



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년09월26일
(11) 등록번호 10-1445404
(24) 등록일자 2014년09월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/58 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2009-7001992
(22) 출원일자(국제) 2007년07월31일
심사청구일자 2012년07월06일
(85) 번역문제출일자 2009년01월30일
(65) 공개번호 10-2009-0037901
(43) 공개일자 2009년04월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/074830
(87) 국제공개번호 WO 2008/016908
국제공개일자 2008년02월07일
(30) 우선권주장
60/820,887 2006년07월31일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2004354881 A*
JP2005537651 A*
US05349509 A*
EP0557775 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
데스테인 패트릭 알.
미국 75013-5371 텍사스주 알렌 맥캐미 드라이브
928
(74) 대리인
양영준, 안국찬, 김영

전체 청구항 수 : 총 4 항

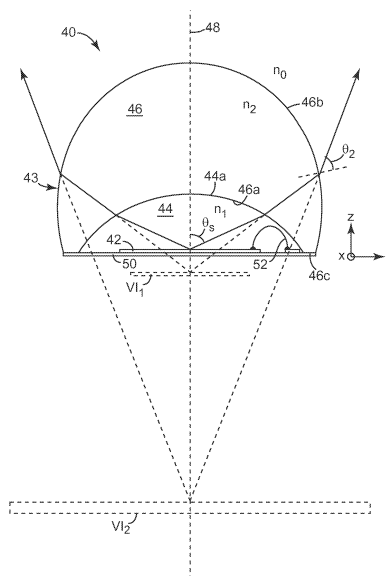
심사관 : 구영희

(54) 발명의 명칭 중공 집광 렌즈를 갖는 LED 광원

(57) 요약

광원은 LED 발광기와, LED 발광기가 내부에 배치되는 중공 공동을 갖는 메니스커스 렌즈를 포함한다. 메니스커스 렌즈는 예시적인 실시예에서 하이퍼반구형이고, 이는 LED 발광기의 고품질 광학 이미지를 생성한다. 렌즈의 공동은 공기, 예를 들어 지상 대기, 불활성 가스 또는 진공으로 채워진다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

폭 $2h$ 를 갖는 LED 발광기; 및

중공 공동(hollow cavity)을 갖는 메니스커스(meniscus) 렌즈를 포함하고,

LED 발광기는 공동 내에 배치되며,

빛이 LED 발광기에 의해 생성되어, 메니스커스 렌즈에 의해 굴절되고, LED 발광기의 제1 및 제2 가상 이미지를 형성하며, 제2 가상 이미지는 메니스커스 렌즈에 반대되는 LED 발광기 측 상에 배치되고, 제1 가상 이미지는 LED 발광기와 제2 가상 이미지 사이에 배치되고, 제2 가상 이미지는 h_2/h 가 3 내지 4인 폭 $2h_2$ 를 갖는 광원.

청구항 2

제1항에 있어서, 메니스커스 렌즈는 하이퍼반구형(hyperhemispheric)인 광원.

청구항 3

제1항에 있어서,

LED 발광기로부터 메니스커스 렌즈를 통하여 광을 수광하도록 위치된 시준 렌즈; 및

LED 발광기로부터 시준 렌즈를 통하여 광을 수광하도록 위치된 반사 편광기

를 추가로 포함하고,

반사 편광기는 제1 편광을 갖는 시준 광을 반사 편광기를 통하여 투과시키고, 반사 편광기는 제2 편광을 갖는 광을 광 재순환을 위해 LED 발광기를 향하여 다시 반사시키는 광원.

청구항 4

제1항의 광원을 포함하고, 광 빔을 제공하는 광 엔진;

이미지 데이터를 수신하고 광 빔의 적어도 소정 성분을 수신하여, 이미지를 제공하는 이미지 형성 장치; 및

이미지를 수신하고 이미지 투사 빔을 제공하는 투사 렌즈 조립체

를 포함하는 프로젝터.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

명세서

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조

[0002] 본 출원은 그 내용이 전체적으로 본 명세서에 참고로 포함된 2006년 7월 31일자로 출원된 미국 가특허출원 제 60/820887호에 기초하며, 그 이익을 청구한다.

[0003] 본 출원과 동일자로 출원된 발명의 명칭이 "LED 모자이크(LED Mosaic)"(대리인 관리 번호 62370US006)인 공동으로 양도된 미국 특허 출원; 2005년 12월 30일자로 출원되고 미국 특허 공개 제2007/0152231호로서 공개된 발명의 명칭이 "복합 봉지재 렌즈를 갖는 LED(LED With Compound Encapsulant Lens)"인 미국 특허 출원 제 11/322,801호; 본 출원과 동일자로 출원된 발명의 명칭이 "광학 투사 서브시스템(Optical Projection Subsystem)"(대리인 관리 번호 63281US002)인 미국 특허 출원; 2007년 7월 2일자로 출원된 발명의 명칭이 "편광 재순환을 이용한 LED 조명 시스템(LED Illumination System With Polarization Recycling)"인 미국 특허 출원 제 11/772,609호; 본 출원과 동일자로 출원되고 발명의 명칭이 "조합형 카메라/프로젝터 시스템(Combination Camera/Projector System)"(대리인 관리 번호 62369US006)인 미국 특허 출원; 본 출원과 동일자로 출원된 발명의 명칭이 "통합형 광원 모듈(Integrating Light Source Module)"(대리인 관리 번호 62382US008)인 미국 특허 출원; 그리고 미국 특허 공개 제2006/0091411호(오우더커크(Ouderkerk) 등)의 "고휘도 LED 패키지(High Brightness LED Package)", 미국 특허 공개 제2006/0091798호(오우더커크 등)의 "복합 광학 요소(들)를 갖는 고휘도 LED 패키지(High Brightness LED Package With Compound Optical Element(s))", 및 미국 특허 공개 제2006/0092532호(오우더커크 등)의 "다수의 광학 요소를 갖는 고휘도 LED 패키지(High Brightness LED Package With Multiple Optical Elements)"를 참조한다.

배경 기술

[0004] 발광 다이오드(LED)는 부분적으로는, 그의 비교적 작은 크기, 저 전력/전류 요건, 신속한 응답 시간, 긴 수명, 견고한 패키징, 다양한 이용 가능한 출력 파장, 및 최신 회로 구조와의 호환성으로 인해 광원의 바람직한 선택이 되고 있다. 이들 특징은 LED가 많은 상이한 최종 용도의 적용 분야에서 지난 수십 년에 걸쳐 널리 보급된 이유를 설명하는 데 도움을 줄 수 있다. 효율, 휘도 및 출력 파장 영역에서의 LED에 대한 지속적인

개선이 이루어지면서, 잠재적인 최종 용도의 적용 분야 범위가 더욱 확대되고 있다.

[0005] LED는 전형적으로 금속 헤더 상에 장착된 LED 다이 또는 칩을 포함하는 패키지 형태로 판매된다. 헤더는 LED 다이가 장착된 반사 컵과, LED 다이에 연결된 전기 리드(lead)를 가질 수 있다. 몇몇 패키지는 LED 다이를 봉지하는 성형된 투명 수지를 또한 포함한다. 봉지 수지는 다이로부터 방출되는 광을 부분적으로 시준하기 위한 명목상 반구형인 전방 표면 또는 명목상 편평한 표면을 가질 수 있다.

