(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년04월17일
(11) 등록번호 10-2523007
(24) 등록일자 2023년04월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) *G02B 6/02* (2022.01)
G02B 6/122 (2006.01) *G06T 19/00* (2011.01)
(52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 6/02085 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7024535
(22) 출원일자(국제) 2018년01월22일
심사청구일자 2021년01월13일
(85) 번역문제출일자 2019년08월21일
(65) 공개번호 10-2019-0105645
(43) 공개일자 2019년09월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/014735
(87) 국제공개번호 WO 2018/136892
국제공개일자 2018년07월26일
(30) 우선권주장
62/449,524 2017년01월23일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20110019874 A1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
매직 립, 인코포레이티드
미국 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500 (우: 33322)
(72) 발명자
브로위, 에릭
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500
클루그, 마이클, 앤서니
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 남앤남

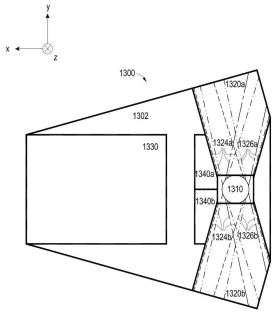
전체 청구항 수 : 총 18 항 심사관 : 김창호

(54) 발명의 명칭 **가상, 증강, 또는 혼합 현실 시스템들을 위한 접안렌즈**

(57) 요 약

본 발명은 증강 현실을 위한 접안렌즈 도파관에 관한 것이다. 접안렌즈 도파관은 입력 커플러 구역, 제1 및 제2 OPE(orthogonal pupil expander) 구역들, 및 EPE(exit pupil expander) 구역을 갖는 투명한 기판을 포함할 수 있다. 입력 커플러 구역은 제1 및 제2 OPE 구역들 사이에 포지셔닝될 수 있고, 입력 커플러 구역에 외부적으로 입사되는 입력 광 빔을, 기판 내부에서 전파되는 제1 및 제2 안내된 광 빔들로 분할하고 방향전환시킬 수 있고, 제1 안내된 빔은 제1 OPE 구역을 향해 지향되고, 제2 안내된 빔은 제2 OPE 구역을 향해 지향된다. 제1 및 제2 OPE 구역들은 제1 및 제2 안내된 빔들을 복수의 복제된, 이격된 빔들로 각각 분할할 수 있다. EPE 구역은, 제1 및 제2 OPE 구역들 둘 모두로부터의 복제된 빔들이 기판에서 나가도록, 그들을 방향전환시킬 수 있다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G02B 6/122 (2013.01)
G06T 19/006 (2013.01)
G02B 2027/0125 (2013.01)

(72) 발명자
데콜스테, 로버트, 데일
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500
웰치, 윌리엄, 허드슨
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500
리우, 빅터, 카이
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500
바르가바, 사마르스
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500

(56) 선행기술조사문헌
KR1020160000461 A
JP2014132328 A
KR1020150097634 A
WO2016162606 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

적어도 부분적으로 투명한 기판;

상기 기판 상에 그리고 내에 형성된 입력 커플러 구역 - 상기 입력 커플러 구역은 상기 입력 커플러 구역에 외부적으로 입사되는 적어도 하나의 입력 광 빔을, 상기 기판 내부에서 전파되는 제1 안내된 광 빔 및 제2 안내된 광 빔으로 분할하고 방향전환시키도록 구성되는 회절 광학 피처들(diffractive optical features)을 포함함 -;

상기 기판 상에 또는 내에 형성되고, 상기 입력 커플러 구역으로부터의 상기 제1 안내된 광 빔을 복수의 평행한, 이격된 광 빔들로 분할하도록 구성된 제1 OPE(orthogonal pupil expander) 구역;

상기 기판 상에 또는 내에 형성되고, 상기 입력 커플러 구역으로부터의 상기 제2 안내된 광 빔을 복수의 평행한, 이격된 광 빔들로 분할하도록 구성된 제2 OPE 구역; 및

상기 기판 상에 또는 내에 형성되고, 상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역 둘 모두로부터의 광 빔들이 상기 기판에서 나가도록 상기 광 빔들을 방향전환시키도록 구성된 공통 EPE(exit pupil expander) 구역을 포함하고,

상기 입력 커플러 구역은 상기 제1 OPE 구역과 상기 제2 OPE 구역 사이에 포지셔닝되고, 상기 제1 안내된 광 빔을 상기 제1 OPE 구역을 향해 지향시키고, 상기 제2 안내된 광 빔을 상기 제2 OPE 구역을 향해 지향시키도록 구성되고,

상기 입력 커플러 구역의 상기 회절 광학 피처들은 헥사고날 격자(hexagonal lattice) 패턴으로 놓인 복수의 피처들을 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관(eyepiece waveguide).

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 기판은 두께가 325 미크론 미만인,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 기판은 유리, 플라스틱 또는 폴리카보네이트를 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 접안렌즈 도파관은 이미지 데이터의 컬러 컴포넌트를 투사하도록 구성되는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 5

제1 항에 있어서,

광을 상기 입력 커플러 구역을 향해 지향시키기 위한 투사기를 더 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 입력 커플러 구역은 상기 입력 광 빔을 상기 제1 OPE 구역을 향해 지향된 +1 회절 차수(diffractive order) 및 상기 제2 OPE 구역을 향해 지향된 -1 회절 차수로 분리하도록 구성되는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역은 180° 만큼 분리되고, 상기 EPE 구역은 OPE 구역들 둘 모두에 대해 90° 에 위치되는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역은 상기 EPE 구역을 향해 경사진,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역은 120° 만큼 분리되고, 상기 EPE 구역은 OPE 구역들 둘 모두에 대해 60° 에 위치되는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제1 항에 있어서,

상기 입력 커플러 구역의 상기 회절 광학 피처들은 광을 상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역을 향해, 그리고 상기 OPE 구역들 중 어느 하나를 먼저 통과하지 않고서 상기 EPE 구역을 향해 지향시키도록 구성되는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 16

제1 항에 있어서,

상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역은 상기 제1 안내된 광 빔 및 상기 제2 안내된 광 빔 각각을 상기 복수의 평행한, 이격된 광 빔들로 분할하기 위한 회절 광학 피처들을 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역의 상기 회절 광학 피처들은 회절 격자들을 형성하는 복수의 라인들을 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 제1 OPE 구역 및 상기 제2 OPE 구역의 상기 회절 격자들은 상기 복수의 이격된 광 빔들을 상기 EPE 구역을 향해 지향시키도록 기울어진,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 19

제1 항에 있어서,

상기 제1 OPE 구역으로부터 상기 광 빔들을 수신하고, 상기 EPE 구역의 더 큰 부분에 도달시키기 위해 상기 광 빔들의 분포를 확산시키는 제1 확산기 구역(spreader region), 및

상기 제2 OPE 구역으로부터 상기 광 빔들을 수신하고, 상기 EPE 구역의 더 큰 부분에 도달시키기 위해 상기 광 빔들의 분포를 확산시키는 제2 확산기 구역을 더 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 20

제19 항에 있어서,

상기 제1 확산기 구역 및 상기 제2 확산기 구역 둘 모두는 상기 광 빔들의 분포를 상기 EPE 구역의 중심을 향해 확산시키도록 구성되는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 21

제19 항에 있어서,

상기 제1 확산기 구역 및 상기 제2 확산기 구역은 회절 광학 피처들을 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 22

제21 항에 있어서,

상기 제1 확산기 구역 및 상기 제2 확산기 구역 각각의 상기 회절 광학 피처들은 회절 격자들을 형성하는 복수의 라인들을 포함하는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

청구항 23

제22 항에 있어서,

상기 제1 확산기 구역의 상기 회절 격자는 상기 제1 OPE 구역의 회절 격자로 90° 로 배향되고, 그리고 상기 제2 확산기 구역의 상기 회절 격자는 상기 제2 OPE 구역의 회절 격자로 90° 로 배향되는,

가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 출원과 제출된 출원 데이터 시트에서 외국 또는 국내 우선권이 식별되는 임의의 그리고 모든 출원들은 이로써 37 CFR 1.57 하에서 인용에 의해 본원에 포함된다. 본 출원은 2017년 1월 23일에 출원되고 명칭이 "EYEPIECE FOR VIRTUAL, AUGMENTED, OR MIXED REALITY SYSTEMS"인 미국 특허 출원 제62/449,524호를 우선권으로 주장한다.

[0002] [0002] 본 개시내용은 가상 현실, 증강 현실, 및 혼합 현실 시스템들을 위한 접안렌즈들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] [0003] 현대 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 가상 현실, 증강 현실, 및 혼합 현실 시스템들의 개발을 가능하게 하였다. 가상 현실 또는 "VR" 시스템들은 사용자가 경험하기 위한 시뮬레이팅된 환경을 생성한다. 이는 머리-장착 디스플레이를 통해 사용자에게 컴퓨터-생성 이미지 데이터를 제시함으로써 행해질 수 있다. 이러한 이미지 데이터는 사용자를 시뮬레이팅된 환경에 몰입시키는 감각적 경험을 생성한다. 가상 현실 시나리오는 전형적으로 실제 실세계 이미지 데이터를 또한 포함하기보다는, 컴퓨터-생성 이미지 데이터만의 프리젠테이션(presentation)을 수반한다.

[0004] [0004] 증강 현실 시스템들은 일반적으로 시뮬레이팅된 엘리먼트들로 실세계 환경을 보완한다. 예컨대, 증강 현실 또는 "AR" 시스템들은 머리-장착 디스플레이를 통해 주변 실세계 환경의 뷰(view)를 사용자에게 제공할 수 있다. 그러나 컴퓨터-생성 이미지 데이터가 또한 실세계 환경을 향상시키기 위해 디스플레이 상에 제시될 수 있다. 이 컴퓨터-생성 이미지 데이터는 실세계 환경과 맥락적으로 관련된 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 이러한 엘리먼트들은 시뮬레이팅된 텍스트, 이미지들, 객체들 등을 포함할 수 있다. 혼합 현실 또는 "MR" 시스템들은, 또한 시뮬레이팅된 객체들을 실세계 환경에 도입하지만 이러한 객체들이 전형적으로 더 뛰어난 정도의 상호작용성(interactivity)을 특징으로 하는 AR 시스템의 타입이다. 시뮬레이팅된 엘리먼트들은 대개 실시간으로 상호작용적일 수 있다.

[0005] [0005] 도 1은 예시적인 AR/MR 장면(1)의 예를 도시하며, 여기서 사용자는 배경에 있는 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(20)을 피처링(featuring)하는 실세계 공원 세팅(6)을 본다. 이들 아이템들 이외에, 컴퓨터-생성 이미지 데이터가 또한 사용자에게 제시된다. 컴퓨터-생성 이미지 데이터는, 예컨대, 실세계 플랫폼(20) 상에 서 있는 로봇 동상(10), 및 호박벌의 의인화인 것으로 보여지는 날고 있는 만화-형 아바타 캐릭터(2)를 포함하더라도, 이들 엘리먼트들(2, 10)은 실세계 환경에 사실상 존재하지 않는다.

발명의 내용

[0006] [0006] 일부 실시예들에서, 가상 현실, 증강 현실 또는 혼합 현실 시스템을 위한 접안렌즈 도파관은: 적어도 부분적으로 투명한 기판; 기판 상에 그리고 내에 형성된 입력 커플러 구역 — 입력 커플러 구역은 입력 커플러 구역에 외부적으로 입사되는 적어도 하나의 입력 광 빔을, 기판 내부에서 전파되는 제1 안내된 광 빔 및 제2 안내된 광 빔으로 분할하고 방향전환시키도록 구성됨 — ; 기판 상에 또는 내에 형성되고, 입력 커플러 구역으로부터의 제1 안내된 광 빔을 복수의 평행한, 이격된 광 빔들로 분할하도록 구성된 제1 OPE(orthogonal pupil expander) 구역; 기판 상에 또는 내에 형성되고, 입력 커플러 구역으로부터의 제2 안내된 광 빔을 복수의 평행한, 이격된 광 빔들로 분할하도록 구성된 제2 OPE 구역; 및 기판 상에 또는 내에 형성되고, 제1 OPE 구역 및 제2 OPE 구역 둘 모두로부터의 광 빔들이 기판에서 나가도록 광 빔들을 방향전환시키도록 구성된 공통 EPE(exit pupil expander) 구역을 포함하고, 입력 커플러 구역은 제1 OPE 구역과 제2 OPE 구역 사이에 포지셔닝되고, 제1 안내된 광 빔을 제1 OPE 구역을 향해 지향시키고, 제2 안내된 광 빔을 제2 OPE 구역을 향해 지향시키도록 구성된다.

[0007] [0007] 일부 실시예들에서, 접안렌즈 도파관은, 제1 OPE 구역으로부터 광 빔들을 수신하고, EPE 구역의 더 큰

부분에 도달시키기 위해 광 빔들의 분포를 확산시키는 제1 확산기 구역(spreader region), 및 제2 OPE 구역으로부터 광 빔들을 수신하고, EPE 구역의 더 큰 부분에 도달시키기 위해 광 빔들의 분포를 확산시키는 제2 확산기 구역을 더 포함한다.

[0008] [0008] 일부 실시예들에서, 제1 확산기 구역 및 제2 확산기 구역 둘 모두는 광 빔들의 분포를 EPE 구역의 중심을 향해 확산시키도록 구성된다.

[0009] [0009] 일부 실시예들에서, 입력 커플러 구역은 입력 광 빔을 제1 및 제2 OPE 구역들을 향해 분할하고 방향전환시키기 위한 회절 광학 피처들을 포함한다. 입력 커플러 구역의 회절 광학 피처들은 적어도 하나의 회절 격자를 형성하는 복수의 라인들을 포함할 수 있다. 입력 커플러 구역의 회절 광학 피처들은 또한 격자 패턴으로 놓인 복수의 피처들을 포함할 수 있다. 입력 커플러 구역의 회절 광학 피처들은 또한 교차된 격자를 포함할 수 있다.

[0010] [0010] 일부 실시예들에서, 입력 커플러 구역의 회절 광학 피처들은 광을 제1 및 제2 OPE 구역들을 향해, 그리고 OPE 구역들 중 어느 하나를 먼저 통과하지 않고서 EPE 구역을 향해 지향시키도록 구성된다.

도면의 간단한 설명

[0011] [0011] 도 1은 AR(augmented reality) 시스템을 통한 AR 장면의 사용자의 뷰를 예시한다.

[0012] [0012] 도 2는 웨어러블 디스플레이 시스템의 예를 예시한다.

[0013] [0013] 도 3은 사용자에 대한 3차원 이미지 데이터를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다.

[0014] [0014] 도 4는 다중 깊이 평면들을 사용하여 3-차원 이미지 데이터를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다.

[0015] [0015] 도 5a-5c는 곡률의 반경과 초점 반경 간의 관계들을 예시한다.

[0016] [0016] 도 6은 AR 접안렌즈에서 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다.

[0017] [0017] 도 7a-7b는 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예들을 예시한다.

[0018] [0018] 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다.

[0019] [0019] 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 세트의 예의 측단면도를 예시한다.

[0020] [0020] 도 9b는 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다.

[0021] [0021] 도 9c는 도 9a 및 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다.

[0022] [0022] 도 10은 예시적인 AR 접안렌즈 도파관 스택의 사시도이다.

[0023] [0023] 도 11은 접안렌즈 도파관들을 스택된 구성으로 지지하기 위한 에지 시일 구조물을 갖는 예시적인 접안렌즈 도파관 스택의 부분의 단면도이다.

[0024] [0024] 도 12a 및 12b는, 접안렌즈 도파관이 이미지를 사용자의 눈을 향해 투사할 때 동작중인 접안렌즈 도파관의 평면도들을 예시한다.

[0025] [0025] 도 13a는 VR/AR/MR 시스템을 위한 예시적인 접안렌즈의 하나의 절반의 (착용될 때의 포지션에서의) 정면도를 예시한다.

[0026] [0026] 도 13b는, 입력 커플러 구역에서 접안렌즈에 투사된 이미지 데이터가 접안렌즈를 통해 전파되게 하고 EPE(exit pupil expander) 구역으로부터 사용자의 눈을 향해 투사되게 하는 접안렌즈의 회절 광학 피처들 중 일부를 예시한다.

[0027] [0027] 도 13c는 도 9b에 도시된 OPE(orthogonal pupil expander) 구역들의 광학 동작을 예시한다.

[0028] [0028] 도 14a는 교차된 회절 격자를 갖는 입력 커플러 구역을 포함하는 접안렌즈의 실시예를 예시한다.

[0029] [0029] 도 14b는 교차된 회절 격자로 구성된 도 14a에 도시된 입력 커플러 구역의 예시적인 실시예의 사시도이

다.

[0030] 도 15a는, 더 컴팩트한 폼 팩터를 제공하기 위해 EPE 구역을 향해 기울어진 상부 및 하부 OPE 구역들을 갖는 접안렌즈의 실시예를 예시한다.

[0031] 도 15b는 도 15a에 도시된 접안렌즈의 입력 커플러 구역의 회절 광학 피처들의 예시적인 실시예를 예시한다.

[0032] 도 15c는 도 15a에 도시된 접안렌즈의 OPE 구역의 회절 광학 피처들의 예시적인 실시예를 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 예시적인 HMD 디바이스

[0013] [0033] 본원에 개시된 가상 및 증강 현실 시스템들은 컴퓨터-생성된 이미지 데이터를 사용자에게 제시하는 디스플레이를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템들은 착용 가능하고, 이는 유리하게는, 보다 몰입형 VR 또는 AR 경험을 제공할 수 있다. 도 2는 예시적인 웨어러블 디스플레이 시스템(60)을 예시한다. 디스플레이 시스템(60)은 디스플레이 또는 접안렌즈(70), 및 그 디스플레이(70)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계적 및 전자적 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(70)는, 디스플레이 시스템 사용자(90)에 의해 착용 가능하고 그리고 사용자(90)의 눈들의 전면에 디스플레이(70)를 포지셔닝하도록 구성된 프레임(80)에 커플링될 수 있다. 디스플레이(70)는 일부 실시예들에서, 안경류(eyewear)로 간주될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(100)는 프레임(80)에 커플링되고 사용자(90)의 외이도에 인접하게 포지셔닝된다. 디스플레이 시스템은 또한 사운드를 검출하기 위한 하나 이상의 마이크로폰들(110)을 포함할 수 있다. 마이크로폰(110)은 사용자가 시스템(60)에 입력들 또는 커맨드들(예컨대, 음성 메뉴 커맨드들의 선택, 자연어 질문들 등)을 제공하도록 허용할 수 있고, 그리고/또는 다른 사람들(예컨대, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들)과의 오디오 통신을 허용할 수 있다. 마이크로폰(110)은 또한 사용자의 환경으로부터의 오디오 데이터(예컨대, 사용자 및/또는 환경으로부터의 사운드들)을 수집할 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 또한, 프레임(80)과 별개이고 사용자(90)의 신체(예컨대, 머리, 몸통, 손발(extremity) 등)에 부착될 수 있는 주변 센서(120a)를 포함할 수 있다. 주변 센서(120a)는, 일부 실시예들에서, 사용자(90)의 생리학적 상태를 특징으로 하는 데이터를 취득할 수 있다.

