

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(43) 국제공개일
2011년 5월 19일 (19.05.2011)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2011/059232 A2

- (51) 국제특허분류: 미분류
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2010/007923
- (22) 국제출원일: 2010년 11월 10일 (10.11.2010)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2009-0109827 2009년 11월 13일 (13.11.2009) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **한국기초과학지원연구원 (KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE)** [KR/KR]; 대전광역시 유성구 어은동 52번지, 305-806 Daejeon (KR).
- (72) 발명자: **김건희 (KIM, Geon Hee)** [KR/KR]; 대전광역시 유성구 반석동 반석마을아파트 507-103, 305-749 Daejeon (KR). **양순철 (YANG, Sun Choel)** [KR/KR]; 대전광역시 유성구 관평동 테크노밸리 6단지 604동 1303호, 305-509 Daejeon (KR). **장기수 (CHANG, Ki Soo)** [KR/KR]; 대전광역시 대덕구 읍내동 현대아파트 106동 809호, 306-761 Daejeon (KR). **김효식 (KIM, Hyo Sik)** [KR/KR]; 대전광역시 유성구 관평동 대덕테크노밸리 303-1304, 305-509 Daejeon (KR). **김상혁 (KIM, Sang Hyeok)** [KR/KR]; 경기도 용인시 기흥구 서천동 SK 아파트 103-1203, 446-959 Gyeonggi-do (KR). **이상용 (LEE, Sang Yong)** [KR/KR]; 대전광역시

유성구 노은동 월드컵타운 201호, 305-325 Daejeon (KR).

(74) 대리인: **표승준 (PYO, Seung Jun)**; 대전광역시 서구 월평동 241 만년오피스텔 909호, 302-280 Daejeon (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

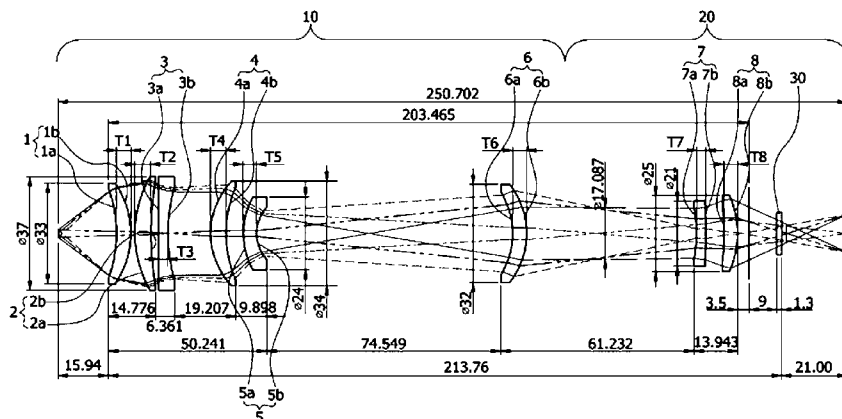
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,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

[다음 쪽 계속]

(54) Title: OPTICAL SYSTEM FOR THERMAL IMAGE MICROSCOPE

(54) 발명의 명칭: 열영상 현미경용 광학계

[Fig. 2]



(57) Abstract: The present invention relates to an optical system for a thermal image microscope. The optical system for the thermal image microscope comprises: an image forming unit in which a focus is formed; and a relay unit which elongates an optical path, wherein the image forming unit includes various lenses, the relay unit includes two lenses, and all the aspheric surfaces of the lenses are formed as convex surfaces. Thus, according to the present invention, optical performance is improved.

(57) 요약서: 본 발명은 열영상 현미경용 광학계에 관한 것이다. 본 발명은 초점을 맺는 결상부; 및 광경로를 늘려주는 릴레이부;를 포함하고, 상기 결상부는 여섯 개의 렌즈로 이루어지고, 상기 릴레이부는 두 개의 렌즈로 이루어지며, 렌즈의 비구면은 모두 볼록면으로 형성된 것을 특징으로 하는 열영상 현미경용 광학계를 제공한다. 따라서 본 발명에 의하면 광학적 성능이 향상될 수 있다.