[0006] 상기 인용한 발명의 명칭이 "복합 봉지재 렌즈를 갖는 LED"인 미국 특허 출원 제11/322,801호는 LED 발광기(emitter)와, 발광기를 적어도 부분적으로 둘러싸는 봉지재를 포함하는 LED 광원을 개시한다. 봉지재는 내부 렌즈와 외부 렌즈를 포함하며, 내부 렌즈는 외부 렌즈의 굴절률보다 작은 굴절률, 그리고 일부 경우에는 외부 렌즈의 굴절률의 약 70 내지 80%의 굴절률을 갖는다. 내부 렌즈와 외부 렌즈는 만곡된 표면을 따라 서로 접촉할 수 있으며, 일부 경우에는 내부 렌즈가 실질적으로 평철(plano-convex)이고 외부 렌즈가 메니스커스(meniscus)이다. 내부 렌즈는 발광기의 제1 가상 이미지를 생성하고 외부 렌즈는 제2 가상 이미지를 생성하며, 제1 가상 이미지는 발광기와 제2 가상 이미지 사이에 배치된다. LED 광원은 작은 공간에서 균일한 조명을 제공할 수 있다. 상대적으로 높은 굴절률의 내부 렌즈를 사용하는 것은 고굴절률 LED 다이 또는 칩의 추출 효율이 LED 다이의 굴절률에 가능한 근접한 굴절률을 갖는 매체로 다이 또는 칩을 봉지함으로써 증가된다는 현대의 교시와 일치한다.

[0007] 상기 설명은 단지 일반적인 배경 정보를 위해 제공되는 것이며, 청구된 주제의 범주를 판단하는 것을 돕는 것으로 사용되고자 하는 것이 아니다.

[0008] 발명의 개요

[0009] 광원은 LED 발광기와, LED 발광기가 내부에 배치되는 중공 공동(hollow cavity)을 갖는 메니스커스 렌즈를 포함한다. 메니스커스 렌즈는 예시적인 실시예에서 하이퍼반구형(hyperhemispheric)이고, 이는 LED 발광기의 고품질 광학 이미지를 생성한다. 렌즈의 공동은 공기, 예를 들어 지상 대기(terrestrial atmosphere), 불활성 가스 또는 진공으로 채워진다.

[0010] 이러한 개요는 발명의 상세한 설명에서 추가로 후술되는 개념들의 선택을 단순한 형태로 소개하기 위해 제공되었다. 이러한 개요는 청구된 주제의 주요 특징부 또는 필수 특징부를 확인하고자 하는 것이 아니며, 청구된 주제의 범주를 판단하는 것을 돕는 것으로 사용되고자 하는 것도 아니다.

발명의 상세한 설명

[0020] 본 발명은 무엇보다도 상기 인용된 '801 출원의 광원과 유사한 LED 기반의 광원을 개시하지만, 여기서 내부 렌즈는 대략 1의 굴절률을 갖는 공기로 대체된다. 이 점에 있어서는, "공기"는 지상 대기, 임의의 불활성 가스, 또는 심지어 진공을 지칭할 수 있다. 내부 렌즈를 제거함으로써, LED 발광기는, 바람직하게는 하이퍼반구형이고 정-메니스커스(positive meniscus)인 렌즈('801 출원에서는 외부 렌즈로 칭함)의 중공 공동 내에 배치된다. 본 명세서에서 메니스커스 렌즈로서 칭해지는 렌즈는 LED 발광기에 의해 방출된 광의 실질적으로 완전한 반구(2π 스테라디안(steradian))를 포집하고, 실질적으로 구형인 굴절 표면을 사용하여 왜곡이 거의 없는 발광기의 비교적 고품질 (가상) 이미지를 생성한다.

[0021] 개시된 디자인은 어떤 점에서는 고굴절률 LED 다이 또는 칩의 추출 효율을 증가시키는 유일한 방식이 이용가능한 최고 굴절률, 즉 LED 다이의 굴절률에 가능한 근접한 굴절률을 갖는 매체로 다이 또는 칩을 봉지하는 것이라는 현대의 교시에 반하는 것이다. 이러한 현대의 교시를 채용한 LED 광원(10)의 기본적인 예가 종래 기술인 도 1A에 도시되어 있다. LED 광원(10)은 금속 헤더(14) 상에 위치된 다이 또는 칩의 형태인 LED 발광기(12)를 포함한다. 와이어 본드(16)(단순화를 위해 하나의 와이어 본드만 도시됨)가 LED 발광기(12)에의 전기 접속을 제공한다. 봉지 재료(18), 전형적으로 실리콘 기재의 겔은 LED 발광기를 봉지한다. 이용가능한 실리콘 기재의 겔은 약 1.5의 굴절률을 가져, 추출 효율을 작은 백분율로 제한한다.

[0022] 논의된 바와 같이, 개시된 실시예는 종래의 봉지 기술에서 벗어나 있으며, 대신에 LED 발광기와 메니스커스 렌즈 사이의 공기 계면을 이용한다. 도 1B는 광원의 LED 발광기(12)와 메니스커스 렌즈 사이에서 그러한 공기 계면(22)을 갖는 LED 광원(20)의 일부를 도시한다. 다른 선택적 특징부들이 더 잘 도시될 수 있도록 메니스커스 렌즈가 도 1B에는 도시되지 않았지만, 본 명세서에 포함된 다른 도면들에는 도시되어 있다. 일부 실시예에서, 메니스커스 렌즈와 함께, LED 다이로부터의 광과 결합하는 것을 도움으로써 광이 그 내부에 갇혀 소모되는 것을 방지하기 위하여 하나 이상의 추출 구조물(24)이 LED 발광기(12) 상에 형성되거나 위치될 수 있다. 예를 들어, LED 다이의 방출 표면을 거칠게 하는 것 또는 그러한 표면 상에 파장 미만 구조물(sub-

wavelength structure)과 같은 다수의 패싯(facet) 또는 기타 구조물을 제공하는 것이, 심지어 봉지재 없이 공기에 노출되는 경우에도, LED 다이로부터의 광 추출을 향상시키는 데 사용될 수 있다. 광 추출 미세구조물(microstructure)을 갖는 봉지재의 사용은 봉지재의 굴절률이 미세구조물을 갖는 LED 다이의 굴절률보다 작은 경우에는 성능에 불리할 수 있다. 다른 적합한 추출 구조물(24)로는 고 추출 광결정(photonic crystal) 구조물 및 와이어 그리드(wire grid) 추출 구성요소를 들 수 있다. 또 다른 적합한 추출 구조물로는, 미국 특허 공개 제2006/0091411호(오우더커크 등)의 "고휘도 LED 패키지", 미국 특허 공개 제2006/0091798호(오우더커크 등)의 "복합 광학 요소(들)를 갖는 고휘도 LED 패키지", 및 미국 특허 공개 제2006/0092532호(오우더커크 등)의 "다수의 광학 요소를 갖는 고휘도 LED 패키지"에 개시된 바와 같은 유리 또는 세라믹 추출기 또는 추출기 어레이를 들 수 있다. 본 명세서에 개시된 중공 집광(메니스커스) 렌즈 기술을 사용하여, 이들 구조물의 의도된 광 추출 기능을 방해함이 없이 추출 구조물(24)을 사용할 수 있다. 추출 특징부가 본 발명의 다른 도면들에서는 도시되지 않았지만, 본 명세서에 개시된 각각의 실시예는 그 특징부가 필요하지 않을지라도 이들 특징부를 선택적으로 포함하는 것으로서 해석되어야 한다.

