



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G03F 7/20 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년01월18일 10-0671317 2007년01월12일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-1999-0039313 1999년09월14일 2004년09월10일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2000-0034926 2000년06월26일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(30) 우선권주장 19855108.8 1998년11월30일 독일(DE)

(73) 특허권자 칼 짜이스 에스엠테 아게
독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-슈트라쎈 2

(72) 발명자 칼-하인츠 슈스터
독일 89551 쾨니히스브론 레히베르크슈트라쎈 24

헬무트 바이에
독일 89522 하이덴하임 로베르트-코흐슈트라쎈 53

울리히 빌헬름
독일 73434 아렌 레더악커링 44

클렘 그레고르
독일 90449 뉘른베르크 펠젠슈트라쎈 41

헤르코머 알로이즈
독일 73431 아렌 드로스테-휠쇼프-베크 5

뤼터 게르하르트
독일 73479 엘반겐 힌터 덴 가르텐 10

(74) 대리인 리엔목특허법인

심사관 : 이순국

전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 마이크로리소그래피 축소 대물렌즈, 투영 노광 장치 및 투영 노광 방법

(57) 요약

본 발명은,

- 포지티브 굴절력의 제 1 렌즈그룹(LG1),

- 네거티브 굴절력의 제 2 렌즈그룹(LG2),
- 포지티브 굴절력의 제 3 렌즈그룹(LG3),
- 네거티브 굴절력의 제 4 렌즈그룹(LG4), 및
- 포지티브 굴절력의 제 5 렌즈그룹(LG5)으로 이루어진, 렌즈 장치를 갖는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈에 관한 것으로,

시스템 조리개(AS)는 제 5 렌즈그룹(LG5) 내에 배치되고, 상기 렌즈그룹(LG5)의 적어도 2개의 렌즈는 시스템 조리개(AS) 앞에 배치된다. 이 경우 이미지측에서의 개구수는 0.65 이상(실시예에서는 0.8까지)이거나, 또는 상기 렌즈그룹(LG5)은 적어도 13개의 렌즈(L18 - L31)를 포함하거나, 또는 상기 시스템 조리개(AS)는 광다발이 최대 직경을 갖게 되는 장소인 렌즈(L22) 및 상기 렌즈의 인접 렌즈(L21, L23) 영역에 배치된다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

포지티브 굴절력의 제 1 렌즈그룹(LG1),
 네거티브 굴절력의 제 2 렌즈그룹(LG2),
 포지티브 굴절력의 제 3 렌즈그룹(LG3),
 네거티브 굴절력의 제 4 렌즈그룹(LG4), 및
 포지티브 굴절력의 제 5 렌즈그룹(LG5)으로 이루어진, 렌즈 장치를 갖는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈에 있어서,
 이미지측의 개구수는 0.65 이상이며,
 시스템 조리개(AS)는 제 5 렌즈그룹(LG5) 내에 배치되며,
 상기 렌즈그룹(LG5)의 적어도 2개의 렌즈는 시스템 조리개(AS) 앞에 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 2.

포지티브 굴절력의 제 1 렌즈그룹(LG1), 네거티브 굴절력의 제 2 렌즈그룹(LG2), 포지티브 굴절력의 제 3 렌즈그룹(LG3), 네거티브 굴절력의 제 4 렌즈그룹(LG4), 및 포지티브 굴절력의 제 5 렌즈그룹(LG5)으로 이루어진, 렌즈 장치를 갖는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈에 있어서,

시스템 조리개(AS)는 제 5 렌즈그룹(LG5) 내에 배치되며, 상기 렌즈그룹(LG5)의 적어도 2개의 렌즈(L18, L19, L20, L21)는 시스템 조리개(AS) 앞에 배치되며, 상기 렌즈그룹(LG5)은 적어도 13개의 렌즈(L18-L31)를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 시스템 조리개(AS)는 2개의 집광 렌즈(L21, L22) 사이에 배치되며, 이미지측으로 적어도 하나의 추가 집광 렌즈(L23)가 직접 후속하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 4.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 제 5 렌즈그룹(LG5)의 제 1 렌즈(L18)는 굴절되기 쉬운, 물체측으로 오목하고 두꺼운 메니스커스인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 5.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 상기 시스템 조리개(AS) 다음에 물체측으로 오목한 하나의 렌즈(225, 325)가 후속하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 물체측으로 오목한 상기 렌즈(325)가 두꺼운 메니스커스인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 7.

제 5 항에 있어서, 얇은 공기갭을 갖는 물체측으로 오목한 상기 렌즈(225) 다음에 집광 렌즈(226)가 후속하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 8.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 시스템 조리개(AS) 뒤에 물체측으로 오목한 1 쌍의 렌즈(L24, L26)가 후속하며, 이 렌즈는 얇은 공기갭에 의해서 서로 분리되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 9.

제 7 항에 있어서, 상기 공기갭이 물체측으로 오목한 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 10.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 개구수의 70 % 까지 스톱 다운되는 경우에는 왜곡이 10 nm 이하인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 11.

광다발의 배 부분(B1)을 형성하는, 포지티브 굴절력의 제 1 렌즈그룹(LG1),

광다발의 허리 부분(T1)을 형성하는, 네거티브 굴절력의 제 2 렌즈그룹(LG2),

광다발의 제 2 배 부분(B2)을 형성하는, 포지티브 굴절력의 제 3 렌즈그룹(LG3),

광다발의 제 2 허리 부분(T2)을 형성하는, 네거티브 굴절력의 제 4 렌즈그룹(LG4), 및

광다발의 제 3 배 부분(B3)을 형성하는, 포지티브 굴절력의 제 5 렌즈그룹(LG5)으로 이루어진, 렌즈 장치를 갖는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈에 있어서,

시스템 조리개(AS)가 상기 제 5 렌즈그룹(LG5) 내에서 광다발이 가장 큰 직경을 갖게 되는 장소인 렌즈(L22) 영역 및 상기 렌즈에 인접한 2개 렌즈(L21, L23) 영역에 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 12.

제 1 항, 제 2 항 및 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 시스템 조리개(AS)가 제 5 렌즈그룹(LG5)의 2개의 집광 렌즈(L21, L22) 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 13.

제 1 항, 제 2 항 및 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 렌즈그룹(LG2)이 적어도 2개의 네거티브 렌즈(206, 208-210) 및 하나의 포지티브 렌즈(207)를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 14.

제 1 항, 제 2 항 및 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 최초의 렌즈(201)가 물체측으로 오목한 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 15.

제 11 항에 있어서, 제 4 렌즈그룹 영역의 제 2허리 부분(T2) 둘레에 정확히 3개의 네거티브-렌즈(L15-L17)가 배치되는 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 16.

제 1 항, 제 2 항 및 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 예지 빔의 i -각도의 사인($\sin i_{\text{Rand}}$)은 마지막 물체측 렌즈(L31) 앞에 있는 모든 렌즈에서 물체측의 개구수(NA)보다 더 작은($\sin i_{\text{Rand}} < \text{NA}$)것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 17.

광원(1),

조명 시스템(B),

마스크-홀딩 장치 및 마스크-조절 장치(7, 71),

제 1 항, 제 2 항 및 제 11 항 중 어느 한 항에 따른 투영 대물렌즈(P), 및

물체-홀딩 장치 및 물체-조절 장치(9, 91)를 포함하는 마이크로리소그래피 투영 노광 장치.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 조명 시스템(B)은 상이한 조명방식으로 형성되며, 상기 투영 대물렌즈(P)는 조명 방식이 상이한 경우에 왜곡을 10 nm 아래에서 유지하는 것을 특징으로 하는 투영 노광 장치.

