



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월15일
(11) 등록번호 10-0767059
(24) 등록일자 2007년10월08일

(51) Int. Cl.

G02B 27/02(2006.01) G02B 26/08(2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0064147

(22) 출원일자 2007년06월28일

심사청구일자 2007년06월28일

(56) 선행기술조사문헌

JP09265655 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

이화여자대학교 산학협력단

서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교내

(72) 발명자

박일홍

경기 성남시 분당구 수내동 양지마을금호3단지아파트 306-1604

박재형

서울 관악구 봉천동 해태보라매주상타운 1607

박용선

서울 관악구 신림6동 1726번지 우정하이비전아파트 105동 1404호

(74) 대리인

김건우

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 고재현

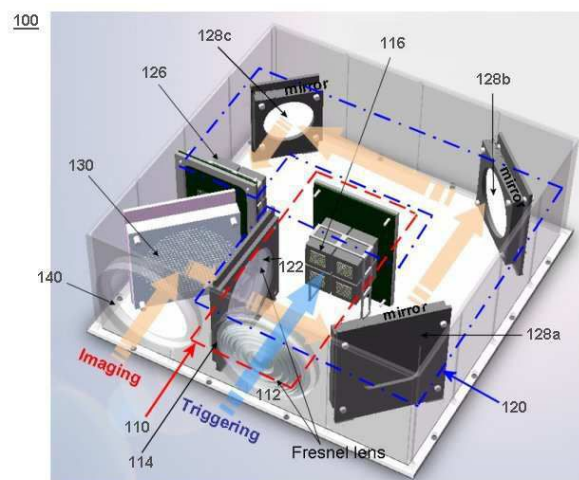
(54) 고속으로 반사각을 제어할 수 있는 미러를 이용한 광학시스템

(57) 요약

본 발명은 미러를 이용한 광학 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 (1) 넓은 시야각(field of view; FOV)을 가지며, 넓은 범위에서 관찰 대상을 검출하기 위한 목표 확인(triggering) 광학 모듈과, (2) 상기 목표 확인 광학 모듈보다 시야각은 좁으나 고분해능을 가지며, 관찰 대상을 상세 관찰하기 위한 입상(imaging) 광학 모듈과, (3) 상기 입상 광학 모듈 앞에 배치되며, 고속으로 반사각을 제어할 수 있는 미러와, (4) 상기 목표 확인 광학 모듈에서 검출된 대상이 관찰 대상인지 여부를 결정하고, 검출된 상기 대상이 관찰 대상인 것으로 결정되면 검출된 상기 대상으로부터의 광 신호가 상기 입상 광학 모듈에 입상되어 상세 관찰될 수 있도록 상기 미러를 제어하는 제어부를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명의 광학 시스템에 따르면, 목표 확인 광학 모듈에서 넓은 시야각(FOV)을 이용하여 관찰 대상을 검출하고, 검출된 관찰 대상을 고속으로 반사각을 변화시킬 수 있는 미러를 이용하여 고분해능을 갖는 입상 광학 모듈에 입상시켜 상세 관찰할 수 있도록 함으로써, 광시야각과 고분해능을 양립시킬 수 있을 뿐만 아니라 고속으로 이동하는 대상을 효과적으로 관찰할 수 있다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

KR100715235 B1

KR100715236 B1

KR1020040082426 A

US7158180 B2

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R16

부처명 과학기술부

연구사업명 창의적 연구진흥 지원연구

연구과제명 MEMS 기반 차세대 우주망원경 개발을 통한 극한에너지우주현상 연구

주관기관 MEMS 우주망원경 연구단

연구기간 2006년 04월 01일 ~ 2015년 02월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