[0023] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "발광 다이오드" 또는 "LED"는, 가시광선, 자외선 또는 적외선이든, 광을 방출하는 다이오드를 말한다. 이는 통상의 것이든 초 방사성(super radiant) 종류의 것이든지 간에, "LED"로서 시판되는 비간접성의 싸여진 또는 봉지된 반도체 소자를 포함한다. LED가 자외광과 같은 비가시광을 방출한다면, 그리고 가시광을 방출하는 몇몇 경우에 있어서, LED는 단파장 광을 장파장 가시광으로 변환하기 위해 형광체를 포함하도록 패키징될 수 있고(또는 원격 배치된 형광체를 조명할 수도 있음) 몇몇 경우에 백색광을 방출하는 장치가 얻어질 수 있다. "LED 다이"는 가장 기본적인 형태, 즉 반도체 가공 절차에 의해 제조된 개별 구성요소 또는 칩(chip) 형태의 LED이다. 예를 들어, LED 다이는 하나 이상의 III족 원소와 하나 이상의 V족 원소의 조합(III-V족 반도체)으로 보통 형성된다. 적합한 III-V족 반도체 재료의 예는 질화갈륨과 같은 질화물, 및 인듐 갈륨 포스파이드와 같은 인화물(phosphide)을 포함한다. 주기율표의 다른 족의 무기 재료일 수 있는 다른 유형의 III-V족 재료가 또한 사용될 수 있다. 이 구성요소 또는 칩은 소자에 에너지를 공급하기 위한 전력의 인가에 적합한 전기 접속부를 포함할 수 있다. 예에는 와이어 본딩(wire bonding), 테이프 자동 본딩(tape automated bonding; TAB), 또는 플립칩 본딩(flip-chip bonding)이 포함된다. 구성요소 또는 칩의 개개의 층 및 다른 기능 요소는 전형적으로 웨이퍼 규모로 형성되고, 완성된 웨이퍼는 이어서 개별적인 단품(piece part)으로 절단되어 다수의 LED 다이가 얻어질 수 있다. LED 다이는 표면 장착, 칩-온-보드(chip-on-board) 또는 기타 공지된 장착 구성용으로 구성될 수 있다. 일부 패키징된 LED는 LED 다이 및 관련 반사기 컵 위에 중합체 봉지재를 형성함으로써 제조된다. LED 다이는 유사 램버시안(quasi-Lambertian) 방출 패턴을 가지며, LED 다이 내에서 발생하는 많은 광은 다이 표면에서의 내부 전반사로 인해 갇히거나 LED 다이 바로 위의 중합체 봉지재의 외부로 방출된다.

[0024] LED 발광기가 단 하나의 LED 다이만 가질 수 있거나, 또는 동일하거나 상이한 색상들을 방출할 수 있는 복수의 다이를 포함할 수 있음을 주목하라. 예를 들어, 본 출원과 동일자로 출원된 발명의 명칭이 "LED 모자이크(LED Mosaic)"(대리인 관리 번호 62370US006)인 공동으로 양도된 미국 특허 출원에 기재된 LED 다이 구성을 참조하라. 다수의 LED 다이가 사용되는 경우, 이들은 전형적으로 단일의 (그러나 분할되거나 불연속적인) 방출 영역을 한정하도록 서로에 아주 근접하게 공통 기판 상에 실장된다.

[0025] 이제 도 2를 참조하면, LED 발광기(42) 및 발광기를 적어도 부분적으로 둘러싸는 봉지재(43)를 포함하는 광원(40)이 도시되어 있다. 도 3은 지극히 동일한 광원(40)을 도시하지만, 쉽게 알아보기 위하여 도 2에 도시되지 않은 추가의 파라미터를 나타낸다. LED 발광기(42)는 LED 다이 또는 다이 어레이의 방출 표면일 수 있거나, 또는 예를 들어 그러한 LED 다이 또는 다이들 상에 코팅되거나 다르게는 그에 의해 여기되는 얇은 형광체 층일 수 있다. 예시적인 실시예에서, 발광기(42)는 실질적으로 도 2 및 도 3에서 직교 xyz 좌표계(Cartesian xyz coordinate system)의 x-y 평면에 대응하는 평면에 놓이지만, 다른 배열이 또한 가능하다. 발광기(42)는 광각(wide-angle) 소스이고, 일부 광이 내부 전반사에 의해 발광기(42) 내에 갇힐 수 있지만, 공기 간극(44)으로 나오는 광은 전형적으로 0 내지 실질적으로 90도의 범위인 소스 각도 θ_s (도 2 및 도 3의 z축에 대응하는, 발광기의 국부 표면 법선에 대하여 측정됨)에 대응하는 입체각의 완전한 반구 절반(full half-hemisphere)에 걸쳐 분포된다.

[0026] 봉지재(43)가 적어도 2개의 개별 구성요소로 형성되는 '801 출원에서의 경우와는 대조적으로, 개시된 실시예에서는 봉지재가 발광기(42)를 둘러싸는 공기 간극(44)을 형성하는 메니스커스 렌즈(46)에 의해 형성된다. 외부 렌즈(46)는 굴절률 n_o 의 매체(전형적으로는 반드시 공기인 것은 아님)에 노출되는 만곡된 외부 표면(46b)을 갖는다. 예시적인 실시예에서, 메니스커스 렌즈(46)는 광원의 광축(48)에 대하여 실질적으로 회전

대칭이고, 발광기(42)는 또한 광축(48) 상에 중심이 위치되지만, 이는 모든 실시예에서 그러한 상태일 필요는 없다. 광원(40)에 대하여, 광축(48)은 직교 좌표계의 z 축에 평행하다.

[0027] 공기 간극(44) 및 메니스커스 렌즈(46)의 굴절률 n_1 및 n_2 는 각각, n_1 (실질적으로 1의 값을 가짐)이 LED 발광기(42)의 상대적으로 높은 굴절률에서 상당히 감소된 것이고 n_2 가 n_1 보다 실질적으로 높다(즉, 적어도 약 80% 더 높음)는 의미에서 통상적인 것은 아니다. 따라서, 비 n_1/n_2 는 예시적인 실시예에서 0.6 미만이고, 일반적으로 0.5 미만이다.

[0028] 예시적인 실시예에서, LED 발광기(42)가 상부에 실장되고 렌즈(46)가 또한 그 외주 둘레에 부착되는 기관(50)과 메니스커스 렌즈(46)의 내부 표면(46a) 사이의 공간 내에 공기 간극(44)이 포함되거나 밀봉된다. 기관(50)은 세라믹, 금속 또는 기타 적합한 재료의 실질적으로 편평한 조각이거나 이를 포함할 수 있고, 금속 접촉자, 핀, 및 기타 종래 구조물과 같은 다른 구성요소를 또한 포함할 수 있다. 일부 경우에, 광원(40)은 LED 발광기를 하나 이상의 금속 접촉자 또는 핀에 접속시키는 하나 이상의 와이어 본드(52)를 포함할 수 있다.