[0014] [0034] 디스플레이(70)는, 통신 링크(130)에 의해, 이를테면, 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해, 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 이를테면, 프레임(80)에 고정되게 부착되거나, 사용자에 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정되게 부착되거나, 헤드폰들에 내장되거나, 또는 사용자(90)에게 제거 가능하게 부착되는 (예컨대, 백팩(backpack)-스타일 구성으로, 또는 벨트-커플링 스타일 구성으로) 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)에 동작 가능하게 커플링(130)된다. 유사하게, 센서(120a)는 통신 링크(120b)(예컨대, 유선 리드 또는 무선 연결성)에 의해 로컬 프로세서 및 데이터 모듈(140)에 동작 가능하게 커플링될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 하드웨어 프로세서뿐 아니라, 디지털 메모리 예컨대, 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브)를 포함할 수 있고, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 보조하기 위해 활용될 수 있다. 데이터는 1) 센서들(예컨대 프레임(80)에 동작 가능하게 커플링되거나 그렇지 않으면 사용자(90)에게 부착될 수 있음), 예컨대, 이미지 캡처 디바이스들(예컨대, 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스(compass)들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 자이로(gyro)들 및/또는 본원에서 개시된 다른 센서들로부터 캡처되고; 및/또는 2) 원격 프로세싱 모듈(150) 및/또는 원격 데이터 저장소(repository)(160)(가상 콘텐츠에 관련된 데이터를 포함함)를 사용하여 취득 및/또는 프로세싱되는(가능하게는, 이러한 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 디스플레이(70)에 전달하기 위한) 데이터를 포함한다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 통신 링크들(170, 180), 이를테면, 유선 또는 무선 통신 링크들에 의해 원격 프로세싱 모듈(150) 및 원격 데이터 저장소(160)에 동작가능하게 커플링되어, 이러한 원격 모듈들(150, 160)이 서로 동작가능하게 커플링되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)에 대한 자원들로서 이용 가능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들 및/또는 자이로들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이들 센서들 중 하나 이상은 프레임(80)에 부착될 수 있거나, 또는 유선 또는 무선 통신 통로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)과 통신하는 자립형 디바이스들일 수 있다.

[0015] [0035] 원격 프로세싱 모듈(150)은 데이터, 이를테면, 이미지 및 오디오 정보를 분석 및 프로세싱하기 위한 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 "클라우드" 자원 구

성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통하여 이용 가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 설비일 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 정보(예컨대, 증강 현실 콘텐츠를 생성하기 위한 정보)를 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(150)에 제공하는 하나 이상의 원격 서버들을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 모든 데이터는 저장되고 모든 컴퓨테이션들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 수행되어, 원격 모듈로부터 완전히 자율적인 사용을 허용한다.

[0016] [0036] "3-차원" 또는 "3-D"인 것으로 이미지의 지각은 사용자의 각각의 눈에 이미지의 약간 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 도 3은 사용자에 대한 3차원 이미지 데이터를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 2개의 별개의 이미지들(190 및 200)(각각의 눈(210 및 220)에 대해 하나씩)이 사용자에게 출력된다. 이미지들(190, 200)은 사용자의 시선과 평행한 광학 또는 z-축을 따라 거리(230)만큼 눈들(210, 220)로부터 이격된다. 이미지들(190, 200)은 편평하고 눈들(210, 220)은 단일 원근조절된 상태를 가정함으로써 이미지들에 포커싱될 수 있다. 그러한 3-D 디스플레이 시스템들은 결합된 이미지에 대한 스케일 및/또는 깊이의 지각을 제공하기 위하여 이미지들(190, 200)을 결합하는데 인간 시각 시스템에 의존한다.

[0017] [0037] 그러나, 인간 시각 시스템은 복잡하고 현실적인 깊이의 지각을 제공하는 것은 난제이다. 예컨대, 종래의 "3-D" 디스플레이 시스템들의 많은 사용자들은 그런 시스템들이 불편하다는 것을 발견하거나, 깊이 감을 전혀 지각하지 못할 수 있다. 이접운동 및 원근조절의 조합으로 인해 객체들은 "3-차원"인 것으로 지각될 수 있다. 서로에 대한 2개의 눈들의 이접운동 움직임들(예컨대, 객체를 응시하기 위해 눈들의 개개의 시선들을 수렴하도록 동공들이 서로를 향해 또는 서로 멀어지게 움직이도록 하는 눈들의 회전)은 눈들의 렌즈들 및 동공들의 포커싱(또는 "원근조절")과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들 하에서, 상이한 거리에서 하나의 객체에서 다른 객체로 포커스를 변경하기 위해, 눈들의 렌즈들의 포커스를 변경하거나, 눈들을 원근조절하는 것은, "원근조절-이접운동 반사작용(accommodation-vergence reflex)"으로 알려진 관계 하에서, 동일한 거리에 대한 이접운동의 매칭하는 변화뿐만 아니라 동공 팽창 또는 수축을 자동으로 발생시킬 것이다. 마찬가지로, 정상 조건들 하에서, 이접운동에서의 변화는 렌즈 형상 및 동공 크기의, 원근조절에서의 매칭하는 변화를 트리거할 것이다. 본원에서 언급되는 바와 같이, 다수의 스테레오스코픽 또는 "3-D" 디스플레이 시스템들은, 3-차원 원근감이 인간 시각 시스템에 의해 지각되도록 각각의 눈에 약간 상이한 프리젠테이션들(그리고 따라서, 약간 상이한 이미지들)을 사용하여 장면을 디스플레이한다. 그러나, 이러한 시스템들은 일부 사용자들에 대해 불편할 수 있는데, 왜냐하면 시스템들이 단일의 원근조절된 상태에서 이미지 정보를 간단히 제공하고, "원근조절-이접운동 반사작용"에 반대하기 때문이다. 원근조절과 이접운동 사이의 더 양호한 매칭을 제공하는 디스플레이 시스템들은 3-차원 이미지 데이터의 더 현실적이고 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0018] [0038] 도 4는 다중 깊이 평면들을 사용하여 3-차원 이미지 데이터를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 도 4를 참조하면, 눈들(210, 220)은 z-축 상의 다양한 거리들에 있는 객체들에 포커싱하기 위해 상이한 원근조절된 상태들을 취한다(assume). 결과적으로, 특정 원근조절된 상태는 연관된 초점 거리를 갖는 예시된 깊이 평면들(240) 중 특정한 하나의 깊이 평면과 연관되는 것으로 말할 수 있어서, 예시된 특정 깊이 평면의 객체들 또는 객체들의 부분들은, 눈이 해당 깊이 평면에 대해 원근조절된 상태에 있을 때 인 포커싱된다. 일부 실시예들에서, 3-차원 이미지 데이터는 눈들(210, 220) 각각에 대해 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써, 그리고 또한 다중 깊이 평면들에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 시뮬레이팅될 수 있다. 눈들(210, 220)의 개개의 시야들이 예시를 명확히 하기 위해 별개인 것으로 도시되지만, 예컨대, z-축을 따른 거리가 증가할 때, 시야들이 중첩할 수 있다. 게다가, 깊이 평면들이 예시의 용이함을 위해 평평한 것으로 도시되지만, 깊이 평면의 윤곽들은 물리적 공간에서 만곡될 수 있어서, 깊이 평면의 모든 피처들은 특정 원근조절된 상태에서 눈과 인 포커싱된다는 것이 인지될 것이다.

[0019] [0039] 객체와 눈(210 또는 220) 간의 거리는 또한, 그 눈으로 볼 때, 그 객체로부터 광의 발산량을 변경할 수 있다. 도 5a-5c는 광선들의 거리와 발산 간의 관계들을 예시한다. 객체와 눈(210) 간의 거리는, 거리가 감소하는 순서로 R1, R2 및 R3에 의해 표현된다. 도 5a-5c에 도시된 바와 같이, 광선들은, 객체에 대한 거리가 감소함에 따라 더 많이 발산하게 된다. 거리가 증가함에 따라, 광선들은 더 시준된다. 다른 말로 하면, 포인트(객체 또는 객체의 일부)에 의해 생성된 광 필드가 구체 파면 곡률을 가지는 것으로 말해질 수 있고, 구체 파면 곡률은, 포인트가 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수이다. 곡률은 객체와 눈(210) 간의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 결과적으로, 상이한 깊이 평면들에서, 광선들의 발산 정도는 또한 상이하고, 발산 정도는, 깊이 평면들과 사용자의 눈(210) 간의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 단지 하나의 눈(210)이도 5a-5c 및 본원의 다른 도면들에서 예시의 명확성을 위해 예시되지만, 눈(210)에 대한 논의들이 사용자의 양쪽 눈들(210 및 220)에 적용될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0020] [0040] 지각된 깊이의 매우 믿을 만한 시뮬레이션은, 눈에, 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 상이한 프리젠테이션들이 사용자의 눈에 의해 별개로 포커싱될 수 있고, 그리하여, 상이한 깊이 평면 상에 위치되는 장면에 대한 상이한 이미지 피처들에 포커스를 맞추도록 요구되는 눈의 원근조절의 양에 기반하여 그리고/또는 상이한 깊이 평면들 상의 상이한 이미지 피처들이 아웃 포커스(out of focus)되는 것을 관찰하는 것에 기반하여 깊이 단서들을 사용자에게 제공하는 것을 돕는다.

[0021] AR 또는 MR 접안렌즈를 위한 도파관 스택 어셈블리의 예

[0022] [0041] 도 6은 AR 접안렌즈에서 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(250)은 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 사용하여 3-차원 지각을 눈/뇌에 제공하기 위하여 활용될 수 있는 도파관들의 스택, 또는 스택된 도파관 어셈블리(260)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 도 2의 시스템(60)이고, 도 6은 그 시스템(60)의 일부 부분들을 더 상세히 개략적으로 도시한다. 예컨대, 도파관 어셈블리(260)는 도 2의 디스플레이(70)의 부분일 수 있다. 디스플레이 시스템(250)은 일부 실시예들에서 광 필드(light field) 디스플레이로서 간주될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0023] [0042] 도파관 어셈블리(260)는 또한 도파관들 사이에 복수의 피처들(320, 330, 340, 350)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 피처들(320, 330, 340, 350)은 하나 이상의 렌즈들일 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 및/또는 복수의 렌즈들(320, 330, 340, 350)은 다양한 레벨들의 파면 곡률 또는 광선 발산으로 이미지 정보를 눈에 전송하도록 구성될 수 있다. 각각의 도파관 레벨은 특정 깊이 평면과 연관될 수 있고, 그 깊이 평면에 대응하는 이미지 정보를 출력하도록 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 도파관들에 대한 광원으로서 기능할 수 있고, 이미지 정보를 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입하기 위하여 활용될 수 있으며, 도파관들 각각은, 본원에 설명된 바와 같이, 눈(210)을 향하여 출력하기 위해 각각의 개별 도파관에 걸쳐 인입 광을 분산시키도록 구성될 수 있다. 광은 각각의 개개의 이미지 주입 디바이스(360, 370, 380, 390, 400)의 출력 표면(410, 420, 430, 440, 450)에서 나가고 개개의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 대응하는 입력 표면(460, 470, 480, 490, 500)에 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(460, 470, 480, 490, 500) 각각은 대응하는 도파관의 에지일 수 있거나, 또는 대응하는 도파관의 주 표면의 일부일 수 있다(즉, 도파관 표면들 중 하나는 직접적으로 세계(510) 또는 사용자의 눈(210)을 향함). 일부 실시예들에서, 광 빔(예컨대, 시준된 빔)은 각각의 도파관으로 주입될 수 있고, 이를테면, 도파관에서 회절에 의해 빔렛들로 샘플링함으로써 복제되고, 이어서 그 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 광학 파워의 양으로 눈(210)을 향해 지향될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 하나의 이미지 주입 디바이스가 복수(예컨대, 3개)의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)과 연관되고 그에 광을 주입할 수 있다.

[0024] [0043] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 각각 대응하는 도파관(270, 280, 290, 300, 310)에 주입을 위한 이미지 정보를 각각 생성하는 이산 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은, 예컨대, 이미지 정보를 하나 이상의 광학 도관들(예컨대, 광섬유 케이블들)을 통하여 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)의 각각에 송신할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력 단부들이다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)에 의해 제공되는 이미지 정보는 상이한 파장들 또는 컬러들의 광을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0025] [0044] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 주입된 광은 LED(light emitting diode)와 같은 광 이미터 또는 광원을 포함할 수 있는 광 모듈(530)을 포함하는 광 투사기 시스템(520)에 의해 제공된다. 광 모듈(530)로부터의 광은 빔 분할기(BS)(550)를 통해 광 변조기(540)(예컨대, 공간 광 변조기)에 지향되고 변조될 수 있다. 광 변조기(540)는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 내로 주입되는 광의 지각된 세기를 공간적으로 그리고/또는 시간적으로 변경하도록 구성될 수 있다. 공간 광 변조기들의 예들은, LCOS(liquid crystal on silicon) 디스플레이들을 포함하는 LCD(liquid crystal display)들 및 DLP(digital light processing) 디스플레이들을 포함한다.

[0026] [0045] 일부 실시예들에서, 광 투사기 시스템(520) 또는 그의 하나 이상의 컴포넌트들은 프레임(80)(도 2)에 부착될 수 있다. 예컨대, 광 투사기 시스템(520)은 프레임(80)의 관자놀이(temporal) 부위의 부분(예컨대, 귀걸이(ear stem)(82))이거나, 디스플레이(70)의 에지에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 모듈(530)은 BS(550) 및/또는 광 변조기(540)로부터 분리될 수 있다.

[0027] [0046] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 광을 다양한 패턴들(예컨대, 래스터 스캔, 나선형 스캔,

리사주(Lissajous) 패턴 등)로 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 내로 그리고 궁극적으로 사용자의 눈(210)으로 투사하기 위한 하나 이상의 스캐닝 섬유들을 포함하는 스캐닝 섬유 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 하나 또는 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 내로 광을 주입하도록 구성된 단일 스캐닝 광섬유 또는 스캐닝 광섬유들의 번들(bundle)을 개략적으로 표현할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 복수의 스캐닝 광섬유들 또는 스캐닝 광섬유들의 복수의 번들(bundle)들을 개략적으로 표현할 수 있고, 이들 각각은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 연관된 도파관 내로 광을 주입하도록 구성된다. 하나 이상의 광섬유들은 광 모듈(530)로부터 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 및 310)로 광을 송신할 수 있다. 게다가, 예컨대, 스캐닝 섬유에서 나가는 광을 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 방향전환시키도록, 스캐닝 섬유 또는 섬유들과 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 사이에 하나 이상의 개재된 광학 구조들이 제공될 수 있다.

[0028] [0047] 제어기(560)는 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400), 광원(530) 및 광 변조기(540)의 동작을 포함한, 스택된 도파관 어셈블리(260)의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(560)는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)의 부분이다. 제어기(560)는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 대한 이미지 정보의 타이밍 및 프로비전(provision)을 레귤레이팅하는 프로그래밍(예컨대, 비-일시적 매체의 명령들)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 제어기는 단일 통합 디바이스, 또는 유선 또는 무선 통신 채널들에 의해 연결되는 분산 시스템일 수 있다. 제어기(560)는 일부 실시예들에서, 프로세싱 모듈들(140 또는 150)(도 2)의 부분일 수 있다.

[0029] [0048] 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 TIR(total internal reflection)에 의해 각각의 개별 도파관 내에서 광을 전파시키도록 구성될 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 각각 평면형이거나 다른 형상(예컨대, 곡선)을 가질 수 있으며, 주 최상부 및 최하부 표면들 및 이들 주 최상부와 최하부 표면들 사이에서 연장되는 에지들을 갖는다. 예시된 구성에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 각각은 이미지 정보를 눈(210)에 출력하기 위해 각각의 개별 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관 밖으로 방향전환시킴으로써 도파관 밖으로 광을 추출하도록 구성되는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 포함할 수 있다. 추출된 광은 아웃-커플링된 광으로서 또한 지칭될 수 있고, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들은 또한 광 추출 광학 엘리먼트들로서 지칭될 수 있다. 추출된 광 빔은, 도파관 내에서 전파되는 광이 광 추출 광학 엘리먼트에 부딪치는 위치들에서 도파관에 의해 출력될 수 있다. 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은, 예컨대, 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 회절 격자들을 포함하는 회절 광학 피처들일 수 있다. 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)이 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 최하부 주 표면들에 배치되는 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 그들은, 본원에 추가로 논의되는 바와 같이, 최상부 및/또는 최하부 주 표면들에 배치될 수 있고 그리고/또는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 볼륨 내에 직접적으로 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착된 재료 층에 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 재료의 모놀리식 피스(piece)일 수 있고 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 재료의 해당 피스의 표면 상에 그리고/또는 그 내부에 형성될 수 있다.

[0030] [0049] 각각의 도파관(270, 280, 290, 300, 310)은 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하기 위해 광을 출력할 수 있다. 예컨대, 눈에 가장 가까운 도파관(270)은, 시준된 광 빔들을 눈(210)에 전달할 수 있다. 시준된 광 빔들은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 다음 위의 도파관(280)은, 시준된 광 빔들이 눈(210)에 도달할 수 있기 전에, 제1 렌즈(350)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 통과하는 시준된 광 빔들을 출력할 수 있다. 제1 렌즈(350)는, 눈/뇌가 그 도파관(280)으로부터 나오는 광을 광학 무한대로부터 눈(210)을 향해 안쪽으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 나오는 것으로 해석하도록, 약간의 볼록한 파면 곡률을 시준된 빔들에 추가할 수 있다. 유사하게, 제3 도파관(290)은 그의 출력 광을, 눈(210)에 도달하기 전에, 제1 렌즈(350) 및 제2 렌즈(340) 둘 모두를 통과시킨다. 제1 렌즈(350) 및 제2 렌즈(340)의 결합된 광학 파워는, 눈/뇌가 제3 도파관(290)으로부터 나오는 광을, 제2 도파관(280)으로부터의 광보다는 광학 무한대로부터 안쪽으로 훨씬 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 나오는 것으로 해석하도록, 다른 증분 양의 파면 곡률을 추가할 수 있다.

[0031] [0050] 다른 도파관 층들(300, 310) 및 렌즈들(330, 320)은 유사하게 구성되는데, 스택에서 가장 높은 도파관(310)은 자신의 출력을, 사람과 가장 가까운 초점 평면을 나타내는 어그리게이트 초점 파워에 대해 자신과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통하여 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(260)의 다른 측 상에서 세계(510)로부터 오는

광을 보거나/해석할 때 렌즈들(320, 330, 340, 350)의 스택을 보상하기 위하여, 보상 렌즈 층(620)은 아래의 렌즈 스택(320, 330, 340, 350)의 어그리게이트 광학 파워를 보상하기 위하여 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 이러한 구성은 이용 가능한 도파관/렌즈 쌍들이 존재하는 만큼 많은 지각된 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 아웃-커플링 광학 엘리먼트들 및 렌즈들의 포커싱 양상들 둘 모두는 정적(즉, 동적이거나 전자-활성이지 않음)일 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 모두는 전자-활성 피처들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0032] [0051] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 둘 이상은 동일한 연관된 깊이 평면을 가질 수 있다. 예컨대, 다수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 동일한 깊이 평면으로 세팅된 이미지들을 출력할 수 있거나, 또는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 다수의 서브세트들은 동일한 복수의 깊이 평면들로 세팅된 이미지들(각각의 깊이 평면에 대해 하나의 이미지가 세팅됨)을 출력할 수 있다. 이는 그러한 깊이 평면들에서 확장된 시야를 제공하기 위해 타일 이미지(tiled image)를 형성하는 이점들을 제공할 수 있다.

