(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월27일
(11) 등록번호 10-2699560
(24) 등록일자 2024년08월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/34 (2006.01) *F21V 8/00* (2016.01)
F21Y 113/10 (2016.01) *G02B 27/00* (2020.01)
G02B 27/01 (2006.01) *G02B 6/10* (2022.01)
G02F 1/1343 (2006.01) *G02F 1/29* (2006.01)
H04N 9/31 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/34 (2013.01)
G02B 27/0093 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7030458
(22) 출원일자(국제) 2018년03월20일
심사청구일자 2021년03월11일
(85) 번역문제출일자 2019년10월16일
(65) 공개번호 10-2019-0126408
(43) 공개일자 2019년11월11일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/023425
(87) 국제공개번호 WO 2018/175488
국제공개일자 2018년09월27일
(30) 우선권주장
62/474,529 2017년03월21일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020010067116 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
매직 립, 인코포레이티드
미국 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500 (우: 33322)
(72) 발명자
오, 철우
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500
파티반, 비크
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 불러바드 7500
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

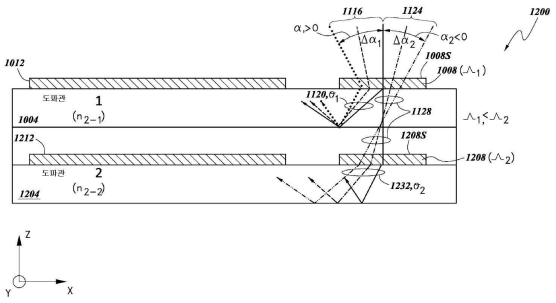
전체 청구항 수 : 총 21 항 심사관 : 김대용

(54) 발명의 명칭 **결합된 시야에 대한 상이한 회절 격자들을 갖는 스택된 도파관들**

(57) 요 약

일 양상에서, 광학 디바이스는 포개어지게 형성된 복수의 도파관들 — 개개의 회절 격자들이 복수의 도파관들에 형성됨 — 을 포함하고, 개개의 회절 격자들은 개개의 회절 격자들에 입사된 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되어, 개개의 도파관들로 회절된 가시광이 개개의 도파관들 안에서 전파된다. 개개의 회절 격자들은 개개의 FOV(field of view)들 내에서 개개의 도파관들에 입사된 가시광을 개개의 도파관들의 층 법선 방향들에 대해 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성된다. 개개의 FOV들은, 복수의 도파관들이 개개의 FOV들 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV 내에서 가시광을 회절시키도록 구성되도록 한다.

대 표 도 - 도12a



(52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 27/0189 (2013.01)
G02B 6/0016 (2013.01)
G02B 6/0076 (2013.01)
G02B 6/10 (2022.01)
G02F 1/134309 (2021.01)
G02F 1/292 (2013.01)
H04N 9/3129 (2013.01)
F21Y 2113/10 (2023.05)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020150071612 A*
KR1020150097634 A*
US20050253112 A1*
US20140140654 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

광학 디바이스로서,

포개어지게 형성된 복수의 도파관들을 포함하며, 상기 복수의 도파관들의 개개의 상부 표면들 상에 개개의 회절 격자들이 형성되고,

상기 개개의 회절 격자들은 상기 개개의 회절 격자들에 입사된 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되어, 상기 개개의 도파관들로 회절된 가시광이 상기 개개의 도파관들 안에서 전파되며,

상기 개개의 회절 격자들은, 개개의 FOV(field of view)들 내에서 상기 개개의 도파관들로 입사된 동일한 컬러 범위의 하나 이상의 파장들을 갖는 가시광을, 상기 개개의 도파관들의 층 법선 방향들(layer normal direction)에 대해 상기 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되고,

상기 개개의 FOV들은 상기 개개의 도파관들로 입사된 가시광의 상이한 입사각 범위들에 대응하며, 상기 개개의 FOV들은 상기 복수의 도파관들이 상기 개개의 FOV들 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV를 갖도록 하는,

광학 디바이스.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 복수의 도파관들은, 굴절률이 상기 개개의 회절 격자들의 유효 굴절률보다 더 작은 재료로 형성되어, 상기 개개의 도파관들로 회절된 가시광은 내부 전반사 하에서 상기 개개의 도파관들 안에서 전파되는,

광학 디바이스.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 복수의 도파관들은 스택된 어레인지먼트를 가지며, 내부 전반사 하에서 실질적으로 평행한 방향들로 상기 가시광을 전파하도록 구성되는,

광학 디바이스.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 개개의 회절 격자들 중 상이한 회절 격자들은 상기 층 법선 방향들에 수직인 측방향으로 서로 오버랩핑하도록 배치되는,

광학 디바이스.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 개개의 FOV들 중 상이한 FOV들은 상기 개개의 FOV들 중 상이한 FOV들의 합(sum)에 기반하여 20%를 초과하여 오버랩핑하지 않는,

광학 디바이스.

청구항 6

제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 도파관들은 제1 도파관 및 제2 도파관을 포함하고,

상기 제1 도파관의 상부 표면 상에 제1 회절 격자가 형성되며, 상기 제1 회절 격자는 상기 제1 회절 격자에 입사된 가시광을 부분적으로 회절시키고 부분적으로 투과시키도록 구성되고,

상기 제2 도파관의 상부 표면 상에 제2 회절 격자가 형성되며, 상기 제2 회절 격자는 상기 제2 회절 격자에 입사된, 상기 제1 회절 격자로부터의 상기 투과된 가시광을 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성되는,

광학 디바이스.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자 및 상기 제2 회절 격자는 상이한 주기들을 갖고, 동일한 컬러를 갖지만 상이한 파장들을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성되는,

광학 디바이스.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자 및 상기 제2 회절 격자는 실질적으로 동일한 주기들을 갖고, 실질적으로 동일한 파장을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성되는,

광학 디바이스.

청구항 9

삭제

청구항 10

제6 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자는 제1 주기를 가지며 그리고 제1 파장을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성되고,

상기 제2 회절 격자는 제2 주기를 가지며 그리고 제2 파장을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성되고,

상기 제1 파장은 상기 제2 파장과 비교하여 더 짧은,

광학 디바이스.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자는 제1 FOV 내에서 상기 제1 회절 격자에 입사된, 상기 제1 파장을 갖는 가시광을 부분적으로 회절시키고, 그리고 제2 FOV 내에서 상기 제1 회절 격자에 입사된 상기 제1 파장을 갖는 가시광을 부분적으로 투과시키도록 구성되며,

상기 제2 회절 격자는, 상기 제1 회절 격자를 통해 부분적으로 투과된 상기 제1 파장을 갖는 가시광을 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성되는,

광학 디바이스.

청구항 13

삭제

청구항 14

제12 항에 있어서,

제3 도파관을 더 포함하며,

상기 제3 도파관의 상부 표면 상에, 제3 주기를 가지며 그리고 제3 파장을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성된 제3 회절 격자가 형성되고,

상기 제2 파장은 상기 제3 파장과 비교하여 더 짧은,

광학 디바이스.

청구항 15

제14 항에 있어서,

상기 제2 회절 격자는, 상기 제2 파장을 갖는 가시광을 적어도 부분적으로 투과시키도록 구성되고,

상기 제3 회절 격자는, 상기 제2 회절 격자로부터 상기 제2 파장을 갖는 부분적으로 투과된 가시광을 상기 제2 FOV 내에서 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성되는,

광학 디바이스.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자 및 상기 제2 회절 격자는 상기 제3 파장을 갖는 가시광을 실질적으로 투과시키도록 구성되고,

상기 제3 회절 격자는, 상기 제1 회절 격자 및 상기 제2 회절 격자를 통해 투과되는, 상기 제3 파장을 갖는 가시광을 상기 제1 FOV 내에서 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성되는,

광학 디바이스.

청구항 17

광학 시스템으로서,

제1 도파관 - 상기 제1 도파관의 상부 표면 상에 제1 회절 격자가 형성되며, 상기 제1 회절 격자는 제1 주기를 가지고 그리고 제1 FOV 내에서 상기 제1 도파관에 입사된, 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성됨 -; 및

제2 도파관 - 상기 제2 도파관의 상부 표면 상에 제2 회절 격자가 형성되며, 상기 제2 회절 격자는 제2 주기를 가지고 그리고 제2 FOV 내에서 상기 제2 도파관에 입사된, 상기 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성됨 -

을 포함하고,

상기 제1 회절 격자 및 상기 제2 회절 격자는 개개의 FOV(field of view)들 내에서 상기 제1 컬러를 갖는 광을 개개의 도파관들의 층 법선 방향들에 대해 상기 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되고,

상기 개개의 FOV들은 상기 개개의 도파관들로 입사된 광의 상이한 입사각 범위들에 대응하며, 상기 개개의 FOV들은, 상기 제1 도파관 및 상기 제2 도파관이 상기 제1 FOV 및 상기 제2 FOV 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV를 갖도록 하는,

광학 시스템.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 제1 도파관 및 상기 제2 도파관은 스택된 구성이고,

상기 제1 도파관은 상기 제2 도파관에 앞서 상기 제1 컬러를 갖는 광을 수신하도록 구성되며, 상기 제1 주기는 상기 제2 주기보다 더 짧은,

광학 시스템.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 제2 회절 격자는, 상기 제1 컬러를 갖는 광을 실질적으로 회절시키지 않고 상기 제1 회절 격자를 통해 실질적으로 투과시킨 후에 상기 제2 FOV 내에서 회절시키도록 구성되는,

광학 시스템.

청구항 20

제19 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자는, 제2 컬러를 갖는 광을 실질적으로 회절시키지 않고 상기 제1 회절 격자를 통해 실질적으로 투과시키도록 구성되고,

상기 제2 컬러를 갖는 광은 상기 제1 컬러를 갖는 광과 비교하여 더 긴 파장을 갖는,

광학 시스템.

청구항 21

제20 항에 있어서,

상기 제2 회절 격자는, 상기 제2 도파관에서 안내되도록 상기 제2 FOV 내에서 상기 제2 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성되는,

광학 시스템.

청구항 22

제17 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자 및 상기 제2 회절 격자 각각은 CLC(cholesteric liquid crystal) 층을 포함하는,

광학 시스템.

청구항 23

제22 항에 있어서,

상기 CLC 층은 복수의 키랄 구조들(chiral structures)을 포함하고, 각각의 키랄 구조는 적어도 나선형 피치(helical pitch)만큼 층 깊이 방향으로 연장되고 제1 회전 방향으로 연속적으로 회전되는 복수의 액정 분자들을 포함하며,

상기 나선형 피치는 상기 제1 회전 방향으로의 완전한 일 회전에 의한 상기 키랄 구조들의 액정 분자들의 순(net) 회전 각도에 대응하는 상기 층 깊이 방향의 길이이고,

상기 키랄 구조들의 상기 액정 분자들의 어레인지먼트들은 상기 층 깊이 방향에 수직인 측방향으로 주기적으로 변하는,

광학 시스템.

청구항 24

제23 항에 있어서,

각각의 키랄 구조는, 상이한 연장 방향들(elongation directions)을 따라 연장되는 적어도 3개의 막대형(calamitic) 액정 분자들을 포함하는,

광학 시스템.

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 출원은 2017년 3월 21일에 출원되고, 명칭이 "STACKED WAVEGUIDES HAVING DIFFERENT DIFFRACTION GRATINGS FOR COMBINED FIELD OF VIEW"인 미국 가특허 출원 제62/474,529호를 우선권으로 주장하며, 상기 출원은 전체적으로 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0002] [0002] 본 개시내용은 디스플레이 시스템들에 관한 것이며, 더 상세하게는 콜레스테릭 액정에 기반한 회절 디바이스들을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] [0003] 현대 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 소위 "가상 현실" 또는 "증강 현실" 경험들을 위한 시스템들의 개발을 가능하게 하였고, 여기서 디지털적으로 재생된 이미지들 또는 이미지들의 부분들이, 그들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 지각될 수 있는 방식으로 사용자에게 제시된다. 가상 현실, 또는 "VR" 시나리오는 통상적으로 다른 실제 실세계 시각적 입력에 대한 투명성(transparency) 없는 디지털 또는 가상 이미지 정보의 프리젠테이션(presentation)을 수반하고; 증강 현실, 또는 "AR" 시나리오는 통상적으로 사용자 주위 실제 세계의 시각화에 대한 증강으로서 디지털 또는 가상 이미지 정보의 프리젠테이션을 수반한다. 혼합 현실, 또는 "MR" 시나리오는 AR 시나리오의 타입이고 통상적으로 자연 세계에 통합되고 이에 응답하는 가상 객체들을 수반한다. 예컨대, MR 시나리오는 실세계의 객체들에 의해 차단되는 것으로 보이거나 그렇지 않으면 이 객체들과 상호작용하는 것으로 지각되는 AR 이미지 콘텐츠를 포함할 수 있다.

[0004] [0004] 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(10)이 묘사된다. AR 기술의 사용자는 배경 내의 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(30)을 특징으로 하는 실세계 공원형 세팅(20)을 본다. 사용자는 또한, 자신이 "가상 콘텐츠", 이를테면 실세계 플랫폼(30)에 서 있는 로봇 동상(40), 및 호박벌의 의인화인 것으로 보이는 날고 있는 만화형 아바타 캐릭터(50)를 "보는" 것을 지각한다. 이들 엘리먼트들(50, 40)은, 이들이 실세계에 존재하지 않는다는 점에서 "가상"이다. 인간 시각 지각 시스템이 복잡하기 때문에, 다른 가상 또는 실세계 이미저리(imagery) 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편안하고, 자연스럽고, 풍부한 프리젠테이션을 가능하게 하는 AR 기술을 만들어내는 것은 난제이다.

[0005] [0005] 본원에 개시된 시스템들 및 방법들은 VR 및 AR 기술에 관련된 다양한 난제들을 처리한다.

발명의 내용

[0006] [0006] 제1 양상에서, 광학 디바이스는 포개어지게 형성된 복수의 도파관들 — 개개의 회절 격자들이 복수의 도파관들에 형성됨 — 을 포함하고, 개개의 회절 격자들은 개개의 회절 격자들에 입사된 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되어, 개개의 도파관들로 회절된 가시광이 개개의 도파관들 안에서 전파된다. 개개의 회절 격자들은 개개의 FOV(field of view)들 내에서 개개의 도파관들에 입사된 가시광을 개개의 도파관들로 개개의 도파관들의 층 법선 방향들(layer normal direction)에 대해 회절시키도록 구성된다. 개개의 FOV들은, 복수의 도파관들이 개개의 FOV들 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV 내에서 가시광을 회절시키도록 구성되도록 한다.

[0007] [0007] 제2 양상에서, 광학 시스템은 제1 도파관 — 제1 회절 격자가 제1 도파관에 형성됨 — 을 포함한다. 제1 회절 격자는 제1 주기를 갖고, 제1 FOV 내에서 제1 도파관에 입사된, 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 광학 시스템은 부가적으로 제2 도파관 — 제2 회절 격자가 제2 도파관에 형성됨 — 을 포함한다. 제2 회절 격자는 제2 주기를 갖고, 제2 FOV 내에서 제2 도파관에 입사된, 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자는 개개의 FOV(field of view)들 내에서 제1 컬러를 갖는 광을 개개의 도파관들의 층 법선 방향들에 대해 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성된다. 개개의 FOV들은, 제1 도파관 및 제2 도파관이 제1 FOV 및 제2 FOV 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV 내에서 제1 컬러를 갖는 가시광을 회절시키도록 구성되도록 한다.

[0008] [0008] 제3 양상에서, 디스플레이 디바이스는 제1 도파관 — 액정들을 포함하는 제1 회절 격자가 제1 도파관에 형성됨 — 을 포함하고, 제1 회절 격자는 제1 회절 격자에 입사된 제1 컬러를 갖는 광의 부분을 제1 도파관으로

회절시키도록 구성된다. 제1 회절 격자는 추가적으로 제1 회절 격자에 입사된 제1 컬러를 갖는 광의 부분을 제1 회절 격자를 통해 통과시키도록 구성된다. 제1 회절 격자는 제2 컬러를 갖는 광을 제1 회절 격자를 통해 통과시키도록 추가로 구성된다. 디스플레이 디바이스는 추가적으로 제2 도파관 – 액정들을 포함하는 제2 회절 격자가 제2 도파관에 형성됨 – 을 포함하고, 제2 회절 격자는 제2 컬러를 갖는 광을 제2 도파관으로 회절시키도록 구성된다. 제2 회절 격자는 제1 회절 격자를 통해 통과한 제1 컬러를 갖는 광의 부분을 제2 도파관으로 회절시키도록 추가로 구성된다.

[0009] [0009] 제4 양상에서, 머리-장착 디스플레이 디바이스는 증강 현실 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 광을 사용자의 눈으로 투사하도록 구성된다. 머리-장착 디스플레이 디바이스는 사용자의 머리 상에서 지지되도록 구성된 프레임을 포함한다. 머리-장착 디스플레이 디바이스는 추가적으로 프레임 상에 배치된 디스플레이를 포함한다. 디스플레이의 적어도 일부는 복수의 도파관들을 포함한다. 도파관들은 투명하고, 투명한 부분이 사용자 앞의 환경의 부분으로부터의 광을 사용자의 눈으로 투과시켜 사용자 앞의 환경의 부분의 뷰를 제공하도록, 사용자가 머리-장착 디스플레이 디바이스를 착용할 때, 사용자의 눈 앞의 위치에 배치된다. 디스플레이는 하나 이상의 광원들, 및 광원들로부터의 광을 디스플레이의 도파관들에 커플링하도록 구성된 디스플레이의 복수의 회절 격자들을 더 포함한다. 디스플레이 내의 도파관들 및 회절 격자들은 제1 양상 내지 제3 양상 중 어느 한 양상에 따른 도파관들 및 회절 격자들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] [0010] 도 1은 AR(augmented reality) 디바이스를 통한 AR의 사용자의 뷰를 예시한다.

[0011] [0011] 도 2는 웨어러블 디스플레이 시스템의 예를 예시한다.

[0012] [0012] 도 3은 사용자에 대한 3차원 이미저리(imagery)를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다.

[0013] [0013] 도 4는 다수의 깊이 평면들을 사용하여 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다.

[0014] [0014] 도 5a-5c는 곡률의 반경과 초점 반경 사이의 관계들을 예시한다.

[0015] [0015] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택(stack)의 예를 예시한다.

[0016] [0016] 도 7은 도파관에 의해 출력된 출사(exit) 빔들의 예를 예시한다.

[0017] [0017] 도 8은, 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다.

[0018] [0018] 도 9a는 인-커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 세트의 예의 측단면도를 예시한다.

[0019] [0019] 도 9b는 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다.

[0020] [0020] 도 9c는 도 9a 및 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다.

[0021] [0021] 도 10은 도파관의 수용 각도($\Delta\alpha$)를 도시하는 회절 격자가 그 위에 배치된 도파관의 단면도를 예시한다. 수용 각도는 본원에서 FOV(field of view)로 지칭될 수 있다.

[0022] [0022] 도 11은 일부 실시예들에 따른, 개개의 회절 격자들이 그 위에 배치된 스택된 도파관들을 포함하는 디스플레이 디바이스의 단면도를 예시하고, 여기서 스택은 컴포넌트 도파관들의 수용 각도들 또는 FOV(field of view)들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$)보다 더 큰 어그리게이트 수용 각도 또는 FOV(field of view)($\Delta\alpha_{tot}$)를 갖는다.

[0023] [0023] 도 12a 및 12b는 일부 실시예들에 따른, 상이한 주기들을 갖는 개개의 회절 격자들이 그 위에 형성된 스택된 도파관들을 포함하는 디스플레이 디바이스의 단면도들을 예시하고, 여기서 스택은 컴포넌트 도파관들의 수용 각도들 또는 FOV(field of view)들보다 더 큰 어그리게이트 수용 각도 또는 결합된 유효 FOV(field of view)를 갖는다. 게다가, 2개의 파장들(예컨대, 2개의 컬러들)에 대해 동작되는 제2 도파관은 일부 경우들에서 필요한 도파관들의 수를 잠재적으로 감소시킴으로써 더 콤팩트한 설계를 제공한다.

[0024] [0024] 도 13a는 도 12a 및 12b에 예시된 디스플레이 디바이스의 컴포넌트 도파관들 중 하나의 개략도, 및 제1 시야에 대응하는 결과적인 이미지를 예시하고, 여기서 컴포넌트 도파관들 중 하나는 제1 주기를 갖는다.

[0025] 도 13b는 도 12a 및 12b에 예시된 디스플레이 디바이스의 컴포넌트 도파관들 중 하나의 개략도, 및 제2 시야에 대응하는 결과적인 이미지를 예시하고, 여기서 컴포넌트 도파관들 중 하나는 제2 주기를 갖는다.

[0026] 도 13c는 도 12a 및 12b에 예시된 디스플레이 디바이스의 스택된 도파관들의 개략도, 및 개별적으로 제1 및 제2 시야들보다 더 큰 결합된 또는 어그리게이트 시야에 대응하는 결과적인 이미지를 예시한다.

[0027] 도 14a 및 14b는 일부 실시예들에 따른, 상이한 주기들을 갖는 개개의 회절 격자들이 그 위에 형성된 스택된 도파관들을 포함하는 디스플레이 디바이스들의 단면도들을 예시하고, 여기서 회절 격자들의 쌍들은 컴포넌트 도파관들의 FOV(field of view)들보다 더 큰 결합된 또는 어그리게이트 FOV(field of view)를 제공한다. 추가적으로, 다수의 컬러들에 대해 동작되는 도파관들 중 일부는 도파관들의 수를 잠재적으로 감소시킴으로써 증가된 콤팩트함을 제공한다.

[0028] 도 15는 축외(off-axis) 입사 각도에서 브래그 반사(Bragg reflection)를 위한 회절 격자로서 구성된 CLC(cholesteric liquid crystal) 층의 단면도를 예시한다.

[0029] 도 16a는 제1 나선형 피치(helical pitch)를 갖고, 제1 축외 입사 각도에서 브래그-반사를 위한 회절 격자로서 구성된 CLC 층의 단면도를 예시한다.

[0030] 도 16b는 제2 나선형 피치를 갖고, 제2 축외 입사 각도에서 브래그-반사를 위한 회절 격자로서 구성된 CLC 층의 단면도를 예시한다.

[0031] 도 17은 CLC 회절 격자가 그 위에 형성되고 내부 전반사(TIR)에 의해 광을 전파하도록 구성된 도파관을 예시한다.

[0032] 도 18a는 CLC 회절 격자가 그 위에 형성되고 내부 전반사(TIR)에 의해 파장을 갖는 광을 선택적으로 전파하도록 구성된 도파관을 예시한다.

[0033] 도 18b는 동일한 광학 경로의 2개의 도파관들을 예시하고, 여기서 각각의 도파관은 CLC 회절 격자가 그 위에 형성되고 내부 전반사(TIR)에 의해 파장을 갖는 광을 선택적으로 전파하도록 구성된 다.

[0034] 도 18c는 동일한 광학 경로의 3개의 도파관들을 예시하고, 이들 각각은 CLCG에 커플링된 도파관을 포함하고 내부 전반사(TIR)에 의해 파장을 갖는 광을 선택적으로 전파하도록 구성된 다.

[0035] 도면들 전체에 걸쳐, 참조 번호들은 참조된 엘리먼트들 사이의 대응성(correspondence)을 표시하는 데 재사용 될 수 있다. 도면들은 본원에서 설명된 예시적인 실시예들을 예시하기 위해 제공되며 본 개시내용의 범위를 제한하려는 의도는 아니다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] [0036] AR 시스템들은, 사용자가 그들 주변 세계를 보도록 여전히 허용하면서, 가상 콘텐츠를 사용자 또는 뷰어에 디스플레이할 수 있다. 바람직하게는, 이 콘텐츠는, 이미지 정보를 사용자의 눈들에 투사하는, 예컨대, 안경류의 부분으로서, 머리-장착 디스플레이 상에 디스플레이된다. 게다가, 디스플레이는 또한 주변 환경의 뷰를 허용하기 위해 주변 환경으로부터의 광을 사용자의 눈들에 전송할 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, "머리-장착" 디스플레이가 뷰어의 머리에 장착될 수 있는 디스플레이인 것이 인지될 것이다.