[0029] 예시적인 실시예에서, 메니스커스 렌즈(46)는 상대적으로 높은 굴절률의 유리 또는 기타 적합한 광학 재료로 구성된다. 전형적으로, 이 렌즈는 적어도 1.8, 그리고 예시적인 실시예에서는 약 1.9 내지 2.1 또는 약 2의 굴절률 n_2 를 가질 것이다. 예시적인 재료는 사파이어(굴절률 1.77), LASFN9 광학 유리(굴절률 1.85), 및 S-LAH79 광학 유리(굴절률 2.003)를 포함한다. 메니스커스 렌즈(46)는 도 2에 도시된 형상으로 주조 또는 성형될 수 있거나, 또는 볼이나 구 형태로 제조된 다음 기계 가공되어 내부 표면(46a) 및 바람직하게는 기관(50)과 접촉하는 외주(46c)를 형성하도록 한다.

[0030] 광학적으로, 굴절률 차이와 만곡된 표면의 형상의 결과로서, 내부 표면(46a)은 발광기(42)로부터의 광을 수렴하며 발광기의 제1 가상 이미지(VI_1)를 형성하고, 외부 표면(46b)은 광을 더 많이 수렴하며 제2 가상 이미지(VI_2)를 형성한다. 제1 가상 이미지는 LED 발광기(42)와 제2 가상 이미지 사이에 배치된다. 도 3을 참조하면, LED 발광기(42), 제1 가상 이미지(VI_1), 및 제2 가상 이미지(VI_2)의 최대 평면내(in-plane) 치수(즉, x - y 평면에 평행한 평면에서 측정된 최대 측방향 치수)는 각각 h , h_1 , 및 h_2 로 표시된 치수의 2배이다. 따라서, h_2/h 는 예시적인 실시예에서 3 내지 4의 범위에 있다. 또한, 예시적인 실시예에서, 치수가 $2h_2$ 인 최종 가상 이미지(VI_2)의 최대 평면내 치수는 외부 렌즈(46)의 최대 평면내 치수와 유사하다. 외부 표면(46b)이 중심점 C_2 를 갖는 곡률 반경 R_2 에 의해 충분히 특징지워질 수 있다면, 이는 $2h_2$ 가 $2R_2$ 와 유사하다는 것을 의미하는데, 예를 들어 $R_2 \leq 2h_2 \leq 4R_2$ 이다.

[0031] 표면(46a, 46b)은 구면 또는 비구면(aspherical)일 수 있지만, 경제성을 위해 이들은 예시적인 실시예에서는 제1 곡률 반경 R_1 과 중심점 C_1 (표면 46a의 경우) 및 제2 곡률 반경 R_2 와 중심점 C_2 (표면 46b의 경우)에 의해 특징지워지는 실질적으로 구면이다. 봉지재가 대칭이면, 중심점 C_1 및 C_2 는 광축(48) 상에 배치된다. 도 3에 도시된 다른 관심대상의 파라미터로는, LED 발광기(42)의 상부 또는 전방 표면으로부터 표면(46a)의 정점까지의 측방향 거리(Sag_1 으로 표시됨); 가상 이미지(VI_1)의 상부 또는 전방으로부터 외부 표면(46b)의 정점까지의 측방향 거리(Sag_2 으로 표시됨); LED 발광기의 상부 또는 전방 표면에 대한 와이어 본드(52)의 최대 높이(H_1 로 표시됨); LED 발광기의 평면에서 표면(46a)의 최대 평면내 절반폭(half-width) 또는 반경(r_1 으로 표시됨); 및 LED 발광기의 평면에서 메니스커스 렌즈(46)의 표면(46b)의 최대 평면내 절반폭 또는 반경(r_2 으로 표시됨)을 들 수 있다. 광원(40)의 전체 크기 또는 부피를 최소화하기 위해, r_2 는 r_1 과 거의 같거나 그보다 약간 크도록 선택될 수 있다.

[0032] 또한, 많은 경우에, 예를 들어 R_1 및 Sag_1 의 현명한 선택에 의해 공기 간극(44)의 부피를 최소화하는 것이 바람직하다. 그러나, 공기 간극(44)의 부피를 최소화하기 보다는, 대신에 광원(40)의 광학 특성을 최적화하기 위해 R_1 및 Sag_1 을 선택할 수 있다. 예를 들어, R_1 및 Sag_1 은 봉지재(43)의 배율(magnification)을 최대화하도록 선택될 수 있다.

[0033] 일부 경우에, 광원의 광학 시스템에서 구면 수차(spherical aberration) 및/또는 코마(coma)의 양을 최소화하거나 적어도 제어하는 것이 또한 바람직하다. 표면(46a)은 광축(48)과 LED 발광기(42)의 교차점에 C_1 을 위치

시켜 $Sag_1 \approx R_1$ 가 되도록 함으로써 무수차(aplanatic)(구면 수차 또는 코마가 거의 없거나 전혀 없음)가 될 수 있지만, 이는 일반적으로 공기 간극(44)의 부피를 최소화하는 것과 양립할 수 없으며, 그리고 이는 또한 표면(46a)의 수렴력(converging power)을 감소시키거나 제거한다. 따라서, 구면 수차 및 코마를 제어하는 보다 바람직한 방식은 외부 표면(46b)이 무수차가 되도록 설계하는 것일 수 있다. 축상(on-axis) 지점에 대하여, 이는 제1 가상 이미지(VI₁)(외부 렌즈의 목적을 위해 "객체"로서 작용함)와 외부 표면(46b)의 정점 사이의 거리를 하기와 같이 되도록 설정함으로써 행해질 수 있다:

$$Sag_2 \approx R_2 * ((n_0 + n_2)/n_2) \quad (1)$$

n_2 가 약 2이고 n_0 이 1(공기)인 경우, 이는 하기와 같이 환산된다:

$$Sag_2 \approx 1.5 * R_2 \quad (2)$$

전술한 최소 부피 및 무수차 조건이 종래의 광학 설계 소프트웨어에서와 같은, 추가의 최적화가 행해질 수 있는 시작점으로서 사용될 수 있다는 것을 주목하라. 예를 들어, 외부 표면(46b)은 상기 방정식 (1)에 따라 설계될 수 있고, 그 다음 가상 이미지(VI₁)의 예지나 그 부근에서 축외(off-axis) 지점에 대하여 구면 수차 및/또는 코마를 최소화하도록 최적화된다.

개시된 집약형 광원은 다양한 광학 시스템에 사용될 수 있는데, 그 광학 시스템들 중 하나가 도 4에 도시되어 있다. 도 4에서, 시준 광 서브시스템(80)은 전술된 광원(40)뿐만 아니라, 외부 시준 렌즈(82) 및 선택적인 반사 편광기(84)를 포함한다. 렌즈(82)는 집약성의 이유로 분할되거나 구획된 프레넬(Fresnel) 렌즈로서 도시되어 있지만, 필요하다면 임의의 종래의 벌크 광학 렌즈(bulk-optic lens) 또는 기타 공지된 렌즈가 또한 사용될 수 있다. 시준을 위해, 렌즈(82)의 초점 거리 및 위치는 메니스커스 렌즈(46)에 의해 형성된 최종 가상 이미지(IM2)가 렌즈(82)의 후방 초점에 배치되도록 선택된다. 렌즈(82)를 빠져나가는 "시준" 광(83)이 사실상 LED 발광기(42)의 확장된 속성의 결과로서 0이 아닌 각방향 확산(nonzero angular spread)을 가질 것임을 주목하라.

