

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.	(45) 공고일자	2006년06월19일
G01B 9/06 (2006.01)	(11) 등록번호	10-0590232
G01B 11/27 (2006.01)	(24) 등록일자	2006년06월08일
G02B 23/02 (2006.01)		

(21) 출원번호	10-2004-0090390	(65) 공개번호	10-2006-0041037
(22) 출원일자	2004년11월08일	(43) 공개일자	2006년05월11일

(73) 특허권자 국방과학연구소
 대전 유성구 수남동 111번지

(72) 발명자 김연수
 대전광역시 서구 탄방동 765 한우리아파트 110동 205호

 김현숙
 대전광역시 유성구 지족동 919 열매마을아파트 705동 801호

 김현규
 대전 서구 만년동 엑스포오피스텔 1109호

 박용찬
 대전 서구 둔산동 샘머리 아파트 105동 1102호

(74) 대리인 박장원

(56) 선행기술조사문헌
US4439012 A
* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 장종윤

(54) 널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경

요약

본 발명은 부경 외곽에 형성된 환형 거울과 주경으로 정렬 광학계를 구성하여 대구경 반사 망원경의 전체 광경로에 대한 광학적 정렬상태를 점검한다. 상기 환형 거울에서 반사된 광선의 광파면과 주경의 특정 대역 표면형상과 일치하도록 널 시스템으로 설계한다. 이와 같은 널 정렬 시스템은 부경 외곽에 환형의 소형 널 반사경을 사용하므로 전체적인 무게가 가벼울 뿐 아니라 외형도 줄어드는 장점이 있다.

대표도

도 3

색인어

대구경 반사 망원경, 광학 정렬, 널 광학계

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 대구경 반사 망원경의 광학계 구성을 보인 모식도.
- 도 2는 자동시준 방식의 정렬 광학계를 보인 모식도.
- 도 3은 본 발명에 따른 널 정렬 광학계를 보인 모식도.
- 도 4는 본 발명에 따른 널 정렬 광학계의 광경로차 (Optical Path Difference) 그래프.
- 도 5는 본 발명에 따른 널정렬 광학계를 이용한 정렬 오차 측정 방법을 보인 모식도.
- 도 6은 본 발명에 따른 널 정렬 광학계의 변조전달함수를 보인 그래프.

*** 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ***

10:주경 20:부경

30a, 30b, 30c, 30d:연결 거울 50:널 반사경

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경에 관한 것이다.

일반적으로 원거리 표적을 관측하는 대구경 반사 망원경은 도 1에 도시된 바와 같이 주경(10), 부경(20) 및 연결거울(30a, 30b, 30c, 30d)로 구성되며, 표적의 움직임을 포착할 수 있도록 반사경계의 방위각 및 고각 구동이 자유로운 Coude 광경로를 구성한다. 이러한 망원경에서는 원거리 물체에서 발산된 빛이 주경(10)에 입사하여 부경(20)과 연결거울(30a, 30b, 30c, 30d)를 거쳐 망원경의 초점면에 상을 만든다. 이와 같은 반사망원경은 쓰는 방향을 거꾸로 하면 원거리 빔 전송장치로 이용할 수도 있다. 즉, 연결거울(30a, 30b, 30c, 30d), 부경(20) 및 주경을 거쳐 원거리 지점에 광을 전송할 수 있다.

대구경 반사 망원경에 전달되는 왜란이나 수명에 의한 구조적 변형은 광학계의 광학성능을 떨어뜨린다. 특히 Coude 광경로를 만드는 연결거울들은 상당히 긴 광경로를 만들뿐만 아니라 열적인 변형이나 시간이 지남에 따라 구조적 변형을 일으킬 가능성이 있다. 따라서 이러한 구조적 변형은 대구경 반사 망원경의 광학적 성능을 떨어뜨려 사용상에 제한을 받을 수 있다. 따라서 대구경 반사 망원경의 광학정렬을 실시간 또는 어느때나 점검하기 위한 점검 장치가 필요해진다.

기존의 광학 정렬 모니터링은 도 2에 도시된 바와 같은 자동시준 방식의 광학계이다.