청구항 19.

제 17 항의 특징을 갖는 투영 조명 장치를 포함하는 다수의 마이크로리소그래피 노광 장치를 이용하여, 마이크로 구조화된 소자를 제조하기 위한 방법으로서, 노광이 상이한 경우에는 조명 방식 또는 개구수 중 적어도 하나를 상이하게 설정하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20.

제 1 항에 있어서, 이미지측의 개구수는 0.68 이상인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 21.

제 18 항에 있어서, 상기 조명 시스템(B)은 상이한 조명방식으로 형성되며, 상기 투영 대물렌즈(P)는 조명 방식이 상이한 경우에 왜곡을 6nm 아래에서 유지하는 것을 특징으로 하는 투영 노광 장치.

청구항 22.

제 10 항에 있어서, 개구수의 70 % 까지 스톱 다운되는 경우에는 왜곡이 6 nm 이하인 것을 특징으로 하는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈.

청구항 23.

제 17 항에 있어서, 상기 광원(1)은 DUV-엑시머-레이저인 것을 특징으로 하는 투영 노광 장치.

청구항 24.

제 18 항에 있어서, 상기 조명 시스템(B)은 상이한 코히어런스율로 형성되는 것을 특징으로 하는 투영 노광 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 포지티브 굴절력의 제 1 렌즈그룹, 네거티브 굴절력의 제 2 렌즈그룹, 포지티브 굴절력의 제 3 렌즈그룹, 네거티브 굴절력의 제 4 렌즈그룹, 및 포지티브 굴절력의 제 5 렌즈그룹으로 이루어진, 렌즈 장치를 갖는 마이크로리소그래피 투영 대물렌즈에 관한 것으로, 상기 대물렌즈는 특히 DUV-파장 범위에서 고해상도의 마이크로리소그래피를 위해 필요한 순수 굴절식 고성능 대물렌즈이다.

2 개의 빔 허리 부분을 갖는 상기 방식의 굴절식 대물렌즈는 이미 E. 글랏첼의 논문 "마이크로리소그래피용의 새로운 렌즈; New lenses for microlithography" SPIE, Vol. 237, 310(1980)에 기술되어 있으며, 그 이후로 계속적으로 개발되고 있다. 본 발명의 범주에 속하는 칼 차이스 상사의 대물렌즈는 네델란드 ASML 상사의 웨이퍼-스테퍼링 및 웨이퍼-스캐닝 PAS로 판매된다.

1991년 트로펠 상사의 상기 방식의 대물렌즈는 J.H. 브루닝의 "광학 리소그래피 - Thirty years and three orders of magnitude" SPIE, Vol 3049, 14-27(1997)의 도 16에 도시되어 있다. 본 발명의 범주에 속하는 투영 대물렌즈의 여러가지 변형에는 EP 0 712 019-A(1994년 11월 10일의 US 337 647), EP 0 717 299-A, EP 0 721 150-A, EP 0 732 605-A, EP 0 770 895-A, EP 0 803 755-A(US 5,781,278), EP 0 828 172-A와 같은 특허 출원서에서 얻을 수 있다.

보다 작은 개구수를 가지는 유사한 대물렌즈는 SU 1 659 955-A, EP 0 742 492-A(도 3), US 5,105,075(도 2 및 도 4), US 5,260,832(도 9) 및 DD 299 017-A에서도 찾을 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은, 공지된 선행 기술 분야에서 이미지 필드가 크고 구조물의 길이가 짧은 경우에 높은 해상도를 가지며, 특히 왜곡과 관련된 결상 오차의 보정이 상이한 조명 방식(상이한 코히어런스율 등)과 (더 큰 정세도 범위로 노광하기 위한) 스톱-다운(stopping down)으로도 안정적으로 유지되는 타입의 대물렌즈를 제공하는 것이다.

발명의 구성

상기 목적은 본 발명에 따라 청구항 1, 2 및 11에 따른 대물렌즈에 의해서 달성된다.

조리개는 제 5 렌즈그룹 내부 중에서 광다발의 제 3 배(convexity) 부분 영역에 배치된다. 상기 제 5 렌즈그룹 및 시스템 조리개의 결합은 전체적으로 더 많은 의미를 내포한다. 선행 기술에서 부분적으로 특히 제 1 허리 부분의 형성을 위해 기울어진 주의력은 실시예들이 보여주는 바와 같이 전반적으로 의미가 없다.

높은 해상도에 도달하기 위한 1차 수단으로서 기능하는 높은 개구수는 특히 구조물 길이 및 렌즈 직경이 어느 정도 작아야 하는 경우에는 실제로 시스템 조리개와 이미지 평면 사이에서의 디자인을 최대한 이용하며, 이것은 특별히 선행하는 투영 노광 장치의 구상으로의 용이한 통합 및 제조를 위해서 바람직할 뿐만 아니라 비용적인 면에서도 매우 바람직하다.

그에 상응하게 청구항 3 내지 9 및 12는 제 5 렌즈그룹의 바람직한 실시예를 제공한다.

종속항 10은 상이한 결상 오차를 각각 최소화함으로써 달성될 수 있는 대물렌즈의 매우 바람직한 스톱 다운 능력에 관한 것이다. 이것은 재차 본 발명의 디자인 구상에 의해서 가능해진다. 개구수가 고정된 대물렌즈에서와 달리 상이한 크기의 수차는 감수적으로(subtractive) 평균될 수 없다. 장점은, 사용자가 해상도 및 정세도의 흥정(trade-off)을 각각의 적용 경우에 따라 최적화할 수 있다는 점이다.

추가 바람직한 실시예는 종속항 13 내지 16의 대상이다. 청구항 17 또는 18에 따른 투영 노광 장치는 상기 대물렌즈의 최상의 적용예를 제공하며, 큰 적용폭을 특징으로 한다. 청구항 18에 의해 달성되는 결상 성능의 큰 허용 오차는 조명 세팅의 변동에 비해 특별한 의미를 갖는다.

청구항 19에 따른 제조 방법은, 제조 공정에서 노광이 연속으로 상이하게 이루어지는 경우에 조명 및 에퍼처를 플렉시블하게 조절함으로써 대물렌즈의 독특한 보정을 이용한다. 이 때 개별적인 노광은 투영 노광 장치상에서 상이한 마스크에 의해 이루어질 수 있거나, 또는 본 발명에 따른 다수의 투영 노광 장치가 - 또한 다른 노광 장치와 조합되어 - 제조 라인에서 사용될 수 있다.

본 발명은 도면을 참조하여 하기에서 자세히 설명된다.

본 발명에 따른 투영 대물렌즈에 대한 기본적인 요구에 상응하게 도 1 내지 도 3 및 도 6에 따른 도면의 실시예는 DUV-마이크로리소그래피에서 통상적인 248.38 nm 파장의 엑시머-레이저로 동작되도록 설계되었으며, 오직 석영 유리-렌즈만을 포함한다. 절단면의 폭은 통상적인 것 및 제조 가능한 것의 하부 단부에서 도 2, 3 및 6에서의 1000 mm 내지 도 1에서의 1150 mm 까지이다. (도 2, 3 및 6에서) 0.70의 개구수 및 도 1의 0.80은 명백하게 미리 공지된 수치보다 위에 있고, 본 발명에 따른 디자인의 자승이며, 0.18 μ m 아래까지의 해상도 및 소수의 연속 생산 조건을 갖는 마이크로리소그래피의 실시를 허용한다. 상기 해상도는 얼마전까지만 해도 광학 리소그래피에 의해서는 얻을 수 없는 것으로 간주되었다.

