

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일
2022년 12월 22일 (22.12.2022) WIPO | PCT

WO 2022/265452 A2

(51) 국제특허분류:

G02B 13/00 (2006.01)

G03B 17/12 (2006.01)

G02B 9/64 (2006.01)

H04N 5/225 (2006.01)

G02B 3/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2022/008629

(22) 국제출원일:

2022년 6월 17일 (17.06.2022)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2021-0079380 2021년 6월 18일 (18.06.2021) KR

(71) 출원인: 엘지이노텍 주식회사 (LG INNOTEK CO., LTD.) [KR/KR]; 07796 서울특별시 강서구 마곡중앙10로 30, Seoul (KR).

(72) 발명자: 권덕근 (KWON, Duk Keun); 07796 서울특별시 강서구 마곡중앙10로 30, Seoul (KR).

(74) 대리인: 허용록 (HAW, Yong Noke); 06252 서울특별시 강남구 역삼로 114 현죽빌딩 6층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

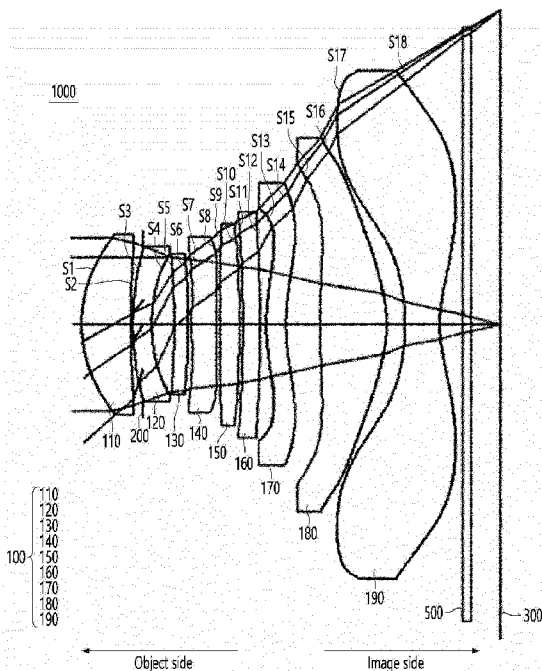
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도로 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: OPTICAL SYSTEM AND CAMERA MODULE COMPRISING SAME

(54) 발명의 명칭: 광학계 및 이를 포함하는 카메라 모듈



(57) Abstract: An optical system disclosed in an embodiment comprises first to ninth lenses disposed along the optical axis from an object side to a sensor side, wherein the first and eighth lenses have a positive (+) refractive power on the optical axis, the second and ninth lenses have a negative (-) refractive power on the optical axis, L7_CT is the thickness of the seventh lens on the optical axis, L8_CT is the thickness of the eighth lens on the optical axis, and the mathematical formula: $0.1 < L7_CT / L8_CT < 0.8$ is satisfied.

(57) 요약서: 실시예에 개시된 광학계는 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 광축을 따라 배치되는 제1 내지 제9 렌즈를 포함하고, 상기 제1,8 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고, 상기 제2,9 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고, L7_CT는 상기 제7 렌즈의 상기 광축에서의 두께이고, L8_CT는 상기 제8 렌즈의 상기 광축에서의 두께이며, 수학적식: $0.1 < L7_CT / L8_CT < 0.8$ 을 만족한다.

WO 2022/265452 A2

명세서

발명의 명칭: 광학계 및 이를 포함하는 카메라 모듈

기술분야

- [1] 실시예는 향상된 광학 성능을 위한 광학계 및 이를 포함하는 카메라 모듈에 대한 것이다.

배경기술

- [2] 카메라 모듈은 객체를 촬영하여 이미지 또는 동영상으로 저장하는 기능을 수행하며 다양한 어플리케이션에 장착되고 있다. 특히 카메라 모듈은 초소형으로 제작되어 스마트폰, 태블릿 PC, 노트북 등의 휴대용 디바이스뿐만 아니라 드론, 차량 등에 적용되어 다양한 기능을 제공하고 있다. 예를 들어, 카메라 모듈의 광학계는 상(image)을 결상하는 촬상 렌즈, 결상된 상을 전기적 신호로 변환하는 이미지 센서를 포함할 수 있다. 이때, 상기 카메라 모듈은 이미지 센서와 촬상 렌즈 사이의 간격을 자동 조절하여 렌즈의 초점거리를 정렬하는 오토포커스(autofocus, AF) 기능을 수행할 수 있고, 줌 렌즈(zoom lens)를 통해 원거리의 객체의 배율을 증가 또는 감소시켜 촬영하는 줌 업(zoom up) 또는 줌 아웃(zoom out)의 주밍(zooming) 기능을 수행할 수 있다. 또한, 카메라 모듈은 영상 흔들림 방지(image stabilization, IS)기술을 채용하여 불안정한 고정장치 혹은 사용자의 움직임에 기인한 카메라의 움직임으로 인한 영상의 흔들림을 보정하거나 방지하는 기술이 채용되고 있다.
- [3] 카메라 모듈이 상(image)을 얻기 위해 가장 중요한 요소는 상(image)을 결상하는 촬상 렌즈이다. 최근 고해상도에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이를 구현하기 위해 복수의 렌즈를 포함하는 광학계에 대한 연구가 진행되고 있다. 예를 들어, 고해상도 구현을 위해 양(+)의 굴절력 또는 음(-)의 굴절력을 가지는 복수의 촬상 렌즈를 이용한 연구가 진행되고 있다. 그러나, 복수의 렌즈를 포함할 경우 우수한 광학적 특성과 우수한 수차 특성을 도출하기 어려운 문제가 있다. 또한, 복수의 렌즈를 포함할 경우, 상기 복수의 렌즈의 두께, 간격, 크기 등에 의해 전체 길이, 높이 등이 증가할 수 있고, 이로 인해 상기 복수의 렌즈를 포함하는 모듈의 전체 크기가 증가하는 문제가 있다. 또한, 고해상도, 고화질 구현을 위해 이미지 센서의 크기가 증가하고 있다. 그러나, 이미지 센서의 크기가 증가할 경우 복수의 렌즈를 포함하는 광학계의 TTL(Total track length) 또한 증가하며, 이로 인해 상기 광학계를 포함하는 카메라, 이동 단말기 등의 두께 역시 증가하는 문제가 있다. 따라서, 상술한 문제를 해결할 수 있는 새로운 광학계가 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 발명의 실시예는 광학 특성이 향상된 광학계를 제공하고자 한다. 실시예는

중심부와 주변부에서 우수한 성능을 가지는 광학계를 제공하고자 한다, 실시예는 슬림한 구조를 가질 수 있는 광학계를 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

- [5] 발명의 실시예에 따른 광학계는 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 광축을 따라 배치되는 제1 내지 제9 렌즈를 포함하고, 상기 제1 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고, 상기 제2 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고, 상기 제8 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고, 상기 제9 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고, L7_CT는 상기 제7 렌즈의 상기 광축에서의 두께이고, L8_CT는 상기 제8 렌즈의 상기 광축에서의 두께이며, 수학적식: $0.1 < L7_CT / L8_CT < 0.8$ 을 만족한다.
- [6] 발명의 실시예에 의하면, F는 상기 광학계의 전체 초점 거리(mm)를 의미하고, f1는 상기 제1 렌즈의 초점 거리(mm)를 의미하며, 수학적식: $0.5 < f1 / F < 2$ 을 만족한다.
- [7] 발명의 실시예에 의하면, L8_CT는 상기 제8 렌즈의 상기 광축에서의 두께이고, L8_ET는 상기 제8 렌즈의 유효 영역 끝단에서의 상기 광축 방향 두께이며, 수학적식: $0.2 < L8_ET / L8_CT < 0.8$ 을 만족한다.
- [8] 발명의 실시예에 의하면, 상기 제8 렌즈의 센서 측 면은 상기 광축에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 렌즈의 물체 측 면은 상기 광축에서 볼록한 형상을 가지고, 상기 제2 렌즈의 센서 측 면은 상기 광축에서 오목한 형상을 가질 수 있다.
- [9] 발명의 실시예에 따른 광학계는 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 광축을 따라 배치되는 제1 내지 제9 렌즈를 포함하고, 상기 제1 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고, 상기 제2 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고, 상기 제8 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고, 상기 제9 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고, 상기 제9 렌즈의 센서 측 면은 제1 변곡점을 포함하고, 상기 제1 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제9 렌즈의 센서측 면의 유효 반경의 약 40% 내지 약 60%의 범위에 배치된다.
- [10] 발명의 실시예에 의하면, 상기 제7 렌즈의 물체 측 면은 제2 변곡점을 포함하고, 상기 제2 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제7 렌즈의 물체 측 면의 유효 반경의 60% 내지 80%의 범위에 배치된다.
- [11] 발명의 실시예에 의하면, 상기 제7 렌즈의 센서 측 면은 제3 변곡점을 포함하고, 상기 제3 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제7 렌즈의 센서 측 면의 유효 반경의 55% 내지 75%의 범위에 배치된다.
- [12] 발명의 실시예에 의하면, 상기 광축에서 상기 제1 변곡점까지의 거리는 상기 광축에서 상기 제2 변곡점까지의 거리보다 작을 수 있다.
- [13] 발명의 실시예에 따른 광학계는 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 광축을 따라 배치되는 제1 내지 제9 렌즈를 포함하고, 상기 제1 렌즈는 상기 광축에서

양(+의 굴절력을 가지고, 상기 제2 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고, 상기 제8 렌즈는 상기 광축에서 양(+의 굴절력을 가지고, 상기 제9 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고, 상기 제6 및 제7 렌즈는 상기 광축 방향으로 제1 간격만큼 이격되고, 상기 제1 간격은 상기 광축에서 상기 제6 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제1 지점으로 갈수록 커지고, 상기 제1 지점에서 상기 제6 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제2 지점으로 갈수록 감소하고, 상기 제2 지점은 상기 광축으로부터 상기 제1 지점보다 더 외측에 배치된다.

- [14] 발명의 실시 예에 의하면, 상기 제1 지점은 상기 광축을 기준으로 상기 제6 렌즈의 센서 측 면의 유효 반경의 65% 내지 85%의 범위에 배치된다. 상기 제2 지점은 상기 제6 렌즈의 센서 측 면의 유효 영역 끝단 또는 에지이다.
- [15] 발명의 실시 예에 의하면, 상기 제7 및 제8 렌즈는 상기 광축 방향으로 제2 간격만큼 이격되고, 상기 제2 간격은 상기 광축에서 상기 제7 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제3 지점으로 갈수록 작아진다. 상기 제3 지점은 상기 제7 렌즈의 센서 측 면의 유효 영역 끝단이다.
- [16] 발명의 실시 예에 의하면, 상기 제8 및 제9 렌즈는 상기 광축 방향으로 제3 간격만큼 이격되고, 상기 제3 간격은 상기 광축에서 상기 제8 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제4 지점으로 갈수록 커지고, 상기 제4 지점에서 상기 제8 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제5 지점으로 갈수록 감소하고, 상기 제5 지점은 상기 광축을 기준으로 상기 제4 지점보다 더 외측에 배치된다. 상기 제3 간격은 상기 제5 지점에서 상기 제8 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제6 지점으로 갈수록 증가하고, 상기 제6 지점은 상기 제8 렌즈의 센서 측 면의 유효 영역 끝단이다.
- [17] 발명의 실시 예에 따른 카메라 모듈은 광학계 및 이미지 센서를 포함하고, 상기 광학계는 상기에 개시된 광학계를 포함하고, TTL(Total track length)은 상기 제1 렌즈의 물체 측 면의 정점에서 상기 이미지 센서의 상면까지의 광축에서의 거리를 의미하며, 수학식: $2 < TTL < 20$ 을 만족한다.

발명의 효과

- [18] 발명의 실시예에 따른 광학계 및 카메라 모듈은 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 상기 광학계는 복수의 렌즈들이 설정된 형상, 초점 거리 등을 가짐에 따라 향상된 해상력을 가질 수 있다. 실시예에 따른 광학계 및 카메라 모듈은 향상된 수차 특성을 가지며 화각의 중심부와 주변부에서 양호한 광학 성능을 가질 수 있고, 주변부의 왜곡 특성을 개선할 수 있다. 실시예에 따른 광학계는 향상된 광학 특성을 가지며 작은 TTL(Total track length)을 가질 수 있어, 상기 광학계 및 이를 포함하는 카메라 모듈은 슬림하고 컴팩트한 구조로 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [19] 도 1은 제1 실시예에 따른 광학계의 구성도이다.
- [20] 도 2는 제1 실시예에 따른 광학계의 수차도를 도시한 그래프이다.

- [21] 도 3은 제1 실시예에 따른 광학계의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것이다.
- [22] 도 4는 제1 실시예에 따른 광학계의 코마 수차(Coma aberration)를 도시한 그래프이다.
- [23] 도 5는 제2 실시예에 따른 광학계의 구성도이다.
- [24] 도 6은 제2 실시예에 따른 광학계의 수차도를 도시한 그래프이다.
- [25] 도 7은 제2 실시예에 따른 광학계의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것이다.
- [26] 도 8은 제2 실시예에 따른 광학계의 코마 수차(Coma aberration)를 도시한 그래프이다.
- [27] 도 9는 제3 실시예에 따른 광학계의 구성도이다.
- [28] 도 10은 제3 실시예에 따른 광학계의 수차도를 도시한 그래프이다.
- [29] 도 11은 제3 실시예에 따른 광학계의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것이다.
- [30] 도 12는 제3 실시예에 따른 광학계의 코마 수차(Coma aberration)를 도시한 그래프이다.
- [31] 도 13은 실시예에 따른 카메라 모듈이 이동 단말기에 적용된 것을 도시한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [32] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 기술 사상은 설명되는 일부 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있고, 본 발명의 기술 사상 범위 내에서라면, 실시예들간 그 구성 요소들 중 하나 이상을 선택적으로 결합, 치환하여 사용할 수 있다. 본 발명의 실시예에서 사용되는 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는, 명백하게 특별히 정의되어 기술되지 않는 한, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 일반적으로 이해될 수 있는 의미로 해석될 수 있으며, 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥상의 의미를 고려하여 그 의미를 해석할 수 있을 것이다. 본 발명의 실시예에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함할 수 있고, "A 및(와) B, C중 적어도 하나(또는 한 개 이상)"로 기재되는 경우 A, B, C로 조합할 수 있는 모든 조합 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [33] 본 발명의 실시예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제1, 제2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등으로 한정되지 않는다. 그리고, 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 '연결', '결합' 또는 '접속'된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결, 결합 또는 접속되는 경우 뿐만 아니라, 그 구성 요소와 그 다른 구성요소 사이에 있는 또 다른 구성 요소로 인해 '연결', '결합' 또는 '접속' 되는

경우도 포함할 수 있다. 각 구성 요소의 "상(위) 또는 하(아래)"에 형성 또는 배치되는 것으로 기재되는 경우, 상(위) 또는 하(아래)는 두 개의 구성 요소들이 서로 직접 접촉되는 경우 뿐만 아니라 하나 이상의 또 다른 구성 요소가 두 개의 구성 요소들 사이에 형성 또는 배치되는 경우도 포함한다. 또한 "상(위) 또는 하(아래)"으로 표현되는 경우 하나의 구성 요소를 기준으로 위쪽 방향 뿐만 아니라 아래쪽 방향의 의미도 포함할 수 있다.

- [34] "물체 측면"은 광축을 기준으로 물체 측을 향하는 렌즈의 면을 의미할 수 있고, "센서 측면"은 광축을 기준으로 촬상면(이미지 센서)을 향하는 렌즈의 면을 의미할 수 있다. 렌즈의 면이 볼록하다는 것은 광축에서의 렌즈 면이 볼록한 형상을 가지는 것을 의미할 수 있고, 렌즈의 면이 오목하다는 것은 광축에서의 렌즈 면이 오목한 형상을 가지는 것을 의미할 수 있다. 렌즈 데이터에 대한 표에 기재된 곡률 반경, 중심 두께, 렌즈 사이의 간격은 광축에서의 값을 의미할 수 있으며, 단위는 mm이다. 수직 방향은 광축과 수직인 방향을 의미할 수 있고, 렌즈 또는 렌즈면의 끝단은 입사된 광이 통과하는 렌즈의 유효 영역의 끝단 또는 에지를 의미할 수 있다.
- [35] 도 1, 도 5 및 도 9는 실시 예들에 따른 광학계 및 이를 갖는 카메라 모듈을 나타낸 도면이다.
- [36] 도 1, 도 5 및 도 9를 참조하면, 실시예에 따른 광학계(1000)는 복수의 렌즈들(100) 및 이미지 센서(300)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 광학계(1000)는 5매 이상의 렌즈를 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 광학계(1000)는 8매 이상의 렌즈를 포함할 수 있다. 상기 광학계(1000)는 9매의 렌즈를 포함할 수 있다. 상기 광학계(1000)는 물체 측으로부터 센서 측으로 순차적으로 배치되는 제1 렌즈(110) 내지 제9 렌즈(190)와 이미지 센서(300)를 포함할 수 있다. 상기 제1 내지 제9 렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)은 상기 광학계(1000)의 광축(OA)을 따라 순차적으로 배치될 수 있다. 물체의 정보에 해당하는 광은 상기 제1 렌즈(110) 내지 상기 제9 렌즈(190)를 통과하여 상기 이미지 센서(300)에 입사될 수 있다. 상기 복수의 렌즈들(100) 각각은 유효 영역 및 비유효 영역을 포함할 수 있다. 상기 유효 영역은 상기 제1 내지 제9 렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190) 각각에 입사된 광이 통과하는 영역일 수 있다. 즉, 상기 유효 영역은 입사된 광이 굴절되어 광학 특성을 구현하는 영역일 수 있으며, 유효경으로 나타낼 수 있다. 상기 비유효 영역은 상기 유효 영역 둘레에 배치될 수 있다. 상기 비유효 영역은 상기 복수의 렌즈들(100)에서 광이 입사되지 않는 영역일 수 있다. 즉, 상기 비유효 영역은 상기 광학 특성과 무관한 영역일 수 있다. 또한, 상기 비유효 영역은 상기 렌즈를 수용하는 배럴(미도시) 등에 고정되는 영역일 수 있다.
- [37] 상기 이미지 센서(300)는 광을 감지할 수 있다. 자세하게, 상기 이미지 센서(300)는 상기 복수의 렌즈들(100), 자세하게 상기 제1 내지 제9

렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)을 순차적으로 통과한 광을 감지할 수 있다. 상기 이미지 센서(300)는 CCD(Charge Coupled Device) 또는 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor) 등 입사되는 광을 감지할 수 있는 소자를 포함할 수 있다.

[38] 실시예에 따른 광학계(1000)는 필터(500)를 더 포함할 수 있다. 상기 필터(500)는 상기 복수의 렌즈들(100)과 상기 이미지 센서(300) 사이에는 배치될 수 있다. 상기 필터(500)는 상기 복수의 렌즈들(100) 중 상기 이미지 센서(300)와 가장 인접하게 배치된 마지막 렌즈와 상기 이미지 센서(300) 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 상기 광학계(1000)가 9매 렌즈를 포함할 경우, 상기 필터(500)는 상기 제9 렌즈(190)와 상기 이미지 센서(300) 사이에 배치될 수 있다. 상기 필터(500)는 적외선 필터, 커버 글래스 등의 광학적 필터 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 필터(500)는 설정된 파장 대역의 광을 통과시키고, 이와 다른 파장 대역의 광을 필터링할 수 있다. 상기 필터(500)가 적외선 필터를 포함할 경우 외부 광으로부터 방출되는 복사열이 상기 이미지 센서(300)에 전달되는 것을 차단할 수 있다. 또한, 상기 필터(500)는 가시광선을 투과할 수 있고 적외선을 반사할 수 있다.

[39] 실시예에 따른 광학계(1000)는 조리개(미도시)를 포함할 수 있다. 상기 조리개는 상기 광학계(1000)에 입사되는 광량을 조절할 수 있다. 상기 조리개는 설정된 위치에 배치될 수 있다. 예를 들어, 상기 조리개는 상기 제1 렌즈(110) 전방에 위치하거나, 상기 제1 렌즈(110)보다 후방에 위치할 수 있다. 또한, 상기 조리개는 상기 복수의 렌즈들(100) 중 선택되는 두 렌즈 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 상기 조리개는 상기 제1 렌즈(110) 및 상기 제2 렌즈(120) 사이에 위치할 수 있다. 이와 다르게, 상기 복수의 렌즈들(100) 중 선택되는 적어도 하나의 렌즈는 조리개 역할을 수행할 수 있다. 자세하게, 상기 제1 내지 제9 렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190) 중 선택되는 하나의 렌즈의 물체 측면 또는 센서 측면은 광량을 조절하는 조리개 역할을 수행할 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 렌즈(110)의 센서 측면(제2 면(S2)) 또는 상기 제2 렌즈(120)의 물체 측면(제3 면(S3))은 조리개 역할을 수행할 수 있다.

[40] 상기 광학계(1000)는 광 경로 변경 부재(미도시)를 포함할 수 있다. 상기 광 경로 변경 부재는 외부에서 입사된 광을 반사해 광의 경로를 변경할 수 있다. 상기 광 경로 변경 부재는 반사경, 프리즘을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 광 경로 변경 부재는 직각 프리즘을 포함할 수 있다. 상기 광 경로 변경 부재가 직각 프리즘을 포함할 경우, 상기 광 경로 변경 부재는 입사광의 경로를 90도의 각도로 반사해 광의 경로를 변경할 수 있다. 상기 광 경로 변경 부재는 상기 복수의 렌즈들(100)보다 물체 측과 인접하게 배치될 수 있다. 즉, 상기 광학계(1000)가 상기 광 경로 변경 부재를 포함할 경우, 물체 측으로부터 센서 방향으로 광 경로 변경 부재, 제1 렌즈(110), 제2 렌즈(120), 제3 렌즈(130), 제4 렌즈(140), 제5 렌즈(150), 제6 렌즈(160), 제7 렌즈(170), 제8 렌즈(180), 제9

렌즈(190), 필터(500) 및 이미지 센서(300) 순서로 배치될 수 있다. 상기 광 경로 변경 부재는 외부에서 입사된 광의 경로를 설정된 방향으로 변경할 수 있다. 예를 들어, 상기 광 경로 변경 부재는 상기 광 경로 변경 부재에 제1 방향으로 입사된 광의 경로를 상기 복수의 렌즈들(100)의 배치 방향인 제2 방향(복수의 렌즈들(100)이 이격된 방향으로 도면의 광축(OA) 방향)으로 변경할 수 있다.