자동시준 광학계에서는 대구경의 환형 평면 기준거울(40)을 집속 광학계의 외곽에 설치하여 부경과 주경의 가장자리 대역을 진행하는 평행광이 환형 평면 기준거울에서 반사되어 오던 길로 되돌아가게 함으로써 광학정렬 상태를 모니터링 한다. 이러한 정렬방식을 사용하는 반사 망원경은 실제 필요한 유효구경보다 큰 주경과 환형 평면 기준거울을 필요로 한다. 이와 같은 자동시준 방식의 정렬점검 장치는 대구경 환형 평면거울로 인해 기구·광학적으로 외형이 커지고 장착이 어려워지고 제작비용이 많이 소요되는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 종래의 대구경 반사 망원경의 광학계의 광학적 정렬상태를 점검하는 방식을 개선하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 대구경 환형 기준거울 사용하지 않은 정렬 광학계를 이용함으로써 망원경의 부피를 줄이고, 제조 비용을 낮추는 것이다.

기타, 본 발명의 다른 목적 및 특징은 이하의 상세한 설명에서 더욱 구체적으로 제시될 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 종래의 대구경 환형 평면거울 대신 부경 외곽에 환형 비구면 거울을 설치하여 광학정렬 상태를 점검하는 장치로 소형·경량화된 광학정렬 점검장치를 대구경 반사 망원경에 제공한다.

구체적으로 본 발명은 주경(primary mirror)과, 상기 주경에 대향되어 설치되는 부경(secondary mirror)과, 상기 부경 외곽에 설치되며, 상기 주경의 특정 대역의 표면 형상과 일치하도록 설계된 환형의 비구면 널(null) 반사경과, 상기 널 반사경으로부터 반사되는 빔으로부터 광학 정렬 상태를 감지하는 정렬감지부를 포함하는 널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경을 제공한다.

상기 정렬감지부는 상기 널 반사경으로부터 반사되는 빔을 분할하는 빔 분할기와, 분할된 빔을 집속하는 결상렌즈 및 상기 결상렌즈에 맺히는 상점의 이동량을 감지하는 광위치센서를 포함한다.

상기 부경과 널 반사경은 동일 마운트에 장착되어 함께 움직이는데, 광축에 수직 방향에 대하여 기울기 또는 변위는 상기 부경과 널 반사경이 함께 움직이지만, 광축 방향에 대하여 상기 부경만 움직여 초점 조정을 하게 된다.

본 발명에서는 도 3에 도시한 바와 같이 부경(20) 외곽 주위에 일체적으로 혹은 별도로 환형의 널 반사경(50)을 설치하며, 이 널 반사경(50)과 주경(10)이 널 정렬 광학계를 구성하여 대구경 반사 망원경의 전체 광경로에 대한 광학적 정렬상태를 점검한다. 널 정렬 광학계는 널 반사경에서 반사된 광선의 광과면과 주경의 특정 대역 표면형상과 일치하도록 널 시스템으로 구성되어 있다. 대구경 반사 망원경의 광경로상에 빔 분할기로 광선을 분기하고 결상렌즈를 통하여 광 위치센서(position sensitive detector)에 맺히는 상점의 이동량을 계산하여 정렬오차를 측정한다. 이와 같은 널 정렬 시스템은 부경 외곽에 소형 널 반사경을 사용하므로 전체적인 무게가 가벼울 뿐 아니라 외형도 줄어드는 장점이 있다.

부경 쪽으로 입사된 광선 중, 부경에서 반사되어 주경에 도달한 광선은 주경에서 반사된 후 원거리 표적에 집속되는 반면, 널 반사경에서 반사되어 주경에 도달한 광선은 주경에서 반사되어 입사 경로와 반대로 반사되어 광학정렬 상태를 점검할 수 있게 된다.

본 발명에 따르면, 주경과 부경간에 기울기나 변위등 대구경 반사 망원경 광학계의 비축 정렬오차는 민감하게 감지하나, 널 정렬 광학계 자체의 광학적 비축수차의 민감도는 둔감한 것을 확인하였다. 또한, 본 발명의 널 정렬 광학계는 매우 작은 양의 비축 정렬오차도 결상 렌즈에 대한 초점거리의 가변을 통하여 정밀하게 측정할 수 있다.

실시에

이하의 실시예는 본 발명의 특징을 이해하기 위하여 예시적으로 기술한 것이며, 본 발명을 제한하는 목적으로 이해해서는 아니되며, 당업자라면 본 발명의 특허청구범위의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 개선을 할 수 있을 것이다.