[0012] [0037] 도 2는 웨어러블 디스플레이 시스템(60)의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(60)은 디스플레이(70), 및 그 디스플레이(70)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계적 및 전자적 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(70)는 디스플레이 시스템 사용자 또는 뷰어(90)에 의해 착용가능하고 그리고 사용자(90)의 눈들의 전면에 디스플레이(70)를 포지셔닝하도록 구성된 프레임(80)에 커플링될 수 있다. 디스플레이(70)는 일부 실시예들에서 안경류로 고려될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(100)는 프레임(80)에 커플링되고 사용자(90)의 외이도에 인접하게 포지셔닝되도록 구성된다(일부 실시예들에서, 도시되지 않은 다른 스피커가 선택적으로 사용자의 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/성형가능 사운드 제어를 제공할 수 있음). 디스플레이 시스템은 또한 하나 이상의 마이크로폰들(110) 또는 사운드를 검출하기 위한 다른 디바이스들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로폰은 사용자가 입력들 또는 커맨드들(예컨대, 음성 메뉴 커맨드들, 자연어 질문들 등의 선택)을 시스템(60)에 제공하게 하도록 구성되고 그리고/또는 다른 사람들(예컨대, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들)과 오디오 통신을 허용할 수 있다. 마이크로폰은 추가로 오디오 데이터(예컨대, 사용자 및/또는 환경으로부터의 사운드들)를 수집하도록 주변 센서로서 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 또한 주변 센서(120a)를 포함할 수 있고, 주변 센서(120a)는 프레임(80)으로부터 분리되고 사

용자(90)의 몸체에(예컨대, 사용자(90)의 머리, 몸통, 손발 등 상에) 부착될 수 있다. 주변 센서(120a)는 일부 실시예들에서 사용자(90)의 생리학적 상태를 특징으로 하는 데이터를 획득하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 센서(120a)는 전극일 수 있다.

[0013] [0038] 도 2를 계속 참조하면, 디스플레이(70)는 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 이를테면 프레임(80)에 고정되게 부착되거나, 사용자에 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정되게 부착되거나, 헤드폰들에 임베딩되거나, 그렇지 않으면 사용자(90)에게 제거가능하게 부착되는(예컨대, 백팩(backpack)-스타일 구성으로, 벨트-커플링 스타일 구성으로) 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)에, 통신 링크(130), 이를테면 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해 동작가능하게 커플링된다. 유사하게, 센서(120a)는 통신 링크(120b), 예컨대 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해 로컬 프로세서 및 데이터 모듈(140)에 동작가능하게 커플링될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 하드웨어 프로세서뿐 아니라, 디지털 메모리 이를테면 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브들)를 포함할 수 있고, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 돕는 데 활용될 수 있다. 데이터는 a) (예컨대 프레임(80)에 동작가능하게 커플링되거나 그렇지 않으면 사용자(90)에게 부착될 수 있는) 센서들, 이를테면 이미지 캡처 디바이스들(이를테면 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스(compass)들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 자이로(gyro)들 및/또는 본원에 개시된 다른 센서들로부터 캡처되고; 그리고/또는 b) 원격 프로세싱 모듈(150) 및/또는 원격 데이터 저장소(160)를 사용하여 획득 및/또는 프로세싱되고, 이러한 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 가능하게 디스플레이(70)에 전달되는 데이터(가상 콘텐츠에 관련된 데이터를 포함함)를 포함한다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 통신 링크들(170, 180)에 의해, 이를테면 유선 또는 무선 통신 링크들을 통하여, 원격 프로세싱 모듈(150) 및 원격 데이터 저장소(160)에 동작가능하게 커플링될 수 있어서, 이들 원격 모듈들(150, 160)은 서로 동작가능하게 커플링되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)에 대한 리소스들로서 이용가능하다. 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 경로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)과 통신하는 독립형 구조들일 수 있다.

[0014] [0039] 도 2를 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, 원격 프로세싱 모듈(150)은 데이터 및/또는 이미지 정보를 분석 및 프로세싱하도록 구성된 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 "클라우드" 리소스 구성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통하여 이용가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 설비를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 하나 이상의 원격 서버들을 포함할 수 있고, 상기 원격 서버들은 정보, 예컨대 증강 현실 콘텐츠를 생성하기 위한 정보를 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(150)에 제공한다. 일부 실시예들에서, 모든 데이터가 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에 저장되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 모든 컴퓨테이션(computation)들이 수행되어, 원격 모듈로부터의 완전히 자율적인 사용이 허용된다.

[0015] [0040] 이제 도 3을 참조하면, "3차원" 또는 "3D"인 것으로서 이미지의 지각은 뷰어의 각각의 눈에 이미지의 약간 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 도 3은 사용자에 대한 3차원 이미저리(imagery)를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 2개의 별개의 이미지들(190, 200)(각각의 눈(210, 220)에 대해 하나씩)은 사용자에게 출력된다. 이미지들(190 및 200)은 뷰어의 시선과 평행한 광학 또는 z-축을 따라 거리(230) 만큼 눈들(210 및 220)로부터 이격된다. 이미지들(190 및 200)은 평탄하고 눈들(210 및 220)은 단일 원근조절된 상태를 취함으로써 이미지들 상에 초점을 맞출 수 있다. 이러한 3D 디스플레이 시스템들은 결합된 이미지에 대한 깊이 및/또는 스케일(scale)의 지각을 제공하기 위해 이미지들(190, 200)을 결합하기 위한 인간 시각 시스템에 의존한다.

[0016] [0041] 그러나, 인간 시각 시스템이 더 복잡하고 깊이의 현실적인 지각을 제공하는 것이 더 난제라는 것이 인식될 것이다. 예컨대, 종래의 "3D" 디스플레이 시스템들의 많은 뷰어들은 이러한 시스템들이 불편하다고 여기거나 깊이 감을 전혀 지각하지 못할 수 있다. 이론에 의해 제한되지 않고, 객체의 뷰어들이 이접운동 및 원근조절의 결합으로 인해 객체를 "3차원"인 것으로 지각할 수 있다는 것이 믿어진다. 서로에 대해 2개의 눈들의 이접운동 움직임들(즉, 객체 상에 고정시키도록 눈들의 시선들을 수렴하기 위하여 서로를 향해 또는 서로 멀어지게 동공이 움직이도록 하는 눈들의 회전)은 눈들의 렌즈들 및 동공들의 포커싱(또는 "원근조절")과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들 하에서, 하나의 객체로부터 상이한 거리에 있는 다른 객체로 초점을 변화시키기 위하여, 눈들의 렌즈들의 초점을 변화시키거나, 또는 눈들의 원근을 조절하는 것은 "원근조절-이접운동 반사(accommodation-vergence reflex)"로서 알려진 관계 하에서, 동일한 거리로의 이접운동의 매칭 변화뿐 아니라

동공 팽창 또는 수축을 자동으로 유발할 것이다. 마찬가지로, 이접운동의 변화는 정상 조건들 하에서, 렌즈 형상 및 동공 사이즈의 원근 조절의 매칭 변화를 트리거할 것이다. 본원에서 주목된 바와 같이, 많은 스테레오스코픽(stereoscopic) 또는 "3D" 디스플레이 시스템들은, 3차원 조망이 인간 시각 시스템에 의해 지각되도록 각각의 눈에 약간 상이한 프리젠테이션들(및, 따라서, 약간 상이한 이미지들)을 사용하여 장면을 디스플레이한다. 그러나, 이러한 시스템들은 많은 뷰어들에게 불편한데, 그 이유는 여러 가지 것들 중에서, 이러한 시스템들이 단순히 장면의 상이한 프리젠테이션들을 제공하지만, 눈들이 단일 원근조절된 상태에서 모든 이미지 정보를 보고, 그리고 "원근조절-이접운동 반사"에 대하여 작동하기 때문이다. 원근조절과 이접운동 사이의 더 양호한 매치를 제공하는 디스플레이 시스템들은 3차원 이미저리의 더 현실적이고 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0017] [0042] 도 4는 다수의 깊이 평면들을 사용하여 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 도 4를 참조하면, z-축 상에서 눈들(210 및 220)로부터 다양한 거리들에 있는 객체들은, 이들 객체들이 초점이 맞도록(in focus) 눈들(210, 220)에 의해 원근조절된다. 눈들(210 및 220)은 z-축을 따라 상이한 거리들에 있는 객체들에 초점을 맞추기 위해 특정 원근조절된 상태들을 취한다. 결과적으로, 특정 원근조절된 상태는 연관된 초점 거리와 함께, 깊이 평면들(240) 중 특정 하나의 깊이 평면과 연관되는 것으로 말해질 수 있어서, 특정 깊이 평면의 객체들 또는 객체들의 부분들은, 눈이 그 깊이 평면에 대해 원근조절된 상태에 있을 때 초점이 맞게 된다. 일부 실시예들에서, 3차원 이미저리는 눈들(210, 220)의 각각에 대해 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써, 그리고 또한 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 시뮬레이팅될 수 있다. 예시의 명확성을 위해 별개인 것으로 도시되지만, 눈들(210, 220)의 시야들이 예컨대 z-축을 따른 거리가 증가함에 따라 오버랩핑할 수 있다는 것이 인식될 것이다. 게다가, 예시의 용이함을 위해 편평한 것으로 도시되지만, 깊이 평면의 윤곽들이 물리적 공간에서 휘어질 수 있어서, 깊이 평면 내의 모든 피처들이 특정 원근조절된 상태에서 눈과 초점이 맞게 되는 것이 인식될 것이다.

[0018] [0043] 객체와 눈(210 또는 220) 사이의 거리는 또한, 그 눈에 의해 보여지는 그 객체로부터의 광의 발산량을 변화시킬 수 있다. 도 5a-5c는 광선들의 거리와 발산 사이의 관계들을 예시한다. 객체와 눈(210) 사이의 거리는 감소하는 거리의 순서로 R1, R2 및 R3으로 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 갖는다고 말할 수 있으며, 구체 파면 곡률은, 그 포인트가 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수이다. 곡률은 객체와 눈(210) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 결과적으로, 상이한 깊이 평면들에서, 광선들의 발산 정도는 또한 상이하고, 발산 정도는, 깊이 평면들과 뷰어의 눈(210) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 도 5a-5c 및 본원의 다른 도면들에서 예시의 명확성을 위해 단지 한쪽 눈(210)만이 예시되지만, 눈(210)에 대한 논의들이 뷰어의 양쪽 눈들(210 및 220)에 적용될 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0019] [0044] 이론에 의해 제한되지 않고, 인간 눈이 통상적으로 깊이 지각을 제공하기 위해 유한한 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있다는 것이 믿어진다. 결과적으로, 지각된 깊이의 매우 그럴듯한 시뮬레이션은, 눈에, 이들 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 상이한 프리젠테이션들은 뷰어의 눈들에 의해 별도로 초점이 맞춰질 수 있고, 이로써 상이한 깊이 평면 상에 위치된 장면에 대해 상이한 이미지 피처들에 초점을 맞추게 하는데 요구되는 눈의 원근 조절에 기반하여 그리고/또는 포커싱에서 벗어난 상이한 깊이 평면들 상의 상이한 이미지 피처들을 관찰하는 것에 기반하여 사용자에게 깊이 단서들을 제공하는 것을 돕는다.

[0020] [0045] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(250)은 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 사용하여 3차원 지각을 눈/뇌에 제공하기 위해 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 보여준다. 예컨대, 도파관 어셈블리(260)는 도 2의 디스플레이(70)의 부분일 수 있다. 디스플레이 시스템(250)이 일부 실시예들에서 광 필드 디스플레이로 고려될 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0021] [0046] 도 6을 계속 참조하면, 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 도파관들에 주입하는

데 활용될 수 있고, 이 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 각각은, 본원에 설명된 바와 같이, 눈(210)을 향하여 출력하도록, 각각의 개별 도파관에 걸쳐 인입 광을 분배하도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)의 출력 표면(410, 420, 430, 440, 450)에서 출사하고 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 대응하는 입력 표면(460, 470, 480, 490, 500)으로 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(460, 470, 480, 490, 500)의 각각은 대응하는 도파관의 에지일 수 있거나, 대응하는 도파관의 주 표면(즉, 세계(510) 또는 뷰어의 눈(210)을 직접 향하는 도파관 표면들 중 하나)의 부분일 수 있다. 일부 실시예들에서, 광의 단일 빔(예컨대, 시준된 빔)은 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산량들)로 눈(210)을 향하여 지향되는 복제되고 시준된 빔들의 전체 필드를 출력하기 위해 각각의 도파관으로 주입될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 하나의 이미지 주입 디바이스는 복수(예컨대, 3개)의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)과 연관되어 이들에 광을 주입할 수 있다.

[0022] [0047] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은, 각각, 대응하는 도파관(270, 280, 290, 300, 310)으로의 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(이를테면, 광섬유 케이블들)을 통하여 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)의 각각에 파이핑(pipe)할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력단들이다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)에 의해 제공된 이미지 정보가 상이한 파장들, 또는 컬러들(예컨대, 본원에 논의된 바와 같이, 상이한 컴포넌트 컬러들)의 광을 포함할 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0023] [0048] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 주입된 광은 광 투사기 시스템(520)에 의해 제공되고, 광 투사기 시스템(520)은 광 방출기, 이를테면 LED(light emitting diode)를 포함할 수 있는 광 모듈(530)을 포함한다. 광 모듈(530)로부터의 광은 빔 분할기(550)를 통해 광 변조기(540), 예컨대 공간 광 변조기로 지향되어 이에 의해 수정될 수 있다. 광 변조기(540)는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 주입된 광의 지각된 세기를 변화시키도록 구성될 수 있다. 공간 광 변조기들의 예들은 LCOS(liquid crystal on silicon) 디스플레이들을 포함하는 LCD(liquid crystal displays)를 포함한다.

[0024] [0049] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 다양한 패턴들(예컨대, 래스터(raster) 스캔, 나선형 스캔, 리사주(Lissajous) 패턴들 등)의 광을 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 및 궁극적으로 뷰어의 눈(210)으로 투사하도록 구성된 하나 이상의 스캐닝 섬유들을 포함하는 스캐닝 섬유 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 광을 하나 또는 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 주입하도록 구성된 단일 스캐닝 섬유 또는 스캐닝 섬유들의 번들(bundle)을 개략적으로 나타낼 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 복수의 스캐닝 섬유들 또는 복수의 스캐닝 섬유들의 번들들을 개략적으로 나타낼 수 있고, 상기 스캐닝 섬유들 각각은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 연관된 도파관으로 광을 주입하도록 구성된다. 하나 이상의 광섬유들이 광 모듈(530)로부터의 광을 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 전송하도록 구성될 수 있다는 것이 인식될 것이다. 하나 이상의 개재 광학 구조들이 스캐닝 섬유, 또는 섬유들과 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 사이에 제공되어, 예컨대 스캐닝 섬유를 출사하는 광을 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 방향전환시킬 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0025] [0050] 제어기(560)는 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400), 광원(530) 및 광 변조기(540)의 동작을 포함하여, 스택된 도파관 어셈블리(260) 중 하나 이상의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(560)는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(140)의 부분이다. 제어기(560)는, 예컨대 본원에 개시된 다양한 방식들 중 임의의 방식에 따라, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로의 이미지 정보의 타이밍 및 제공을 조절하는 프로그래밍(예컨대, 비-일시적 매체 내의 명령들)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 제어기는 단일 통합 디바이스, 또는 유선 또는 무선 통신 채널들에 의해 연결되는 분산형 시스템일 수 있다. 제어기(560)는 일부 실시예들에서 프로세싱 모듈들(140 또는 150)(도 2)의 부분일 수 있다.

[0026] [0051] 도 6을 계속 참조하면, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 TIR(total internal reflection: 내부 전반사)에 의해 각각의 개별 도파관 내에서 광을 전파시키도록 구성될 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 각각 주 최상부 표면 및 주 최하부 표면, 그리고 이들 주 최상부 표면과 주 최하부 표면 사이에서 연장되는 에지들을 가진 평면형일 수 있거나 다른 형상(예컨대, 곡선형)일 수 있다. 예시된 구성에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 각각, 이미지 정보를 눈(210)으로 출력하기 위해 각각의 개별 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관 밖으로 방향전환시킴으로써 도파관 밖으로 광을 추출하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 포함할 수 있다. 추출된 광은 또한 아웃커플링된 광이라 지칭될 수 있고 아웃

커플링 광학 엘리먼트들은 또한 광 추출 광학 엘리먼트들이라 지칭될 수 있다. 추출된 광 빔은, 도파관 내에서 전파되는 광이 광 추출 광학 엘리먼트에 부딪치는 위치들에서 도파관에 의해 출력될 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 예컨대, 본원에서 추가로 논의된 바와 같이 회절 광학 피처들을 포함하는 격자들일 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은, 설명의 용이함 및 도면 명확성을 위해 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 최하부 주 표면들에 배치된 것으로 예시되지만, 본원에서 추가로 논의된 바와 같이, 일부 실시예들에서는, 최상부 및/또는 최하부 주 표면들에 배치될 수 있고, 그리고/또는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 볼륨 내에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착된 재료의 층으로 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 모놀리식 재료 피스(piece)일 수 있고 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 그 재료 피스의 표면 상에 및/또는 내부에 형성될 수 있다.

[0027] [0052] 도 6을 계속 참조하면, 본원에 논의된 바와 같이, 각각의 도파관(270, 280, 290, 300, 310)은 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하기 위해 광을 출력하도록 구성된다. 예컨대, 눈에 가장 가까운 도파관(270)은, (그런 도파관(270)에 주입된) 시준된 광을 눈(210)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 바로 위 도파관(280)은, 시준된 광이 눈(210)에 도달할 수 있기 전에 제1 렌즈(350)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 통과하는 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있고; 이러한 제1 렌즈(350)는 약간 볼록한 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 바로 위 도파관(280)으로부터 오는 광을, 광학적 무한대로부터 눈(210)을 향하여 안쪽으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 유사하게, 위쪽 제3 도파관(290)은 눈(210)에 도달하기 전에 제1 렌즈(350) 및 제2 렌즈(340) 둘 모두를 통하여 자신의 출력 광을 통과시키고; 제1 렌즈(350) 및 제2 렌즈(340)의 결합된 광학 파워는 다른 증분 양의 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 제3 도파관(290)으로부터 오는 광을, 바로 위 도파관(280)으로부터의 광이기보다 광학적 무한대로부터 사람을 향하여 안쪽으로 훨씬 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다.

[0028] [0053] 다른 도파관 층들(300, 310) 및 렌즈들(330, 320)은 유사하게 구성되고, 스택 내 가장 높은 도파관(310)은, 자신의 출력을, 사람과 가장 가까운 초점 평면을 대표하는 어그리게이트(aggregate) 초점 파워에 대해 자신과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통하여 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(260)의 다른 측부 상에서 세계(510)로부터 오는 광을 보고/해석할 때 렌즈들(320, 330, 340, 350)의 스택을 보상하기 위하여, 보상 렌즈 층(620)이 아래쪽 렌즈 스택(320, 330, 340, 350)의 총 파워를 보상하기 위해 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 이러한 구성은 이용가능한 도파관/렌즈 페어링들이 존재하는 만큼 많은 지각되는 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들과 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.

[0029] [0054] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 2개 이상은 동일한 연관된 깊이 평면을 가질 수 있다. 예컨대, 다수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 이미지들 세트를 동일한 깊이 평면에 출력하도록 구성될 수 있거나, 또는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 다수의 서브세트들은 이미지들 세트를, 각각의 깊이 평면에 대해 하나의 세트로, 동일한 복수의 깊이 평면들에 출력하도록 구성될 수 있다. 이것은 이들 깊이 평면들에 확장된 시야를 제공하기 위해 타일화된(tiled) 이미지를 형성하는 장점들을 제공할 수 있다.

[0030] [0055] 도 6을 계속 참조하면, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 자신의 개별 도파관들로부터 광을 방향전환시키는 것 및 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적절한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하는 것 둘 모두를 수행하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상이한 연관된 깊이 평면들을 가진 도파관들은 상이한 구성들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 가질 수 있고, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 연관된 깊이 평면에 따라 상이한 발산 양으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 특정 각도들에서 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 구조들 및/또는 클래딩(cladding) 층들)일 수 있다.

[0031] [0056] 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 "회절 광학 엘리먼트"(또한 본원에서 "DOE"로서 지칭됨) 또는 회절 패턴을 형성하는 회절 피처들이다. 바람직하게, DOE들은 충분히 낮

은 회절 효율성을 가져서, 빔의 광의 일부만이 DOE의 각각의 교차에 의해 눈(210)을 향하여 편향되지만, 나머지는 TIR을 통하여 도파관을 통해 계속 이동한다. 따라서, 이미지 정보를 운반하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 출사하는 다수의 관련된 출사 빔들로 분할되고, 그 결과는 도파관 내에서 이리저리 바운싱(bouncing)되는 이런 특정 시준된 빔에 대해 눈(210)을 향하여 상당히 균일한 출사 방출 패턴이다.

[0032] [0057] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 DOE들은, 이들이 활발하게 회절하는 "온" 상태들과 이들이 현저하게 회절하지 않는 "오프" 상태들 사이에서 스위칭가능할 수 있다. 예컨대, 스위칭가능 DOE는, 마이크로액적(microdroplet)들이 호스트 매질에 회절 패턴을 포함하는 폴리머 확산형 액정 층을 포함할 수 있고, 마이크로액적들의 굴절률은 호스트 재료의 굴절률에 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우에 패턴은 입사 광을 뚜렷하게 회절시키지 않음) 또는 마이크로액적은 호스트 매질과 매칭하지 않는 인덱스(index)로 스위칭될 수 있다(이 경우 패턴은 입사 광을 활발하게 회절시킴).

[0033] [0058] 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)(예컨대, 가시 광 및 적외선 광 카메라들을 포함하는 디지털 카메라)는, 예컨대 사용자 입력들을 검출하고 그리고/또는 사용자의 생리학적 상태를 모니터링하도록 눈(210)의 이미지들 및/또는 눈(210) 주위의 조직을 캡처하기 위해 제공될 수 있다. 본원에서 사용된 바와 같이, 카메라는 이미지 캡처 디바이스일 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 이미지 캡처 디바이스 및 눈에 광(예컨대, 적외선 광)을 투사하기 위한 광원을 포함할 수 있고, 이후 광은 눈에 의해 반사되고 이미지 캡처 디바이스에 의해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 프레임(80)에 부착될 수 있고(도 2) 그리고 카메라 어셈블리(630)로부터의 이미지 정보를 프로세싱할 수 있는 프로세싱 모듈들(140 및/또는 150)과 전기적으로 통신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나의 카메라 어셈블리(630)는 각각의 눈을 별개로 모니터링하기 위해 각각의 눈에 활용될 수 있다.

[0034] [0059] 이제 도 7을 참조하면, 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예가 도시한다. 하나의 도파관이 예시되지만, 도파관 어셈블리(260)(도 6)의 다른 도파관들이 유사하게 기능할 수 있고, 여기서 도파관 어셈블리(260)가 다수의 도파관들을 포함한다는 것이 인식될 것이다. 광(640)은 도파관(270)의 입력 표면(460)에서 도파관(270)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(270) 내에서 전파된다. 광(640)이 DOE(570) 상에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 출사 빔들(650)로서 도파관을 출사한다. 출사 빔들(650)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 본원에 논의된 바와 같이, 이들 출사 빔들(650)은 또한 도파관(270)과 연관된 깊이 평면에 따라, (예컨대, 발산하는 출사 빔들을 형성하는) 각도로 눈(210)으로 전파되도록 방향전환될 수 있다. 실질적으로 평행한 출사 빔들이 눈(210)으로부터 원거리(예컨대, 광학 무한대)에 있는 깊이 평면 상에 세팅되는 것으로 보이는 이미지들을 형성하기 위해 광을 아웃커플링하는 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다는 것이 인식될 것이다. 다른 도파관들 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 더 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이는 눈(210)이 망막 상의 초점으로 이동하도록 더 근거리에 원근조절되는 것을 요구할 것이고 광학 무한대보다 눈(210)에 더 근거리로부터의 광으로서 뇌에 의해 해석될 것이다.

