



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년07월16일

(11) 등록번호 10-1537123

(24) 등록일자 2015년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 15/173 (2006.01) G02B 15/16 (2006.01)

G02B 3/14 (2006.01) G02B 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7009051

(22) 출원일자(국제) 2008년11월20일

심사청구일자 2013년09월17일

(85) 번역문제출일자 2010년04월26일

(65) 공개번호 10-2010-0082785

(43) 공개일자 2010년07월19일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/084232

(87) 국제공개번호 WO 2009/073387

국제공개일자 2009년06월11일

(30) 우선권주장

60/992,244 2007년12월04일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20060067663 A1*

KR1020070103812 A

US6906867 A

JP2007121821 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

블랙아이 옵틱스, 엘엘씨

미국 워싱턴 98245 이스트사운드 스파이든 아일랜드 피.오. 박스 1389

(72) 발명자

제너드, 제임스, 에이치.

미국 네바다 89135 라스 베가스 와일드 리지 15

널, 이안, 에이.

스위스 마사노 씨에이치-6900 비아 미라벨 25에이

(74) 대리인

특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 8 항

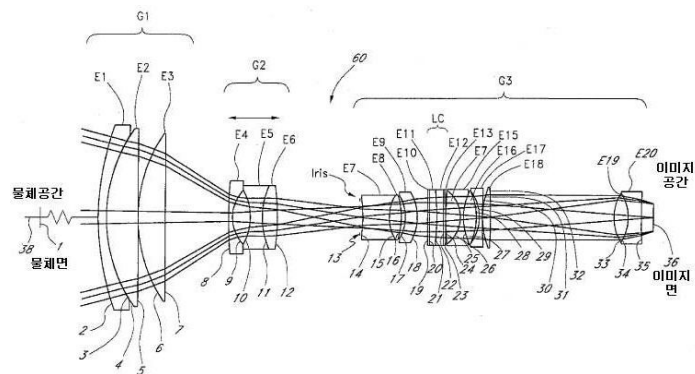
심사관 : 오군규

(54) 발명의 명칭 줌 렌즈 시스템 및 이를 구비한 카메라 시스템

(57) 요약

텔레포토 타입의 줌 렌즈(60)로서: 축방향으로 가동가능한 렌즈 그룹(G2); 제1 및 제2 콘택팅 리퀴드를 포함하는 하나의 리퀴드 렌즈 셀(LC)을 포함하고, 상기 콘택팅 리퀴드 사이의 접촉 광 표면(21)은 다양한 형태를 가지는 축방향으로 정적인 렌즈 그룹; 및 광선 축을 방향변경하는 광학 소자;를 포함하고, 상기 축방향으로 가동가능한 줌 렌즈 그룹(G2)과 상기 축방향으로 정적인 렌즈 그룹(LC)은 공통 광축 상에 정렬되고, 상기 줌렌즈 시스템의 물체 측(1)으로부터 조사되는 광선을 수광하며, 이미지 측(36)으로 광선을 전송한다. 일 실시예에서, 시스템은 또한 줌 렌즈 그룹과 리퀴드 렌즈 셀의 다양한 형태의 광학 표면의 조정을 함으로써 열적으로 유도된 바람직하지 않은 효과에 대한 보정을 제공한다.

대 표 도



명세서

청구범위

청구항 1

광축을 따라 이동가능한 줌 렌즈 그룹;

적어도 하나의 리퀴드 렌즈 셀을 포함하고, 상기 적어도 하나의 리퀴드 렌즈 셀은 제1 및 제2 콘택팅 리퀴드를 포함하고, 상기 콘택팅 리퀴드 사이의 접촉 광 표면은 다양한 형태를 가지며, 상기 광축 상에서 정적이고 줌 렌즈 그룹 다음에 위치되는 리어 렌즈 그룹; 및

시스템의 물리적 길이를 실질적으로 증가시키지 않고 광축을 방향 변경하는 광학 소자;

를 포함하고, 상기 줌 렌즈 그룹, 상기 리어 렌즈 그룹 및 상기 광학 소자는 줌렌즈 시스템의 물체 측 공간으로부터 조사되는 광선을 수광하고 이미지 측 공간으로 광선을 전송하며, 상기 광학 소자는 광축 상에서 리어 렌즈 그룹 내에 위치되는, 줌 렌즈 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광축을 방향 변경하는 상기 광학 소자는 거울을 포함하는 줌 렌즈 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광축을 방향 변경하는 상기 광학 소자는 프리즘을 포함하는 줌 렌즈 시스템.

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

광축 상에 정적이고 줌 렌즈 그룹 전에 위치되는 대물 렌즈 그룹을 더 포함하고,

상기 줌 렌즈 그룹, 상기 리어 렌즈 그룹 및 상기 대물 렌즈 그룹은 상기 광축 상에 정렬되는 줌 렌즈 시스템.

청구항 6

광축을 따라 이동가능한 줌 렌즈 그룹, 적어도 하나의 리퀴드 렌즈 셀을 포함하는 리어 렌즈 그룹, 및 실질적으로 시스템의 물리적 길이를 증가시키지 않고 상기 광축을 폴드(fold)하는 광학 소자를 포함하는 줌 렌즈; 및

상기 줌 렌즈의 초점 거리에 위치한 이미지 캡처 모듈;

를 포함하고,

상기 줌 렌즈 그룹은 광축 상에서 리어 렌즈 그룹 전에 위치되고,

상기 광학 소자는 상기 광축 상에서 리어 렌즈 그룹 내에 위치되는, 카메라 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 이미지 캡처 모듈은 CCD 탐지기를 포함하는 카메라 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 이미지 캡처 모듈은 필름을 포함하는 카메라 시스템.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 줌 렌즈는 단일의 이동가능한 렌즈 그룹을 포함하는 카메라 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2007년 12월 4일에 출원된 미국 가출원 60/992,244에 의한 우선권을 주장하며, 그 전체는 여기에 참조로 통합되고 본 명세서의 일부를 이룬다.

[0002] 본 발명은 리퀴드 옵틱스 및 광선 축의 방향변경을 채용하는 광학 렌즈 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 이미징 애플리케이션은 역사적으로 줌(zooming)과 상이한 초점 거리를 제공하는 둘 또는 그 이상의 이동가능한 줌 렌즈 그룹을 사용하였다. 포커싱을 위한 부가적인 렌즈 그룹도 필요할 수 있다.

[0004] 하지만 이동 렌즈 그룹을 가지는 줌 및 포커스 렌즈 시스템을 사용하는 데에는 내재적 단점이 있다. 특히 이동 줌 렌즈 그룹을 가지는 것은 복잡한 기계적인 이동부들에 대한 필요를 암시한다. 각 이동가능한 렌즈 그룹은 지지 구조와 캠 및 모터와 같은 구동 메카닉스가 필요하고, 어떤 경우에 이동을 원활히 하기 위한 제어 전자소자 필요하다. 상기 시스템의 복잡성은 크기, 무게 및 경비를 추가할 수 있으며 장시간에 걸쳐 시스템 조작을 신뢰할 수 없게 할 수 있다. 초점 거리(focal length)의 제한된 영역, 전체 초점 거리 영역에 걸쳐 적절하게 포커스할 수 없음, 근접 물체를 포커스 할 수 없음, 전체 초점 거리 범위와 포커스 디스턴스(focus distance)에 걸친 적절한 광학 성능의 부재와 같은 바람직하지 않은 제한을 가진 상기 단점이 적어도 두 개의 이동 줌 렌즈 그룹을 가지는 일부 선행의 이동가능한 줌 렌즈에 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 역학적으로 덜 복잡하지만 고 성능의 줌 렌즈 시스템이 필요하다.

과제의 해결 수단

[0006] 리퀴드 렌즈 셀은 챔버 내 둘 또는 그 이상의 유체(fluid)를 포함한다. 유체는 예를 들어 전기 노드에 의해 변화하는 표면을 형성하도록 접촉한다. 유체는 예를 들어 하나 또는 그 이상의 가스, 하나 또는 그 이상의 리퀴드, 또는 하나 또는 그 이상의 고체와 하나 또는 그 이상의 리퀴드의 혼합물일 수 있다. 하나 또는 그 이상의 이동 렌즈 그룹을 대체하는 리퀴드 렌즈 셀의 사용은 광 경로를 위한 부가 배치 옵션을 초래한다. 이동 렌즈 그룹을 리퀴드 렌즈 셀로 교체하는 것은 더 콤팩트한 시스템을 낳는다. 하지만, 선행 광학 디자인은 기대 이상의 긴 렌즈를 만들 수도 있다. 이동 그룹 대신 리퀴드 렌즈 셀의 사용은 렌즈의 물리적 길이를 감소시키는 폴드(fold)와 같은 광학 소자의 사용을 촉진한다. 비록 렌즈를 통과하는 광 경로의 전체 길이는 동일할 수 있으나, 리퀴드 렌즈 셀은 하나 또는 그 이상의 방향에서 길이를 감소시키는 광선 축의 방향변경을 위한 전략적 공간을 제공한다. 이는 더 작은 카메라 패키지 내 사용되는 더 긴 전체 렌즈 길이를 허용한다. 예를 들어, 많은 포인트와 슈트 카메라(shoot camera)와 셀폰은 긴 렌즈에 대한 충분히 큰 공간을 가지지 않는다. 폴드 또는 광선축의 방향변경과 조합된 리퀴드 셀의 사용은 상기 작은 카메라 패키지 내에서 더 양호한 렌즈 시스템을 허용한다. 더 큰 카메라는 광선축의 방향변경을 하지 않는 렌즈 시스템이 필요한 카메라 패키지 길이를 감소시킴으로써 이익이 될 수 있다.

