(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0102533
(43) 공개일자 2007년10월18일

(51) Int. Cl.
G02B 17/00(2006.01) *G03F 7/20*(2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7017879
(22) 출원일자 2007년08월02일
심사청구일자 없음
번역문제출일자 2007년08월02일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2006/000740
국제출원일자 2006년01월28일
(87) 국제공개번호 WO 2006/081991
국제공개일자 2006년08월10일
(30) 우선권주장
60/649,140 2005년02월03일 미국(US)

(71) 출원인
칼 짜이스 에스엠테 아게
독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-쉬트라쎄 2
(72) 발명자
도독 아우렐리안
독일 오버코헨 73447 하인부흐베그 7
(74) 대리인
리앤목특허법인

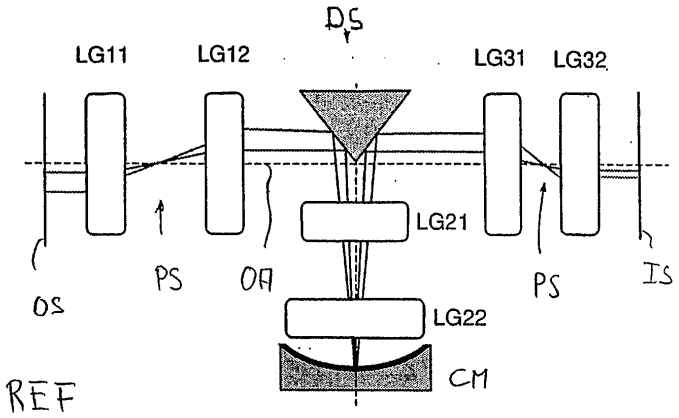
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 중간 이미지를 갖는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈

(57) 요 약

투사 대물렌즈의 물체 면(as)에 배열된 마스크의 패턴을 상기 투사 대물렌즈의 이미지 면(15)에 배열된 상기 이미지 필드에 결상하고, 이미징 스케일을 축소하며, 적어도 하나의 오목 거울(CM) 및 적어도 하나의 중간 이미지를 갖는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈에서, 상기 물체 평면과 상기 이미지 평면은 서로 평행하게 향한다. 상기 투사 대물렌즈의 한 부분으로부터 한 묶음의 광들을 상기 투사 대물렌즈의 다른 부분에 편향시키는 편향 시스템이 상기 물체 평면과 상기 이미지 평면 사이에 배열된다. 상기 편향 시스템은 이미지 회전 반사 장치를 포함하며, 상기 장치는 서로에 대하여 각을 이루게 배치된 평면 반사 면들에서 다중 반사에 의해 180° 에 걸친 이미지 회전을 이루도록 디자인되며, 상기 이미징 스케일은 광축에 수직이고 서로 수직인 두 개의 평면들에서 같은 싸인을 갖는다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

카타디옵트릭 투사 대물렌즈(catadioptric projection objective)있어서,

상기 투사 대물렌즈의 물체 면(object surface)에 배열된 마스크(mask)의 패턴을 상기 투사 대물렌즈의 이미지 면(image surface)에 배열된 이미지 필드(image field)에 결상하고, 이미징 스케일(imaging scale)을 축소하며, 적어도 하나의 오목 거울 및 적어도 하나의 중간 이미지를 갖는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈로서,

상기 물체 평면(object plane)과 상기 이미지 평면(image plane)은 서로 평행하게 향하며,

상기 투사 대물렌즈의 한 부분으로부터 묶음의 광들(bundles of rays)을 상기 투사 대물렌즈의 다른 부분에 편향시키는 편향 시스템(deflection system)이 상기 물체 평면과 상기 이미지 평면 사이에 배열되고;

상기 편향 시스템은 이미지 회전 반사 장치(image rotating reflective device)를 포함하며, 상기 장치는 서로에 대하여 각을 이루어 배치된 평면 반사 면들에서 다중 반사에 의해 180° 에 걸친 이미지 회전을 이루게 되며,

상기 이미징 스케일은 광축에 수직이고 서로 수직인 두 개의 평면들에서 같은 싸인(sign)을 갖는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이미지 회전 반사 장치는 반사 프리즘을 구비하는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 반사 프리즘은 루프 프리즘(roof prism)으로서 이루어지는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이미지 회전 반사 장치는 각 거울(angular mirror)을 구비하는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 각 거울은 위치에 있어서 서로에 관하여 조절할 수 있는 두 개의 평면 거울들을 포함하는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투사 대물렌즈는 상기 물체 필드로부터 제1 중간 이미지를 결상하는 제1 서브 시스템, 상기 제1 중간 이미지로부터 제2 중간 이미지를 형성하고 동공 부근에 오목 거울을 구비하는 제2 서브 시스템, 및 상기 제2 중간 이미지를 상기 이미지 평면상에 결상하는 제3 서브 시스템으로 이루어지는 투사 대물렌즈.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 이미지 회전 반사 장치는 상기 이미지 회전 반사 장치의 반사 면을 형성하는 평면 빔 분할기 면(plane beam splitter surface)을 갖는 물리적 빔 분할기(physical beam splitter)를 구비하는 투사 대물렌즈.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 물리적 빔 분할기는 적어도 하나의 편광 선택 빔 분할기 면(polarization- selective beam splitter)(편광 빔 분할기(deflection beam splitter))을 구비하는 투사 대물렌즈.

청구항 9

적어도 두 개의 광축들을 가지며, 홀수 평면 거울들과 홀수 오목 거울들과 적어도 하나의 중간 이미지를 갖는 리소그라피용 투사 대물렌즈.

청구항 10

적어도 두 개의 광축들을 가지며, 짝수 평면 거울들과 짝수 오목 거울들과 적어도 하나의 중간 이미지를 갖는 리소그라피용 투사 대물렌즈.

청구항 11

제1 중간 이미지를 형성하는 제1 서브 시스템, 제2 중간 이미지를 형성하고 동공 부근에 오목 거울을 구비하는 제2 서브 시스템, 및 상기 이미지 평면상에 상기 제2 중간 이미지를 결상하는 제3 서브 시스템으로 형성된 리소그라피(lithography)용 카타디옵트릭 투사 대물렌즈로서, 짝수 거울들은 상기 물체 평면과 상기 오목 거울 사이에 배치되고 홀수 거울들은 상기 오목 거울과 상기 이미지 평면 사이에 배치되는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈.

청구항 12

제1 중간 이미지를 형성하는 제1 서브 시스템, 제2 중간 이미지를 형성하고 동공 부근에 오목 거울을 구비하는 제2 서브 시스템, 및 상기 이미지 평면상에 상기 제2 중간 이미지를 결상하는 제3 서브 시스템으로 형성된 리소그라피용 카타디옵트릭 투사 대물렌즈로서, 홀수 거울들은 상기 물체 평면과 상기 오목 거울 사이에 배치되고 짝수 거울들은 상기 오목 거울과 상기 이미지 평면 사이에 배치되는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈.

명 세 서

기 술 분 야

<1> 본 발명은 적어도 하나의 오목 거울과 적어도 하나의 중간 이미지(intermediate image)를 갖는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈(catadioptric projection objective)에 관한 것이다. 출원의 바람직한 분야는 상기 투사 대물렌즈의 물체 면(object surface)에 배열된 마스크(mask) 패턴(pattern)을 상기 투사 대물렌즈의 이미지 면(image surface)에 배열된 이미지 필드(image field)에 결상시키는데 알맞고, 이미징 스케일(imaging scale)을 축소시키는 마이크로 리소그라피(microlithography)용 투사 대물렌즈이다.

배 경 기 술

<2> R-C-R 유형의 카타디옵트릭 투사 대물렌즈은 오래전부터 알려져 있다. 상기 이미징 시스템은 케스케이드(cascaded)(또는 연쇄(concatenated)) 이미징 서브 시스템을 구비하며, 다시 말하면 두 개의 중간 이미지를 갖는다. 첫 번째로, 굴절 서브 시스템(약자로 "R")은 물체(object)의 첫 번째 실제 중간 이미지를 발생시킨다. 두 번째로, 오목 렌즈를 갖는 카타디옵트릭 또는 카톱트릭(catoptric) 서브 시스템(약자로 "C")은 상기 제1 중간 이미지로부터 실제 제2 중간 이미지를 발생시킨다. 세 번째로, 굴절 서브 시스템은 상기 제2 중간 이미지를 이미지 평면(image plane)에 비춘다. 상기 세 개의 서브 시스템들 사이에서의 빔(beam) 경로의 편향(deflection)은 일반적으로 서로에 대하여 직각(right angle)으로 향하는 두 개의 평면 거울들을 가진 편향 시스템(deflection system)에 의해 확보된다. 이것에 의해 상기 투사 대물렌즈의 물체 평면(object plane)과 이미지 평면은 서로 평행하게 향할 수 있다.