- [41] 상기 광학계(1000)가 광 경로 변경 부재를 포함할 경우, 상기 광학계는 카메라의 두께를 감소시킬 수 있는 폴디드(folded) 카메라에 적용할 수 있다. 자세하게, 상기 광학계(1000)가 상기 광 경로 변경 부재를 포함할 경우, 상기 광학계(1000)가 적용된 기기의 표면과 수직한 방향으로 입사된 광을 상기 기기의 표면과 평행한 방향으로 변화시킬 수 있다. 이에 따라, 복수의 렌즈들(100)을 포함하는 상기 광학계(1000)는 상기 기기 내에서 보다 얇은 두께를 가질 수 있어, 상기 기기는 보다 얇게 제공될 수 있다. 예를 들어, 상기 광학계(1000)가 상기 광 경로 변경 부재를 포함하지 않을 경우, 상기 기기 내에서 상기 복수의 렌즈들(100)은 상기 기기의 표면과 수직한 방향으로 연장하며 배치될 수 있다. 이에 따라, 상기 복수의 렌즈들(100)을 포함하는 광학계(1000)는 상기 기기의 표면과 수직한 방향으로 높은 높이를 가지게 되며 이로 인해 상기 광학계(1000) 및 이를 포함하는 기기의 두께를 얇게 형성하기 어려울 수 있다. 그러나, 상기 광학계(1000)가 상기 광 경로 변경 부재를 포함할 경우, 상기 복수의 렌즈들(100)은 상기 기기의 표면과 평행한 방향으로 연장하며 배치될 수 있다. 즉, 상기 광학계(1000)는 광축(OA)이 상기 기기의 표면과 평행하도록 배치되며 폴디드(folded) 카메라에 적용할 수 있다. 이에 따라, 상기 복수의 렌즈들(100)을 포함하는 광학계(1000)는 상기 기기의 표면과 수직한 방향으로 낮은 높이를 가질 수 있다. 따라서, 상기 광학계(1000)를 포함하는 카메라는 상기 기기 내에서 얇은 두께를 가질 수 있고, 상기 기기의 두께 역시 감소할 수 있다.

- [42] 이하 실시예에 따른 복수의 렌즈들(100)에 대해 보다 자세히 설명하도록 한다.

- [43] 도 1, 도 5 및 도 9를 참조하면, 상기 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제1 렌즈(110)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 렌즈(110)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제1 렌즈(110)는 물체 측 면으로 정의되는 제1 면(S1) 및 센서 측 면으로 정의되는 제2 면(S2)을 포함할 수 있다. 상기 제1 면(S1)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제2 면(S2)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제1 면(S1)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제2 면(S2)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 면(S1) 및 상기 제2 면(S2) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 면(S1) 및 상기 제2 면(S2)은 모두 비구면일 수 있다.

- [44] 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제2

렌즈(120)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제2 렌즈(120)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)는 물체 측 면으로 정의되는 제3 면(S3) 및 센서 측 면으로 정의되는 제4 면(S4)을 포함할 수 있다. 상기 제3 면(S3)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제3 면(S3)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제3 면(S3) 및 상기 제4 면(S4) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제3 면(S3) 및 상기 제4 면(S4)은 모두 비구면일 수 있다.

- [45] 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 양(+) 또는 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제3 렌즈(130)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)는 물체 측 면으로 정의되는 제5 면(S5) 및 센서 측 면으로 정의되는 제6 면(S6)을 포함할 수 있다. 상기 제5 면(S5)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제5 면(S5)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제5 면(S5)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제5 면(S5)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제5 면(S5) 및 상기 제6 면(S6) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제5 면(S5) 및 상기 제6 면(S6)은 모두 비구면일 수 있다.

- [46] 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 양(+) 또는 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제4 렌즈(140)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)는 물체 측 면으로 정의되는 제7 면(S7) 및 센서 측 면으로 정의되는 제8 면(S8)을 포함할 수 있다. 상기 제7 면(S7)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제7 면(S7)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제7 면(S7)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제4

렌즈(140)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제7 면(S7)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제4 렌즈(140)는 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제7 면(S7) 및 상기 제8 면(S8) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제7 면(S7) 및 상기 제8 면(S8)은 모두 비구면일 수 있다.

- [47] 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 양(+) 또는 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제5 렌즈(150)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)는 물체 측 면으로 정의되는 제9 면(S9) 및 센서 측 면으로 정의되는 제10 면(S10)을 포함할 수 있다. 상기 제9 면(S9)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제9 면(S9)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제9 면(S9)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제9 면(S9)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제9 면(S9) 및 상기 제10 면(S10) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제9 면(S9) 및 상기 제10 면(S10)은 모두 비구면일 수 있다.

- [48] 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양(+) 또는 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제6 렌즈(160)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)는 물체 측 면으로 정의되는 제11 면(S11) 및 센서 측 면으로 정의되는 제12 면(S12)을 포함할 수 있다. 상기 제11 면(S11)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제11 면(S11)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제11 면(S11)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제11 면(S11)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제11

면(S11) 및 상기 제12 면(S12) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제11 면(S11) 및 상기 제12 면(S12)은 모두 비구면일 수 있다.

- [49] 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 양(+) 또는 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제7 렌즈(170)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)는 물체 측 면으로 정의되는 제13 면(S13) 및 센서 측 면으로 정의되는 제14 면(S14)을 포함할 수 있다. 상기 제13 면(S13)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제14 면(S14)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제13 면(S13)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제14 면(S14)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제7 렌즈(170)는 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제13 면(S13)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제14 면(S14)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제13 면(S13)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제14 면(S14)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다, 즉, 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제13 면(S13) 및 상기 제14 면(S14) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제13 면(S13) 및 상기 제14 면(S14)은 모두 비구면일 수 있다.

- [50] 상기 제7 렌즈(170)는 적어도 하나의 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제13 면(S13) 및 상기 제14 면(S14) 중 적어도 하나의 면은 변곡점을 포함할 수 있다. 여기서 변곡점은 렌즈면에서의 접선의 기울기가 0인 지점을 의미할 수 있다. 상기 변곡점은 광축(OA) 및 상기 광축(OA)의 수직인 방향에 대한 기울기 값의 부호가 양(+)에서 음(-)으로 또는 음(-)에서 양(+)으로 변하는 지점으로 기울기 값이 0인 지점을 의미할 수 있다. 예를 들어, 상기 제13 면(S13)은 변곡점으로 정의되는 제1 변곡점(미도시)을 포함할 수 있다. 상기 제1 변곡점은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제7 렌즈(170)의 제13 면(S13)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 약 80% 이하인 위치에 배치될 수 있다. 자세하게, 상기 제1 변곡점은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제7 렌즈(170)의 제13 면(S13)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 약 60% 내지 약 80%의 범위에 배치될 수 있다. 더 자세하게, 상기 제1 변곡점은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제7 렌즈(170)의 제13 면(S13)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 약 65% 내지 약 75%의 범위에 배치될 수 있다. 여기서 상기 제1 변곡점의 위치는 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 설정된 위치로, 광축(OA)에서 상기 제1 변곡점까지의 직선 거리를 의미할 수 있다. 상기 제14 면(S14)은 변곡점으로 정의되는 제2 변곡점(미도시)을 포함할 수 있다. 상기 제2 변곡점은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제7 렌즈(170)의 제14 면(S14)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 상기 광축을 기준으로 상기 제14 면(S14)의 유효 반경의 약 75% 이하인 위치에

배치될 수 있다. 자세하게, 상기 제2 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제14면(S14)의 유효 반경의 약 55% 내지 약 75%의 범위에 배치될 수 있다. 더 자세하게, 상기 제2 변곡점은 광축(OA)을 기준으로 상기 제7 렌즈(170)의 제14면(S14)의 유효 반경의 약 60% 내지 약 70%의 범위에 배치될 수 있다. 여기서 상기 제2 변곡점의 위치는 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 설정된 위치로, 광축(OA)에서 상기 제2 변곡점까지의 직선 거리를 의미할 수 있다.

- [51] 상기 제1 변곡점 및 상기 제2 변곡점 각각의 위치는 상기 광학계(1000)의 광학 특성을 고려하여 상술한 범위를 만족하는 위치에 배치되는 것이 바람직하다. 자세하게, 상기 제1 및 제2 변곡점의 위치는 상기 광학계(1000)의 수차 특성, 해상력 등의 광학 특성 제어를 위해 상술한 범위를 만족하는 것이 바람직하다. 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 광축(OA)에서 상기 제1 및 제2 변곡점 사이 거리는 서로 상이할 수 있다. 자세하게, 광축(OA)에서 상기 제1 변곡점까지의 거리는 상기 광축(OA)에서 상기 제2 변곡점까지의 거리보다 작을 수 있다. 예를 들어, 상기 광축(OA)에서 상기 제1 변곡점까지 거리는 상기 광축(OA)에서 상기 제2 변곡점까지 거리의 약 90% 이하일 수 있다. 바람직하게, 상기 광축(OA)에서 상기 제1 변곡점까지의 거리는 화각(FOV)의 주변부의 광학 특성을 고려하여 상기 광축(OA)에서 상기 제2 변곡점까지 거리의 약 70% 내지 약 90%일 수 있다. 이에 따라, 실시예에 따른 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부와 대응되는 영역의 광을 효과적으로 제어할 수 있어, 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다.

- [52] 상기 제8 렌즈(180)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제8 렌즈(180)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제8 렌즈(180)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제8 렌즈(180)는 물체 측 면으로 정의되는 제15면(S15) 및 센서 측 면으로 정의되는 제16면(S16)을 포함할 수 있다. 상기 제15면(S15)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제16면(S16)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제8 렌즈(180)는 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제15면(S15)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제16면(S16)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제8 렌즈(180)는 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제15면(S15) 및 상기 제16면(S16) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제15면(S15) 및 상기 제16면(S16)은 모두 비구면일 수 있다.

- [53] 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)는 플라스틱 또는 글라스(glass) 재질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제9 렌즈(190)는 플라스틱 재질로 제공될 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)는 물체 측 면으로 정의되는 제17면(S17) 및 센서 측 면으로 정의되는 제18면(S18)을 포함할 수 있다. 상기 제17면(S17)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제18면(S18)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제17

면(S17)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있고, 상기 제18 면(S18)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제17 면(S17)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제18 면(S18)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 즉, 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 이와 다르게, 상기 제17 면(S17)은 광축(OA)에서 오목할 수 있고, 상기 제18 면(S18)은 광축(OA)에서 오목할 수 있다. 즉, 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제17 면(S17) 및 상기 제18 면(S18) 중 적어도 하나의 면은 비구면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제17 면(S17) 및 상기 제18 면(S18)은 모두 비구면일 수 있다.

[54] 상기 제9 렌즈(190)는 적어도 하나의 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제17 면(S17) 및 상기 제18 면(S18) 중 적어도 하나의 면은 변곡점을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 제18 면(S18)은 변곡점으로 정의되는 제3 변곡점(미도시)을 포함할 수 있다. 상기 제3 변곡점은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제9 렌즈(190)의 제18 면(S18)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 상기 광축을 기준으로 상기 제18 면(S18)의 유효 반경의 약 60% 이하인 위치에 배치될 수 있다. 자세하게, 상기 제3 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제18 면(S18)의 유효 반경의 약 40% 내지 약 60%의 범위에 배치될 수 있다. 더 자세하게, 상기 제3 변곡점은 상기 제9 렌즈(190)의 제18 면(S18)의 유효 반경의 약 40% 내지 약 50%의 범위에 배치될 수 있다. 여기서 상기 제3 변곡점의 위치는 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 설정된 위치로, 광축(OA)에서 상기 제3 변곡점까지의 직선 거리를 의미할 수 있다.

[55] 상기 제3 변곡점의 위치는 상기 광학계(1000)의 광학 특성을 고려하여 상술한 범위를 만족하는 위치에 배치되는 것이 바람직하다. 자세하게, 상기 제3 변곡점의 위치는 상기 광학계(1000)의 수차 특성, 해상력 등의 광학 특성 제어를 위해 상술한 범위를 만족하는 것이 바람직하다. 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 광축(OA)에서 상기 제3 변곡점까지의 거리는 상기 광축(OA)에서 상기 제1 및 제2 변곡점까지의 거리와 상이할 수 있다. 자세하게, 상기 광축(OA)에서 상기 제3 변곡점까지의 거리는 상기 광축(OA)에서 상기 제1 변곡점까지의 거리보다 클 수 있다. 또한, 상기 광축(OA)에서 상기 제3 변곡점까지의 거리는 상기 광축(OA)에서 상기 제2 변곡점까지의 거리보다 클 수 있다. 이에 따라, 상기 제9 렌즈(190)는 상기 제9 렌즈(190)를 통해 상기 이미지 센서(300)로 방출되는 광의 경로를 효과적으로 제어할 수 있다. 따라서, 실시예에 따른 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부와 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다.

[56] 실시예에 따른 광학계(1000)는 이하에서 설명되는 수학적 중 적어도 하나 또는 둘 이상을 만족할 수 있다. 이에 따라, 실시예에 따른 광학계(1000)는 향상된 해상력을 가질 수 있다. 또한, 상기 광학계(1000)는 왜곡, 수차 특성을 효과적으로 제어할 수 있고, 화각의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 양호한 광학 성능을

가질 수 있다. 또한, 상기 광학계(1000)는 보다 슬림하고 컴팩트한 구조를 가질 수 있다.

[57] [수학식 1] $0.5 < f1 / F < 2$

[58] 수학식 1에서 F는 상기 광학계(1000)의 전체 초점 거리(mm)를 의미하고, f1는 상기 제1 렌즈(110)의 초점 거리(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 1을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 입사되는 광을 효과적으로 제어할 수 있고 향상된 해상력을 가질 수 있다.

[59] [수학식 2] $-5 < f1 / f2 < 0$

[60] 수학식 2에서 f1은 상기 제1 렌즈(110)의 초점 거리(mm)를 의미하고, f2는 상기 제2 렌즈(120)의 초점 거리(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 2를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 향상된 해상력을 가질 수 있다.

[61] [수학식 3] $0.5 < f12 / F < 5$

[62] 수학식 3에서 F는 상기 광학계(1000)의 전체 초점 거리(mm)를 의미하고, f12는 상기 제1 렌즈(110)부터 상기 제2 렌즈(120)까지의 합성 초점 거리(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 3을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 입사되는 광을 효과적으로 제어할 수 있고 향상된 해상력을 가질 수 있다.

[63] [수학식 4] $0.3 < f1 / f12 < 3$

[64] 수학식 4에서 f1은 상기 제1 렌즈(110)의 초점 거리(mm)를 의미하고, f12는 상기 제1 렌즈(110)부터 상기 제2 렌즈(120)까지의 합성 초점 거리(mm)를 의미한다.

[65] 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 4를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 향상된 해상력을 가질 수 있다.

[66] [수학식 5] $0 < L1R1 / |L1R2| < 1$

[67] 수학식 5에서 L1R1은 상기 제1 렌즈(110)의 물체 측 면(제1 면(S1))의 광축(OA)에서의 곡률 반경(mm)을 의미하고, L1R2는 상기 제1 렌즈(110)의 센서 측 면(제2 면(S2))의 광축(OA)에서의 곡률 반경(mm)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 5를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 입사되는 광을 효과적으로 제어할 수 있어 수차 특성을 제어할 수 있다.

[68] [수학식 6] $0 < L2R2 / |L2R1| < 1$

[69] 수학식 6에서 L2R1은 상기 제2 렌즈(120)의 물체 측 면(제3 면(S3))의 광축(OA)에서의 곡률 반경(mm)을 의미하고, L2R2는 상기 제2 렌즈(120)의 센서 측 면(제4 면(S4))의 광축(OA)에서의 곡률 반경(mm)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 6을 만족할 경우, 상기 제2 렌즈(120)에 입사되는 광을 효과적으로 제어할 수 있어 수차 특성을 제어할 수 있다.

[70] [수학식 7] $0.8 < n1d / n2d < 1.2$

[71] 수학식 7에서 n1d는 상기 제1 렌즈(110)의 d-line에서의 굴절률(Refractive index)을 의미하고, n2d는 상기 제2 렌즈(120)의 d-line에서의 굴절률(Refractive

index)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 7을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)의 시야각을 제어할 수 있다.

[72] [수학식 8] $0.8 < n_{8d} / n_{7d} < 1.2$

[73] 수학식 8에서 n_{7d} 는 상기 제7 렌즈(170)의 d-line에서의 굴절률(Refractive index)을 의미하고, n_{8d} 는 상기 제8 렌즈(180)의 d-line에서의 굴절률(Refractive index)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 8을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다. 자세하게, 상기 광학계(1000)가 상기 수학식 8을 만족할 경우 화각(FOV)의 주변부에서 우수한 왜곡 및 수차 특성을 가질 수 있다.

[74] [수학식 9] $0.1 < L2_CT / L1_CT < 0.8$

[75] 수학식 9에서 $L1_CT$ 는 상기 제1 렌즈(110)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, $L2_CT$ 는 상기 제2 렌즈(120)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 9를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 수차 특성을 제어할 수 있어 수차 발생을 최소화할 수 있다.

[76] [수학식 10] $0.1 < L7_CT / L8_CT < 0.8$

[77] 수학식 10에서 $L7_CT$ 는 상기 제7 렌즈(170)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, $L8_CT$ 는 상기 제8 렌즈(180)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 10을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다

[78] [수학식 11] $0.2 < L8_ET / L8_CT < 0.8$

[79] 수학식 11에서 $L8_CT$ 는 상기 제8 렌즈(180)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, $L8_ET$ 는 상기 제8 렌즈(180)의 유효 영역 끝단에서의 광축(OA) 방향 두께를 의미한다. 자세하게, $L8_ET$ 는 상기 제8 렌즈(180)의 물체 측 면(제15면(S15))의 유효 영역의 끝단과 상기 제8 렌즈(180)의 센서 측 면(제16면(S16))의 유효 영역 끝단 사이의 광축(OA) 방향 거리를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 11을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다

[80] [수학식 12] $1.5 < L8_CT / L9_CT < 2$

[81] 수학식 12에서 $L8_CT$ 는 상기 제8 렌즈(180)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, $L9_CT$ 는 상기 제9 렌즈(190)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 12를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다

[82] [수학식 13] $0.5 < Inf71 / Inf72 < 1.2$

[83] 수학식 13에서 $Inf71$ 은 광축(OA)에서 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측 면(제13면(S13))에 배치된 변곡점(제1 변곡점)까지의 직선 거리(mm, 광축(OA)의 수직 방향 기준)를 의미한다. 또한, $Inf72$ 는 광축(OA)에서 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14면(S14))에 배치된 변곡점(제2 변곡점)까지의 직선 거리(mm, 광축(OA)의 수직 방향 기준)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식

13을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다.

[84] [수학식 14] $0.4 < \text{Inf}71 / \text{Inf}92 < 1$

[85] 수학식 14에서 Inf71은 광축(OA)에서 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측 면(제13 면(S13))에 배치된 변곡점(제1 변곡점)까지의 직선 거리(mm, 광축(OA)의 수직 방향 기준)를 의미한다. 또한, Inf92는 광축(OA)에서 상기 제9 렌즈(190)의 센서 측 면(제18 면(S18))에 배치된 변곡점(제3 변곡점)까지의 직선 거리(mm, 광축(OA)의 수직 방향 기준)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 14를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다.

[86] [수학식 15] $0.4 < \text{Inf}72 / \text{Inf}92 < 1$

[87] 수학식 15에서 Inf72는 광축(OA)에서 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14 면(S14))에 배치된 변곡점(제2 변곡점)까지의 직선 거리(mm, 광축(OA)의 수직 방향 기준)를 의미한다. 또한, Inf92는 광축(OA)에서 상기 제9 렌즈(190)의 센서 측 면(제18 면(S18))에 배치된 변곡점(제3 변곡점)까지의 직선 거리(mm, 광축(OA)의 수직 방향 기준)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 15를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다.

[88] [수학식 16] $0.1 < T11 / D11 < 0.5$

[89] 수학식 16에서 T11은 상기 제1 렌즈(110)의 물체 측 면(제1 면(S1))의 정점으로부터 유효경까지의 광축(OA) 방향 거리를 의미한다. 또한, D11은 광축(OA)에서 상기 제1 렌즈(110)의 물체 측 면(제1 면(S1))의 유효 영역 끝단까지의 광축(OA)의 수직 방향 길이를 의미한다. 즉, D11은 상기 제1 렌즈(110)의 물체 측 면(제1 면(S1))의 유효 반경(effective radius) 값(mm)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 16을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 입사되는 광을 효과적으로 제어할 수 있고, 광학계(1000)의 수차 특성을 제어할 수 있다.

[90] [수학식 17] $0 < T91 / D91 < 0.6$

[91] 수학식 17에서 T91은 상기 제9 렌즈(190)의 물체 측 면(제17 면(S17))의 정점으로부터 유효경까지의 광축(OA) 방향 거리를 의미한다. 또한, D91은 광축(OA)에서 상기 제9 렌즈(190)의 물체 측 면(제17 면(S17))의 유효 영역 끝단까지의 광축(OA)의 수직 방향 길이를 의미한다. 즉, D91은 상기 제9 렌즈(190)의 물체 측 면(제17 면(S17))의 유효 반경(effective radius) 값(mm)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 17을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다.

[92] [수학식 18] $0 < T92 / D92 < 0.5$

[93] 수학식 18에서 T92는 상기 제9 렌즈(190)의 센서 측 면(제18 면(S18))의 정점으로부터 유효경까지의 광축(OA) 방향 거리를 의미한다. 또한, D92는

광축(OA)에서 상기 제9 렌즈(190)의 센서 측 면(제18 면(S18))의 유효 영역 끝단까지의 광축(OA)의 수직 방향 길이를 의미한다. 즉, D92는 상기 제9 렌즈(190)의 센서 측 면(제18 면(S18))의 유효 반경(effective radius) 값(mm)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 18을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다.