1. 광학계 설계

본 발명에 따른 널 정렬 광학계의 실용성을 검증하기 위해 2 반사경계로 구성된 광학계를 설계하였으며, 이 광학계에 본 발명의 널 정렬 광학계를 설계하여 비축정렬 오차에 대한 분석을 통해 정렬 점검장치로서의 기능을 확인하여 보았다. 표 1은 설계된 2 반사경계 광학계의 설계 데이터이다.

[표 1] 2 반사경계로 구성된 대구경 반사 망원경 광학계의 설계 데이터

(단위: mm)

번호	곡률반경	두께	비구면 계수	가장자리 광선 높이
무한점광원	∞	0		
1	182.88	-365.112	-1.009102	27.5
2	912.69	1,000,000.	-1	137.5

설계된 광학계의 주경은 포물면으로 유효구경은 275 mm 이고, 쌍곡면인 부경은 구경이 55.0 mm로 광학배율은 6배 정도 이고 회절한계 성능이 보장되는 시계는 1 mrad 정도이다. 광학계에서 시준된 입사광선은 부경에서 반사되어 주경에 도달한 후, 주경에서 반사하여 1 km 지점에 결상된다.

또한, 상기 광학계에 광학정렬 점검을 위하여 널 정렬 광학계를 구성하였다. 널 정렬 광학계는 부경 외곽에 놓인 널 반사경과 주경으로 구성된다. 널 반사경로 입사한 평행광은 주경으로 반사되며 반사된 광과면은 주경의 특정 대역 표면형상과 일치하도록 널 시스템으로 설계되었다. 따라서, 주경에서 반사된 광선은 정확히 오던 경로로 되돌아가 널 반사경의 같은 위치에 도달하게 된다. 즉, 널 반사경에 입사된 광선은 주경에서 반사된 후 널 반사경에서 다시 반사되어 원래 입사광선과 방향만이 역전된 출력 광선으로 바뀌게 된다. 2 반사경으로 구성된 광학계를 위한 널 정렬 광학계의 설계 데이터는 표 2와 같다.

[표 2] 널 정렬 광학계 설계 데이터

(단위 : mm)

번호	곡률반경	두께	비구면 계수	광선 높이	
				안쪽	밖깎쪽
무한점광원	∞	0			
1	1095.15	-365.112	-7.653574	28.5	33.5
2	912.69	365.112	-1.	47.4	55.7
3	1095.15	0	-7.653574	28.5	33.5
무한점광원	∞				

부경과 널 반사경은 동일 마운트에 장착되므로 널 정렬을 위한 광선은 널 반사경의 전체 구경을 사용하는 것이 아니고 광축에 대하여 반경 28.5 mm부터 33.5 mm 까지 사용한다.

설계된 널 정렬 광학계의 광경로차 (Optical Path Difference)는 도 4와 같으며 널 반사경 전체 구경에 대하여 계산되었다. 널 정렬을 위해 사용되는 광선에 대한 광경로차는 전체 구경의 0.85 부터 1.0 까지 이다. 광경로차는 전체 0.1°시계에 대하여 0.007 λ 이하이며, 여기서 λ 는 0.63 μm 이다.

2. 성능 테스트

설계된 널 정렬 광학계는 대구경 반사 망원경 광학계의 정렬상태를 실시간으로 점검하기 위하여 주경과 부경 간에 기울기나 변위 등의 비축 정렬오차를 민감하게 감지하여야 하는 반면, 정렬오차 측정에 영향을 주지 않기 위해서는 널 정렬 광학계 자체의 광학적 비축 수차성능은 둔감해야 한다.

표 3 은 주경을 기준으로 한 널 반사경의 기울기(tilt) 및 변위(decenter)에 대한 널 정렬 광학계의 광학 성능을 보여준다. 널 정렬 광학계는 회전대칭이므로 편의상 y축에 대한 기울기 및 변위에 대한 민감도 및 파면오차를 분석하였다. 민감도는 널 반사경의 미소 변위에 대해서 제르니케 계수의 변화량으로 나타내었으며 변위량은 통상적으로 발생할 수 있는 비축 정렬오차를 적용하였다.

