(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0038603
(43) 공개일자 2025년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 17/08 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
G02B 27/28 (2020.01) *H04N 23/55* (2023.01)
(52) CPC특허분류
G02B 17/08 (2013.01)
G02B 13/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-0116549
(22) 출원일자 2024년08월29일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2023-147355 2023년09월12일 일본(JP)

(71) 출원인
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고
(72) 발명자
코바야시 유마
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 나이
(74) 대리인
권태복

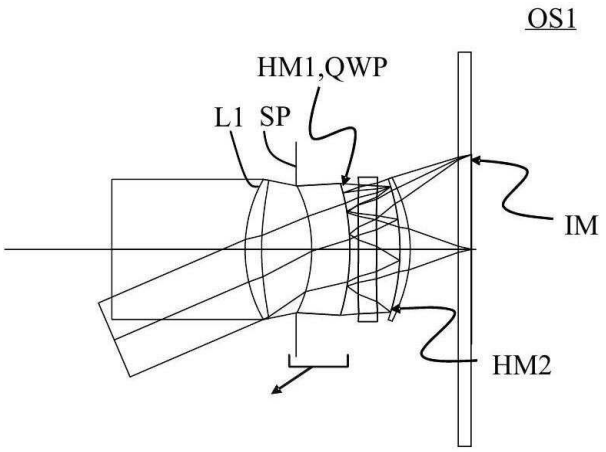
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **광학계 및 촬상 장치**

(57) 요 약

광학계는, 제 1 투과 반사면과, 상기 제 1 투과 반사면보다 화상에 더 가깝게 위치된 제 2 투과 반사면과, 상기 제 1 투과 반사면보다 물체에 더 가깝거나 상기 제 2 투과 반사면보다 상기 화상에 더 가깝게 위치된 렌즈를 구비한다. 상기 제 1 투과 반사면은 포커싱시에 광축 방향으로 이동한다. 상기 렌즈는 상기 제 1 투과 반사면 및 상기 제 2 투과 반사면의 각각으로부터 분리되어 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
G02B 27/28 (2013.01)
H04N 23/55 (2023.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

제 1 투과 반사면;

상기 제 1 투과 반사면보다 화상에 더 가깝게 위치된 제 2 투과 반사면; 및

상기 제 1 투과 반사면보다 물체에 더 가깝거나 상기 제 2 투과 반사면보다 상기 화상에 더 가깝게 위치된 렌즈를 포함하고,

상기 제 1 투과 반사면은 포커싱시에 광축 방향으로 이동하도록 구성되고,

상기 렌즈는 상기 제 1 투과 반사면 및 상기 제 2 투과 반사면의 각각으로부터 분리되는, 광학계.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 렌즈는 상기 물체에 가장 가깝게 위치되는, 광학계.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 광학계 중 상기 제 1 투과 반사면의 물체측의 일부의 굴절 파워를 ϕfr, 상기 광학계의 파워를 $\phi total$로 할 때,

$-1.00 \leq \phi fr/\phi total \leq 0.42$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 투과 반사면에 의해 축상 마지널 광선을 반사하는 경우에, 광축과 수직인 방향에 있어서의 광축으로부터 반사점까지의 거리를 Hm2, 상기 광학계의 초점 거리를 f로 할 때,

$0.15 \leq Hm2/f \leq 3.00$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 광학계 중 물체에 가장 가까운 면으로부터 상기 광학계의 입사 동공까지의 거리를 dpupil, 상기 광학계의 초점 거리를 f로 할 때,

$0.0 \leq dpupil/f \leq 2.0$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 투과 반사면의 유효 직경을 Pm1, 상기 광학계의 입사 동공 직경을 Ppupil로 할 때,

$0.6 \leq Pm1/Ppupil \leq 2.0$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 광학계의 F넘버를 Fno로 할 때,

$0.5 \leq Fno \leq 2.5$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 투과 반사면의 물체측에 배치되고, 상기 제 1 투과 반사면으로부터 분리되고, 포커싱시에 상기 제 1 투과 반사면과 일체로 이동하도록 구성되는, 렌즈를 더 포함하고,

포커싱시에 상기 광학계 중 상기 제 1 투과 반사면과 일체로 이동하는 렌즈군의 물체측의 일부의 굴절 파워를 ϕb, 상기 광학계의 파워를 $\phi total$로 할 때,

$-1.00 \leq \phi b/\phi total \leq 0.70$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

무한원으로부터 상기 광학계의 초점 거리의 10배에 해당한 거리까지 포커싱할 때의 이동량을 $|\Delta df|$, 상기 광학계의 초점 거리를 f, 상기 광학계의 F넘버를 Fno로 할 때,

$0.005 \leq |\Delta df|/f/Fno \leq 1.000$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

포커싱시에 상기 제 1 투과 반사면과 상기 제 2 투과 반사면 사이의 거리가 변화하는, 광학계.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

포커싱시에 상기 제 1 투과 반사면과 일체로 상기 광축 방향으로 이동하도록 구성된 개구 조리개를 더 포함하는, 광학계.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 투과 반사면과 상기 제 2 투과 반사면 사이의 영역의 외측에 배치되고, 포커싱시에 상기 광축 방향으로 이동하도록 구성되는, 렌즈를 더 포함하는, 광학계.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

포커싱시에, 상기 제 1 투과 반사면 및 상기 제 2 투과 반사면의 각각은, 광축을 중심으로 0.5° 이상 회전하지 않도록 구성되는, 광학계.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 투과 반사면의 개방각과 상기 제 2 투과 반사면의 개방각 중 작은 개방각을 $\Theta m(^\circ)$로 할 때,

$0.0 \leq |\Theta m| \leq 8.0$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 투과 반사면과 상기 제 2 투과 반사면 중 적어도 하나는, 2개의 투광부재의 접합면에 설치되어 있는, 광학계.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 투과 반사면과 상기 제 2 투과 반사면 중 적어도 하나는 구면인, 광학계.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 투과 반사면의 물체측에 배치된 방진군을 더 포함하는, 광학계.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 2 투과 반사면의 상측에 배치된 군의 횡배율을 β로 할 때,

$0.6 \leq \beta \leq 1.5$

의 부등식을 충족하는, 광학계.

청구항 19

제 1 항 내지 제 18 항 중 어느 한 항에 따른 상기 광학계; 및

촬상 소자를 포함하는, 촬상 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광학계 및 촬상 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 스마트폰 카메라의 보급이나 고급 카메라 시장에 있어서의 일안 리플렉스(SLR) 카메라로부터 미러리스 카메라로의 시프트 등으로 인해, 결상 광학계의 소형화가 강조되고 있다. 일본 특허공개 제2005-352273호 공보에는, 편광 소자와 하프 미러를 구비한 소형의 광학계(편광 반사 결상계)가 개시되어 있다.

[0003] 일본 특허공개 제2005-352273호 공보에 개시되어 있는 광학계는, F넘버가 예를 들어 2.85로 어둡다. 이러한 구성으로 인해, 편광 반사 결상계는, 랜덤 편광이 입사한 경우의 광량이 1/8이 된다. 이 때문에, 상기 광학계는, 통상의 광학계보다 밝은 F넘버로 구성된다. 또한, 일본 특허공개 제2005-352273호 공보에 개시되어 있는 광학계에서는, 포커싱시에 수차를 양호하게 억제할 수 없거나, 촬영 배율을 증가시킬 수 없어서, 넓은 포커스 범위에서 높은 광학 성능을 실현할 수 없다.

발명의 내용

[0004] 본 발명의 일 측면에 따른 광학계는, 제 1 투과 반사면과, 상기 제 1 투과 반사면보다 화상에 더 가깝게 위치된 제 2 투과 반사면과, 상기 제 1 투과 반사면보다 물체에 더 가깝거나 상기 제 2 투과 반사면보다 상기 화상에 더 가깝게 위치된 렌즈를, 구비한다. 상기 제 1 투과 반사면은 포커싱시에 광축 방향으로 이동하도록 구성된다. 상기 렌즈는 상기 제 1 투과 반사면 및 상기 제 2 투과 반사면의 각각으로부터 분리되어 있다. 또한, 상기 광학계를 갖는 촬상 장치는, 본 발명의 다른 측면을 구성한다.

[0005] 본 발명의 각종 실시 형태의 추가의 특징은, 첨부도면을 참조하여 이하의 실시 형태들의 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0006] 도 1은 각 실시예에 따른 광학계의 광로를 나타내는 모식도이다.

도 2는 각 실시예에 따른 광학계의 다른 광로를 나타내는 모식도이다.

도 3은 실시예 1에 따른 광학계의 단면도이다.

도 4a 및 4b는 실시예 1에 따른 광학계의 수차도이다.

도 5는 실시예 2에 따른 광학계의 단면도이다.

도 6a 및 6b는 실시예 2에 따른 광학계의 수차도이다.

도 7은 실시예 3에 따른 광학계의 단면도이다.

도 8a 및 8b는 실시예 3에 따른 광학계의 수차도이다.

도 9는 실시예 4에 따른 광학계의 단면도이다.

도 10a 및 10b는 실시예 4에 따른 광학계의 수차도이다.

도 11은 실시예 5에 따른 광학계의 단면도이다.

도 12a 및 12b는 실시예 5에 따른 광학계의 수차도이다.

도 13은 실시예 6에 따른 광학계의 단면도이다.

도 14a 및 14b는 실시예 6에 따른 광학계의 수차도이다.

도 15는 실시예 7에 따른 광학계의 단면도이다.

도 16a 및 16b는 실시예 7에 따른 광학계의 수차도이다.

도 17은 실시예 8에 따른 광학계의 단면도이다.

도 18a 및 18b는 실시예 8에 따른 광학계의 수차도이다.

도 19는 실시예 9에 따른 광학계의 단면도이다.

도 20a 및 20b는 실시예 9에 따른 광학계의 수차도이다.

도 21은 실시예 10에 따른 광학계의 단면도이다.

도 22a 및 22b는 실시예 10에 따른 광학계의 수차도이다.

도 23은 실시예 11에 따른 광학계의 단면도이다.

도 24a 및 24b는 실시예 11에 따른 광학계의 수차도이다.

도 25는 실시예 12에 따른 광학계의 단면도이다.

도 26a 및 26b는 실시예 12에 따른 광학계의 수차도이다.

도 27은 실시예 13에 따른 광학계의 단면도이다.

도 28a 및 28b는 실시예 13에 따른 광학계의 수차도이다.

도 29는 실시예 14에 따른 광학계의 단면도이다.

도 30a 및 30b는 실시예 14에 따른 광학계의 수차도이다.

도 31은 실시예 15에 따른 광학계의 단면도이다.

도 32a 및 32b는 실시예 15에 따른 광학계의 수차도이다.

도 33은 실시예 16에 따른 광학계의 단면도이다.

도 34a 및 34b는 실시예 16에 따른 광학계의 수차도이다.

도 35는 실시예 17에 따른 광학계의 단면도이다.

도 36a 및 36b는 실시예 17에 따른 광학계의 수차도이다.

도 37은 실시예 18에 따른 광학계의 단면도이다.

도 38a 및 38b는 실시예 18에 따른 광학계의 수차도이다.

도 39는 실시예 19에 따른 광학계의 단면도이다.

도 40a 및 40b는 실시예 19에 따른 광학계의 수차도이다.

도 41은 실시예 20에 따른 광학계의 단면도이다.

도 42a 및 42b는 실시예 20에 따른 광학계의 수차도이다.

도 43은 실시예 21에 따른 광학계의 단면도이다.

도 44a 및 44b는 실시예 21에 따른 광학계의 수차도이다.

도 45는 실시예 22에 따른 광학계의 단면도이다.

도 46a 및 46b는 실시예 22에 따른 광학계의 수차도이다.

도 47은 실시예 23에 따른 광학계의 단면도이다.

도 48a 및 48b는 실시예 23에 따른 광학계의 수차도이다.

도 49는 실시예 24에 따른 광학계의 단면도이다.

도 50a 및 50b는 실시예 24에 따른 광학계의 수차도이다.

도 51은 실시예 25에 따른 광학계의 단면도이다.

도 52a 및 52b는 실시예 25에 따른 광학계의 수차도이다.

도 53은 실시예 26에 따른 광학계의 단면도이다.

도 54a 및 54b는 실시예 26에 따른 광학계의 수차도이다.

도 55는 상기 실시예 중 어느 하나에 따른 광학계를 갖는 촬상 장치의 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 이하 첨부도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시 형태에 대해서 상세히 설명한다.

[0008] 각 실시예에 따른 광학계(결상 광학계)는 물체의 상을 상면(image plane)에 결상시키고, 촬상 소자, 감광 필름 등을 상면에 배치하고, 화상을 촬영함으로써, 촬상을 행한다. 각 실시예에 따른 광학계는, 물체측으로부터 상측으로 순서대로, 제 1 굴절 렌즈(L1), 제 1 투과 반사(예를 들면, 반투과)면(HM1), 1/4 파장판(QWP) 및 제 2 투과 반사면(HM2)을 구비한다. 물체측으로부터 입사한 광은 제 1 투과 반사면(HM1)과 1/4 파장판(QWP)을 이 순서대로 투과하고, 제 2 투과 반사면(HM2)에서 반사한다. 그 후, 그 광은 1/4 파장판(QWP)을 투과하여 제 1 투과 반사면(HM1)에서 반사하고, 1/4 파장판(QWP)과 제 2 투과 반사면(HM2)을 투과하고, 촬상 소자나 감광 필름 등의 상면(IM)에 입사한다. 따라서, 위상 시프터는, 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 사이에 배치되어도 된다. 위상 시프터는, 예를 들어 1/4파장판(QWP) 또는 45° 광 회전자(이를테면 패러데이 회전자)를 사용할 수 있다.

[0009] 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)은, 투과율이 50%, 반사율이 50%일 필요는 없다. 랜덤 편광에 대한 투과율과 반사율의 비는 1:3 내지 3:1의 범위에 있어도 된다. 랜덤 편광은 스토크스(Stokes) 파라미터 S0 = 1, S1 = S2 = S3 = 0의 광이다. 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)의 각각은 광을 흡수하여도 된다. 렌즈(유리 또는 수지로 이루어진 투광부재)는, 제 1 투과 반사면(HM1) 또는 제 2 투과 반사면(HM2) 중 양쪽 또는 한쪽에 형성되거나 접합되어도 된다. 즉, 제 1 투과 반사면 및 제 2 투과 반사면 중 적어도 하나는, 2개의 투광부재의 접합면에 설치되어도 된다.

[0010] 1/4 파장판(QWP)은, 예를 들면 복굴절을 갖는, 결정, 폴리머 필름 또는 액정 배향층을 사용할 수도 있다. 또한, 이러한 결정, 폴리머 필름 또는 액정 배향층의 적층을 사용할 수도 있다. 그들을 적절하게 적층하는 것은, 넓은 파장 범위에서 그 파장의 1/4에 가까운 위상차를 제공할 수 있다. 예를 들면, 일본 화약(Kayaku) 주식회사의 "WA-140T", 칼라링크 재팬 주식회사의 "폴러 콜렉트" 등을 사용할 수 있다. 1/4 파장판(QWP)은 상기 실시예에 한정되지 않고, 서브파장 구조 또는 메타 구조를 사용한 것이어도 된다. 보다 구체적으로는, 예를 들면, 덱세리얼즈(Dexerials) 주식회사의 무기 파장판이나 ENEOS 주식회사의 제품명 "Nanoable Waveplate"을 사용할 수 있다.

[0011] 1/4 파장판(QWP)은, 예를 들면 제 1 투과 반사면(HM1) 또는 제 2 투과 반사면(HM2)과 접합될 수도 있다. 또한, 1/4 파장판(QWP)은, 이들 투과 반사면과는 별도로 배치될 수도 있다. 예를 들어, 1/4파장판(QWP)으로서 필름은, 광로에 직접 삽입될 수도 있거나, 그 필름은 유리판에 접합되어 광로에 삽입될 수도 있다. 렌즈는, 1/4 파장판(QWP)의 한쪽 또는 양쪽에 성형될 수도 있거나 접합될 수도 있다. 예를 들면, 기판으로서 웨이퍼 레벨 옵틱스 기술을 이용하여 무기 파장판의 한쪽 또는 양쪽에 렌즈를 성형할 수도 있다.

[0012] 이러한 구성의 광학계가 전체적으로 포커싱(즉, 모든 렌즈를 동일한 이동량으로 광축 방향을 따라 전후로 이동시킴으로써 포커싱을 행함)시에 연장되는 경우에, 그 연장시에 화질이 저하된다. 일반적으로 촬영 렌즈에 기대되는 합초 범위는, 무한원으로부터 0.1배를 상회하는 거리까지이고, 적어도 이러한 범위에서 포커싱을 행하는 것이 가능할 수도 있고, 또한 고화질을 확보할 수도 있다. 고배율까지의 포커싱을 행할 수 있다. 이러한 각 실시예에서, 합초 위치를 변경하는 것을 포커싱이라고 부른다. 포커싱시에 렌즈와 투과 반사면 등의 광학 요소를

이동시키는 방향은, 특별히 언급하지 않는 한 광축을 따르는 방향이며, "광축을 따르는 방향으로" 등의 설명을 생략할 수도 있다. 일반적으로, 광학계가 대구경이 될수록 넓은 촬영 배율 범위에서 고화질을 유지하는 것이 더 어려워진다. 각 실시예에 따른 광학계는 대구경임에도 불구하고 넓은 촬영 배율 범위에서 고화질을 실현한다.

[0013] 각 실시예에 따른 광학계는, 제 1 투과 반사면(HM1)을 광축을 따라 전후로 이동시킴으로써 합초 위치를 변화시킬 수 있는 결상 광학계이다. 각 실시예에 따른 광학계는, 합초 위치를 변화시킬 때 이동하지 않는 굴절 렌즈를 구비하거나, 상기 굴절 렌즈와 상기 제 1 투과 반사면(HM1) 사이의 거리가 변화하고, 상기 굴절 렌즈는 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2) 중 어느 하나와 일체로 되지 않는다(예를 들면, 상기 굴절 렌즈는, 각 투과 반사면과는 분리되어 있다). 여기서 사용된 것처럼, 굴절 렌즈는, 보호 필터, 센서 보호 유리, IR 컷 필터, UV 컷 필터 및 저역 통과 필터 등의 평행 평판 또는 대략 평행 평판인 광학 요소를 구비하지 않는다. 대략 평행 평판이 아닌 굴절 렌즈의 예는, 예를 들면 구면 렌즈이면, 적어도 한 면의 곡률 반경의 절대값이 광학계의 전체 초점 거리의 1/20보다 작은 렌즈이다. 추가로, 여기서 "일체로 된다"는 것은 렌즈가 접합되거나, 쌍으로 되거나, 고정되어 있다(예를 들면, 다른 렌즈를 사이에 두면 상관없다)는 것을 의미하고, "일체로 되지 않는다"는 것은 공기 간격이 개재된(예를 들면, 사이에 둔) 것을 의미한다.

[0014] 이와 같이, 제 1 투과 반사면(HM1)을 포커싱시에 독립적으로 이동시킴으로써, 넓은 포커스 범위에서 고화질을 제공할 수 있다. 수차 보정 능력이 높은 반사면을 이동시키면, 넓은 포커스 범위에서 고화질을 제공할 수 있다. 후술하는 각 수치 실시예와 같이, 제 1 투과 반사면(HM1)은 평면이어도 된다. 이 경우에, 제 1 투과 반사면(HM1)을 포커싱을 따라 이동시키고 제 2 투과 반사면(HM2)을 고정하는 경우에도, 고화질을 실현할 수 있다. 이것은 다음과 같은 이유 때문이다. 예를 들어, 제 1 투과 반사면(HM1)을 앞으로 이동시킴에 따라, 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 사이의 거리가 증가한다. 이것은, 제 2 투과 반사면(HM2)에 의해 광선이 반사하는 점으로부터 상면까지의 광로 길이를 연장하는 것과, 의사적으로 수차 보정 능력이 높은 제 2 투과 반사면(HM2)을 이동하는 것에 상당한다. 따라서, 제 1 투과 반사면(HM1)이 파워를 갖지 않는 경우에도, 제 2 투과 반사면(HM2)은 제 1 투과 반사면(HM1)을 이동시킴으로써 의사적으로 이동될 수 있고, 고화질은 넓은 포커스 범위에서 실현될 수 있다.

[0015] 포커싱을 위한 광학 요소를 이동시키기 위해서, 그 이동을 수용하는 공간이 필요하다. 제 1 투과 반사면(HM1)은 물체측에 이 공간을 확보하는 것이 쉬우므로, 포커싱시에 이동하는 군으로서 적합하다. 제 2 투과 반사면(HM2)이 포커싱을 위해 이동되는 경우, 이 공간을 확보하는 것이 어렵다. 후술하는 각 수치 실시예와 같이, 제 2 투과 반사면(HM2)은, 물체측을 향해 형상이 오목해져도 되거나, 평면이 되어도 된다. 제 2 투과 반사면(HM2)은, 무한원으로부터 근거리까지 포커싱하기 위해, 상측을 향해 이동할 필요가 있는 경우가 많다. 제 2 투과 반사면(HM2)의 상측에는, 렌즈 교환식 카메라용 렌즈와 같이, 백 포커스(back focus)를 보다 길게 취할 필요가 있는 경우에는, 비사용 공간을 제공해야 한다. 그 백 포커스를 짧게 할 수 있는 경우에도, 포커싱을 위한 충분한 공간을 확보하는 것이 어렵다. 이것은, 제 2 투과 반사면(HM2)의 상측에, 상면 변동을 보정하거나, 집광력을 증가시키고 Fno를 증가시키기 위해 굴절 렌즈를 배치하고 싶기 때문이다.

[0016] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 제 1 투과 반사면(HM1)의 물체측의 광학계의 일부의 굴절 파워를 ϕfr, (전체) 광학계의 파워를 $\phi total$로 할 때, 이하의 부등식(1)을 충족할 수도 있다.

[0017] $$-1.00 \leq \phi fr / \phi total \leq 0.42 \quad (1)$$

[0018] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 반사면은 가장 큰 수차 보정 능력을 갖는다. 반사면은, 그 반사면의 굴절 파워에 대해 역부호를 갖는 페츠발(Petzval) 합을 가지며, 색수차를 발생시키지 않는다. 이 반사면을 유효하게 활용하는 방식은, 대구경임에도 불구하고 넓은 포커스 범위에서 고화질을 실현하는 데 중요하다.

[0019] 부등식(1)을 충족하는 것으로, 높은 광선 높이로 광선을 반사면에 입사시키고, 반사면의 법선에 가까운 각도로 광선을 출사시킬 수 있다(일반적으로, 면 법선에 대한 입사각이 증가함에 따라, 그 광선의 수차가 증가한다). 따라서, 넓은 포커스 범위에서 고화질을 실현할 수 있다. 그 값이 부등식(1)의 상한을 상회하는 경우에, 제 1 투과 반사면(HM1)의 전방측(물체측)에 광선이 크게 수렴하여, 반사면상의 입사 광선 높이가 감소된다. 그 때문에, 반사면에 의한 수차 보정에의 기여가 작아져, 넓은 포커스 범위에서 고화질을 실현하는 것이 어렵다. 한편, 그 값이 부등식(1)의 하한을 하회하는 경우에는, 반사면의 유효 직경이 증가하고, 전체 광학계의 크기가 증가하고, 포커싱시에 이동되는 렌즈군(포커스군)의 중량이 증가한다. 추가로, 전체적으로 광학계는, 역망원형의 성질이 증가하게 되어서, 전체 광학 길이가 길어진다. 포커스군의 중량이 증가하는 경우에, 오토포커스(AF)시에 대형 및 고추력 모터를 사용할 필요가 있어, 그 크기와 제조 비용도 증가한다. 제 1 투과 반사면(HM1)의 물체측의 굴절 파워는, 예를 들면, 후술하는 수치 실시예 1에서는, 제 1 면으로부터 제 3 면까지의 부분군(subgroup)의

굴절 파워이다.

[0020] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 제 2 투과 반사면(HM2)에 의해 축상 마지널 광선이 반사할 때의, 광축에 수직인 방향에 있어서의 광축으로부터 반사점까지의 거리를 Hm2, (전체) 광학계의 초점 거리를 f로 할 때, 이하의 부등식(2)를 충족하여도 된다.

[0021] $0.15 \leq Hm2/f \leq 3.00$ (2)

[0022] 그 값이 부등식(2)의 상한을 상회하는 경우에, 광학계의 사양에 대하여 투과 반사면이 지나치게 커져, 광학계 전체의 크기가 증가한다. 또한, 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 반사 파워를 갖는 투과 반사면은 수차에 대한 틸트 민감도가 높은 경향이 있다. 따라서, 반사 파워를 갖는 투과 반사면은 틸트 조정기구를 가질 수도 있고, 이 기구를 내장하는 경우에, 경통을 구비하는 광학계의 직경이 훨씬 더 대형화된다. 한편, 그 값이 부등식(2)의 하한을 하회하는 경우에, 반사면상의 입사 광선 높이가 지나치게 낮아져, 축상 색수차를 충분히 보정할 수 없다. 조리개 직경이 증가할수록, 화질에 대한 축상 색수차의 영향이 증가하기 때문에, 각 실시예에 따른 광학계와 같은 대구경 렌즈에 있어서는 축상 색수차는 특히 작아도 된다.

[0023] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 물체에 가장 가까운 면으로부터 광학계의 입사 동공까지의 거리를 dpupil로 할 때, 이하의 부등식(3)을 충족하여도 된다.

[0024] $0.0 \leq dpupil/f \leq 2.0$ (3)

[0025] 여기서, 입사 동공은 축상 광속에 대한 입사 동공으로, 개구 조리개를 갖는 광학계에서 최대 개구에서의 입사 동공이다. 그 값이 부등식(3)의 상한을 상회하는 경우에, 축외 광속의 경통이나 렌즈 외주부에 의한 차폐와 이에 따라 주변 감광이 증가한다. 광 차폐를 방지하기 위해서는, 물체측의 렌즈 직경을 증가시킬 필요가 있어서, 광학계 전체의 크기가 증가한다. 정의상, 일반적인 광학계에 있어서 그 값이 부등식(3)의 하한을 하회하지 않는다.

[0026] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 제 1 투과 반사면(HM1)의 유효 직경을 Pm1, 광학계의 입사 동공 직경을 Ppupil로 할 때, 이하의 부등식(4)를 충족하여도 된다.

[0027] $0.6 \leq Pm1/Ppupil \leq 2.0$ (4)

[0028] 여기서, 입사 동공은 축상 광속에 대한 입사 동공이다. 제 1 투과 반사면(HM1)의 유효 직경은 제 1 투과 반사면(HM1)에서 정규 광속이 투과하는 영역의 직경과 반사하는 영역의 직경 중 큰 쪽이다. 그 값이 부등식(4)의 상한을 상회하는 경우에, 입사 동공 직경에 대하여 제 1 투과 반사면(HM1)의 유효 직경이 크고, 포커스 군의 중량이 증가한다. 한편, 그 값이 부등식(4)의 하한을 하회하는 경우에, 입사 동공에 대하여 제 1 투과 반사면(HM1)의 유효 직경이 감소하고, 축외 광속의 차폐와 이에 따라 주변 감광이 증가한다. 추가로, 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)에 의한 수차 보정을 충분히 행할 수 없어, 화질을 향상시킬 수 없다.

[0029] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 광학계의 F넘버를 Fno로 할 때, 이하의 부등식(5)를 충족하여도 된다.