[94] [수학식 19] $1 < CA_L1S1 / CA_L3S1 < 2$

[95] 수학식 19에서 CA_L1S1은 상기 제1 렌즈(110)의 물체 측 면(제1 면(S1))의 유효경(Clear aperture; CA) 크기(mm)를 의미하고, CA_L3S1은 상기 제3 렌즈(130)의 물체 측 면(제5 면(S5))의 유효경 크기(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 19를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 수차 특성을 제어할 수 있어 수차 발생을 최소화할 수 있다.

[96] [수학식 20] $2 < CA_L9S2 / CA_L1S1 < 5$

[97] 수학식 20에서 CA_L1S1은 상기 제1 렌즈(110)의 물체 측 면(제1 면(S1))의 유효경(CA) 크기(mm)를 의미하고, CA_L9S2은 상기 제9 렌즈(190)의 센서 측 면(제18 면(S18))의 유효경 크기(mm)를 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 19를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 수차 특성을 제어할 수 있어 수차 발생을 최소화할 수 있다.

[98] [수학식 21] $2 < L1_CT / d12_CT < 5$

[99] 수학식 21에서 L1_CT는 상기 제1 렌즈(110)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, d12_CT는 상기 제1 렌즈(110)의 센서 측 면(제2 면(S2)) 및 상기 제2 렌즈(120)의 물체 측 면(제3 면(S3))의 광축(OA)에서의 광축(OA) 방향 간격을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 21을 만족할 경우, 입사되는 광을 효과적으로 제어할 수 있어 수차 특성을 제어할 수 있다.

[100] [수학식 22] $0.1 < L7_CT / d78_CT < 0.8$

[101] 수학식 22에서 L7_CT는 상기 제7 렌즈(170)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, d78_CT는 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14 면(S14)) 및 상기 제8 렌즈(180)의 물체 측 면(제15 면(S15))의 광축(OA)에서의 광축(OA) 방향 간격(mm)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 22를 만족할 경우, 수차 특성을 제어할 수 있어 광학계(1000)의 수차 발생을 최소화할 수 있다.

[102] [수학식 23] $1.2 < L8_CT / d78_CT < 2.5$

[103] 수학식 23에서 L8_CT는 상기 제8 렌즈(180)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, d78_CT는 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14 면(S14)) 및 상기 제8 렌즈(180)의 물체 측 면(제15 면(S15))의 광축(OA)에서의 광축(OA) 방향 간격(mm)을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 23을 만족할 경우, 수차 특성을 제어할 수 있어 광학계(1000)의 수차 발생을 최소화할 수 있다.

[104] [수학식 24] $1 < d78_CT / d78_ET < 1.8$

[105] 수학식 24에서 d78_CT는 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14 면(S14)) 및 상기 제8 렌즈(180)의 물체 측 면(제15 면(S15))의 광축(OA)에서의 광축(OA)

방향 간격을 의미한다. 또한, d78_ET는 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14 면(S14))의 유효 영역 끝단에서 상기 제7 렌즈(170)와 상기 제8 렌즈(180)의 광축(OA) 방향 간격을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 24를 만족할 경우 광학계(1000)의 해상력을 향상시킬 수 있고 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서 양호한 광학 특성을 가질 수 있다.

[106] [수학식 25] $2 < L6_CT / d67_CT < 3$

[107] 수학식 25에서 L6_CT는 상기 제6 렌즈(160)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, d67_CT는 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측 면(제12 면(S12)) 및 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측 면(제13 면(S13))의 광축(OA)에서의 광축(OA) 방향 간격을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 25를 만족할 경우, 광학계(1000)의 해상력을 향상시킬 수 있고 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서 양호한 광학 특성을 가질 수 있다.

[108] [수학식 26] $1.5 < L7_CT / d67_CT < 4$

[109] 수학식 26에서 L7_CT는 상기 제7 렌즈(170)의 광축(OA)에서의 두께(mm)를 의미하고, d67_CT는 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측 면(제12 면(S12)) 및 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측 면(제13 면(S13))의 광축(OA)에서의 광축(OA) 방향 간격을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 26을 만족할 경우, 광학계(1000)의 해상력을 향상시킬 수 있고 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서 양호한 광학 특성을 가질 수 있다.

[110] [수학식 27] $0.5 < d67_CT / d67_ET < 2.5$

[111] 수학식 27에서 d67_CT는 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측 면(제12 면(S12)) 및 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측 면(제13 면(S13))의 광축(OA)에서의 광축(OA) 방향 간격을 의미한다. 또한, d67_ET는 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측 면(제12 면(S12))의 유효 영역 끝단에서 상기 제6 렌즈(160)와 상기 제7 렌즈(170)의 광축(OA) 방향 간격을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 27을 만족할 경우 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 성능을 얻을 수 있다. 자세하게, 상기 수학식 13을 만족할 경우 화각(FOV)의 주변부에서 우수한 왜곡 및 수차 특성을 가질 수 있다.

[112] [수학식 28] $0.5 < CA_max / (2 * ImgH) < 1$

[113] 수학식 28에서 CA_max는 상기 복수의 렌즈들(100)의 물체 측 면 및 센서 측 면 중 가장 큰 유효경(CA) 크기를 가지는 렌즈면의 유효경(CA) 크기(mm)를 의미한다. ImgH는 광축(OA)과 중첩되는 상기 이미지 센서(300)의 상면 중심 0 필드(filed) 영역에서 상기 이미지 센서(300)의 1.0 필드(field) 영역까지의 상기 광축(OA)의 수직 방향 거리(mm)를 의미한다. 즉, 상기 ImgH는 상기 이미지 센서(300)의 유효 영역의 최대 대각 방향 길이(mm)의 1/2을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 28을 만족할 경우 상기 광학계(1000)는 슬림하고 컴팩트한 구조로 제공될 수 있다.

[114] [수학식 29] $1.5 < CA_max / CA_Aver < 3$

- [115] 수학식 29에서 CA_max는 상기 복수의 렌즈들(100)의 물체 측 면 및 센서 측 면 중 가장 큰 유효경(CA) 크기를 가지는 렌즈면의 유효경(CA) 크기(mm)를 의미한다. 또한, CA_Aver은 상기 복수의 렌즈들(100)의 물체 측 면 및 센서 측 면의 유효경(CA) 크기(mm)의 평균을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 29를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 슬림하고 컴팩트한 구조로 제공될 수 있고, 광학 성능 구현을 위한 적절한 크기를 가질 수 있다.
- [116] [수학식 30] $0.5 < CA_{\min} / CA_{\text{Aver}} < 1$
- [117] 수학식 30에서 CA_min은 상기 복수의 렌즈들(100)의 물체 측 면 및 센서 측 면 중 가장 작은 유효경(CA) 크기를 가지는 렌즈면의 유효경(CA) 크기(mm)를 의미한다. 또한, CA_Aver은 상기 복수의 렌즈들(100)의 물체 측 면 및 센서 측 면의 유효경(CA) 크기(mm)의 평균을 의미한다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 30을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 슬림하고 컴팩트한 구조로 제공될 수 있고, 광학 성능 구현을 위한 적절한 크기를 가질 수 있다.
- [118] [수학식 31] $2 < TTL < 20$
- [119] 수학식 31에서 TTL(Total track length)은 상기 제1 렌즈(110)의 물체 측 면(제1 면(S1))의 정점에서 상기 이미지 센서(300)의 상면까지의 광축(OA)에서의 거리(mm)를 의미한다.
- [120] [수학식 32] $2 < ImgH$
- [121] 수학식 32에서 ImgH는 광축(OA)과 중첩되는 상기 이미지 센서(300)의 상면 중심 0 필드(filed) 영역에서 상기 이미지 센서(300)의 1.0 필드(field) 영역까지의 상기 광축(OA)의 수직 방향 거리를 의미한다. 즉, 상기 ImgH는 상기 이미지 센서(300)의 유효 영역의 최대 대각 방향 길이(mm)의 1/2을 의미한다.
- [122] [수학식 33] $BFL < 2.5$
- [123] 수학식 33에서 BFL(Back focal length)은 이미지 센서(300)와 최인접한 렌즈의 센서 측 면의 정점으로부터 상기 이미지 센서(300)의 상면까지의 광축(OA)에서의 거리(mm)를 의미한다.
- [124] [수학식 34] $1 < TTL / ImgH < 2$
- [125] 수학식 34에서 TTL(Total track length)과 ImgH의 관계를 설정할 수 있다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 34를 만족할 경우, 상대적으로 큰 크기의 이미지 센서(300), 예를 들어 1인치 전후의 이미지 센서(300)를 적용하면서 작은 BFL을 확보하며 보다 작은 TTL을 가질 수 있고, 고해상도 및 고화질을 구현하며 슬림하고 컴팩트한 구조를 가질 수 있다.
- [126] [수학식 35] $0.1 < BFL / ImgH < 0.5$
- [127] 수학식 35에서 BFL(Back focal length)과 ImgH의 관계를 설정할 수 있다. 실시예에 따른 광학계가 수학식 35를 만족할 경우, 큰 크기의 이미지 센서(300), 예를 들어 1인치 전후의 이미지 센서(300)를 적용할 수 있어 고해상도 및 고화질을 구현할 수 있다. 또한, 마지막 렌즈와 이미지 센서(300) 사이의 간격을 최소화할 수 있어 화각(FOV)의 중심부, 주변부에서 양호한 광학 특성을 가질 수

있다.

[128] [수학식 36] $6 < \text{TTL} / \text{BFL} < 8$

[129] 수학식 36에서 TTL(Total track length)과 BFL(Back focal length)을 설정할 수 있다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 36을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 슬림하고 컴팩트하게 제공될 수 있다.

[130] [수학식 37] $0.1 < F / \text{TTL} < 1$

[131] 수학식 37에서 F는 상기 광학계(1000)의 전체 초점 거리(mm)를 의미한다. 수학식 37에서 전체 초점 거리와 TTL(Total track length)의 관계를 설정할 수 있다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 37을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 슬림하고 컴팩트하게 제공될 수 있다.

[132] [수학식 38] $3 < F / \text{BFL} < 8$

[133] 수학식 38에서 F와 BFL(Back focal length)의 관계를 설정할 수 있다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 38을 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 마지막 렌즈와 이미지 센서(300) 사이의 간격을 최소화할 수 있어 화각(FOV)의 주변부에서 양호한 광학 특성을 가질 수 있다.

[134] [수학식 39] $1 < F / \text{ImgH} < 3$

[135] 수학식 39에서 F와 ImgH의 관계를 설정할 수 있다. 실시예에 따른 광학계(1000)가 수학식 39를 만족할 경우, 상기 광학계(1000)는 큰 크기의 이미지 센서(300), 예를 들어 1인치 전후의 이미지 센서(300)를 적용하며 고해상도 및 고화질을 구현할 수 있고, 향상된 수차 특성을 가질 수 있다.

[136] [수학식 40]

$$[137] \quad Z = \frac{cY^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)c^2Y^2}} + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + EY^{12} + FY^{14} + \dots$$

[138] 수학식 40에서 Z는 Sag로 비구면 상의 임의의 위치로부터 상기 비구면의 정점까지의 광축 방향의 거리를 의미할 수 있다. Y는 비구면 상의 임의의 위치로부터 광축까지의 광축에 수직인 방향으로의 거리를 의미할 수 있다. c는 렌즈의 곡률을 의미할 수 있고, K는 코닉 상수를 의미할 수 있다. A, B, C, D, E, F는 비구면 계수(Aspheric constant)를 의미할 수 있다.

[139] 실시예에 따른 광학계(1000)는 수학식 1 내지 수학식 39 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 수학식을 만족할 수 있다. 이 경우, 상기 광학계(1000)는 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 상기 광학계(1000)가 수학식 1 내지 수학식 39 중 적어도 하나 또는 둘 이상을 만족할 경우 상기 광학계(1000)는 향상된 해상력을 가지며 수차 및 주변부의 왜곡 특성을 개선할 수 있다.

[140] 상기 광학계(1000)가 수학식 1 내지 수학식 39 중 적어도 하나 또는 둘 이상의 수학식을 만족할 경우, 상대적으로 큰 크기의 이미지 센서(300)를 포함하며 상대적으로 작은 TTL 값을 가질 수 있어 상기 광학계(1000) 및 이를 포함하는 카메라 모듈은 보다 슬림하게 컴팩트(compact)한 구조를 가질 수 있다.

- [141] 실시예에 따른 광학계(1000)에서 복수의 렌즈들(100) 사이 간격은 영역에 따라 설정된 값을 가질 수 있다.
- [142] 상기 제6 렌즈(160)와 상기 제7 렌즈(170)는 제1 간격으로 이격될 수 있다. 상기 제1 간격은 상기 제6 렌즈(160)와 상기 제7 렌즈(170) 사이의 광축(OA) 방향 간격일 수 있다. 상기 제1 간격은 상기 제6 렌즈(160)와 상기 제7 렌즈(170) 사이에서 위치에 따라 변화할 수 있다. 자세하게, 상기 제1 간격은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측 면(제12 면(S12))의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)에서 광축(OA)의 수직인 방향으로 갈수록 변화할 수 있다. 즉, 상기 제1 간격은 광축(OA)에서 상기 제12 면(S12)의 유효경의 끝단으로 갈수록 변화할 수 있다. 상기 제1 간격은 광축(OA)에서 상기 제12 면(S12) 상에 위치한 제1 지점(EG1)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제1 지점(EG1)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제12 면(S12) 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축을 기준으로 상기 제12 면(S12)의 유효 반경의 약 65% 내지 약 85%의 범위에 배치될 수 있다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 광축(OA)의 수직인 방향으로 갈수록 작아질 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 상기 제12 면(S12) 상에 위치한 제2 지점(EG2)으로 갈수록 작아질 수 있다. 여기서 상기 제2 지점(EG2)은 상기 제12 면(S12)의 유효 영역 끝단일 수 있다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 최대값을 가질 수 있다. 또한, 상기 제1 간격은 상기 광축(OA) 또는 상기 제2 지점(EG2)에서 최소값을 가질 수 있다. 이때, 상기 제1 간격의 최대값은 최소값의 약 1.5배 이상일 수 있다. 자세하게, 상기 제1 간격의 최대값은 최소값의 약 1.5배 내지 약 5배를 만족할 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제6 렌즈(160) 및 상기 제7 렌즈(170)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있고, 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서 양호한 광학 특성을 가질 수 있다.
- [143] 상기 제7 렌즈(170) 및 상기 제8 렌즈(180)는 제2 간격으로 이격될 수 있다. 상기 제2 간격은 상기 제7 렌즈(170)와 상기 제8 렌즈(180) 사이의 광축(OA) 방향 간격일 수 있다. 상기 제2 간격은 상기 제7 렌즈(170)와 상기 제8 렌즈(180) 사이에서 위치에 따라 변화할 수 있다. 자세하게, 상기 제2 간격은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14 면(S14))의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)에서 광축(OA)의 수직인 방향으로 갈수록 변화할 수 있다. 즉, 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 상기 제14 면(S14)의 유효경의 끝단으로 갈수록 변화할 수 있다. 상기 제2 간격은 상기 광축(OA)에서 상기 제14 면(S14) 상에 위치한 제3 지점(EG3)으로 갈수록 작아질 수 있다. 여기서 상기 제3 지점(EG3)은 상기 제14 면(S14)의 유효 영역 끝단일 수 있다. 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 최대값을 가질 수 있다. 또한, 상기 제2 간격은 상기 제14 면(S14) 상에 위치한 제3 지점(EG3)에서 최소값을 가질 수 있다. 이때,

상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.2배 이상일 수 있다. 자세하게, 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.2배 내지 약 2배를 만족할 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 또한, 상기 광학계(1000)는 상기 제7 렌즈(170) 및 상기 제8 렌즈(180)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다.

[144] 상기 제8 렌즈(180)와 상기 제9 렌즈(190)는 제3 간격으로 이격될 수 있다. 상기 제3 간격은 상기 제8 렌즈(180)와 상기 제9 렌즈(190) 사이의 광축(OA) 방향 간격일 수 있다. 상기 제3 간격은 상기 제8 렌즈(180)와 상기 제9 렌즈 사이에서 위치에 따라 변화할 수 있다. 자세하게, 상기 제3 간격은 광축(OA)을 시작점으로 하고, 상기 제8 렌즈(180)의 센서 측 면(제16 면(S16))의 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)에서 광축(OA)의 수직인 방향으로 갈수록 변화할 수 있다. 즉, 상기 제3 간격은 광축(OA)에서 상기 제16 면(S16)의 유효경의 끝단으로 갈수록 변화할 수 있다. 상기 제3 간격은 광축(OA)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제4 지점(EG4)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제4 지점(EG4)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S16)의 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 약 20% 내지 약 35%의 범위에 배치될 수 있다. 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 광축(OA)의 수직인 방향으로 갈수록 작아질 수 있다. 예를 들어, 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제5 지점(EG5)으로 갈수록 작아질 수 있다. 상기 제5 지점(EG5)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S16)의 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 약 70% 내지 약 80%의 범위에 배치될 수 있다.

[145] 상기 제3 간격은 상기 제5 지점(EG5)에서 광축(OA)의 수직인 방향으로 갈수록 커질 수 있다. 예를 들어, 상기 제3 간격은 상기 제5 지점(EG5)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제6 지점(EG6)으로 갈수록 커질 수 있다. 여기서 상기 제6 지점(EG6)은 상기 제16 면(S16)의 유효 영역 끝단일 수 있다. 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 최대값을 가질 수 있다. 또한, 상기 제3 간격은 상기 제5 지점(EG5)에서 최소값을 가질 수 있다. 이때, 상기 제3 간격의 최대값은 최소값의 약 4배 내지 약 6배를 만족할 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 주변부에서 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제8 렌즈(180) 및 상기 제9 렌즈(190)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다.

[146] 이하 도면들을 참조하여 각 실시예에 따른 광학계(1000)를 보다 상세히 설명한다.

[147] 도 1은 제1 실시예에 따른 광학계의 구성도이고, 도 2는 제1 실시예에 따른 광학계의 수차도를 도시한 그래프이다. 또한, 도 3은 제1 실시예에 따른 광학계의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것이고, 도 4는 제1 실시예에 따른

광학계의 코마 수차(Coma aberration)를 도시한 그래프이다.

- [148] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 제1 실시예에 따른 광학계(1000)는 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 순차적으로 배치되는 제1 렌즈(110) 내지 제9 렌즈(190) 및 이미지 센서(300)를 포함할 수 있다. 상기 제1 내지 제9 렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)은 상기 광학계(1000)의 광축(OA)을 따라 순차적으로 배치될 수 있다. 제1 실시예에 따른 광학계(1000)에서 상기 제1 렌즈(110)와 상기 제2 렌즈(120) 사이에는 조리개가 배치될 수 있다.
- [149] 상기 복수의 렌즈들(100) 및 상기 이미지 센서(300) 사이에는 필터(500)가 배치될 수 있다. 자세하게, 상기 필터(500)는 상기 제9 렌즈(190) 및 상기 이미지 센서(300) 사이에 배치될 수 있다.

[150] [표1]

렌즈	면	곡률반경(m)	두께(mm)/ 간격(mm)	굴절률	아베수	유효경의 크기(mm)
제1 렌즈	S1	3.101	1.112	1.544	56.115	4.124
	S2	15.937	0.287			3.818
Stop		Infinity	-0.24			
제2 렌즈	S3	5.636	0.436	1.671	19.38	3.532
	S4	3.606	0.505			3.182
제3 렌즈	S5	-27.158	0.323	1.544	56.115	3.182
	S6	-16.464	0.081			3.200
제4 렌즈	S7	34.452	0.559	1.588	28.269	3.408
	S8	15.092	0.09			4.010
제5 렌즈	S9	194.836	0.433	1.544	56.115	4.364
	S10	-25.856	0.073			4.604
제6 렌즈	S11	-48.711	0.4	1.544	56.115	4.770
	S12	-31.031	0.139			5.158
제7 렌즈	S13	4.595	0.444	1.588	28.269	5.278
	S14	4.384	0.787			6.444
제8 렌즈	S15	27.338	1.502	1.544	56.115	7.342
	S16	-2.973	0.421			8.514
제9 렌즈	S17	-5.019	0.793	1.534	55.656	10.010
	S18	2.993	0.511			11.584
필터		Infinity	0.21	1.517	64.167	
		Infinity	0.635			
이미지 센서		Infinity				

[151] 표 1은 제1 실시예에 따른 상기 제1 내지 제9

렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)의 광축(OA)에서의 곡률 반경(Radius of Curvature), 각 렌즈의 중심 두께(Thickness), 인접한 렌즈들 사이의 간격(distance), d-line에서의 굴절률(Refractive index), 아베수(Abbe's Number) 및 유효경(Clear aperture; CA)의 크기에 대한 것이다. 제1 실시예에 따른 광학계(1000)의 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다.

상기 제1 렌즈(110)의 제1 면(S1)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제2 면(S2)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 면(S1) 및 상기 제2 면(S2)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)의 제3 면(S3)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제3 면(S3)은 비구면일 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 비구면일 수 있다. 상기 제3 면(S3) 및 상기 제4 면(S4)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[152] 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)의 제5 면(S5)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제5 면(S5)은 비구면일 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 비구면일 수 있다. 상기 제5 면(S5) 및 상기 제6 면(S6)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)의 제7 면(S7)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제7 면(S7)은 비구면일 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 비구면일 수 있다. 상기 제7 면(S7) 및 상기 제8 면(S8)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[153] 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)의 제9 면(S9)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제9 면(S9)은 비구면일 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 비구면일 수 있다. 상기 제9 면(S9) 및 상기 제10 면(S10)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)의 제11 면(S11)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제11 면(S11)은 비구면일 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 비구면일 수 있다. 상기 제11 면(S11) 및 상기 제12 면(S12)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[154] 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)의 제13 면(S13)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제14 면(S14)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제13

면(S13)은 비구면일 수 있고, 상기 제14 면(S14)은 비구면일 수 있다. 상기 제13 면(S13) 및 상기 제14 면(S14)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)는 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제7 렌즈(170)의 제13 면(S13) 상에는 상술한 제1 변곡점이 배치될 수 있다. 또한, 상기 제7 렌즈(170)의 제14 면(S14) 상에는 상술한 제2 변곡점이 배치될 수 있다.