$2Y_B = 27.2\text{mm}$ 인 이미지 높이에 의해서는 $NA = 0.70$ 에서 $LLW = NA \cdot 2Y_B = 19.04\mu\text{m}$ 의 매우 높은 광 가이드값이 얻어진다. 그에 의해 대물렌즈는 8 x 26mm의 이미지 필드를 갖는 스캐너에 적합하게 된다.

주목할 만한 사실은, 이미지측에서의 개구수가 0.63으로부터 0.70(도 2, 3, 6)의 도달된 값으로 상승되는 것이 0.45로부터 0.6으로 상승되는 것보다 훨씬 더 어렵다는 것인데, 그 이유는 공지된 바와 같이 $NA = 1.0$ 에서는 공중에서 모든 결상 오차가 극성에 도달되며, 상응하게 상기 값에 근사할 때에는 점점 더 강하게 상승되거나 또는 보정하기가 점점 더 어려워진다. 도 1의 실시예는 $NA = 0.8$ 에서의 특이한 구성을 보여준다.

도 1에 따른 실시예의 렌즈 데이터가 표 1에서 제공된다. 31개의 렌즈(L1 내지 L31) 및 하나의 평탄 플레이트(P1)가 제공된다. P1은 쉽게 교환될 수 있는 웨이퍼측 폐쇄 윈도우로서 이용된다.

[표 1a]

No.	r (mm)	d (mm)		H _{max} (mm)
0b		20,147		
L1	-2471,057	13,126	석영유리	
	-247,584	7,640		
L2	-163,307	10,000	석영유리	
	327,943	7,757		
L3	662,693	22,614	석영유리	
	-209,088	,750		
L4	350,222	21,378	석영유리	
	-416,285	,750		76,9
L5	265,534	26,426	석영유리	
	-413,278	,750		
L6	197,069	10,000	석영유리	
	111,439	26,308		
L7	-583,382	10,000	석영유리	63,0
	166,249	24,524		
L8	-200,161	10,000	석영유리	
	362,426	28,860		
L9	-126,683	12,696	석영유리	
	-1228,324	16,242		
L10	-227,900	23,521	석영유리	
	-170,208	,750		
L11	47071,771	38,438	석영유리	
	-233,889	,750		
L12	987,385	38,363	석영유리	
	-316,598	,750		123,3
L13	332,464	39,596	석영유리	
	-738,425	1,005		

[표 1b]

No.	r (mm)	d (mm)		H _{max} (mm)
L14	270,193	25,935	석영유리	
	1414,789	2,982		
L15	176,884	18,578	석영유리	
	131,204	47,520		
L16	-248,290	10,000	석영유리	76,5
	146,085	49,811		
L17	-130,140	10,000	석영유리	
	1307,156	41,204		
L18	-132,994	35,292	석영유리	
	-167,225	,813		
L19	-328,933	24,010	석영유리	
	-237,606	,864		
L20	17258,370	43,549	석영유리	
	-329,484	9,091		
L21	2237,627	40,932	석영유리	
	-473,604	10,000		
AS		,750		153,1
L22	632,745	28,431	석영유리	154,9
	-3192,952	,750		
L23	259,148	45,432	석영유리	
	1097,996	57,012		
L24	-268,055	24,571	석영유리	
	-312,384	,902		
L25	-334,579	23,847	석영유리	
	-288,740	,750		
L26	226,326	28,117	석영유리	
	547,657	,750		
L27	122,960	34,861	석영유리	
	225,966	,750		
L28	117,965	21,109	석영유리	
	174,068	13,226		
L29	348,448	10,000	석영유리	

[표 1c]

No.	r (mm)	d (mm)	H_{max} (mm)
	60,716	11,148	
L30	73,830	10,069	석영유리
	55,083	,750	
L31	49,652	24,194	석영유리
	358,744	4,390	
P1	∞	2,492	석영유리
	∞	13,082	
IM			13,6

모든 이미지 높이에 걸쳐서 도달되는 13 mλ 미만의 RMS-오차는 뛰어난 결상 성능을 나타낸다.

렌즈(L1 내지 L5)는 렌즈(L4)의 후면에서 광다발의 제 1 배(convexity) 부분(B1)을 갖는 제 1 렌즈그룹(LG1)을 형성한다. 네거티브 렌즈(L2)는 필요한 광 주행 확장을 수행한다.

네거티브 렌즈(L6 내지 L9)로 이루어진 렌즈그룹(LG2)은 렌즈(L7)의 후면에서 제 1 허리 부분(T1)을 형성한다. 상기 렌즈그룹(LG2)에 대해 전형적인 것은 허리 부분까지 오목한 메니스커스(L6 및 L9)(meniscus)이다.

제 3 렌즈그룹(LG3)은 외부 렌즈(L10 및 L14)가 각각 외부측으로 오목한 메니스커스로서 형성된 5개의 포지티브 렌즈(L10 내지 L14) 및 이미지측으로 오목한 네거티브 메니스커스(L15)로 이루어진다. 렌즈(L12)의 후면에서는 장소에 따라 최대의 광다발 직경을 갖는 제 2 배 부분(B2)이 형성된다.

제 4 렌즈그룹(LG4)은 2개의 네거티브 렌즈(L16 및 L17)로 이루어진다. 렌즈(L16)의 후면에서는 제 2 배 부분(T2)이 형성된다. 이 경우에는 심하게 양면이 볼록한 공기 렌즈가 형성된다.

14개의 렌즈(L18 내지 L31)를 갖는 제 5 렌즈그룹(LG5)은 본 발명에 따른 대물렌즈를 위해서 가장 중요하다.

렌즈(L22) 앞에는 시스템 조리개(AS)가 배치된다. 후속 렌즈(L22)의 전면에서는 조리개 직경(306.3mm)에 비해 약간 더 큰 광다발 직경(308.0mm)을 갖는 제 3 배 부분(B3)이 형성된다.

상기 배 부분(B3) 영역에서의 빔의 편향은 본 발명에 따라 조리개(AS) 양측면에 배치된, 적절하게 더 강하고 상당히 얇은 다수의 포지티브 렌즈(L19 내지 L23)에 의해서 이루어진다. 그럼으로써 상기 영역에서의 구면 보정 미달이 최소화되는 동시에 개수는 적지만 강하고 두꺼운 렌즈를 사용하는 것보다 구조물의 길이가 감소된다.

스톱 다운시에 또는 조명 세팅이 상이한 경우의 결상 오차의 변동도 또한 상기 조치에 의해서 감소된다. 편차 빔 경로내에 있는 렌즈가 2개(L19 및 L20)인 경우에는 나중 것이 더 큰 굴절력(refractive power)을 갖는다. 렌즈(L21 및 L22)는 균일하게 분배된 굴절력을 보이며, 2개 렌즈 사이의 빔 경로는 거의 평행하다. 렌즈(21 내지 23)는 구면 과보정이 가급적 최소로 형성되는 경우에는 시스템 굴절력이 현저한 부분을 과도하게 사용하며, 개구수 및 조명 방식에 대한 오차 보정의 의존성의 문제(NA-시그마-문제)를 경감시킨다. 그럼으로써, 조명 세팅 및 애퍼처 세팅이 상이한 경우에는 뛰어난 결상 특성에 도달될 수 있다.

제 5 렌즈그룹(LG5)의 제 1 렌즈(L18)는 굴절되기 쉬우며 물체측이 오목한 두꺼운 메니스커스이다. 이 경우 구면으로 과보정되는 공기 렌즈에 의한 분배는 비록 후속하는 렌즈의 보정 효과를 위해서는 완화되지만, 구조물의 길이는 바람직하지 않게 확대된다.