<3> 이런 유형의 시스템들은 전문적인 문헌에서 여러 측면으로 기술되었다. 이러한 면에서, 특히 특허 출원 US 2003/0234912, US 2003/0197946, EP 1 191 378 및 당해 출원인이 출원한 US 임시 출원으로서 출원일이 2003년 12월 19일인 60/530,622와 출원일이 2004년 5월 17일인 60/571,533을 참조하라. 이들 임시 출원들의 개시내용은 당해 상세한 설명의 내용에 참조로서 포함된다.

<4> 상기 모든 시스템들 및 시스템 변수들은 불리한 점이 있다: 시스템의 이미징 스케일(imaging scale)이 서로 수직인 두 개의 소정의 평면들에서 같은 값을 갖는다 할지라도, 그것은 다른 신호들(signs)이다. 상기 문제점은

또한 "이미지 플립(image flip)"으로 알려져 있다.

<5> 굴절 투사 대물렌즈들과 또한 다른 유형의 많은 종래의 카타디옵트릭 투사 대물렌즈들은 "이미지 플립"이 없다. 그러므로, 종래의 R-C-R 시스템은 "이미지 플립"없이 굴절 투사 대물렌즈 또는 종래의 카타디옵트릭 투사 대물렌즈를 위해 디자인된 투사 노출 장치(projection exposure apparatus)에 용이하게 이용될 수 없다. 게다가, 종래의 R-C-R 시스템은 마스크(mask)(레티클(reticle))에 대응하는 개조(adaptation)로서 상기 "오래된" 기계에 이용될 수 있다. 그러나, 소비자는 상기 오래된 마스크들과 동일한 정보를 기본적으로 가져오는 새로운 마스크들을 마련하여야 하기 때문에 이것은 비용 집중적인 일(cost-intensive task)이다.

<6> "이미지 플립"이 없는 상기 R-C-R 유형의 시스템들 또한 알려져 있다. 이들 시스템들의 경우, 그러나, 상기 물체 평면과 상기 이미지 평면이 서로 수직이다. 이것에 의해 스캐너(scanner) 작동은 보다 어려워진다. 상기 유형의 시스템들은, 예를 들면 US 5,861,997에서 설명된다.

<7> 미국 특허 US 5,159,172 및 US 4,171,870은 "이미지 플립"이 없는 디슨(Dyson) 유형의 중간 이미지 프리(free) 투사 시스템들을 설명한다. 루프 프리즘(roof prism)은 상기 투사 시스템에 이용된다.

발명의 상세한 설명

<8> 본 발명의 목적은 웨이퍼 스캐너들(wafer scanners)에 이용하기 적합하고 "이미지 플립" 없이 굴절 대물렌즈들 또는 카타디옵트릭 투사 대물렌즈들로 사용되는 마스크들을 이용할 수 있게 하는 R-C-R 유형의 카타디옵트릭 투사 대물렌즈를 제공하는 것이다.

<9> 본 발명의 한 측면에 따라, 이와 같은 목적 및 다른 목적들은, 홀수 평면 거울들과 홀수 오목 거울들과 적어도 하나의 중간 이미지를 갖는 리소그라피용 카타디옵트릭 투사 대물렌즈에 의해 달성된다.

<10> 본 발명의 다른 형식에 따르면, 이와 같은 목적은 짝수 평면 거울들과 짝수 오목 거울들과 적어도 하나의 중간 이미지를 갖는 리소그라피용 카타디옵트릭 투사 대물렌즈에 의해 달성된다.

<11> 본 발명의 다른 형식에 따르면, 이와 같은 목적은 제1 중간 이미지를 형성하는 제1 서브 시스템, 제2 중간 이미지를 형성하고 동공(pupil) 부근에 오목 거울을 구비하는 제2 서브 시스템, 및 상기 이미지 평면상에 상기 제2 중간 이미지를 결상하는 제3 서브 시스템으로 형성된 리소그라피용 카타디옵트릭 투사 대물렌즈에 의해 달성되고, 짝수 거울들은 상기 물체 평면과 상기 오목 거울 사이에 배치되고 홀수 거울들은 상기 오목 거울과 상기 이미지 평면 사이에 배치된다.

<12> 본 발명의 다른 형식에 따르면, 이와 같은 목적은 제1 중간 이미지를 형성하는 제1 서브 시스템, 제2 중간 이미지를 형성하고 동공 부근에 오목 거울을 구비하는 제2 서브 시스템, 및 상기 이미지 평면상에 상기 제2 중간 이미지를 결상하는 제3 서브 시스템으로 형성된 리소그라피용 카타디옵트릭 투사 대물렌즈에 의해 달성되고, 홀수 거울들은 상기 물체 평면과 상기 오목 거울 사이에 배치되고 짝수 거울들은 상기 오목 거울과 상기 이미지 평면 사이에 배치된다.

<13> 유익한 구성들(advantageous developments)이 종속항에 열거되어 있다. 모든 청구항들의 용어는 본 상세한 설명의 내용에 참조로서 포함된다.

<14> 투사 대물렌즈 내에 오목 거울들을 이용할 때, 만약 어두운 것이 없고(obscuration-free) 흐릿한 것이 없는(vignetting-free) 이미징(imaging)이 얻어져야 한다면 빔 편향 장치(beam deflection device)를 이용하는 것이 필요하다. 예를 들어 하나 또는 복수 개의 완전하게 반사하는 폴딩 거울들(folding mirrors)(편향 거울들(deflection mirrors))에 의해, 기하학적인 빔 분리(geometric beam splitting)를 갖는 시스템들과, 물리적 빔 분리(physical beam splitting)를 갖는 시스템들이 알려져 있다. 또한, 상기 빔 경로를 폴딩하기 위해 평면 거울을 이용하는 것이 가능하다. 이것들은 일반적으로 특정한 구조적 공간 요구(structural space requirements)를 완성하기 위해 또는 물체 평면과 이미지 평면을 서로 평행하게 향하기 위해 이용될 수 있다.

<15> 상기 투사 대물렌즈의 한 부분에서 다른 부분으로 묶음의 광들(bundles of rays)을 편향시키는 반사 면의 배열은 "편향 시스템"으로서 이하에서 언급된다.

<16> 바람직한 실시예들에서, 상기 편향 시스템은 이미지 회전 반사 장치(image rotating reflection device)를 구비하고, 상기 장치는 서로에 대하여 각을 이루게 배치된 평면 반사 면에서의 다중 반사에 의해 180° 에 걸쳐 이미지 회전, 즉 이미지의 완전한 이렉션(erection)을 이루기 위해 디자인된다. 이것은 반사 면의 루프 유형(roof-type) 디자인에 의한 간결한 형상으로 실현될 수 있다. 일 변형예에서, 반사 프리즘(reflection prism)(반사하

는 프리즘(reflecting prism))이 이 과정을 위해 사용된다. 반사하는 프리즘은 루프 프리즘으로서 형성될 수 있으며 평면 반사 면들의 루프 유형 배열을 포함한다. 5각 프리즘들(pentaprisms)의 방식으로 반사 프리즘들이 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 상기 이미지 회전 반사 장치는 각 거울의 방식으로 순정 거울(pure mirror) 시스템으로서 실현된다.

<17> 상기 특징들은 청구항들뿐만 아니라 상세한 설명과 도면에서도 나타나며, 이와 같은 경우에 각각의 특징들은 실현될 수 있으며, 그것들 자체 또는 복수로서 본 발명의 실시예에서 서브콤비네이션의 형태로 그리고 다른 분야에서, 유익하고 그 자체로 보호받을 수 있는 실시예로 나타난다.

