 광원을 본 발명에 사용할 수 있다.

상기 실시예들에서, 투영 팡학계을 구성하는 렌즈들은 복합 렌즈들이 아니라, 단일 쾅학재, 즉 수정(SiO_2)으로 제조된다. 여기에서, 상기 실시예들에서 단일 광학재를 사용하여 렌즈들을 제조함으로써 비용의 절감을 도모할 수 있음도 주목해야 된다. 그러나, 노출되는 광의 폭이 감소되는 경우에는, 수정(SiO_2) 및 형성(CaF_2)를 조합하거나 다른 광학재를 혼합하여 색수차를 보정할 수도 있다. 나아가서, 노출광원이 밴드폭이 넓은 노출광을 제공할 경우에는, 여러 형태의 광학재를 조합하여 색수차를 보정할 수도 있다.

전술한 바와 같이, 본 발명에 따른 노장장치는 비교적 넓은 노출대역을 유지하는 바이텔레센트릭(bitelecentric)이며 고해상력을 갖는 투영 광학계을 달성할 수 있는데, 여기에서 다양한 수차는 양호한 상태로 보정되고 대구경치를 갖게 된다. 특히, 본 발명에 따른 투영 광학계에서는 왜곡 현상이 특히 양호하게 보정된다. 따라서, 본 발명에서는 바이텔레센트릭을 달성하는 한편 왜곡 현상이 양호하게 보정됨으로 해서 영상 응력을 급격히 감소시키는 장점을 제공하게 된다.

상술한 바에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명은 여러 형태로 변형될 수 있으며, 이러한 변형은 모두 본 발명에 속하는 것으로 보아야 할 것이며 당업자에 명백한 이러한 변형은 다음에 첨부되는 특허청구 범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

1994. 12. 14.자 출원된 일본국 출원 1994-311050(평성 6-311050)호도 본 발명의 참조자료로 사용할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

제 1 물체 및 제 2 물체 사이에 위치하여 제 1 물체의 영상을 제 2 물체상에 투영하기 위한 투영 광학계에 있어서,
제 1 및 제 2 물체들 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹,
상기 제 1 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹,
상기 제 2 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹,
상기 제 3 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹,
상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹,
상기 제 5 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하면 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹을 구비하되,
상기 제 1 렌즈 그룹은 적어도 2개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 3 렌즈 그룹은 적어도 3개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 4 렌즈 그룹은 적어도 3개의 부의 렌즈를 포함하고, 상기 제 5 렌즈 그룹은 적어도 5개의 정의 렌즈와 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하고, 상기 제 6 렌즈 그룹은 적어도 1개의 정의 렌즈를 포함하며,
상기 제 2 렌즈 그룹은 제 1 물체에 가장 근접되어 있고 제 2 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈와, 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 제 1 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈와, 상기 제 2 렌즈 그룹 내에서 상기 전방 렌즈와 후방 렌즈 사이에 위치하는 중간 렌즈 그룹을 포함하며,
상기 중간 렌즈 그룹은 제 1 물체 측으로부터 순차적으로 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈와, 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈와, 부의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 및 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈를 구비하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹내의 상기 중간 렌즈 그룹대서 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈는 제 2 물체에 대한 볼록면을 갖는 렌즈 형태인 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 3.

제 1항 또는 4 항에 있어서, 상기 제 4 렌즈 그룹은 제 1 물체에 가장 근접되게 위치하고 제 2 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈와, 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 제 1 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈 및 상기 제 4 렌즈 그룹의 상기 전방 렌즈 및 후방 렌즈 사이에 위치하는 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 4.

제 5 항에 있어서, 상기 제 5 렌즈 그룹은 부의 메니스커스 렌즈 및 상기 부 의 메니스커스 렌즈의 오목면에 인접되게 위치하고 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 대향된 볼록면을 갖는 정의 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 부의 메니스커스 렌즈와 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 인접되게 위치한 상기 정의 렌즈는 상기 제 5 렌즈 그룹 내의 렌즈 사이에 위치하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 제 5 렌즈 그룹은 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 2 물체에 대향된 오목면을 갖는 부의 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 7.

제 1 물체 측으로부터 순차적으로 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹, 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹, 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹, 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹, 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹, 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹을 가지며, 제 1 물체의 영상을 제 2 물체 상에 투영하기 위한, 제 1 물체 및 제 2 물체 사이에 위치하는 투영 광학계에 있어서,
상기 제 1 렌즈 그룹은 적어도 2개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 3 렌즈 그룹은 적어도 3개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 4 렌즈 그룹은 적어도 3개의 부의 렌즈를 포함하고, 상기 제 5 렌즈 그룹은 적어도 5개의 정의 렌즈 및 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하고, 상기 제 6 렌즈 그룹은 적어도 1개의 정의 렌즈를 포함하며,
상기 제 2 렌즈 그룹은 제 1 물체에 가장 인접되게 위치하고 제 2 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈와, 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 제 1 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 가지는 후방 렌즈 및 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 전방 및 후방 렌즈 사이에 위치하는 중간 렌즈 그룹을 포함하며,

상기 중간 렌즈 그룹은 상기 제 1 물체 측으로부터 순차적으로 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈, 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈, 부의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 및 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈를 구비하며,
상기 제 1 렌즈 그룹의 촛점 거리를 f_1, 상기 제 2 렌즈 그룹의 촛점 거리를 f_2, 상기 제 3 렌즈 그룹의 촛점 거리를 f_3, 상기 제 4 렌즈 그룹의 촛점거리를 f_4, 상기 제 5 렌즈 그룹의 촛점 거리를 f_5, 상기 제 6 렌즈 그룹의 촛점 거리를 f_6 라 하고, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 중간 렌즈 그룹의 상기 제 2 렌즈로부터 상기 제 4 렌즈까지의 전체 촛점 거리를 f_n 라 하고, 제 1 물체로부터 제 2 물체까지의 간격을 L이라 할때,
$0.1 < f_1 / f_3 < 17$

$0.1 < f_2 / f_4 < 14$

$0.01 < f_5 / L < 0.9$

$0.02 < f_6 / L < 1.6$
0.01 〈 fn / f2 〈 2.0 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 8.
제 7 항에 있어서, 제 1 물체로부터 상기 투영 광학계 전체의 제 1-물체-측-촛점까지의 축방향 거리를 I 라 하고 제 1 물체로부터 제 2 물체까지의 거리를 L 이라 할때,
1.0 〈 I / L 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 9.
제 7 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 중간 렌즈 그룹은 부의 굴절력을 갖는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 10.
제 7 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹의 촛점 거리를 f_2 라 하고 제 1 물체로부터 제 2 물체까지의 거리를 L이라 할때,
-0.8 〈 f_2 / L 〈 -0.050 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광 학계.