렌즈(L24)는 얇은 공기갭에 의해서만 분리되는 후속하는 양면 볼록 렌즈(L25)와 함께 실제로 굴절되기 쉬운 두꺼운 메니스커스를 형성한다. 이 메니스커스는 구면 과보정에 의해서 진행되는 렌즈(L18 내지 L23)의 상응하는 작용의 균형을 맞추어준다. 이 때 2개의 부분(L24 및 L25)으로의 분할은 재차 최단의 구조물 길이를 야기한다. 상기 2부분은 물체측으로 오목한 시스템 조리개(AS)의 이미지측으로 유일한 렌즈들이다.

두꺼운 렌즈(L18) 및 분할된 메니스커스(L24, L25)의 정확히 반대되는 장점은 상기 메니스커스의 상이한 주변 환경 및 작업 영역으로부터 설명된다. L18은 편차 빔 경로내에서 부하를 적게 받는다. 모든 빔은 전반적으로 법선으로 렌즈 표면을 통과한다. 메니스커스(L18)는 무엇보다도 펠츠발 소자(Petzval element)로서 작용하고, 대물렌즈의 펠츠발 총합을 내린다. 그러나 이러한 기능은 또한 재분포될 수도 있기 때문에, 결과적으로 두께는 감소될 수 있다.

분할된 메니스커스(L24, L25)는 그와 반대로 수렴성 빔 경로내에 있으며, 중심까지 강하게 부하를 받는다. 상기 메니스커스는 오로지 더 가까운 환경의 구면 과보정의 과제만을 담당한다. 일체로 형성되는 경우에는 이것이 주목할만한 두께의 원인이 된다. 부하를 적게 받는 공기 공간으로 메니스커스를 분할하는 것은 메니스커스의 반지름 및 두께를 해체한다. 그럼으로써, 2개의 렌즈(L24, L25)가 적은 두께로 세팅되어 전체 두께가 감소될 수 있다.

폐쇄 집광 렌즈(L31)를 갖는 2개의 네거티브 메니스커스(L29 및 L30)는 문헌에서는 부분적으로 제 6 렌즈그룹으로도 언급된다.

새지타 방향의 비스듬한 구면 수차의 보정은 애퍼처의 상승시에 특별한 문제를 만든다. 조리개 영역에서의 전술한 조치에 의해서 이 문제들은 이미 완화되기는 하지만, 아직 해결되지는 않는다. 조리개(AS)와 이미지(IM) 사이의 필드 작용 영역에서는 새지타 방향의 비스듬한 구면 수차를 보정하기 위하여 플러스 렌즈(L26, L27, L28, L31) 및 마이너스 렌즈(L29, L30)의 개별 굴절력이 상승된다. 따라서 선택의 수단은 더 높은 수준의 결상 오차의 보상에 의한 보정이다. 물론 이것은 조리개 공간에서의 렌즈(L19 내지 L25)의 비교적 큰 직경에도 책임이 있다. 네거티브 렌즈(L29)의 굴절력은 크며, 전술한 3개의 포지티브 렌즈(L26 내지 L28)는 상응하는 포지티브 굴절력의 분배 제공을 가능하게 한다. 렌즈의 휨과 관련한 3개의 렌즈의 큰 자유 공간에 의해, 코마(coma) 빔의 사인 i-각도를 0.80의 높은 개구수의 값 아래에서 유지할 수 있게 된다. 네거티브 메니스커스(L29)의 강한 휨에 의해서 상기 메니스커스의 앞에서 및 뒤에서 구면으로 과보정되는 공기 공간이 생긴다.

메인 섹션 외부에서의 결상 오차의 보정은 상승된 애퍼처에 의해 훨씬 어려워진다. 상기 결상 오차의 보정을 위하여, 제 3 렌즈그룹(LG3) 내의 굴절력의 조정은 제 2 배 부분(B2) 영역에서 최적화된다. 렌즈쌍(L14 및 L15)은 광다발을 제 2 허리 부분(T2) 내부로 편향시키고, 그럼으로써 공간 절약적인 방식으로 렌즈(L18)와 마찬가지로 펠츠발 보정에 유리하게 기여한다. 그럼으로써 제 3 렌즈그룹(LG3)의 포지티브 렌즈(L10 내지 L13) 및 네거티브 렌즈 그룹(LG4)은 굴절력이 완화된다.

L14의 포지티브 굴절력(refractive power)은 애퍼처에 의한 45° 섹션과 관련하여 결상 오차를 개선시킨다. L15의 네거티브 굴절력에 의해, 구면으로 과보정되는 렌즈(L16 및 L17)를 갖는 제 4 네거티브 렌즈그룹(LG4)의 부하가 경감되고, 그럼으로써 애퍼처 및 필드내에서의 지역적인 오차가 감소된다.

이 경우 2개의 개별 렌즈(L14, L15)는 두꺼운 메니스커스보다 명백하게 선호된다: 한편으로는 도시된 바와 같이 결상 오차 보정이 실제로 개선될 수 있으며, 다른 한편으로는 렌즈의 냉각이 개선되며, 이 렌즈의 냉각은 스캐너의 필드가 슬롯 형태인 경우에 그리고 높은 빔 출력에서 흡수를 무시할 수 없는 경우에 "렌즈 가열"로서 공지된 문제이다(특히 193nm에서).

이러한 장점들은 하기의 실시예에서도 상응하게 찾을 수 있다.

추가 실시예인 도 2 및 도 3 그리고 도 6은 적절하게 높은 애퍼처 NA = 0.7로 실시된다. 이 때 절단면의 폭은 1000mm로 감소된다. 도 2 및 표 2에 따른 제 2 실시예는, 상기 디자인이 처음의 2개의 렌즈그룹(LG1 및 LG2)에서의 변동에 비해서 전반적으로 안정적이라는 사실을 보여준다. 제 1 렌즈그룹(LG1)에서는 처음 2개의 렌즈(201 및 202)가 도 1에 비해서 공간 변형을 실행한다. 제 2 렌즈그룹(LG2)에서는 포지티브 렌즈(207)가 네거티브 렌즈(206 및 208 내지 210) 사이에 삽입되어 있다. 포지티브 렌즈와 함께 또는 포지티브 렌즈 없이 상기 렌즈그룹을 형성하는 것은 EP 0 770 895-A(포지티브 렌즈 없이) 및 EP 0 717 299-A(포지티브 렌즈와 함께)와 같은 선행 기술에서 여러차례 중요하다고 기술되었다.

