



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월03일

(11) 등록번호 10-1402449

(24) 등록일자 2014년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 13/14 (2006.01) G02B 13/26 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7028398

(22) 출원일자(국제) 2007년05월04일

심사청구일자 2012년01월31일

(85) 번역문제출일자 2008년11월20일

(65) 공개번호 10-2009-0018918

(43) 공개일자 2009년02월24일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/068227

(87) 국제공개번호 WO 2007/131161

국제공개일자 2007년11월15일

(30) 우선권주장

60/798,157 2006년05월05일 미국(US)

60/838,213 2006년08월17일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2002014281 A*

JP10282411 A

JP61138226 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

칼 짜이스 에스엠티 게엠베하

독일 오버코헨 73447 루돌프-에버-슈트라쎄 2

(72) 발명자

쉐이퍼 테이비드

미국 코넷티컷 06430 페어필드 드레이크 레인 56

도도크 아우렐리안

독일 89522 하이덴하임 쉴러쉬트라쎄 15

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

한양특허법인

전체 청구항 수 : 총 178 항

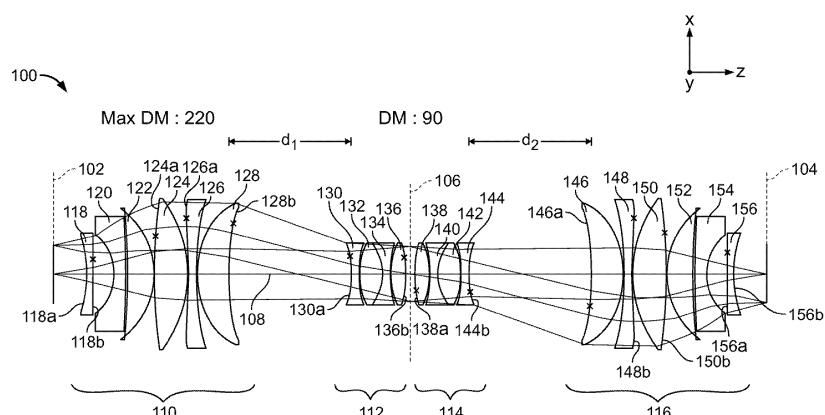
심사관 : 강형석

(54) 발명의 명칭 광학 렌즈 시스템

(57) 요약

본 발명은, 복수의 수은 방출선으로 방사광을 방출하도록 구성된 수은 광원, 수은 광원에 의해 방출된 방사광을 수광하도록 위치 설정된 투영 대물렌즈, 및 투영 대물렌즈에 대한 웨이퍼의 위치를 설정하도록 구성된 스테이지를 포함하는 마이크로리소그래피용 시스템을 특징으로 한다. 동작하는 동안, 투영 대물렌즈는 광원으로부터의 방사광을 웨이퍼로 안내하는데, 웨이퍼에서 방사광은 방출선들 중 하나 이상으로부터의 에너지를 포함한다. 투영 대물렌즈에서의 사용을 위한 광학 렌즈 시스템은 4개의 렌즈 그룹을 포함하며, 각각의 렌즈 그룹은 실리카를 포함하는 두 개의 렌즈를 구비하고, 한편의 제 1 및 제 2 렌즈 그룹과 다른 편의 제 3 및 제 4 렌즈 그룹은 상기 렌즈 시스템의 광축에 수직한 평면에 대하여 대칭적으로 위치한다.

대 표 도



(72) 발명자

펠트만 하이코

독일 데-73432 아알렌 도르프뮐레 4

젤너 요하네스

독일 73430 아알렌 칼-크라우스-베그 4

울리히 빌헬름

독일 73434 아알렌 레더락케링 44

발터 홀거

독일 73437 에씽겐-라우터부르그 알브쉬트라쎄 29

뢰링 울리히

독일 73525 쉬베비쉬 그륀트 코른하우스쉬트라쎄
21

크래머 다니엘

독일 73457 에씽겐 비르넨베그 2

퓌르터 게르하르트

독일 73479 엘반겐 힌터 텐 개르텐 10

특허청구의 범위

청구항 1

파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하는 것으로, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템에 있어서,

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 1 렌즈 그룹;

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 2 렌즈 그룹;

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 3 렌즈 그룹;

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 4 렌즈 그룹을 포함하며,

제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 렌즈 그룹들은 광축에 수직한 평면을 중심으로 대칭적으로 배치되어 있고;

제 1 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 1 색수차를 가지며;

제 2 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 2 색수차를 갖고;

제 2 색수차의 크기와 제 1 색수차의 크기 사이의 차이는 λ 보다 작으며;

제 2 색수차의 부호는 제 1 색수차의 부호와 반대이고;

광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 일부를 형성하며,

제 1 렌즈 그룹은 130mm 또는 그 이하의 곡률 반경을 갖는 오목면을 갖는 렌즈를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 렌즈들 중에서 적어도 하나는 플린트 유리를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 3

방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하는 것으로, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템에 있어서,

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 1 렌즈 그룹; 및

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 2 렌즈 그룹을 포함하며,

제 1 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 1 색수차를 가지며;

제 2 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 2 색수차를 갖고;

방사광은 파장 λ 를 포함하며;

제 2 색수차의 크기와 제 1 색수차의 크기 사이의 차이는 λ 보다 작고;

광학 렌즈 시스템은 파장 λ 의 방사광을 이미지 영역에 결상시키며;

제 2 색수차의 부호는 제 1 색수차의 부호와 반대이고;

광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 일부를 형성하며, 제 1 렌즈 그룹은 이미지 영역에서의 파장 λ 의 상면만곡을 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 이미지 영역에서의 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 초점 심도보다 작게 감소시키며,

제 1 렌즈 그룹은 130mm 또는 그 이하의 곡률 반경을 갖는 오목면을 갖는 렌즈를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 배치된 제 1 렌즈를 포함하는 제 3 렌즈 그룹; 및

광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 배치된 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 4 렌즈 시스템을 더 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

제 3 렌즈 그룹은 광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 배치된 제 2 렌즈를 더 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 렌즈 그룹들은 광축에 수직한 평면을 중심으로 대칭적으로 배치되어 있는 광학 렌즈 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 평면은 동공 평면인 광학 렌즈 시스템.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 광학 렌즈 시스템은 릴레이 결상 시스템인 광학 렌즈 시스템.

청구항 9

제 4 항에 있어서,

상기 광학 렌즈 시스템은 텔레센트릭한 결상 시스템인 광학 렌즈 시스템.

청구항 10

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 이미지 영역에서의 방사광에 대한 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 색수차의 크기는 제 1 색수차의 크기보다 작은 광학 렌즈 시스템.

청구항 11

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 파장 λ 의 방사광을 이미지 영역에 결상시키고;

제 1 렌즈 그룹은 이미지 영역에서의 파장 λ 의 상면만곡을 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 이미지 영역에서의 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 초점 심도보다 작게 감소시키는 광학 렌즈 시스템.

청구항 12

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 1 렌즈 그룹에 있는 렌즈들 중에서 적어도 하나는 비구면을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

제 2 렌즈 그룹에 있는 렌즈들 중에서 적어도 하나는 비구면을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 14

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

광축을 따른 제 1 렌즈 그룹과 제 2 렌즈 그룹 사이의 최소 거리는 5센티미터 또는 그 이상인 광학 렌즈

시스템.

청구항 15

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

광축을 따른 제 1 렌즈 그룹과 제 2 렌즈 그룹 사이의 최소 거리는 10센티미터 또는 그 이상인 광학 렌즈 시스템.

청구항 16

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

광축을 따른 제 1 렌즈 그룹과 제 2 렌즈 그룹 사이의 최소 거리는 15센티미터 또는 그 이상인 광학 렌즈 시스템.

청구항 17

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

광축을 따른 제 1 렌즈 그룹과 제 2 렌즈 그룹 사이의 최소 거리는 20센티미터 또는 그 이상인 광학 렌즈 시스템.

청구항 18

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

렌즈들 중 제 1 그룹에 있는 렌즈들 중에서 제 1 렌즈는 제 1 재료로 형성되고, 렌즈들 중 제 1 그룹에 있는 렌즈들 중에서 제 2 렌즈는 제 2 재료로 형성되며, 제 1 재료는 제 1 분산을 갖고, 제 2 재료는 제 1 분산과 다른 제 2 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

렌즈들 중 제 2 그룹에 있는 렌즈들 중에서 제 1 렌즈는 제 1 재료로 형성되고, 렌즈들 중 제 2 그룹에 있는 렌즈들 중에서 제 2 렌즈는 제 2 재료로 형성되며, 제 1 재료는 제 1 분산을 갖고, 제 2 재료는 제 1 분산과 다른 제 2 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 20

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

렌즈들 중 제 2 그룹에 있는 렌즈들 중에서 제 1 렌즈는 제 1 재료로 형성되고, 렌즈들 중 제 2 그룹에 있는 렌즈들 중에서 제 2 렌즈는 제 2 재료로 형성되며, 제 1 재료는 제 1 분산을 갖고, 제 2 재료는 제 1 분산과 다른 제 2 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 21

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 2 색수차의 크기는 제 2 렌즈 그룹에 있는 렌즈들 각각의 색수차의 크기보다 큰 광학 렌즈 시스템.

청구항 22

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 2 렌즈 그룹은 볼록 렌즈와 오목 렌즈를 포함하는 이중렌즈를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

볼록 렌즈는 크라운 유리를 포함하고 오목 렌즈는 플린트 유리를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

볼록 렌즈와 오목 렌즈는 서로 떨어져 있는 광학 렌즈 시스템.

청구항 25

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 2 색수차의 부호는 제 2 렌즈 그룹에 있는 적어도 하나의 렌즈의 색수차의 부호와 반대인 광학 렌즈 시스템.

청구항 26

삭제

청구항 27

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 파장 λ 의 방사광을 이미지 영역에 결상시키며, 렌즈의 오목면은 이미지 영역으로부터 반대 쪽의 렌즈의 면에 있는 광학 렌즈 시스템.

청구항 28

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

조리개를 더 포함하며, 렌즈의 오목면은 조리개와 동일한 쪽의 렌즈의 면에 있는 광학 렌즈 시스템.

청구항 29

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 1 렌즈 그룹은 제 1 렌즈 서브그룹과 제 2 렌즈 서브그룹을 포함하며, 제 1 렌즈 서브그룹은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖고 제 2 렌즈 서브그룹은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 파장 λ 의 방사광을 이미지 영역에 결상시키며 제 2 렌즈 서브그룹은 제 1 렌즈 서브그룹과 이미지 영역 사이에 위치하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 31

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 1 렌즈 그룹은 초점 길이와 주요 평면을 가지며, 주요 평면과 제 2 렌즈 그룹 사이의 최단 거리는 제 1 렌즈 그룹의 초점 길이보다 큰 광학 렌즈 시스템.

청구항 32

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

광축을 횡단하는 방향으로 제 1 렌즈 그룹의 최대 크기는 광축을 횡단하는 방향으로 제 2 렌즈 그룹의 최대 크기보다 1.5배 또는 그 이상 큰 광학 렌즈 시스템.

청구항 33

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

제 1 색수차는 방사광에 대해 제 1 렌즈 그룹 내의 렌즈들 중 하나의 색수차의 크기보다 작은 크기를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 34

파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하는 것으로, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹;

제 1 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖고, 제 1 이중렌즈와 제 2 이중렌즈를 포함하는 것으로, 제 1 이중렌즈는 제 1 재료로 형성된 렌즈와 제 2 재료로 형성된 렌즈를 포함하고, 제 1 및 제 2 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는, 제 2 렌즈 그룹;

제 2 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖고, 제 1 이중렌즈와 제 2 이중렌즈를 포함하는 것으로, 제 1 이중렌즈는 제 3 재료로 형성된 렌즈와 제 4 재료로 형성된 렌즈를 포함하고, 제 3 및 제 4 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는, 제 3 렌즈 그룹; 및

제 3 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹을 포함하며,

제 2 렌즈 그룹의 제 1 및 제 2 이중렌즈들은 광축에 수직한 평면에 대해 제 3 렌즈 그룹 내의 제 1 및 제 2 이중렌즈들과 대칭적으로 배치되어 있고;

광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 35

제 34 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템의 동공 평면이 대칭 평면인 광학 렌즈 시스템.

청구항 36

제 34 항에 있어서,

상기 평면에 위치하는 조리개를 더 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 37

제 34 항에 있어서,

제 2 렌즈 그룹에 있는 각각의 렌즈는 제 3 렌즈 그룹에 있는 동일한 설계의 대응하는 렌즈를 가지며, 제 2 및 제 3 렌즈 그룹들의 렌즈들은 광축에 수직한 평면에 대해 대칭적으로 배치되어 있는 광학 렌즈 시스템.

청구항 38

제 34 항에 있어서,

제 1 재료로 형성된 렌즈는 네가티브 렌즈인 광학 렌즈 시스템.

청구항 39

제 34 항에 있어서,

제 1 재료로 형성된 렌즈는 메니스커스 렌즈인 광학 렌즈 시스템.

청구항 40

제 34 항에 있어서,

제 1 재료는 크라운 유리인 광학 렌즈 시스템.

청구항 41

제 34 항에 있어서,

제 1 재료는 아베수 V_1 을 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $40 \leq V_1 \leq 70$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 42

제 34 항에 있어서,

제 1 재료는 SiO_2 , FK5, K7, BK7 및 K5로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 43

제 34 항에 있어서,

제 3 재료는 크라운 유리인 광학 렌즈 시스템.

청구항 44

제 34 항에 있어서,

제 3 재료는 SiO_2 , FK5, K7, BK7 및 K5로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 45

제 34 항에 있어서,

제 3 재료는 아베수 V_3 을 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $40 \leq V_3 \leq 70$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 46

제 34 항에 있어서,

제 1 재료는 제 3 재료와 동일한 광학 렌즈 시스템.

청구항 47

제 34 항에 있어서,

제 2 재료로 형성된 렌즈는 포지티브 렌즈인 광학 렌즈 시스템.

청구항 48

제 34 항에 있어서,

제 2 재료는 CaF_2 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 49

제 34 항에 있어서,

제 2 재료는 아베수 V_2 를 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $70 < V_2$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 50

제 34 항에 있어서,

제 4 재료는 CaF_2 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 51

제 34 항에 있어서,

제 4 재료는 아베수 V_4 를 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $70 < V_4 < 40$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 52

제 34 항에 있어서,

제 2 재료는 제 4 재료와 동일한 광학 렌즈 시스템.

청구항 53

제 34 항에 있어서,

제 2 렌즈 그룹의 제 2 이중렌즈는 제 1 재료로 형성된 렌즈와 제 5 재료로 형성된 렌즈를 포함하고, 제 1, 제 2, 및 제 5 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 54

제 53 항에 있어서,

제 5 재료는 플린트 유리인 광학 렌즈 시스템.

청구항 55

제 53 항에 있어서,

제 5 재료는 LLF1, LLF5 및 LLF6으로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 56

제 53 항에 있어서,

제 5 재료는 아베수 V_5 를 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $V_5 < 40$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 57

제 53 항에 있어서,

제 3 렌즈 그룹의 제 2 이중렌즈는 제 3 재료로 형성된 렌즈와 제 6 재료로 형성된 렌즈를 포함하고, 제 3, 제 4, 및 제 6 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 58

제 57 항에 있어서,

제 6 재료는 LLF1, LLF5 및 LLF6으로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 59

제 57 항에 있어서,

제 6 재료는 아베수 V_6 를 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $V_6 < 40$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 60

제 57 항에 있어서,

제 5 재료는 제 6 재료와 동일한 광학 렌즈 시스템.

청구항 61

제 34 항에 있어서,

제 1 렌즈 그룹에 있는 각각의 렌즈는 제 4 렌즈 그룹에 있는 동일한 설계의 대응하는 렌즈를 가지며, 제 1 및 제 4 렌즈 그룹들의 렌즈들은 광축에 수직한 평면에 대해 대칭적으로 배치되어 있는 광학 렌즈 시스템.

청구항 62

제 34 항에 있어서,

제 1 렌즈 그룹은 제 5 재료로 형성된 렌즈를 포함하며, 제 1, 제 2, 및 제 5 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 63

제 62 항에 있어서,

제 5 재료는 플린트 유리인 광학 렌즈 시스템.

청구항 64

제 62 항에 있어서,

제 5 재료는 LLF1, LLF5 및 LLF6으로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 65

제 62 항에 있어서,

제 5 재료는 아베수 V_5 를 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $V_5 < 40$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 66

제 62 항에 있어서,

제 5 재료로 형성된 렌즈는 물체 영역으로부터 이미지 영역으로의 방사광 경로 내에 있는 첫번째 렌즈인 광학 렌즈 시스템.

청구항 67

제 62 항에 있어서,

제 4 그룹은 제 6 재료로 형성된 렌즈를 포함하며, 제 3, 제 4, 및 제 6 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 68

제 67 항에 있어서,

제 6 재료는 LLF1, LLF5 및 LLF6으로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 69

제 67 항에 있어서,

제 6 재료는 아베수 V_6 를 가지며, $\lambda_1 = 365\text{nm}$, $\lambda_2 = 405\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 436\text{nm}$ 에 대해 $V_6 < 40$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 70

제 67 항에 있어서,

제 6 재료로 형성된 렌즈는 물체 영역으로부터 이미지 영역으로의 방사광 경로 내에 있는 마지막 렌즈인 광학 렌즈 시스템.

청구항 71

제 67 항에 있어서,

제 5 렌즈는 제 6 렌즈와 동일한 광학 렌즈 시스템.

청구항 72

제 34 항에 있어서,

제 1 렌즈 그룹과 제 2 렌즈 그룹 사이에서 광축을 따라 위치하는 제 5 렌즈 그룹을 더 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 73

제 72 항에 있어서,

제 5 렌즈 그룹은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 74

제 72 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은, $0.8D_{\max}$ 또는 그 이하인 제 5 렌즈 그룹에서의 최대 직경 D_5 를 갖는 빔을 방사광이 형성하도록 구성되며, 여기서 D_{\max} 는 광학 렌즈 시스템 내의 빔의 최대 직경인 광학 렌즈 시스템.

청구항 75

제 72 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은, $0.5D_{\max}$ 또는 그 이하인 제 5 렌즈 그룹에서의 최대 직경 D_5 를 갖는 빔을 방사광이 형성하도록 구성되며, 여기서 D_{\max} 는 광학 렌즈 시스템 내의 빔의 최대 직경인 광학 렌즈 시스템.

청구항 76

제 72 항에 있어서,

제 3 렌즈 그룹과 제 4 렌즈 그룹 사이에서 광축을 따라 위치하는 제 6 렌즈 그룹을 더 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 77

제 76 항에 있어서,

제 6 렌즈 그룹은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 78

제 76 항에 있어서,

제 5 렌즈 그룹에 있는 각각의 렌즈는 제 6 렌즈 그룹에 있는 동일한 설계의 대응하는 렌즈를 가지며, 제 5 및 제 6 렌즈 그룹들의 렌즈들은 광축에 수직한 평면에 대해 대칭적으로 배치되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 79

파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하는 것으로, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템에 있어서,

포지티브의 광학적 굴절력을 가지며, 물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 제 1 렌즈 그룹;

제 1 값의 포지티브의 광학적 굴절력을 가지며, 제 1 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하고, 제 1 재료로 형성된 렌즈, 제 2 재료로 형성된 렌즈 및 제 3 재료로 형성된 렌즈를 포함하며, 제 1, 제 2 및 제

3 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는, 제 2 렌즈 그룹;

포지티브의 광학적 굴절력을 가지며, 제 2 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 제 3 렌즈 그룹; 및

포지티브의 광학적 굴절력을 가지며, 제 3 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 제 4 렌즈 그룹을 포함하며,

제 2 렌즈 그룹에 있는 렌즈들은 광학 렌즈 시스템의 동공 평면에 대해 제 3 렌즈 그룹의 렌즈들과 대칭적으로 배치되어 있고,

광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 80

파장 λ 및 λ' 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하는 것으로, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 다수의 렌즈들을 포함하고,

광학 렌즈 시스템의 렌즈들의 전체 개수 중 적어도 절반은 용융 실리카로 형성되며,

$|\lambda - \lambda'| \geq 20\text{nm}$ 이고,

광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 81

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항 또는 제 80 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 0.2 이하의 최대 개구수와 0.33보다 작은 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 82

파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하는 것으로, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 다수의 렌즈들을 포함하며,

광학 렌즈 시스템은 0.2 이하의 최대 개구수와 0.33보다 작은 Γ 비를 갖고,

광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 83

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수는 30개 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 84

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수는 28개 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 85

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수는 26개 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 86

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수는 24개 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 87

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

용융 실리카로 형성되지 않은, 물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수는 14개 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 88

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

용융 실리카로 형성되지 않은, 물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수는 12개 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 89

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

용융 실리카로 형성되지 않은, 물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수는 10개 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 90

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 배율은 1인 광학 렌즈 시스템.

청구항 91

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 배율은 1보다 큰 광학 렌즈 시스템.

청구항 92

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 배율은 적어도 2인 광학 렌즈 시스템.

청구항 93

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 배율은 적어도 3인 광학 렌즈 시스템.

청구항 94

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 배율은 적어도 4인 광학 렌즈 시스템.

청구항 95

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 적어도 0.1의 이미지 영역축 최대 개구수를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 96

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 적어도 0.15의 이미지 영역축 최대 개구수를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 97

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 적어도 0.2의 이미지 영역축 최대 개구수를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 98

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

이미지 영역에서 방사광의 필드 크기가 10밀리미터 또는 그 이상인 광학 렌즈 시스템.

청구항 99

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

이미지 영역에서 방사광의 필드 크기가 20밀리미터 또는 그 이상인 광학 렌즈 시스템.

청구항 100

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

이미지 영역에서 방사광의 필드 크기가 30밀리미터 또는 그 이상인 광학 렌즈 시스템.

청구항 101

제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 렌즈들 중 적어도 하나는 실리카를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 102

제 101 항에 있어서,

상기 렌즈들 중 적어도 하나는 플린트 유리를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 103

제 101 항에 있어서,

상기 렌즈들 중 적어도 하나는 용융 실리카를 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 104

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수 중 적어도 절반은 용융 실리카로 형성되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 105

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수 중 적어도 60%는 용융 실리카로 형성되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 106

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

물체 영역과 이미지 영역 사이에서 광축을 따라 위치하는 렌즈들의 전체 개수 중 적어도 70%는 용융 실리카로 형성되는 광학 렌즈 시스템.

청구항 107

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 렌즈들 중 제 1 렌즈는 제 1 재료로 형성되며, 상기 렌즈들 중 제 2 렌즈는 제 2 재료로 형성되고, 제 1 재료는 제 1 분산을 갖고, 제 2 재료는 제 1 분산과 상이한 제 2 분산을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 108

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광축을 따른 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 길이는 10미터 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 109

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광축을 따른 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 길이는 5미터 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 110

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광축을 따른 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 길이는 4미터 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 111

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광축을 따른 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 길이는 3미터 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 112

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광축을 따른 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 길이는 2미터 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 113

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

방사광은 0.5나노미터 또는 그 이상의 반치폭을 갖는 전자기 방사광의 파장 분포를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 114

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

방사광은 5나노미터 또는 그 이상의 반치폭을 갖는 전자기 방사광의 파장 분포를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 115

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

방사광은 10나노미터 또는 그 이상의 반치폭을 갖는 전자기 방사광의 파장 분포를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 116

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

방사광은 25나노미터 또는 그 이상의 반치폭을 갖는 전자기 방사광의 파장 분포를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 117

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

방사광은 50나노미터 또는 그 이상의 반치폭을 갖는 전자기 방사광의 파장 분포를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 118

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

방사광은 가시광의 파장 범위와 UV 파장 범위로 구성되는 그룹으로부터 선택된 파장 범위에 있는 적어도 하나의 파장을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 119

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

방사광은 350나노미터로부터 450나노미터까지의 파장을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 120

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

λ 는 450nm 또는 그 이하인 광학 렌즈 시스템.

청구항 121

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 상이한 파장 λ 및 λ' 의 방사광을 이미지 영역 내의 광축 상의 공통의 점에 결상시키며, $20\text{nm} < |\lambda - \lambda'|$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 122

제 121 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 λ'' 의 방사광을 광축 상의 공통의 점에 결상시키며, $10\text{nm} < |\lambda - \lambda''|$ 이고 $10\text{nm} < |\lambda' - \lambda''|$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 123

제 122 항에 있어서,

λ , λ' , λ'' 는 광원의 방출선에 대응하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 124

제 122 항에 있어서,

λ 는 365nm, λ' 는 405nm이고, λ'' 는 436nm인 광학 렌즈 시스템.

청구항 125

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

렌즈들 중에서 적어도 하나는 비구면을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 126

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

렌즈들 중에서 적어도 두 개는 각각 비구면을 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 127

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 조명 개구를 한정하기 위한 소자를 더 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 128

제 127 항에 있어서,

상기 소자는 이중극 조명, 사중극 조명 또는 환형 조명을 형성하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 129

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

다수의 렌즈들 중 최대 40%가 0.6 또는 그 이상의 서브-개구 대 유효 개구비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 130

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

다수의 렌즈들 중 최대 8개의 렌즈가 0.6 또는 그 이상의 서브-개구 대 유효 개구비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 131

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 0.32 또는 그 이하의 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 132

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 0.28 또는 그 이하의 Γ 비와 0.16 또는 그 이하의 최대 개구수를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 133

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 0.25 또는 그 이하의 Γ 비와 0.16 또는 그 이하의 최대 개구수를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 134

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 0.33 또는 그 이하의 Γ 비와 0.2 또는 그 이하의 최대 개구수를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 135

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 최대 개구수 NA_{max} 를 가지며, $0.02 \leq NA_{max} \leq 0.07$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 136

제 135 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $7mm \leq d_{max} \leq 16mm$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{max} 와 $0.23 < \Gamma \leq 0.33$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 137

제 135 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $16mm < d_{max} \leq 27mm$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{max} 와 $0.16 < \Gamma \leq 0.23$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 138

제 135 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $27mm < d_{max} \leq 36mm$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{max} 와 $0.12 < \Gamma \leq 0.16$ 인 Γ 비를 갖는 광

학 렌즈 시스템.

청구항 139

제 135 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $36\text{mm} < d_{\max} \leq 42\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.11 < \Gamma \leq 0.12$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 140

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 최대 개구수 NA_{\max} 를 가지며, $0.07 \leq NA_{\max} < 0.13$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 141

제 140 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $7\text{mm} \leq d_{\max} \leq 16\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.35 < \Gamma \leq 0.47$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 142

제 140 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $16\text{mm} < d_{\max} \leq 27\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.25 < \Gamma \leq 0.35$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 143

제 140 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $27\text{mm} < d_{\max} \leq 36\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.19 < \Gamma \leq 0.25$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 144

제 140 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $36\text{mm} < d_{\max} \leq 42\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.18 < \Gamma \leq 0.19$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 145

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 최대 개구수 NA_{\max} 를 가지며, $0.13 \leq NA_{\max} < 0.18$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 146

제 145 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $7\text{mm} \leq d_{\max} \leq 16\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.43 < \Gamma \leq 0.55$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 147

제 145 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $16\text{mm} < d_{\max} \leq 27\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.33 < \Gamma \leq 0.43$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

학 렌즈 시스템.

청구항 148

제 145 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $27\text{mm} < d_{\max} \leq 36\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.27 < \Gamma \leq 0.33$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 149

제 145 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $36\text{mm} < d_{\max} \leq 42\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.25 < \Gamma \leq 0.27$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 150

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 최대 개구수 NA_{\max} 를 가지며, $0.02 \leq NA_{\max} < 0.25$ 인 광학 렌즈 시스템.

청구항 151

제 150 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $7\text{mm} \leq d_{\max} \leq 16\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.46 < \Gamma \leq 0.57$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 152

제 150 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $16\text{mm} < d_{\max} \leq 27\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.38 < \Gamma \leq 0.46$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 153

제 150 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $27\text{mm} < d_{\max} \leq 36\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.31 < \Gamma \leq 0.38$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 154

제 150 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 $36\text{mm} < d_{\max} \leq 42\text{mm}$ 인 최대 이미지 필드 크기 d_{\max} 와 $0.29 < \Gamma \leq 0.31$ 인 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 155

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 400nm/W 또는 그 이하의 최대 비첨수 차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 156

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 200nm/W 또는 그 이하의 최대 비첨수

차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 157

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 150nm/W 또는 그 이하의 최대 비점수 차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 158

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 700nm/W 또는 그 이하의 피크-대-밸리 초점 평면 편차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 159

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 290nm/W 또는 그 이하의 피크-대-밸리 초점 평면 편차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 160

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 280nm/W 또는 그 이하의 피크-대-밸리 초점 평면 편차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 161

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 600nm/W 또는 그 이하의 피크-대-밸리 필드 만곡 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 162

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 400nm/W 또는 그 이하의 피크-대-밸리 필드 만곡 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 163

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 300nm/W 또는 그 이하의 피크-대-밸리 필드 만곡 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 164

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 -120nm/W 또는 그 이하의 최대 축상 비점수차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 165

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 -70nm/W 또는 그 이하의 최대 축상 비점수차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 166

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 $-55\text{nm}/\text{W}$ 또는 그 이하의 최대 축상 비 점수차 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 167

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 $10\text{nm}/\text{W}$ 또는 그 이하의 최대 왜곡 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 168

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 $8\text{nm}/\text{W}$ 또는 그 이하의 최대 왜곡 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 169

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 $6\text{nm}/\text{W}$ 또는 그 이하의 최대 왜곡 변화를 갖는 광학 렌즈 시스템.

청구항 170

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

이미지 영역에 반도체 기판을 위치시키기 위한 스테이지를 더 포함하는 광학 렌즈 시스템.

청구항 171

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 있어서,

광학 렌즈 시스템은 순수 굴절식 렌즈 시스템인 광학 렌즈 시스템.

청구항 172

마이크로리소그래피 공정을 수행하는 동안 기판을 방사광에 노광시키기 위하여 제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 따른 광학 렌즈 시스템을 통해 방사광을 안내하는 단계를 포함하는, 마이크로리소그래피 노광 방법.

청구항 173

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항 중 어느 한 항에 따른 광학 렌즈 시스템에 대하여 웨이퍼를 위치 설정하는 단계; 및

상기 광학 렌즈 시스템을 사용하여 웨이퍼 상의 감광층을 패터닝된 방사광에 노광시키는 단계를 포함하는 집적 회로의 제조 방법.

청구항 174

마이크로리소그래피 공정을 수행하는 동안 다수의 다이를 방사광에 동시에 노광시키는 단계를 포함하며,

상기 방사광은 0.5나노미터 또는 그 이상의 반치폭을 갖고, 상기 다이는 제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항에 따른 광학 렌즈 시스템을 사용하여 방사광에 노광되는, 마이크로리소그래피 노광 방법.

청구항 175

제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항에 따른 광학 렌즈 시스템을 사용하여 마이크로리소그래피 공정을 수행하는 동안 기판을 방사광에 노광시키는 단계를 포함하며,

방사광은 적어도 한쪽 크기가 10밀리미터 또는 그 이상인 기판의 표면에 있는 영역을 노광시키고, 방사광은 0.5나노미터 또는 그 이상의 반치폭을 갖는 전자기 방사광의 파장 분포를 갖는, 마이크로리소그래피 노광 방법.

청구항 176

제 175 항에 있어서,

상기 기판의 표면에 있는 영역은 52mm×66mm의 면적을 갖는, 마이크로리소그래피 노광 방법.

청구항 177

제 175 항에 있어서,

상기 파장의 분포는 365nm, 405nm, 및 436nm를 포함하는, 마이크로리소그래피 노광 방법.

청구항 178

다수의 수은 방출선의 방사광을 방출하도록 구성된 수은 광원;

수은 광원에 의해 방출된 방사광을 수광하도록 위치하는, 제 1 항, 제 3 항, 제 34 항, 제 79 항, 제 80 항 또는 제 82 항에 따른 광학 렌즈 시스템; 및

상기 광학 렌즈 시스템에 대하여 웨이퍼를 위치 설정하도록 구성된 스테이지를 포함하며,

동작하는 동안, 상기 광학 렌즈 시스템은 광원으로부터 방출된 방사광을 웨이퍼로 안내하며, 웨이퍼에서의 방사광은 하나 이상의 방출선으로부터의 에너지를 포함하는 마이크로리소그래피 시스템.

청구항 179

제 178 항에 있어서,

방사광은 i-, g-, 및 h-방출선으로부터의 에너지를 포함하는 마이크로리소그래피 시스템.

명세서

기술 분야

[0001]

본 개시는 광학 렌즈 시스템, 및 마이크로리소그래피 시스템과 공정에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

광학 렌즈 시스템은 광학적인 방사광(optical radiation)을 안내하는데 사용될 수 있다. 광학 렌즈 시스템은 물체로부터의 방사광을 이미지 영역으로 안내하여 이미지 영역 내에 물체의 이미지를 형성하는 결상 시스템일 수 있다. 특정 응용예들에서, 광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 시스템에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템은 마스크의 이미지를 기판 상의 감광층(예컨대, 포토레지스트) 위로 투영시키는데 사용될 수 있다.