- (1) 넓은 시야각(field of view; FOV)을 가지며, 넓은 범위에서 관찰 대상을 검출하기 위한 목표 확인(triggering) 광학 모듈;
- (2) 상기 목표 확인 광학 모듈보다 시야각은 좁으나 고분해능을 가지며, 관찰 대상을 상세 관찰하기 위한 입상(imaging) 광학 모듈;
- (3) 상기 입상 광학 모듈 앞에 배치되며, 고속으로 반사각을 제어할 수 있는 미러; 및
- (4) 상기 목표 확인 광학 모듈에서 검출된 대상이 관찰 대상인지 여부를 결정하고, 검출된 상기 대상이 관찰 대상인 것으로 결정되면 검출된 상기 대상으로부터의 광 신호가 상기 입상 광학 모듈에 입상되어 상세 관찰될 수 있도록 상기 미러를 제어하는 제어부를 포함하는 광학 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 목표 확인 광학 모듈은, (a) 시야각이 넓은 제1 렌즈부 혹은 미러부, (b) 상기 제1 렌즈부 혹은 미러부에 대한 제1 개구(aperture), 및 (c) 상기 제1 렌즈부 혹은 미러부로부터의 광 신호를 검출하기 위한 제1 광 신호 검출부를 포함하는 광학 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 입상 광학 모듈은, (a) 상기 제1 렌즈부 혹은 미러부보다 더 긴 초점거리를 가지며 이에 따라 고분해능을 갖는 제2 렌즈부 혹은 미러부, (b) 상기 제2 렌즈부 혹은 미러부로부터의 광 신호를 검출하기 위한 제2 광 신호 검출부를 포함하며, 상기 미러에 대한 제2 개구를 더 포함하는 광학 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 입상 광학 모듈은, 상기 제2 렌즈부와 상기 제2 광 신호 검출부 사이에 광 신호의 경로를 변경시키기 위한 적어도 하나 이상의 미러를 더 포함하는 광학 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제1 개구와 상기 제2 개구가 동일한 광학 시스템.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 제1 광 신호 검출부와 상기 제2 광 신호 검출부가 동일한 광학 시스템.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 미러는 초미세 전기기계 시스템(Micro-Electro-Mechanical Systems; MEMS)에 의한 마이크로미러 또는 마이크로미러 어레이(array)로서, 회전(tilting) 각도를 고속으로 변화시켜 반사각을 아날로그 방식으로 제어할 수 있고 큰 반사각이 가능한 미러인 광학 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <26> 본 발명은 미러를 이용한 광학 시스템(optical system)에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 목표 확인(triggering) 광학 모듈에서 넓은 시야각(field of view; FOV)을 이용하여 관찰 대상을 검출하고, 검출된 관찰 대상을 고속으로 반사각을 변화시킬 수 있는 미러를 이용하여 고분해능을 갖는 입상(imaging) 광학 모듈에 입상시켜 상세 관찰할 수 있도록 함으로써, 광시야각과 고분해능을 양립시킬 수 있을 뿐만 아니라 고속으로 이동하는 대상을 효과적으로 관찰할 수 있는 광학 시스템에 관한 것이다.
- <27> 광학 모듈(시스템)에 있어서, 광시야각, 고분해능 및 고속 추적 기능을 동시에 구현할 수 있다면 다양한 응용 분야에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 왜냐하면, 광시야각을 이용하여 넓은 범위에서 관찰 대상을 검출해 낸 후, 고분해능을 이용하여 검출된 관찰 대상을 상세하게 관찰하며, 나아가 고속으로 움직이는 대상을 추적까지 할 수 있다면 이상적인 광학 모듈이 될 것이기 때문이다.
- <28> 그러나 이 모든 기능을 동시에 구현하는 것은 쉬운 일이 아니다. 사실, 광시야각과 고분해능은 서로 트레이드-오프(trade-off) 관계에 해당하기 때문에 하나를 개선하면 나머지 하나는 나빠질 수밖에 없다. 왜냐하면, 광시야각을 제공하기 위해서는 광학 모듈의 초점 거리가 짧아야 하는 반면에, 고분해능을 제공하기 위해서는 광학 모듈의 초점 거리가 길어야만 하기 때문이다. 광시야각과 고분해능을 동시에 양립시킬 수 있는 해법으로서, 광시야각을 갖는 광학 모듈(이하 '광시야각 광학 모듈')과, 고분해능을 갖는 광학 모듈(이하 '고분해능 광학 모듈')을 함께 이용하는 방법을 생각할 수 있다. 다만, 이와 같은 방법이 가능해지려면, 광시야각 광학 모듈과 고분해능 광학 모듈이 동일한 소스로부터의 광 신호를 수신할 수 있도록, 고분해능 광학 모듈의 광 신호 수신 방향을 광시야각 광학 모듈의 광 신호 수신 방향에 맞추어 조정할 수 있어야 한다.
- <29> 한편, GRB(Gamma-Ray Burst; 감마선 폭발) 또는 TLE(transient luminous event; 순간 광 이벤트)와 같이 순간적으로 발생하는 사건에 대한 관찰의 필요성이 점점 증가하고 있다. 이는 GRB 또는 TLE와 같은 현상들이 지구 및 우주와 관련된 많은 정보를 포함하고 있기 때문에, 이들 현상들을 관찰함으로써, 대기에서의 전역 전기 현상(global electrical phenomena)을 이해하고, 이들 현상을 기후, 태양 및 지구 활동과 관련시키는 연구에 매우 유용하게 이용할 수 있기 때문이다. 그러나 이들 현상들은 매우 넓은 지역에서 무작위로 발생하며, 또한 그 지속시간이 짧고 고속으로 이동하기 때문에 그 관찰이 쉽지 않다. GRB 또는 TLE와 같은 현상들을 관찰하기 위해서는, 앞서 말한 광시야각, 대상 확인, 고분해능 입상, 고속 추적이 동시에 요구될 뿐만 아니라, 광시야각 광학 모듈을 이용하여 발견한 현상들을 고분해능 광학 모듈을 이용하여 관찰할 수 있도록, 고분해능 광학 모듈의 광 신호 수신 방향을 광시야각 광학 모듈의 광 신호 수신 방향에 맞추어 고속으로 조정할 수 있어야 한다. 요약하자면, 고속으로 이동하는 현상들, 예컨대 GRB 또는 TLE 등을 관찰하기 위해서는, 광시야각 광학 모듈에서 발견한 고속 현상들을 놓치지 않을 수 있도록(추적할 수 있도록) 고분해능 광학 모듈의 광 신호 수신 방향을 고속으로 조정할 필요가 있다.