[0030] $0.5 \leq Fno \leq 2.5$ (5)

[0031] 그 값이 부등식(5)의 상한을 상회하는 경우에, 각 투과 반사면으로 인해 광의 손실과 함께, 상면에 도달하는 광량이 지나치게 작아진다. 추가로, 후술하는 편광자(편광판)와 편광 선택성 투과 반사 소자는, 일반적으로 흡수축 또는 반사축 방향의 광을 각각 완전히 흡수 또는 반사할 수 없다. 따라서, 그 특성 에러에 대한 광은, 예를 들면 상기 2매의 투과 반사면 중 어느 것이라도 반사하지 않고 직접 상면에 도달하여, 고스트 광이 된다. 이 고스트 광의 강도는 F넘버에 의존하지 않기 때문에, F넘버가 밝아질수록 상대적으로 고스트 광 강도는 저감된다. 이와 같이, 그 값은, 고스트 광 강도의 저감이라는 관점에서, 부등식(5)의 범위 내이어도 된다. 추가로, 상측의 매질이 공기인 일반적인 경우에는, 그 값이 부등식(5)의 하한을 하회하지 않는다.

[0032] 각 실시예에 따른 광학계는 제 1 투과 반사면(HM1)의 물체측에 배치되고, 포커싱시에 제 1 투과 반사면(HM1)과 일체로 이동하도록 구성된 굴절 렌즈를 구비하고, 상기 굴절 렌즈와 제 1 투과 반사면(HM1) 사이에 공기 간격을 갖는 상기 굴절 렌즈를 구비한다고 상정한다. 그리고, 포커싱시에 제 1 투과 반사면(HM1)과 일체로 이동하는 렌즈 군의 물체측의 광학계의 일부의 굴절 파워를 ϕb로 할 때, 이하의 부등식(6)을 충족하여도 된다.

[0033] $-1.00 \leq \phi b/\phi total \leq 0.70$ (6)

[0034] 포커싱시에, 일반적으로, 포커스 군에는 가능한 한 평행 광속에 가까운 광속이 입사하여도 되고, 이와 같이 함

으로써, 넓은 포커스 범위에서 고화질을 실현할 수 있다. 그 값이 부등식(6)의 상한을 상회하는 경우에, 포커스 군에 수렴성이 강한 광이 입사하게 되고, 이것은 상기의 이유로 인해 적절하지 않다. 추가로, 포커스 군이 강한 부의 파워를 가지지 않으면 백 포커스가 짧아져 버린다. 이 때문에, 이것은, 렌즈 교환식 카메라 시스템과 같은 백 포커스가 상대적으로 길 필요가 있는 용도에는 적합하지 않다. 추가로, 제 1 투과 반사면(HM1)의 전방측에 광선이 크게 수렴하여 반사면상의 입사 광선 높이가 낮아진다. 그 때문에, 반사면에 의한 수차 보정에의 기여가 작아져, 넓은 포커스 범위에서 고화질을 실현하는 것이 어려워진다. 한편, 그 값이 부등식(6)의 하한을 하회하는 경우에, 반사면의 유효 직경과 최종적으로 전체 광학계의 크기가 커져, 포커싱시에 이동되는 렌즈 군(예를 들면, 포커스 군)의 중량이 증가한다. 추가로, 전체 광학계는 역망원형으로서의 성질이 증가하게 되어, 전체 광학 길이가 길어진다.

[0035] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 무한원으로부터 (전체) 광학계의 초점 거리의 10배에 해당한 거리까지 합초 위치를 변화시킬 때의 (포커싱시의) 이동량을 |Δdf|로 할 때, 이하의 부등식(7)을 충족하여도 된다.

[0036] $0.005 \leq |\Delta df|/f/Fno \leq 1.000 \quad (7)$

[0037] 그 값이 부등식(7)의 상한을 상회하는 경우에, 포커싱하기 위한 이동량이 증가한다. 포커스 군의 이동(또는 연장)량이 증가하고, 이동(연장)시에 광학계가 대형화된다. 또는, 포커스 군의 이동량이 지나치게 커져, 상기 AF 시간이 길어진다. 한편, 그 값이 부등식(7)의 하한을 하회하는 경우에, 피사계 심도에 대하여 포커싱량이 지나치게 적어져, 미세한 포커싱이 어려워진다.

[0038] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 포커싱시에 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 사이의 거리(간격)를 변화시킬 수도 있다. 그 반사면 사이의 영역을 정규광이 총 3회 통과하기 때문에, 이 간격을 가변으로 함으로써, 포커싱과 함께 광학 요소의 이동량을 억제하면서, 넓은 포커스 범위에서 고화질을 실현할 수 있다.

[0039] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 합초 위치를 변화시킬 때(포커싱시), 개구 조리개(SP)를 제 1 투과 반사면(HM1)과 일체로 이동시켜도 된다. 이와 같이 함으로써, 포커싱과 함께, 개구 조리개(SP) 또는 입사 동공을 물체측을 향해 이동시킴으로써, 무한원으로부터 가까운 거리까지 포커싱하기 위한 편 개구(one-sided aperture)를 억제할 수 있다. 편 개구란, 축외 광속이 개구 조리개를 통과할 때 축외 광속의 중심이 개구 조리개의 중심으로부터 떨어진 위치를 지나가는 현상이다. 그 중심 사이의 거리가 작은 경우에, 이것은 큰 문제는 아니지만, 그 거리가 큰 경우에는, 개구가 좁아질 때 주변 감광이나 불균일한 블러 형상 등의 문제가 생긴다.

[0040] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 사이의 영역의 외측에 배치된 굴절 렌즈를 포커싱과 함께 이동시켜도 된다. 즉, 제 1 투과 반사면(HM1)의 물체측의 굴절 렌즈 및 제 2 투과 반사면(HM2)의 상측의 굴절 렌즈 중 적어도 하나의 굴절 렌즈를 포커스 군(또는 플로팅 군)으로서 이동시켜도 된다. 상기 2매의 투과 반사면 사이의 렌즈는, 광속에 3회 작용하여서, 수차 보정에 강력하게 작용하지만, 수차 보정 효과의 미세 조정이 어렵다. 광속에 1회만 작용하여, 수차에의 영향이 완만한, 투과 반사면의 외측에 배치된 굴절 렌즈도, 포커스 군(또는 플로팅 군)으로서 이동하여도 된다.

[0041] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 합초 위치를 변화시킬 때에 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)의 각각이 광축을 중심으로 0.5° 이상 회전하지 않을 수도 있다. 후술하는 바와 같이, 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 1/4 파장판(QWP)과 각 투과 반사면의 광축을 회전축으로 한 각 상대 각도가, 고스트를 억제하여 정규광의 광량을 확보하기 위해서 중요하다. 따라서, 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)의 각각은 포커싱시 광축을 중심으로 한 회전 이동이 충분히 작아도 된다. 1/4 파장판(QWP)이나 각 투과 반사면 등의 이방성 소자가 모두 같은 양만큼 회전하는 경우에는, 고스트 억제, 정규광의 광량 확보라는 점에서는 문제없다. 그러나, 광학계에의 입사광의 편광도가 낮지 않은 경우, 각 소자의 등량 회전으로 인해 투과하는 광의 방향이 변화한다. 이 때문에, 피사체에 따라서는, 포커싱과 함께 명암의 변화나 색 변화가 생길 수도 있다.

[0042] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 제 1 투과 반사면(HM1)의 개방각(open angle)과 제 2 투과 반사면(HM2)의 개방각 중 작은 쪽의 개방각을 Θm(°)로 할 때, 이하의 부등식(8)을 충족하여도 된다.

[0043] $0.0 \leq |\Theta m| \leq 8.0 \quad (8)$

[0044] 여기서, 개방각은, 광축에 수직인 방향에 대한 평면 법선의 각도이며, 유효면내에서 최대값으로 평가된다. 유효면은, 정규(즉, 고스트 또는 미광이 아닌) 광이 투과하는 영역이다.

[0045] 후술하는 바와 같이, 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 제 1 투과 반사면(HM1) 또는 제 2 투과 반사면(HM2) 중 하나는, 편광 빔 스플리터(PBS) 등의 편광 선택성 투과 반사 소자를 사용하고, 다른 쪽은 하프 미러를 사용

하여도 된다. 하프 미러는, 금속이나 유전체 다층막을 유리나 수지 상에 증착이나 스퍼터링으로 성막함으로써 형성될 수 있기 때문에, 상대적으로 넓은 개방각 범위를 지원할 수 있다. 한편, 편광 선택성 투과 반사 소자를 곡면 상에 형성하는 것은 어렵다. 그 형상이 평면에 가까운 형상인 경우에, 평면의 것과 유사한 공정을 사용하여 제조가 가능하지만, 그 면이 그 평면으로부터 어긋날수록, 특수한 공정이 사용될 필요가 있다. 따라서, 그 값이 부등식(8)의 상한을 상회하는 경우에, 편광 선택성 투과 반사 소자를 형성하는 것이 어렵다. 정의상, 그 값이 부등식(8)의 하한을 하회하지 않는다.

[0046] 편광 선택성 투과 반사 소자로서 수지 필름이나 수지 필름을 기재로 하는 와이어 그리드 등, 가요성 재료를 사용하는 경우, 투과 반사면의 면 정밀도를 적정하게 유지할 필요가 있다. 이 때문에, 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 중 한쪽이 상기와 같은 재료로 제조되는 경우에, 유리, 또는 유리 전이 온도가 40℃ 이상인 경질 수지에 접합될 수도 있다. 유리, 또는 유리 전이 온도가 40℃ 이상인 경질 수지에 양면이 접합될 수도 있다. 접합에 사용하는 접착제(예를 들면, 탄성 접착제를 포함한다)에 대해서는 여기서는 특별히 지정되지 않지만, 접착제 층은 25㎛ 이하이어도, 또는 15㎛ 이하이어도 된다. 하나의 면만이 접합되어 있는 경우에는, 상기 렌즈를 보유할 때에 해당 투과 반사면에 보유 부재가 직접 접촉하지 않아도 된다. 예를 들면, 그것은 접합된 유리나 경질 수지 부분에 보유되어도 된다. 이러한 구성은, 투과 반사면의 면 왜곡을 저감할 수 있다.

[0047] 면 정밀도에 관해서는, 반사 파면의 거칠기를 충분히 매끄럽게 하여도 되고, 반사 파면상에서 1/mm 이상의 성분의 rms가 10nm 이하, 0.05/mm 이상이고 1/mm 이하의 성분의 rms가 10nm 이하이어도 된다. 이러한 구성은, 반사면의 면 정밀도 불량에 의한 화질 열화를 충분히 억제할 수 있다.

[0048] 각 실시예에서, 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 중 적어도 하나는 구면이어도 된다. 비구면을 사용하면 수차 보정에 유리하지만, 표면 형상을 설계 값에 보다 가깝게 하는 것이 구면보다 어렵다. 이 때문에, 구면을 사용하는 편이 용이하게 제조할 수 있다. 추가로, 비구면 상에 미세한 가공 흔적이 남기 쉽고, 특히 반사면상에 이러한 가공 흔적이 남으면, 그 가공 흔적에 유래하는 문양이 화상 저하(보케(bokeh))에서 반사되기 쉽다. 화상 및 영상 용도의 대구경의 렌즈에 있어서는, 유저는 화상 저하의 품위도 중시하기 때문에, 이러한 문양이 나타나지 않을 수도 있다.

[0049] 각 실시예에 따른 광학계는, 방진군(image stabilizing unit)을 구비하여도 된다. 방진군이란, 촬영시에 광축과 수직 방향으로(예를 들면, 검지한 블러량에 따라) 식별 가능한 또는 적절한 양으로 카메라를 이동시키는 것으로 인해 생긴 카메라 흔들림 등의 블러 방지 기능을 광학계에 제공하는 군이다. 방진군은, 제 1 투과 반사면의 물체측에 배치되어도 된다. 이와 같이 함으로써, 광학계의 전체 길이를 길게 하지 않고 방진군을 내장할 수 있다. 방진 동작시의 수차가 커지기 때문에, 상기 투과 반사면은 상기 방진군으로서 사용되지 않아도 된다.

[0050] 각 실시예에 따른 광학계가 방진군을 갖는 경우, 제 2 투과 반사면(HM2)의 상측의 렌즈군의 횡배율을 β로 할 때, 이하의 부등식(9)를 충족하여도 된다.

[0051] $0.6 \leq \beta \leq 1.5 \quad (9)$

[0052] 그 값이 부등식(9)의 상한을 상회하는 경우에, 제 2 투과 반사면(HM2)의 상측의 렌즈군의 매수가 증가하고, 제 2 투과 반사면(HM2)의 상측의 렌즈군의 전체 길이 또는 수차가 증가한다. 한편, 그 값이 부등식(9)의 하한을 하회하는 경우에, 충분한 방진 효과를 위한 상기 방진군의 광축에 수직인 방향으로의 이동량이 지나치게 커져, 방진을 실시하는 구동 기구의 구성이 어려워진다.

[0053] 각 실시예에 따른 광학계는 공축계이어도 된다. 이러한 구성은, 각 부품의 제조 용이성을 높이고, 조립 공정을 용이하게 한다. 단, 상기 렌즈나 상기 투과 반사면의 유효 직경이나 외경은 회전대칭일 필요는 없고, 예를 들면 직사각형의 것을 사용해도 된다.

[0054] 각 실시예에 따른 광학계는 1차 결상계이어도 된다. 광학계가 2차 이상의 고차 결상계인 경우에, 일단 결상한 광선을 다시 결상시킬 필요가 있어, 전체 길이가 길어진다.

[0055] 각 실시예에 따른 광학계가 F넘버 1.4 이하가 되는 대구경 렌즈로 AF 기능을 갖는 경우, 높은 포커스 군의 정지 정밀도가 요구된다. 따라서, 예를 들면, 무한원과 가까운 거리의 2점에 기계적인 스토퍼를 설치하고, 그 스토퍼에 대해 가압하도록 포커스 군을 이동시키고, 적어도 무한원과 가까운 거리에 대해서는 높은 정지 정밀도로 AF를 행할 수 있다.

[0056] 부등식 (1) 내지 (9)는, 이하의 부등식(1a) 내지 (9a)로 대체되어도 된다.

[0057] $-0.800 \leq \Phi fr/\Phi total \leq 0.405$ (1a)

[0058] $0.165 \leq Hm2/f \leq 2.000$ (2a)

[0059] $0.00 \leq dpupil/f \leq 1.75$ (3a)

[0060] $0.7 \leq Pml/Ppupil \leq 1.9$ (4a)

[0061] $0.5 \leq Fno \leq 2.4$ (5a)

[0062] $-0.75 \leq \Phi b/\Phi total \leq 0.65$ (6a)

[0063] $0.010 \leq |\Delta df|/f/Fno \leq 0.900$ (7a)

[0064] $0.0 \leq |\Theta m| \leq 6.0$ (8a)

[0065] $0.6 \leq \beta \leq 1.2$ (9a)

[0066] 부등식(1) 내지 (9)는 이하의 부등식(1b) 내지 (9b)로 대체되어도 된다.

[0067] $-0.5 \leq \phi fr/\phi total \leq 0.35$ (1b)

[0068] $0.18 \leq Hm2/f \leq 1.00$ (2b)

[0069] $0.0 \leq dpupil/f \leq 1.4$ (3b)

[0070] $0.75 \leq Pml/Ppupil \leq 1.85$ (4b)

[0071] $0.52 \leq Fno \leq 2.20$ (5b)

[0072] $-0.50 \leq \phi b/\phi total \leq 0.60$ (6b)

[0073] $0.015 \leq |\Delta df|/f/Fno \leq 0.800$ (7b)

[0074] $0.0 \leq |\Theta m| \leq 5.0$ (8b)

[0075] $0.6 \leq \beta \leq 1.0$ (9b)

[0076] 후술하는 바와 같이, 각 실시예에 따른 광학계에서는, 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 중 하나로서 편광 선택성 투과 반사 소자를 사용하여도 된다. 편광 선택성 투과 반사 소자로서는, 예를 들면, 아사히 가세이 주식회사 제조의 "WGF", 3M 컴퍼니 제조의 "IQP-E", 및 Moxtek, Inc. 제조의 "ProFlux" 등이 있다. 편광 선택성 투과 반사 소자에 대해서는, 사용 파장 범위에서의 평균으로, 반사축의 투과율이 1% 이하 정도, 0.5% 이하, 또는 0.25% 이하이어도 된다. 따라서, 반사면에서 한번도 반사하지 않고 상면에 도달하는 미광(stray light)(이것을 "싱글 패스(single-path) 고스트"라고 함)을 효과적으로 억제할 수 있다. 단, 반사축의 투과율이 높은 편광 선택성 투과 반사 소자라도, 직선 편광자와 병용함으로써 싱글 패스 고스트를 억제할 수 있다. 다른 쪽의 투과 반사면으로서는, 하프 미러나 콜레스테릭 액정을 사용할 수 있다. 하프 미러를 사용하는 경우, 물체측으로부터 입사한 랜덤 편광의 광량은 그 광이 상면에 도달할 때까지 12.5% 이하가 된다. 콜레스테릭 액정을 사용함으로써, 하프 미러를 사용한 경우에 비해 상면상의 광량을 약 2배로 할 수 있다.

[0077] 다음의 구성을 갖는 각 실시예에 따른 광학계는, 예를 들면, 한번도 반사되지 않고 광로로부터 상기 투과 반사면을 투과하는 고스트 광(불필요한 광 누설)을 감소시키면서 정규의 결상 광로에서의 광량의 저하를 억제할 수 있다.

[0078] 각 실시예에 따른 광학계는, 편광 선택성 반사 소자로서, 렌즈의 성형시에 있어서 렌즈 반사면에 그리드를 형성해 두고 나서, 금속 또는 유전체를 증착, 프린트 또는 리소그래피함으로써 작성된 광학 소자를 사용하여도 된다.

[0079] 편광 이용의 구성 1

[0080] 도 1을 참조하여, 편광을 이용한 구성에 대하여 설명한다. 도 1은 이 실시예에 따른 광학계의 광로를 나타내는 모식도이다. 이 실시예에 따른 광학계는 2매의 투과 반사면을 구비한다. 여기서, 이 구성에 따른 광학계의 물체측에 배치된 투과 반사면을, 편광 선택성 투과 반사 소자(polarizing beam splitter: PBS): A로서 구성한다. 이 실시예에 따른 결상 광학계의 상면측에 배치된 투과 반사면을, 하프 미러(HM):C로서 구성한다. 편광 선택성 투과 반사 소자(PBS)와 하프 미러(HM) 사이에 제 1의 1/4 파장판(QWP1):B가 배치된다. 하프 미러(HM)와 상면

(IM) 사이에, 제 2의 1/4 파장판(QWP2):D, 및 직선 편광자(POL):E가 배치된다. 여기서, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)는, 직선 편광자(E)을 투과했을 때와 같은 방향으로 편광한 직선 편광을 반사하고, 이 방향에 직교한 직선 편광을 투과하도록 구성된 소자이다.

[0081] 편광 선택성 투과 반사 소자는, 예를 들면 와이어 그리드 편광자나 위상차 필름 적층 구성의 반사형 편광자이다. 이때, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)의 와이어 그리드 형성면 또는 위상차 필름면이 투과 반사면으로서 기능한다. 와이어 그리드 편광자에 대해서는 반드시 금속 와이어를 정렬시킨 것일 필요는 없고, 미리 결정된 간격으로 얇은 금속 또는 유전층을 갖고, 편광 선택성 투과 반사 소자로서 기능하는 것이면 좋다. 예를 들면, 증착에 의해 금속 또는 유전층을 정렬한 소자를 사용할 수도 있다.

[0082] 제 1의 1/4파장판(B)과 제 2의 1/4파장판(D)은, 직선 편광자(E)의 편광 투과축에 대하여 지상축(slow axis)이 45° 기울인 상태로 배치한다. 여기서, 제 1의 1/4파장판(B)과 제 2의 1/4파장판(D)은, 각각의 지상축이 90° 기울인 상태로 배치하여도 된다. 이 구성으로 인해, 광선이 제 1의 1/4파장판(B)과 제 2의 1/4파장판(D)을 투과한 경우에, 파장판의 파장 분산 특성이 상쇄된다. 하프 미러(C)는, 예를 들면 유전체 다층막이나 금속 증착에 의해 형성된 하프 미러이며, 투과 반사면으로서 기능한다. 직선 편광자(E)은, 예를 들면 흡수형의 직선 편광자이다.

[0083] 다음으로, 편광 이용 구성에서의 광로 선택 및 기능에 대하여 설명한다. 물체측으로부터 광학계에 입사한 광은, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에서 직선 편광이 되고, 제 1의 1/4파장판(B)에 의해 원편광이 되고, 하프 미러(C)에 입사한다. 하프 미러(C)에 도달한 광의 일부는 반사되고 역방향의 원편광이 되어, 제 1의 1/4파장판(B)으로 되돌아간다.

[0084] 제 1의 1/4파장판(B)으로 되돌아간 역방향 원편광의 광은, 제 1의 1/4파장판(B)에 의해 최초로 편광 선택성 투과 반사 소자(A)를 통과했을 때와 직교한 방향으로 편광된 직선 편광으로서 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에 되돌아가, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에서 반사된다. 여기서, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)의 편광 선택성으로 인해, 상기 광이 최초로 편광 선택성 투과 반사 소자(A)를 통과했을 때와 직교한 방향으로 편광한 직선 편광이 반사된다.

[0085] 하프 미러(C)에 도달한 광의 일부는 투과하여, 제 2의 1/4파장판(D)에 의해 편광 선택성 투과 반사 소자(A)를 통과했을 때와 같은 방향으로 편광한 직선 편광이 되어, 직선 편광자(E)에 입사하여 직선 편광자(E)에 흡수된다.

[0086] 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에서 반사된 광은, 제 1의 1/4파장판(B)에 의해 원편광이 되어, 하프 미러(C)에 입사한다. 하프 미러(C)에 도달한 광의 일부는 투과되어 제 2의 1/4파장판(D)에 입사한다. 제 2의 1/4파장판(D)에 의해, 입사된 광은 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에서 반사된 직선 편광에 평행한 방향의 직선 편광이 된다. 제 2의 1/4파장판(D)을 투과한 광은 직선 편광자(E)에 입사한다. 여기서, 광의 편광과 상기 선형 편광판(E)의 투과축이 일치하기 때문에, 대부분의 광이 투과되어 상면(IM)으로 유도된다.

[0087] 이상의 작용에 의해, 편광 선택성 투과 반사 소자(PBS)를 투과하고, 하프 미러(C)에서 반사하고, 편광 선택성 투과 반사 소자(PBS)에서 반사하고, 하프 미러(C)를 투과한 광만이 상면(IM)으로 유도된다. 하프 미러(C) 대신에 콜레스테릭 액정을 사용하는 경우, 콜레스테릭 액정의 제 1 반사시에 입사광 방향의 원편광을 크게 반사하도록 콜레스테릭 액정을 설치하여도 된다. 이와 같이 함으로써, 고스트 광을 저감하면서, 정규 광로의 광량을 증가시킬 수 있다.

[0088] 상면(IM)으로서 사용할 수 있는 촬상 소자나 전하결합소자(CCD)는, 일반적으로 표면의 반사율이 높다. 이 구성에서, 상면(IM)에서 반사된 광은 직선 편광자(E)를 다시 투과하고, 제 2의 1/4파장판(D)에 의해 원편광으로 변환된다. 그 후, 제 2의 1/4파장판(D)으로부터 사출된 광은 하프 미러(C)에서 반사되어 역방향의 원편광이 되고, 다시 제 2의 1/4파장판(D)을 통과한다. 이때, 원편광은, 제 2의 1/4파장판(D)에 의해 직선 편광자(E)를 직전에 투과한 광에 수직한 방향으로 편광된 직선 편광으로 변환된다. 이 직선 편광의 방향은 직선 편광자(E)의 투과축에 직교하고 있기 때문에, 직선 편광자(E)에서 광의 대부분이 흡수된다. 이와 같이, 이 구성에서는, 상면(IM), 하프 미러(C) 및 상면(IM)과 이 순서로 반사되는 광이 대부분이 커트되기 때문에, 상면(IM)과 관련된 고스트나 플레어가 눈에 띄지 않는다. 또한, 이러한 반사 저감 효과를 얻기 위해서는, 복굴절을 이용한 광학 저역 통과 필터가 상면(IM)과 직선 편광자(E) 사이에 존재하지 않을 수도 있다. 이것은, 광학 저역 통과 필터에 의해 원하는 편광 상태로부터 편광 상태가 어긋나기 때문이다.

[0089] 이 구성에 있어서, 직선 편광자(E)의 직후에(예를 들면, 다음에 및 상측에) 제 3의 1/4파장판(도시하지 않음)을

배치해도 된다. 이 경우에, 직선 편광자(E)의 흡수축과 제 3의 1/4파장판의 지상축이 이루는 각도는(광축 방향에서 볼 때) 45° 또는 135°이어도 된다. 이 구성은, 상면(IM)에서 반사하는 광이나, 제 3의 1/4파장판과 상면(IM) 사이의 렌즈면의 반사를 더욱 억제할 수 있다.

[0090] 또한, 이 구성에 있어서, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)와 물체 사이에 직선 편광자(도시하지 않음)를 배치해도 된다. 이때, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)와 직선 편광자의 투과축이 일치하도록 배치된다. 이 구성은, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에서 반사한 광이 편광 선택성 투과 반사 소자(A)와 물체 사이의 렌즈면에서 반사하여 생기는 고스트를 저감할 수 있다. 또한, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)의 반사축 방향의 편광을 크게 흡수하여, 싱글 패스 고스트를 상당히 저감할 수 있다. 또한, 자외선 등을 흡수함으로써, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)의 내환경성을 향상시킬 수 있다.

[0091] 이 구성에 있어서, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)와 물체 사이에 1/4파장판을 배치해도 된다(상기의 직선 편광자를 배치하는 경우는, 그 직선 편광자와 물체 사이에 배치한다). 이때, 1/4파장판의 진상축(fast axis) 또는 지상축이 편광 선택성 투과 반사 소자(A)의 투과축과 45° 의 각도가 이루어지도록 배치한다. 이와 같이 함으로써, 의사적인 편광 해소를 행하고, 물체측으로부터 입사하는 광이 직선 편광이어도, 그 편광 방향에 관계없이 촬상하는 것이 가능해진다. 1/4파장판 대신에 편광 해소 소자를 배치해도 된다. 편광 해소 소자로서는, 예를 들면 도요보 주식회사의 상품명 "코스모샤인 SRF"를 사용할 수 있다. 코스모샤인 SRF는 10,000nm 정도의 큰 복굴절을 갖는 필름이며, 이러한 필름은 1/4파장판을 사용한 경우에 비해 파장판의 파장 특성 및 각도 특성에 의해 생기는 색 불균일을 방지할 수 있다.

[0092] 편광 이용의 구성 2

[0093] 다음에, 도 2를 참조하여 편광을 이용한 구성에 대하여 설명한다. 도 2는 각 실시예에 따른 광학계의 광로의 모식도이다. 각 실시예에 따른 광학계는 2매의 투과 반사면을 갖는다. 여기서, 각 실시예에 따른 광학계의 물체측에 배치되는 투과 반사면을 하프 미러(HM):C로서 구성한다. 각 실시예에 따른 광학계의 표시 소자측에 배치된 투과 반사면을 편광 선택성 투과 반사 소자(PBS):A로서 구성한다. 편광 선택성 투과 반사 소자(PBS)와 하프 미러(HM) 사이에 제 1의 1/4파장판(QWP1):B를 배치한다. 하프 미러(HM)와 물체면 사이에 직선 편광자(POL):E 및 제 2의 1/4파장판(QWP2):D를 배치한다. 여기서, 각 편광 소자의 구성 및 광학축 방위의 적절한 배치는 편광 이용의 구성 1과 동일하다.