WO 2011/059232 A2



공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

명세서

발명의 명칭: 열영상 현미경용 광학계

기술분야

- [1] 본 발명은 광학계에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 열영상 현미경의 광학계에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 광학계는 적용되는 장치 및 기기의 성능을 특징하는 기능을 하기 때문에 중요한 장치의 구성요소이다. 또한 열영상 현미경은 검토하고자 하는 피사체에 특정 온도를 가해 변화되는 모습을 동영상으로 촬영하거나 그에 따른 온도 분석값을 그래프화, 데이터(data)화시켜 표본을 분석할 수 있는 기능을 수행하는 것이 일반적이다.
- [3] 이러한 광학계는 1매의 일반렌즈로 구성되기도 하지만, 최근에는 기술발달에 의해 렌즈 자체에서 발생하는 수차를 제거하거나 보상하기 위한 기능성 렌즈들이 개발됨에 따라 이들 다수를 적절하게 조합하여 구성하는 복합적 렌즈 광학계가 많이 적용되고 있다.
- [4] 특히 장치의 소형화 및 화질 개선을 우선과제로 하는 디지털 카메라분야에서는 이러한 기능성 렌즈 광학계가 이미 그 대세를 이루고 있다 할 것이며, 적외선 투과를 통한 적외선 열을 감지함으로써 인체나 물체의 열을 감지/검출하는 열감지장치분야에서도 그 기능성 향상을 위하여 복합적 렌즈 광학계의 접목을 시도하고 있으며, 이러한 열감지장치로는 감시카메라나 비접촉 열측정기 또는 적외선 검출기 등을 그 예로 들 수 있다.
- [5] 그런데 종래기술에 의한 열감지장치용 광학계는, 렌즈의 매수가 불필요하게 많이 사용되거나 렌즈의 형상이 주로 구면 광학계에 국한되어 광학계의 소형화는 물론 기능성 향상을 위한 화질개선 및 카메라 밝기 등 제한적 요소가 많았다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명은 광학계의 광 경로와 공차분석을 통해 측정 정확도가 향상된 열영상 현미경의 광학계를 제공하는 것이다.
- [7] 또한 본 발명은 비구면과 구면, 볼록과 오목렌즈, 게르마늄과 실리콘 렌즈를 선택적으로 적용하여 가공이 용이한 열영상 현미경의 광학계를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [8] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 초점을 맺는 결상부; 및 광경로를 늘려주는 릴레이부;를 포함하고, 상기 결상부는 여섯 개의 렌즈로 이루어지고,

상기 릴레이부는 두 개의 렌즈로 이루어지며, 렌즈의 비구면은 모두 볼록면으로 형성된 것을 특징으로 하는 열영상 현미경용 광학계를 제공한다.

- [9] 특히 상기 결상부는 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제1a면과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제1b면을 구비하는 제1렌즈, 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제2a면과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제2b면을 구비하는 제2렌즈, 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제3a면과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제3b면을 구비하는 제3렌즈, 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제4a면과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제4b면을 구비하는 제4렌즈, 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제5a면과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제5b면을 구비하는 제5렌즈, 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제6a면과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제6b면을 구비하는 제6렌즈를 포함하고, 상기 릴레이부는 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제7a면과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제7b면을 구비하는 제7렌즈, 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제8a면과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제8b면을 구비하는 제8렌즈를 포함하고, 각각의 렌즈가 번호에 따라 일렬로 나열되는 것이 가능하다.
- [10] 나아가 상기 제3a면, 상기 제5a면, 상기 제6b면, 상기 제7b면은 비구면으로 이루어지고, 나머지 면은 구면으로 이루어질 수 있다.
- [11] 상기 제1렌즈, 상기 제2렌즈, 상기 제4렌즈, 상기 제8렌즈는 실리콘(silicon)으로 이루어지고, 상기 제3렌즈, 상기 제5렌즈, 상기 제6렌즈, 상기 제7렌즈는 게르마늄(germanium)으로 이루어진 것이 가능하다.
- [12] 특히 각각의 렌즈는 비구면을 포함하면 실리콘으로 이루어진 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [13] 본 발명에 따르면 광학계의 광 경로와 공차분석을 통해 측정 정확도가 향상되어 보다 정밀한 측정을 할 수 있고, 광학적 성능이 향상될 수 있다. 특히 본 발명은 3 ~ 5 μm 의 파장에서 사용될 수 있어 반도체 공정 등에서 에러를 검출할 수 있다.
- [14] 또한 본 발명은 비구면과 구면, 볼록과 오목렌즈, 게르마늄과 실리콘 렌즈를 선택적으로 적용하여 가공이 용이하다.

도면의 간단한 설명

- [15] 도 1은 본 발명에 따른 측면도.
- [16] 도 2는 본 발명의 개념도.
- [17] 도 3은 도 1의 부분 절개 사시도.
- [18] 도 4, 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 실험 결과를 도시한 도면.
- [19] <도면의 주요 부분에 대한 부호 설명>
- [20] 1: 제1렌즈 2: 제2렌즈
- [21] 3: 제3렌즈 4: 제4렌즈