[표 2a]

No.	r (mm)	d (mm)	
0b		16,403	
201	-135,127 444,747	8,261 6,467	석영유리
202	2236,824 -162,634	25,206 ,750	석영유리
203	614,107 -359,473	18,869 ,767	석영유리
204	296,810 -800,016	20,742 ,828	석영유리
205	273,478 -784,045	21,990 ,753	석영유리
206	158,758 92,816	15,580 26,614	석영유리
207	-5054,350 -272,904	11,927 2,399	석영유리
208	-324,986 136,767	6,943 20,167	석영유리
209	-260,466 192,638	7,605 30,771	석영유리
210	-103,229 -2019,310	8,994 13,398	석영유리
211	-206,341 -138,999	17,802 ,751	석영유리
212	958,350 -166,018	42,708 ,750	석영유리
213	407,944 -547,681	29,112 ,750	석영유리

[표 2b]

No.	r (mm)	d (mm)	
214	202,874	32,883	석영유리
	-2504,913	1,264	
215	211,073	13,084	석영유리
	294,918	1,324	
216	159,796	15,645	석영유리
	111,543	36,908	
217	-255,208	10,239	석영유리
	127,421	40,141	
218	-120,165	9,745	석영유리
	1795,197	27,676	
219	-127,485	34,689	석영유리
	-146,296	1,681	
220	-317,078	20,599	석영유리
	-245,933	,762	
221	3679,928	30,729	석영유리
	-292,519	,650	
P1	∞	5,009	석영유리
	∞	17,000	
AS		25,000	
222	801,236	27,052	석영유리
	-632,990	,750	
223	551,359	25,021	석영유리
	-1150,052	,751	
224	194,154	32,180	석영유리
	591,161	34,477	
225	-287,051	10,385	석영유리
	3278,663	2,220	
226	3516,772	30,035	석영유리
	-295,907	,763	
227	262,200	19,612	석영유리
	1177,101	,822	
228	99,415	26,707	석영유리

[표 2c]

No.	r (mm)	d (mm)	
	191,643	,753	
229	105,014	16,537	석영유리
	128,146	12,829	
230	391,872	7,165	석영유리
	55,094	10,778	
231	78,459	12,612	석영유리
	56,684	,777	
232	46,211	22,360	석영유리
	632,773	2,119	
P2	∞	1,935	석영유리
	∞		
IM			

특히 제 5 렌즈그룹은 동일한 질적 특징을 나타내지만, 감소된 애퍼처에 의해 렌즈 직경이 훨씬 감소된다.

메니스커스쌍(L24/L25)에 비해 렌즈(225, 226)에서는 얇은 공기갭이 훨씬 더 적게 휘어진다. 도 1의 렌즈(L24/L25)에서 기술된 구면 과보정의 주된 효과는 계속 보존된다.

도 3 및 표 3에 따른 제 3 실시예는 실시예 2와 같은 제 1 렌즈그룹을 보여준다. 제 2 렌즈그룹(LG2)은, 각각 2개의 네거티브 렌즈(306, 307 및 309, 310) 사이의 중심으로 이동되는 포지티브 렌즈(308)를 보여준다.

[표 3a]

No.	r (mm)	d (mm)	
0b		16,402	
301	-129,495	8,261	석영유리
	498,546	5,177	
302	2910,308	25,398	석영유리
	-156,581	,050	
303	634,336	18,854	석영유리
	-347,330	,301	
304	306,046	18,385	석영유리
	-737,998	,348	
305	271,858	21,701	석영유리
	-702,302	,776	
306	156,163	17,879	석영유리
	92,619	25,370	
307	-2510,654	8,958	석영유리
	139,288	19,325	
308	-302,813	11,398	석영유리
	-154,794	5,090	
309	-167,161	7,960	석영유리
	178,376	32,638	
310	-103,339	9,166	석영유리
	-1706,866	12,661	
311	-202,377	17,389	석영유리
	-140,454	,651	
312	987,948	43,015	석영유리
	-166,809	,650	
313	410,646	29,373	석영유리
	-550,047	,651	

[표 3b]

No.	r (mm)	d (mm)	
314	205,772	33,049	석영유리
	-2521,253	,6514	
315	213,410	13,198	석영유리
	290,632	2,731	
316	163,855	18,894	석영유리
	111,910	36,126	
317	-254,971	9,329	석영유리
	125,915	38,073	
318	-120,961	9,708	석영유리
	1713,294	25,896	
319	-128,631	34,802	석영유리
	-148,294	2,087	
320	-321,227	19,897	석영유리
	-242,281	,618	
321	2663,658	30,600	석영유리
	-296,524	,681	
P1	∞	4,588	석영유리
	∞	17,000	
AS			
322	799,643	27,212	석영유리
	-634,102	,705	
323	524,124	26,037	석영유리
	-1088,912	,650	
324	194,184	32,260	석영유리
	593,348	32,929	
325	-291,552	42,741	석영유리
	-300,355	,729	
326	262,260	19,800	석영유리
	1149,322	,701	
327	101,103	27,117	석영유리
	197,398	,637	
328	105,683	17,553	석영유리

[표 3c]

No.	r (mm)	d (mm)	
	131,192	11,164	
329	445,739	7,334	석영유리
	56,924	10,924	
330	78,549	13,969	석영유리
	56,171	1,161	
331	46,702	22,163	석영유리
	689,875	2,680	
P2	∞	1,749	석영유리
	∞	11,991	
IM			

제 5 렌즈그룹(LG5)은 도 1의 렌즈(L24 및 L25)가 두꺼운 메니스커스(325)로 집중됨으로써 하나의 렌즈만큼 13개의 렌즈로 감소된다. 이러한 배치에 의해서 메니스커스가 2개의 렌즈(L24 및 L25)로 분할되는 경우와 마찬가지로 동일하게 우수한 결상 성능이 얻어진다.

도 2 및 도 3에 따른 2가지 실시예에서 폐쇄-평탄 플레이트(P2) 외부에는 조리개에 가까운 또 하나의 평탄 플레이트(P1)가 제공된다. 이 평탄 플레이트는 예를 들어 아포디제이션(apodization)-필터로서 이용될 수 있다.

도 1의 실시예를 위해 도달된 우수한 결상 오차 보정을 더 자세하게 설명하겠다. 도 4a 내지 도 4c는 새지타 방향의 횡방향 편차(DZS)를 13.6, 9.6 및 0mm의 이미지 높이를 위한 절반 애퍼처 각도(DW')의 함수로서 보여준다. 도 5a 내지 도 5c는 상응하는 자오선 방향의 단면(DYM)을 보여준다.

표 4에서는 상이한 이미지 높이에 대한 (최대 이미지 높이 Y' = 13.6mm의 파괴부에서의) 메인 빔(Vhs)의 왜곡이 제공된다. 상기 왜곡은 모든 이미지 높이에 대해 최대 1.5mm이다.

[표 4]

Vhs (nm)				
1/8	2/8	4/8	6/8	1
1,1	1,5	0,1	0,9	0,7

표 5는 개구수(NA) 및 코히어런스율(Sigma)을 상이하게 조절하기 위한 상기 메인 빔(Vhs)과 왜곡의 편차(ΔV)를 제공한다. 시그마의 0.35-0.70 및 0.50-0.85의 값을 갖는 링애퍼처 조명 장치도 마찬가지로 고려된다. 상기 편차의 최대값은 4.7nm이며, 이 값은 주로 3nm 아래에 있다.

[표 5]

ΔV (nm)

NA	Sigma	1/8	2/8	4/8	6/8	1
0,80	0,35	3,6	2,2	1,3	3,9	-1,2
0,80	0,50	3,3	2,2	1,3	3,2	-1,3
0,80	0,70	3,0	1,6	0,1	1,7	-1,4
0,80	0,90	2,5	0,7	-1,2	0,9	-0,7
0,80	0,35 - 0,70	2,7	1,4	-0,3	0,8	-1,5
0,80	0,50 - 0,85	2,2	0,3	-2,0	-0,2	-0,6
0,70	0,50	2,9	2,7	3,0	4,5	-1,8
0,70	0,70	2,6	2,1	1,7	2,7	-2,0
0,70	0,90	2,5	1,5	0,6	1,7	-1,5
0,70	0,35 - 0,70	2,6	2,0	1,4	2,0	-1,9
0,70	0,50 - 0,85	2,4	1,3	-0,1	0,6	-1,6
0,60	0,70	3,3	3,6	4,2	4,7	-1,2
0,60	0,90	3,0	2,9	2,8	3,1	-1,7
0,60	0,35 - 0,70	3,2	3,5	4,1	4,5	-1,3
0,60	0,50 - 0,85	2,8	2,7	2,5	2,5	-2,1

전체적으로 볼 때 왜곡은 도처에서 그리고 모든 세팅에 의해 10nm 미만, 특히 6nm 미만 및 더 아래에 있다. 이 경우 상기 값은 대물렌즈의 0.8의 매우 높은 NA와의 관계에서 알 수 있다. NA가 더 작은 경우에는 현저하게 더 작은 왜곡이 실현되어야 한다.