- [155] 상기 제8 렌즈(180)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제8 렌즈(180)의 제15 면(S15)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제16 면(S16)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제8 렌즈(180)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제15 면(S15)은 비구면일 수 있고, 상기 제16 면(S16)은 비구면일 수 있다. 상기 제15 면(S15) 및 상기 제16 면(S16)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)의 제17 면(S17)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있고, 상기 제18 면(S18)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 제17 면(S17)은 비구면일 수 있고, 상기 제18 면(S18)은 비구면일 수 있다. 상기 제17 면(S17) 및 상기 제18 면(S18)은 하기 표 2와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)는 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제9 렌즈(190)의 제18 면(S18) 상에는 상술한 제3 변곡점이 배치될 수 있다.

- [156] 제1 실시예에 따른 광학계(1000)에서 각 렌즈면의 비구면 계수의 값을 하기 표 2와 같다.

[157] [표2]

	L1		L2		L3		L4		L5
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
K	1.17E-02	1.14E-01	-2.78E-01	9.17E-01	0	0	0	0	0
A	-3.66E-04	-2.17E-02	-2.41E-02	-8.79E-03	-1.23E-03	1.14E-03	-1.42E-02	-2.23E-02	-3.87E-03
B	1.93E-03	2.93E-02	2.59E-02	7.37E-03	4.50E-03	1.22E-02	2.03E-02	2.37E-02	2.14E-02
D	-2.85E-03	-2.67E-02	-1.87E-02	-9.91E-03	-1.93E-02	-4.05E-02	-4.54E-02	-3.13E-02	-2.97E-02
E	2.42E-03	1.69E-02	8.22E-03	1.60E-02	3.32E-02	5.70E-02	5.36E-02	2.24E-02	2.05E-02
F	-1.30E-03	-7.42E-03	-1.13E-03	-1.75E-02	-3.37E-02	-4.77E-02	-3.89E-02	-9.71E-03	-8.28E-03
G	4.42E-04	2.19E-03	-7.23E-04	1.21E-02	2.13E-02	2.51E-02	1.79E-02	2.63E-03	2.06E-03
H	-9.19E-05	-4.13E-04	4.11E-04	-5.00E-03	-8.14E-03	-8.14E-03	-5.04E-03	-4.41E-04	-3.14E-04
I	1.07E-05	4.51E-05	-8.40E-05	1.13E-03	1.72E-03	1.48E-03	7.96E-04	4.16E-05	2.68E-05
J	-5.31E-07	-2.16E-06	6.39E-06	-1.06E-04	-1.55E-04	-1.15E-04	-5.39E-05	-1.69E-06	-9.91E-07
	L5	L6		L7		L8		L9	
	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
K	0	0	0	-7.46E-01	-1.88E+00	-6.58E+01	-1.11E+00	-1.74E+00	-9.39E+00
A	-2.17E-03	-1.54E-04	-8.94E-05	-2.79E-02	-2.36E-02	1.62E-03	3.52E-02	9.24E-04	-1.13E-02
B	4.16E-03	-1.12E-03	2.04E-03	7.55E-03	4.25E-03	-1.29E-03	-1.08E-02	-5.03E-03	1.55E-03
D	-3.33E-03	1.47E-03	-1.70E-03	-2.36E-03	-4.87E-04	-6.54E-05	2.09E-03	1.20E-03	-1.64E-04

E	1.33E-03	-1.06E-03	6.55E-04	3.76E-04	-1.15E-04	1.38E-04	-2.39E-04	-1.32E-04	1.21E-05
F	-2.26E-04	4.42E-04	-1.52E-04	4.28E-06	5.57E-05	-4.22E-05	1.58E-05	8.46E-06	-5.73E-07
G	-1.39E-05	-1.12E-04	2.51E-05	-1.57E-05	-9.54E-06	6.34E-06	-5.10E-07	-3.38E-07	1.54E-08
H	1.18E-05	1.68E-05	-3.15E-06	3.34E-06	8.47E-07	-5.19E-07	6.66E-10	8.32E-09	-1.64E-10
I	-1.69E-06	-1.39E-06	2.58E-07	-3.31E-07	-3.85E-08	2.21E-08	4.31E-10	-1.16E-10	-1.06E-12
J	8.17E-08	4.86E-08	-9.52E-09	1.32E-08	7.03E-10	-3.85E-10	-8.58E-12	6.98E-13	2.70E-14

[158] 또한, 제1 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제6 렌즈(160)의 센서측 면과 제7 렌즈(170)의 물체측 면 사이의 제1 간격(d67)은 하기 표 3과 같을 수 있다.

[159] [표3]

제6 렌즈의 센서 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제1간격(d67)(m m)	제7 렌즈의 물체 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.139	0.000
0.100	0.141	0.100
0.200	0.144	0.200
0.300	0.150	0.300
0.400	0.159	0.400
0.500	0.169	0.500
0.600	0.181	0.600
0.700	0.194	0.700
0.800	0.209	0.800
0.900	0.225	0.900
1.000	0.241	1.000
1.100	0.258	1.100
1.200	0.275	1.200
1.300	0.292	1.300
1.400	0.308	1.400
1.500	0.323	1.500
1.600	0.336	1.600
1.700	0.348	1.700
1.800	0.357	1.800
1.900 (EG1)	0.362	1.900 (EG1)
2.000	0.362	2.000
2.100	0.357	2.100
2.200	0.344	2.200
2.300	0.320	2.300
2.400	0.280	2.400
2.500	0.218	2.500
2.579 (EG2)	0.122	2.579 (EG2)

[160] 표 3을 참조하면, 상기 제1 간격은 광축(OA)에서 상기 제12면(S12) 상에 위치한 제1 지점(EG1)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제1 지점(EG1)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제12면(S12)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)을 기준으로 제12면(S12)의 유효 반경의 약 65% 내지 약 85%의 범위에 배치될 수 있다. 여기서, 각 렌즈 면의 광축인 시작점에서 유효 영역의 끝단 또는 에지 사이의 거리는 유효반경을 나타낸다. 제1 실시예에서 상기 제2 지점(EG2)은 광축(OA)을 기준으로 제12면(S12)의 유효 반경의 약 73.67%인 위치에 배치될 수 있다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 상기 제12면(S12)의 유효 영역의 외측 끝단인 상기 제2 지점(EG2)으로 갈수록 작아질 수 있다. 여기서 상기 제2 지점(EG2)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측 면(제12면(S12))과 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측 면(S13) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제14면(S12)의 유효 반경 값으로, 표 1에 기재된 상기 제12면(S12)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제2 지점(EG2)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.5배 내지 약 5배일 수 있다. 예를 들어, 제1 실시예에서 상기 제1 간격의 최대값은 최소값의 약 2.96배일 수 있다. 제1 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제7 렌즈(170)의 센서측 면과 제8 렌즈(180)의 물체측 면 사이의 제2 간격(d78)은 하기 표 4와 같을 수 있다.

[161] [표4]

제7 렌즈의 센서측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제2 간격(d78)(mm)	제8 렌즈의 물체 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.787	0.000
0.100	0.786	0.100
0.200	0.783	0.200
0.300	0.779	0.300
0.400	0.772	0.400
0.500	0.765	0.500
0.600	0.756	0.600
0.700	0.746	0.700
0.800	0.735	0.800
0.900	0.724	0.900
1.000	0.712	1.000
1.100	0.701	1.100
1.200	0.689	1.200
1.300	0.678	1.300
1.400	0.667	1.400
1.500	0.657	1.500
1.600	0.648	1.600
1.700	0.639	1.700
1.800	0.631	1.800
1.900	0.625	1.900
2.000	0.619	2.000
2.100	0.614	2.100
2.200	0.610	2.200
2.300	0.607	2.300
2.400	0.603	2.400
2.500	0.600	2.500
2.600	0.597	2.600

2.700	0.593	2.700
2.800	0.588	2.800
2.900	0.583	2.900
3.000	0.576	3.000
3.100	0.568	3.100
3.200	0.561	3.200
3.222 (EG3)	0.559	3.222 (EG3)

- [162] 표 4를 참조하면, 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 상기 제14 면(S14) 상에 위치한 제3 지점(EG3)으로 갈수록 작아질 수 있다. 상기 제3 지점(EG3)은 상기 제14 면(S14)의 유효 영역의 외측 끝단일 수 있다. 여기서 상기 제3 지점(EG3)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제7 렌즈(170)의 제14 면(S14)과 상기 제8 렌즈(180)의 물체 측 면(S15) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제14 면(S14)의 유효 반경 값으로, 표 1에 기재된 상기 제14 면(S12)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제3 지점(EG3)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.2배 내지 약 2배일 수 있다. 예를 들어, 제1 실시예에서 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.4배일 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제7 렌즈(170) 및 상기 제8 렌즈(180)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다. 제1 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제8 렌즈(180)의 센서측 면과 제9 렌즈(190)의 물체측 면 사이의 제3 간격(d89)은 하기 표 5와 같을 수 있다.

[163] [표5]

제8 렌즈의 센서측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직방향 높이(mm)	제3 간격(d89) (mm)	제9 렌즈의 물체측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.421	0.000
0.100	0.422	0.100
0.200	0.424	0.200
0.300	0.427	0.300
0.400	0.432	0.400
0.500	0.437	0.500
0.600	0.442	0.600
0.700	0.447	0.700
0.800	0.453	0.800
0.900	0.457	0.900
1.000	0.461	1.000
1.100	0.463	1.100
1.200 (EG4)	0.464	1.200 (EG4)
1.300	0.462	1.300
1.400	0.458	1.400
1.500	0.452	1.500
1.600	0.442	1.600
1.700	0.430	1.700
1.800	0.415	1.800
1.900	0.397	1.900
2.000	0.376	2.000
2.100	0.352	2.100
2.200	0.326	2.200
2.300	0.298	2.300
2.400	0.269	2.400
2.500	0.239	2.500
2.600	0.209	2.600

2.700	0.180	2.700
2.800	0.153	2.800
2.900	0.129	2.900
3.000	0.109	3.000
3.100	0.093	3.100
3.200	0.083	3.200
3.300 (EG5)	0.079	3.300 (EG5)
3.400	0.082	3.400
3.500	0.093	3.500
3.600	0.113	3.600
3.700	0.141	3.700
3.800	0.177	3.800
3.900	0.221	3.900
4.000	0.271	4.000
4.100	0.321	4.100
4.200	0.366	4.200
4.257 (EG6)	0.400	4.257 (EG6)

- [164] 표 5를 참조하면, 상기 제3 간격은 광축(OA)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제4 지점(EG4)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제4 지점(EG4)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S16)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)을 기준으로 상기 제16 면(S16)의 유효 반경의 약 20% 내지 약 35% 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제1 실시예에서 상기 제4 지점(EG4)은 약 28.2%의 범위에 배치될 수 있다. 또한, 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제5 지점(EG5)으로 갈수록 작아질 수 있다. 상기 제5 지점(EG5)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S19)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 약 70% 내지 약 80%의 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제1 실시예에서 상기 제5 지점(EG5)은 약 77.5%의 범위에 배치될 수 있다. 또한, 상기 제3 간격은 상기 제5 지점(EG5)에서 상기 제16 면(S16)의 유효경의 끝단인 상기 제6 지점(EG6)으로 갈수록 커질 수 있다. 여기서 상기 제6 지점(EG6)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제8 렌즈(180)의 센서 측 면(제16 면(S16))과 상기 제9 렌즈(190)의 물체 측 면(제17 면(S17)) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제16 면(S16)의 유효 반경 값으로, 표 1에 기재된 상기 제16 면(S16)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다.

상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제5 지점(EG5)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제3 간격의 최대값은 최소값의 약 4배 내지 약 6배일 수 있다. 예를 들어, 제1 실시예에서 상기 제3 간격의 최대값은 최소값의 약 5.85배일 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제8 렌즈(180) 및 상기 제9 렌즈(190)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다.

- [165] 도 2는 제1 실시예에 따른 광학계(1000)의 수차도에 대한 그래프로 좌측에서 우측 방향으로 구면 수차(Longitudinal Spherical Aberration), 비점 수차(Astigmatic Field Curves), 왜곡 수차(Distortion)를 측정한 그래프이다. 도 2에서 X축은 초점 거리(mm) 또는 왜곡도(%)를 나타낼 수 있고, Y축은 이미지의 높이(height)를 의미할 수 있다. 또한, 구면 수차에 대한 그래프는 약 435nm, 약 486nm, 약 546nm, 약 587nm, 약 656nm 파장 대역의 광에 대한 그래프이며, 비점 수차 및 왜곡 수차에 대한 그래프는 546nm 파장 대역의 광에 대한 그래프이다.
- [166] 도 3은 제1 실시예에 따른 광학계(1000)의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것으로, 상기 광학계(1000)는 도 3과 같은 왜곡 특성을 가질 수 있다. 도 4는 제1 실시예에 따른 광학계(1000)의 코마 수차(Coma aberration)에 대한 그래프로, 상면의 높이(field height)에 따라 약 435nm, 약 486nm, 약 546nm, 약 587nm, 약 656nm 파장 대역의 광의 탄젠셜(tangential) 성분과 새저틀(sagittal) 성분의 수차를 측정한 그래프이다. 코마 수차 그래프의 해석은 양의 축과 음의 축에서 각각 X축에 근접할수록 코마 수차 보정 기능이 좋은 것으로 해석할 수 있다. 도 2 내지 도 4를 참조하면, 제1 실시예에 따른 광학계(1000)는 복수의 렌즈들(100)이 설정된 형상, 초점 거리, 설정된 간격 등을 가짐에 따라 향상된 해상력을 가지며, 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 양호한 광학 성능을 제공할 수 있다.
- [167] 도 5는 제2 실시예에 따른 광학계의 구성도이고, 도 6은 제2 실시예에 따른 광학계의 수차도를 도시한 그래프이다. 또한, 도 7은 제2 실시예에 따른 광학계의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것이고, 도 8은 제2 실시예에 따른 광학계의 코마 수차(Coma aberration)를 도시한 그래프이다.
- [168] 도 5 내지 도 8을 참조하면, 제2 실시예에 따른 광학계(1000)는 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 순차적으로 배치되는 제1 렌즈(110) 내지 상기 제9 렌즈(190) 및 이미지 센서(300)를 포함할 수 있다. 상기 제1 내지 제9 렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)은 상기 광학계(1000)의 광축(OA)을 따라 순차적으로 배치될 수 있다. 제2 실시예에 따른 광학계(1000)에서 상기 제1 렌즈(110)와 상기 제2 렌즈(120) 사이에는 조리개가 배치될 수 있다. 또한, 상기 복수의 렌즈들(100) 및 상기 이미지 센서(300) 사이에는 필터(500)가 배치될 수 있다. 자세하게, 상기 필터(500)는 상기 제9 렌즈(190) 및 상기 이미지 센서(300)

사이에 배치될 수 있다.

[169] [표6]

렌즈	면	곡률반경(mm)	두께(mm)/간격(mm)	굴절률	아베수	유효경의 크기(mm)
제1 렌즈	S1	3.075	1.102	1.534	55.656	4.124
	S2	14.957	0.287			3.848
Stop		Infinity	-0.24			
제2 렌즈	S3	5.418	0.449	1.681	18.453	3.566
	S4	3.552	0.504			3.186
제3 렌즈	S5	-28.316	0.319	1.534	55.656	3.180
	S6	-17.965	0.078			3.200
제4 렌즈	S7	26.148	0.553	1.584	28.227	3.418
	S8	14.390	0.099			4.002
제5 렌즈	S9	79.696	0.37	1.534	55.656	4.394
	S10	-132.150	0.086			4.630
제6 렌즈	S11	79.956	0.4	1.534	55.656	4.796
	S12	-50.519	0.158			5.110
제7 렌즈	S13	4.598	0.451	1.584	28.227	5.228
	S14	4.424	0.788			6.358
제8 렌즈	S15	26.728	1.501	1.534	55.656	7.294
	S16	-3.001	0.438			8.490
제9 렌즈	S17	-5.083	0.804	1.534	55.656	10.010
	S18	3.075	0.511			11.548
필터		Infinity	0.21	1.517	64.167	
		Infinity	0.634			
이미지 센서		Infinity				

[170] 표 6은 제2 실시예에 따른 상기 제1 내지 제9

렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)의 광축(OA)에서의 곡률 반경(Radius of Curvature), 각 렌즈의 중심 두께(Thickness), 인접한 렌즈들 사이의 간격(distance), d-line에서의 굴절률(Refractive index), 아베수(Abbe's Number) 및 유효경(Clear aperture; CA)의 크기에 대한 것이다.

- [171] 제2 실시예에 따른 광학계(1000)의 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제1 렌즈(110)의 제1 면(S1)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제2 면(S2)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 면(S1) 및 상기 제2 면(S2)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.
- [172] 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)의 제3 면(S3)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제3 면(S3)은 비구면일 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 비구면일 수 있다. 상기 제3 면(S3) 및 상기 제4 면(S4)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.
- [173] 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)의 제5 면(S5)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제5 면(S5)은 비구면일 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 비구면일 수 있다. 상기 제5 면(S5) 및 상기 제6 면(S6)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.
- [174] 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)의 제7 면(S7)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제7 면(S7)은 비구면일 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 비구면일 수 있다. 상기 제7 면(S7) 및 상기 제8 면(S8)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.
- [175] 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)의 제9 면(S9)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제9 면(S9)은 비구면일 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 비구면일 수 있다. 상기 제9 면(S9) 및 상기 제10 면(S10)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.
- [176] 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)의 제11 면(S11)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제11 면(S11)은 비구면일 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 비구면일 수 있다. 상기 제11 면(S11) 및 상기 제12 면(S12)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.
- [177] 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)의 제13 면(S13)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기

제14 면(S14)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제13 면(S13)은 비구면일 수 있고, 상기 제14 면(S14)은 비구면일 수 있다. 상기 제13 면(S13) 및 상기 제14 면(S14)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제7 렌즈(170)는 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제7 렌즈(170)의 제13 면(S13) 상에는 상술한 제1 변곡점이 배치될 수 있다. 또한, 상기 제7 렌즈(170)의 제14 면(S14) 상에는 상술한 제2 변곡점이 배치될 수 있다.

[178] 상기 제8 렌즈(180)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제8 렌즈(180)의 제15 면(S15)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제16 면(S16)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제8 렌즈(180)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제15 면(S15)은 비구면일 수 있고, 상기 제16 면(S16)은 비구면일 수 있다. 상기 제15 면(S15) 및 상기 제16 면(S16)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[179] 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)의 제17 면(S17)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있고, 상기 제18 면(S18)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 제17 면(S17)은 비구면일 수 있고, 상기 제18 면(S18)은 비구면일 수 있다. 상기 제17 면(S17) 및 상기 제18 면(S18)은 하기 표 7와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제9 렌즈(190)는 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제9 렌즈(190)의 제18 면(S18) 상에는 상술한 제3 변곡점이 배치될 수 있다.

[180] 제2 실시예에 따른 광학계(1000)에서 각 렌즈면의 비구면 계수의 값을 하기 표 7과 같다.

[181] [표 7]

	L1		L2		L3		L4		L5
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
K	1.17E-02	-5.06E-02	-2.38E-01	8.94E-01	0	0	0	0	0
A	-1.69E-04	-2.19E-02	-2.35E-02	-8.02E-03	-7.77E-04	8.91E-04	-1.43E-02	-2.08E-02	-2.40E-03
B	1.54E-03	2.92E-02	2.51E-02	4.31E-03	3.18E-03	1.45E-02	2.02E-02	1.91E-02	1.78E-02
D	-2.44E-03	-2.60E-02	-1.79E-02	-3.65E-03	-1.59E-02	-4.55E-02	-4.43E-02	-2.53E-02	-2.55E-02
E	2.15E-03	1.58E-02	7.39E-03	8.00E-03	2.71E-02	6.20E-02	5.11E-02	1.77E-02	1.75E-02
F	-1.18E-03	-6.62E-03	-4.79E-04	-1.12E-02	-2.74E-02	-5.08E-02	-3.64E-02	-7.28E-03	-6.95E-03
G	4.05E-04	1.84E-03	-1.05E-03	9.04E-03	1.74E-02	2.65E-02	1.65E-02	1.82E-03	1.67E-03
H	-8.46E-05	-3.28E-04	5.07E-04	-4.12E-03	-6.71E-03	-8.51E-03	-4.59E-03	-2.70E-04	-2.42E-04
I	9.82E-06	3.36E-05	-9.95E-05	9.91E-04	1.43E-03	1.53E-03	7.17E-04	2.10E-05	1.95E-05
J	-4.88E-07	-1.51E-06	7.44E-06	-9.76E-05	-1.30E-04	-1.19E-04	-4.79E-05	-5.94E-07	-6.70E-07
	L5	L6		L7		L8		L9	
	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
K	0	0	0	-7.91E-01	-1.92E+00	-6.55E+01	-1.11E+00	-1.75E+00	-9.40E+00
A	-2.07E-03	6.96E-05	3.65E-05	-2.79E-02	-2.34E-02	2.22E-03	3.49E-02	9.68E-04	-1.12E-02
B	3.80E-03	-1.61E-03	1.90E-03	7.01E-03	3.73E-03	-1.66E-03	-1.07E-02	-5.05E-03	1.52E-03
D	-2.68E-03	2.13E-03	-1.52E-03	-1.75E-03	-1.41E-04	3.67E-05	2.05E-03	1.21E-03	-1.61E-04

E	6.53E-04	-1.63E-03	4.88E-04	3.84E-05	-2.36E-04	1.23E-04	-2.30E-04	-1.33E-04	1.18E-05
F	1.70E-04	7.32E-04	-7.56E-05	1.14E-04	7.99E-05	-4.10E-05	1.44E-05	8.54E-06	-5.61E-07
G	-1.49E-04	-1.97E-04	6.48E-06	-3.86E-05	-1.25E-05	6.29E-06	-3.97E-07	-3.43E-07	1.50E-08
H	3.82E-05	3.11E-05	-6.15E-07	6.35E-06	1.06E-06	-5.17E-07	-4.79E-09	8.48E-09	-1.49E-10
I	-4.44E-06	-2.66E-06	7.49E-08	-5.60E-07	-4.67E-08	2.20E-08	5.70E-10	-1.19E-10	-1.41E-12
J	2.00E-07	9.55E-08	-3.97E-09	2.08E-08	8.42E-10	-3.83E-10	-1.00E-11	7.21E-13	3.03E-14

[182] 또한, 제2 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제6 렌즈(160)의 센서측 면과 제7 렌즈(170)의 물체측 면 사이의 제1 간격(d67)은 하기 표 8과 같을 수 있다.