청구항 11.
제 7 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 제 1 물체에 가장 근접되게 위치하고, 제 2 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 상기 전방 렌즈의 촛점 거리를 f_{2F} 라 하고,
상기 제 2 렌즈 그룹내의 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하며 제 1 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 상기 후방 렌즈의 촛점 거리를 f_{2R} 이라 할때,
0 ≤ f_{2F} / f_{2R} 〈 18의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 12.
제 7 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 부의 굴절력을 갖는 상기 제 3 렌즈의 촛점 거리를 f_{23} 이라 하고 상기 중간 렌즈 그룹내의 부의 굴절력을 갖는 상기 제 4 렌즈의 촛점 거리를 f_{24} 라 할때,
0.07 〈 f_{24} / f_{23} 〈 7의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 13.
제 12 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 중간 렌즈 그룹에서 부의 굴절력을 갖는 상기 제 2 렌즈의 촛점 거리가 f_{22} 이고 상기 제 2 렌즈 그룹내의 상기 중간 렌즈 그룹의 부의 글절력을 갖는 상기 제 3 렌즈의 촛점 거리를 f_{23} 이라 할때,
0.1 〈 f_{22} / f_{23} 〈 10의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 14.
제 7 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 중간 렌즈 그룹에서 부의 굴절력을 갖는 상기 제 4 렌즈의 제 2-물체-측-렌즈면으로부터 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 후방 렌즈의 제 1-물체-측-렌즈면까지의 축방향 거리를 D 라 하고 제 1 물체로부터 제 2 물체 까지의 거리를 L이라 할때,
0.05 〈 D / L 〈 0.4 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 15.
제 7 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 중간 렌즈 그룹에서 정의 굴절력을 갖는 상기 제 1 렌즈는 제 2 물체에 대해 볼록면인 렌즈 형상을 가지며,
상기 제 2 렌즈 그룹내의 상기 중간 렌즈 그룹에서 정의 굴절력을 갖는 상기 제 1 렌즈의 제 2-물체-측-렌즈면의 굴절력이 Φ12 이고 제 1 물체와 제 2 물체까지의 간격을 L이라 할때,
0.54 〈 1 / (Φ_{21} · L) 〈 10 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 16.
제 13 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 중간 렌즈 그룹의 정의 굴절력을 갖는 상기 제 1 렌즈의 촛점 거리를 f_{21} 이라 하고 제 1 물체와 제 2 물체 사이의 간격을 L이라 할때 다음 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.
$0.230 < f_{21} / L < 0.40$

청구항 17.

제 7 항에 있어서,상기 제 4 렌즈 그룹의 촛점 거리가 f_4 이고 제 1 물체와 제 2 물체 사이의 간격을 L이라 할때,
$-0.098 < f_4 / L < -0.005$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 18.

제 7 항에 있어서, 상기 제 4 렌즈 그룹은 상기 제 1 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 2 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈와,
상기 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 1 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈, 및 상기 제 4 렌즈 그룹내의 상기 전방 렌즈 및 후방 렌즈들 사이에 위치하는 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하고,
상기 제 4 렌즈 그룹 내의 제 1 물체에 가장 인접되게 위치한 상기 후방 렌즈의 제 1 물체 측면에 대한 곡률반경을 r4F 라 하고 상기 제 4 렌즈 그룹 내에서 상기 제 2 물체에 가장 인접되게 위치한 상기 후방 렌즈의 제 2 물체 측면에 대한 곡률반경을 r_{4R} 이라 할때,
$-1.00 \leq (r_{4F} - r_{4R}) / (r_{4F} + r_{4R}) < 0$의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 19.

제 7 항에 있어서, 상기 제 5 렌즈 그룹은, 부의 메니스커스 렌즈와 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 인접되게 위치하고 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면과 대향된 볼록면을 갖는 정의 렌즈로 구성되고,
상기 제 5 렌즈 그룹에서 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면의 곡률반경을 r_{5n} 이라 하고 상기 제 5렌즈 그룹내에서 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 인접되게 위치하는 상기 정의 렌즈에서 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 대향된 볼록면의 곡률반경을 r_{5p} 라 할때,
$0 < (r_{5p} - r_{5n}) / (r_{5p} + r_{5n}) < 1$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 20.

제 7 항에 있어서, 상기 제 5 렌즈 그룹은 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 2 물체에 대향된 오목면을 갖는 부의 렌즈를 포함하고,
상기 제 5 렌즈 그룹내의 상기 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하는 상기 부의 렌즈에서 제 1 물체측에 대한 곡률반경을 r_{5F} 라 하고 상기 제 5렌즈 그룹의 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하는 상기 부의 렌즈에서 제 2 물체 측에 대한 곡률반경을 r_{5R} 이라 할때,
$0.30 < (r_{5F} - r_{5R}) / (r_{5F} + r_{5R}) < 1.28$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 21.

제 7 항에 있어서, 상기 제 5 렌즈 그룹은 상기 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 2 물체에 대향된 오목면을 갖는 부의 렌즈를 포함하고,
상기 제 6 렌즈 그룹은 상기 제 1 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 1 물체에 대향된 볼록면을 갖는 렌즈를 포함하며,
상기 제 5 그룹내의 제 2 물체에 가장 인접하게 배치된 상기 부의 렌즈의 제 2 물체 측에 대한 곡률반경을 r_{5R} 이라 하고 상기 제 6 렌즈 그룹내의 상기 제 1 물체에 가장 인접하게 배치된 상기 렌즈의 제 1 물체 측에 대한 곡률반경을 r_{6F} 라 할때,
$-0.90 < (r_{5R} - r_{6F}) / (r_{5R} + r_{6F}) < -0.001$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 22.

제 7 항에 있어서, 상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 제 6 렌즈 그룹 간의 렌즈 그룹 간격을 d_{56} 이라 하고 제 1 물체로부터 제 2 물체 까지의 거리를 L이라 할때,
$d_{56} / L < 0.017$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 23.

제 7 항에 있어서, 상기 제 6 렌즈 그룹에서 상기 제 1 물체에 가장 근접된 렌즈면의 곡률반경을 r_{6F} 라 하고 상기 제 6 렌즈 그룹에서 제 1 물체에 가장 근접된 렌즈면으로부터 제 2 물체까지의 축방향 거리를 d_6 라 할때,
$0.50 < d_6 / r_{6F} < 1.50$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 24.

제 7 항에 있어서, 상기 제 6 렌즈 그룹은 다음 조건을 만족하는 적어도 1개의 표면을 갖는 3개 또는 그 이하의 렌즈들을 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.
$1 / |\Phi L| < 20$
여기에서 Φ는 렌즈면의 굴절력, L은 제 1물체와 제 2물체 간의 물체-영상 간격을 나타낸다.

청구항 25.

제 7 항에 있어서, 상기 투영 광학계의 배율이 5:1 인 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 26.

주 표면에 감광성 기판이 유지되도록 하는 스테이지,
소정 파장의 노광용 빛을 방사하고 마스크 상의 소정 패턴을 기판 상으로 전달하기 위한 조명 광학계, 및
상기 기판 면 상에 마스크의 영상을 투영하는 투영 광학계로 구성되며, 상기 투영 광학계는,
마스크와 상기 스테이지의 주 표면 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹과,
상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 스테이지의 주 표면 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹과,
상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 스테이지의 주 표면 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹과,
상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 스테이지의 주 표면 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹과,
상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 스테이지의 주 표면 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹과,

상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 스테이지의 주 표면 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹을 포함하고,
상기 제 1 렌즈 그룹은 적어도 2개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 3 렌즈 그룹은 적어도 3개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 4 렌즈 그룹은 적어도 3개의 부의 렌즈를 포함하며, 상기 제 5 렌즈 그룹은 적어도 5개의 정의 렌즈와 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하고, 상기 제 6 렌즈 그룹은 적어도 1개의 정의 렌즈를 포함하며,
상기 제 2 렌즈 그룹은 제 1 물체에 가장 근접되어 있고 제 2 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절렬을 갖는 전반 렌즈와, 제 2 물체에 가장 근접되게 위치 하고 제 1 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈와, 상기 제 2 렌즈 그룹 내에서 상기 전방 렌즈와 후방 렌즈 사이에 위치하는 중간 렌즈 그룹을 포함하며,
상기 중간 렌즈 그룹은 제 1 물체 측으로부터 순차적으로 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈와, 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈와, 부의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 및 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈를 구비하는 것을 특징으로 하는 노광 장치.