- <30> 초미세 전기기계 시스템(Micro-Electro-Mechanical Systems; MEMS)이라고 하여, 센서 밸브, 기어, 반사경 및 반도체 칩 작동기 등의 작은 기계 장치와 컴퓨터를 조합시킨 기술이 요즘 새롭게 각광받고 있다. MEMS는 '스마트 미터(smart meter)'라고도 하며, 반사경이나 센서와 같은 기계 장치 제작 시에 넣는 작은 실리콘 칩의 마이크로 회로를 가진 장치로서, 자동차 에어백에서 감지된 속도와 보호자의 체중에 맞게 에어백을 팽창시키는 장치, 화물 수송의 연속 추적과 취급 과정을 알 수 있는 전 세계적 위치 시스템 센서, 비행기 날개의 표면 공기 저항에 따라 공기 흐름의 변화를 감지하여 상호작용하는 센서, 20 나노초의 속도로 광 신호를 낼 수 있는 광 스위칭 장치, 센서 조작 냉온 장치, 대기 압력에 반응하는 물질의 유연성을 변화시키는 빌딩 내 센서 등 여러 용도로 쓰이고 있다. 그 중 MEMS 기술을 이용한 미러, 즉 MEMS 미러는 그 반사각을 임의의 방향으로 매우 고속으로 변화시킬 수 있는바, MEMS 미러를 고속으로 이동하는 대상을 관찰하고 추적하기 위한 광학 모듈에 적용해 볼 필요성이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <31> 본 발명은 상기와 같은 필요성을 충족시키기 위해 제안된 것으로서, 목표 확인(triggering) 광학 모듈에서 넓은 시야각(FOV)을 이용하여 관찰 대상을 검출하고, 검출된 관찰 대상을 고속으로 반사각을 변화시킬 수 있는 미러를 이용하여 고분해능을 갖는 입상(imaging) 광학 모듈에 입상시켜 상세 관찰할 수 있도록 함으로써, 광시야각과 고분해능을 양립시킬 수 있을 뿐만 아니라 고속으로 이동하는 대상을 효과적으로 관찰할 수 있는 광학 시스템을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- <32> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 광학 시스템은,
- <33> (1) 넓은 시야각(field of view; FOV)을 가지며, 넓은 범위에서 관찰 대상을 검출하기 위한 목표 확인(triggering) 광학 모듈;
- <34> (2) 상기 목표 확인 광학 모듈보다 시야각은 좁으나 고분해능을 가지며, 관찰 대상을 상세 관찰하기 위한 입상(imaging) 광학 모듈;
- <35> (3) 상기 입상 광학 모듈 앞에 배치되며, 고속으로 반사각을 제어할 수 있는 미러; 및
- <36> (4) 상기 목표 확인 광학 모듈에서 검출된 대상이 관찰 대상인지 여부를 결정하고, 검출된 상기 대상이 관찰 대상인 것으로 결정되면 검출된 상기 대상으로부터의 광 신호가 상기 입상 광학 모듈에 입상되어 상세 관찰될 수 있도록 상기 미러를 제어하는 제어부를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- <37> 바람직하게는, 상기 광학 시스템의 상기 목표 확인 광학 모듈은, (a) 시야각이 넓은 제1 렌즈부 혹은 미러부, (b) 상기 제1 렌즈부 혹은 미러부에 대한 제1 개구(aperture), 및 (c) 상기 제1 렌즈부 혹은 미러부로부터의 광 신호를 검출하기 위한 제1 광 신호 검출부를 포함할 수 있다.
- <38> 또한 바람직하게는, 상기 광학 시스템의 상기 입상 광학 모듈은, (a) 상기 제1 렌즈부 혹은 미러부보다 더 긴 초점거리를 가지며 이에 따라 고분해능을 갖는 제2 렌즈부 혹은 미러부, (b) 상기 제2 렌즈부 혹은 미러부로부터의 광 신호를 검출하기 위한 제2 광 신호 검출부를 포함하며, 상기 광학 시스템은 상기 미러에 대한 제2 개구를 더 포함할 수 있다.
- <39> 또한 바람직하게는, 상기 광학 시스템의 상기 입상 광학 모듈은, 상기 제2 렌즈부 혹은 미러부와 상기 제2 광 신호 검출부 사이에 긴 광 경로를 만들기 위한 적어도 하나 이상의 미러를 더 포함할 수 있다.
- <40> 바람직한 실시예에 따라서는, 상기 제1 개구와 상기 제2 개구가 동일할 수 있으며, 상기 제1 광 신호 검출부와 상기 제2 광 신호 검출부가 동일할 수도 있다.
- <41> 또한, 상기 광학 시스템의 상기 미러는, 초미세 전기기계 시스템(Micro-Electro-Mechanical Systems; MEMS)에 의한 아날로그 타입의 마이크로미러 혹은 마이크로미러 어레이(array)로서, 고속 회전(tilting)이 가능하고, 큰 회전각을 갖는 미러인 것이 유리하다.
- <42> 이하에서는 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- <43> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 시스템의 구성을 나타내는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 시스템(100)은, 넓은 시야각(FOV)을 가지며, 넓은 범위에서 관찰 대상을 검출하기 위한 목표 확인(triggering) 광학 모듈(110), 목표 확인 광학 모듈(110)보다 시야각은 좁으나 고분해능을 가지며, 관찰 대상을 상세 관찰하기 위한 입상(imaging) 광학 모듈(120), 및 입상 광학 모듈(120) 앞에 배치되며, 고속으로 반사각을 제어할 수 있는 미러(130)를 포함한다. 또한, 도 1에 명확하게 도시되지는 않았지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 시스템(100)은, 목표 확인 광학 모듈(110)에서 검출된 대상이 관찰 대상인지 여부를 결정하고, 검출된 대상이 관찰 대상인 것으로 결정되면 검출된 대상으로부터의 광 신호가 입상 광학 모듈(120)에 입상되어 상세 관찰될 수 있도록 미러(130)를 제어하는 제어부를 더 포함한다. 그 밖에, 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 시스템(100)은, 미러(130)를 위한 개구(140, 이하 '제2 개구')를 더 포함한다. 이하에서 각각의 구성요소를 더욱 상세하게 살펴보기로 한다.
- <44> 먼저, 목표 확인 광학 모듈(110)은, 초점거리가 짧으며 이에 따라 시야각이 넓은 제1 렌즈부 혹은 미러부(112), 제1 렌즈부 혹은 미러부(112)를 위한 제1 개구(114), 및 제1 렌즈부 혹은 미러부(112)로부터의 광 신호를 검출하기 위한 제1 광 신호 검출부(116)를 포함한다. 제1 렌즈부 혹은 미러부(112)에는, 도 1에 도시된 바와 같이, 구면 혹은 포물면 타입의 렌즈 또는 미러가 사용될 수 있으며, 더욱 큰 광시야각을 확보하기 위하여 이중 프레넬 렌즈(double Fresnel lens)가 사용될 수도 있다.
- <45> 다음으로, 입상 광학 모듈(120)은, 목표 확인 광학 모듈(110)의 제1 렌즈부 혹은 미러부(112)보다 더 긴 초점거리를 가지며 이에 따라 시야각은 좁으나 고분해능을 갖는 제2 렌즈부 혹은 미러부(122), 제2 렌즈부 혹은 미러부(122)로부터의 광 신호를 검출하기 위한 제2 광 신호 검출부(126)를 포함한다. 제2 렌즈부 혹은 미러부(122)에도 역시, 도 1에 도시된 바와 같이, 구면 혹은 포물면 타입의 렌즈 또는 미러가 사용될 수 있다. 또한, 입상 광학 모듈(120)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 제2 렌즈부 혹은 미러부(122)와 제2 광 신호 검출부(126) 사이에 긴 광 경로를 만들기 위한 적어도 하나 이상의 미러(128a, 128b, 128c)를 더 포함할 수 있는데, 이는 시스템