[183] [표8]

제6 렌즈의 센서 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제1 간격(d67)(mm)	제7 렌즈의 물체 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.158	0.000
0.100	0.160	0.100
0.200	0.163	0.200
0.300	0.169	0.300
0.400	0.177	0.400
0.500	0.186	0.500
0.600	0.198	0.600
0.700	0.210	0.700
0.800	0.224	0.800
0.900	0.239	0.900
1.000	0.254	1.000
1.100	0.269	1.100
1.200	0.285	1.200
1.300	0.299	1.300
1.400	0.314	1.400
1.500	0.327	1.500
1.600	0.338	1.600
1.700	0.347	1.700
1.800	0.354	1.800
1.900 (EG1)	0.356	1.900 (EG1)
2.000	0.353	2.000
2.100	0.345	2.100
2.200	0.328	2.200
2.300	0.300	2.300
2.400	0.256	2.400
2.500	0.189	2.500
2.555 (EG2)	0.089	2.555 (EG2)

- [184] 표 8을 참조하면, 상기 제1 간격은 광축(OA)에서 상기 제12면(S12) 상에 위치한 제1 지점(EG1)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제1 지점(EG1)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제12면(S12)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 약 65% 내지 약 85%의 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제2 실시예에서 상기 제2 지점(EG2)은 약 74.36%의 범위에 배치될 수 있다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 상기 제12면(S12)의 유효경의 끝단인 상기 제2 지점(EG2)으로 갈수록 작아질 수 있다. 여기서 상기 제2 지점(EG2)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측면(제12면(S12))과 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측면(제13면(S13)) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제14면(S12)의 유효 반경 값으로, 표 6에 기재된 상기 제12면(S12)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제2 지점(EG2)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.5배 내지 약 5배일 수 있다. 예를 들어, 제2 실시예에서 상기 제1 간격의 최대값은 최소값의 약 4.01배일 수 있다. 또한, 제2 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제7 렌즈(170)의 센서 측면과 제8 렌즈(180)의 물체 측면 사이의 제2 간격(d78)은 하기 표 9와 같을 수 있다.

[185] [표9]

제7 렌즈의 센서 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제2 간격(d78) (mm) (제2 간격)	제8 렌즈의 물체 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.788	0.000
0.100	0.787	0.100
0.200	0.784	0.200
0.300	0.780	0.300
0.400	0.773	0.400
0.500	0.766	0.500
0.600	0.757	0.600
0.700	0.747	0.700
0.800	0.737	0.800
0.900	0.726	0.900
1.000	0.715	1.000
1.100	0.704	1.100
1.200	0.693	1.200
1.300	0.682	1.300
1.400	0.672	1.400
1.500	0.662	1.500
1.600	0.653	1.600
1.700	0.645	1.700
1.800	0.638	1.800
1.900	0.632	1.900
2.000	0.627	2.000
2.100	0.623	2.100
2.200	0.620	2.200
2.300	0.617	2.300
2.400	0.615	2.400
2.500	0.612	2.500

2.600	0.609	2.600
2.700	0.605	2.700
2.800	0.601	2.800
2.900	0.596	2.900
3.000	0.590	3.000
3.100	0.582	3.100
3.179(EG3)	0.575	3.179 (EG3)

- [186] 표 9를 참조하면, 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 상기 제14면(S14) 상에 위치한 제3 지점(EG3)으로 갈수록 작아질 수 있다. 상기 제3 지점(EG3)은 상기 제14면(S14)의 유효 영역 끝단일 수 있다. 여기서 상기 제3 지점(EG3)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제7 렌즈(170)의 센서 측 면(제14면(S14))과 상기 제8 렌즈(180)의 물체 측 면(제15면(S15)) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제14면(S14)의 유효 반경 값으로, 표 6에 기재된 상기 제14면(S12)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제3 지점(EG3)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.2배 내지 약 2배일 수 있다. 예를 들어, 제2 실시예에서 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.37배일 수 있다. 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제7 렌즈(170) 및 상기 제8 렌즈(180)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다. 또한, 제2 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제8 렌즈(180)의 센서측 면과 제9 렌즈(190)의 물체측 면 사이의 제3 간격(d89)은 하기 표 10와 같을 수 있다.

[187] [표10]

제8 렌즈의 센서측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제3 간격(d89)(mm)	제9 렌즈의 물체 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.438	0.000
0.100	0.439	0.100
0.200	0.441	0.200
0.300	0.444	0.300
0.400	0.448	0.400
0.500	0.453	0.500
0.600	0.458	0.600
0.700	0.464	0.700
0.800	0.469	0.800
0.900	0.474	0.900
1.000	0.477	1.000
1.100	0.479	1.100
1.200(EG4)	0.480	1.200 (EG4)
1.300	0.478	1.300
1.400	0.474	1.400
1.500	0.468	1.500
1.600	0.459	1.600
1.700	0.447	1.700
1.800	0.432	1.800
1.900	0.414	1.900
2.000	0.393	2.000
2.100	0.369	2.100
2.200	0.343	2.200
2.300	0.315	2.300
2.400	0.286	2.400
2.500	0.256	2.500

2.600	0.226	2.600
2.700	0.197	2.700
2.800	0.170	2.800
2.900	0.146	2.900
3.000	0.126	3.000
3.100	0.110	3.100
3.200	0.100	3.200
3.300(EG5)	0.097	3.300 (EG5)
3.400	0.100	3.400
3.500	0.111	3.500
3.600	0.130	3.600
3.700	0.158	3.700
3.800	0.194	3.800
3.900	0.239	3.900
4.000	0.288	4.000
4.100	0.339	4.100
4.200	0.385	4.200
4.245(EG6)	0.418	4.245 (EG6)

- [188] 표 10을 참조하면, 상기 제3 간격은 광축(OA)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제4 지점(EG4)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제4 지점(EG4)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S16)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 약 20% 내지 약 35%의 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제2 실시예에서 상기 제4 지점(EG4)은 약 28.27%에 배치될 수 있다. 또한, 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제5 지점(EG5)으로 갈수록 작아질 수 있다. 상기 제5 지점(EG5)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S16)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 약 70% 내지 약 80%의 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제2 실시예에서 상기 제5 지점(EG5)은 약 77.7%인 위치에 배치될 수 있다. 또한, 상기 제3 간격은 상기 제5 지점(EG5)에서 상기 제16 면(S16)의 유효경의 끝단인 상기 제6 지점(EG6)으로 갈수록 커질 수 있다. 여기서 상기 제6 지점(EG6)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제8

렌즈(180)의 센서 측 면(제16 면(S16))과 상기 제9 렌즈(190)의 물체 측 면(제17 면(S17)) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제16 면(S16)의 유효 반경 값으로, 표 6에 기재된 상기 제16 면(S16)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제5 지점(EG5)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제3 간격의 최대값은 최소값의 약 4배 내지 약 6배일 수 있다. 예를 들어, 제1 실시예에서 상기 제3 간격의 최대값은 최소값의 약 4.96배일 수 있다. 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제8 렌즈(180) 및 상기 제9 렌즈(190)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다. 제2 실시예에 따른 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부와 주변부에서 양호한 광학 성능을 가질 수 있고 도 6 내지 도 8과 같은 우수한 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 도 6은 제2 실시예에 따른 광학계(1000)의 수차도에 대한 그래프로 좌측에서 우측 방향으로 구면 수차(Longitudinal Spherical Aberration), 비점 수차(Astigmatic Field Curves), 왜곡 수차(Distortion)를 측정한 그래프이다. 도 6에서 X축은 초점 거리(mm) 또는 왜곡도(%)를 나타낼 수 있고, Y축은 이미지의 높이(height)를 의미할 수 있다. 또한, 구면 수차에 대한 그래프는 약 435nm, 약 486nm, 약 546nm, 약 587nm, 약 656nm 파장 대역의 광에 대한 그래프이며, 비점 수차 및 왜곡 수차에 대한 그래프는 546nm 파장 대역의 광에 대한 그래프이다.

[189] 도 7은 제2 실시예에 따른 광학계(1000)의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것으로, 상기 광학계(1000)는 도 7과 같은 왜곡 특성을 가질 수 있다. 도 8은 제2 실시예에 따른 광학계(1000)의 코마 수차(Coma aberration)에 대한 그래프로, 상면의 높이(field height)에 따라 약 435nm, 약 486nm, 약 546nm, 약 587nm, 약 656nm 파장 대역의 광의 탄젠셜(tangential) 성분과 새저틀(sagittal) 성분의 수차를 측정한 그래프이다. 코마 수차 그래프의 해석은 양의 축과 음의 축에서 각각 X축에 근접할수록 코마 수차 보정 기능이 좋은 것으로 해석할 수 있다. 즉, 도 6 내지 도 8을 참조하면, 제2 실시예에 따른 광학계(1000)는 복수의 렌즈들(100)이 설정된 형상, 초점 거리, 설정된 간격 등을 가짐에 따라 향상된 해상력을 가지며, 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 양호한 광학 성능을 제공할 수 있다.

[190] 도 9는 제3 실시예에 따른 광학계의 구성도이고, 도 10은 제3 실시예에 따른 광학계의 수차도를 도시한 그래프이다. 또한, 도 11은 제3 실시예에 따른 광학계의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것이고, 도 12는 제3 실시예에 따른 광학계의 코마 수차(Coma aberration)를 도시한 그래프이다.

[191] 도 9 내지 도 12를 참조하면, 제3 실시예에 따른 광학계(1000)는 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 순차적으로 배치되는 제1 렌즈(110) 내지 제9 렌즈(190) 및 이미지 센서(300)를 포함할 수 있다. 상기 제1 내지 제9 렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)은 상기 광학계(1000)의 광축(OA)을

따라 순차적으로 배치될 수 있다. 제3 실시예에 따른 광학계(1000)에서 상기 제1 렌즈(110)와 상기 제2 렌즈(120) 사이에는 조리개가 배치될 수 있다. 또한, 상기 복수의 렌즈들(100) 및 상기 이미지 센서(300) 사이에는 필터(500)가 배치될 수 있다. 자세하게, 상기 필터(500)는 상기 제9 렌즈(190) 및 상기 이미지 센서(300) 사이에 배치될 수 있다.

[192] [표11]

렌즈	면	곡률반경(mm)	두께(mm)/간격(mm)	굴절률	아베수	유효경의 크기(mm)
제1 렌즈	S1	3.080	1.098	1.534	55.656	4.124
	S2	14.848	0.287			3.852
Stop		Infinity	-0.24			
제2 렌즈	S3	5.453	0.408	1.681	18.453	3.596
	S4	3.620	0.523			3.236
제3 렌즈	S5	-27.070	0.318	1.544	56.115	3.224
	S6	-18.824	0.077			3.200
제4 렌즈	S7	23.370	0.421	1.681	18.453	3.396
	S8	15.937	0.11			3.824
제5 렌즈	S9	155.279	0.302	1.567	37.565	4.164
	S10	82.372	0.1			4.410
제6 렌즈	S11	30.715	0.45	1.544	56.115	4.654
	S12	-61.818	0.205			4.946
제7 렌즈	S13	4.548	0.443	1.588	28.269	5.178
	S14	4.397	0.842			6.320
제8 렌즈	S15	29.173	1.495	1.544	56.115	7.346
	S16	-2.999	0.438			8.470
제9 렌즈	S17	-5.007	0.784	1.534	55.656	10.010
	S18	3.137	0.511			11.488
필터		Infinity	0.21	1.517	64.167	
		Infinity	0.72			
이미지 센서		Infinity				

[193] 표 11은 제3 실시예에 따른 상기 제1 내지 제9

렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190)의 광축(OA)에서의 곡률 반경(Radius of Curvature), 렌즈의 중심 두께(Thickness), 인접한 렌즈들 사이의 중심 간격(distance), d-line에서의 굴절률(Refractive index), 아베수(Abbe's Number) 및 유효경(Clear aperture; CA)의 크기에 대한 것이다. 제3 실시예에 따른 광학계(1000)의 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제1 렌즈(110)의 제1 면(S1)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제2 면(S2)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 렌즈(110)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제1 면(S1) 및 상기 제2 면(S2)은 하기 표 12과 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[194] 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)의 제3 면(S3)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제2 렌즈(120)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제3 면(S3)은 비구면일 수 있고, 상기 제4 면(S4)은 비구면일 수 있다. 상기 제3 면(S3) 및 상기 제4 면(S4)은 하기 표 12과 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[195] 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)의 제5 면(S5)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 광축(OA)에서 볼록할 수 있다. 상기 제3 렌즈(130)는 광축(OA)에서 센서 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제5 면(S5)은 비구면일 수 있고, 상기 제6 면(S6)은 비구면일 수 있다. 상기 제5 면(S5) 및 상기 제6 면(S6)은 하기 표 12과 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[196] 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)의 제7 면(S7)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제4 렌즈(140)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제7 면(S7)은 비구면일 수 있고, 상기 제8 면(S8)은 비구면일 수 있다. 상기 제7 면(S7) 및 상기 제8 면(S8)은 하기 표 12과 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[197] 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)의 제9 면(S9)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제5 렌즈(150)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제9 면(S9)은 비구면일 수 있고, 상기 제10 면(S10)은 비구면일 수 있다. 상기 제9 면(S9) 및 상기 제10 면(S10)은 하기 표 12과 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

[198] 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)의 제11 면(S11)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제12 면(S12)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제6 렌즈(160)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제11 면(S11)은

비구면일 수 있고, 상기 제12면(S12)은 비구면일 수 있다. 상기 제11면(S11) 및 상기 제12면(S12)은 하기 표 12과 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.

- [199] 상기 제7렌즈(170)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제7렌즈(170)의 제13면(S13)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제14면(S14)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제7렌즈(170)는 광축(OA)에서 물체 측으로 볼록한 메니스커스 형상을 가질 수 있다. 상기 제13면(S13)은 비구면일 수 있고, 상기 제14면(S14)은 비구면일 수 있다. 상기 제13면(S13) 및 상기 제14면(S14)은 하기 표 12과 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제7렌즈(170)는 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제7렌즈(170)의 제13면(S13) 상에는 상술한 제1 변곡점이 배치될 수 있다. 또한, 상기 제7렌즈(170)의 제14면(S14) 상에는 상술한 제2 변곡점이 배치될 수 있다.
- [200] 상기 제8렌즈(180)는 광축(OA)에서 양(+)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제8렌즈(180)의 제15면(S15)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있고, 상기 제16면(S16)은 광축(OA)에서 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제8렌즈(180)는 광축(OA)에서 양면이 볼록한 형상을 가질 수 있다. 상기 제15면(S15)은 비구면일 수 있고, 상기 제16면(S16)은 비구면일 수 있다. 상기 제15면(S15) 및 상기 제16면(S16)은 하기 표 12와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다.
- [201] 상기 제9렌즈(190)는 광축(OA)에서 음(-)의 굴절력을 가질 수 있다. 상기 제9렌즈(190)의 제17면(S17)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있고, 상기 제18면(S18)은 광축(OA)에서 오목한 형상을 가질 수 있다. 상기 제9렌즈(190)는 광축(OA)에서 양면이 오목한 형상을 가질 수 있다. 제17면(S17)은 비구면일 수 있고, 상기 제18면(S18)은 비구면일 수 있다. 상기 제17면(S17) 및 상기 제18면(S18)은 하기 표 12와 같은 비구면 계수를 가질 수 있다. 상기 제9렌즈(190)는 변곡점을 포함할 수 있다. 자세하게, 상기 제9렌즈(190)의 제18면(S18) 상에는 상술한 제3 변곡점이 배치될 수 있다.
- [202] 제3 실시예에 따른 광학계(1000)에서 각 렌즈면의 비구면 계수의 값을 하기 표 12과 같다.

[203] [표 12]

	L1		L2		L3		L4		L5
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
K	1.14.E-02	1.02.E+00	-1.94.E-01	9.02.E-01	0	0	0	0	0
A	6.53.E-06	-2.28.E-02	-2.51.E-02	-8.11.E-03	-9.25.E-04	5.37.E-04	-1.51.E-02	-1.84.E-02	1.76.E-03
B	8.81.E-04	3.20.E-02	2.88.E-02	1.28.E-03	2.77.E-03	1.93.E-02	2.21.E-02	1.41.E-02	7.73.E-03
D	-1.42.E-03	-2.95.E-02	-2.25.E-02	7.41.E-03	-1.34.E-02	-5.48.E-02	-4.71.E-02	-2.28.E-02	-1.73.E-02
E	1.26.E-03	1.86.E-02	1.14.E-02	-1.12.E-02	2.16.E-02	6.89.E-02	5.16.E-02	1.95.E-02	1.54.E-02
F	-7.06.E-04	-8.09.E-03	-2.92.E-03	8.36.E-03	-2.04.E-02	-5.21.E-02	-3.48.E-02	-9.78.E-03	-7.69.E-03
G	2.47.E-04	2.34.E-03	-6.97.E-05	-3.18.E-03	1.23.E-02	2.51.E-02	1.49.E-02	3.00.E-03	2.32.E-03
H	-5.30.E-05	-4.31.E-04	2.59.E-04	4.73.E-04	-4.54.E-03	-7.50.E-03	-3.95.E-03	-5.53.E-04	-4.22.E-04
I	6.31.E-06	4.56.E-05	-6.35.E-05	3.78.E-05	9.32.E-04	1.27.E-03	5.91.E-04	5.54.E-05	4.26.E-05
J	-3.21.E-07	-2.12.E-06	5.16.E-06	-1.37.E-05	-8.18.E-05	-9.26.E-05	-3.81.E-05	-2.25.E-06	-1.85.E-06
	L5	L6		L7		L8		L9	
	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
K	0.	0	0	0	-1.84.E+00	-6.35.E+01	-1.10.E+00	-1.79.E+00	-9.34.E+00
A	-1.56.E-03	-8.83.E-04	-2.62.E-05	-2.74.E-02	-2.34.E-02	1.72.E-03	3.38.E-02	9.75.E-04	-1.16.E-02
B	3.49.E-03	2.13.E-03	2.36.E-03	6.58.E-03	3.92.E-03	-1.27.E-03	-9.99.E-03	-5.06.E-03	1.57.E-03
D	-4.23.E-03	-2.52.E-03	-2.33.E-03	-1.74.E-03	-3.29.E-04	-9.18.E-05	1.86.E-03	1.21.E-03	-1.70.E-04

E	2.98.E-03	1.43.E-03	8.94.E-04	1.45.E-04	-1.40.E-04	1.42.E-04	-2.01.E-04	-1.32.E-04	1.31.E-05
F	-1.29.E-03	-4.64.E-04	-1.75.E-04	6.08.E-05	5.35.E-05	-4.11.E-05	1.17.E-05	8.44.E-06	-6.77.E-07
G	3.47.E-04	9.42.E-05	2.03.E-05	-2.62.E-05	-8.24.E-06	5.94.E-06	-2.37.E-07	-3.36.E-07	2.10.E-08
H	-5.64.E-05	-1.26.E-05	-1.88.E-06	4.84.E-06	6.63.E-07	-4.69.E-07	-1.02.E-08	8.22.E-09	-3.28.E-10
I	5.14.E-06	1.04.E-06	1.64.E-07	-4.68.E-07	-2.72.E-08	1.94.E-08	6.59.E-10	-1.14.E-10	1.45.E-12
J	-2.04.E-07	-3.95.E-08	-7.76.E-09	1.86.E-08	4.40.E-10	-3.27.E-10	-1.04.E-11	6.86.E-13	1.15.E-14

[204] 제3 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제6 렌즈(160)의 센서측 면과 제7 렌즈(170)의 물체측 면 사이의 제1 간격(d67)은 하기 표 13과 같을 수 있다.

[205] [표13]

제6 렌즈의 센서 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제1 간격(d67)(mm)	제7 렌즈의 물체 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.205	0.000
0.100	0.207	0.100
0.200	0.210	0.200
0.300	0.216	0.300
0.400	0.224	0.400
0.500	0.233	0.500
0.600	0.245	0.600
0.700	0.257	0.700
0.800	0.271	0.800
0.900	0.286	0.900
1.000	0.301	1.000
1.100	0.316	1.100
1.200	0.331	1.200
1.300	0.346	1.300
1.400	0.361	1.400
1.500	0.374	1.500
1.600	0.386	1.600
1.700	0.396	1.700
1.800	0.403	1.800
1.900(EG1)	0.406	1.900 (EG1)
2.000	0.404	2.000
2.100	0.396	2.100
2.200	0.379	2.200
2.300	0.351	2.300
2.400	0.307	2.400

2.473(EG2)	0.238	2.473 (EG2)
------------	-------	----------------

- [206] 표 13을 참조하면, 상기 제1 간격은 광축(OA)에서 상기 제12면(S12) 상에 위치한 제1 지점(EG1)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제1 지점(EG1)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제12면(S12)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)의 수직인 방향을 기준으로 약 65% 내지 약 85%의 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제3 실시예에서 상기 제2 지점(EG2)은 약 76.83%인 위치에 배치될 수 있다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 상기 제12면(S12)의 유효경의 끝단인 상기 제2 지점(EG2)으로 갈수록 작아질 수 있다. 여기서 상기 제2 지점(EG2)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제6 렌즈(160)의 센서 측면(제12면(S12))과 상기 제7 렌즈(170)의 물체 측면(제13면(S13)) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제14면(S12)의 유효 반경 값으로, 표 11에 기재된 상기 제12면(S12)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제1 간격은 상기 제1 지점(EG1)에서 최대값을 가질 수 있고, 광축(OA)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.5배 내지 약 5배일 수 있다. 예를 들어, 제3 실시예에서 상기 제1 간격의 최대값은 최소값의 약 1.97배일 수 있다. 또한, 제3 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제7 렌즈(170)의 센서측면과 제8 렌즈(180)의 물체측면 사이의 간격(제2 간격)은 하기 표 14와 같을 수 있다.