청구항 27.

제 26 항에 있어서,
상기 제 1 렌즈 그룹의 촛점거리를 f_1,
상기 제 2 렌즈 그룹의 촛점거리를 f_2,
상기 제 3 렌즈 그룹의 촛점거리를 f_3,
상기 제 4 렌즈 그룹의 촛점거리를 f_4,
상기 제 5 렌즈 그룹의 촛점거리를 f_5,
상기 제 6 렌즈 그룹의 촛점거리를 f_6,
상기 제 2 렌즈 그룹 내의 상기 중간 렌즈의 상기 제 2 렌즈로부터 상기 제 4 렌즈까지의 전체 촛점거리를 f_n 이라 하고, 제 1 물체로부터 제 2 물체 까지의 거 리를 L이라 할때,

$0.1 < f_1 / f_3 < 17$

$0.1 < f_2 / f_4 < 14$

$0.01 < f_5 / L < 0.9$

$0.02 < f_6 / L < 1.6$

$0.01 < f_n / f_2 < 2.0$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 28.

제 1 물체 및 제 2 물체 사이에 위치하여 제 1 물체의 영상을 제 2 물체 상에 투영하기 위한 투영 광학계에 있어서,
제 1 및 제 2 물체들 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹,
상기 제 1 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제2 렌즈 그룹,
상기 제 2 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹,
상기 제 3 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹,
상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹,
상기 제 5 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹을 구비하되,
상기 제 1 렌즈 그룹은 적어도 2개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 3 렌즈 그룹은 적어도 3개의 정의 렌즈를 포함하며, 상기 제 4 렌즈 그룹은 적어도 3개의 부의 렌즈를 포함하며, 상기 제 5 렌즈 그룹은 적어도 5개의 정의 렌즈와 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하며, 상기 제 6 렌즈 그룹은 적어도 1개의 정의 렌즈를 포함하고,
상기 제 5 렌즈 그름은 부의 메니스커스 렌즈 및 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 인접되게 위치하고 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 대향된 볼록면을 갖는 정의 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 29.

제 1 물체 및 제 2 물체 사이에 위치하여 제 1 물체의 영상을 제 2 물체 상에 투영하기 위한 투영 광학계에 있어서,
제 1 및 제 2 물체들 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹,
상기 제 1 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹,
상기 제 2 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹,
상기 제 3 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹,
상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹,
상기 제 5 렌즈 그룹과 제 2 물체 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹을 구비하되,
상기 제 1 렌즈 그룹은 적어도 2개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 3 렌즈 그룹은 적어도 3개의 정의 렌즈를 포함하며, 상기 제 4 렌즈 그룹은 적어도 3개의 부의 렌즈를 포함하며, 상기 제 5 렌즈 그룹은 적어도 5개의 정의 렌즈와 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하며, 상기 제 6 렌즈 그룹은 적어도 1개의 정의 렌즈를 포함하고,
상기 제 4 렌즈 그룹은 상기 제 1 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 2 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 전방 렌즈와, 상기 제 2 물체에 가장 근접되게 위치하고 상기 제 1 물체에 대한 오목면을 통해 부의 굴절력을 갖는 후방 렌즈, 및 상기 제 4 렌즈 그룹내의 상기 전방 렌즈 및 후방 렌즈들 사이에 위치하는 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하고,
상기 제 4 렌즈 그룹 내의 제 2 물체에 가장 인접되게 위치한 상기 후방 렌즈의 제 1 물체 측에 대한 곡률반경을 r_{4F} 라 하고 상기 제 4 렌즈 그룹 내에서 상기 제 2 물체에 가장 인접되게 위치한 상기 후방 렌즈의 제 2 물체 측에 대한 곡률반경을 r_{4R} 이라 할때,

$-1.00 \leq (r_{4F} - r_{4R}) / (r_{4F} + r_{4R}) < 0$의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 투영 광학계.

청구항 30.

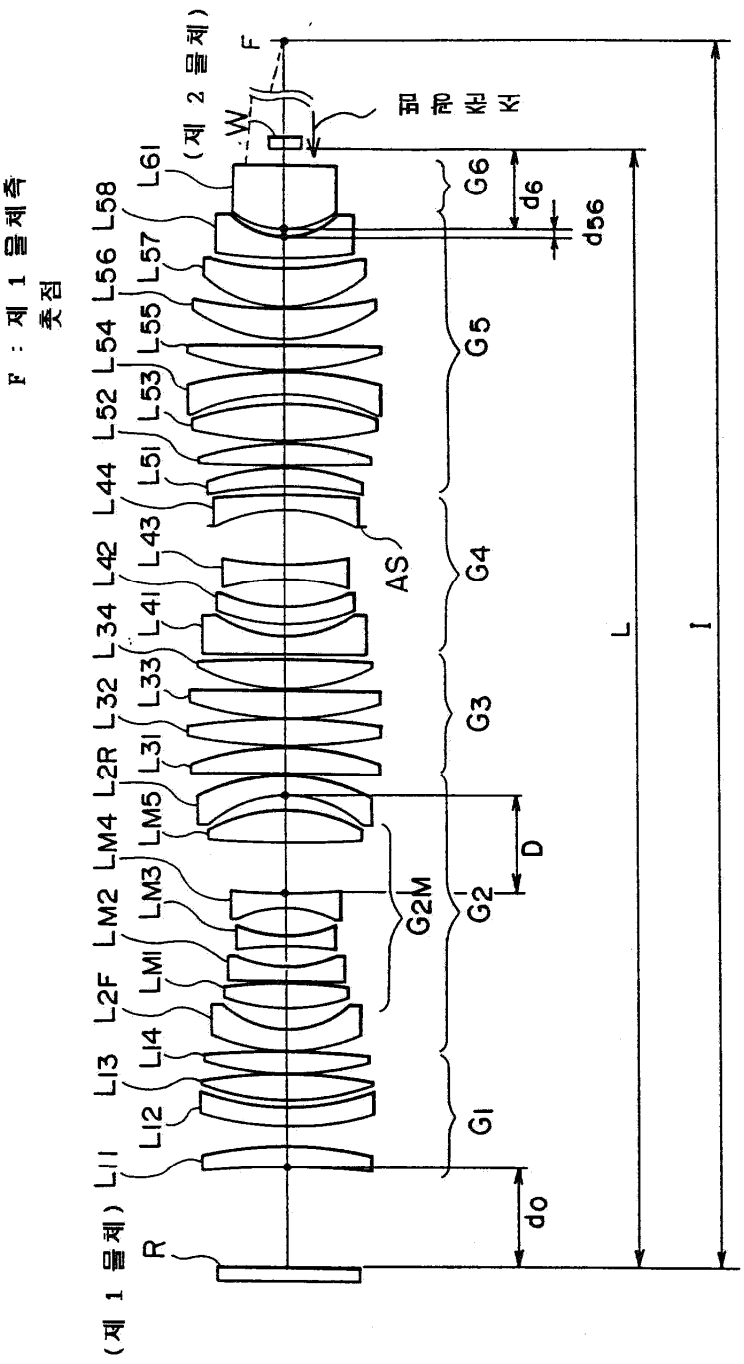
제 1물체로 준비된 소정패턴을 갖는 마스크를 소정 파장의 빛으로 조명하는 단계와,
제 2물체로서 준비된 감광성 기판 상으로 상기 마스크 상의 패턴의 영상을 투영 광학계를 통해 투영하여 노광 공정을 실행하는 단계를 포함하는, 제 1항에 의한 투영 광학계를 이용하여 적어도 반도체 장치나 액정 디스플레이장치를 제조하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 31.