[0094] 다음에, 편광 이용 구성에서의 광로 선택 및 동작에 대하여 설명한다. 물체측으로부터 광학계에 입사한 광은, 직선 편광자(E)에 의해 직선 편광이 되고, 제 2의 1/4파장판(D)에 의해 원편광이 되고, 하프 미러(C)에 입사한다. 하프 미러(C)에 도달한 광의 일부는 반사되어, 역방향의 원편광이 되어, 제 2의 1/4파장판(D)으로 되돌아간다.

[0095] 하프 미러(C)에 도달하여 반사된 광은, 입사방향과 역방향의 원편광이 된다. 이 광은 제 2의 1/4파장판(D)에 의해 직선 편광자(E)를 투과했을 때와 직교한 방향으로 편광한 직선 편광으로 변환되고, 직선 편광자(E)에 입사하여, 직선 편광자(E)에 의해 흡수된다.

[0096] 하프 미러(C)를 투과한 광은, 제 1의 1/4파장판(B)에 의해 직선 편광자(E)를 직전에 투과한 광과 같은 방향으로 편광한 직선 편광으로 변환된다. 이 직선 편광은 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에 의해 반사되어, 제 1의 1/4파장판(B)으로 되돌아간다. 그 후, 제 1의 1/4파장판(B)에 의해 광이 원편광으로 변환되고, 하프 미러(C)에서 그 일부가 반사된다. 하프 미러(C)에서 반사된 광은 다시 제 1의 1/4파장판(B)에 입사하고, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에서 반사했을 때와는 편광 방향이 직교하고 있는 직선 편광으로 변환된다. 이 선형 편광은 편광 선택성 투과 반사 소자(A)를 투과하여 상면(IM)으로 유도된다.

[0097] 이상의 작용에 의해, 하프 미러(C)를 투과하고, 편광 선택성 투과 반사 소자(PBS)에서 반사하고, 하프 미러(C)에서 반사하고, 편광 선택성 투과 반사 소자(PBS)를 투과한 광만이 상면(IM)으로 유도된다.

[0098] 이 배치로 인해, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)와 상면(IM) 사이에 직선 편광자(A')를 배치해도 된다. 이 경우에, 직선 편광자(A')와 편광 선택성 투과 반사 소자(A)의 투과축은 일치한다. 이 구성은, 상면(IM)에서 반사하고, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)에서 반사하고, 다시 상면(IM)에 입사하여 고스트나 플레어가 되는 광을 흡수할 수 있다. 또한, 이 구성은, 편광 선택성 투과 반사 소자(A)의 반사축 방향으로부터 누설되어 온 광을 크게 흡수하여, 싱글 패스 고스트를 상당히 저감할 수 있다.

[0099] 이 구성은, 직선 편광자(E)와 물체 사이에 1/4파장판을 배치해도 된다. 이때, 1/4파장판과 직선 편광자(E)는, 1/4파장판의 진상축 또는 지상축이 직선 편광자(E)의 투과축과 45° 의 각도가 이루어지도록 배치된다. 이와 같

이 함으로써, 물체측으로부터 입사하는 광이 직선 편광이어도, 그 편광 방향에 관계없이 촬상하는 것이 가능해진다. 1/4파장판 대신에 편광 해소 소자를 배치해도 된다. 편광 해소 소자로서는, 예를 들면 도요보 주식회사의 "코스모샤인 SRF"를 사용할 수 있다.

[0100] 상기 2개의 구성의 설명에서는, 직교(수직), 평행, 45° 등의 용어는, 엄밀하게 90°, 0°, 45°일 필요는 없다. 단, 이 각도들은, 원하는 각도로부터 ±5° 이내가 되어야 하거나, ±2° 이내이어도 되거나, ±1° 이내이어도 된다.

[0101] 상기 2종류의 구성의 양쪽은, 동일한 구조를 갖는 2매의 1/4파장판(QWP)을 사용하여도 된다. 이상적인(즉, 사용되는 범위에서 모든 파장, 모든 광선 입사각에 대해 엄격하게 1/4 파장의 위상을 제공하는 것과 같은) 1/4파장판(QWP)이면 문제는 없다. 그러나, 실제로는 그러한 1/4파장판(QWP)은 존재하지 않고, 투과하는 광의 파장 등에 따라 광에 부여하는 위상이 다르다. 상기 2종류의 구성에 있어서는, 2매의 1/4파장판(QWP)을 광이 투과할 때에 제 1의 1/4파장판(QWP1)과 제 2의 1/4파장판(QWP2)에 의해 부여된 위상을 상쇄시키고, 원하는 광선이 상면측으로 사출된다. 즉, 제 1 투과 반사면과 제 2 투과 반사면의 각각에서 한번 반사한 광을 상측으로 사출하고, 한번도 반사하지 않은 광을 상기 편광자로 흡수하고 있다. 이때, 제 1의 1/4파장판(QWP1)과 제 2의 1/4파장판(QWP2)의 특성이 서로 다르면, 그 차이만큼 의도하지 않은 광이 상면을 향해 사출되어 버려, 고스트나 플레어가 생기어 화질이 저하된다.

[0102] 상기 2종류의 구성에 있어서, 직선 편광자(E)는 반사형이 아닌 흡수형의 편광자이어도 된다. 이것은, 흡수형의 편광자가, 반사에 의한 고스트나 플레어가 발생하기 어렵기 때문이다. 직선 편광자(E)에 대해서는, 사용 파장 범위의 평균으로, 흡수축의 투과율이 0.5% 이하 정도이어도 되거나, 0.15% 이하, 또는 0.05% 이하이어도 된다. 이 구성은, 반사면에서 반사하지 않고 상면에 도달하는 고스트 광을 효과적으로 억제할 수 있다. 특히, 사용하는 파장 범위가 넓은 경우에는, 편광자의 흡수축의 투과율을 낮게 유지하는 것은 어렵지만, 복수의 편광자를 겹겹이 사용하여 원하는 특성을 얻을 수도 있다. 직선 편광자(E)는, 가시 범위에서, 예를 들면 일본 화약 주식회사제의 상품명 "ACE-125U"나 "VHC-12UL2S", 혹은 에드몬드 옵틱스 재팬 주식회사제의 상품명 "XP42HE" 등을 사용할 수 있다. 예를 들면 "ACE-125U"와 일본 화약 주식회사제의 상품명 "SHC-115U"를 적층함으로써, 흡수축의 투과율을 매우 낮게 한 직선 편광자를 얻을 수 있다. 이와 같이 복수의 편광자를 적층함으로써, 경년 변화에 대한 내성도 향상시킬 수 있다.

[0103] 상기 2종류의 구성은 광학 저역 통과 필터를 포함하는 촬상 소자와 조합하여 사용하는 경우를 생각한다. 이때, 상면에 가장 가까운 편광자의 투과축과 광학 저역 통과 필터를 구성하는 복굴절판 중 물체에 가장 가까운 복굴절판의 진상축과의 상대 각도가, 45° 또는 135°이어도 된다. 이 구성은, 통상의(일반적인 굴절 광학계와 같이 편광 의존성이 없는) 광학계와 마찬가지의 로우 패스 효과를 얻을 수 있다. 또는, 상면에 가장 가까운 편광자의 상측에 1/4파장판을 배치해도 된다. 그 경우에, 상면에 가장 가까운 편광자의 투과축과 1/4파장판의 진상축은 45° 또는 135°이어도 된다. 이 구성은, 촬상 소자를 향하여 원편광을 사출함으로써, 통상의 광학계와 마찬가지의 로우 패스 효과를 제공할 수 있다. 또는, 상면에 가장 가까운 편광자의 상측에, 복굴절이 큰 플라스틱 몰드 렌즈를 배치함으로써, 사출광을 의사적인 랜덤 편광으로 해도 되고, 통상의 광학계와 마찬가지의 로우 패스 효과를 얻을 수 있다.

[0104] 상기 2종류의 구성에 있어서, 상기 편광 선택성 투과 반사 소자, 상기 1/4파장판 및 상기 직선 편광자의 각각은, 원형, 직사각형 또는 다각형이어도 된다. 직사각형이나 정육각형과 같이 평면상에 여백 없이 놓여 있는 형상들은, 각 소자를 낭비 없이 사용할 수 있기 때문에 제조 비용의 점에서 적합할 수도 있다. 이들 광학 소자 중에서, 주로 중합체 재료로 이루어진 것이 저렴하게 이용 가능하다. 이러한 소자를 사용하는 경우, 전술한 바와 같이 예를 들면 유리나 수지에 접합하여 충분한 면 정밀도를 확보하여도 된다. 이러한 형태에서는, 대형으로 접합을 행하고, 거기로부터 직사각형에 필요한 양을 잘라냄으로써, 재료의 손실을 없앨 수 있다. 상술한 바와 같이, 상기 2종류의 구성에서는, 각 소자 사이의 방위각이 중요하다. 직사각형 소자는, 부품의 외형과 소자의 방향(예를 들면, 진상축, 지상축, 투과축, 흡수축, 투과축 및 반사축)을 부품마다 보증하기 쉬워져, 방위각의 조정을 간편화 내지 생략할 수 있다.

[0105] 각 실시예에 따른 광학계에 있어서, 상기 렌즈는 수지 재료 또는 유리 재료로 제조되어도 된다. 그러나, 제 1 투과 반사면과 제 2 투과 반사면 사이에 배치된 렌즈에 대해서는 복굴절이 낮아도 된다.

[0106] 각 실시예에 따른 광학계는, 물체측으로부터 상측으로 순서대로, 제 1 굴절 렌즈(L1), 제 1 투과 반사면(HM1), 1/4파장판(QWP) 및 제 2 투과 반사면(HM2)을 구비한다. 포커싱시에, 제 1 투과 반사면(HM1)은 광축 방향으로 이동한다. 포커싱시에, 제 1 굴절 렌즈(L1)는, 이동하지 않거나, 제 1 굴절 렌즈(L1)와 제 1 투과 반사면(HM1) 사

이의 광축 방향의 간격을 변화하도록 이동한다. 제 1 굴절 렌즈(L1)는 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)의 각각으로부터 분리되어 있다.

[0107] 또는, 각 실시예에 따른 광학계는, 물체측으로부터 상측으로 순서대로, 제 1 굴절 렌즈(L1), 제 1 투과 반사면(HM1), 1/4파장판(QWP), 제 2 투과 반사면(HM2) 및 제 2 굴절 렌즈(L2)를 구비한다. 포커싱시에, 제 1 투과 반사면(HM1)은 광축 방향으로 이동한다. 포커싱시에, 제 2 굴절 렌즈(L2)는 이동하지 않거나, 제 2 굴절 렌즈(L2)와 제 1 투과 반사면(HM1) 사이의 광축 방향의 간격이 변화한다. 제 2 굴절 렌즈(L2)는 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)의 각각으로부터 분리되어 있다.

[0108] 각 실시예에 따른 광학계는 제 1 투과 반사면(HM1)의 물체측에 배치되고, 제 1 투과 반사면(HM1)과는 분리되어 있고, 포커싱시 제 1 투과 반사면(HM1)과 일체로 이동하도록 구성된, 제 3 굴절 렌즈를 구비해도 된다. 각 실시예에 따른 광학계는, 제 1 투과 반사면(HM1)과 제 2 투과 반사면(HM2) 사이의 영역의 외측에 배치되고, 포커싱시에 광축 방향으로 이동하는 제 4 굴절 렌즈를 구비해도 된다.

[0109] 이하, 각 실시예에 따른 광학계에 대하여 상세히 설명한다.

[0110] 실시예 1

[0111] 이제 도 3 및 도 4a, 4b를 참조하여, 실시예 1에 따른 광학계(OS1)에 대하여 설명한다. 도 3은 광학계(OS1)의 단면도이다. 광학계(OS1)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 또한, 제 1 투과 반사면(HM1)의 상측에는 1/4파장판(QWP)이 배치되어 있다.

[0112] 도 4a는 무한원 (물체에) 합초 상태에서의 광학계(OS1)의 수차도, 도 4b는 근거리 (물체에) 합초 상태에서의 광학계(OS1)의 수차도이다. 구면 수차도에 있어서, Fno는 F 넘버이다. 구면 수차도는, d선(파장 587.6nm), g선(파장 435.8nm), C선(파장 656.3nm), F선(파장 486.1nm)에 대한 구면 수차량을 나타낸다. 비점 수차도에 있어서, S는 사지털 상면에서의 비점 수차량을 나타내고, M은 메리디오날 상면에서의 비점 수차량을 나타낸다. 왜곡 수차도에서는 d선에 대한 왜곡 수차량을 나타낸다. 색수차도에서는, g선, C선, F선에 있어서의 색수차량을 나타내고 있다. ω는 반화각(°)이다. obj는 초점을 맞춘 위치(상면(IM)으로부터 합초면까지의 거리)(단위: mm)를 나타낸다. 상기 정의들은 후속 수차도에도 마찬가지로 적용 가능하다.

[0113] 포커싱시에, 광학계(OS1)는 제 1 투과 반사면(HM1)을 포함하는 렌즈군과 개구 조리개(SP)를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다. 도 1에 있어서, 움직이는 렌즈군 및 무한원으로부터 근거리에 포커싱시의 이동 방향을 하부의 화살표로 나타내고 있다. 도 3에 있어서, 화살표가 물체측을 향하고 있고, 무한원으로부터 근거리에 포커싱시에 렌즈가 물체측을 향하여 이동되는 것을 나타낸다. 이것은, 이후의 광로도에서도 마찬가지로 적용된다.

[0114] 광학계(OS1)에 있어서, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당한다.

[0115] 실시예 2

[0116] 다음에, 실시예 2에 따른 광학계(OS2)에 대하여, 도 5 및 도 6a, 6b를 참조하여 설명한다. 도 5는 광학계(OS2)의 단면도이다. 도 6a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS2)의 수차도이고, 도 6b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS2)의 수차도이다.

[0117] 광학계(OS2)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 또한, 제 1 투과 반사면(HM1)의 상측에, 1매의 평판 유리를 사이에 두고 1/4파장판(QWP)이 배치되어 있다. 이러한 구성에 의해, 반사면의 면 정밀도를 용이하게 향상시킬 수 있다. 본 실시예에 있어서, 1/4파장판(QWP)을 두께 0.1mm의 평판으로서 광로도 및 수치에 내장하고 있지만, 이것은 수차에의 영향은 거의 없고, 이 두께의 유무는 각 실시예의 본질에 영향을 미치지 않아서, 실시예 1에서는 1/4파장판(QWP)의 두께를 생략하고 있다. 이후에, 1/4파장판(QWP)이나 투과 반사면 등의 두께는 생략하는 경우가 있다. 포커싱시에, 광학계(OS2)는 물체측에 대향하는 볼록면을 갖는 메니스커스 렌즈의 물체측에 렌즈군(개구 조리개(SP)를 구비함)을 일체로 하여서 광축 방향으로 이동시킨다.

[0118] 광학계(OS2)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1), 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0119] 실시예 3

[0120] 다음에, 실시예 3에 따른 광학계(OS3)에 대하여, 도 7 및 도 8a, 8b를 참조하여 설명한다. 도 7은 광학계(OS3)의 단면도이다. 도 8a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS3)의 수차도이고, 도 8b는 근거리 합초 상태에서의

광학계(OS3)의 수차도이다.

[0121] 광학계(OS3)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 또한, 제 1 투과 반사면(HM1)의 상측에는, 볼록렌즈를 통해 1/4파장판(QWP)이 배치되어 있다. 포커싱시에, 광학계(OS3)는, 물체측으로부터 7매(평판을 포함하고, 1/4파장판(QWP)을 포함하지 않는다)의 렌즈군과 개구 조리개(SP)를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0122] 광학계(OS3)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1), 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0123] 실시예 4

[0124] 다음에, 실시예 4에 따른 광학계(OS4)에 대하여, 도 9 및 도 10a, 10b를 참조하여 설명한다. 도 9는 광학계(OS4)의 단면도이다. 도 10a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS4)의 수차도이고, 도 10b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS4)의 수차도이다.

[0125] 광학계(OS4)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 또한, 제 1 투과 반사면(HM1)의 상측에 1/4파장판(QWP)이 배치되어 있다. 포커싱시에, 광학계(OS4)는 개구 조리개(SP)의 직후(다음에)와 상측의 7매의 렌즈군을 일체로 하여서 광축 방향으로 이동시킨다. 또한, 물체측으로부터 카운트된 제 4 및 제 5의 접합 렌즈(방진군)를 광축에 수직인 방향으로 이동시킴으로써, 화상 안정화를 행할 수 있다.

[0126] 광학계(OS4)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0127] 실시예 5

[0128] 다음에, 실시예 5에 따른 광학계(OS5)에 대하여, 도 11 및 도 12a, 12b를 참조하여 설명한다. 도 11은 광학계(OS5)의 단면도이다. 도 12a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS5)의 수차도이고, 도 12b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS5)의 수차도이다.

[0129] 광학계(OS5)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 또한, 제 1 투과 반사면(HM1)의 상측에 1/4파장판(QWP)이 배치되어 있다. 포커싱시에, 광학계(OS5)는 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에)와 상측에 배치된 3매의 렌즈군을 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0130] 광학계(OS5)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0131] 실시예 6

[0132] 다음에, 실시예 6에 따른 광학계(OS6)에 대하여, 도 13 및 도 14a, 14b를 참조하여 설명한다. 도 13은 광학계(OS6)의 단면도이다. 도 14a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS6)의 수차도이고, 도 14b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS6)의 수차도이다.

[0133] 광학계(OS6)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 제 1 투과 반사면(HM1)의 상측에 1/4파장판(QWP)이 배치되어 있다. 포커싱시에, 광학계(OS6)는 개구 조리개(SP)와 개구 조리개(SP)의 직후(다음에)와 상측에 배치된 2매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0134] 광학계(OS6)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0135] 실시예 7

[0136] 다음에, 실시예 7에 따른 광학계(OS7)에 대하여, 도 15 및 도 16a, 16b를 참조하여 설명한다. 도 15는 광학계(OS7)의 단면도이다. 도 16a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS7)의 수차도이고, 도 16b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS7)의 수차도이다.

[0137] 광학계(OS7)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 또한, 제 1 투과 반사면(HM1)의 상측에 1/4파장판(QWP)이 배치되어 있다. 포커싱시에, 광학계(OS7)는 개구 조리개(SP), 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에)와 물체측에 배치된 1매의 렌즈, 및 개구 조리개(SP)의 다음에 및 상측에 배치된 5매(평판을 포함함)의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다. 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에)와 상측에 배치된 렌즈(방진군)를 광축에 수직인 방향으로 이동시킴으로써, 화상 안정화를 행할 수 있다.

[0138] 광학계(OS7)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에)와 물체측에 배치된 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0139] 실시예 8

[0140] 다음에, 실시예 8에 따른 광학계(OS8)에 대하여, 도 17 및 도 18a, 18b를 참조하여 설명한다. 도 18a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS8)의 수차도이고, 도 18b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS8)의 수차도이다.

[0141] 광학계(OS8)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS8)는, 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에)와 상측에 배치된 4매(평판을 포함하고, 1/4파장판을 포함하지 않음)의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다. 또한, 개구 조리개(SP)의 직전(예를 들면, 다음에)과 물체측에 배치된 접합 렌즈(방진군)를 광축에 수직인 방향으로 이동시킴으로써, 화상 안정화를 행할 수 있다.

[0142] 광학계(OS8)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 제 2 투과 반사면(HM2)의 직후(예를 들면, 다음에)에 배치된 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0143] 실시예 9

[0144] 다음에, 실시예 9에 따른 광학계(OS9)에 대하여, 도 19 및 도 20a, 20b를 참조하여 설명한다. 도 19는 광학계(OS9)의 단면도이다. 도 20a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS9)의 수차도이고, 도 20b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS9)의 수차도이다.

[0145] 광학계(OS9)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS9)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에)와 상측에 배치된 2매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0146] 광학계(OS9)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0147] 실시예 10

[0148] 다음에, 실시예 10에 따른 광학계(OS10)에 대하여, 도 21 및 도 22a, 22b를 참조하여 설명한다. 도 21은 광학계(OS10)의 단면도이다. 도 22a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS10)의 수차도이고, 도 22b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS10)의 수차도이다.

[0149] 광학계(OS10)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS10)는, 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에 및 상측에)와 직전(예를 들면, 다음에 및 물체측에)에 배치된 각각의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시키고, 또한, 그것과는 다른 이동량으로 상측의 2매의 렌즈를 일체의 플로팅 군으로서 광축 방향으로 이동시킨다.

[0150] 광학계(OS10)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1), 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0151] 실시예 11

[0152] 다음에, 실시예 11에 따른 광학계(OS11)에 대하여, 도 23 및 도 24a, 24b를 참조하여 설명한다. 도 23은 광학계(OS11)의 단면도이다. 도 24a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS11)의 수차도이고, 도 24b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS11)의 수차도이다.

[0153] 광학계(OS11)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구

비한다. 포커싱시에, 광학계(OS11)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP)의 직후(예를 들면, 다음에)와 상측에 배치된 2매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0154] 광학계(OS11)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0155] 실시예 12

[0156] 다음에, 실시예 12에 따른 광학계(OS12)에 대하여, 도 25 및 도 26a, 26b를 참조하여 설명한다. 도 25는 광학계(OS12)의 단면도이다. 도 26a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS12)의 수차도이고, 도 26b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS12)의 수차도이다.

[0157] 광학계(OS12)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS12)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP)의 직후와 상측의 3매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0158] 광학계(OS12)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0159] 실시예 13

[0160] 다음에, 실시예 13에 따른 광학계(OS13)에 대하여, 도 27 및 도 28a, 28b를 참조하여 설명한다. 도 27은 광학계(OS13)의 단면도이다. 도 28a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS13)의 수차도이고, 도 28b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS13)의 수차도이다.

[0161] 광학계(OS13)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS13)는, 물체에 가장 가까운 2매의 렌즈 및 상면에 가장 가까운 1매의 렌즈의 총 3매의 렌즈를 이동시키지 않고, 나머지 렌즈군과 개구 조리개(SP)를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0162] 광학계(OS13)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직전의 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0163] 실시예 14

[0164] 다음에, 실시예 14에 따른 광학계(OS14)에 대하여, 도 29 및 도 30a, 30b를 참조하여 설명한다. 도 29는 광학계(OS14)의 단면도이다. 도 30a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS14)의 수차도이고, 도 30b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS14)의 수차도이다.

[0165] 광학계(OS14)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS14)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP)의 직후와 상측에 배치된 2매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0166] 광학계(OS14)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP) 직후의 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0167] 실시예 15

[0168] 다음에, 실시예 15에 따른 광학계(OS15)에 대하여, 도 31 및 도 32a, 32b를 참조하여 설명한다. 도 31은 광학계(OS15)의 단면도이다. 도 32a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS15)의 수차도이고, 도 32b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS15)의 수차도이다.

[0169] 광학계(OS15)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS15)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP) 직후와 상측에 배치된 2매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0170] 광학계(OS15)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0171] 실시예 16

[0172] 다음에, 실시예 16에 따른 광학계(OS16)에 대해서, 도 33 및 도 34a, 34b를 참조하여 설명한다. 도 33은 광학계(OS16)의 단면도이다. 도 34a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS16)의 수차도이고, 도 34b는 근거리 합초 상

태에서의 광학계(OS16)의 수차도이다.

[0173] 광학계(OS16)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS16)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP) 직후와 상측에 배치된 3매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0174] 광학계(OS16)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0175] 실시예 17

[0176] 다음에, 실시예 17에 따른 광학계(OS17)에 대하여, 도 35 및 도 36a, 36b를 참조하여 설명한다. 도 35는 광학계(OS17)의 단면도이다. 도 36a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS17)의 수차도이고, 도 36b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS17)의 수차도이다.

[0177] 광학계(OS17)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS17)는 개구 조리개(SP)의 직후와 상측에 배치된 3매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0178] 광학계(OS17)에 있어서, 제 1 투과 반사면(HM1) 및 제 2 투과 반사면(HM2)의 어느 쪽이라도 반사하지 않고, 그대로 상면에 도달해 버리는 싱글 패스 광에 작용하는 광학계의 파워를 강하게 하고 있다. 싱글 패스 광은 상면에 도달하지 않을 수도 있고, 편광자에 의해 흡수될 수도 있다. 그렇지만, 편광자의 특성이 이상적이지 않으므로, 어느 정도 싱글 패스 광이 상면에 도달하는 것은 불가피하다. 이 구성은, 싱글 패스 광에 의한 고스트가 전체 화상에 퍼지는 것을 방지할 수 있다.

[0179] 광학계(OS17)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0180] 실시예 18

[0181] 다음에, 실시예 18에 따른 광학계(OS18)에 대해서, 도 37 및 도 38a, 38b를 참조하여 설명한다. 도 37은 광학계(OS18)의 단면도이다. 도 38a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS18)의 수차도이고, 도 38b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS18)의 수차도이다.

[0182] 광학계(OS18)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS18)는, 물체에 가장 가까운 렌즈 및 상면에 가장 가까운 렌즈의 총 2매의 렌즈를 이동시키지 않고, 나머지 렌즈군과 개구 조리개(SP)를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0183] 광학계(OS18)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직전에 배치된 렌즈가 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0184] 실시예 19

[0185] 다음에, 실시예 19에 따른 광학계(OS19)에 대하여, 도 39 및 도 40a, 40b를 참조하여 설명한다. 도 39는 광학계(OS19)의 단면도이다. 도 40a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS19)의 수차도이고, 도 40b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS19)의 수차도이다.

[0186] 광학계(OS19)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS19)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP) 직후와 상측에 배치된 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시키고, 또한 그것과는 다른 이동량으로 상면에 가장 가까운 2매의 렌즈를 일체 플로팅군으로서 광축 방향으로 이동시킨다.

[0187] 광학계(OS19)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0188] 실시예 20

[0189] 다음에, 실시예 20에 따른 광학계(OS20)에 대하여, 도 41 및 도 42a, 42b를 참조하여 설명한다. 도 41은 광학계(OS20)의 단면도이다. 도 42a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS20)의 수차도이고, 도 42b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS20)의 수차도이다.

[0190] 광학계(OS20)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS20)는 개구 조리개(SP)와, 개구 조리개(SP) 직후와 상측에 배치된 2매의 렌즈를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0191] 광학계(OS20)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후에 배치된 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0192] 실시예 21

[0193] 다음에, 실시예 21에 따른 광학계(OS21)에 대하여, 도 43 및 도 44a, 44b를 참조하여 설명한다. 도 43은 광학계(OS21)의 단면도이다. 도 44a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS21)의 수차도이고, 도 44b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS21)의 수차도이다.

[0194] 광학계(OS21)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS21)는 개구 조리개(SP)의 직후와 상측에 배치된 1매의 렌즈를 광축 방향으로 이동시킨다.

[0195] 광학계(OS21)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당한다.

[0196] 실시예 22

[0197] 다음에, 실시예 22에 따른 광학계(OS22)에 대하여, 도 45 및 도 46a, 46b를 참조하여 설명한다. 도 45는 광학계(OS22)의 단면도이다. 도 46a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS22)의 수차도이고, 도 46b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS22)의 수차도이다.

[0198] 광학계(OS22)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS22)는 물체측으로부터 제 5 렌즈 및 제 6 렌즈의 2매의 접합 렌즈를 광축 방향으로 이동시킨다.

[0199] 광학계(OS22)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0200] 실시예 23

[0201] 다음에, 실시예 23에 따른 광학계(OS23)에 대하여, 도 47 및 도 48a, 48b를 참조하여 설명한다. 도 47은 광학계(OS23)의 단면도이다. 도 48a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS23)의 수차도이고, 도 48b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS23)의 수차도이다.

[0202] 광학계(OS23)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS23)는, 상면에 가장 가까운 렌즈 이외의 렌즈군과 개구 조리개(SP)를 일체로 하여 광축 방향으로 이동시킨다.