[207] [표14]

제7 렌즈의 센서 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제2 간격(d78) (mm)	제8 렌즈의 물체 측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)
0.000	0.842	0.000
0.100	0.841	0.100
0.200	0.838	0.200
0.300	0.833	0.300
0.400	0.827	0.400
0.500	0.819	0.500
0.600	0.810	0.600
0.700	0.800	0.700
0.800	0.790	0.800
0.900	0.778	0.900
1.000	0.767	1.000
1.100	0.755	1.100
1.200	0.744	1.200
1.300	0.732	1.300
1.400	0.721	1.400
1.500	0.711	1.500
1.600	0.701	1.600
1.700	0.692	1.700
1.800	0.684	1.800
1.900	0.677	1.900
2.000	0.671	2.000
2.100	0.666	2.100
2.200	0.661	2.200
2.300	0.656	2.300
2.400	0.652	2.400
2.500	0.647	2.500

2.600	0.641	2.600
2.700	0.635	2.700
2.800	0.628	2.800
2.900	0.620	2.900
3.000	0.610	3.000
3.100	0.599	3.100
3.160 (EG3)	0.588	3.160 (EG3)

- [208] 표 14를 참조하면, 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 상기 제14 면(S14) 상에 위치한 제3 지점(EG3)으로 갈수록 작아질 수 있다. 상기 제3 지점(EG3)은 상기 제14 면(S14)의 유효 영역 끝단일 수 있다. 여기서 상기 제3 지점(EG3)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제7 렌즈(170)의 제14 면(S14)과 상기 제8 렌즈(180)의 제15 면(S15) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제14 면(S14)의 유효 반경 값으로, 표 11에 기재된 상기 제14 면(S12)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제2 간격은 광축(OA)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제3 지점(EG3)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.2배 내지 약 2배일 수 있다. 예를 들어, 제3 실시예에서 상기 제2 간격의 최대값은 최소값의 약 1.43배일 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제7 렌즈(170) 및 상기 제8 렌즈(180)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다. 또한, 제3 실시예에 따른 광학계(1000)에서 광축과 수직인 방향을 따라 제8 렌즈(180)의 센서측 면과 제9 렌즈(190)의 물체측 면 사이의 제3 간격(d89)은 하기 표 15와 같을 수 있다.

[209] [표15]

제8 렌즈의 센서측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직 방향 높이(mm)	제3간격(d89)(mm)	제9 렌즈의 물체측 면에서 광축으로부터의 광축의 수직방향 높이(mm)
0.000	0.438	0.000
0.100	0.438	0.100
0.200	0.440	0.200
0.300	0.443	0.300
0.400	0.448	0.400
0.500	0.452	0.500
0.600	0.458	0.600
0.700	0.463	0.700
0.800	0.468	0.800
0.900	0.473	0.900
1.000	0.476	1.000
1.100	0.478	1.100
1.200 (EG4)	0.479	1.200 (EG4)
1.300	0.477	1.300
1.400	0.473	1.400
1.500	0.466	1.500
1.600	0.457	1.600
1.700	0.444	1.700
1.800	0.429	1.800
1.900	0.411	1.900
2.000	0.389	2.000
2.100	0.365	2.100
2.200	0.339	2.200
2.300	0.311	2.300
2.400	0.281	2.400
2.500	0.251	2.500
2.600	0.221	2.600

2.700	0.192	2.700
2.800	0.165	2.800
2.900	0.142	2.900
3.000	0.122	3.000
3.100	0.107	3.100
3.200	0.098	3.200
3.300(EG5)	0.096	3.300 (EG5)
3.400	0.100	3.400
3.500	0.113	3.500
3.600	0.133	3.600
3.700	0.163	3.700
3.800	0.202	3.800
3.900	0.249	3.900
4.000	0.303	4.000
4.100	0.359	4.100
4.200	0.408	4.200
4.235(EG6)	0.441	4.235(EG6)

- [210] 표 15를 참조하면, 상기 제3 간격은 광축(OA)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제4 지점(EG4)으로 갈수록 커질 수 있다. 상기 제4 지점(EG4)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S16)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)을 기준으로 상기 제16 면(S16)의 유효 반경의 약 20% 내지 약 35%의 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제3 실시예에서 상기 제4 지점(EG4)은 약 28.3%인 위치에 배치될 수 있다. 또한, 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 상기 제16 면(S16) 상에 위치한 제5 지점(EG5)으로 갈수록 작아질 수 있다. 상기 제5 지점(EG5)은 광축(OA)을 시작점으로 하고 상기 제16 면(S16)의 유효 영역 끝단을 끝점으로 할 때, 광축(OA)을 기준으로 상기 제16 면(S16)의 유효 반경의 약 70% 내지 약 80%의 범위에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제3 실시예에서 상기 제5 지점(EG5)은 광축(OA)을 기준으로 상기 제16 면(S16)의 유효 반경의 약 77.9%인 위치에 배치될 수 있다. 또한, 상기 제3 간격은 상기 제5 지점(EG5)에서 상기 제16 면(S16)의 유효경의 끝단인 상기 제6 지점(EG6)으로 갈수록 커질 수 있다. 여기서 상기 제6 지점(EG6)이 의미하는 값은 서로 마주하는 상기 제8 렌즈(180)의 제16 면(S16)과 상기 제9 렌즈(190)의 제17 면(S17) 중 유효경의 크기가 작은 상기 제16 면(S16)의 유효 반경 값으로, 표

11에 기재된 상기 제16면(S16)의 유효경의 값의 1/2을 의미한다. 상기 제3 간격은 상기 제4 지점(EG4)에서 최대값을 가질 수 있고, 상기 제5 지점(EG5)에서 최소값을 가질 수 있다. 상기 제3 간격의 최대값은 최소값의 약 4배 내지 약 6배일 수 있다. 예를 들어, 제3 실시예에서 상기 제3 간격의 최대값은 최소값의 약 5배일 수 있다. 이에 따라, 상기 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 향상된 광학 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 제8 렌즈(180) 및 상기 제9 렌즈(190)가 위치에 따라 설정된 간격으로 이격됨에 따라 향상된 왜곡 제어 특성을 가질 수 있다. 자세하게, 도 10은 제3 실시예에 따른 광학계(1000)의 수차도에 대한 그래프로 좌측에서 우측 방향으로 구면 수차(Longitudinal Spherical Aberration), 비점 수차(Astigmatic Field Curves), 왜곡 수차(Distortion)를 측정한 그래프이다. 도 10에서 X축은 초점 거리(mm) 또는 왜곡도(%)를 나타낼 수 있고, Y축은 이미지의 높이(height)를 의미할 수 있다. 또한, 구면 수차에 대한 그래프는 약 435nm, 약 486nm, 약 546nm, 약 587nm, 약 656nm 파장 대역의 광에 대한 그래프이며, 비점 수차 및 왜곡 수차에 대한 그래프는 546nm 파장 대역의 광에 대한 그래프이다.

- [211] 도 11은 제3 실시예에 따른 광학계(1000)의 왜곡 격자(Distortion grid)에 대한 것으로, 상기 광학계(1000)는 도 11과 같은 왜곡 특성을 가질 수 있다. 도 12는 제3 실시예에 따른 광학계(1000)의 코마 수차(Coma aberration)에 대한 그래프로, 상면의 높이(field height)에 따라 약 435nm, 약 486nm, 약 546nm, 약 587nm, 약 656nm 파장 대역의 광의 탄젠셜(tangential) 성분과 세저틀(sagittal) 성분의 수차를 측정한 그래프이다. 코마 수차 그래프의 해석은 양의 축과 음의 축에서 각각 X축에 근접할수록 코마 수차 보정 기능이 좋은 것으로 해석할 수 있다.
- [212] 도 10 내지 도 12를 참조하면, 제3 실시예에 따른 광학계(1000)는 복수의 렌즈들(100)이 설정된 형상, 초점 거리, 설정된 간격 등을 가짐에 따라 향상된 해상력을 가지며, 화각(FOV)의 중심부뿐만 아니라 주변부에서도 양호한 광학 성능을 제공할 수 있다.

[213] [표16]

항목	제1 실시 예	제2 실시 예	제3 실시 예
F	7.6871 mm	7.742 mm	7.794 mm
f1	6.835 mm	6.988 mm	7.014 mm
f2	-16.135 mm	-16.601 mm	-17.183 mm
f3	75.701 mm	90.614 mm	111.556 mm
f4	-45.798 mm	-55.28 mm	-74.433 mm
f5	41.798 mm	92.704 mm	-307.921 mm
f6	155.199 mm	57.756 mm	37.612 mm
f7	-750.713 mm	-4876.616 mm	2416.637 mm
f8	4.994 mm	5.119 mm	5.059 mm
f9	-3.377 mm	-3.452 mm	-3.477 mm
f12	10.023 mm	10.185 mm	10.48 mm
L8_ET	0.543 mm	0.555 mm	0.53 mm
Inf71	1.846 mm	1.832 mm	1.828 mm
Inf72	2.086 mm	2.058 mm	2.094 mm
Inf92	2.748 mm	2.728 mm	2.632 mm
T11	0.754 mm	0.763 mm	0.761 mm
T91	1.525 mm	1.501 mm	1.497 mm
T92	1 mm	0.983 mm	0.999 mm
CA_max	11.584 mm	11.548 mm	11.488 mm
CA_min	3.182 mm	3.180 mm	3.2 mm
CA_aver	5.362 mm	5.355 mm	5.302 mm
BFL	1.356 mm	1.354 mm	1.44 mm
TTL	9.5 mm	9.5 mm	9.5 mm
ImgH	7.15 mm	7.15 mm	7.15 mm

[214] 표 16은 제1 내지 제3 실시예에 따른 광학계(1000)에서 상술한 수학식들의 항목에 대한 것으로, 상기 광학계(1000)의 TTL(Total track length), BFL(Back focal length), F값, ImgH, 상기 제1 내지 제9 렌즈들(110,120,130,140,150,160,170,180,190) 각각의 초점 거리(f1, f2, f3, f4, f5, f6, f7, f8, f9), 엣지 두께(ET, Edge Thickness) 등에 대한 것이다. 여기서 렌즈의

엣지 두께는 렌즈의 유효 영역 끝단에서의 광축(OA) 방향 두께를 의미한다.
자세하게, 렌즈의 엣지 두께는 렌즈의 물체 측 면의 유효 영역의 끝단에서 센서
측 면의 유효 영역 끝단까지의 광축(OA) 방향 거리를 의미한다.

[215] [표17]

수학식		제1 실시예	제2 실시예	제3 실시예
1	$0.5 < f1 / F < 2$	0.889	0.903	0.900
2	$-5 < f1 / f2 < 0$	-0.424	-0.421	-0.408
3	$0.5 < f12 / F < 5$	1.304	1.316	1.302
4	$0.3 < f1 / f12 < 3$	0.682	0.686	0.691
5	$0 < L1R1 / L1R2 < 1$	0.195	0.206	0.207
6	$0 < L2R2 / L2R1 < 1$	0.640	0.656	0.664
7	$0.8 < n1d / n2d < 1.2$	0.924	0.913	0.913
8	$0.8 < n8d / n7d < 1.2$	0.972	0.968	0.972
9	$0.1 < L2_CT / L1_CT < 0.8$	0.392	0.407	0.372
10	$0.1 < L7_CT / L8_CT < 0.8$	0.296	0.300	0.296
11	$0.2 < L8_ET / L8_CT < 0.8$	0.362	0.370	0.355
12	$1.5 < L8_CT / L9_CT < 2$	1.894	1.867	1.907
13	$0.5 < Inf71 / Inf72 < 1.2$	0.885	0.890	0.873
14	$0.4 < Inf71 / Inf92 < 1$	0.672	0.672	0.695
15	$0.4 < Inf72 / Inf92 < 1$	0.759	0.754	0.796
16	$0.1 < T11 / D11 < 0.5$	0.366	0.370	0.369
17	$0 < T91 / D91 < 0.6$	0.305	0.300	0.299
18	$0 < T92 / D92 < 0.5$	0.173	0.170	0.174
19	$1 < CA_L1S1 / CA_L3S1 < 2$	1.296	1.297	1.279
20	$2 < CA_L9S2 / CA_L1S1 < 5$	2.809	2.800	2.786
21	$2 < L1_CT / d12_CT < 5$	3.875	3.840	3.826
22	$0.1 < L7_CT / d78_CT < 0.8$	0.564	0.572	0.526
23	$1.2 < L8_CT / d78_CT < 2.5$	1.909	1.905	1.776
24	$1 < d78_CT / d78_ET < 1.8$	1.408	1.370	1.432
25	$2 < L6_CT / d67_CT < 3$	2.878	2.532	2.195
26	$1.5 < L7_CT / d67_CT < 4$	3.194	2.854	2.161
27	$0.5 < d67_CT / d67_ET < 2.5$	1.137	1.783	0.862
28	$0.5 < CA_max / (2 * ImgH) < 1$	0.810	0.808	0.803

29	$1.5 < CA_{\max} / CA_{\text{aver}} < 3$	0.216	2.157	2.167
30	$0.5 < CA_{\min} / CA_{\text{aver}} < 1$	0.593	0.594	0.604
31	$2 < TTL < 20$	만족	만족	만족
32	$2 < \text{ImgH}$	만족	만족	만족
33	$BFL < 2.5$	만족	만족	만족
34	$1 < TTL / \text{ImgH} < 2$	1.329	1.329	1.329
35	$0.1 < BFL / \text{ImgH} < 0.5$	0.190	0.189	0.201
36	$6 < TTL / BFL < 8$	7.006	7.016	6.597
37	$0.1 < F / TTL < 1$	0.809	0.815	0.820
38	$3 < F / BFL < 8$	5.669	5.718	5.413
39	$1 < F / \text{ImgH} < 3$	1.075	1.083	1.090

[216] 표 17은 제1 내지 제3 실시예에 따른 광학계(1000)에서 상술한 수학적 1 내지 수학적 39에 대한 결과 값에 대한 것이다. 표 7을 참조하면, 제1 실시예에 따른 광학계(1000)는 수학적 1 내지 수학적 39 중 적어도 하나 또는 둘 이상을 만족하는 것을 알 수 있다. 자세하게, 제1 내지 제3 실시예에 따른 광학계(1000)는 상기 수학적 1 내지 수학적 39를 모두 만족하는 것을 알 수 있다. 이에 따라, 제1 실시예에 따른 광학계(1000)는 화각(FOV)의 중심부와 주변부에서 양호한 광학 성능을 가질 수 있고 우수한 광학 특성을 가질 수 있다. 도 13은 실시예에 따른 카메라 모듈이 이동 단말기에 적용된 것을 도시한 도면이다. 도 13을 참조하면, 상기 이동 단말기(1)는 후면에 제공되는 카메라 모듈(10)을 포함할 수 있다. 상기 카메라 모듈(10)은 이미지 촬영 기능을 포함할 수 있다. 또한, 상기 카메라 모듈(10)은 자동 초점(Auto focus), 줌(zoom) 기능 및 OIS 기능 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 카메라 모듈(10)은 촬영 모드 또는 화상 통화 모드에서 이미지 센서(300)에 의해 얻어지는 정지 영상 이미지 또는 동영상의 화상 프레임을 처리할 수 있다. 처리된 화상 프레임은 상기 이동 단말기(1)의 디스플레이부(미도시)에 표시될 수 있으며 메모리(미도시)에 저장될 수 있다. 또한, 도면에는 도시하지 않았지만 상기 이동 단말기(1)의 전면에도 상기 카메라 모듈이 더 배치될 수 있다.

[217] 예를 들어, 상기 카메라 모듈(10)은 제1 카메라 모듈(10A) 및 제2 카메라 모듈(10B)을 포함할 수 있다. 이때, 상기 제1 카메라 모듈(10A) 및 상기 제2 카메라 모듈(10B) 중 적어도 하나는 상술한 광학계(1000) 및 이미지 센서(300)를 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 카메라 모듈(10)은 슬림한 구조를 가질 수 있고, 주변부(화각(FOV)의 약 65% 이상의 영역)의 왜곡(distortion) 및 수차 특성을 개선할 수 있다. 또한, 상기 이동 단말기(1)는 자동 초점 장치(31)를 더 포함할 수 있다. 상기 자동 초점 장치(31)는 레이저를 이용한 자동 초점 기능을 포함할 수

있다. 상기 자동 초점 장치(31)는 상기 카메라 모듈(10)의 이미지를 이용한 자동 초점 기능이 저하되는 조건, 예컨대 10m 이하의 근접 또는 어두운 환경에서 주로 사용될 수 있다. 상기 자동 초점 장치(31)는 수직 캐비티 표면 방출 레이저(VCSEL) 반도체 소자를 포함하는 발광부와, 포토 다이오드와 같은 빛 에너지를 전기 에너지로 변환하는 수광부를 포함할 수 있다. 또한, 상기 이동 단말기(1)는 플래쉬 모듈(33)을 더 포함할 수 있다. 상기 플래쉬 모듈(33)은 내부에 광을 발광하는 발광소자를 포함할 수 있다. 상기 플래쉬 모듈(33)은 이동 단말기의 카메라 작동 또는 사용자의 제어에 의해 작동될 수 있다.

- [218] 이상에서 실시예들에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의해 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다. 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시예를 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 광축을 따라 배치되는 제1 내지 제9 렌즈를 포함하고,
 상기 제1 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고,
 상기 제2 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고,
 상기 제8 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고,
 상기 제9 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고,
 L7_CT는 상기 제7 렌즈의 상기 광축에서의 두께이고,
 L8_CT는 상기 제8 렌즈의 상기 광축에서의 두께이며,
 수학식: $0.1 < L7_CT / L8_CT < 0.8$
 을 만족하는 광학계.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
 F는 상기 광학계의 전체 초점 거리(mm)를 의미하고, f1는 상기 제1 렌즈의 초점 거리(mm)를 의미하며,
 수학식: $0.5 < f1 / F < 2$
 을 만족하는 광학계.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서,
 L8_CT는 상기 제8 렌즈의 상기 광축에서의 두께이고,
 L8_ET는 상기 제8 렌즈의 유효 영역 끝단에서의 상기 광축 방향 두께이며,
 수학식: $0.2 < L8_ET / L8_CT < 0.8$
 을 만족하는 광학계.
- [청구항 4] 제3 항에 있어서,
 상기 제8 렌즈의 센서 측 면은 상기 광축에서 볼록한 형상을 가지는 광학계.
- [청구항 5] 제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,
 상기 제1 렌즈의 물체 측 면은 상기 광축에서 볼록한 형상을 가지고,
 상기 제2 렌즈의 센서 측 면은 상기 광축에서 오목한 형상을 가지는 광학계.
- [청구항 6] 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 광축을 따라 배치되는 제1 내지 제9 렌즈를 포함하고,
 상기 제1 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고,
 상기 제2 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고,
 상기 제8 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고,
 상기 제9 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고,
 상기 제9 렌즈의 센서 측 면은 제1 변곡점을 포함하고,
 상기 제1 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제9 렌즈의 센서측 면의

- 유효 반경의 약 40% 내지 약 60%의 범위에 배치되는 광학계.
- [청구항 7] 제6 항에 있어서,
상기 제7 렌즈의 물체 측 면은 제2 변곡점을 포함하고,
상기 제2 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제7 렌즈의 물체 측 면의 유효 반경의 60% 내지 80%의 범위에 배치되는 광학계.
- [청구항 8] 제7 항에 있어서,
상기 제7 렌즈의 센서 측 면은 제3 변곡점을 포함하고,
상기 제3 변곡점은 상기 광축을 기준으로 상기 제7 렌즈의 센서 측 면의 유효 반경의 55% 내지 75%의 범위에 배치되는 광학계.
- [청구항 9] 제8 항에 있어서,
상기 광축에서 상기 제1 변곡점까지의 거리는 상기 광축에서 상기 제2 변곡점까지의 거리보다 작은 광학계.
- [청구항 10] 물체 측으로부터 센서 측 방향으로 광축을 따라 배치되는 제1 내지 제9 렌즈를 포함하고,
상기 제1 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고,
상기 제2 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고,
상기 제8 렌즈는 상기 광축에서 양(+)의 굴절력을 가지고,
상기 제9 렌즈는 상기 광축에서 음(-)의 굴절력을 가지고,
상기 제6 및 제7 렌즈는 상기 광축 방향으로 제1 간격만큼 이격되고,
상기 제1 간격은 상기 광축에서 상기 제6 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제1 지점으로 갈수록 커지고, 상기 제1 지점에서 상기 제6 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제2 지점으로 갈수록 감소하고,
상기 제2 지점은 상기 광축으로부터 상기 제1 지점보다 더 외측에 배치되는 광학계.
- [청구항 11] 제10 항에 있어서,
상기 제1 지점은 상기 광축을 기준으로 상기 제6 렌즈의 센서 측 면의 유효 반경의 65% 내지 85%의 범위에 배치되는 광학계.
- [청구항 12] 제10 항에 있어서,
상기 제2 지점은 상기 제6 렌즈의 센서 측 면의 유효 영역 끝단 또는 에지인 광학계.
- [청구항 13] 제10 항에 있어서,
상기 제7 및 제8 렌즈는 상기 광축 방향으로 제2 간격만큼 이격되고,
상기 제2 간격은 상기 광축에서 상기 제7 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제3 지점으로 갈수록 작아지는 광학계.
- [청구항 14] 제13 항에 있어서,
상기 제3 지점은 상기 제7 렌즈의 센서 측 면의 유효 영역 끝단인 광학계.
- [청구항 15] 제10 항 내지 제14 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 제8 및 제9 렌즈는 상기 광축 방향으로 제3 간격만큼 이격되고,

상기 제3 간격은 상기 광축에서 상기 제8 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제4 지점으로 갈수록 커지고, 상기 제4 지점에서 상기 제8 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제5 지점으로 갈수록 감소하고,
상기 제5 지점은 상기 광축을 기준으로 상기 제4 지점보다 더 외측에 배치되는 광학계.