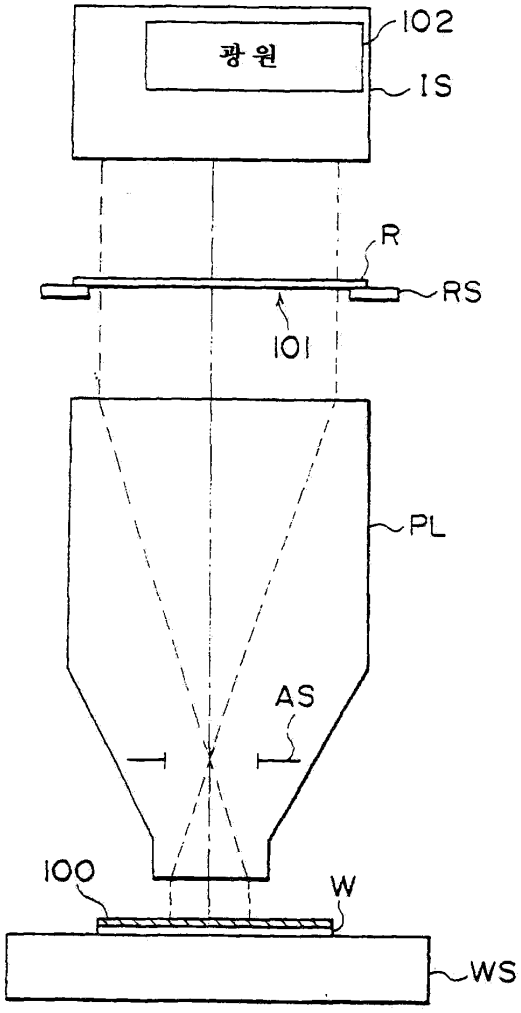
주 표면에 감광성 기판이 유지되도록 하는 스테이지,
소정 파장의 노광용 빛을 방사하고 마스크 상의 소정 패턴을 기판 상으로 전달하기 위한 조명 광학계, 및
상기 마스크 상의 패턴 영상을 상기 기판 상으로 투영하는 투영 광학계를 포함하며, 상기 마스크와 상기 기판 사이에 제공되는 상기 투영 광학계는,
마스크와 상기 기판 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹과,
상기 제 1 렌즈 그룹과 상기 기판 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제2 렌즈 그룹과,
상기 제 2 렌즈 그룹과 상기 기판 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹과,
상기 제 3 렌즈 그룹과 상기 기판 사이에 위치하며 부의 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹과,
상기 제 4 렌즈 그룹과 상기 기판 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 5 렌즈 그룹과,
상기 제 5 렌즈 그룹과 상기 기판 사이에 위치하며 정의 굴절력을 갖는 제 6 렌즈 그룹을 구비하며,
상기 제 1 렌즈 그룹은 적어도 2개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 3 렌즈 그룹은 적어도 3개의 정의 렌즈를 포함하고, 상기 제 4 렌즈 그룹은 적어도 3개의 부의 렌즈를 포함하고, 상기 제 5 렌즈 그룹은 적어도 5개의 정의 렌즈와 적어도 1개의 부의 렌즈를 포함하고, 상기 제 6 렌즈 그룹은 적어도 1개의 정의 렌즈를 포함하고,
상기 제 5 렌즈 그룹은 부의 메니스커스 렌즈 및 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 인접되게 위치하고 상기 부의 메니스커스 렌즈의 오목면에 대향된 볼록면을 갖는 정의 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

도면

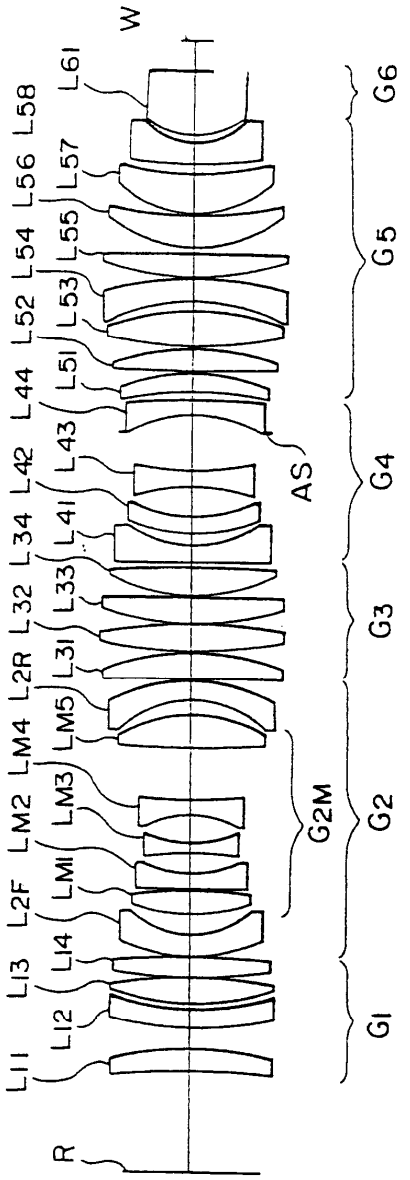
도면1


F : 제 1 물체측 촛점
(제 1 물체)
(제 2 물체)
R
L11
L12
L13
L14
L2F
LM1
LM2
LM3
LM4
LM5
L2R
L31
L32
L33
L34
L41
L42
L43
L44
L51
L52
L53
L54
L55
L56
L57
L58
L61
F
W
G1
G2M
G2
G3
G4
AS
G5
G6
d0
D
d6
d56
L
l