결과적으로, 사용된 에퍼처 NA의 변동(스톱 다운) 및 조명-세팅(시그마)의 변동에 비해서 상기 디자인의 매우 우수한 안정성이 나타난다.

도 6 및 표 6에 따른 추가 실시예는, 실제 조리개의 위치가 25mm에서 15mm로 최소로 변동된다는 점에서 전술한 실시예와 상이하다. 이것은, 난시를 목표한 대로 보정하여 동공(pupil)의 휘어진 이미지(조리개)가 접선 방향(tangential)의 단면 내에서 부분적으로 보상됨으로써 달성된다. 그럼으로써, 조리개(AS)의 위치 변동 없이 스톱-다운(stop down)이 이루어진다. 결상 스케일은 1:4이고, 개구수는 NA = 0.70이다.

[표 6a]

No.	r (mm)	d (mm)	Glas
0b		36,005	
601	-1823,618	15,518	석영유리
	-214,169	10,000	
602	-134,291	7,959	석영유리
	328,009	6,376	
603	783,388	26,523	석영유리
	-163,805	,600	
604	325,109	20,797	석영유리
	-499,168	1,554	
605	224,560	24,840	석영유리
	-403,777	,600	
606	142,336	9,000	석영유리
	86,765	23,991	
607	6387,721	7,700	석영유리
	148,713	21,860	
608	-185,678	8,702	석영유리
	237,204	30,008	
609	-104,297	9,327	석영유리
	-1975,424	12,221	
610	-247,819	17,715	석영유리
	-152,409	,605	
611	1278,476	40,457	석영유리
	-163,350	,778	
612	697,475	28,012	석영유리
	-346,153	2,152	
613	232,015	28,068	석영유리
	-3080,194	2,606	

[표 6b]

No.	r (mm)	d (mm)	Glas
614	219,153	21,134	석영유리
	434,184	9,007	
615	155,091	13,742	석영유리
	103,553	34,406	
616	-207,801	8,900	석영유리
	131,833	35,789	
617	-118,245	9,299	석영유리
	1262,191	27,280	
618	-121,674	42,860	석영유리
	-151,749	,825	
619	-366,282	20,128	석영유리
	-236,249	,838	
620	2355,228	31,331	석영유리
	-296,219	2,500	
P61	∞	6,000	석영유리
	∞	12,554	
AS			
621	774,283	29,041	석영유리
	-782,899	,671	
622	456,969	28,257	석영유리
	-1483,609	,603	
623	227,145	30,951	석영유리
	658,547	36,122	
624	-271,535	15,659	석영유리
	-997,381	4,388	
625	-1479,857	27,590	석영유리
	-288,684	,604	
626	259,988	22,958	석영유리
	1614,379	,600	
627	105,026	29,360	석영유리
	205,658	,600	
628	110,916	16,573	석영유리

[표 6c]

No.	r (mm)	d (mm)	Glas
629	139,712	13,012	석영유리
	499,538	8,300	
	56,675	9,260	
630	75,908	17,815	석영유리
	51,831	,995	
631	43,727	19,096	석영유리
	499,293	2,954	
P62	∞	2,000	석영유리
	∞	12,000	
Im			

이러한 구성은 전체적으로 도 1의 실시예에 전반적으로 상응한다. 렌즈(624 및 625) 사이의 공기갭은 다만 약간만 휘어진다.

도 7은 본 발명에 따른 투영 대물렌즈를 갖는 투영 노광 장치의 일 실시예에 대한 개관이다. 적합한 조명 시스템(B)은 예를 들어 EP 0 747 772-A호(US 시리즈 넘버 08/658,605호)에 공지되어 있다.

레이저(1)는 마이크로리소그래피의 심자외선 범위(DUV)에서 통용되는, 248nm의 파장을 갖는 KrF-엑시머-레이저이다.

예를 들어 DE-A 41 24 311호에 따른 미러 장치와 같은 빔 확대기(14)는 빔의 횡방향 단면을 확대하고 코히어런스를 감소시키기 위해서 이용된다.

제 1 회절성 광학 래스터 소자(9)는 대물렌즈(2)의 물체 평면을 형성하며, 상기 대물렌즈의 사출 동공내에는 제 2 회절성 광학 래스터 소자(8)가 제공된다.

단일 커플링 광학 장치(4)는, 다중의 내부 반사에 의해 광을 혼합하고 균일화하는 유리 막대(5)의 입사면(5e)상에 광을 전달한다. 사출면(5a)의 바로 옆에는 중간 필드 평면이 있으며, 이 평면내에는 조절 가능한 필드 조리개인 레티클-마스킹-시스템(REMA)(51)이 배치된다. 렌즈그룹(61, 63, 65), 편향 미러(64) 및 동공 평면(62)을 갖는 후속하는 REMA-대물렌즈(6)는 상기 레티클-마스킹-시스템(51)의 중간 필드 평면을 레티클(7)상에 결상한다.

웨이퍼-스캐너에서는 레티클(7)상에서 가느다란 스트립, 즉 1:2 내지 1:8의 에스펙트비를 갖는 직사각형이 조명되며, 스캐닝에 의해서 하나의 칩의 구조화된 전체 필드가 조명된다. 조명은 극도로 균일하게 그리고 에지가 날카롭게 (스캐닝 방향에 대해 수직의 방향으로만) 형성되어야 한다.

유리 막대(5) 앞에 배치된 부분, 특히 광학 래스터 소자(8 및 9)의 실시예는, 입사 개구(entry opening)(5e)가 가급적 균일하게 뿐만 아니라 최대 효율적으로, 즉 입사 개구(5e) 외에 중요한 광손실 없이 조명되도록 선택된다.

DE 44 21 053호에 기술된 바와 같이, 대물렌즈(2)는 조절 가능하게 통합된 액시콘-쌍(21)을 갖는 줌-대물렌즈(가동적인 렌즈(22))이다. 초점 거리가 3배의 팽창 범위를 가짐으로써, 약 $0.3 \leq \sigma \leq 0.9$ 의 통상의 값을 갖는, 부분적으로 간섭성인 조명이 이루어질 수 있다.

액시콘-쌍(21)을 조정함으로써 또한 매칭되는 링형 애퍼처 조명이 설정될 수 있다. 추가의 조리개 또는 액시콘-쌍(21)의 특수한 피라미드 형태에 의해서 또한 조명의 특수한 형태가 형성될 수 있다.

각각 스캔-장치(71, 91) 및 공지된 보조 장치를 갖는 레티클(마스킹)(7)과 웨이퍼(9) 사이에는 렌즈그룹(P1 내지 P5)을 갖는 본 발명에 따른 투영 대물렌즈(P)가 배치되어 있다.