실 시 예

<36> 다음에 설명되는 바람직한 실시예들에서, "광축(optical axis)"이라는 용어는 직선 또는 광학 구성요소들의 굴곡의 중심들을 통과하는 직선 부분들의 연속을 나타낸다. 상기 광축은 폴딩 거울들(편향 거울들) 또는 다른 반사 면들에서 꺾기게 된다(folded). 예들 들면, 집적회로의 패턴을 갖는 마스크(레티클)이고; 다른 패턴(예를 들면 격자(grating))이, 또한 관련될 수 있다. 실시예들에서, 상기 이미지는 포토레지스트(photoresist) 층을 가지며 기판(substrate)로서 역할을 하는 와이퍼(wafer)에 투사된다. 다른 기판들, 예를 들면, 액정 표시 장치들(liquid crystal displays)을 위한 요소들 또는 광학 격자들을 위한 기판들이 또한 가능하다.

<37> R-C-R 유형의 시스템의 종래 구조는 "이미지 플립"을 갖는 REF 참조 시스템-본 발명과 무관함-에 기초하여 도 1에 도시된다. 이 경우, 이미징 스케일(imaging scale)은 광축(OA)에 대해 수직이고 서로 수직인 두 개의 평면들에서 반대의 싸인들(opposite signs)을 갖는다. 상기 시스템은 상기 투사 대물렌즈의 물체 평면(OS)에 배치되는 패턴을 상기 투사 대물렌즈의 이미지 평면(IS)에 이미지를 만드는데 이용된다. 그것은 3개의 캐스케이드 이미징 서브 시스템을 구비하며, 보다 상세하게는 정확하게 두 개의 중간 이미지들을 갖는다. 그것은 제1 렌즈 그룹(LG1)과 제2 렌즈 그룹(LG2)으로 이루어진 제1 굴절 서브 시스템과, 오목 거울(CM), 필드(field) 부근 렌즈 그룹(LG21) 및 제2 렌즈 그룹(LG22)으로 이루어진 제2 카타디옵트릭 서브 시스템과, 두 개의 렌즈 그룹(LG31 및 LG32)으로 이루어진 제3 굴절 서브 시스템을 구비한다. 상기 렌즈 그룹 LG11 및 LG12 사이, 그리고 상기 렌즈 그룹 LG31 및 LG32 사이에 위치한 동공 면(PS)에서 조리개(aperture diaphragm)가 이용될 수 있다.

<38> 상기 제2 서브 시스템은 상기 필드 부근에서 상기 제1 그룹(LG21)을 가지거나 가지지 않고 구현될 수 있다(이와 관련하여, 상기 필드 부근에서 렌즈 그룹이 없는 시스템들을 위한 WO 2004/019128, 또는 상기 필드 부근에서 렌즈 그룹을 갖는 시스템들을 위한 당해 출원인의 미국 임시 출원 제60/571,533호를 참조하라. 상기 임시 출원의 개시는 본 명세서의 내용에 참조로서 포함된다).

<39> 이들 3개의 서브 시스템들 사이에서의 빔 경로의 편향은 편향 시스템(DS)에 의해 확보된다. 후자는 도 1에서 프리즘(DS)에 의해 실현되고, 거울로 코팅된 상기 프리즘의 캐서터스(cathetus) 면들은 서로에 대해 직각을 이루도록 향하고 있으며 반사 면으로 이용된다.

<40> 다음의 대표적인 실시예들에서, 상기와 같은 동일한 언급이 대응하는 구성요소들 및 다른 특징들을 위해 각각의 경우에 이용된다.

<41> 해결책의 접근(solution approach)은 상기 편향 시스템에 본질적으로 관계있는 상기 실시예에서 실현된다. 본 발명에서, "편향 시스템"은 한 묶음의 광들(a bundle of rays)을 상기 시스템의 한 부분에서 상기 시스템의 연속된 부분으로 안내하고 상기 서브 시스템들의 광 축들을 서로 연결하며, 정확하게는 상기 대물렌즈의 이미지 평면(IS)과 물체 평면(OS)이 서로에 대해 평행하게 배치된다.

<42> 상기 편향 시스템과 LG12, LG21 및 LG31 그룹과 관련된 상기 중간 이미지의 위치는 변할 수 있다. 상기 편향 시스템에서 상기 중간 이미지의 위치 지정은 적절하다.

<43> 상기 물체가 상기 실시예들에서 이루어지는 방식은 본질적으로 종래의 시스템들과 비교해서 추가적인 반사 면을 포함하는 것에 기초를 두고 있다. 상기 면들이 어디에 어떻게 배열되는지에 따라 해결책의 접근이 달라진다.

<44> 제1 해결책의 접근은 상기 투사 대물렌즈에 "루프 엣지(roof edge)"를 포함하는 것과 관계가 있다. 반사 면들이 루프 유형을 한 상기 루프 엣지는 180도에 걸쳐 이미지 회전(image rotation)을 이루기 위한 것이며 바람직하게는 서로에 대하여 직각으로 배치된 두 개의 평면 반사 면들을 갖는다.

<45> 상기 "루프 엣지"는 해프 큐브 프리즘(half cube prism)과 두 개의 결합된 반사 면들에 의해서 실현될 수 있다. 적절한 두 개 유형의 실시예가 도 2(a) 및 2(b)에 도시되어 있다. (a)에 도시된 루프 엣지 편향 프리즘의 원피

스(one-piece) 변형예의 경우에, 반사 면의 상대적인 배열이 안정적이다. 반사 면의 상대적인 위치는 중요한 역할을 하기 때문에, 이것은 유익하다. 그러나, 루프 엣지를 갖는 해프 큐브 프리즘은 요구되는 정밀함을 갖도록 제조되기 위해서는 많은 비용이 들어간다. 이런 유형의 편향 프리즘의 상세한 설명은 미국 특허 제5,159,172호 및 제4,171,870호에서 찾을 수 있다. 두 개의 분리된 평면 거울들(b)을 갖는 구조의 장점은 두 개의 거울들이 개별적으로(각각) 조절될 수 있다는 것이다.

<46> 루프 엣지는 루프 프리즘의 실시예를 이용하여 이하에서 설명되나, 두 개의 변형예 (a)와 (b)는 이것에 의해 이해될 수 있다.

<47> 첫 번째 적절한 위치는 제1 서브 시스템에 있다. 도 3은 루프 엣지가 제1 서브 시스템의 동공 공간에서 배열되는 배열을 나타낸다.

<48> 루프 엣지를 위한 두 번째 적절한 위치는 제1 중간 이미지의 부근이다. 후자는 제1 서브 시스템의 아래쪽에서 발생하며, 바꿔 말하면 LG21 그룹의 아래쪽이다. 상기 루프 엣지는 제1 과 제2 서브 시스템 사이 또는 제2 와 제3 서브 시스템 사이에 삽입될 수 있다. 도 4는 상기 배열을 나타낸다.

<49> 보다 적절한 위치는 제2 중간 이미지 부근이며, 바꿔 말하면 제2 와 제3 서브 시스템 사이이다. 도 5는 상기 배열을 나타낸다.

<50> 프리즘에 의해 반사 면을 나타내는 것이 또한 적절하다. 상기 편향 시스템의 다양한 실시예들이 도 6에 도시되어 있다.

<51> 도 7은 다른 실시예를 나타낸다. 상기 편향 시스템을 위한 더 넓은 설치 공간이 여기서는 특히 적절하다.

<52> 도 8에 따른 배열이 또한 가능하다. 여기서 반사 면들은 제2 중간 이미지로부터 보다 떨어져 있다.

<53> 두 번째 해결책의 접근은 법선들(normals)이 평행한 짝수의 연속적인 반사 면들로부터 형성된 90° 편향 시스템을 포함하는 것에 있다. 정확하게 두 개의 평면 거울들을 갖는 각도 거울들(angular mirrors)의 실시예들이 여기서는 적절하다. 발산(divergent) 빔 경로에서 이용되기 때문에, 이들 배열들은 작은 조리개들(apertures)에서 자유로운 방식으로 흐리게 처리하는데(또는 어둡게 하는데) 이용될 수 있다.