- [22] 5: 제5렌즈 6: 제6렌즈
- [23] 7: 제7렌즈 8: 제8렌즈
- [24] 10: 결상부 20: 릴레이부

발명의 실시를 위한 형태

- [25] 이하 상기의 목적을 구체적으로 실현할 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 설명한다.
- [26] 본 발명에 따른 열영상 현미경용 광학계는 구면렌즈와 비구면렌즈의 조합으로 구성되고, 렌즈소재로는 게르마늄(Germanium)과 실리콘(Silicon)으로만 구성된다. 이러한 구성에 의해서 광학계를 제작할 때에 비구면 형상가공에 용이하다.
- [27] 광학계는 15 mm 이상의 거리에 놓인 시편에 대해서 4 μ m 정도의 분해능을 갖고, NA (Numerical Aperture)는 0.65이다. 본 발명에 따른 광학계는 적외선 파장대인 3 ~ 5 μ m의 파장에서 사용할 수 있도록 설정되었기 때문에 발생할 수 밖에 없는 색수차 및 여러 수차의 문제를 해결하고 또한 가까이 있는 물체를 5배로 확대하여 관찰하기 때문에 비구면 렌즈가 사용되었다. 비구면 렌즈는 가공의 편의성을 위하여 모두 볼록 면으로 한정하였다. 열영상 현미경용 광학계는 크게 6번째 렌즈까지의 결상부와 7~8번째 렌즈로 이루어진 릴레이부로 나뉘어져 있다. 릴레이부는 Cold stop이 센서쪽에 위치하고 있으므로, 결상부의 대구경화를 억제하면서 광량 손실 없이 최대한의 분해능을 갖는다.
- [28] 도 1은 본 발명에 따른 측면도이다. 이하 도 1을 참조해서 설명한다.
- [29] 본 발명에 따른 열영상 현미경용 광학계는 외관을 형성하고 그 내부에 복수 개의 렌즈를 수용하는 케이스(40)를 포함한다.
- [30] 상기 케이스(40)의 내부에는 다양한 크기의 렌즈가 다양한 간격의 거리를 유지할 수 있도록 배열된다.
- [31] 도 2는 본 발명의 개념도이고, 도 3은 도 1의 부분 절개 사시도이다. 이하 도 2 및 도 3을 참조해서 설명한다.
- [32] 본 발명에 따른 열영상 현미경용 광학계는 초점을 맺는 결상부(10) 및 광경로를 늘려주는 릴레이부(20)를 포함한다. 상기 결상부(10)는 물체 측에 가깝게 설치되고, 상기 릴레이부(20)는 상측에 가깝게 설치된다.
- [33] 한편 상기 결상부(10)는 여섯 개의 렌즈로 이루어지고, 상기 릴레이부(20)는 두 개의 렌즈로 이루어진다.
- [34] 상기 결상부(10)는 제1렌즈(1), 제2렌즈(2), 제3렌즈(3), 제4렌즈(4), 제5렌즈(5) 및 제6렌즈(6)로 구성되고, 순서에 따라 물체로부터 멀어지도록 배열된다.
- [35] 상기 제1렌즈(1)는 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제1a면(1a)과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제1b면(1b)을 구비하고, 상기 제2렌즈(2)는 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제2a면(2a)과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제2b면(2b)을 구비한다.

- [36] 상기 제3렌즈(3)는 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제3a면(3a)과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제3b면(3b)을 구비하고, 상기 제4렌즈(4)는 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제4a면(4a)과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제4b면(4b)을 구비한다.
- [37] 상기 제5렌즈(5)는 물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제5a면(5a)과 상측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제5b면(5b)을 구비하고, 상기 제6렌즈(6)는 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제6a면(6a)과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제6b면(6b)을 구비한다.
- [38] 상기 릴레이부(20)는 제7렌즈(7) 및 제8렌즈(8)로 구성되고, 순서에 따라 물체로부터 멀어지도록 배열된다.
- [39] 상기 제7렌즈(7)는 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제7a면(7a)과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제7b면(7b)을 구비하고, 제8렌즈(8)는 물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제8a면(8a)과 상측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제8b면(8b)을 구비한다.
- [40] 렌즈를 사용하는 경우에는 필연적으로 수차가 발생할 수 있다. 렌즈의 중심부분을 사용하면 명확한 상을 맺을 수 있지만, 렌즈의 주변끝까지 사용하여 상을 맺을 때는 상이 선명하지 못하거나 찌그러지기도 한다. 이것은 빛이 파장이 다른 많은 단색광으로 이루어져 있고 렌즈가 구면이라는 점 때문에 일어나는 현상이다. 이것을 렌즈의 수차라고 한다. 단일렌즈에는 여러 가지 형이 있으며, 대부분의 경우 여러 개인 단일렌즈를 모아서 조합렌즈로 만드는 것도 수차를 보정하기 위한 것이다.
- [41] 일반적으로 종래기술에서는 여러 개의 렌즈를 하나의 군으로 묶고 각각의 군을 수차보정하지만, 본 발명에서는 결상부와 릴레이부를 하나의 시스템으로 간주해서 수차를 보정한다.
- [42] 본 발명에 따른 상기 제3a면(3a), 상기 제5a면(5a), 상기 제6b면(6b), 상기 제7b면(7b)은 비구면으로 이루어지고, 나머지 면은 구면으로 이루어진다. 비구면렌즈는 구면렌즈에 비해서 가공이 어렵다는 차이가 있다. 따라서 가공의 편의를 위해서 비구면보다는 구면을 쓰는 것이 바람직하지만, 광학계에서 발생되는 수차를 보정하기 위해서 렌즈의 해당되는 부위를 비구면으로 형성한다.
- [43] 본 발명은 렌즈의 양쪽면이 비구면이거나, 한쪽이 비구면이면서 오목면인 경우에는 가공이 어렵다는 점을 고려해서 각각의 렌즈를 배열한다. 즉 본 발명에서는 렌즈의 양쪽면이 모두 비구면인 경우는 없으며, 나아가 렌즈의 한쪽면이 비구면이라고 하더라도 오목면인 경우는 없다.
- [44] 한편 상기 제1렌즈(1), 상기 제2렌즈(2), 상기 제4렌즈(4), 상기 제8렌즈(8)는 실리콘(silicon)으로 이루어지고, 상기 제3렌즈(3), 상기 제5렌즈(5), 상기 제6렌즈(6), 상기 제7렌즈(7)는 게르마늄(germanium)으로 이루어진 것이 바람직하다.