발명의 상세한 설명

[0003]

어떠한 유형들에서, 본 개시는 상대적으로 낮은 종방향 색수차(longitudinal chromatic aberration)(예컨대, 상대적으로 낮은 1차 및/또는 2차 종방향 색수차)를 갖도록 설계된 결상 광학 렌즈 시스템을 특징으로 한다. 광학 렌즈 시스템은 적어도 두 개의 상이한 재료로 형성된 렌즈들을 포함한다. 몇몇 실시예들은 적어도 세 개의 상이한 재료들로 형성된 렌즈들을 특징으로 한다. 각각의 렌즈의 배치 및 설계는, 낮은 종방향 색수차에 추가하여, 광학 렌즈 시스템이 상대적으로 낮은 상면만곡(image field curvature), 상대적으로 낮은 수평 색수차(예컨대, 1차 및/또는 2차 수평 색수차)와 같은 다른 양호한 결상 특성들을 갖도록 선택된다. 실시예들은 수은(mercury) 광원의 i-, h-, 및 g-방출선(emission line)들에 대응하는 파장의 결상 방사광에 대해 설계된 결상 광학 시스템을 포함한다.

[0004]

일반적으로, 제 1 유형에서, 본 발명은 파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하며, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템을 특징으로 한다. 광학 렌즈 시스템은, 광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 1 렌즈 그룹, 광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 2 렌즈 그룹, 광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 3 렌즈 그룹, 및 광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 4 렌즈 그룹을 포함한다. 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 렌즈 그룹들 각각에 있는 제 1 및 제 2 렌즈들은 실리카를 포함한다. 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 렌즈 그룹들은 광축에 대해 수직한 평면을 중심으로 대칭적으로 위치한다. 제 1 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 1 색수차를 갖는다. 제 2 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 2 색수차를 갖는다. 제 2 색수차의 크기와 제 1 색수차의 크기 사이의 차이는 약 λ 보다 작다. 제 2 색수차의 부호는 제 1 색수차의 부호와 반대이다. 상기 광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 일부를 형성한다.

[0005]

일반적으로, 다른 유형에서, 본 발명은 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하며, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템을 특징으로 한다. 광학 렌즈 시스템은, 광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 1 렌즈 그룹 및 광학 렌즈 시스템의 광축을 따라 위치하는 제 1 및 제 2 렌즈들을 포함하는 제 2 렌즈 그룹을 포함한다. 제 1 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 1 색수차를 갖는다. 제 2 렌즈 그룹은 방사광에 대해 제 2 색수차를 갖는다. 방사광은 파장 λ 를 포함하며, 제 2 색수차의 크기와 제 1 색수차의 크기 사이의 차이는 약 λ 보다 작다. 광학 렌즈 시스템은 파장 λ 의 방사광을 이미지 영역에 결상시키고, 제 2 색수차의 부호는 제 1 색수차의 부호와 반대이다. 상기 광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 일부를 형성하며, 제 1 렌즈 그룹은 이미지 영역에서의 파장 λ 의 상면만곡을 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 이미지 영역에서의 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 초점 심도(depth of focus)보다 작게 감소시킨다.

[0006]

일반적으로, 또 다른 유형에서, 본 발명은 파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하며, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템을 특징으로 한다. 상기 광학 렌즈 시스템은, 물체 영역과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 포지티브(+)의 광학적 굴절력(power)을 갖는 제 1 렌즈 그룹, 제 1 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹(여기서, 제 2 렌즈 그룹은 제 1 이중렌즈(doublet) 및 제 2 이중렌즈를 포함하고, 제 1 이중렌즈는 제 1 재료로 형성된 렌즈와 제 2 재료로 형성된 렌즈를 포함하며, 제 1 및 제 2 재료는 λ 에서 상이한 분산(dispersion)을 갖는다), 제 2 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹(여기서, 제 3 렌즈 그룹은 제 1 이중렌즈 및 제 2 이중렌즈를 포함하고, 제 1 이중렌즈는 제 3 재료로 형성된 렌즈와 제 4 재료로 형성된 렌즈를 포함하며, 제 3 및 제 4 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는다), 및 제 3 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹을 포함한다. 제 2 렌즈 그룹의 제 1 및 제 2 이중렌즈는 광축에 수직한 평면에 대하여 제 3 렌즈 그룹 내의 제 1 및 제 2 이중렌즈들에 대칭적으로 배치되어 있다. 상기 광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성한다.

[0007]

일반적으로, 추가적인 유형에서, 본 발명은 파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하며, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템을 특징으로 한다. 상기 광학 렌즈 시스템은, 물체 영역과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 그룹, 제 1 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 제 1 값의 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 그룹(여기서 제 2 렌즈 그룹은 제 1 재료로 형성된 렌즈, 제 2 재료로 형성된 렌즈, 및 제 3 재료로 형성된 렌즈를 포함하며, 제 1, 제 2, 및 제 3 재료는 λ 에서 상이한 분산을 갖는다), 제 2 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 그룹, 및 제 3 렌즈 그룹과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하며 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 4 렌즈 그룹을 포함한다. 제 2 렌즈 그룹 내의 렌즈들은 광학 렌즈 시스템의 동공 평면(pupil plane)에 대하여 제 3 렌즈 그룹의 렌즈들에 대칭적으로 배치되어 있다. 상기 광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성한다.

[0008]

일반적으로, 추가적인 유형에서, 본 발명은 파장 λ 와 λ' 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하며, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템을 특징으로 한다. 상기 광학 렌즈 시스템은 물체 영역과 이미지 영역 사이의 광축을 따라 위치하는 복수의 렌즈들을 포함하며, 광학 렌즈 시스템의 렌즈들의 전체 개수 중에서 적어도 절반은 용융 실리카(fused silica)로 형성되고, $|\lambda - \lambda'| \geq 20\text{nm}$ 이며, 상기 광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성한다.

[0009]

일반적으로, 추가적인 유형에서, 본 발명은 파장 λ 의 방사광을 물체 영역으로부터 이미지 영역으로 안내하며, 광축을 갖는 광학 렌즈 시스템을 특징으로 한다. 상기 광학 렌즈 시스템은 물체 영역과 이미지 영역 사이의 광

축을 따라 위치하는 복수의 렌즈들을 포함한다. 광학 렌즈 시스템은 0.2 또는 그 이하의 최대 개구수(numerical aperture)와 0.33보다 작은 Γ 비(Γ ratio)를 가지며, 상기 광학 렌즈 시스템은 마이크로리소그래피 투영 시스템의 일부를 형성한다.

[0010] 일반적으로, 또 다른 유형에서, 본 발명은 복수의 수은 방출선으로 방사광을 방출하도록 구성된 수은 광원, 수은 광원에 의해 방출된 방사광을 수광하도록 위치하는 투영 대물렌즈, 및 투영 대물렌즈에 대한 웨이퍼의 위치를 설정하도록 구성된 스테이지를 포함하는 시스템을 특징으로 한다. 동작하는 동안, 투영 대물렌즈는 광원으로부터의 방사광을 웨이퍼로 안내하는데, 웨이퍼에서 방사광은 방출선들 중 하나 이상으로부터의 에너지를 포함한다.

[0011] 실시예들은 다음의 이점들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 여기에 개시된 광학 렌즈 시스템들은 포토리소그래피 도구에서 투영 렌즈로서 사용될 수 있으며 웨이퍼를 하나 이상의 파장의 방사광에 노광시킬 수 있다. 따라서, 하나 이상의 파장의 방사광을 방출하는 방사광원들이, 웨이퍼를 광원의 방출 파장들 중 단 하나의 방사광에 노광시키는 시스템에 비해 더 효율적으로 사용될 수 있다. 그 결과, 그러한 단일 파장 시스템에 비하여 더 높은 파워의 노광이 사용될 수 있다. 또한, 더 높은 파워의 노광은 노광 시간을 단축시킬 수 있으며 리소그래피 도구의 처리량을 증가시킬 수 있다.

[0012] 실시예들은 낮은 색수차와 하나 이상의 파장(예컨대, 두 개 또는 세 개의 파장들)에서의 또 다른 바람직한 결상 특성들을 보이며 상대적으로 적은 수의 상이한 재료들로 이루어진 부품들을 사용하는 설계를 포함한다. 예를 들어, 실시예들은 단지 두 개의 상이한 종류의 재료 중에서 하나로 구성된 렌즈들로 형성된 광학 렌즈 시스템을 포함한다. 또한, 단지 세 개의 상이한 종류의 재료 중에서 하나로 구성된 렌즈들을 포함하는 실시예들도 개시된다. 실시예들에서, 재료들은 모두 상업적으로 입수 가능하며 개별적인 렌즈들의 설계는 제조 가능하다. 상이한 재료들의 렌즈들을 포함하는 어떤 실시예에서, 렌즈들 중 대부분은 포토리소그래피 투영 대물렌즈에서의 사용에 충분한 품질로 상업적으로 쉽게 입수 가능한 재료로 형성될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 렌즈들 중 대부분(예컨대, 적어도 절반)이 용융 실리카로 형성될 수 있다.

[0013] 실시예들은 또한, 렌즈 가열 효과(lens heating effect)에 상대적으로 낮은 민감성을 갖는 광학 렌즈 시스템을 포함한다. 투영 대물렌즈의 결상 특성에 대한 렌즈 가열 효과는, 결상 방사광이 렌즈를 균질하지 않게 조명하는 위치에서 감소된 개수의 렌즈들을 포함하는 렌즈 배치를 사용함으로써 감소될 수 있다. 가열 효과에 대한 감소된 민감성은 능동 제어 없이 달성될 수 있으며, 결상 오차의 이러한 원인을 감소시키는데 경제적인 접근을 제공한다.

[0014] 따라서, 하나 이상의 파장에서 유용한 투영 대물렌즈에 대한 상업적으로 실용적인 설계가 개시된다.

[0015] 다른 특징들 및 이점들은 상세한 설명, 도면 및 특허청구범위로부터 명확해질 것이다.

실시예

[0036] 도 1은 광원(18)으로부터 물품(16)으로 방사광(radiation)을 안내하기 위한 광학 렌즈 시스템(2)의 일 실시예의 개략도이다. 광학 렌즈 시스템(2)은 광학 렌즈 시스템(2)의 광축(8)을 따라 각각 위치하는 제 1 렌즈 그룹(10)과 제 2 렌즈 그룹(12)을 포함한다. 광원(18)은 소스 평면(source plane)(4)으로부터 먼저 제 1 렌즈 그룹(10)을 통과하고 그 다음으로 제 2 렌즈 그룹(12)을 통과하여 출력 평면(output plane)(6)으로 광축(8)을 따라 진행하는 소스 방사광(14)을 제공한다. 물품(16)은 방사광을 수광하도록 출력 평면(6)에 또는 그 부근에 위치할 수 있다.

[0037] 출력 평면(6)은 광학 렌즈 시스템(2)이 초점 평면일 수 있다. 대신에, 출력 평면(6)은 광학 렌즈 시스템(2)의 이미지 평면이거나, 또는 광학 렌즈 시스템(2)에 대한 다른 종류의 평면일 수도 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템(2)은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 일부(예컨대, 마이크로리소그래피 광학 투영 렌즈 시스템의 일부)를 형성할 수 있으며, 여기서 소스 평면(4)은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 물체 평면(object plane)이고 출력 평면(6)은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 이미지 평면(image plane)이다. 출력 평면(6)에 또는 그 부근에 위치하는 물품(16)은 웨이퍼와 같은 기판일 수 있다.

[0038] 광학 렌즈 시스템(2)은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 개구를 한정하기 위한 개구 조리개(aperture stop)와 같은 소자(24)를 또한 포함할 수도 있다. 소자(24)는 개구를 한정하기 위하여 광축(8)을 따라 한 위치에 위치할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 소자(24)는 제 2 렌즈 그룹(12) 내에 위치할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 소자(24)는 출력 평면(6)에 인접하여 위치할 수도 있다.

- [0039] 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)은 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템의 조명 개구(illumination aperture)를 한정하기 위한 조절 가능한 마스크 또는 다이아프램(diaphragm)과 같은 개구(도시되지 않음)를 또한 포함할 수도 있다. 예를 들어, 개구는 이중극 조명, 사중극 조명, 환형 조명, 또는 다른 종류의 조명을 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템에 제공하는데 사용될 수 있다.
- [0040] 광원(18)에 의해 제공된 소스 방사광(14)은 방사광 과장 성분들의 분포를 포함한다. 상기 분포는 중심 과장 λ 와 반치폭 스펙트럼 대역폭 $\Delta\lambda$ 를 갖는다. 광학 부품들에서의 분산(예컨대, λ 에 대한 각 부품들 내의 굴절률의 변화)으로 인해 광학 시스템에서 색수차가 발생한다. 통상적으로, 소스 방사광(14)의 스펙트럼 대역폭 $\Delta\lambda$ 가 클수록, 광학 시스템 내에서 색수차의 크기도 커진다.
- [0041] 색수차는, 소스 방사광(14)의 스펙트럼 대역폭 $\Delta\lambda$ 내에 있는 세 개의 과장 성분들의 광축(8)을 따른 초점 위치의 항목으로 설명될 수 있다. 그러한 색수차는, 광축에 수직한 방향으로 상이한 과장들의 초점 위치에 있어서의 변화를 나타내는 수평 색수차에 대조하여, 종방향 색수차라고도 불린다. 세 개의 과장 성분들은 과장 λ_1 , λ_2 및 λ_3 를 갖는다($\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$). 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 소스 방사광은 전자기 스펙트럼의 가시광 및 근-UV 영역에 있는 과장들을 갖는 방사광을 포함할 수 있으며, 과장 λ_1 , λ_2 및 λ_3 는 수은 원자의 방출 스펙트럼 내의 i, h 및 g 스펙트럼 라인들에 대응할 수 있다. 수은 스펙트럼의 i-라인은 365.01nm의 과장을 가지며, h-라인은 404.65nm의 과장을 갖고, g-라인은 435.84nm의 과장을 갖는다.
- [0042] 색수차의 크기는, 소스 방사광(14) 내의 과장 성분들이 포커싱되는 광축(8)을 따른 초점 영역의 최대 길이로 나타낸다. 예를 들어, 스펙트럼 대역폭 $\Delta\lambda$ 에 걸쳐 있는 소스 방사광(14) 내의 과장 성분들은 다양한 렌즈 재료들의 과장-의준성 분산으로 인해 광축(8)을 따라 상이한 위치들에 포커싱된다. 소스 방사광(14)의 과장 성분들 중에서, 하나의 성분은 광학 렌즈 시스템에 의해 다른 어떤 과장 성분의 초점 위치보다 렌즈 시스템에 가장 가까운 광축(8)을 따른 위치에 포커싱될 것이다. 또 하나의 과장 성분은 광학 렌즈 시스템에 의해 다른 어떤 과장 성분의 초점 위치보다 렌즈 시스템으로부터 더 먼 광축(8)을 따른 위치에 포커싱될 것이다. 소스 방사광(14)의 과장 성분들의 가장 가까운 초점 위치와 가장 먼 초점 위치 사이의 광축(8)을 따른 거리가 소스 방사광(14)에 대한 광학 렌즈 시스템의 색수차의 크기이다. 광축(8)을 따른 소스 방사광(14)이 중심 과장 λ 의 초점의 위치는 초점 영역 내에 놓여 있는 출력 평면(6)의 위치를 정의한다.
- [0043] 색수차의 부호는 렌즈 시스템의 초점 영역 내에서 광축(8)을 따른 과장 성분 λ_1 과 λ_3 의 상대적인 순서를 나타낸다. 예를 들어, 렌즈 재료에서의 정상적인 광학적 분산은, 더 짧은 과장의 광학적 방사광 성분들이 더 긴 과장의 광학적 방사광 성분들보다 광축(8)을 따라 렌즈 시스템에 더 가까운 위치에 포커싱되도록 한다. 광축(8)을 따른 과장 λ_3 를 갖는 방사광의 초점 위치보다 렌즈 시스템에 더 가까운 광축(8)을 따른 위치에 과장 λ_1 을 갖는 방사광이 포커싱되도록 하는 색수차는 양의 색수차라고 불린다. 반면에, 음의 색수차는, 광축(8)을 따른 과장 λ_1 을 갖는 방사광의 초점 위치보다 렌즈 시스템에 더 가까운 광축(8)을 따른 위치에 과장 λ_3 을 갖는 방사광이 포커싱되도록 한다.
- [0044] 다양한 타입의 색수차가 여기에 개시된 광학 시스템들에 의해 보정될 수 있다. 제 1 타입의 색수차는 과장 λ_1 과 λ_3 를 갖는 광학적 방사광 성분들 사이의 광축(108)을 따른 초점 위치들에 있어서의 차이를 나타내는 1차(primay) 색수차이다. 광학 렌즈 시스템(2)은 제 1 렌즈 그룹(10)과 제 2 렌즈 그룹(12)으로부터의 1차 색수차에 대한 기여를 선택적으로 조절함으로써 1차 색수차를 보정하도록 구성될 수 있다. 1차 색수차가 완벽하게 보상될 때, 과장 λ_1 과 λ_3 를 갖는 광학적 방사광 성분들은 광학 렌즈 시스템(2)에 의해 광축(8)을 따라 공통의 위치에 포커싱된다.
- [0045] 제 2 타입의 색수차는 과장 λ_1 과 λ_3 의 공통 초점과 과장 λ_2 를 갖는 광학적 방사광 사이의 광축(108)을 따른 초점 위치의 차이를 나타내는 2차 색수차이다. 2차 색수차도 역시 재료, 거리 및 렌즈 크기의 적절한 선택을 통해 광학 렌즈 시스템(2)에 의해 보상될 수 있다. 2차 색수차가 완벽하게 보상될 때, 과장 λ_1 , λ_2 , 및 λ_3 를 갖는 광학적 방사광 성분들이 광학 렌즈 시스템(2)에 의해 광축(8)을 따라 공통의 위치에 포커싱된다.
- [0046] 더 높은 차수의 색수차들이 존재할 수도 있으며, 광학 렌즈 시스템(2)의 몇몇 실시예들은 이들 더 높은 차수의 수차들을 보상하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 어떤 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)은 3차 색수차를 보상할 수 있다. 3차 색수차가 완벽하게 보상될 때, 네 개의 상이한 과장들을 갖는 광학적 방사광 성분들이 광학 렌즈 시스템(2)에 의해 광축(8)을 따라 공통의 위치에 각각 포커싱된다. 일반적으로, 렌즈 시스템의 색수차는 1

차 색수차, 2차 색수차 및 더 높은 차수의 색수차(예컨대, 3차 색수차)를 포함한다.

[0047] 제 1 렌즈 그룹(10)과 제 2 렌즈 그룹(12)은 출력 평면(6)에 대해 광학 렌즈 시스템(2)의 선택된 색수차를 제공하도록 구성된다. 제 1 렌즈 그룹(10)은 하나 또는 그 이상의 렌즈들을 포함한다. 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 각각의 개별적인 렌즈는 색수차를 생성한다. 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 1 렌즈 그룹(10)에 대해 특정한 크기의 제 1 색수차를 생성하도록 선택된다. 제 2 렌즈 그룹(12)은 제 2 렌즈 그룹(12)에 대해 특정 크기의 제 2 색수차를 생성하도록 구성된 두 개 또는 그 이상의 렌즈들을 포함한다. 어떤 실시예들에서, 제 1 및 제 2 색수차의 크기 사이의 차이가 소스 방사광(14)의 파장보다 작도록(예컨대, λ 보다 작도록), 제 2 렌즈 그룹(12) 내의 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들이 선택된다. 또한, 제 2 색수차가 제 1 색수차의 부호와 반대되는 부호를 갖도록 제 2 렌즈 그룹(12)이 구성된다. 즉, 제 2 색수차는 제 1 색수차를 보상하도록 선택될 수 있다.

[0048] 어떤 실시예들에서, 파장 λ_1 , λ_2 , 및 λ_3 를 갖는 광학적 방사광 성분들의 각각이 실질적으로 공통의 초점 평면, 예컨대, 출력 평면(6)에 포커싱되도록, 전체 색수차의 크기가 선택될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 파장 λ_1 , λ_2 , 및 λ_3 를 갖는 근축광선(paraxial ray)만이 공통의 초점 평면에 포커싱될 수 있다.

[0049] 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)의 색수차의 크기는 광축(8)을 따른 제 1 렌즈 그룹(10)과 제 2 렌즈 그룹(12) 사이의 거리 d 에 따라 변화할 수 있다. 거리 d 는 출력 평면(6)에 대하여 광학 렌즈 시스템(2)의 특정 크기의 색수차를 생성하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 출력 평면(6)에 대한 광학 렌즈 시스템(2)의 색수차의 크기가 대략 소스 방사광(14)의 파장보다 작도록 d 가 선택될 수 있다. 몇몇 실시예들에서, d 는 약 5센티미터 또는 그 이상(예컨대, 약 10센티미터 또는 그 이상, 약 15센티미터 또는 그 이상, 약 20센티미터 또는 그 이상)일 수 있다.

[0050] 일반적으로, 제 1 렌즈 그룹(10)은 다양한 구성들을 가질 수 있으며 다양한 렌즈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시예들에서, 제 1 렌즈 그룹(10)은 세 개의 렌즈, 또는 네 개의 렌즈, 또는 다섯 개의 렌즈 또는 다섯 개 이상의 렌즈와 같이 두 개 또는 그 이상의 렌즈들을 포함할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 예를 들어, 제 1 렌즈 그룹(10)은 단지 하나의 렌즈만을 포함할 수도 있다. 렌즈들의 각각은 오목한 표면, 볼록한 표면 또는 오목하고 볼록한 표면 모두를 가질 수 있다.

[0051] 제 2 렌즈 그룹(12)도 역시 다양한 구성들을 가질 수 있으며 다양한 렌즈들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 제 2 렌즈 그룹(12)은 두 개 또는 그 이상의 렌즈들, 예컨대, 세 개의 렌즈, 네 개의 렌즈, 다섯 개의 렌즈, 또는 다섯 개 이상의 렌즈들을 포함한다. 각각의 렌즈들은 오목한 표면, 볼록한 표면 또는 오목하고 볼록한 표면 모두를 가질 수 있다.

[0052] 몇몇 실시예들에서, 제 1 렌즈 그룹 내의 렌즈들의 최대 직경은 제 2 렌즈 그룹 내의 렌즈들의 최대 직경보다 적어도 약 1.5배 더 크다. 예를 들어, 제 1 렌즈 그룹 내의 렌즈들의 최대 직경은 제 2 렌즈 그룹 내의 렌즈들의 최대 직경보다 적어도 약 두 배(예컨대, 적어도 약 세 배, 적어도 약 네 배) 더 클 수 있다. 제 1 렌즈 그룹 내의 렌즈들의 최대 직경은, 예컨대, 광학 렌즈 시스템(2)이 광원(18)에 의해 제공된 큰 직경의 광학 필드(optical field)를 수용할 수 있도록 선택될 수 있다.

[0053] 몇몇 실시예들에서는, 광축(8)을 따라 측정된, 제 1 렌즈 그룹(10)의 주요 평면(principal plane)과 제 2 렌즈 그룹(12)의 첫번째 렌즈 사이의 거리가 제 1 렌즈 그룹의 초점 길이보다 크다. 주요 평면은, 예를 들어, Michael J. Kidger의 "Fundamental Optical Design"(Chapter 2, SPIE Press, 2002)에서 설명되어 있다. 제 1 렌즈 그룹(10)의 주요 평면은 다음과 같이 결정될 수 있다. 광축(8)에 평행하게 진행하는 소스 평면(4)으로부터의 근축광선이 제 1 렌즈 그룹(10)에 입사한다. 제 1 렌즈 그룹(10)은 광선을 포커싱하고, 그 결과 광선은 제 1 렌즈 그룹(10)으로부터 광축(8)에 비스듬하게 나온다. 광선은 광축(8) 상의 한 점에 포커싱된다. 포커싱된 광선을 뒤쪽으로 투영하고 소스 광선을 앞쪽으로 투영함으로써, 광선들 사이의 교차점이 결정된다. 광축(8)에 수직하게 교차점을 통과하여 연장되는 평면이 광학 시스템의 주요 평면이 된다.

[0054] 제 1 렌즈 그룹(10)의 주요 평면(30)이 도 1에 도시되어 있다. 상기 주요 평면(30)과 제 2 렌즈 그룹(12)의 첫번째 렌즈 사이의 거리 p 는 제 1 렌즈 그룹(10)의 초점 길이 f 보다 크다. 일반적으로, p 는 f 보다 적어도 약 5% 더 클 수 있다(예컨대, f 보다 적어도 약 10%, f 보다 적어도 약 20%, f 보다 적어도 약 40%, f 보다 적어도 약 60%, f 보다 적어도 약 80% 더 클 수 있다).

[0055] 어떤 실시예들에서, (광축(8)을 따라 측정된) 소스 평면(4)에 가장 가까우며 소스 평면(4)과 대향하고 있는 제

1 렌즈 그룹(10) 내의 한 렌즈의 표면은 오목면일 수 있다. 상기 오목면은 130mm보다 작은, 예컨대, 120mm보다 작은, 110mm보다 작은, 100mm보다 작은, 90mm보다 작은, 70mm보다 작은, 50mm보다 작은 곡률 반경을 가질 수 있다. 다른 실시예들에서, 광축(8)을 따라 소스 평면(4)에 가장 가까우며 소스 평면(4)과 대향하고 있는 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 상기 렌즈의 표면은 볼록면일 수도 있다. 몇몇 실시예들에서, 오목한 또는 볼록한 렌즈면의 곡률 반경은, 예를 들어, 130mm보다 클 수도 있다.

[0056] 몇몇 실시예들에서, (광축(8)을 따라 측정된) 소자(24)에 가장 가까우며 소자(24)와 대향하고 있는 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 한 렌즈의 표면은 오목면일 수 있다. 상기 오목면은 130mm보다 작은, 예컨대, 120mm보다 작은, 110mm보다 작은, 100mm보다 작은, 90mm보다 작은, 70mm보다 작은, 50mm보다 작은 곡률 반경을 가질 수 있다. 다른 실시예들에서, 광축(8)을 따라 소자(24)에 가장 가까우며 소자(24)와 대향하고 있는 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 상기 렌즈의 표면은 볼록면일 수도 있다. 몇몇 실시예들에서, 오목한 또는 볼록한 렌즈면의 곡률 반경은, 예를 들어, 130mm보다 클 수도 있다.

[0057] 어떤 실시예들에서, 제 1 렌즈 그룹(10)은 네가티브(-)의 광학적 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 서브그룹과 포지티브(+)의 광학적 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 서브그룹으로 분할될 수 있다. 제 1 및 제 2 렌즈 서브그룹의 각각은, 예를 들어, 하나 또는 그 이상의 렌즈들을 포함할 수 있다. 제 1 렌즈 서브그룹은 제 2 렌즈 서브그룹으로부터 광학적으로 상류측에 위치할 수 있다. 즉, 제 1 렌즈 서브그룹은 소스 평면(4)과 제 2 렌즈 서브그룹 사이에 위치할 수 있다.

[0058] 소스 방사광(14)은 광축(8)을 횡단하는 하나 또는 그 이상의 방향으로 공간적인 강도 변조(spatial intensity modulation)을 가질 수 있다. 공간적인 강도 변조는 소스 패턴을 정의할 수 있다. 예를 들어, 소스 패턴은 마이크로리소그래피 마스크 또는 레터클의 이미지일 수 있다.

[0059] 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)은 소스 패턴을 소스 평면(4)으로부터 출력 평면(6)으로 전사하여, 출력 평면(6)에 소스 패턴의 이미지를 형성하도록 구성될 수 있다. 상기 이미지는, 예를 들어, 기판을 노광시키는데 사용될 수 있다.

[0060] 일반적으로, 렌즈들은 방사광을 소스 평면(4)으로부터 출력 평면으로 보다는 출력 표면(output surface)으로 포커싱한다. 출력 표면은, 일반적으로, 렌즈들의 크기, 재료 및 배치에 의해 결정되는 곡률 반경을 갖는 만곡된 표면이다. 광학 렌즈 시스템(2)이 소스 평면(4)으로부터의 소스 패턴을 전사하여 출력 평면(6)에 소스 패턴의 이미지를 형성하도록 구성된 경우에, 소스 패턴의 이미지는 만곡된 출력 표면에 형성될 수 있다. 상면만곡은, 광축(8)에 평행한 방향으로 측정된, 만곡된 출력 표면에서의 이미지의 중심 위치와 만곡된 출력 표면에서의 이미지의 에지 상의 한 점의 위치 사이의 차이로서 정의된다. 몇몇 실시예들에서, 상면만곡이 광학 렌즈 시스템(2)의 초점 심도보다 작도록 제 1 렌즈 그룹(10)이 구성될 수 있는데, 여기서 초점 심도는, 광축(8)에 평행한 방향으로 측정된, 소스 패턴의 이미지에 초점이 맞아 있는 범위 내의 거리이다.

[0061] 광학 렌즈 시스템(2)이 결상 시스템일 때, 광학 렌즈 시스템(2)의 배율 M 은 출력 평면(6)에서의 소스 패턴의 이미지의 대응하는 크기에 대한 소스 평면(4)에서의 소스 패턴의, 광축(8)을 횡단하는 평면에서의, 크기의 비율로서 정의된다. 어떤 실시예들에서, M 은 1일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, M 은 1보다 클 수도 있다. 예를 들어, M 은 적어도 약 2(예컨대, 적어도 약 3, 적어도 약 4, 적어도 약 5, 적어도 약 10)일 수 있다. 여기서 사용된 바와 같이, 1보다 큰 M 을 갖는 광학 렌즈 시스템(2)은 축소 광학 렌즈 시스템이며, 예컨대 출력 평면(6)에서의 소스 패턴의 이미지는 소스 평면(4)에서의 소스 패턴보다 작다.

[0062] 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)은 텔레센트릭(telecentric)할 수 있다. 즉, 소스 평면(4)에 대해 광축(8)을 따른 제 1 및 제 2 렌즈 그룹(10 및 12)의 평행 이동이 출력 평면(6)에 소스 방사광(14)의 이미지를 형성하고, 여기서 제 1 렌즈 그룹(10)과 소스 평면(4) 사이의 거리가 변화할 때 광학 렌즈 시스템(2)의 배율 M 은 실질적으로 바뀌지 않도록, 광학 렌즈 시스템(2)이 구성될 수 있다. 소스 평면(4)에 대해 광축(8)을 따라 제 1 및 제 2 렌즈 그룹(10 및 12)을 평행 이동시킴으로써, 광학 렌즈 시스템(2)의 배율 M 을 실질적으로 바꾸지 않고 소스 평면(4)에 대한 출력 평면(6)의 위치가 선택될 수 있다.

[0063] 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)은 시스템의 배율 M 을 조절하기 위한 조작기(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 상기 조작기는, 광학 렌즈 시스템(2) 내의 다양한 렌즈들의 위치를 조절하는데 사용될 수 있는 하나 또는 그 이상의 이동 가능한 부품들과 결합된 액추에이터(예컨대, 압전 액추에이터와 같은 전기기계적 액추에이터, 축 방향으로 이동하는 회전 샤프트를 갖는 모터, 또는 다른 종류의 액추에이터)일 수 있다. 예를 들어, 조작기는 하나 또는 그 이상의 렌즈들을 지지하도록 구성되며 이동 가능한 스테이지에 부착된

렌즈 마운트를 포함할 수 있다. 렌즈 마운트는 제 1 렌즈 그룹(10) 또는 제 2 렌즈 그룹(12)의 하나 또는 그 이상의 렌즈들을 지지하도록 위치할 수 있다. 렌즈 마운트는 수동으로 또는 자동화 방식으로 광축(8)의 방향을 따라 평행 이동될 수 있다. 예를 들어, 상기 이동 가능한 스테이지는 컴퓨터에 의해 제어되는 모터에 의해 평행 이동될 수 있다. 이동 가능한 스테이지의 컴퓨터 제어는 (예컨대, 광학 렌즈 시스템(2)을 구동하는 동안) 수동 적일 수도 있고 및/또는 (예컨대, 광학 렌즈 시스템(2)을 구동하는 동안) 능동적일 수도 있다.

[0064] 몇몇 실시예들에서, 제 1 렌즈 그룹(10)과 제 2 렌즈 그룹(12) 내의 렌즈들의 크기, 재료 및 배치는 광학 렌즈 시스템(2)에 특정한 개구수를 제공하도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템(2)의 개구수는 출력 평면(6)에서 적어도 약 0.1(예컨대, 적어도 약 0.15, 적어도 약 0.2, 적어도 약 0.25, 적어도 약 0.5)일 수 있다.

[0065] 소스 방사광(14)의 필드 크기는, 광축(8)을 횡단하는 평면 내의 방향을 따라 측정된, 출력 평면(6)에서의 소스 방사광(14)의 강도 분포의 반치폭으로서 정의된다. 몇몇 실시예들에서, 최대 필드 크기는 약 10밀리미터 또는 그 이상일 수 있다. 예를 들어, 최대 필드 크기는 약 20밀리미터 또는 그 이상(예컨대, 약 30밀리미터 또는 그 이상, 약 50밀리미터 또는 그 이상, 약 80밀리미터 또는 그 이상, 약 90밀리미터 또는 그 이상, 약 100밀리미터 또는 그 이상, 약 120밀리미터 또는 그 이상)일 수 있다. 어떤 실시예들에서, 소스 방사광(14)은 광축(8)을 횡단하는 평면 내에서 실질적으로 원형인 강도 분포를 가질 수 있다. 다른 실시예들에서, 소스 방사광(14)의 횡단 강도 분포는, 예컨대, 타원형과 같이 비원형을 갖는다.