<54> 도 9(a) 내지 (d)는 크로스되고(crossed) 언크로스된(uncrossed) 빔 경로를 갖는 상기 편향 시스템의 실시예들을 나타낸다. 몇몇 빔 가이던스들(beam guidances)은 또한 프리즘들을 이용하는 것이 가능하다. 실시예로서, (a)에 따른 상기 빔 가이던스는 또한 5각 프리즘을 이용하여 이루질 수 있다.

<55> 세 번째 해결책의 접근은 90° 에 의해 빔 경로를 편향시키기 위해 거울과 결합하여 빔 분할기 면들(beam splitter surfaces, BSS)을 갖는 빔 분할기 큐브를 이용하는 것을 기초로 한다.

<56> 전형적인 구성은 도 10에 도시되어 있으며, 한쪽은 평면 거울(PM)을 가지며 다른 한쪽은 곡면 거울(CM)을 갖는다. 물리적 빔 분할기는 평면 편광 선택 빔 분할기 면(BSS)을 갖는다. λ/4 판은 상기 빔 분할기와 상기 거울(PM 또는 CM) 사이에 삽입된다. 상기 거울들의 반사 면들은 비구면(aspherized) 또는 평면 또는 구면(spherically curved)일 수 있다.

<57> 상기 편향 시스템을 포함하는 바람직한 제1 위치는 상기 제1 서브 시스템의 동공 공간이다. 상기 구성은 도 11에 도시되어 있다.

<58> 보다 바람직한 장착(incorporation) 위치는 상기 중간 이미지의 부근이다. 두 개의 변형예들은 중심에 위치한 필드(centered field)와 중심에 위치하지 않은 필드(uncentered field)로 구별된다.

<59> 제1 변형예의 제1 실시예에서, 상기 빔 분할기 큐브는 상기 대물렌즈의 필드가 광축에 대하여 중심에 위치하는 방식으로 포함된다. 도 12는 바람직한 배열을 나타낸다.

<60> 상기 빔 분할기의 위쪽에 상기 제1 중간 이미지를 배치하고 상기 빔 분할기와 상기 평면 거울 사이에 제2 중간 이미지를 배치하는 것이 적절하다. 도 16은 대표적인 실시예를 나타낸다.

<61> 도 16에 도시된 상기 디자인의 상세한 사항은 표 1에서 표로 만들어져 정리되어 있다. 이 경우, 1열(column)은 굴절면, 반사면 또는 몇몇 방식으로 구별되는 면의 번호(number)를 열거하고, 2열은 상기 면의 반지름(r)(㎜)을 열거하고, 3열은 상기 면과 다음에 오는 면 사이의 거리(d)(㎜)를 열거하고, 4열은 구성요소의 재료를 열거하고 5열은 이용가능한 최대 반지름을 ㎜로 열거한다. 상기 반사면들은 6열에 표시된다.

<62> 상기 실시예에서, 상기 면들의 13개는 비구면이며, 면 2, 7, 14, 19, 25, 29, 37, 41, 55, 56, 58 및 63 이에

해당한다. 표 1A는 대응하는 비구면 데이터를 열거하고, 비구면 형상인 면의 사지타(sagittae)는 다음의 수학식에 따라 계산된다:

<63> [수학식]

<64> $p(h)=[((1/r)h^2)/(1+SQRT(1-(1+K)(1/r)^2h^2))]+C1*h^4+C2*h^6+...$

<65> 이 경우, 상기 반지름의 역수(reciprocal)(1/r)는 면의 최고점(surface vertex)에서 면의 곡률(surface curvature)을 나타내고 h는 면의 점(surface point)과 상기 광축 사이의 거리를 나타낸다. 결과적으로, p(h)는 상기 사지타를 나타내며, 다시 말하면 상기 면의 점과 상기 면의 최고점 사이의 z 방향으로의 거리를 나타낸다. 상기 상수들 K, C1, C2 ...는 표 1A에서 재생된다(reproduced).

<66> 도 16에 도시된 이멀젼 대물렌즈(immersion objective)는 대략 193nm의 작동 파장(operating wavelength)으로 디자인되고, 여기서 대부분의 렌즈들(이미지에 가장 가까운 두 개의 CaF_2 렌즈을 제외하고)에 사용되는 합성 석영 유리(SiO_2)는 n=1.5602인 굴절률을 갖는다. 그것은 이멀젼 매질(immersion medium)(193nm에서 n_i=1.4367)로서 초고순도의 물에 적응되며 이미지 측(image-side) 동작 거리는 4mm이다. 아미지 측 개구수(image-side numerical aperture)(NA)는 1, 2이고, 이미징 스케일(imaging scale)은 4:1이다. 상기 시스템은 26 x 5 mm^2의 크기를 갖는 이미지 필드에 맞게 디자인된다.

<67> 제2 실시예는 제2 편광 선택 빔 분할기 면(BSS)에 의해 스퓨리어스 광(spurious light)이 제거될 수 있는 장점이 있다. 상기 스퓨리어스 광은 본질적으로 반사되는 대신에 상기 빔 분할기 면(BSS)에 의해 투과되는 광을 구비한다. 대응하는 해결책은 또한 당해 출원인의 WO 2004 092801에 제안되어 있다. 도 13은 전형적인 구성을 도시하고 있다.

<68> 제2 변형예의 바람직한 실시예는 도 14에 도시되어 있다. 여기서 물체 평면과 오목 거울 사이의 상기 빔 경로는 평면 거울에 의해 접혀지고, 도 10에 따른 인접한 평면 거울을 갖는 빔 분할기가 상기 오목 거울과 상기 이미지 평면 사이에서 폴딩(folding)하는데 사용된다.

<69> 순서가 반대가 되어도 가능하다.

<70> 도 14는 상기 배열을 나타낸다. 광축(OA)의 폴딩을 갖는 편향 시스템의 다양한 구조가 도 15에 나타나 있다.

<71> 다른 바람직한 배열에서, 거울은 비구면 표면을 갖는다. 이 거울이 필드 근처에 직접적으로 놓이기 때문에 이 거울은 필드 의존 수차(field-dependent aberrations)로 작용한다.

<72> 상기 거울에 근접한 중간 이미지는 상기 빔 전파 방향에서 상기 거울의 위쪽에 또는 상기 거울의 아래쪽에 위치할 수 있다. 그러므로 상기 거울이 어떤 서브 시스템들에 속하는지를 결정하는 것이 가능하다.

<73> 이 원칙은 당해 발명의 개시의 다양한 디자인들에 적용될 수 있으며 당해 발명의 부분인 2개의 중간 이미지들을 갖는 시스템 부류를 발생시킨다.

<74> 다른 변형예는 3차원적으로 폴드된(folded) 시스템이다. 이 배열의 도식화된 도면은 도 17이다. 여기서 물체 필드나 물체 평면(OS) 및 이미지 필드나 이미지 평면(IS)는 서로 수직이다. 복수 개의 폴딩 거울들(FM)이 제공되고, 상기 폴딩 거울들(FM1 및 FM2)의 폴딩 평면들과 상기 폴딩 거울들(FM2 및 FM3)의 폴딩 평면들은 각각의 경우에 서로 수직이다. 실례를 간단히 하기 위해, 상기 렌즈 그룹의 실례는 도면에서 분배된다. 렌즈 그룹을 상기 시스템의 도식적인 사시도는 도 18에 나타난 있다.