[0035] [0060] 일부 실시예들에서, 풀 컬러 이미지는 컴포넌트 컬러들, 예컨대 3개 이상의 컴포넌트 컬러들 각각에 이미지들을 오버레잉함으로써 각각의 깊이 평면에 형성될 수 있다. 도 8은, 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다. 비록 더 많거나 더 적은 깊이들이 또한 고려되지만, 예시된 실시예는 깊이 평면들(240a-240f)을 도시한다. 각각의 깊이 평면은, 제1 컬러(G)의 제1 이미지; 제2 컬러(R)의 제2 이미지; 및 제3 컬러(B)의 제3 이미지를 포함하여, 자신과 연관된 3개 이상과의 컴포넌트 컬러 이미지들을 가질 수 있다. 상이한 깊이 평면들은 문자들 G, R 및 B 다음에 디옵터들(dpt)에 대한 상이한 숫자들로 도면에 표시된다. 단지 예들로서, 이들 문자들 각각 다음의 숫자들은 디옵터들(1/m), 또는 뷰어로부터 깊이 평면의 역거리(inverse distance)를 표시하고, 도면들에서 각각의 박스는 개별 컴포넌트 컬러 이미지를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 상이한 파장들의 광의 눈의 포커싱의 차이들을 고려하기 위해, 상이한 컴포넌트 컬러들에 대해 깊이 평면들의 정확한 배치는 가변할 수 있다. 예컨대, 주어진 깊이 평면에 대해 상이한 컴포넌트 컬러 이미지들이 사용자로부터 상이한 거리들에 대응하는 깊이 평면들 상에 배치될 수 있다. 이러한 어레인지먼트는 시력 및 사용자 편안함을 증가시킬 수 있고 그리고/또는 색수차들을 감소시킬 수 있다.

[0036] [0061] 일부 실시예들에서, 각각의 컴포넌트 컬러의 광은 단일 전용 도파관에 의해 출력될 수 있고, 결과적으로 각각의 깊이 평면은 자신과 연관된 다수의 도파관들을 가질 수 있다. 이러한 실시예들에서, 도면들에서 문자들 G, R 또는 B를 포함하는 각각의 박스는 개별 도파관을 나타내는 것으로 이해될 수 있고, 그리고 깊이 평면당 3개의 도파관들이 제공될 수 있고, 여기서 깊이 평면당 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들이 제공된다. 각각의 깊이 평면과 연관된 도파관들이 설명의 용이함을 위해 이 도면에서 서로 인접하게 도시되지만, 물리적 디바이스

에서, 도파관들 모두가 레벨당 하나의 도파관을 가진 스택으로 배열될 수 있다는 것이 인식될 것이다. 일부 다른 실시예들에서, 다수의 컴포넌트 컬러들은 동일한 도파관에 의해 출력될 수 있어서, 예컨대 깊이 평면당 단일 도파관만이 제공될 수 있다.

[0037] [0062] 도 8을 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, G는 녹색이고, R은 적색이고, 그리고 B는 청색이다. 일부 다른 실시예들에서, 자홍색 및 청록색을 포함하는, 광의 다른 파장들과 연관된 다른 컬러들은 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 이상에 더하여 사용될 수 있거나 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 이상을 대체할 수 있다.

[0038] [0063] 본 개시내용 전반에 걸쳐 광의 주어진 컬러에 대한 참조들이 그 주어진 컬러의 것으로서 뷰어에 의해 지각되는 광의 파장 범위 내의 하나 이상의 파장들의 광을 포함하는 것으로 이해될 것이라는 인식될 것이다. 예컨대, 적색 광은 약 620-780nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 492-577nm의 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 그리고 청색 광은 약 435-493nm의 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다.

[0039] [0064] 일부 실시예들에서, 광원(530)(도 6)은 뷰어의 시각 지각 범위를 벗어난 하나 이상의 파장들, 예컨대 적외선 및/또는 자외선 파장들의 광을 방출하도록 구성될 수 있다. 게다가, 디스플레이(250)의 도파관들의 인커플링, 아웃커플링 및 다른 광 방향전환 구조들은, 예컨대 이미징 및/또는 사용자 시뮬레이션 애플리케이션들을 위해, 디스플레이로부터의 이런 광을 사용자의 눈(210)을 향해 지향시키고 방출하도록 구성될 수 있다.

[0040] [0065] 이제 도 9a를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관 상에 충돌하는 광은 도파관에 그 광을 인커플링하기 위해 방향전환될 필요가 있을 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트는 자신의 대응하는 도파관으로 광을 방향전환시키고 인커플링하는 데 사용될 수 있다. 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 복수의 스택된 도파관들 또는 스택된 도파관들의 세트(660)의 예의 측단면도를 예시한다. 도파관들은 하나 이상의 상이한 파장들, 또는 하나 이상의 상이한 범위들의 파장들의 광을 출력하도록 각각 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 하나 이상으로부터의 광이 인커플링을 위해 광이 방향전환되기를 요구하는 포지션으로부터 도파관들로 주입되는 것을 제외하고, 스택(660)이 스택(260)(도 6)에 대응할 수 있고 스택(660)의 예시된 도파관들이 복수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 부분에 대응할 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0041] [0066] 스택된 도파관들의 예시된 세트(660)는 도파관들(670, 680 및 690)을 포함한다. 각각의 도파관은, 예컨대 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치된 인커플링 광학 엘리먼트(700), 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치된 인커플링 광학 엘리먼트(710), 및 도파관(690)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치된 인커플링 광학 엘리먼트(720)를 가진 연관된 인커플링 광학 엘리먼트(도파관 상의 광 입력 영역으로 또한 지칭될 수 있음)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 하나 이상은 (특히 하나 이상의 인커플링 광학 엘리먼트들이 반사성, 편향 광학 엘리먼트들인 경우) 개별 도파관(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다. 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은, 특히, 이들 인커플링 광학 엘리먼트들이 투과성, 편향 광학 엘리먼트들인 경우, 이들 개별 도파관(670, 680, 690)의 상부 주 표면(또는 바로 아래 도파관의 최상부) 상에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 개별 도파관(670, 680, 690)의 몸체에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 본원에 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 파장 선택적이어서, 이들 인커플링 광학 엘리먼트들은 다른 파장들의 광을 투과시키면서 하나 이상의 파장들의 광을 선택적으로 방향전환시킨다. 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)이, 이들 개개의 도파관(670, 680, 690)의 일 측부 또는 모서리 상에 예시되지만, 일부 실시예들에서, 이들은, 그 개별 도파관(670, 680, 690)의 다른 영역들에 배치될 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0042] [0067] 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 서로 측방향으로 오프셋될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트는 오프셋될 수 있어서, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트는, 광이 다른 인커플링 광학 엘리먼트를 통과하지 않고 그 광을 수신한다. 예컨대, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(700, 710, 720)는 도 6에 도시된 바와 같이 상이한 이미지 주입 디바이스(360, 370, 380, 390 및 400)로부터 광을 수신하도록 구성될 수 있고, 그리고 실질적으로 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 다른 인커플링 광학 엘리먼트들로부터 광을 수신하지 않도록 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)로부터 분리(예컨대, 측방향으로 이격)될 수 있다.

[0043] [0068] 각각의 도파관은 또한 예컨대, 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된 광 분배 엘리먼트들(730), 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된 광 분배 엘리먼트들(740), 및

도파관(690)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된 광 분배 엘리먼트들(750)을 가진 연관된 광 분배 엘리먼트들을 포함한다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최상부 및 최하부 주 표면 둘 모두 상에 배치될 수 있거나; 또는 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각 상이한 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최상부 및 최하부 주 표면들 중 상이한 주 표면들 상에 배치될 수 있다.

[0044] [0069] 도파관들(670, 680, 690)은 예컨대, 가스, 액체 및/또는 고체 재료 층들에 의해 이격되고 분리될 수 있다. 예컨대, 예시된 바와 같이, 층(760a)은 도파관들(670 및 680)을 분리할 수 있고; 그리고 층(760b)은 도파관들(680 및 690)을 분리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a 및 760b)은 낮은 굴절률 재료들(즉, 도파관들(670, 680, 690) 중 바로 인접한 도파관을 형성하는 재료보다 더 낮은 굴절률을 가진 재료들)로 형성된다. 바람직하게, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료의 굴절률은 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료의 굴절률보다 0.05 이상으로 작거나 0.10 이상으로 작다. 유리하게, 더 낮은 굴절률 층들(760a, 760b)은 도파관들(670, 680, 690)을 통해 광의 내부 전반사(TIR)(예컨대, 각각의 도파관의 최상부 주 표면과 최하부 주 표면 사이의 TIR)를 가능하게 하는 클래딩 층들로서 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a, 760b)은 공기로 형성된다. 예시되지 않았지만, 도파관들의 예시된 세트(660)의 최상부 및 최하부가 바로 이웃하는 클래딩 층들을 포함할 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0045] [0070] 바람직하게, 제조의 용이함 및 다른 고려 사항들 때문에, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하고, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하다. 일부 실시예들에서, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 하나 이상의 도파관들 사이에서 상이할 수 있고, 그리고/또는 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 상이하지만, 위에서 주목된 다양한 굴절률 관계들을 여전히 유지할 수 있다.

[0046] [0071] 도 9a를 계속 참조하면, 광선들(770, 780, 790)은 도파관들의 세트(660)에 입사한다. 광선들(770, 780, 790)이 하나 이상의 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)(도 6)에 의해 도파관들(670, 680, 690)로 주입될 수 있다는 것이 인식될 것이다.

[0047] [0072] 일부 실시예들에서, 광선들(770, 780, 790)은 상이한 특성들, 예컨대 상이한 컬러들에 대응할 수 있는 상이한 파장들 또는 상이한 범위들의 파장들을 가진다. 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 각각은 입사광을 편향시켜, 광은 TIR에 의해 도파관들(670, 680, 690) 중 각 도파관을 통해 전파된다. 일부 실시예들에서, 인-커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 각각은, 하나 이상의 특정 파장들의 광을 선택적으로 편향시키지만, 다른 파장들을 아래 놓인 도파관 및 연관된 인-커플링 광학 엘리먼트로 투과시킨다.

[0048] [0073] 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(700)는, 제1 파장 또는 파장들의 범위를 가진 광선(770)을 편향시키지만, 각각 상이한 제2 및 제3 파장들 또는 파장들의 범위들을 가진 광선들(780 및 790)을 투과시키도록 구성될 수 있다. 투과된 광선(780)은 제2 파장 또는 파장들의 범위의 광을 편향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트(710)에 충돌하여 이에 의해 편향된다. 광선(790)은 제3 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트(720)에 의해 편향된다.

[0049] [0074] 도 9a를 계속 참조하면, 편향된 광선들(770, 780, 790)은, 그들이 대응하는 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파되도록 편향된다; 즉, 각각의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 광을 그 대응하는 도파관(670, 680, 690)에 인커플링하기 위해 광을 그 대응하는 도파관으로 편향시킨다. 광선들(770, 780, 790)은 광이 TIR에 의해 개별 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파되게 하는 각도들로 편향된다. 광선들(770, 780, 790)은, 도파관의 대응하는 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750) 상에 충돌할 때까지 TIR에 의해 개별 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파된다.

[0050] [0075] 이제 도 9b를 참조하면, 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도가 예시된다. 위에서 주목된 바와 같이, 인커플링된 광선들(770, 780, 790)은 각각 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)에 의해 편향되고, 이어서 각각 도파관들(670, 680, 690) 내에서 TIR에 의해 전파된다. 이어서, 광선들(770, 780, 790)은 각각 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750) 상에 충돌한다. 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 광선들(770, 780, 790)을 편향시켜, 이들 광선들(770, 780, 790)은 각각 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)을 향해 전파된다.

[0051] [0076] 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 OPE(orthogonal pupil expander)들이다. 일부 실시예들에서, OPE들은, 광을 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)로 편향 또는 분배하고, 그리고

일부 실시예들에서, 광이 아웃커플링 광학 엘리먼트들로 전파될 때 이 광의 빔 또는 스폿(spot) 사이즈를 또한 증가시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 생략될 수 있고 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 광을 직접 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)로 편향시키도록 구성될 수 있다. 예컨대, 도 9a를 참조하면, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 각각 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)로 대체될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)은 뷰어의 눈(210)(도 7)으로 광을 지향시키는 EP(exit pupil)들 또는 EPE(exit pupil expander)들이다. OPE들이 적어도 하나의 축에서 눈 박스의 치수들을 증가시키도록 구성될 수 있고 EPE들이 OPE들의 축을 교차하는, 예컨대 수직하는 축에서 눈 박스를 증가시킬 수 있다는 것이 인식될 것이다. 예컨대, 각각의 OPE는, OPE를 가격하는 광의 일부를 동일한 도파관의 EPE로 방향전환시키면서, 광의 나머지 부분이 도파관 아래로 계속 전파되는 것을 허용하도록 구성될 수 있다. 다시 OPE에 충돌할 때, 나머지 광의 다른 부분은 EPE로 방향전환되고, 그리고 그 부분의 나머지 부분은 도파관 아래로 추가로 계속 전파되는 식이다. 유사하게, EPE를 가격할 때, 충돌 광의 일부는 도파관으로부터 사용자를 향해 지향되고, 그리고 그 광의 나머지 부분은, 다시 EP를 가격할 때까지 도파관을 통해 계속 전파되고, 이때 충돌 광의 다른 부분은 도파관의 밖으로 지향되는 식이다. 결과적으로, 인커플링된 광의 단일 빔은, 그 광의 일부가 OPE 또는 EPE에 의해 방향전환될 때마다 "복제"될 수 있고, 이에 의해 도 6에 도시된 바와 같이, 복제된 광 빔들의 필드가 형성된다. 일부 실시예들에서, OPE 및/또는 EPE는 광 빔들의 사이즈를 수정하도록 구성될 수 있다.

[0052] [0077] 따라서, 도 9a 및 9b를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관들의 세트(660)는 도파관들(670, 680, 690); 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720); 광 분배 엘리먼트들(예컨대, OPE들)(730, 740, 750); 및 각각의 컴포넌트 컬러에 대한 아웃커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, EP들)(800, 810, 820)을 포함한다. 도파관들(670, 680, 690)은 서로의 사이의 에어 갭/클래딩 층과 함께 스택될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 입사 광을 (상이한 파장들의 광을 수신하는 상이한 인커플링 광학 엘리먼트들을 사용하여) 자신의 도파관으로 방향전환시키거나 편향시킨다. 이어서, 광은 개별 도파관(670, 680, 690) 내에서 TIR을 초래할 각도로 전파된다. 도시된 예에서, 광선(770)(예컨대, 청색 광)은 이전에 설명된 방식으로, 제1 인커플링 광학 엘리먼트(700)에 의해 편향되고, 이어서 도파관 아래로 계속 바운스하여, 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(730) 및 이어서 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(800)와 상호작용한다. 광선들(780 및 790)(예컨대, 각각 녹색 및 적색 광)은 도파관(670)을 통과할 것이고, 광선(780)은 인커플링 광학 엘리먼트(710)에 충돌하여 이에 의해 편향된다. 이어서, 광선(780)은 TIR을 통해 도파관(680) 아래로 바운스하고, 자신의 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(740) 및 이어서 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(810)로 진행된다. 마지막으로, 광선(790)(예컨대, 적색 광)은 도파관(690)을 통과하여 도파관(690)의 광 인커플링 광학 엘리먼트들(720) 상에 충돌한다. 광 인커플링 광학 엘리먼트들(720)은 광선(790)을 편향시켜, 광선은 TIR에 의해 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(750)로, 이어서 TIR에 의해 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(820)로 전파된다. 이어서, 아웃커플링 광학 엘리먼트(820)는 마지막으로 광선(790)을, 다른 도파관들(670, 680)로부터 아웃커플링된 광을 또한 수신하는 뷰어에게 아웃커플링한다.

[0053] [0078] 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 아웃커플링 광학 엘리먼트(800, 810, 820)와 함께, 도파관들(670, 680, 690)은 수직으로 정렬될 수 있다. 그러나, 본원에서 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 수직으로 정렬되지 않고; 오히려, 인커플링 광학 엘리먼트들은 바람직하게 비-오버랩핑된다(예컨대, 하향식 도면에서 도시된 바와 같이 측방향으로 이격됨). 본원에서 추가로 논의된 바와 같이, 이런 비오버랩핑 공간 어레인지먼트는 일대일 방식으로 상이한 리소스들로부터 상이한 도파관들로 광의 주입을 가능하게 하고, 이에 의해 특정 광원이 특정 도파관에 고유하게 커플링되는 것이 허용된다. 일부 실시예들에서, 비오버랩핑 공간-분리 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하는 어레인지먼트들은 시프트된 동공 시스템으로 지칭될 수 있고, 그리고 이들 어레인지먼트들 내의 인커플링 광학 엘리먼트들은 서브 동공들에 대응할 수 있다.

[0054] 결합된 시야를 갖는 스택된 도파관들

[0055] [0079] 도파관-기반 디스플레이 시스템들, 예컨대, 위에 설명된 가상/증강/혼합 디스플레이 애플리케이션들을 위해 구성된 다양한 반투명 또는 투명 디스플레이 시스템들의 사용자에게 몰입 경험을 제공하는 것은, 다른 것들 중에서도, 광이 디스플레이 시스템들의 도파관들에 커플링하는 다양한 특징들에 의존한다. 예컨대, 증가된 시야를 갖는 가상/증강/혼합 디스플레이는 뷰잉 경험을 잠재적으로 향상시킬 수 있다. 디스플레이의 시야는, 뷰어가 자신의 눈으로 투사된 이미지들을 보는 접안렌즈에 포함된 도파관 스택 내의 복수의 도파관들로부터 출

력된 광의 각도에 의존한다. 복수의 도파관들로부터 출력된 광의 각도는 차례로 도파관에 커플링된 광의 수용 각도에 적어도 부분적으로 의존한다. 위에 논의된 바와 같이, 인-커플링 격자들과 같은 인-커플링 광학 엘리먼트들은 광을 격자에 커플링하는 데 이용될 수 있다. 그러나, 특정한 경우들에서, 제한된 범위의 각도들를 갖는 광만이 정해진 격자를 사용하여 정해진 도파관에 커플링될 수 있다. 도파관에 의한 이러한 제한된 광의 수용 범위의 각도들은 또한 도파관에 의해 착용자의 눈으로 출력되는 각도 범위를 제한할 수 있고, 따라서 착용자의 시야를 잠재적으로 감소시킬 수 있다. 이 특정 제한들뿐만 아니라 디스플레이의 수용 각도 및 따라서 시야를 증가시키기 위한 설계들이 아래에서 논의된다.

[0056] [0080] 위에 설명된 바와 같이, 예컨대, 도 6 및 7을 참조하여, 본원에 설명된 다양한 실시예들에 따른 디스플레이 시스템들은 광학 엘리먼트들, 예컨대, 인-커플링 광학 엘리먼트들, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들, 및 광 분배 엘리먼트들을 포함할 수 있고, 이들은 회절 격자들을 포함할 수 있다. 예컨대, 도 7을 참조하여 위에 설명된 바와 같이, 도파관(270)의 입력 표면(460)에서 도파관(270)으로 주입된 광(640)은 내부 전반사(TIR)에 의해 도파관(270) 내에서 전파된다. 광(640)이 아웃-커플링 광학 엘리먼트(570)에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 빔렛들(650)로서 도파관에서 나간다. 일부 구현들에서, 광학 엘리먼트(570, 580, 590, 600, 610) 중 임의의 것은는 회절 격자로서 구성될 수 있다.

[0057] [0081] 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로의 광의 인-커플링(또는 리로부터의 광의 아웃-커플링)의 바람직한 특징들을 달성하기 위해, 회절 격자들로서 구성된 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은, 회절 특성들을 포함하여, 다양한 광학 특성들을 제어하도록 구성된 구조들을 갖는 재료로 형성된다. 바람직한 회절 특성들은, 다른 특성들 중에서도, 스펙트럼 선택성, 각도 선택성, 편광 선택성, 높은 스펙트럼 대역폭 및 높은 회절 효율들, 및 넓은 FOV(field of view)를 포함한다.

[0058] [0082] 이들 및 다른 이점들 중 하나 이상을 달성하기 위해, 본원에 설명된 다양한 예들은 포개어지게 형성된 복수의 도파관들 – 개개의 회절 격자들이 복수의 도파관들에 형성한 복수의 도파관들을 포함한다. 회절 격자들은 그 위에 입사되는 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되어, 도파관들로 회절된 가시광이, 예컨대, 내부 전반사에 의해 각각의 도파관들 내에서 전파되도록 한다. 회절 격자들은, 가시광이 (예컨대, 개개의 도파관들의 층 법선 방향들에 대해) 개개의 각도 범위들 또는 FOV(field of view)들 내에서 개개의 도파관들에 입사될 때, 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성된다. 개별 회절 격자들 및 도파관들에 의해 제공되는 개개의 FOV들은, 도파관들이, 함께 스택될 때, 회절 격자들 및 도파관들에 의해 별개로 제공되는 개별 FOV들보다 더 크고 연속적인 어그리게이트(aggregate) 수용 각도 또는 FOV를 갖도록 한다.

[0059] [0083] 본원에 설명된 바와 같이, 가시광은 적색, 녹색 또는 청색 범위들을 포함하는 다양한 컬러 범위들의 하나 이상의 파장들을 갖는 광을 포함할 수 있다. 본원에 설명된 바와 같이, 적색 광은 약 620-780nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 492-577nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있으며, 청색 광은 광을 포함할 수 있다 약 435-493nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다. 따라서, 가시광은 약 435nm-780nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다.

[0060] [0084] 본원에 설명된 바와 같이, 광을 회절시키도록 구성된 구조들, 이를테면, 회절 격자들은 투과 모드 및/또는 반사 모드에서 광을 회절시킬 수 있다. 본원에 설명된 바와 같이, 투과 모드에서 광을 회절시키도록 구성된 구조들은, 광-입사측으로서 구조들의 동일한 측 상의 회절된 광의 세기와 비교하여, 광-입사측으로서 구조들의 대향측 상의 회절된 광의 세기가 더 크고, 예컨대, 적어도 10 % 초과, 20 % 초과 또는 30 % 초과하는 구조들을 나타낸다. 반대로, 반사 모드에서 광을 회절시키도록 구성된 구조들은, 광-입사 측으로서 구조의 대향측 상의 회절 광의 세기와 비교하여, 광-입사측으로서 구조들의 동일한 측 상의 회절된 광의 세기가 더 크고, 예컨대, 적어도 10 % 초과, 20 % 초과 또는 30 % 초과하는 구조들을 나타낸다.

[0061] [0085] 도 10은 일부 실시예들에 따른 그 위에 회절 격자(1008)가 형성된 도파관(1004)을 포함하는 디스플레이 디바이스(1000)의 일부의 단면도를 예시한다. 커플링된 회절 격자(1008)는, 광이 도파관(1004) 내에서 안내되도록 가시광 스펙트럼의 파장을 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 도파관(1004)은, 예컨대, 도 9a-9c와 관련하여 위에서 설명된 도파관들(670, 680, 690) 중 하나에 대응할 수 있다. 회절 격자(1008)는, 예컨대, 인-커플링 광학 엘리먼트(도 9a-9c의 700, 710, 720)에 대응할 수 있다. 디스플레이 디바이스(1000)는, 예컨대, 광 분배 엘리먼트들(도 9a-9c의 730, 740, 750)에 대응할 수 있는 광학 엘리먼트(1012), 또는, 예컨대, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(도 9a-9c의 800, 810, 820) 중 하나를 추가적으로 포함한다.