[0007] 여기에 설명된 실시예는 설명을 위한 목적이며 본 발명의 범위는 후술하는 실시예에 국한되지 않는다.

발명의 효과

[0008] 본 발명은 역학적으로 덜 복잡하며 고 성능의 줌 렌즈 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 카메라의 블록 다이어그램.

도 2는 리퀴드를 채용하는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램.

도 3a 및 3b는 리퀴드 사이의 표면 형태를 보이는 도 2의 줌 렌즈 시스템의 리퀴드 셀의 광학 다이어그램.

도 4a, 4b 및 4c는 상이한 초점 거리와 포커스 디스턴스를 생성하는 상이한 줌 렌즈 그룹의 위치와 리퀴드 사이의 표면 형태를 도시하는 도 2의 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램.

도 5a, 5b 및 5c는 도 4a, 4b 및 4c의 줌 렌즈 시스템의 모듈레이션 전송 기능 성능도.

도 6은 리퀴드와 싱글 폴드를 채용하는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램.

도 7은 리퀴드와 듀얼 폴드를 채용하는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램.

도 8a 및 8b는 상이한 줌 렌즈 그룹의 위치와 리퀴드 사이의 표면 형태를 도시하는, 폴드를 가지는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램.

도 9a, 9b 및 9c는 상이한 초점 거리와 포커스 디스턴스를 생성하는 상이한 줌 렌즈 그룹의 위치와 리퀴드 사이의 표면 형태를 가진 광선 축의 방향변경을 도시하는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 바람직한 실시예의 다음 설명에서, 참조부호는 그 구성요소를 형성하는 도면에 대한 것이며, 본 발명이 실시되는 특정 실시예를 도시하기 위해 보여진다. 다른 실시예가 사용될 수 있으며 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 구조적 변화가 이루어질 수 있음을 이해해야 한다.

[0011] 2007년 10월 8일에 출원하고 명칭이 "리퀴드 옵틱스 줌 렌즈 및 이미징 장치(Liquid Optics Zoom Lens and Imaging Apparatus)"인 미국 가출원 넘버 60/783,338는 전체로서 참조로 여기에 통합되고, 줌과 포커스 기능을 제공하는 리퀴드 옵틱스를 채용하는 줌 렌즈 시스템을 개시한다. 줌링과 포커싱을 위한 리퀴드 옵틱스의 사용은 대체적 렌즈 배치에 대해 광선축의 방향변경을 제공한다. 줌과 포커스 기능을 제공하는 리퀴드 옵틱스를 채용하는 예시적인 줌 렌즈 시스템이 먼저 설명되고, 이어서 광선축의 방향변경을 채용하는 실시예가 설명된다.

[0012] 줌 렌즈 시스템의 리퀴드 옵틱스

[0013] 도 1은 줌 렌즈(102)를 가지는 카메라(100)의 블록 다이어그램을 도시한다. 줌 렌즈는 초점 거리를 변화시키는 능력을 가진 렌즈 소자의 어셈블리이다. 개별적 렌즈 소자는 고정되거나 렌즈 몸체를 따라 축방향으로 슬라이딩한다. 렌즈 그룹은 하나 또는 그 이상의 렌즈 소자로 이루어질 수 있다. 적어도 하나의 가동가능한 렌즈 그룹은 물체의 배율 변화를 제공한다. 적어도 하나의 렌즈 그룹이 배율 달성을 위해 움직일 때 초점 평면의 위치도 또한 움직일 수 있다. 적어도 하나의 다른 가동가능한 렌즈 그룹이 일정한 초점 평면 위치를 유지하도록 초점 평면의 움직임을 보정하게 움직일 수 있다. 초점 평면의 움직임 보정은 렌즈의 배율이 변화할 때 전체 렌즈 어셈블리를 움직임으로써 역학적으로 달성될 수 있다.

[0014] 개별적인 렌즈 소자는 유리, 플라스틱, 크리스탈 또는 반도체 물질과 같은 고체 상태에서부터 설계될 수 있거나, 물 또는 오일과 같은 리퀴드 또는 가스 물질을 사용하여 설계될 수 있다. 렌즈 소자 사이의 공간은 하나 또는 그 이상의 가스를 포함할 수 있다. 예를 들어 보통의 공기, 질소 또는 헬륨이 사용될 수 있다. 대체적으로 렌즈 소자 사이의 공간은 진공이 될 수 있다. "공기"가 상기 개시에서 사용된다면, 넓은 의미로 하나 또는 그 이상의 가스 또는 진공을 포함할 수 있다는 의미이다.

[0015] 줌 렌즈는 줌 및 포커싱 기능을 달성하도록 세 개 또는 그 이상의 이동 렌즈 그룹을 종종 가질 것이다. 기계적 캠은 줌링을 실행하도록 두 개의 가동가능 렌즈 그룹을 연결할 수 있으며, 제3가동가능 렌즈 그룹은 포커스를 위해 사용될 수 있다.

[0016] 줌 범위는 가동가능 렌즈 소자를 위한 이동 범위에 의해 부분적으로 결정된다. 더 큰 줌 범위가 렌즈 소자의 이동을 위한 부가적인 공간을 필요로 한다. 하나 또는 그 이상의 가동 렌즈 그룹은 리퀴드 셀 기술을 실행하는 렌즈 그룹으로 대체될 수 있다. 리퀴드 셀이 축방향의 이동에 대한 공간을 요구하지 않기 때문에, 가동가능 렌즈

그룹을 포함하는 렌즈 디자인의 길이는 감소될 수 있다. 대체적으로, 가동가능 렌즈 그룹의 축방향 이동에 사용되었던 공간은 부가 광학소자 또는 폴드를 포함하는데 사용될 수 있다. 비록 리퀴드 셀이 이동 공간을 필요로 하지 않으나, 가동가능 렌즈 그룹의 일부가 될 수 있다.

[0017] 리퀴드 셀은 줌밍과 포커싱을 위해 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 가동가능한 렌즈 그룹은 리퀴드 셀 기술을 실행하는 렌즈 그룹에 사용된다. 하나의 가동가능한 렌즈 그룹을 가지는 기계적 캠이 필요없다. 캠을 가지지 않는 것은 부가 이동을 허용한다.

[0018] 하나 또는 그 이상의 가동가능한 렌즈 그룹이 줌밍과 포커싱을 달성하기 위해 하나 또는 그 이상의 리퀴드 셀에 사용된다. 단일의 가동가능 렌즈 그룹과 단일의 리퀴드 셀은 줌밍, 포커싱과 열적 효과에 대한 보정을 실행한다. 한 실시예에서, 줌 시스템은 적어도 제1 및 제2 렌즈 그룹을 가진다. 제1렌즈 그룹은 비교적 높은 파워이고, 제2렌즈 그룹은 비교적 낮은 파워이며, 렌즈 파워는 렌즈의 초점 거리의 역과 동일하다. 제1렌즈 그룹은 일반적 렌즈 또는 다른 고체 렌즈를 포함하거나, 제2렌즈 그룹은 적어도 하나의 리퀴드 렌즈를 포함한다.

[0019] 리퀴드 셀은 렌즈를 형성하도록 둘 또는 그 이상의 리퀴드를 사용한다. 렌즈의 초점 거리는 리퀴드 사이의 접촉 각도와 리퀴드의 굴절률 차이에 의해 결정된다. 파워 변화 영역은 채용되는 리퀴드의 굴절지수의 차이와 공간 구속으로 인한 리퀴드 사이의 표면 인터페이스에서의 곡률반경의 미세 범위로 인해 한정된다.

[0020] 미국 특허출원 공개공보 No. 2006/0126190 이 여기에 참조로 포함되고, 이는 일렉트로웨팅(electrowetting)을 통해 리퀴드 드랍(drop)의 변형을 채용하는 렌즈를 개시한다.

[0021] 현재 고려되는 리퀴드 렌즈 시스템은 적어도 약 0.2의 굴절률 차이, 바람직하게는 적어도 약 0.3, 그리고 어떤 실시예에서는 적어도 약 0.4를 가질 것이다. 물은 굴절률이 약 1.3이고 소금을 추가하면 굴절률을 약 1.48까지 변화시킬 수 있다. 적절한 광학 오일은 적어도 약 1.5의 굴절률을 가질 수 있다. 심지어 더 높은, 더 낮은 또는 더 높고 낮은 굴절 지수를 가지는 액체, 예를 들어 더 높은 굴절률의 오일을 이용함으로써, 파워변화의 범위가 한정된다. 상기 한정된 파워 변화의 범위는 가동가능 렌즈 그룹보다 더 작은 배율 변화를 일반적으로 제공한다. 따라서, 단일 줌 렌즈 시스템에서 일정 이미지 평면 위치를 유지하면서 줌밍을 제공하기 위해, 대부분의 배율 변화는 하나의 가동가능한 렌즈 그룹에 의해 제공될 수 있고 배율 변화 동안 이미지면에서의 대부분의 디포커스 보정은 하나의 리퀴드 셀에 의해 제공될 수 있다. 하지만, 더 많은 가동가능한 렌즈 그룹 또는 더 많은 리퀴드 셀 또는 그 둘다가 이용될 수 있음을 유의해야 한다.

