



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0121431
(43) 공개일자 2014년10월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 13/06 (2006.01) G02B 17/08 (2006.01)
H04N 5/232 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7022196
- (22) 출원일자(국제) 2013년01월09일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2014년08월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/020826
- (87) 국제공개번호 WO 2013/106427
국제공개일자 2013년07월18일
- (30) 우선권주장
13/737,296 2013년01월09일 미국(US)
61/584,566 2012년01월09일 미국(US)

- (71) 출원인
아이시360, 인코포레이티드
미국 펜실베이니아주 15220 피츠버그 스위트 250 플
리트 스트리트 300
- (72) 발명자
에크하르트 스티븐 케이
미국 미네소타주 55110 화이트 비어 레이크 제퍼
슨 코트 5430
- (74) 대리인
제일특허법인

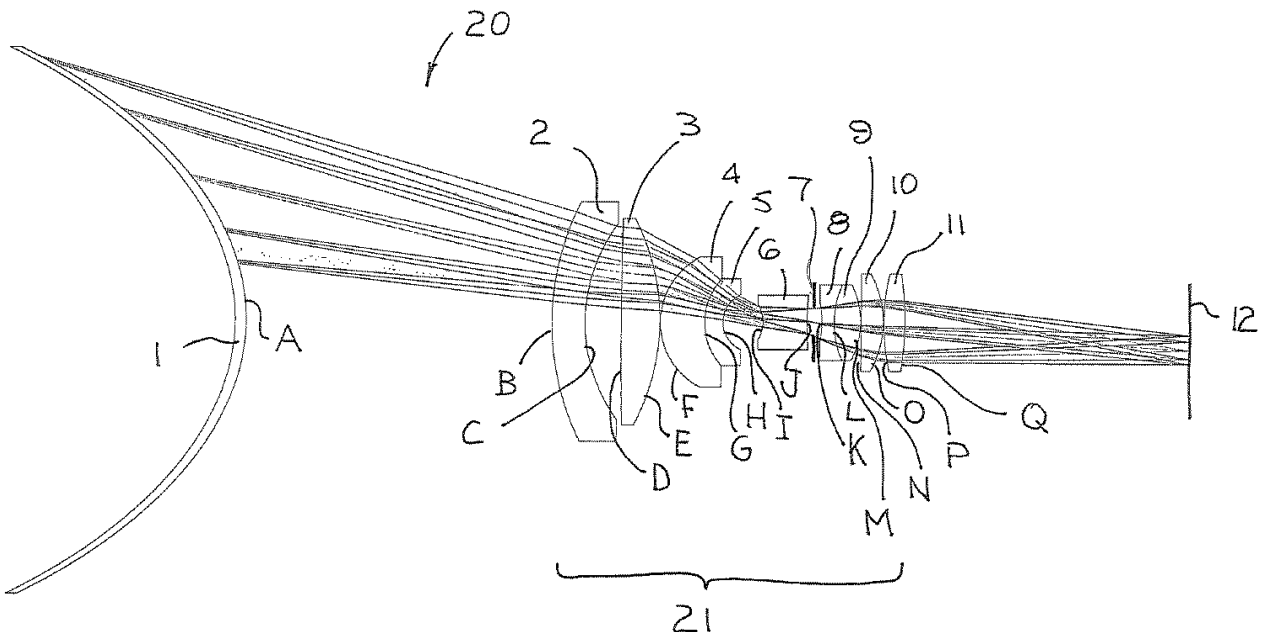
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 파노라마 광학 시스템

(57) 요약

타원형 미러(1, 101) 및 비점수차를 감소시키는 렌즈 시스템(21, 121)을 포함하는 파노라마 광학 시스템(20, 120)이 개시된다. 렌즈 시스템(21, 121)은 고속으로 동작할 수 있다. 고품질의 360 도 파노라마 장면을 캡처 및/또는 투사하기 위한 간단하고 높은 제조 가능성의 렌즈 시스템이 제공된다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

파노라마 광학 시스템(a panoramic optical system)(20, 120)으로서,
 타원형 미러(an ellipsoidal mirror)(1, 101)와,
 상기 타원형 미러(1, 101)로부터 이미지를 전송하도록 배열된 일련의 렌즈(2-6 및 8-11; 102, 103 및 105-108)를 포함하는 비점수차 감소 렌즈 시스템(an astigmatism reducing lens system)(21, 121) - 상기 렌즈 시스템(21, 121)은 F/10보다 더 빠른 F/넘버를 갖고, 비점수차를 ± 500 미크론 미만으로 감소시킴 - 을 포함하는 파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 렌즈 시스템(21, 121)은 비점수차를 ± 200 미크론 미만으로 감소시키는 파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 타원형 미러(1, 101)는 -0.3 내지 -0.9 의 코닉 상수(a conic constant)를 포함하는 파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 상기 타원형 미러(1, 101)는 -0.6 내지 -0.85 의 코닉 상수를 포함하는 파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 타원형 미러(1, 101)는 반사 굴절형(catadioptric)인 파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 렌즈 시스템(21, 121)은 상기 렌즈 중 적어도 5 개를 포함하는 파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 시스템(21, 121)은 상기 렌즈 중 10 개 미만을 포함하는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 시스템(21, 121)은 회전 대칭적인(rotationally symmetric)
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 시스템의 광학 축에 수직인 평면에 대하여 적어도 $\pm 30^\circ$ 의 파노라마 시야(panoramic field of view)를 갖
는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 10