[0033] [0052] 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 자신의 개별 도파관들 밖으로 광을 방향전환시킬 뿐만 아니라 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적절한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상이한 연관된 깊이 평면들을 가진 도파관들은 상이한 구성들의 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 가질 수 있고, 이러한 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 연관된 깊이 평면에 따라 상이한 양의 발산으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 특정 각도들로 광을 출력하도록 구성될 수 있는 볼류메트릭(volumetric) 또는 표면 피처들일 수 있다. 예컨대, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 볼륨 홀로그램들, 표면 홀로그램들, 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피처들(320, 330, 340, 350)은 렌즈들이 아닐 수 있고; 오히려, 이들은 단순히 스페이서들(예컨대, 공기 갭들을 형성하기 위한 클래딩(cladding) 층들 및/또는 구조들)일 수 있다.

[0034] [0053] 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은, 광 빔의 광학 파워의 일부만이 각각의 상호작용으로 눈(210)을 향해 방향전환되는 반면에 나머지가 TIR을 경유하여 도파관을 통해 계속해서 이동하도록, 충분히 낮은 회절 효율을 갖는 회절 피처들이다. 따라서, 광 모듈(530)의 출사동은 광원(530)으로부터 이미지 정보를 전달하는 복수의 출력 빔들을 생성하기 위해 도파관에 걸쳐 복제되어, 눈(210)이 복제된 광원 출사동을 인터셉트할 수 있는 위치들의 수를 효율적으로 확장시킨다. 이러한 회절 피처들은 또한 도파관에 의해 출력된 광의 균일성을 개선하기 위해 자신들의 기하학적 구조에 걸쳐 가변 회절 효율을 가질 수 있다.

[0035] [0054] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 회절 피처들은, 그것들이 활발하게 회절시키는 "온" 상태들과 그것들이 크게 회절시키지 않는 "오프" 상태들 간에 스위칭 가능할 수 있다. 예컨대, 스위칭 가능 회절 엘리먼트는, 마이크로액적들이 호스트 매질에서 회절 패턴을 형성하는 폴리머 분산형 액정 층을 포함할 수 있고, 마이크로액적들의 굴절률은 호스트 매질의 굴절률에 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우에 패턴은 입사 광을 현저하게 회절시키지 않음) 또는 마이크로액적은 호스트 매질의 인덱스에 매칭하지 않는 인덱스로 스위칭될 수 있다(이 경우 패턴은 입사 광을 활발하게 회절시킴).

[0036] [0055] 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)(예컨대, 가시광 및 IR 광 카메라들을 포함하는 디지털 카메라)는 눈(210), 눈(210)의 부위들, 또는 눈(210) 주위의 조직의 적어도 일부의 이미지들을 캡처하고, 예컨대, 사용자 입력들을 검출하고, 눈으로부터 생체 정보를 추출하고, 눈의 시선 방향을 추정 및 추적하고, 사용자의 생리학적 상태를 모니터링하는 것 등을 위해 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 이미지 캡처 디바이스 및 눈에 광(예컨대, IR 또는 근적외선(near-IR) 광)을 투사하기 위한 광원을 포함할 수 있으며, 이어서, 이 광은 눈에 의해 반사되고 이미지 캡처 디바이스에 의해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광원은 IR 또는 근적외선(near-IR)을 방출하는 LED(light emitting diode)들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 본원에서 논의되는 바와 같이, 카메라 어셈블리(630)는 프레임(80)(도 2)에 부착될 수 있고, 예컨대, 사용자의 생리학적 상태, 착용자의 시선 방향, 홍채 식별 등에 관한 다양한 결정들을 하기 위해 카메라 어셈블리(630)로부터의 이미지 정보를 프로세싱할 수 있는 프로세싱 모듈들(140 또는 150)과 전기 통신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나의 카메라 어셈블리(630)가 각각의 눈을 별개로 모니터링하기 위해 각각의 눈에 대해 활용될 수 있다.

[0037] [0056] 도 7a는 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예를 예시한다. 하나의 도파관이 (사시도에) 예시되지만, 도파관 어셈블리(260)(도 6) 내의 다른 도파관들이 유사하게 기능할 수 있다. 광(640)은 도파관(270)의 입력

표면(460)에서 도파관(270)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(270) 내에서 전파된다. 회절 피처들과의 상호작용을 통해, 광은 출사 빔들(650)로서 도파관에서 나간다. 출사 빔들(650)은, 이미지들을 도파관으로 투사하는 투사기 디바이스로부터 출사동을 복제한다. 광 빔들(650) 중 어느 하나는 입력 광(640)의 총 에너지의 서브-부분을 포함한다. 그리고 완벽히 효율적인 시스템에서, 모든 출사 빔들(650)의 에너지의 합산은 입력 광(640)의 에너지와 동일할 것이다. 출사 빔들(650)이 도 7a에서 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 본원에서 논의되는 바와 같이, 일정량의 광학 파워는 도파관(270)과 연관된 깊이 평면에 의존하여 부여될 수 있다. 평행한 출사 빔들은, 눈(210)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학적 무한대)에 있는 깊이 평면 상에 세팅된 것으로 보이는 이미지들을 형성하도록 광을 아웃커플링하는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다. 다른 도파관들 또는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은, 도 7b에 도시된 바와 같이, 더 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이는 눈(210)이 망막 상에 포커싱을 맞추게 하기 위해 더 가까운 거리로 원근조절하는 것을 요구할 것이고 광학적 무한대보다 눈(210)에 더 가까운 거리로부터의 광으로서 뇌에 의해 해석될 것이다.

[0038] [0057] 일부 실시예들에서, 풀(full) 컬러 이미지는 컴포넌트 컬러들(예컨대, 3개 이상의 컴포넌트 컬러들, 이를테면, 적색, 녹색 및 청색) 각각에 이미지들을 오버레이시킴으로써 각각의 깊이 평면에 형성될 수 있다. 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다. 예시된 실시예는 깊이 평면들(240a-240f)을 도시하지만, 더 많거나 더 적은 깊이들이 또한 고려될 수 있다. 각각의 깊이 평면은, 제1 컬러(G)의 제1 이미지; 제2 컬러(R)의 제2 이미지; 및 제3 컬러(B)의 제3 이미지를 포함해서, 자신과 연관된 3개 이상의 컴포넌트 컬러 이미지들을 가질 수 있다. 상이한 깊이 평면들은 G, R 및 B 문자들 다음에 오는 상이한 디옵터 파워들에 의해 도면에 표시된다. 이들 문자들 각각 다음에 오는 숫자들은 디옵터들(1/m) 또는 사용자로부터의 깊이 평면의 역 거리(inverse distance)를 표시하며, 도면에서 각각의 박스는 개별 컴포넌트 컬러 이미지를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 상이한 파장들의 광의 눈의 포커싱에서의 차이를 참작하기 위해, 상이한 컴포넌트 컬러들에 대한 깊이 평면들의 정확한 배치는 변동될 수 있다. 예컨대, 주어진 깊이 평면에 대한 상이한 컴포넌트 컬러 이미지들은 사용자로부터의 상이한 거리들에 대응하는 깊이 평면들 상에 배치될 수 있다. 이러한 어레인지먼트는 시력(visual acuity) 및 사용자의 편안함을 증가시킬 수 있거나 또는 색수차들을 감소시킬 수 있다.

[0039] [0058] 일부 실시예들에서, 각각의 컴포넌트 컬러의 광은 하나의 전용 도파관에 의해 출력될 수 있고, 결과적으로, 각각의 깊이 평면은 그것과 연관된 다수의 도파관들을 가질 수 있다. 이러한 실시예들에서, 도면에서 각각의 박스는 개별 도파관을 나타내는 것으로 이해될 수 있고, 3개의 도파관들이 깊이 평면 당 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들을 디스플레이하기 위해 깊이 평면마다 제공될 수 있다. 각각의 깊이 평면과 연관된 도파관들이 예시의 용이함을 위해 이 도면에서 서로 인접한 것으로 도시되지만, 물리적 디바이스에서, 도파관들은 모두 레벨 당 하나의 도파관을 갖는 스택으로 배열될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일부 다른 실시예들에서, 다수의 컴포넌트 컬러들이 동일한 도파관에 의해 출력될 수 있어서, 예컨대, 단지 단일 도파관이 깊이 평면마다 제공될 수 있다.

[0040] [0059] 도 8을 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, G는 녹색 컬러이고, R은 적색 컬러이고, B는 청색 컬러이다. 일부 다른 실시예들에서, 황색, 마젠타 및 시안을 포함하는, 다른 광의 파장들과 연관되는 다른 컬러들이 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 이상을 대체할 수 있거나, 또는 이에 추가로 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 피처들(320, 330, 340, 및 350)은 주변 환경으로부터 사용자의 눈들로의 광을 차단하거나 선택적으로 통과시키도록 구성된 능동 또는 수동 광학 필터들일 수 있다.

[0041] [0060] 본 개시내용 전반에 걸쳐 주어진 컬러의 광에 대한 참조는 그 주어진 컬러인 것으로서 사용자에 의해 지각되는 광의 파장들의 범위 내의 하나 이상의 파장들의 광을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예컨대, 적색 광은 약 620-780㎚ 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 492-577㎚ 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있으며, 청색 광은 약 435-493㎚ 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다.

[0042] [0061] 일부 실시예들에서, 광원(530)(도 6)은 사용자의 시각적 지각 범위 밖의 하나 이상의 파장들, 예컨대, IR 또는 자외선 파장들의 광을 방출하도록 구성될 수 있다. IR 광은 700㎚ 내지 10㎛ 범위의 파장들을 갖는 광을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, IR 광은 700㎚ 내지 1.5㎛ 범위의 파장들을 갖는 근적외선(near-IR) 광을 포함할 수 있다. 또한, 디스플레이(250)의 도파관들의 인-커플링, 아웃-커플링 및 다른 광 방향전환 구조들은, 예컨대, 이미징 또는 사용자 자극 애플리케이션들을 위해 사용자의 눈(210)을 향하여 디스플레이 밖으로

이 광을 지향 및 방출하도록 구성될 수 있다.

[0043] [0062] 이제 도 9a를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관에 충돌하는 광은 도파관 내로 그 광을 인-커플링하기 위해 방향전환될 필요가 있을 수 있다. 인-커플링 광학 엘리먼트는 광을 그의 대응하는 도파관으로 방향전환 및 인-커플링하는 데 사용될 수 있다. 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 세트(660)의 예의 측단면도를 예시한다. 도파관들은 각각 하나 이상의 상이한 파장들, 또는 하나 이상의 상이한 파장들의 범위들의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 스택(660)은 스택(260)(도 6)에 대응할 수 있고, 스택(660)의 예시된 도파관들은, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 하나 이상으로부터의 광이 인-커플링을 위해 광이 방향전환되도록 요구하는 포지션 또는 배향으로부터 도파관들로 주입되는 것을 제외하면, 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 부분에 대응할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0044] [0063] 스택된 도파관들의 예시된 세트(660)는 도파관들(670, 680, 및 690)을 포함한다. 각각의 도파관은, (도파관 상의 광 입력 영역으로서 또한 지칭될 수 있는) 연관된 인-커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 예컨대, 인-커플링 광학 엘리먼트(700)는 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치되고, 인-커플링 광학 엘리먼트(710)는 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치되며, 인-커플링 광학 엘리먼트(720)는 도파관(690)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 실시예들에서, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 이상은 각각의 도파관(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다(특히, 여기서 하나 이상의 인-커플링 광학 엘리먼트들은 반사성 광학 엘리먼트들임). 예시된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 그의 각각의 도파관(670, 680, 690)의 상부 주 표면(또는 다음 하부 도파관의 최상부) 상에 배치될 수 있으며, 특히, 여기서 이러한 인-커플링 광학 엘리먼트들은 투과성 광학 엘리먼트들이다. 일부 실시예들에서, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 각각의 도파관(670, 680, 690)의 본체에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 본원에서 논의된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 파장 선택적이어서, 이들은 하나 이상의 광 파장들을 선택적으로 방향전환시키면서 다른 광 파장들을 투과시킨다. 그의 각각의 도파관(670, 680, 690)의 한 측 또는 코너 상에서 예시되지만, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 일부 실시예들에서, 그의 각각의 도파관(670, 680, 690)의 다른 영역들에 배치될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0045] [0064] 예시된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 서로 측방향으로 오프셋될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 인-커플링 광학 엘리먼트는, 광이 다른 인-커플링 광학 엘리먼트를 통과하지 않고 자신이 그 광을 수신하도록 오프셋될 수 있다. 예컨대, 각각의 인-커플링 광학 엘리먼트(700, 710, 720)는 도 6에 도시된 바와 같이 상이한 이미지 주입 디바이스(360, 370, 380, 390, 400)로부터 광을 수신하도록 구성될 수 있고, 다른 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)로부터 분리(예컨대, 측방향으로 이격)될 수 있어서, 그것은 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 다른 것들로부터의 광을 실질적으로 수신하지 않는다.

[0046] [0065] 각각의 도파관은 또한 연관된 광 분배 엘리먼트들을 포함하며, 예컨대, 광 분배 엘리먼트들(730)은 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되고, 광 분배 엘리먼트들(740)은 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되며, 광 분배 엘리먼트들(750)은 도파관(690)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 각각 배치될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최상부 및 최하부 주 표면 둘 모두 상에 각각 배치될 수 있거나; 또는 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 상이한 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최상부 및 최하부 주 표면들 중 상이한 것들 상에 각각 배치될 수 있다.

[0047] [0066] 도파관들(670, 680, 690)은, 예컨대, 기체, 액체 또는 고체 재료 층들에 의해 이격되고 분리될 수 있다. 예컨대, 예시된 바와 같이, 층(760a)은 도파관들(670, 680)을 분리할 수 있고; 층(760b)은 도파관(680 및 690)을 분리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a 및 760b)은 저 굴절률 재료들(즉, 도파관들(670, 680, 690) 중 바로 인접한 하나를 형성하는 재료보다 낮은 굴절률을 갖는 재료들)로 형성된다. 일부 실시예들에서, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료의 굴절률은 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료의 굴절률보다 적어도 0.05 또는 적어도 0.10 미만이다. 유리하게는, 더 낮은 굴절률 층들(760a, 760b)은 도파관들(670, 680, 690)을 통한 광의 TIR(예컨대, 각각의 도파관의 최상부 및 최하부 주 표면들 사이의 TIR)을 가능하게 하는 클래딩 층으로서 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a, 760b)은 공기로 형성된다. 예시되지는 않았지만, 예시된 도파관들의 세트(660)의 최상부 및 최하부는 바로 이웃한 클래딩 층들을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0048] [0067] 바람직하게는, 제조의 용이함 및 다른 고려사항들을 위해, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하며, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하다. 다른 실시예들에서, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 하나 이상의 도파관들 간에 상이할 수 있거나 또는 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 여전히 위에서 언급된 다양한 굴절률 관계들을 유지하면서 상이할 수 있다.

[0049] [0068] 도 9a를 계속 참조하여, 광선들(770, 780, 790)이 도파관들의 세트(660)에 입사된다. 광선들(770, 780, 790)은 하나 이상의 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)(도 6)에 의해 도파관들(670, 680, 690) 내로 주입될 수 있다.

[0050] [0069] 일부 실시예들에서, 광선들(770, 780, 790)은 상이한 성질들(예컨대, 상이한 파장들 또는 상이한 파장들의 범위들)을 가지며, 이는 상이한 컬러들에 대응할 수 있다. 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 각각은, 입사 광이 TIR에 의해 도파관들(670, 680, 690) 중 각각의 하나를 통해 전파되도록 광을 방향전환시킨다.

[0051] [0070] 예컨대, 인-커플링 광학 엘리먼트(700)는, 제1 파장 또는 다양한 파장들을 갖는 광선(770)을 방향전환시키도록 구성될 수 있다. 유사하게, 투과된 광선(780)은, 제2 파장 또는 파장들의 범위의 광을 방향전환시키도록 구성된 인-커플링 광학 엘리먼트(710)에 충돌하고 그에 의해 방향전환된다. 마찬가지로, 광선(790)은, 제3 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 방향전환시키도록 구성된 인-커플링 광학 엘리먼트(720)에 의해 방향전환된다.

[0052] [0071] 도 9a를 계속 참조하면, 광선들(770, 780, 790)은, 이들이 대응하는 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파되도록 방향전환되는데; 즉, 각각의 도파관의 인-커플링 광학 엘리먼트(700, 710, 720)는 해당 대응하는 도파관(670, 680, 690) 내로 광을 인-커플링하기 위해 해당 대응하는 도파관 내로 광을 방향전환시킨다. 광선들(770, 780, 790)은 광이 TIR에 의해 각각의 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파되게 하는 각도들로 방향전환된다. 광선들(770, 780, 790)은, 도파관의 대응하는 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)과 상호작용할 때까지 TIR에 의해 각각의 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파된다.

[0053] [0072] 이제 도 9b를 참조하면, 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다. 위에서 언급된 바와 같이, 광선들(770, 780, 790)은 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)에 의해 각각 인-커플링되고, 이어서 도파관들(670, 680, 690) 내에서 TIR에 의해 각각 전파된다. 이어서, 광선들(770, 780, 790)은 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)과 각각 상호작용한다. 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은, 광선들(770, 780, 790)이 아웃-커플링 광학 엘리먼트(800, 810, 및 820)를 향해 각각 전파되도록 이들을 방향전환시킨다.

[0054] [0073] 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 OPE(orthogonal pupil expander)들이다. 일부 실시예들에서, OPE들은 광을 아웃-커플링 엘리먼트들(800, 810, 820) 내로 방향전환시킬 뿐만 아니라, 또한 광선들(770, 780, 790)이 아웃-커플링 광학 엘리먼트들로 전파될 때, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)에 걸쳐 많은 위치들에서 광선들을 샘플링함으로써 이러한 광과 연관된 동공을 확장시킨다. 일부 실시예들(예컨대, 출사동이 이미 원하는 크기인 경우)에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 생략될 수 있고, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)에 광을 직접 방향전환시키도록 구성될 수 있다. 예컨대, 도 9a를 참조하면, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 아웃-커플링 광학 엘리먼트(800, 810, 820)로 각각 대체될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)은, 광을 도파관들 밖으로 그리고 사용자의 눈(210)(도 7)을 향해 방향전환시키는 EP(exit pupil)들 또는 EPE(exit pupil expander)들이다. OPE들은 적어도 하나의 축에서 아이 박스(eye box)의 치수들을 증가시키도록 구성될 수 있고, EPE들은 OPE들의 축과 교차하는, 예컨대, 직교하는 축에서 아이 박스를 증가시키도록 구성될 수 있다.