【표 1】

Table 1

면	반경	거리	재료	1/2 직경	유형
0	0.000000000	40.831379976	AIR	52.953	
1	0.000000000	24.835799484	AIR	65.702	
2	234.630584765	19.429927130	SIO2	77.200	
3	882.148666373	46.883533441	AIR	78.149	
4	168.069962564	51.258373323	SIO2	91.413	
5	-474.467452503	39.922503272	AIR	89.565	
6	-227.670003620	15.029746528	SIO2	78.890	
7	-206.868547526	14.143757015	AIR	78.106	
8	86.948835427	41.655013939	SIO2	64.884	
9	537.143522653	28.733941903	AIR	57.011	
10	207.952018841	15.071910871	SIO2	40.526	
11	106.536992025	19.355848139	AIR	40.905	
12	0.000000000	5.000000000	SIO2	44.214	
13	0.000000000	38.858864961	AIR	45.140	
14	-77.054273793	14.998448433	SIO2	50.631	
15	-78.501918289	39.212334529	AIR	56.545	
16	-257.255659305	35.872350986	SIO2	72.013	
17	-110.014113342	1.212603544	AIR	76.470	
18	394.013193318	20.991811294	SIO2	74.733	
19	-1471.352774030	99.079837362	AIR	74.057	
20	0.000000000	0.000000000	AIR	93.422	
21	0.000000000	19.988076183	AIR	93.422	
22	0.000000000	60.000000000	SIO2	97.744	
23	0.000000000	-60.000000000	SIO2	108.913	REFL
24	0.000000000	-0.985111420	AIR	114.171	
25	-178.398872599	-64.451787326	SIO2	124.254	
26	47144.919255000	-126.903968181	AIR	121.481	
27	0.000000000	-4.983157099	SIO2	91.630	
28	0.000000000	-99.278790116	AIR	90.894	
29	104.310941407	-14.990241988	CAF2	73.774	
30	1166.151013050	-41.319355870	AIR	77.281	
31	97.189754599	-14.997346418	SIO2	77.798	
32	328.968784100	-28.451179600	AIR	96.333	
33	152.464438200	28.451179600	AIR	99.858	REFL
34	328.968784100	14.997346418	SIO2	94.919	
35	97.189754599	41.319355870	AIR	72.620	
36	1166.151013050	14.990241988	CAF2	69.049	
37	104.310941407	99.278790116	AIR	64.436	
38	0.000000000	4.983157099	SIO2	72.147	
39	0.000000000	126.903968181	AIR	72.460	
40	47144.919255000	64.451787326	SIO2	85.141	
41	-178.398872599	0.985111420	AIR	87.846	
42	0.000000000	60.000000000	SIO2	83.174	
43	0.000000000	55.000000000	SIO2	76.101	
44	0.000000000	15.000000000	AIR	77.022	
45	0.000000000	5.000000000	SIO2	77.414	
46	0.000000000	4.998648774	AIR	77.498	
47	0.000000000	14.922600900	AIR	77.629	
48	0.000000000	-19.921249600	AIR	80.516	REFL
49	0.000000000	-5.000000000	SIO2	84.786	
50	0.000000000	-15.000000000	AIR	85.463	
51	0.000000000	-55.000000000	SIO2	88.683	
52	0.000000000	60.000000000	SIO2	99.565	REFL
53	0.000000000	1.292050190	AIR	104.316	
54	160.238753201	58.643851457	SIO2	115.110	
55	1539.574726680	204.762003530	AIR	110.827	
56	-98.821667962	15.033218821	SIO2	73.993	
57	281.947105707	39.811843611	AIR	90.480	
58	1032.758041210	45.208136748	CAF2	112.549	
59	-238.930889650	19.616124743	AIR	119.023	
60	-1799.453558600	66.953749014	SIO2	142.118	
61	-207.938962450	1.009091703	AIR	146.289	
62	267.862557732	44.694260176	SIO2	148.658	
63	-3063.973189630	29.485430853	AIR	146.473	
64	0.000000000	4.994716106	SIO2	143.411	
65	0.000000000	51.529572618	AIR	142.900	
66	0.000000000	0.000000000	AIR	134.600	
67	0.000000000	-10.409005230	AIR	134.600	
68	496.198070169	39.380914612	SIO2	134.157	
69	-816.531445817	1.337633986	AIR	132.804	
70	405.762408860	30.931367239	SIO2	122.739	
71	-3906.368664640	1.770096841	AIR	119.504	
72	264.903018122	40.816514120	CAF2	105.065	
73	-1374.614175850	1.236658956	AIR	96.024	
74	58.335417466	65.931363764	CAF2	55.136	
75	0.000000000	4.000000000	H2O	19.336	
76	0.000000000	0.000000000	AIR	13.238	

<75>

【표 1A】

Table 1A (비구면 상수)

비구면 상수

면 번호	2	면 번호	37
K	0.0000	K	0.0000
C1	-2.40859863e-008	C1	-1.06775477e-007
C2	-1.96102813e-012	C2	-4.68448729e-012
C3	-2.42786852e-017	C3	-2.54979072e-016
C4	2.28748743e-020	C4	-8.64198359e-020
C5	-3.13847872e-024	C5	8.65154365e-024
C6	1.46201998e-028	C6	-1.26264346e-027
면 번호	7	면 번호	41
K	0.0000	K	0.0000
C1	9.78727900e-008	C1	1.50986574e-008
C2	-4.55097170e-012	C2	1.61429407e-013
C3	2.23376826e-016	C3	1.00711588e-017
C4	-1.33101685e-022	C4	1.01194446e-022
C5	-1.75057153e-025	C5	-1.29785682e-027
C6	-4.49177367e-030	C6	3.47807152e-031
면 번호	14	면 번호	55
K	0.0000	K	0.0000
C1	-1.56447353e-007	C1	3.37680914e-008
C2	-1.3752758Be-011	C2	-1.74520526e-013
C3	-2.68588034e-015	C3	-7.65940570e-018
C4	-4.43308713e-019	C4	8.16192807e-022
C5	5.81449637e-026	C5	-4.90450761e-026
C6	-3.37201644e-026	C6	1.36016400e-030
면 번호	19	면 번호	56
K	0.0000	K	0.0000
C1	-1.67973639e-008	C1	-1.64836185e-008
C2	9.21782642e-013	C2	1.63936415e-012
C3	-2.40287512e-017	C3	1.13311068e-016
C4	4.99311535e-022	C4	-2.21643833e-020
C5	-2.50632511e-027	C5	1.89992292e-026
C6	-4.26339932e-033	C6	-1.30669454e-028
면 번호	25	면 번호	58
K	0.0000	K	0.0000
C1	1.50986574e-008	C1	-2.09930925e-008
C2	1.61429407e-013	C2	-7.99169263e-013
C3	1.00711588e-017	C3	-1.79935060e-018
C4	1.01194446e-022	C4	6.94803196e-022
C5	-1.29785682e-027	C5	-3.35575740e-026
C6	3.47807152e-031	C6	-3.69922630e-031
면 번호	29	면 번호	63
K	0.0000	K	0.0000
C1	-1.06775477e-007	C1	3.31517860e-008
C2	-4.68448729e-012	C2	-1.35034732e-013
C3	-2.54979072e-016	C3	1.77244051e-018
C4	-8.64198359e-020	C4	-5.94505518e-023
C5	8.65154365e-024	C5	-1.26459008e-027
C6	-1.26264346e-027	C6	4.18668155e-032
		면 번호	73
		K	0.0000
		C1	1.64882664e-008
		C2	3.43814940e-013
		C3	-2.19233871e-017
		C4	1.16363297e-021
		C5	-5.75706559e-028
		C6	-5.12478609e-031

<76>

도면의 간단한 설명

<18> 도 1은 이미지 플립을 갖는 R-C-R 유형의 참조 시스템을 개략적으로 나타낸다.

<19> 도 2는 이미지 회전 반사 장치들의 다른 실시예를 나타내며, (a)에서는 루프 프리즘이 도시되고 (b)에서는 각 거울(angular mirror)이 도시된다.

<20> 도 3은 제1 굴절 시스템의 동공 공간(pupil space)에서 루프 프리즘을 갖는 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타낸다.

<21> 도 4는 제1 중간 이미지의 부근에 루프 프리즘을 갖는 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타낸다.

<22> 도 5는 제2 및 제3 서브 시스템들 사이에 루프 프리즘을 갖는 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타낸다.

<23> 도 6은 평면 반사 면이 프리즘의 안쪽 반사 면에 의해 형성되는 편향 시스템의 다른 실시예들을 나타낸다.

<24> 도 7은 오목 거울로 이르는 빔 경로와 오목 거울에서 멀어지는 빔 경로가 상기 편향 시스템의 영역에서 교차하는 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타낸다.

<25> 도 8은 도 7의 편향 시스템의 변형예이고 상기 시스템에서 반사 면들은 제2 중간 이미지에서 떨어져 있다.

<26> 도 9는 교차되고(crossed) 교차되지 않는(uncrossed) 빔 경로를 갖는 편향 시스템의 다른 변형예들이다.