[0203] 광학계(OS23)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1), 제 3 굴절 렌즈 및 제 4 굴절 렌즈에 상당하고, 상면에 가장 가까운 렌즈가 제 2 굴절 렌즈(L2)에 상당한다.

[0204] 실시예 24

[0205] 다음에, 실시예 24에 따른 광학계(OS24)에 대하여, 도 49 및 도 50a, 50b를 참조하여 설명한다. 도 49는 광학계(OS24)의 단면도이다. 도 50a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS24)의 수차도이고, 도 50b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS24)의 수차도이다.

[0206] 광학계(OS24)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS24)는 물체측으로부터 카운트된 제 6 렌즈를 광축 방향으로 이동시킨다.

[0207] 광학계(OS24)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 제 1 투과 반사면(HM1)을 갖는 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0208] 실시예 25

[0209] 다음에, 실시예 25에 따른 광학계(OS25)에 대하여, 도 51 및 도 52a, 52b를 참조하여 설명한다. 도 51은 광학계(OS25)의 단면도이다. 도 52a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS25)의 수차도이고, 도 52b는 근거리 합초 상

태에서의 광학계(OS25)의 수차도이다.

[0210] 광학계(OS25)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS25)는 개구 조리개(SP)의 직후와 상측에 배치된 평판을 광축 방향으로 이동시킨다.

[0211] 광학계(OS25)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당한다.

[0212] 실시예 26

[0213] 다음에, 실시예 26에 따른 광학계(OS26)에 대하여, 도 53 및 도 54a, 54b를 참조하여 설명한다. 도 53은 광학계(OS26)의 단면도이다. 도 54a는 무한원 합초 상태에서의 광학계(OS26)의 수차도이고, 도 54b는 근거리 합초 상태에서의 광학계(OS26)의 수차도이다.

[0214] 광학계(OS26)는, 물체측으로부터 상면(IM)측으로 순서대로, 복수의 렌즈(복수의 렌즈군)와 센서 보호 유리를 구비한다. 포커싱시에, 광학계(OS26)는, 물체에 가장 가까운 렌즈 이외의 3매의 렌즈와 개구 조리개(SP)를 일체로 이동시킨다.

[0215] 광학계(OS26)에 있어서, 예를 들면, 물체에 가장 가까운 렌즈가 제 1 굴절 렌즈(L1)에 상당하고, 개구 조리개(SP)의 직후의 렌즈가 제 4 굴절 렌즈에 상당한다.

[0216] 이하, 실시예 1 내지 23 각각에 대응하는 수치 실시예 1 내지 26에 대해서 설명한다. 각 수치 실시예의 면 데이터에 있어서, 면 번호 i는 동공면측으로부터 카운트된 i번째의 면을 나타낸다. r은 i번째 면의 곡률 반경, d(mm)는 i번째와 (i+1)번째 면 사이의 렌즈 두께 또는 공기 간격, nd는 i번째의 광학 소자의 재료의 d선에 있어서의 굴절률이고, νd는 광학 부재의 d선을 기준으로 한 아베수이다. 특정한 재료의 아베수 νd는, 프라운호퍼(Fraunhofer)선의 d선(587.6nm), F선(486.1nm), C선(656.3nm)에서의 굴절률을 각각 Nd, NF, NC로 할 때,

[0217] νd=(Nd-1)/(NF-NC)로서

[0218] 표현된다.

[0219] 면 번호 옆의 별표 "*"는, 그 면이 비구면 형상을 갖는 것을 의미한다. 비구면 형상은, 면 정점으로부터의 높이 h의 위치에서의 광축 방향의 변위량을 x, 근축 곡률 반경을 R, 원추 상수를 k, 각 차수의 비구면 계수를 Ai:(i=2, 4, 6, 8 ...)로 할 때,

[0220] $$x(h)=\frac{\left(\frac{h^2}{r}\right)}{1+\sqrt{\left\{1-(1+k)\left(\frac{h}{r}\right)^2\right\}}}+A_2h^2+A_4h^4+A_6h^6+A_8h^8+A_{10}h^{10}+\cdots$$

[0221] 로서 표현된다. 각 비구면 계수에서의 "e±XX"는 "×$10^{\pm XX}$."를 의미한다.

[0222] 각 수치 실시예에 있어서, d, 초점 거리(mm), F넘버(Fno) 및 반화각(°)의 전부는, 각 실시예에 따른 광학계가 무한원 물체의 합초 상태에 있는 경우의 값이다. "백 포커스(BF)"는, 최종 렌즈면(상면에 가장 가까운 렌즈면)으로부터 공기 등가 거리로 표현된 근축 상면까지의 광축상의 거리이다. "전체 렌즈 길이"는, 광학계의 맨 앞에 위치한 렌즈면(물체에 가장 가까운 렌즈면)으로부터 최종면까지의 광축상의 거리 플러스 상기 백 포커스다.

[0223] 수치 실시예 1

[0224] 단위: mm

[0225] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	33.264	3.80	1.51633	64.1
2*	67.341	7.87		
3 (SP)	∞	3.61		
4*	-60.314	8.76	1.54658	55.9
5*	-56.658	2.00		
6*	-178.356	4.14	1.54658	55.9
7*	-278.259	5.36		
8*	-49.931	-5.36		
9*	-278.259	-4.14	1.54658	55.9
10*	-178.356	-2.00		
11*	-56.658	2.00		
12*	-178.356	4.14	1.54658	55.9
13*	-278.259	5.36		
14*	-49.931	2.35	1.54658	55.9
15*	19.782	11.00		
16	∞	3.00	1.51633	64.1
17	∞	0.10		
상면	∞			

[0226]

[0227] 비구면 데이터

[0228] 제1면

[0229] K=0.00000e+00 A4=1.75368e-06 A6=-2.08107e-09

[0230] 제2면

[0231] K=0.00000e+00 A4=-1.06144e-06 A6=-1.12963e-08

[0232] 제4면

[0233] K=0.00000e+00 A2=-5.47088e-03 A4=-1.57901e-05 A6=2.13974e-08 A8=7.49429e-12

[0234] 제5면

[0235] K=0.00000e+00 A4=-3.35715e-06 A6=5.58849e-09 A8=-1.34412e-11 A10=1.23184e-14 A12=-8.60860e-21

[0236] 제6면

[0237] K=0.00000e+00 A4=2.67533e-05 A6=-6.60403e-08 A8=8.83817e-11 A10=-3.54229e-13 A12=2.37426e-16

[0238] 제7면

[0239] K=0.00000e+00 A4=2.21090e-05 A6=-4.76083e-08 A8=9.17449e-11 A10=-3.35061e-13

[0240] 제8면

[0241] K=0.00000e+00 A4=-8.37494e-07 A6=9.41948e-10 A8=8.14789e-12 A10=-1.12477e-13 A12=3.58736e-16

[0242] 제9면

[0243] K=0.00000e+00 A4=2.21090e-05 A6=-4.76083e-08 A8=9.17449e-11 A10=-3.35061e-13

[0244] 제10면

[0245] K=0.00000e+00 A4=2.67533e-05 A6=-6.60403e-08 A8=8.83817e-11 A10=-3.54229e-13 A12=2.37426e-16

[0246] 제11면

[0247] K=0.00000e+00 A4=-3.35715e-06 A6=5.58849e-09 A8=-1.34412e-11 A10=1.23184e-14 A12=-8.60860e-21

[0248] 제12면

[0249] K=0.00000e+00 A4=2.67533e-05 A6=-6.60403e-08 A8=8.83817e-11 A10=-3.54229e-13 A12=2.37426e-16

[0250] 제13면

[0251] K=0.00000e+00 A4=2.21090e-05 A6=-4.76083e-08 A8=9.17449e-11 A10=-3.35061e-13

[0252] 제14면

[0253] K=0.00000e+00 A4=-8.37494e-07 A6=9.41948e-10 A8=8.14789e-12 A10=-1.12477e-13 A12=3.58736e-16

[0254] 제15면

[0255] K=0.00000e+00 A2=-4.12994e-02 A4=-1.43658e-05 A6=-9.85889e-09 A8=-1.01161e-10

[0256] 각종 데이터

[0257] 초점 거리 48.00

[0258] F넘버 1.50

[0259] 반화각 24.26

[0260] 상높이 21.64

[0261] BF 0.10

[0262] d17 0.10

[0263] 수치 실시예 2

[0264] 단위: mm

[0265] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	-92.915	1.80	1.85400	40.4
2*	275.875	0.20		
3	66.286	7.72	1.70482	29.8
4	-107.417	2.08		
5 (SP)	∞	4.87		
6	-67.525	1.50	1.93012	34.8
7	∞	1.00	1.51633	64.1
8	∞	0.10	1.51633	64.1
9	∞	3.86	1.90686	34.6
10	-110.546	-3.86		
11	∞	-0.10	1.51633	64.1
12	∞	-1.00	1.51633	64.1
13	∞	1.00		
14	∞	0.10	1.51633	64.1
15	∞	3.86	1.90686	34.6
16	-110.546	1.69	1.96278	27.0
17	116.994	1.00		
18*	54.224	1.20	1.82754	38.6
19*	45.694	1.20		
20	33.649	6.69	1.49703	81.6
21	-154.042	1.74		
22	-55.180	6.50	1.58935	64.1
23	-20.730	3.00	1.80508	46.8
24	-64.377	0.10		
25	-70.837	5.04	1.49701	81.6
26	-29.198	-0.10		
27	131.017	2.02	1.61588	65.3
28*	-250.495	9.40		
29	∞	3.00	1.51633	64.1
30	∞	0.10		
상면	∞			

[0266]

[0267] 비구면 데이터

[0268] 제1면

[0269] K=0.00000e+00 A4=-4.06466e-06 A6=1.03932e-08 A8=-1.67472e-11 A10=1.02529e-14

[0270] 제2면

[0271] K=0.00000e+00 A4=-3.12852e-06 A6=1.11218e-08 A8=-2.12628e-11 A10=1.94691e-14 A12=-6.84758e-18

[0272] 제18면

[0273] K=0.00000e+00 A4=2.10433e-05 A6=-2.77702e-08

[0274] 제19면

[0275] K=0.00000e+00 A4=2.40984e-05 A6=-2.49256e-08

[0276] 제28면

[0277] K=0.00000e+00 A4=7.07409e-06 A6=-7.48712e-09 A8=2.28141e-11 A10=-3.65416e-14

[0278] 각종 데이터

[0279] 초점 거리 32.00

[0280] F넘버 0.75

[0281] 반화각 24.37

[0282] 상높이 14.50

[0283] BF 0.10

[0284] d30 0.10

[0285] 수치 실시예 3

[0286] 단위: mm

[0287] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	-161.627	1.80	1.85400	40.4
2*	82.516	0.20		
3	51.999	6.47	1.73854	38.7
4	-66.398	4.96		
5 (SP)	∞	2.19		
6	-115.094	1.50	1.72916	54.7
7	100.330	2.62	1.49092	67.6
8	∞	0.10	1.51633	50.0
9	∞	2.00	1.51633	64.1
10	∞	-2.00		
11	∞	-0.10	1.51633	50.0
12	∞	-2.62	1.49092	67.6
13	100.330	2.62		
14	∞	0.10	1.51633	50.0
15	∞	2.00	1.51633	64.1
16	∞	1.70	1.84297	43.7
17	44.276	2.26		
18	809.825	2.59	1.72916	54.7
19	-101.774	1.20		
20	47.329	3.62	1.52211	77.5
21	941.218	2.45		
22	-47.172	9.50	1.53844	75.1
23	-23.955	2.00	1.90571	37.6
24	-39.180	0.10		
25	71.664	5.31	1.59522	67.7
26	-64.902	9.40		
27	∞	3.00	1.51633	64.1
28	∞	0.10		
상면	∞			

[0288]

[0289] 비구면 데이터

[0290] 제1면

[0291] K=0.00000e+00 A4=-1.82053e-06 A6=1.07157e-09

[0292] 제2면

[0293] K=0.00000e+00 A4 =1.11630e-06 A6 =2.22067e-09

[0294] 각종 데이터

[0295] 초점 거리 32.00

[0296] F넘버 0.95

[0297] 반화각 24.38

[0298] 상높이 14.50

[0299] BF 0.10

[0300] d28 0.10

[0301] 수치 실시예 4

[0302] 단위: mm

[0303] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	38.604	1.80	1.59522	67.7
2	21.733	10.42		
3	-2098.480	1.00	1.73273	54.3
4	51.623	0.20		
5	36.753	4.79	1.55917	44.3
6	-101.671	2.00		
7	-69.648	1.20	1.59522	67.7
8	66.757	2.17	1.69895	30.1
9	426.308	1.50		
10 (SP)	∞	6.23		
11	30.285	6.34	1.49700	81.5
12	-105.796	0.10		
13	230.558	2.11	1.49700	81.5
14	-161.563	7.56		
15*	-101.727	1.50	1.85035	35.9
16	∞	4.56	1.49700	81.5
17	-44.954	1.97	1.85407	36.5
18	-105.745	-1.97		
19	-44.954	-4.56	1.49700	81.5
20	∞	4.56		
21	-44.954	1.97	1.85407	36.5
22	-105.745	0.00		
23	-105.745	3.45	1.87153	42.0
24	-36.678	0.10		
25*	121.884	2.00	1.85087	43.0
26*	78.991	1.11		
27	-210.514	1.20	1.84666	23.8
28	252.666	0.10		
29	47.461	4.09	2.00330	28.3
30	260.763	9.40		
31	∞	0.00		
32	∞	0.00		
33	∞	3.00	1.51633	64.1
34	∞	0.11		
상면	∞			

[0304]

[0305] 비구면 데이터

[0306] 제15면

[0307] K=0.00000e+00 A4=-8.84207e-06 A6=-1.26449e-08

[0308] 제25면

[0309] K=0.00000e+00 A4=-6.31962e-05 A6=2.28241e-08

[0310] 제26면

[0311] K=0.00000e+00 A4=-6.21297e-05 A6=4.62364e-08

[0312] 각종 데이터

[0313] 초점 거리 21.65

[0314] F넘버 0.95

[0315] 반화각 33.81

[0316] 상높이 14.50

[0317] BF 0.11

[0318] d34 0.11

[0319] 수치 실시예 5

[0320] 단위: mm

[0321] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	-109.185	1.50	1.67510	32.4
2	-1210.137	0.20		
3*	34.632	6.56	1.63323	50.6
4*	-186.241	0.30		
5 (SP)	∞	5.89		
6	-60.428	1.50	1.63270	47.5
7	761.621	0.10		
8	181.467	1.50	1.49758	82.4
9	∞	11.55	1.49402	82.0
10	-65.604	2.00		
11*	-86.397	1.00	2.00330	28.3
12	-110.085	-1.00		
13*	-86.397	-2.00		
14	-65.604	-11.55	1.49402	82.0
15	∞	11.55		
16	-65.604	2.00		
17*	-86.397	1.00	2.00330	28.3
18	-110.085	1.00		
19	115.140	1.71	1.63640	63.1
20*	3508.933	1.44		
21	∞	1.50	1.51633	64.1
22	∞	0.10		
상면	∞			

[0322]

[0323] 비구면 데이터

[0324] 제3면

[0325] K=0.00000e+00 A4=1.63267e-07 A6=2.93219e-09

[0326] 제4면

[0327] K=0.00000e+00 A4=1.17377e-06 A6=8.47197e-10 A8=-1.15699e-12 A10=-4.32516e-15

[0328] 제11면

[0329] K=0.00000e+00 A4=-2.19247e-06 A6=-2.62246e-09 A8=2.21713e-12 A10=-2.22878e-14 A12=1.58408e-17

[0330] 제13면

[0331] K=0.00000e+00 A4=-2.19247e-06 A6=-2.62246e-09 A8=2.21713e-12 A10=-2.22878e-14 A12=1.58408e-17

[0332] 제17면

[0333] K=0.00000e+00 A4=-2.19247e-06 A6=-2.62246e-09 A8=2.21713e-12 A10=-2.22878e-14 A12=1.58408e-17

[0334] 제20면

[0335] K=0.00000e+00 A4=2.63824e-05 A6=-1.06717e-07

[0336] 각종 데이터

[0337] 초점거리 32.00

[0338] F넘버 0.95

[0339] 반화각 24.38

[0340] 상높이 14.50

[0341] BF 0.10

[0342] d22 0.10

[0343] 수치 실시예 6

[0344] 단위: mm

[0345] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	-81.190	3.00	1.56404	71.6
2	-178.691	0.94		
3	84.160	14.20	1.54726	46.3
4	-109.712	3.90		
5 (SP)	∞	13.27		
6	-47.777	1.50	1.60342	38.0
7	∞	3.43	1.88300	40.8
8	-214.922	2.26		
9*	-144.806	3.50	1.59522	67.7
10	-101.352	-3.50		
11*	-144.806	-2.26		
12	-214.922	-3.43	1.88300	40.8
13	∞	3.43		
14	-214.922	2.26		
15*	-144.806	3.50	1.59522	67.7
16	-101.352	4.35	1.81057	25.1
17	279.559	1.00		
18	68.860	8.79	1.72916	54.7
19*	-135.440	4.25		
20	58.135	6.52	1.50599	80.0
21	-114.882	1.00		
22	∞	3.00	1.51633	64.1
23	∞	0.10		
상면	∞			

[0346]

[0347] 비구면 데이터

[0348] 제9면

[0349] K=0.00000e+00 A4=-8.77810e-07 A6=1.97233e-11 A8=-1.93497e-13 A10=2.59713e-16 A12=-1.33641e-19

[0350] 제11면

[0351] K=0.00000e+00 A4=-8.77810e-07 A6=1.97233e-11 A8=-1.93497e-13 A10=2.59713e-16 A12=-1.33641e-19

[0352] 제15면

[0353] K=0.00000e+00 A4=-8.77810e-07 A6=1.97233e-11 A8=-1.93497e-13 A10=2.59713e-16 A12=-1.33641e-19

[0354] 제19면

[0355] K=0.00000e+00 A4=1.32990e-07 A6=1.09167e-09 A8=-5.37842e-13 A10=2.07993e-16

[0356] 각종 데이터

[0357] 초점 거리 32.00

[0358] F넘버 0.55

[0359] 반화각 24.38

[0360] 상높이 14.50

[0361] BF 0.10

[0362] d23 0.10

[0363] 수치 실시예 7

[0364] 단위: mm

[0365] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	132.020	1.80	1.52841	76.5
2	23.495	3.81		
3*	34.705	2.50	1.54658	55.9
4*	24.842	5.79		
5	33.997	3.04	1.84666	23.8
6	51.145	12.17		
7	27.031	5.79	1.48749	70.4
8	-127.810	0.30		
9 (SP)	∞	4.51		
10*	-97.461	1.50	1.72916	54.7
11	183.806	1.00		
12	∞	1.00	1.51633	64.1
13	∞	2.62	1.48749	70.2
14	-62.885	2.00	1.85025	30.1
15*	-100.173	-2.00		
16	-62.885	-2.62	1.48749	70.2
17	∞	-1.00	1.51633	64.1
18	∞	1.00		
19	∞	2.62	1.48749	70.2
20	-62.885	2.00	1.85025	30.1
21*	-100.173	2.15		
22	-71.168	3.71	1.49700	81.5
23	-26.476	0.50		
24	-49.336	1.20	1.84666	23.8
25	1246.886	0.10		
26*	44.977	7.21	1.85400	40.4
27*	-51.137	9.40		
28	∞	3.00	1.51633	64.1
29	∞	0.10		
상면	∞			

[0366]

[0367] 비구면 데이터

[0368] 제3면

[0369] K=0.00000e+00 A4=2.80058e-05 A6=-1.86749e-08 A8=5.41443e-12 A10=5.11302e-14

[0370] 제4면

[0371] K=0.00000e+00 A4=2.71319e-05 A6=-2.40373e-08

[0372] 제10면

[0373] K=0.00000e+00 A4=1.80747e-06 A6=5.34299e-10

[0374] 제15면

[0375] K=0.00000e+00 A4=2.89798e-06 A6=4.44896e-09 A8=2.67425e-12

[0376] 제21면

[0377] K=0.00000e+00 A4=2.89798e-06 A6=4.44896e-09 A8=2.67425e-12

[0378] 제26면

[0379] K=0.00000e+00 A4=-2.06753e-06 A6=7.40511e-09 A8=2.47090e-11

[0380] 제27면

[0381] K=0.00000e+00 A4=1.08328e-05 A6=-2.04810e-08 A8=1.01300e-10 A10=-9.40040e-14

[0382] 각종 데이터

[0383] 초점 거리 17.38

[0384] F넘버 0.95

[0385] 반화각 39.84

[0386] 상높이 14.50

[0387] BF 0.10

[0388] d29 0.10

[0389] 수치 실시예 8

[0390] 단위: mm

[0391] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	-409.789	1.80	1.85400	40.4
2*	42.180	0.20		
3	40.979	3.54	1.84666	23.8
4	122.998	1.00		
5	96.345	1.92	2.00100	29.1
6	41.243	6.48	1.81600	46.6
7	-118.059	0.50		
8 (SP)	∞	13.69		
9	∞	1.00	1.51633	64.1
10	∞	0.10	1.51633	40.0
11	∞	2.72	1.82115	24.1
12	-105.501	-2.72		
13	∞	-0.10	1.51633	40.0
14	∞	-1.00	1.51633	64.1
15	∞	1.00		
16	∞	0.10	1.51633	40.0
17	∞	2.72	1.82115	24.1
18	-105.501	1.70	1.92119	24.0
19*	39.788	4.68		
20	-36.572	2.13	1.84666	23.8
21	-35.086	1.00		
22	91.120	7.28	1.49700	81.6
23	-28.563	2.00	1.87070	40.7
24	-173.578	0.10		
25*	39.262	8.74	1.58913	61.1
26*	-44.520	9.40		
27	∞	3.00	1.51633	64.1
28	∞	0.10		
상면	∞			

[0392]

[0393] 비구면 데이터

[0394] 제1면

[0395] K=0.00000e+00 A4=4.43125e-08 A6=8.19697e-10

[0396] 제2면

[0397] K=0.00000e+00 A4=1.51907e-06 A6=1.25991e-09

[0398] 제19면

[0399] K=0.00000e+00 A4=-5.63465e-07 A6=-1.32044e-09 A8=-6.59630e-12 A10=-3.66076e-15

[0400] 제25면

[0401] K=0.00000e+00 A4=5.89089e-08 A6=7.14844e-09

[0402] 제26면

[0403] K=0.00000e+00 A4=9.86729e-06 A6=-5.58092e-09 A8=3.90470e-11 A10=-5.62801e-14

[0404] 각종 데이터

[0405] 초점 거리 32.00

[0406] F넘버 0.95

[0407] 반화각 24.38

[0408] 상높이 14.50

[0409] BF 0.10

[0410] d28 0.10

[0411] 수치 실시예 9

[0412] 단위: mm

[0413] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	8.184	1.64	1.54658	55.9
2*	33.051	4.17		
3 (SP)	∞	0.60		
4*	-43.951	1.60	1.54658	55.9
5*	564.166	1.26		
6*	-7.524	0.30	1.54658	55.9
7*	-10.919	0.95		
8*	-26.449	0.90	1.54658	55.9
9*	-15.162	0.95		
10*	-9.626	-0.95		
11*	-15.162	-0.90	1.54658	55.9
12*	-26.449	-0.95		
13*	-10.919	0.95		
14*	-26.449	0.90	1.54658	55.9
15*	-15.162	0.95		
16*	-9.626	0.35	1.54658	55.9
17*	-6.872	0.03		
18	∞	0.43	1.51633	64.1
19	∞	0.10		
상면	∞			

[0414]

[0415] 비구면 데이터

[0416] 제1면

[0417] K=0.00000e+00 A2=-2.92248e-02 A4=-1.66006e-04 A6=1.48542e-06 A8=-3.34281e-08 A10=2.02751e-10-12=1

[0418] 제2면

[0419] K=0.00000e+00 A4=7.63633e-05 A6=5.33636e-06 A8=-1.52003e-07 A10=3.33154e-09 A12=-2.42253e-11

[0420] 제4면

[0421] K=0.00000e+00 A4=-3.88719e-04 A6=-1.52411e-05 A8=2.17573e-06 A10=-1.53277e-07

[0422] 제5면

[0423] K=0.00000e+00 A4=-2.17211e-04 A6=1.28090e-05 A8=-8.94365e-07

[0424] 제6면

[0425] K=0.00000e+00 A4=-5.58108e-04 A6=1.87674e-05 A8=-1.36199e-06

[0426] 제7면

[0427] K=0.00000e+00 A4=-3.42153e-04 A6=6.88122e-06 A8=-2.36999e-07 A10=-8.92100e-10 A12=2.97739e-13

[0428] 제8면

[0429] K=0.00000e+00 A4=5.15689e-05 A6=-1.88653e-05 A8=3.12701e-07 A10=-1.02106e-08 A12=5.08818e-11

[0430] 제9면

[0431] K=0.00000e+00 A4=1.00441e-04 A6=-2.22495e-05 A8=4.90051e-07 A10=-9.61925e-09

[0432] 제10면

[0433] K=0.00000e+00 A4=-4.29042e-05 A6=3.45895e-06 A8=-2.86769e-08 A10=-2.33169e-09 A12=2.61879e-11 A14=-1.75383e-14 A16=-2.25865e-16

[0434] 제11면

[0435] K=0.00000e+00 A4=1.00441e-04 A6=-2.22495e-05 A8=4.90051e-07 A10=-9.61925e-09

[0436] 제12면

[0437] K=0.00000e+00 A4=5.15689e-05 A6=-1.88653e-05 A8=3.12701e-07 A10=-1.02106e-08 A12=5.08818e-11

[0438] 제13면

[0439] K=0.00000e+00 A4=-3.42153e-04 A6=6.88122e-06 A8=-2.36999e-07 A10=-8.92100e-10 A12=2.97739e-13

[0440] 제14면

[0441] K=0.00000e+00 A4=5.15689e-05 A6=-1.88653e-05 A8=3.12701e-07 A10=-1.02106e-08 A12=5.08818e-11

[0442] 제15면

[0443] K=0.00000e+00 A4=1.00441e-04 A6=-2.22495e-05 A8=4.90051e-07 A10=-9.61925e-09

[0444] 제16면

[0445] K=0.00000e+00 A4=-4.29042e-05 A6=3.45895e-06 A8=-2.86769e-08 A10=-2.33169e-09 A12=2.61879e-11 A14==-2.25865e-16

[0446] 제17면

[0447] K=0.00000e+00 A2=7.65763e-03 A4=1.70301e-03 A6=-2.74630e-05 A8=2.26084e-07

[0448] 각종 데이터

[0449] 초점 거리 7.74

[0450] F넘버 1.40

[0451] 반화각 45.66

[0452] 상높이 7.92

[0453] BF 0.10

[0454] d19 0.10

[0455] 수치 실시예 10

[0456] 단위: mm

[0457] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	34.495	3.34	1.51633	64.1
2*	75.497	(가변)		
3 (SP)	∞	4.31		
4*	-69.221	3.66	1.54658	55.9
5*	-51.980	(가변)		
6*	117.370	4.32	1.54658	55.9
7*	166.054	3.48		
8*	111.755	-3.48		
9*	166.054	-4.32	1.54658	55.9
10*	117.370	(가변)		
11*	-51.980	(가변)		
12*	117.370	4.32	1.54658	55.9
13*	166.054	3.48		
14*	111.755	3.04	1.54658	55.9
15*	34.800	(가변)		
16	∞	3.00	1.51633	64.1
17	∞	0.10		
상면	∞			

[0458]

[0459] 비구면 데이터

[0460] 제1면

[0461] K=0.00000e+00A4=-1.74929e-06A6=-8.62843e-10

[0462] 제2면

[0463] K=0.00000e+00A4=-4.07821e-06A6=-7.23767e-10

[0464] 제4면

[0465] K=0.00000e+00 A2=-1.22787e-02 A4=-1.83823e-06 A6=2.70135e-08 A8=-5.09885e-11