[청구항 16] 제15 항에 있어서,
상기 제3 간격은 상기 제5 지점에서 상기 제8 렌즈의 센서 측 면 상에 위치한 제6 지점으로 갈수록 증가하고,
상기 제6 지점은 상기 제8 렌즈의 센서 측 면의 유효 영역 끝단인 광학계.

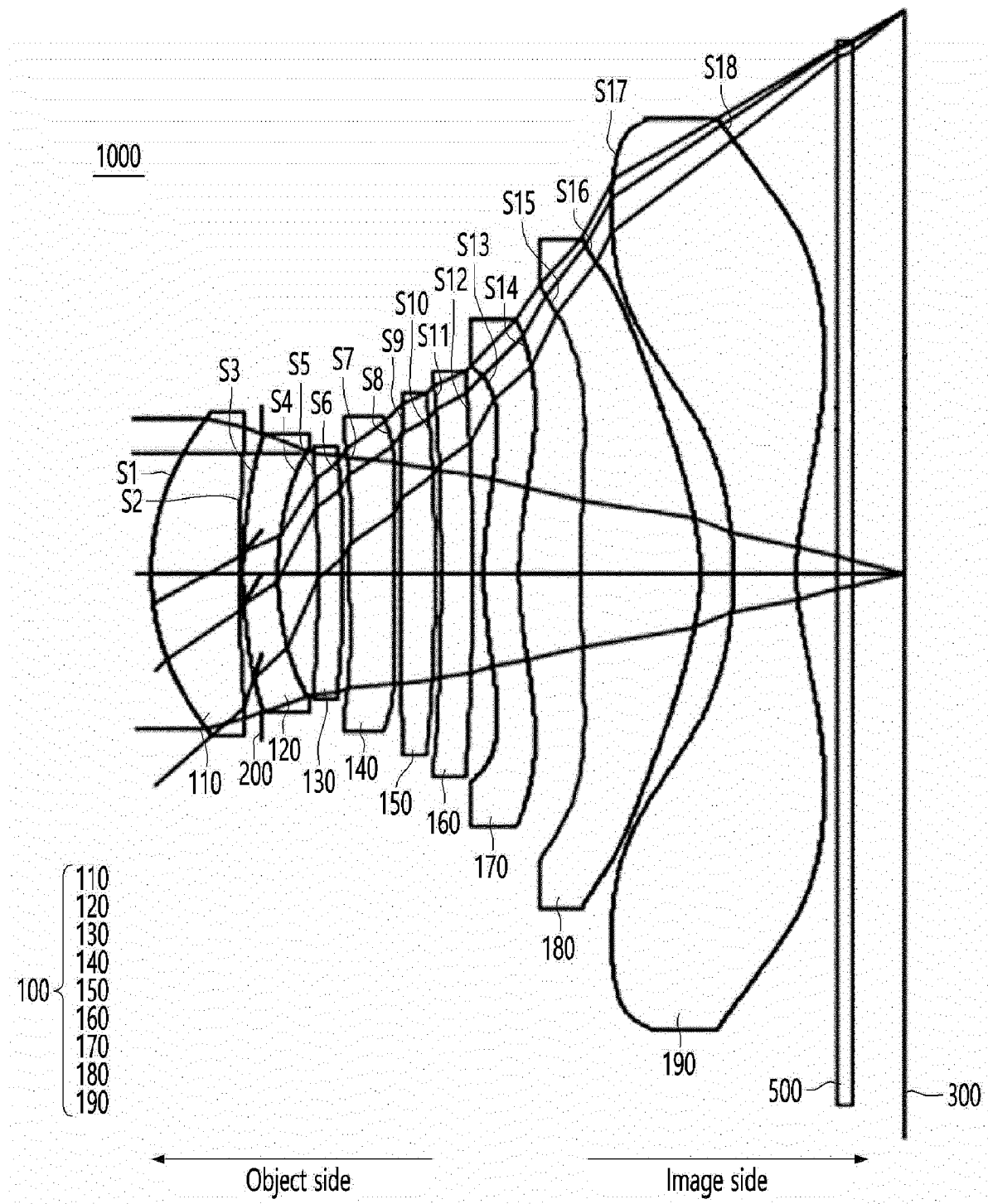
[청구항 17] 광학계 및 이미지 센서를 포함하고,
상기 광학계는 제1 항, 제6항 또는 제10 항 중 어느 하나에 따른 광학계를 포함하고,

TTL(Total track length)은 상기 제1 렌즈의 물체 측 면의 정점에서 상기 이미지 센서의 상면까지의 광축에서의 거리를 의미하며,

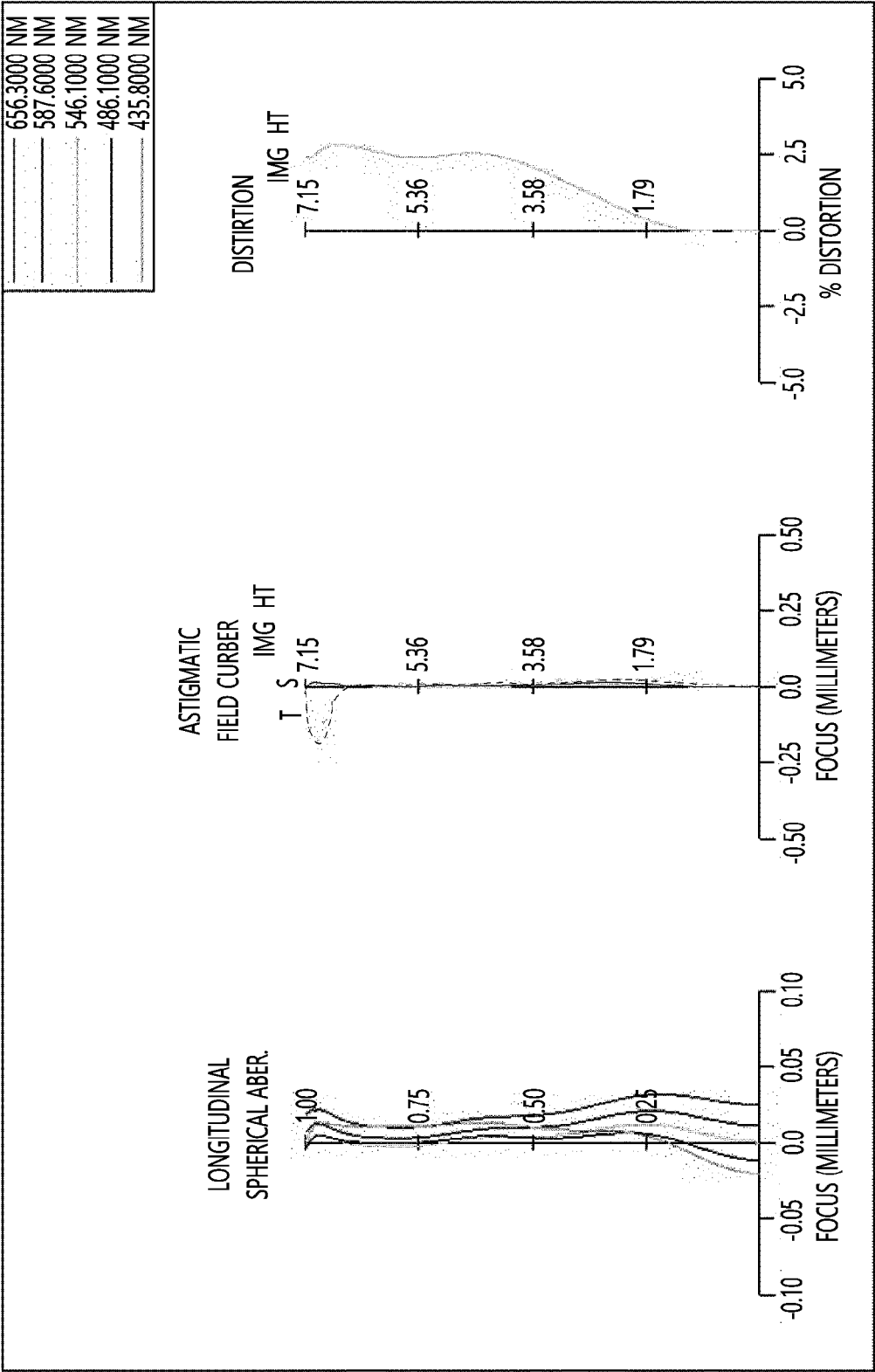
수학식: $2 < TTL < 20$

을 만족하는 카메라 모듈.

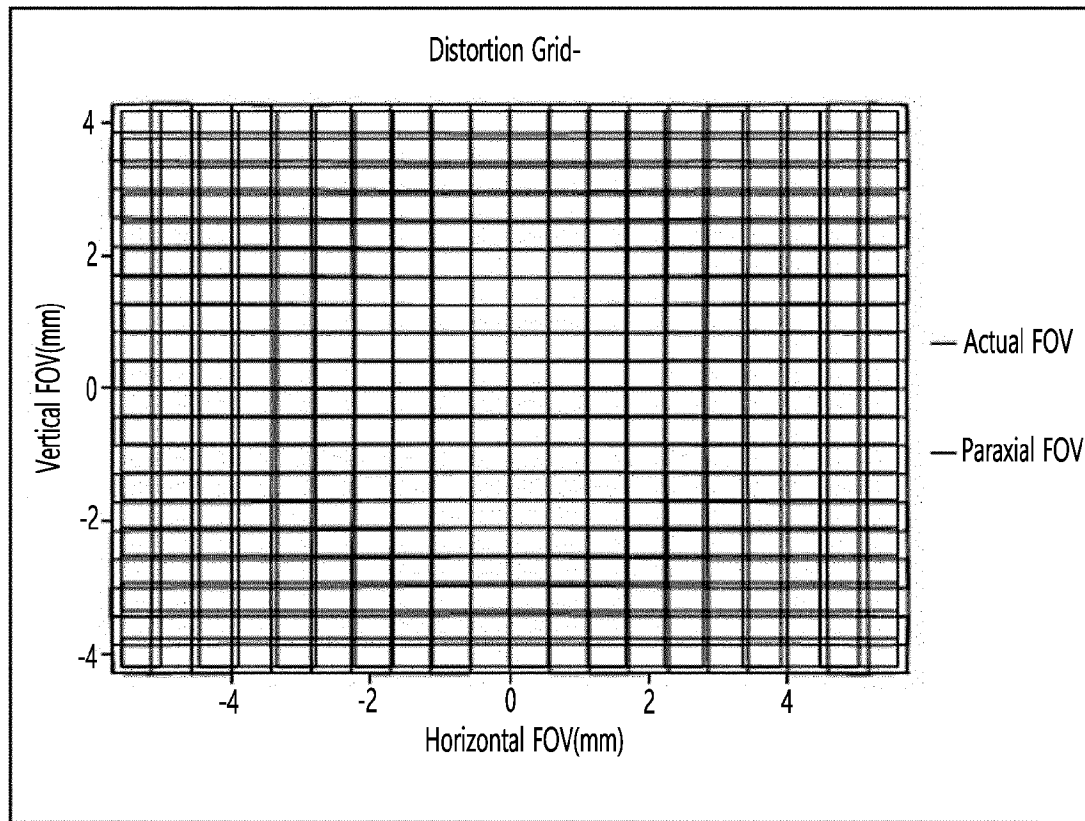
[도 1]



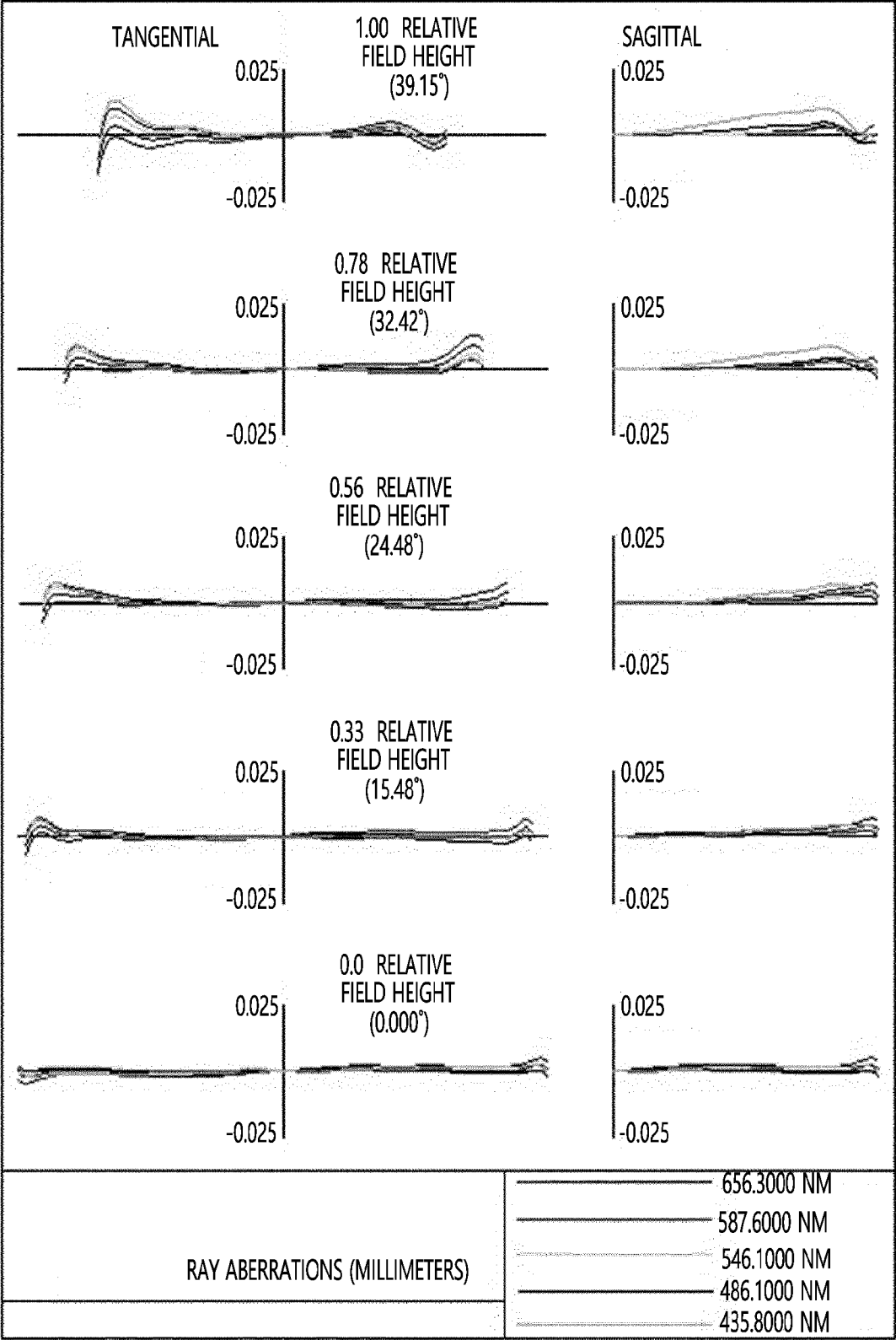
[도2]



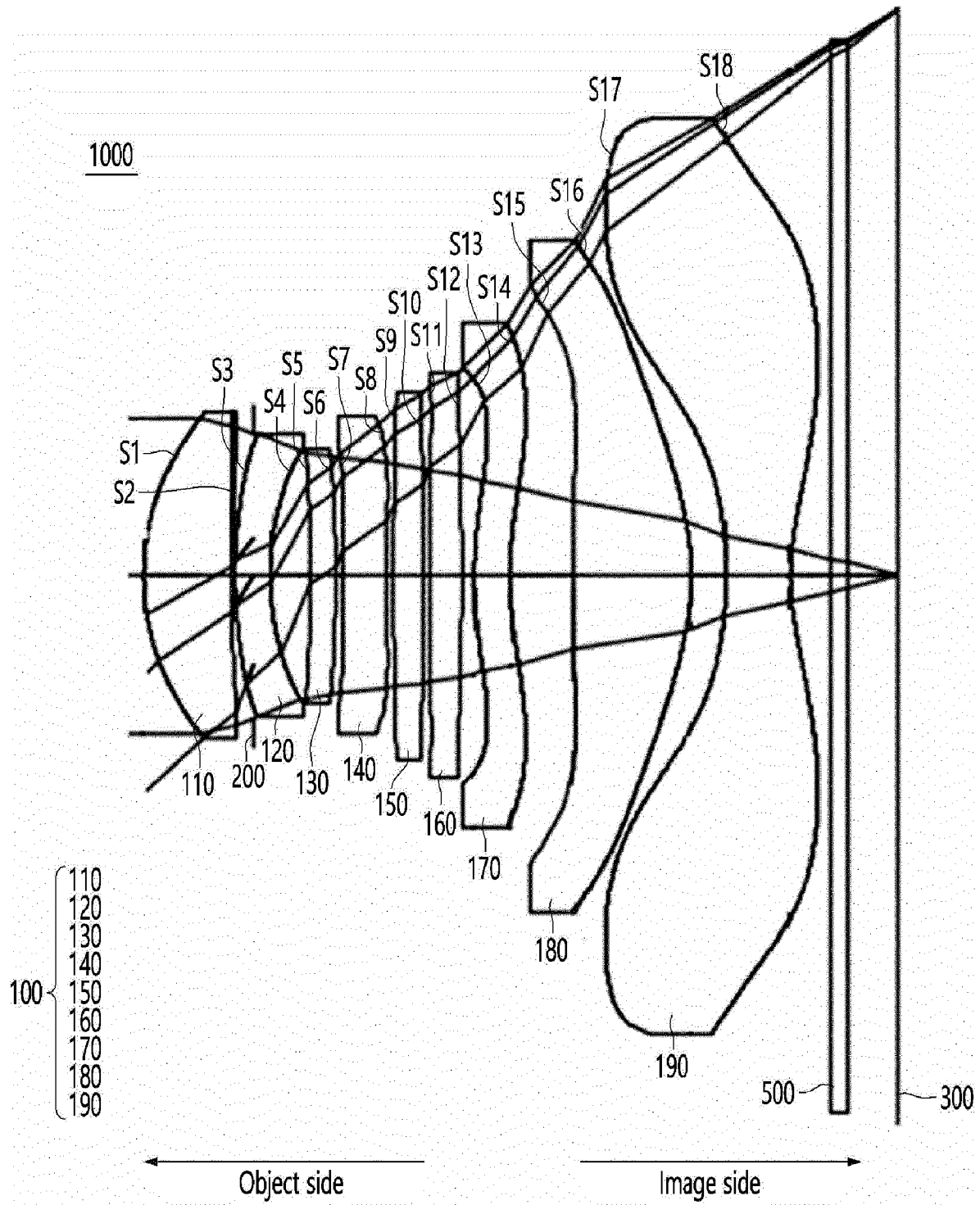
[도3]



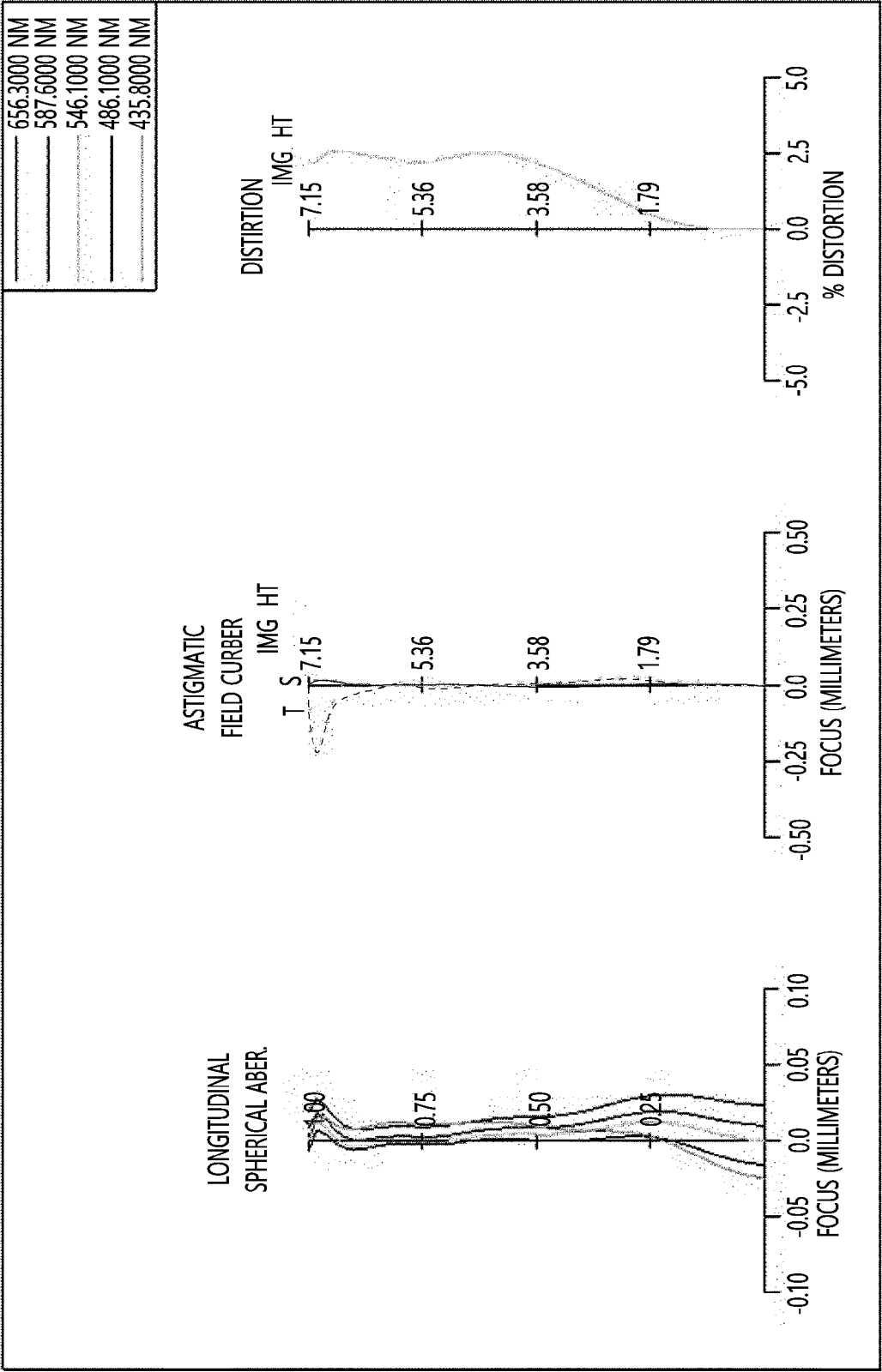
[도4]