시준 광 서브시스템(80)은 또한 선택적인 반사 편광기(84)를 포함한다. 편광기는 원하는 바에 따라 선형, 원형, 또는 타원형 편광 광을 제공하는 데 사용될 수 있다. 이러한 목적을 위해 흡수 편광기가 또한 사용될 수 있지만, 반사 편광기, 특히 "차단된" 편광 상태가 흡수되거나 산란되기 보다는 정반사되는 반사 편광기는 차단된 편광 상태의 적어도 일부를 직교(orthogonal) "통과" 상태로 변환하기 위한 구조물 또는 메커니즘이 광원(40) 내에 존재한다면 증가된 효율을 제공할 수 있다. 이는 "광 재순환(light recycling)"으로 지칭되며, 많은 다양한 기술들을 사용하여 달성될 수 있다.

재순환 반사 편광기의 예로는 미국 특허 제5,882,774호(존자(Jonza) 등)에 기재된 다층 광학 편광 필름이 있는데, 여기서 필름을 구성하는 교번하는 층들은 실질적으로 정합되는, 필름에 수직인 방향을 따른 굴절률들을 가져 - 즉, 층들 사이의 Δn_z 는 대략 0임 -, p-편광된 광에 대한 필름 내의 임의의 주어진 계면의 반사율이 입사각의 함수로서 실질적으로 일정하도록 한다.

도 4의 상부 절반부에서 광선(81, 83)에 방향 화살표를 사용하여 나타낸 바와 같이, 반사 편광기(84)에 입사하는 시준 광선(83)이, 사용된 반사 편광기 유형에 의해 지시되는 바와 같은 적당한 편광 상태의 것(예를 들어, 편광된 광선(85))인 경우 조명되는 어떠한 디스플레이 또는 투사 시스템이든 이를 향해 투과되거나, 또는 광선이 원치않는 편광 상태의 것인 경우에는 시준 렌즈(82)를 향하여 다시 반사되는 것을 알 수 있다. 이는 도 4에 도시된 광선의 일부만 방향 화살표로 나타내었지만, LED 발광기에 의해 발생된 모든 광(81)에 대하여 적용된다.

LED 발광기(42)를 향하여 다시 반사된 광은 임의의 원하는 기술을 사용하여 재순환될 수 있다. 예를 들어, LED 발광기(42)는 재순환된 광을 반사하거나 재방출할 수 있는 형광체 코팅을 포함할 수 있는데, 그리고 나서 재순환된 광은 반사 편광기(84)를 통과하도록 적당한 편광 상태를 가질 수 있다.

본 명세서에서 기재된 광원은 미국 특허 제5,882,774호(존자 등)에 기재된 유형의 시준 렌즈 및 공압출된 다층 반사 편광기 - 이때 편광기의 양면에 반사 방지(anti-reflective) 코팅이 도포됨 - 와 함께 조합되어, 편광 광 출력률(반사 편광기가 아니라 흡수 편광기를 이용하는 동일한 시스템에 비해) 10% 초과만큼 증가시킬 수 있다. 공압출 다층 편광 필름을 제조하는 예시적인 방법이 미국 특허 공개 제2002/0180107 A1호(잭슨(Jackson) 등), 미국 특허 공개 제2002/0190406 A1호(메릴(Merril) 등), 미국 특허 공개 제2004/0099992 A1호

(메릴 등), 및 미국 특허 공개 제2004/0099993 A1호(잭슨 등)에 개시되어 있다. 추가의 예시적인 반사 편광기로는 미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니(3M Company)로부터 입수 가능한 비퀴티(Vikuiti™) 이중 휘도 향상 필름(DBEF)을 들 수 있다. 콜레스테릭 편광기(Cholesteric polarizer)가 또한 고려된다. 전술된 바와 같이, 반사 방지 코팅은 프레넬 표면 반사로 인한 손실을 최소화하도록 편광기의 일 표면 또는 양 표면 상에 사용될 수 있다. 대안적으로, 편광기는 렌즈 또는 판과 같은 다른 광학 구성요소의 매끄럽고 바람직하게는 편평한 표면에 적층될 수 있거나, 또는 양면 상에 적층되어 2개의 그러한 광학 구성요소들 사이에 개재될 수 있다.

[0044] 도 5는 광원(40)을 포함하는 다른 시준 광 서브시스템(90)을 도시한다. 시준 광 서브시스템(90)은 도 4에 도시된 시준 광 서브시스템(80)과 동일한 것이지만, 사분파장판(quarter wave plate, QWP)(92)을 포함할 수 있다. QWP는 투과된 광에서 사분파장 위상 시프트(shift)를 생성하는 광학 지연 필름 또는 구성요소이다. 이는 선형 편광 광을 원형 편광 광으로 변경하고 그 반대로도 변경하는 데 사용될 수 있고, 광 재순환을 돕는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, LED 발광기(42)는 반사 편광기(84)에 의해 먼저 반사된 광의 일부가 렌즈(46, 82)를 향하여 다시 역반사(retroreflection)되도록 반사 코팅을 포함할 수 있다. QWP(92)는 이 역반사된 광이 반사 편광기(84)를 통과하도록 적당한 편광 상태를 가질 것을 보장할 수 있다.

[0045] 개시된 바와 같이, LED 광원의 예시적인 실시예는 메니스커스 렌즈의 공기로 채워진 공동의 내측에 LED 발광기를 실장한다. 메니스커스 렌즈의 중공 공동에 LED 발광기를 실장하는 것의 하나의 이점으로는 미세구조화된 추출기 표면을 갖는 LED 다이를 사용할 수 있게 한다는 것을 들 수 있다. 다른 이점으로는, 예를 들어 LED 다이가 상부에 실장되는 기관에 렌즈가 부착되거나 접합되는 경우, 메니스커스 렌즈가 다이에 대하여 우수한 밀봉된 공동 패키지를 제공할 수 있다는 사실을 들 수 있다. 이는 미세구조화된 추출기 등이 LED 다이의 활성 영역의 상부에 사용되는 경우 특히 유리할 수 있는데, 그 이유는 추출기가 광 추출 효율을 열화시키는 대기 중의 먼지, 에어로졸, 또는 부식성 기체와 같은 오염된 환경에 매우 민감할 수 있기 때문이다. 오염된 환경에 또한 민감한 와이어-그리드 편광기가 LED 다이에 사용되는 경우, 유사한 이점이 실현될 수 있다.

[0046] 메니스커스 렌즈는, '801 출원에 개시된 바와 같이 고굴절률 재료(예를 들어, 굴절률이 적어도 1.8이고, 일반적으로 약 1.9 내지 2.1, 또는 약 2인 재료)로 이루어진 예시적인 실시예에서, 여전히 높은 배율을 제공하여, 램버시안 빔의 발산(divergence)을 감소시킨다. '801 출원의 복합 봉지재 렌즈에 비해, 메니스커스 렌즈는 단독으로, 집약적인 릴레이 광학계의 설계에 대한 동일한 융통성을 조명되는 이미저(imager)에 제공할 수 있다.