의 크기를 줄이는 역할을 한다. 미러(128a, 128b, 128c)로서는 일반 반사 미러(normal reflection mirror)가 사용될 수 있다.

- <46> 미러(130)는, 제어부의 제어에 따라, 관찰 대상으로부터의 광 신호가 입상 광학 모듈(120)에 입상될 수 있도록 하는 역할을 한다. 이를 위하여, 미러(130)의 반사각은 고속으로 변화(제어)될 수 있어야 한다. 미러(130)는, 관찰 대상이 고속으로 이동하는 경우에도 효과적으로 추적하면서 관찰할 수 있도록, 회전(tilting) 각도를 고속으로 변화시켜 반사각을 아날로그 방식으로 제어할 수 있고, 큰 회전각이 가능한 MEMS 마이크로미러 혹은 마이크로미러 어레이(array)인 것이 바람직하다.
- <47> 도 1에 도시되지는 않았지만, 본 발명에 따른 광학 시스템(100)은 데이터 저장부, 인터페이스부, 전원공급부 등과 함께 사용될 수 있다. 데이터 저장부는 검출된 광 신호를 저장하기 위한 부분으로서, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 등이 사용될 수 있다. 인터페이스부는 기기 간을 연결하기 위한 부분으로서, 버스 인터페이스 등이 사용될 수 있다. 전원공급부는 시스템 내의 기기들에게 전원을 공급하기 위한 부분이다.
- <48> 도 1에 도시된 본 발명에 따른 광학 시스템(100)의 목표 확인 광학 모듈(110)과 입상 광학 모듈(120)을 보다 구체적인 실시예를 통하여 보충 설명하기로 한다.
- <49> 목표 확인 광학 모듈(110)은, 관찰 대상(사건)을 발견하기 위한 광학 모듈로서, 상대적으로 저 해상도이나 광시야각을 목적으로 한다. 즉, 정확한 결상 능력을 요구하지 않으므로, 입사된 자외선 광자들이 광 신호 검출기에 상대적으로 큰 수차를 포함한 채 도달하여도 무방하다.
- <50> 입상 광학 모듈(120)은, 목표 확인된(triggered) 관찰 대상(사건)을 매우 좁은 시야각이지만 고분해능으로 입상하기 위한 것이다. 입상 광학 모듈(120)의 제2 렌즈부 혹은 미러부(122)에서는, 초점거리가 1m이고, 구경이 10cm인 프레넬 렌즈가 사용될 수 있다. 물론, 프레넬 렌즈 대신 구면 렌즈가 사용될 수 있으며, 렌즈 대신 미러가 사용될 수도 있다. 입상 광학 모듈(120)의 제2 렌즈부 혹은 미러부(122) 앞에 배치되는 미러(130)로서는 MEMS 마이크로미러 어레이가 사용될 수 있는데, MEMS 마이크로미러 어레이는 평면 배열식이며 크기는 구경이 10cm이다. MEMS 마이크로미러 어레이는 목표 확인 광학 모듈이 발견한 관찰 대상의 위치로 방향을 옮겨, 사건이 어디에서 일어나더라도 입상 광학 모듈에 on-axis 빔을 제공하게 된다. MEMS 마이크로미러 어레이의 반응 속도는 관찰 대상이 발견된 이후, 모든 신호 처리 및 각 변환 시간을 포함하여 100 마이크로초 이내가 가능하며, 이에 따라 무작위로 순식간에 발생하는 사건, 예컨대, GRB(Gamma Ray Bursts), TLE(Transient Luminous Events)와 같은 천문, 우주, 대기 현상뿐만 아니라 빛과 같은 속도로 움직이는 지상 물체도 목표 확인 및 추적할 수 있게 된다.
- <51> 도 2는 도 1에 도시된 본 발명의 광학 시스템의 일 실시예에 대한 설계도를 나타내는 도면이다.
- <52> 한편, 광학계의 구성을 설계하는 방식에 따라, 입상 광학 모듈(120)의 제2 광 신호 검출부(126)와 목표 확인 광학 모듈(110)의 제1 광 신호 검출부(116)가 하나의 광 신호 검출부를 함께 사용하도록 설계할 수 있으며, 또한 미러(130)를 위한 제2 개구(140)와 목표 확인 광학 모듈(110)의 제1 개구(114)가 하나의 개구를 함께 사용하도록 설계할 수도 있다. 도 3은 본 발명의 광학 시스템의 일 실시예로서, 하나의 광 신호 검출부를 공유하는 광학 시스템을 나타내는 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 하나의 광 신호 검출부를 함께 사용하는 광학 시스템(300)은, 목표 확인 광학 모듈을 구성하는 제1 렌즈부 또는 미러부(312), 입상 광학 모듈을 구성하는 제2 렌즈부 또는 미러부(322)와 반사 미러(328), MEMS 마이크로 미러(330), 및 광 신호 검출부(350)를 포함하며, 입상 광학 모듈로의 광 경로가 가능하도록 하는 반투명 미러 혹은 마이크로 셔터(360a, 360b)를 더 포함한다. 목표 확인 광학 모듈과 입상 광학 모듈이 하나의 광 신호 검출부(350)를 공유한다는 점을 제외하고는 나머지 동작 원리는 마찬가지이므로, 동작 원리에 대해서는 별도로 설명하지 않는다.
- <53> 다음으로, 본 발명의 광학 시스템에 대한 시뮬레이션 결과를 목표 확인 광학 모듈과 입상 광학 모듈로 나누어서 설명하기로 한다.
- <54> 먼저 목표 확인 광학 모듈의 시뮬레이션 결과를 살펴보기로 한다. 목표 확인 광학 모듈의 시야각은 $F(= f/D)$ 가 1일 때 약 $\pm 10^\circ$, F 가 1.2일 때 $\pm 8.5^\circ$, F 가 1.5일 때 $\pm 6.8^\circ$ 로 계산되었다. 시뮬레이션에 사용된 목표 확인 광학 모듈은 프레넬 렌즈와 광 신호 검출기로 구성되었으며, 이를 이용하여 각각의 F 값에 대해 시뮬레이션을 수행하였다. 도 4는 목표 확인 광학 모듈의 시뮬레이션 개략도이며, 도 5는 $F = 1$ 인 광학계에서 on-axis 광 신호와 입사각이 10도인 광 신호의 광 신호 검출기 면에서의 스폿(spot) 형상을 나타내는 도면이다. 도 5에서 스폿을 둘러싸고 있는 박스(box)의 크기는 검출기 픽셀 크기의 2배이다. 입사각이 10도인 경우 주광선(chief ray)의 위치에서 2 ~ 3 mm 떨어진 곳에서 피크(peak)를 갖는다. 입사각이 10도인 광 신호의 주광선

(chief ray)은 검출기 면의 중심에서 15.6 mm 떨어진 곳에 형성되는 것을 도 5로부터 확인할 수 있다. 실제 광 신호 검출기 픽셀에 맺히는 상의 형상을 확인하기 위하여, 64 채널, 4개로 구성되는 광 신호 검출기를 가정하여 추적 광학 모듈을 시뮬레이션하였다. 도 6은 on-axis 광 신호와 ± 9 도의 입사각으로 들어오는 광 신호에 대하여, 광 신호 검출기의 픽셀 면에 형성되는 이미지의 모양을 시뮬레이션한 결과를 나타내는 도면이다. 도 6을 통해, 본 발명에 따른 광학 시스템의 시야각이, F값이 1인 트리거 광학계에서 ± 9 도 이상이 됨을 확인할 수 있으며, 목표 확인 광학 모듈의 시야각 내로 입사되는 광 신호를 광 신호 검출기에서 검출하여 트리거 신호로 사용할 수 있음을 확인할 수 있다.