[45] 특히 각각의 렌즈는 비구면을 포함하면 실리콘으로 이루어진 것이 바람직하다. 왜냐하면 비구면은 구면에 비해서 가공이 어려운데, 비구면을 게르마늄 재질로 형성하는 것은 가공이 더욱 어렵기 때문이다.

[46] 본 발명에서 사용된 렌즈의 구체적인 수치는 아래 표와 같다.

[47] 표 1

렌즈 번호	렌즈면 번호	반지름	두께(mm)
1	1a	45.147	4.5
	1b	30.3251	
2	2a	37.48003	5
	2b	109.209	
3	3a	587.955	3
	3c	57.478	
4	4a	24.716	5
	4b	41.822	
5	5a	20.9215	4
	5b	12.387	
6	6a	27.279	4.5
	6b	25.581	
7	7a	53.948	3
	7b	87.316	
8	8a	160.897	4.5
	8b	30.766	

[48] 각각의 렌즈 사이의 거리와 구체적인 수치는 도 2에 도시된다. 도 2에서 도면부호를 제외한 숫자들은 광학계에 사용된 값들을 의미한다. 렌즈를 통과하는 빛의 파장의 경로는 도 2에 도시된 선들과 같이 형성된다. 물체를 통과한 파장은 상기 제1렌즈(1)를 처음으로 통과한 후에 상기 제8렌즈(8)를 통과한다.

[49] 참고로 도면부호 30은 윈도우로, 제8렌즈(8)보다 상측에 가깝게 위치하여 제8렌즈(8)를 통과한 파장 중에 일부를 걸러서 최종적으로 카메라에 상이 맺히도록 한다.

[50] 또한 제1렌즈(1)의 두께 T1은 4.5mm, 제2렌즈(2)의 두께 T2는 5mm, 제3렌즈(3)의 두께 T3는 3mm, 제4렌즈(4)의 두께 T4은 5mm, 제5렌즈(5)의 두께 T5은 4mm, 제6렌즈(6)의 두께 T6은 4.5mm, 제7렌즈(7)의 두께 T7은 3mm,

제8렌즈(8)의 두께 T8은 4.5mm로 구성된다. 이때 각각의 렌즈의 두께 T는 각각의 렌즈의 중심부의 두께를 의미한다.

[51] 도 4, 도 5 및 도 6은 본 발명에 따른 실험 결과를 도시한 도면이다. 이하 도 4, 도 5 및 도 6을 참조해서 설명한다.

[52] 표와 도면에는 도시되지 않았지만 본 발명에 따른 광학계는 $5\mu\text{m}$ 의 분해능에 대해서는 75%, $3\mu\text{m}$ 의 분해능에 대해서는 65%이상의 높은 MTF 성능을 보여 종래 기술에 비해서 광학성능이 향상되었다.

[53] 아래 표와 도 4, 도 5, 도 6에는 물체와 15mm 이상의 거리를 가지면서, $4\mu\text{m}$ 파장을 감지하는 경우에 나타난 실험값과 그 데이터들에 의해서 그려진 그래프로 표시된다. 아래 표와 도 4, 도 5, 도 6에서는 이론적 한계치에 근접하도록 광학성능이 향상된 것을 구체적으로 확인할 수 있다.

[54] 표 2

		10 cycle/mm	16 cycle/mm
Field(0,0)	Diffraction Limit	0.804	0.678
	MTF		
	Nominal MTF	0.803	0.675
Field(0,0.7)	Diffraction Limit	0.801	0.680
	MTF		
	Nominal MTF	0.795	0.671
Field(0,1)	Diffraction Limit	0.782	0.667
	MTF		
	Nominal MTF	0.772	0.650

[55] 표 2에는 중심파장($4\mu\text{m}$)에서의 공간 분해능과 Field에 따른 MTF의 변화를 나타낸 것이다. 표 2에서 Field (0, 0.7)과 Field(0, 1)은 전체 Field를 (0, 0) ~ (0, 1)로 생각하였을 때의 비율이며 도 4, 도 5 및 도 6에서는 각각 0.86 mm, 1.23 mm를 의미한다.