[0466] 제5면

[0467] K=0.00000e+00 A4=-2.15470e-06 A6=4.98429e-09 A8=-3.38806e-11 A10=1.31569e-13 A12=-2.13965e-16

[0468] 제6면

[0469] K=0.00000e+00 A4=-1.56713e-07 A6=-6.36987e-08 A8=8.88377e-11 A10=-2.64136e-13 A12=2.14791e-16

[0470] 제7면

[0471] K=0.00000e+00 A4=3.08711e-06 A6=-4.36485e-08 A8=1.39724e-11 A10=2.33549e-15

[0472] 제8면

[0473] K=0.00000e+00 A2=-1.54062e-02 A4=-1.12202e-06 A6=1.18269e-10 A8=5.81600e-12 A10=-5.88663e-15 A12=1.86539e-18

[0474] 제9면

[0475] K=0.00000e+00 A4=3.08711e-06 A6=-4.36485e-08 A8=1.39724e-11 A10=2.33549e-15

[0476] 제10면

[0477] K=0.00000e+00 A4=-1.56713e-07 A6=-6.36987e-08 A8=8.88377e-11 A10=-2.64136e-13 A12=2.14791e-16

[0478] 제11면

[0479] K=0.00000e+00 A4=-2.15470e-06 A6=4.98429e-09 A8=-3.38806e-11 A10=1.31569e-13 A12=-2.13965e-16

[0480] 제12면

[0481] K=0.00000e+00 A4=-1.56713e-07 A6=-6.36987e-08 A8=8.88377e-11 A10=-2.64136e-13 A12=2.14791e-16

[0482] 제13면

[0483] K=0.00000e+00 A4=3.08711e-06 A6=-4.36485e-08 A8=1.39724e-11 A10=2.33549e-15

[0484] 제14면

[0485] K=0.00000e+00 A2=-1.54062e-02 A4=-1.12202e-06 A6=1.18269e-10 A8=5.81600e-12 A10=-5.88663e-15 A12=1.86539e-18

[0486] 제15면

[0487] K=0.00000e+00 A2=-3.00572e-02 A4=-1.07875e-05 A6=-1.07802e-08 A8=4.04651e-13

[0488] 각종 데이터

[0489] 초점 거리 48.00

[0490] F넘버 1.50

[0491] 반화각 24.26

[0492] 상높이 21.64

[0493] BF 0.10

[0494]

물체거리	INF	480	400
d2	12.67	12.67	12.67
d5	3.08	2.37	2.00
d10	-3.08	-2.37	-2.00
d11	3.08	2.37	2.00
d15	11.00	20.26	23.79
d17	0.10	-6.12	-8.05

[0495] 수치 실시예 11

[0496] 단위: mm

[0497] 면 데이터

[0498]

면번호	r	d	nd	vd
1	43.050	2.48	1.49700	81.5
2	122.119	5.62		
3 (SP)	∞	0.99		
4	-72.690	1.50	1.51680	64.2
5	-2719.444	2.91	1.49700	81.5
6	-71.844	14.08		
7*	-84.641	2.00	1.77250	49.5
8	-127.982	-2.00		
9*	-85.016	-14.08		
10	-71.844	-2.91	1.49700	81.5
11	-2719.444	2.91		
12	-71.844	14.08		
13*	-84.641	2.00	1.77250	49.5
14	-127.982	1.70	1.80518	25.4
15	-755.115	1.00		
16	50.885	4.16	1.49700	81.5
17	-142.624	2.00		
18	∞	1.50	1.51633	64.1
19	∞	0.10		
상면	∞			

[0499] 비구면 데이터

[0500] 제7면

[0501] K=0.00000e+00 A4=-1.27170e-06 A6=1.09638e-09 A8=-1.59118e-11 A10=6.69227e-14 A12=-1.11236e-16

[0502] 제9면

[0503] K=0.00000e+00 A4=-1.27170e-06 A6=1.09638e-09 A8=-1.59118e-11 A10=6.69227e-14 A12=-1.11236e-16

[0504] 제13면

[0505] K=0.00000e+00 A4=-1.27170e-06 A6=1.09638e-09 A8=-1.59118e-11 A10=6.69227e-14 A12=-1.11236e-16

[0506] 각종 데이터

[0507] 초점 거리 45.00

[0508] F넘버 12.00

[0509] 반화각 16.72

[0510] 상높이 13.52

[0511] BF 0.10

[0512] d19 0.10

[0513] 수치 실시예 12

[0514] 단위: mm

[0515] 면 데이터

[0516]

면번호	r	d	nd	vd
1	-64.414	1.70	1.80400	46.6
2	-89.821	0.20		
3	37.669	7.98	1.51823	58.9
4	-115.201	3.69		
5 (SP)	∞	2.18		
6	-105.027	1.50	1.83481	42.7
7	-577.086	7.48		
8	132.568	1.50	1.49700	81.5
9	∞	1.81	1.83481	42.7
10	-134.855	2.00		
11*	-54.249	2.00	1.85400	40.4
12	-102.974	-2.00		
13*	-54.249	-2.00		
14	-134.855	-1.81	1.83481	42.7
15	∞	1.81		
16	-135.405	2.00		
17*	-54.249	2.00	1.85400	40.4
18	-102.974	1.70	2.00330	28.3
19	220.682	1.16		
20	-170.532	3.24	1.49700	81.5
21	-36.082	1.20		
22	57.215	4.96	1.80420	46.5
23	-81.669	9.40		
24	∞	3.00	1.51633	64.1
25	∞	0.10		
상면	∞			

[0517] 비구면 데이터

[0518] 제11면

[0519] K=0.00000e+00 A4=-2.98007e-06 A6=5.44403e-09 A8=-5.81960e-11 A10=2.52878e-13 A12=-4.19387e-16

[0520] 제13면

[0521] K=0.00000e+00 A4=-2.98007e-06 A6=5.44403e-09 A8=-5.81960e-11 A10=2.52878e-13 A12=-4.19387e-16

[0522] 제17면

[0523] K=0.00000e+00 A4=-2.98007e-06 A6=5.44403e-09 A8=-5.81960e-11 A10=2.52878e-13 A12=-4.19387e-16

[0524] 각종 데이터

[0525] 초점 거리 32.00

[0526] F넘버 0.95

[0527] 반화각 24.38

[0528] 상높이 14.50

[0529] BF 0.10

[0530] d25 0.10

[0531] 수치 실시예 13

[0532] 단위: mm

[0533] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	212.715	2.00	1.49700	81.5
2	117.564	3.05	1.68948	31.0
3	296.551	23.72		
4	242.548	2.89	1.84666	23.8
5	101.330	2.49		
6	-110.931	2.00	1.91082	35.2
7	913.868	1.15		
8 (SP)	∞	0.30		
9	60.164	3.22	1.80518	25.5
10	∞	4.95	1.48749	70.2
11	-52.664	2.31		
12*	-56.420	2.00	1.85400	40.4
13	-101.670	-2.00		
14*	-56.420	-2.31		
15	-52.664	-4.95	1.48749	70.2
16	∞	4.95		
17	-52.664	2.31		
18*	-56.420	2.00	1.85400	40.4
19	-101.670	1.70	1.77250	49.6
20	37.111	1.12		
21	42.372	9.37	1.51680	64.2
22*	-27.818	1.20		
23	40.818	4.10	1.49700	81.5
24	1004.153	9.40		
25	∞	3.00	1.51633	64.1
26	∞	0.10		
상면	∞			

[0534]

[0535] 비구면 데이터

[0536] 제12면

[0537] K=0.00000e+00 A4=-2.56220e-06 A6=-1.16511e-09 A8=-8.21450e-12 A10=2.52195e-14 A12=-4.26110e-17

[0538] 제14면

[0539] K=0.00000e+00 A4=-2.56220e-06 A6=-1.16511e-09 A8=-8.21450e-12 A10=2.52195e-14 A12=-4.26110e-17

[0540] 제18면

[0541] K=0.00000e+00 A4=-2.56220e-06 A6=-1.16511e-09 A8=-8.21450e-12 A10=2.52195e-14 A12=-4.26110e-17

[0542] 제22면

[0543] K=0.00000e+00 A4=2.04785e-06 A6=-8.15703e-09

[0544] 각종 데이터

[0545] 초점 거리 32.00

[0546] F넘버 0.95

[0547] 반화각 24.38

[0548] 상높이 14.50

[0549] BF 0.10

[0550] d26 0.10

[0551] 수치 실시예 14

[0552] 단위: mm

[0553] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	-100.067	2.00	1.48749	70.2
2	-340.582	2.93		
3	79.292	11.08	1.54072	47.2
4	-128.708	7.22		
5 (SP)	∞	7.19		
6	-64.631	2.00	1.60342	38.0
7	∞	2.53	1.83481	42.7
8	-260.842	4.82		
9*	-82.704	3.50	1.53996	59.5
10	-90.589	-3.50		
11*	-82.704	-4.82		
12	-260.842	-2.53	1.83481	42.7
13	∞	2.53		
14	-260.842	4.82		
15*	-82.704	3.50	1.53996	59.5
16	-90.589	1.72	1.84666	23.8
17	-1015.139	1.72		
18	47.324	7.42	1.64000	60.2
19*	-96.561	3.49		
20	51.514	5.39	1.55352	71.7
21	-114.495	1.06		
22	∞	3.00	1.51633	64.1
23	∞	0.10		
상면	∞			

[0554]

[0555] 비구면 데이터

[0556] 제9면

[0557] K=0.00000e+00 A4=-8.31478e-07 A6=-2.74307e-10 A8=1.58841e-13 A10=2.42540e-17 A12=-1.36738e-19

[0558] 제11면

[0559] K=0.00000e+00 A4=-8.31478e-07 A6=-2.74307e-10 A8=1.58841e-13 A10=2.42540e-17 A12=-1.36738e-19

[0560] 제15면

[0561] K=0.00000e+00 A4=-8.31478e-07 A6=-2.74307e-10 A8=1.58841e-13 A10=2.42540e-17 A12=-1.36738e-19

[0562] 제19면

[0563] K=0.00000e+00 A4=2.54086e-06 A6=-5.50287e-10 A8=1.66150e-12 A10=7.92260e-18

[0564] 각종 데이터

[0565] 초점 거리 32.00

[0566] F넘버 0.55

[0567] 반화각 24.38

[0568] 상높이 14.50

[0569] BF 0.10

[0570] d23 0.10

[0571] 수치 실시예 15

[0572] 단위: mm

[0573] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	52.287	5.84	1.58573	59.7
2*	135.265	6.51		
3 (SP)	∞	3.11		
4	-106.453	2.00	1.53775	74.7
5	-114.505	13.32	1.56732	42.8
6	-117.115	15.96		
7*	-59.265	2.00	1.51742	52.2
8	-104.966	-2.00		
9*	-59.265	-15.96		
10	-117.043	-13.32	1.56732	42.8
11	-114.430	13.32		
12	-117.043	15.96		
13*	-59.265	2.00	1.51742	52.2
14	-104.966	1.70	1.51742	52.4
15	-85.497	1.00		
16*	526.394	2.84	1.85400	40.4
17*	-148.323	4.44		
18	∞	1.50	1.51633	64.1
19	∞	0.10		
상면	∞			

[0574]

[0575] 비구면 데이터

[0576] 제1면

[0577] K=0.00000e+00 A4=3.18032e-07 A6=2.80240e-10 A8=-6.47939e-14 A10=3.10952e-16

[0578] 제2면

[0579] K=0.00000e+00 A4=-1.64643e-07 A6=-1.26010e-10

[0580] 제7면

[0581] K=0.00000e+00 A4=-7.44307e-07 A6=-5.79334e-10 A8=2.09678e-14 A10=-7.96117e-16 A12=2.86214e-19

[0582] 제9면

[0583] K=0.00000e+00 A4=-7.44307e-07 A6=-5.79334e-10 A8=2.09678e-14 A10=-7.96117e-16 A12=2.86214e-19

[0584] 제13면

[0585] K=0.00000e+00 A4=-7.44307e-07 A6=-5.79334e-10 A8=2.09678e-14 A10=-7.96117e-16 A12=2.86214e-19

[0586] 제16면

[0587] K=0.00000e+00 A4=-4.65984e-05 A6=-1.36407e-07

[0588] 제17면

[0589] K=0.00000e+00 A4=-5.41008e-05 A6=-5.41946e-08

[0590] 각종 데이터

[0591] 초점 거리 100.00

[0592] F넘버 2.00

[0593] 반화각 7.70

[0594] 상높이 13.52

[0595] BF 0.10

[0596] d19 0.10

[0597] 수치 실시예 16

[0598] 단위: mm

[0599] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	62.002	6.87	1.61997	63.9
2	374.246	20.78		
3 (SP)	∞	2.62		
4	-101.769	1.50	1.88300	40.8
5	∞	12.45	1.65160	58.5
6	-80.971	2.00		
7*	-92.486	2.41	1.85400	40.4
8	-169.778	-2.41		
9*	-92.486	-2.00		
10	-80.971	-12.45	1.65160	58.5
11	∞	12.45		
12	-80.971	2.00		
13*	-92.486	2.41	1.85400	40.4
14	-169.778	6.36	1.49700	81.5
15	-59.903	14.27		
16	∞	3.00	1.51633	64.1
17	∞	0.10		
상면	∞			

[0600]

[0601] 비구면 데이터

[0602] 제7면

[0603] K=0.00000e+00 A4=-8.49441e-07 A6=4.42583e-10 A8=-2.29922e-12 A10=3.41916e-15 A12=-2.00408e-18

[0604] 제9면

[0605] K=0.00000e+00 A4=-8.49441e-07 A6=4.42583e-10 A8=-2.29922e-12 A10=3.41916e-15 A12=-2.00408e-18

[0606] 제13면

[0607] K=0.00000e+00 A4=-8.49441e-07 A6=4.42583e-10 A8=-2.29922e-12 A10=3.41916e-15 A12=-2.00408e-18

[0608] 각종 데이터

[0609] 초점 거리 52.00

[0610] F넘버 0.95

[0611] 반화각 14.58

[0612] 상높이 13.52

[0613] BF 0.10

[0614] d17 0.10

[0615] 수치 실시예 17

[0616] 단위: mm

[0617] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	45.051	2.00	2.00100	29.1
2	46.817	6.45		
3*	35.316	5.10	1.51633	64.1
4	448.833	1.29		
5 (SP)	∞	8.73		
6	-34.039	1.71	1.49700	81.5
7	-37.495	0.10		
8	-222.409	1.50	2.00100	29.1
9	∞	4.62	1.48749	70.2
10	-46.732	1.50		
11*	-40.684	2.00	1.85400	40.4
12	-98.403	-2.00		
13*	-40.684	-1.50		
14	-46.732	-4.62	1.48749	70.2
15	∞	4.62		
16	-46.732	1.50		
17*	-40.684	2.00	1.85400	40.4
18	-98.404	1.00		
19	144.816	5.66	1.88300	40.8
20	-42.677	9.40		
21	∞	3.00	1.51633	64.1
22	∞	0.10		
상면	∞			

[0618]

[0619] 비구면 데이터

[0620] 제3면

[0621] K=0.00000e+00 A4=1.01631e-06 A6=-2.30048e-09 A8=2.71764e-11 A10=-5.99857e-14 A12=7.06294e-17

[0622] 제11면

[0623] K=0.00000e+00 A4=-4.23437e-06 A6=4.07555e-09 A8=-6.70601e-11 A10=2.79579e-13 A12=-4.68393e-16

[0624] 제13면

[0625] K=0.00000e+00 A4=-4.23437e-06 A6=4.07555e-09 A8=-6.70601e-11 A10=2.79579e-13 A12=-4.68393e-16

[0626] 제17면

[0627] K=0.00000e+00 A4=-4.23437e-06 A6=4.07555e-09 A8=-6.70601e-11 A10=2.79579e-13 A12=-4.68393e-16

[0628] 각종 데이터

[0629] 초점 거리 32.00

[0630] F넘버 0.95

[0631] 반화각 24.38

[0632] 상높이 14.50

[0633] BF 0.10

[0634] d22 0.10

[0635] 수치 실시예 18

[0636] 단위: mm

[0637] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	48.707	1.50	1.84666	23.8
2*	46.185	5.77		
3	38.164	2.00	1.78470	26.3
4	79.648	1.86		
5 (SP)	∞	2.07		
6	-62.601	2.37	1.59522	67.7
7	∞	3.87	1.52841	76.5
8	-51.351	2.07		
9*	-44.034	2.00	1.95375	32.3
10	-71.635	-2.00		
11*	-44.034	-2.07		
12	-51.351	-3.87	1.52841	76.5
13	∞	3.87		
14	-51.351	2.07		
15*	-44.034	2.00	1.95375	32.3
16	-71.635	4.69	1.72916	54.7
17*	-29.692	1.00		
18	35.258	6.70	1.49700	81.5
19	-97.953	3.39		
20	∞	3.00	1.51633	64.1
21	∞	0.10		
상면	∞			

[0638]

[0639] 비구면 데이터

[0640] 제2면

[0641] K=0.00000e+00 A4=-1.80322e-06 A6=-4.85921e-09

[0642] 제9면

[0643] K=0.00000e+00 A4=-5.53212e-06 A6=-1.00677e-08 A8=2.07899e-12 A10=-6.64077e-14 A12=-8.05438e-17

[0644] 제11면

[0645] K=0.00000e+00 A4=-5.53212e-06 A6=-1.00677e-08 A8=2.07899e-12 A10=-6.64077e-14 A12=-8.05438e-17

[0646] 제15면

[0647] K=0.00000e+00 A4=-5.53212e-06 A6=-1.00677e-08 A8=2.07899e-12 A10=-6.64077e-14 A12=-8.05438e-17

[0648] 제17면

[0649] K=0.00000e+00 A4=-3.18242e-06 A6=-2.57579e-08 A8=7.82406e-11 A10=-2.38554e-13

[0650] 각종 데이터

[0651] 초점 거리 21.65

[0652] F넘버 0.90

[0653] 반화각 33.82

[0654] 상높이 14.50

[0655] BF 0.10

[0656] d21 0.10

[0657] 수치 실시예 19

[0658] 단위: mm

[0659] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	34.741	3.12	1.51633	64.1
2*	70.145	(가변)		
3 (SP)	∞	3.67		
4*	-87.357	6.37	1.54658	55.9
5*	-50.934	(가변)		
6*	-51.069	4.35	1.54658	55.9
7*	-55.512	5.11		
8*	-48.144	-5.11		
9*	-55.512	-4.35	1.54658	55.9
10*	-51.069	(가변)		
11*	-50.934	(가변)		
12*	-51.069	4.35	1.54658	55.9
13*	-55.512	5.11		
14*	-48.144	1.70	1.54658	55.9
15*	22.265	(가변)		
16	∞	3.00	1.51633	64.1
17	∞	0.10		
상면	∞			

[0660]

[0661] 비구면 데이터

[0662] 제1면

[0663] K=0.00000e+00 A4=2.05760e-06 A6=-1.20695e-09 A8=1.87087e-11 A10=-3.04451e-14 A12=-3.38066e-18

[0664] 제2면

[0665] K=0.00000e+00 A4=8.53439e-07 A6=-3.77007e-09 A8=1.13209e-11 A10=-4.09934e-14 A12=2.20382e-17

[0666] 제4면

[0667] K=0.00000e+00 A2=-9.94614e-03 A4=-1.13659e-05 A6=1.70344e-08 A8=1.55013e-11 A10=1.01486e-14

[0668] 제5면

[0669] K=0.00000e+00 A4=-1.98602e-06 A6=1.24590e-09 A8=7.15980e-12 A10=-7.27344e-14

[0670] 제6면

[0671] K=0.00000e+00 A4=1.74651e-05 A6=-3.72923e-08 A8=-5.19580e-11 A10=7.83608e-14 A12=-7.61217e-16

[0672] 제7면

[0673] K=0.00000e+00 A4=1.25192e-05 A6=-2.18272e-08 A8=2.39426e-11 A10=-1.99465e-13

[0674] 제8면

[0675] K=0.00000e+00 A4=-1.52761e-07 A6=1.51824e-10 A8=-4.67105e-13 A10=-1.43466e-14 A12=6.59523e-17

[0676] 제9면

[0677] K=0.00000e+00 A4=1.25192e-05 A6=-2.18272e-08 A8=2.39426e-11 A10=-1.99465e-13

[0678] 제10면

[0679] K=0.00000e+00 A4=1.74651e-05 A6=-3.72923e-08 A8=-5.19580e-11 A10=7.83608e-14 A12=-7.61217e-16

[0680] 제11면

[0681] K=0.00000e+00 A4=-1.98602e-06 A6=1.24590e-09 A8=7.15980e-12 A10=-7.27344e-14

[0682] 제12면

[0683] K=0.00000e+00 A4=1.74651e-05 A6=-3.72923e-08 A8=-5.19580e-11 A10=7.83608e-14 A12=-7.61217e-16

[0684] 제13면

[0685] K=0.00000e+00 A4=1.25192e-05 A6=-2.18272e-08 A8=2.39426e-11 A10=-1.99465e-13

[0686] 제14면

[0687] K=0.00000e+00 A4=-1.52761e-07 A6=1.51824e-10 A8=-4.67105e-13 A10=-1.43466e-14 A12=6.59523e-17

[0688] 제15면

[0689] K=0.00000e+00 A2=-3.67253e-02 A4=-6.47218e-06 A6=-1.64802e-08 A8=-4.65932e-11

[0690] 각종 데이터

[0691] 초점 거리 47.99

[0692] F넘버 1.50

[0693] 반화각 24.26

[0694] 상높이 21.64

[0695] BF 0.10

물체거리	INF	480	275
d2	11.58	9.08	6.48
d5	2.00	2.83	3.39
d10	-2.00	-2.83	-3.39
d11	2.00	2.83	3.39
d15	11.00	12.67	14.70
d17	0.10	-4.96	-9.09

[0696]

[0697] 수치 실시예 20

[0698] 단위: mm

[0699] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	-95.586	3.00	1.91082	35.2
2	-213.920	2.23		
3	66.966	8.02	1.61293	37.0
4	-123.603	7.39		
5 (SP)	∞	4.18		
6	-76.270	1.00	1.79950	42.3
7	∞	3.02	1.78800	47.5
8	-126.465	2.00		
9*	-69.935	2.00	1.85400	40.4
10	-101.262	0.00		
11	-101.262	0.00		
12	-101.262	-2.00	1.85400	40.4
13*	-69.935	-2.00		
14	-126.465	-3.02	1.78800	47.5
15	∞	3.02		
16	-126.421	2.00		
17*	-69.935	2.00	1.85400	40.4
18	-101.262	0.00		
19	-101.262	1.70	1.91082	35.2
20	182.675	1.00		
21	46.813	10.35	1.49700	81.6
22*	-73.680	1.20		
23	79.825	6.53	1.49700	81.5
24	-49.719	9.40		
25	∞	3.00	1.51633	64.1
26	∞	0.10		
상면	∞			

[0700]

[0701] 비구면 데이터

[0702] 제9면

[0703] K=0.00000e+00 A4=-1.02932e-06 A6=1.71899e-10 A8=-1.82378e-12 A10=4.42535e-15 A12=-4.22552e-18

[0704] 제13면

[0705] K=0.00000e+00 A4=-1.02932e-06 A6=1.71899e-10 A8=-1.82378e-12 A10=4.42535e-15 A12=-4.22552e-18

[0706] 제17면

[0707] K=0.00000e+00 A4=-1.02932e-06 A6=1.71899e-10 A8=-1.82378e-12 A10=4.42535e-15 A12=-4.22552e-18

[0708] 제22면

[0709] K=0.00000e+00 A4=4.77769e-06 A6=3.78844e-09

[0710] 각종 데이터

[0711] 초점 거리 32.00

[0712] F넘버 0.70

[0713] 반화각 24.38

[0714] 상높이 14.50

[0715] BF 0.10

[0716] d26 0.10

[0717] 수치 실시예 21

[0718] 단위: mm

[0719] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	41.943	11.40	1.48749	70.2
2	716.633	4.73		
3*	201.736	2.40	1.77250	49.5
4*	72.349	5.98		
5 (SP)	∞	9.41		
6	∞	3.12	1.51742	52.4
7	-125.229	2.34		
8	-89.374	2.00	1.88300	40.8
9	-151.660	-2.00		
10	-89.374	-2.34		
11	-125.229	-3.12	1.51742	52.4
12	∞	3.12		
13	-125.229	2.34		
14	-89.374	2.00	1.88300	40.8
15	-151.660	4.00		
16*	-51.495	2.50	1.54400	56.0
17*	-65.237	0.15		
18	69.697	9.65	1.48749	70.2
19	-44.228	0.11		
20	2922.340	5.40	1.90525	35.0
21	182.622	13.20		
22	∞	3.00	1.51633	64.1
23	∞	0.10		
상면	∞			

[0720]

[0721] 비구면 데이터

[0722] 제3면

[0723] K=0.00000e+00 A4=5.29083e-06 A6=-9.38486e-09 A8=8.37198e-12 A10=-3.53430e-15

[0724] 제4면

[0725] K=0.00000e+00 A4=7.53551e-06 A6=-8.80710e-09 A8=8.79233e-12 A10=-3.43617e-15

[0726] 제16면

[0727] K=0.00000e+00 A4=1.27331e-05 A6=-1.42063e-08

[0728] 제17면

[0729] K=0.00000e+00 A4=1.65139e-05 A6=-1.03897e-08 A8=-5.14026e-12 A10=8.65167e-15

[0730] 각종 데이터

[0731] 초점 거리 50.00

[0732] F넘버 0.96

[0733] 반화각 23.40

[0734] 상높이 21.64

[0735] BF 0.10

[0736] d23 0.10

[0737] 수치 실시예 22

[0738] 단위: mm

[0739] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	173.495	2.00	1.88300	40.8
2	49.123	0.03		
3*	37.190	2.00	1.54000	56.0
4*	41.815	0.50		
5	43.296	8.70	1.64769	33.8
6	103.465	3.02		
7 (SP)	∞	2.00		
8	46.811	11.04	1.49700	81.5
9	-84.883	5.74		
10	-74.092	1.50	1.65160	58.5
11	∞	4.81	1.51633	64.1
12	-65.199	1.87		
13*	-63.950	2.00	1.85400	40.4
14*	-114.321	-2.00		
15*	-63.950	-1.87		
16	-65.199	-4.81	1.51633	64.1
17	∞	4.81		
18	-65.199	1.87		
19*	-63.950	2.00	1.85400	40.4
20*	-114.321	0.20		
21	∞	1.00	1.51633	64.1
22	∞	5.44	1.48749	70.2
23	-52.217	12.00		
24	∞	3.00	1.51633	64.1
25	∞	0.10		
상면	∞			

[0740]

[0741] 비구면 데이터

[0742] 제3면

[0743] K=0.00000e+00 A4=-6.28932e-06 A6=-1.79799e-08 A8=-1.23977e-11 A10=3.86980e-14

[0744] 제4면

[0745] K=0.00000e+00 A4=-3.97301e-06 A6=-1.70340e-08 A8=-1.09235e-11 A10=4.30624e-14

[0746] 제13면

[0747] K=0.00000e+00 A4=-1.56151e-06 A6=3.94324e-11 A8=3.89519e-12 A10=-1.21217e-14 A12=1.18319e-17

[0748] 제14면

[0749] K=0.00000e+00 A4=4.92297e-08 A6=6.76632e-10

[0750] 제15면

[0751] K=0.00000e+00 A4=-1.56151e-06 A6=3.94324e-11 A8=3.89519e-12 A10=-1.21217e-14 A12=1.18319e-17