[0062] [0086] 동작 시에, 입사광 빔(1016), 예컨대, 가시광은, y-z 평면에서 확장되는 표면(1008S)에 수직 또는 직교하는 평면 법선(1012)에 대해 측정된 입사 각도(α)로 회절 격자(1008)에 입사될 때, 회절 격자(1008)는 표면

법선(1012)에 대해 측정된 회절 각도(Θ)로 회절된 광 빔(1024)으로서 입사광 빔(1016)을 적어도 부분적으로 회절시키고, 투과된 광 빔(1020)으로서 입사광을 적어도 부분적으로 투과시킨다. 본원에 설명된 바와 같이, 예시된 실시예에서와 같이 평면 법선(1012)에 대해 시계 방향의 각도로(즉, 평면 법선(1012)의 우측에) 입사되는 광 빔은 네거티브 α(α<0)를 갖는 것으로 지칭되는 반면에, 평면 법선(1012)에 대해 반시계 방향의 각도로(즉, 평면 법선의 좌측에) 입사되는 광 빔은 포지티브 α(α>0)를 갖는 것으로 지칭된다. 회절된 광 빔(1024)이 도파관(1004)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR})를 초과하는 회절 각도(Θ)로 회절될 때, 회절된 광 빔(1024)은, 회절된 광 빔(1024)이 광학 엘리먼트(1012) – 이는, 예컨대, 광 분배 엘리먼트들(도 9a-9c의 730, 740, 750) 중 하나, 또는 예컨대, 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(도 9a-9c의 800, 810, 820) 중 하나에 대응할 수 있음 – 에 도달할 때까지, 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0063] [0087] 본 명세서의 다른 곳에서 추가로 설명되는 바와 같이, 회절 격자(1008)의 재료 및 구조의 적절한 결합은, 본원에서 수용 각도 범위 또는 FOV(field of view)로 지칭되는 특정 입사 각도(α)의 범위(Δα)가 획득되도록 선택될 수 있다. 다양한 실시예들에 따라, 회절 격자(1008) 및 도파관(1004)은, Δα가 20도(예컨대, +/- 10도), 30도(예컨대, +/- 15도), 40도(예컨대, +/- 20도) 또는 50도(예컨대, +/- 25도)를 초과하거나, 평면 법선(1012)을 중심으로 대칭 및 비대칭 범위들을 포함하여, 이러한 값들 중 임의의 값으로 규정된 각도 범위 내에, 예컨대, 0도에 있도록 배열된다. 본원에 설명된 바와 같이, 원하는 범위(Δα)는, 회절 효율이 α의 네거티브 및 포지티브 값들에 걸쳐있는 각도 범위로 설명될 것이고, 이 범위 외부에서 회절 효율은 α=0에서의 회절 효율에 대해 10 %, 25 % 초과, 50 % 초과, 또는 75 % 초과만큼 감소된다. 회절 효율이 비교적 높고 일정한 범위 내에 Δα를 갖는 것은 바람직할 수 있고, 예컨대, 여기서 회절된 광의 균일한 세기는 Δα 내에서 바람직하다. 따라서, Δα는 회절 격자(1008)의 각도 대역폭과 연관되어, Δα 내의 입사광 빔이 Θ_{TIR}을 초과하는 표면 법선(1012)(예컨대, y-z 평면)에 대해 회절 각도(Θ)로 회절 격자(1008)에 의해 효율적으로 회절되고, 회절된 광이 내부 전반사(TIR) 하에서 도파관(1004) 내에서 전파된다.

[0064] [0088] 다양한 실시예들에서, 회절 격자(1008)(및 광학 엘리먼트(1012))는, 굴절률(n_1) 또는 유효 굴절률이 도파관(1004)의 굴절률(n_2)보다 더 높은, 즉, 즉, $n_1 > n_2$인 재료로 형성된다. 일부 실시예들에서, 도파관(1004)은, 예컨대, 도파관들(310, 300, 290, 280, 270)(도 6) 및/또는 예컨대, 도파관들(670, 680 및 690)(도 9a-9c)에 대응할 수 있다. 일부 구현들에서, 실시예들에 따른 도파관(1004)의 재료는 공기의 굴절률보다 크지만 n_1 미만, 예컨대, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 또는 이러한 값들 중 임의의 값으로 규정된 범위 내의 굴절률을 갖고, 이는 도파관(1004)으로부터 광을 출력함으로써 이미지를 형성하는 디스플레이의 Δα를 증가시키는 이점들을 제공할 수 있다. 도파관(1004)을 형성하는 재료들의 예들은 실리카 유리(예컨대, 도핑된 실리카 유리), 실리콘 산질화물, 전이 금속 산화물들(transition metal oxides)(예컨대, 하프늄 산화물, 탄탈륨 산화물, 산화 지르코늄, 산화 니오븀, 리튬 니오베이트, 산화 알루미늄(예컨대, 사파이어)), 플라스틱, 폴리머, 또는 예컨대, 본원에 설명된 바와 같은 적합한 굴절률을 갖는 가시광에 광학적으로 투과성인 다른 재료를 포함한다.

[0065] [0089] 특정 실시예들에 따라, 회절 격자(1008)는 주기(Λ_a)를 갖는 주기적인 구조들을 가질 수 있다. 주기(Λ_a)는 도파관(1004)에 걸쳐 측방향(예컨대, x, y 방향들)으로 규칙적인 인터벌들로 적어도 2번 반복되거나 실질적으로 반복된다. 다시 말해서, 주기(Λ_a)는 바로 인접한 반복 구조들의 동일한 포인트들 사이의 거리일 수 있다. 다양한 실시예들에 따라, 주기(Λ_a)는, 본 출원의 다른 곳에서 설명된 바와 같이, 액정들의 어레인지먼트들에 의해 형성된 주기에 대응할 수 있다. 다양한 실시예들에서, Λ_a는, 격자(1008)가 회절시키도록 구성된 파장보다 더 작을 수 있고, 약 435nm-780nm 범위의 파장 또는 임의의 파장보다 더 작을 수 있다. 적어도 적색 광을 회절시키도록 구성된 일부 실시예들에서, Λ_a는 약 620-780nm 범위의 파장(또는 임의의 파장) 미만일 수 있다. 적어도 녹색 광을 회절시키도록 구성되는 일부 다른 실시예들에서, Λ_a는 약 492-577nm 범위의 파장(또는 임의의 파장) 미만일 수 있다. 적어도 청색 광을 회절시키도록 구성되는 일부 다른 실시예들에서, Λ_a는 약 435-493nm 범위의 파장(또는 임의의 파장) 미만일 수 있다. 대안적으로, 다양한 실시예들에 따라, Λ_a는, 10nm 내지 500nm 또는 300nm 내지 500nm를 포함하여, 10nm 내지 1 ㎛ 범위일 수 있다. 본원에 개시된 회절 격자들이 광을 회절시키는 데 활용될 수 있고, 디스플레이 시스템(250)(도 6)의 부분일 수 있고, 디스플레이 시스템(250)이 협대역의 파장들을 갖는 격자들에 광을 지향시키도록 구성될 수 있음이 인지될 것이다. 일부 실시예들에서, 정해진 회절 격자에 대한 Λ_a는, 디스플레이 시스템의 광원은 회절 격자로 지향시키도록 구성된 파장들의 대역의 최소

파장 미만이다.

[0066] [0090] 임의의 이론에 제한되지 않고서, 일부 실시예들에서, Λ_a는 비율 $m\lambda(\sin\alpha + n_2 \sin\Theta)$ 미만인 값을 가질 수 있으며, 여기서 m은 정수(예컨대, 1, 2, 3...) 및 α, n_2 및 Θ 각각은 본 명세서 전체에 걸쳐 설명된 값을 갖는다. 예컨대, α는 40도를 초과하는 범위($\Delta\alpha$) 내에 있을 수 있고, n_2는 1-2 범위 내에 있을 수 있고, Θ는 40-80도 범위에 있을 수 있다.

[0067] [0091] 일부 실시예들에서, Λ_a는 격자(1008)의 표면(1008S)에 걸쳐 실질적으로 일정할 수 있다. 그러나, 실시예들은 이에 제한되지 않고, 다른 실시예들에서, Λ_a는 표면(1008S)에 걸쳐 변할 수 있다.

[0068] [0092] 위에 설명된 바와 같이, FOV(field of view) 또는 $\Delta\alpha$는, 도파관에 커플링되고, TIR을 발생시킬 수 있는 입사광의 각도 범위에 대응한다. 위에 논의된 바와 같이, 이러한 각도 범위는 또한 도파관 및 접안렌즈에 의해 출력된 광의 각도 범위에 영향을 주고 이에 대응하고, 따라서 디스플레이를 통해 이미지들을 볼 때, 뷰어가 경험하는 시야에 영향을 줄 수 있다. 입사광을 도파관에 커플링하고 TIR 하에서 도파관 내에서 전파하기 위해, 도파관(1004)에 입사되는 광은 수용 각도들 또는 FOV($\Delta\alpha$) – 이는, 다른 것들 중에서도, 도파관(1004)의 재료의 굴절률(n_2), 및 회절 격자(1008)의 재료의 굴절률(n_1)에 의존함 – 의 범위 내에서 지향될 수 있다. 예컨대, 1.5의 굴절률을 갖는 유리 기판을 포함하는 도파관(1004)의 FOV($\Delta\alpha$)는 약 30도일 수 있다. 격자들이 대칭적인 FOV를 생성하도록 설계될 때, 유리 기판에 대한 FOV 또는 수용된 각도 범위는 하나의 치수의 ± 15도 내에 있을 수 있다. 다음에서, 도파관들의 스택에 대한 수용된 각도들 또는 유효 FOV의 결합된 범위가 개별 컴포넌트 도파관들 – 이는 도파관들의 스택의 유효 FOV에 대해 상이하고 그리고/또는 더 작은 FOV들을 가질 수 있음 – 에 대해 확장되는 다양한 실시예들이 설명된다.

[0069] [0093] 본원에 설명된 바와 같이, 복수의 도파관들, 예컨대, 도파관의 스택의 결합된, 어그리게이트 또는 유효 FOV는, 정해진 컬러에 대해, 개별 도파관들의 FOV들의 결합으로부터 발생하는 연속적인 FOV의 범위를 나타낸다. FOV들이 오버랩핑될 때, 연속적인 FOV의 범위는, 예컨대, 개별 도파관들의 FOV들의 오버랩핑되지 않는 부분들의 합일 수 있다. 예컨대, 그 위에 제1 회절 격자가 형성된 제1 도파관이 정해진 컬러를 갖는 광에 대해 -5 내지 20도(즉, $\Delta\alpha_1$=25도)의 α_1을 갖고, 그 위에 제2 회절 격자가 형성된 제2 도파관이 정해진 컬러에 대해 -20 내지 5도(즉, $\Delta\alpha_2$=25도)의 α_2를 가질 때, 스택으로부터의 정해진 컬러에 대한 상보적인 FOV는 40도이다.

[0070] [0094] 다양한 실시예들에 따른 디스플레이 디바이스들은 포개어지게 형성되고 그 위에 개개의 회절 격자들이 형성된 복수의 도파관들을 포함하고, 회절 격자들은 회절 격자에 입사되는 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되어, 개개의 도파관들로 회절된 가시광이 도파관 내에서 내부 전반사에 의해 안내되도록 개개의 도파관들 각각 내에서 전파된다. 회절 격자들은, 도파관의 층 법선 방향에 대해, 상이한 FOV 내에서 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되며, 여기서 개개의 FOV들은, 도파관들이 개별 개개의 FOV들 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV를 갖도록 한다.

[0071] [0095] 도 11은 실시예들에 따른, 가시광 파장 범위의 컬러를 갖는 광에 대한 증가된 결합된 유효 FOV(field of view)를 위해 구성된 스택된 도파관들을 포함하는 디스플레이 디바이스(1100)의 부분의 단면도를 예시한다. 디스플레이 디바이스(100)는 그 위에 개개의 회절 격자들(1008, 1108)이 형성된 스택된 도파관들(1004, 1104)을 포함하고, 여기서 스택은 컴포넌트 도파관들(1004, 1104)의 개개의 FOV들보다 더 큰 결합된 유효 FOV(field of view)($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$)를 갖는다. 디스플레이 디바이스(1100)는 포개어지게 형성된 제1 도파관(1004) 및 제2 도파관(1104)을 포함한다. 제1 도파관(1004)은 그 위에 제1 회절 격자(1008)를 형성하고, 제2 도파관(1104)은 그 위에 제2 회절 격자(1108)를 형성한다. 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1108)은, 개개의 도파관들(1004, 1104)에 입사되는 가시광(1116, 1124)을 각각 회절시키도록 구성되어, 개개의 도파관들(1004, 1104)로 회절된 가시광이 개개의 도파관들 각각 내에서 전파된다. 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1108)은, 상이한 개개의 시야들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$) 내에서 그 위에 입사되는 가시광을, 층 법선(1012), 예컨대, y-z 평면 또는 z-방향에 대해 개개의 도파관들(1004, 1104)로 회절시키도록 구성된다. 디스플레이 디바이스(1100)는 추가적으로 도파관들(1004 및 1104) 상에 각각 형성된 광학 엘리먼트들(1012 및 1112)을 포함한다.

[0072] [0096] 예시된 실시예에서, 제1 및 제2 도파관들(1004, 1104)은 스택된 어레인지먼트를 갖고, 분리기(1106)에 의해 개재되며, 내부 전반사 하에서 실질적으로 평행한 전파 방향들(예컨대, x-방향)을 갖는다.

[0073] [0097] 제1 및 제2 도파관들(1004, 1104) 및 대응하는 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1012)은, 제1 및 제2 회

절 격자들(1004, 1108)이 상이한 주기들(Λ_1, Λ_2)을 각각 갖고 동일한 일반적인 컬러(즉, 적색, 녹색 또는 청색)를 갖지만 상이한 파장을 갖는 광을 회절시키도록 구성되는 것을 제외하고서, 서로 유사하다. 그러나, 실시예들이 이에 제한되지 않고, 제1 및 제2 회절 격자들(1004, 1108)은 실질적으로 동일한 주기를 갖고, 동일한 파장을 갖는 광을 회절시키도록 구성될 수 있다.

[0074] [0098] 추가적으로, 제1 회절 격자(1008)에 커플링된 제1 도파관(1004)은 제1, 예컨대, 포지티브 α를 갖는(평면 법선(1012)에 대해 반시계 방향 각도를 갖는) 광을 회절시키도록 구성되는 반면에, 제2 회절 격자(1108)에 커플링된 제2 도파관(1104)은 상이한, 예컨대, 네거티브 α를 갖는(평면 법선(1012)에 대해 시계 방향 각도를 갖는) 광을 회절시키도록 구성된다. 그러나, 실시예들은 이에 제한되지 않는다. 예컨대, 제1 및 제2 도파관들(1004 및 1104) 둘 모두는 포지티브 또는 네거티브이지만 상이한 입사 각도들을 회절시키도록 구성될 수 있다. 다른 변형들이 가능하다. 예컨대, 제1 및 제2 도파관들(1004 및 1104) 중 어느 하나는 포지티브 또는 네거티브 각도들 또는 둘 모두를 회절시키도록 구성될 수 있고, 각도 범위들($\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$)은 크기가 동일하거나 상이할 수 있다.

[0075] [0099] 제1 회절 격자(1008)는 그 위에 입사되는 가시광(1116, 1124)을 각각 부분적으로 회절시키고 부분적으로 투과시키도록 구성된다. 예시된 실시예에서, 제1 회절 격자(1008)는 그 위에 입사되는 가시광(1116)을 제1 FOV($\Delta\alpha_1$) 내에서 부분적으로 회절시키고, 그 위에 입사되는 가시광(1124)을 제2 FOV($\Delta\alpha_2$) 내에서 부분적으로 투과시키도록 구성된다. 제2 회절 격자(1108)는 입사광으로서 제1 회절 격자(1008)를 통해 부분적으로 투과된 광(1128)을 수신하고, 광(1128)을 부분적으로 회절된 광(1132)으로 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성된다.

[0076] [0100] 예시된 실시예에서, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1108)은 동일한 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 즉, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1108) 각각은 약 435nm-780nm의 파장 범위 내의 동일한 컬러 범위(적색, 녹색 또는 청색 범위)의 하나 이상의 파장들을 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 다양한 실시예들에서, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1108)은 적색에 대해 약 620-780nm 범위 내의 동일하거나 상이한 파장들을 갖는 광을 회절시키거나, 녹색에 대해 약 492-577nm 범위 내의 동일하거나 상이한 파장들을 갖는 광을 회절시키거나, 또는 청색에 대해 약 435-493nm 범위 내의 동일하거나 상이한 파장을 갖는 광을 회절시키도록 구성될 수 있다.

[0077] [0101] 일부 실시예들에서, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1108)은 개개의 주기들(Λ_1, Λ_2)을 구성함으로써 특정 파장들을 회절시키도록 구성될 수 있다. 임의의 이론에 구속되지 않고서, 일부 상황들 하에서, 주기(Λ)는 일반적으로 다음의 수학식에 의해 일반적으로 관련될 수 α, n_2, Θ 및 λ에 관련될 수 있다.

수학식 1

[0078] $$\Lambda_a(\sin\alpha + n_2\sin\Theta) = m\lambda$$

[0079] 여기서 m은 정수(예, 1, 2, 3...)이고, α, n_2, Θ 및 λ는 각각 입사 각도, 도파관의 굴절률, 회절된 광의 각도 및 광의 파장이고, 본 명세서의 다른 곳에 설명된 값들을 가질 수 있다. 다른 타입들의 회절 광학 엘리먼트 및 가능한 홀로그래픽 광학 엘리먼트가 사용될 수 있다.

[0080] 여전히 도 11을 참조하면, 예시된 실시예에서, 동일한 컬러 범위(적색, 녹색 또는 청색 범위)에서 하나 이상의 파장들을 갖는 광을 회절시키도록 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1108) 각각을 구성하기 위해, Λ_1 및 Λ_2 각각은 격자들(1008 및 1108)이 회절시키도록 구성된 파장(들)보다 더 작도록 선택될 수 있다. 따라서, 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1108) 각각이 적어도 적색 광을 회절시키도록 구성되는 경우, Λ_1 및 Λ_2 각각은 약 620-780nm 범위의 파장(또는 임의의 파장) 미만이 되도록 선택될 수 있고; 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1108) 각각이 적어도 녹색 광을 회절시키도록 구성되는 경우, Λ_1 및 Λ_2 각각은 약 492-577nm 범위의 파장(또는 임의의 파장) 미만이 되도록 선택될 수 있고; 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1108) 각각이 적어도 청색 광을 회절시키도록 구성되는 경우, Λ_1 및 Λ_2 각각은 약 435-493nm 범위의 파장(또는 임의의 파장) 미만이 되도록 선택될 수 있다. 다양한 실시예들에서, Λ_1 및 Λ_2는 약 40 % 내지 약 99 %, 약 50 % 내지 약 90 %, 또는 약 60 % 내지 약 80 %, 예컨대, 개개의 회절 격자들이 회절시키도록 구성된 파장들 중 임의의 파장의 약 71 %일 수 있다. 예컨

대, 도파관이 530nm의 파장(녹색)을 갖는 광을 회절시키도록 구성되는 경우, 회절 격자는 380nm의 주기를 가질 수 있고, 도파관이 650nm의 파장(적색)을 갖는 광을 회절시키도록 구성된 경우, 회절 격자는 465nm의 주기를 가질 수 있다.

[0081] [0102] 도 11의 예시된 실시예를 여전히 참조하면, 제1 격자(1008) 및 제1 도파관(1004)의 결합은 제2 FOV($\Delta\alpha_2$)와 상이한 제1 FOV($\Delta\alpha_1$) 내의 광을 회절시키도록 구성되고, 제2 격자(1108) 및 제2 도파관(1104)의 결합은 제2 FOV($\Delta\alpha_2$) 내의 광을 회절시키도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 상이한 FOV들($\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$)은, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9일 수 있는 상이한 값들, 또는 이들 값들 중 임의의 값으로 규정된 범위 내의 값, 또는 이들 값보다 더 크지만 n_1보다 더 작은 값을 갖도록 제1 및 제2 도파관들(1004 및 1104)의 개개의 굴절률들(n_2)을 구성함으로써 획득될 수 있다.

[0082] [0103] 여전히 도 11을 참조하면, 동작 시에, 입사광(1116), 예컨대, 가시광이, 입사 각도(α_1)로 제1 주기(Λ_1)를 갖는 제1 회절 격자(1008)에 입사될 때, 제1 회절 격자(1008)는 제1 회절 각도(Θ_1)로 회절된 광(1120)으로서 입사광(1116)을 적어도 부분적으로 회절시킨다. 제1 도파관(1004)은, 표면(1008S)에 입사되는 입사광(1116)이 $\Delta\alpha_1$ 내에서 입사될 때, 제1 도파관(1004)은, 도파관(1004)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-1})를 초과하는 제1 회절 각도(Θ_1)로 입사광(1116)을 회절시키도록 하는 제1 도파관 굴절률(n_{2-1})을 갖는다. 결과적으로 회절된 광(1120)은, 광이 광학 엘리먼트(1012)에 도달하고 이를 통해 나올 때까지, 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0083] [0104] 제1 회절 격자(1008)는 투과된 광(1128)으로서 입사광(1124)을 적어도 부분적으로 투과시키고, 이는 차례로 입사 각도(α_2)에서 제2 주기(Λ_2)를 갖는 제2 회절 격자(1108)에 입사되는 광이 된다. 제2 회절 격자(1108)는 차례로 제2 회절 각도(Θ_2)로 회절된 광(1132)으로서 광(1128)을 적어도 부분적으로 회절시킨다. 제2 도파관(1104)은, 광이 $\Delta\alpha_2$ 내에서 표면(1108S)에 입사될 때, 제2 도파관(1104)이 도파관(1104)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-2})를 초과하는 회절 각도로 광(1128)을 회절시키도록 하는 제2 도파관 굴절률(n_{2-2})을 갖는다. 결과적인 회절된 광(1132)은, 광이 광학 엘리먼트(1112)에 도달할 때까지 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0084] [0105] 따라서, 그 위에 제1 회절 격자(1008)를 형성한 제1 도파관(1004) 및 그 위에 제1 회절 격자(1108)를 형성한 제2 도파관(1104)이 개별적으로 $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$를 각각 갖지만, 디스플레이 디바이스(1100)의 일부에 예시된 바와 같이 스택될 때, 결과적인 스택된 도파관들(1004, 1104)은 컴포넌트 도파관들(1004, 1104)의 개개의 FOV들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$)보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV를 갖는다.

[0085] [0106] 예시된 실시예에서, 회절 격자들(1008 및 1108)은 x-방향으로 적절한 길이들을 갖고, x-방향으로 서로 부분적으로 또는 완전히 오버랩핑하여, $\Delta\alpha_2$ 내의 입사광(1124)이 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1108) 둘 모두를 횡단하기에 오버랩핑하는 부분이 충분하다.

[0086] [0107] 예시된 실시예에서, 높은 회절 효율을 갖는 결합된 FOV를 갖기 위해, 제1 회절 격자(1008)는, 입사광(1124)을 적어도 부분적으로 투과시키도록 구성되면서, 높은 회절 효율로 $\Delta\alpha_1$ 내의 입사광(1116)을 회절시키도록 구성되고, 제2 회절 격자(1108)는 높은 회절 효율로 $\Delta\alpha_2$ 내의 자신의 입사광(1128)을 회절시키도록 구성된다는 것이 인지될 것이다. 실시예들에 따라, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1108)은 실시예들에 따라, 약 20 %, 40 %, 60 % 또는 80 %를 초과하거나 이들 값들 중 임의의 값으로 규정된 임의의 범위 내의 퍼센티지를 갖는 회절 효율로, $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$ 내의 입사광(1116 및 1124)을 각각 회절시키도록 구성된다. 실시예들에 따라, 제1 회절 격자(1008)는 실시예들에 따라 약 20 %, 40 %, 60 % 또는 80 %를 초과하거나 이들 값들 중 임의의 값으로 규정된 임의의 범위 내의 퍼센티지를 갖는 투과 효율로 $\Delta\alpha_2$ 내의 입사광(1124)을 투과시키도록 구성된다.

[0087] [0108] 일부 실시예들에서, $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$는 부분적으로 오버랩핑할 수 있다. 실시예들에 따라, $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$는 $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$에 기반하여 20 %, 40 %, 60 % 또는 80 % 또는 이러한 값들 중 임의의 값으로 규정된 임의의 범위 내의 퍼센티지 미만만큼, 또는 실시예들에 따라, 5°, 10°, 15° 또는 20° 또는 이들 값들 중 임의의 값

으로 규정된 임의의 범위 내의 값 미만만큼 오버랩핑할 수 있다.

[0088] [0109] 일 예에서, 제1 도파관(1004)은 0 내지 30도의 α_1(즉, $\Delta\alpha_1$=30도) 및 녹색 파장(예컨대, 530 ㎚)을 갖는 광을 제1 도파관(1004)으로 커플링하도록 구성되는 반면에, 제2 도파관(1104)은 동일한 녹색 파장 및 -30 내지 0도의 α_2(즉, $\Delta\alpha_2$=30도)를 갖는 광을 커플링하도록 구성된다. 결과적인 결합된 FOV는 60 도만큼 높을 수 있다.