발명의 효과

본 발명에 따른 대물렌즈에 의해서, 공지된 선행 기술 분야에서 이미지 필드가 크고 구조물의 길이가 짧은 경우에 높은 해상도를 가지며, 특히 왜곡과 관련하여 결상 오차의 보정이 상이한 조명 방식(상이한 코히어런스율 등)과 (더 큰 정세도 범위를 갖는 노광을 위한) 스톱 다운으로도 안정이 유지될 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 은 제 1 실시예의 렌즈 단면.

도 2 는 제 2 실시예의 렌즈 단면.

도 3 은 제 3 실시예의 렌즈 단면.

도 4a 내지 4c 는 도 1 의 상이한 이미지 높이에 대한 세지타 방향의 단면에서의 횡방향 수차.

도 5a 내지 5c 는 도 1 의 상이한 이미지 높이를 위한 자오선 방향의 단면에서의 횡방향 수차.

도 6 은 제 4 실시예의 렌즈 단면.

도 7 은 본 발명에 따른 투영 조명 장치의 개략적인 실시예.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

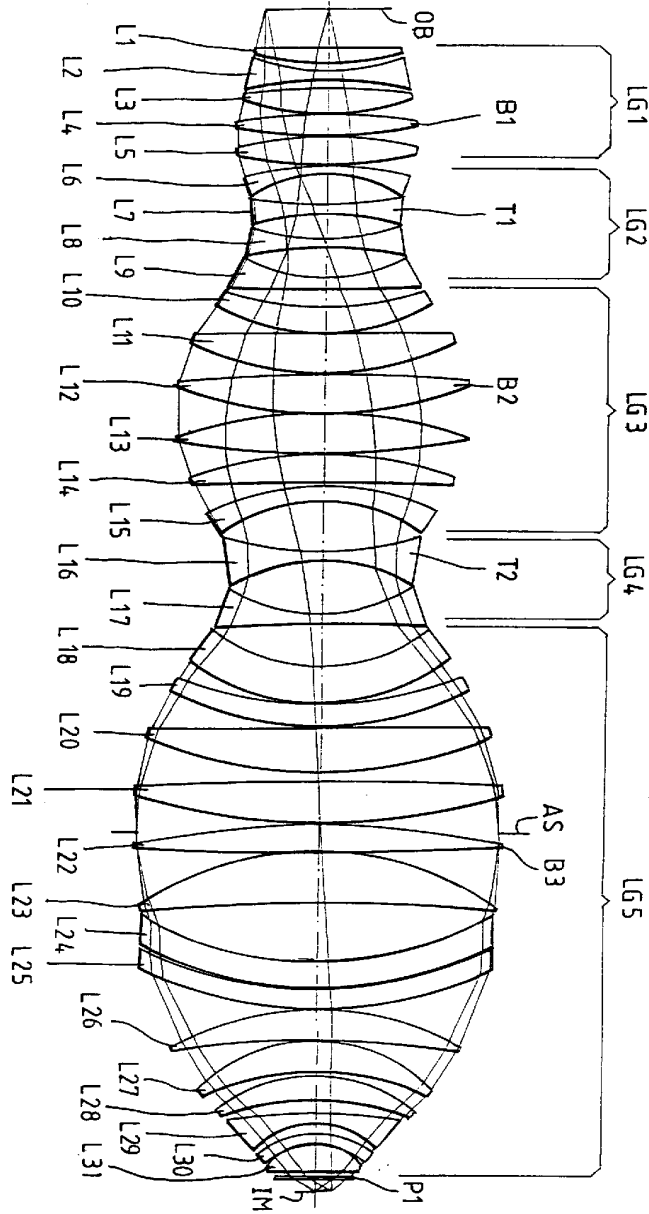