[0066] 광학 렌즈 시스템(2)의 길이 L은 광학 렌즈 시스템(2) 내의 어떤 두 렌즈들 사이의 광축(8)을 따른 최대 거리로서 정의된다. 몇몇 실시예들에서, L은 약 10미터 또는 그 이하(예컨대, 약 5미터 또는 그 이하, 약 4미터 또는 그 이하, 약 3미터 또는 그 이하, 약 2미터 또는 그 이하, 약 1미터 또는 그 이하)일 수 있다.

[0067] 몇몇 실시예들에서, 길이 L은 소스 방사광(14)의 최대 필드 크기의 약 20배 또는 그 이하일 수 있다. 예를 들어, L은 소스 방사광(14)의 최대 필드 크기의 약 16배 또는 그 이하(예컨대, 약 14배 또는 그 이하, 약 12배 또는 그 이하, 약 10배 또는 그 이하, 약 8배 또는 그 이하, 약 6배 또는 그 이하)일 수 있다.

[0068] 광학 렌즈 시스템(2) 내의 렌즈들은 구면 또는 비구면을 가질 수 있다. 일반적으로, 비구면들은 단지 구면의 렌즈면만을 갖는 광학 렌즈 시스템에 비하여 결상 수차들을 제거하거나 어느 정도 감소시키도록 선택된 치수들을 가질 수도 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템(2)은 비구면을 갖는 적어도 하나의 렌즈를 포함할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)은 적어도 하나의 비구면을 각각 갖는 적어도 두 개의 렌즈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 렌즈들 중 적어도 하나가 비구면을 가질 수 있으며, 제 2 렌즈 그룹(12) 내의 렌즈들 중 적어도 하나가 비구면을 가질 수 있다. 렌즈들의 비구면은 다음의 수학식 1에 의해 표현될 수 있다:

수학식 1

$$P(h) = \frac{\delta \cdot h \cdot h}{1 + \sqrt{1 - (1 + CC) \cdot \delta \cdot \delta \cdot h \cdot h}} + C_1 h^4 + \dots + C_n h^{2n+2}, \delta = \frac{1}{R}$$

[0069]

[0070] 여기서, P(h)는 광축으로부터의 수직 거리 h의 함수로서 광축에 수직한 평면으로부터의 비구면의 거리이며, R은 그 정점에서의 렌즈의 곡률 반경이다. 파라미터 CC는 비구면의 코닉 상수(conic constant)이고, 파라미터 C₁ 내지 C_n은 비구면 상수이다.

[0071] 몇몇 실시예들에서, 광원(18)은 광대역 소스 방사광(14)을 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 소스 방사광(14)은 약 0.5나노미터 또는 그 이상(예컨대, 약 5나노미터 또는 그 이상, 약 10나노미터 또는 그 이상, 약 25나노미터 또는 그 이상, 약 50나노미터 또는 그 이상, 약 70나노미터 또는 그 이상)의 스펙트럼 대역폭 $\Delta\lambda$ 를 갖는 전자기 방사광의 파장 분포를 가질 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 광원(14)은 소스 방사광(14)에 대해 특정한 중심 파장 및/또는 대역폭을 선택하기 위하여 하나 또는 그 이상의 광학 필터 소자를 포함할 수 있다. 필터 소자는 간접 필터, 액정 변조기와 같은 광변조기, 또는 스펙트럼 필터링 기능을 수행하는 다른 소자들을 포함할 수 있다.

[0072] 어떤 실시예들에서, 소스 방사광(14)은 전자기 스펙트럼의 가시광 영역에 있는 적어도 하나의 파장을 가질 수 있다. 그 대신에 또는 그에 추가하여, 소스 방사광(14)은 전자기 스펙트럼의 자외선 영역에 있는 적어도 하나의 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 소스 방사광(14)의 중심 파장 λ 는 전자기 스펙트럼의 자외선 영역 내에 있을

수 있지만, 소스 방사광(14)은 전자기 스펙트럼의 가시광 영역에 있는 하나 또는 그 이상의 파장도 역시 포함할 수 있다. 대신에, 예를 들어, 소스 방사광(14)의 중심 파장 λ 는 전자기 스펙트럼의 가시광 영역 내에 있을 수 있지만, 소스 방사광(14)은 전자기 스펙트럼의 자외선 영역에 있는 하나 또는 그 이상의 파장을 포함할 수도 있다. 일반적으로, 소스 방사광(14)의 중심 파장 λ 는 약 450nm 또는 그 이하(예컨대, 약 400nm 또는 그 이하, 약 350nm 또는 그 이하, 약 300nm 또는 그 이하, 약 300nm 또는 그 이하, 약 250nm 또는 그 이하, 약 200nm 또는 그 이하)일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 소스 방사광(14)은 2개 또는 그 이상(예컨대, 3개, 4개, 5개 또는 그 이상)의 이산된 파장들에서 현저한 파워를 포함한다. 예를 들어, 소스 방사광(14)은 광원(18)의 방출선들에 대응하는 두 개 또는 그 이상의 파장들에서 현저한 파워를 포함할 수 있다. 예로서, 소스 방사광(14)은 수은 광원의 i-, h- 및 g-방출선에서 현저한 파워를 포함할 수 있다.

[0073] 광원(18)은 소스 방사광(14)을 제공한다. 몇몇 실시예들에서, 광원(18)은, 예컨대, 수은 램프(mercury vapor lamp)일 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 광원(18)은 발광 다이오드(LED)들을 포함할 수 있다. 상기 다이오드들은 모두 유사한 광방출 스펙트럼을 가질 수 있으며, 또는 대신에, 다이오드들 모두 또는 그 일부는 상이한 방출 스펙트럼을 가질 수 있다. 스펙트럼은 상보적일 수 있으며, 그 결과 소스 방사광(14)의 전체적인 스펙트럼 대역폭 $\Delta\lambda$ 는 개개의 다이오드들 중 어떠한 다이오드의 방출 대역폭보다도 클 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 광원(18)은 적절한 스펙트럼 대역폭을 갖는 소스 방사광(14)을 생성하기 위한, 광대역 레이저 시스템과 같은 레이저 시스템을 포함할 수 있다.

[0074] 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은 두 개 이상의 렌즈 그룹들을 포함한다. 도 2a는 결상 광학 렌즈 시스템으로서 구성된 결상 광학 렌즈 시스템(50)의 일 실시예의 개략적인 도면이다. 광학 렌즈 시스템(50)은 소스 평면(4)에 있는 공간적 위치들로부터 나오는 소스 방사광(14)을 출력 평면(6)에 있는 대응하는 공간적 위치들로 전사하도록 구성된다. 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(50)은 텔레센트릭 결상 시스템(예컨대, 이중 텔레센트릭 결상 시스템)으로서 구성될 수 있으며, 그 결과 광학 렌즈 시스템(50)의 배율 M 을 변화시키지 않고 소스 평면(4)과 제 1 렌즈 그룹(10) 사이의 거리 g 가 변화될 수 있다.

[0075] 제 1 렌즈 그룹(10) 및 제 2 렌즈 그룹(12)에 추가하여, 광학 렌즈 시스템(50)은 제 3 렌즈 그룹(20)과 제 4 렌즈 그룹(22)를 또한 포함한다. 제 3 렌즈 그룹(20)과 제 4 렌즈 그룹(22)의 각각은 광축(8)을 따라 위치하는 하나 또는 그 이상의 렌즈들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 제 3 렌즈 그룹(20)의 특성 및 특징들은 제 2 렌즈 그룹(12)과 관련하여 위에서 설명한 특성 및 특징들과 유사할 수 있다. 또한, 제 4 렌즈 그룹(22)의 특성 및 특징들은 제 1 렌즈 그룹(10)과 관련하여 위에서 설명한 특성 및 특징들과 유사할 수 있다.

[0076] 어떤 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(50)은 대칭적인 렌즈 시스템일 수 있으며, 여기서 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 렌즈 그룹(10, 12, 20 및 22)들은 광축(8)에 수직한 대칭 평면(26)을 중심으로 대칭적으로 위치한다. 대칭 렌즈 시스템에서, 제 2 렌즈 그룹(12) 내의 각각의 렌즈는 제 3 렌즈 그룹(20) 내의 대응하는 유사한 렌즈를 가지며, 제 2 및 제 3 렌즈 그룹(12 및 20) 내의 렌즈들은 대칭 평면(26)에 대하여 광축(8)을 따라 대칭적으로 배치된다. 또한, 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 각각의 렌즈는 제 4 렌즈 그룹(22) 내의 대응하는 유사한 렌즈를 가지며, 제 1 및 제 4 렌즈 그룹(10 및 22) 내의 렌즈들은 대칭 평면(26)에 대하여 광축(8)을 따라 대칭적으로 배치된다. 유사한 렌즈들은 동일한 설계를 가지며 동일한 재료로 형성된다.

[0077] 도 2b를 참조하면, 어떤 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(60)은 렌즈 그룹(10, 13, 12, 20, 23, 및 22)로서 표시된 6개의 렌즈 그룹들을 포함하는 결상 광학 렌즈 시스템이다. 광학 렌즈 시스템(60)은 평면(26)에 대하여 대칭적이다. 어떤 실시예들에서, 대칭 평면(26)은 광학 렌즈 시스템(60)의 동공 평면과 대응한다.

[0078] 몇몇 실시예들에서, 렌즈 그룹(10, 12, 20, 및 22)들은 모두 포지티브 렌즈 그룹들이다. 렌즈 그룹(10)은 입사 동공(entrance pupil)의 이미지를 형성하는데 도움을 주는 반면, 렌즈 그룹(12)은 소스 평면(4)에 위치하는 물체의 이미지를 형성하는데 도움을 준다. 렌즈 그룹(13 및 23)들은 네가티브 렌즈 그룹들이며, 역시 평면(26)에 대하여 대칭적으로 배치되어 있다. 일반적으로, 렌즈 그룹(10, 13, 12, 20, 23, 및 22)들은 각각 하나 또는 그 이상의 렌즈들을 포함할 수 있다.

[0079] 몇몇 실시예들에서, 렌즈 그룹(10)은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 1 렌즈 서브그룹(예컨대, 하나 또는 그 이상의 렌즈들) 및 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 2 렌즈 서브그룹(예컨대, 하나 또는 그 이상의 렌즈들)을 포함한다. 제 1 및 제 2 렌즈 서브그룹은, 네가티브 렌즈 서브그룹이 소스 평면(4)과 포지티브 렌즈 서브그룹 사이에 위치하는 역초점(retrofocus) 시스템으로서 설계될 수 있다. 그러한 배치는 다른 배치들에 비하여 광학 렌즈 시스템의 상면만곡을 감소시킬 수 있다고 여겨진다. 물론, 대칭적인 렌즈 시스템이면, 렌즈 그룹(2 2)도 역시, 렌즈 그룹(10)의 제 1 및 제 2 렌즈 서브그룹들에 대하여 대칭적으로 배치된 포지티브 및 네가티브

렌즈 서브그룹을 포함한다.

[0080] 또한, 어떤 실시예들에서, 렌즈 그룹(10 및 22)들은 제 1 및 제 2 렌즈 서브그룹들에 추가하여 제 3 렌즈 서브그룹(예컨대, 하나 또는 그 이상의 렌즈들)을 포함할 수 있다. 제 3 렌즈 서브그룹은 포지티브의 광학적 굴절력을 가질 수 있으며, 렌즈 그룹(10)에서, 제 3 렌즈 서브그룹은 네가티브 렌즈 서브그룹과 소스 평면(4) 사이에 위치할 수 있다. 이와 대응하여, 렌즈 그룹(22) 내의 제 3 렌즈 서브그룹은 네가티브 렌즈 서브그룹과 출력 평면(6) 사이에 위치할 수 있다. 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는 제 3 렌즈 서브그룹은 비구면들을 사용하지 않고도 텔레센트릭 오차 및 다른 필드-의존성 수차들을 감소시키는데 도움을 줄 수 있다고 여겨진다.

[0081] 주변광선(marginal ray)들이 광축(8)으로부터 상대적으로 멀리 위치하는 광학 렌즈 시스템의 일부분들에서 단지 약간의 색수차 보정을 제공함으로써 광학 렌즈 시스템(60)의 색수차(예컨대, 1차 및/또는 2차 색수차)가 감소될 수 있다고 여겨진다. 통상적으로, 광학 렌즈 시스템(60)에서, 주변광선은 렌즈 그룹(12 및 20)의 영역에서 (광축(8)으로부터 수직하게 측정된) 광축(8)으로부터의 최대 거리를 갖는다. 따라서, 렌즈 그룹(12 및 20)들은 이들 그룹들이 단지 약간의 색수차 보정(또는 과보정)만을 제공하도록 설계될 수 있다.

[0082] 몇몇 실시예들에서, 렌즈 그룹(12 및 20)들은 적어도 하나의 포지티브-네가티브 이중렌즈(PN doublet)을 포함하며, 여기서 포지티브 렌즈는 상대적은 약한 분산을 보이는 반면 네가티브 렌즈는 상대적으로 강한 분산을 보인다. 어떤 실시예들에서, 렌즈 그룹(12 및 20)들은 각각 하나 이상(예컨대, 2개, 3개, 4개, 5개 이상)의 포지티브-네가티브 이중렌즈를 포함할 수 있다.

[0083] 렌즈 그룹(12 및 20)에 있는 포지티브-네가티브 이중렌즈들 중에서 하나에 있는 네가티브 렌즈는 대칭 평면(26)의 양측면에서 대칭 평면(26)에 가장 가깝게 위치할 수 있다. 그러한 배치를 사용하여 향상된 색수차의 감소가 성취될 수 있다고 여겨진다. 또한, 그러한 배치는 광학 렌즈 시스템(60)의 동공 이미지를 균일화하는데 기여할 수 있으며, 시스템 내의 모든 광속들의 대칭성의 향상된 보존을 가능하게 하는 것으로 여겨진다.

[0084] 일반적으로, 광학 렌즈 시스템(2, 50 및 60) 내의 렌즈들은 재료의 분산, 흡수 특성, 기계적 특성, 화학적 특성(예컨대, 순도)과 같은 기준들 및 상업적 입수 가능성과 같은 다른 기준들을 근거로 선택된 재료들로 형성된다. 광학 렌즈 시스템 내의 상이한 렌즈들은 상이한 재료들로 형성될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서, 두 개 이상의 상이한 렌즈 재료들이 색수차를 감소시키기 위해 사용될 수 있다.

[0085] 렌즈 재료는 특정 과장에서의 굴절률의 항목으로 특징지워질 수 있다. 통상적으로, 렌즈 재료는 약 1.4부터 약 1.7까지 범위에 있는 굴절률을 갖지만, 어떤 재료들은 1.7보다 높은 굴절률을 갖는다. 렌즈 재료들은 또한 과장들의 범위에 걸친 재료의 분산 특성을 제공하는 아베수(Abbe number) V의 항목으로 특징지워질 수도 있다. 재료의 아베수는 다음의 수학식 2에 따라 계산될 수 있다:

수학식 2

$$V = \frac{n_2 - 1}{n_3 - n_1}$$

[0086]

[0087] 여기서, n_1 , n_2 및 n_3 는 과장 λ_1 , λ_2 , 및 λ_3 (여기서, $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3$)에서의 재료의 굴절률 값이다. 일반적으로, 낮은 아베수는 상대적으로 강한 분산을 갖는 재료를 나타내고 높은 아베수는 상대적으로 약한 분산을 갖는 재료를 나타낸다.

[0088] 도 3을 참조하면, UV 영역 내의 방사광과 함께 사용하기에 적절한 렌즈 재료들은 그들의 아베수와 굴절률을 근거로 세 개의 상이한 그룹으로 분류될 수 있다. 그룹 A로 표시된 제 1 그룹은 40부터 70까지의 범위에 있는 아베수 V_i 를 갖는 재료들을 포함한다. 여기서, 상기 아베수는 수은 광원의 i, h, g 방출선들에 각각 대응하는 $\lambda_1 = 365.01\text{nm}$, $\lambda_2 = 404.65\text{nm}$, 및 $\lambda_3 = 435.84\text{nm}$ 의 과장에 대해 계산되었다. 그룹 A에 있는 재료들은 1.46부터 1.56까지의 범위에 있는 굴절률을 갖는다. 그룹 A에 있는 재료들은 용융 실리카(SiO_2)와 같은 크라운 유리(crown glass)와 봉규산유리(borosilicate glass)(예컨대, BK7 유리)를 포함할 수 있다. 그 밖의 예들은 K5 유리, K7 유리, 및 FK5 유리를 포함한다.

[0089] 그룹 B로 표시된 제 2 그룹은 70보다 큰 아베수를 갖는 재료들을 포함한다. 그룹 B에 있는 재료들은 약 1.46보다 작은 굴절률을 갖는다. CaF_2 는 그룹 B에 있는 재료의 한 예이다.

- [0090] 그룹 C로 표시된 제 3 그룹은 40보다 작은 아베수를 갖는 재료들을 포함한다. 그룹 C에 있는 재료들은 약 1.56보다 큰 굴절률을 갖는다. 그룹 C에 있는 재료들은 LLF-6 유리, LLF-1 유리, 또는 LF-5 유리와 같은 플린트 유리(flint glass)를 포함할 수 있다.
- [0091] 일반적으로, 색수차를 감소시키기 위하여, 광학 렌즈 시스템은 상이한 분산을 갖는 적어도 두 개의 재료들로 형성된 렌즈들을 포함하여야 한다. 따라서, 이하에서는 도 3에 도시된 두 개의 상이한 그룹들로 된 적어도 하나의 렌즈를 포함하는 실시예들이 개시된다. 또한, 추가적인 감소는 상이한 분산을 갖는 적어도 세 개의 재료들로 형성된 렌즈들을 사용하여 달성될 수 있는 것으로 여겨진다. 따라서, 이하에서는 세 개의 상이한 재료들로 형성된 렌즈들을 포함하는 실시예들이 개시된다. 예를 들어, 실시예들은 그룹 A에 있는 재료로 형성된 적어도 하나의 렌즈, 그룹 B에 있는 재료로 형성된 적어도 하나의 렌즈, 및 그룹 C에 있는 재료로 형성된 적어도 하나의 렌즈를 포함할 수 있다.
- [0092] 광학 렌즈 시스템(2)을 참조하면, 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템(2)에 있는 렌즈 그룹(10) 및/또는 렌즈 그룹(12) 내의 렌즈들 중 일부는 UV-급 용융 실리카와 같은 실리카 재료로 이루어질 수 있다. 렌즈 그룹(10) 및/또는 렌즈 그룹(12) 내의 렌즈들 중 일부는 그룹 C에 있는 재료로 이루어질 수 있다. 일반적으로, 광학 렌즈 시스템(2)의 실시예들은 그룹 B에 있는 재료로 형성된 적어도 하나의 렌즈와 그룹 A에 있는 재료로 형성된 적어도 하나의 렌즈를 포함할 수 있다. 예컨대, 광학 렌즈 시스템(2)은 용융 실리카로 형성된 적어도 하나의 렌즈와 LLF-1 유리로 형성된 적어도 하나의 렌즈를 포함할 수 있다.
- [0093] 몇몇 실시예에서, 렌즈 그룹(10)은 상이한 재료로 형성되며 소스 방사광(14)의 파장에 대하여 상이한 분산을 갖는 두 개의 렌즈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 렌즈 그룹(10) 내의 렌즈들 중에서 적어도 하나는 그룹 A에 있는 재료(예컨대, 용융 실리카)로 형성된 렌즈일 수 있고, 제 1 렌즈 그룹(10) 내의 렌즈들 중에서 적어도 다른 하나는 그룹 C에 있는 재료(예컨대, LLF-1 유리)로 형성된 렌즈일 수 있다. 실시예들에서, 그룹 C에 있는 재료로 형성된 렌즈는 소스 평면(4)에 가깝게 위치할 수 있다.
- [0094] 또한, 몇몇 실시예들에서, 렌즈 그룹(12)은 상이한 재료로 형성되며 소스 방사광(14)의 파장에 대하여 상이한 분산을 갖는 두 개의 렌즈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 2 렌즈 그룹(12) 내의 렌즈들 중에서 적어도 하나는 그룹 A에 있는 재료(예컨대, 용융 실리카)로 형성된 렌즈일 수 있고, 제 2 렌즈 그룹(12) 내의 렌즈들 중에서 적어도 다른 하나는 그룹 C에 있는 재료(예컨대, LLF-1 유리)로 형성된 렌즈일 수 있다. 어떤 실시예들에서, 제 2 렌즈 그룹(12)은 렌즈들 중에서 적어도 하나의 이중렌즈를 포함할 수 있는데, 여기서 이중렌즈의 제 1 렌즈는 포지티브의 광학적 굴절력을 갖고 이중렌즈의 제 2 렌즈는 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 광학 렌즈 시스템(60)에 대하여 위에서 논의한 바와 같이, 몇몇 실시예들에서, 포지티브 렌즈는 그룹 A(예컨대, BK7) 또는 그룹 B(예컨대, CaF₂)에 있는 재료와 같이 상대적으로 약한 분산을 갖는 재료로 형성될 수 있는 반면, 네가티브 렌즈는 그룹 C에 있는 재료(예컨대, LLF-1 유리)와 같이 상대적으로 강한 분산을 갖는 재료로 형성된다.
- [0095] 어떤 실시예들에서, 렌즈들에 사용된 재료들은 소스 방사광(14) 내의 파장들에 대하여 매우 낮은 광흡수를 가질 수 있다. 렌즈 재료들에 의한 방사광의 흡수는, 렌즈 재료들의 굴절률에 있어서의 변화와 렌즈들의 모양에 있어서의 변화를 일으키는 렌즈들의 열팽창을 가져올 수 있다. 소스 방사광(14) 내의 파장들을 약하게 흡수하는 실리카 및 CaF₂와 같은 렌즈 재료들을 선택함으로써, 렌즈들의 열팽창으로 인한 영향들이 감소될 수 있다. 실리카 및 CaF₂와 같은 재료들은 LLF-1 유리와 같은 재료들보다 작은 2차 색수차를 일으킨다. 따라서, 광학 렌즈 시스템(2)에서, 예를 들어, 제 1 렌즈 그룹(10)과 제 2 렌즈 그룹(12) 사이의 간격 d는, 더 큰 2차 색수차를 포함하는 렌즈 시스템들에 비하여 감소될 수 있다.
- [0096] 몇몇 실시예들에서, 단지 두 개의 상이한 재료들로 형성된 렌즈들을 사용하여 색수차의 크기가 대략 소스 방사광(14)의 파장 또는 그 이하가 되도록, 광학 렌즈 시스템(2, 50 또는 60)이 구성될 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템은 그룹 A로부터의 재료(예컨대, 용융 실리카)로 형성된 적어도 하나의 렌즈 및 그룹 C로부터의 재료(예컨대, LLF-1 유리)로 형성된 적어도 하나의 렌즈를 포함할 수 있다.
- [0097] 대신에, 어떤 실시예에서, 단지 세 개의 상이한 재료들로 형성된 렌즈들을 사용하여 색수차의 크기가 대략 소스 방사광(14)의 파장 또는 그 이하가 되도록 광학 렌즈 시스템(2, 50 또는 60)이 구성될 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템은 그룹 A로부터의 재료(예컨대, 용융 실리카)로 형성된 적어도 하나의 렌즈, 그룹 B로부터의 재료(예컨대, CaF₂)로 형성된 적어도 하나의 렌즈, 및 그룹 C로부터의 재료(예컨대, LLF-1 유리)로 형성된 적어도 하나의 렌즈를 포함할 수 있다.

[0098] 일반적으로, 광학 렌즈 시스템(2, 50 또는 60)은 각각 복수의 렌즈 그룹들을 포함할 수 있으며, 복수의 렌즈 그룹들의 각각은 하나 또는 복수의 렌즈들을 포함할 수 있다. 각각의 경우에, 렌즈 그룹들은 광학 렌즈 시스템에 의해 형성된 상면만곡을 광학 렌즈 시스템의 초점 심도보다 작게 감소시키도록 구성될 수 있다. 제 1 및 제 2 렌즈 그룹(10 및 12)과 관련하여 개시된 크기 및/또는 특성 및/또는 재료 및/또는 특징들은, 일반적으로, 적합하게는 다른 렌즈 그룹 및 렌즈들에 의해 공유될 수 있다.

[0099] 어떤 실시예들에서, 방사광의 단면 강도 분포가 실질적으로 균질하지 않은 위치에 상대적으로 적은 렌즈들이 위치하도록 광학 렌즈 시스템이 구성될 수 있다.

[0100] 렌즈면 상에서의 방사광의 단면 강도 분포를 특징짓기 위한 한 방식은 각각의 렌즈면에서 방사광의 유효 개구 (clear aperture) CA에 대한 서브-개구 SA의 비율이다. 렌즈면에서의 유효 개구 CA는 물체 영역에 있는 모든 필드점(field point)들로부터 조명되는 렌즈의 영역을 나타낸다. 렌즈면에서의 서브-개구 SA는 물체 영역에 있는 단일한 필드점으로부터 조명되는 렌즈의 최대 영역을 나타낸다. 최대 개구수 NA_{max} 와 최대 물체 크기 d_{max} 를 갖는 광학 렌즈 시스템의 물체(43), 렌즈(44), 및 조리개(45)를 도시하는 도 4a를 참조하면, 렌즈 위치 z에서의 SA/CA 비는 다음의 수학식 3과 같이 근사화될 수 있다:

수학식 3

$$\frac{SA}{CA}(z) \approx \frac{RS(z)}{RS(z) + HS(z)}$$

[0101]

[0102] 여기서, HS(z)는 위치 z에서의 주변광선의 높이를 나타낸다. RS(z)는 위치 z에서의 최상부 필드점의 주광선 (chief ray)의 높이와 HS(z) 사이의 차이이다(예컨대, 'M. J. Kidger의 'Fundamental Optical Design', p.7 참조). 모든 양들은 자오선 평면(meridian plane)에서 정의된다. 길이 l 및 폭 w를 갖는 직사각형 필드에 대해, 예를 들어, d_{max} 는 $\sqrt{(\frac{l}{2})^2 + (\frac{w}{2})^2}$ 로서 주어진다. 직사각형이 아닌 필드들도 역시 고려된다. 예를 들어, 원형 필드의 경우, d_{max} 는 원의 반경에 대응한다. 타원형 필드의 경우에, d_{max} 는 장반경(semi-major axis)을 따른 반경에 대응한다. 일반적으로, 여기에 개시된 분석은 임의의 필드 크기 및 형태에 적용될 수 있다. 또한, 도 4a에서, 조리개(45)가 동공 평면(46)에 위치하며 물체(43)가 물체 영역(42)에 위치하고 있음을 유의한다.

[0103] 통상적으로, 작은 SA/CA 비(예컨대, 0.2 또는 그 이하)에 대해, 렌즈는 물체 영역의 부근에 위치한다. 대신에, SA/CA 비가 1이라면, 렌즈는 동공 평면에 위치한다.

[0104] 일반적으로, 주어진 투영 대물렌즈에 대하여, SA/CA 비는 투영 대물렌즈의 개구수와 필드 크기에 의존한다. 즉, 가능한 최대의 개구수 NA_{max} 를 갖는 주어진 렌즈 시스템이 개구수 NA 로 감소하도록 조여진다면, 그리고 최대 필드 크기 d_{max} 가 필드 크기 d로 감소한다면, SA/CA 비는 통상적으로 변경된다. 이러한 의존성을 회피하기 위하여, 주어진 투영 대물렌즈에 고유한 새로운 양이 다음의 수학식 4와 같이 정의된다:

수학식 4

$$\left| \frac{SA}{CA}(z) \right|' = \frac{\frac{NA_{max}}{NA} RS(z)}{\frac{NA_{max}}{NA} RS(z) + \frac{d_{max}}{d} HS(z)}$$

[0105]

[0106] 광학 렌즈 시스템은 각각의 렌즈면에 대해 $|SA/CA|'$ 의 값들과 관련된 평균화된 파라미터들에 의해 특징지워질 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템은 아래의 수학식 5와 같이 결정되는 Γ 비로 불리는 파라미터에 의해 특징지워질 수 있다:

수학식 5

$$\Gamma = \frac{M_a}{M_b}$$

[0107]

[0108] 여기서, M_a 는 광학 렌즈 시스템의 동공 평면과 물체 영역 사이에 위치하는 렌즈들에 대한 0.6보다 작은 모든 $|SA/CA|'$ 값들의 산술 평균이다. M_b 는 광학 렌즈 시스템의 동공 평면과 물체 영역 사이에 위치하는 렌즈들에 대한 0.6과 같거나 그보다 큰 모든 $|SA/CA|'$ 값들의 산술 평균이다. 따라서, Γ 비는 광학 렌즈 시스템 내의 렌즈들의 기하학적 분포 정도를 제공하며 따라서 렌즈들 위로의 강도 분포의 예상된 균질성 정도를 또한 제공한다.

[0109]

도 4b를 또한 참조하면, 광학 렌즈 시스템은 물체 영역과 동공 평면 사이에 세 개의 상이한 구역들을 포함하도록 고려될 수 있다. 도 4b에는 영역 A, B 및 C로서 도시되어 있다. 이와 대응하여, 광학 렌즈 시스템은 동공 평면과 이미지 영역 사이에 영역 C', B' 및 A'를 포함한다. 영역 A와 A'는 렌즈들이 상대적으로 작은 $|SA/CA|'$ 값(예컨대, 0.35보다 작은)을 갖는 영역이다. 영역 C와 C'는 렌즈들이 상대적으로 큰 $|SA/CA|'$ 값(예컨대, 0.75보다 큰)을 갖는 영역이다. 영역 B와 B'는 렌즈들이 중간 정도의 $|SA/CA|'$ 값(예컨대, 0.35로부터 0.75까지의 범위에 있는)을 갖는 영역이다.

[0110]

[0110] 어떤 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은 0.35로부터 0.75까지의 범위(예컨대, 0.4로부터 0.7까지의 범위)의 $|SA/CA|'$ 값을 갖는 표면을 구비하는, 물체 영역과 동공 평면 사이에 위치하는 상대적으로 적은 개수의 렌즈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템은 0.35로부터 0.75까지의 범위의 $|SA/CA|'$ 값을 갖는 표면을 구비하는, 물체 영역과 동공 평면 사이에 위치하는 두 개 또는 그 이하(예컨대, 하나 또는 영 개)의 렌즈들을 포함할 수 있다.

[0111]

몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템에 있는 상대적으로 적은 개수의 렌즈들은 M_b 에 기여하는 표면들을 포함할 수 있다. 바꾸어 말하면, 물체 영역과 동공 평면 사이에 위치하는 상대적으로 적은 개수의 렌즈들은 0.6과 같거나 또는 그보다 큰 $|SA/CA|'$ 값을 갖는다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템은, M_b 에 기여하는 표면들을 포함하는 네 개를 넘지 않는(예컨대, 세 개 또는 그 이하, 두 개 또는 그 이하의) 렌즈들을 포함할 수 있다. 어떤 실시예들에서, 물체 영역과 동공 평면 사이에 위치하는 렌즈들의 전체 개수 중에서 40% 또는 그 이하(예컨대, 35% 또는 그 이하, 30% 또는 그 이하, 25% 또는 그 이하, 20% 또는 그 이하)가 M_b 에 기여하는 표면들을 포함한다.

[0112]

[0112] 방사광의 단면 강도 분포가 실질적으로 균질하지 않은 위치에 위치하는 상대적으로 적은 개수의 렌즈들을 갖는 실시예들은, 방사광에 의한 가열로 인한 렌즈들에서의 변화로 인한 파면(wavefront) 수차를 줄일 수 있는 것으로 여겨진다. 예를 들어, 그러한 광학 렌즈 시스템은, 이미지 및 물체 영역과 동공 평면에 대하여 광축을 따른 렌즈들의 분포가 상이한 다른 시스템에 비하여 입력 파워의 범위에 걸쳐 왜곡, 비점수차, 및/또는 코마 수차에 있어서 감소된 변화를 보일 수 있다.

[0113]

[0113] 예를 들어, Γ 가 작은(예컨대, M_a 가 0.3 또는 그 이하와 같이 상대적으로 작거나, 및/또는 M_b 가 0.9 또는 그 이상과 같이 상대적으로 큰) 경우에, 렌즈들은 물체 영역에 가깝거나 및/또는 동공 평면에 가깝게 위치하는 경향이 있다. 이 경우에, 렌즈들 상에서의 강도 분포는 상대적으로 균질할 것이며, 따라서 렌즈 가열 효과는 상대적으로 작을 것이다.

[0114]

[0114] 한편, Γ 가 큰(예컨대, M_a 가 약 0.31 또는 그 이상과 같이 상대적으로 크거나, 및/또는 M_b 가 약 0.85 또는 그 이하와 같이 상대적으로 작은) 경우에, 렌즈면들에 걸쳐 상대적으로 조명이 균질하지 않은 물체 영역과 동공 평면 사이의 중간 부분, 중간 구역 B에 더 많은 비율의 렌즈들이 위치하는 경향이 있다. 여기서, 광학 렌즈 시스템의 결상 특성에 대한 렌즈 가열의 효과는 상대적으로 커질 수 있다.