[0089] [0110] 여전히 도 11을 참조하면, 예시된 실시예에서 2개의 도파관들이 스택되지만, 실시예들은 이에 제한되지 않는다. 다른 실시예들에서, 훨씬 더 큰 결합된 FOV들을 제공하기 위해 추가적인 도파관들이 추가로 스택될 수 있다. 예컨대, 제3 도파관 및 제3 회절 격자의 결합은 제2 도파관(1104) 아래에 형성되고, 회절될 제3 회절 격자가 되도록, 제3 FOV($\Delta\alpha_3$) 내에서 제1 회절 격자(1008)에 입사된 입사광(1116, 1124)과 동일한 컬러 및 동일하거나 상이한 파장을 갖는 가시광이 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1108)을 통해 부분적으로 투과될 수 있도록 구성될 수 있다.

[0090] [0111] 도 12a 및 12b는 실시예들에 따라, 가시광 파장 범위에서 다수의 컬러들을 갖는 광에 대해 증가된 결합된 유효 FOV(field of view)를 위해 구성된 스택된 도파관들을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200)의 부분들의 단면도들을 예시한다. 도 12a 및 12b는 일부 실시예들에 따른, 그 위에 개개의 회절 격자들(1008, 1208)이 형성된 스택된 도파관들(1004, 1204)을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200)의 부분들의 단면도들을 예시하고, 여기서 스택은 컴포넌트 도파관들(1004, 1204)의 개개의 FOV(field of view)들보다 더 큰 결합된 FOV(field of view)를 갖는다. 도 11과 관련하여 위에서 예시된 디스플레이 디바이스(1100)와 유사하게, 디스플레이 디바이스(1200)는 포개어지게 형성된 제1 도파관(1004) 및 제2 도파관(1204)을 포함한다. 제1 도파관(1004)은 그 위에 제1 회절 격자(1008)를 형성하고, 제2 도파관(1204)은 그 위에 제2 회절 격자(1208)를 형성한다. 디스플레이 디바이스(1200)는 추가적으로 도파관들(1004 및 1204) 상에 형성된 광학 엘리먼트들(1012 및 1212)을 각각 포함한다. 도 11과 관련하여 위에서 예시된 디스플레이 디바이스(1100)와 동일하거나 유사한 디스플레이 디바이스(1200)의 다른 어레인지먼트들은 본원에서 생략된다.

[0091] [0112] 그러나, 도 11을 관련하여 위에 예시된 디스플레이 디바이스(1100)와 달리, 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1208)은 상이한 주기들(Λ_1, Λ_2)을 각각 갖고, 상이한 컬러들(즉, 적색, 녹색, 또는 청색)을 갖는 광을 회절시키도록 구성된다.

[0092] [0113] 도 12a를 참조하면, 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1208)은 가시광(1116, 1124) — 제1 컬러 및 제1 파장(λ_1)을 갖는 이들 각각은 제1 및 제2 회절 격자들에 각각 입사됨 —을 개개의 도파관들(1004, 1204)로 각각 회절시키도록 구성되어, 제1 컬러 및 λ_1을 갖는 가시광이 개개의 도파관들(1004, 1204)로 회절되고, 개개의 도파관들 내에서 전파된다. 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1208)은 평면 법선(1012), 예컨대, z-방향에 대해 각각 상이한 시야들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$) 내의, 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1208) 위에 입사된 제1 컬러를 갖는 가시광을 개개의 도파관들(1004, 1204)로 회절시키도록 구성된다.

[0093] [0114] 도 12b를 참조하면, 제1 회절 격자(1008)는 제2 컬러 및 제2 파장(λ_2)을 갖는 가시광(1216, 1214)을 실질적으로 투과시키도록 구성된다. 이제 제2 회절 격자(1208)에 입사되는, 제2 컬러 및 파장(λ_2)을 갖는 투과된 가시광(1226)은 제2 도파관(1204)으로 적어도 부분적으로 회절되고, x-방향으로 전파된다. 제2 회절 격자(1208)는 제2 컬러를 갖고 시야들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$) 중 하나 또는 둘 모두 내에서 제1 회절 격자(1008)에 입사하는 가시광(1216, 1214)을 제2 도파관(1204)으로 회절시키도록 구성된다. 예시된 실시예에서, 가시광(1216)은 제2 도파관(1204)으로 회절되는 것으로 회절된다.

[0094] [0115] 요약하면, 도 12a를 참조하면, 제1 도파관(1004) 및 제1 회절 격자(1008)는, 제1 컬러 및 λ_1을 갖고 ($\Delta\alpha_1$ 내의) 포지티브 α_1을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성되는 반면에, 제2 도파관(1204) 및 제2 회절 격자(1208)는 제1 컬러 및 λ_1을 갖고 ($\Delta\alpha_2$ 내의) 네거티브 α_2를 갖는 가시광을 회절시키도록 구성된다.

[0095] [0116] 요약하면, 도 12b를 참조하면, 제1 도파관(1004) 및 제1 회절 격자(1008)는 제2 컬러 및 λ_2를 갖고 ($\Delta\alpha_1$ 내의) 포지티브 α_1 및 ($\Delta\alpha_2$ 내의) 네거티브 α_2를 각각 갖는 가시광(1216, 1214)을 실질적으로 투과시키도록 구성되는 반면에, 제2 도파관(1204) 및 제2 회절 격자(1208)는 제2 컬러 및 λ_2를 갖고 ($\Delta\alpha_1$ 내의) 포

지티브 α_1 및 ($\Delta\alpha_2$ 내의) 네거티브 α_2 중 적어도 하나를 갖는 가시광을 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 상이한 FOV들($\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$)은, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9 이상 또는 이들 값들 중 임의의 값으로 규정된 범위 내의 값이지만 회절 격자들(1004, 1208)의 n_1 미만일 수 있는 상이한 값들을 갖도록 제1 및 제2 도파관들(1004 및 1204)의 개개의 굴절률들(n_{2-1} 및 n_{2-1})을 구성함으로써 획득될 수 있다.

[0096] [0117] 도 11과 관련하여 예시된 실시예와 달리, 도 12a 및 12b의 예시된 실시예에서, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1208)은 약 435nm-780nm 범위의 파장들 내의 상이한 컬러들(적색, 녹색 또는 청색 범위)에 대응하는 하나 이상의 파장들을 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 예컨대, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1208)은 적색에 대해 약 620-780nm, 녹색에 대해 약 492-577nm, 또는 청색에 대해 약 435-493nm의 상이한 범위들 내의 상이한 파장들을 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 특히, 예시된 실시예에서, 제1 회절 격자(1008)는 녹색 광을 회절시키도록 구성되고, 제2 회절 격자(1208)는 녹색 광과 적색 광을 회절시키도록 구성된다.

[0097] [0118] 예시된 실시예에서, 상이한 컬러들(적색, 녹색 또는 청색)에 대응하는 하나 이상의 파장들을 갖는 광을 회절시키도록 상기 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1208) 각각을 구성하기 위해, 개개의 Λ_1 및 Λ_2는 격자들(1008 및 1208)이 회절시키도록 구성된 파장들과 상이하고 더 작도록 선택될 수 있다. 따라서, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1208)이 녹색 광 및 적색 광을 각각 회절시키도록 구성되는 경우에, Λ_1 및 Λ_2는 녹색에 대해 약 492-577nm 및 적색에 대해 약 620-780nm의 상이한 범위들 내의 파장(또는 임의의 파장) 미만이 되도록 각각 선택될 수 있다. 게다가, 제1 및 제2 회절 격자들(1008 및 1208)이 청색 광 및 녹색 광을 각각 회절시키도록 구성되는 경우에, Λ_1 및 Λ_2는 청색에 대해 약 435-493nm 및 녹색에 대해 약 492-577nm의 상이한 범위들 내의 파장(또는 임의의 파장) 미만이 되도록 각각 선택될 수 있다.

[0098] [0119] 도 12a를 참조하면, 동작 시에, 입사광(1116), 예컨대, 제1 컬러 및 λ_1을 갖는 가시광이 입사 각도(α_1)로 제1 주기(Λ_1)를 갖는 제1 회절 격자(1008)에 입사될 때, 제1 회절 격자(1008)는 회절된 광 빔(1120)으로서 입사광(1116)을 제1 회절 각도(Θ_1)로 적어도 부분적으로 회절시킨다. 제1 도파관(1004)은, 입사광(1116)이 $\Delta\alpha_1$ 내에서 표면(1008S)에 입사될 때, 제1 회절 격자(1008)가 도파관(1004)에서 내부 전반사(TIR)의 발생을 위해, 임계 각도(Θ_{TIR-1})를 초과하는 회절 각도로 입사광(1116)을 회절시키도록 하는 제1 도파관 굴절률(n_{2-1})을 갖는다. 결과적인 회절된 광(1120)은, 광이 광학 엘리먼트(1012)에 도달하고 이를 통해 나갈 때까지 TIR 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0099] [0120] 제1 회절 격자(1008)는 입사 각도(α_2)로 그 위에 입사되고 제1 컬러 및 λ_1을 갖는 입사광(1124)을 투과된 광(1128)으로서 적어도 부분적으로 투과시키고, 이는 차례로 제2 회절 격자(1208)에 입사되고 제2 주기(Λ_2)를 갖는 광(1128)이 된다. 제2 회절 격자(1208)는 $\Delta\alpha_2$ 내에서 입사된 광(1128)을 회절된 광(1232)으로서 제2 회절 각도(Θ_2)로 적어도 부분적으로 회절시킨다. 제2 도파관(1204)은, 광(1128)이 $\Delta\alpha_2$ 내에서 입사될 때, 제2 도파관(1204)이 도파관(1204)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-2})를 초과하는 회절 각도로 광(1128)을 회절시키도록 하는 제2 도파관 굴절률(n_{2-2})을 갖는다. 결과적인 회절된 광(1232)은, 광이 광학 엘리먼트(1212)에 도달하고 이를 통해 나갈 때까지 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0100] [0121] 도 12b를 참조하면, 입사광(1216 및 1214), 예컨대, 제2 컬러 및 λ_2를 갖는 가시광이 $\Delta\alpha_1$ 내의 α_1에서 그리고 $\Delta\alpha_2$ 내의 α_2에서 제1 회절 격자(1008)에 각각 입사될 때, 제1 회절 격자(1008)는 입사광(1216 및 1214)을 대응하는 실질적으로 투과된 광(1226 및 1224)으로 실질적으로 각각 투과시킨다. 투과된 광(1226 및 1224)은 차례로 $\Delta\alpha_1$ 내의 α_1에서 그리고 $\Delta\alpha_2$ 내의 α_2에서 제2 회절 격자(1208)에 각각 입사되게 된다. 제2 도파관(1204)은, 광(1216)이 $\Delta\alpha_1$ 내에서 표면(1208S)에 입사될 때, 회절 격자(1208)가 제2 도파관(1204)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-2})를 초과하는 회절 각도로 광(1226)을 회절시키도록 하는 제2 도파관 굴절률(n_{2-2})을 가져서, 회절된 광(1236)은, 광이 광학 엘리먼트(1212)에 도달하고 이를 통해 나갈 때까지 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0101] [0122] 따라서, 제1 주기(Λ_1)를 갖는 제1 회절 격자(1008)가 그 위에 형성된 제1 도파관(1004), 및 제2 주기(Λ_2)를 갖는 제2 회절 격자(1208)가 그 위에 형성된 제2 도파관(1204)을 스택함으로써, 제1 회절 격자(1008)는

제1 컬러 및 λ_1을 갖고 적어도 $\Delta\alpha_1$ 내의 광을 회절시키도록 구성되고, 제2 회절 격자(1208)는 제1 컬러 및 λ_1을 갖고 적어도 $\Delta\alpha_2$ 내의 광을 회절시키도록 구성되고, 제2 회절 격자(1208)는 제2 컬러 및 λ_2를 갖고 적어도 $\Delta\alpha_1$ 내의 광을 회절시키도록 추가로 구성된다. 결과적인 스택은 컴포넌트 도파관들(1004, 1204)의 개개의 FOV(field of view)들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$)보다 더 큰 결합된 FOV를 갖는다. 또한, 제2 도파관은 하나 초과의 컬러를 전파시켜, 스택 내의 도파관들의 수를 잠재적으로 감소시킨다.

[0102] [0123] 예시된 실시예에서, 도 12a를 참조하면, 높은 회절 효율을 갖는 결합된 FOV를 갖기 위해, 제1 회절 격자(1008)는, $\Delta\alpha_2$ 내의 제1 컬러를 갖는 입사광(1124)을 적어도 부분적으로 투과시키도록 구성되면서, 높은 회절 효율로 $\Delta\alpha_1$ 내의 제1 컬러를 갖는 입사광(1116)을 회절시키도록 구성된다는 것이 인지될 것이다. 게다가, 도 12b를 참조하면, 제1 회절 격자(1008)는 $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$ 내의 동일한 컬러를 갖는 입사광(1216 및 1214)을 실질적으로 각각 투과시키도록 구성된다. 게다가, 제2 회절 격자(1208)는 높은 회절 효율로 $\Delta\alpha_2$ 내의 제1 컬러를 갖는 자신의 입사광(1128) 및 적어도 $\Delta\alpha_2$ 내의 제2 컬러를 갖는 입사광(1226)을 회절시키도록 구성된다. 실시예들에 따라, 높은 효율로 광을 회절시키도록 구성될 때, 제1 및/또는 제2 회절 격자들(1008 및/또는 1208)은 실시예들에 따라, 약 20 %, 40 %, 60 % 또는 80 %를 초과하거나 이들 값들 중 임의의 값으로 규정된 임의의 범위 내의 퍼센티지를 갖는 회절 효율로, $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$ 내의 입사광을 회절시키도록 구성된다. 실시예들에 따라, 광을 실질적으로 투과시키도록 구성될 때, 제1 회절 격자(1008)는 실시예들에 따라, 약 20 %, 40 %, 60 % 또는 80 %를 초과하거나 이들 값들 중 임의의 값으로 규정된 임의의 범위 내의 퍼센티지를 갖는 투과 효율로 $\Delta\alpha_1$ 또는 $\Delta\alpha_2$ 내의 입사광 투과시키도록 구성된다.

[0103] [0124] 여전히 도 12a 및 12b를 참조하면, 일부 실시예들에서, 제2 컬러는 제1 컬러와 비교하여 더 긴 파장을 갖는 컬러에 대응한다. 예컨대, 제2 컬러가 적색일 때, 제1 컬러는 녹색(또는 청색)일 수 있고, 제2 컬러가 녹색일 때, 제1 컬러는 청색일 수 있다. 이러한 어레인지먼트는 위에 논의된 제1 회절 격자(1008)의 투과율을 허용한다. 그러나, 실시예들은 이에 제한되지 않고, 일부 실시예들에서, 제2 컬러는 제1 컬러와 비교하여 더 짧은 파장을 갖는 컬러에 대응할 수 있다.

[0104] [0125] 일부 실시예들에서, $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$는 부분적으로 오버랩핑할 수 있다. 실시예들에 따라, $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$는 $\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$에 기반하여 20 %, 40 %, 60 % 또는 80 % 미만만큼 또는 이러한 값들 중 임의의 값으로 규정된 임의의 범위 내의 퍼센티지만큼, 또는 실시예들에 따라, 5°, 10°, 15° 또는 20° 미만만큼 또는 이들 값들 중 임의의 값으로 규정된 임의의 범위 내의 값만큼 오버랩핑할 수 있다.

[0105] [0126] 일 예에서, 제1 도파관(1004)은 -5 내지 20도의 α_1(즉, $\Delta\alpha_1$=25도)을 갖는 녹색 광(예컨대, 530 ㎚)을 제1 도파관(1004)에 커플링하도록 Λ_1=380nm을 갖는 제1 회절 격자(1008)로 구성될 수 있다. 제2 도파관(1204)은 -20 내지 5도의 α_2(즉, $\Delta\alpha_2$=25도)를 갖는 녹색 광(예컨대, 530㎚)을 제2 도파관(1204)에 커플링하도록 Λ_2=465nm을 갖는 제2 회절 격자(1208)로 구성될 수 있다. 결과적인 결합된 FOV는, $\Delta\alpha_1$=25도 또는 $\Delta\alpha_2$=25도 중 어느 하나에 비해 상당한 향상된 40 도이다. 게다가, Λ_2=465nm을 갖는 제2 회절 격자(1208)로 구성된 제2 도파관(1204)은 -5 내지 20도의 α_1(즉, $\Delta\alpha_1$=25도)을 갖는 적색 광(예컨대, 650nm)을 제2 도파관(1204)에 커플링할 수 있다. 따라서, 스택은 40도의 결합된 FOV를 갖는 (예컨대, 530nm에서의) 녹색 이미지뿐만 아니라 25도의 FOV를 갖는 (예컨대, 650nm에서의) 적색 이미지를 투사하는 데 사용될 수 있다.

[0106] [0127] 도 13a 내지 13c는 실시예들에 따른, 동작 시에, 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 예시된 구성들과 유사한 구성으로 도파관을 결합 또는 스택하는 것의 사용자에 대한 시각적 효과를 개략적으로 예시한다. 실시예들에 따라, 도 13a는 제1 도파관(도 12a, 12b의 1012)과 유사하게 구성된 도파관을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200A)의 개략적인 사시도를 예시하고, 도 13b는 제2 도파관(도 12a의 1112 및 도 12b의 1212)과 유사하게 구성된 도파관을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200B)의 개략적인 사시도를 예시하고, 도 13c는 증가된 결합된 유효 FOV(field of view)를 위해 구성된 스택된 도파관들(도 11의 1100, 도 12의 1200)을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200)의 개략적인 사시도를 예시한다. 동작 시에, 컴포넌트 제1 도파관(도 13a의 1012) 및 제2 도파관(도 13b의 1212)은, 위에 설명된 바와 같이, 개개의 FOV들($\Delta\alpha_1$ 및 $\Delta\alpha_2$) 내에서 디스플레이 디바이스에 입사된 입사광(1116)(도 13a), 입사광(1124)(도 13b)에 포함된 정해진 컬러에 대한 인입 이미지 정보를 수신하도

록 구성된다. 도 13c를 참조하면, 제1 및 제2 도파관들(1012, 1212)이 스택될 때, 제1 컬러(예컨대, 녹색) 및 λ_1을 갖는 입사광(1116, 1124)은 개개의 도파관들(1004, 1204) 내에서 TIR 하에서 전파되도록, 개개의 회절 격자들(1008, 1208)에 의해 회절됨으로써 도파관들(1004, 1204)에 인-커플링된다. 후속하여, 회절된 광(1120, 1232)은 개개의 광 분배 엘리먼트들(1010, 1210)에 충돌한다. 광 분배 엘리먼트들(1010, 1210)은, 광이 아웃-커플링된 광(1140, 1148)으로서 아웃-커플링되도록 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(1012, 1212)을 향해 각각 전파되도록 광을 편향시킨다. 도파관들을 스택하는 것의 사용자에 대한 시각적 효과가 아래에 설명된다.

[0107] [0128] 도 13a는, 단지 예시 목적들로, 도 12a 및 12b에 예시된 디스플레이 디바이스(1200)의 제1 도파관(1004)만을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200A)의 개략도를 예시하며, 여기서 도파관(1004)은 제1 주기(Λ_1), 및 결과적인 이미지(1144)를 갖는 제1 회절 격자(1008)를 그 위에 형성한다. 도파관(1004)이 $\Delta\alpha_1$ 내에서 입사광(1116)을 인-커플링하도록 구성되기 때문에, 인입 이미지 정보가 $\Delta\alpha_2$ 내의 입사광(1124)에 추가적으로 포함되지만, 결과적인 이미지(1144)는 제1 컬러(예컨대, 녹색)의 인입 정보 중 일부만을 포함한다.

[0108] [0129] 도 13b는 단지 예시 목적들로 도 12a 및 12b에 예시된 디스플레이 디바이스(1200)의 제2 도파관(1204)만을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200B)의 개략도를 예시하고, 여기서 도파관(1204)은 제2 주기(Λ_2), 및 결과적인 이미지(1152)를 갖는 제2 회절 격자(1208)를 그 위에 형성한다. 도파관(1204)이 $\Delta\alpha_2$ 내에서 입사광(1124)을 인-커플링하도록 구성되기 때문에, 인입 이미지 정보가 $\Delta\alpha_1$ 내의 입사광(1116)에 추가적으로 포함되지만, 결과적인 이미지(1144)는 제1 컬러(예컨대, 녹색)의 인입 정보 중 일부만을 포함한다.

[0109] [0130] 도 13c는 도 12a 및 12b에 예시된 것과 유사한 스택된 제1 및 제2 도파관들(1004 및 1204)을 포함하는 디스플레이 디바이스(1200)의 개략도를 예시하고, 여기서 도파관(1004)은 제1 주기(Λ_1)를 갖는 제1 회절 격자(1008)를 그 위에 형성하고, 여기서 도파관(1204)은 제2 주기(Λ_2)를 갖는 제2 회절 격자(1208)를 그 위에 형성한다. 제1 및 제2 도파관들(1004, 1204)의 결합이 $\Delta\alpha_1$ 내에서 제1 컬러를 갖는 입사광(1116)뿐만 아니라 $\Delta\alpha_2$ 내에서 제1 컬러를 갖는 입사광(1124) 둘 모두를 인-커플링하도록 구성되기 때문에, 결과적인 이미지(1160)는 제1 및 제2 도파관들(1004 및 1204)로부터의 제1 컬러(예컨대, 녹색)의 정보 중 합(sum)을 포함한다.

[0110] [0131] 도 14a 및 14b는 실시예들에 따른 디스플레이 디바이스들(1400A 및 1400B)의 단면도들을 각각 도시하고, 이들 각각은 개개의 회절 격자들(1008, 1208, 1308, 1408)이 그 위에 형성된 복수의 스택된 도파관들(1004, 1204, 1304, 1404)을 포함하고, 여기서 스택된 도파관들은 가시광 파장 범위의 다수의 컬러들을 갖는 광에 대한 증가된 결합된 유효 FOV(field of view)를 위해 구성된다. 스택된 도파관들은 일부 실시예들에 따라, 컴포넌트 도파관들(1004, 1204, 1304, 1404)의 개개의 FOV(field of view)들보다 더 큰 결합된 또는 어그리게이트 FOV(field of view)를 갖도록 구성된다. 디스플레이 디바이스들(1400A 및 1400B)은, 디스플레이 디바이스(1400A)가 입사광에 접하는 회절 격자들(1008, 1208, 1308, 1408)을 갖는 반면, 디스플레이 디바이스(1400B)가 입사광을 등지는 회절 격자들(1008, 1208, 1308, 1408)을 갖는 것을 제외하고는 서로 유사하다. 디스플레이 디바이스들의 동작 원리는 1400A와 1400B 사이에서 유사하며, 본원에서 함께 설명될 것이다.

[0111] [0132] 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 예시된 디스플레이 디바이스(1200)와 유사하게, 디스플레이 디바이스들(1400A 및 1400B)은 제1 회절 격자(1008)가 그 위에 배치된 제1 도파관(1004), 제2 회절 격자(1208)가 그 위에 배치된 제2 도파관(1204), 제3 회절 격자(1308)가 그 위에 배치된 제3 도파관(1304), 및 제4 회절 격자(1408)가 그 위에 배치된 제4 도파관(1404)을 포함한다. 제1 내지 제4 회절 격자들(1008, 1208, 1308, 1408)은 제1 내지 제4 주기들(Λ_1, Λ_2, Λ_3, Λ_4)을 갖는다. 이전 실시예들(예컨대, 도 12a, 12b의 1012)과 유사한 추가적인 광학 엘리먼트들은 명확성을 위해 본원에서 생략된다. 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 예시된 디스플레이 디바이스(1200)와 동일하거나 유사한 디스플레이 디바이스들(1400A 및 1400B)의 다른 유사한 어레인지먼트들은 본원에서 생략된다.