[0752] 제19면

[0753] K=0.00000e+00 A4=-1.56151e-06 A6=3.94324e-11 A8=3.89519e-12 A10=-1.21217e-14 A12=1.18319e-17

[0754] 제20면

[0755] K=0.00000e+00 A4=4.92297e-08 A6=6.76632e-10

[0756] 각종 데이터

[0757] 초점 거리 35.00

[0758] F넘버 1.00

[0759] 반화각 31.72

[0760] 상높이 21.64

[0761] BF 0.10

[0762] d25 0.10

[0763] 수치 실시예 23

[0764] 단위: mm

[0765] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	43.558	1.80	1.69895	30.1
2*	60.509	3.98		
3	121.002	2.41	1.49700	81.5
4	-507.521	6.78		
5 (SP)	∞	2.36		
6	-124.482	1.50	2.00330	28.3
7	∞	1.50	1.49700	81.5
8	402.886	3.43		
9*	-465.811	2.00	1.49700	81.5
10	-103.041	-2.00		
11*	-465.811	-3.43		
12	402.886	-1.50	1.49700	81.5
13	∞	1.50		
14	402.886	3.43		
15*	-465.811	2.00	1.49700	81.5
16	-103.041	1.70	1.88300	40.8
17	-299.030	1.44		
18	-106.107	6.87	1.48749	70.4
19*	-35.070	1.20		
20	32.823	6.31	1.49700	81.5
21	480.969	6.81		
22	∞	3.00	1.51633	64.1
23	∞	0.10		
상면	∞			

[0766]

[0767] 비구면 데이터

[0768] 제2면

[0769] K=0.00000e+00 A4=4.08957e-07 A6=-5.56282e-10

[0770] 제9면

[0771] K=0.00000e+00 A4=-2.15617e-06 A6=-3.25248e-09 A8=1.70004e-11 A10=-9.65529e-14 A12=1.62524e-16

[0772] 제11면

[0773] K=0.00000e+00 A4=-2.15617e-06 A6=-3.25248e-09 A8=1.70004e-11 A10=-9.65529e-14 A12=1.62524e-16

[0774] 제15면

[0775] K=0.00000e+00 A4=-2.15617e-06 A6=-3.25248e-09 A8=1.70004e-11 A10=-9.65529e-14 A12=1.62524e-16

[0776] 제19면

[0777] K=0.00000e+00 A4=4.46773e-07 A6=-5.83941e-09 A8=5.31116e-12 A10=-1.07179e-14

[0778] 각종 데이터

[0779] 초점 거리 31.99

[0780] F넘버 1.20

[0781] 반화각 24.38

[0782] 상높이 14.50

[0783] BF 0.10

[0784] d23 0.10

[0785] 수치 실시예 24

[0786] 단위: mm

[0787] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	-1663.968	2.00	1.61800	63.4
2	71.473	0.30		
3*	92.922	2.04	1.54000	56.0
4*	108.037	0.50		
5	39.338	15.64	1.48749	70.2
6	1004.404	1.68		
7 (SP)	∞	2.33		
8	60.041	10.92	1.49700	81.5
9	-49.535	0.30		
10	-71.257	5.59	1.69680	55.5
11	-140.988	5.89		
12	-91.635	1.50	1.59551	39.2
13	∞	1.60		
14*	213.232	2.30	1.77250	49.5
15*	576.812	1.26		
16	-124.828	-1.26		
17*	576.812	-2.30	1.77250	49.5
18*	213.232	-1.60		
19	∞	1.60		
20*	213.232	2.30	1.77250	49.5
21*	576.812	1.26		
22	-124.828	1.50	1.98612	16.5
23	∞	1.00	1.51633	64.1
24	∞	0.10		
25	140.590	5.21	1.79360	37.1
26	-85.259	10.33		
27	∞	3.00	1.51633	64.1
28	∞	0.10		
상면	∞			

[0788]

[0789] 비구면 데이터

[0790] 제3면

[0791] K=0.00000e+00 A4=1.29859e-06 A6=6.82258e-09 A8=1.75850e-11 A10=-2.68142e-14

[0792] 제4면

[0793] K=0.00000e+00 A4=4.27604e-06 A6=9.79087e-09 A8=1.77416e-11 A10=-1.97887e-14

[0794] 제14면

[0795] K=0.00000e+00 A4=-6.23100e-06 A6=5.29938e-09 A8=-4.53625e-11 A10=6.33782e-14

[0796] 제15면

[0797] K=0.00000e+00 A4=-4.46191e-06 A6=3.27854e-09 A8=-3.42859e-11 A10=4.89042e-14

[0798] 제17면

[0799] K=0.00000e+00 A4=-4.46191e-06 A6=3.27854e-09 A8=-3.42859e-11 A10=4.89042e-14

[0800] 제18면

[0801] K=0.00000e+00 A4=-6.23100e-06 A6=5.29938e-09 A8=-4.53625e-11 A10=6.33782e-14

[0802] 제20면

[0803] K=0.00000e+00 A4=-6.23100e-06 A6=5.29938e-09 A8=-4.53625e-11 A10=6.33782e-14

[0804] 제21면

[0805] K=0.00000e+00 A4=-4.46191e-06 A6=3.27854e-09 A8=-3.42859e-11 A10=4.89042e-14

[0806] 각종 데이터

[0807] 초점 거리 35.50

[0808] F넘버 0.95

[0809] 반화각 31.36

[0810] 상높이 21.64

[0811] BF 0.10

[0812] d28 0.10

[0813] 수치 실시예 25

[0814] 단위: mm

[0815] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1	43.323	11.34	1.48749	70.2
2	1026.458	6.87		
3*	224.417	2.40	1.77250	49.5
4*	67.659	5.58		
5 (SP)	∞	7.24		
6	∞	2.00	1.51633	64.1
7	∞	1.50		
8	323.649	2.47	1.65943	60.8
9	-369.996	1.71		
10	-111.236	2.00	1.89293	39.3
11	-157.686	-2.00		
12	-111.236	-1.71		
13	-369.996	-2.47	1.65943	60.8
14	323.649	-1.50		
15	∞	1.50		
16	323.649	2.47	1.65943	60.8
17	-369.996	1.71		
18	-111.236	2.00	1.89293	39.3
19	-157.686	0.10		
20	∞	1.80	1.51633	64.1
21	∞	2.95		
22*	-35.701	2.50	1.54400	56.0
23*	-42.066	0.15		
24	75.163	9.49	1.48749	70.2
25	-41.912	0.11		
26	-125.469	6.08	1.88300	40.8
27	-4397.925	11.79		
28	∞	3.00	1.51633	64.1
29	∞	0.10		
상면	∞			

[0816]

[0817] 비구면 데이터

[0818] 제3면

[0819] K=0.00000e+00 A4=1.29798e-06 A6=-3.96015e-09 A8=4.15359e-12 A10=-2.08355e-15

[0820] 제4면

[0821] K=0.00000e+00 A4=3.17673e-06 A6=-3.76681e-09 A8=5.14754e-12 A10=-3.01761e-15

[0822] 제22면

[0823] K=0.00000e+00 A4=1.81465e-05 A6=3.61890e-10 A8=-5.09761e-11 A10=5.10749e-14

[0824] 제23면

[0825] K=0.00000e+00 A4=2.06653e-05 A6=2.60284e-09 A8=-4.72922e-11 A10=4.87368e-14

[0826] 각종 데이터

[0827] 초점 거리 50.00

[0828] F넘버 0.95

[0829] 반화각 23.40

[0830] 상높이 21.64

[0831] BF 0.10

[0832] d29 0.10

[0833] 수치 실시예 26

[0834] 단위: mm

[0835] 면 데이터

면번호	r	d	nd	vd
1*	34.442	3.39	1.51633	64.1
2*	49.387	14.11		
3 (SP)	∞	8.00		
4*	-40.752	1.50	1.54658	55.9
5*	-56.972	1.11		
6*	59.695	6.31	1.54658	55.9
7*	67.405	4.60		
8*	-49.479	-4.60		
9*	67.405	-6.31	1.54658	55.9
10*	59.695	-1.11		
11*	-56.972	1.11		
12*	59.695	6.31	1.54658	55.9
13*	67.405	4.60		
14*	-49.479	1.87	1.54658	55.9
15*	-39.271	11.00		
16	∞	3.00	1.51633	64.1
17	∞	0.10		
상면	∞			

[0836]

[0837] 비구면 데이터

[0838] 제1면

[0839] K=0.00000e+00 A4=1.88779e-07 A6=3.81432e-09 A8=-6.92099e-12 A10=1.47763e-14 A12=2.09285e-18

[0840] 제2면

[0841] K=0.00000e+00 A4=3.34279e-07 A6=4.78843e-09 A8=-1.29872e-11 A10=2.79285e-14 A12=-1.08478e-17

[0842] 제4면

[0843] K=0.00000e+00 A4=-1.15373e-07 A6=1.61379e-08 A8=-1.23993e-10 A10=2.56881e-13 A12=1.87005e-16

[0844] 제5면

[0845] K=0.00000e+00 A4=-4.26715e-06 A6=-7.78873e-09 A8=2.53451e-11 A10=-3.37826e-13 A12=9.95687e-16

[0846] 제6면

[0847] K=0.00000e+00 A4=-9.31759e-06 A6=-5.59292e-08 A8=1.47485e-10 A10=-4.23025e-13 A12=-3.93468e-16

[0848] 제7면

[0849] K=0.00000e+00 A4=-4.47037e-06 A6=-6.44026e-08 A8=2.05905e-10 A10=-6.27518e-13 A12=7.31725e-16

[0850] 제8면

[0851] K=0.00000e+00 A4=-1.37402e-06 A6=6.20006e-09 A8=-1.27963e-11 A10=6.01445e-14 A12=-1.20501e-16

[0852] 제9면

[0853] K=0.00000e+00 A4=-4.47037e-06 A6=-6.44026e-08 A8=2.05905e-10 A10=-6.27518e-13 A12=7.31725e-16

[0854] 제10면

[0855] K=0.00000e+00 A4=-9.31759e-06 A6=-5.59292e-08 A8=1.51573e-10 A10=-4.08206e-13 A12=-2.41308e-16

[0856] 제11면

[0857] K=0.00000e+00 A4=-4.26715e-06 A6=-7.78873e-09 A8=2.53451e-11 A10=-3.37826e-13 A12=9.95687e-16

[0858] 제12면

[0859] K=0.00000e+00 A4=-9.31759e-06 A6=-5.59292e-08 A8=1.47485e-10 A10=-4.23025e-13 A12=-3.93468e-16

[0860] 제13면

[0861] K=0.00000e+00 A4=-4.47037e-06 A6=-6.44026e-08 A8=2.05905e-10 A10=-6.27518e-13 A12=7.31725e-16

[0862] 제14면

[0863] K=0.00000e+00 A4=-1.37402e-06 A6=6.20006e-09 A8=-1.27963e-11 A10=6.01445e-14 A12=-1.20501e-16

[0864] 제15면

[0865] K=0.00000e+00 A4=-3.44872e-06 A6=2.97587e-08 A8=-1.68641e-10 A10=5.42072e-13 A12=-7.60286e-16

[0866] 각종 데이터

[0867] 초점 거리 50.00

[0868] F넘버 1.50

[0869] 반화각 23.40

[0870] 상높이 21.64

[0871] BF 0.10

[0872] d17 0.10

[0873] 표 1은 각 수치 실시예에 있어서의 각종 값을 요약한다.

[0874] [표 1]

	EX1	EX2	EX3	EX4	EX5	EX6	EX7	EX8	EX9	EX10	EX11	EX12	EX13
Hm2	14.331	23.145	16.252	13.062	14.699	28.562	12.242	16.554	2.594	13.911	9.394	12.886	16.459
dpupil	11.741	7.585	9.884	17.848	11.448	16.012	21.336	8.858	5.995	17.497	7.794	10.820	35.302
Pm1	30.106	45.751	32.528	30.175	30.224	57.434	26.500	33.518	9.862	30.178	28.378	26.960	33.778
Δdf	1.327	17.89	11.96	5.939	3.572	3.598	5.698	11.94	0.242	8.518	3.575	3.168	5.854
φfr	-0.005	-0.008	0.004	0.010	0.003	-0.003	0.001	0.005	-0.055	-0.009	0.001	0.012	0.001
φfr/φtotal	-0.235	-0.269	0.126	0.221	0.095	-0.096	0.013	0.147	-0.425	-0.443	0.042	0.388	0.046
Hm2/f	0.299	0.723	0.508	0.603	0.459	0.893	0.704	0.517	0.335	0.290	0.209	0.403	0.514
dpupil/f	0.245	0.237	0.309	0.824	0.358	0.500	1.228	0.277	0.775	0.365	0.173	0.338	1.103
Pm1/Ppupil	0.941	1.072	0.966	1.324	1.842	0.987	1.449	0.995	1.784	0.943	1.261	0.800	1.003
Fno	1.500	0.750	0.950	0.950	1.950	0.550	0.950	0.950	1.400	1.500	2.000	0.950	0.950
φb/φtotal	-	0.164	0.317	0.553	-0.362	-	0.212	-	-0.104	0.401	-	-0.208	-0.451
Δdf/f/Fno	0.018	0.745	0.394	0.289	0.057	0.204	0.345	0.393	0.022	0.118	0.040	0.104	0.193
abs(θm)	17.193	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	34.972	26.193	0.000	0.000	0.000
β	-	-	-	0.663	-	-	0.627	0.615	-	-	-	-	-

	EX14	EX15	EX16	EX17	EX18	EX19	EX20	EX21	EX22	EX23	EX24	EX25	EX26
Hm2	27.927	19.451	21.110	12.438	11.170	14.747	21.786	20.061	15.003	11.542	13.486	20.455	14.145
dpupil	19.121	11.275	32.145	13.179	9.933	15.693	16.334	25.170	11.460	15.096	15.911	27.784	18.579
Pm1	54.914	49.376	43.827	26.535	28.275	29.485	43.025	43.241	35.250	34.000	34.42	41.638	29.621
Δdf	2.252	3.321	4.921	3.864	3.999	2.502	4.590	5.336	3.467	6.260	3.3553	5.243	6.1738
φfr	-0.001	0.003	0.002	0.010	0.001	-0.007	0.000	0.005	0.006	0.003	0.0113	0.0043	-0.007
φfr/φtotal	-0.018	0.255	0.094	0.316	0.028	-0.329	-0.008	0.266	0.214	0.084	0.4021	0.2166	-0.331
Hm2/f	0.873	0.195	0.406	0.389	0.516	0.307	0.681	0.401	0.429	0.361	0.3799	0.4091	0.2829
dpupil/f	0.598	0.113	0.618	0.412	0.459	0.327	0.510	0.503	0.327	0.472	0.4482	0.5557	0.3716
Pm1/Ppupil	0.944	0.988	0.801	0.788	1.176	0.922	0.941	0.830	1.007	1.275	0.9211	0.7911	0.8886
Fno	0.550	2.000	0.950	0.950	0.900	1.500	0.700	0.960	1.000	1.200	0.95	0.95	1.5
φb/φtotal	-	-	-	-	0.237	-	-	-	-	0.307	-	-	-
Δdf/f/Fno	0.128	0.017	0.100	0.127	0.205	0.035	0.205	0.111	0.099	0.163	0.0995	0.1104	0.0823
abs(θm)	0.000	12.378	0.000	0.000	0.000	18.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
β	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[0875]

[0876] 다음에, 도 55를 참조하여, 상기 실시예들 중 어느 하나에 따른 광학계를 촬상 광학계로서 사용한 디지털 스틸 카메라(촬상 장치)에 대하여 설명한다. 도 15는 상기 실시예들 중 어느 하나에 따른 광학계를 갖는 촬상 장치(6)의 설명도이다. 도 15에서, 참조부호 4는 카메라 본체, 3은 각 실시예에 따른 광학계 OS1 내지 OS26 중 어느 하나에 대응하는 촬상 광학계이다. 참조부호 5는 카메라 본체(4)에 내장되어 촬상 광학계(3)에 의해 형성된 광학 화상을 수광하여 광전 변환하는 CCD 센서나 CMOS 센서 등의 촬상 소자(광전 변환 소자)이다. 카메라 본체(4)는 퀵 리턴 미러를 갖는 소위 일안 리플렉스 카메라일 수도 있고, 퀵 리턴 미러를 갖지 않는 소위 미러리스 카메라일 수도 있다.

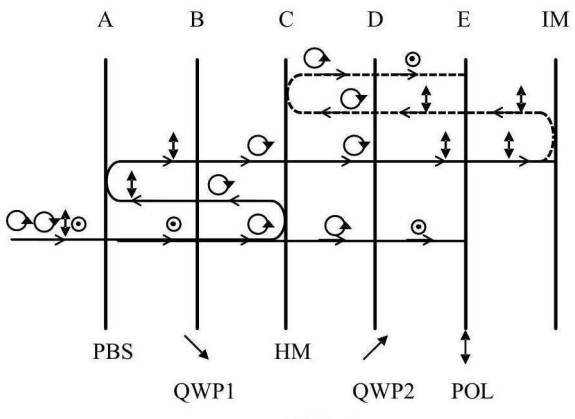
[0877] 각 실시예에 따른 광학계는, 스마트폰의 촬상 카메라나 거리 검출용 카메라, 렌즈 교환식 카메라, 렌즈 고정식 카메라, 렌즈 부착 필름(일회용 카메라) 등에 사용될 수 있다. 또한, 카메라의 파인더나 XR 디바이스에 있어서, 예를 들면 시선(눈길) 검출, 생체 인식 및 표정 인식에 사용해도 된다. 또한, XR 디바이스나 자동 로봇 등의 외계 인식 용도에 사용해도 된다.

[0878] 각 실시예에서는, 넓은 포커스 범위에서 높은 광학 성능을 갖는 소형의 광학계 및 촬상 장치를 제공할 수 있다.

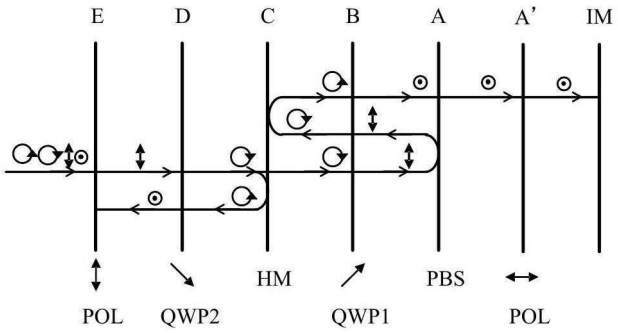
[0879] 본 발명에서는 예시적 실시 형태들을 기재하였지만, 일부의 실시 형태는 상기 개시된 실시 형태들에 한정되지 않는다는 것을 알 것이다. 아래의 청구항의 범위는, 모든 변형예와, 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 폭 넓게 해석해야 한다.

도면

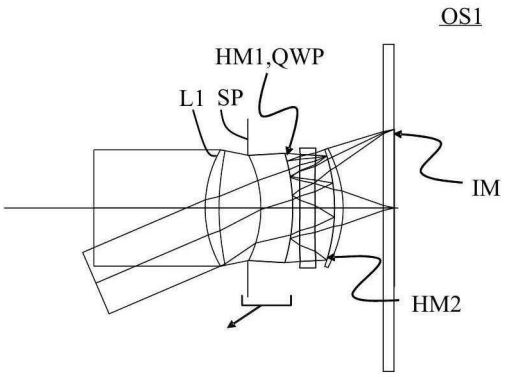
도면1



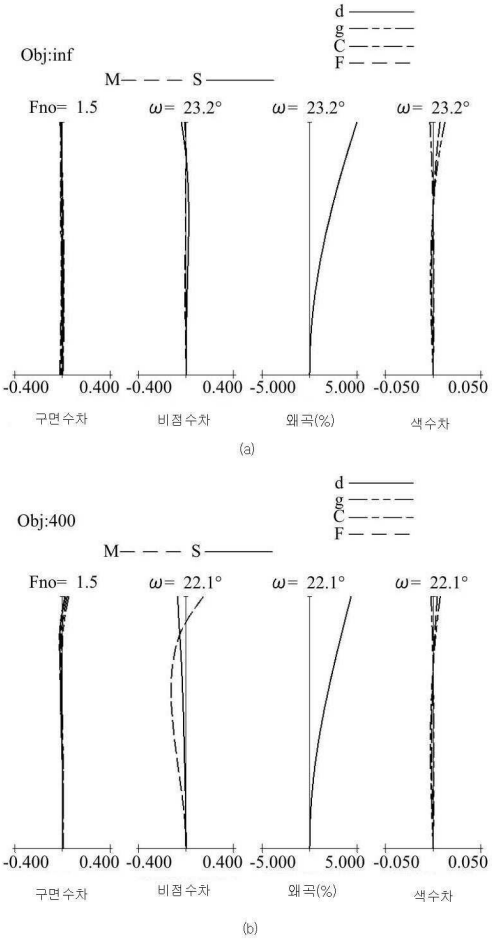
도면2



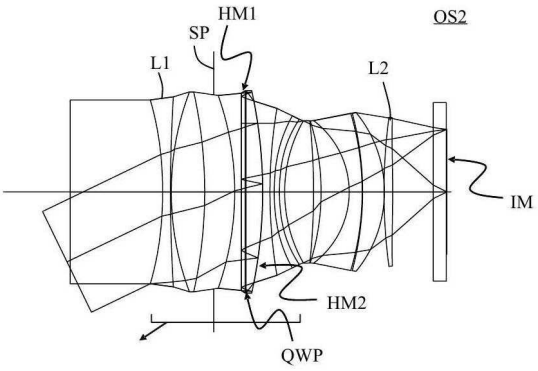
도면3



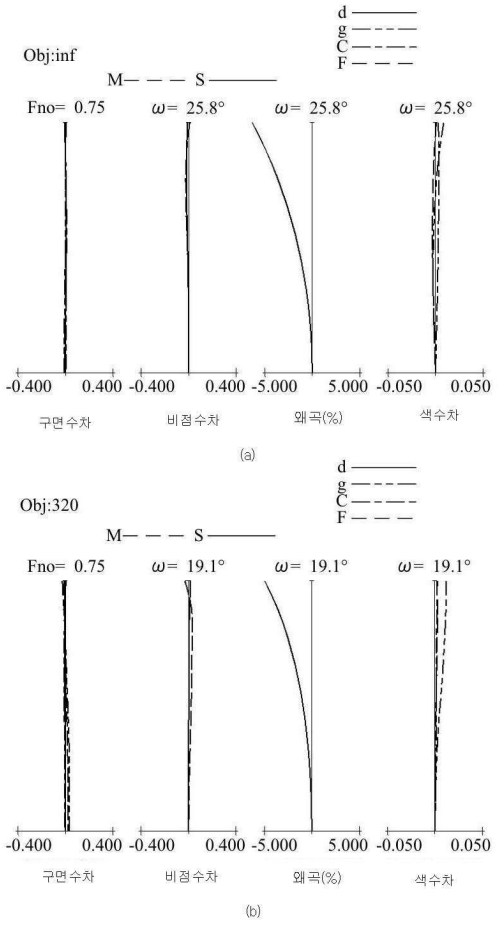
도면4


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 1.5
ω= 23.2°
ω= 23.2°
ω= 23.2°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:400
d
g
C
F
M
S
Fno= 1.5
ω= 22.1°
ω= 22.1°
ω= 22.1°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

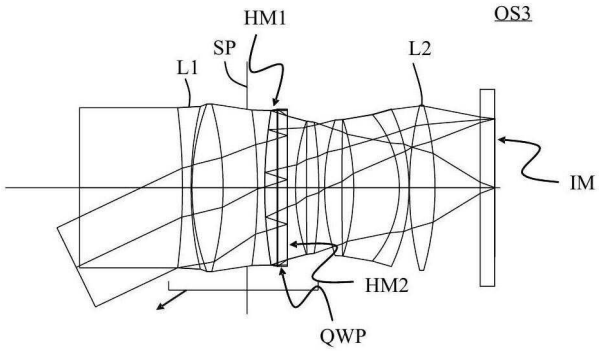
도면5


HM1
SP
OS2
L1
L2
IM
HM2
QWP

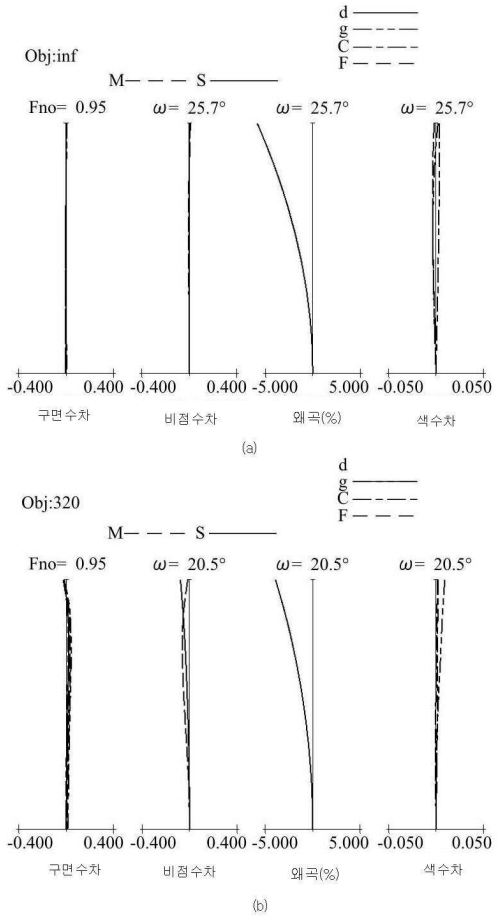
도면6


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.75
ω= 25.8°
ω= 25.8°
ω= 25.8°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.75
ω= 19.1°
ω= 19.1°
ω= 19.1°
(b)

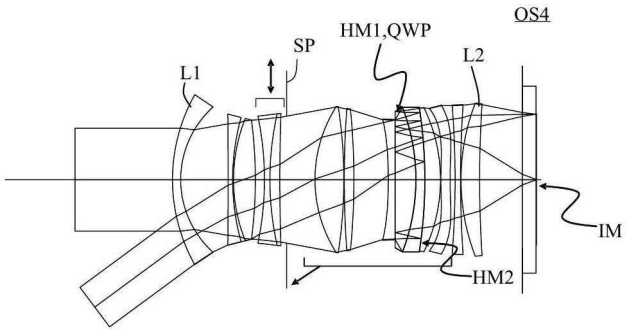
도면7


HM1
SP
L1
L2
OS3
IM
HM2
QWP

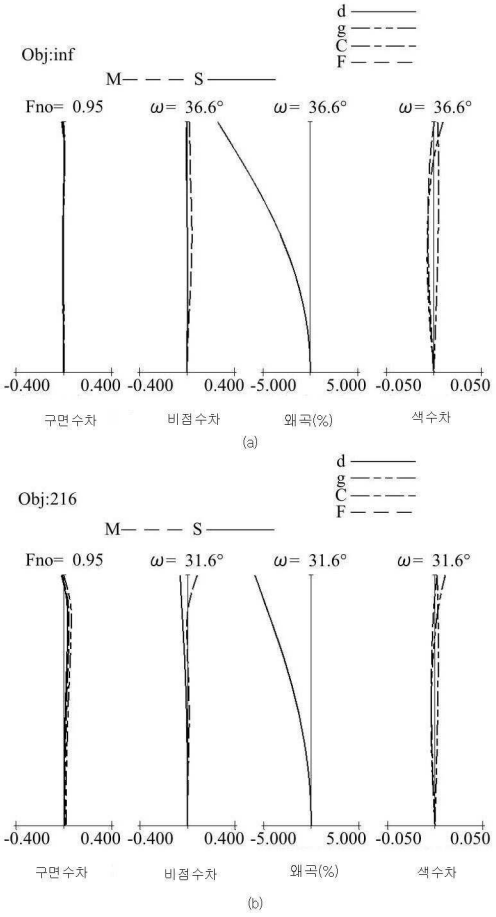
도면8


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 25.7°
ω= 25.7°
ω= 25.7°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.95
ω= 20.5°
ω= 20.5°
ω= 20.5°
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