<55> 다음으로 입상 광학 모듈의 시뮬레이션 결과를 살펴보기로 한다. 목표 확인 광학 모듈에서 관찰 대상(예컨대, GRB 또는 TLE)의 발생 위치를 파악한 후, 그 위치를 미러를 구동시키기 위한 제어부로 전달한다. 제어부는 미러의 회전 각도를 변화시켜 목표 확인 광학 모듈에서 발견한 관찰 대상의 발생 위치로 방향을 옮김으로써, 목표 확인 광학 모듈의 시야각 내에 있는 어떤 위치에서 사건이 발생하더라도 미러를 통하여 광 신호를 입상 광학 모듈의 광 신호 검출기에 "항상" on-axis로 전달할 수 있다. 시뮬레이션에 사용된 입상 광학 모듈의 $F(=f/D)$ 는 10이며, 시야각(FOV)은 ± 0.7 도, 픽셀 당 시야각(FOV)은 약 0.08도이다. 시뮬레이션에 사용된 입상 광학 모듈의 제2 렌즈부의 렌즈는, 초점거리가 1m이고, 구경이 10cm인 프레넬 렌즈이다. 도 7은 시뮬레이션에서 사용된 입상 광학 모듈의 기본 구조를 나타내는 도면이다. 렌즈의 초점면에 광 신호 검출기면을 위치시킨 후, 다른 각도에서 들어오는 광 신호가 미러의 회전을 이용하여 항상 일정한 점에 초점을 맺는지를 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 미러의 초기 상태는 광학계 개구(aperture) 면에 45도 기울어져 있는 상태이며, 개구 면에 수직으로 입사한 광 신호는 미러에 의해 렌즈를 거쳐 광 신호 검출기의 중앙 부위에 초점을 맺게 된다. 이때의 광 신호 입사각을 0도라고 하자.

<56> 도 8은 광 신호 입사각에 따른 입상 광학 모듈의 광 신호 검출기 면에서의 스폿(spot) 형상을 나타내는 도면으로서, 도 8a, 8b, 8c는 각각 광 신호 입사각이 0도, 5도, 10도인 경우를 나타내는 도면이다. 도 8로부터, 미러를 각각 2.5도, 5도만큼 회전시켜줌으로써, 서로 다른 방향에서 입사한 광 신호가 광 신호 검출기의 동일한 지점에 초점을 맺을 수 있도록 제어할 수 있음을 확인할 수 있다. 즉, 도 8로부터, 본 발명의 광학 시스템에 따르면, 미러의 회전을 통해 초점면이 항상 일정하게 유지될 수 있음을 확인할 수 있다. 시뮬레이션에서는 미러의 전체 면이 회전하도록 설정되어 있으며, 따라서 시뮬레이션 결과에서와 같이 위아래로 상의 크기가 늘어나는 형상을 띄게 된다. 이것은, 미러의 각도가 기울어짐에 따라 프레넬 렌즈로 전달되는 미러의 유효 반사 면적이 달라져서 나타나는 현상으로서, 실제로 아주 작은 크기로 분리되어 회전할 수 있는 마이크로미터 어레이를 사용하게 되면 이와 같은 현상을 줄일 수 있다. 이를 위해, 앞서 언급한 바와 같이, 본 발명의 광학 시스템의 미러는, 회전(tilting) 각도를 고속으로 변화시켜 반사각을 아날로그 방식으로 고속으로 제어할 수 있는 MEMS 미러 어레이인 것이 바람직하다. 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있는 바와 같이, 회전이 가능한 마이크로미터를 이용함으로써 서로 다른 각도로 입사하는 광 신호에 대해서도 on-axis 광학계가 가능하게 되며, 마이크로미터의 회전 각도에 따라 넓은 시야각에 대해 확대 및 정밀 측정이 가능해진다. 도 9는 광 신호 입사각에 따른 입상 광학 모듈의 광 신호 검출기 면에서의 스폿(spot) 형상을 광 신호 입사각이 0.5도 기울어진 경우의 스폿 형상과 비교하여 나타내는 도면으로서, 도 9a, 9b, 9c는 각각 광 신호 입사각이 0도, 5도, 10도인 경우를 나타내는 도면이다. 각각의 광 신호의 입사각에 대해 미러를 회전시켜 광 신호 검출기의 중심부에 입사광의 초점이 맺게 한 후, 0.5도 기울어진 광 신호를 입사시켜 광 신호 검출기에서 맺는 상의 형상을 시뮬레이션하였다. 이것은, 관찰 대상을 입상할 때의 형상을 예측하기 위한 것이다. 도 9에서, 박스의 중심은 주광선(chief ray)이 가는 곳이며, 0.5도 기울어진 광 신호의 경우 박스의 중심에서 픽셀 크기 정도 벗어나 있어 수차가 발생함을 확인할 수 있다. 이는 프레넬 렌즈의 최적화가 효율적으로 수행되지 않았고, 또한 입상면(image plane)이 평면이 아닌 곡면이 되기 때문에 발생하는 문제이다. 수차와 관련하여서는, 두 장의 프레넬 렌즈를 사용하여 시야각을 넓힘으로써 입사각이 큰 광 신호에 대해서도 수차가 작은 광학계가 가능할 것으로 생각되며, 또한 전체 광학계의 구조 최적화를 통한 수차의 개선도 가능할 것으로 보인다. 도 10은, 실제 광 신호 검출기의 픽셀 면에 형성되는 이미지를 확인하기 위한 것으로서, on-axis 광 신호와 ± 0.7 도의 입사각으로 들어오는 광 신호에 대하여, 광 신호 검출기의 픽셀 면에 형성되는 이미지의 모양을 시뮬레이션한 결과를 나타내는 도면이다. 도 10으로부터, 입상 광학 모듈 사건의 확대 이미지를 관측할 수 있음을 확인할 수 있다.