<27> 도 10은 (a)에서는 평면 거울과, (b)에서는 오목 거울과 조합하여 평면 편광선택 반사층(planar,polarization-selective reflection layer)을 갖는 물리적 빔 분할기(physical beam splitter)를 구비한 편향 시스템들의 대표적인 실시예들을 나타낸다.

<28> 도 11은 제1 서브 시스템의 상기 동공 공간에서 물리적 빔 분할기를 갖는 편향 시스템을 구비한 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타내다.

<29> 도 12는 중심에 있는 물체필드(centered object field), 물리적 빔 분할기를 갖는 편향 시스템을 구비한 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타내다.

<30> 도 13은 상기 편향 시스템이 서로 평행하게 오프셋되는(offset) 두 개의 편광 선택 빔 분할기 층들(layers)을 가지는 물리적 빔 분할기를 구비하는 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타낸다.

<31> 도 14는 편향 시스템이 물리적 빔 분할기와 상기 빔 분할기의 빔 경로 윗부분에 배치되는 평면 거울을 가지는 R-C-R 시스템의 일 실시예를 나타낸다.

<32> 도 15 (a) 내지 (d)는 상기 빔 분할기의 상부와 하부에서의 광 경로에서 물리적 빔 분할기와 편향 프리즘을 갖는 편향 시스템들의 다양한 변형예들을 나타낸다.

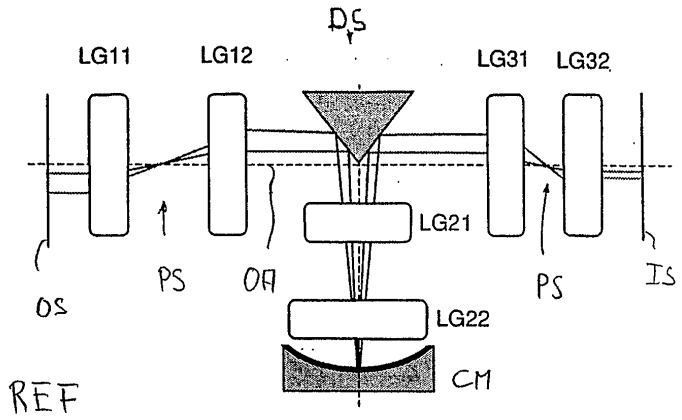
<33> 도 16은 물리적 빔 분할기, 상기 빔 분할기의 상부에 배열되는 제1 중간 이미지 및 상기 빔 분할기와 평면 거울 사이에 배열되는 제2 중간 이미지를 갖는 R-C-R 시스템의 일 실시예를 통한 렌즈 부분을 나타낸다.

<34> 도 17은 투사 대물렌즈의 광축이 (3차원적으로) 서로 수직인 두 개의 평면들에서 접힌 것에 의한 편향 시스템의 거울들을 도식적으로 나타낸 도면이다.

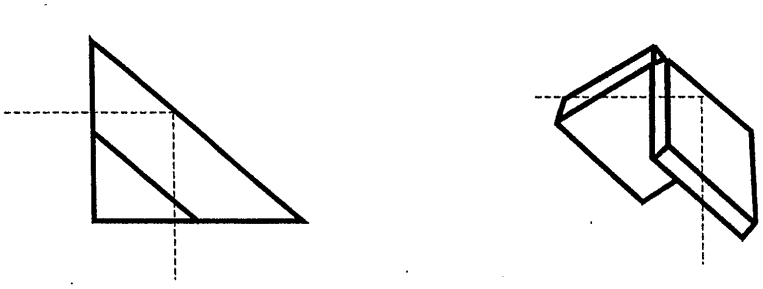
<35> 도 18은 도 17에서 도시된 유형의 투사 대물렌즈를 통한 렌즈 부분을 나타낸다.

도면

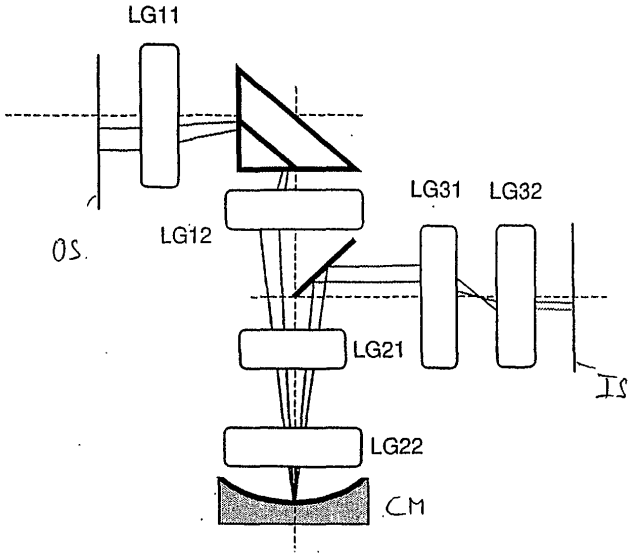
도면1



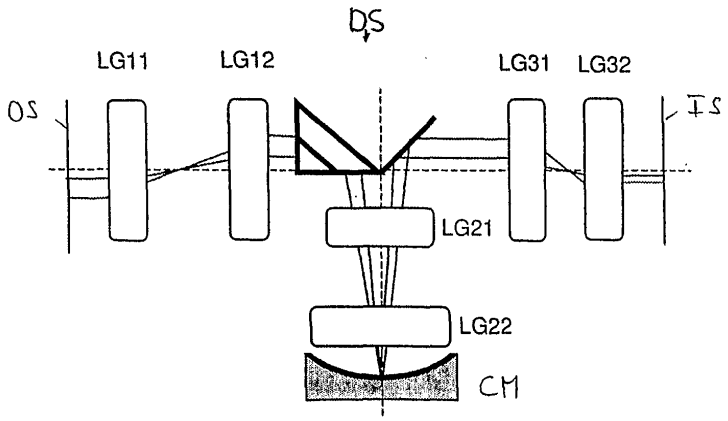
도면2



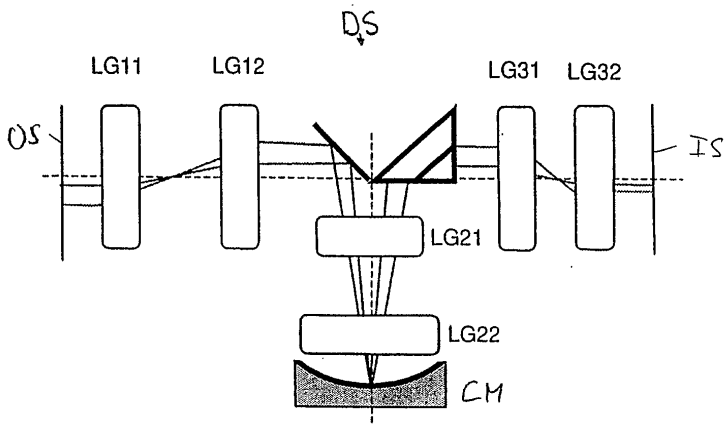
도면3



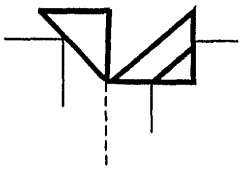
도면4


DS
LG11
LG12
LG31
LG32
OS
IS
LG21
LG22
CM

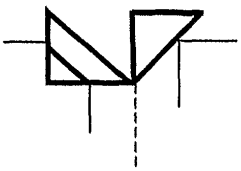
도면5


DS
LG11
LG12
LG31
LG32
OS
IS
LG21
LG22
CM

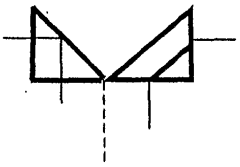
도면6



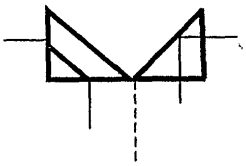
(a)



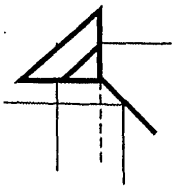
(b)



(c)

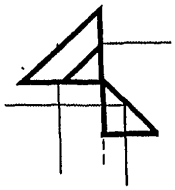


(d)