[56] 즉 Field(0, 0)에 대한 실험결과는 도 4에 도시되고, Field(0, 0.7)은 도 5에 도시되고, Field(0, 1)은 도 6에 도시된다.

[57] 도 4 내지 도 6에서 T S DIFF. LIMIT는 이론 한계값을 표시하였는데, 본 발명에 따른 T S 0.0000, T S 0.8600, T S 1.2300이 이론 한계값과 굉장히 유사하여 광학성능이 향상되었음을 확인할 수 있다.

[58] 본 발명에 따른 열영상 현미경 광학계의 설계에서 가장 큰 문제가 되는 수차는 구면수차와 코마수차 그리고 색수차였다. 색수차의 경우는 파장의 범위가 $3 \sim 5\mu\text{m}$ 이기 때문에 비구면 렌즈의 조합을 통해 제거할 수 있었다. 구면수차는 5번째 렌즈의 볼록면을 비구면으로 설계하여 최소화하여, 광학적 성능이 향상된

열영상 현미경용 광학계를 개발한 것을 알 수 있다.

- [59] 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않으며, 첨부된 청구범위에서 알 수 있는 바와 같이 본 발명이 속한 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 변형이 가능하고 이러한 변형은 본 발명의 범위에 속한다.

청구범위

[청구항 1]

초점을 맺는 결상부; 및
광경로를 늘려주는 릴레이부;를 포함하고,
상기 결상부는 여섯 개의 렌즈로 이루어지고,
상기 릴레이부는 두 개의 렌즈로 이루어지며,
렌즈의 비구면은 모두 볼록면으로 형성된 것을 특징으로 하는
열영상 현미경용 광학계.

[청구항 2]

제1항에 있어서,
상기 결상부는
물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제1a면과 상측에 양의
굴절력을 갖는 볼록면인 제1b면을 구비하는 제1렌즈,
물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제2a면과 상측에 음의
굴절력을 갖는 오목면인 제2b면을 구비하는 제2렌즈,
물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제3a면과 상측에 음의
굴절력을 갖는 오목면인 제3b면을 구비하는 제3렌즈,
물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제4a면과 상측에 음의
굴절력을 갖는 오목면인 제4b면을 구비하는 제4렌즈,
물체 측에 양의 굴절력을 갖는 볼록면인 제5a면과 상측에 음의
굴절력을 갖는 오목면인 제5b면을 구비하는 제5렌즈,
물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제6a면과 상측에 양의
굴절력을 갖는 볼록면인 제6b면을 구비하는 제6렌즈를 포함하고,
상기 릴레이부는
물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제7a면과 상측에 양의
굴절력을 갖는 볼록면인 제7b면을 구비하는 제7렌즈,
물체 측에 음의 굴절력을 갖는 오목면인 제8a면과 상측에 양의
굴절력을 갖는 볼록면인 제8b면을 구비하는 제8렌즈를 포함하고,
각각의 렌즈가 번호에 따라 일렬로 나열되는 것을 특징으로 하는
열영상 현미경용 광학계.

[청구항 3]

제2항에 있어서,
상기 제3a면, 상기 제5a면, 상기 제6b면, 상기 제7b면은 비구면으로
이루어지고, 나머지 면은 구면으로 이루어진 것을 특징으로 하는
열영상 현미경용 광학계.

[청구항 4]

제2항에 있어서,
상기 제1렌즈, 상기 제2렌즈, 상기 제4렌즈, 상기 제8렌즈는
실리콘(silicon)으로 이루어지고, 상기 제3렌즈, 상기 제5렌즈, 상기
제6렌즈, 상기 제7렌즈는 게르마늄(germanium)으로 이루어진 것을
특징으로 하는 열영상 현미경용 광학계.

[청구항 5]

제4항에 있어서,

각각의 렌즈는 비구면을 포함하면 실리콘으로 이루어진 것을 특징으로 하는 열영상 현미경용 광학계.

[청구항 6]