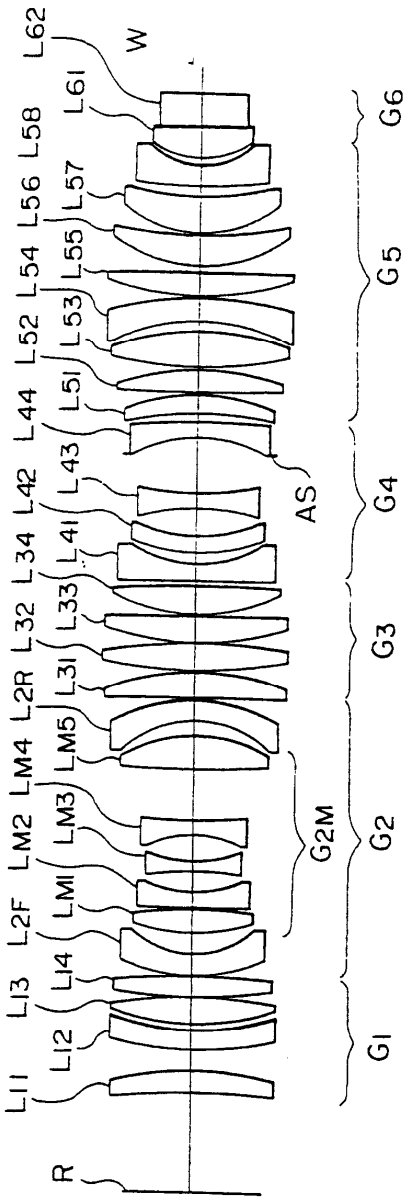
도면2



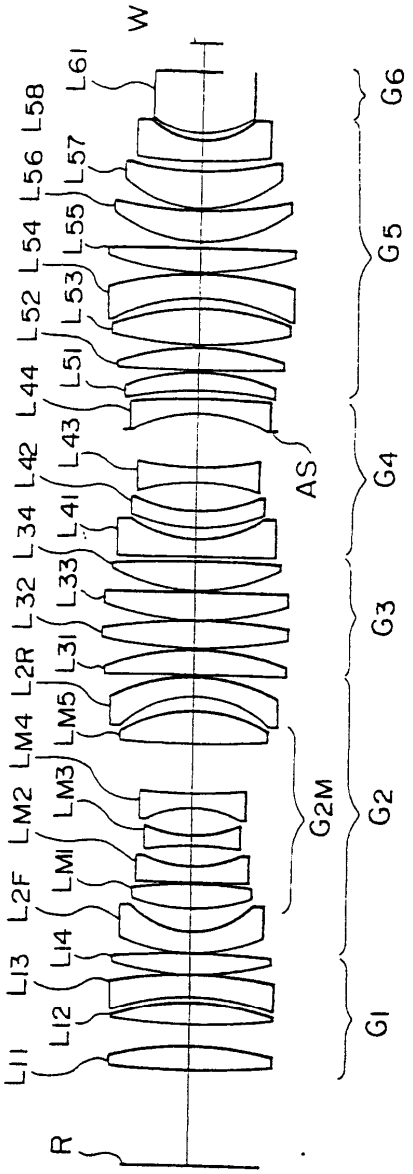
도면3


W
L61
L58
L56
L57
L54
L55
L52
L53
L44
L51
L43
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LMI
L2F
L14
L13
L12
L11
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2
G2M
G1

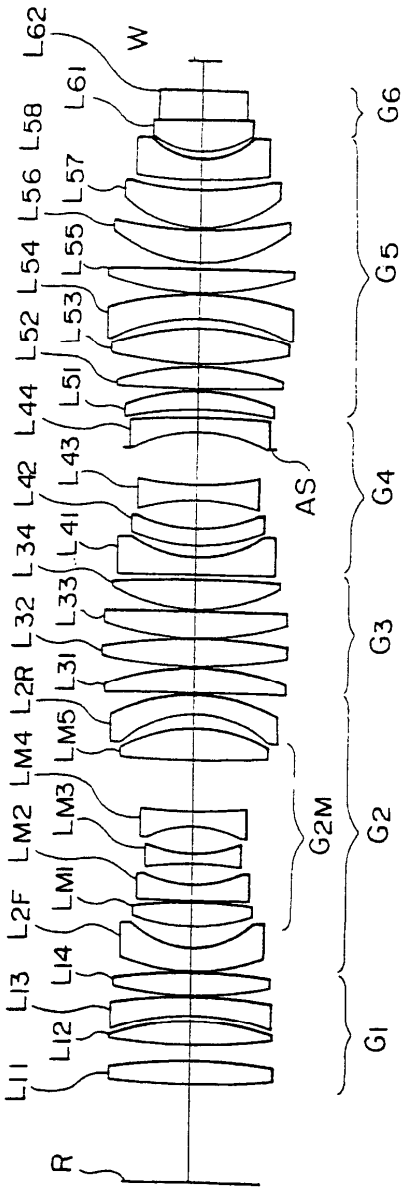
도면4


L62
W
L61
L58
L57
L56
L55
L54
L53
L52
L51
L44
L43
AS
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LM1
L2F
L14
L13
L12
L11
R
G6
G5
G4
G3
G2M
G2
G1

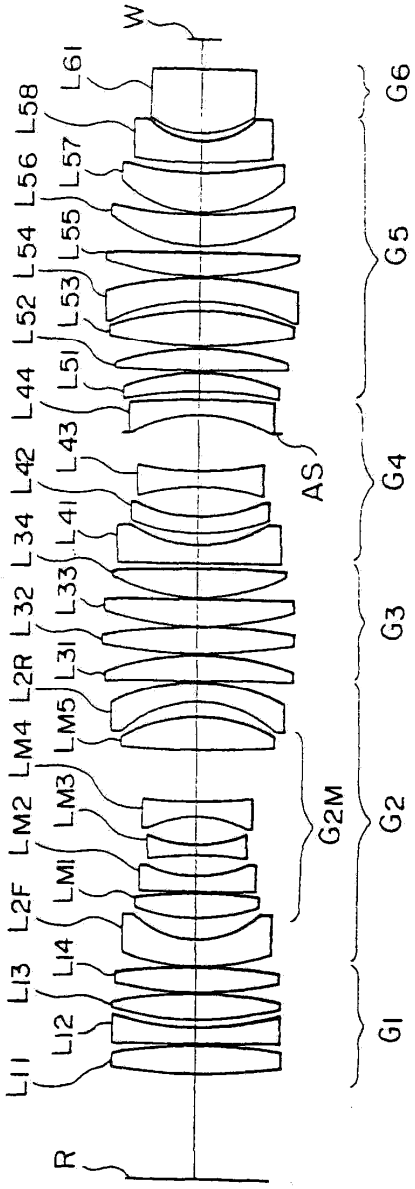
도면5


W
L61
L58
L57
L56
L55
L54
L53
L52
L51
L44
L43
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LM1
L2F
L14
L13
L12
L11
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2
G2M
G1