[표 3] 설계된 널 정렬 광학계의 비축 민감도 및 파면오차 (@ 632.8 nm)

정렬오차 항목	변 위	민 감 도 (λ/mrad , λ/mm)				파면오차 (λ)			
		C4	C5	C9	C13	C4	C5	C9	C13
y축 기울기	1 mrad	0.001	-0.004	0.005	0.000	0.000	0.004	0.005	0.000

y축 decenter	0.1 mm	0.000	0.000	-0.038	0.000	0.000	0.000	-0.004	0.000
-------------	--------	-------	-------	--------	-------	-------	-------	--------	-------

C4 : Astigmatism with axis at 45° C9 : Third-order coma along y axis

C5 : Defocus C13 : Third-order spherical aberration

표 3에서 보는 바와 같이 널 반사경의 비축 오차에 대한 널 광학계의 수차 변화는 매우 작다. 이와 같이 널 정렬 광학계는 널 반사경의 기구적인 정렬오차에 대해 비축의 광학적 성능은 그다지 나빠지지 않았다. 따라서, 본 발명에 따른 널 정렬 광학계가 대구경 반사 망원경 광학계의 광학 정렬 점검장치로 사용되는데 효과적임을 알 수 있다.

3. 정렬 오차 측정

본 발명에 따른 널 정렬 광학계를 이용하여 대구경 반사 망원경 광학계의 비축 정렬 오차 크기를 측정하는 방법을 설명한다.

상기 널 반사경은 부경과 같은 마운트에 장착되므로 부경의 변위나 기울기는 널 반사경의 변위나 기울기가 된다. 따라서 부경의 정렬이 어긋나 있을 때, 원래 광축으로 입사하는 평행광은 널 반사경에 대하여 비축으로 입사하는 광선이 되며, 널 정렬 광학계를 거친 후 되돌아 나오는 광선은 비축으로 진행하는 광선이 된다. 따라서 이때 되돌아 나오는 광선을 렌즈를 써서 결상하게 되면 비축상에 영상을 맺게 되며, 상점이 광축에서 벗어나는 정도를 알아내면 부경의 기울기각 또는 변위를 정확히 알 수 있다.

도 5는 부경이 0.1°기울어진 경우, 즉 대구경 반사 망원경 광학계의 정렬에 문제가 발생하였을 때 이를 측정하기 위한 널 정렬 광학계의 측정 방법을 설명하기 위한 모식도이다. 편의상 평행광은 연결거울을 통해 널 반사경에 입사된다고 가정하였다. 입사된 평행광은 널 반사경(50)에서 반사되고 주경(10)에서 반사되어 널 반사경(50)과 연결 거울(30a)을 거쳐 원래 입사면으로 되돌아 나오게 된다. 따라서 입사면에 초점거리를 알 수 있는 무수차계의 이상적인 렌즈를 써서 결상을 하게 되면 광학정렬 오차를 측정할 수 있다.

부경이 0.1°기울어진 경우, 즉 널 반사경이 0.1°기울어졌을 때 널 반사경(50)이 기울어진 효과는 널 광학계를 되돌아 나오는 광선의 광축에 대한 기울기를 더 키우게 하며, 이 경우는 발생된 양의 4 배인 0.4°가 되었다. 입사면 위치에 있는 결상 렌즈(60)를 통과한 빔은 상점의 비축 이동이 발생한다. 결상 렌즈의 초점거리를 300 mm 로 가정한다면 상점의 비축 이동량은 약 2.1 mm 가 된다. 사용되는 결상 렌즈의 초점거리나 검출기의 크기를 적절히 이용하면 대구경 반사 망원경 광학계의 정렬 오차를 더욱 정밀하게 측정할 수 있다.

도 6은 널 반사경이 0.1°기울어졌을 때 널 정렬 광학계의 변조전달함수 (MTF: Modulation Transfer Function)를 보여준다. 앞의 표 3 에서도 언급한 바와 같이 널 반사경이 0.1°기울어 졌을지라도 널 정렬 광학계 광학적 성능은 회절한계 성능과 구분할 수 없을 정도로 영상의 질이 우수함을 알 수 있다. 따라서 렌즈를 이용하여 널 광학계를 되돌아 나오는 광선을 결상할 때 상면에서의 상점이 흐려지거나 커지지 않고 또렷하게 맺을 수 있어 정밀한 측정에 도움이 될 수 있음을 알 수 있다.