제 1 항에 있어서,
상기 시스템의 광학 축에 수직인 평면에 대하여 적어도 $\pm 40^\circ$ 의 파노라마 시야를 갖는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 11

제 1 항에 있어서,
상기 시스템의 광학 축에 수직인 평면에 대하여 적어도 $\pm 50^\circ$ 의 파노라마 시야를 갖는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 12

제 1 항에 있어서,
상기 F/넘버는 F/8보다 더 빠른
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 13

제 1 항에 있어서,
상기 F/넘버는 F/6보다 더 빠른

파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 14

제 1 항에 있어서,
15 퍼센트 미만의 F-세타 왜곡(an F-theta distortion)을 갖는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 15

제 1 항에 있어서,
5 퍼센트 미만의 F-세타 왜곡을 갖는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 16

제 1 항에 있어서,
상기 광학 시스템은 무한 초점인(afocal)
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 17

제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 시스템을 통과한 후에 이미지를 검출하기 위한 검출기(12)를 더 포함하는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

청구항 18

제 1 항에 있어서,
상기 렌즈 시스템을 통과한 후에 이미지를 투사하기 위한 투사기(12)를 더 포함하는
파노라마 광학 시스템(20, 120).

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 파노라마 광학 시스템에 관한 것이며, 특히, 본 발명은 미러 및 복수의 투과 요소를 포함하는 반사 굴절형 파노라마 광학 시스템(catadioptric panoramic optical system)에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 많은 회전 대칭 렌즈가 수년에 걸쳐 설명되었고, 그들 대부분은 광학 축이라 또한 불리는 회전의 축을 중심으로 360°의 방위각 필드(azimuthal field)를 이미징할 수 있다. 파노라마 렌즈를 구별하는 것은, 그들의 시야가 광학 축에 수직인 평면에 관련하여 측정되기보다는, 그들의 시야가 광학 축에서 0°로부터 그들의 최대 필드까지

측정되지 않는다는 것이다. 이러한 평면은 종종 수평 평면으로 지칭된다. 예를 들면, 파노라마 렌즈에서, 시야는 $+5^\circ / -20^\circ$ 로 지칭될 수 있고, 이것은 사진이 수평 위로 최대 20 도 그리고 수평 아래로 최대 5 도를 포함한다는 것을 의미한다.