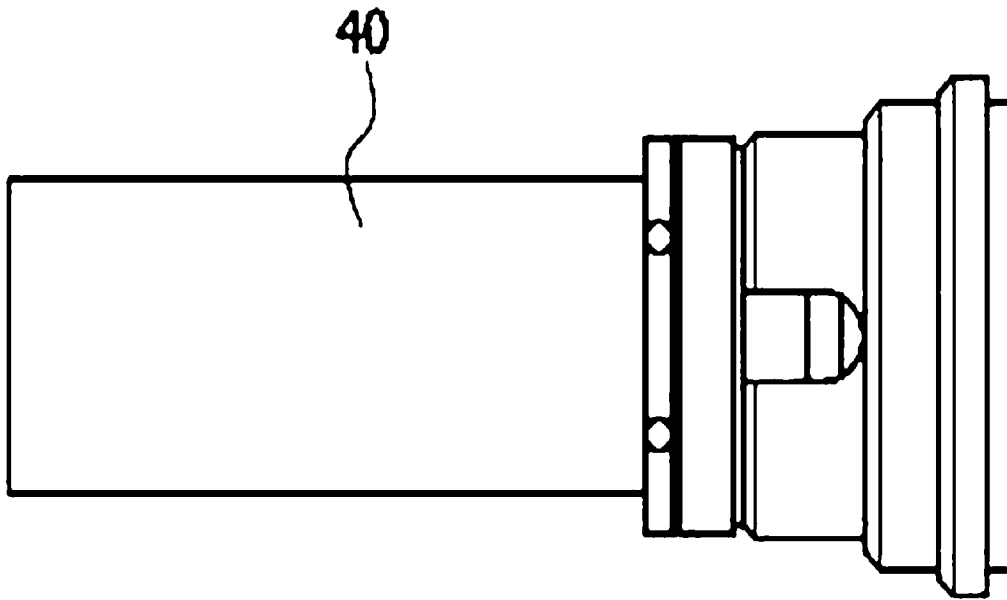
제2항에 있어서,

각각의 렌즈의 반지름과 중심의 두께는 표 1을 만족하는 것을 특징으로 하는 열영상 현미경용 광학계.