[0115]

몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은 0.33보다 작은 Γ 비(예컨대, 0.32 또는 그 이하, 0.31 또는 그 이하, 0.30 또는 그 이하, 0.29 또는 그 이하, 0.28 또는 그 이하, 0.27 또는 그 이하, 0.26 또는 그 이하, 0.25 또는 그 이하)를 가질 수 있다. 0.33보다 작은 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템은 우수한 렌즈 가열 특성을 가질 수 있다. 즉, 0.33보다 작은 Γ 비를 갖는 광학 렌즈 시스템에서 결상 수차의 변화는 입력 파워의 범위에 걸쳐 상대적으로 작을 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템이 0.2의 NA_{max} 를 갖는 실시예들에서, 0.33보다 작은 Γ 비는 우수한 렌즈 가열 특성에 대응할 수 있다. 광학 렌즈 시스템이 0.16의 NA_{max} 를 갖는 실시예들에서, 0.28보

다 작은 Γ 비는 우수한 렌즈 가열 특성에 대응할 수 있다.

[0116] 일반적으로, 앞서 언급한 바와 같이, 광학 렌즈 시스템의 가열 특성은 필드의 크기에 의존한다. 어떤 실시예들에서, 큰 필드 크기를 갖는 광학 렌즈 시스템에 있는 렌즈들은, 우수한 가열 특성을 시스템에 제공하기 위하여, 작은 필드 크기를 갖는 유사한 렌즈에 비해 상대적으로 작은 Γ 값을 갖도록 배열되어야 한다. 표 1을 참조하면, (d_{\max} 로 주어진) 상이한 필드 크기 및 상이한 NA_{\max} 를 갖는 광학 렌즈 시스템들에 대한 예시적인 Γ 비의 범위들이 제공되어 있다. 이들 Γ 비는 우수한 가열 특성을 갖는 광학 렌즈 시스템들에 대응할 수 있다. 예를 들어, 렌즈들이 동공 평면에 대하여 대칭적으로 배치되어 있고 광학 렌즈 시스템이 1의 배율을 갖는 실시예에서, 대응하는 NA_{\max} 값들과 필드 크기들에 대한 Γ 비의 이들 범위들은 우수한 가열 특성을 제공할 수 있다.

[0117] 광학 렌즈 시스템에서 결상 특성들에 대한 렌즈 가열의 영향은 다양한 방식으로 특징지워질 수 있다. 예를 들어, 파장 λ 에서 광학 렌즈 시스템에 입력되는 방사광 파워의 함수로서 결상 수차들의 변화에 의해 상기 영향이 특징지워질 수 있다. 이것의 예는 입력 파워의 범위에 걸친 비점수차의 변화이다. 이는, y-방향을 따라 광축을 교차하여 연장되는 라인과 x-방향을 따라 광축을 교차하여 연장되는 라인의 초점 위치 사이의 거리에 있어서 입력 파워에 따른 변화를 나타낸다. 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은, 동작 파장(들)에서 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 400nm/W 또는 그 이하(예컨대, 300nm/W 또는 그 이하, 250nm/W 또는 그 이하, 200nm/W 또는 그 이하, 175nm/W 또는 그 이하, 160nm/W 또는 그 이하, 150nm/W 또는 그 이하, 140nm/W 또는 그 이하)의 최대 비점수차 변화를 가질 수 있다.

[0118] 렌즈 가열의 영향을 특징지울 수 있는 방법의 추가적인 예는 피크-대-밸리 초점 평면 편차(peak-to-valley focal plane deviation)에 있어서의 변화이다. 피크-대-밸리 초점 평면 편차는 z-축에 대하여 측정된 것으로서 필드를 가로지르는 초점 위치에 있어서의 최대 변화를 나타낸다. 어떤 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은, 동작 파장(들)에서 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 700nm/W 또는 그 이하(예컨대, 500nm/W 또는 그 이하, 400nm/W 또는 그 이하, 300nm/W 또는 그 이하, 290nm/W 또는 그 이하, 280nm/W 또는 그 이하, 270nm/W 또는 그 이하, 260nm/W 또는 그 이하)의 피크-대-밸리 초점 평면 편차의 변화를 가질 수 있다.

[0119] 렌즈 가열의 효과가 광학 렌즈 시스템의 결상 특성들에 얼마나 영향을 주는지에 관한 정보를 제공할 수 있는 또 다른 파라미터는 피크-대-밸리 필드 만곡에 있어서의 변화이다. 필드 만곡은 필드 높이를 갖는 초점 위치의 변화를 나타낸다. 어떤 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은, 동작 파장(들)에서 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 600nm/W 또는 그 이하(예컨대, 500nm/W 또는 그 이하, 400nm/W 또는 그 이하, 300nm/W 또는 그 이하, 280nm/W 또는 그 이하, 260nm/W 또는 그 이하, 250nm/W 또는 그 이하, 240nm/W 또는 그 이하, 230nm/W 또는 그 이하)의 피크-대-밸리 필드 만곡의 변화를 가질 수 있다.

[0120] 렌즈 가열 효과는 또한 광학 렌즈 시스템의 축상(on-axis) 비점수차에 있어서의 변화에 의해서도 특징지워질 수 있다. 축상 비점수차는, 축상에서 거리가 측정되는 경우에, y-방향을 따라 광축을 교차하여 연장되는 라인과 x-방향을 따라 광축을 교차하여 연장되는 라인의 초점 위치 사이의 거리를 나타낸다. 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은, 동작 파장(들)에서 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 -120nm/W 또는 그 이하(예컨대, -100nm/W 또는 그 이하, -80nm/W 또는 그 이하, -70nm/W 또는 그 이하, -60nm/W 또는 그 이하, -55nm/W 또는 그 이하, -52nm/W 또는 그 이하, -50nm/W 또는 그 이하, -48nm/W 또는 그 이하, -45nm/W 또는 그 이하)의 최대 축상 비점수차 변화를 갖는다. 여기서, "최대"라는 말은 변화의 절대값을 나타낸다.

[0121] 렌즈 가열의 효과가 광학 렌즈 시스템의 결상 특성들에 얼마나 영향을 주는지에 관한 정보를 제공할 수 있는 추가적인 파라미터는 최대 왜곡에 있어서의 변화이다. 왜곡은 물체 영역과 이미지 영역에서의 필드점들의 상대적인 변위에 있어서의 변화를 나타낸다. 몇몇 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은, 동작 파장(들)에서 40W까지의 입력 방사광 파워에 대해 이미지 영역에서 12nm/W 또는 그 이하(예컨대, 10nm/W 또는 그 이하, 9nm/W 또는 그 이하, 8nm/W 또는 그 이하, 7nm/W 또는 그 이하, 6nm/W 또는 그 이하, 5nm/W 또는 그 이하, 4nm/W 또는 그 이하)의 최대 왜곡 변화를 갖는다.

[0122] 광학 렌즈 시스템에 대한 최대 비점수차, 피크-대-밸리 초점 평면 편차, 피크-대-밸리 필드 만곡, 축상 비점수차 및 최대 왜곡은 컴퓨터 모델링을 사용하여 결정된다. 컴퓨터 모델링은 다음과 같이 수행될 수 있다. 먼저, 레이 트레이싱(ray tracing) 소프트웨어(예컨대, ORA, Pasadena, CA의 Code V와 같은 상업적으로 입수 가능한 레이 트레이싱 소프트웨어)를 이용하여 각각의 렌즈면 상의 방사광 부하를 결정한다. 이는 단순히 렌즈면을 가로지르는 광선들의 수를 샘으로써 수행된다. 각각의 렌즈 재료에 대한 적절한 흡수 계수를 사용하여, 상기 방사광 부하를 기초로 각각의 렌즈에 의해 흡수되는 방사광의 양이 계산될 수 있다.

- [0123] 많은 상이한 입사 파워 값들에 대하여, 각각의 렌즈에 대한 열 수송 방정식(heat transport equation)을 풀고, 굴절률의 변화 및/또는 표면 변형과 같은 렌즈에 있어서의 열 유발된 변화들을 계산하는데 유한 요소 해석(finite element analysis)이 사용될 수 있다. 열 유발된 변화들은, 추가적인 결상 계산들이 그에 대해 수행될 수 있는 광학 렌즈 시스템의 교란을 가져온다. 예를 들어, 레이 트레이싱은, 물체 영역에 있는 상이한 배향의 구조들에 대해 그리고 물체 영역에 있는 상이한 필드점들에 대해 시뮬레이팅될 수 있는 예상된 애리얼 이미지(arial image)에 대해 수행될 수 있다. 애리얼 이미지의 시뮬레이션은 부분적인 간접성의 문제를 설명하는 2-빔 간접을 기초로 하며 시스템의 광 전달 기능을 고려한다. 시뮬레이팅된 애리얼 이미지를 사용하여, 상이한 구조들에 대한 x- 및 y-방향으로의 패턴 시프트 뿐만 아니라 시스템에 대한 최적의 초점을 결정할 수 있다.
- [0124] 비점수차, 초점 평면 편차 및 다른 파라미터들과 같은 수차들이 광학 렌즈 시스템의 가열을 특징짓는 정보를 제공하기 위하여 계산될 수 있다.
- [0125] 광학 렌즈 시스템(2, 50 및 60)은 마이크로리소그래피 시스템에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 광학 렌즈 시스템(2, 50) 및/또는 광학 렌즈 시스템(60)은 마이크로리소그래피 광학 투영 렌즈 시스템의 일부를 형성할 수 있다. 광학 렌즈 시스템(2, 50 및 60)은, 상기 광학 렌즈 시스템의 출력 평면(6)이 마이크로리소그래피 시스템의 이미지 평면과 일치하도록 구성될 수 있다. 사용하는 동안, 기판과 같은 물품(16)은 출력 평면(6)에 또는 그 근처에 위치할 수 있으며 소스 방사광(14)은 광학 렌즈 시스템(2 및/또는 50)을 통해 기판을 방사광에 노광시키도록 안내될 수 있다.
- [0126] 도 5를 참조하면, 예시적인 마이크로리소그래피 시스템(70)은 광원(71), 조명 시스템(illumination system)(72), 레티클 스테이지(74) 위에 위치하는 레티클(76), 광학 렌즈 시스템(73), 및 웨이퍼(77)를 지지하는 스테이지(75)를 포함한다. 웨이퍼(77)는 광학 렌즈 시스템(73)의 이미지 영역에 위치한다. 레티클(76)은 광학 렌즈 시스템(73)의 물체 영역에 위치한다.
- [0127] 레지스트(감광성 재료)의 층이 웨이퍼(77)의 표면에 배치되어 있다. 동작하는 동안에, 광원(71)은 방사광(R71)을 조명 시스템(72)에 안내하고, 조명 시스템은 화살표(R72)로 표시된 바와 같이 방사광을 레티클(76)로 안내한다. 광학 렌즈 시스템(73)은 화살표(R73)로 표시된 바와 같이 방사광을 사용하여 레티클(76) 상의 패턴의 이미지를 레지스트 층 위로 투영한다. 스테이지(75)는 웨이퍼(77)를 광학 렌즈 시스템(73)에 대하여 이동시켜, 레지스트 층의 상이한 영역들이 방사광에 노광되도록 한다.
- [0128] 실시예들은 수은 광원의 i-라인을 활용하는 소위 "I-라인" 리소그래피 도구에서 사용될 수 있다. 그러한 실시예들에서, 광학 렌즈 시스템은, 기판을 노광하는데 사용될 i-라인 및 다른 파장들 모두에 있는 방사광을 허용하는, 수은 광원의 다른 파장들(예컨대, g 및 h 라인)에서 낮은 색수차를 갖도록 설계될 수 있다. 추가적인 파장들은 단지 i-라인 방사광에 기판을 노광시키는 시스템에 비하여, 더 짧은 노광 시간 및 증가된 처리량을 가능하게 하는, 더 높은 파워 전달을 기판에 제공할 수 있다. 예를 들어, 마이크로리소그래피 시스템(70)은 약 125.30mm 또는 그 이상의 직경의 시간 당 웨이퍼(WPH)의 처리량을 가질 수 있다(예컨대, 약 150 WPH 또는 그 이상, 약 175 WPH 또는 그 이상, 약 200 WPH 또는 그 이상, 약 225 WPH 또는 그 이상, 약 250 WPH 또는 그 이상).
- [0129] 몇몇 실시예들에서, 다수의 기판들이 소스 방사광(14)에 노광될 수 있다. 예를 들어, 다수의 기판들은 다수의 다이(die)들일 수 있으며, 소스 방사광(14)의 필드 크기는 다수의 다이들이 방사광에 동시에 노광될 수 있을 정도로 충분히 클 수 있다.
- [0130] 출력 평면(6)에서의 상이한 개구수 및 상이한 렌즈 재료들과 같은 상이한 특성들을 갖는 광학 렌즈 시스템들의 다양한 실시예들에 대해 이하에서 논의한다. 이들 광학 렌즈 시스템들의 각각은 마이크로리소그래피 시스템에서 사용될 수 있다.
- [0131] 결상 광학 렌즈 시스템(100)의 일 실시예가 도 6에 도시되어 있다. 상기 광학 렌즈 시스템(100)은 대칭 평면(106)을 통해 물체 평면(102)으로부터 이미지 평면(104)으로 광 패턴을 전달하도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템(100)은 제 1 렌즈 그룹(110), 제 2 렌즈 그룹(112), 제 3 렌즈 그룹(114) 및 제 4 렌즈 그룹(116)을 포함한다. 상기 렌즈 그룹들 내의 렌즈들의 각각은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 광축(108)을 중심으로 회전 대칭이다. 광학 렌즈 시스템(100)은 0.20의 최대 개구수를 제공하도록 구성된다.
- [0132] 광학 렌즈 시스템(100)은 0.31의 M_a 값, 0.82의 M_b 값, 및 0.38의 Γ 비를 갖는다.
- [0133] 광학 렌즈 시스템(100)에 있는 렌즈들의 각각은 물체 평면(102)에 대향하는 제 1 표면과 이미지 평면(104)에 대

향하는 제 2 표면을 갖는다. 각 렌즈의 제 1 표면은 라벨 "a"로 표시되어 있다. 예를 들어, 렌즈(118)의 제 1 표면은 118a로 표시된다. 각 렌즈의 제 2 표면은 라벨 "b"로 표시된다. 따라서, 렌즈(118)의 제 2 표면은 118b로 표시된다. 간결함을 위하여 도 6에 있는 렌즈들의 제 1 및 제 2 표면들에 대응하는 라벨들이 모두 도시되어 있지는 않지만, 각각의 렌즈는 "a"와 "b"로 각각 표시된 제 1 및 제 2 표면들을 포함한다.

[0134] 제 1 렌즈 그룹(110)은 렌즈(118, 120, 122, 124, 126, 및 128)들을 포함한다. 렌즈(118, 120, 및 126)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(122, 124, 및 128)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리 재료로 형성된다. 광학 렌즈 시스템(100)에 있는 렌즈들의 두께는 광축(108)을 따라 측정된다. 렌즈(118)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(120)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(122)는 41.1mm의 두께를 갖는다. 렌즈(124)는 47.3mm의 두께를 갖는다. 렌즈(126)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(128)는 45.2mm의 두께를 갖는다.

[0135] 두 개의 렌즈들 사이의 간격은 광축(108)을 따른 두 렌즈들의 대향하는 표면들 사이에서 측정된다. 렌즈(118)는 렌즈(120)로부터 29.6mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(120)는 렌즈(122)로부터 3.6mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(122)는 렌즈(124)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(124)는 렌즈(126)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(126)는 렌즈(128)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 1 렌즈 그룹(110)은 제 2 렌즈 그룹(112)으로부터 광축(108)을 따라 측정된 171.2mm의 거리(예컨대, 광축(108)을 따라 표면(128b)과 표면(130a) 사이에 측정된 거리) d_1 만큼 이격되어 있다.

[0136] 제 2 렌즈 그룹(112)은 렌즈(130, 132, 134, 및 136)들을 포함한다. 렌즈(132 및 136)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(130 및 134)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리로 형성된다. 렌즈(130)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(132)는 33.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(134)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(136)는 20.0mm의 두께를 갖는다.

[0137] 렌즈(130)는 렌즈(132)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(132 및 134)들은 광축(108)을 따라 직접적으로 인접하여 있다. 렌즈(134)는 렌즈(136)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 2 렌즈 그룹(112)은 대칭 평면(106)으로부터 5.8mm의 거리(예컨대, 광축(108)을 따라 표면(136b)과 대칭 평면(106) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.

[0138] 제 3 렌즈 그룹(114)은 렌즈(138, 140, 142, 및 144)를 포함한다. 렌즈(138 및 142)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(140 및 144)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리로 형성된다. 렌즈(138)는 20.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(140)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(142)는 33.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(144)는 10.0mm의 두께를 갖는다.

[0139] 제 3 렌즈 그룹(114)은 대칭 평면(106)으로부터 5.8mm의 거리(예컨대, 광축(108)을 따라 대칭 평면(106)과 표면(138a) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다. 렌즈(138)는 렌즈(140)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(140 및 142)들은 광축(108)을 따라 직접적으로 인접하여 있다. 렌즈(142)는 렌즈(144)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 3 렌즈 그룹(114)은 제 4 렌즈 그룹(116)으로부터 171.2mm의 거리(예컨대, 광축(108)을 따라 표면(144b)과 표면(146a) 사이에 측정된 거리) d_2 만큼 이격되어 있다.

[0140] 제 3 렌즈 그룹(114)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 2 렌즈 그룹(112)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 3 렌즈 그룹(114)에 있는 렌즈들은, 제 2 렌즈 그룹(112)과 제 3 렌즈 그룹(114)이 대칭 평면(106)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(108)을 따라 위치하고 있다.

[0141] 제 4 렌즈 그룹(116)은 렌즈(146, 148, 150, 152, 154, 및 156)들을 포함한다. 렌즈(148, 154, 및 156)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(146, 150, 및 152)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리로 형성된다. 렌즈(146)는 45.2mm의 두께를 갖는다. 렌즈(148)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(150)는 47.3mm의 두께를 갖는다. 렌즈(152)는 41.1mm의 두께를 갖는다. 렌즈(154)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(156)는 10.0mm의 두께를 갖는다.

[0142] 렌즈(146)는 렌즈(148)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(148)는 렌즈(150)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(150)는 렌즈(152)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(152)는 렌즈(154)로부터 3.6mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(154)는 렌즈(156)로부터 29.6mm의 거리만큼 이격되어 있다. 상기 제 4 렌즈 그룹(116)은 이미지 평면(104)으로부터 48.1mm의 거리(예컨대, 광축(108)을 따라 표면(156b)과 이미지 평면(104) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.

[0143] 제 4 렌즈 그룹(116)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 1 렌즈 그룹(110)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 4 렌즈 그룹(116)에 있는 렌즈들은, 제 1 렌즈 그룹(110)과 제 4 렌즈 그룹(116)

이 대칭 평면(106)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(108)을 따라 위치하고 있다.

[0144] 광학 렌즈 시스템(100)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 2a에 도시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(102)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(104)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다.

[0145] 광학 렌즈 시스템(100)에 있는 렌즈들의 표면들 중에 일부는 비구면이다. 특히, 표면(118b, 124a, 126a, 128b, 130a, 136b, 138a, 144b, 146a, 148b, 150b, 및 156a)들이 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(100)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 비구면은 표 2a에서 형태 "AS"를 갖는 것으로 식별된다. 광학 렌즈 시스템(100)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한 수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 2b에 도시되어 있다.

[0146] 제 1 렌즈 그룹(110)의 주요 평면(principal plane)(160)이 광학 렌즈 시스템(100)에서 도시되어 있다. 상기 주요 평면은 제 1 렌즈 그룹(110)과 제 2 렌즈 그룹(112) 사이에 놓여 있다.

[0147] 결상 광학 렌즈 시스템의 다른 실시예가 도 7에 도시되어 있다. 광학 렌즈 시스템(200)은 대칭 평면(206)을 통해 물체 평면(202)으로부터 이미지 평면(204)으로 광 패턴을 전달하도록 구성된다. 상기 광학 렌즈 시스템(200)은 제 1 렌즈 그룹(210), 제 2 렌즈 그룹(212), 제 3 렌즈 그룹(214) 및 제 4 렌즈 그룹(216)을 포함한다. 렌즈 그룹들에 있는 각각의 렌즈들은 도시된 좌표계에 있는 z-축에 평행한 광축(208)을 중심으로 대칭적으로 위치하고 있다. 광학 렌즈 시스템(200)은 0.16의 최대 개구수를 제공하도록 구성된다.

[0148] 광학 렌즈 시스템(200)은 0.28의 M_a 값, 0.8의 M_b 값, 및 0.35의 Γ 비를 갖는다.

[0149] 광학 렌즈 시스템(200)에 있는 렌즈들의 각각은 물체 평면(202)에 대향하는 제 1 표면과 이미지 평면(204)에 대향하는 제 2 표면을 갖는다. 각 렌즈의 제 1 표면은 라벨 "a"로 표시되어 있다. 예를 들어, 렌즈(218)의 제 1 표면은 218a로 표시된다. 각 렌즈의 제 2 표면은 라벨 "b"로 표시된다. 따라서, 렌즈(218)의 제 2 표면은 218b로 표시된다. 간결함을 위하여 도 7에 있는 렌즈들의 제 1 및 제 2 표면들에 대응하는 라벨들이 모두 도시되어 있지는 않지만, 각각의 렌즈는 "a"와 "b"로 각각 표시된 제 1 및 제 2 표면들을 포함한다.

[0150] 제 1 렌즈 그룹(210)은 렌즈(218, 220, 222, 224, 226, 및 228)들을 포함한다. 렌즈(218, 220, 및 226)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(222, 224, 및 228)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리로 형성된다. 광학 렌즈 시스템(200)에 있는 렌즈들의 두께는 광축(208)을 따라 측정된다. 렌즈(218)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(220)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(222)는 38.4mm의 두께를 갖는다. 렌즈(224)는 43.1mm의 두께를 갖는다. 렌즈(226)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(228)는 40.3mm의 두께를 갖는다.

[0151] 두 개의 렌즈들 사이의 간격은 광축(208)을 따른 두 렌즈들의 대향하는 표면들 사이에서 측정된다. 렌즈(218)는 렌즈(220)로부터 27.1mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(220)는 렌즈(222)로부터 4.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(222)는 렌즈(224)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(224)는 렌즈(126)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(226)는 렌즈(228)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 1 렌즈 그룹(210)은 제 2 렌즈 그룹(212)으로부터 광축(208)을 따라 측정된 178.2mm의 거리(예컨대, 광축(208)을 따라 표면(228b)과 표면(230a) 사이에 측정된 거리) d_3 만큼 이격되어 있다.

[0152] 제 2 렌즈 그룹(212)은 렌즈(230, 232, 234, 및 236)를 포함한다. 렌즈(232 및 236)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(230 및 234)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리로 형성된다. 렌즈(230)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(232)는 33.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(234)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(236)는 20.0mm의 두께를 갖는다.

[0153] 렌즈(230)는 렌즈(232)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(232 및 234)들은 광축(208)을 따라 직접적으로 인접하여 있다. 렌즈(234)는 렌즈(236)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 2 렌즈 그룹(212)은 대칭 평면(206)으로부터 6.0mm의 거리(예컨대, 광축(208)을 따라 표면(236b)과 대칭 평면(206) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.

[0154] 제 3 렌즈 그룹(214)은 렌즈(238, 240, 242, 및 244)를 포함한다. 렌즈(238 및 242)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(240 및 244)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리로 형성된다. 렌즈(238)는 20.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(240)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(242)는 33.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(244)는 10.0mm의 두께를 갖는다.

- [0155] 제 3 렌즈 그룹(214)은 대칭 평면(206)으로부터 6.0mm의 거리(예컨대, 광축(208)을 따라 대칭 평면(206)과 표면(238a) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다. 렌즈(238)는 렌즈(240)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(240 및 242)들은 광축(208)을 따라 직접적으로 인접하여 있다. 렌즈(242)는 렌즈(244)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 3 렌즈 그룹(214)은 제 4 렌즈 그룹(216)으로부터 178.2mm의 거리(예컨대, 광축(208)을 따라 표면(244b)과 표면(246a) 사이에 측정된 거리) d_4 만큼 이격되어 있다.
- [0156] 제 3 렌즈 그룹(214)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 2 렌즈 그룹(212)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 3 렌즈 그룹(214)에 있는 렌즈들은, 제 2 렌즈 그룹(212)과 제 3 렌즈 그룹(214)이 대칭 평면(206)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(208)을 따라 위치하고 있다.
- [0157] 제 4 렌즈 그룹(216)은 렌즈(246, 248, 250, 252, 254, 및 256)들을 포함한다. 렌즈(248, 254, 및 256)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(246, 250, 및 252)들은 LLF-1 유리와 같은 플린트 유리로 형성된다. 렌즈(246)는 40.3mm의 두께를 갖는다. 렌즈(248)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(250)는 43.1mm의 두께를 갖는다. 렌즈(252)는 38.4mm의 두께를 갖는다. 렌즈(254)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(256)는 10.0mm의 두께를 갖는다.
- [0158] 렌즈(246)는 렌즈(248)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(248)는 렌즈(250)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(250)는 렌즈(252)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(252)는 렌즈(254)로부터 4.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(254)는 렌즈(256)로부터 27.1mm의 거리만큼 이격되어 있다. 상기 제 4 렌즈 그룹(216)은 이미지 평면(204)으로부터 54.9mm의 거리(예컨대, 광축(208)을 따라 표면(256b)과 이미지 평면(204) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.
- [0159] 제 4 렌즈 그룹(216)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 1 렌즈 그룹(210)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 4 렌즈 그룹(216)에 있는 렌즈들은, 제 1 렌즈 그룹(210)과 제 4 렌즈 그룹(216)이 대칭 평면(206)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(208)을 따라 위치하고 있다.
- [0160] 광학 렌즈 시스템(200)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 3a에 도시되어 있다.
- [0161] 광학 렌즈 시스템(200)에 있는 렌즈들의 표면들 중에 일부는 비구면이다. 특히, 표면(218b, 224a, 226a, 228b, 230a, 236b, 238a, 244b, 246a, 248b, 250b, 및 256a)들이 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(200)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 비구면은 표 3a에서 형태 "AS"를 갖는 것으로 식별된다. 광학 렌즈 시스템(200)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한 수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 3b에 도시되어 있다.
- [0162] 렌즈들은 일반적으로, 그들을 통과하여 진행하는 광의 일부를 흡수하는 하나 또는 그 이상의 광학 재료로 형성된다. 어떤 렌즈들에 의한 방사광의 상당량의 흡수는, 렌즈들의 기하학적 광학적 특성들에 있어서의 변화를 줄 수도 있는 렌즈들의 열팽창을 가져온다. 예를 들어, 렌즈들의 가열 또는 냉각으로 인한 팽창 또는 수축의 결과로 몇몇 렌즈들의 초점 특성이 변할 수 있다. 몇몇 실시예들에서, 렌즈들을 형성하는 재료의 일부 또는 전부가 그들의 광학적 흡수 특성에 부분적으로 기초하여 선택될 수 있다. 예를 들어, 전자기 스펙트럼의 UV 부분에서 동작하도록 설계된 렌즈 시스템에 대하여, 상대적으로 낮은 UV 흡수를 갖는 렌즈 재료(예컨대, 용융 실리카, 불화 칼슘 또는 다른 것들과 같은 재료)가 사용될 수 있다.
- [0163] 스펙트럼의 UV 영역에서 상대적으로 낮은 흡수를 갖는 재료로 형성된 렌즈들을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템(300)의 일 실시예가 도 8에 도시되어 있다. 광학 렌즈 시스템(300)은 대칭 평면(306)을 통해 물체 평면(302)으로부터 이미지 평면(304)으로 광 패턴을 전달하도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템(300)은 제 1 렌즈 그룹(310), 제 2 렌즈 그룹(312), 제 3 렌즈 그룹(314) 및 제 4 렌즈 그룹(316)을 포함한다. 상기 렌즈 그룹들 내의 각각의 렌즈들은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 광축(308)을 중심으로 회전 대칭이다. 광학 렌즈 시스템(300)은 0.20의 최대 개구수를 제공하도록 구성된다.
- [0164] 광학 렌즈 시스템(300)은 0.34의 M_a 값, 0.89의 M_b 값, 및 0.38의 Γ 비를 갖는다.
- [0165] 광학 렌즈 시스템(300)에 있는 렌즈들의 각각은 물체 평면(302)에 대향하는 제 1 표면과 이미지 평면(304)에 대향하는 제 2 표면을 갖는다. 각 렌즈의 제 1 표면은 라벨 "a"로 표시되어 있다. 예를 들어, 렌즈(318)의 제 1 표면은 318a로 표시된다. 각 렌즈의 제 2 표면은 라벨 "b"로 표시된다. 따라서, 렌즈(318)의 제 2 표면은 318b로 표시된다. 간결함을 위하여 도 8에 있는 렌즈들의 제 1 및 제 2 표면들에 대응하는 라벨들이 모두 도시되어 있지는 않지만, 각각의 렌즈는 "a"와 "b"로 각각 표시된 제 1 및 제 2 표면들을 포함한다.

- [0166] 제 1 렌즈 그룹(310)은 렌즈(318, 320, 322, 324, 326, 및 328)를 포함한다. 렌즈(318, 320, 322, 324, 및 326)들은 용융 실리카로 형성된다. 광학 렌즈 시스템(300)에 있는 렌즈들의 두께는 광축(308)을 따라 측정된다. 렌즈(318)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(320)는 16.4mm의 두께를 갖는다. 렌즈(322)는 42.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(324)는 35.9mm의 두께를 갖는다. 렌즈(326)는 32.6mm의 두께를 갖는다. 렌즈(328)는 10.0mm의 두께를 갖는다.
- [0167] 두 개의 렌즈들 사이의 간격은 광축(308)을 따른 두 렌즈들의 대향하는 표면들 사이에서 측정된다. 렌즈(318)는 렌즈(320)로부터 25.6mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(320)는 렌즈(322)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(322)는 렌즈(124)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(324)는 렌즈(326)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(326)는 렌즈(328)로부터 54.5mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 1 렌즈 그룹(310)은 제 2 렌즈 그룹(312)으로부터 광축(308)을 따라 측정된 127.3mm의 거리(예컨대, 광축(308)을 따라 표면(328b)과 표면(330a) 사이에 측정된 거리) d_5 만큼 이격되어 있다.
- [0168] 제 2 렌즈 그룹(312)은 렌즈(330, 332, 334, 및 336)를 포함한다. 렌즈(330 및 334)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(332 및 336)들은 불화칼슘으로 형성된다. 렌즈(330)는 7.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(332)는 44.3mm의 두께를 갖는다. 렌즈(334)는 7.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(336)는 31.9mm의 두께를 갖는다.
- [0169] 렌즈(330)는 렌즈(332)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(332)는 렌즈(334)로부터 1.3mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(334)는 렌즈(336)로부터 0.1mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 2 렌즈 그룹(312)은 대칭 평면(306)으로부터 5.0mm의 거리(예컨대, 광축(308)을 따라 표면(336b)과 대칭 평면(306) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.
- [0170] 제 3 렌즈 그룹(314)은 렌즈(338, 340, 342, 및 344)를 포함한다. 렌즈(338 및 342)들은 불화칼슘으로 형성된다. 렌즈(340 및 344)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(338)는 31.9mm의 두께를 갖는다. 렌즈(340)는 7.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(342)는 44.3mm의 두께를 갖는다. 렌즈(344)는 7.0mm의 두께를 갖는다.
- [0171] 제 3 렌즈 그룹(314)은 대칭 평면(306)으로부터 5.0mm의 거리(예컨대, 광축(308)을 따라 대칭 평면(306)과 표면(338a) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다. 렌즈(338)는 렌즈(340)로부터 0.1mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(340)는 렌즈(342)로부터 1.3mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(342)는 렌즈(344)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 3 렌즈 그룹(314)은 제 4 렌즈 그룹(316)으로부터 127.3mm의 거리(예컨대, 광축(308)을 따라 표면(344b)과 표면(346a) 사이에 측정된 거리) d_6 만큼 이격되어 있다.
- [0172] 제 3 렌즈 그룹(314)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 2 렌즈 그룹(312)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 3 렌즈 그룹(314)에 있는 렌즈들은, 제 2 렌즈 그룹(312)과 제 3 렌즈 그룹(314)이 대칭 평면(306)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(308)을 따라 위치하고 있다.
- [0173] 제 4 렌즈 그룹(316)은 렌즈(346, 348, 350, 352, 354, 및 356)들을 포함한다. 각각의 렌즈(346, 348, 350, 352, 354, 및 356)들은 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(346)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(348)는 32.6mm의 두께를 갖는다. 렌즈(350)는 35.9mm의 두께를 갖는다. 렌즈(352)는 42.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(354)는 16.4mm의 두께를 갖는다. 렌즈(356)는 10.0mm의 두께를 갖는다.
- [0174] 렌즈(346)는 렌즈(348)로부터 54.5mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(348)는 렌즈(350)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(350)는 렌즈(352)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(352)는 렌즈(354)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(354)는 렌즈(356)로부터 25.6mm의 거리만큼 이격되어 있다. 상기 제 4 렌즈 그룹(316)은 이미지 평면(304)으로부터 45.0mm의 거리(예컨대, 광축(308)을 따라 표면(356b)과 이미지 평면(304) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.
- [0175] 제 4 렌즈 그룹(316)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 1 렌즈 그룹(310)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 4 렌즈 그룹(316)에 있는 렌즈들은, 제 1 렌즈 그룹(310)과 제 4 렌즈 그룹(316)이 대칭 평면(306)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(308)을 따라 위치하고 있다.
- [0176] 광학 렌즈 시스템(300)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 4a에 도시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(302)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(304)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다.