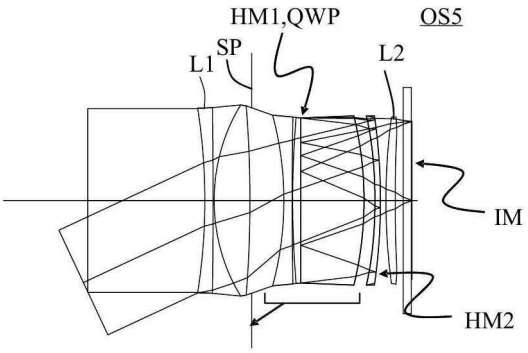
도면9


OS4
HM1,QWP
SP
L2
L1
IM
HM2

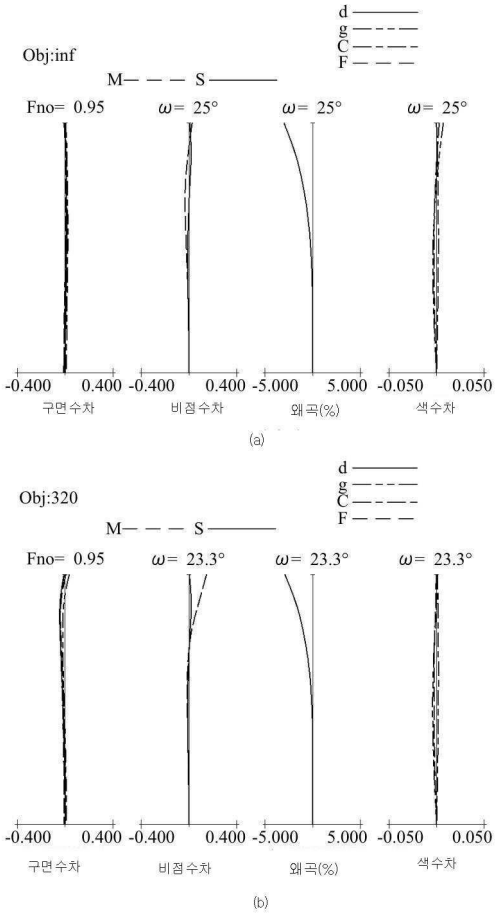
도면10


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 36.6°
ω= 36.6°
ω= 36.6°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:216
Fno= 0.95
ω= 31.6°
ω= 31.6°
ω= 31.6°
(b)

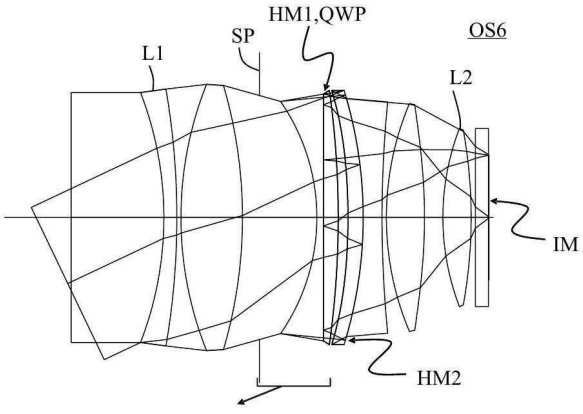
도면11


HM1,QWP
OS5
SP
L1
L2
IM
HM2

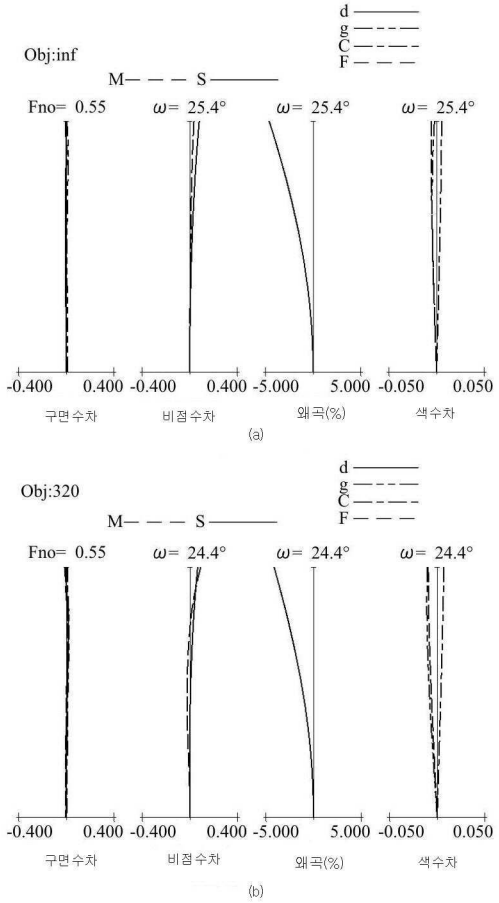
도면12


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 25°
ω= 25°
ω= 25°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.95
ω= 23.3°
ω= 23.3°
ω= 23.3°
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

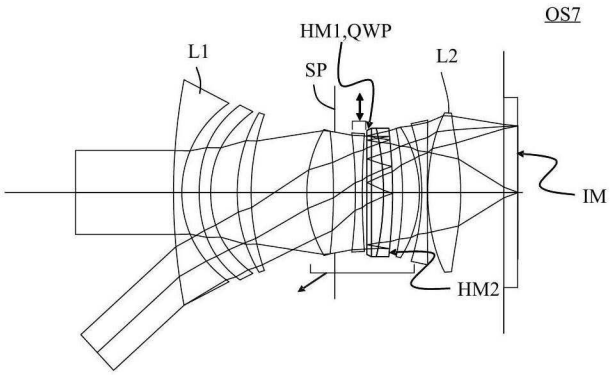
도면13


HM1,QWP
SP
OS6
L1
L2
IM
HM2

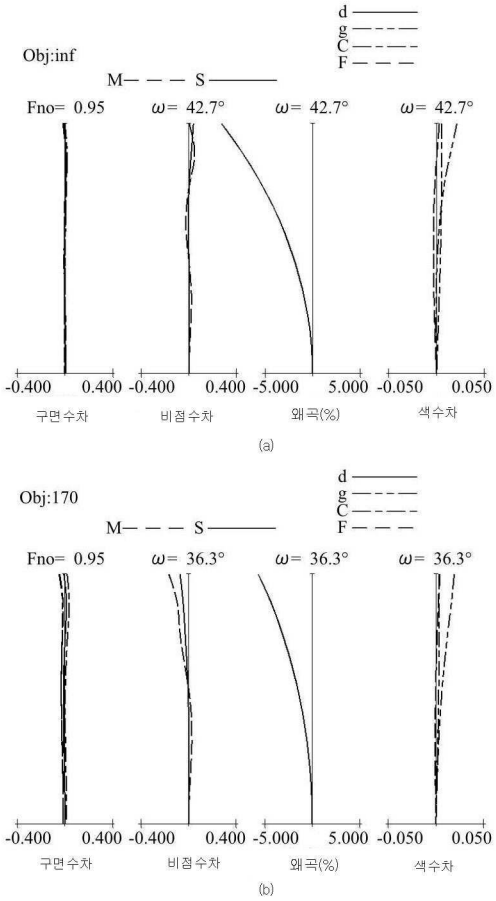
도면14


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.55
ω= 25.4°
ω= 25.4°
ω= 25.4°
-0.400 0.400
-0.400 0.400
-5.000 5.000
-0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.55
ω= 24.4°
ω= 24.4°
ω= 24.4°
(b)

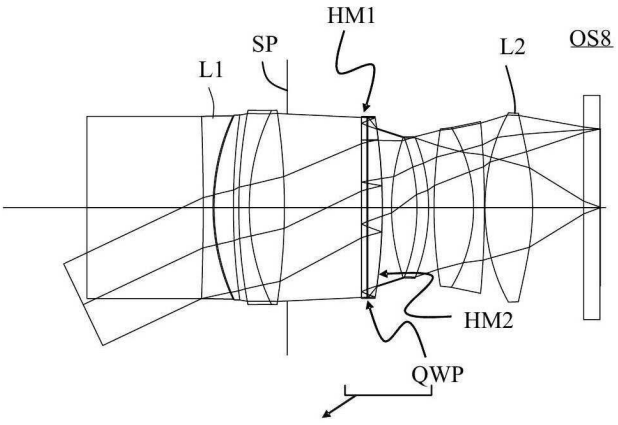
도면15


OS7
HM1,QWP
L1
SP
L2
IM
HM2

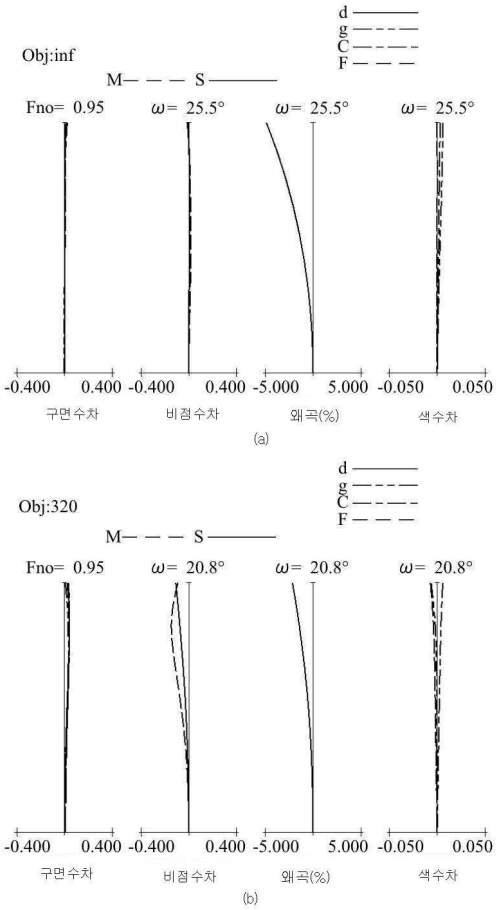
도면16


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 42.7°
ω= 42.7°
ω= 42.7°
-0.400 0.400
-0.400 0.400
-5.000 5.000
-0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:170
Fno= 0.95
ω= 36.3°
ω= 36.3°
ω= 36.3°
(b)

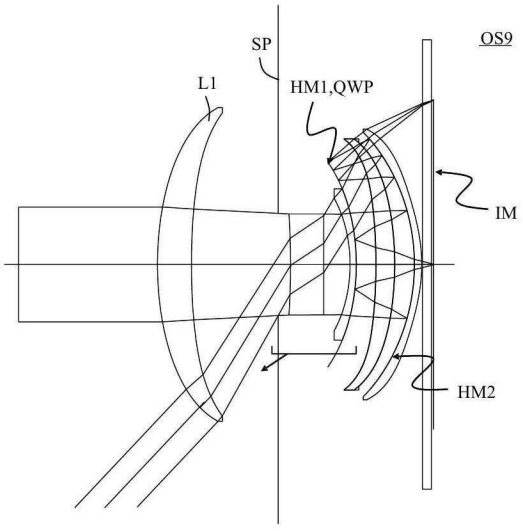
도면17


HM1
SP
L1
L2
OS8
HM2
QWP

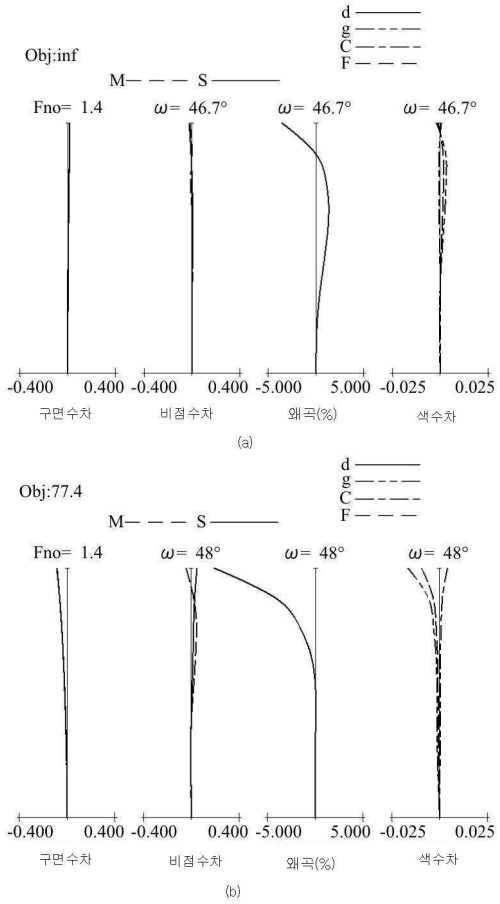
도면18


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 25.5°
ω= 25.5°
ω= 25.5°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.95
ω= 20.8°
ω= 20.8°
ω= 20.8°
(b)

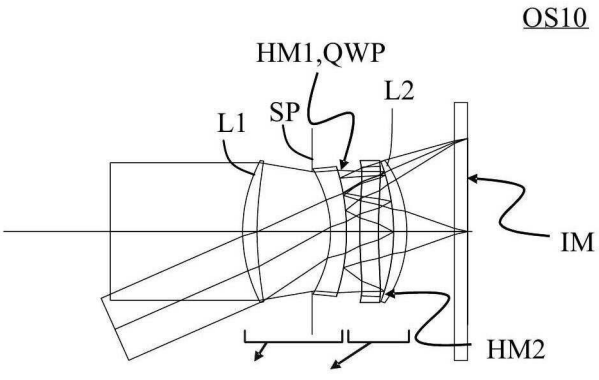
도면19


SP
OS9
L1
HM1,QWP
IM
HM2

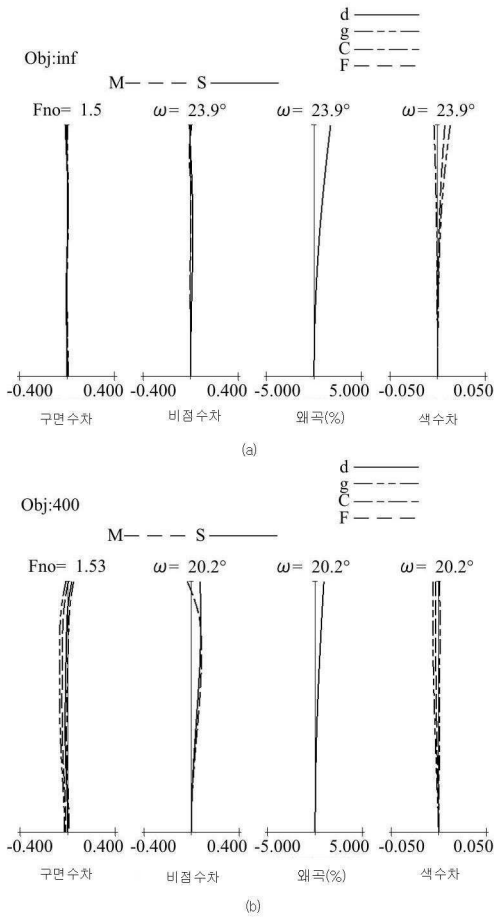
도면20


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 1.4
ω= 46.7°
ω= 46.7°
ω= 46.7°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.025
0.025
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:77.4
Fno= 1.4
ω= 48°
ω= 48°
ω= 48°
(b)

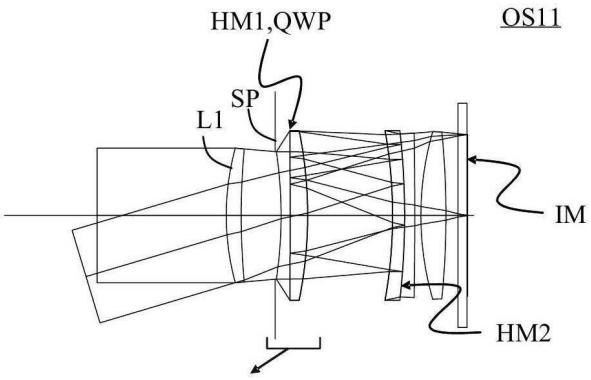
도면21


OS10
HM1,QWP
L2
SP
L1
IM
HM2

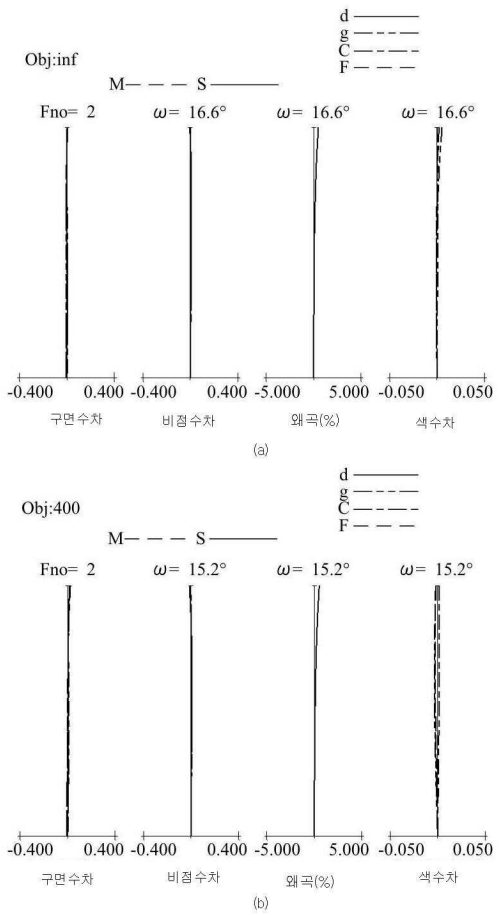
도면22


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 1.5
ω= 23.9°
ω= 23.9°
ω= 23.9°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:400
Fno= 1.53
ω= 20.2°
ω= 20.2°
ω= 20.2°
(b)

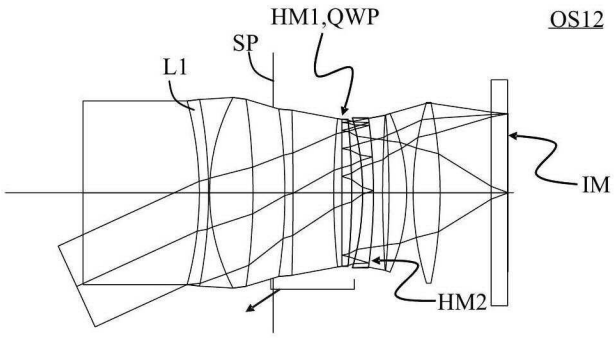
도면23


HM1,QWP
OS11
SP
L1
IM
HM2

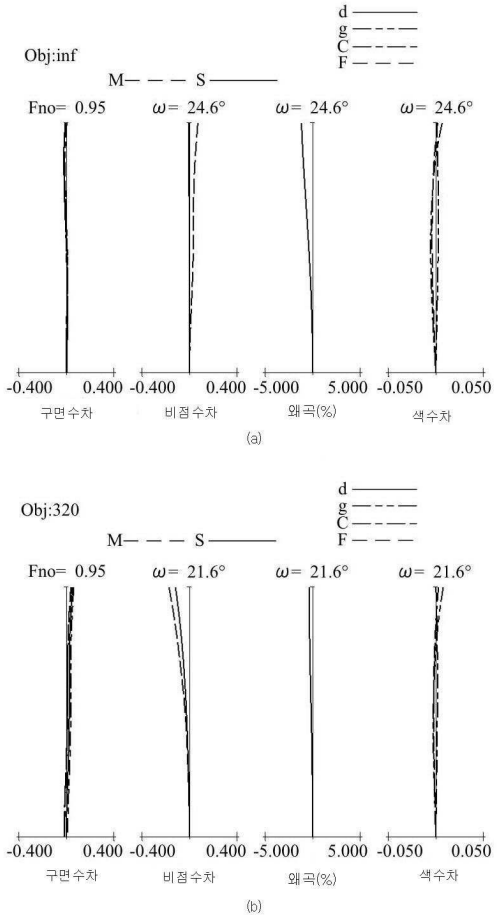
도면24


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 2
ω= 16.6°
ω= 16.6°
ω= 16.6°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:400
Fno= 2
ω= 15.2°
ω= 15.2°
ω= 15.2°
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

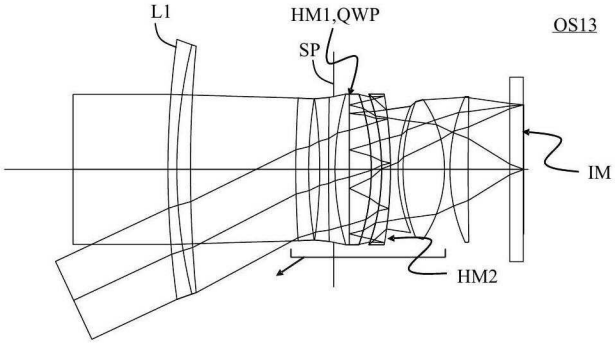
도면25


HM1,QWP
OS12
SP
L1
IM
HM2

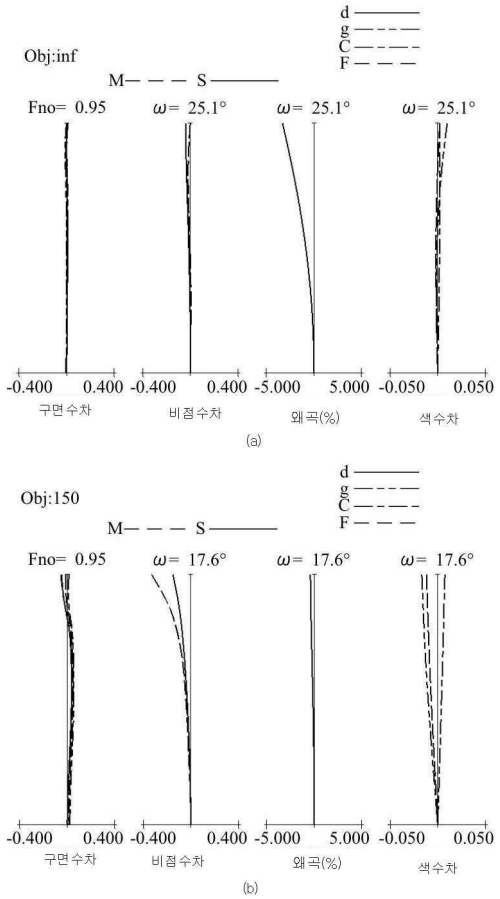
도면26


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.95
ω= 24.6°
ω= 24.6°
ω= 24.6°
-0.400 0.400 -0.400 0.400 -5.000 5.000 -0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.95
ω= 21.6°
ω= 21.6°
ω= 21.6°
-0.400 0.400 -0.400 0.400 -5.000 5.000 -0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

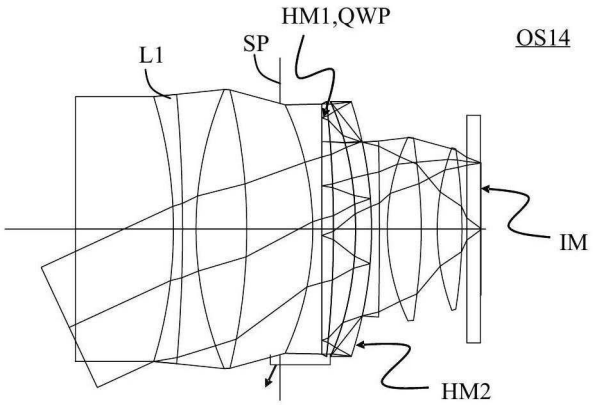
도면27


L1
HM1,QWP
SP
OS13
IM
HM2

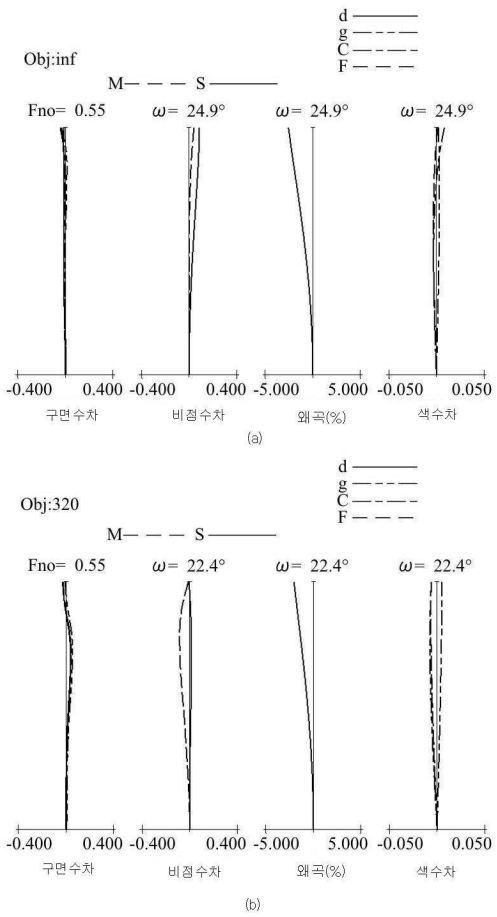
도면28


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.95
ω= 25.1°
ω= 25.1°
ω= 25.1°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:150
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.95
ω= 17.6°
ω= 17.6°
ω= 17.6°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

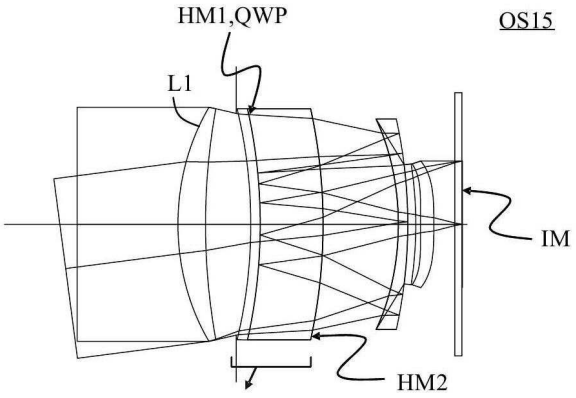
도면29


HM1,QWP
SP
L1
OS14
IM
HM2

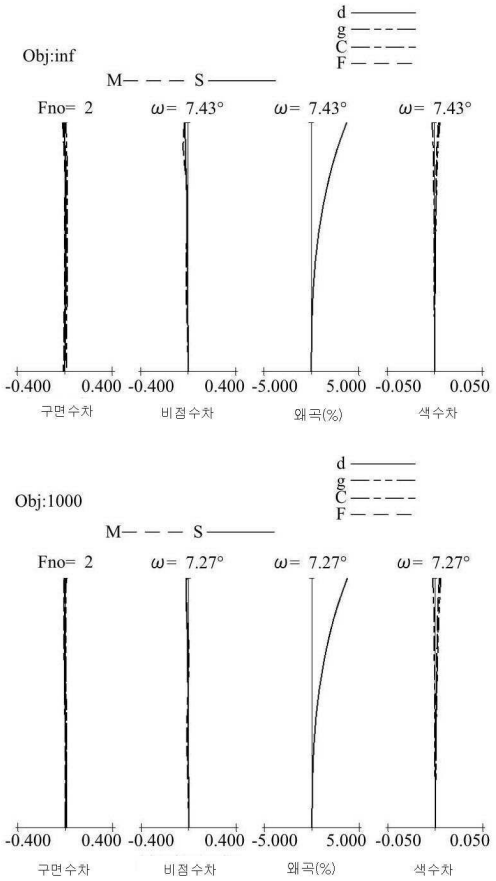
도면30


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.55
ω= 24.9°
ω= 24.9°
ω= 24.9°
-0.400 0.400
-0.400 0.400
-5.000 5.000
-0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.55
ω= 22.4°
ω= 22.4°
ω= 22.4°
(b)