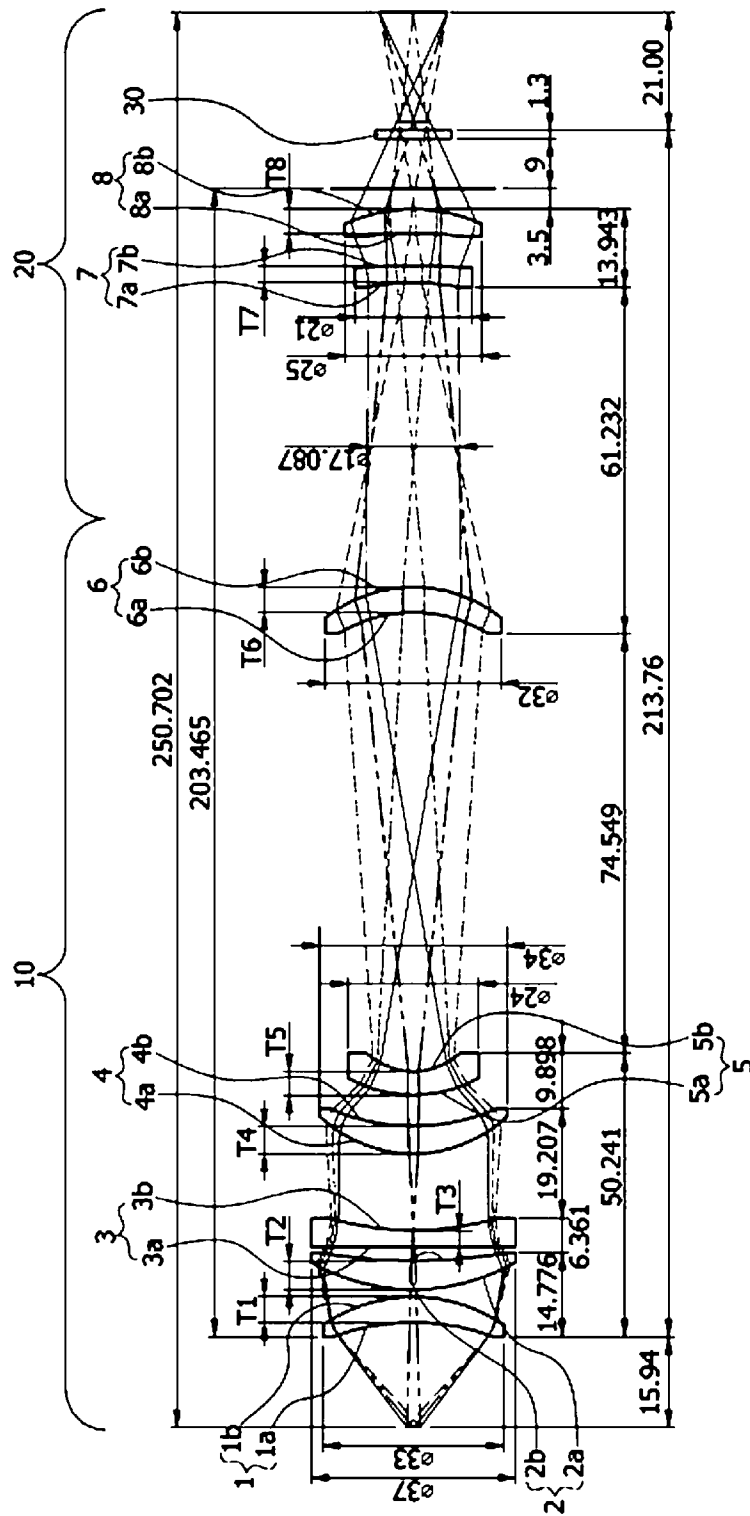
- 표 1 -

렌즈 번호	렌즈면 번호	반지름	두께 (mm)
1	1a	45.147	4.5
	1b	30.3251	
2	2a	37.48003	5
	2b	109.209	
3	3a	587.955	3
	3c	57.478	
4	4a	24.716	5
	4b	41.822	
5	5a	20.9215	4
	5b	12.387	
6	6a	27.279	4.5
	6b	25.581	
7	7a	53.948	3
	7b	87.316	
8	8a	160.897	4.5
	8b	30.766	

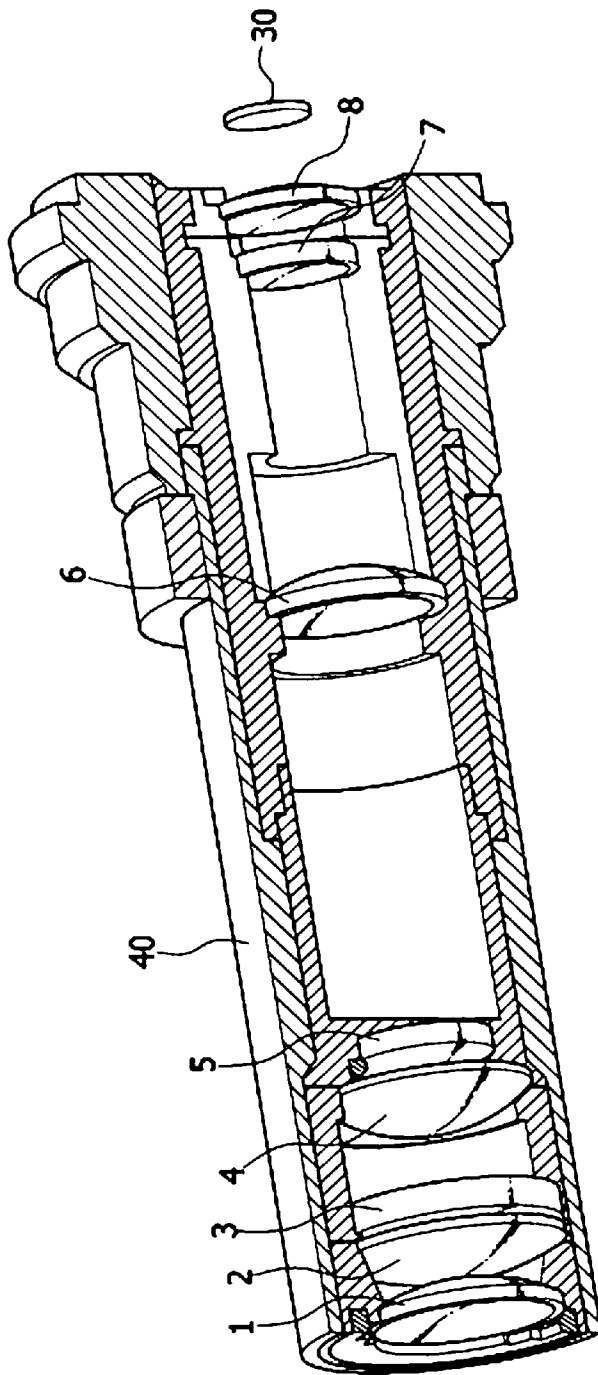
[Fig. 1]