- [0003] 복수의 카메라를 사용하는 것과 같이 파노라마 뷰를 획득하거나 단일 카메라를 스캔하는 수단이 제안되었다. 그러나, 복수의 카메라에서의 주요 문제점은 파노라마를 형성하기 위해 이미지를 함께 스티칭(stitch)하는 것이다. 단일 카메라를 조심스럽게 스캔하는 것은 이러한 문제점을 완화할 수 있지만, 카메라를 정확히 이동시키는 것은 부가적인 어려움의 세트를 도입시킨다.
- [0004] 광학 시스템은 3 개의 카테고리: 굴절형(dioptic), 반사형(catoptric) 및 반사 굴절형(catadioptric)으로 분리될 수 있다. 이러한 카테고리 중 첫 번째, 굴절형은 단지 투과성 요소를 갖는 모든 광학 시스템을 포함한다. 마찬가지로, 반사형 광학 시스템은 단지 반사 요소를 갖는다. 반사 굴절형 광학 시스템은 투과 및 반사 요소 둘 모두를 갖고, 2 개의 서브카테고리로 분리될 수 있다. 이러한 서브카테고리 중 하나는 광을 반사시키고 광을 투과시키는 단일 요소를 광학 시스템 내에 갖는 모든 광학 시스템을 포함하고, 반면에 다른 서브카테고리는 광을 반사시키거나 광을 투과시키지만 둘 다는 아닌 요소로 제한된다. 후자의 서브카테고리는, 광이 미러 기판에 의해 굴절되지 않는 한, 광을 미러의 주변 둘레에서 또는 홀을 관통하여 투과시키는 미러를 갖는 광학 시스템을 포함한다.
- [0005] 어안 렌즈(fisheye lenses)와 같은 굴절형 광각 렌즈는 광학 축으로부터 측정된, 절반의 시야 각도가 최소 140° 인, 반구형 시야보다 더 큰 시야를 달성하는 것으로 알려져 있다. 그러한 렌즈는 흔히 그들의 완전한 시야 각도에 의해 설명되고, 그래서 절반의 시야각이 140° 인 렌즈는 280° 어안이라 불릴 것이다. 파노라마 렌즈로서, 이것은 $+90/-50^\circ$ 렌즈로서 설명될 것이다. 그러나, 어안 렌즈는 종종 시야의 에지에서 상당한 이미지 압축(왜곡)을 갖고, 수평 평면 근처에서 시야의 부분에서 감소된 해상도를 발생시킨다. Zimmerman에 의한 미국 특허 제 5,185,667 호는 파노라마 렌즈로서 어안 렌즈의 사용을 설명하고 있다.
- [0006] 반사형 광학 시스템이 또한 파노라마 렌즈로서 제안되었다. 예를 들면, Bruckstein 및 그 외에 의한 미국 특허 제 5,920,376 호는 하나 이상의 미러 및 핀홀 카메라 배열(pinhole camera arrangement)만으로 구성된 순수하게 반사형인 카메라를 설명하고 있다. 이러한 타입의 시스템에서의 중요한 문제점은, 핀홀이 더 많은 광이 이미지에 도달하는 것을 허용하지 않는다는 것이다. 핀홀은 일반적으로 수차(aberration)를 수용 가능한 레벨까지 감소시키기 위해 요구된다. 이러한 문제점을 표현하는 또 다른 방법은, 반사형 파노라마 렌즈가 일반적으로 그들의 수차에 의해 큰 F-넘버 또는 작은 수치의 애퍼처(aperture)로 제한된다는 것이다.
- [0007] Parodi에 의한 미국 특허 제 1,616,279 호 및 Buchele에 의한 미국 특허 제 2,638,033 호는 반사 굴절형 파노라마 광학 시스템을 설명하고 있다. 그러한 설계에 대한 특정 이점이 존재하지만, 우선되는 어려움은 그 요소를 제조하는 어려움 및 복잡성이다.
- [0008] 단지 반사 요소 또는 투과 요소를 갖는 반사 굴절형 파노라마 광학 시스템이 공지되어 있다. 복수의 반사 굴절형 시스템은 고성능이 가능할 수 있지만, 미러를 정렬하고 미러를 일직선으로 유지하는 어려움을 겪는다. 복잡한 미러 정렬의 일 예가 Davis 및 그 외에 의한 미국 특허 제 5,627,675 호에 개시되어 있다. F/1.5에서 10 마이크로미터의 블러 크기(blur size)가 도시되지만, 광학 배열은 극히 복잡하다.
- [0009] 단일 미러 반사 굴절형 파노라마 광학 시스템이 다양한 특허에 설명되어 있다. Ayres에 의한 미국 특허 제 2,244,235 호는 수차를 보정할 가능성을 갖는 구형 미러(spherical mirror)를 제안하였다. Conant에 의한 미국 특허 제 2,299,682 호는 수정된 원뿔 곡률(conical curvature), 예를 들면, 원뿔 및 구형 형태의 포물면 미러(parabolic mirror) 등을 개시하고 있다. Benford에 의한 미국 특허 제 2,371,495 호는 간단한 2차 형태(quadratic form)에서 벗어나고, 균일한 조명 대 각도를 생성하도록 형상화된 미러를 규정하고 있다.
- [0010] 위에 인용된 Ayres에 의한 미국 특허 제 2,244,235 호 또는 Young에 의한 미국 특허 제 2,430,595 호에서 언급된 바와 같은 수차는 파노라마 광학 시스템을 설계하는데 있어서 중요한 요인이다. 수차는 크로매틱 또는 모노크로매틱 수차로서 카테고리화될 수 있다. 크로매틱 수차는 광의 파장에 따라 포인트의 이미지가 확산되게 한다. 그러한 수차는 미러만을 사용함으로써 제거될 수 있거나, 아크로매틱 렌즈(achromatic lens)를 사용함으로써 감소될 수 있다.
- [0011] 모노크로매틱 수차는 통상적으로 1차 및 더 높은 차원의 수차로 분리된다. 1차 수차는 구형 수차를 포함하고, 이는 시야에 걸쳐 일정한 이미지에 블러를 도입한다. 코마(coma) 및 비점수차(astigmatism)는 시야 각도에 따라 선형으로 및 2차식으로(quadratically) 변동하는 크기로 이미지를 각각 흐리게 한다. 필드 곡률은 최상의 이미

지가 평면 상에 놓이지 않게 하여서, 평평한 조각의 필름 또는 평평한 어레이 검출기 상에 형성된 이미지가 흐려지게 된다. 왜곡은 이미지를 흐리게 하지 않지만, 필드 각도의 정육면체(cube)에 따라 변동하는 배율(magnification)을 초래하여, 정사각형의 이미지가 만곡된 측면을 갖는다.

[0012] 그러한 수차는 이미지의 품질에 불리하게 영향을 준다. 파노라마 렌즈에서 가장 중요한 수차는 비점수차 및 왜곡인데, 왜냐하면 시야 각도가 너무 크기 때문이다. 수차가 이미지를 흐리게 하지 않기 때문에, 대략 10 또는 20 퍼센트까지의 왜곡이 종종 허용 가능하다. 이것은 파노라마 렌즈에서 가장 중요한 수차로서 비점수차를 남겨 두었다.