[0112] [0133] 동작 시에, λ_1을 갖는 광의 커플링을 참조하면, 입사광(1116), 예컨대, 제1 컬러 및 λ_1을 각각 갖는 가시광이 입사 각도(α_1)로 제1 회절 격자(1008)에 입사될 때, 제1 회절 격자(1008)는 입사광(1116)을 적어도 부분적으로 회절시킨다. 특히, 제1 도파관(1004)은, 입사광(1116)이 $\Delta\alpha_1$ 내에서 자신의 표면에 입사될 때, 제1 도파관(1004)이 도파관(1004)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-1})를 초과하는 회절 각도로 입사광(1116)을 회절시키도록 하는 제1 도파관 굴절률(n_{2-1})을 가져서, 회절된 광(1120)은 내부 전반사(TIR) 하에서

x-축을 따라 전파된다.

[0113] [0134] 제1 회절 격자(1008)는 제1 컬러 및 λ_1의 입사광(1124)을 적어도 부분적으로 투과시키고, 이는 차례로 입사 각도(α_2)에서 제2 주기(Λ_2)를 갖는 제2 회절 격자(1208)에 입사되게 된다. 제2 회절 격자(1208)는 제1 컬러 및 $\Delta\alpha_2$ 내의 파장의 광(1224)을 회절된 광(1232)으로서 적어도 부분적으로 회절시킨다. 특히, 제2 도파관(1204)은, 제1 컬러 및 파장의 광(1128)이 $\Delta\alpha_2$ 내에서 표면(1208S)에 입사될 때, 제2 도파관(1204)이 도파관(1204)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-2})를 초과하는 회절 각도로 광(1124)을 회절시키도록 하는 제2 도파관 굴절률(n_{2-2})을 가져서, 회절된 광(1232)은 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0114] [0135] λ_2를 갖는 광의 커플링을 참조하면, 입사광(1226 및 1224), 예컨대, 제2 컬러 및 λ_2를 갖는 가시광이 제1 회절 격자(1008)에 입사될 때, 제1 회절 격자(1008)는 실질적으로 입사광(1226 및 1224)을 투과시키고, 이는 차례로 각각 $\Delta\alpha_1$ 내의 α_1 및 $\Delta\alpha_2$ 내의 α_2에서 제2 회절 격자(1208)에 입사되게 된다. 제2 도파관(1204)은, 제2 컬러 및 파장의 광(1226)이 $\Delta\alpha_1$ 내에서 자신의 표면에 입사될 때, 제2 도파관(1204)이 제2 도파관(1204)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-2})를 초과하는 회절 각도로 제2 컬러 및 파장의 광(1226)을 회절시키도록 하는 제2 도파관 굴절률(n_{2-2})을 가져서, 제2 컬러 및 파장의 회절된 광(1236)은 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다. 반면에, 제2 회절 격자(1208)는 제2 컬러 및 파장의 광(1224)을 실질적으로 투과시키고, 이는 차례로 $\Delta\alpha_2$ 내의 α_2에서 제3 회절 격자(1308)에 입사되게 된다. 제3 도파관(1304)은, 제2 컬러 및 파장의 광(1224)이 $\Delta\alpha_2$ 내에서 자신의 표면에 입사될 때, 제3 도파관(1304)이 제3 도파관(1304)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-3})를 초과하는 회절 각도로 제2 컬러 및 파장의 광(1224)을 회절시키도록 하는 제3 도파관 굴절률(n_{2-3})을 가져서, 제2 컬러 및 파장의 회절된 광(1324)은 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0115] [0136] λ_3을 갖는 광의 커플링을 참조하면, 입사광(1316 및 1324), 예컨대, 제3 컬러 및 λ_3을 갖는 가시광이 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1208)에 입사될 때, 제1 및 제2 회절 격자들(1008, 1208)은 입사광(1316 및 1324)을 실질적으로 각각 투과시키고, 이는 차례로 $\Delta\alpha_1$ 내의 α_1 및 $\Delta\alpha_2$ 내의 α_2에서 제3 회절 격자(1308)에 입사되게 된다. 제3 도파관(1304)은, 광(1316)이 $\Delta\alpha_2$ 내에서 자신의 표면에 입사될 때, 제3 도파관(1304)이 제3 도파관(1304)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-3})를 초과하는 회절 각도로 광(1316)을 회절시키도록 하는 제3 도파관 굴절률(n_{2-3})을 가져서, 회절된 광(1328)은 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다. 반면에, 제3 회절 격자(1308)는 광(1324)을 실질적으로 각각 투과시키고, 이는 차례로 $\Delta\alpha_2$ 내의 α_2에서 제4 회절 격자(1408)에 입사되게 된다. 제4 도파관(1404)은, 광(1324)이 $\Delta\alpha_2$ 내에서 자신의 표면에 입사될 때, 제4 도파관(1404)이 제4 도파관(1404)에서 내부 전반사의 발생을 위해 임계 각도(Θ_{TIR-4})를 초과하는 회절 각도로 광(1324)을 회절시키도록 하는 제4 도파관 굴절률(n_{2-4})을 가져서, 회절된 광(1332)은 내부 전반사(TIR) 하에서 x-축을 따라 전파된다.

[0116] [0137] 여전히 도 14a 및 14b를 참조하면, 일부 실시예들에서, λ_3은 λ_2와 비교하여 더 긴 파장을 갖는 컬러에 대응하고, λ_2는 λ_1과 비교하여 더 긴 파장을 갖는 컬러에 대응한다. 예컨대, λ_3은 적색에 대응하고, λ_2는 녹색에 대응하고, λ_1은 청색에 대응한다. 제1 내지 제4 주기들(Λ_1, Λ_2, Λ_3, Λ_4)은 일부 경우들에서 광의 전파 방향으로 감소하는 값들을 가질 수 있다. 예컨대, Λ_1은 위에 설명된 바와 같이 청색 광을 회절시키도록 구성된 회절 격자에 대응하는 적절한 값을 가질 수 있고, Λ_2는 위에 설명된 바와 같이, 예컨대, 녹색(및 청색) 광을 회절시키도록 구성된 회절 격자에 대응하는 적절한 값을 가질 수 있고, Λ_3 및 Λ_4 각각은 위에 설명된 바와 같이 적색(및 녹색) 광을 회절시키도록 구성된 회절 격자에 대응하는 적절한 값을 가질 수 있다. 그러나, 실시예들은 이에 제한되지 않고, 일부 다른 실시예들에서, Λ_1, Λ_2, Λ_3, Λ_4는 광의 전파 방향으로 증가하거나 또는 랜덤한 순서를 갖는 값들을 가질 수 있다.

[0117] [0138] 따라서, 개개의 주기들(Λ_1, Λ_2, Λ_3, Λ_4)을 갖는 개개의 회절 격자들(1008, 1208, 1308 1408)이 그 위에 형성된 제1 내지 제4 도파관들(1004, 1204, 1304, 1404)을 스택함으로써, 제1 도파관(1004)은 제1 컬러 및 λ_1을 갖고 $\Delta\alpha_1$ 내에서 광을 회절시키도록 구성되고, 제2 도파관(1204)은 제1 컬러 및 λ_1을 갖고 $\Delta\alpha_2$ 내에서 광을 회절시키도록 구성되어, λ_1에서 제1 컬러(예컨대, 청색)를 갖는 광에 대해 컴포넌트 제1 및 제2 도파관들(1004, 1204)의 개개의 FOV(field of view)들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$)보다 더 큰 결합된 FOV가 달성된다. 유사하게, 제2 도파관(1204)은 제2 컬러 및 λ_2를 갖고 $\Delta\alpha_1$ 내에서 광을 회절시키도록 구성되고, 제3 도파관(1304)은 제2 컬러 및 λ_2를 갖고 $\Delta\alpha_2$ 내에서 광을 회절시키도록 구성되어, λ_2에서 제2 컬러(예컨대, 녹색)를 갖는 광에 대해 컴포넌트 제2 및 제3 도파관들(1204, 1304)의 개개의 FOV(field of view)들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$)보다 더 큰 결합된 FOV가 달성된다. 유사하게, 제3 도파관(1304)은 제3 컬러 및 λ_2를 갖고 $\Delta\alpha_1$ 내에서 광을 회절시키도록 구성되고, 제4 도파관(1404)은 제3 컬러 및 λ_3을 갖고 $\Delta\alpha_2$ 내에서 광을 회절시키도록 구성되어, λ_3에서 제3 컬러(예컨대, 적색)를 갖는 광에 대해 컴포넌트 제3 및 제4 도파관들(1304, 1404)의 개개의 FOV(field of view)들($\Delta\alpha_1$, $\Delta\alpha_2$)보다 더 큰 결합된 FOV가 달성된다.

[0118] [0139] 특히, 일부 도파관들은 다수의 컬러들 및 대응하는 파장들에 대해 동작한다. 일부 경우들에서, 따라서 더 적은 도파관이 잠재적으로 사용된다. 따라서, 스택은 더 간단하고 가능하게는 더 작고 더 가볍고 덜 비싸거나 적어도 덜 복잡할 수 있다.

[0119] 액정-기반 회절 격자들에 기반한 결합된 시야를 갖는 스택된 도파관들

[0120] [0140] 위에 설명된 바와 같이, 다양한 실시예들은, 예컨대, 스택된 구성으로 포개어지게 형성되고 개개의 회절 격자들이 그 위에 형성된 복수의 도파관들을 포함하고, 여기서 개개의 회절 격자들은 그 위에 입사된 광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되어, 개개의 도파관들로 회절된 가시광이 개개의 도파관들 각각 내에서 전파된다. 개개의 회절 격자들은 개개의 도파관의 층 법선 방향에 대해 개개의 FOV(field of view)들 내에서 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되고, 개개의 FOV들은, 도파관들이 개개의 FOV들 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV를 갖도록 한다. 다음에서, 액정들에 기반한 회절 격자들 및 액정 회절 격자들을 갖는 도파관들의 실시예들이 설명된다. 도파관들 및 회절 격자들은, 회절 및 투과의 파장 선택성뿐만 아니라 그들의 FOV를 포함하여, 결합된 FOV들을 갖는 스택된 도파관들을 형성하기 위한, 위에 설명된 특정 어레인지먼트를 달성하도록 구성된다.

[0121] [0141] 일반적으로, 액정들은 종래의 유체들과 고체들 사이의 중간일 수 있는 물리적 특성들을 갖는다. 액정들이 일부 양상들에서 유체와 비슷하지만, 대부분의 유체들과 달리, 액정들 내의 분자들의 어레인지먼트는 일부 구조적인 순서를 나타낸다. 상이한 유형들의 액정들은 서모트로픽(thermotropic), 리오트로픽(lyotropic) 및 중합체 액정들을 포함한다. 본원에서 개시된 서모트로픽 액정들은 다양한 물리적 상태들, 예컨대, 네마틱 상태/상(state/phase), 스멕틱 상태/상, 키랄 네마틱 상태/상 또는 키랄 스멕틱 상태/상을 포함하는 상들로 구현될 수 있다.

[0122] [0142] 본원에서 설명된 바와 같이, 네마틱 상태 또는 상의 액정들은 장거리 방향적 순서(long-range directional order)(그의 장축은 대략 평행함)를 가지면서, 비교적 적은 포지션 순서를 갖는 막대형(calamitic)(로드(rod)-형상) 또는 디스코틱(discotic)(디스크-형상) 유기 분자들을 가질 수 있다. 따라서, 유기 분자들은 그들의 장거리 방향적 순서를 여전히 유지하면서, 질량 포지션들의 중심이 액체에서와 같이 랜덤으로 분배된 채로, 자유롭게 유동할 수 있다. 일부 구현들에서, 네마틱 상의 액정들은 단축(uniaxial)일 수 있는데; 즉, 액정들은 더 길고 선호되는 하나의 축을 가지며, 다른 두 개는 대략 등가이다. 다른 구현들에서, 액정들은 2축(biaxial)일 수 있는데; 즉, 그의 장축을 배향시키는 것 이외에도, 액정들은 또한 2차 축을 따라 배향될 수 있다.

[0123] [0143] 본원에서 설명된 바와 같이, 스멕틱 상태 또는 상의 액정들은 서로 미끄러질 수 있는 비교적 잘 규정된 층들을 형성하는 유기 분자들을 가질 수 있다. 일부 구현들에서, 스멕틱 상의 액정들은 일 방향을 따라 포지션적으로 순서화될 수 있다. 일부 구현들에서, 분자들의 장축들은 액정 층의 평면에 실질적으로 수직인 방향을 따라 배향될 수 있는 반면, 다른 구현들에서, 분자들의 장축들은 층의 평면에 수직인 방향에 대해 기울어질 수 있다.

[0124] [0144] 본원에서 그리고 본 개시내용 전반에 걸쳐, 네마틱 액정들은 이웃 분자들의 장축들이 대략적으로 서로

정렬되어 있는 로드-형 분자들로 구성된다. 이 이방성 구조를 설명하기 위해, 디렉터(director)라고 불리는 무차원 유닛 벡터(n)가 액정 분자들의 바람직한 배향의 방향을 설명하는 데 사용될 수 있다.

[0125] [0145] 본원에서 그리고 본 개시내용 전반에 걸쳐, 경사각 또는 전경사각(Φ)은 액정 층들의 또는 기판의 주 표면(x-y 평면)에 수직인 평면, 예컨대, x-z 평면에서 측정되고, 정렬 방향과 주 표면 또는 주 표면에 평행한 방향, 예컨대 x-방향 사이에서 측정된 각도를 지칭할 수 있다.

[0126] [0146] 본원에서 그리고 본 개시내용 전반에 걸쳐, 방위각 또는 회전 각도(ϕ)는 층 법선 방향, 또는 액정 층의 주 표면에 수직인 축을 중심으로 한 회전의 각도를 설명하는 데 사용되며, 이는 액정 층들의 또는 기판의 주 표면에 평행한 평면 예컨대, x-y 평면에서 측정되고, 정렬 방향, 예컨대, 신장 방향 또는 디렉터(director)의 방향과 주 표면에 평행한 방향, 예컨대 y-방향 사이에서 측정된다.

[0127] [0147] 본원에서 그리고 본 개시내용 전반에 걸쳐, 전경사각(Φ) 또는 회전 각도(ϕ)와 같은 각도가 상이한 구역들 사이에서 실질적으로 동일한 것으로 지칭될 때, 평균 정렬각들은 예컨대, 서로 약 1 %, 약 5 % 또는 약 10 % 내에 있을 수 있지만, 일부 경우들에서, 평균 정렬은 더 클 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0128] [0148] 본원에서 그리고 본 명세서 전반에 걸쳐, 듀티 사이클은, 예컨대, 제1 정렬 방향으로 정렬된 액정 분자들을 갖는 제1 구역의 제1 측방향 치수와 제1 구역을 갖는 존(zone)의 격자 주기 사이의 비율을 지칭할 수 있다. 적용 가능한 경우, 제1 구역은 액정들의 정렬이 상이한 존들 사이에서 변동되지 않는 구역에 대응한다.

[0129] [0149] 본원에서 설명된 바와 같이, 네마틱 상태 또는 스멕틱 상태의 액정은 또한 키랄성을 나타낼 수 있다. 이러한 액정들은 키랄 상 또는 콜레스테릭 상으로 있을 수 있는 것으로서 지칭된다. 키랄 상 또는 콜레스테릭 상에서, 액정들은 디렉터에 수직인 분자들의 트위스팅(twisting)을 나타낼 수 있으며, 분자 축은 디렉터와 평행하다. 인접한 분자들 사이의 유한 트위스트 각은 그들의 비대칭 패킹에 기인하며, 이는 장거리 키랄 순서를 초래한다.

[0130] [0150] 본원에서 설명된 바와 같이, 키랄 스멕틱 상태 또는 상의 액정들은 액정 분자들이 레이어드(layered) 구조에서 포지션 순서를 갖도록 구성될 수 있으며, 분자들은 층 법선에 대해 유한 각도로 기울어진다. 또한, 키랄성(chirality)은 하나의 액정 분자로부터 다음 액정 분자까지의 층 법선에 수직인 방향에 대해 액정 분자들의 연속적 방위 트위스트들을 층 법선 방향으로 유도할 수 있고, 이로써 층 법선을 따라 분자 축의 나선형 트위스팅을 생성한다.

[0131] [0151] 본원에서 그리고 본 개시내용 전반에 걸쳐 설명된 바와 같이, 키랄 구조는 방향, 예컨대, 층 깊이 방향과 같은 디렉터에 수직인 방향으로 연장되고, 회전 방향, 예컨대 시계 방향 또는 반시계 방향으로 연속적으로 회전 또는 트위스트되는, 콜레스테릭 상의 복수의 액정 분자들을 지칭한다. 일 양상에서, 키랄 구조의 액정 분자들의 디렉터들은 나선형 피치를 갖는 나선으로서 특징화될 수 있다.

[0132] [0152] 본원에서 설명된 바와 같이, 키랄성을 디스플레이하는 콜레스테릭 상의 액정들은 제1 회전 방향으로의 완전한 일 회전에 의한 키랄 구조들의 액정 분자들의 순 회전 각도에 대응하는 층 깊이 방향의 길이에 대응하는 키랄 피치 또는 나선형 피치(p)를 갖는 것으로서 설명될 수 있다. 즉, 나선형 피치는 액정 분자들이 완전 360° 트위스트되는 거리를 지칭한다. 나선형 피치(p)는 예컨대, 온도가 변경될 때 또는 다른 분자들이 액정 호스트에 첨가될 때 변할 수 있어(아키랄(achiral) 액체 호스트 재료는 키랄 재료로 도핑되는 경우, 키랄 상을 형성할 수 있음), 주어진 재료의 나선형 피치(p)가 상응하게 튜닝되게 할 수 있다. 일부 액정 시스템들에서, 나선형 피치는 가시 광의 파장과 동일한 차수이다. 본원에서 설명된 바와 같이, 키랄성을 디스플레이하는 액정들은 또한, 예컨대 층 법선 방향에서 연속적인 액정 분자들 사이의 상대적인 방위각 회전을 지칭할 수 있는 트위스트 각, 또는 회전 각도(ϕ)를 갖는 것으로서, 그리고 예컨대, 특정된 길이, 예컨대 키랄 구조의 길이 또는 액정 층의 두께에 걸쳐 최상위 액정 분자와 최하위 액정 분자 사이의 상대적 방위각 회전을 지칭할 수 있는 순 트위스트 각도 또는 순 회전 각도를 갖는 것으로서 설명될 수 있다.

[0133] [0153] 본원에서 설명된 다양한 실시예들에 따라, 위에서 설명된 바와 같은 다양한 상태들 또는 상들을 갖는 액정들은, 예컨대, 복굴절, 광학 이방성, 및 박막 프로세스들을 사용한 제조성을 포함하는 다양한 바람직한 재료 특성들을 제공하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 액정 층들의 표면 조건들을 변경하고 그리고/또는 상이한 액정 재료들을 혼합함으로써, 공간적으로 변동되는 회절 특성들, 예컨대, 그래디언트 회절 효율들을 나타내는 격자 구조들이 제조될 수 있다.

[0134] [0154] 본원에서 설명된 바와 같이, "중합 가능 액정(polymerizable liquid crystal)"들은 중합될 수 있는,

예컨대, 인-시추 광중합(in-situ photopolymerize)될 수 있는 액정 재료들을 지칭할 수 있으며, 또한 RM(reactive mesogens)으로서 본원에서 설명될 수 있다.

[0135] [0155] 액정 분자들은 일부 실시예들에서 중합 가능할 수 있고, 일단 중합되면 다른 액정 분자들과 함께 대형 네트워크를 형성할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 액정 분자들은 화학 결합(chemical bond)들에 의해 또는 화학 종들을 다른 액정 분자들과 링크시킴으로써 링크될 수 있다. 일단 함께 결합되면, 액정 분자들은 함께 링크되기 전과 실질적으로 동일한 배향들 및 위치들을 갖는 액정 도메인들을 형성할 수 있다. 설명의 편의를 위해, "액정 분자"라는 용어는 본원에서, 중합 이전의 액정 분자들 및 중합 후에 이들 분자들에 의해 형성된 액정 도메인들 둘 모두를 지칭하는 데 사용된다.

[0136] [0156] 본원에서 설명된 특정 실시예들에 따라, 광-중합 가능 액정 재료들은, 브래그-반사 구조들, 예컨대, 회절 격자를 형성하도록 구성될 수 있으며, 복굴절, 키랄성 및 다중-코팅에 대한 용이성을 포함하는 그의 재료 특성들이 활용되어 상이한 재료 특성들, 예컨대, 복굴절, 키랄성 및 두께를 갖는 회절 격자를 생성할 수 있으며, 이는 상이한 회절 특성들, 예컨대, 몇몇의 예를 들자면, 회절 효율, 파장 선택성 및 축외 회절 각도 선택성을 초래할 수 있다.

[0137] [0157] 격자의 광학 특성들은 격자의 물리적 구조들(예컨대, 주기성, 깊이 및 듀티 사이클)뿐만 아니라 격자의 재료 특성들(예컨대, 굴절률, 흡수 및 복굴절)에 의해 결정된다. 액정들이 사용될 때, 격자의 광학 특성들은 예컨대, 액정 재료들의 분자 배향 또는 분배를 제어함으로써 제어될 수 있다. 예컨대, 격자 영역에 걸친 액정 재료의 분자 배향 또는 분배를 변동시킴으로써, 격자는 등급화된 회절 효율들을 나타낼 수 있다. 이러한 접근법들은 도면들을 참조하여 아래에서 설명된다.

[0138] [0158] 다음에서, 다양한 광학 특성들에 대해 최적화된 CLCG(cholesteric liquid crystal diffraction grating)들의 다양한 실시예들이 설명된다. 일반적으로 회절 격자들은 광을 상이한 방향들로 이동하는 여러 광 빔들로 분할 및 회절시키는 주기적 구조를 갖는다. 이들 빔들의 방향들은 다른 것들 중에서도, 주기적 구조의 주기 및 광의 파장에 의존한다. 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(도 12a 및 12b의 1008, 1208) 또는 아웃-커플링 광학 엘리먼트들(도 12a 및 12b의 1012, 1212)과 같은 특정 애플리케이션들에 대해 특정 광학 특성들, 예컨대, 회절 효율들을 최적화하기 위해, CLC의 다양한 재료 특성들이 아래에서 설명되는 바와 같이 최적화될 수 있다.

[0139] [0159] 위에서 설명된 바와 같이, 키랄(네마틱) 상 또는 콜레스테릭 상에서의 CLC(cholesteric liquid crystal) 층의 액정 분자들은 액정 층의 법선 방향 또는 깊이 방향에서의 막의 포지션의 함수로서 디렉터의 연속적인 방위각 트위스트들을 갖도록 배열되는 복수의 액정 분자들을 특징으로 한다. 본원에서 설명된 바와 같이, 연속적인 방위각 트위스트들을 갖도록 배열되는 액정 분자들은 본원에서 키랄 구조로서 집합적으로 지칭된다. 본원에서 설명된 바와 같이, 방위각 트위스트 또는 회전의 각도(ϕ)는 위에서 설명된 바와 같이, 층 법선에 평행한 방향에 대해 액정 분자들의 디렉터들 사이의 각도로서 설명된다. 키랄 구조의 액정 분자들의 공간적으로 변동되는 디렉터는, 위에서 설명된 바와 같이 디렉터가 360° 만큼 회전한 (예컨대, 액정 층의 층 법선 방향에서의) 거리로서 나선형 피치(p)가 규정되는 나선형 패턴을 형성하는 것으로서 설명될 수 있다. 본원에서 설명된 바와 같이, 회절 격자로서 구성된 CLC 층은 액정들의 분자 구조들이 깊이 방향에 법선인 측방향에서 주기적으로 반복되는 측방향 치수를 갖는다. 측방향의 이러한 주기성은 격자 주기(Λ)로 지칭된다.

[0140] [0160] 본원에서 설명된 다양한 실시예들에 따라, 회절 격자는 복수의 키랄 구조들을 포함하는 CLC(cholesteric liquid crystal) 층을 포함하며, 각각의 키랄 구조는 적어도 나선형 피치만큼 층 깊이 방향으로 연장되고 제1 회전 방향으로 연속적으로 회전되는 복수의 액정 분자들을 포함한다. 나선형 피치는, 제1 회전 방향의 한 번의 풀 회전(full rotation)에 의한 키랄 구조들의 액정 분자들의 순 회전 각도(net rotation angle)에 대응하는 층 깊이 방향의 길이이다. 키랄 구조들의 액정 분자들의 어레인지먼트들은 층 깊이 방향에 수직인 측방향으로 주기적으로 변동된다.