발명의 효과

본 발명에 따른 널 정렬 광학계는 부경 외곽에 소형 널 반사경을 사용하므로 대구경 반사 망원경의 전체적인 무게를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 외형도 감소시킨다. 또한 본 발명에 따른 널 정렬 광학계는 주경과 부경간에 기울기나 변위 등 대구경 반사 망원경 광학계의 비축 정렬오차는 민감하게 감지하나, 널 정렬 광학계 자체의 광학적 비축수차의 민감도는 둔감하여 광학 정렬에 효과적이며, 매우 작은 양의 비축 정렬오차도 정밀하게 측정할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

주경과,

상기 주경에 대향되어 설치되는 부경과,

상기 부경 외주에 설치되며, 상기 주경의 특정 대역의 표면 형상과 일치하도록 설계된 환형의 비구면 널 반사경과,

상기 널 반사경으로부터 반사되는 빔으로부터 광학 정렬 상태를 감지하는 정렬감지부를 포함하는

널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 정렬감지부는

상기 널 반사경으로부터 반사되는 빔을 분할하는 빔 분할기와,

분할된 빔을 집속하는 결상렌즈 및

상기 결상렌즈에 맺히는 상점의 이동량을 감지하는 광위치센서를 포함하는 널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 부경과 널 반사경은 동일 마운트에 장착되어 함께 작동되는 널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경.

청구항 4.

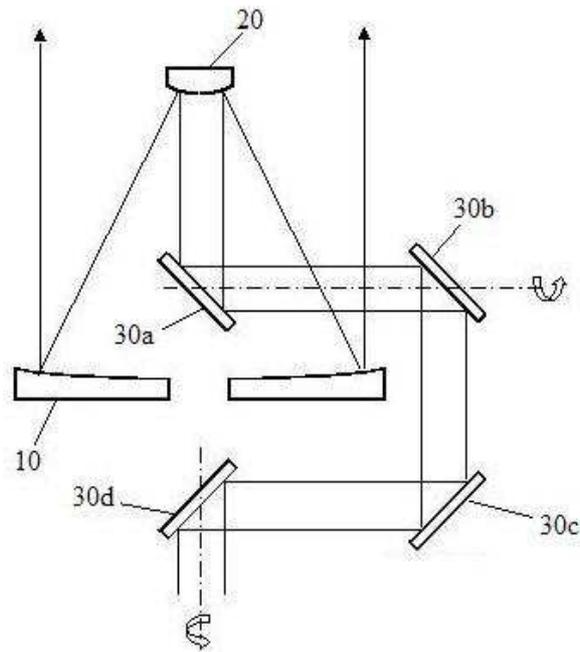
제3항에 있어서, 상기 부경과 널 반사경은 광축에 수직 방향에 대하여 기울기 또는 변위는 함께 작동되지만, 광축 방향에 대하여 상기 부경만 작동하는 널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경.

청구항 5.

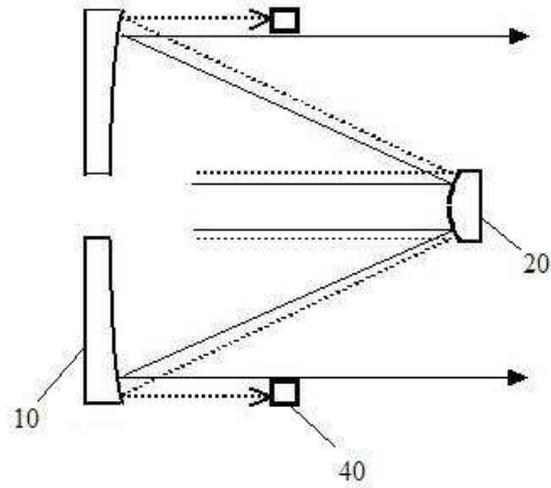
제1항에 있어서, 상기 널 반사경에 광선이 입사하면, 입사광은 널 반사경에서 주경으로 입사하고 다시 주경에서 반사되어 널 반사경의 입사지점과 동일 위치에 도달하는 널 정렬 광학계를 구비하는 대구경 반사 망원경.