[0013] 비점수차를 수용 가능한 레벨로 감소시키기 위한 몇몇의 방법이 제안되었다. 하나의 방법은 Davis 및 그 외에 의한 특허 제 5,627,675 호에 설명된 바와 같이, 몇몇의 미러를 갖는 광학 시스템을 사용하는 것이다. 또 다른 방법은 Bruckstein 및 그 외에 의한 특허 제 5,920,376 호에 언급된 핀홀 카메라와 같은 초저속(높은 F/넘버) 광학 시스템을 사용하는 것이다. 전자의 방법은 그의 복잡성으로 인해 상업적인 목적으로 제조하기에 실행 불가하고, 후자의 방법은 그가 밝게 조명되는 장면을 요구하기 때문에 사진 촬영에서 실행 불가할 수 있다. 또 다른 접근법은 본 명세서에 참조에 의해 통합되는 Driscoll, Jr 및 그 외에 의한 미국 특허 제 7,242,425 호에 설명된다. Driscoll, Jr 및 그 외에 의한 제 7,242,425 호는 비점수차 정정 렌즈와 포물면 미러의 사용을 제안하고 있다.

[0014] 반사 굴절형 파노라마 렌즈에서 특수 형상화된 미러가 다양한 설계 이유로 제안되었다. Benford에 의한 미국 특허 제 2,371,495 호는 조명의 코사인 저하(cosine falloff)를 정정하는 형상을 제안하였다. Geng에 의한 미국 특허 제 6,304,285 호는 단일의 가상 관점에 대한 쌍곡면 미러(hyperbolic mirror)를 제안하였다. Hicks에 의한 미국 특허 제 6,412,961 호는 물체 공간에서의 거리를 이미지 상의 거리로 맵핑하는 미러 형태를 제안하였다. Herman에 의한 미국 특허 제 6,856,472 호는 또 다른 타입의 미러 설계를 개시하고 있다. 그러한 설계는 주로 왜곡을 다루고 있고, 이것은 일반적으로 물체 공간에서의 각도 또는 거리를 이미지 공간에서의 각도 또는 거리로 맵핑하는 것이 설명될 수 있다. Ayres에 의한 미국 특허 제 2,244,235 호는, 표면의 형상 및 구형 반사기의 썸(shell)가 수차에 대해 정정될 수 있다는 것을 언급하지만, 특정 타입의 수차의 어떠한 설명 또는 수차를 정정하는 방법도 제공하지 않는다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 비점수차를 최소화하도록 설계된 단일 미러를 갖는 균등 굴절 렌즈 시스템(periscopic lens system)을 제공한다. 단지 단일 미러를 요구하는 360-도 파노라마 장면을 캡처하거나 및/또는 투사하기 위한 간단하고, 높은 제조 가능성의 렌즈 시스템이 제공된다. 그러한 간단함에도 불구하고, 상기 렌즈 시스템은 고속, 예를 들면, F/10보다 더 빠르게 사용되도록 설계된다. 간단함 및 속도의 이러한 결합을 달성하기 위해, 타원형 미러는 타원형 미러에 의해 도입된 수차의 균형을 잡아주는 굴절형 렌즈 그룹과 결합하여 비점수차를 최소화하는데 사용된다.

[0016] 본 발명의 양태는 타원형 미러, 및 타원형 미러로부터 이미지를 전달하도록 배열된 일련의 렌즈를 포함하는 비점수차 감소 렌즈 시스템을 포함하는 파노라마 광학 시스템을 제공하는 것이며, 상기 렌즈 시스템은 F/10보다 빠른 F/넘버를 갖고, 비점수차를 ± 500 미크론 미만, 예를 들면, ± 200 미크론으로 감소시킨다.

[0017] 본 발명의 이들 및 다른 양태는 다음의 설명으로부터 더 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시형태에 따른, 타원형 미러 및 일련의 렌즈를 포함하는 파노라마 광학 시스템의 부분적으로 간략한 단면도이다.

도 2는 도 1의 파노라마 광학 시스템에 대한 비점수차 플롯이다.

도 3은 도 1의 파노라마 광학 시스템에 대한 왜곡 플롯이다.

도 4는 도 1의 파노라마 광학 시스템에 대한 폴리크로매틱 회절 MTF(modulation transfer function) 플롯이다.