<57> 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

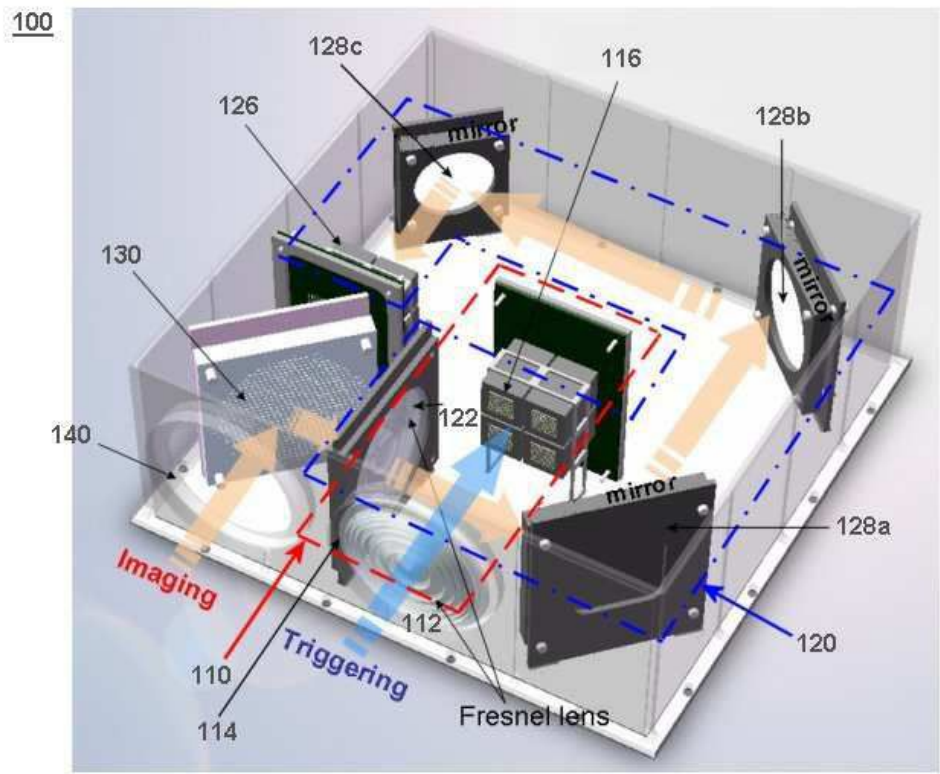
<58> 본 발명의 광학 시스템에 따르면, 목표 확인 광학 모듈에서 넓은 시야각(FOV)을 이용하여 관찰 대상을 검출하고, 검출된 관찰 대상을 고속으로 반사각을 변화시킬 수 있는 미러를 이용하여 고분해능을 갖는 입상 광학 모듈에 입상시켜 상세 관찰할 수 있도록 함으로써, 광시야각과 고분해능을 양립시킬 수 있을 뿐만 아니라 고속으로 이동하는 대상을 효과적으로 관찰할 수 있다.

도면의 간단한 설명

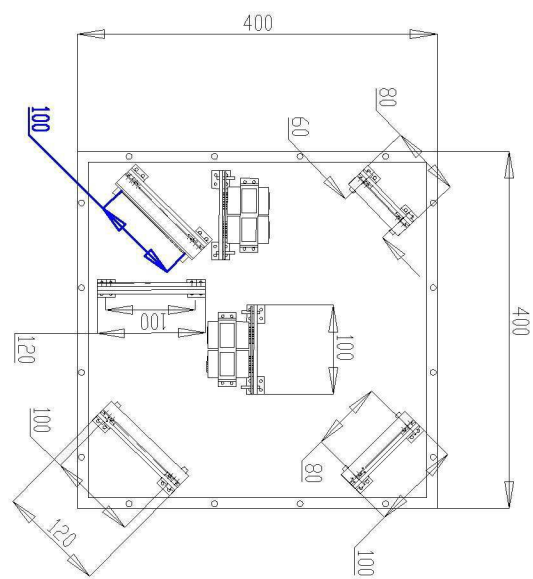
- <1> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 시스템의 구성을 나타내는 도면.
- <2> 도 2는 도 1에 도시된 본 발명의 광학 시스템의 일 실시예에 대한 설계도를 나타내는 도면.
- <3> 도 3은 본 발명의 광학 시스템의 일 실시예로서, 하나의 광 신호 검출부를 공유하는 광학 시스템을 나타내는 도면.
- <4> 도 4는 추적 광학 모듈의 시뮬레이션 개략도.
- <5> 도 5는 $F = 1$ 인 광학계에서 on-axis 광 신호와 입사각이 10도인 광 신호의 광 신호 검출기 면에서의 스폿(spot) 형상을 나타내는 도면.
- <6> 도 6은 on-axis 광 신호와 ± 9 도의 입사각으로 들어오는 광 신호에 대하여, 광 신호 검출기의 픽셀 면에 형성되는 이미지의 모양을 시뮬레이션한 결과를 나타내는 도면.
- <7> 도 7은 시뮬레이션에서 사용된 입상 광학 모듈의 기본 구조를 나타내는 도면.
- <8> 도 8은 광 신호 입사각에 따른 입상 광학 모듈의 광 신호 검출기 면에서의 스폿(spot) 형상을 나타내는 도면으로서, 도 8a, 8b, 8c는 각각 광 신호 입사각이 0도, 5도, 10도인 경우를 나타내는 도면.
- <9> 도 9는 광 신호 입사각에 따른 입상 광학 모듈의 광 신호 검출기 면에서의 스폿(spot) 형상을 광 신호 입사각이 0.5도 기울어진 경우의 스폿 형상과 비교하여 나타내는 도면으로서, 도 9a, 9b, 9c는 각각 광 신호 입사각이 0도, 5도, 10도인 경우를 나타내는 도면.
- <10> 도 10은 on-axis 광 신호와 ± 0.7 도의 입사각으로 들어오는 광 신호에 대하여, 광 신호 검출기의 픽셀 면에 형성되는 이미지의 모양을 시뮬레이션한 결과를 나타내는 도면.
- <11> <도면 중 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <12> 100 : (본 발명의 일 실시예에 따른) 광학 시스템
- <13> 110 : 목표 확인(triggering) 광학 모듈
- <14> 112, 212 : 제1 렌즈부 혹은 미러부
- <15> 114 : 제1 개구
- <16> 116 : 제1 광 신호 검출부
- <17> 120 : 입상(imaging) 광학 모듈
- <18> 122, 222 : 제2 렌즈부 혹은 미러부
- <19> 126 : 제2 광 신호 검출부
- <20> 128a, 128b, 128c, 228 : 일반 반사 미러
- <21> 130, 230 : (고속으로 반사각을 변화시킬 수 있는) 미러
- <22> 140 : 제2 개구
- <23> 300 : (본 발명의 다른 실시예에 따른) 광 신호 검출부를 공유하는 광학 시스템
- <24> 350: 광 신호 검출부
- <25> 360a, 360b : 반투명 미러 혹은 마이크로 셔터