[0022] 가동가능한 렌즈 그룹은 포지티브 또는 네거티브 파워를 가질 수 있다. 리퀴드 셀은 파워가 항상 포지티브, 항상 네거티브 또는 포지티브에서 네거티브로 가는, 또는 그 역의 다양한 파워 범위를 가질 수 있다. 가동가능한 렌즈 그룹과 리퀴드 셀의 적절한 배열은 줌 영역을 통해 양호한 이미지 품질을 제공하면서 2x 보다 큰 확장 줌 비율을, 바람직하게는 3x보다 큰 비율을 제공한다. 줌밍에 부가한 배열은 리퀴드 셀, 가동가능한 렌즈 그룹 또는 그 둘로부터 부가적인 이용가능한 파워 변화를 이용함으로써 확장된 초점 영역에 걸쳐 상이한 물체 거리에서 포커싱을 제공할 수 있다. 포커싱을 위한 상기 리퀴드 셀, 가동가능한 렌즈 그룹 또는 그 둘로부터 부가적인 이용가능한 파워 변화는 쉽게 이용할 수 있다. 하나의 가동가능한 렌즈 그룹은 고정된 이동 궤적(locus)을 가진 캠을 필요로 하지 않으므로, 가동가능한 줌 렌즈 그룹의 위치는 줌밍과 포커싱에 대해 조정될 수 있다. 고성능 이미징은 줌밍과 포커싱을 위한 가동가능한 줌 렌즈 그룹과 리퀴드 셀을 모두 이용함으로써 달성된다.

[0023] 또한 적어도 하나의 리퀴드 셀로 가동가능한 줌 렌즈 그룹을 대체하는 것도 가능하다. 이는 광학 시스템의 복잡성을 증가시키고 광학 시스템이 감소된 배율 변화와 같은 다른 단점을 가지도록 초래할 수 있다.

[0024] 도 1은 렌즈(102) 내 렌즈 그룹의 운동 및 조작을 제어하는 렌즈 제어 모듈(104)를 또한 도시한다. 제어 모듈(104)은 리퀴드 렌즈 셀 내 곡률반경을 제어하는 전기 회로를 포함한다. 전기 회로는 가동가능한 렌즈 그룹의 위치를 또한 제어할 수 있다. 다양한 초점 위치와 줌 위치에 대한 적합한 전기 신호 레벨은 미리 결정되고 록업 테이블내에 위치할 수 있다. 대체적으로 아날로그 회로 또는 회로의 조합과 록업 테이블은 적합한 신호 레벨을 생성할 수 있다. 일 실시예에서, 다항식이 적합한 전기 신호 레벨을 결정하기 위해 사용된다. 다항식에 따른 포인트는 록업 테이블에 저장될 수 있거나 다항식은 회로로 실행될 수 있다.

[0025] 열 효과는 리퀴드 사이의 표면의 곡률 반경 또는 가동가능 렌즈 그룹의 위치 또는 둘 다를 제어하여 고려될 수 있다. 다항식 또는 록업 테이블은 열 효과에 관련된 부가 변수를 포함할 수 있다.

[0026] 제어 모듈(104)는 특정 줌 설정 또는 초점 거리에 대한 프리셋 제어를 포함할 수 있다. 상기 설정은 사용자 또는 카메라 제조자에 의해 저장될 수 있다.

- [0027] 도 1은 외부 물체에 대응하는 광 이미지를 수신하는 이미지 캡처 모듈(106)을 더 도시한다. 상기 이미지는 광축을 따라 렌즈(102)를 통과해 이미지 캡처 모듈(106)까지 전송된다. 이미지 캡처 모듈(106)은 필름(필름 스택(stock) 또는 스틸 동영상(still picture film)) 또는 전자 이미지 검출 기술(예를 들어 CCD 어레이, CMOS 장치 또는 비디오 픽업 회로)와 같은 다양한 포맷을 사용할 수 있다. 광축은 선형이거나 폴드 또는 광선 축의 다른 방향변경을 포함할 수 있다. 여기서 사용된 폴드는 넓게 해설되도록 의도되는 것을 이해해야 한다. 광선축을 방향 변경하는 다양한 광학 소자가 이용가능하여, 본 발명의 범위는 특정 타입의 광학 소자에 한정되어서는 안 된다.
- [0028] 이미지 저장 모듈(108)은 캡처된 이미지를 예를 들어 온보드(on-board) 메모리 또는 필름, 테이프 또는 디스크에 유지한다. 일 실시예에서, 저장 매체는 휴대형이다(예를 들어, 플래시 메모리, 필름 캐니스터(canister), 테이프 카트리지 또는 디스크).
- [0029] 이미지 전송 모듈(110)은 다른 장치에 캡처된 이미지의 전송을 제공한다. 예를 들어, 이미지 전송 모듈(110)은 USB 포트, IEEE 1394 멀티미디어 커넥션, 이더넷(Ethernet) 포트, 블루투스 무선 커넥션, IEEE 802.11 무선 커넥션, 비디오 콤포넌트 커넥션, 또는 S-비디오 커넥션과 같은 커넥션을 하나 또는 다양한 커넥션을 사용할 수 있다.
- [0030] 카메라(100)은 비디오 카메라, 셀폰 카메라, 디지털 포토그래픽 카메라, 또는 필름 카메라와 같은 다양한 방식으로 실행될 수 있다.
- [0031] 줌 렌즈의 실시예는 디자인 예를 들어 설명될 것이다. 도 2를 참조하면, 각 렌즈 소자는 숫자 1부터 20까지 부가된 문자 "E"로 표시되고 각 렌즈 소자의 일반적인 배치가 설명되지만, 각 렌즈 표면의 실제 반지름은 하기 표 1에 보인다. 렌즈, 물체, 조리개(stop or iris) 및 이미지 표면은 숫자 1부터 36으로 표시된다. 세가지 렌즈 그룹이 숫자 1부터 3이 부가된 문자 "G"로 도 2에서 표시되고, 리퀴드 렌즈 셀은 문자 "LG"로 표시되며, 광 표면(19 내지 23)을 포함한다. 광축은 도 2에서 숫자 38로 표시된다.
- [0032] 각 렌즈 소자는 분리되지만 연속적인 표면 숫자로 표시되는 반대되는 표면들을 가지는데, 예를 들어 도 2에 도시된 바와 같이 소자(E1)은 렌즈 표면(2 및 3)을 가지고, 렌즈 소자(E9)는 렌즈 표면(17 및 18)을 가지는 등이다. 이미지화되는 물체의 위치는, 특히 포커스 디스턴스에 관하여, 수직선 및 광축 상의 숫자(1)로 표시되고, 실제 이미지 표면은 숫자(36)으로 표시된다. 모든 렌즈 표면은 비구면(non-spherical), 비평면(non-plano)이지만 광축에 대해 회전 대칭인 비구면 표면(aspheric surface)인 렌즈 표면(4 및 8)을 제외하고 구면 또는 평면이다.
- [0033] 렌즈 소자의 상세한 특징을 설명하기에 앞서, 렌즈 그룹과 그 축방향 위치 및 이동, 그리고 리퀴드 렌즈 셀 및 콘택팅 리퀴드의 표면 형태의 변화에 대한 광범위한 설명이 줌 렌즈 시스템(60)에 대해 주어질 것이다.
- [0034] 각 렌즈 그룹의 포지티브 또는 네거티브 파워가 초점 거리의 역으로 정의된다. 각 렌즈 그룹의 결과적인 광 파워는 다음과 같다: 대물렌즈 그룹(G1)은 포지티브, 줌 렌즈 그룹(G2)는 네거티브이고, 리어 렌즈 그룹(G3)은 포지티브, 리퀴드 셀 내 표면의 형태가 변함에 따라 더 낮은 포지티브 값으로부터 더 높은 포지티브 값이 된다. 도 2의 상단에 양쪽 화살표 헤드를 가진 수평 화살표는 줌 렌즈 그룹(G2)가 양방향으로 가동가능함을 나타낸다.
- [0035] 렌즈 소자가 단지 물리적으로 도 2에 도시된 반면, 렌즈 소자를 지지하고, 렌즈 하우징 또는 베럴 내 가동가능한 줌 렌즈 그룹의 축방향 이동을 위해 역학 장치 및 메커니즘이 제공됨을 이해해야 한다. 또한, 전자 회로가 리퀴드 렌즈 셀의 다양한 형태를 가진 광 표면의 프로파일을 변화시킨다는 것이 이해되어야 한다.
- [0036] 상술한 줌 렌즈 시스템(60)의 렌즈 설계와 제작 데이터가 표 1에 표시된다. 표 1의 데이터는 온도 25°C(77°F)와 표준 대기압(760mmHg)에서 주어진다. 본 명세서 전반에 측정은 nm 인 파장을 제외하고 mm 이다. 표 1에서, 첫째 컬럼 "아이템(Item)"은 각 광학 소자 및 그 위치, 즉 물체면, 이미지면 등을 도 2에 사용된 동일한 참조번호와 부호로 표시한다. 두 번째 컬럼은 광학 소자(렌즈)가 도 2에 사용된 동일 참조번호에 속하도록 "그룹(Group)"을 표시한다. 세번째 컬럼 "표면(Surface)"은 물체의 표면 숫자의 리스트(도 1의 선"1"과 표 1의 "물체(object)")로서, 도 2에 표시된 바와 같이, 조리개(iris)(13) 및 렌즈의 각 실제표면이다. 네번째 컬럼 "초점 위치(Focus Position)"은 세번째 컬럼에 리스트된 일부 표면 사이의 거리(separation)의 변화가 있고, 후술하는 바와 같이 세번째 컬럼에 리스트된 표면(21)의 곡률반경의 변화가 있는 줌 렌즈 시스템(60)에 대한 세 개의 전형적인 초점 위치(F1, F2 및 F3)를 표시한다. 다섯번째 컬럼 "거리(Separation)"은 표면(세번째 컬럼)과 그 다음 표면 사이의 축방향 거리이다. 예를 들어, 표면(S2)와 표면(S3) 사이의 거리는 1.725mm 이다.