도면

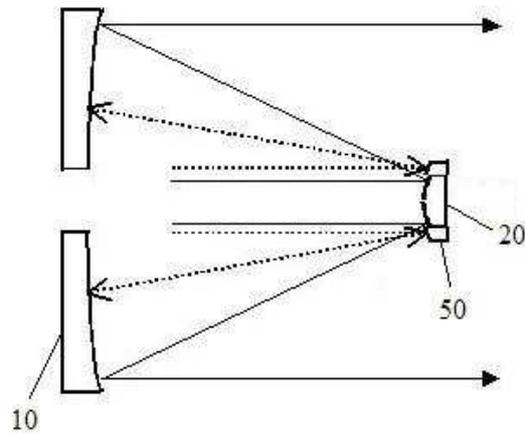
도면1



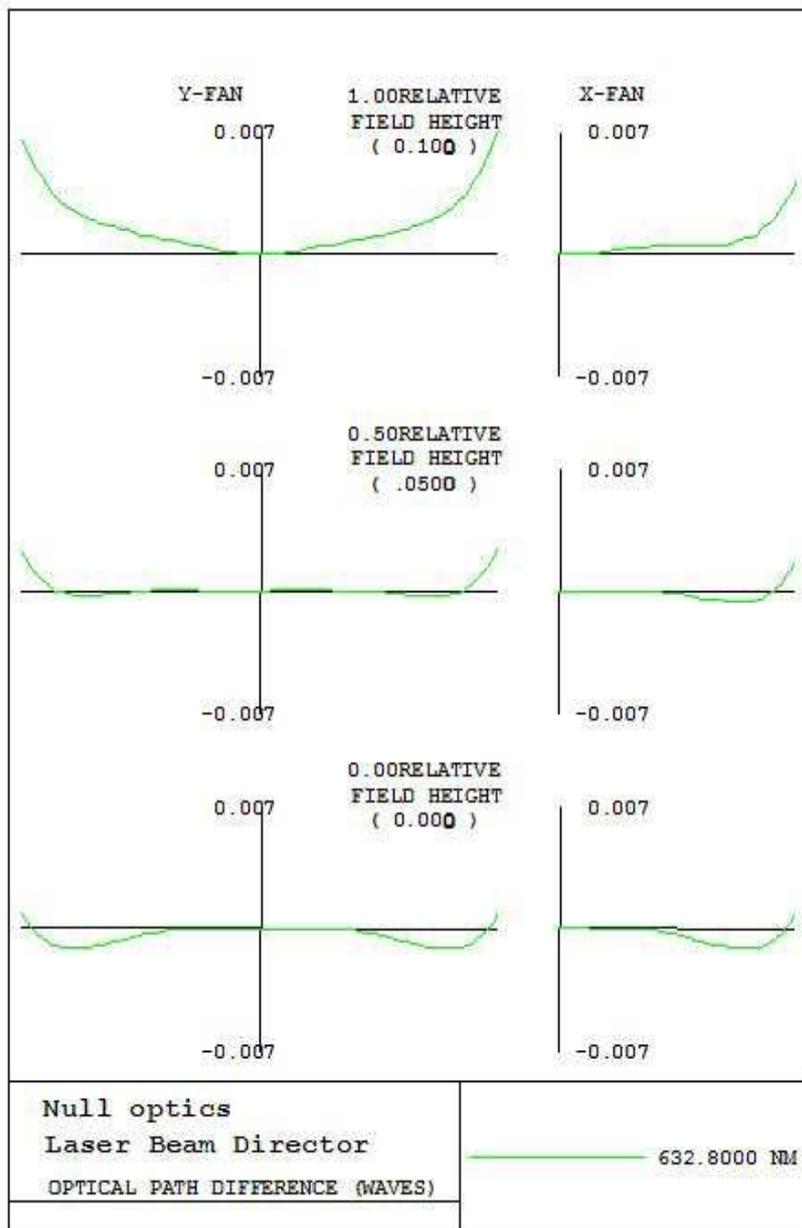
도면2



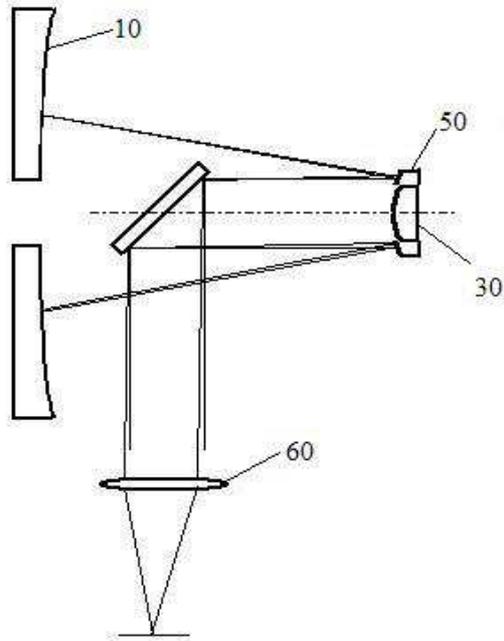
도면3



도면4



도면5



도면6