도면

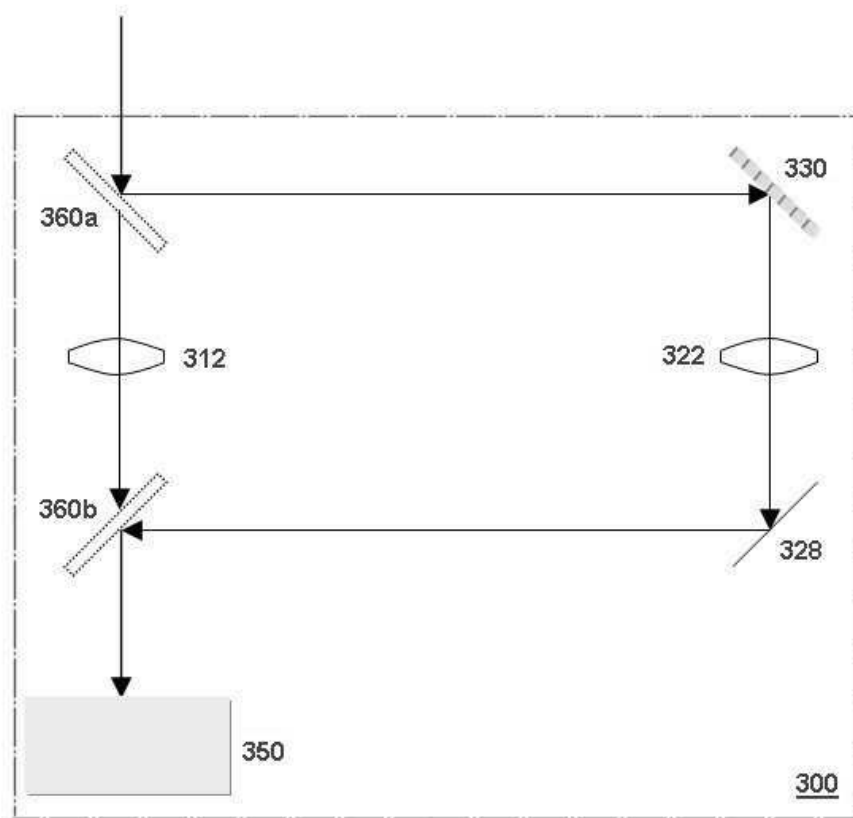
도면1



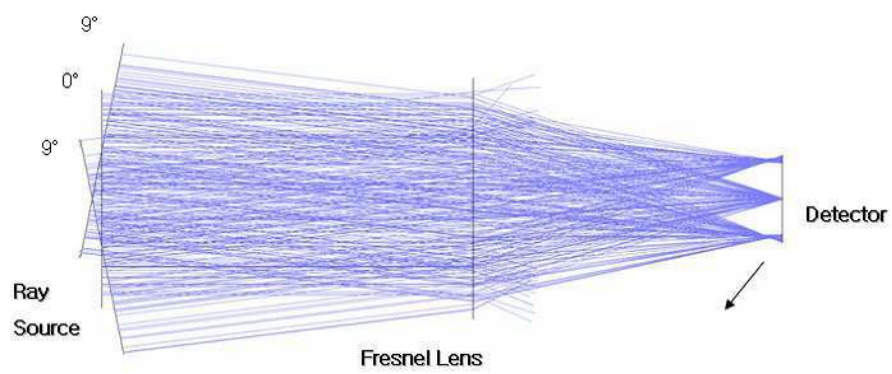
도면2



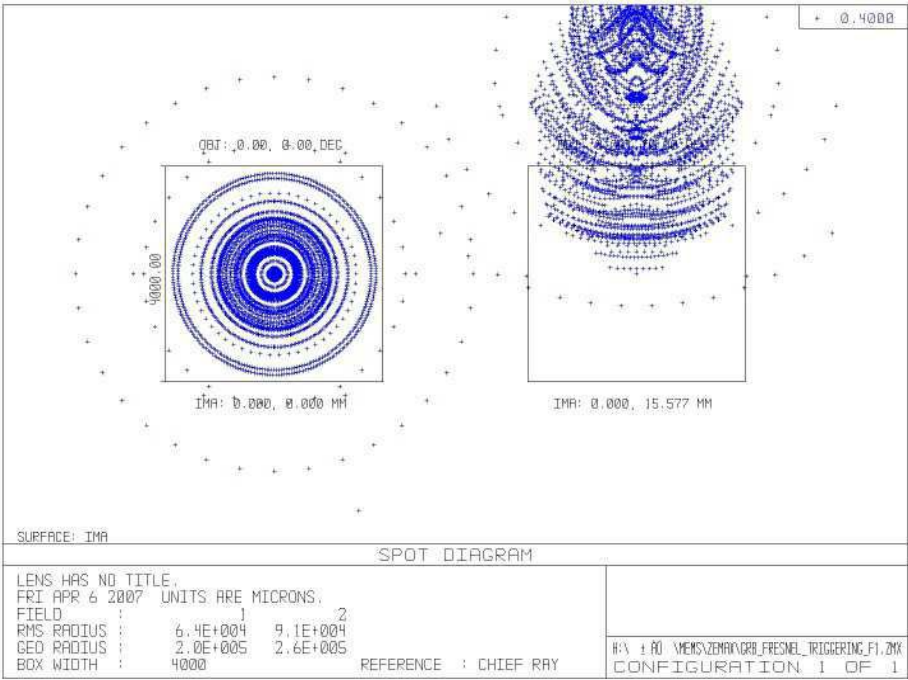
도면3



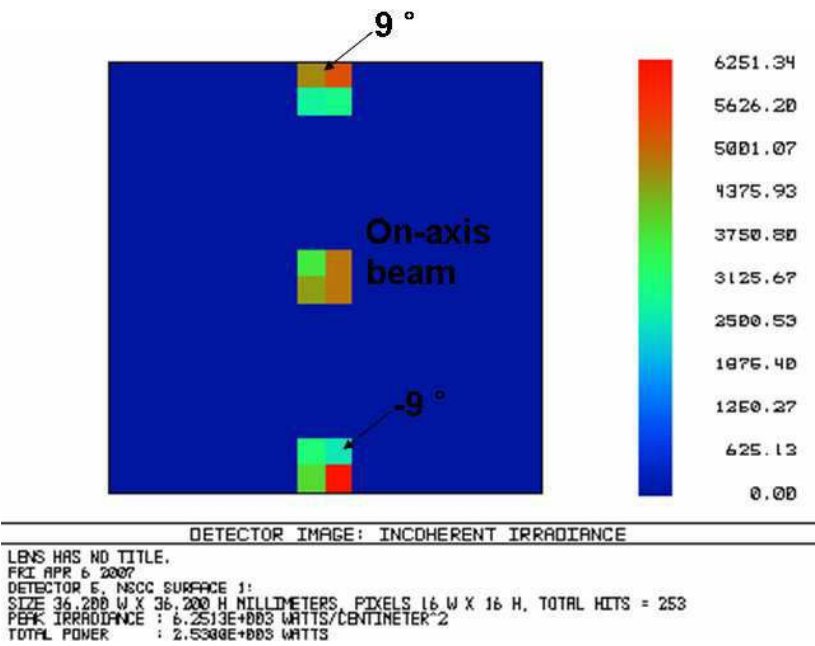
도면4



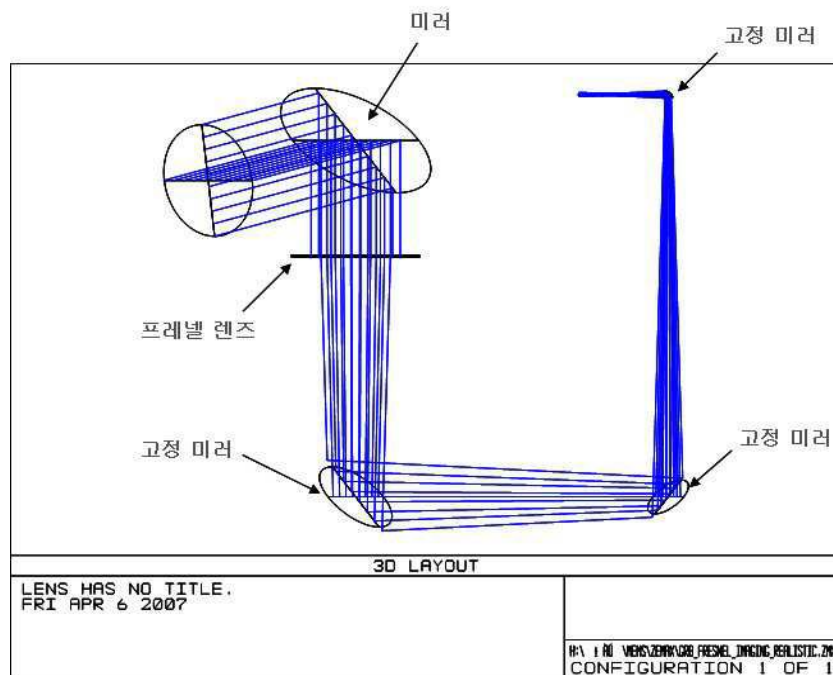
도면5



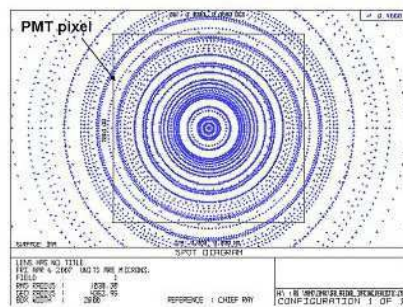