[0141] [0161] 임의의 이론에 구속되지 않고서, 브래그-반사 하에서, 입사광의 파장(λ)은 CLC 층의 산술평균(mean) 또는 평균 굴절률(n) 및 나선형 피치(p)에 비례할 수 있고, 일부 상황들에서 다음의 조건을 만족시키는 것으로서 표현될 수 있다.

수학식 2

[0142] $$\lambda \equiv np$$

[0143] [0162] 또한, 브래그-반사 파장들의 대역폭(Δλ)은 CLC 층의 복굴절(Δn)(예컨대, 광의 상이한 편광들 간의 굴절률의 차이) 및 나선형 피치(p)에 비례할 수 있고, 일부 상황들에서 다음의 조건을 만족시키는 것으로서 표현될 수 있다.

수학식 3

[0144] $$\Delta\lambda = \Delta n \bullet p$$

[0145] [0163] 본원에 설명된 다양한 실시예들에서, 대역폭(Δλ)은 약 60nm, 약 80nm 또는 약 100nm이다.

[0146] [0164] 다양한 실시예들에 따라, 예컨대, 약 390nm 내지 약 700nm의 가시 파장 범위 내의 또는 예컨대, 약 700nm 내지 약 2500nm의 근적외선 파장 범위 내의 피크 반사 세기는 약 60%, 약 70%, 약 80% 또는 약 90%를 초과할 수 있다. 또한, 다양한 실시예들에 따라, FWHM(full width at half maximum)은 약 100nm 미만, 약 70nm 미만, 약 50nm 미만 또는 약 20nm 미만일 수 있다.

[0147] [0165] 도 15는, 일부 실시예들에 따른, 축외 입사 각도, 예컨대, 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 예시된 디스플레이 디바이스와 유사한 디스플레이 디바이스에 입사되는 광에 대한 축외 각도(Δα_1 내의 α_1 또는 Δα_2 내의 α_2)에서 고 대역폭의 반사를 위해 구성된 CLC 층(1158)의 측 단면도를 예시한다. 본원에서 설명된 바와 같이, 축외 입사 각도는 비-제로 값을 갖는, 층 법선의 방향(예컨대, 도 12에서 z-방향)에 대한 입사 빔(1216)의 입사 각도(Θ_{inc})(이는 반사 각도(Θ)의 브래그-반사된 빔(1220)을 발생시킴)를 지칭한다. 일부 상황들에서, 반사 각도는 λ/Λ를 변동시킴으로써 제한된 범위로 변동될 수 있다. 임의의 이론에 제한되지 않고서, 일부 상황들에서, 축외 반사는 다음의 관계에 기반하여 설명될 수 있다.

수학식 4

[0148] $$n \cdot sin(\Theta) = \lambda/\Lambda + sin(\Theta_{inc})$$

[0149] 여기서, Θ_{inc}는 층 법선의 방향에 대한 입사 각도이고, Θ는 층 법선의 방향에 대한 반사 각도이고, n은 반사된 빔이 전파되는 매체의 반사율이다. CLC 층(1158)이 축외 각도의 입사 빔(1216)으로 조명될 때, 반사 스펙트럼은 더 짧은 파장들을 향해 시프트될 수 있다. 본원에서 개시된 다양한 실시예들에 따라, 비율(λ/Λ)은 0.5 내지 0.8, 0.6 내지 0.9, 0.7 내지 1.0, 0.8 내지 1.1, 0.9 내지 1.2, 1.0 내지 1.6, 1.1 내지 1.5, 또는 1.2 내지 1.4의 값을 가질 수 있다.

[0150] [0166] 임의의 이론에 구속되지 않고서, CLC 층(1158)이 높은 효율로 브래그-반사하도록 구성된 축외 각도는 또한 키랄 구조들의 나선형 피치(p)에 의존할 수 있다.

[0151] [0167] 도 16a 및 도 16b는, 일부 실시예들에 따른, 축외 입사 각도들, 예컨대, 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 예시된 디스플레이 디바이스와 유사한 디스플레이 디바이스에 입사되는 광에 대한 축외 각도들(Δα_1 내의 α_1 또는 Δα_2 내의 α_2)에서 축외 입사 각도들에서의 반사를 위해 구성된 CLC 층들의 측 단면도들을 예시한다. 도 16a를 참조하면, 제1 CLC(cholesteric liquid crystal) 층(1358A)은 제1 나선형 피치(p_1)를 갖는 제1 복수의 키랄 구조들을 포함한다. 제1 CLC 층(1358A)은, 제1 입사광 빔(1316A)이 제1 축외 각도($\Theta_{inc,1}$)로 CLC 층(1358A)의 입사 표면으로 지향될 때 브래그-반사가 최대가 되도록 하는 제1 나선형 피치(p_1)를 가지며, 이는 제1 반사 각도(Θ_1)의 제1 반사된 광 빔(1320A)을 발생시킨다. 예시된 바와 같이, CLC 층(1358A)은, 비교적 높은

회절 효율이 획득될 수 있는 축외 입사 각도들 – 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 예시된 디스플레이 디바이스(1200)에 입사되는 광에 대한 $\Delta\alpha_1$ 또는 $\Delta\alpha_2$에 대응할 수 있음 – 의 제1 범위(1324A)를 갖도록 추가로 구성된다. 제1 범위(1324A)는 축외 입사 범위의 각도들에 대응할 수 있으며, 이 범위 외부에서, 제1 반사된 광 빔(1320A)의 세기는 예컨대, 1/e를 초과하여 떨어진다. 예컨대, 제1 범위(1324A)는 $\Theta_{inc,1}\pm3^\circ$, $\Theta_{inc,1}\pm5^\circ$, $\Theta_{inc,1}\pm7^\circ$, $\Theta_{inc,1}\pm10^\circ$ 또는 $\Theta_{inc,1}\pm20^\circ$ 의 값들을 가질 수 있다.

[0152] [0168] 도 16b를 참조하면, 제1 CLC(cholesteric liquid crystal) 층(1358A)과 상이한 제2 CLC 층(1358B)은 도 16a의 제1 CLC 층(1358A)의 제1 나선형 피치(p_1)와 상이한 제2 나선형 피치(p_2)를 갖는 제2 복수의 키랄 구조들을 포함한다.

[0153] [0169] 예시된 바와 같이, 제2 CLC 층(1358B)은, 제2 입사광 빔(1316B)이 제1 축외 각도(Θ_{incl})와 상이한 제2 축외 각도($\Theta_{inc,2}$)에서 CLC 층(1358B)의 입사 표면으로 지향될 때, 제1 반사 각도(Θ_1)와 상이한 제2 반사 각도(Θ_2)를 갖는 제2 반사된 광 빔(1320B)이 생성되도록 구성된다. 예시된 바와 같이, CLC 층(1358B)은 추가로, 도 16a와 관련하여 위에서 설명된 제1 범위(1324A)와 유사한, 축외 각도들의 제2 범위(1324B)를 갖도록 구성된다.

[0154] [0170] 위에서 설명된 바와 같이, 광의 인-커플링 및 아웃-커플링을 포함하는 다양한 애플리케이션들에 대해, 도파관 디바이스는 TIR(total internal reflection)에 의해 광을 전파시키도록 구성될 수 있다. 도 17은 CLCG(1150)에 커플링된 도파관(1604)을 포함하는 광학 도파관 디바이스(1600)의 예를 예시한다. 도파관 디바이스(1600)는, 예컨대, 도 10과 관련하여 위에 설명된 디스플레이 디바이스(1000)에 대응할 수 있고, 여기서 도파관(1604)은 도파관들(1004)에 대응할 수 있고, CLCG(1150)는 회절 격자(1008)에 대응한다. CLCG(1150)는 위에 설명된 복수의 키랄 구조들로서 배열되는 액정 분자들을 포함한다. 도파관(1604)은 CLCG(1150) 위에 배치되고 CLCG(1150)에 광학적으로 커플링된다. 타원형/원형 편광된 입사광(1016-R/L)이 키랄 구조들의 액정 분자들의 회전 방향과 매칭되는 편광 핸디드니스를 가질 때, 입사광(1016-R/L)은 CLCG(1150)에 의해 브래그-반사되고, 커플링된 광이 TIR(total internal reflection)에 의해 측방향(예컨대 x-방향)으로 이동하게 하는 각도로 도파관(1604) 내로 커플링된다. 임의의 이론에 구속되지 않고서, TIR 조건은 회절 각도(Θ)가 도파관의 임계 각도(Θ_C)보다 더 클 때 만족될 수 있다. 일부 상황들 하에서, TIR 조건은 다음과 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

[0155] $$sin(\Theta_C) = 1/n_t$$

[0156] 여기서 n_t는 도파관(1604)의 굴절률이다. 다양한 실시예들에 따라, n_t는 약 1 내지 약 2, 약 1.4 내지 약 1.8 또는 약 1.5 내지 약 1.7일 수 있다. 예컨대, 도파관은 폴리카보네이트 또는 유리와 같은 중합체를 포함할 수 있다.

[0157] [0171] 도 18a는 제1 CLCG(1750A)에 커플링되고, $\Theta>\Theta_{c3}$일 때 TIR(total internal reflection)에 의해 제3 파장(λ_3)을 갖는 광을 전파시키도록 구성된 제1 도파관(1704A)을 포함하는 제1 광학 도파관 디바이스(1700A)를 예시한다. 도파관 디바이스(1700A)는, 예컨대, 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 설명된 디스플레이 디바이스(1200)에 대응할 수 있고, 여기서 도파관(1704A)은 도파관들(1004 또는 1204) 중 하나에 대응할 수 있고, 여기서 CLCG(1750A)는 회절 격자들(1008 또는 1208) 중 하나에 대응한다. 제1 CLCG(1750A)는 제1 주기(Λ_1) 및 제1 나선형 피치(p_1)를 갖는다. 일부 실시예들에 따라, 제1 도파관 디바이스(1700A)는 가시 스펙트럼(예컨대, 약 400nm 내지 700nm의 파장들을 가짐)의 광을 TIR에 의해 전파시키도록 구성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에 따라, 제1 도파관 디바이스(1700A)는 적외선 스펙트럼(예컨대, 약 700nm 내지 1400nm의 파장들을 갖는 스펙트럼의 근적외선 부분)의 광을 TIR에 의해 전파시키도록 구성될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 브래그-반사는 위의 수학식 2에 의해 표현된 파장에서 그리고 위의 수학식 3에 의해 표현된 파장의 대역폭($\Delta\lambda$) 내에서 발생한다. 예컨대, 제1 CLCG(1750A)는 청색(예컨대, 약 450nm), 녹색(예컨대, 약 550nm), 적색(예컨대, 약 650nm) 또는 적외선 중 하나에서 제3 파장(λ_3)을 갖는 제3 입사광(1736)을 TIR에 의해 커플링하도록 설계될 수 있다.

예시된 바와 같이, Δλ가 약 60nm, 약 80nm 또는 약 100nm일 때, 위에서 설명된 바와 같이, 제1 및 제2 파장들(λ_1, λ_2)을 갖는 제1 및 제2 광(1716 및 1726)은 수학식 2가 이러한 컬러들에 대해 만족되지 않기 때문에 실질적으로 투과되며, 이는 수학식 5가 만족되지 않기 때문에 제1 도파관(1704) 내로 커플링되지 않는다.

[0158] [0172] 도 18b는 도 18a와 관련하여 위에 예시된 제1 광학 도파관 디바이스(1700A)와 결합된 제2 광학 도파관 디바이스(1700B)를 예시한다. 광학 도파관 디바이스(1700B)는 광학 도파관 디바이스(1700A)에 후속하는 광학 경로에 배치되고, 제2 CLCG(1750B)에 커플링되고 $\Theta>\Theta_{c2}$일 때 TIR(total internal reflection)에 의해 제2 파장(λ_2)을 갖는 제2 광(1726)을 전파시키도록 구성되는 제2 도파관(1704B)을 포함한다. 도파관 디바이스(1700B)는, 예컨대, 도 12a 및 12b와 관련하여 위에 설명된 디스플레이 디바이스(1200)에 대응할 수 있고, 여기서 도파관들(1704A 및 1704B)은 도파관들(1004 또는 1204)에 각각 대응할 수 있고, 여기서 CLCG(1750A 및 1750B)는 회절 격자들(1008 또는 1208)에 각각 대응한다. 제2 CLCG(1750B)는 제2 주기(Λ_2) 및 제2 나선형 피치(p_2)를 갖는다. 도 18a와 관련하여 위에서 설명된 바와 같이, 제1 및 제2 파장들(λ_1, λ_2)을 갖는 제1 및 제2 광(1716 및 1726)은 실질적으로 제1 광학 도파관 디바이스(1700A)를 통해 투과된다. 투과된 제1 및 제2 광(1716 및 1726) 중에서, 제2 CLCG(1750B)이 $\Theta>\Theta_{c2}$일 때, 청색(예컨대, 약 450nm), 녹색(예컨대, 약 550nm), 적색(예컨대, 약 650nm) 또는 적외선 중 투과된 하나에서 제2 파장(λ_2)을 갖는 제2 입사광(1726)을 TIR에 의해 커플링하도록 설계될 수 있다. 따라서, 예시된 바와 같이, Δλ가 약 60nm, 약 80nm 또는 약 100nm일 때, 위에서 설명된 바와 같이, 제1 파장(λ_1)을 갖는 제1 광(1716)은 추가로 제2 도파관 디바이스(1700B)를 통해 실질적으로 투과된다.

[0159] [0173] 도 18c는 도 18b와 관련하여 위에 예시된 제1 및 제2 광학 도파관 디바이스들(1700A 및 1700B)과 결합된 제3 광학 도파관 디바이스(1700C)를 예시한다. 제3 광학 도파관 디바이스(1700C)는 제1 및 제2 광학 도파관 디바이스들(1700A 및 1700B)에 후속하는 광학 경로에 배치되고, 제3 CLCG(1750C)에 커플링되고 $\Theta>\Theta_{c1}$일 때 TIR(total internal reflection)에 의해 제1 파장(λ_2)을 갖는 제1 광(1716)을 전파시키도록 구성되는 제3 도파관(1704C)을 포함한다. 도파관 디바이스(1700C)는, 예컨대, 도 14b와 관련하여 위에 설명된 디스플레이 디바이스(1400B)에 대응할 수 있고, 여기서 도파관들(1704A, 1704B 및 1704C)은 도파관들(1004, 1204 및 1304)에 각각 대응할 수 있고, 여기서 CLCG(1750A), CLCG(1750B) 및 CLCG(1750C)는 회절 격자들(1008, 1208 및 1308)에 각각 대응한다. 제3 CLCG(1750C)는 제3 주기(Λ_3) 및 제3 나선형 피치(p_3)를 갖는다. 도 17b와 관련하여 위에서 설명된 바와 같이, 제1 파장(λ_1)을 갖는 제1 광(1716)은 제1 및 제2 도파관 디바이스들(1700A 및 1700B)을 통해 실질적으로 투과된다. 제3 CLCG(1750C)는 $\Theta>\Theta_{c1}$일 때, 청색(예컨대, 약 450nm), 녹색(예컨대, 약 550nm), 적색(예컨대, 약 650nm) 또는 적외선 중 투과된 하나에서 제1 파장(λ_1)을 갖는 제1 입사광(1716)을 TIR에 의해 커플링하도록 설계될 수 있다. 따라서, 예시된 바와 같이, Δλ가 약 60nm, 약 80nm 또는 약 100nm일 때, 위에서 설명된 바와 같이, 제1 파장(λ_1)을 갖는 제1 광(1716)은 수학식 5가 만족되기 때문에 제3 도파관(1704C) 내로 실질적으로 커플링된다.

[0160] [0174] 따라서, 도 18a-18c와 관련하여 위에서 설명된 바와 같이, 제1, 제2 및 제3 광학 도파관 디바이스들(1700A, 1700B 및 1700C) 중 하나 이상을 동일한 광학 경로에 배치함으로써, 상이한 파장들(λ_1, λ_2 및 λ_3)을 갖는 제1 및 제2 및 제3 광(1716, 1726 및 1736) 중 하나 이상은 TIR에 의해, 각각, 제1, 제2 및 제3 도파관들(1704A, 1704B 및 1704C) 중 하나에서 전파되도록 커플링될 수 있다. 도 18a-18c 각각에서, 제1 내지 제3 광학 도파관 디바이스들(1704A, 1704B 및 1704C) 각각은, 각각 전용 제1 내지 제3 도파관들(1704A, 1704B 및 1704C) 및 전용 제1 내지 제3 CLCG들(1750A, 1750B 및 1750C)를 갖지만, 실시예들은 이에 제한되지 않는다. 예컨대, 단일 도파관은 복수의 CLCG들의 스택으로부터의 브래그-반사된 광을 TIR에 의해 커플링할 수 있다. 또한, 3개보다 큰(또는 3개 미만의) 임의의 적합한 수의 광학 도파관 디바이스들이 또한 브래그-반사에 의한 추가의 선택적 커플링을 위해 결합될 수 있다.

[0161] [0175] 도 18a-18c와 관련하여 위에서 설명된 바와 같이, 제1 내지 제3 CLCG들(1750A, 1750B, 1750C)은 각각 제1 내지 제3 주기들(Λ_1, Λ_2 및 Λ_3) 및 각각 제1 내지 제3 나선형 피치들(p_1, p_2 및 p_3)을 갖는다. 다양한 실시예들에서, CLCG들 각각은 파장/주기 비율(λ/Λ)이 약 0.3 내지 2.3, 약 0.8 내지 1.8 또는 약 1.1 내지 약 1.5, 예컨대, 약 1.3이 되도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 주기(Λ)는 CLCG들이 브래그-반사를 위해 구성되는 각각의 파장(λ)보다, 약 1nm 내지 250nm 더 작거나, 약 50nm 내지 200nm 더 작거나, 또는 약 80nm 내지

170nm 더 작게 되도록 구성될 수 있다. 예컨대, λ_1, λ_2 및 λ_3이 각각, 가시 범위 내에 있을 때, 예컨대 약 620nm 내지 약 780nm, 예컨대 약 650nm(적색), 약 492nm 내지 약 577nm, 예컨대 550(녹색), 및 약 435nm 내지 약 493nm, 예컨대 약 450nm(청색)일 때, 대응하는 주기들(λ_1, λ_2 및 λ_3)은 각각, 약 450nm 내지 약 550nm, 예컨대 약 500nm, 약 373nm 내지 약 473nm, 예컨대 약 423nm 및 약 296nm 내지 약 396nm, 예컨대 약 346nm일 수 있다. 대안적으로, λ_1, λ_2 및 λ_3이 적외선 범위, 예컨대 약 750nm 내지 약 1400nm의 근적외선 범위, 예컨대, 약 850nm일 때, 대응하는 주기들(Λ_1, Λ_2 및 Λ_3)은 약 975nm 내지 약 1820nm, 예컨대 약 1105nm일 수 있다. 또한, 다양한 실시예들에서, CLCG들 각각은 파장/나선형 피치 비율(λ/p)이 약 0.6 내지 2.6, 약 1.1 내지 2.1 또는 약 1.4 내지 약 1.8, 예컨대, 약 1.6이 되도록 구성될 수 있다. 대안적으로, 나선형 피치(p)는 CLCG들이 브래그-반사를 위해 구성되는 각각의 파장(λ)보다, 약 50nm 내지 350nm 더 작거나, 약 100nm 내지 300nm 더 작거나, 또는 약 140nm 내지 280nm 더 작게 되도록 구성될 수 있다. 예컨대, λ_1, λ_2 및 λ_3이 각각, 예컨대 약 620nm 내지 약 780nm, 예컨대 약 650nm(적색), 약 492nm 내지 약 577nm, 예컨대 550(녹색), 및 약 435nm 내지 약 493nm, 예컨대 약 450nm(청색)일 때, 대응하는 나선형 피치들(p_1, p_2 및 p_3)은 각각, 약 350nm 내지 약 450nm, 예컨대 약 400nm, 약 290nm 내지 약 390nm, 예컨대 약 340nm 및 약 230nm 내지 약 330nm, 예컨대 약 280nm일 수 있다. 대안적으로, λ_1, λ_2 및 λ_3이 적외선 범위, 예컨대 약 750nm 내지 약 1400nm의 근적외선 범위, 예컨대, 약 850nm일 때, 대응하는 주기들(Λ_1, Λ_2 및 Λ_3)은 약 1200nm 내지 약 2240nm, 예컨대 약 1360nm 일 수 있다.

[0162] 부가적인 양상들

[0163] [0176] 제1 예에서, 광학 디바이스는 포개어지게 형성된 복수의 도파관들 – 개개의 회절 격자들이 복수의 도파관들에 형성됨 – 을 포함하고, 개개의 회절 격자들은 개개의 회절 격자들에 입사된 가시광을 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성되어, 개개의 도파관들로 회절된 가시광이 개개의 도파관들 안에서 전파된다. 개개의 회절 격자들은 개개의 FOV(field of view)들 내에서 가시광을 개개의 도파관들로 개개의 도파관들의 층 법선 방향들(layer normal direction)에 대해 회절시키도록 구성된다. 개개의 FOV들은, 복수의 도파관들이 개개의 FOV들 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV 내에서 가시광을 회절시키도록 구성되도록 한다.

[0164] [0177] 제2 예에서, 제1 예의 광학 디바이스에 있어서, 복수의 도파관들은, 굴절률이 개개의 회절 격자들의 유효 굴절률보다 더 작은 재료로 형성되어, 개개의 도파관들로 회절된 가시광은 내부 전반사 하에서 개개의 도파관들 안에서 전파된다.

[0165] [0178] 제3 예에서, 제1 예 또는 제2 예의 광학 디바이스에 있어서, 복수의 도파관들은 스택된 어레인지먼트를 가지며, 내부 전반사 하에서 실질적으로 평행한 방향들로 가시광을 전파하도록 구성된다.

[0166] [0179] 제4 예에서, 제1 예 내지 제3 예의 광학 디바이스에 있어서, 개개의 회절 격자들 중 상이한 회절 격자들은 층 법선 방향들에 수직인 측방향으로 서로 오버랩핑하도록 배치된다.

[0167] [0180] 제5 예에서, 제1 예 내지 제4 예 중 어느 한 예의 광학 디바이스에 있어서, 개개의 FOV들 중 상이한 FOV들은 개개의 FOV들 중 상이한 FOV들의 합(sum)에 기반하여 20%를 초과하여 오버랩핑하지 않는다.

[0168] [0181] 제6 예에서, 제1 예 내지 제5 예 중 어느 한 예의 광학 디바이스에 있어서, 복수의 도파관들은 제1 도파관 – 제1 회절 격자가 제1 도파관에 형성됨 – , 및 제2 도파관 – 제2 회절 격자가 제2 도파관에 형성됨 – 을 포함하고, 제1 회절 격자는 제1 회절 격자에 입사된 가시광을 부분적으로 회절시키고 부분적으로 투과시키도록 구성되고, 제2 회절 격자는 제2 회절 격자에 입사된, 제1 회절 격자로부터의 투과된 가시광을 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성된다.

[0169] [0182] 제7 예에서, 제6 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자는 상이한 주기들을 갖지만, 동일한 컬러를 갖지만 상이한 파장들을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성된다.

[0170] [0183] 제8 예에서, 제6 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자는 실질적으로 동일한 주기들을 갖고, 실질적으로 동일한 파장을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성된다.

[0171] [0184] 제9 예에서, 제6 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자는 상이한 주기들을 갖고, 상이한 파장들 및 상이한 컬러들을 갖는 가시광을 회절시키도록 구성된다.

[0172] [0185] 제10 예에서, 제9 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자는 제1 주기를 갖고, 제1 컬러를 갖는

가시광을 회절시키도록 구성되고, 제2 회절 격자는 제2 주기를 갖고, 제1 컬러를 갖는 가시광 및 제2 컬러를 갖는 가시광을 회절시키도록 구성된다.

[0173] [0186] 제11 예에서, 제10 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 컬러는 제2 컬러와 비교하여 더 짧은 파장에 대응한다.