- [0177] 광학 렌즈 시스템(300)에 있는 렌즈들의 표면들 중에 일부는 비구면이다. 특히, 표면(318a, 324a, 328a, 330a, 334b, 340a, 344b, 346b, 350b, 및 356b)들이 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(300)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 비구면은 표 4a에서 형태 "AS"를 갖는 것으로 식별된다. 광학 렌즈 시스템(300)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한 수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 4b에 도시되어 있다.
- [0178] 몇몇 실시예들에서, 두 개 이상의 상이한 재료들로 형성된 렌즈들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 어떤 실시예들에서, (예컨대, 어떤 응용예에서 마이크로리소그래피 광학 렌즈 시스템으로서 렌즈 시스템이 사용될 수 있도록) 시스템을 설계하는 동안 시스템의 전체적인 길이가 제약될 수 있다. 적절하게 구성된 색 특성을 갖는 광학 렌즈 시스템을 제공하도록 렌즈들을 형성하기 위하여, 3개 또는 그 이상(예컨대, 4개 또는 그 이상, 5개 또는 그 이상, 6개 또는 그 이상, 10개 또는 그 이상)의 재료가 개별적으로 또는 결합되어 사용될 수 있다.
- [0179] 세 개의 상이한 재료들 중에 하나로 형성된 렌즈들을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템(400)의 일 실시예의 예가 도 9에 도시되어 있다. 광학 렌즈 시스템(400)에 있는 렌즈들의 대부분은 용융 실리카 또는 불화 칼슘으로 형성된다. 이들 재료들은 전자기 스펙트럼의 UV 영역에서 상대적으로 낮은 흡수를 갖는다. 그러나, 광학 렌즈 시스템(400)은 또한 LLF-1 유리나 다른 플린트 유리로 형성된 두 개의 렌즈들을 포함한다. 통상적으로 렌즈 시스템(400)의 광경로를 따른 첫번째 및 마지막 렌즈들인 이들 두 개의 렌즈들은 렌즈 시스템(400)에 특정한 색 특성(chromatic property)을 제공한다.
- [0180] 광학 렌즈 시스템(400)은 대칭 평면(406)을 통해 물체 평면(402)으로부터 이미지 평면(404)으로 광 패턴을 전달하도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템(400)은 제 1 렌즈 그룹(410), 제 2 렌즈 그룹(412), 제 3 렌즈 그룹(414) 및 제 4 렌즈 그룹(416)을 포함한다. 상기 렌즈 그룹들 내의 각각의 렌즈들은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 광축(408)을 중심으로 회전 대칭이다. 광학 렌즈 시스템(400)은 0.20의 최대 개구수를 제공하도록 구성된다. 또한, 광학 렌즈 시스템(400)은 텔레센트릭하며, 1의 배율과 52mm×66mm의 필드 크기를 갖는다. 따라서, 광학 렌즈 시스템(400)에 대한 d_{max} 는 42mm이다.
- [0181] 광학 렌즈 시스템(400)은 0.33의 M_a 값, 0.92의 M_b 값, 및 0.36의 Γ 비를 갖는다.
- [0182] 광학 렌즈 시스템(400)에 있는 렌즈들의 각각은 물체 평면(402)에 대향하는 제 1 표면과 이미지 평면(404)에 대향하는 제 2 표면을 갖는다. 각 렌즈의 제 1 표면은 라벨 "a"로 표시되어 있다. 예를 들어, 렌즈(418)의 제 1 표면은 418a로 표시된다. 각 렌즈의 제 2 표면은 라벨 "b"로 표시된다. 따라서, 렌즈(418)의 제 2 표면은 418b로 표시된다. 간결함을 위하여 도 9에 있는 렌즈들의 제 1 및 제 2 표면들에 대응하는 라벨들이 모두 도시되어 있지는 않지만, 각각의 렌즈는 "a"와 "b"로 각각 표시된 제 1 및 제 2 표면들을 포함한다.
- [0183] 제 1 렌즈 그룹(410)은 렌즈(418, 420, 422, 424, 426, 및 428)를 포함한다. 렌즈(418)는 LLF-1 유리로 형성된다. 렌즈(420, 422, 424, 426, 및 428)들은 용융 실리카로 형성된다. 광학 렌즈 시스템(400)에 있는 렌즈들의 두께는 광축(408)을 따라 측정된다. 렌즈(418)는 13.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(420)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(422)는 47.4mm의 두께를 갖는다. 렌즈(424)는 33.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(426)는 32.8mm의 두께를 갖는다. 렌즈(428)는 10.0mm의 두께를 갖는다.
- [0184] 두 개의 렌즈들 사이의 간격은 광축(408)을 따른 두 렌즈들의 대향하는 표면들 사이에서 측정된다. 렌즈(418)는 렌즈(420)로부터 5.1mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(420)는 렌즈(422)로부터 16.5mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(422)는 렌즈(424)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(424)는 렌즈(426)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(426)는 렌즈(428)로부터 91.8mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 1 렌즈 그룹(410)은 제 2 렌즈 그룹(412)으로부터 광축(408)을 따라 측정된 97.9mm의 거리(예컨대, 광축(408)을 따라 표면(428b)과 표면(430a) 사이에 측정된 거리) d_1 만큼 이격되어 있다.
- [0185] 제 2 렌즈 그룹(412)은 렌즈(430, 432, 434, 및 436)를 포함한다. 렌즈(430 및 434)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(432 및 436)들은 불화칼슘으로 형성된다. 렌즈(430)는 7.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(432)는 50.1mm의 두께를 갖는다. 렌즈(434)는 7.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(436)는 32.0mm의 두께를 갖는다.
- [0186] 렌즈(430)는 렌즈(432)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(432)는 렌즈(434)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(434)는 렌즈(436)로부터 1.5mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 2 렌즈 그룹(412)은 대칭 평면(406)으로부터 1.0mm의 거리(예컨대, 광축(408)을 따라 표면(436b)과 대칭 평면(406) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.
- [0187] 제 3 렌즈 그룹(414)은 렌즈(438, 440, 442, 및 444)를 포함한다. 렌즈(438 및 442)들은 불화칼슘으로 형성된

다. 렌즈(440 및 444)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(438)는 32.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(440)는 7.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(442)는 50.1mm의 두께를 갖는다. 렌즈(444)는 7.0mm의 두께를 갖는다.

[0188] 제 3 렌즈 그룹(414)은 대칭 평면(406)으로부터 1.0mm의 거리(예컨대, 광축(408)을 따라 대칭 평면(406)과 표면(438a) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다. 렌즈(438)는 렌즈(440)로부터 1.5mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(440)는 렌즈(442)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(442)는 렌즈(444)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 제 3 렌즈 그룹(414)은 제 4 렌즈 그룹(416)으로부터 97.9mm의 거리(예컨대, 광축(408)을 따라 표면(444b)과 표면(446a) 사이에 측정된 거리) d_8 만큼 이격되어 있다.

[0189] 제 3 렌즈 그룹(414)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 2 렌즈 그룹(412)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 3 렌즈 그룹(414)에 있는 렌즈들은, 제 2 렌즈 그룹(412)과 제 3 렌즈 그룹(414)이 대칭 평면(406)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(408)을 따라 위치하고 있다.

[0190] 제 4 렌즈 그룹(416)은 렌즈(446, 448, 450, 452, 454, 및 456)들을 포함한다. 렌즈(446, 448, 450, 452, 및 454)들은 용융 실리카로 형성된다. 렌즈(456)는 LLF-1 유리로 형성된다. 렌즈(446)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(448)는 32.8mm의 두께를 갖는다. 렌즈(450)는 33.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(452)는 47.4mm의 두께를 갖는다. 렌즈(454)는 10.0mm의 두께를 갖는다. 렌즈(456)는 13.0mm의 두께를 갖는다.

[0191] 렌즈(446)는 렌즈(448)로부터 91.8mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(448)는 렌즈(450)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(450)는 렌즈(452)로부터 1.0mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(452)는 렌즈(454)로부터 16.5mm의 거리만큼 이격되어 있다. 렌즈(454)는 렌즈(456)로부터 5.1mm의 거리만큼 이격되어 있다. 상기 제 4 렌즈 그룹(416)은 이미지 평면(404)으로부터 40.0mm의 거리(예컨대, 광축(408)을 따라 표면(456b)과 이미지 평면(404) 사이에 측정된 거리)만큼 이격되어 있다.

[0192] 제 4 렌즈 그룹(416)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들은 제 1 렌즈 그룹(410)에 있는 렌즈들의 크기, 간격 및 재료들과 유사하다. 제 4 렌즈 그룹(416)에 있는 렌즈들은, 제 1 렌즈 그룹(410)과 제 4 렌즈 그룹(416)이 대칭 평면(406)에 대해 대칭인 렌즈 배치를 형성하도록, 광축(408)을 따라 위치하고 있다.

[0193] 광학 렌즈(400)의 컴퓨터 모델링은 0부터 40W까지의 입력 파워 범위에 대해 다음의 렌즈 가열로 유발된 수차들을 나타내었다:

[0194] 최대 비점수차 변화: 263nm/W;

[0195] 피크-대-밸리 초점 평면 편차 변화: 481nm/W;

[0196] 피크-대-밸리 필드 만곡 변화: 318nm/W;

[0197] 축상 비점수차 변화: -62nm/W;

[0198] 최대 왜곡 변화: 12nm/W.

[0199] 광학 렌즈 시스템(400)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 5a에 도시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(402)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(404)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다.

[0200] 광학 렌즈 시스템(400)에 있는 렌즈들의 표면들 중에 일부는 비구면이다. 특히, 표면(420b, 422b, 426b, 428a, 434b, 440a, 446b, 448a, 452a, 및 454a)들이 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(400)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 비구면은 표 5a에서 형태 "AS"를 갖는 것으로 식별된다. 광학 렌즈 시스템(400)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한 수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 5b에 도시되어 있다.

[0201] 각각의 렌즈면에 대한 $|SA/CA|$ 의 값들이 표 5c에 제공되어 있다.

[0202] 도 10을 참조하면, 여섯 개의 렌즈 그룹을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템의 예가 광학 렌즈 시스템(800)이다. 광학 렌즈 시스템(800)은, 광학 렌즈 시스템(800)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(806)을 통해 물체 평면(802)으로부터 이미지 평면(804)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템은 1,448mm의 초점 길이를 가지며 이미지 평면(804)에서 0.16의 최대 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(800)은 텔레센트릭하며 1의 배율을 갖는다.

- [0203] 광학 렌즈 시스템(800)은 0.22의 M_a 값, 0.88의 M_b 값, 및 0.25의 Γ 비를 갖는다.
- [0204] 광학 렌즈 시스템(800)은 렌즈 그룹(810, 813, 812, 820, 823, 및 822)들을 포함한다. 렌즈 그룹(810, 812, 820, 및 822)들은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹(813 및 823)들은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹에 있는 렌즈들의 각각은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 축(808)을 중심으로 회전 대칭이다.
- [0205] 렌즈 그룹(810)은 렌즈(818, 820, 822, 824, 및 826)를 포함한다. 렌즈(818)는 LLF-1 유리로 형성되어 있으며, 렌즈 그룹(810) 내의 나머지 모든 렌즈들은 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(818)는 렌즈(820)와 함께 PN 이중렌즈를 형성한다.
- [0206] 렌즈 그룹(813)은 렌즈(828 및 830)를 포함한다. 두 개의 렌즈(828) 및 렌즈(830)는 모두 용융 실리카로 형성되어 있다.
- [0207] 렌즈 그룹(812)은 렌즈(832, 834, 836, 838, 및 840)를 포함한다. 렌즈(832, 834, 및 838)는 CaF_2 로 형성되어 있으며, 렌즈(836 및 840)는 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(834 및 836)는 제 1 PN 이중렌즈를 형성한다. 렌즈(838 및 840)는 제 2 PN 이중렌즈를 형성한다.
- [0208] 렌즈 그룹(814)은 평면(806)에 대하여 렌즈 그룹(812)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(842, 844, 846, 848, 및 850)는 렌즈(840, 838, 836, 834, 및 832)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0209] 렌즈 그룹(815)은 평면(806)에 대하여 렌즈 그룹(813)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(852 및 854)는 렌즈(830 및 828)과 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0210] 렌즈 그룹(816)은 평면(806)에 대하여 렌즈 그룹(810)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(856, 858, 860, 862, 및 864)는 렌즈(826, 824, 822, 820, 및 818)과 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0211] 광학 렌즈(800)의 컴퓨터 모델링은 0부터 40W까지의 입력 파워 범위에 대해 다음의 렌즈 가열로 유발된 수차들을 나타내었다:
- | | |
|-----------------------------|----------|
| [0212] 최대 비점수차 변화: | 153nm/W; |
| [0213] 피크-대-밸리 초점 평면 편차 변화: | 270nm/W; |
| [0214] 피크-대-밸리 필드 만곡 변화: | 175nm/W; |
| [0215] 축상 비점수차 변화: | -37nm/W; |
| [0216] 최대 왜곡 변화: | 8.6nm/W. |
- [0217] 광학 렌즈 시스템(800)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 6a에 도시되어 있다. 물체 평면(802)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(804)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(802)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(804)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. 광학 렌즈 시스템(800)에 있는 각각의 렌즈면은 구면이다. "두께"로 표시된 표 6a의 행은 광축(808)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(804)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 파장에 대해 제공된 것이다. DS로 표시된 표의 항목은 데이터를 추출하기 위하여 시스템을 모델링할 때 사용된 가상의 표면들인 "더미 표면(dummy surface)"을 나타낸다.
- [0218] 각각의 렌즈면에 대한 $|SA/CA|$ 의 값들이 표 6b에 제공되어 있다.
- [0219] 도 11을 참조하면, 여섯 개의 렌즈 그룹을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템의 예가 광학 렌즈 시스템(900)이다. 광학 렌즈 시스템(900)은, 광학 렌즈 시스템(900)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(906)을 통해 물체 평면(902)으로부터 이미지 평면(904)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템은 1,433mm의 초점 길이를 가지며 이미지 평면(904)에서 0.16의 최대 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(800)은 텔레센트릭하며 1의 배율을 갖는다.

- [0220] 광학 렌즈 시스템(900)은 M_a 값, M_b 값, 및 0.26의 Γ 비를 갖는다.
- [0221] 광학 렌즈 시스템(900)은 렌즈 그룹(910, 913, 912, 920, 923, 및 922)들을 포함한다. 렌즈 그룹(910, 912, 920, 및 922)들은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹(913 및 923)들은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹에 있는 렌즈들의 각각은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 축(908)을 중심으로 회전 대칭이다.
- [0222] 렌즈 그룹(910)은 렌즈(918, 920, 922, 924, 및 926)를 포함한다. 렌즈(918)는 LLF-1 유리로 형성되어 있으며, 렌즈 그룹(910) 내의 나머지 모든 렌즈들은 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(918)는 렌즈(920)와 함께 PN 이중렌즈를 형성한다.
- [0223] 렌즈 그룹(913)은 렌즈(928 및 930)들을 포함한다. 두 개의 렌즈(928) 및 렌즈(930)는 모두 용융 실리카로 형성되어 있다.
- [0224] 렌즈 그룹(912)은 렌즈(932, 934, 936, 938, 및 940)를 포함한다. 렌즈(932, 934, 및 938)는 CaF_2 로 형성되어 있으며, 렌즈(936)는 용융 실리카로 형성되어 있고 렌즈(940)는 BK7 유리로 형성되어 있다. 렌즈(934 및 936)는 제 1 PN 이중렌즈를 형성한다. 렌즈(938 및 940)는 제 2 PN 이중렌즈를 형성한다.
- [0225] 렌즈 그룹(914)은 평면(906)에 대하여 렌즈 그룹(912)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(942, 944, 946, 948, 및 950)는 렌즈(940, 938, 936, 934, 및 932)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0226] 렌즈 그룹(915)은 평면(906)에 대하여 렌즈 그룹(913)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(952 및 954)는 렌즈(930 및 928)과 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0227] 렌즈 그룹(916)은 평면(906)에 대하여 렌즈 그룹(910)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(956, 958, 960, 962, 및 964)는 렌즈(926, 924, 922, 920, 및 918)과 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0228] 광학 렌즈 시스템(900)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 7에 도시되어 있다. 물체 평면(902)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(904)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(902)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(904)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. 광학 렌즈 시스템(900)에 있는 각각의 렌즈면은 구면이다. "두께"로 표시된 표 7의 행은 광축(908)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(804)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 파장에 대해 제공된 것이다.
- [0229] 도 12를 참조하면, 여섯 개의 렌즈 그룹을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템의 예가 광학 렌즈 시스템(1000)이다. 광학 렌즈 시스템(1000)은, 광학 렌즈 시스템(1000)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(1006)을 통해 물체 평면(1002)으로부터 이미지 평면(1004)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템은 1,375mm의 초점 길이를 가지며 이미지 평면(1004)에서 0.2의 최대 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(1000)은 텔레센트릭하며 1의 배율을 갖는다.
- [0230] 광학 렌즈 시스템(1000)은 0.3의 M_a 값, 0.88의 M_b 값, 및 0.34의 Γ 비를 갖는다.
- [0231] 광학 렌즈 시스템(1000)은 렌즈 그룹(1010, 1013, 1012, 1020, 1023, 및 1022)들을 포함한다. 렌즈 그룹(1010, 1012, 1020, 및 1022)들은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹(1013 및 1023)들은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹에 있는 렌즈들의 각각은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 축(1008)을 중심으로 회전 대칭이다.
- [0232] 렌즈 그룹(1010)은 렌즈(1018, 1020, 1022, 1024, 및 1026)들을 포함한다. 렌즈(1018)는 LLF-1 유리로 형성되어 있으며, 렌즈 그룹(1010) 내의 나머지 모든 렌즈들은 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(1018)는 렌즈(1020)와 함께 PN 이중렌즈를 형성한다.
- [0233] 렌즈 그룹(1013)은 렌즈(1028 및 1030)들을 포함한다. 두 개의 렌즈(1028) 및 렌즈(1030)는 모두 용융 실리카로 형성되어 있다.
- [0234] 렌즈 그룹(1012)은 렌즈(1032, 1034, 1036, 1038, 및 1040)들을 포함한다. 렌즈(1032, 1034, 및 1038)는 CaF_2

로 형성되어 있으며, 렌즈(1036)는 용융 실리카로 형성되어 있고 렌즈(1040)는 LLF-1 유리로 형성되어 있다. 렌즈(1034 및 1036)는 제 1 PN 이중렌즈를 형성한다. 렌즈(1038 및 1040)는 제 2 PN 이중렌즈를 형성한다.

[0235] 렌즈 그룹(1014)은 평면(1006)에 대하여 렌즈 그룹(1012)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1042, 1044, 1046, 1048, 및 1050)는 렌즈(1040, 1038, 1036, 1034, 및 1032)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0236] 렌즈 그룹(1015)은 평면(1006)에 대하여 렌즈 그룹(1013)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1052 및 1054)는 렌즈(1030 및 1028)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0237] 렌즈 그룹(1016)은 평면(1006)에 대하여 렌즈 그룹(1010)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1056, 1058, 1060, 1062, 및 1064)는 렌즈(1026, 1024, 1022, 1020, 및 1018)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0238] 광학 렌즈 시스템(1000)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 8a에 도시되어 있다. 물체 평면(1002)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(1004)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(1002)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(1004)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. "두께"로 표시된 표 8a의 행은 광축(1008)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(1004)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 광장에 대해 제공된 것이다.

[0239] 광학 렌즈 시스템(1000)에 있는 렌즈들의 표면들 중 일부는 비구면이다. 특히, 표면(1028b, 1036b, 1046a, 및 1054a)은 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(1000)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 광학 렌즈 시스템(1000)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한 수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 8b에 도시되어 있다.

[0240] 도 13을 참조하면, 여섯 개의 렌즈 그룹을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템의 예가 광학 렌즈 시스템(1100)이다. 광학 렌즈 시스템(1100)은, 광학 렌즈 시스템(1100)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(1106)을 통해 물체 평면(1102)으로부터 이미지 평면(1104)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템은 1,375mm의 초점 길이를 가지며 이미지 평면(1104)에서 0.2의 최대 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(1100)은 텔레센트릭하며 1의 배율을 갖는다.

[0241] 광학 렌즈 시스템(1100)은 0.28의 M_a 값, 0.88의 M_b 값, 및 0.32의 Γ 비를 갖는다.

[0242] 광학 렌즈 시스템(1100)은 렌즈 그룹(1110, 1113, 1112, 1120, 1123, 및 1122)들을 포함한다. 렌즈 그룹(1110, 1112, 1120, 및 1122)들은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹(1113 및 1123)들은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹에 있는 렌즈들의 각각은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 축(1108)을 중심으로 회전 대칭이다.

[0243] 렌즈 그룹(1110)은 렌즈(1118, 1120, 1122, 1124, 및 1126)들을 포함한다. 렌즈(1118)는 LLF-1 유리로 형성되어 있으며, 렌즈 그룹(1110) 내의 나머지 모든 렌즈들은 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(1118)는 렌즈(1120)와 함께 PN 이중렌즈를 형성한다.

[0244] 렌즈 그룹(1113)은 렌즈(1128 및 1130)를 포함한다. 두 개의 렌즈(1128) 및 렌즈(1130)는 모두 용융 실리카로 형성되어 있다.

[0245] 렌즈 그룹(1112)은 렌즈(1132, 1134, 1136, 1138, 및 1140)들을 포함한다. 렌즈(1132, 1134, 및 1138)는 CaF₂로 형성되어 있으며, 렌즈(1136)는 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(1140)는 BK7 유리로 형성되어 있다. 렌즈(1134 및 1136)는 제 1 PN 이중렌즈를 형성한다. 렌즈(1138 및 1140)는 제 2 PN 이중렌즈를 형성한다.

[0246] 렌즈 그룹(1114)은 평면(1106)에 대하여 렌즈 그룹(1112)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1142, 1144, 1146, 1148, 및 1150)는 렌즈(1140, 1138, 1136, 1134, 및 1132)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0247] 렌즈 그룹(1115)은 평면(1106)에 대하여 렌즈 그룹(1113)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1152 및 1154)는 렌즈(1130 및 1128)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0248] 렌즈 그룹(1116)은 평면(1106)에 대하여 렌즈 그룹(1110)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1156,

1158, 1160, 1162, 및 1164)는 렌즈(1126, 1124, 1122, 1120, 및 1118)과 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0249] 광학 렌즈 시스템(1100)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 9a에 도시되어 있다. 물체 평면(1102)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(1104)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(1102)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(1104)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. "두께"로 표시된 표 9a의 행은 광축(1108)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(1104)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 파장에 대해 제공된 것이다.

[0250] 광학 렌즈 시스템(1100)에 있는 렌즈들의 표면들 중 일부는 비구면이다. 특히, 표면(1128b, 1136b, 1146a, 및 1154a)은 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(1100)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 광학 렌즈 시스템(1100)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한 수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 9b에 도시되어 있다.

[0251] 도 14를 참조하면, 여섯 개의 렌즈 그룹을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템의 예가 광학 렌즈 시스템(1200)이다. 광학 렌즈 시스템(1200)은, 광학 렌즈 시스템(1200)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(1206)을 통해 물체 평면(1202)으로부터 이미지 평면(1204)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템은 1,526mm의 초점 길이를 가지며 이미지 평면(1204)에서 0.16의 최대 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(1200)은 텔레센트릭하며 1의 배율을 갖는다.

[0252] 광학 렌즈 시스템(1200)은 0.23의 M_a 값, 0.89의 M_b 값, 및 0.26의 Γ 비를 갖는다.

[0253] 광학 렌즈 시스템(1200)은 렌즈 그룹(1210, 1213, 1212, 1220, 1223, 및 1222)들을 포함한다. 렌즈 그룹(1210, 1212, 1220, 및 1222)들은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹(1213 및 1223)들은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹에 있는 렌즈들의 각각은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 축(1208)을 중심으로 회전 대칭이다.

[0254] 렌즈 그룹(1210)은 렌즈(1218, 1220, 1222, 1224, 및 1226)들을 포함한다. 렌즈(1218)는 LLF-1 유리로 형성되어 있으며, 렌즈 그룹(1210) 내의 나머지 모든 렌즈들은 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(1218)는 렌즈(1220)와 함께 PN 이중렌즈를 형성한다.

[0255] 렌즈 그룹(1213)은 렌즈(1228 및 1230)를 포함한다. 렌즈(1228)는 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(1230)는 LLF-1 유리로 형성되어 있다.

[0256] 렌즈 그룹(1212)은 렌즈(1232, 1234, 1236, 1238, 및 1240)들을 포함한다. 렌즈(1232, 1234, 및 1238)는 CaF₂로 형성되어 있으며, 렌즈(1236 및 1240)는 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(1234 및 1236)는 제 1 PN 이중렌즈를 형성한다. 렌즈(1238 및 1240)는 제 2 PN 이중렌즈를 형성한다.

[0257] 렌즈 그룹(1214)은 평면(1206)에 대하여 렌즈 그룹(1212)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1242, 1244, 1246, 1248, 및 1250)는 렌즈(1240, 1238, 1236, 1234, 및 1232)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0258] 렌즈 그룹(1215)은 평면(1206)에 대하여 렌즈 그룹(1213)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1252 및 1254)는 렌즈(1230 및 1228)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0259] 렌즈 그룹(1216)은 평면(1206)에 대하여 렌즈 그룹(1210)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1256, 1258, 1260, 1262, 및 1264)는 렌즈(1226, 1224, 1222, 1220, 및 1218)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.

[0260] 광학 렌즈 시스템(1200)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 10에 도시되어 있다. 물체 평면(1202)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(1204)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(1202)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(1204)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. 광학 렌즈 시스템(1200)에 있는 각각의 렌즈면은 구면이다. "두께"로 표시된 표 10의 행은 광축(1208)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(1204)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 파장에 대해 제공된 것이다.

- [0261] 도 15를 참조하면, 여섯 개의 렌즈 그룹을 구비하는 결상 광학 렌즈 시스템의 예가 광학 렌즈 시스템(1300)이다. 광학 렌즈 시스템(1300)은, 광학 렌즈 시스템(1300)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(1306)을 통해 물체 평면(1302)으로부터 이미지 평면(1304)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템은 1,522mm의 초점 길이를 가지며 이미지 평면(1304)에서 0.16의 최대 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(1300)은 텔레센트릭하며 1의 배율을 갖는다.
- [0262] 광학 렌즈 시스템(1300)은 0.25의 M_a 값, 0.89의 M_b 값, 및 0.28의 Γ 비를 갖는다.
- [0263] 광학 렌즈 시스템(1300)은 렌즈 그룹(1310, 1313, 1312, 1320, 1323, 및 1322)들을 포함한다. 렌즈 그룹(1310, 1312, 1320, 및 1322)들은 포지티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹(1313 및 1323)들은 네가티브의 광학적 굴절력을 갖는다. 렌즈 그룹에 있는 렌즈들의 각각은 도시된 좌표계에서 z-축에 평행한 축(1308)을 중심으로 회전 대칭이다.
- [0264] 렌즈 그룹(1310)은 렌즈(1318, 1320, 1322, 1324, 및 1326)들을 포함한다. 렌즈(1318)는 LLF-1 유리로 형성되어 있으며, 렌즈 그룹(1310) 내의 나머지 모든 렌즈들은 용융 실리카로 형성되어 있다. 렌즈(1318)는 렌즈(1320)와 함께 PN 이중렌즈를 형성한다.
- [0265] 렌즈 그룹(1313)은 렌즈(1328 및 1330)들을 포함한다. 두 개의 렌즈(1328) 및 렌즈(1330)는 모두 용융 실리카로 형성되어 있다.
- [0266] 렌즈 그룹(1312)은 렌즈(1332, 1334, 1336, 1338, 및 1340)들을 포함한다. 렌즈(1332, 1334, 및 1338)는 CaF₂로 형성되어 있다. 렌즈(1336)는 용융 실리카로 형성되어 있으며 렌즈(1340)는 LLF-1으로 형성되어 있다. 렌즈(1334 및 1336)는 제 1 PN 이중렌즈를 형성한다. 렌즈(1338 및 1340)는 제 2 PN 이중렌즈를 형성한다.
- [0267] 렌즈 그룹(1314)은 평면(1306)에 대하여 렌즈 그룹(1312)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1342, 1344, 1346, 1348, 및 1350)는 렌즈(1340, 1338, 1336, 1334, 및 1332)와 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0268] 렌즈 그룹(1315)은 평면(1306)에 대하여 렌즈 그룹(1313)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1352 및 1354)는 렌즈(1330 및 1328)과 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0269] 렌즈 그룹(1316)은 평면(1306)에 대하여 렌즈 그룹(1310)과 대칭적으로 배치되어 있다. 따라서, 렌즈(1356, 1358, 1360, 1362, 및 1364)는 렌즈(1326, 1324, 1322, 1320, 및 1318)과 동일한 재료들 및 동일한 모양으로 각각 형성되어 있다.
- [0270] 광학 렌즈 시스템(1300)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터는 표 11에 도시되어 있다. 물체 평면(1302)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(1304)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(1302)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(1304)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. 광학 렌즈 시스템(1300)에 있는 각각의 렌즈면은 구면이다. "두께"로 표시된 표 11의 행은 광축(1308)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(1304)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 파장에 대해 제공된 것이다.
- [0271] 도 16을 참조하면, 광학 렌즈 시스템(1600)은 결상 광학 렌즈 시스템의 다른 예이다. 광학 렌즈 시스템(1600)은, 광학 렌즈 시스템(1600)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(1606)을 통해 물체 평면(1602)으로부터 이미지 평면(1604)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템은 1,948mm의 초점 길이를 갖고 이미지 평면(1604)에서 0.2의 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(1600)은 텔레센트릭하며 1의 배율과 52mm × 66mm의 필드 크기를 갖는다. 따라서, Γ 비의 계산을 위한 최대 필드 크기는 $d_{max} = \sqrt{(52/2)^2 + (66/2)^2} = 42\text{mm}$ 이다.
- [0272] 광학 렌즈 시스템(1600)은 0.28의 M_a 값, 0.88의 M_b 값, 및 0.32의 Γ 비를 갖는다.
- [0273] 광학 렌즈(1600)의 컴퓨터 모델링은 0부터 40W까지의 입력 파워 범위에 대해 다음의 렌즈 가열로 유발된 수차들을 나타내었다:
- [0274] 최대 비점수차 변화: 150nm/W;

- [0275] 피크-대-밸리 초점 평면 편차 변화: 273nm/W;
- [0276] 피크-대-밸리 필드 만곡 변화: 232nm/W;
- [0277] 축상 비점수차 변화: -52nm/W;
- [0278] 최대 왜곡 변화: 5nm/W.
- [0279] 광학 렌즈 시스템(1600)은 렌즈(1618, 1620, 1622, 1624, 1626, 1628, 1630, 1632, 1634, 1636, 1638, 1640, 1642, 1644, 1648, 1650, 1652, 1654, 및 1656)들을 포함한다. 광학 렌즈 시스템(1600)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터 및 렌즈 구성이 표 12a에 도시되어 있다. 물체 평면(1602)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(1604)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(1602)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(1604)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. "두께"로 표시된 표 12a의 행은 광축(1608)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(1604)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 파장에 대해 제공된 것이다.
- [0280] 광학 렌즈 시스템(1600)에 있는 렌즈들의 표면들 중 일부는 비구면이다. 특히, 표면(1620b, 1622b, 1626b, 1628a, 1634b, 1640a, 1646b, 1648a, 1652a, 및 1654a)들은 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(1600)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 비구면들은 표 12b에서 형태 "AS"를 갖는 것으로서 식별된다. 광학 렌즈 시스템(1600)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한 수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 12b에 도시되어 있다.
- [0281] 각각의 렌즈면에 대한 $|SA/CA|$ 의 값들이 표 12c에 제공되어 있다.
- [0282] 도 17을 참조하면, 광학 렌즈 시스템(1700)은 결상 광학 렌즈 시스템의 또 다른 예이다. 광학 렌즈 시스템(1700)은, 광학 렌즈 시스템(1700)의 동공 평면과 대응하는 대칭 평면(1706)을 통해 물체 평면(1702)으로부터 이미지 평면(1704)으로 물체를 결상시키도록 구성된다. 광학 렌즈 시스템(1700)은 이미지 평면(1704)에서 0.16의 개구수를 제공한다. 또한, 광학 렌즈 시스템(1700)은 텔레센트릭하며, 1의 배율과 52mm×66mm의 필드 크기를 갖는다. 따라서, $d_{max} = 42mm$ 이다.
- [0283] 광학 렌즈 시스템(1700)은 0.39의 M_a 값, 0.92의 M_b 값, 및 0.42의 Γ 비를 갖는다.
- [0284] 광학 렌즈(1700)의 컴퓨터 모델링은 0부터 40W까지의 입력 파워 범위에 대해 다음의 렌즈 가열로 유발된 수차들을 나타내었다:
- [0285] 최대 비점수차 변화: 362nm/W;
- [0286] 피크-대-밸리 초점 평면 편차 변화: 703nm/W;
- [0287] 피크-대-밸리 필드 만곡 변화: 583nm/W;
- [0288] 축상 비점수차 변화: -119nm/W;
- [0289] 최대 왜곡 변화: 9nm/W.
- [0290] 광학 렌즈 시스템(1700)은 렌즈(1718, 1720, 1722, 1724, 1726, 1728, 1730, 1732, 1734, 1736, 1738, 1740, 1742, 1744, 1748, 1750, 1752, 1754, 1756, 1758, 및 1760)들을 포함한다. 광학 렌즈 시스템(1700)에 있는 렌즈들 각각의 표면들의 각각에 대한 곡률 반경을 포함하는 렌즈 데이터 및 렌즈 구성이 표 13a에 도시되어 있다. 물체 평면(1702)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "a"로 표시되어 있으며 이미지 평면(1704)과 대향하는 각각의 렌즈의 표면은 문자 "b"로 표시되어 있다. 렌즈면의 곡률 중심이 물체 평면(1702)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 음(-)이다. 렌즈면의 곡률 중심이 이미지 평면(1704)과 동일한 렌즈면 쪽에 있다면, 렌즈면의 곡률 반경은 양(+)이다. "두께"로 표시된 표 17a의 행은 광축(1708)을 따라 측정된 것으로서, 그 표면으로부터 이미지 평면(1704)의 방향으로 인접한 렌즈면까지의 거리를 나타낸다. 굴절률 값들은 365nm의 파장에 대해 제공된 것이다.
- [0291] 광학 렌즈 시스템(1700)에 있는 렌즈들의 표면들 중 일부는 비구면이다. 특히, 표면(1720b, 1730a, 1738b, 1740a, 1748b, 및 1758a)들은 비구면이다. 광학 렌즈 시스템(1700)에 있는 다른 렌즈면들은 구면이다. 비구면들은 표 13b에서 형태 "AS"를 갖는 것으로 식별된다. 광학 렌즈 시스템(1700)에 있는 렌즈들의 비구면들에 대한

수학식 1에 대응하는 비구면 상수들이 표 13b에 도시되어 있다.