도 5는 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 타원형 미러 및 일련의 렌즈를 포함하는 파노라마 광학 시스템의 부분적으로 간략한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명의 파노라마 광학 시스템은 타원형 미러 및 복수의 굴절형 렌즈 요소를 포함한다. 타원형 미러는 비점수차를 최소화하도록 설계되고, 굴절형 렌즈 요소는 상기 미러에 의해 도입된 수차의 균형을 잡는다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시형태에 따른 파노라마 광학 시스템(20)은 단일의 타원형 미러(1) 및 굴절 그룹 또는 렌즈 시스템(21)을 포함한다. 미러(1)는 상당히 더 많은 비점수차를 도입하는 구형, 포물면 또는 쌍곡면 미러와 비교하여 비점수차를 최소화하기 위한 형태의 타원형이다.
- [0021] 굴절 그룹(21)은 복수의 굴절 요소(2-6 및 8-11) 및 애퍼처 조리개(aperture stop)(7)를 포함한다. 광은 미러(1)로부터 반사된 후에 굴절 그룹(21)에 진입한다. 광이 굴절 그룹(21)을 통과할 때, 광은 빔의 F/넘버를 제한하는 애퍼처 조리개(7)를 통과한다.
- [0022] 애퍼처 조리개(7)는, 예를 들면, 금속 시트와 같은 단일 부품으로 제조될 수 있거나, 조절 가능할 수 있다. 조절 가능한 애퍼처 조리개의 일 예는 아이리스 조리개(iris diaphragm)이지만, 당분야에 공지된 다른 조절 가능한 애퍼처가 사용될 수 있다.
- [0023] 굴절 그룹(21)을 통과한 후에, 광은 이미지 평면(12)에서의 포커스에 도달한다. 필름 또는 전자 검출기, 예를 들면, CCD 또는 CMOS 어레이와 같은 종래의 이미징 장치는 이미지를 수신하기 위해 이미지 평면 부근에 배치될 수 있다. 대안적으로, 파노라마 렌즈는 투사 렌즈로서 사용될 수 있고, 이 경우에, LCD 또는 마이크로미터 장치, 예를 들면, 미국, 텍사스, 리처드슨 소재의 Texas Instruments, Inc.로부터 입수 가능한 DLP와 같이, 광의 빔 상에서 이미지를 각인시키기 위한 전자 이미징 장치 또는 투사될 필름은 이미지 평면 부근에 배치될 수 있다. 이어서, 이미징 장치를 통해 빛나게 되거나 이미징 장치로부터 반사되는 광원으로부터의 광은 원통형, 구형 또는 몇몇의 다른 형상일 수 있는 스크린으로 투사될 수 있다.
- [0024] 도 1의 파노라마 미러 및 렌즈 시스템의 광학 특성이 표 1에 설명된다.

[0025] 표 1

요소 번호/ 표면	곡률	두께	유리	반지름	코닉 상수
(물체)	0.000000	1.00E+10		0.00	
1/A	0.028021	-55.336	미러	50.00	-0.742
2/B	-0.020143	-6.000	S-TIH10	22.00	
2/C	-0.032501	-6.523		18.00	
3/D	-0.001116	-7.000	S-BSM16	19.00	
3/E	0.024014	-0.100		19.00	
4/F	-0.073438	-8.000	S-TIH10	12.00	
4/G	-0.083500	-3.300		8.00	
5/H	-0.180784	-7.223	S-LAL14	5.00	
6/I	0.151028	-8.000	S-LAL14	3.30	
6/J	-0.014538	-1.363		5.00	
7	0.000000	-1.363		2.58	
8/K	0.067420	-2.200	S-TIH10	3.50	
8/L	-0.058102	-4.800		7.00	
9/M	0.064329	-0.100	S-LAL14	7.00	
10/N	0.000598	-4.000	S-BSM16	7.69	
10/O	0.053090	-0.100		9.00	
11/P	-0.025641	-3.800	S-BSL7	9.00	
11/Q	0.016432	-52.000		9.00	
12 (이미지)	0.000000	0.000		7.51	

[0026]

[0027]

표 1에서, 제 1 열은 도 1에 도시된 요소 번호, 및 A-Q로서 열거된 미러 표면 및 렌즈 요소를 열거한다. 물체 및 이미지가 또한 표 1에 열거된다. 표 1의 제 2 열은 곡률의 반경과 상반적인 표면 곡률이다. 제 3 열에서, 번호는 다음 표면까지의 거리를 나타낸다. 제 4 열에 디스플레이되는 유리 타입은 캘리포니아, 란초 산타 마가리타 소재의 Ohara Corporation으로부터 상업적으로 입수 가능하다. 이러한 렌즈 내의 요소 모두는 회전 대칭적이고, 그래서 제 5 열은 광학 축으로부터 요소의 주변부까지의 거리를 열거한다. 마지막으로, 마지막 열의 번호는 미러의 코닉 상수를 나타낸다.

[0028]

코닉 표면은 다음의 수학적식으로 설명된다.

수학적식 1

$$z = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2y^2}}$$

[0029]

[0030]

여기서 z는 평면 접선으로부터 광학 축과의 교차 지점에서의 표면까지의 거리이고, c는 표면의 곡률(그의 곡률의 반경과 상반됨)이고, y는 광학 축으로부터 z가 계산되는 포인트까지의 거리이고, k는 코닉 상수이다. 코닉 상수는 회전(revolution)의 코닉 표면의 이심률(eccentricity)을 설명하기 위해, 워싱턴, 벨뷰 소재의 Radiant Zemax LLC로부터 상업적으로 입수 가능한 Zemax와 같은 렌즈 설계 프로그램에 의해 사용될 수 있다.

[0031]

표 1에 도시된 코닉 상수가 -0.742이지만, 다른 코닉 상수가 사용될 수 있다. 0과 동일한 코닉 상수는 구(sphere)를 나타내고, -1과 동일한 코닉 상수는 타원형을 나타내는 이러한 한계치 사이의 값을 갖는 포물선을 나타낸다. 비점수차를 최소화하기 위해, -0.01과 -0.99 사이, 일반적으로 -0.3과 -0.9 사이의 타원형의 코닉 상

수가 본 발명에 따라 사용될 수 있다. 특정 실시형태에서, 코닉 상수는 -0.6과 -0.85 사이이다. 상기 코닉 상수 이외에 비구면 향을 갖는 타원형 미러를 사용하는 것이 또한 가능하다. Zemax 프로그램의 사용자는 이러한 표면을 이븐(even) 비구면 또는 오드(odd) 비구면 또는 Q-타입 비구면으로서 설명할 것이다. 그러한 미러는 비점수차를 감소시키기 위해 본 발명에 따라 사용될 수 있다. 본 발명에 따른 타원형 미러의 특징은, 형상이 일반적으로 적어도 사용되는 영역 내에서 동일한 곡률을 갖는 포물면 및 구의 형상 사이에 놓인다는 것이다.