[0037] "곡률 반경(Radius of Curvature)"의 타이틀을 가진 여섯번째 컬럼은 각 표면의 광학 표면 곡률 반경의 리스트이며, 도 2에 도시된 바와 같이 (-)표시는 곡률반경의 중심이 표면의 왼쪽에 있고, "무한(Infinity)"는 광학적으로 평면을 의미한다. 표면(4 및 8)에 대한 아스테리스크(*)는 "곡률반경"이 베이스 반경(base radius)인 비구면을 표시한다. 비구면의 사용은 더 작은 전체 크기와 더 단순한 배치를 허용하면서 줌 렌즈의 수차 보정을 제공한다. 비구면(4 및 8)의 표면 프로파일에 대한 식과 계수는 다음의 방정식에 의해 처리된다.

수학식 1

$$z = \frac{cy^2}{1 + [1 - (1+k)c^2y^2]^{1/2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10} + Ey^{12} + F^{14}$$

[0038]

[0039] 여기서, c=표면 곡률(c=1/r 여기서 r은 곡률반경)

[0040] y=X 축과 Y 축으로부터 측정된 표면 방사상 개구 높이: 여기서

$$y = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

[0041]

[0042] k=코닉 계수(conic coefficeint)

[0043] A, B, C, D, E, F=4th, 6th, 8th, 10th, 12th 및 14th 각각 차수 변형 계수(order deformation coefficient)

[0044] z=주어진 y값 또는 표면의 정점(축방향 꼭지점(vertex))으로부터 광축을 따라 측정된 표면 프로파일의 위치

[0045] 표면(4)의 계수는 다음과 같다:

$$k = -0.6372$$

[0046]

$$A = +0.9038 \times 10^{-6}$$

[0047]

$$B = +0.2657 \times 10^{-8}$$

[0048]

$$C = -0.1105 \times 10^{-10}$$

[0049]

$$D = +0.4301 \times 10^{-13}$$

[0050]

$$E = -0.8236 \times 10^{-16}$$

[0051]

$$F = +0.6368 \times 10^{-19}$$

[0052]

[0053] 표면(8)의 계수는 다음과 같다:

$$k = +0.0000$$

[0054]

$$A = +0.5886 \times 10^{-4}$$

[0055]

$$B = -0.5899 \times 10^{-6}$$

[0056]

$$C = +0.8635 \times 10^{-8}$$

[0057]

$$D = -0.5189 \times 10^{-10}$$

[0058]

$$E = -0.1186 \times 10^{-11}$$

[0059]

$$F = +0.1631 \times 10^{-13}$$

[0060]

[0061]

표 1의 컬럼 7부터 9까지는 도 2에서 표면(세번째 컬럼)과 오른쪽의 다음 표면 사이의 "물질(Material)"에 관한 것이고, 컬럼 "타입(Type)"은 두 표면 사이에 렌즈(Glass) 또는 빈 공간(Air) 또는 리퀴드 렌즈(Liquid)가 있는지 여부를 표시한다. 유리와 리퀴드 렌즈는 컬럼 "코드(Code)" 내 광 유리 또는 리퀴드에 의해 표시된다. 편의를 위해, 모든 렌즈 유리는 오히라(Ohara) 회사로부터 이용가능한 유리로부터 선택되고, 컬럼 "네임(Name)"은 각 유리 타입에 대한 오히라 회사의 표지를 리스트하지만, 어떠한 균등하고(equivalent) 유사하거나 적합한 유리는 모두 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 또한, 렌즈 리퀴드 오일이 카길레 연구 회사(Cargille Laboratories, Inc.)에서 이용가능한 리퀴드로부터 선택되고 물은 다양한 소스로부터 보통 이용가능하지만, 어떠한 균등하고 유사하거나 적합한 물이 모두 사용될 수 있음을 이해해야 한다. 표면(20)의 물 리퀴드는 각 파장 656.27, 589.29, 546.07 및 486.13 nm의 파장에서 다음의 굴절률 1.331152, 1.332987, 1.334468 및 1.337129을 가진다. 표면(21)에서 오일 리퀴드는 각 파장 656.27, 589.29, 546.07 및 486.13 nm의 파장에서 1.511501, 1.515000, 1.518002 및 1.523796 을 가진다.

[0062]

"개구지름(Aperture Diameter)"의 이름을 가지는 표 1의 마지막 컬럼은 광선이 통과하는 각 표면의 최대 지름을 제공한다. 조리개 표면(13)을 제외한 모든 최대 개구 지름이, 모든 줌 및 초점 위치를 위해, 이미지면에서 F 넘버가 F/2.8 내지 F/4.0이고 6mm의 최대 이미지 지름에 대해 546.1 nm의 파장에서 주어진다. 줌 위치(Z1)과 초점 위치(F1)을 위한 이미지 면에서 F넘버 F/2.8와 546.1nm 파장에서 표 1에 조리개 표면(13)의 최대 개구 지름이 주어진다. 이미지면(36)에서 최대 개구 지름은 개략적인 값으로 주어진다.

표 1

[0063]

Optical Prescription									
Item	Group	Surface	Focus Position	Separation	Radius of Curvature (mm)	Material			Aperture Diameter (mm)
						Type	Name	Code	
Object		1	F1	Infinity	Infinity	Air			
			F2	1016.2500					
			F3	378.7500					
E1	G1	2	A11	1.7250	59.1716	Glass	SLAM66	801350	37.161
		3	A11	0.0750	34.5954	Air			35.567
E2	G1	4	A11	6.7565	*33.0488	Glass	SFPL51	497816	35.618
		5	A11	0.0750	2758.9929	Air			35.182
E3	G1	6	A11	5.8657	32.7151	Glass	SFPL53	439950	33.680
		7	F1	TABLE 2	-2981.4301	Air			33.034
			F2	TABLE 2					
E4	G2		F3	TABLE 2					
		8	A11	0.7652	*461.6464	Glass	SLAH64	788474	14.273
		9	A11	3.8333	8.3339	Air			11.605
E5	G2	10	A11	2.6582	-12.6370	Glass	SFPL53	439950	11.587
E6	G2	11	A11	3.2165	18.1883	Glass	SLAM66	801350	12.383
		12	F1	TABLE 3	-55.4718	Air			12.337
			F2	TABLE 3					
Stop / Iris	G3		F3	TABLE 3					
		13	A11	0.6371	Infinity				6.708
		14	A11	5.7168	-26.3844	Glass	SLAH65	804466	6.757
E8	G3	15	A11	2.6250	9.3177	Glass	STIH53	847238	8.304
		16	A11	0.8432	-16.3366	Air			8.533
		17	A11	2.5647	-9.2859	Glass	SLAH58	883408	8.508
E9	G3	18	A11	2.2767	-11.1961	Air			9.665
		19	A11	0.4500	Infinity	Glass	SBSL7	516641	10.151
		20	A11	1.5000	Infinity	Liquid	WATER		10.201
E12	G3	21	F1	1.5000	TABLE 4	Liquid	OIL	T300 04091-AB	10.367
			F2		TABLE 4				
			F3		TABLE 4				
E13	G3	22	A11	0.4500	Infinity	Glass	SBSL7	516641	10.584
		23	A11	0.0750	Infinity	Air			10.642