[0055] [0074] 따라서, 도 9a 및 9b를 참조하여, 일부 실시예들에서, 도파관들의 세트(660)는 각각의 컴포넌트 컬러에 대해 도파관들(670, 680, 690); 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720); 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(730, 740, 750); 및 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, EP들)(800, 810, 820)을 포함한다. 도파관들(670, 680, 690)은 각각의 도파관 사이에 에어 갭/클래딩 층을 갖도록 스택될 수 있다. 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 (상이한 인-커플링 광학 엘리먼트들이 상이한 파장들의 광을 수신함에 따라) 입사 광을 대응하는 도파관으로 지향시킨다. 이어서, 광은 개개의 도파관(670, 680, 690) 내에서 TIR을 지원하는 각도로 전파된다. TIR이 특정 각도들의 범위에 대해서만 발생하기 때문에, 광선들(770, 780, 790)의 전파 각도들의 범위가 제한된다. TIR을 지원하는 각도들의 범위는 이러한 예에서, 도파관들(670, 680, 690)에 의해 디스플레이될 수 있는 시야의 각도 한계들로서 생각될 수 있다. 도시된 예에서, 광선(770)(예컨대, 청색 광)은 제1 인-커

플링 광학 엘리먼트(700)에 의해 인-커플링되고, 이어서, 도파관 아래로 이동하는 동안, 도파관의 표면들로부터 앞뒤로 계속해서 반사되고, 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE)(730)는, 아웃-커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EPE)(800)를 향해 지향된 추가적인 복제된 광선들을 앞서 설명된 방식으로 생성하기 위해, 광선을 계속해서(progressively) 샘플링한다. 광선들(780 및 790)(예컨대, 각각 녹색 및 적색 광)은 도파관(670)을 통과할 것이고, 광선(780)은 인-커플링 광학 엘리먼트(710)에 충돌하고 그에 의해 인-커플링된다. 이어서, 광선(780)은 TIR을 통해 도파관(680) 아래로 전파되어, 자신의 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE)(740)로 그리고 이어서 아웃-커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EPE)(810)로 진행된다. 마지막으로, 광선(790)(예컨대, 적색 광)은 도파관들(670, 680)을 통과하여 도파관(690)의 광 인-커플링 광학 엘리먼트(720)에 충돌한다. 광 인-커플링 광학 엘리먼트(720)는, 광선(790)이 TIR에 의해 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE)(750)로, 그리고 이어서 TIR에 의해 아웃-커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EPE)(820)로 전파되도록 그 광선을 인-커플링한다. 이어서, 아웃-커플링 광학 엘리먼트(820)는 최종적으로 광선(790)을 사용자에 아웃-커플링하며, 이 사용자는 또한 다른 도파관들(670, 680)로부터 아웃-커플링된 광을 수신한다.

[0056] [0075] 도 9c는 도 9a 및 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다. 예시된 바와 같이, 각각의 도파관의 연관된 광 분배 엘리먼트(730, 740, 750) 및 연관된 아웃-커플링 광학 엘리먼트(800, 810, 820)와 함께, 도파관들(670, 680, 690)은 수직으로 정렬될 수 있다. 그러나, 본원에서 논의된 바와 같이, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 수직으로 정렬되지 않고; 오히려, 인-커플링 광학 엘리먼트들은 중첩되지 않을 수 있다(예컨대, 하향식 도면에서 보여지는 바와 같이 측방향으로 이격됨). 이러한 중첩되지 않는 공간적 어레인지먼트는 일대일 기반으로 상이한 소스들로부터 상이한 도파관으로의 광의 주입을 가능하게 할 수 있고, 이로써 특정 광원이 특정 도파관에 고유하게 광학적으로 커플링되도록 허용한다. 일부 실시예들에서, 중첩되지 않는 공간적으로-분리된 인-커플링 광학 엘리먼트들을 포함하는 어레인지먼트들은 시프트된 동공 시스템으로서 지칭될 수 있고, 이러한 어레인지먼트들의 인-커플링 광학 엘리먼트들은 서브 동공들에 대응할 수 있다.

[0057] [0076] 도 10은 예시적인 AR 접안렌즈 도파관 스택(1000)의 사시도이다. 접안렌즈 도파관 스택(1000)은 커버 윈도우들 사이에 위치된 하나 이상의 접안렌즈 도파관(1004)을 보호하기 위해 세계-측 커버 윈도우(1002) 및 눈-측 커버 윈도우(1006)를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 커버 윈도우들(1002, 1006) 중 하나 또는 둘 모두가 생략될 수 있다. 이미 논의된 바와 같이, 접안렌즈 도파관들(1004)은 적층 구성으로 배열될 수 있다. 접안렌즈 도파관들(1004)은 함께 커플링될 수 있고, 예컨대, 각각의 개별 접안렌즈 도파관은 하나 이상의 인접한 접안렌즈 도파관들에 커플링된다. 일부 실시예들에서, 도파관들(1004)은, 인접한 접안렌즈 도파관들(1004)이 서로 직접 접촉하지 않도록, 에지 시일(edge seal)(이를테면, 도 11에 도시된 에지 시일(1108))과 함께 커플링될 수 있다.

[0058] [0077] 접안렌즈 도파관들(1004) 각각은 유리, 플라스틱, 폴리카보네이트, 사파이어 등과 같은 적어도 부분적으로 투명한 기판 재료로 제조될 수 있다. 선택된 재료는 도광(light guiding)을 가능하게 하기 위해 1.4 초과, 예컨대, 1.6 초과 또는 1.8 초과의 굴절률을 가질 수 있다. 각각의 접안렌즈 도파관 기판의 두께는, 예컨대, 325 미크론 이하일 수 있지만, 다른 두께들이 또한 사용될 수 있다. 각각의 접안렌즈 도파관은 하나 이상의 인커플링 구역들, 광 분배 구역들, 이미지 확장 구역들 및 아웃-커플링 구역들을 포함할 수 있으며, 이들은 각각의 도파관 기판(902) 상에 또는 내에 형성된 회절 피처들로 구성될 수 있다.

[0059] [0078] 도 10에 예시되지 않지만, 접안렌즈 도파관 스택(1000)은 사용자의 눈들 전방에서 자신을 지지하기 위한 물리적 지지 구조물을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 접안렌즈 도파관 스택(1000)은 도 2에 예시된 바와 같이 머리-장착 디스플레이 시스템(60)의 부분이다. 일반적으로, 접안렌즈 도파관 스택(1000)은, 아웃-커플링 구역이 사용자의 눈 전방에 바로 있도록 지지된다. 도 10은 사용자의 눈들 중 하나에 대응하는 접안렌즈 도파관 스택(1000)의 부분만을 예시한다는 것이 이해되어야 한다. 완전한 접안렌즈는 동일한 구조물의 미러 이미지를 포함할 수 있고, 2개의 절반들은 가능하게는 노즈 피스에 의해 분리될 수 있다.

[0060] [0079] 일부 실시예들에서, 접안렌즈 도파관 스택(1000)은 다중 깊이 평면들로부터의 컬러 이미지 데이터를 사용자의 눈들에 투사할 수 있다. 접안렌즈(1000)에서 각각의 개별 접안렌즈 도파관(1004)에 의해 디스플레이된 이미지 데이터는 선택된 깊이 평면에 대한 이미지 데이터의 선택된 컬러 컴포넌트에 대응할 수 있다. 예컨대, 접안렌즈 도파관 스택(1000)은 6개의 접안렌즈 도파관들(1004)을 포함하기 때문에, 그는 2개의 상이한 깊이 평면들에 대응하는 컬러 이미지 데이터(예컨대, 적색, 녹색 및 청색 컴포넌트들로 구성됨)를 투사할 수 있고, 깊이 평면마다 컬러 컴포넌트마다 하나의 접안렌즈 도파관(1004)이 존재한다. 다른 실시예들은 더 많거나 더 적은 컬러 컴포넌트들 및/또는 더 많거나 더 적은 깊이 평면들을 위한 접안렌즈 도파관들(1004)을 포함할 수

있다.

[0061] [0080] 도 11은 스택된 구성으로 접안렌즈 도파관들(1104)을 지지하기 위한 에지 시일 구조물(1108)을 갖는 예시적인 접안렌즈 도파관 스택(1100)의 부분의 단면도이다. 에지 시일 구조물(1108)은 접안렌즈 도파관들(1104)을 정렬하고, 이들 사이에 배치된 공기 공간 또는 다른 재료로 이들을 서로 분리한다. 예시되지 않지만, 에지 시일 구조물(1108)은 스택된 도파관 구성의 전체 둘레 주위로 연장될 수 있다. 도 11에서, 각각의 접안렌즈 도파관 사이의 분리는 0.027 ㎜이지만, 다른 거리들이 또한 가능하다.

[0062] [0081] 예시된 실시예에서, 적색 이미지 데이터를 디스플레이하도록 설계된 2개의 접안렌즈 도파관들(1104)이 존재하고, 하나는 3m 깊이 평면을 위한 것이고, 다른 하나는 1m 깊이 평면을 위한 것이다. (다시, 접안렌즈 도파관(1104)에 의해 출력된 광 빔들의 발산은 이미지 데이터가 특정 거리에 위치된 깊이 평면으로부터 시작되는 것처럼 보이게 할 수 있다.) 유사하게, 청색 이미지 데이터를 디스플레이하도록 설계된 2개의 접안렌즈 도파관들(1104) - 하나는 3m 깊이 평면을 위한 것이고, 다른 것은 1m 깊이 평면을 위한 것임 - , 및 녹색 이미지 데이터를 디스플레이하도록 설계된 2개의 접안렌즈 도파관들(1104) - 하나는 3m 깊이 평면을 위한 것이고, 다른 것은 1m 깊이 평면을 위한 것임 - 이 존재한다. 이들 6개의 접안렌즈 도파관들(1104) 각각은 두께가 0.325 ㎜인 것으로 예시되지만, 다른 두께들이 또한 가능하다.

[0063] [0082] 세계-측 커버 윈도우(1102) 및 눈-측 커버 윈도우(1106)가 또한 도 11에 도시된다. 이러한 커버 윈도우들은 두께가, 예컨대, 0.330㎜일 수 있다. 6개의 접안렌즈 도파관들(1104), 7개의 에어 갭들, 2개의 커버 윈도우들(1102, 1106) 및 에지 시일(1108)의 두께를 고려할 때, 예시된 접안렌즈 도파관 스택(1100)의 총 두께는 2.8㎜이다.

[0064] [0083] 도 12a 및 12b는, 사용자의 눈(210)을 향해 이미지를 투사할 때, 동작중인 접안렌즈 도파관(1200)의 평면도들을 예시한다. 이미지는 투사 렌즈(1210) 또는 일부 다른 투사기 디바이스를 사용하여 이미지 평면(1207)으로부터 접안렌즈 도파관(1200)의 입사(entrance) 동공(1208)을 향해 먼저 투사될 수 있다. 각각의 이미지 포인트(예컨대, 이미지 픽셀 또는 이미지 픽셀의 부분)는, 입사 동공(1208)에서 특정 방향으로(예컨대, 투사기 렌즈(1210)의 광학 축에 관련하여 특정 각도로) 전파되는 대응하는 입력 광 빔(예컨대, 1202a, 1204a, 1206a)을 갖는다. 광선들로 예시되지만, 입력 광 빔들(1202a, 1204a, 1206a)은, 예컨대, 접안렌즈 도파관(1200)에 들어갈 때, 수 밀리미터 이하의 직경들을 갖는 시준된 빔들일 수 있다.

[0065] [0084] 도 12a 및 12b에서, 중간 이미지 포인트는 실선으로 예시된 입력 빔(1204a)에 대응한다. 점선으로 예시된 입력 빔(1202a)은 중간 이미지 포인트의 일측으로 변위된 이미지 포인트에 대응하고, 점선으로 예시된 입력 빔(1206a)은 다른 측으로 변위된 이미지 포인트에 대응한다. 예시의 명확성을 위해, 3개의 입력 빔들(1202a, 1204a, 1206a)만이 입사 동공(1208)에 도시되지만, 전형적인 입력 이미지는 상이한 이미지 포인트들에 대응하는 많은 입력 빔들을 포함할 것이다. 그리고 입력 빔들은 x-방향 및 y-방향 둘 모두에서 광학 축에 관련하여 다양한 각도들로 전파될 것이다.

[0066] [0085] 입사 동공(1208)에서의 입력 빔들(예컨대, 1202a, 1204a, 1206a)의 다양한 전파 각도들과 이미지 평면(1207)에서의 각각의 이미지 포인트들 사이에 고유한 대응관계(correspondence)가 있다. 접안렌즈 도파관(1200)은, 이미지 포인트들과 빔 각도들 사이의 대응관계를 실질적으로 유지하면서, 입력 빔들(예컨대, 1202a, 1204a, 1206a)을 인-커플링하고, 공간을 통해 분산 방식으로 그들을 복제하고, 입사 동공(1208)보다 더 크고 복제된 빔들로 구성된 출사 동공(1210)을 형성하기 위해 그들을 안내하는 것 모두를 위해 설계될 수 있다. 접안렌즈 도파관(1200)은, 특정 각도로 전파되는 주어진 입력 광 빔(예컨대, 1202a)을, 그 특정 입력 빔과 그의 대응하는 이미지 포인트와 실질적으로 고유하게 상관된 각도로 출사동(1210)을 통해 출력되는 많은 복제된 빔들(예컨대, 1202b)로 변환할 수 있다. 따라서, 접안렌즈 도파관(1200)은, 투사된 이미지를 구성하는 빔들의 상대적인 각도 관계들을 유지하면서, 동공 확장을 수행할 수 있다.

[0067] [0086] 도 12a 및 12b에 도시된 바와 같이, 이미지 평면(1207)에서의 중간 이미지 포인트에 대응하는 입력 광 빔(1204a)은, 접안렌즈 도파관(1200)의 출사동(1210)에 수직인 광학 축과 정렬된, 실선들로 도시된 복제된 출력 빔들(1204b)의 세트로 변환된다. 입력 광 빔(1202a)은 점선들로 도시된 복제된 출력 빔들(1202b)의 세트로 변환되는 반면에 - 출력 빔들(1202b)은, 그들이 사용자 시야의 일측으로부터 시작되는 것처럼 보이게 하는 전파 각도로 접안렌즈 도파관(1200)에서 나감 - , 입력 광 빔(1206a)은 점선으로 도시된 복제된 출력 빔들(1206b)의 세트로 변환되고, 출력 빔들(1206b)은, 그들이 사용자의 시야의 다른 측으로부터 시작된 것처럼 보이게 하는 전파 각도로 접안렌즈 도파관(1200)에서 나간다. 입력 빔 각도들 및/또는 출력 빔 각도들의 범위가 더 클수록, 접안렌즈 도파관(1200)의 시야(FOV)가 더 크다.

[0068] [0087] 각각의 이미지에 대해, 상이한 각도들로 출사동(1210)을 통해 출력되는 복제된 출력 빔들(예컨대, 1202b, 1204b, 1206b)의 세트들이 존재하고, 이미지 포인트마다 복제된 빔들의 하나의 세트가 존재한다. 출력 빔들(예컨대, 1202b, 1204b, 1206b) 각각이 시준될 수 있다. 주어진 이미지 포인트에 대응하는 출력 빔들의 세트는 평행한 경로들(도 12a에 도시됨) 또는 분기 경로들(diverging paths)(도 12b에 도시됨)을 따라 전파되는 빔들로 구성될 수 있다. 어느 경우에나, 복제된 출력 빔들의 세트의 특정 전파 각도는 이미지 평면(1207)에서 대응하는 이미지 포인트의 위치에 의존한다. 도 12a는, 출력 빔들(예컨대, 1202b, 1204b, 1206b)의 각각의 세트가 평행 경로들을 따라 전파되는 빔들로 구성되는 경우를 예시한다. 이는, 이미지가 광학 무한대에서 시작된 것처럼 보이도록 투사되게 한다. 이는 주변 출력 빔들(1202b, 1204b, 1206b)로부터 접안렌즈 도파관(1200)의 세계-측(사용자의 눈(210)이 위치된 측의 반대)에서 광학 무한대를 향하여 연장되는 희미한 선들로 도 12a에 표현된다. 도 12b는, 출력 빔들(예컨대, 1202b, 1204b, 1206b)의 각각의 세트가 분기 경로들을 따라 전파되는 빔들로 구성되는 경우를 예시한다. 이는, 이미지가 광학 무한대에 더 가까운 거리에서 시작된 것처럼 보이도록 투사되게 한다. 이는 주변 출력 빔들(1202b, 1204b, 1206b)로부터 접안렌즈 도파관(1200)의 세계 측 상의 포인트들을 향해 연장되는 희미한 선들로 도 12b에 표현된다.

[0069] [0088] 다시, 복제된 출력 빔들(예컨대, 1202b, 1204b, 1206b)의 각각의 세트는 이미지 평면(1207)에서 특정 이미지 포인트에 대응하는 전파 각도를 갖는다. 평행 경로들을 따라 전파되는 복제된 출력 빔들의 세트의 경우(도 12a 참조), 모든 빔들의 전파 각도들은 동일하다. 그러나, 분기 경로들을 따라 전파되는 복제된 출력 빔들의 세트의 경우, 개별 출력 빔들은 상이한 각도들로 전파될 수 있지만, 이러한 각도들은, 개별 출력 빔들이 빔들의 세트의 축을 따라 공통 포인트로부터 시작되는 것처럼 보인다는 점에서, 서로에 관련된다(도 12b 참조). 이는, 분기 출력 빔들의 세트에 대한 전파 각도를 정의하고 이미지 평면(1207)에서의 특정 이미지 포인트에 대응하는 이러한 축이다.

[0070] 예시적인 접안렌즈 도파관들

[0071] [0089] 도 13a는 VR/AR/MR 시스템을 위한 예시적인 접안렌즈 도파관(1300)의 하나의 절반의 (착용될 때의 포지션에서의) 정면도를 예시한다. 접안렌즈 도파관(1300)은 입력 커플러 구역(1310), 상부 OPE(orthogonal pupil expander) 구역(1320a), 하부 OPE(orthogonal pupil expander) 구역(1320b), 및 EPE(exit pupil expander) 구역(1330)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 접안렌즈 도파관(1300)은 또한 상부 확산기 구역(1340a) 및 하부 확산기 구역(1340b)을 포함할 수 있다. 접안렌즈 도파관(1300)은 적어도 부분적으로 투명한 기판 재료로 제조될 수 있다. 예컨대, 접안렌즈 도파관(1300)은 유리, 플라스틱, 폴리카보네이트, 사파이어 등의 기판(1302)으로 제조될 수 있다. 선택된 재료는 도광을 가능하게 하기 위해 1을 초과하는 굴절률, 더 바람직하게는 1.4 초과, 또는 더 바람직하게는 1.6 초과, 또는 가장 바람직하게는 1.8을 초과하는 비교적 높은 굴절률을 가질 수 있다. 기판(1302)의 두께는, 예컨대, 325 미크론 이하일 수 있다. 접안렌즈 도파관(1300)의 전술된 구역들 각각은 접안렌즈 도파관 기판(1302) 상에 또는 내에 하나 이상의 회절 구조들을 형성함으로써 제조될 수 있다. 특정 회절 구조물들은 구역마다 변동할 수 있다.