[0292] 각각의 렌즈면에 대한 $|SA/CA|$ 의 값들이 표 13c에 제공되어 있다.

[0293] 다른 실시예들은 다음의 특허청구범위에 있다.

표 1

필드 크기	$0.02 \leq NA_{max} < 0.07$	$0.07 \leq NA_{max} < 0.13$	$0.13 \leq NA_{max} < 0.18$	$0.18 \leq NA_{max} < 0.25$
$7 \text{ mm} \leq d_{max} \leq 16 \text{ mm}$	$0.23 < \Gamma \leq 0.33$	$0.35 < \Gamma \leq 0.47$	$0.43 < \Gamma \leq 0.55$	$0.46 < \Gamma \leq 0.57$
$16 \text{ mm} < d_{max} \leq 27 \text{ mm}$	$0.16 < \Gamma \leq 0.23$	$0.25 < \Gamma \leq 0.35$	$0.33 < \Gamma \leq 0.43$	$0.38 < \Gamma \leq 0.46$
$27 \text{ mm} < d_{max} \leq 36 \text{ mm}$	$0.12 < \Gamma \leq 0.16$	$0.19 < \Gamma \leq 0.25$	$0.27 < \Gamma \leq 0.33$	$0.31 < \Gamma \leq 0.38$
$36 \text{ mm} < d_{max} \leq 42 \text{ mm}$	$0.11 < \Gamma \leq 0.12$	$0.18 < \Gamma \leq 0.19$	$0.25 < \Gamma \leq 0.27$	$0.29 < \Gamma \leq 0.31$

[0294]

표 2a

표면	곡률 반경 (mm)	형태	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
102	0.00000000e+00		4.81220577e+01	AIR	1.00000000e+00	4.200e+01
118a	-1.37163991e+02		1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	5.000e+01
118b	2.68046442e+03	AS	2.96404134e+01	AIR	1.00000000e+00	5.800e+01
120a	-7.04402373e+01		9.99991191e+00	SILUV	1.47455005e+00	5.600e+01
120b	-1.05369956e+03		3.58048026e+00	AIR	1.00000000e+00	8.200e+01
122a	-7.23118004e+02		4.11079582e+01	LLF1	1.57932005e+00	9.000e+01
122b	-1.15979087e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	9.500e+01
124a	4.21912949e+02	AS	4.73423762e+01	LLF1	1.57932005e+00	1.100e+02
124b	-1.86155801e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.100e+02
126a	-5.18615573e+02	AS	1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	1.070e+02
126b	4.69166378e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.070e+02
128a	1.28407790e+02		4.51525616e+01	LLF1	1.57932005e+00	1.020e+02
128b	7.86664518e+02	AS	1.71244007e+02	AIR	1.00000000e+00	9.600e+01
130a	-1.36979166e+02	AS	1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
130b	1.54365594e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
132a	1.00838829e+02		3.30000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
132b	-6.83500721e+01		0.00000000e+01	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
134a	-6.83500721e+01		1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
134b	1.54346348e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
136a	1.15721725e+02		2.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
136b	-1.43444316e+02	AS	1.16200856e+01	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
138a	1.43444316e+02	AS	2.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
138b	-1.15721725e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
140a	-1.54346348e+02		1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
140b	6.83500721e+01		0.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
142a	6.83500721e+01		3.30000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
142b	-1.00838829e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
144a	-1.54346348e+02		1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
144b	1.36979166e+02	AS	1.71244007e+02	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
146a	-7.86664518e+02	AS	4.51525616e+01	LLF1	1.57932005e+00	9.600e+01
146b	-1.28407790e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.020e+02
148a	-4.69166378e+02		1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	1.070e+02
148b	5.18615573e+02	AS	1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.070e+02
150a	1.86155801e+02		4.73423762e+01	LLF1	1.57932005e+00	1.100e+02
150b	-4.21912949e+02	AS	1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.100e+02
152a	1.15979087e+02		4.11079582e+01	LLF1	1.57932005e+00	9.500e+01
152b	7.23118004e+02		3.58048026e+00	AIR	1.00000000e+00	9.000e+01
154a	1.05369956e+03		9.99991191e+00	SILUV	1.47455005e+00	8.200e+01
154b	7.04402373e+01		2.96404134e+01	AIR	1.00000000e+00	5.600e+01
156a	-2.68046442e+03	AS	1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	5.800e+01
156b	1.37163991e+02		4.81224477e+01	AIR	1.00000000e+00	5.000e+01

[0295]

표 2b

표면	118b	124a	126a	128b	130a
CC	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₁	-2.70066387e-07	-6.84722869e-08	4.63743763e-08	8.03142288e-08	-1.37530444e-07
C ₂	3.78396235e-11	-4.25228527e-13	3.17941021e-12	1.24159547e-12	1.83982401e-12
C ₃	2.48445426e-16	1.52283147e-16	-5.11975502e-17	-3.59789562e-17	1.37522279e-15
C ₄	4.23149777e-19	-4.67204568e-21	7.60852057e-22	2.49994642e-21	1.02582272e-18
C ₅	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₆	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₇	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₈	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₉	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
표면	136b	138a	144b	146a	148b
CC	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₁	1.38417562e-07	-1.38417562e-07	1.37530444e-07	-8.03142288e-08	-4.63743763e-08
C ₂	2.71948361e-11	-2.71948361e-11	-1.83982401e-12	-1.24159547e-12	-3.17941021e-12
C ₃	4.53134967e-15	-4.53134967e-15	-1.37522279e-15	3.59789562e-17	5.11975502e-17
C ₄	-5.47235420e-19	5.47235420e-19	-1.02582272e-18	-2.49994642e-21	-7.60852057e-22
C ₅	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₆	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₇	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₈	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
C ₉	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00	0.00000000e+00
표면	150b	156a			
CC	0.00000000e+00	0.00000000e+00			
C ₁	6.84722869e-08	2.70066387e-07			
C ₂	4.25228527e-13	-3.78396235e-11			
C ₃	-1.52283147e-16	-2.48445426e-16			
C ₄	4.67204568e-21	-4.23149777e-19			
C ₅	0.00000000e+00	0.00000000e+00			
C ₆	0.00000000e+00	0.00000000e+00			
C ₇	0.00000000e+00	0.00000000e+00			
C ₈	0.00000000e+00	0.00000000e+00			
C ₉	0.00000000e+00	0.00000000e+00			

표 3a

표면	곡률 반경 (mm)	형태	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
202	0.00000000e+00		5.48734864e+01	AIR	1.00000000e+00	4.200e+01
218a	-1.32698774e+02		1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	5.000e+01
218b	3.77198602e+03	AS	2.70834077e+01	AIR	1.00000000e+00	5.800e+01
220a	-7.21732606e+01		9.99996966e+00	SILUV	1.47455005e+00	5.600e+01
220b	-2.89920496e+04		3.98757605e+00	AIR	1.00000000e+00	8.200e+01
222a	-1.46846778e+03		3.84242606e+01	LLF1	1.57932005e+00	9.000e+01
222b	-1.19832810e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	9.500e+01
224a	4.19926570e+02	AS	4.31299293e+01	LLF1	1.57932005e+00	1.100e+02
224b	-1.82888071e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.100e+02
226a	-5.96372972e+02	AS	1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	1.070e+02
226b	4.78340357e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.070e+02
228a	1.29506584e+02		4.02559245e+01	LLF1	1.57932005e+00	1.020e+02
228b	7.72708728e+02	AS	1.78237690e+02	AIR	1.00000000e+00	9.600e+01
230a	-1.30731779e+02	AS	1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
230b	1.56194513e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
232a	1.01942142e+02		3.30000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
232b	-7.03869787e+01		0.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
234a	-7.03869787e+01		1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
234b	1.56194244e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
236a	1.15464365e+02		2.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
236b	-1.39754365e+02	AS	1.20152969e+01	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
238a	1.39754365e+02	AS	2.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
238b	-1.15464365e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
240a	-1.56194244e+02		1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
240b	7.03869787e+01		0.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
242a	7.03869787e+01		3.30000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	4.500e+01
242b	-1.01942142e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
244a	-1.56194244e+02		1.00000000e+01	LLF1	1.57932005e+00	4.500e+01
244b	1.30731779e+02	AS	1.78237690e+02	AIR	1.00000000e+00	4.500e+01
246a	-7.72708728e+02	AS	4.02559245e+01	LLF1	1.57932005e+00	9.600e+01
246b	-1.29506584e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.020e+02
248a	-4.78340357e+02		1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	1.070e+02
248b	5.96372972e+02	AS	1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.070e+02
250a	1.82888071e+02		4.31299293e+01	LLF1	1.57932005e+00	1.100e+02
250b	-4.19926570e+02	AS	1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	1.100e+02
252a	1.19832810e+02		3.84242606e+01	LLF1	1.57932005e+00	9.500e+01
252b	1.46846778e+03		3.98757605e+00	AIR	1.00000000e+00	9.000e+01
254a	2.89920496e+04		9.99996966e+00	SILUV	1.47455005e+00	8.200e+01
254b	7.21732606e+01		2.70834077e+01	AIR	1.00000000e+00	5.600e+01
256a	-3.77198602e+03	AS	1.00000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	5.800e+01
256b	1.32698774e+02		5.48737146e+01	AIR	1.00000000e+00	5.000e+01

표 3b

표면	218b	224a	226a	228b	230a
CC	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₁	-2.59722980e-07	-6.91914714e-08	5.14143149e-08	8.41397300e-08	-1.35581207e-07
C ₂	3.38879598e-11	-5.90320344e-13	3.67036624e-12	9.10627316e-13	1.21285787e-13
C ₃	6.85692115e-16	1.54142948e-16	-4.07951568e-17	-4.00030551e-17	1.47150542e-15
C ₄	2.33900113e-19	-4.59059241e-21	2.26633961e-22	3.79483434e-21	1.09033148e-18
C ₅	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₆	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₇	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₈	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₉	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
표면	236b	238a	244b	246a	248b
CC	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₁	1.46017945e-07	-1.46017945e-07	1.35581207e-07	-8.41397300e-08	-5.14143149e-08
C ₂	2.90569192e-11	-2.90569192e-11	-1.21285787e-13	-9.10627316e-13	-3.67036624e-12
C ₃	3.60737279e-15	-3.60737279e-15	-1.47150542e-15	4.00030551e-17	4.07951568e-17
C ₄	-1.79224288e-19	1.79224288e-19	-1.09033148e-18	-3.79483434e-21	-2.26633961e-22
C ₅	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₆	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₇	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₈	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
C ₉	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00	0.0000000e+00
표면	250b	256a			
CC	0.0000000e+00	0.0000000e+00			
C ₁	6.91914714e-08	2.59722980e-07			
C ₂	5.90320344e-13	-3.38879598e-11			
C ₃	-1.54142948e-16	-6.85692115e-16			
C ₄	4.59059241e-21	-2.33900113e-19			
C ₅	0.0000000e+00	0.0000000e+00			
C ₆	0.0000000e+00	0.0000000e+00			
C ₇	0.0000000e+00	0.0000000e+00			
C ₈	0.0000000e+00	0.0000000e+00			
C ₉	0.0000000e+00	0.0000000e+00			

[0298]

표 4a

표면	곡률 반경 (mm)	형태	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
302	0.0000000e+00		4.49992248e+01	AIR	1.0000000e+00	42.0
318a	-9.83948989e+01	AS	1.0000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	48.8
318b	-7.91219829e+02		2.56155587e+01	AIR	1.0000000e+00	54.9
320a	-8.19665406e+01		1.63923290e+01	SILUV	1.47455005e+00	56.9
320b	-1.38852318e+02		9.99737823e-01	AIR	1.0000000e+00	69.1
322a	1.73825469e+04		4.19957437e+01	SILUV	1.47455005e+00	80.5
322b	-1.21336650e+02		1.0000000e+00	AIR	1.0000000e+00	83.6
324a	2.06680985e+02	AS	3.58975943e+01	SILUV	1.47455005e+00	90.4
324b	-4.90301169e+02		1.0000000e+00	AIR	1.0000000e+00	90.1
326a	1.25668844e+02		3.25531005e+01	SILUV	1.47455005e+00	83.7
326b	4.21023390e+02		5.44862022e+01	AIR	1.0000000e+00	80.6
328a	-2.439090350e+02	AS	9.99994016e+00	SILUV	1.47455005e+00	63.5
328b	1.25682286e+02		1.27344813e+02	AIR	1.0000000e+00	57.5
330a	-1.67071132e+02	AS	7.0000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	54.1
330b	2.38307401e+02		9.99336534e-01	AIR	1.0000000e+00	56.2
332a	1.16024868e+02		4.43493562e+01	CAFUV	1.44491323e+00	59.1
332b	-9.98311300e+01		1.32955642e+00	AIR	1.0000000e+00	58.9
334a	-9.75816342e+01		7.0000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	58.4
334b	1.71980397e+02	AS	9.92401525e-02	AIR	1.0000000e+00	58.6
336a	1.41179057e+02		3.19385563e+01	CAFUV	1.44491323e+00	59.3
336b	-1.83456627e+02		9.99949351e+00	AIR	1.0000000e+00	59.5
338a	1.83456627e+02		3.19385563e+01	CAFUV	1.44491323e+00	59.5
338b	-1.41179057e+02		9.92401525e-02	AIR	1.0000000e+00	59.3
340a	-2.38537153e+02	AS	7.0000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	58.6
340b	9.75816342e+01		1.32955642e+00	AIR	1.0000000e+00	58.4
342a	9.98311300e+01		4.43493562e+01	CAFUV	1.44491323e+00	58.9
342b	-1.16024868e+02		9.99336534e-01	AIR	1.0000000e+00	59.1
344a	-2.38307401e+02		7.0000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	56.2
344b	1.67071132e+02	AS	1.27344813e+02	AIR	1.0000000e+00	54.1
346a	-1.25682286e+02		9.99994016e+00	SILUV	1.47455005e+00	57.5
346b	2.43990350e+02	AS	5.44862022e+01	AIR	1.0000000e+00	63.4
348a	-4.21023390e+02		3.25531005e+01	SILUV	1.47455005e+00	80.6
348b	-1.25668844e+02		1.0000000e+00	AIR	1.0000000e+00	83.7
350a	4.90301169e+02		3.58975943e+01	SILUV	1.47455005e+00	90.0
350b	-2.06680985e+02	AS	1.0000000e+00	AIR	1.0000000e+00	90.4
352a	1.21336650e+02		4.19957437e+01	SILUV	1.47455005e+00	83.6
352b	-1.73825469e+04		9.99737823e-01	AIR	1.0000000e+00	80.5
354a	1.38852318e+02		1.63923290e+01	SILUV	1.47455005e+00	69.1
354b	8.19665406e+01		2.56155587e+01	AIR	1.0000000e+00	56.9
356a	7.91219829e+02		1.0000000e+01	SILUV	1.47455005e+00	54.9
356b	9.83948989e+01	AS	4.49992248e+01	AIR	1.0000000e+00	48.7

[0299]

표 4b

표면	318a	324a	328a	330a	334b
CC	0	0	0	0	0
C ₁	0	0	0	0	0
C ₂	2.258341e-07	-4.343082e-08	-1.081026e-07	7.094568e-08	2.595889e-07
C ₃	-1.906710e-11	2.018085e-12	1.989980e-11	-2.286484e-11	-5.680232e-12
C ₄	-1.035766e-14	-1.405321e-16	2.177477e-16	-1.299277e-15	2.061329e-15
C ₅	1.016534e-17	9.500322e-21	-4.577578e-19	1.212881e-18	-1.011288e-18
C ₆	-8.969855e-21	-8.651639e-25	1.639235e-22	-6.679002e-22	5.301579e-22
C ₇	4.078566e-24	6.341420e-29	-4.432664e-26	1.663016e-25	-1.619427e-25
C ₈	-1.018593e-27	-2.847522e-33	6.815710e-30	-1.330706e-29	2.641944e-29
C ₉	1.015099e-31	2.625852e-38	-4.293616e-34	-1.189795e-33	-1.801675e-33
표면	340a	344b	346b	350b	356b
CC	0	0	0	0	0
C ₁	0	0	0	0	0
C ₂	-2.595889e-07	-7.094568e-08	1.081026e-07	4.343082e-08	-2.258341e-07
C ₃	5.680232e-12	2.286484e-11	-1.989980e-11	-2.018085e-12	1.906710e-11
C ₄	-2.061329e-15	1.299277e-15	-2.177477e-16	1.405321e-16	1.035766e-14
C ₅	1.011288e-18	-1.212881e-18	4.577578e-19	-9.500322e-21	-1.016534e-17
C ₆	-5.301579e-22	6.679002e-22	-1.639235e-22	8.651639e-25	8.969855e-21
C ₇	1.619427e-25	-1.663016e-25	4.432664e-26	-6.341420e-29	-4.078566e-24
C ₈	-2.641944e-29	1.330706e-29	-6.815710e-30	2.847522e-33	1.018593e-27
C ₉	1.801675e-33	1.189795e-33	4.293616e-34	-2.625852e-38	-1.015099e-31

[0300]

표 5a

표면	곡률 반경 (mm)	형태	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
402	0.00000000e+00		4.00000000e+01	AIR	1.00000000e+00	42.0
418a	-9.99525336e+01		1.30292896e+01	LLF1	1.57932005e+00	47.7
418b	-6.99294764e+01		5.11329958e+00	AIR	1.00000000e+00	49.3
420a	-8.02102778e+01		9.95050863e+00	SILUV	1.47455005e+00	49.2
420b	-6.40160814e+02	AS	1.65290658e+01	AIR	1.00000000e+00	54.6
422a	-8.86316450e+01		4.73916027e+01	SILUV	1.47455005e+00	54.7
422b	-1.46202017e+02	AS	1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	74.0
424a	2.56009461e+02		3.29982438e+01	SILUV	1.47455005e+00	85.5
424b	-2.88346747e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	85.9
426a	1.59513715e+02		3.28094100e+01	SILUV	1.47455005e+00	84.6
426b	-4.85046273e+02	AS	9.17604655e+01	AIR	1.00000000e+00	83.1
428a	-4.04768357e+02	AS	9.99454097e+00	SILUV	1.47455005e+00	57.6
428b	1.13338203e+02		9.79115943e+01	AIR	1.00000000e+00	53.8
430a	-2.21127325e+02		7.00000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	57.0
430b	2.55071101e+02		9.80230573e-01	AIR	1.00000000e+00	59.4
432a	1.26103272e+02		5.00977095e+01	CAFUV	1.44491323e+00	62.5
432b	-1.11045143e+02		1.04715898e+00	AIR	1.00000000e+00	62.6
434a	-1.08188037e+02		7.00000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	62.4
434b	2.30990432e+02	AS	1.46516574e+00	AIR	1.00000000e+00	63.5
436a	1.58316130e+02		3.19746840e+01	CAFUV	1.44491323e+00	64.5
436b	-1.63517428e+02		1.99718204e+00	AIR	1.00000000e+00	64.8
438a	1.63517428e+02		3.19746840e+01	CAFUV	1.44491323e+00	64.7
438b	-1.58316130e+02		1.46516574e+00	AIR	1.00000000e+00	64.5
440a	-2.30990432e+02	AS	7.00000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	63.5
440b	1.08188037e+02		1.04715898e+00	AIR	1.00000000e+00	62.4
442a	1.11045143e+02		5.00977095e+01	CAFUV	1.44491323e+00	62.6
442b	-1.26103272e+02		9.80230573e-01	AIR	1.00000000e+00	62.5
444a	-2.55071101e+02		7.00000000e+00	SILUV	1.47455005e+00	59.4
444b	2.21127325e+02		9.79115943e+01	AIR	1.00000000e+00	56.9
446a	-1.13338203e+02		9.99454097e+00	SILUV	1.47455005e+00	53.8
446b	4.04768357e+02	AS	9.17604655e+01	AIR	1.00000000e+00	57.6
448a	4.85046273e+02	AS	3.28094100e+01	SILUV	1.47455005e+00	83.1
448b	-1.59513715e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	84.6
450a	2.88346747e+02		3.29982438e+01	SILUV	1.47455005e+00	85.9
450b	-2.56009461e+02		1.00000000e+00	AIR	1.00000000e+00	85.5
452a	1.46202017e+02	AS	4.73916027e+01	SILUV	1.47455005e+00	74.0
452b	8.86316450e+01		1.65290658e+01	AIR	1.00000000e+00	54.7
454a	6.40160814e+02	AS	9.95050863e+00	SILUV	1.47455005e+00	54.6
454b	8.02102778e+01		5.11329958e+00	AIR	1.00000000e+00	49.2
456a	6.99294764e+01		1.30292896e+01	LLF1	1.47455005e+00	49.3
456b	9.99525336e+01		4.00000000e+01	AIR	1.00000000e+00	47.7

[0301]

표 5b

표면	420b	422b	426b	428a	434b
CC	0	0	0	0	0
C ₁	0	0	0	0	0
C ₂	-1.471278e-07	1.384667e-08	1.140753e-07	3.904134e-08	1.621903e-07
C ₃	3.821584e-11	-1.188191e-11	5.572952e-12	-4.020572e-12	3.015132e-12
C ₄	-1.751915e-15	-3.194922e-16	-1.323554e-15	-1.378776e-15	2.608037e-16
C ₅	4.078997e-19	6.538807e-20	1.078720e-19	4.212583e-19	-1.233553e-19
C ₆	-2.208901e-22	-2.254772e-24	-4.485745e-24	-6.438074e-23	2.455384e-23
C ₇	1.730620e-26	-3.678634e-28	9.755013e-29	5.710778e-27	-2.090486e-27
C ₈	0	0	0	0	0
C ₉	0	0	0	0	0
표면	440a	446b	448a	452a	454a
CC	0	0	0	0	0
C ₁	0	0	0	0	0
C ₂	-1.621903e-07	-3.904134e-08	-1.140753e-07	-1.384667e-08	1.471278e-07
C ₃	-3.015132e-12	4.020572e-12	-5.572952e-12	1.188191e-11	-3.821584e-11
C ₄	-2.608037e-16	1.378776e-15	1.323554e-15	3.194922e-16	1.751915e-15
C ₅	1.233553e-19	-4.212583e-19	-1.078720e-19	-6.538807e-20	-4.078997e-19
C ₆	-2.455384e-23	6.438074e-23	4.485745e-24	2.254772e-24	2.208901e-22
C ₇	2.090486e-27	-5.710778e-27	-9.755013e-29	3.678634e-28	-1.730620e-26
C ₈	0	0	0	0	0
C ₉	0	0	0	0	0

[0302]

표 5c

표면	$ \text{SA/CA} '$	표면	$ \text{SA/CA} '$
418a	0.17	438a	1.00
418b	0.19	438b	0.95
420a	0.21	440a	0.95
420b	0.23	440b	0.94
422a	0.27	442a	0.93
422b	0.33	442b	0.86
424a	0.35	444a	0.85
424b	0.36	444b	0.84
426a	0.37	446a	0.58
426b	0.39	446b	0.56
428a	0.56	448a	0.39
428b	0.58	448b	0.37
430a	0.84	450a	0.36
430b	0.85	450b	0.33
432a	0.86	452a	0.33
432b	0.93	452b	0.27
434a	0.94	454a	0.23
434b	0.95	454b	0.21
436a	0.95	456a	0.19
436b	1.00	456b	0.17

[0303]

표 6a

표면	곡률 반경 (mm)	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
802	0.00000	31.00000	AIR	1.0000000	42.000
DS	0.00000	0.738915	AIR	1.0000000	47.104
818a	-1386.716234	19.227955	LLF1	1.57931548	47.094
818b	-121.305114	1.699229	AIR	1.0000000	48.257
820a	-130.174964	6.998303	SiO2	1.47458786	48.093
820b	272.791152	28.886226	AIR	1.0000000	49.823
822a	-90.045309	28.917045	SiO2	1.47458786	51.585
822b	-135.363404	1.360964	AIR	1.0000000	62.382
824a	6155.057669	29.275288	SiO2	1.47458786	67.306
824b	-139.550094	0.899164	AIR	1.0000000	69.286
826a	401.571842	21.383701	SiO2	1.47458786	69.707
826b	-460.590884	167.119731	AIR	1.0000000	69.251
828a	-222.584826	11.633677	SiO2	1.47458786	45.497
828b	178.118622	32.259267	AIR	1.0000000	44.909
830a	-73.302848	11.982081	SiO2	1.47458786	45.802
830b	-1891.079945	0.933695	AIR	1.0000000	53.893
832a	934.771604	35.031495	CAF2	1.44491236	55.374
832b	-93.530438	0.899071	AIR	1.0000000	58.778
834a	2332.011485	30.112767	CAF2	1.44491236	60.039
834b	-148.096624	7.469957	AIR	1.0000000	60.545
836a	-110.309788	6.997917	SiO2	1.47458786	60.126
836b	-232.642067	0.898370	AIR	1.0000000	61.828
838a	277.876744	29.983730	CAF2	1.44491236	62.202
838b	-152.278510	2.307181	AIR	1.0000000	61.662
840a	-150.671145	6.996035	SiO2	1.47458786	60.892
840b	-745.217397	0.488251	AIR	1.0000000	60.113
DS	0.00000	0.00000	AIR	1.0000000	59.936
DS	0.00000	0.488251	AIR	1.0000000	59.936
842a	745.217397	6.996035	SiO2	1.47458786	60.237
842b	150.671145	2.307181	AIR	1.0000000	61.017
844a	152.278510	29.983730	CAF2	1.44491236	61.789
844b	-277.876744	0.898370	AIR	1.0000000	62.324
846a	232.642067	6.997917	SiO2	1.47458786	61.943
846b	110.309788	7.469957	AIR	1.0000000	60.231
848a	148.096624	30.112767	CAF2	1.44491236	60.647
848b	-2332.011485	0.899071	AIR	1.0000000	60.140
850a	93.530438	35.031495	CAF2	1.44491236	58.869
850b	-934.771604	0.933695	AIR	1.0000000	55.478
852a	1891.079945	11.982081	SiO2	1.47458786	53.989
852b	73.302848	32.259267	AIR	1.0000000	45.863
854a	-178.118622	11.633677	SiO2	1.47458786	44.972
854b	222.584826	167.119731	AIR	1.0000000	45.556
856a	460.590884	21.383701	SiO2	1.47458786	69.292
856b	-401.571842	0.899164	AIR	1.0000000	69.746
858a	139.550094	29.275288	SiO2	1.47458786	69.320
858b	-6155.057669	1.360964	AIR	1.0000000	67.341
860a	135.363404	28.917045	SiO2	1.47458786	62.406
860b	90.045309	28.886226	AIR	1.0000000	51.600
862a	-272.791152	6.998303	SiO2	1.47458786	49.838
862b	130.174964	1.699229	AIR	1.0000000	48.104
864a	121.305114	19.227955	LLF1	1.57931548	48.267
864b	1386.716234	0.738915	AIR	1.0000000	47.102
DS	0.00000	31.00000	AIR	1.0000000	47.112
804	0.00000	0.00000	AIR	1.0000000	42.002

[0304]

표 6b

표면	$ SA/CA '$	표면	$ SA/CA '$
818a	0.11	842a	0.99
818b	0.11	842b	0.99
820a	0.15	844a	0.95
820b	0.15	844b	0.95
822a	0.17	846a	0.94
822b	0.24	846b	0.92
824a	0.28	848a	0.89
824b	0.28	848b	0.89
826a	0.31	850a	0.83
826b	0.31	850b	0.83
828a	0.33	852a	0.81
828b	0.69	852b	0.71
830a	0.71	854a	0.69
830b	0.81	854b	0.33
832a	0.83	856a	0.31
832b	0.83	856b	0.31
834a	0.89	858a	0.28
834b	0.89	858b	0.28
836a	0.92	860a	0.24
836b	0.94	860b	0.17
838a	0.95	862a	0.15
838b	0.95	862b	0.15
840a	0.99	864a	0.11
840b	0.99	864b	0.11

[0305]

표 7

표면	곡률 반경 (mm)	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
902	0.000000	31.000000	AIR	1.00000000	42.000
DS	0.000000	-0.052414	AIR	1.00000000	47.184
918a	5049.159359	19.405392	LLF1	1.57923042	47.212
918b	-135.041281	0.899619	AIR	1.00000000	48.254
920a	-166.620099	6.999679	SiO2	1.47458786	48.091
920b	240.984838	28.710190	AIR	1.00000000	49.173
922a	-89.999203	29.913324	SiO2	1.47458786	50.683
922b	-151.740549	0.899136	AIR	1.00000000	61.567
924a	-3003.828750	27.312859	SiO2	1.47458786	65.347
924b	-139.016314	2.212690	AIR	1.00000000	67.431
926a	456.789285	26.478155	SiO2	1.47458786	68.347
926b	-287.360963	145.855106	AIR	1.00000000	68.034
928a	-169.244521	7.191640	SiO2	1.47458786	45.075
928b	182.330024	30.672386	AIR	1.00000000	44.831
930a	-79.043244	10.296350	SiO2	1.47458786	45.903
930b	758.586589	1.864795	AIR	1.00000000	53.575
932a	602.238753	33.160633	CAF2	1.44491236	54.789
932b	-104.420400	1.256671	AIR	1.00000000	58.436
934a	15343.026605	29.509667	CAF2	1.44491236	60.922
934b	-119.107703	9.505350	AIR	1.00000000	61.974
936a	-110.634076	14.322295	SiO2	1.47458786	60.657
936b	-254.500321	7.729440	AIR	1.00000000	63.391
938a	301.147710	34.000543	CAF2	1.44491236	64.396
938b	-153.984686	2.482179	AIR	1.00000000	63.912
940a	-150.762017	7.023992	BK7	1.53626700	63.207
940b	-367.549175	6.850325	AIR	1.00000000	63.128
DS	0.000000	0.000000	AIR	1.00000000	61.862
DS	0.000000	6.850325	AIR	1.00000000	61.862
942a	367.549175	7.023992	BK7	1.53626700	63.128
942b	150.762017	2.482179	AIR	1.00000000	63.207
944a	153.984686	34.000543	CAF2	1.44491236	63.911
944b	-301.147710	7.729440	AIR	1.00000000	64.395
946a	254.500321	14.322295	SiO2	1.47458786	63.391
946b	110.634076	9.505350	AIR	1.00000000	60.656
948a	119.107703	29.509667	CAF2	1.44491236	61.973
948b	-15343.026605	1.256671	AIR	1.00000000	60.921
950a	104.420400	33.160633	CAF2	1.44491236	58.435
950b	-602.238753	1.864795	AIR	1.00000000	54.788
952a	-758.586589	10.296350	SiO2	1.47458786	53.573
952b	79.043244	30.672386	AIR	1.00000000	45.902
954a	-182.330024	7.191640	SiO2	1.47458786	44.830
954b	169.244521	145.855106	AIR	1.00000000	45.074
956a	287.360963	26.478155	SiO2	1.47458786	68.029
956b	-456.789285	2.212690	AIR	1.00000000	68.341
958a	139.016314	27.312859	SiO2	1.47458786	67.425
958b	-3003.828750	0.899136	AIR	1.00000000	65.341
960a	151.740549	29.913324	SiO2	1.47458786	61.562
960b	89.999203	28.710190	AIR	1.00000000	50.679
962a	-240.984838	6.999679	SiO2	1.47458786	49.169
962b	166.620099	0.899619	AIR	1.00000000	48.087
964a	135.041281	19.405392	LLF1	1.57923042	48.250
964b	-5049.159359	-0.052414	AIR	1.00000000	47.207
DS	0.000000	31.000000	AIR	1.00000000	47.179
904	0.000000	0.000000	AIR	1.00000000	42.004

[0306]