E14	G3	24	A11	3.1583	120.2680	Glass	SLAH65	804466	10.680
E15	G3	25	A11	0.6000	-7.2241	Glass	STIH10	728285	10.724
		26	A11	0.0750	13.8153	Air			10.634
E16	G3	27	A11	3.0844	13.7118	Glass	SBSM10	623570	10.696
		28	A11	0.3424	-11.1618	Air			10.713
E17	G3	29	A11	0.6000	-9.5071	Glass	STIH13	741278	10.652
		30	A11	0.0750	68.8748	Air			11.180
E18	G3	31	A11	1.7063	18.2078	Glass	SLAL13	694532	11.589
		32	A11	26.6908	-115.6915	Air			11.592
E19	G3	33	A11	3.1085	10.2784	Glass	SNPH1	808228	9.888
E20	G3	34	A11	2.7193	-9.9003	Glass	SLAH58	883408	9.581
		35	A11	2.6192	58.0014	Air			7.805
Image		36	A11	0.0000	Infinity	Air			6.008

[0064]

줌 렌즈 시스템(60)은 광선이 그 포인트에서 통과할 수 있는 개구의 지름을 제어하는 표면(13)의 광 조리개가 제공된다. 광 조리개는 물리적 조리개(iris or diaphragm)가 위치하는 곳에 있다. 조리개는 리어 렌즈 그룹(G3) 앞에 위치하고 렌즈 그룹에 있어 축방향으로 정적이다. 도 4a에서, 림(rim) 광선이 광 조리개 표면(13)의 틱(tic) 마크의 축 쪽을 통과하므로 줌 렌즈 시스템은 어떤 필드 위치, 줌 위치 및 초점 위치에서도 광범의 비네팅(vignetting)이 없다. 하지만, F 넘버는 줌 및 초점 위치를 거쳐 변화하고 조리개는 따라서 열리거나 닫힘에 유의한다. 초점 위치(F1)에 대한 줌 위치(Z1-Z8)에서의 조리개의 지름은 6.71, 6.39, 5.96, 5.53, 5.18, 4.84, 4.63 및 4.61이다. 이는 13에 위치한 조리개가 초점 거리의 증가에 따라 닫혀야 하는 것을 보인다. 초점 위치(F1)에 비교하여 초점 위치(F2 및 F3)에 대한 줌 위치(Z1-Z8)에서의 조리개 지름은 초점 위치(F1)에 대한 동일한 F 넘버를 유지하기 위해 0.3 mm 보다 작게 작은 양으로 변화한다.

[0065]

표 1을 참조하면, 디자인의 범위와 다양성을 보이기 위해, 여덟 개의 상이한 줌 위치(Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6, Z7 및 Z8)가 있고, 세 개의 상이한 초점 위치(F1, F2 및 F3)가 데이터에 보이고, 여기서 실제적으로 가동가능한 줌 렌즈 그룹(G2)과 다양한 형태의 광 표면(21)에 대한 스물네개(3x8=24)의 상이한 위치 조합에 대한 상세한 데이터가 제공된다.

[0066]

초점 위치(F1)에서 줌 위치(Z1-Z8)에 대한 줌 렌즈 시스템(60)의 초점 거리는 파장 546.1 nm에서 다음과 같다; 각각 5.89, 7.50, 11.25, 15.00, 18.75, 30.00, 41.25 및 45.00 mm. 데이터 위치(Z1-Z8)에 대한 초점 거리에 대응하는 F 넘버는 파장 546.1 nm에서 다음과 같다; 각각 2.80, 2.90, 3.05, 3.25, 3.45, 3.70, 3.95 및 4.00.

[0067]

초점 위치(F1)에 대한 물체면(1)은 무한으로 가정되며, F2에 대해서 물체면(1)은 약 1016.25 mm의 중간 거리에 있고, F3에 대해서 물체면(1)은 약 378.75 mm(즉 이미지면에서 378.75mm 떨어져)의 근접 거리에 있다. 상기 세 초점 위치(F1, F2 및 F3)의 각각에서, 대물렌즈 그룹(G1) 및 리어 렌즈 그룹(G3)은 줌 렌즈 그룹(G2)의 전체 이동 영역을 통해 동일 위치를 유지한다. 표 2 및 3은 표면(7 및 12)의 각 수치를 제공하고, 표 4는 줌 위치(Z1-Z8)과 F1-F3에 대한 표면(21)의 곡률 반경을 제공한다.

표 2

[0068]

표면(7)에 대한 분리 수치(Separation Values for Surface 7)

Surface	Focus	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
7	F1	0.0832	5.7132	13.7126	18.4633	21.6974	27.4007	30.5400	31.3096
7	F2	0.0902	5.7486	13.6468	18.3289	21.5154	27.0776	30.0174	30.7361
7	F3	0.0750	5.6942	13.4674	18.1217	21.3355	26.7467	29.5798	30.2701

표 3

[0069]

표면(12)에 대한 분리 수치(Separation Values for Surface 12)

Surface	Focus	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
12	F1	31.5294	25.8992	17.8996	13.1486	9.9140	4.2101	1.0701	0.3000
12	F2	31.5178	25.8581	17.9590	13.2762	10.0892	4.5268	1.5870	0.8729
12	F3	31.5324	25.9120	18.1380	13.4831	10.2689	4.8577	2.0248	1.3384

표 4

[0070]

표면(12)에 대한 곡률반경(Radii of Curvature for Surface 21)

Surface	Focus	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
21	F1	-33.9902	-40.9700	-60.9667	-84.8892	-106.7630	-101.7297	-58.3998	-48.6792
21	F2	-34.3890	-42.0587	-65.5384	-101.1799	-154.9184	-370.2777	-263.5374	-212.3139
21	F3	-35.0134	-43.6001	-72.6330	-133.7178	-351.2333	214.4454	125.5481	115.8049

[0071]

연속적인 포커싱이 최극단 초점 위치(F1 및 F3) 사이에서 가능하고, 연속적인 줌밍이 최극단 줌 위치(Z1 및 Z8) 사이에서 가능하며, 연속적인 포커싱과 줌밍의 모든 조합이 렌즈 시스템(60)의 상술한 포커스 및 줌 범위에서 이용가능하다.

[0072]

도 2에 도시되고 표 1에 설명된 줌 렌즈 시스템(60)은 대물렌즈 그룹(G1) 및 줌 렌즈 그룹(G2)에 대해 54.30과 -12.25 mm의 초점 거리를 각각 가진다. 또한 리어 렌즈 그룹(G3)은 리퀴드 사이의 광 표면(21)의 다양한 형태로 인해, 줌 위치(Z1)와 초점 위치(F1)에서 그리고 줌 위치(Z8)와 초점 위치(F3) 각각에서 최소 값 +30.18 mm 그리고 최대 값 +38.97 mm를 가지는 다양한 초점 거리를 가진다. 줌 렌즈 시스템(60)의 리퀴드 셀(LC)는 도 3a와 3b에 보이고, 리퀴드 사이의 다양한 형태의 광 표면(21)의 표 1로부터의 두 개의 최극단 곡률 반경을 설명한다. 도 3a 및 3b에서 표면(21)의 두 곡률 반경은 각각 -33.99와 +115.80 mm 이다. 도 3a 및 3b에서 리퀴드 셀(LC)의 두 최극단 초점 거리는 각각 -185.20 과 630.97 mm 이다. 상기 차이가 줌 위치(Z1)와 초점 위치(F1) 및, 줌 위치(Z8)와 초점 위치(F3)에서 일어난다. 상기 실시예에서 표면(20, 21)과 표면(21, 22) 사이의 두 리퀴드의 부피는 다양한 표면의 형태가 변화함에 따라 변화한다. 하지만, 표면(20, 21)과 표면(21, 22) 사이의 축방향 분리에 대해 작고 동일한 하지만 반대의 변화를 가함으로써 각 리퀴드에 대한 일정 부피를 유지하는 것이 가능하다.

[0073]

도 4a, 4b 및 4c를 참조하면, 줌 렌즈 시스템(60)은 다양한 위치에서의 줌 렌즈 그룹, 다양한 위치에서 리퀴드 셀의 다양한 표면의 형태 및, 상기 위치에서의 광선 추적이 보여진다. 도 4a는 표 1에 보이는 데이터가 무한 초점 및 약 5.9mm의 작은 초점 거리를 가지는 초점 위치(F1)와 줌 위치(Z1)를 나타낸다. 도 4b는 중간 초점과 약 11.3mm의 초점 거리를 가지는 표 1의 초점 위치(F2)와 줌 위치(Z3)를 표시한다. 도 4c는 근점(close) 초점과 약 44.8mm의 초점 거리를 가지는 표 1의 초점 위치(F3)와 줌 위치(Z8)를 표시한다.

[0074]

도 4a, 4b 및 4c는 각 줌 및 초점 위치; Z1, F1 및 Z3, F2 및 Z8, F3에 있어서 다양한 광 표면(21)에 대한 대응하는 세 개의 표면 형태를 가지는 줌 렌즈 그룹(G2)의 세 개의 축방향 위치를 보인다.