도면6



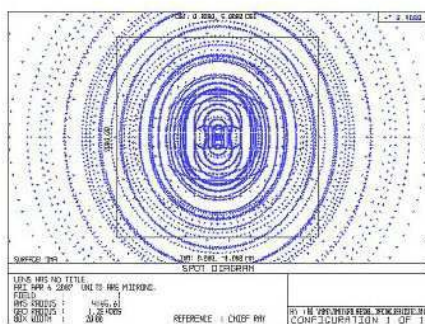
도면7



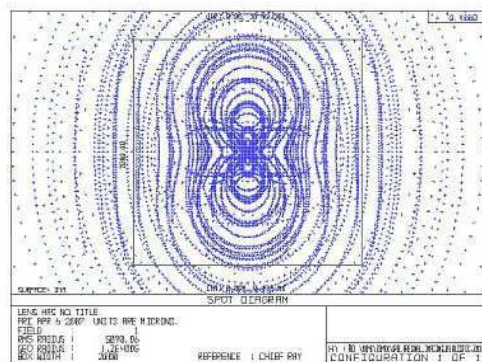
도면8



(a)

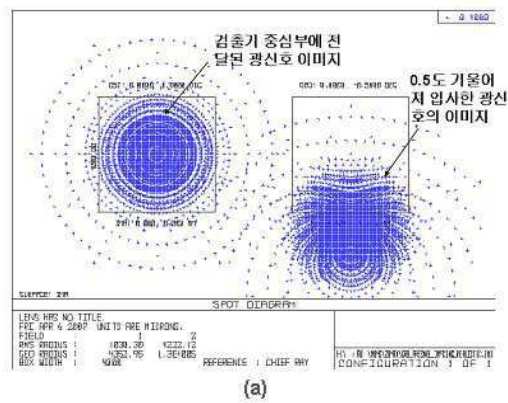


(b)

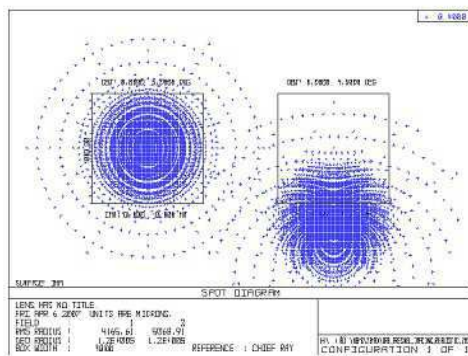


(c)

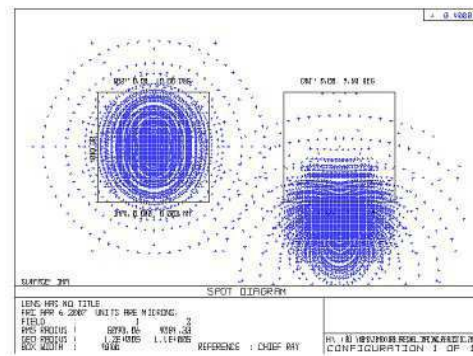
도면9



(a)



(b)



(c)

도면10