[0047] '801 출원의 복합 봉지재 렌즈와 개시된 중공 집광 렌즈 실시예 사이의 주요 차이는 후자의 굴절력이 더 낮은 것이다. 도 4에 도시된 시준 광 서브시스템을 참조하면, '801 출원의 복합 봉지재 렌즈와 비교하여, 외부 시준 렌즈(82)(편광 재순환 목적을 위해 예시적인 실시예에서는 프레넬 렌즈임) 후에 시준을 유지하기 위하여, 프레넬 렌즈의 굴절력은 그에 따라 증가되어야 한다. 두 가지 렌즈의 총 굴절력($1/f_{tot}$)(메니스커스 렌즈의 경우에는 f_{men} 그리고 시준 렌즈의 경우에는 f_{col})은 하기와 같이 근사화될 수 있다:

[0048]
$$1/f_{tot} \text{ (근사치)} = (n/f_{men}) + (1/f_{col}) \quad (3)$$

[0049] 여기서 n 은 겔 봉지재의 경우 약 1.5이고 공기의 경우 1.0이다. 렌즈(82)로부터 빠져나가는 "시준" 광(83)이 사실상 LED 발광기(42)의 확장된 속성의 결과로서 0이 아닌 각방향 확산을 가질 것임을 주목하라. 종래의 광학 설계 소프트웨어를 사용하여, 두 가지 설계, 즉 '801 출원의 복합 봉지재 렌즈 대 본 명세서에 개시된 중공 공동 설계에 대하여 f_{tot} 의 정확한 계산이 수행되어, 두 가지 경우에서의 렌즈들 사이의 굴절력 분포의 보다 나은 아이디어를 얻을 수 있다. 도 6에 나타낸 표를 참조하기로 한다. 시준 광 서브시스템의 초점 거리(f_{tot})는 동일한 볼 반경에 대하여, 즉 메니스커스 렌즈의 동일한 외부 반경에 대하여, 봉지(2.36 mm)된 것보다 공기(2.92 mm)에서 더 길다.

[0050] 도 7A 및 도 7B에 도시된 총 조명 시스템은 전술된 시준 광 서브시스템에 더하여, 이미저에 광을 전달하는 제2 렌즈 군을 포함한다. 조명 시스템은 무한 초점(afocal)이며(편광 재순환 및/또는 비균등(anamorphic) 부속을 허용함), 제2 렌즈 군의 초점 거리(f_{foc})는 시스템의 전체 배율을 변경하지 않은 채 유지하도록(공기 중에서 $mag=-4.7$) 선택되었다. 도 7A 및 도 7B를 참조하는데, 여기서 도 7A는 '801 출원의 복합 봉지재 렌즈에 대한 조명 시스템의 광학 레이아웃을 도시하고, 도 7B는 중공 공동 메니스커스 렌즈(즉, 다른 시스템의 내부 렌즈가 공기로 대체됨)를 사용한 유사 조명 시스템의 광학 시스템을 도시한다.

- [0051] 공기 중에서의 무수차 조건을 보존하기 위하여 메니스커스 렌즈 두께를 약간 감소시킬 수 있다는 것을 주목하라. 또한, 전체 길이, 부피, 및 결합 효율 성능이 이들 2개의 설계에 대하여 유사하다는 것을 주목하라.
- [0052] 개시된 집약형 광원은 또한 LCOS(liquid crystal-on-silicon) 패널 또는 기타 픽셀화(pixelated) 패널을 포함하는 것과 같은 투사 시스템에 사용될 수 있다. 예시적인 투사 시스템은 본 출원과 동일자로 출원된 발명의 명칭이 "광학 투사 서브시스템"(대리인 관리 번호 63281US002)인 공동으로 양도된 미국 특허 출원에 개시되어 있다.
- [0053] 예를 들어, 도 8은 투사 서브시스템(200)을 도시한다. 투사 서브시스템(200)은 휴대 전화, 개인용 정보 단말기(personal digital assistants, PDA), 위치 확인 시스템(global positioning system, GPS) 수신기와 같은 소형 전자 시스템으로부터 스틸 또는 비디오 이미지를 투사하는 데 유용하다. 투사 서브시스템(200)은 내장된 소형 전자 시스템(도 8에는 도시되지 않음)으로부터 전력 및 이미지 데이터를 수신한다. 투사 서브시스템(200)은 컴퓨터 비디오를 디스플레이하기 위한 소형 프로젝터 부속품의 구성 부품으로서 유용하다. 투사 서브시스템(200)은 사용하지 않을 때 셔츠 주머니와 같은 옷의 주머니에 넣어 운반하기에 충분히 작은 시스템에 유용하다. 투사 서브시스템(200)에 의해 투사된 이미지는 역반사형 투사 스크린, 밝은 색상으로 도색된 벽, 화이트보드(whiteboard) 또는 종이 시트, 또는 기타 공지된 투사 표면 상으로 투사될 수 있다. 투사 서브시스템(200)은 휴대용 컴퓨터 또는 휴대 전화에 내장될 수 있다.
- [0054] 투사 서브시스템(200)은 개시된 실시예의 시준 광 서브시스템(80, 90 등)일 수 있는 시준 광 서브시스템(202)을 포함한다. 시준 광 서브시스템(202)은 광 빔(204)을 제공한다. 광 엔진은 집광 렌즈(206)(예를 들어, 메니스커스 렌즈(46)의 형태), 시준기(208), 및 고상(solid state) 발광기(210)를 포함한다. 일 태양에 따르면, 집광 렌즈(206)는 하이퍼반구형 볼 렌즈를 포함한다.
- [0055] 고상 발광기(210)는 전력 레벨을 갖는 전력(212)을 받는다. 고상 발광기(210)는 히트 싱크(214)에 열적으로 결합된다. 고상 발광기는 소정의 발광기 광속 레벨을 가진 발광기 광 빔을 제공한다. 일 태양에 따르면, 광 빔(204)은 비간섭성 광을 포함한다. 다른 태양에 따르면, 광 빔(204)은 고상 발광기(210)의 부분적으로 포커싱된 이미지인 조명을 포함한다. 또 다른 태양에 따르면, 고상 발광기(210)는 하나 이상의 발광 다이오드(LED)를 포함한다. 다른 태양에 따르면, 집광 렌즈(206)는 하이퍼반구형 볼 렌즈를 포함한다. 다른 태양에 따르면, 시준기(208)는 제1 비-시준 빔(non-collimated beam)을 수광하는 제1 비-패시티드 면(non-faceted side) 및 시준된 빔을 방출하는 제1 패시티드 면을 가진 제1 프레넬 렌즈(Fresnel lens), 및 시준된 빔을 실질적으로 직접 수광하는 제2 비-패시티드 면 및 출력 빔을 방출하는 제2 패시티드 면을 가진 제2 프레넬 렌즈를 포함하는 포커싱 유닛(focusing unit)을 포함한다. 다른 태양에 따르면, 고상 발광기(210)는 본 출원과 동일자로 출원된 발명의 명칭이 "LED 모자이크"(대리인 관리 번호 62370US006)인 미국 특허 출원에 도시된 바와 같이 배열될 수 있다. 다른 태양에 따르면, 시준 광 서브시스템(202)은 본 출원과 동일자로 출원된 발명의 명칭이 "통합형 광원 모듈"(대리인 관리 번호 62382US008)인 미국 특허 출원에 도시된 바와 같이 배열될 수 있다.
- [0056] 투사 서브시스템(200)은 굴절체(220)를 포함한다. 굴절체(220)는 광 빔(204)을 수광한다. 굴절체(220)는 편광된 빔(222)을 제공한다. 굴절체(220)는 내부 편광 필터(224)를 포함한다. 광 빔(204)의 하나의 편광 성분은 내부 편광 필터(224)에 의해 반사되어, 편광된 빔(222)을 형성한다. 일 태양에 따르면, 굴절체는 던칸(Duncan) 등의 미국 특허 공개 제2007/0023941 A1호, 던칸 등의 미국 특허 공개 제2007/0024981 A1호, 던칸 등의 미국 특허 공개 제2007/0085973 A1호, 및 던칸 등의 미국 특허 공개 제2007/0030456호의 하나 이상의 태양에 따라 형성되거나 이용된다.
- [0057] 굴절체(220)는 제1 외부 렌즈 표면(226) 및 제2 외부 렌즈 표면(228)을 포함한다. 일 태양에 따르면, 외부 렌즈 표면(226, 228)은 만곡된 렌즈 표면을 가지며, 0이 아닌 렌즈 굴절력(non-zero lens power)을 갖는다. 다른 태양에 따르면, 외부 렌즈 표면(226, 228)은 편평하다. 일 태양에 따르면, 굴절체(220)는 내부 편광 필터(224)의 대향하는 측면들 상에서 플라스틱 수치 물질체(230, 232)를 포함한다. 다른 태양에 따르면, 내부 편광 필터(224)는 다층 광학 필름을 포함한다. 다른 태양에 따르면, 굴절체(220)는 렌즈뿐만 아니라 편광 빔 스플리터로서 기능하는 다기능 광학 구성요소를 포함한다. 다기능 굴절체에서 편광 빔 스플리터와 렌즈 기능들을 조합함으로써, 그렇지 않은 경우 분리된 빔 스플리터와 렌즈 사이의 공기 계면에서 발생할 손실을 방지한다.
- [0058] 투사 서브시스템(200)은 이미지 형성 장치(236)를 포함한다. 이미지 형성 장치(236)는 전기 입력 버스(238) 상에서 이미지 데이터를 수신한다. 이미지 형성 장치(236)는 편광된 빔(222)을 수광한다. 이미지 형성 장치