[0075]

줌 렌즈 시스템(60)의 광 성능은 5a, 5b 및, 5c에서 주어지고, 여기서 다색(polychromatic) 모듈레이션 전송 함수(MTF; Modulation Transfer Function) 데이터(모듈레이션 대 공간 주파수)에 기초한 회절은 표 1에 보인 줌 및 초점 위치의 세 개의 상이한 조합, 즉 각각의 예에 해당하는 (Z1, F1), (Z3, F2) 및 (Z8, F3)에서의 다섯 개의 상이한 필드 위치를 백분율(%)로 보인다. 필드 위치는 두 개의 수치, 규격화된 이미지 높이(mm)와 광축으로부터의 실제 물체 공간 각도(degree)로 보인다. MTF 백분율이 도 5a, 5b 및 5c의 상부 오른쪽 코너에 도시된 파장과 화이트에서 주어지고, 이미지면(36)에서 측정의 탄젠셜(T)와 레디얼(R) 방향으로 그래프로 도시된다. 축방향 필드 위치(AXIS)에서 탄젠셜과 레디얼 값은 동일하고 오직 하나의 플롯으로 도시됨을 주의한다. 도시된 최대 공간 주파수는 6mm의 이미지 지름이 주어진 경우 90 cycles/mm 이고, 검출 픽셀 크기의 선택은 적어도 고 선명 텔레비전(HDTV; high definition television) 해상도, 즉 수평 1920 픽셀 수직 1080 픽셀까지 고품질의 이미지를 제공할 수 있다. 공간 주파수에서 MTF는 광 성능의 비교적 표준 측정이고, 여기서 "90 cycles/mm"의 값은 선명도가 결정되는 차트상의 밀리미터 당 90 쌍의 블랙 앤 화이트 라인을 의미한다. 최고 MTF 값은 줌 위치(Z1)와 초점 위치(F2)에서 전체 레디얼 필드(full radial field)에서 약 89%가 된다. 최저의 MTF 값은 줌 위치(Z8)와 초점 위치(F3)에 대해 전체 탄젠셜 필드(full tangetial field)에서 약 58%가 된다. 최저 상대 조명은 줌 위치(Z1)와 초점 위치(F1)에서 약 75%가 된다. 일반적으로 낮은 넘버는 광이 영상의 코너에서 떨어지는 것을 의미하므로, 더 높은 상대 조명 값이 더 양호하다. 고 전체 필드 상대 조명은 아트 검출기(art detector)의 상태에 대해 더 선호되고, 이는 모든 영역에서 광에 대한 계속적 반응을 가지고, 줌밍 동안 이미지에 대한 변화를 따라 이미지의 코너에서 신뢰성있게 셰이딩(shading)을 재생한다. 50%이하의 조명은 전자 검출기에서 셰이딩을 초래할 수 있지만, 필름에서는 수용가능할 것이다. 최고 포지티브 왜곡(distortion)은 줌 위치(Z3)와 초점 위치

(F1)에서 +3.04%이고, 최저 네거티브 왜곡은 줌 위치(Z1)과 초점 위치(F3)에서 -2.98%이다. 이미지가 긴 초점으로부터 짧은 초점까지 크기가 변할 때 일반적으로 렌즈(하지만 줌 렌즈에서 더 보편적임)의 소위 "브리딩(breathing)" 문제는 큰 필드 깊이로 인해 가장 인식이 쉬운 줌 영역의 짧은 초점 거리에서의 줌 렌즈 시스템(60)에서는 시각적으로 존재하지 않는다. 최저 브리딩은 줌 위치(Z1)과 초점 위치(F3)에서 -0.2%이고, 최고 브리딩은 줌 위치(Z8)과 초점 위치(F3)에서 -19.5%이다. 브리딩은 무한 초점으로부터 선택된 초점까지 최대 필드각도의 백분율 변화이다. 따라서, 무한 초점(F1)에서 참조 시야각이므로 브리딩은 제로가 된다.

[0076]

모든 성능 데이터는 25°C(77°F)의 온도, 표준 대기압(760mmHg) 및 줌 렌즈 시스템(60)에서 이용가능한 최대 개구각에서 주어진다. 하지만, 줌 렌즈 시스템(60)은 0°C 내지 40°C(32° 내지 104°F)의 온도 범위에 걸쳐 예를 들어 MTF 값과 같은 실질적으로 일정한 성능을 제공하고, 만약 성능(MTF)의 작은 열화가 수용가능하면, 조작가능한 온도 범위는 -10° 내지 50°C(14° 내지 122°F) 또는 그 이상으로 확장될 수 있다. 온도에서의 변화에 있어 최적의 성능은 줌 렌즈 그룹(G2)의 축방향의 부가 조정 또는 콘택팅 광 표면(21)의 형태의 부가 변화 또는 둘의 조합에 의해 달성될 수 있다. 이는 모든 줌과 초점 위치에서 일어날 수 있다. 약 0°C(32°F) 또는 그 이하의 낮은 온도에서, 응결(고체 형성)을 피하기 위해, 낮은 온도에서의 조작용을 위해 자동차의 물에 부동액을 첨가하는 방식과 유사하게 리퀴드는 가열되거나 도핑된 리퀴드(doped liquid)로 대체될 수 있다. 하지만, 상기 물질 온도 변화는 바람직하게는 리퀴드의 광학 특징을 심각하게 변화시켜서는 안 된다는 것을 유의한다.

[0077]

줌 렌즈 시스템(60)을 사용하는 상술한 실시예가 6mm 지름(소위 3인치 칩센서)을 사용하도록 적절한 크기인 반면, 상기 줌 렌즈 시스템의 크기는 다양한 필름과 전자적 검출기 이미지 포맷의 사용에 대해 적절히 크기가 증가 또는 감소할 수 있다.

[0078]

리퀴드 렌즈 셀은 한정된 명확한 개구 지름을 가질 수 있다. 만약 충분히 작은 검출기가 사용된다면, 리퀴드 렌즈 셀은 검출기에 인접하여 위치할 수 있다. 대체적으로 리퀴드 렌즈 셀은 광빔 "웨이스트(waist)"가 충분히 좁을 때 중간 이미지에 근접하여 위치할 수 있다. 리퀴드 렌즈 셀은 중간 이미지의 전에, 중간 이미지의 뒤에 위치할 수 있거나, 리퀴드 렌즈 셀은 중간 이미지의 전 후로 모두 위치할 수 있다. 웨이스트 효과는 조리개(stop or iris) 근처에서 일어날 수 있다. 표 2에 도시된 바와 같이, 조리개에서의 지름은 대략 6.7mm 이다. 조리개에서의 작은 지름으로 인해, 리퀴드 렌즈 셀을 조리개 근처에 두는 것이 적절하다.

[0079]

줌 렌즈 시스템(60)의 많은 장점 중에서 오직 하나의 축방향으로 움직이는 줌 렌즈 그룹을 이용하여 초점 거리의 넓은 범위에 걸쳐 줌밍을 제공하는 것이 있다. 줌 렌즈 시스템(60)의 디자인은 고 성능을 생성하고 적어도 두 개의 축방향으로 가동가능한 줌 렌즈 그룹과 대응하는 메커니즘을 요구하는 종래의 고성능 줌 렌즈 시스템에 비해 덜 복잡한 렌즈 시스템을 기계적으로 생성한다. 줌 렌즈 시스템(60)의 독특한 렌즈 디자인은 부가적인 가동가능한 렌즈 그룹과 대응하는 메커니즘 없이 포커스 디스턴스의 큰 영역에 걸쳐 포커싱을 제공한다. 줌 렌즈 시스템(60)의 공개된 디자인은 예시이고, 다른 디자인은 본 발명의 범위에 들어간다. 줌 렌즈 시스템(60)의 다른 특징과 장점은 상기 설명과 부가된 도면으로부터 당업자에게 자명할 것이다.

[0080]

줌 렌즈 시스템에서 리퀴드 옵틱스와 광선 축의 방향 변경

[0081]

하나 또는 그 이상의 이동 렌즈 그룹을 대체하는 리퀴드 렌즈 셀의 사용은 광 경로에 대한 부가적인 배치 옵션을 제공한다. 이동 렌즈 그룹을 리퀴드 렌즈 셀로 교체하는 것은 더 콤팩트한 시스템을 낳는다. 하지만, 선형 광학 디자인은 기대보다 더 긴 렌즈를 초래할 수 있다. 이동 그룹 대신 리퀴드 렌즈 셀의 사용은 광선축의 방향을 변경하는 폴드가 렌즈의 물리적 길이를 감소시키는 것과 같이 광 소자의 사용을 촉진한다. 비록 렌즈를 통과하는 광경로의 전체 길이가 동일하게 유지되더라도, 리퀴드 렌즈 셀은 하나 또는 그 이상의 방향으로 길이를 감소시키도록 폴딩에 대한 전략적 공간을 제공한다. 이는 더 작은 카메라 패키지에 사용되는 더 긴 전체 렌즈 길이를 허용한다. 예를 들어, 많은 포인트와 샷 카메라와 셀 폰 카메라는 긴 렌즈에 대한 충분한 공간을 가지고 있지 않다. 폴드와 결합하여 리퀴드 셀을 사용하는 것은 상기 작은 카메라 패키지 내 더 양호한 렌즈 시스템을 허용한다. 더 큰 카메라는 폴드를 사용하지 않았던 렌즈 시스템에 필요한 카메라 패키지 길이를 감소하는 잇점이 또한 존재할 수 있다.