[0072] [0090] 도 13a에 예시되지 않지만, 접안렌즈 도파관(1300)은 사용자의 눈들 전방에서 접안렌즈 도파관을 지지하기 위한 물리적 지지 구조물을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 접안렌즈 도파관(1300)은 도 2에 예시된 바와 같이 머리-장착 디스플레이의 부분이다. 일반적으로, 접안렌즈 도파관(1300)은, EPE 구역(1330)이 사용자의 눈 바로 전방에 있도록 지지된다. 도 13a는 사용자의 눈들 중 하나에 대응하는 접안렌즈 도파관(1300)의 하나의 절반만을 예시한다는 것이 이해되어야 한다. 완전한 접안렌즈 도파관은 전형적으로 도 13a에 예시된 동일한 구조물(예컨대, 사용자의 머리의 관자놀이를 향한 개개의 입력 커플러 구역들(1310) 및 사용자의 눈들 전방에 있고 가능하게는 노즈 피스에 의해 분리된 개개의 EPE 구역들(1330)을 가짐)의 미러 이미지를 또한 포함한다. 2개의 절반들은 동일한 기판(1302)의 부분 또는 별개의 기판들일 수 있다.

[0073] [0091] 도 10 및 11에 도시된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 접안렌즈는 함께 스택된(클래딩 층에 의해 분리된) 다수의 기판들(1302)로 제조된 다수의 접안렌즈 도파관들(1300)을 포함할 수 있다. 각각의 기판(1302)은 도 13a에 예시된 바와 같을 수 있고, 이미지 데이터를 눈으로 투사하기 위한 도파관으로서 설계될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스택 내의 각각의 접안렌즈 도파관(1300)에 의해 디스플레이된 이미지 데이터는 선택된 깊이 평면에 대응하는 이미지 데이터의 선택된 컬러 컴포넌트에 대응한다. 예컨대, 3개의 상이한 깊이 평면들에 대응하는 컬러 이미지 데이터(예컨대, 적색, 녹색 및 청색 컴포넌트들로 구성됨)를 투사하는 접안렌즈는 함께 스택된 총 9개의 접안렌즈 도파관들(1300)을 포함할 수 있고, 하나의 접안렌즈 도파관(1300)은 3개의 깊이 평면들 각각에 대한 이미지 데이터의 각각의 컬러 컴포넌트에 대한 것이다.

[0074] [0092] 도 13b는, 입력 커플러 구역(1310)에서 접안렌즈 도파관에 투사된 이미지 데이터가 접안렌즈 도파관을 통해 전파되게 하고 EPE 구역(1330)으로부터 사용자의 눈을 향해 투사되게 하는 접안렌즈 도파관(1300)의 회절 광학 피처들 중 일부를 예시한다. 일반적으로 말해서, 이미지 데이터는 대략 예시된 z-방향으로 이동하고(그러나 각도의 변동량은 이미지 데이터의 FOV에 의존할 수 있음), 기판(1302)의 외부로부터 입력 커플러 구역(1310)에 입사되는 광 빔들을 통해 접안렌즈 도파관(1300)으로 투사된다. 입력 커플러 구역(1310)은 회절 광학 피처들을 포함하고, 회절 광학 피처들은, 입력 빔들이 내부 전반사를 통해 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302) 내부로 전파되도록 입력 빔들을 방향전환한다. 일부 실시예들에서, 입력 커플러 구역(1310)은 상부 및 하부 OPE 구역들(1320) 간에 대칭적으로 위치된다. 입력 커플러 구역(1310)은 입력 광을 분할하고, 입력 광을 이들 OPE 구역들(1320) 둘 모두를 향해 방향전환시킨다.

[0075] [0093] OPE 구역들(1320)은 적어도 2개의 기능들을 수행할 수 있는 회절 광학 특징들을 포함하는데, 첫째, 그들은 많은 이격된 평행한 빔들을 형성하기 위해 y-방향을 따라 많은 위치들에서 각각의 입력 광 빔을 공간적으로 복제함으로써 동공 확장을 수행할 수 있고; 둘째, 그들은 경로들 상의 복제된 광 빔들을 일반적으로 EPE 구역(1330)을 향해 회절시킬 수 있다.

[0076] [0094] EPE 구역(1330)은 마찬가지로 회절 광학 피처들을 포함하고, 이들은 적어도 2개의 기능들을 수행할 수 있는데, 첫째, 그들은 다른 방향(예컨대, 빔들이 OPE 구역들(1320)에 의해 복제되는 방향에 일반적으로 수직인 방향)을 따라 많은 위치들에서 빔들을 복제할 수 있고; 둘째, 그들은, 그들이 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302)에서 나가고 사용자의 눈을 향해 전파되도록, OPE 구역들(1320)로부터 나오는 광 빔들을 회절시킬 수 있다. EPE 구역(1330)의 회절 광학 피처들은 또한, 본원의 다른 곳에서 논의된 바와 같이, 마치 출사 광 빔들이 원하는 깊이 평면으로부터 발생하는 것처럼 보이게 하는 정도의 광학 파워를 출사 광 빔들에 부여할 수 있다. 접안렌즈 도파관(1300)은, 광 빔들이 EPE 구역(1330)에 의해 출력되는 출사 각도가 입력 커플러 구역(1310)에서 대응하는 입력 광 빔의 진입 각도와 고유하게 상관되고, 이로써 눈이 입력 이미지 데이터를 충실히 재생할 수 있게 한다는 특성을 가질 수 있다.

[0077] [0095] 접안렌즈 도파관(1300)의 광학 동작이 이제 더 상세히 설명될 것이다. 먼저, 이미지 데이터는 하나 이상의 입력 디바이스들로부터 입력 커플러 구역(1310)에서의 접안렌즈 도파관(1300)으로 투사된다. 입력 디바이스(들)는, 예컨대, 공간 광 변조기 투사기들(사용자의 얼굴에 관련하여 접안렌즈 도파관(1300)의 앞에 또는 뒤에 위치됨)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 입력 디바이스(들)는 LCD(liquid crystal display) 기술, LCoS(liquid crystal on silicon) 기술, DLP(digital light processing) 기술, 또는 FSD(fiber scanned display) 기술을 사용할 수 있지만, 다른 것들이 또한 사용될 수 있다. 각각의 입력 디바이스는 하나 이상의 광 빔들을 입력 커플러 구역(1310)의 서브-부분으로 투사할 수 있다. 본원의 다른 곳에서 논의된 바와 같이, 각각의 기판(1302)은 이미지 데이터의 주어진 깊이 평면에 대한 주어진 컬러 컴포넌트를 사용자의 눈으로 지향시키기 위한 도파관으로서 작동할 수 있다. 입력 커플러 구역(1310)의 상이한 서브-부분은, 접안렌즈를 구성하는 다수의 스택된 접안렌즈 도파관들(1300) 각각에 대한 이미지 데이터를 입력하는 데 사용될 수 있다. 이것은, 각각의 접안렌즈 도파관(1300)이 (예컨대, 도 9a-9c에 도시된 바와 같이) 해당 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302)에 이미지 데이터를 입력하기 위해 확보된 입력 커플러 구역(1310)의 서브-부분에 적합한 회절 광학 피처들을 제공함으로써, 달성될 수 있다. 예컨대, 하나의 기판(1302)은 자신의 입력 커플러 구역(1310)의 중심에 제공된 회절 피처들을 가질 수 있는 반면에, 다른 도파관들은 그들 개개의 입력 커플러 구역들의 주변에, 예컨대, 3시 또는 9시 포지션들에 제공된 회절 피처들을 가질 수 있다. 따라서, 각각의 접안렌즈 도파관(1300)에 대해 의도된 입력 이미지 데이터는, 정확한 이미지 데이터가 다른 기판들에 커플링되지 않고 정확한 기판(1302)에 커플링되도록, 입력 커플러 구역(1310)의 대응하는 서브-부분에서 투사기에 의해 조준될 수 있다.

[0078] [0096] (입력 이미지의 상이한 포인트들에 대응하는 광 빔들이 상이한 각도들로 투사될 것이라는 것을 고려해 볼 때, 전형적으로 일부 각도 편차가 존재하지만) 입력 광 빔들이 일반적으로 예시된 z-방향을 따라 기판(1302)의 입력 커플러 구역(1310)에 접근하도록 하는 투사기가 제공될 수 있다. 임의의 정해진 기판(1302)의 입력 커플러 구역(1310)은 회절 광학 피처들을 포함하고, 회절 광학 피처들은 내부 전반사를 통해 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302) 내부로 전파되도록 입력 광 빔들을 적합한 각도들로 방향전환한다. 확대도(1312)로 도시된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 입력 커플러 구역(1310)의 회절 광학 피처들은, 예시된 x-방향에서 수평으로 연장되고 예시된 y-방향에서 수직으로 주기적으로 반복되는 많은 라인들로 구성된 회절 격자를 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 라인들은 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302)으로 에칭될 수 있고 그리고/또는 그들은 기판(1302)에 증착된 재료로 형성될 수 있다. 예컨대, 입력 커플러 격자(ICG)는, 기판의 후면(입력 광 빔들이 들

어가는 측의 반대)으로 에칭되고 이어서 스퍼터링-온 반사 재료(sputtered-on reflective material), 이를테면, 금속으로 커버된 라인들을 포함할 수 있다. 이러한 실시예들에서, 입력 커플러 격자는 반사 모드로 행동하지만, 다른 설계들은 투과 모드를 사용할 수 있다. 입력 커플러 격자는, 표면 릴리프 격자, 바이너리 표면 릴리프 구조들, VHOE(volume holographic optical element), 스위칭 가능 폴리머 분산형 액정 격자 등을 포함하는 몇몇의 타입들 중 임의의 타입일 수 있다. 라인들의 주기, 듀티 사이클, 깊이, 프로파일 등은, 기판이 설계된 광의 파장, 격자의 원하는 회절 효율성, 및 다른 팩터들에 기반하여 선택될 수 있다.

[0079] [0097] 이러한 입력 커플러 회절 격자에 입사하는 입력 광은 분할되어, 상부 OPE 구역(1320a)을 향해 +y 방향으로 상향뿐만 아니라 하부 OPE 구역(1320b)을 향해 -y 방향으로 하향으로 방향전환된다. 구체적으로, 입력 커플러 구역(1310)의 회절 격자에 입사하는 입력 광은 포지티브 및 네거티브 회절 차수들로 분리되고, 포지티브 회절 차수들은 상부 OPE 구역(1320a)을 향해 상향으로 지향되고, 네거티브 회절 차수들은 하부 OPE 구역(1320b)을 향해 하향으로 지향되거나, 그 역도 가능하다. 일부 실시 예에서, 입력 커플러 구역(1310)에서의 회절 격자는 입력 광을 +1 및 -1 회절 차수들에 주로 커플링하도록 설계된다. (회절 격자는 제0 회절 차수 및 제1 회절 차수들을 넘는 더 높은 회절 차수들을 감소 또는 제거하도록 설계될 수 있다. 이것은, 예컨대, 각각의 라인의 프로파일을 적절히 형상화함으로써 달성될 수 있다.)

[0080] [0098] 도 13a에 도시된 바와 같이, 광 빔들(1324a 및 1324b)은 경로들을 각각 예시하고, 경로들을 따라, 입력 커플러 구역(1310)의 9시 포지션에 투사된 입력 이미지의 4개의 코너들에 대응하는 입력 광 빔들이 상부 OPE 구역(1320a) 및 하부 OPE 구역(1320b)을 향해 방향전환된다. 유사하게, 광 빔들(1326a 및 1326b)은 경로들을 각각 예시하고, 경로들을 따라, 입력 커플러 구역(1310)의 3시 포지션에 투사된 입력 이미지 데이터의 4개의 코너들에 대응하는 입력 광 빔들이 상부 OPE 구역(1320a) 및 하부 OPE 구역(1320b)을 향해 방향전환된다.

[0081] [0099] 상부 OPE 구역(1320a) 및 하부 OPE 구역(1320b)은 또한 회절 광학 피처들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 이러한 회절 광학 피처들은 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302) 상에 또는 내에 형성된 라인들이다. 라인들의 주기, 듀티 사이클, 깊이, 프로파일 등은, 기판이 설계된 광의 파장, 격자의 원하는 회절 효율성, 및 다른 팩터들에 기반하여 선택될 수 있다. OPE 구역들(1320a 및 1320b)의 특정한 형상들은 변할 수 있지만, 일반적으로, 입력 이미지 데이터의 완전한 뷰를 제공하기 위해, 입력 이미지 데이터의 코너들에 대응하는 광 빔들, 및 그 사이의 모든 광 빔들을 원근조절하는 데 필요한 것에 기반하여 결정될 수 있다.

[0082] [0100] 이미 언급된 바와 같이, OPE 구역들(1320a, 1320b)의 회절 격자들의 하나의 목적은, 다수의 이격된 평행한 광 빔들을 생성하기 위해 많은 공간 위치들에서 각각의 입력 광 빔을 복제하는 것이다. 이것은, 빔이 TIR을 통해 기판(1302)의 전면과 후면 사이에서 앞뒤로 반사할 때, 빔과 격자의 각각의 상호작용을 통해, 격자가 광 빔의 파워의 원하는 부분만을 (예컨대, 1차 회절을 통해) 방향전환시키는 반면에, 남아있는 부분이 접안렌즈 도파관(1300)의 평면 내에서 동일한 방향으로 (예컨대, 0차 회절을 통해) 계속해서 전파되도록, 비교적 낮은 회절 효율성(예컨대, 10% 미만)을 갖도록 OPE 회절 격자들을 설계함으로써 달성될 수 있다. (격자의 회절 효율성에 영향을 주는 데 사용될 수 있는 하나의 파라미터는 라인들의 에칭 깊이이다.) OPE 구역들(1320a, 1320b)의 회절 격자들의 다른 목적은 일반적으로 EPE 구역(1330)을 향해 경로들을 따라 그러한 복제된 광 빔들을 지향시키는 것이다. 즉, 광 빔이 OPE 회절 격자와 상호작용할 때마다, 그의 파워의 부분은 EPE 구역(1330)을 향해 회절될 것인 반면에, 그의 파워의 남아있는 부분은 다시 한번 격자와 상호작용하기 전에 동일한 방향으로 OPE 구역 내에서 계속해서 송신할 것이고, 여기서 그의 파워의 다른 부분은 EPE 구역 등을 향해 편향된다. 이러한 식으로, 각각의 입력 광 빔은, 일반적으로 EPE 구역(1330)을 향해 경로들을 따라 지향되는 다수의 평행한 광 빔들로 분할된다. 이는 도 13c에 예시된다.

[0083] [0101] OPE 회절 격자들의 배향은, 입력 커플러 구역(1310)으로부터 도달한 광 빔들을 일반적으로 EPE 구역(1330)을 향해 방향전환시키기 위해, 그러한 광 빔들에 관련하여 경사질 수 있다. 경사의 특정한 각도는 접안렌즈 도파관(1300)의 다양한 구역들의 레이아웃에 의존할 수 있다. 도 13a 및 13b에 예시된 접안렌즈 도파관 실시예에서, 상부 OPE 구역(1320a)은 +y 방향으로 연장되는 반면에, 하부 OPE 구역(1320b)은 -y 방향으로 연장되어, 그들은 180° 떨어져 배향된다. 한편, EPE 구역(1330)은 OPE 구역들(1320a, 1320b)의 축에 관련하여 90°로 위치된다. 따라서, OPE 구역들(1320a, 1320b)로부터의 광을 EPE 구역(1330)을 향해 방향전환시키기 위해, OPE 구역들의 회절 격자들은 예시된 x-축에 대하여 약 +/-45°로 배향될 수 있다. 구체적으로, 확대도(1322a)로 도시된 바와 같이, 상부 OPE 구역(1320a)의 회절 격자는 x-축에 대해 대략 +45°로 배향된 라인들로 이루어질 수 있다. 한편, 확대도(1322b)로 도시된 바와 같이, 하부 OPE 구역(1320b)의 회절 격자는 x-축에 대해 대략 -45°로 배향된 라인들로 이루어질 수 있다.

[0084] [0102] 도 13c는 도 13b에 도시된 OPE 구역들의 광학 동작의 3차원 예시이다. 도 13c는 도 13b로부터의 입력 커플러 구역(1310) 및 상부 OPE 구역(1320a)을 도시하고, 이들 둘 모두는 뷰어에 더 가까운 기판(1302)의 측 상에 있다. 입력 커플러 구역(1310) 및 상부 OPE 구역(1320a)의 회절 광학 피처들이 보이지 않을 수 있는데, 왜냐하면 그들이 현미경으로 봐야만 보이기(microscopic) 때문이다. 이러한 경우에, 단일 입력 빔(1311)이 예시되지만, 이미지는 약간 상이한 각도들로 접안렌즈 도파관(1300)을 통해 전파되는 이러한 많은 입력 빔들로 구성될 것이다. 입력 빔(1311)은 입력 커플러 구역(1310)으로부터 상부 OPE 구역(1320a)에 들어간다. 이어서, 입력 빔(1311)은 내부 전반사를 통해 접안렌즈 도파관(1300)을 통해 계속해서 전파되어, 그의 표면들 사이에서 앞뒤로 반복적으로 반사된다. 이것은 각각의 빔의 예시된 전파에서 지그-재그로 도 13c에 표현된다.

[0085] [0103] 입력 빔들(1311)이 상부 OPE 구역(1320a)에 형성된 회절 격자와 상호작용할 때, 그의 파워의 부분은 EPE 구역(1330)을 향해 회절되는 반면에, 그의 파워의 다른 부분은 상부 OPE 구역(1320a)을 통해 동일한 경로를 따라 계속된다. 이미 언급된 바와 같이, 이는 부분적으로 격자의 비교적 낮은 회절 효율로 인한 것이다. 추가로, EPE 구역(1330)을 향해 회절된 빔들은 상부 OPE 구역(1320a)의 격자에 다시 부닥칠 수 있고, 그들의 파워의 부분들은 입력 빔(1311)의 오리지널 전파 방향으로 다시 회절될 수 있는 반면에, 그들의 파워의 다른 부분들은 EPE 구역을 향해 계속될 수 있다. 이들 빔들 중 일부의 경로들은 도 13c에서 화살표들로 표시된다. 입력 빔이 상부 OPE 구역(1320a)을 통해 전파될 때, 입력 빔이 많은 위치들에서 복제되기 때문에, 광의 공간 규모가 확장되는 효과가 있다. 이것은, 입력 빔(1311)이 일반적으로 EPE 구역(1330)을 향해 x-방향으로 궁극적으로 이동하는 많은 광 빔들로 복제되는 것을 도시하는 도 13c로부터 명백하다.