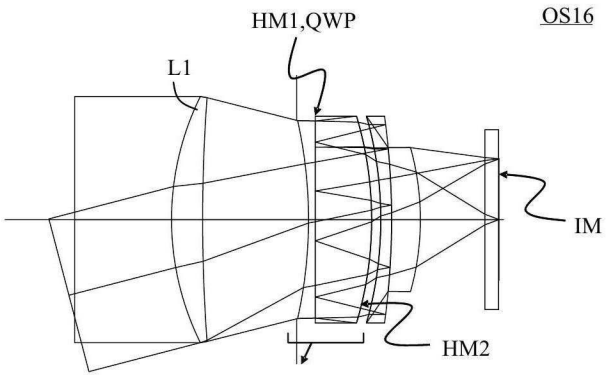
도면31


HM1,QWP
OS15
L1
IM
HM2

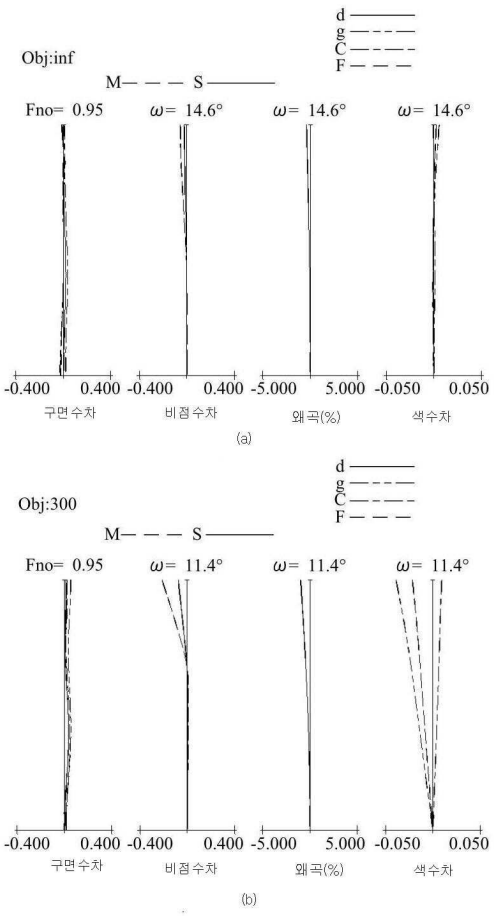
도면32


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 2
ω= 7.43°
ω= 7.43°
ω= 7.43°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
Obj:1000
Fno= 2
ω= 7.27°
ω= 7.27°
ω= 7.27°

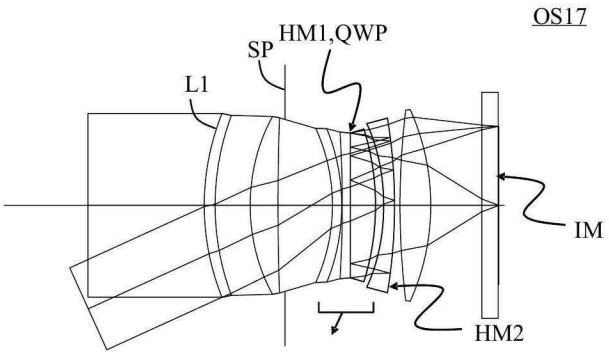
도면33


HM1,QWP
OS16
L1
IM
HM2

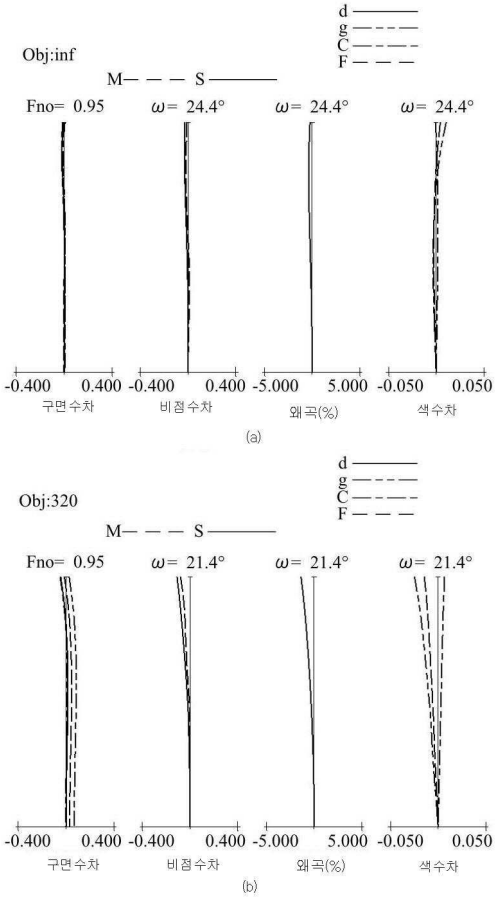
도면34


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.95
ω= 14.6°
ω= 14.6°
ω= 14.6°
-0.400 0.400
-0.400 0.400
-5.000 5.000
-0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:300
Fno= 0.95
ω= 11.4°
ω= 11.4°
ω= 11.4°
(b)

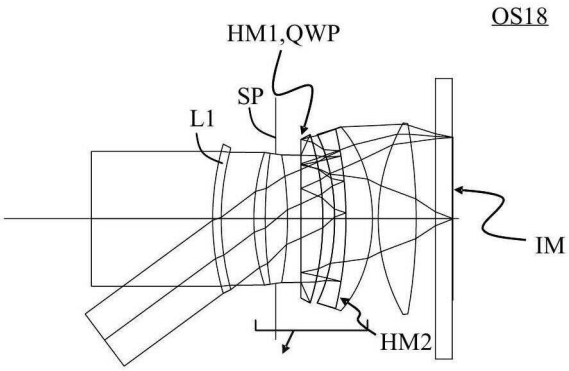
도면35


OS17
SP
HM1,QWP
L1
IM
HM2

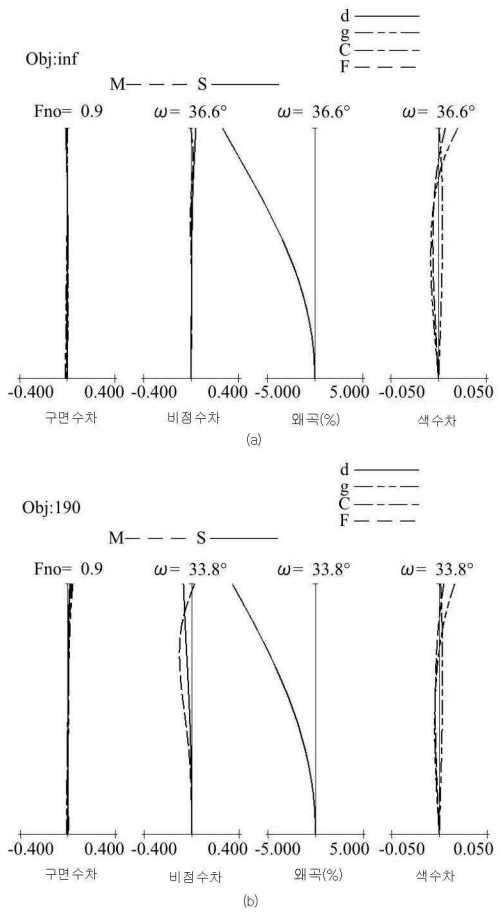
도면36


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 24.4°
ω= 24.4°
ω= 24.4°
-0.400 0.400
-0.400 0.400
-5.000 5.000
-0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.95
ω= 21.4°
ω= 21.4°
ω= 21.4°
(b)

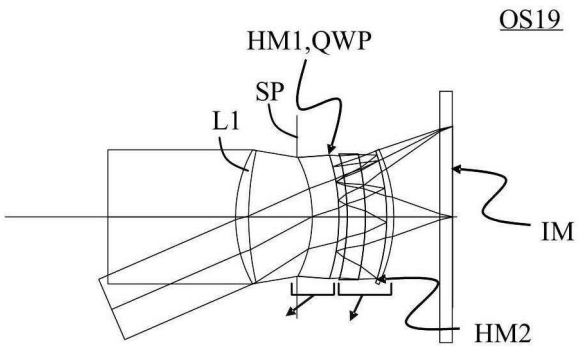
도면37


OS18
HM1,QWP
SP
L1
IM
HM2

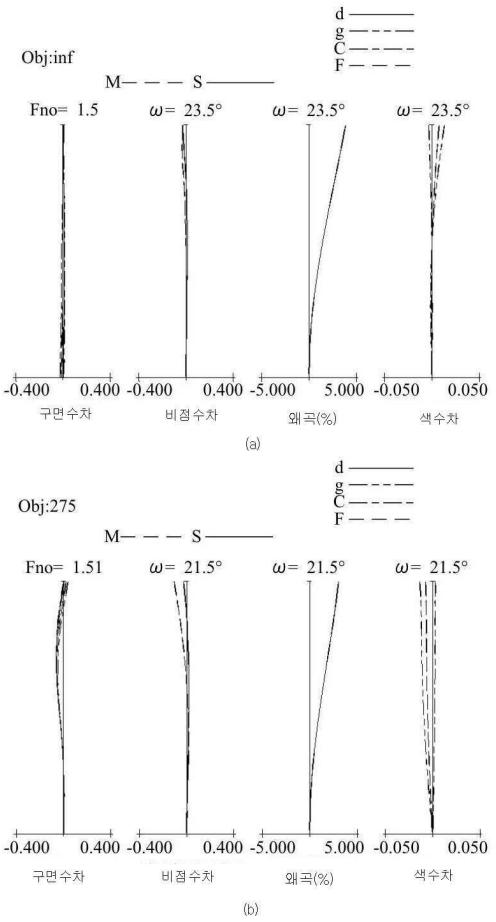
도면38


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.9
ω= 36.6°
ω= 36.6°
ω= 36.6°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:190
Fno= 0.9
ω= 33.8°
ω= 33.8°
ω= 33.8°
(b)

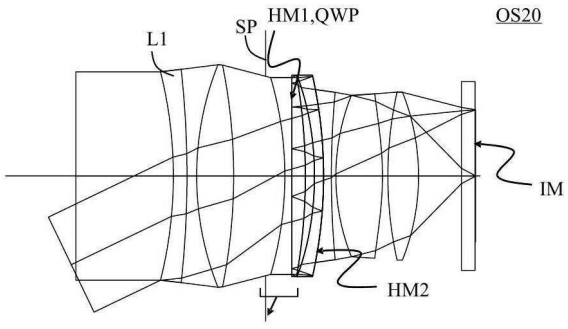
도면39


OS19
HM1,QWP
SP
L1
IM
HM2

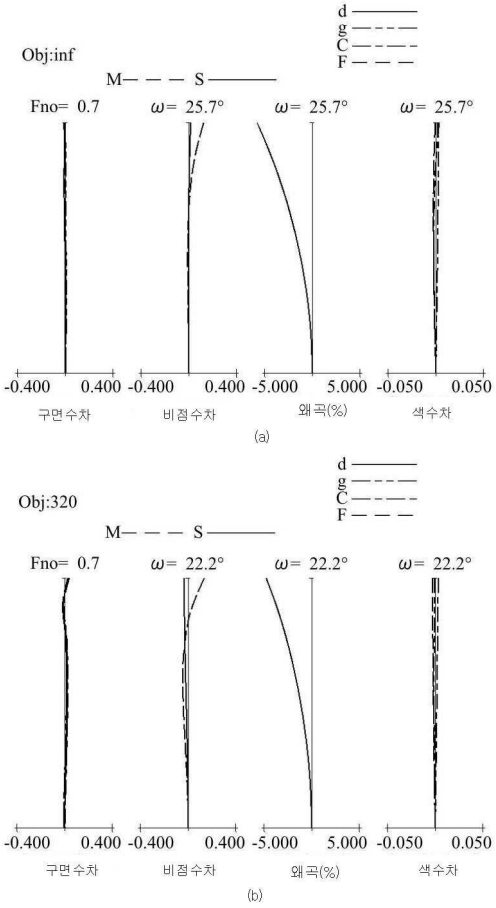
도면40


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 1.5
ω= 23.5°
ω= 23.5°
ω= 23.5°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:275
Fno= 1.51
ω= 21.5°
ω= 21.5°
ω= 21.5°
(b)

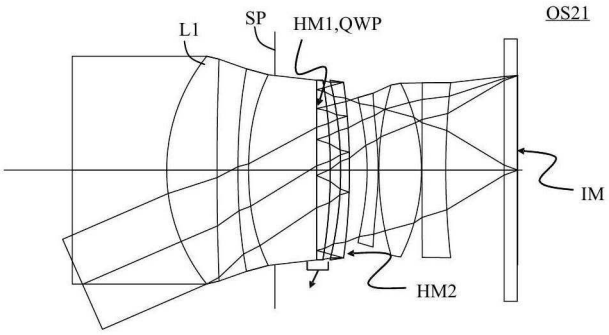
도면41


L1
SP
HM1,QWP
OS20
IM
HM2

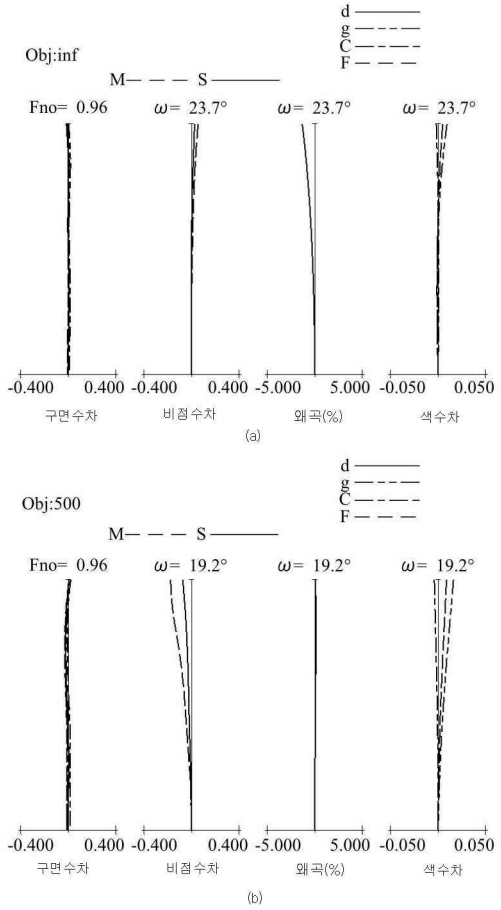
도면42


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.7
ω= 25.7°
ω= 25.7°
ω= 25.7°
-0.400 0.400
-0.400 0.400
-5.000 5.000
-0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:320
Fno= 0.7
ω= 22.2°
ω= 22.2°
ω= 22.2°
-0.400 0.400
-0.400 0.400
-5.000 5.000
-0.050 0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

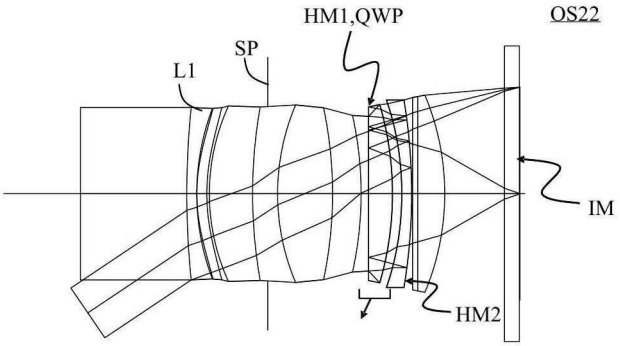
도면43


L1
SP
HM1,QWP
OS21
IM
HM2

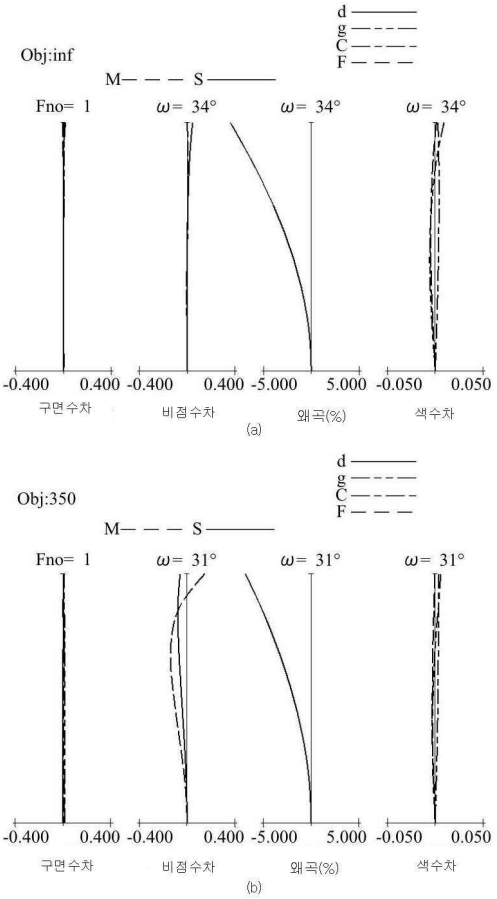
도면44


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 0.96
ω= 23.7°
ω= 23.7°
ω= 23.7°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:500
Fno= 0.96
ω= 19.2°
ω= 19.2°
ω= 19.2°
(b)

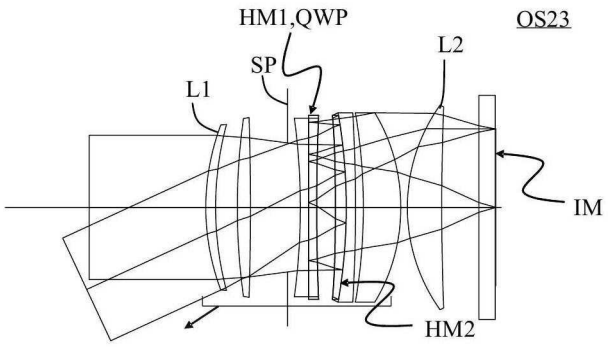
도면45


HM1,QWP
OS22
SP
L1
IM
HM2

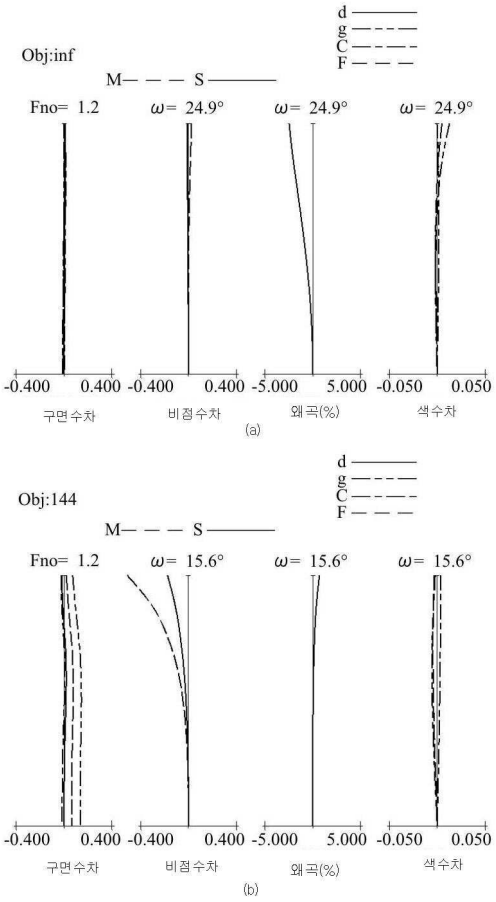
도면46


Obj:inf
d
g
C
F
M
S
Fno= 1
ω= 34°
ω= 34°
ω= 34°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:350
d
g
C
F
M
S
Fno= 1
ω= 31°
ω= 31°
ω= 31°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

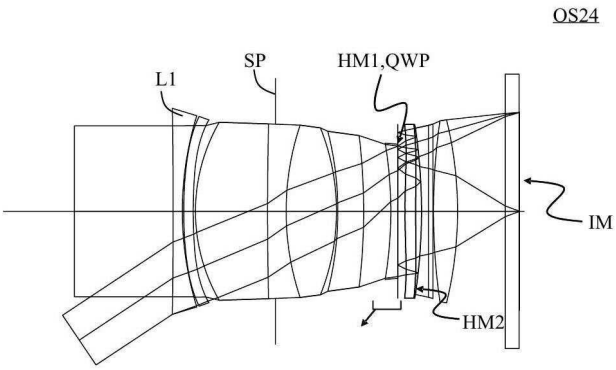
도면47


HM1,QWP
OS23
L2
SP
L1
IM
HM2

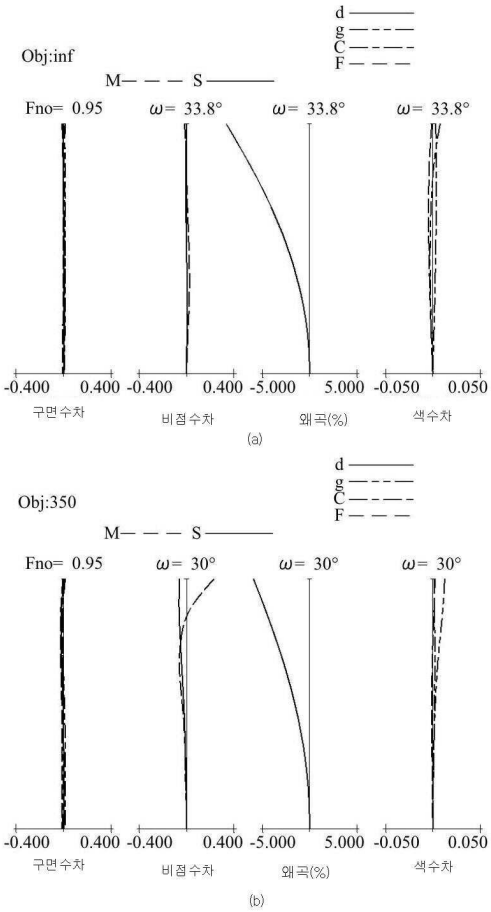
도면48


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 1.2
ω= 24.9°
ω= 24.9°
ω= 24.9°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:144
Fno= 1.2
ω= 15.6°
ω= 15.6°
ω= 15.6°
(b)

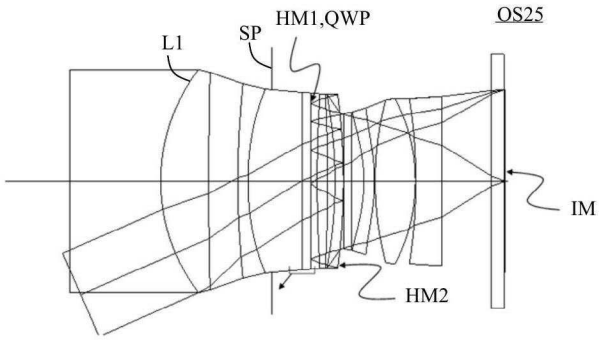
도면49


OS24
L1
SP
HM1,QWP
IM
HM2

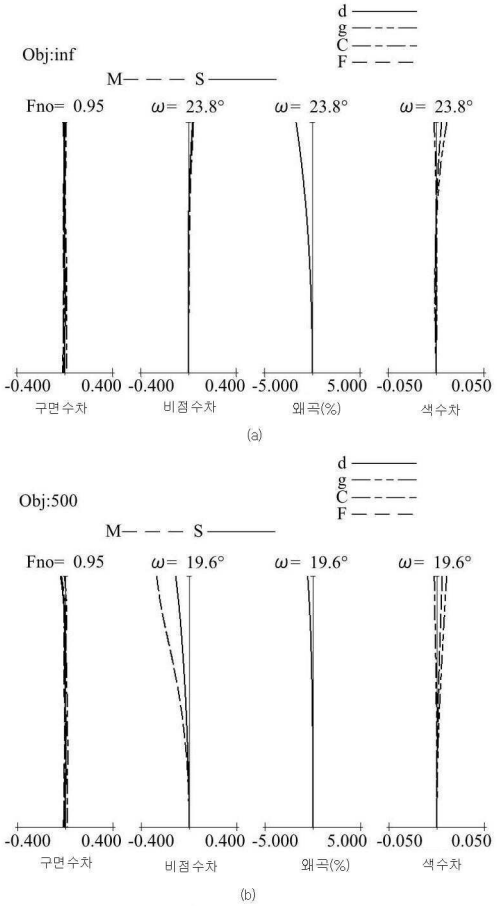
도면50


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 33.8°
ω= 33.8°
ω= 33.8°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:350
Fno= 0.95
ω= 30°
ω= 30°
ω= 30°
(b)

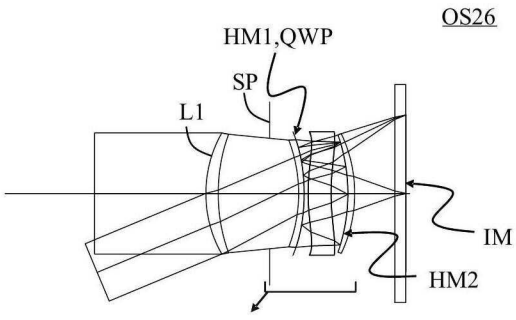
도면51


L1
SP
HM1,QWP
OS25
IM
HM2

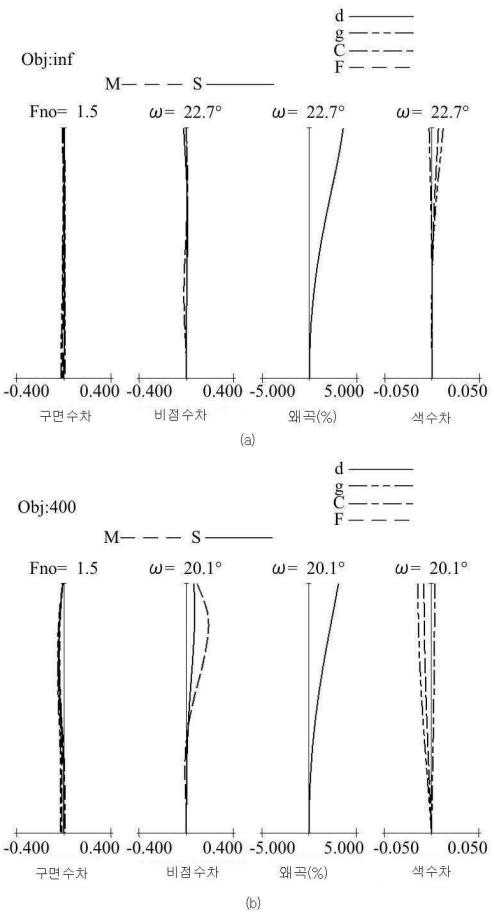
도면52


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 0.95
ω= 23.8°
ω= 23.8°
ω= 23.8°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
d
g
C
F
Obj:500
M
S
Fno= 0.95
ω= 19.6°
ω= 19.6°
ω= 19.6°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(b)

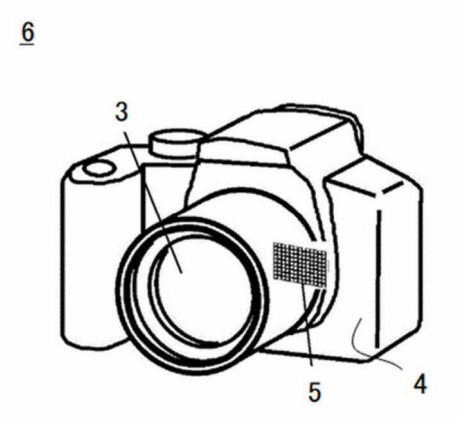
도면53


OS26
HM1,QWP
SP
L1
IM
HM2

도면54


d
g
C
F
Obj:inf
M
S
Fno= 1.5
ω= 22.7°
ω= 22.7°
ω= 22.7°
-0.400
0.400
-0.400
0.400
-5.000
5.000
-0.050
0.050
구면수차
비점수차
왜곡(%)
색수차
(a)
Obj:400
Fno= 1.5
ω= 20.1°
ω= 20.1°
ω= 20.1°
(b)

도면55


6
3
5
4