[0082]

도 6은 리퀴드와 싱글 폴드(41)를 채용하는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램이다. 가동 렌즈 그룹 대신 리퀴드를 사용하여 공간 요구를 감소시키고 폴드 거울 또는 프리즘에 대한 에어스페이스(airspace)의 전략적 배치를 위한 추가적 옵션을 제공한다. 상기 도면은 폴드가 이동 렌즈 그룹과 간섭하지 않는 폴드의 위치를 보인다.

[0083]

만약 더 많은 렌즈 소자 및/또는 비구면 표면과 같은 증가된 광학 복잡성이 도입되지 않으면, 줌 렌즈 시스템(60)의 전체 길이는 기능에 있어 어느 정도로 감소될 수 있다. 하지만, 감소된 길이는 줌 렌즈 시스템의 폴딩에

의해 달성될 수 있다. 도 6은 광선 경로를 90도로 변경하기 위해, 리어 렌즈 그룹(G3) 내 큰 에어스페이스 중 단일 45도 폴드(41)를 표시한다.

[0084] 도 7은 리퀴드 및 듀얼 폴드를 채용하는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램이다. 도 7은 광선이 역방향으로 변경되도록 전체 180도가 되게 광선 경로를 2번 변경하기 위해, 리어 렌즈 그룹(G3) 내 큰 에어스페이스 중 듀얼 45도 폴드(42 및 43)를 표시한다. 상기 배열은 카메라 박스 내 줌 렌즈 시스템(60)의 패키징을 위해 선호될 수 있다. 또한 줌 렌즈 시스템은 동일 줌 렌즈 시스템 지름을 유지하기 위해, 모든 줌 및 초점 위치를 통해 일정한 개구 F/2.8을 가질 수 있어, 일부 비네팅(vignetting)이 일어날 수 있다. 상기의 경우, 이미지 품질의 일부 악화가 발생할 수 있으나 줌 렌즈 시스템의 재 최적화(re-optimization) 처방에 의해 부분적으로 보정될 수 있다. 줌 렌즈 시스템은 비네팅이 일어나지 않도록 정렬될 수 있다.

[0085] 도 8a 및 8b는 상이한 줌 렌즈 그룹의 위치와 리퀴드 사이의 표면 형태를 가지는 광선 축의 방향 변경을 도시하는 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램이다. 상기 실시예는 대체 렌즈 레이아웃의 도식이다. 도 8a는 광학 트레이스(trace)가 렌즈 시스템의 파라미터를 초과하는 포인트까지 이미지를 확대하는 줌 위치를 도시한다. 상기 실시예는 하나의 디자인 옵션의 예시이며 작은 변화가 상기 효과를 보장하도록 디자인에 가해질 수 있다.

[0086] 폴드(44 및 45)는 실질적으로 평행하므로, 렌즈 소자(50)를 떠난 광선이 렌즈(46)을 통해 렌즈 시스템에 입사하는 광선에 대해 실질적으로 평행하다. 렌즈 그룹(48)이 줌을 실질적으로 제공하도록 이동하는 반면, 렌즈 그룹(47)은 고정되어 있다. 렌즈 그룹(49)은 줌과 포커싱 기능을 수행하는 리퀴드 렌즈 셀을 포함한다.

[0087] 도 9a, 9b 및 9c는 리퀴드 렌즈 셀과 폴드가 렌즈 시스템의 길이를 유리하게 축소하도록 전략적으로 위치한 줌 렌즈 시스템의 광학 다이어그램이다. 광은 렌즈 그룹(200)을 통해 렌즈 시스템으로 입사한다. 렌즈 그룹(201)은 실질적으로 줌을 제공하도록 이동한다. 광선은 조리개(iris 또는 stop)(202)를 통과하여 리퀴드 렌즈 셀을 포함하는 렌즈 그룹(203)에 입사한다. 폴드(204)는 렌즈 그룹(205)을 통해 광을 가이드하고, 상기 렌즈 그룹(205)은 다양한 표면(206)을 가지는 리퀴드 렌즈 셀을 포함한다. 광선은 그런 다음 렌즈 그룹(207)을 통과한다. 폴드(208)는 렌즈 그룹(209)를 통과하는 광선을 방향 변경하고, 이미지면(210)을 향하게 한다. 도 9a는 대략 6mm의 초점거리, F/2.8, 및 무한 초점을 도시한다. 도 9b는 대략 15mm의 초점거리, F/2.8 및 무한 초점을 도시한다. 도 9c는 대략 51mm의 초점거리, F/2.8 및 무한 초점을 도시한다.

[0088] 렌즈 그룹(203)의 제1리퀴드 렌즈 셀은 대략 10mm의 큰 명확한 개구 지름을 가진다. 렌즈 그룹(205)의 제2리퀴드 렌즈 셀은 대략 16mm의 큰 명확한 개구 지름을 가진다. 긴 초점 길이에서 또는 근처에서 취하는 개구를 늦추기 위해 카메라 플래쉬를 포함함으로써, 하나의 리퀴드 렌즈 셀로 변경할 수 있다.

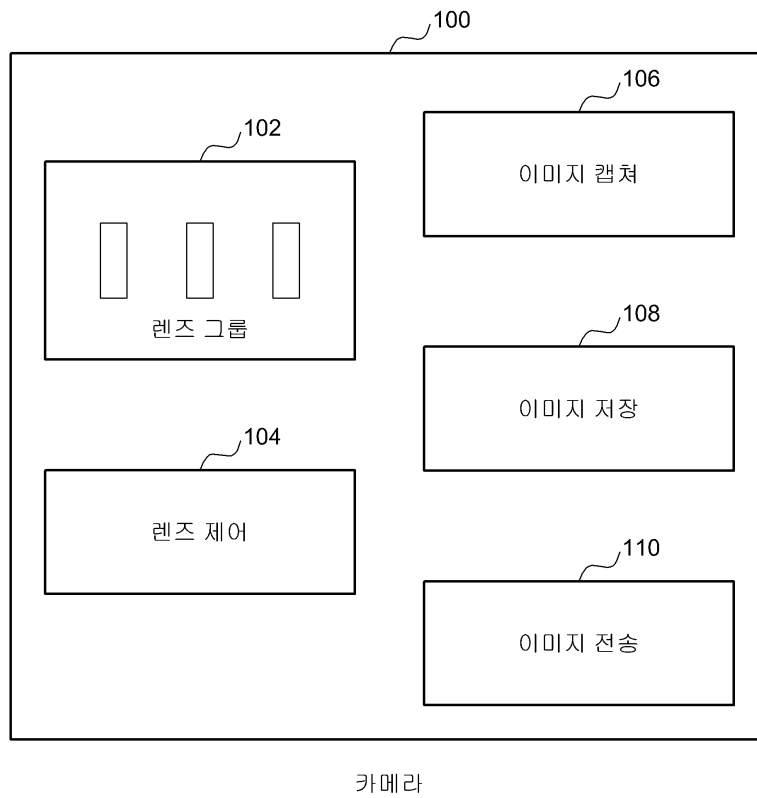
[0089] 당업자에게 명백한 다양한 수정 및 변형이 이루어질 수 있음에 유의해야 한다. 상기 수정과 변화는 첨부된 청구 범위에 의해 정의되는 본 발명의 범위 내에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

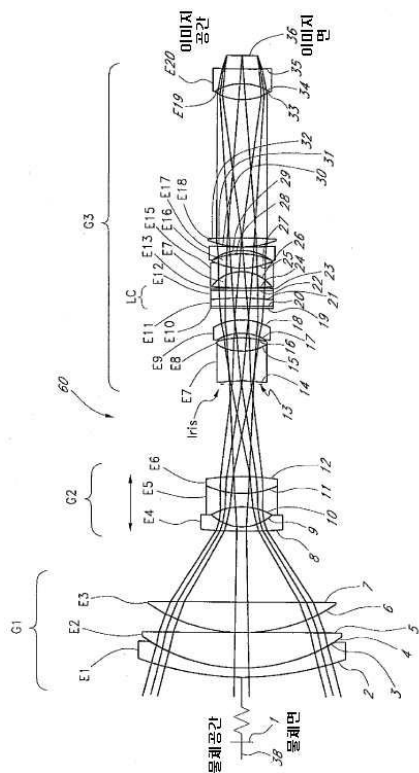
[0090] 4, 8, 21 표면
13 조리개
60 줌 렌즈 시스템
100 카메라
102 렌즈
104 렌즈 제어 모듈
106 이미지 캡처 모듈
108 이미지 저장 모듈
110 이미지 전송 모듈