[0086] [0104] 도 13b를 다시 참조로, 입력 커플러 구역(1310)이 2개의 OPE 구역들 간에 위치되는 것이 유리한데, 왜냐하면 입력 커플러 구역(1310)으로부터 하나의 OPE 구역이 하나 이상의 포지티브 회절 차수(들)를 수신하고, 다른 OPE 구역이 하나 이상의 네거티브 회절 차수(들)를 수신하는 것과 같이, 이것은 접안렌즈 도파관(1300)이 입력 커플러 구역(1310)으로부터 포지티브 및 네거티브 회절 차수(들)로 회절된 광을 효율적으로 사용할 수 있게 하기 때문이다. 이어서, 포지티브 및 네거티브 회절 차수들로부터의 광은 EPE 구역(1330)에서 재결합되고, 사용자의 눈에 아웃-커플링될 수 있다. 상부 OPE 구역들(1320a)과 하부 OPE 구역(1320b) 간의 입력 커플러 구역(1310)의 포지션이 이러한 점에서 유리하지만, 이는 입력 커플러 구역(1310)이 EPE 구역(1330)의 중앙 부분을 효과적으로 쉐도잉(shadowing)하는 것을 초래할 수 있다. 즉, 입력 광 빔들이 입력 커플러에 의해 포지티브 및 네거티브 회절 차수들로 분리되고, EPE 구역(1330)을 향해 +x 방향으로 방향전환되기 전에, 먼저 +y 방향 또는 -y 방향으로 지향되기 때문에, 더 적은 광 빔들은 도 13a 및 13b의 입력 커플러 구역(1310)의 좌측에 바로 위치된 EPE 구역의 중앙 부분에 도달할 수 있다. 이것은 원하지 않는 것일 수 있는데, 왜냐하면 EPE 구역(1330)의 중심이 사용자의 눈과 정렬되면, 더 적은 광 빔들이 OPE 구역들(1320) 간의 입력 커플러 구역(1310)의 포지션에 의해 발생된 이러한 쉐도잉 효과로 인해 EPE 구역(1330)의 중심 부분으로부터 사용자의 눈으로 궁극적으로 지향될 수 있기 때문이다. 이것에 대한 솔루션으로서, 접안렌즈 도파관(1300)은 또한 상부 및 하부 확산기 구역들(1340a 및 1340b)을 포함할 수 있다. 이러한 확산기 구역들은 EPE 구역(1330)의 중앙 부분을 채우기 위해 OPE 구역들로부터의 광 빔들을 방향전환시킬 수 있다. 상부 및 하부 확산기 구역들(1340a 및 1340b)은, 도 13b에 예시된 회절 피처들로 이러한 임무를 달성한다.

[0087] [0105] 확대도(1342a)에 도시된 바와 같이, 상부 확산기 구역(1340a)은, 상부 확산기 구역(1340a)이 주로 광을 수신하는 이웃 상부 OPE 구역(1320a)의 격자 라인들에 일반적으로 직교하는 격자 라인들이 x-축에 대해 대략 -45° 로 형성되는 회절 격자를 포함할 수 있다. OPE 격자들과 같이, 확산기 구역들의 격자들의 효율성은, 격자와의 각각의 상호작용 동안 각각의 광 빔의 파워의 부분만이 방향전환되도록 설계될 수 있다. 상부 확산기 구역(1340a)의 회절 격자 라인들의 배향으로 인해, 상부 OPE 구역(1320a)으로부터의 광 빔들은, EPE 구역(1330)을 향해 +x 방향으로 계속되기 전에, 다소 -y 방향으로 방향전환된다. 따라서, EPE 구역(1330)에 대해 입력 커플러 구역(1310)의 포지션에 의해 발생되는 임의의 쉐도잉에도 불구하고, 상부 확산기 구역(1340a)은 EPE 구역(1330)의 중앙 부분에 도달하는 광 빔들의 수를 증가시키는 것을 돕는다. 유사하게, 확대도(1342b)에 도시된 바와 같이, 하부 확산기 구역(1340b)은, 하부 확산기 구역(1340b)이 주로 광을 수신하는 이웃 하부 OPE 구역(1320b)의 격자 라인들에 일반적으로 직교하는, x-축에 대해 대략 +45° 로 형성되는 격자 라인들을 포함할 수 있다. 하부 확산기 구역(1340b)의 회절 격자 라인들은, 하부 OPE 구역(1320b)으로부터의 광 빔들로 하여금, EPE 구역(1330)을 향해 +x 방향으로 계속되기 전에, +y 방향으로 얼마간 방향전환되게 한다. 따라서, 하부 확산기 구역(1340b)은 또한, EPE 구역(1330)의 중앙 부분에 도달하는 광 빔들의 수를 증가시키는 것을 돕는다.

[0088] [0106] OPE 구역들(1320a, 1320b) 및 확산기 구역들(1340a, 1340b)로부터의 광 빔들은, 궁극적으로 EPE 구역(1330)에 도달할 때까지 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302)을 통해 전파된다. EPE 구역(1330)은, 광 빔들을

접안렌즈 도파관(1300) 외부로 그리고 사용자의 눈을 향해 방향전환시키는 회절 광학 피처들을 포함할 수 있다. 확대도(1332)에 도시된 바와 같이, EPE 구역(1330)의 회절 광학 피처들은, y-방향으로 연장되고 x-방향에서 주기성을 나타내는 수직 격자 라인들일 수 있다. 대안적으로, 도 14에 도시된 바와 같이, EPE 구역(1330)의 회절 격자의 라인들은 광학 파워를 이미지 데이터에 부여하기 위해 다소 곡선형일 수 있다. 라인들의 주기, 듀티 사이클, 깊이, 프로파일 등은, 기판이 설계된 광의 파장, 격자의 원하는 회절 효율성, 및 다른 팩터들에 기반하여 선택될 수 있다. 각각의 광 빔의 파워의 부분은 EPE 구역(1330)의 격자와의 각각의 상호작용의 결과로서 접안렌즈 도파관(1300)의 기판(1302) 외부로 방향전환된다. 각각의 출력 광 빔이 접안렌즈 도파관(1300)의 EPE 구역(1330)에서 나가는 특정한 각도는 입력 커플러 구역(1310)에서의 대응하는 입력 광 빔의 입사각에 의해 결정된다.

[0089] [0107] 도 14a는 교차된 회절 격자를 갖는 입력 커플러 구역(1410)을 포함하는 접안렌즈 도파관(1400)의 실시예를 예시한다. 접안렌즈 도파관(1400)은 기판(1402)으로 형성되고, 입력 커플러 구역(1410), 상부 OPE 구역(1420a), 하부 OPE 구역(1420b), 및 EPE 구역(1430)을 포함한다. 달리 언급된 경우를 제외하면, 도 14에 도시된 접안렌즈 도파관(1400)은 도 13a-도 13c에 예시된 접안렌즈 도파관(1300)과 유사하게 기능할 수 있다. 접안렌즈 도파관(1400)의 설계는, 도 13a-13c와 관련하여 논의된 타입들의 확산기 구역들(1340a, 1340b)을 반드시 사용하지 않고서, (입력 커플러 구역(1410)의 왼쪽에 바로 위치된) EPE 구역(1430)의 중앙 부분을 향해 지향된 광의 양을 증가시키기 위한 다른 방식을 표현한다.

[0090] [0108] 도 13a-13c의 접안렌즈 도파관(1300)과 비교할 때 도 14a의 접안렌즈 도파관(1400) 간의 주요한 차이는 입력 커플러 구역(1410)의 설계이다. 도 13a-13c에 도시된 접안렌즈 도파관(1300)에서, 입력 커플러 구역(1310)은 입력 광을 상부 및 하부 OPE 구역들(1320a, 1320b)만으로 주로 방향전환시키도록 설계되었다. 대조적으로, 도 14a에 도시된 입력 커플러 구역(1410)은 상부 및 하부 OPE 구역들(1420a, 1420b) 및 EPE 구역(1430) 둘 모두로 바로 입력 광을 지향시키도록 설계된다. 이것은, 입력 커플러 구역(1410)의 교차된 회절 격자를 사용함으로써 달성될 수 있다.

[0091] [0109] 도 14b는 교차된 회절 격자로 구성된 입력 커플러 구역(1410)의 예시적인 실시예의 사시도이다. 교차된 격자는 상이한 배향들을 갖는 2개의 회절 격자들의 중첩(superposition)으로서 생각될 수 있다. 제1 회절 격자는 도 13a-13c에 관련하여 예시된 회절 격자와 유사하게 형성될 수 있다. 즉, 제1 회절 격자는 x-방향으로 연장되고 y-방향으로 주기적으로 반복되는 라인들로 구성될 수 있다. 이러한 제1 회절 격자는, 상부 및 하부 OPE 구역들(1420a, 1420b)을 향해 각각 지향되는 포지티브 및 네거티브 회절 차수들로 입력 광을 분할한다. 제1 회절 격자는, 자신이 OPE 구역들(1420a, 1420b)을 향해 방향전환시키는 입력 광의 파워의 비율을 제어하기 위한 제1 회절 효율성을 가질 수 있다.

[0092] [0110] 제2 회절 격자는 y-방향으로 연장되고 x-방향으로 주기적으로 반복되는 라인들로 이루어질 수 있다. 다른 말로, 제2 회절 격자는 제1 회절 격자에 대해 대략 90° 로 배향될 수 있다. 제2 회절 격자의 배향은 입력 광 빔들로 하여금 EPE 구역(1430)을 향해 방향전환되게 하고, EPE 구역(1430)은, 이러한 실시예에서, OPE 구역들(1420a, 1420b)을 먼저 통과하지 않고서, OPE 구역들이 입력 커플러 구역(1410)에 대하여 위치된 방향들로부터 실질적으로 90° 방향으로 위치된다. (제2 회절 격자는 또한, 다른 실시예들에서 EPE 구역(1430)이 위치된 방향에 의존하여 다른 배향들을 가질 수 있다.) 제2 회절 격자는 제1 회절 격자의 효율성과 상이할 수 있는 제2 회절 효율성을 갖도록 설계될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 회절 격자는 제1 회절 격자보다 덜 효율적이도록 설계될 수 있다. (이것은, 예컨대, 도 14b에 도시된 바와 같이, 제2 회절 격자의 라인들을 제1 회절 격자의 라인들보다 더 얕게 함으로써 달성될 수 있다.) 따라서, 입력 광의 파워의 대부분은 제1 회절 격자에 의해 상부 및 하부 OPE 구역들(1420a, 1420b)(광 빔들(1412a, 1412b)로 각각 표현됨)을 향해 방향전환되는 반면에, 입력 광의 파워의 더 적은 부분이 제2 회절 격자에 의해 EPE 구역(1430)(광 빔(1414)으로 표현됨)을 향해 바로 방향전환된다. 입력 커플러 구역(1410)이 입력 광의 파워 중 일부를 EPE 구역(1430)을 향해 바로 방향전환시켜서, OPE 구역(1420)을 먼저 통과하지 않기 때문에, 입력 커플러 구역에 의한 EPE 구역의 중앙 부분의 전술된 쉐도잉이 감소될 수 있다.

[0093] [0111] 도 15a는, 더 컴팩트한 폼 팩터를 제공하기 위해 EPE 구역(1530)을 향해 기울어진 상부 및 하부 OPE 구역들을 갖는 접안렌즈 도파관(1500)의 실시예를 예시한다. 접안렌즈 도파관(1500)은 기판(1502)으로 형성되고, 입력 커플러 구역(1510), 상부 OPE 구역(1520a), 하부 OPE 구역(1520b), 및 EPE 구역(1530)을 포함한다. 달리 언급된 경우를 제외하면, 도 15a에 도시된 접안렌즈 도파관(1500)은 도 13a-13c에 예시된 접안렌즈 도파관(1300)과 유사하게 기능할 수 있다.

[0094] [0112] 도 13a-13c의 접안렌즈 도파관(1300)과 비교할 때 도 15a의 접안렌즈 도파관(1500) 간의 주요한 차이는, OPE 구역들(1520a, 1520b)이 EPE 구역(1530)을 향해 기울어진다는 것이다. 도 15a에 도시된 실시예에서, 각각의 OPE 구역은 약 30° 만큼 y-축으로부터 틸팅된다. 따라서, 약 180° 만큼 분리되기보다는, 도 13a-13b에 예시된 실시예에서와 같이, 상부 OPE 구역(1520a) 및 하부 OPE 구역(1520b)은 약 120° 만큼 분리된다. EPE 구역을 향한 OPE 구역들(1520a, 1520b)의 정확한 양의 앵글링이 (예컨대, 최대 60°) 변할 수 있지만, 일반적으로 이러한 앵글링은 접안렌즈 도파관(1500)이 더 컴팩트한 설계를 달성할 수 있게 할 수 있다. 이것은 VR/AR/MR 시스템의 머리-장착 디스플레이가 부피가 더 적게 만들 수 있게 하기 때문에, 이것은 유리할 수 있다.

[0095] [0113] 입력 커플러 구역(1510)의 회절 피처들의 설계는, 입력 광 빔들이 접안렌즈 도파관(1500)의 기판(1502)에 론칭되는 각도들이, OPE 구역들(1520a, 1520b)이 입력 커플러 구역(1510)에 대하여 위치된 방향들에 대응하도록, 그 각도들을 매칭하도록 변경될 수 있다. 입력 커플러 구역(1510)의 회절 피처들의 예시적인 실시예는 도 15b의 확대도(1512)에 도시된다.

[0096] [0114] 도 15b는 도 15a에 도시된 접안렌즈 도파관(1500)의 입력 커플러 구역(1510)의 회절 광학 피처들의 예시적인 실시예를 예시한다. 예시된 실시예에서, 입력 커플러 구역(1510)은 헥사고날 격자(1516)로 레이아웃된 복수의 회절 피처들 또는 광 산란 피처들(1514)(예컨대, 압입 자국들(indentations), 돌출부들 등)을 갖는다. (주의: 각각의 회절 피처(1514) 주변의 점선들이 점선들을 따라 임의의 물리적 구조에 반드시 대응하는 것은 아니지만, 헥사고날 격자(1516)를 예시하도록 의도된다.) 회절 피처들의 헥사고날 격자(1516)는 입력 커플러 구역에 입사되는 입력 광 빔들로 하여금 60° 인터벌들의 다수의 방향들로 접안렌즈 도파관(1500)의 기판(1502)에 론칭되게 한다. 따라서, 도 15a에 도시된 바와 같이, 제1 세트의 입력 광 빔들은 x-축에 대해 대략 60° 로 상부 OPE 구역(1520a)을 향해 론칭되고, 제2 세트의 입력 광 빔들은 x-축에 대해 대략 -60° 로 하부 OPE 구역(1520b)을 향해 론칭되고, 제3 세트의 입력 광 빔들은 일반적으로 x-축을 따라 EPE 구역(1530)을 향해 바로 론칭된다. 다른 모자이크식 구성들(tessellated configurations)은 또한 접안렌즈 도파관(1500)의 형상 및 입력 커플러 구역(1510)으로부터 OPE 구역(들)으로의 방향(들)에 의존하여 사용될 수 있다. 회절 피처들(1514)의 특정한 형상은, 광이 이들 방향들 각각으로 방향전환되는 효율성을 결정한다. 예시된 실시예에서, 회절 피처들(1514) 각각은 마름모이지만, 다른 형상들이 또한 가능하다. 게다가, 회절 피처들(1514)은 단일 또는 다중-레벨일 수 있다.

[0097] [0115] 일부 실시예들에서, 입력 커플러 구역(1510)의 회절 피처들은, (입력 빔들이 입력 디바이스로부터 기판(1502)에 들어가는 반대 측 상에서) 기판(1502)의 후면으로 에칭된다. 이어서, 기판(1502)의 후면 상의 에칭된 회절 피처들은 반사 재료로 코팅될 수 있다. 이러한 식으로, 입력 광 빔들은 기판의 전면에 들어가고, 회절 피처들이 반사 모드로 동작하도록 후면 상의 회절 피처들로부터 회절시킨다. 상부 OPE 구역(1520a) 및 하부 OPE 구역(1520b)은 또한 이전과 같이 회절 광학 피처들을 포함한다. 상부 OPE 구역(1520a)의 회절 피처들은 도 15c의 확대도(1522)에 예시된다.

[0098] [0116] 도 15c는 도 15a에 도시된 접안렌즈 도파관(1500)의 OPE 구역(1520a)의 회절 광학 피처들의 예시적인 실시예를 예시한다. 도 13a 및 13b에 도시된 접안렌즈 도파관(1300)의 OPE 구역들의 회절 피처들의 경우에서와 같이, 도 15a에 도시된 접안렌즈 도파관(1500)의 OPE 구역들(1520a, 1520b)의 회절 피처들은 마찬가지로 회절 격자를 형성하는 라인들의 주기적으로 반복하는 패턴이다. 그러나, 이 경우, 라인들이 배향되는 각도는 EPE 구역(1530)을 향하는 광의 광 빔들을 여전히 방향전환시키기 위해 OPE 구역(1520a)의 경사진 배향의 관점에서 조정되었다. 구체적으로, 상부 OPE 구역(1520a)에서 회절 격자의 라인들은 x-축에 대하여 대략 +30° 로 배향된다. 유사하게, 하부 OPE 구역(1520b)에서 회절 격자의 라인들은 x-축에 대하여 대략 -30° 로 배향된다.

[0099] 부가적인 고려사항들

[0100] [0117] 맥락이 달리 명확하게 요구하지 않는 한, 상세한 설명 및 청구항들 전반에 걸쳐, "포함하다(comprise, include)", "포함하는(comprising, including)" 및 "갖는다" 및 "갖는" 등의 단어들은 배타적인 또는 철저한 의미와 대조적으로, 포괄적인 의미로 해석되는데; 즉 "포함(그러나 이에 제한되지 않음)하는"의 의미로 해석된다. 본원에서 일반적으로 사용된 바와 같은 "커플링(coupled)"이라는 단어는 직접 연결되거나 둘 이상의 중간 엘리먼트들에 의해 연결될 수 있는 하나 이상의 엘리먼트들을 지칭한다. 마찬가지로, 본원에서 일반적으로 사용된 바와 같은 "연결(coupled)"이라는 단어는 직접 연결되거나 하나 이상의 중간 엘리먼트들에 의해 연결될 수 있는 둘 이상의 엘리먼트들을 지칭한다. 맥락에 따라, "커플링" 또는 "연결"은, 광이 하나의 광학 엘리먼트로부터 다른 광학 엘리먼트에 커플링 또는 연결되도록 하는 광학 커플링 또는 광학 연결을 지칭할 수 있다. 부가적으로, "본원에서", "위에서", "아래에서", "아래의", "위의" 단어들 및 이와 유사한 의미의 단어들은, 본 출

원에서 사용될 때, 본 출원의 임의의 특정 부분들이 아니라, 전체로서 본 출원을 지칭해야 한다. 맥락이 허용하는 경우, 단수 또는 복수를 사용한 위의 상세한 설명에서의 단어들은 또한 복수 또는 단수를 각각 포함할 수 있다. 둘 이상의 아이템들의 리스트에 관하여 "또는"이라는 단어는 (배타적이기보다는) 포괄적인 "또는"이고, "또는"은 다음의 단어 해석들, 즉 리스트 내의 아이템들 중 임의의 것, 리스트 내의 모든 아이템들, 리스트 내의 아이템들 중 하나 이상의 아이템들의 임의의 조합 모두를 커버하고, 리스트에 부가된 다른 아이템들을 배제하지 않는다. 또한, 본 출원서 및 첨부된 청구항들에서 사용된 바와 같은 단수 표현은 달리 특정되지 않는 한 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"를 의미하는 것으로 해석될 것이다.