LG1 : 제 1 렌즈그룹 LG2 : 제 2 렌즈그룹

LG3 : 제 3 렌즈그룹 LG4 : 제 4 렌즈그룹

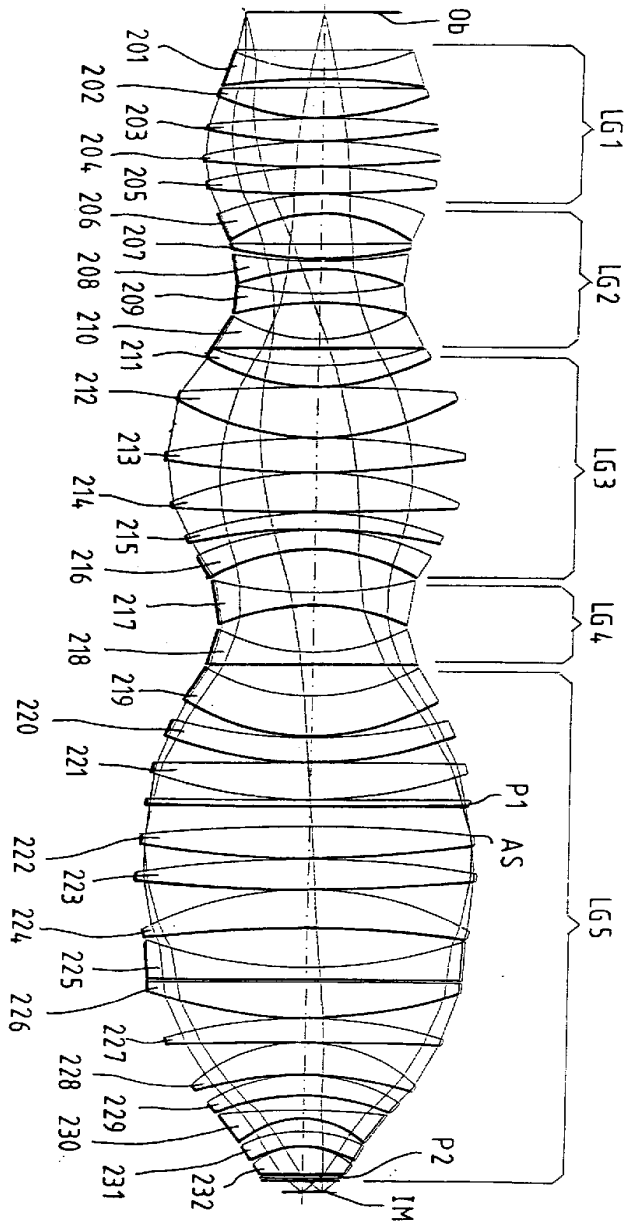
LG5 : 제 5 렌즈그룹 AS : 시스템 조리개

도면

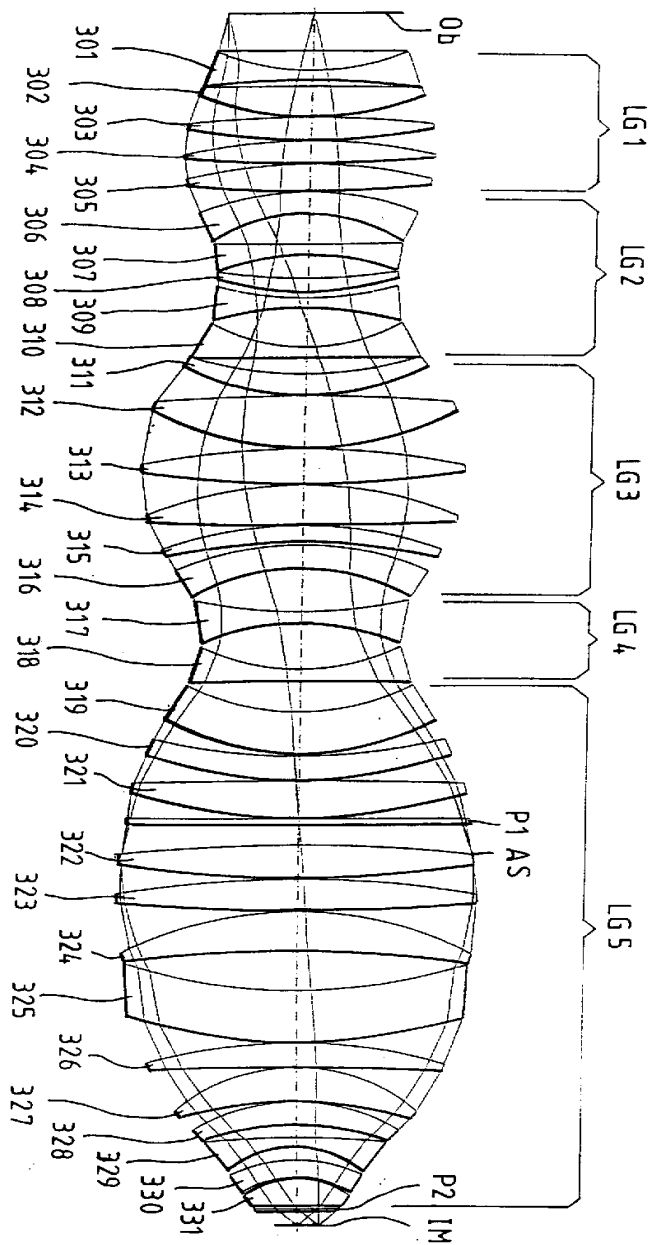
도면1



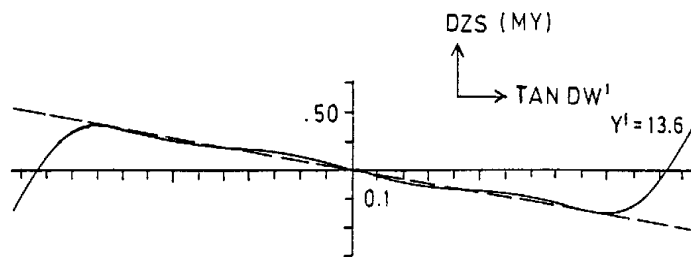
도면2



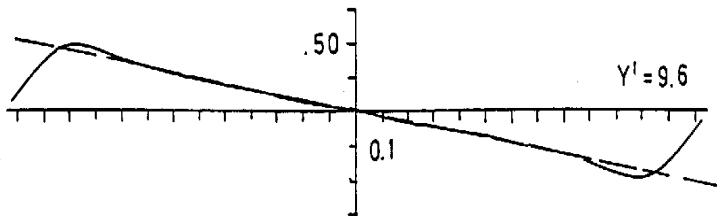
도면3



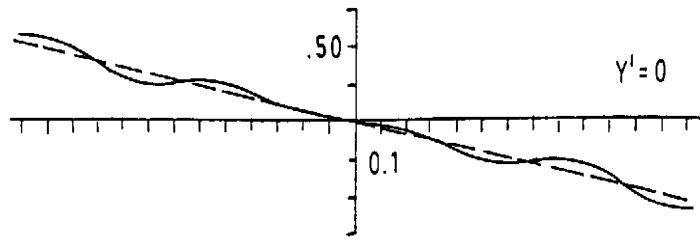
도면4a



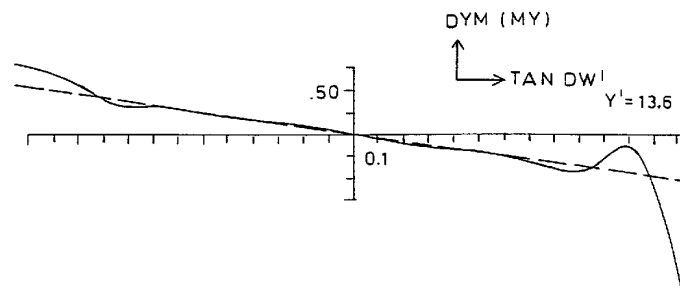
도면4b



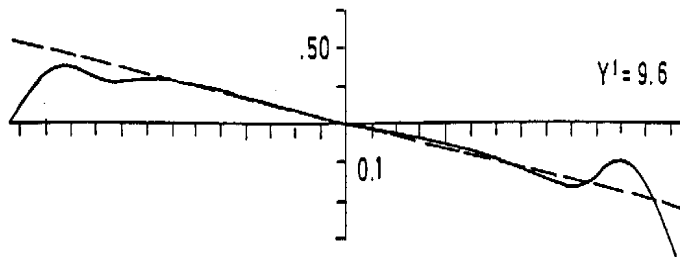
도면4c



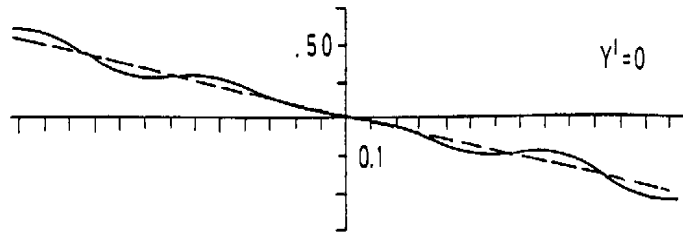
도면5a



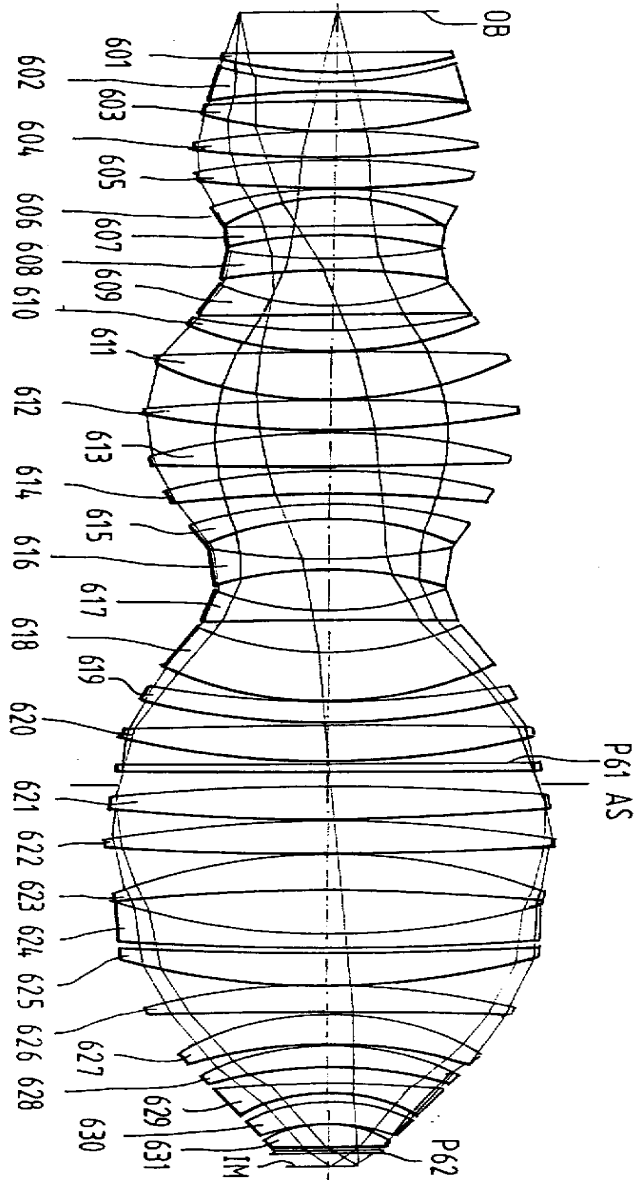
도면5b



도면5c



도면6



도면7