[0032] 본 실시형태에서 파노라마 시야는 광학 축에 수직인 평면으로부터 측정되는 바와 같이 적어도 $\pm 50^\circ$ 일 수 있다. 다른 실시형태에서, 시야는 수평 평면을 중심으로 대칭적(예를 들면, $\pm 30^\circ$ 또는 $\pm 40^\circ$)일 수 있거나 비대칭적(예를 들면, $+50^\circ / -70^\circ$ 또는 $+60^\circ / -40^\circ$)일 수 있다. 시야는 검출기 상에서 주어진 수의 픽셀에 대해 해상도를 최소화하기 위해 더 작도록 선택되거나, 관측되는 공간의 양을 최대화하기 위해 더 크도록 선택될 수 있다.

[0033] 도 2는 도 1에 도시되고 표 1에 설명된 실시형태에 대한 부기저 비점수차 필드 곡선(parabasal astigmatic field curve)의 플롯이다. 이러한 곡선은, 비점수차가 많은 애플리케이션에서 매우 잘 제어되는 ± 200 미크론 미만으로 감소되는 것을 도시한다. 이러한 플롯에서, 비점수차는 트레이싱 코딩턴 레이(tracing Coddington ray)에 기초하여 시상 포커스(sagittal focus)와 접선 포커스(tangential focus) 사이의 차이로서 계산된다. 이러한 계산은 광학 텍스트, 예를 들면, Rudolf Kingslake, "Lens Design Fundamentals", Academic Press, New York, 1978에 설명되어 있다. 이것은 US Air Force 1951 3-바 타겟과 같은 산업 표준 타겟을 사용함으로써 측정될 수 있다. 그러한 타겟은 예를 들면, 뉴저지, 배링턴 소재의 Edmund Optics로부터 구매될 수 있다.

[0034] 도 3은 도 1에 도시되고 표 1에 설명된 실시형태에 대한 조정된 F-세타 왜곡(theta distortion)을 도시한다. F-세타 왜곡은 물체 공간의 각도가 이미지 상의 거리로 맵핑될 것이라는 가정에 기초한다. 이것은 일정한 배율에 기초하여 계산된 것과 실제 이미지 포인트 사이의 거리로서 측정되고, 이미지의 중심으로부터 2 개의 거리 사이의 퍼센티지 차이로 표현된다. 5 % 미만의 왜곡은 충분히 잘 제어되어 대수롭지 않고, 틀림없이 전자 정보를 인에이블하기에 충분히 작다.

[0035] 도 4는 도 1에 도시되고 표 1에 설명된 실시형태의 MTF를 도시한다. 본 실시형태에서 수차는 10 미크론 미만의 피치의 픽셀을 갖는 픽셀형 검출기에서 사용하기에 충분히 작다.

[0036] 도 1에 도시되고 표 1에 설명된, F/5.6만큼 빠른 실시형태가 유용할 수 있다. 다른 실시형태에서, F/넘버는 F/10 또는 F/8 또는 F/4 또는 F/2.8만큼 빠를 수 있다. F/넘버 값은, 렌즈의 포커스 길이가 입구 동공 지름에 의해 나누어지는 당분야에 공지된 표준 방법에 의해 결정된다. 더 낮은 F/넘버는 이미지 평면으로의 더 많은 광을 허용하는 렌즈에 대응하여서, 더 낮은 F/넘버는 디머 조명(dimmer lighting)을 갖는 상황에서 또는 모션을 정지시키기 위해 더 빠른 셔터 속도가 요구될 때 더 바람직하다.

[0037] 도 5는, 표 2에 추가로 설명되는, 본 발명의 실시형태에 따른 또 다른 파노라마 광학 시스템(120)을 예시한다. 표 2에서 볼로 지칭되는 제 1 광학 요소(100)는 외부 표면 A에서 반사 굴절형 미러, 반사 표면 B에서 미러(101) 및 출구 표면 C이다. 외부 표면 A는 표 2에 설명된 바와 같이 구형일 수 있거나, 이것은 비구형일 수 있다. 미러 표면 B는, 본 발명에 따라, 단면이 타원형이다. 출구 표면 C는 본 예에 도시된 바와 같이, 구형일 수 있거나 출구 표면 C는 비구형일 수 있다. 도 5에 도시되고 표 2에 설명된 실시형태에서 다른 표면 D-O 모두는 굴절형이고, 일부는 구형이고 다른 것은 비구형이다. 시스템(120)은 도 5에 라벨링되고 표 2에 열거된 표면들 D-O를 갖는 일련의 렌즈(102, 103 및 105-108)를 포함하는 렌즈 시스템(121)을 포함한다. 이러한 파노라마 렌즈는 F/2.8 만큼 빠르게 동작하도록 설계되지만, 다른 F/넘버에 대해 수정될 수 있다.