[0101] [0118] 본원에서 사용된 바와 같이, 리스트의 아이템들 "중 적어도 하나"를 지칭하는 어구는 단일 멤버들을 포함하여 그 아이템들의 임의의 조합을 지칭한다. 예로서, "A, B 또는 C 중 적어도 하나"는 A; B; C; A와 B; A와 C; B와 C; 그리고 A와 B와 C를 커버하는 것으로 의도된다. 특정하게 다르게 언급되지 않으면, 어구 "X, Y 또는 Z 중 적어도 하나"와 같은 접속어는, 아이템, 용어 등이 X, Y 또는 Z 중 적어도 하나일 수 있다는 것을 전달하기 위해 일반적으로 사용되는 맥락으로 달리 이해된다. 따라서, 이러한 접속어는 일반적으로, 소정의 실시예들이 X 중 적어도 하나, Y 중 적어도 하나 및 Z 중 적어도 하나가 각각 존재할 것을 요구하는 것을 암시하는 것으로 의도되지 않는다.

[0102] [0119] 더욱이, 구체적으로 달리 언급되지 않거나 또는 사용된 맥락 내에서 달리 이해되지 않으면, 본원에서 사용된 조건어, 이를테면, 다른 것들 중에서도, "할 수 있다(can, could, might, may)", "예컨대", "예컨대", "이를테면" 등은 일반적으로, 소정의 실시예들이 소정의 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 상태들을 포함하지만 다른 실시예들은 이들을 포함하지 않는다는 것을 전달하도록 의도된다. 따라서, 그러한 조건어는 일반적으로, 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 상태들이 하나 이상의 실시예들을 위해 어떤 식으로든 요구된다는 것, 또는 이들 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 상태들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 또는 임의의 특정 실시예들에서 수행될지를 암시하는 것으로 의도되지는 않는다.

[0103] [0120] 달리 언급되거나 예시되지 않거나, 맥락으로부터 당업자에게 명백한 경우, 언급된 값 또는 다른 디스크립터와 연관하여 사용된 "약", "대략" 및 "일반적으로"와 같은 단어들은 언급된 값의 ±20% 범위를 표시하는 것으로 이해될 수 있다.

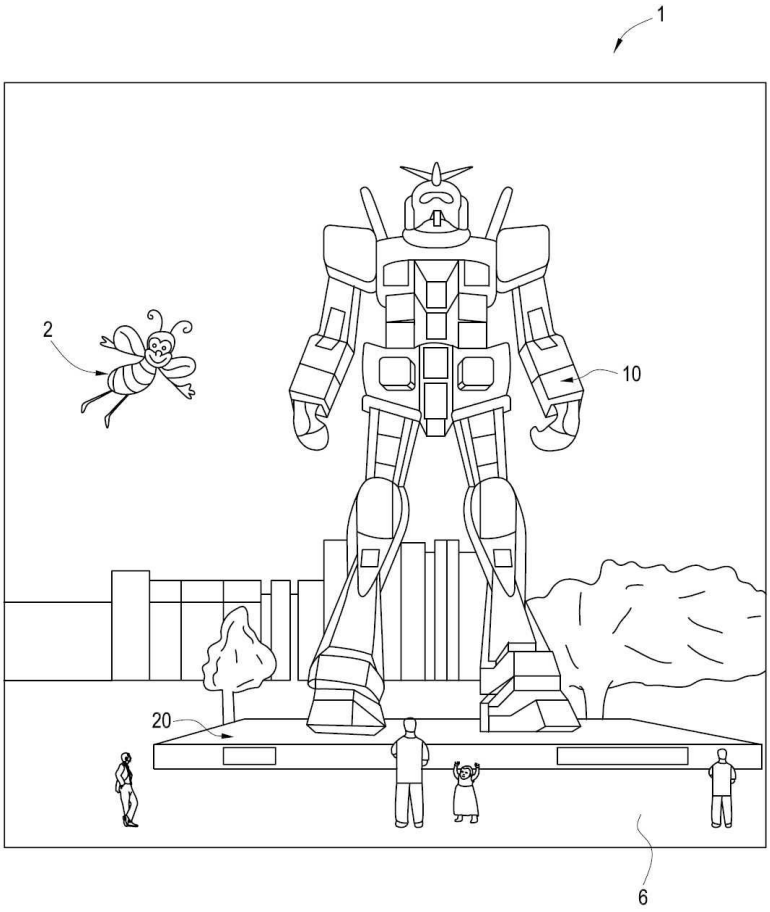
[0104] [0121] 특정 실시예들이 설명되었지만, 이들 실시예들은 단지 예로서만 제시되며, 본 개시내용의 범위를 제한하려는 것은 아니다. 실시예들 중 어느 하나의 특징들은 실시예들의 임의의 다른 실시예의 특징들과 결합되고 그리고/또는 그들로 대체될 수 있다. 다양한 실시예들의 특정 이점들이 본원에 설명되었다. 그러나, 모든 실시예들이 이들 이점들 각각을 반드시 달성하는 것이 아니다.

[0105] [0122] 실시예들은 첨부된 도면들과 관련하여 설명되었다. 그러나, 도면들이 실척대로 도시되지는 않는다. 거리들, 각도들 등은 단지 예시적이며, 예시된 디바이스들의 실제 치수들 및 레이아웃에 대한 정확한 관계를 반드시 갖는 것은 아니다.

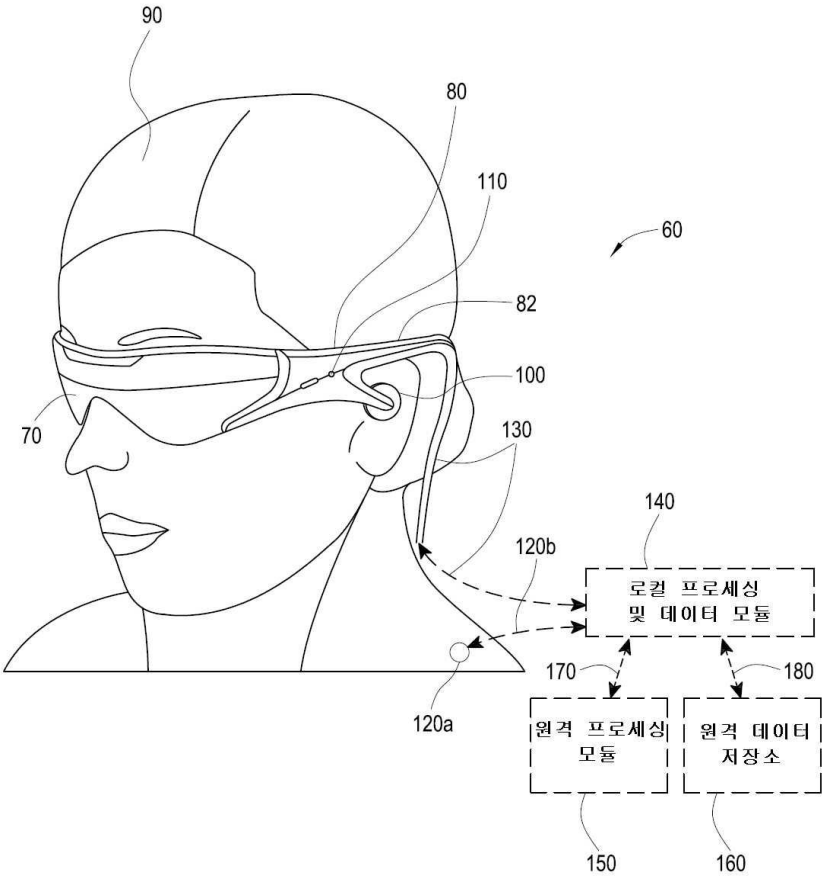
[0106] [0123] 전술한 실시예들은 당업자가 본원에 설명된 디바이스들, 시스템들, 방법들 등을 제조 및 사용할 수 있게 하기 위해 상세한 레벨로 설명되었다. 매우 다양한 변동이 가능하다. 컴포넌트들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 변경, 부가, 제거 또는 재배열될 수 있다. 특정 실시예들이 명시적으로 설명되었지만, 본 개시내용에 기반하여 다른 실시예들이 당업자들에게 자명해질 것이다.

도면

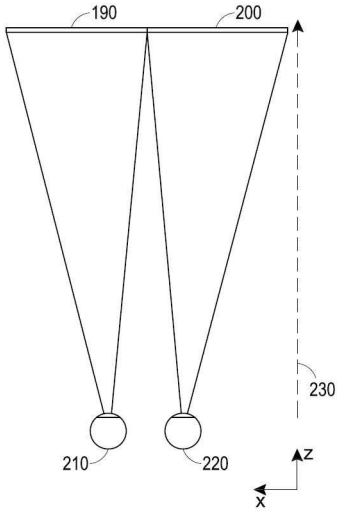
도면1



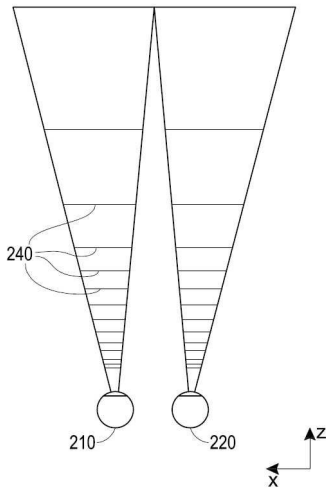
도면2


90
80
110
60
82
100
70
130
140
120b
로컬 프로세싱
및 데이터 모듈
170
180
120a
원격 프로세싱
모듈
원격 데이터
저장소
150
160

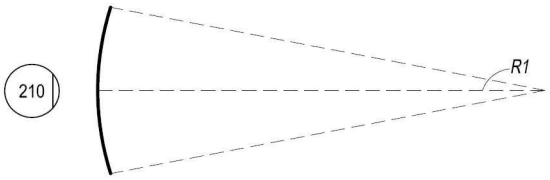
도면3


190
200
230
210
220
z
x

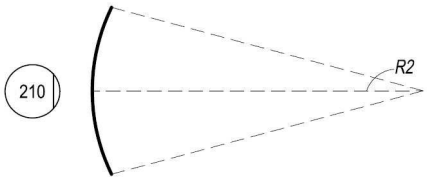
도면4



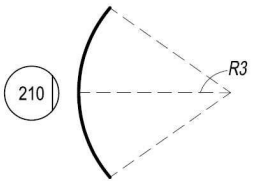
도면5a



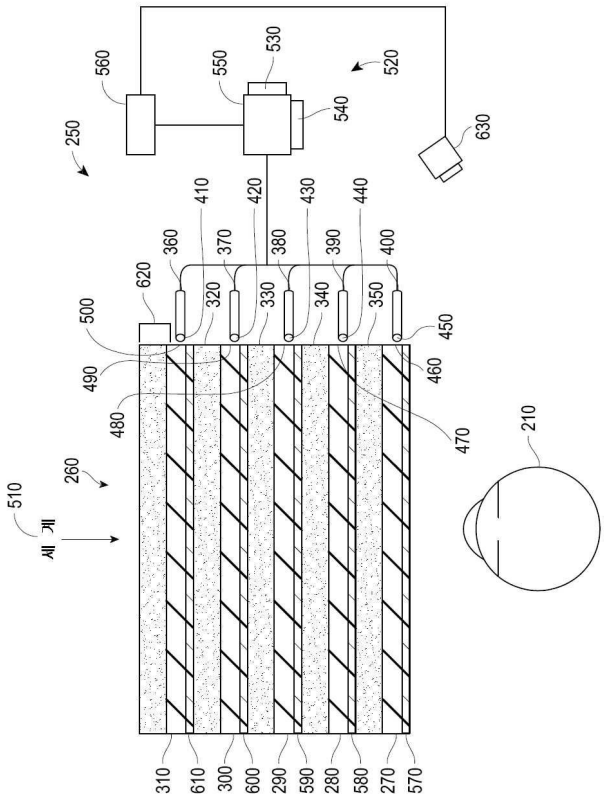
도면5b



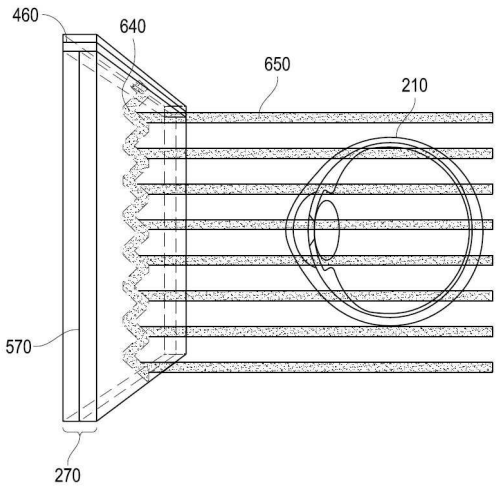
도면5c



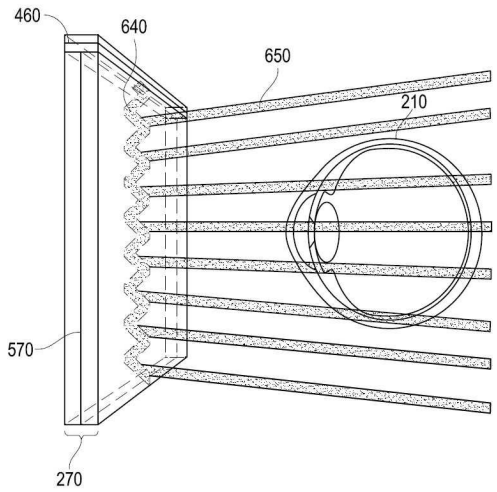
도면6


560
550
530
520
540
630
250
410
420
430
440
360
370
380
390
400
620
320
330
340
350
500
450
490
460
480
470
210
260
510
세계
310
610
300
600
290
590
280
580
270
570

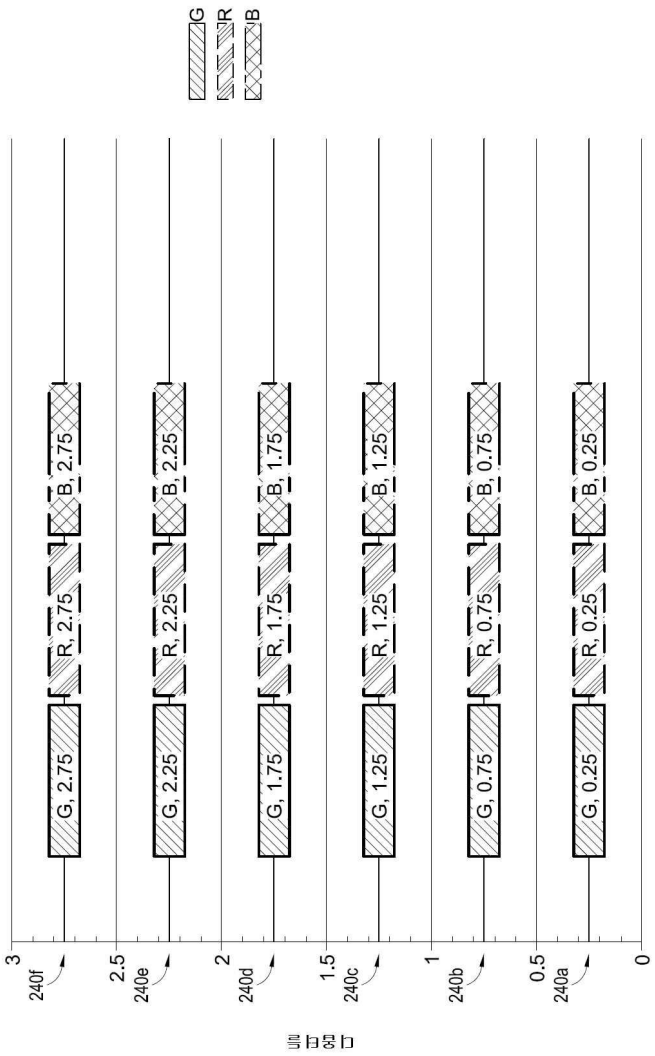
도면7a


460
640
650
210
570
270

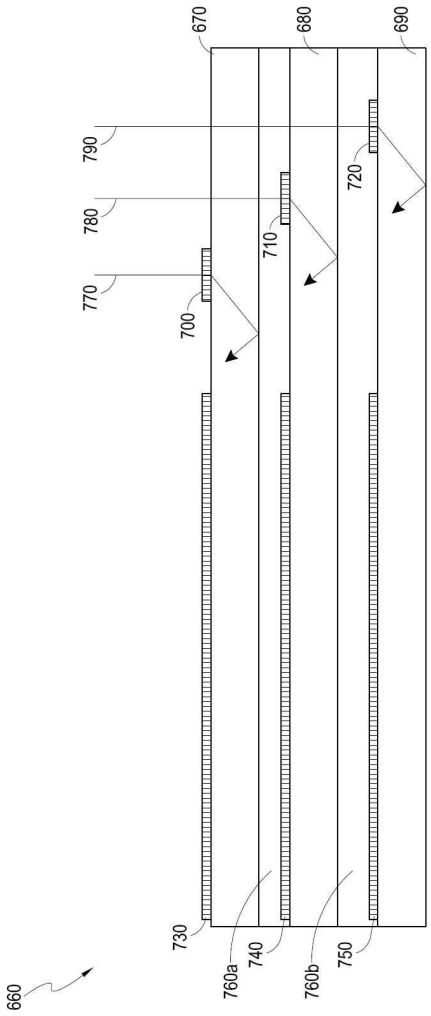
도면7b


460
640
650
210
570
270

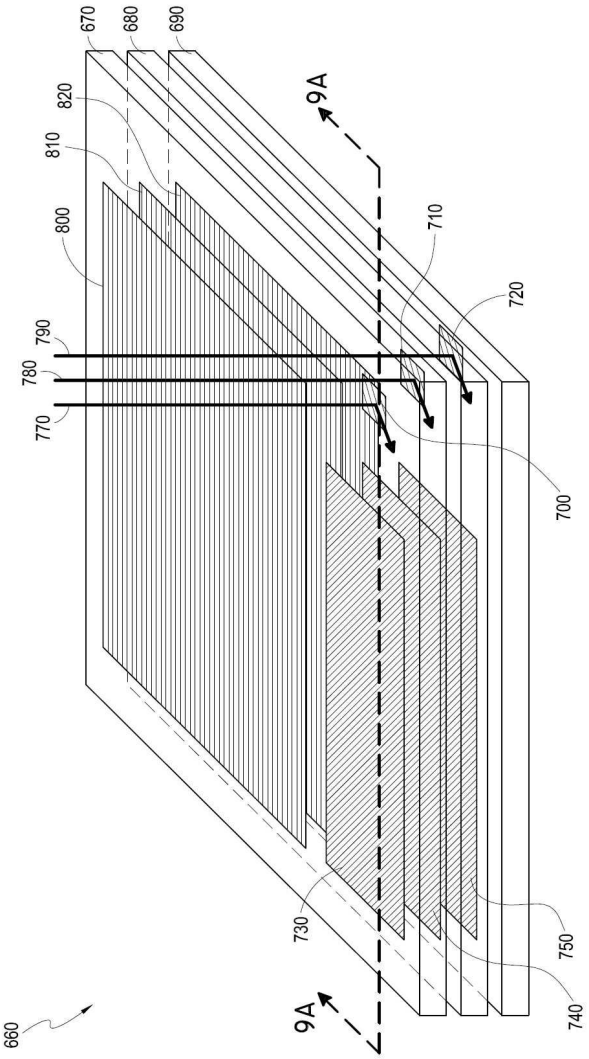
도면8


G
R
B
G, 2.75
R, 2.75
B, 2.75
G, 2.25
R, 2.25
B, 2.25
G, 1.75
R, 1.75
B, 1.75
G, 1.25
R, 1.25
B, 1.25
G, 0.75
R, 0.75
B, 0.75
G, 0.25
R, 0.25
B, 0.25
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
240f
240e
240d
240c
240b
240a
휘도출력