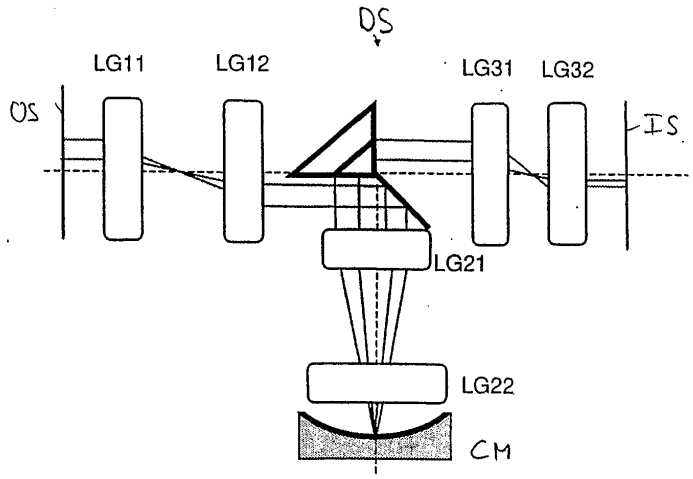
(e)

(f)

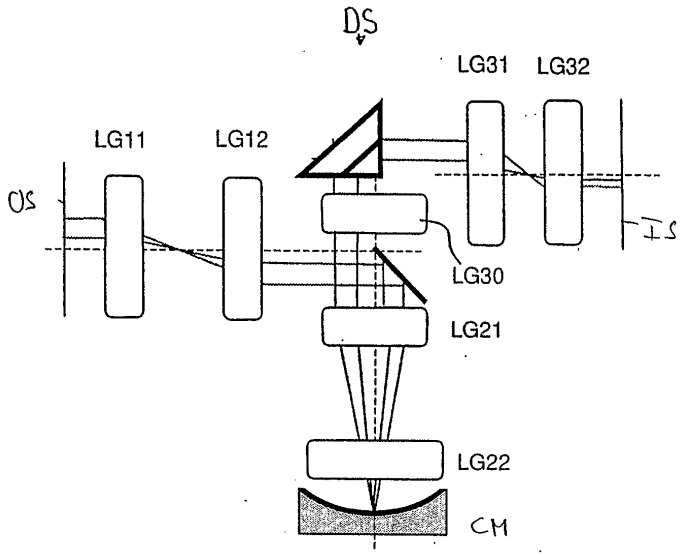


(g)