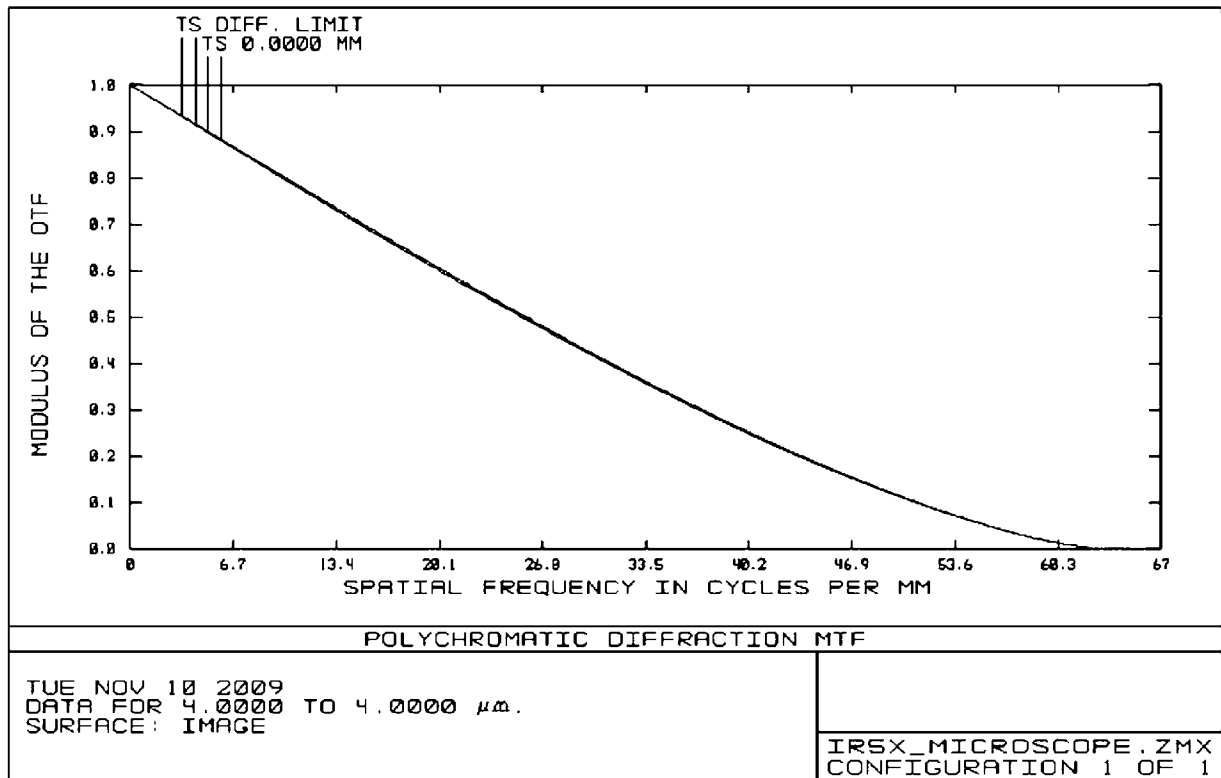
[Fig. 2]



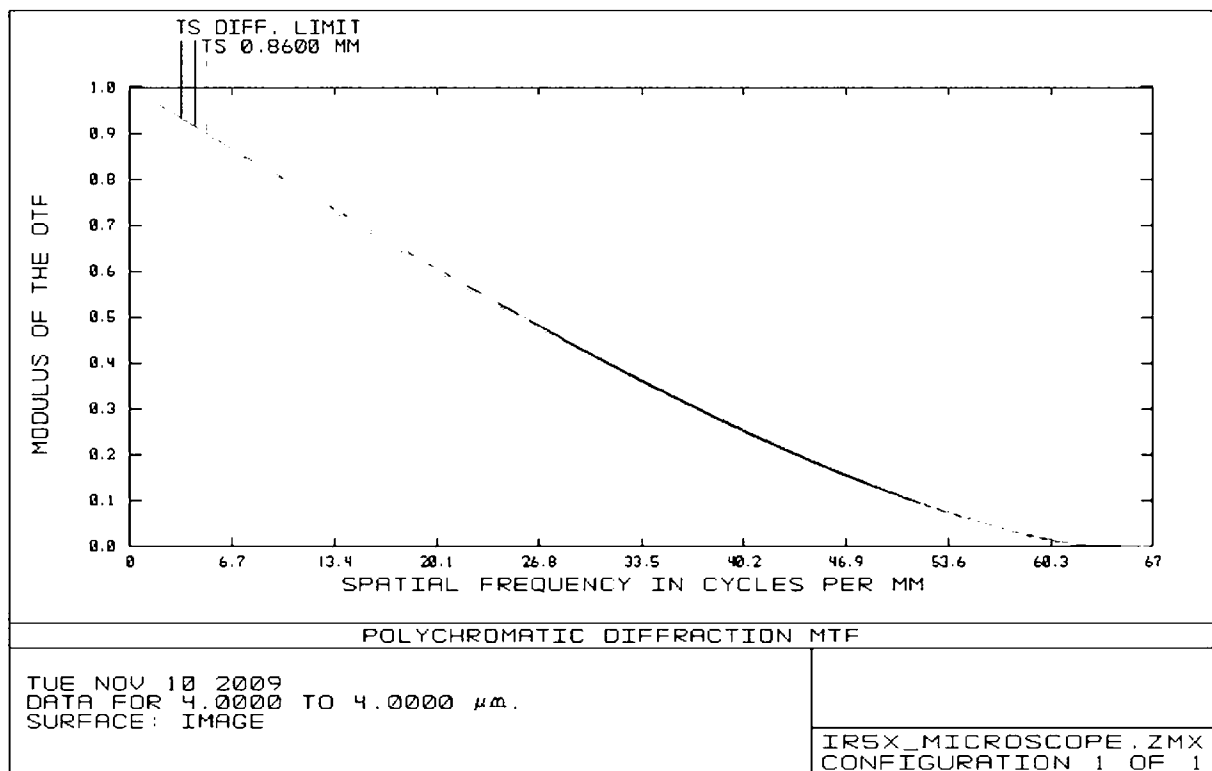
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]