도면

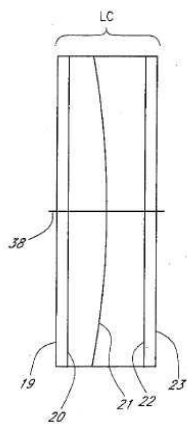
도면1



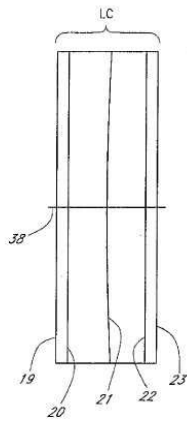
도면2



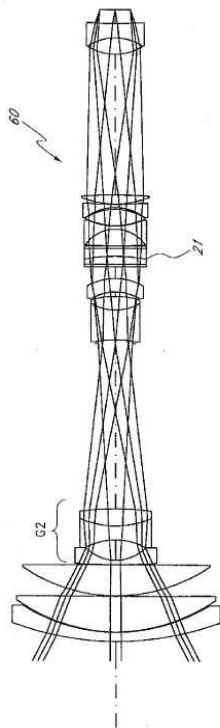
도면3a



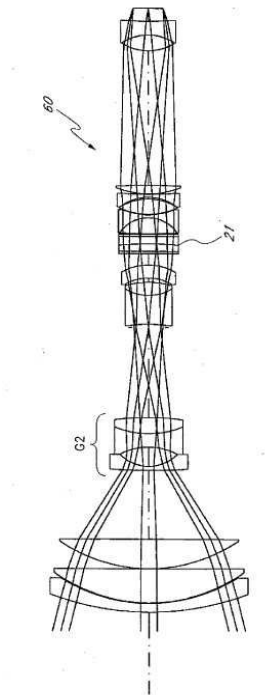
도면3b



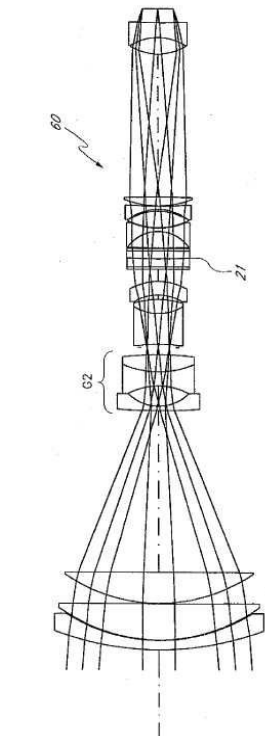
도면4a



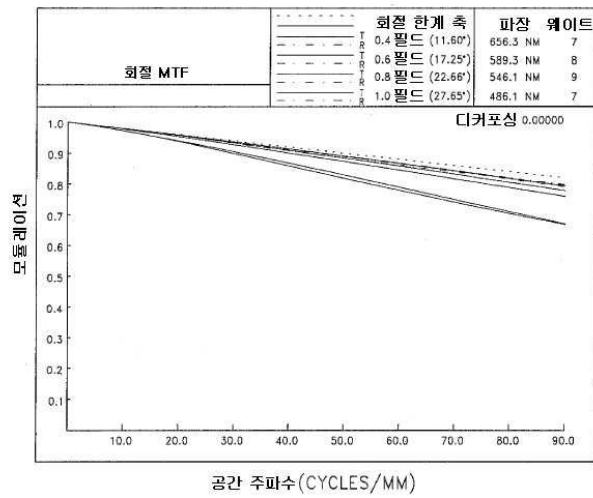
도면4b



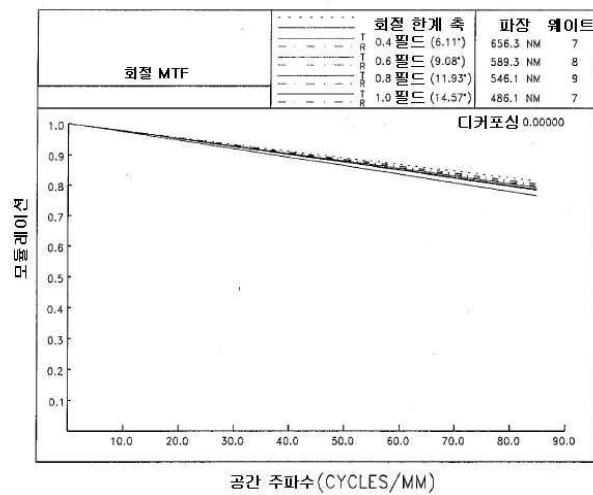
도면4c



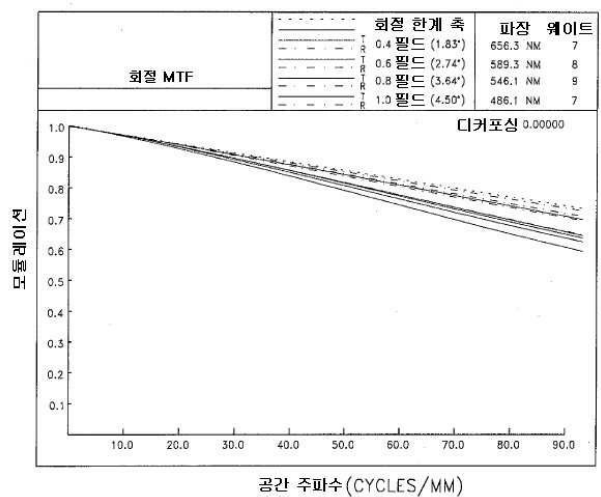
도면5a



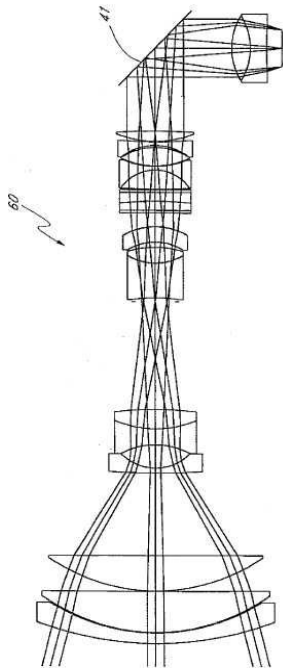
도면5b



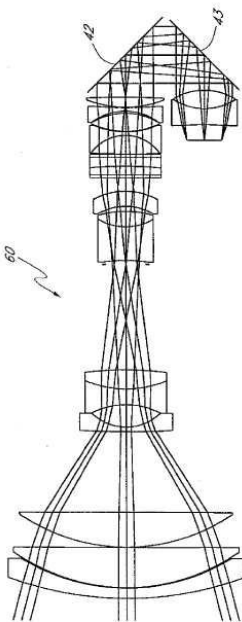
도면5c



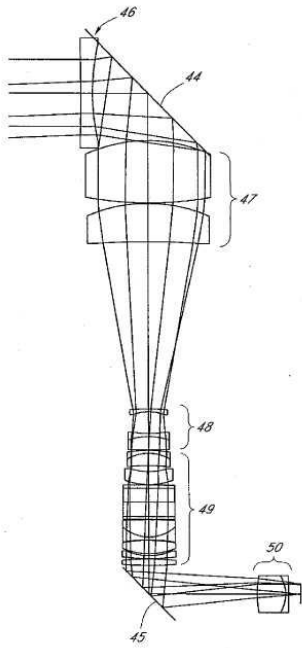
도면6



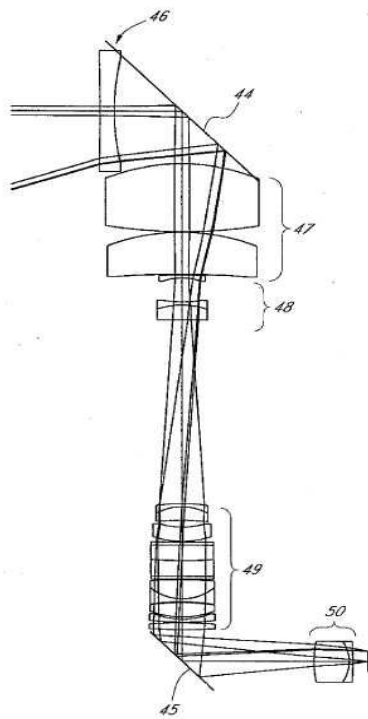
도면7



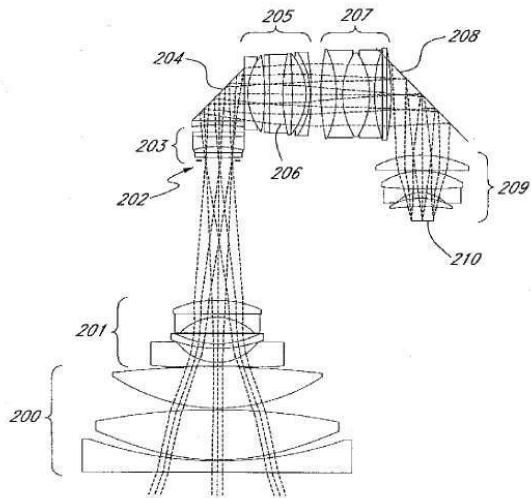
도면8a



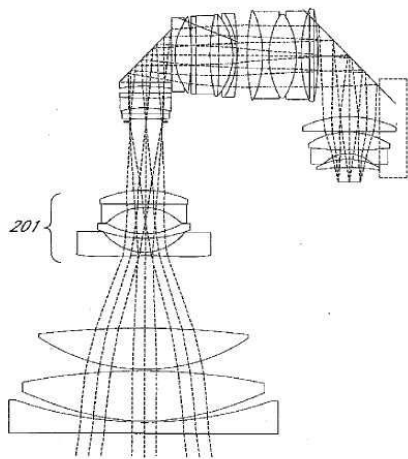
도면8b



도면9a



도면9b



도면9c