(236)는 이미지 데이터에 따라 편광된 빔(222)을 선택적으로 반사시킨다. 이미지 형성 장치(236)는 편광된 빔(222)의 편광에 대해 회전된 편광을 가진 이미지(240)를 제공한다. 이미지 형성 장치(236)는 이미지(240)를 굴절체(220)에 제공한다. 이미지(240)는 내부 편광 필터(224)를 통과한다. 일 태양에 따르면, 이미지 형성 장치(236)는 LCOS 장치를 포함한다.

[0059] 투사 서브시스템(200)은 투사 렌즈 조립체(250)를 포함한다. 투사 렌즈 조립체(250)는 도면 부호 252, 254, 256, 258, 260으로 개략적으로 나타낸 다수의 렌즈를 포함한다. 투사 렌즈 조립체(250)는 굴절체(220)로부터 이미지(240)를 받는다. 투사 렌즈 조립체(250)는 뷰잉(viewing)에 적합한 투사 광속 레벨을 가진 이미지 투사 빔(262)을 제공한다.

[0060] 달리 지시되지 않는 한, 본 명세서 및 청구의 범위에 사용된 특징부 크기, 양 및 물리적 특성을 표현하는 모든 숫자는 용어 "약"에 의해 수식되는 것으로 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 지시되지 않는 한, 이어지는 명세서 및 첨부된 청구의 범위에 기술된 수치적 파라미터는 본 명세서에 개시된 교시를 이용하는 당업자가 얻고자 하는 원하는 특성에 따라 변할 수 있는 근사치이다.

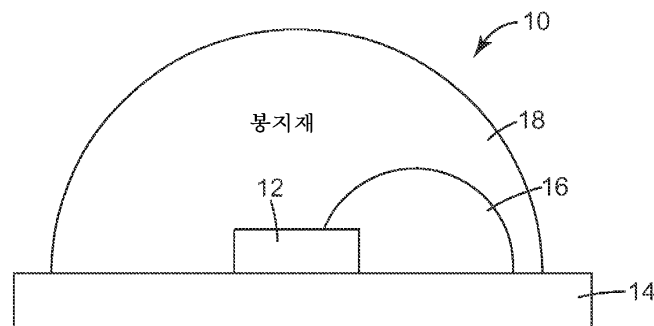
[0061] 본 발명의 다양한 변형 및 변경은 본 발명의 범주 및 사상으로부터 벗어남이 없이 당업자에게 자명하게 될 것이며, 본 발명이 본 명세서에 나타낸 예시적인 실시예들로 제한되지 않음을 이해하여야 한다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1A는 봉지된 LED 광원의 개략도.
- [0012] 도 1B는 광 추출 구조물을 갖는 봉지되지 않은(un-encapsulated) LED 광원의 개략도.
- [0013] 도 2는 중공 메니스커스 집광 렌즈를 포함하는 LED 광원의 개략 단면도.
- [0014] 도 3은 도 2의 LED 광원의 다른 개략 단면도.
- [0015] 도 4는 추가의 광학 요소를 갖는 도 2 및 도 3의 광원을 도시하는 도면.
- [0016] 도 5는 추가의 광학 요소를 갖는 도 2, 도 3 및 도 4의 광원을 도시하는 도면.
- [0017] 도 6은 중공 메니스커스 집광 렌즈와 복합 봉지 렌즈를 각각 갖는 LED 광원들 사이의 초점 거리를 비교한 표.
- [0018] 도 7A 및 도 7B는 복합 봉지 렌즈와 중공 메니스커스 집광 렌즈를 각각 갖는 LED 광원들의 광학 레이아웃(layout)의 개략도.
- [0019] 도 8은 개시된 LED 광원을 사용하는 투사 시스템의 개략도.