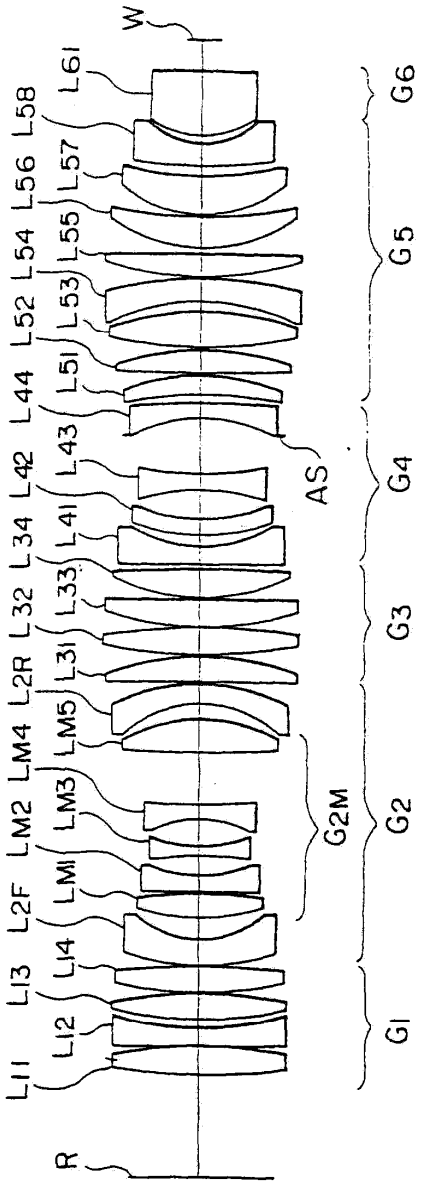
도면6


L62
W
L61
L58
L57
L56
L55
L54
L53
L52
L51
L44
L43
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LM1
L2F
L14
L13
L12
L11
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2
G2M
G1

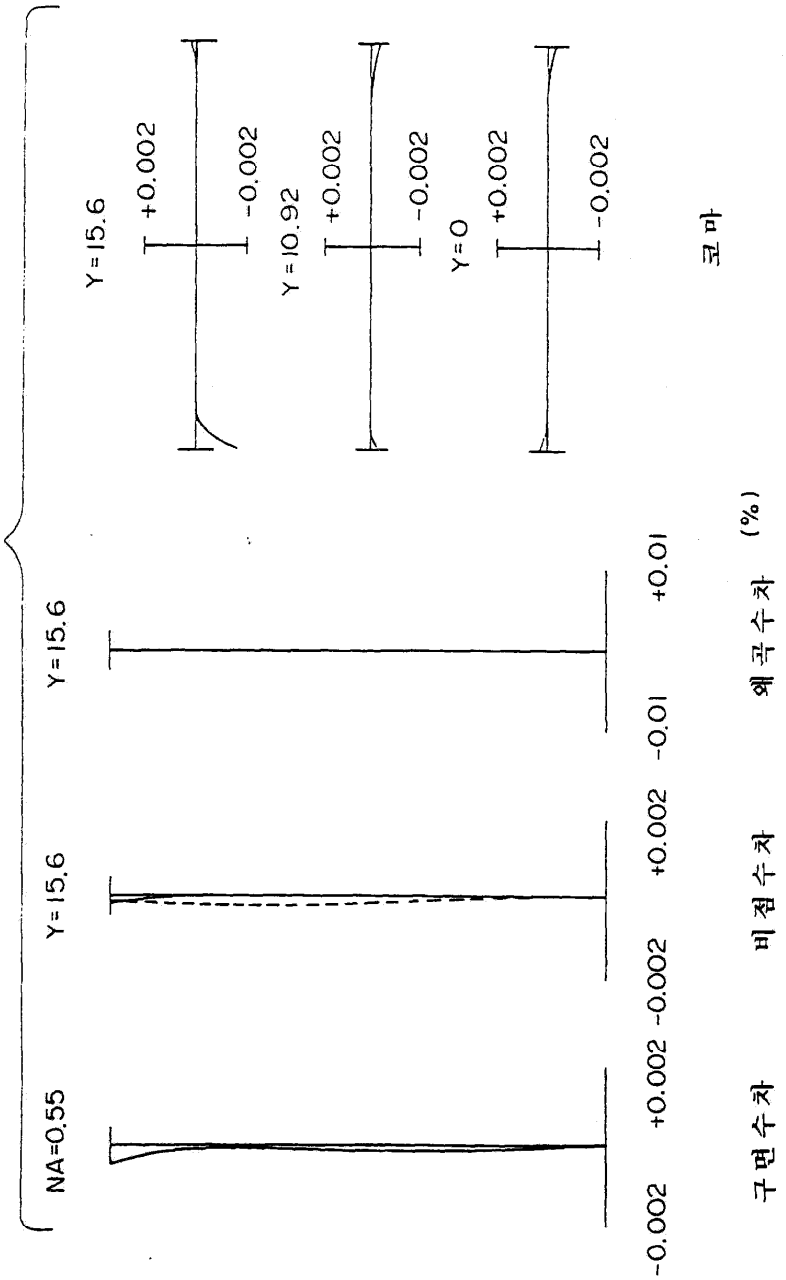
도면7


W
L61
L58
L57
L56
L55
L54
L53
L52
L51
L44
L43
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LM1
L2F
L14
L13
L12
L11
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2
G2M
G1

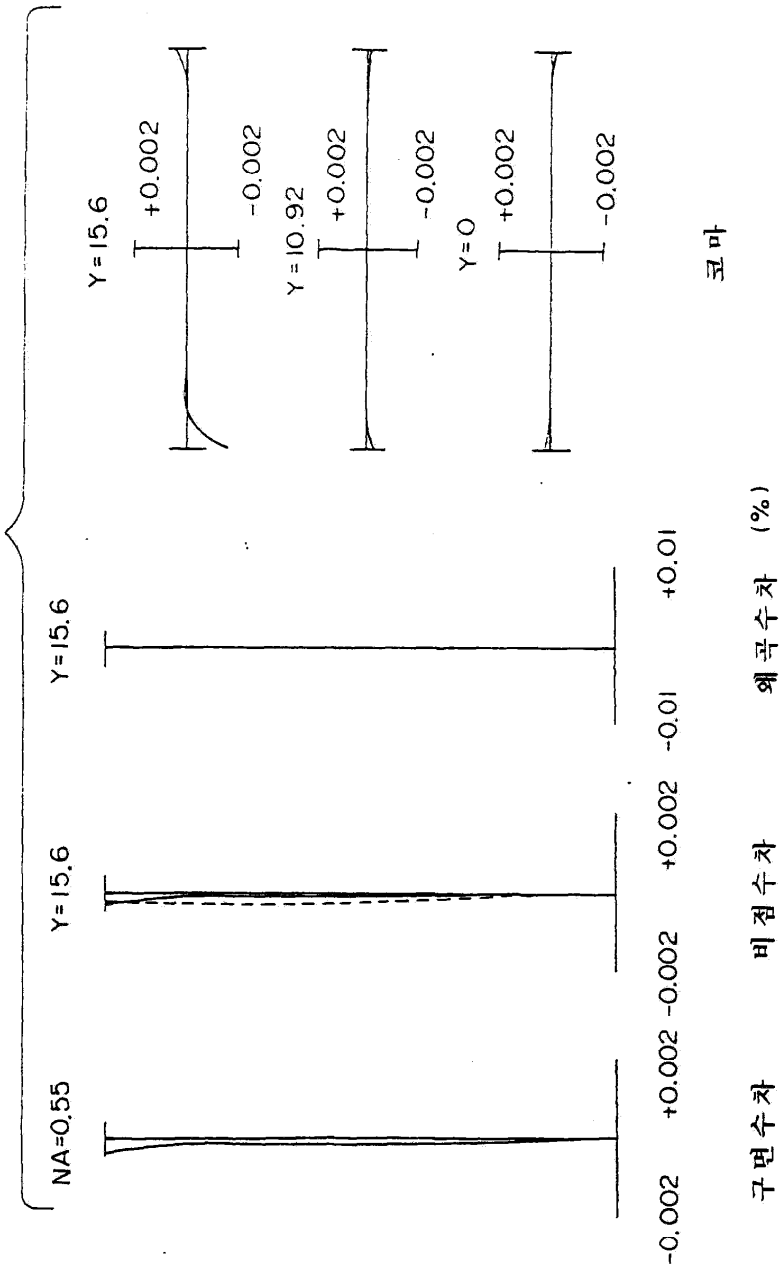
도면8


W
L61
L58
L57
L56
L55
L54
L53
L52
L51
L44
L43
L42
L41
L34
L33
L32
L31
L2R
LM5
LM4
LM3
LM2
LM1
L2F
L14
L13
L12
L11
R
AS
G6
G5
G4
G3
G2
G2M
G1