[0038] 표 2

요소번호/ 표면	코멘트	곡률	두께	유리	반지름	코닉상수	A4	A6
	물체	0.00000	1.00E+10		0.00			
100/A	볼 외부 표면	0.08774	8.815	PMMA	10.51			
101/B	미러	0.12257	-6.000	미러	9.99	-0.7870		
100/C	볼 출구 표면	-0.05761	-20.840		6.81			
102/D	제1 렌즈	-0.12697	-3.897	PMMA	3.98		-1.5982E-04	-8.6866E-06
102/E		-0.03374	-5.147		3.10			
103/F	제2 렌즈	-0.54701	-1.182	PMMA	1.00		4.1240E-02	
103/G		-0.55179	-0.091		0.57			
104	정지	0.00000	-0.240		0.45			
105/H	제3 렌즈	0.65339	-1.601	PMMA	0.61			
105/I		0.64825	-0.132		1.14		-2.5798E-02	
106/J	제4 렌즈	0.40017	-3.993	PMMA	1.20			
106/K		0.31802	-6.759		2.28		-1.1018E-04	-3.7457E-04
107/L	제5 렌즈	0.03472	-4.001	PMMA	2.93		-2.3269E-04	2.9449E-05
107/M		0.16259	-15.707		3.25			
108/N	제6 렌즈	-0.22803	-1.771	PMMA	2.57		-1.7472E-04	-2.0048E-05
108/O		-0.10587	-6.000		2.29			
109	카메라 동공	0.00000	0.100		1.13			
110	더미 카메라 렌즈	0.00000	-4.200		1.14			
111	이미지	0.00000	0.000		0.93			

[0039]

[0040]

표 2에서 비구면 표면은 다음과 같은 수학적식에 의해 설명된다.

수학적식 2

$$z = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2y^2}} + A_4y^4 + A_6y^6$$

[0041]

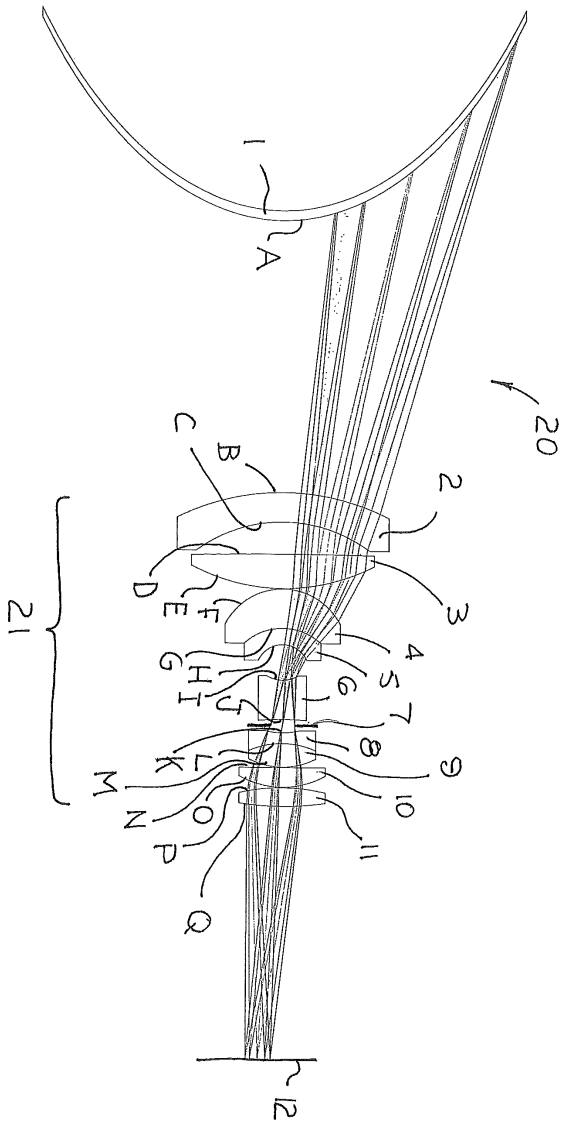
[0042]

여기서 z는 접선 평면으로부터 표면까지의 축 거리이고, c는 표면의 곡률이고, y는 축으로부터 표면 상의 포인 트까지의 거리이고, k는 코닉 상수이고, A4 및 A6은 비구면 계수이다.