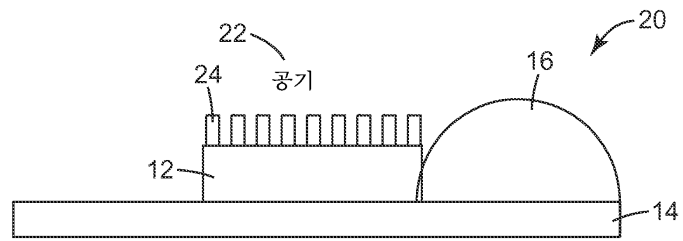
도면

도면1A

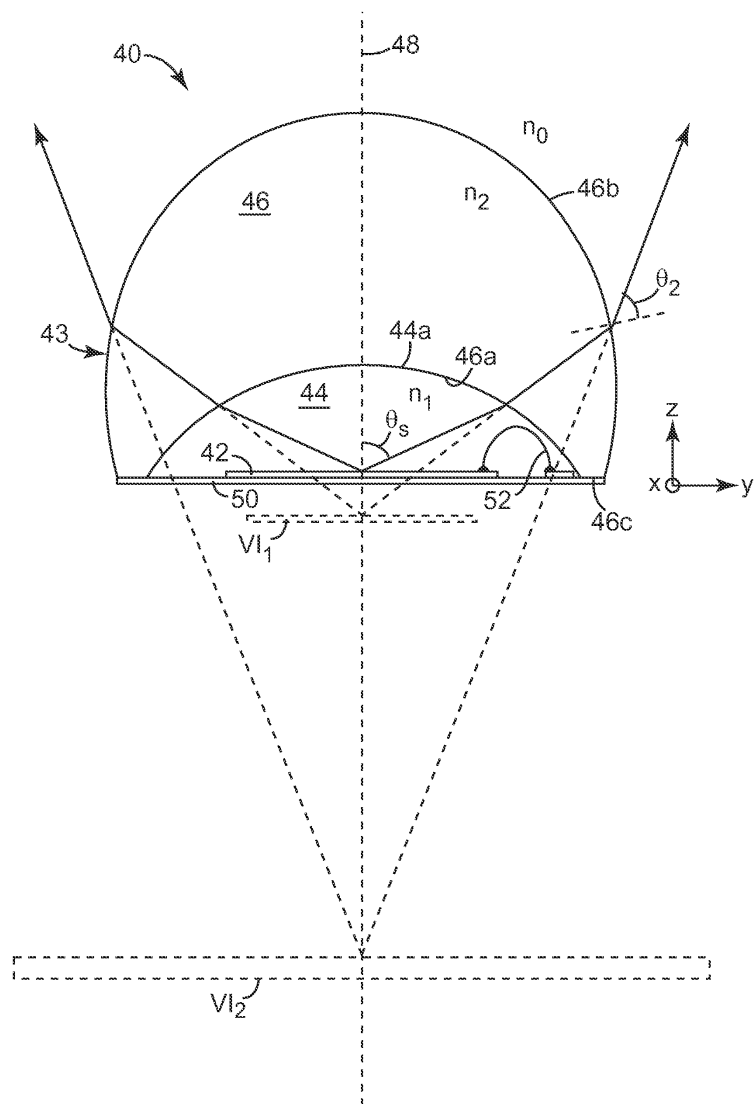


종래 기술

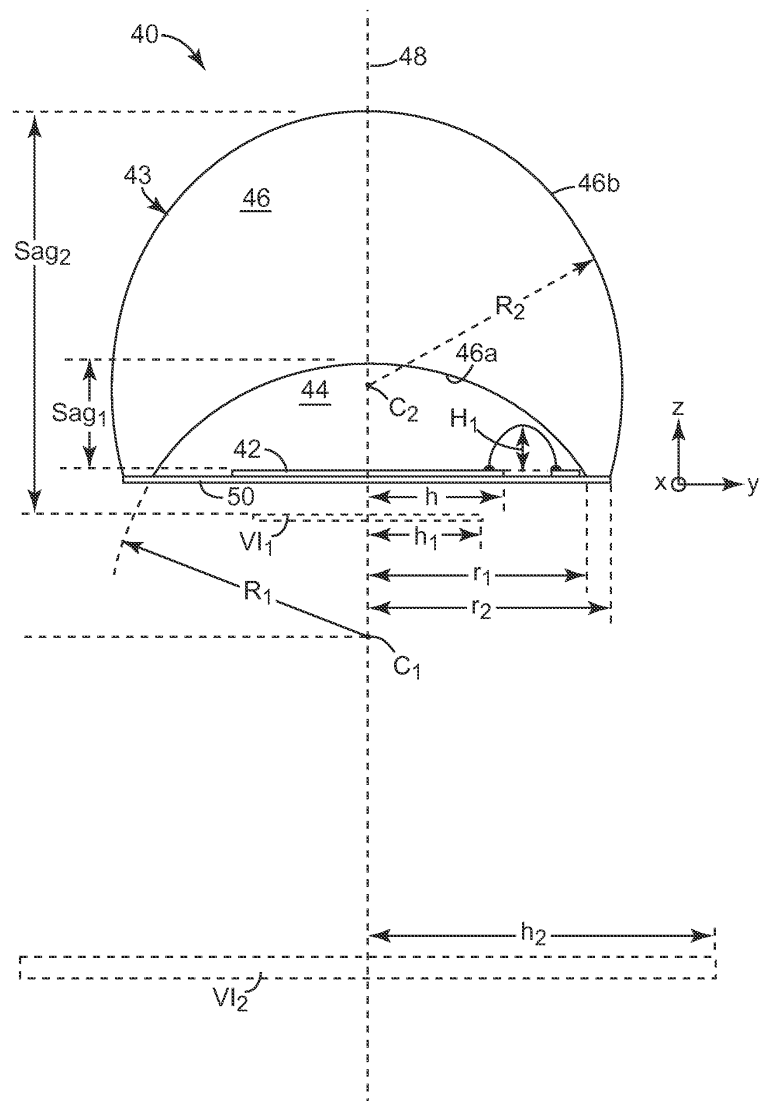
도면1B



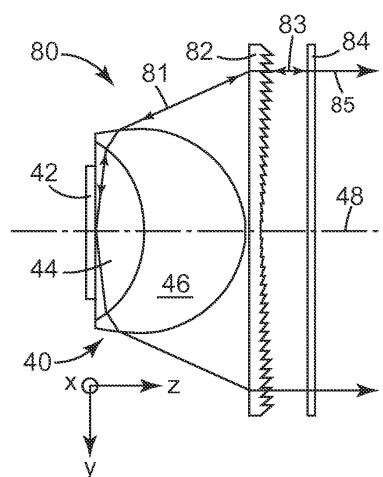
도면2



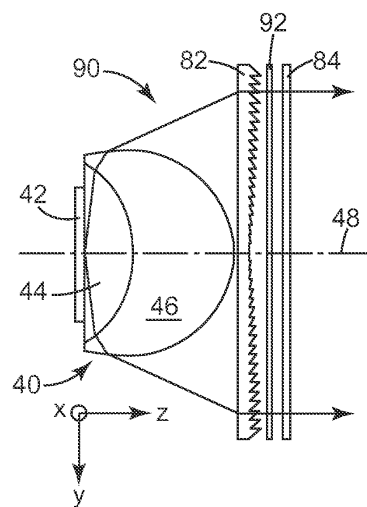
도면3



도면4



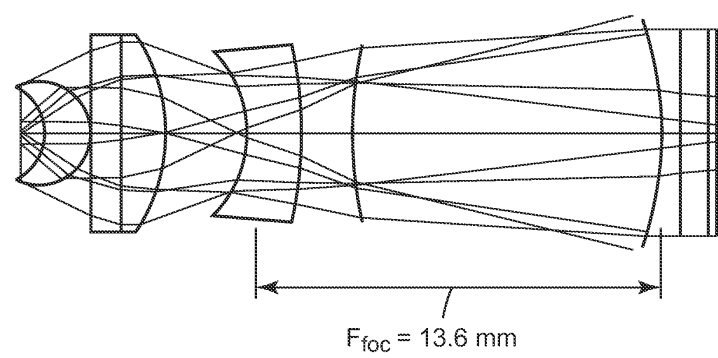
도면5



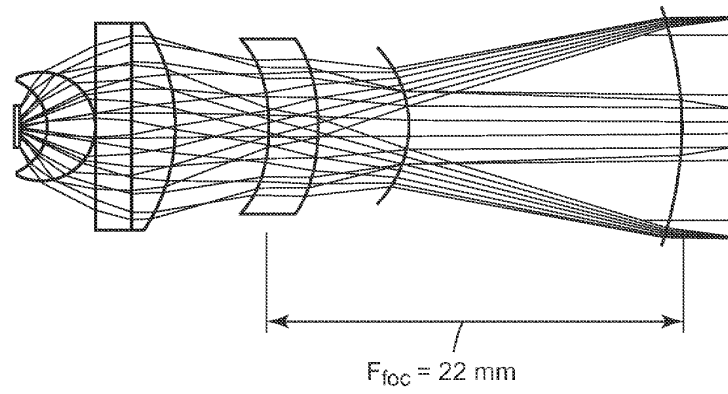
도면6

요소	초점 거리(mm)	
	공기	방지재
f men	5.66	3.25
f col	7.15	7.84
f tot (정확값)	2.92	2.36

도면7A



도면7B



도면8