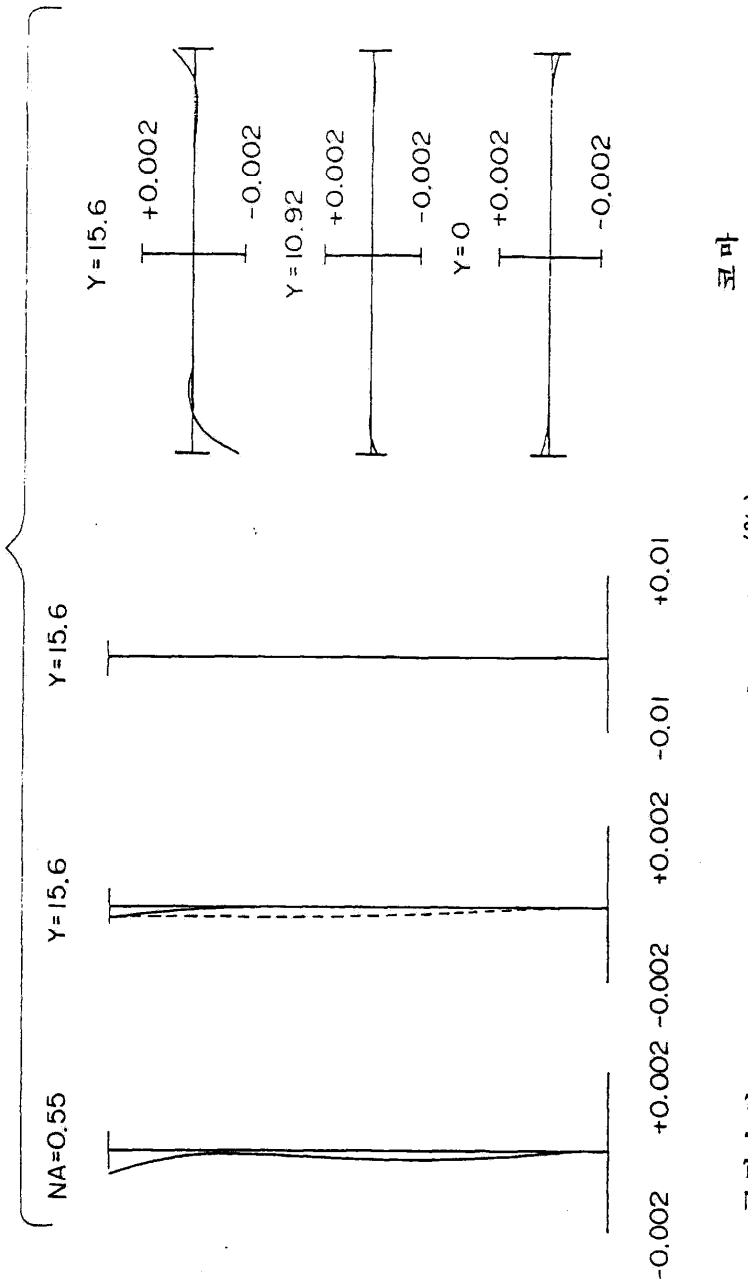
도면9


NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
구면수차
비점수차
왜곡수차 (%)
코마

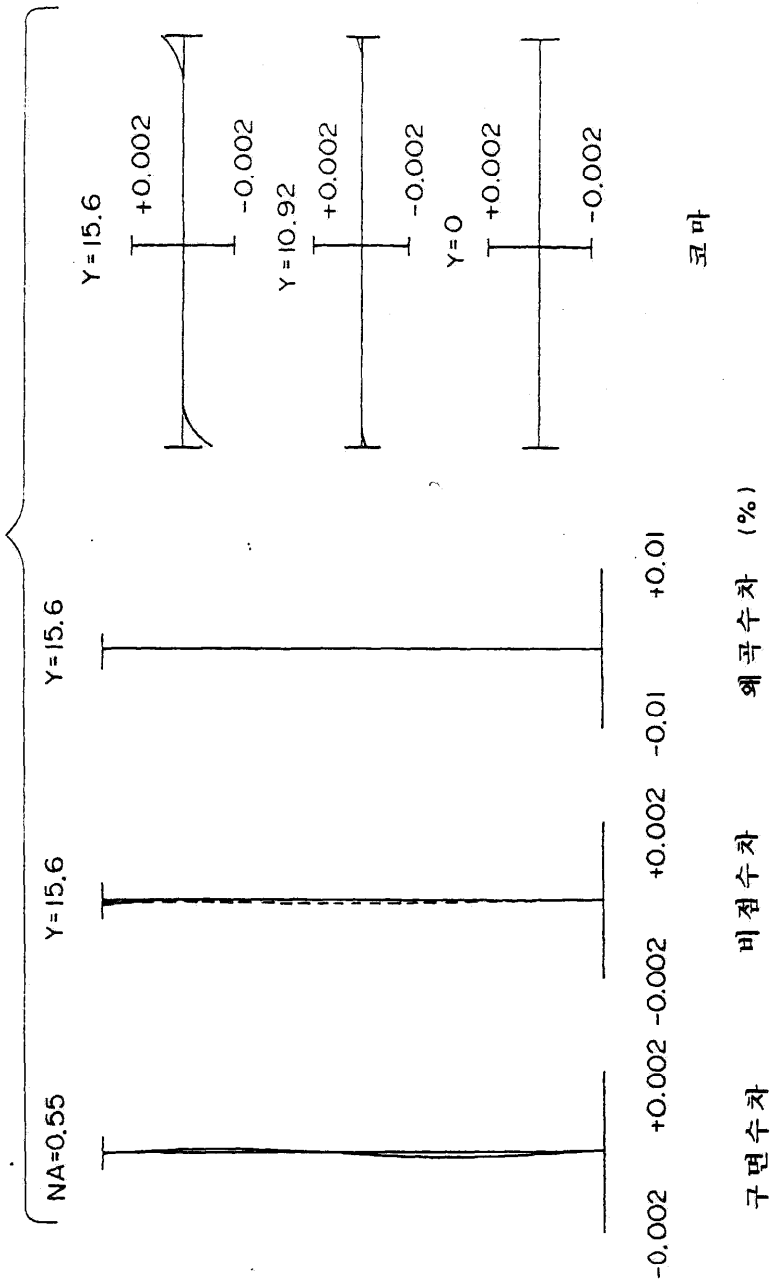
도면10


Y=15.6
+0.002
-0.002
Y=10.92
+0.002
-0.002
Y=0
+0.002
-0.002
코마
NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
+0.01
-0.01
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
구면수차
비점수차
왜곡수차 (%)