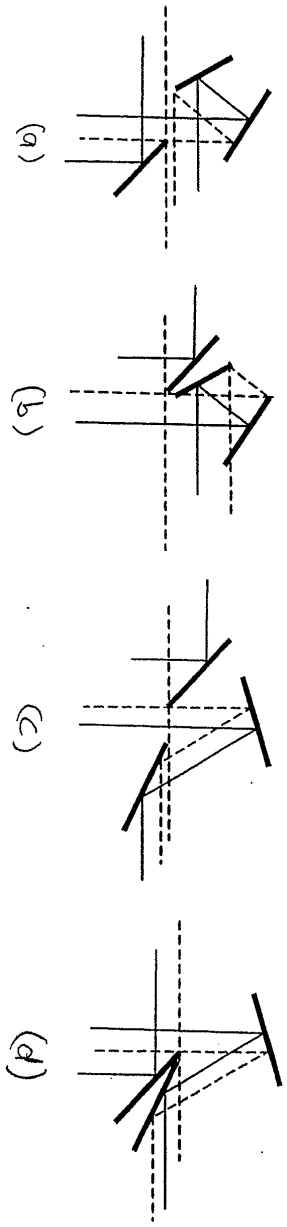
도면7


DS
LG11
LG12
LG31
LG32
OS
IS
LG21
LG22
CM

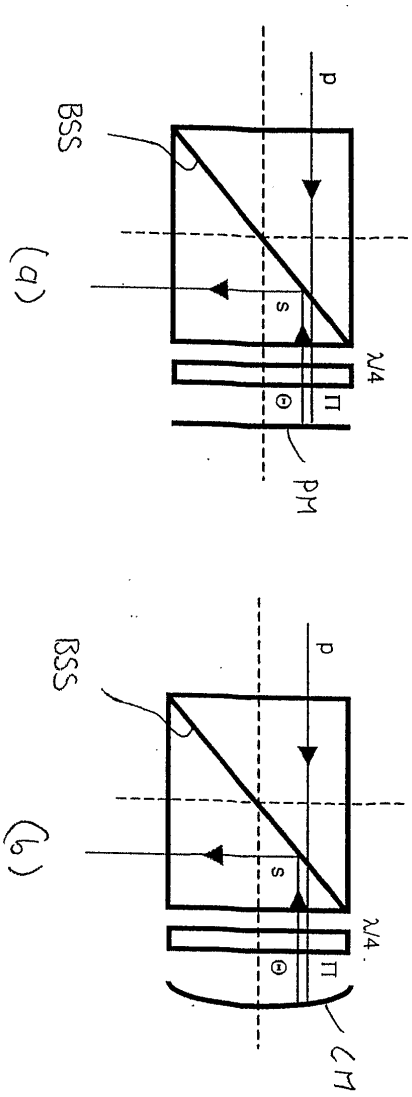
도면8


DS
LG31
LG32
LG11
LG12
OS
IS
LG30
LG21
LG22
CM

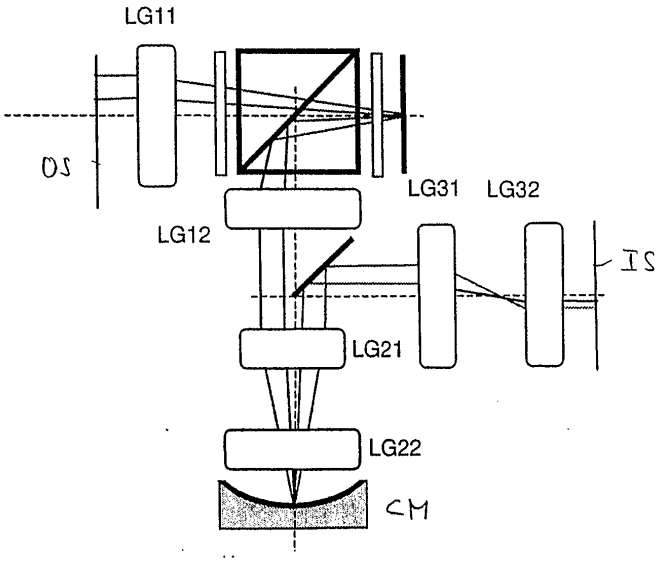
도면9



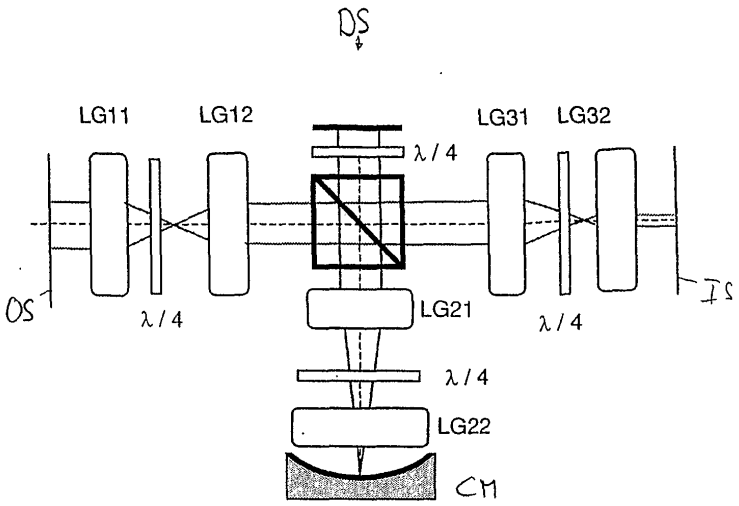
도면10



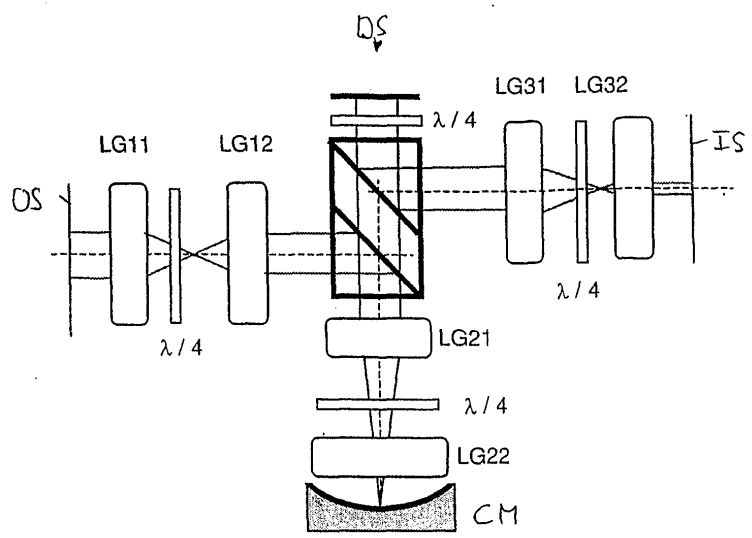
도면11


LG11
OS
LG31
LG32
LG12
IS
LG21
LG22
CM

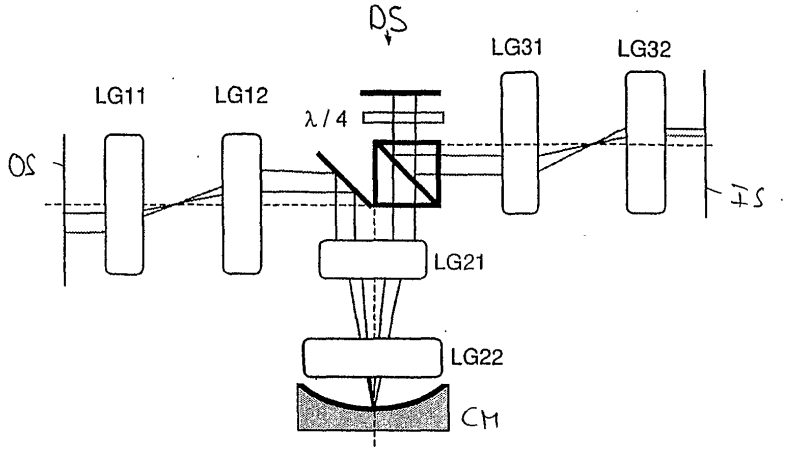
도면12


OS
LG11
LG12
LG31
LG32
λ/4
OS
λ/4
LG21
λ/4
IS
λ/4
LG22
CM

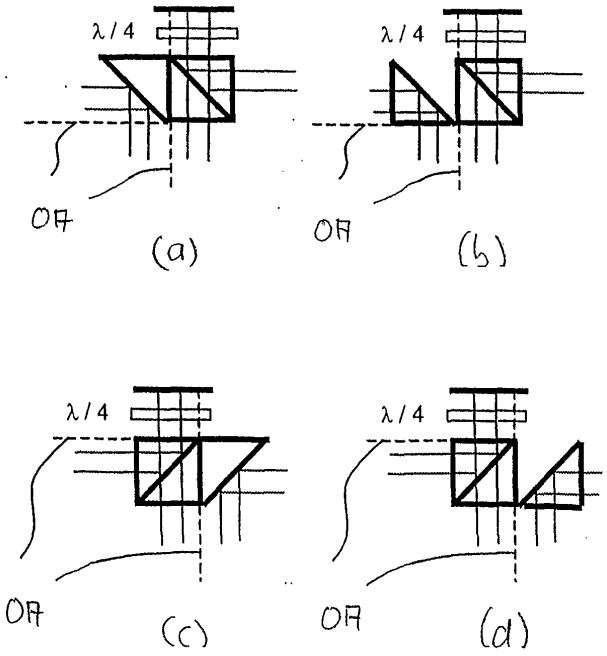
도면13


DS
LG31
LG32
λ/4
LG11
LG12
IS
OS
λ/4
λ/4
LG21
λ/4
LG22
CM

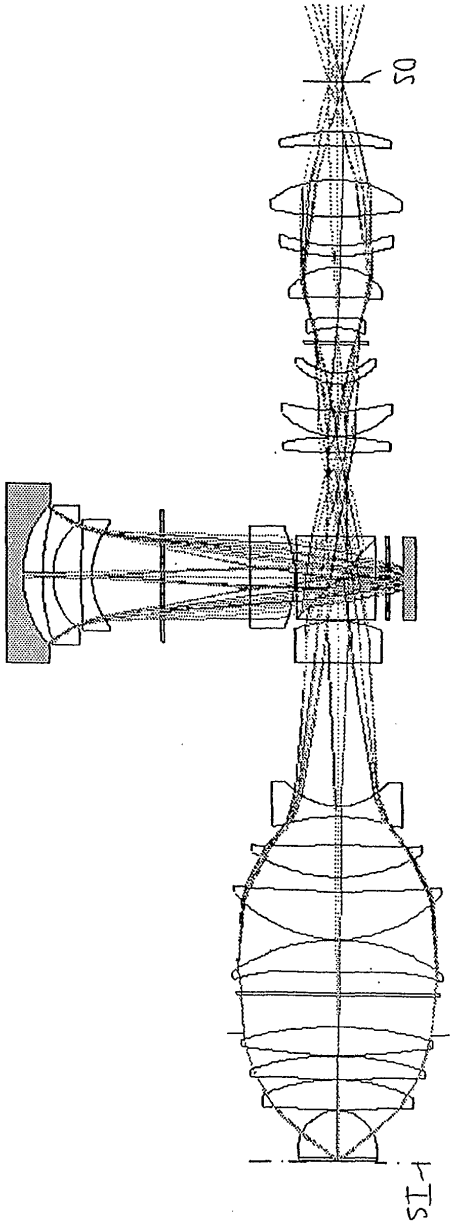
도면14


DS
LG31
LG32
LG11
LG12
λ/4
OS
IS
LG21
LG22
CM

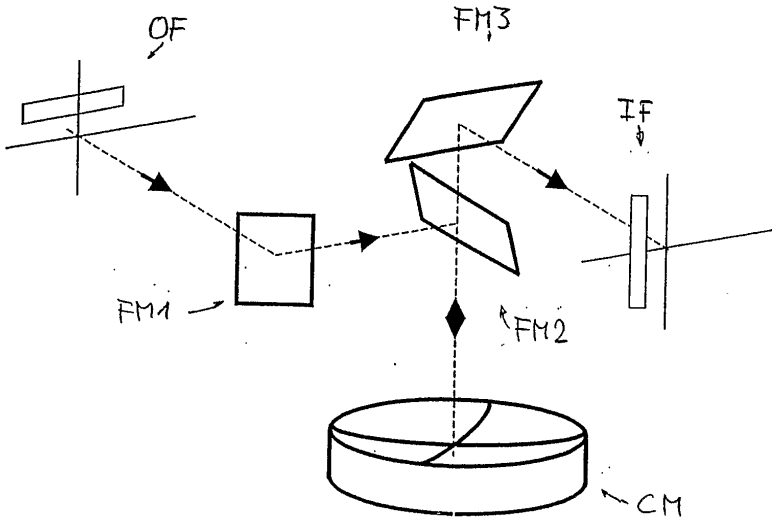
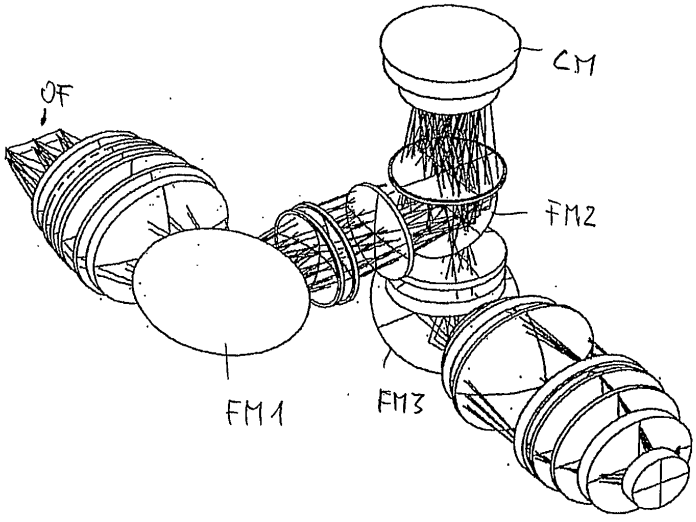
도면15



도면16



도면17



도면18