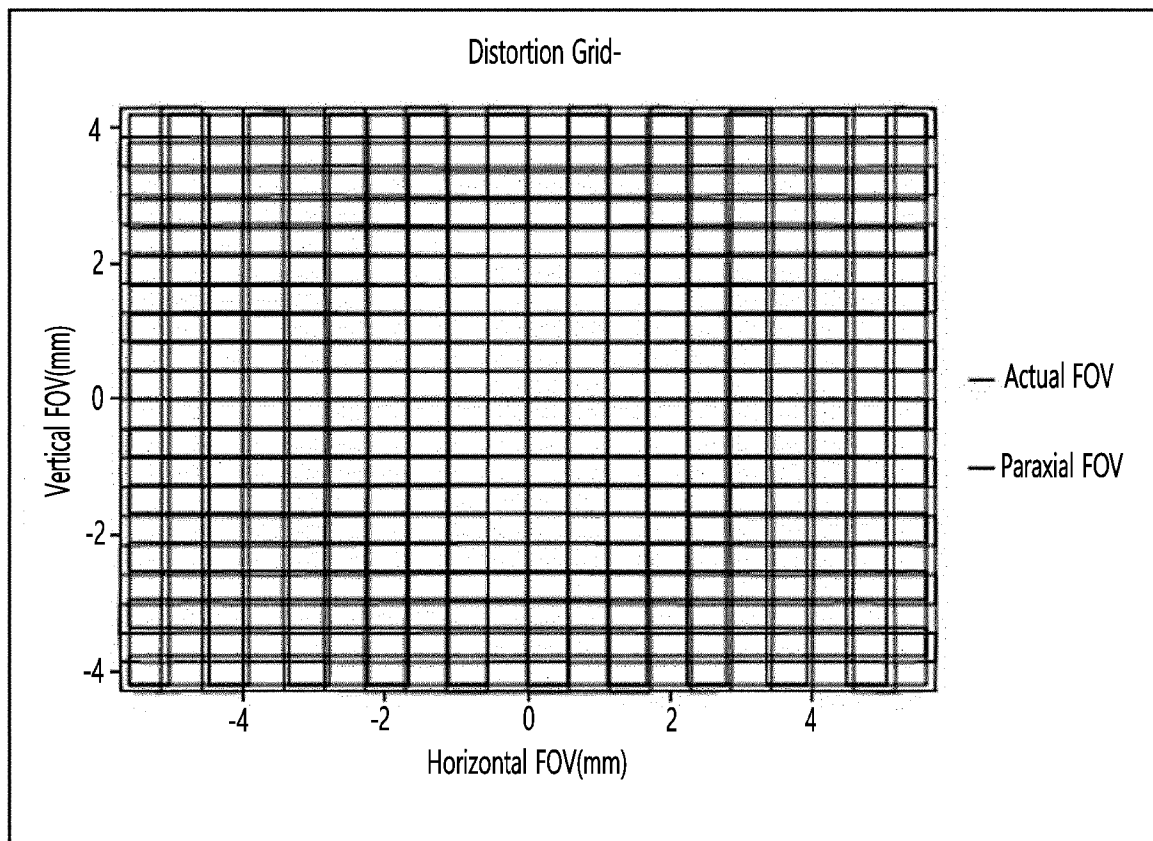
[도5]



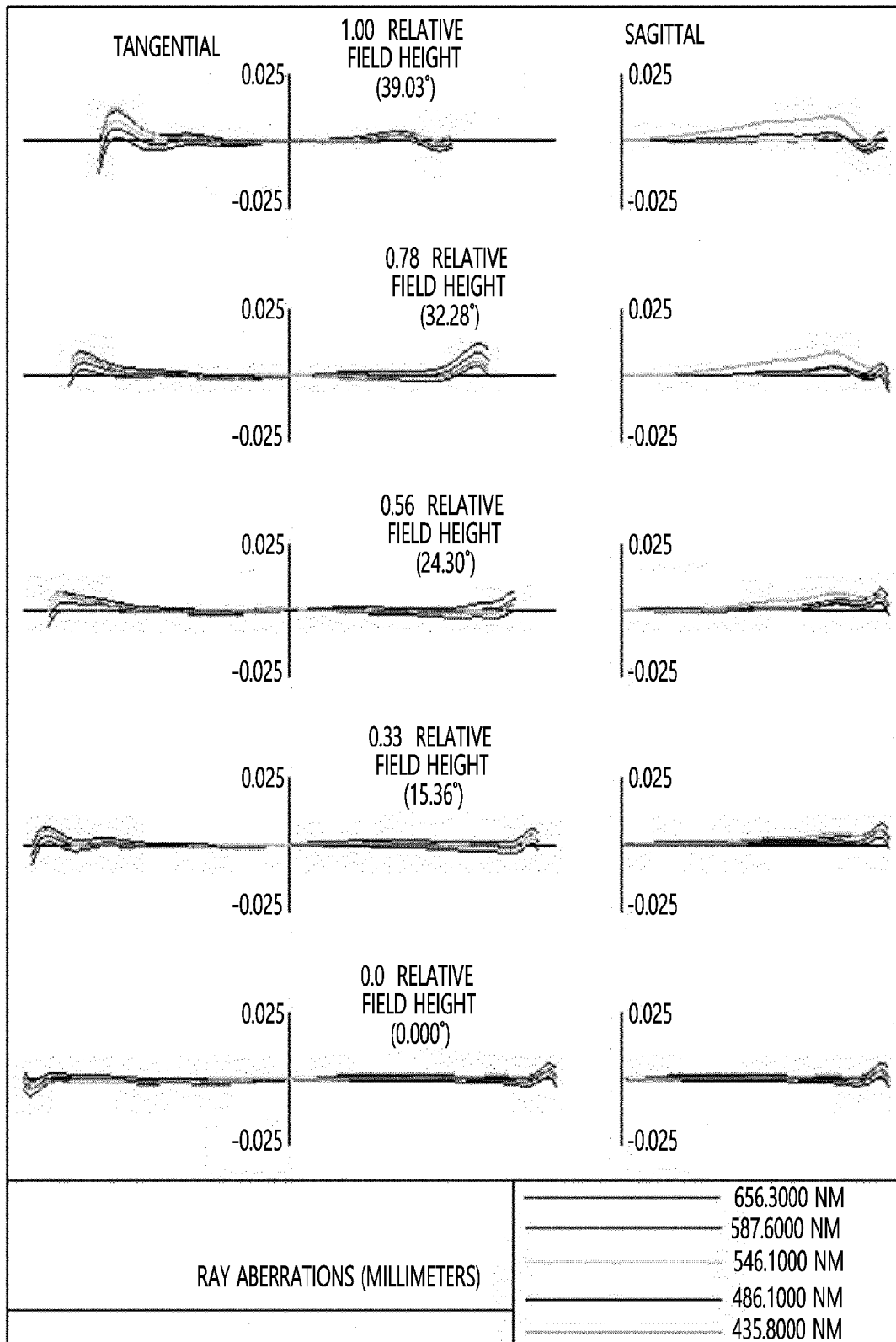
[도6]



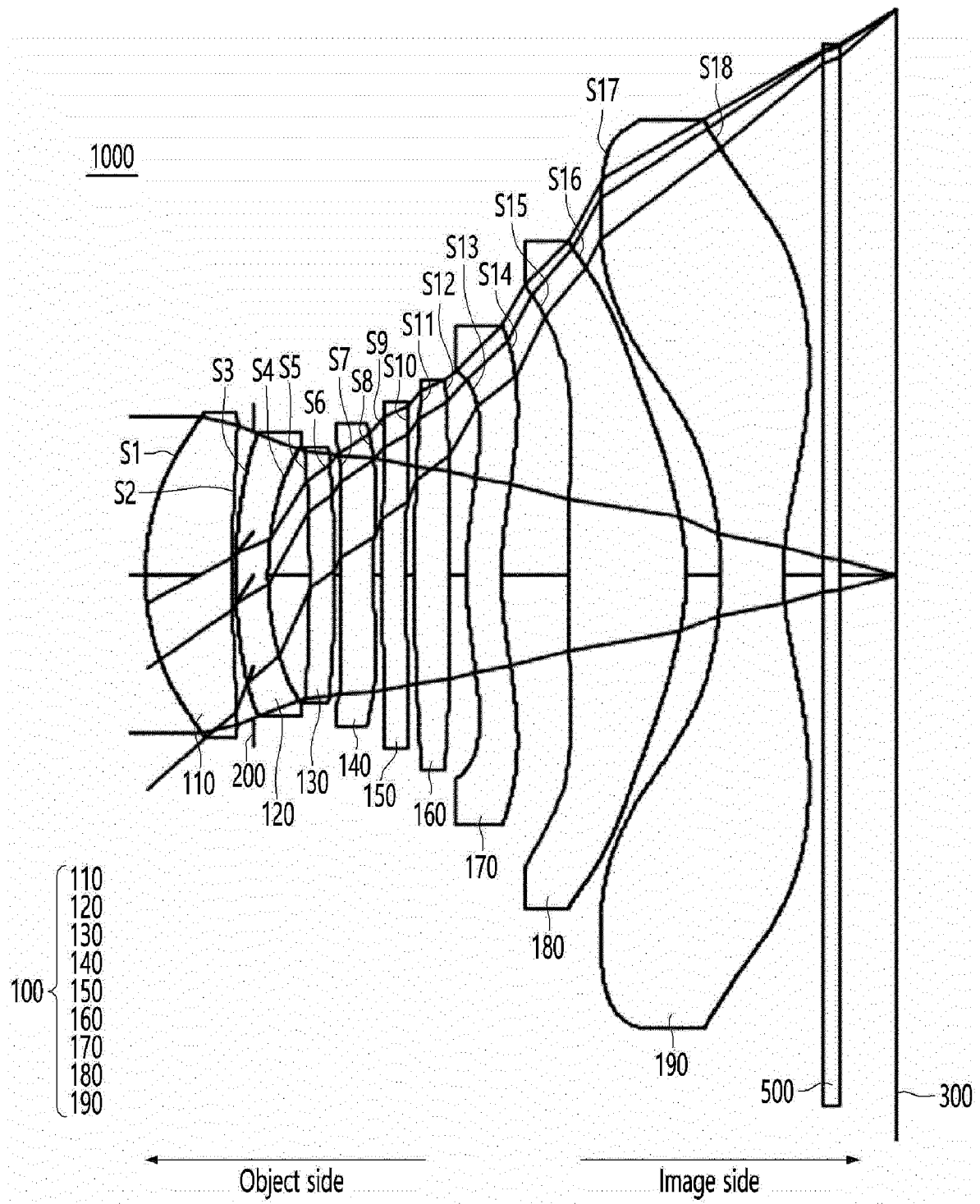
[도7]



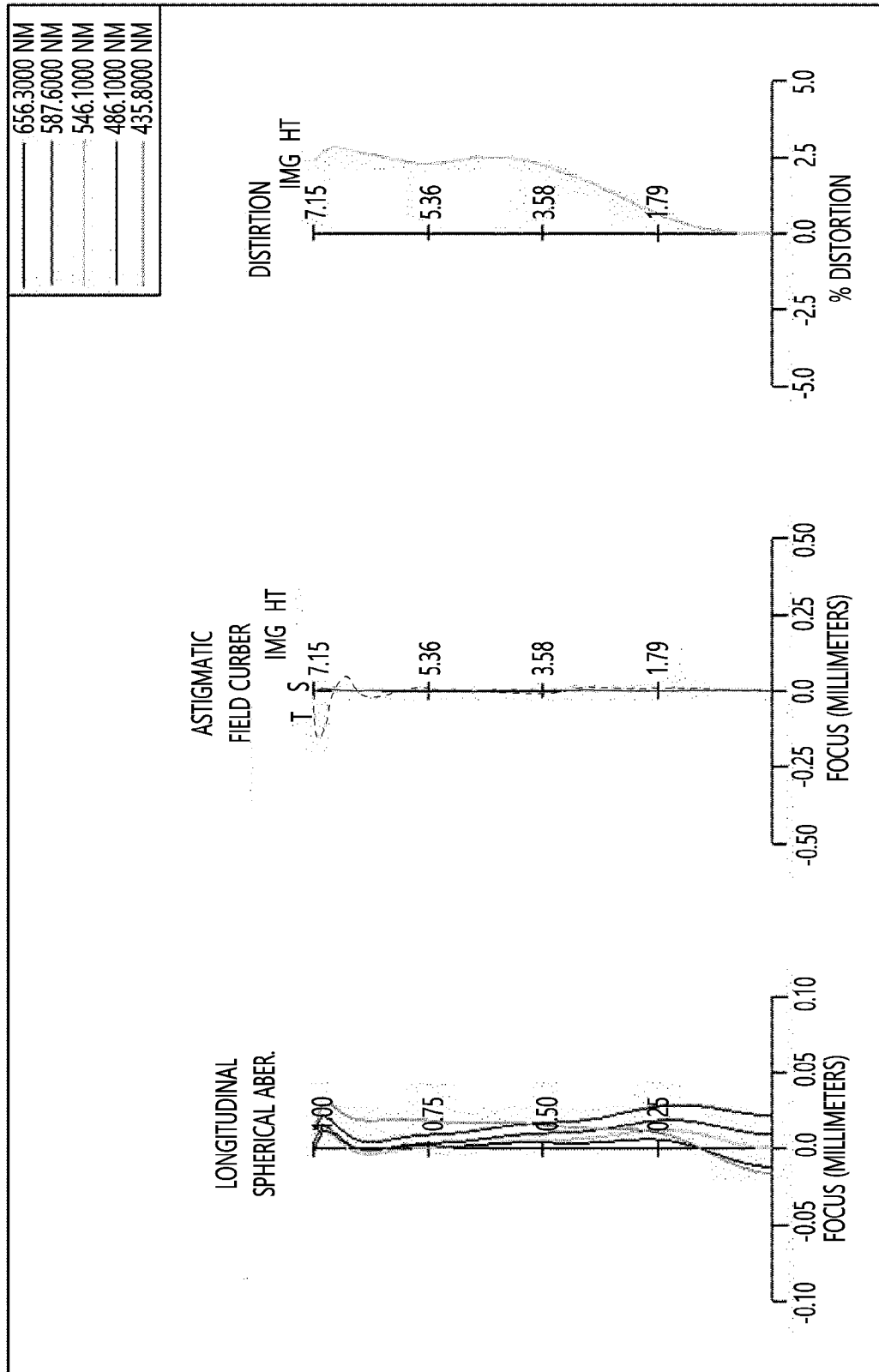
[도8]



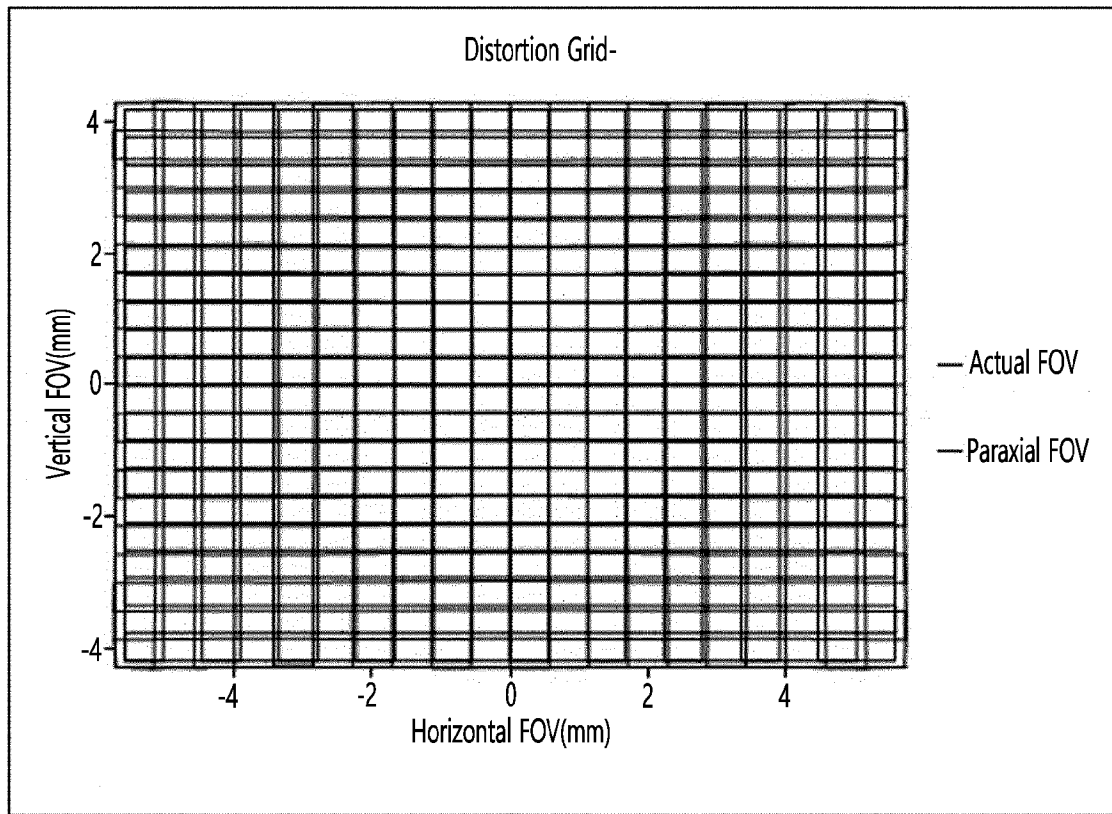
[도9]



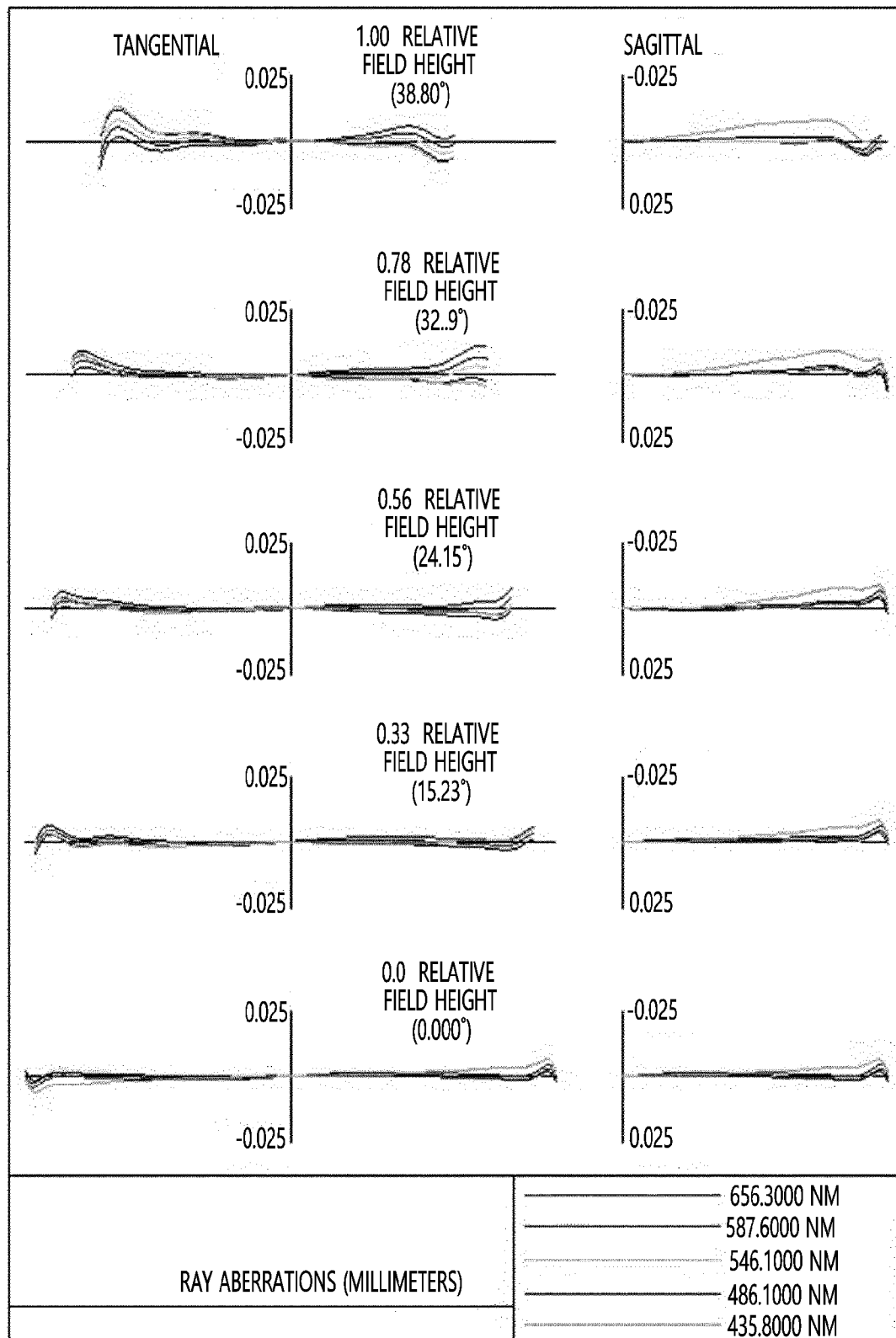
[도10]



[도11]



[도 12]



[도13]