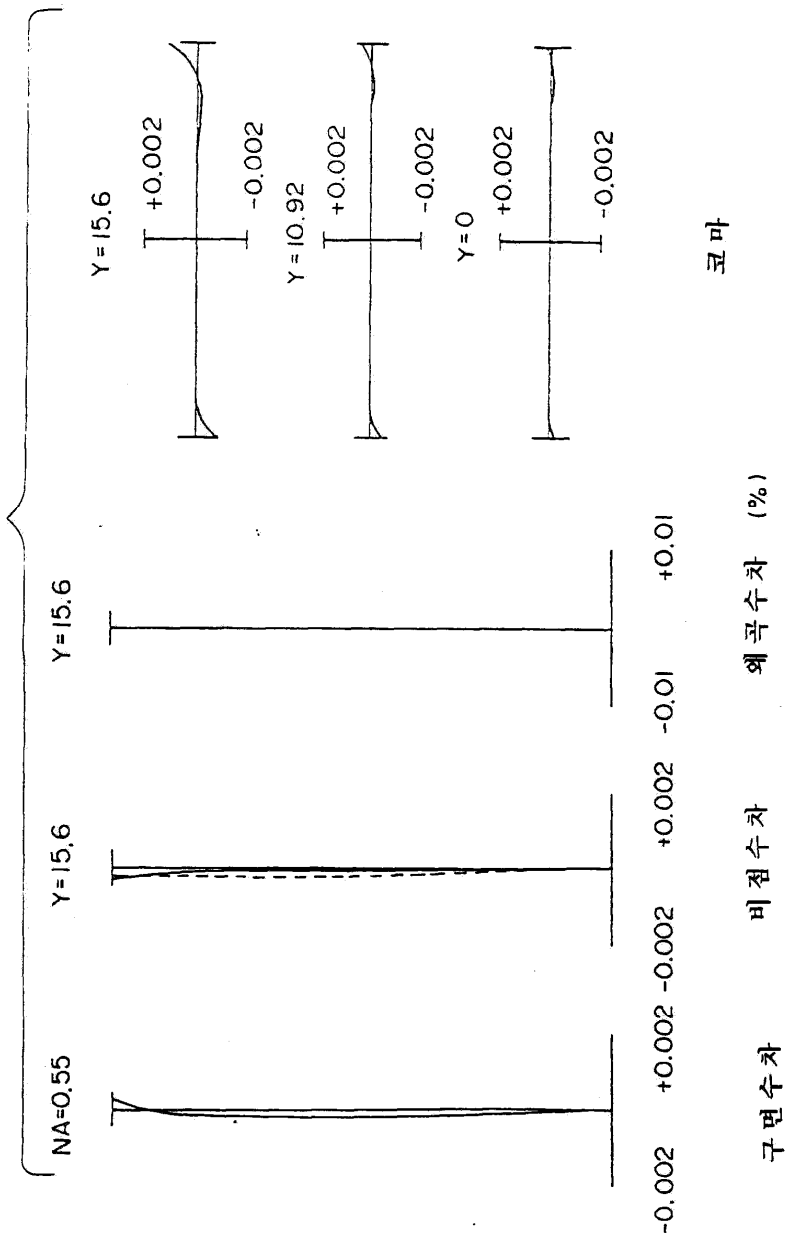
도면11


NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.01
-0.01
+0.002
-0.002
구면수차
비점수차
왜곡수차 (%)
코마

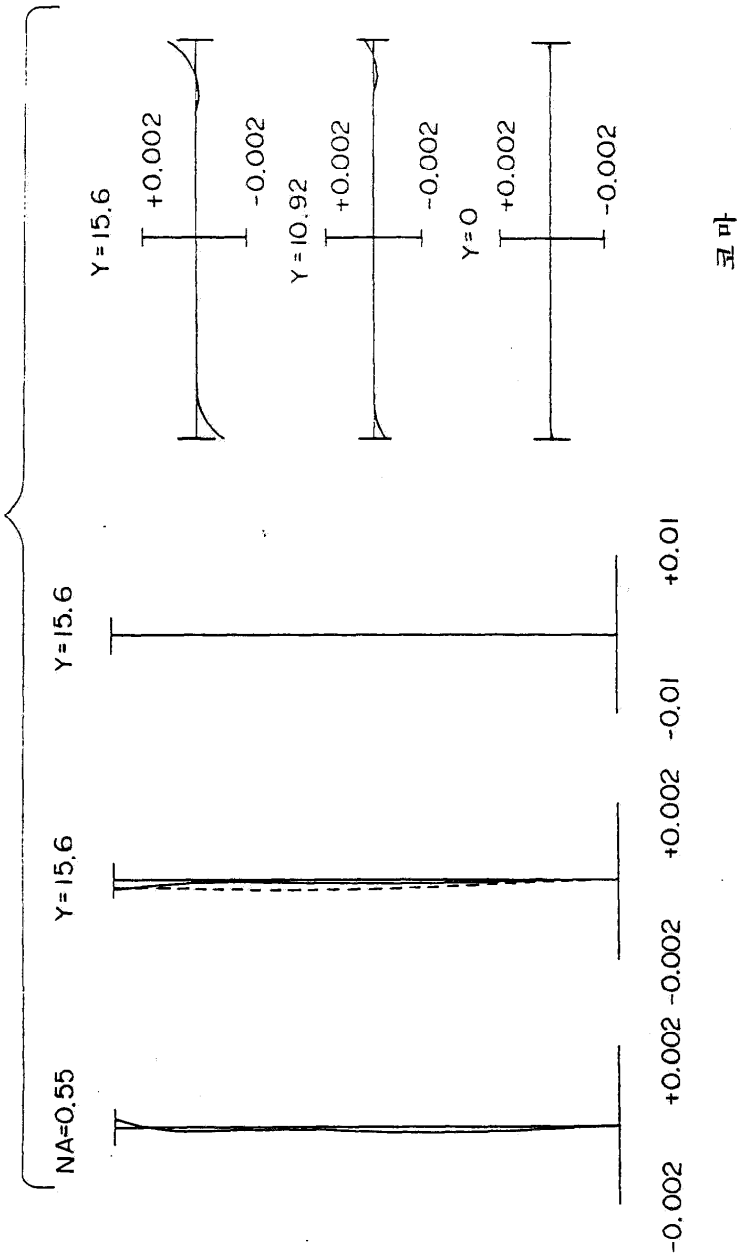
도면12


NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
구면수차
비점수차
왜곡수차 (%)
코마

도면13


NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=10.92
Y=0
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
구면수차
비점수차
왜곡수차 (%)
코마

도면14


NA=0.55
Y=15.6
Y=15.6
Y=15.6
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.002
Y=10.92
Y=0
-0.002
+0.002
-0.002
+0.002
-0.01
+0.01
구면수차
비점수차
왜곡수차 (%)
코마