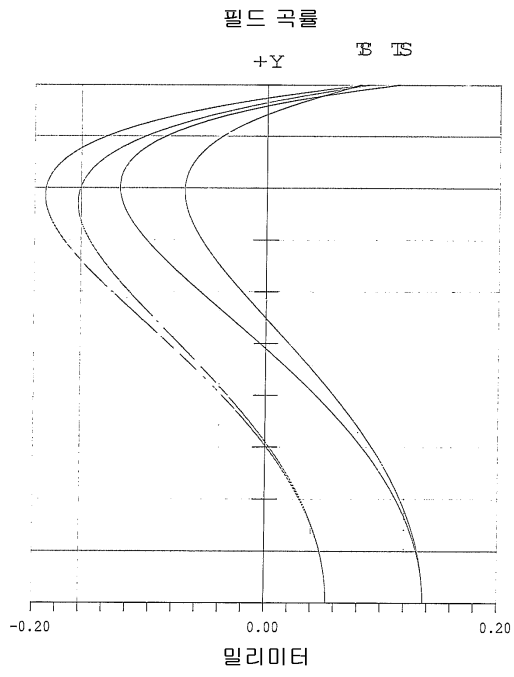
[0043]

본 발명의 특정한 실시형태는 예시의 목적을 위해 상기에 개시되었지만, 본 발명의 상세의 복수의 변형이 첨부 된 청구항에 정의된 바와 같이 본 발명으로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있는 것이 당업자에게는 분명할 것이다.

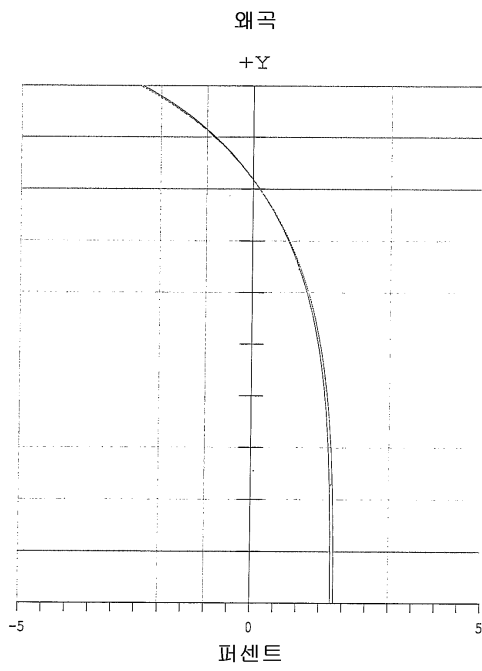
도면
1면도



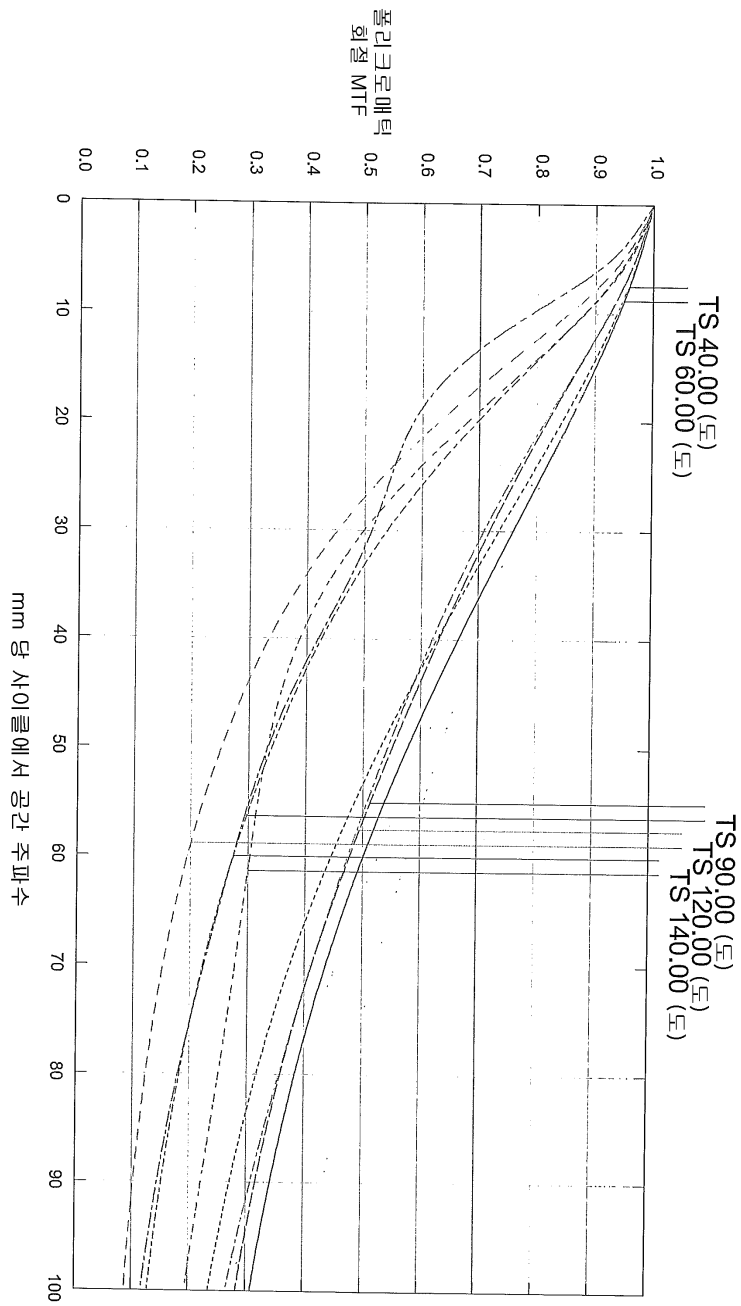
도면2



도면3



도면4



도면5