표 8a

표면	곡률 반경 (mm)	두께 (mm)	재료	굴절률	반 직경 (mm)
1002	0.000000	31.000000	AIR	1.00000000	42.000
DS	0.000000	2.064129	AIR	1.00000000	48.692
1018a	-714.483756	32.318968	LLF1	1.57923042	48.778
1018b	-102.459806	8.526314	AIR	1.00000000	51.968
1020a	-105.305325	7.021587	SIO2	1.47458786	51.212
1020b	336.481472	28.089807	AIR	1.00000000	54.246
1022a	-109.269539	29.828747	SIO2	1.47458786	56.410
1022b	-180.351479	0.898273	AIR	1.00000000	68.304
1024a	-1965.401386	32.962557	SIO2	1.47458786	72.884
1024b	-128.914358	0.898605	AIR	1.00000000	75.336
1026a	175.630563	29.241898	SIO2	1.47458786	77.015
1026b	-1970.532738	122.727577	AIR	1.00000000	75.736
1028a	-127.514984	6.998827	SIO2	1.47458786	51.960
1028b	142.262522	27.886577	AIR	1.00000000	52.268
1030a	-128.294477	6.985983	SIO2	1.47458786	53.639
1030b	-8693.312028	2.583224	AIR	1.00000000	59.776
1032a	370.184114	35.353675	CAF2	1.44491236	64.121
1032b	-122.567730	0.896552	AIR	1.00000000	66.768
1034a	-1865.188090	32.094770	CAF2	1.44491236	68.898
1034b	-115.779082	8.691016	AIR	1.00000000	69.769
1036a	-101.998197	6.997042	SIO2	1.47458786	68.450
1036b	315.525402	3.235522	AIR	1.00000000	74.753
1038a	314.026847	48.494379	CAF2	1.44491236	75.821
1038b	-117.310257	0.891835	AIR	1.00000000	77.488
1040a	-214.048188	8.330389	LLF1	1.57923042	75.068
1040b	-245.512561	0.481755	AIR	1.00000000	75.546
DS	0.000000	0.000000	AIR	1.00000000	74.130
DS	0.000000	0.481755	AIR	1.00000000	74.130
1042a	245.512561	8.330389	LLF1	1.57923042	75.546
1042b	214.048188	0.891835	AIR	1.00000000	75.068
1044a	117.310257	48.494379	CAF2	1.44491236	77.489
1044b	-314.026847	3.235522	AIR	1.00000000	75.821
1046a	-315.525402	6.997042	SIO2	1.47458786	74.754
1046b	101.998197	8.691016	AIR	1.00000000	68.450
1048a	115.779082	32.094770	CAF2	1.44491236	69.770
1048b	1865.188090	0.896552	AIR	1.00000000	68.899
1050a	122.567730	35.353675	CAF2	1.44491236	66.769
1050b	-370.184114	2.583224	AIR	1.00000000	64.121
1052a	8693.312028	6.985983	SIO2	1.47458786	59.777
1052b	128.294477	27.886577	AIR	1.00000000	53.640
1054a	-142.262522	6.998827	SIO2	1.47458786	52.269
1054b	127.514984	122.727577	AIR	1.00000000	51.961
1056a	1970.532738	29.241898	SIO2	1.47458786	75.740
1056b	-175.630563	0.898605	AIR	1.00000000	77.019
1058a	128.914358	32.962557	SIO2	1.47458786	75.339
1058b	-1965.401386	0.898273	AIR	1.00000000	72.887
1060a	180.351479	29.282747	SIO2	1.47458786	68.307
1060b	109.269539	28.089807	AIR	1.00000000	56.413
1062a	-336.481472	7.021587	SIO2	1.47458786	54.249
1062b	105.305325	8.526314	AIR	1.00000000	51.215
1064a	102.459806	32.318968	LLF1	1.57923042	51.971
1064b	714.483756	2.064129	AIR	1.00000000	48.781
DS	0.000000	31.000000	AIR	1.00000000	48.695
1004	0.000000	0.000000	AIR	0.00000000	42.003

[0307]

표 8b

상수/표면	1028b	1036b	1046a	1054a
CC	0	0	0	0
C1	1.385482e-07	3.132832e-08	-3.132832e-08	-1.385482e-07
C2	8.632193e-12	-1.100556e-12	1.100556e-12	-8.632193e-12
C3	-3.842467e-16	1.921077e-17	-1.921077e-17	3.842467e-16
C4	-1.972976e-19	-8.639391e-21	8.639391e-21	1.972976e-19
C5	2.360589e-23	1.290805e-24	-1.290805e-24	-2.360589e-23
C6	-5.264560e-27	-6.807570e-29	6.807570e-29	5.264560e-27
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

[0308]

표 9a

표면	곡률 반경 (mm)	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
1102	0.000000	31.000000	AIR	1.00000000	42.000
DS	0.000000	1.085991	AIR	1.00000000	48.670
1118a	-1074.953079	20.088390	LLF1	1.57931548	48.666
1118b	-118.099773	10.319949	AIR	1.00000000	50.183
1120a	-127.174617	6.998791	SiO2	1.47458786	49.878
1120b	264.036905	27.735334	AIR	1.00000000	52.505
1122a	-111.004381	29.912785	SiO2	1.47458786	54.779
1122b	-209.615108	0.899258	AIR	1.00000000	67.124
1124a	-2354.298761	33.297268	SiO2	1.47458786	71.314
1124b	-124.332341	0.899107	AIR	1.00000000	73.944
1126a	229.098524	28.325494	SiO2	1.47458786	76.189
1126b	-541.124133	131.560464	AIR	1.00000000	75.455
1128a	-155.658339	6.998803	SiO2	1.47458786	52.550
1128b	193.514951	31.900420	AIR	1.00000000	52.538
1130a	-82.534830	10.807916	SiO2	1.47458786	53.238
1130b	-1636.143905	2.529714	AIR	1.00000000	63.231
1132a	934.469453	37.477816	CAF2	1.44491236	66.398
1132b	-107.665507	0.897636	AIR	1.00000000	69.402
1134a	-601.835449	31.283513	CAF2	1.44491236	71.599
1134b	-114.555018	5.922061	AIR	1.00000000	72.617
1136a	-102.993837	6.998457	SiO2	1.47458786	72.035
1136b	-237.160165	0.899542	AIR	1.00000000	76.019
1138a	229.843953	44.798197	CAF2	1.44491236	78.312
1138b	-152.565575	5.374336	AIR	1.00000000	77.788
1140a	-141.400299	6.996843	BK7	1.53626700	75.850
1140b	-410.001369	0.491920	AIR	1.00000000	75.907
DS	0.000000	0.000000	AIR	1.00000000	75.161
DS	0.000000	0.491920	AIR	1.00000000	75.161
1142a	410.001369	6.996843	BK7	1.53626700	75.907
1142b	141.400299	5.374336	AIR	1.00000000	75.850
1144a	152.565575	44.798197	CAF2	1.44491236	77.789
1144b	-229.843953	0.899542	AIR	1.00000000	78.313
1146a	237.160165	6.998457	SiO2	1.47458786	76.019
1146b	102.993837	5.922061	AIR	1.00000000	72.035
1148a	114.555018	31.283513	CAF2	1.44491236	72.617
1148b	601.835449	0.897636	AIR	1.00000000	71.599
1150a	107.665507	37.477816	CAF2	1.44491236	69.403
1150b	-934.469453	2.529714	AIR	1.00000000	66.399
1152a	1636.143905	10.807916	SiO2	1.47458786	63.231
1152b	82.534830	31.900420	AIR	1.00000000	53.239
1154a	-193.514951	6.998803	SiO2	1.47458786	52.539
1154b	155.658339	131.560464	AIR	1.00000000	52.550
1156a	541.124133	28.325494	SiO2	1.47458786	75.457
1156b	-229.098524	0.899107	AIR	1.00000000	76.192
1158a	124.332341	33.297268	SiO2	1.47458786	73.946
1158b	-2354.298761	0.899258	AIR	1.00000000	71.317
1160a	209.615108	29.912785	SiO2	1.47458786	67.127
1160b	111.004381	27.735334	AIR	1.00000000	54.781
1162a	-264.036905	6.998791	SiO2	1.47458786	52.508
1162b	127.174617	10.319949	AIR	1.00000000	49.880
1164a	118.099773	20.088390	LLF1	1.57931548	50.183
1164b	1074.953079	1.085991	AIR	1.00000000	48.669
DS	0.000000	31.000000	AIR	1.00000000	48.672
1104	0.000000	0.000000	AIR	1.00000000	42.002

[0309]

표 9b

상수/표면	1128b	1136b	1146a	1154a
CC	0	0	0	0
C1	3.367069e-08	2.187427e-09	-2.187427e-09	-3.367069e-08
C2	-2.130639e-12	-1.705387e-13	1.705387e-13	2.130639e-12
C3	2.373851e-16	-4.255783e-17	4.255783e-17	-2.373851e-16
C4	-6.778203e-19	1.915530e-21	-1.915530e-21	6.778203e-19
C5	2.002439e-22	-1.032764e-24	1.032764e-24	-2.002439e-22
C6	-3.257132e-26	-2.394367e-29	2.394367e-29	3.257132e-26
C7	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C8	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00
C9	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00

[0310]

표 10

표면	곡률 반경 (mm)	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
1202	0.000000	34.000000	AIR	1.00000000	42.000
DS	0.000000	0.129009	AIR	1.00000000	47.717
1218a	-2822.625506	19.779989	LLF1	1.57931548	47.671
1218b	-111.432935	4.292833	AIR	1.00000000	48.678
1220a	-112.313771	6.983415	SIO2	1.47458786	48.197
1220b	263.662579	29.009885	AIR	1.00000000	50.079
1222a	-91.049421	16.611623	SIO2	1.47458786	51.862
1222b	-155.044025	0.876111	AIR	1.00000000	59.456
1224a	-2105.236338	26.377392	SIO2	1.47458786	63.429
1224b	-126.111515	0.886241	AIR	1.00000000	65.520
1226a	514.537706	22.633438	SIO2	1.47458786	67.129
1226b	-248.337642	163.426725	AIR	1.00000000	67.160
1228a	-124.641106	6.987651	SIO2	1.47458786	45.553
1228b	152.690677	31.238755	AIR	1.00000000	46.463
1230a	-80.796014	12.165293	LLF1	1.57931548	48.249
1230b	-99.544326	17.929417	AIR	1.00000000	53.292
1232a	-495.858897	21.966586	CAF2	1.44491236	61.406
1232b	-128.239150	12.130589	AIR	1.00000000	63.448
1234a	3242.978846	30.070885	CAF2	1.44491236	65.975
1234b	-118.360906	2.375005	AIR	1.00000000	66.449
1236a	-116.506616	6.987333	SIO2	1.47458786	65.842
1236b	-994.982554	0.956154	AIR	1.00000000	67.523
1238a	222.776965	38.034869	CAF2	1.44491236	68.456
1238b	-148.207715	2.336758	AIR	1.00000000	67.877
1240a	-143.867700	6.951350	SIO2	1.47458786	67.098
1240b	-882.424034	0.362841	AIR	1.00000000	66.310
DS	0.000000	0.000000	AIR	1.00000000	66.049
DS	0.000000	0.362841	AIR	1.00000000	66.049
1242a	882.424034	6.951350	SIO2	1.47458786	66.310
1242b	143.867700	2.336758	AIR	1.00000000	67.098
1244a	148.207715	38.034869	CAF2	1.44491236	67.876
1244b	-222.776965	0.956154	AIR	1.00000000	68.455
1246a	994.982554	6.987333	SIO2	1.47458786	67.522
1246b	116.506616	2.375005	AIR	1.00000000	65.841
1248a	118.360906	30.070885	CAF2	1.44491236	66.448
1248b	-3242.978846	12.130589	AIR	1.00000000	65.974
1250a	128.239150	21.966586	CAF2	1.44491236	63.446
1250b	495.858897	17.929417	AIR	1.00000000	61.405
1252a	99.544326	12.165293	LLF1	1.57931548	53.291
1252b	80.796014	31.238755	AIR	1.00000000	48.247
1254a	-152.690677	6.987651	SIO2	1.47458786	46.461
1254b	124.641106	163.426725	AIR	1.00000000	45.551
1256a	248.337642	22.633438	SIO2	1.47458786	67.152
1256b	-514.537706	0.886241	AIR	1.00000000	67.120
1258a	126.111515	26.377392	SIO2	1.47458786	65.512
1258b	2105.236338	0.876111	AIR	1.00000000	63.420
1260a	155.044025	16.611623	SIO2	1.47458786	59.448
1260b	91.049421	29.009885	AIR	1.00000000	51.856
1262a	-263.662579	6.983415	SIO2	1.47458786	50.072
1262b	112.313771	4.292833	AIR	1.00000000	48.190
1264a	111.432935	19.779989	LLF1	1.57931548	48.670
1264b	2822.625506	0.129009	AIR	1.00000000	47.664
DS	0.000000	34.000000	AIR	1.00000000	47.710
1204	0.000000	0.000000	AIR	1.00000000	42.007

표 11

표면	곡률 반경 (mm)	두께 (mm)	재료	굴절률	반직경 (mm)
1302	0.000000	34.000000	AIR	1.0000000	42.000
DS	0.000000	0.467159	AIR	1.0000000	47.783
1318a	-1785.908234	18.692487	LLFI	1.57923042	47.754
1318b	-119.190867	8.319861	AIR	1.0000000	48.792
1320a	-123.985300	6.927511	SiO ₂	1.47458786	48.130
1320b	220.658080	29.122679	AIR	1.0000000	50.048
1322a	-95.784025	38.778204	SiO ₂	1.47458786	52.043
1322b	-147.539869	0.793173	AIR	1.0000000	66.205
1324a	2466.384582	29.377437	SiO ₂	1.47458786	71.606
1324b	-148.054271	0.856573	AIR	1.0000000	73.329
1326a	447.173248	22.796444	SiO ₂	1.47458786	73.986
1326b	-356.283964	173.838552	AIR	1.0000000	73.655
1328a	-177.042387	8.188143	SiO ₂	1.47458786	45.684
1328b	212.704934	27.637678	AIR	1.0000000	45.331
1330a	-81.128231	7.144835	SiO ₂	1.47458786	45.982
1330b	552.956939	1.174463	AIR	1.0000000	52.222
1332a	398.409595	29.376607	CAF2	1.44491236	53.284
1332b	-99.244661	0.871867	AIR	1.0000000	55.519
1334a	1504.458490	27.725727	CAF2	1.44491236	57.085
1334b	-100.775118	2.691105	AIR	1.0000000	57.477
1336a	-97.251847	6.897972	SiO ₂	1.47458786	56.820
1336b	-339.226928	0.800439	AIR	1.0000000	58.163
1338a	497.347850	20.951171	CAF2	1.44491236	58.309
1338b	-253.759354	6.364884	AIR	1.0000000	58.035
1340a	-160.262958	11.460067	LLFI	1.57923042	57.695
1340b	-182.498637	0.245522	AIR	1.0000000	58.360
DS	0.000000	0.000000	AIR	1.0000000	57.234
DS	0.000000	0.245522	AIR	1.0000000	57.234
1342a	182.498637	11.460067	LLFI	1.57923042	58.360
1342b	160.262958	6.364884	AIR	1.0000000	57.694
1344a	253.759354	20.951171	CAF2	1.44491236	58.034
1344b	-497.347850	0.800439	AIR	1.0000000	58.309
1346a	339.226928	6.897972	SiO ₂	1.47458786	58.163
1346b	97.251847	2.691105	AIR	1.0000000	56.819
1348a	100.775118	27.725727	CAF2	1.44491236	57.476
1348b	-1504.458490	0.871867	AIR	1.0000000	57.084
1350a	99.244661	29.376607	CAF2	1.44491236	55.517
1350b	-398.409595	1.174463	AIR	1.0000000	53.282
1352a	-552.956939	7.144835	SiO ₂	1.47458786	52.220
1352b	81.128231	27.637678	AIR	1.0000000	45.981
1354a	-212.704934	8.188143	SiO ₂	1.47458786	45.329
1354b	177.042387	173.838552	AIR	1.0000000	45.682
1356a	356.283964	22.796444	SiO ₂	1.47458786	73.646
136b	-447.173248	0.856573	AIR	1.0000000	73.978
1358a	148.054271	29.377437	SiO ₂	1.47458786	73.320
1358b	-2466.384582	0.793173	AIR	1.0000000	71.596
1360a	147.539869	38.778204	SiO ₂	1.47458786	66.197
1360b	95.784025	29.122679	AIR	1.0000000	52.037
1362a	-220.658080	6.927511	SiO ₂	1.47458786	50.041
1362b	123.985300	8.319861	AIR	1.0000000	48.124
1364a	119.190867	18.692487	LLFI	1.57923042	48.785
1364b	1785.908234	0.467159	AIR	1.0000000	47.747
DS	0.000000	34.000000	AIR	1.0000000	47.776
1304	0.000000	0.000000	AIR	1.0000000	42.007

[0312]

표 12a

표면	곡률 반경 (mm)	형태	두께 (mm)	재료	굴절률	반 직경 (mm)
1602	0		4,00E+01	AIR	1,000000E+00	47,71
1618a	-9,25E+01		1,20E+01	LLF1	1,579320E+00	49,42
1618b	-7,03E+01		1,01E+00	AIR	1,000000E+00	49,44
1620a	-6,94E+01		1,00E+01	SIO2	1,474550E+00	59,42
1620b	6,83E+02	AS	1,12E+01	AIR	1,000000E+00	59,56
1622a	-1,82E+02		3,82E+01	SIO2	1,474550E+00	75,23
1622b	-2,09E+02	AS	1,00E+00	AIR	1,000000E+00	84,99
1624a	5,28E+02		3,19E+01	SIO2	1,474550E+00	85,89
1624b	-1,88E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	89,76
1626a	1,53E+02		3,99E+01	SIO2	1,474550E+00	89,03
1626b	-2,98E+02	AS	1,28E+02	AIR	1,000000E+00	55,20
1628a	-2,75E+02	AS	1,00E+01	SIO2	1,474550E+00	52,43
1628b	1,27E+02		8,58E+01	AIR	1,000000E+00	56,79
1630a	-4,30E+02		7,00E+00	SIO2	1,474550E+00	58,42
1630b	2,02E+02		3,34E+00	AIR	1,000000E+00	61,83
1632a	1,21E+02		4,01E+01	CAF2	1,444913E+00	61,79
1632b	-1,12E+02		9,99E-01	AIR	1,000000E+00	61,60
1634a	-1,09E+02		7,00E+00	SIO2	1,474550E+00	62,14
1634b	2,24E+02	AS	1,00E+00	AIR	1,000000E+00	63,01
1636a	1,51E+02		2,98E+01	CAF2	1,444913E+00	63,15
1636b	-1,80E+02		9,99E-01	AIR	1,000000E+00	61,55
1606	0,00E+00		9,99E-01	AIR	1,000000E+00	63,15
1638a	1,80E+02		2,98E+01	CAF2	1,444913E+00	63,01
1638b	-1,51E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	62,14
1640a	-2,24E+02	AS	7,00E+00	SIO2	1,474550E+00	61,60
1640b	1,09E+02		9,99E-01	AIR	1,000000E+00	61,79
1642a	1,12E+02		4,01E+01	CAF2	1,444913E+00	61,83
1642b	-1,21E+02		3,34E+00	AIR	1,000000E+00	58,43
1644a	-2,02E+02		7,00E+00	SIO2	1,474550E+00	56,79
1644b	4,30E+02		8,58E+01	AIR	1,000000E+00	52,43
1646a	-1,27E+02		1,00E+01	SIO2	1,474550E+00	55,20
1646b	2,75E+02	AS	1,28E+02	AIR	1,000000E+00	89,03
1648a	2,98E+02	AS	3,99E+01	SIO2	1,474550E+00	89,76
1648b	-1,53E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	85,89
1650a	1,88E+02		3,19E+01	SIO2	1,474550E+00	84,99
1650b	-5,28E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	75,23
1652a	2,09E+02	AS	3,82E+01	SIO2	1,474550E+00	59,56
1652b	1,82E+02		1,12E+01	AIR	1,000000E+00	59,42
1654a	-6,83E+02	AS	1,00E+01	SIO2	1,474550E+00	49,44
1654b	6,94E+01		1,01E+00	AIR	1,000000E+00	49,42
1656a	7,03E+01		1,20E+01	LLF1	1,579320E+00	47,71
1656b	9,25E+01		4,00E+01	AIR	1,000000E+00	42,03

[0313]

표 12b

표면	1620b	1622b	1626b	1628a	1634b
CC	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
C1	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
C2	-3,11300E-07	6,43956E-08	9,00458E-08	2,63248E-08	1,61340E-07
C3	3,61315E-11	-6,76882E-12	4,69245E-12	-5,89732E-12	4,63435E-12
C4	7,37165E-15	-2,06270E-15	3,89533E-17	-1,30451E-16	5,75454E-16
C5	-1,84065E-18	-1,24987E-19	-7,45216E-20	1,77321E-19	-1,96788E-19
C6	3,93145E-22	5,04495E-23	6,31654E-24	-8,04090E-23	3,99005E-23
C7	-4,02537E-26	-4,59886E-27	-1,89918E-28	1,15920E-26	-3,54400E-27
C8	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
C9	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
표면	1640a	1646b	1648a	1652a	1654a
CC	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
C1	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
C2	-1,61340E-07	-2,63248E-08	-9,00458E-08	-6,43956E-08	3,11300E-07
C3	-4,63435E-12	5,89732E-12	-4,69245E-12	6,76882E-12	-3,61315E-11
C4	-5,75454E-16	1,30451E-16	-3,89533E-17	2,06270E-15	-7,37165E-15
C5	1,96788E-19	-1,77321E-19	7,45216E-20	1,24987E-19	1,84065E-18
C6	3,99005E-23	8,04090E-23	-6,31654E-24	-5,04495E-23	-3,93145E-22
C7	3,54400E-27	-1,15920E-26	1,89918E-28	4,59886E-27	4,02537E-26
C8	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
C9	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00

[0314]

표 12c

표면	$ SA/CA '$	표면	$ SA/CA '$
1618a	0,16	1638a	1,00
1618b	0,19	1638b	0,95
1620a	0,19	1640a	0,95
1620b	0,21	1640b	0,93
1622a	0,24	1642a	0,93
1622b	0,28	1642b	0,87
1624a	0,29	1644a	0,86
1624b	0,31	1644b	0,84
1626a	0,32	1646a	0,60
1626b	0,35	1646b	0,58
1628a	0,58	1648a	0,34
1628b	0,60	1648b	0,31
1630a	0,84	1650a	0,31
1630b	0,86	1650b	0,28
1632a	0,87	1652a	0,28
1632b	0,93	1652b	0,24
1634a	0,94	1654a	0,21
1634b	0,95	1654b	0,19
1636a	0,95	1656a	0,19
1636b	1,00	1656b	0,16

[0315]

표 13a

표면	곡률 반경 (mm)	형태	두께 (mm)	재료	굴절률	반 직경 (mm)
1702	0		4,00E+01	AIR	1,000000E+00	50,00
1718a	1,31E+02		2,46E+01	LLF1	1,579320E+00	51,18
1718b	-1,37E+02		6,00E-01	AIR	1,000000E+00	50,97
1720a	-1,35E+02		1,00E+01	SIO2	1,474550E+00	50,80
1720b	7,89E+01	AS	3,85E+01	AIR	1,000000E+00	48,21
1722a	-6,16E+01		3,98E+01	SIO2	1,474550E+00	48,39
1722b	-1,23E+03		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	76,17
1724a	-1,85E+03		3,98E+01	LLF1	1,579320E+00	77,41
1724b	-1,20E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	81,42
1726a	3,61E+02		3,36E+01	LLF1	1,579320E+00	89,03
1726b	-4,46E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	89,19
1728a	1,24E+02		4,00E+01	LLF1	1,579320E+00	84,83
1728b	2,84E+03		5,36E+00	AIR	1,000000E+00	81,99
1730a	-1,71E+03	AS	1,50E+01	SIO2	1,474550E+00	81,99
1730b	1,30E+02		1,52E+02	AIR	1,000000E+00	69,02
1732a	-1,11E+03		7,00E+00	LLF1	1,579320E+00	42,18
1732b	8,78E+01		1,00E-01	AIR	1,000000E+00	40,21
1734a	7,10E+01		2,50E+01	SIO2	1,474550E+00	40,59
1734b	-8,67E+01		2,07E+00	AIR	1,000000E+00	40,27
1736a	-7,78E+01		7,00E+00	LLF1	1,579320E+00	39,51
1736b	1,09E+02		1,00E-01	AIR	1,000000E+00	38,02
1738a	7,84E+01		1,57E+01	SIO2	1,474550E+00	38,42
1738b	-2,47E+02	AS	1,00E+00	AIR	1,444913E+00	38,04
1706	0,00E+00		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	37,57
1740a	2,47E+02	AS	1,57E+01	SIO2	1,474550E+00	38,04
1740b	-7,84E+01		1,00E-01	AIR	1,000000E+00	38,42
1742a	-1,09E+02		7,00E+00	LLF1	1,579320E+00	38,02
1742b	7,78E+01		2,07E+00	AIR	1,000000E+00	39,51
1744a	8,67E+01		2,50E+01	SIO2	1,474550E+00	40,27
1744b	-7,10E+01		1,00E-01	AIR	1,000000E+00	40,59
1746a	-8,78E+01		7,00E+00	LLF1	1,579320E+00	40,21
1746b	1,11E+03		1,52E+02	AIR	1,000000E+00	42,18
1748a	-1,30E+02		1,50E+01	SIO2	1,474550E+00	69,02
1748b	1,71E+03	AS	5,36E+00	AIR	1,000000E+00	81,99
1750a	-2,84E+03		4,00E+01	LLF1	1,579320E+00	81,99
1750b	-1,24E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	84,83
1752a	4,46E+02		3,36E+01	LLF1	1,579320E+00	89,19
1752b	-3,61E+02		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	89,03
1754a	1,20E+02		3,98E+01	LLF1	1,579320E+00	81,42
1754b	1,85E+03		1,00E+00	AIR	1,000000E+00	77,41
1756a	1,23E+03		3,98E+01	SIO2	1,474550E+00	76,17
1756b	6,16E+01		3,85E+01	AIR	1,000000E+00	48,39
1758a	-78,931653	AS	1,00E+01	SIO2	1,474550E+00	48,21
1758b	135,26309		6,00E-01	AIR	1,000000E+00	50,802
1760a	137,492089		24,607034	LLF1	1,579320E+00	50,972
1760b	-131,087892		40	AIR	1,000000E+00	51,177

[0316]

표 13b

표면	1720b	1730a	1738b	1740a	1748b
CC	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000
C1	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000
C2	-5,348304E-07	-7,891070E-08	3,669874E-07	-3,669874E-07	7,891070E-08
C3	3,874388E-11	4,407850E-12	7,729112E-11	-7,729112E-11	-4,407850E-12
C4	-5,668205E-15	1,421355E-16	1,275249E-14	1,275249E-14	-1,421355E-16
C5	-3,960233E-19	-2,853409E-20	-1,768252E-18	1,768252E-18	2,853409E-20
C6	2,902361E-22	1,535014E-24	8,963552E-22	-8,963552E-22	-1,535014E-24
C7	-3,561952E-26	-4,083660E-29	-4,833046E-25	4,833046E-25	4,083660E-29
C8	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000
C9	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000	0,000000E+000
표면	1758a				
CC	0,000000E+000				
C1	0,000000E+000				
C2	5,34830E-07				
C3	-3,87439E-11				
C4	5,66820E-15				
C5	3,96023E-19				
C6	-2,90236E-22				
C7	3,56195E-26				
C8	0,000000E+000				
C9	0,000000E+000				

[0317]

표 13c

표면	$ SA/CA '$	표면	$ SA/CA '$
1718a	0.19	1740a	1.00
1718b	0.23	1740b	0.95
1720a	0.23	1742a	0.95
1720b	0.27	1742b	0.93
1722a	0.36	1744a	0.92
1722b	0.42	1744b	0.87
1724a	0.42	1746a	0.86
1724b	0.44	1746b	0.84
1726a	0.45	1748a	0.52
1726b	0.46	1748b	0.50
1728a	0.47	1750a	0.49
1728b	0.51	1750b	0.47
1730a	0.52	1752a	0.46
1730b	0.52	1752b	0.45
1732a	0.84	1754a	0.44
1732b	0.86	1754b	0.42
1734a	0.86	1756a	0.42
1734b	0.93	1756b	0.36
1736a	0.93	1758a	0.26
1736b	0.95	1758b	0.23
1738a	0.95	1760a	0.23
1738b	1.00	1760b	0.18

[0318]

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0017] 도 2a는 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0018] 도 2b는 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0019] 도 3은 상이한 재료들의 굴절률 및 아베수(Abbe number)를 비교하는 그래프이다.
- [0020] 도 4a는 광학 렌즈 시스템의 일부분의 개략적인 도면이다.
- [0021] 도 4b는 렌즈 시스템의 상이한 영역들을 도시하는 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0022] 도 5는 마이크로리소그래피 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0023] 도 6은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0024] 도 7은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0025] 도 8은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0026] 도 9는 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0027] 도 10은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0028] 도 11은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0029] 도 12는 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0030] 도 13은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0031] 도 14는 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.
- [0032] 도 15는 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.

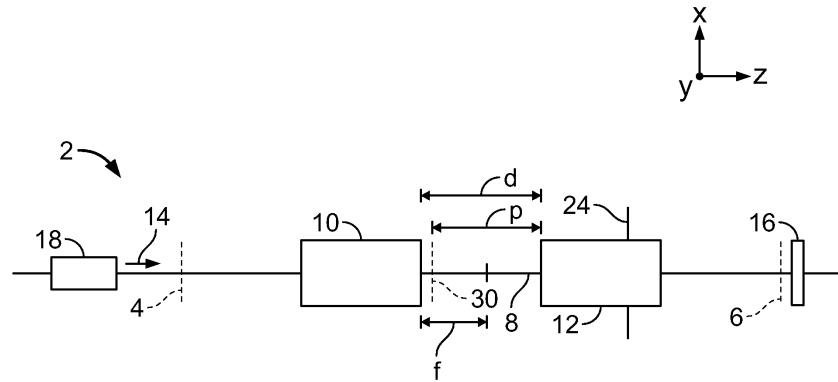
[0033] 도 16은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.

[0034] 도 17은 결상 광학 렌즈 시스템의 일 실시예의 개략적인 도면이다.

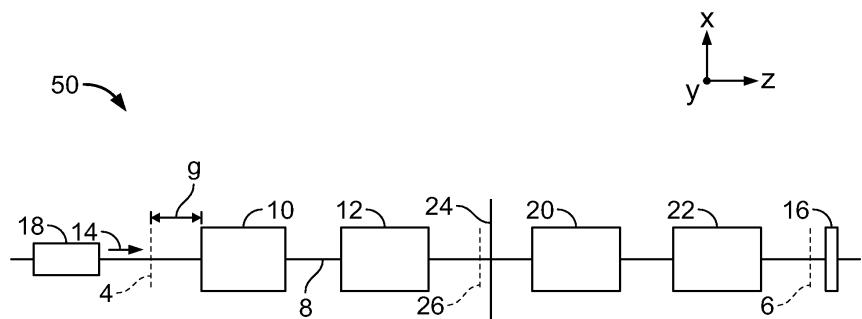
[0035] 다양한 도면들에서 비슷한 참조 부호들은 비슷한 구성 요소를 나타낸다.