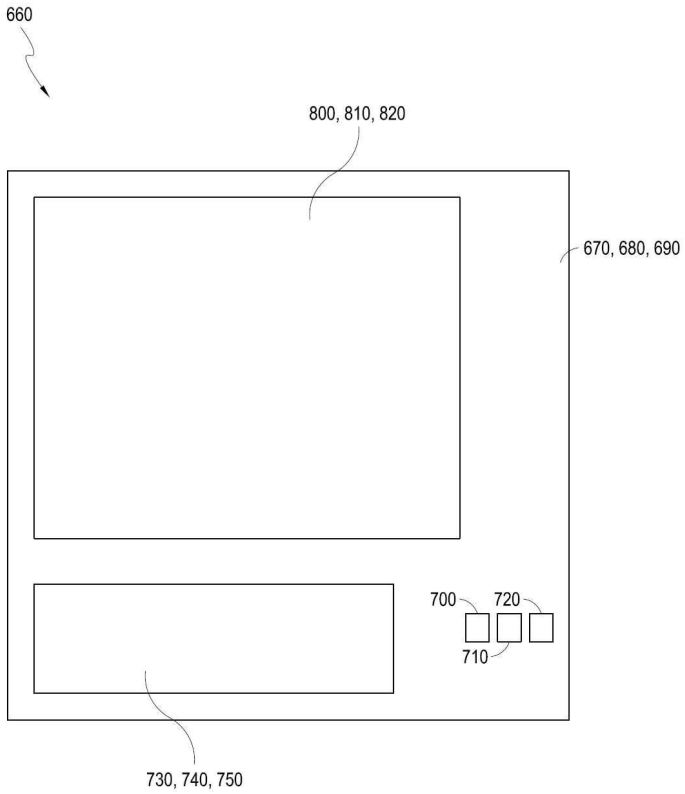
도면9a



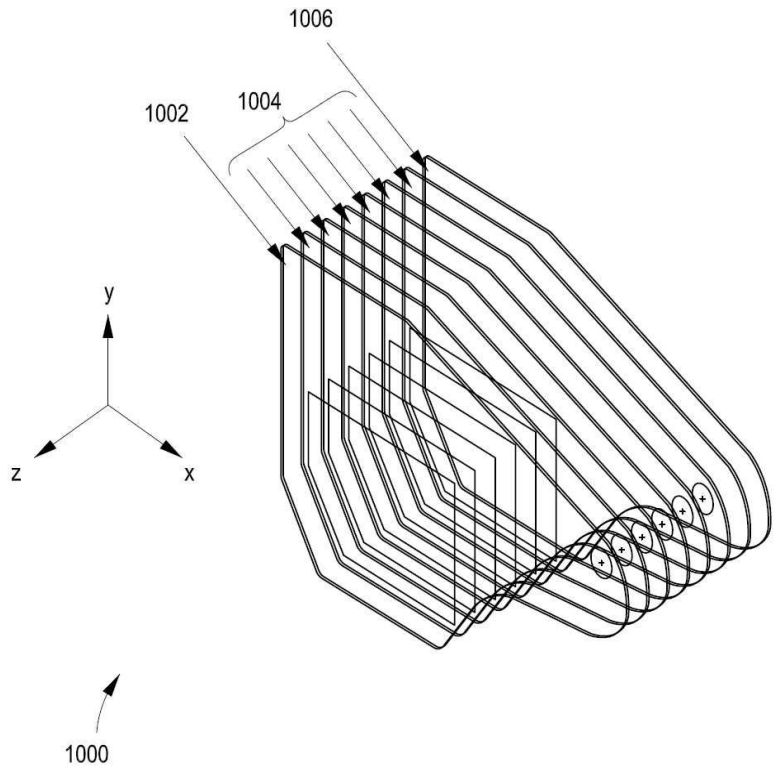
도면9b


670
680
690
820
810
800
790
780
770
9A
710
720
700
730
750
740
660
9A

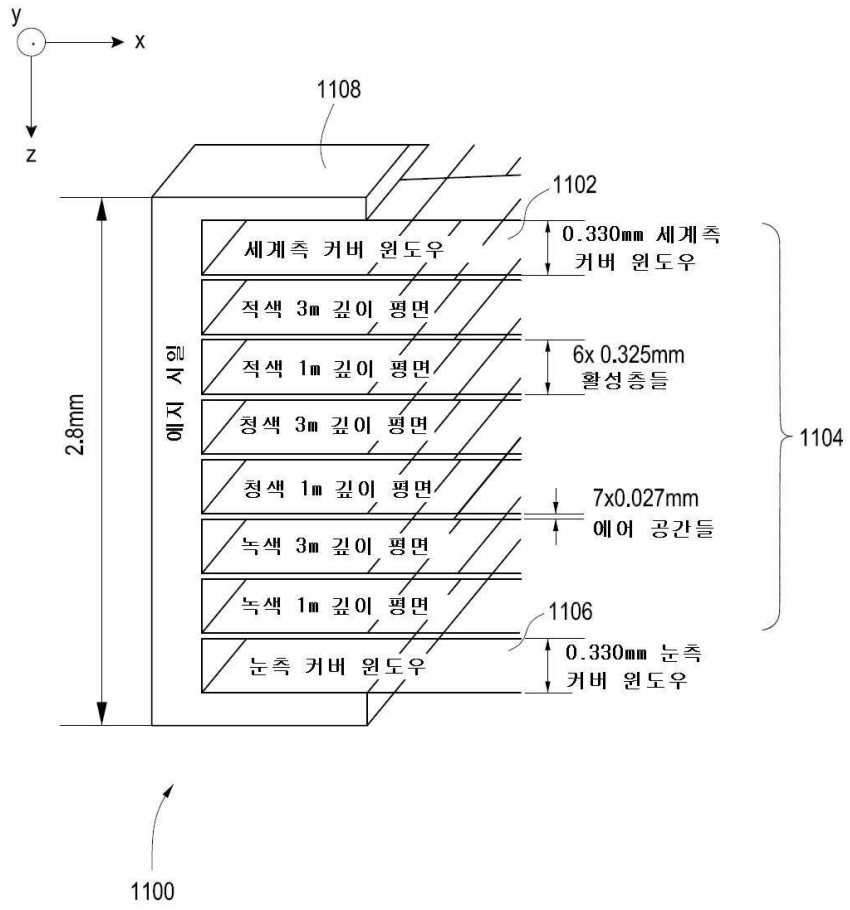
도면9c


660
800, 810, 820
670, 680, 690
700
720
710
730, 740, 750

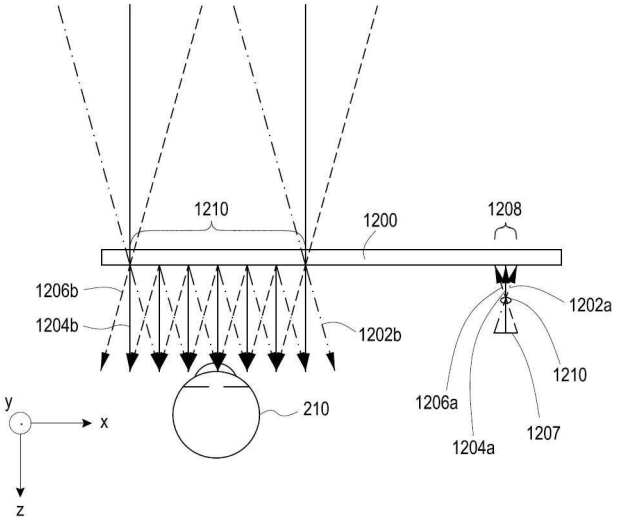
도면10


1006
1004
1002
y
z
x
1000

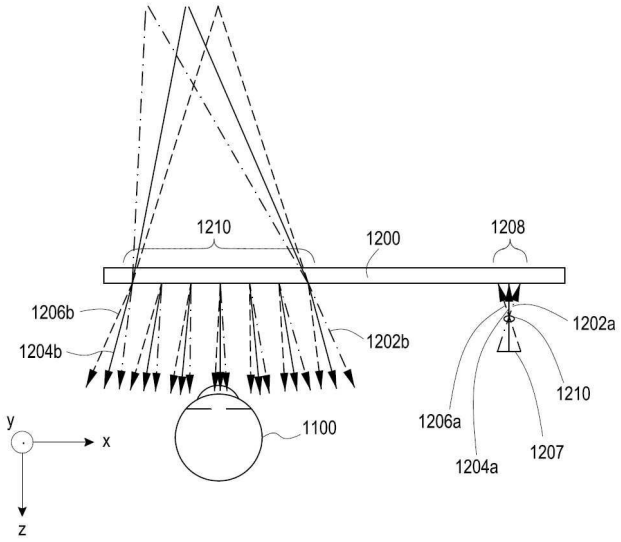
도면11


y
x
z
1108
1102
세계측 커버 윈도우
0.330㎜ 세계측 커버 윈도우
적색 3㎝ 깊이 평면
적색 1㎝ 깊이 평면
6x 0.325mm 활성층들
청색 3㎝ 깊이 평면
청색 1㎝ 깊이 평면
7x0.027mm 에어 공간들
녹색 3㎝ 깊이 평면
녹색 1㎝ 깊이 평면
1106
눈측 커버 윈도우
0.330㎜ 눈측 커버 윈도우
2.8mm
에지 사일
1104
1100

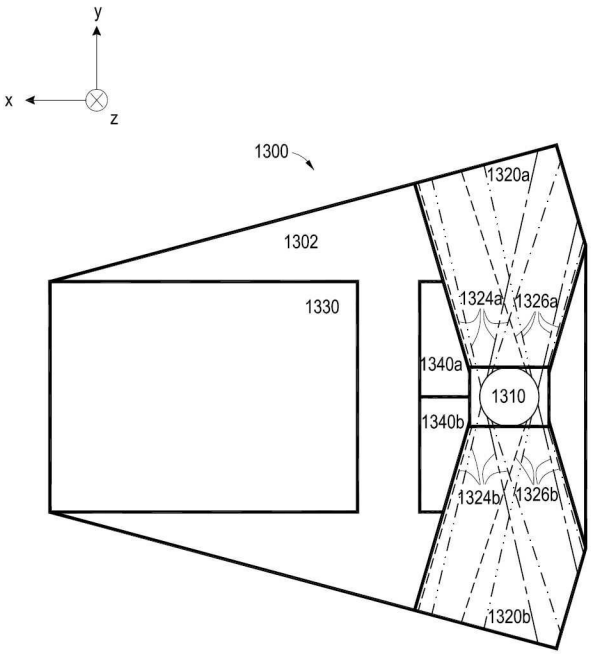
도면12a


1210
1200
1208
1206b
1204b
1202b
1202a
1210
1206a
1207
1204a
210
y
x
z

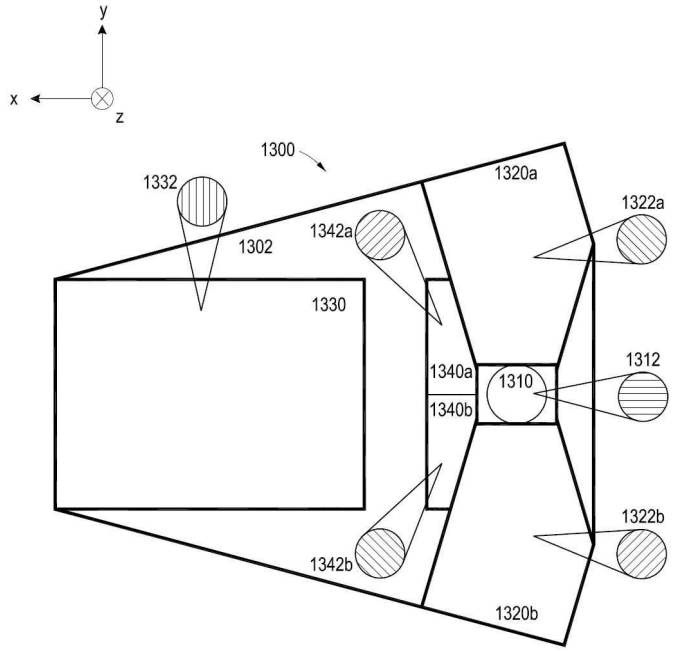
도면12b


1210
1200
1208
1206b
1204b
1202b
1202a
1210
1206a
1204a
1207
1100
y
x
z

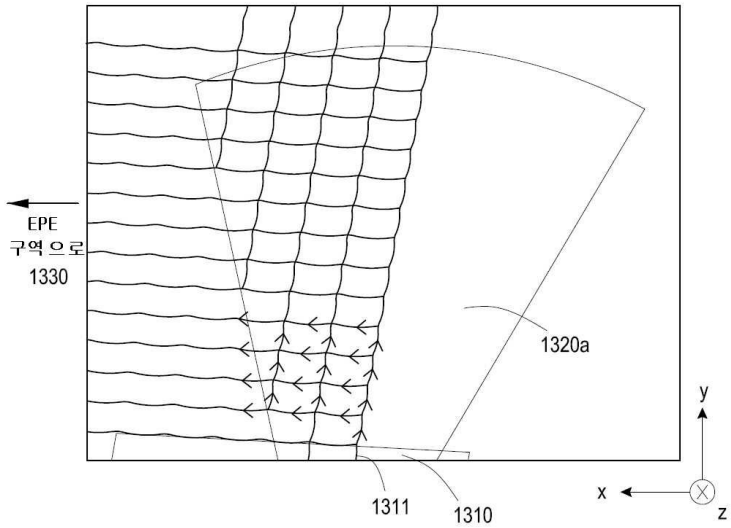
도면13a


y
x
z
1300
1320a
1302
1330
1324a
1326a
1340a
1310
1340b
1324b
1326b
1320b

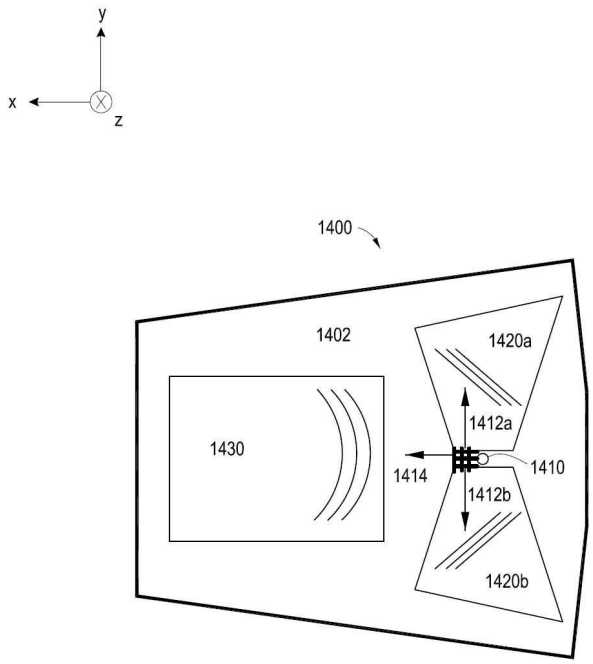
도면13b


y
x
z
1300
1332
1320a
1322a
1342a
1302
1330
1340a
1310
1312
1340b
1322b
1342b
1320b

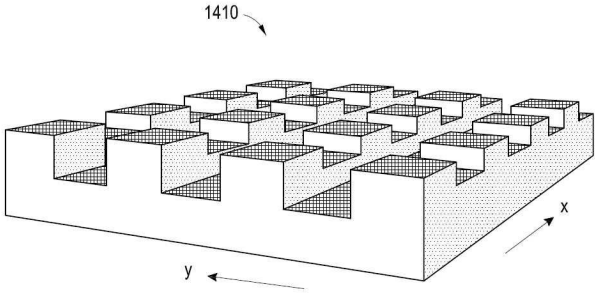
도면13c


EPE
구역으로
1330
1320a
y
x
z
1311
1310

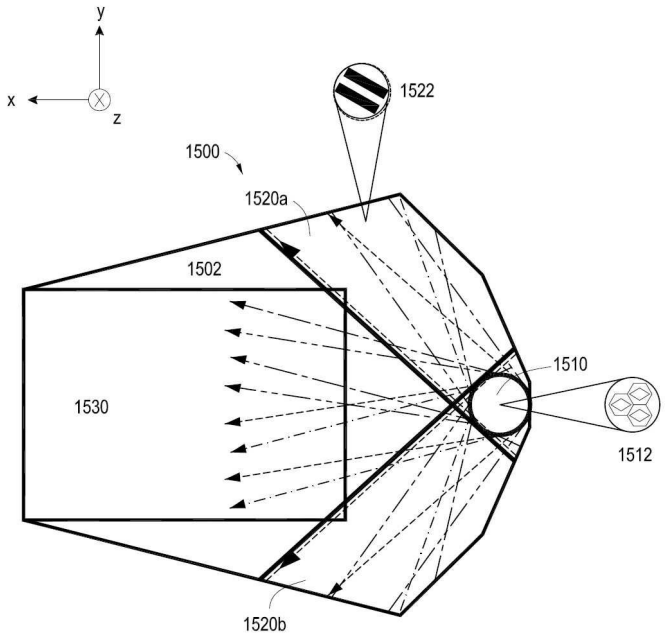
도면14a



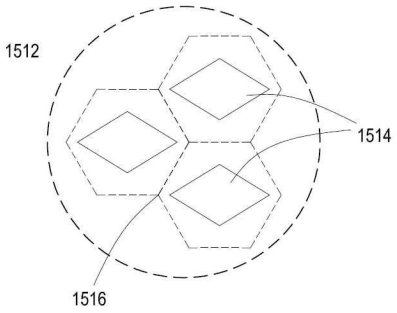
도면14b



도면15a



도면15b



도면15c