도면

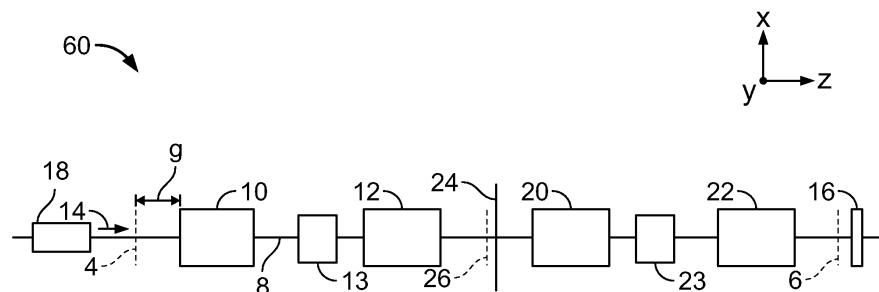
도면1



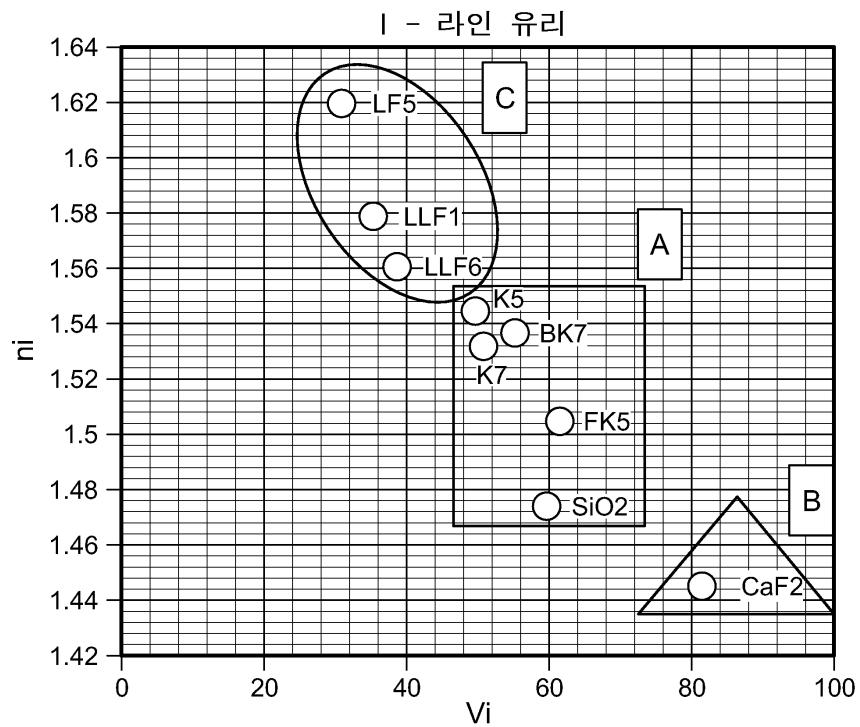
도면2a



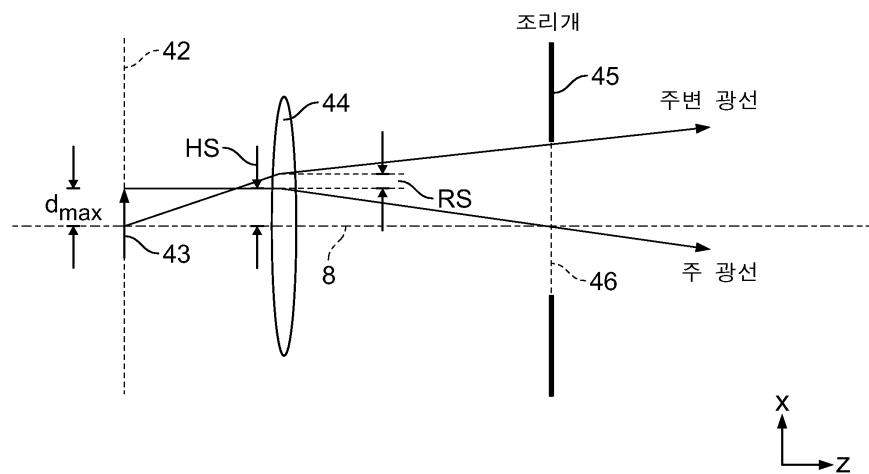
도면2b



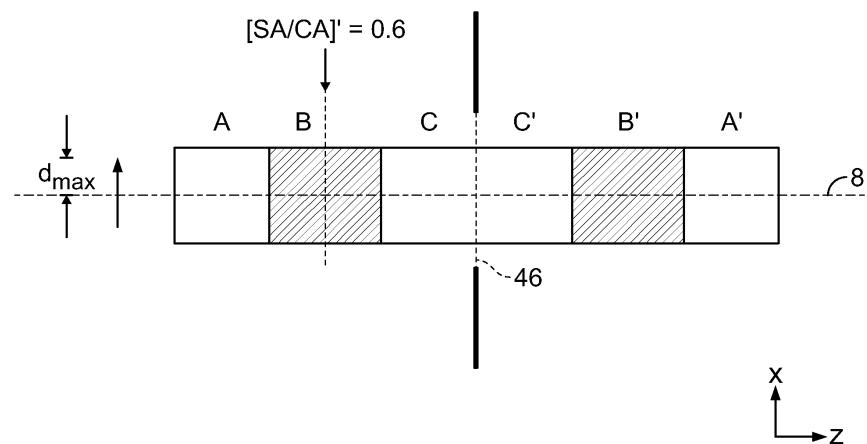
도면3



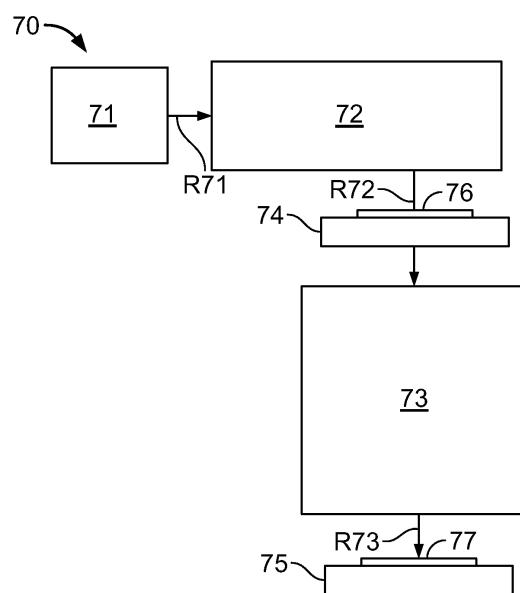
도면4a



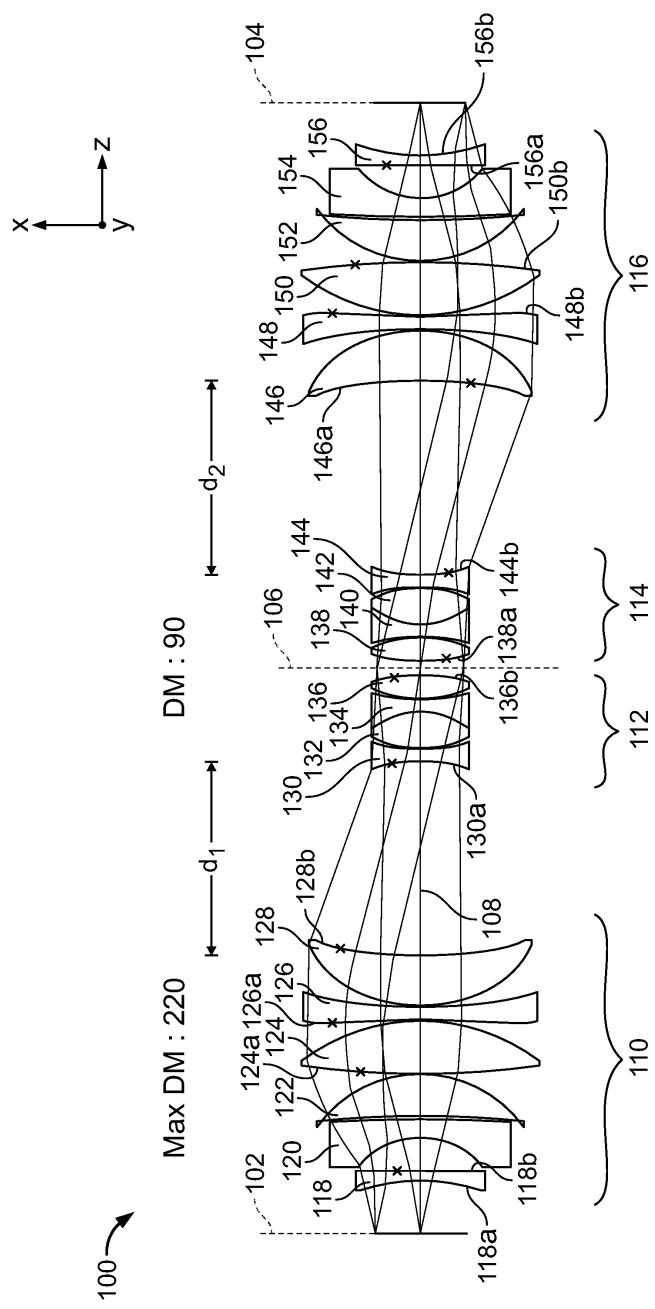
도면4b



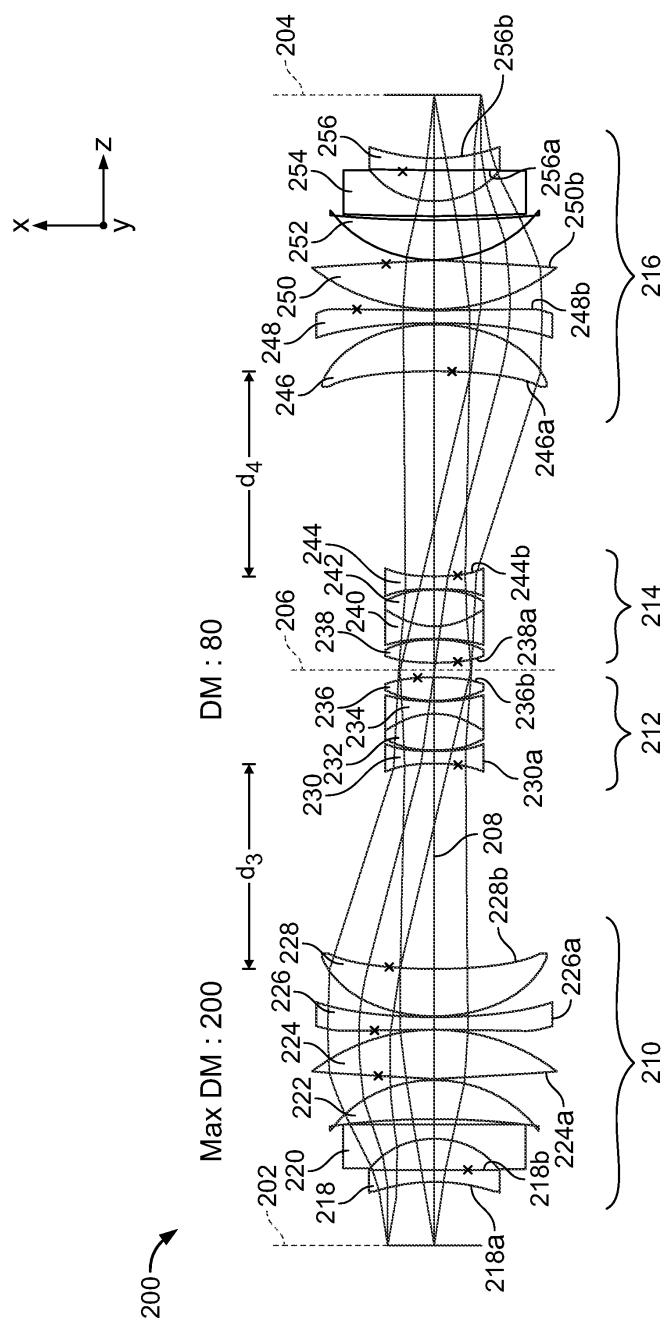
도면5



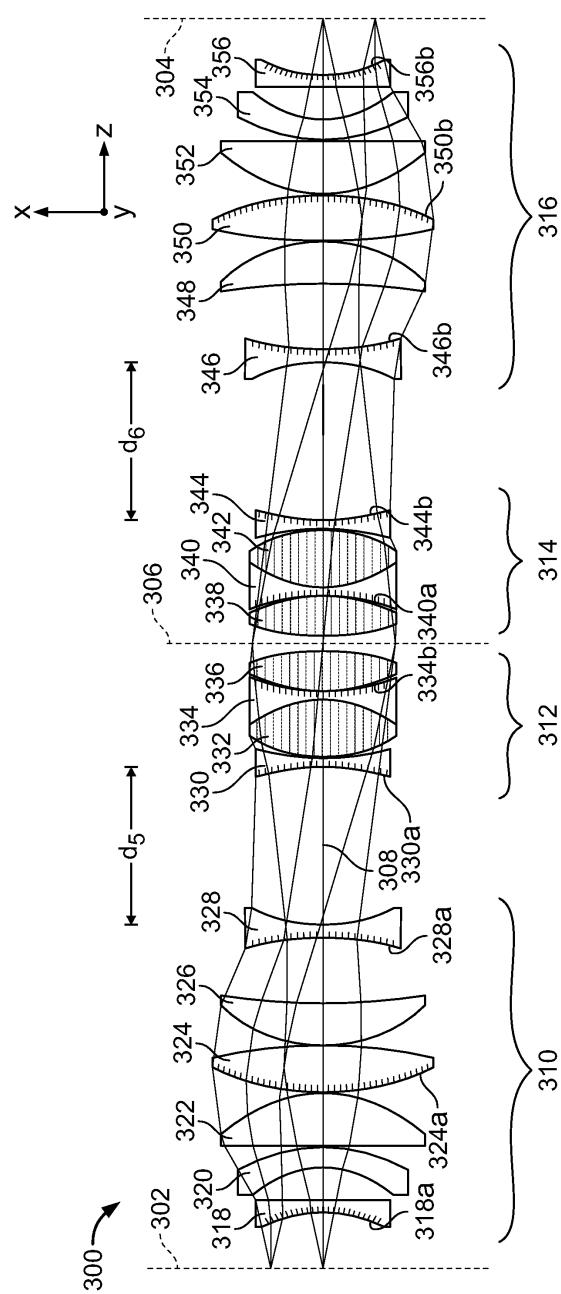
도면6



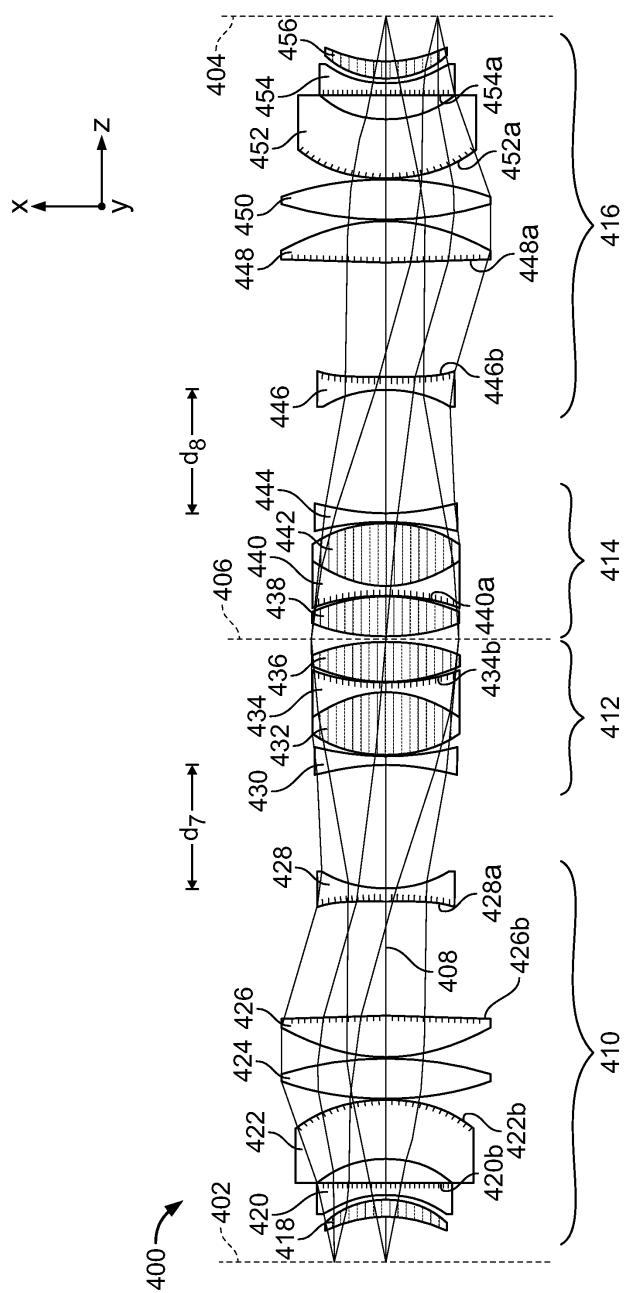
도면7



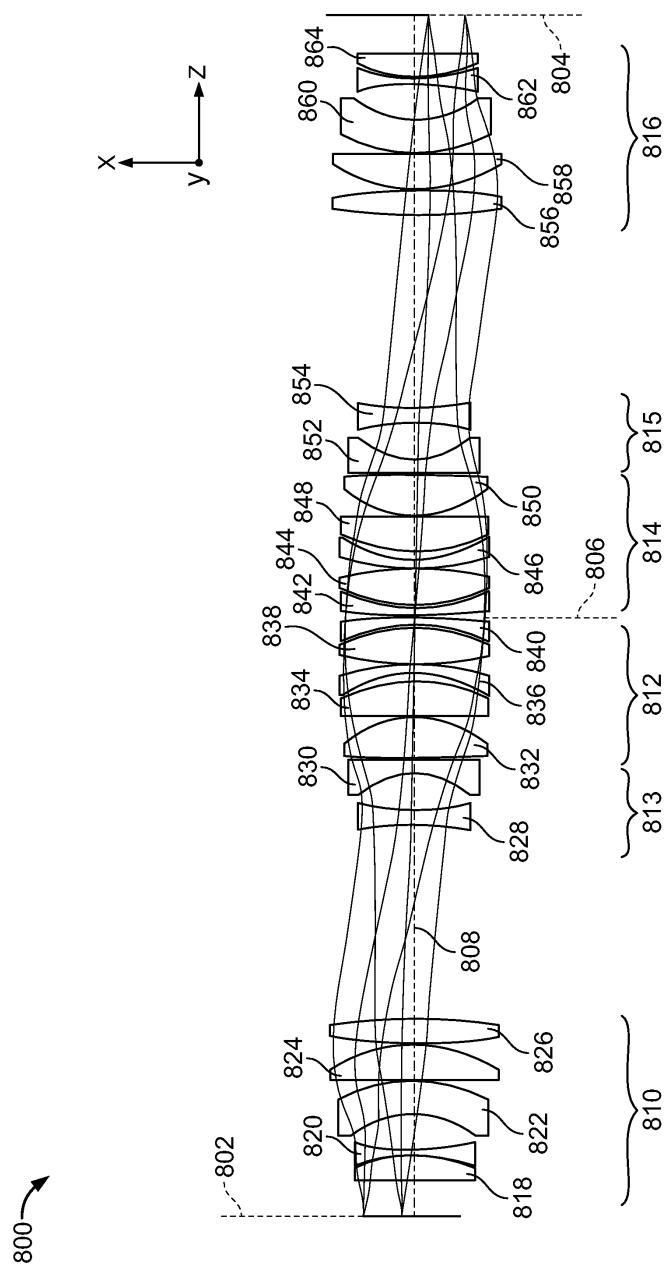
도면8



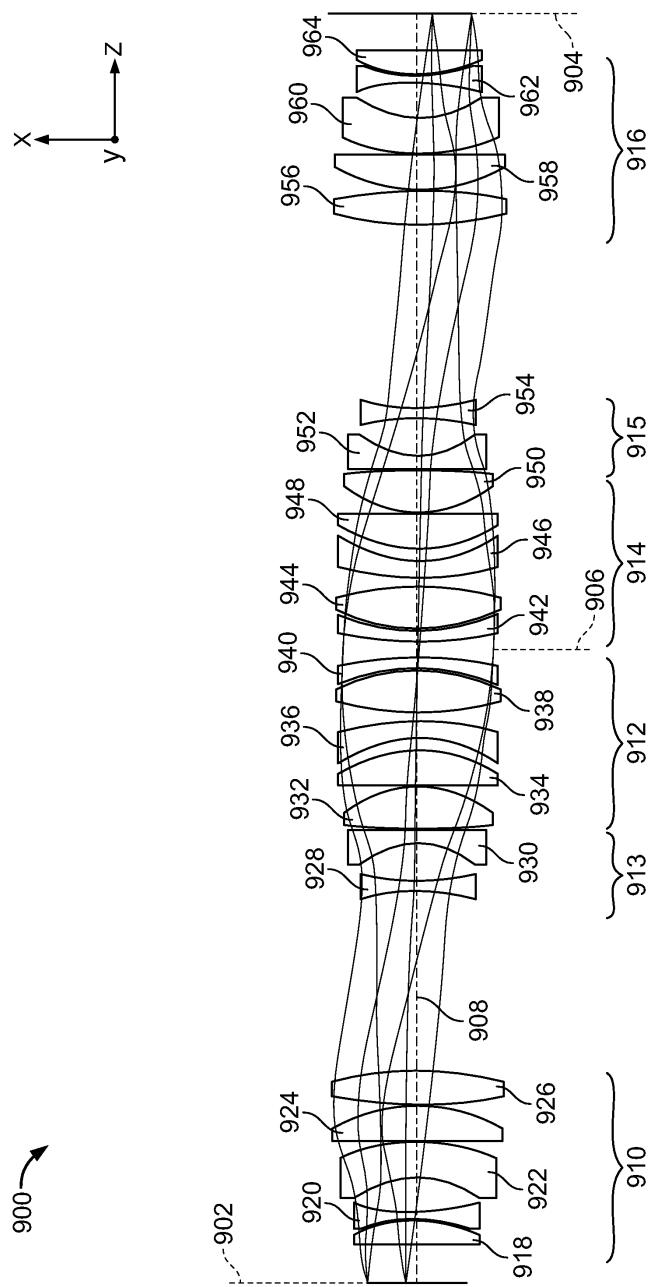
도면9



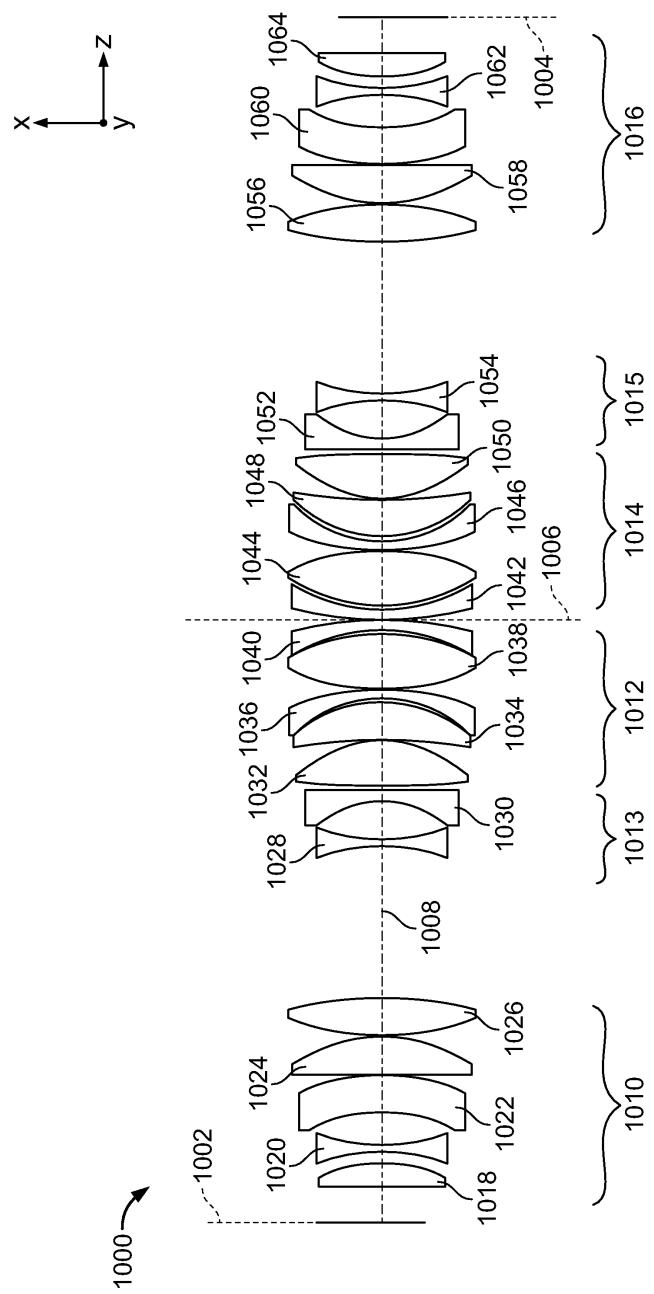
도면10



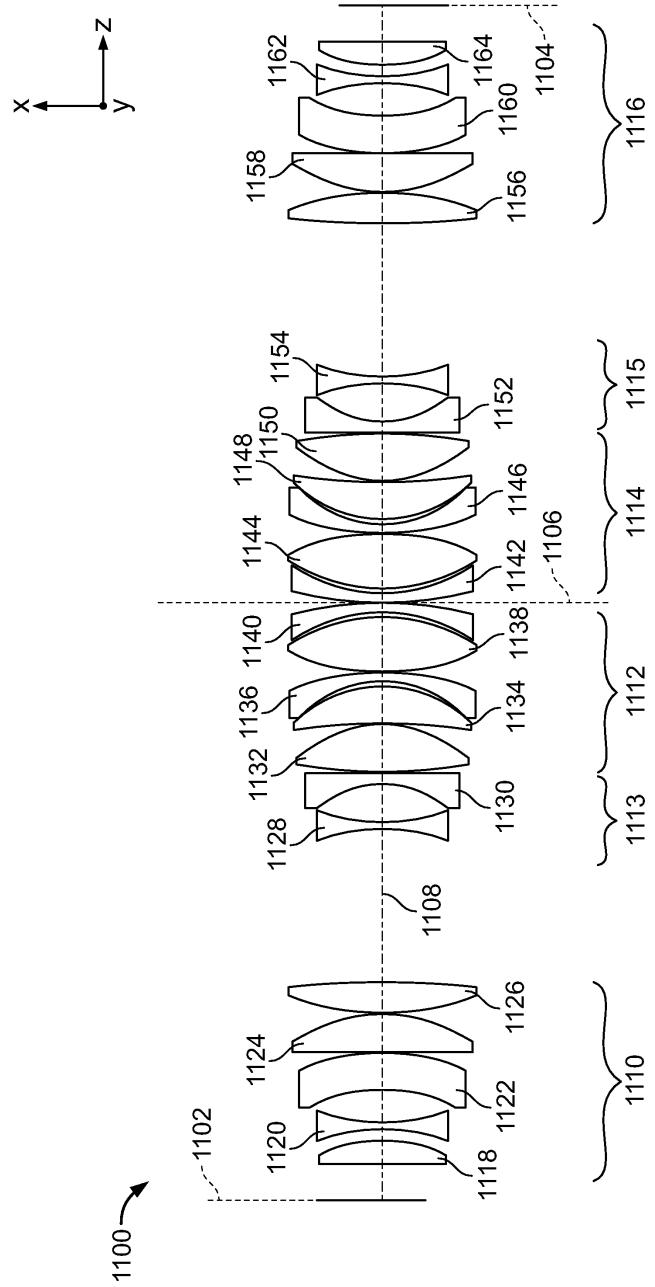
도면11



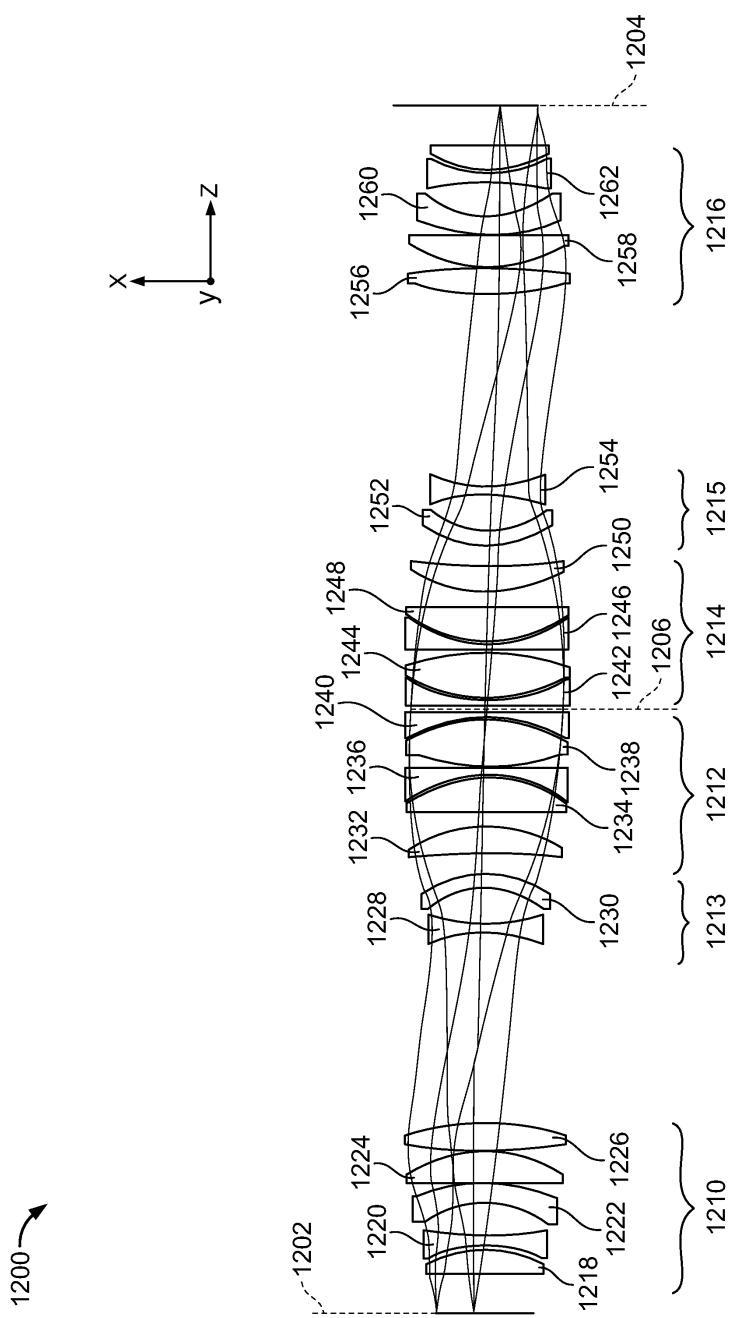
도면12



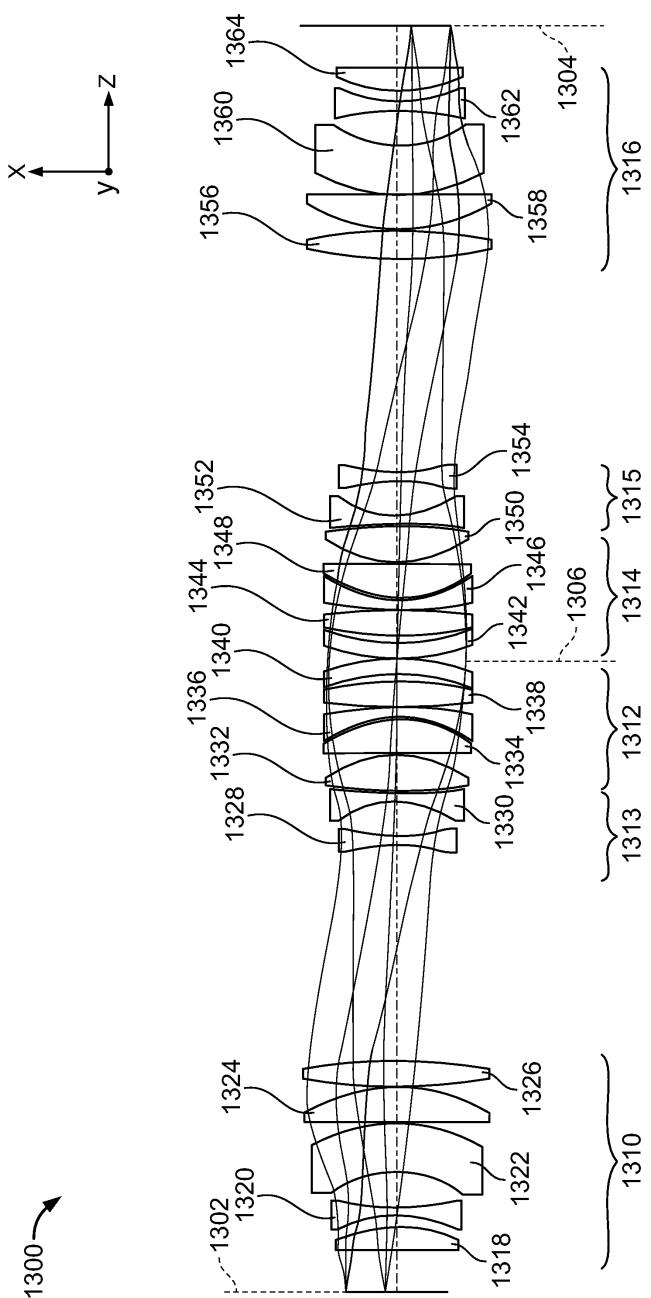
도면13



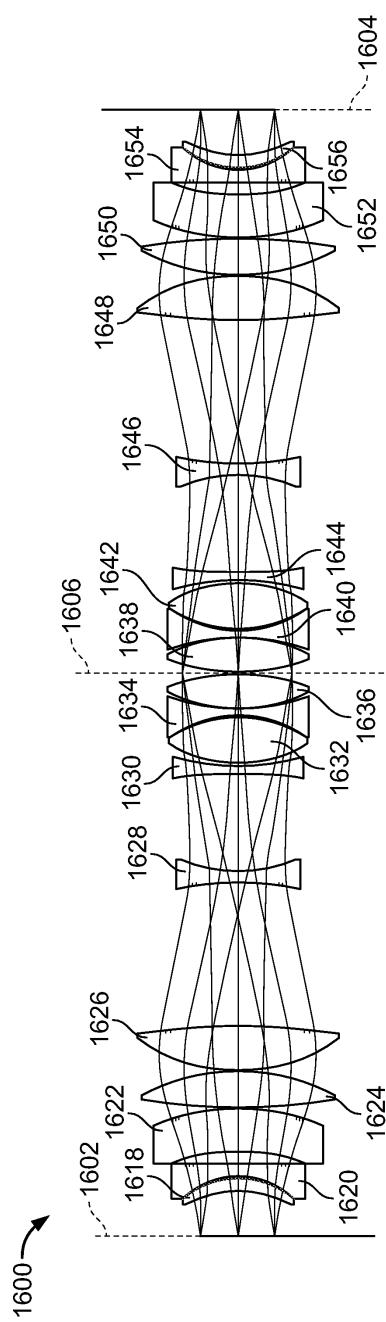
도면14



도면15



도면16



도면17