[0174] [0187] 제12 예에서, 제10 예 또는 제11 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자는 제1 FOV 내에서 제1 회절 격자에 입사된, 제1 컬러를 갖는 가시광을 부분적으로 회절시키고, 제2 FOV 내에서 제1 회절 격자에 입사된 제1 컬러를 갖는 가시광을 부분적으로 투과시키도록 구성되고, 제2 회절 격자는 제1 회절 격자를 통해 부분적으로 투과된, 제1 컬러를 갖는 가시광을 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성된다.

[0175] [0188] 제13 예에서, 제12 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자는 제2 컬러를 갖는 가시광을 실질적으로 투과시키도록 구성되고, 제2 회절 격자는 제1 FOV 내에서 입사된, 제2 컬러를 갖는 가시광을 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성된다.

[0176] [0189] 제14 예에서, 제13 예의 광학 디바이스에 있어서, 광학 디바이스는 제3 도파관 – 제3 주기를 갖는 제3 회절 격자가 제3 도파관에 형성되고, 제3 컬러를 갖는 가시광을 회절시키도록 구성됨 – 을 더 포함하고, 제2 컬러는 제3 컬러와 비교하여 더 짧은 파장에 대응한다.

[0177] [0190] 제15 예에서, 제14 예의 광학 디바이스에 있어서, 제2 회절 격자는 제2 컬러를 갖는 가시광을 적어도 부분적으로 투과시키도록 구성되고, 제3 회절 격자는 제2 회절 격자로부터 제2 컬러를 갖는 부분적으로 투과된 가시광을 수신하고 제2 FOV 내에서 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성된다.

[0178] [0191] 제16 예에서, 제15 예의 광학 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자는 제3 컬러를 갖는 가시광을 실질적으로 투과시키도록 구성되고, 제3 회절 격자는 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자를 통해 투과된, 제3 컬러를 갖는 가시광을 제1 FOV 내에서 적어도 부분적으로 회절시키도록 구성된다.

[0179] [0192] 제17 예에서, 광학 시스템은 제1 도파관 – 제1 회절 격자가 제1 도파관에 형성됨 – 을 포함한다. 제1 회절 격자는 제1 주기를 갖고, 제1 FOV 내에서 제1 도파관에 입사된, 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 광학 시스템은 부가적으로 제2 도파관 – 제2 회절 격자가 제2 도파관에 형성됨 – 을 포함한다. 제2 회절 격자는 제2 주기를 갖고, 제2 FOV 내에서 제2 도파관에 입사된, 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성된다. 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자는 개개의 FOV(field of view)들 내에서 제1 컬러를 갖는 광을 개개의 도파관들의 층 법선 방향들에 대해 개개의 도파관들로 회절시키도록 구성된다. 개개의 FOV들은, 제1 도파관 및 제2 도파관이 제1 FOV 및 제2 FOV 각각보다 더 크고 연속적인 결합된 FOV 내에서 제1 컬러를 갖는 가시광을 회절시키도록 구성되도록 한다.

[0180] [0193] 제18 예에서, 제17 예의 광학 시스템에 있어서, 제1 도파관 및 제2 도파관은 스택된 구성이고, 제1 도파관은 제2 도파관에 앞서 제1 컬러를 갖는 광을 수신하도록 구성되고, 제1 주기는 제2 주기보다 더 짧다.

[0181] [0194] 제19 예에서, 제18 예의 광학 시스템에 있어서, 제2 회절 격자는, 제2 FOV 내에서 제1 컬러를 갖는 광을 실질적으로 회절시키지 않고서 제1 회절 격자를 통해 실질적으로 투과시킨 후에, 회절시키도록 구성된다.

[0182] [0195] 제20 예에서, 제19 예의 광학 시스템에 있어서, 제1 회절 격자는, 제2 컬러를 갖는 광을 실질적으로 회절시키지 않고서, 제1 회절 격자를 통해 실질적으로 투과시키도록 구성되고, 제2 컬러를 갖는 광은 제1 컬러를 갖는 광과 비교하여 더 긴 파장을 갖는다.

[0183] [0196] 제21 예에서, 제20 예의 광학 시스템에 있어서, 제2 회절 격자는, 도파관에서 안내되도록 제2 FOV 내에서 제2 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성된다.

[0184] [0197] 제22 예에서, 제17 예의 광학 시스템에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자 각각은 CLC(cholesteric liquid crystal) 층을 포함한다.

[0185] [0198] 제23 예에서, 제20 예의 광학 시스템에 있어서, CLC 층은 복수의 키랄 구조들(chiral structures)을 포함하고, 각각의 키랄 구조는 적어도 나선형 피치(helical pitch)만큼 층 깊이 방향으로 연장되고 제1 회전 방향으로 연속적으로 회전되는 복수의 액정 분자들을 포함한다. 나선형 피치는 제1 회전 방향으로의 완전한 일 회전에 의한 키랄 구조들의 액정 분자들의 순(net) 회전 각도에 대응하는 층 깊이 방향의 길이이다. 키랄 구조들의 액정 분자들의 어레인지먼트들은 층 깊이 방향에 수직인 측방향으로 주기적으로 변한다.

[0186] [0199] 제24 예에서, 제20 예의 광학 시스템에 있어서, 각각의 키랄 구조는, 상이한 연장 방향들(elongation

directions)을 따라 연장된 적어도 3개의 막대형(calamitic) 액정 분자들을 포함한다.

[0187] [0200] 제25 예에서, 디스플레이 디바이스는 제1 도파관 - 액정들을 포함하는 제1 회절 격자가 제1 도파관에 형성됨 - 을 포함하고, 제1 회절 격자는 제1 회절 격자에 입사된 제1 컬러를 갖는 광의 부분을 제1 도파관으로 회절시키도록 구성된다. 제1 회절 격자는 추가적으로 제1 회절 격자에 입사된 제1 컬러를 갖는 광의 부분을 제1 회절 격자를 통해 통과시키도록 구성된다. 제1 회절 격자는 제2 컬러를 갖는 광을 제1 회절 격자를 통해 통과시키도록 추가로 구성된다. 디스플레이 디바이스는 추가적으로 제2 도파관 - 액정들을 포함하는 제2 회절 격자가 제2 도파관에 형성됨 - 을 포함하고, 제2 회절 격자는 제2 컬러를 갖는 광을 제2 도파관으로 회절시키도록 구성된다. 제2 회절 격자는 제1 회절 격자를 통해 통과한 제1 컬러를 갖는 광의 부분을 회절시키도록 추가로 구성된다.

[0188] [0201] 제26 예에서, 제25 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자는 층 법선에 대해 제1 범위의 입사 각도들 내에서 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성되고, 제1 회절 격자는 층 법선에 대해 제2 범위의 입사 각도들 내에서 제1 컬러를 갖는 광을 제1 회절 격자를 통해 통과시키도록 구성된다.

[0189] [0202] 제27 예에서, 제26 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제2 회절 격자는 제1 범위의 각도들 내에서 제2 회절 격자에 입사된 제2 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성되고, 제2 회절 격자는 제2 범위의 입사 각도들 내에서 제2 회절 격자에 입사된 제1 컬러를 갖는 광을 회절시키도록 구성된다.

[0190] [0203] 제28 예에서, 제27 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 범위의 각도들 및 제2 범위의 각도들은 제1 범위의 각도들 및 제2 범위의 각도들의 합에 기반하여 20%를 초과하여 오버랩핑하지 않는다.

[0191] [0204] 제29 예에서, 제25 예 내지 제28 예 중 어느 한 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 컬러는 제2 컬러와 비교하여 더 짧은 파장에 대응한다.

[0192] [0205] 제30 예에서, 제25 예 내지 제29 예 중 어느 한 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자는 측방향으로 제1 주기를 갖도록 배열된 주기적으로 변하는 액정들을 포함하고, 제2 회절 격자는 측방향으로 제1 주기보다 더 큰 제2 주기를 갖도록 배열된 주기적으로 변하는 액정들을 포함한다.

[0193] [0206] 제31 예에서, 제30 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자 중 하나 또는 둘 모두는 파장을 갖는 광을 회절시키도록 구성되고, 파장/주기 비율(λ/Λ)이 약 0.3 내지 2.3이 되도록 하는 측방향의 주기를 갖는다.

[0194] [0207] 제32 예에서, 제30 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자 중 하나 또는 둘 모두는 파장을 갖는 광을 회절시키도록 구성되고, 주기가 1 nm 내지 250 nm만큼 파장 미만이 되도록 하는 주기를 갖는다.

[0195] [0208] 제33 예에서, 제25 예 내지 제32 예 중 어느 한 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 액정들은 콜레스테릭 액정들을 포함한다.

[0196] [0209] 제34 예에서, 제33 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자의 액정들은 제2 회절 격자의 액정들의 나선형 피치보다 더 작은 나선형 피치를 갖는다.

[0197] [0210] 제35 예에서, 제25 예 내지 제34 예 중 어느 한 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자 중 하나 또는 둘 모두는 광을 개개의 도파관들로 투과적으로 회절시키도록 구성된다.

[0198] [0211] 제36 예에서, 제25 예 내지 제34 예 중 어느 한 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 회절 격자 및 제2 회절 격자 중 하나 또는 둘 모두는 광을 개개의 도파관들로 반사적으로 회절시키도록 구성된다.

[0199] [0212] 제37 예에서, 제25 예 내지 제36 예 중 어느 한 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 컬러는 녹색이고, 제2 컬러는 적색이다.

[0200] [0213] 제38 예에서, 제25 예 내지 제36 예 중 어느 한 예의 디스플레이 디바이스에 있어서, 제1 컬러는 청색이고, 제2 컬러는 녹색이다.

[0201] [0214] 제39 예에서, 머리-장착 디스플레이 디바이스는 증강 현실 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 광을 사용자의 눈으로 투사하도록 구성된다. 머리-장착 디스플레이 디바이스는 사용자의 머리 상에서 지지되도록 구성된 프레임을 포함한다. 머리-장착 디스플레이 디바이스는 추가적으로 프레임 상에 배치된 디스플레이를 포함한다. 디스플레이의 적어도 일부는 복수의 도파관들을 포함한다. 도파관들은 투명하고, 투명한 부분이 사용자

앞의 환경의 부분으로부터의 광을 사용자의 눈으로 투과시켜 사용자 앞의 환경의 부분의 뷰를 제공하도록, 사용자가 머리-장착 디스플레이 디바이스를 착용할 때, 사용자의 눈 앞의 위치에 배치된다. 디스플레이는 하나 이상의 광원들, 및 광원들로부터의 광을 디스플레이의 도파관들에 커플링하도록 구성된 디스플레이의 복수의 회절 격자들을 더 포함한다. 디스플레이 내의 도파관들 및 회절 격자들은 제1 예 내지 제38 예 중 어느 한 예에 따른 도파관들 및 회절 격자들을 포함한다.

[0202] [0215] 제40 예에서, 제39 예의 디바이스 있어서, 하나 이상의 광원들은 파이버 스캐닝 투사기(fiber scanning projector)를 포함한다.

[0203] [0216] 제41 예에서, 제39 예 또는 제40 예의 디바이스에 있어서, 디스플레이는 이미지 콘텐츠를 복수의 깊이 평면들 상에서 사용자에게 제시하기 위해 광을 사용자의 눈으로 투사하도록 구성된다.

[0204] 부가적인 고려사항들

[0205] [0217] 위에서 설명된 실시예들에서, 증강 현실 디스플레이 시스템들, 보다 구체적으로, 공간적으로 변동되는 회절 격자들이 특정 실시예들과 관련하여 설명된다. 그러나, 실시예들의 원리들 및 이점들은 공간적으로 변동되는 회절 격자에 대한 필요성을 갖는 임의의 다른 시스템들, 장치 또는 방법들에 사용될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 위에서, 실시예들 중 임의의 하나의 임의의 특징은 실시예들 중 임의의 다른 하나의 임의의 다른 특징과 결합되고 그리고/또는 대체될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0206] [0218] 맥락이 달리 명확하게 요구하지 않는 한, 상세한 설명 및 청구항들 전반에 걸쳐, "포함하다(comprise, include)" 및 "포함하는(comprising, including)" 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 하나 이상의 중간 엘리먼트들에 의해 연결될 수 있는 둘 이상의 엘리먼트들을 지칭한다. 마찬가지로, 본원에서 일반적으로 사용된 바와 같은 "연결(connected)"이라는 단어는 직접 연결되거나 하나 이상의 중간 엘리먼트들에 의해 연결될 수 있는 둘 이상의 엘리먼트들을 지칭한다. 부가적으로, "본원에서", "위에서", "아래에서", "아래의", "위의" 단어들 및 이와 유사한 의미의 단어들은, 본 출원에서 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 다음의 단어 해석들, 즉 리스트 내의 아이템들 중 임의의 것, 리스트 내의 모든 아이템들, 리스트 내의 아이템들 중 하나 이상의 아이템들의 임의의 조합 모두를 커버한다. 또한, 본 명세서 및 첨부된 청구항들에서 사용된 바와 같은 단수 표현은 달리 특정되지 않는 한 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"를 의미하는 것으로 해석될 것이다.

[0207] [0219] 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.

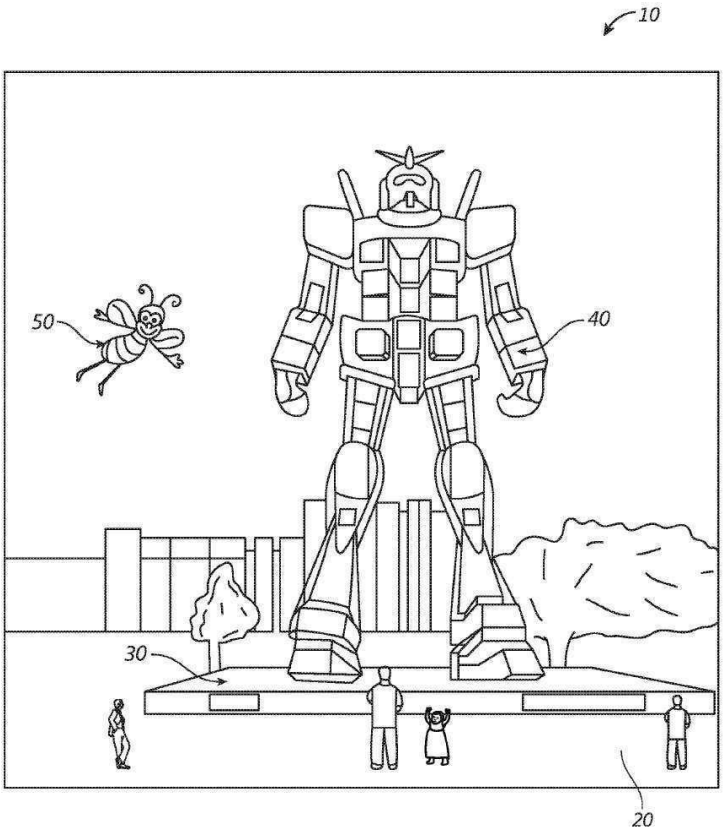
[0208] [0220] 더욱이, 구체적으로 달리 언급되지 않거나 또는 사용된 맥락 내에서 달리 이해되지 않으면, 본원에서 사용된 조건어, 이를테면, 다른 것들 중에서도, "할 수 있다(can, could, might, may)", "예컨대", "예컨대", "이를테면" 등은 일반적으로, 소정의 실시예들이 소정의 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 상태들을 포함하지만 다른 실시예들은 이들을 포함하지 않는다는 것을 전달하도록 의도된다. 따라서, 그러한 조건어는 일반적으로, 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 상태들이 하나 이상의 실시예들을 위해 어떤 식으로든 요구된다는 것, 또는 이들 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 상태들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 또는 임의의 특정 실시예들에서 수행될지를 암시하는 것으로 의도되진 않는다.

[0209] [0221] 소정의 실시예들이 설명되었지만, 이들 실시예들은 단지 예로서만 제시되며, 본 개시내용의 범위를 제한하려는 것은 아니다. 실제로, 본원에서 설명된 신규한 장치, 방법들 및 시스템들은 다양한 다른 형태들로 구현될 수 있으며; 또한, 본원에서 설명된 방법들 및 시스템들의 형태에서 다양한 생략들, 대체들 및 변경들이 본 개시내용의 사상을 벗어나지 않고 이루어질 수 있다. 예컨대, 블록들이 주어진 어레인지먼트로 제시되지만, 대안적인 실시예들은 상이한 컴포넌트들 및/또는 회로 토폴로지들로 유사한 기능성들을 수행할 수 있고, 일부 블

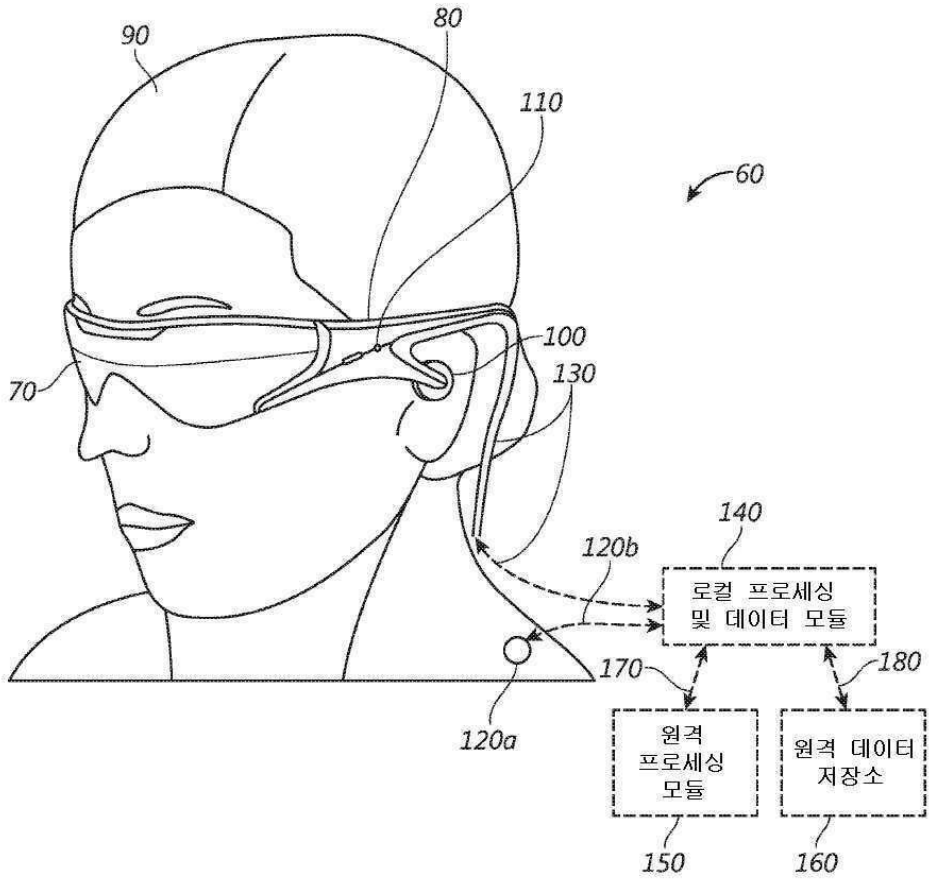
록들은 삭제, 이동, 부가, 세분, 결합 및/또는 수정될 수 있다. 이들 블록들 각각은 다양한 상이한 방식들로 구현될 수 있다. 위에서 설명된 다양한 실시예들의 엘리먼트들 및 동작들의 임의의 적합한 조합이 추가의 실시예들을 제공하도록 결합될 수 있다. 위에서 설명된 다양한 특징들 및 프로세스들은 서로 독립적으로 구현될 수 있거나, 또는 다양한 방식들로 결합될 수 있다. 엘리먼트 또는 엘리먼트들의 조합이 모든 실시예들에 대해 필수적이거나 불가결한 것은 아니다. 본 개시내용의 특징들의 모든 적합한 조합들 및 서브조합들은 본 개시내용의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다.

도면

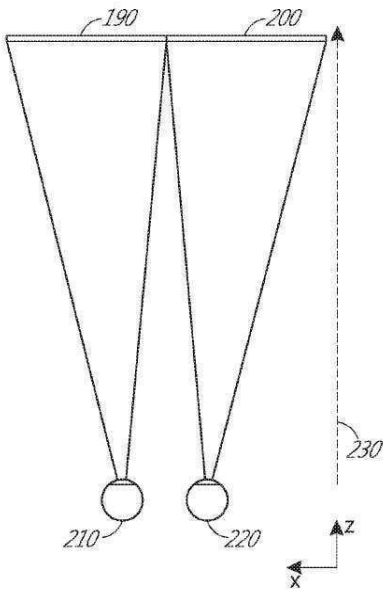
도면1



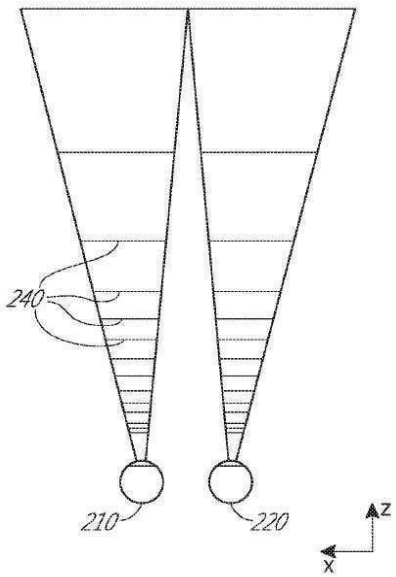
도면2


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

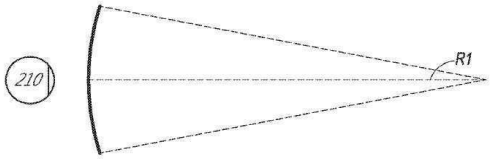
도면3


190
200
230
210
220
z
x

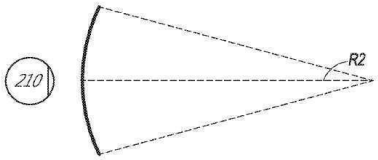
도면4



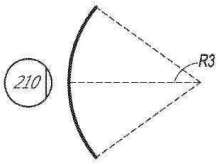
도면5a



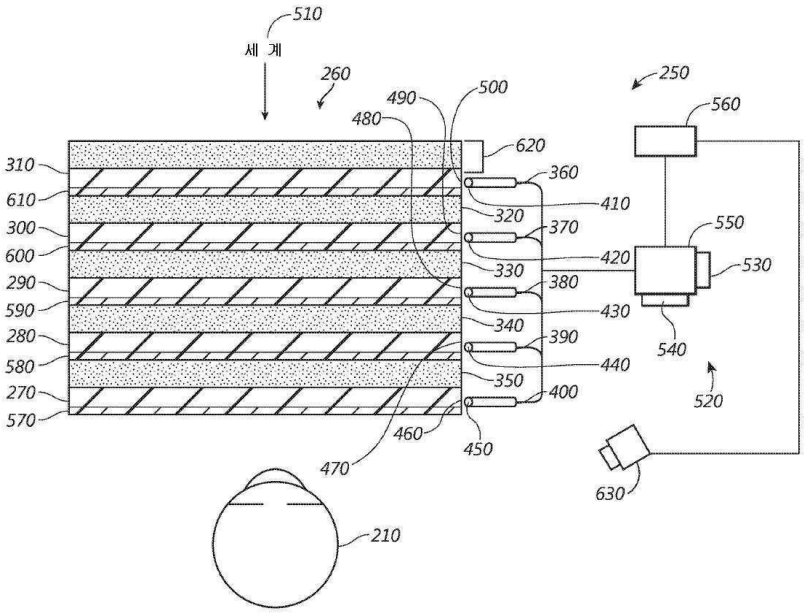
도면5b



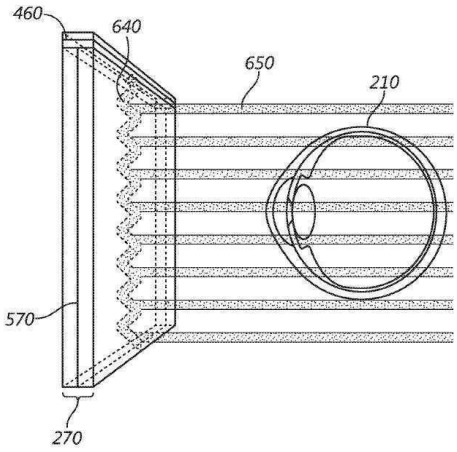
도면5c



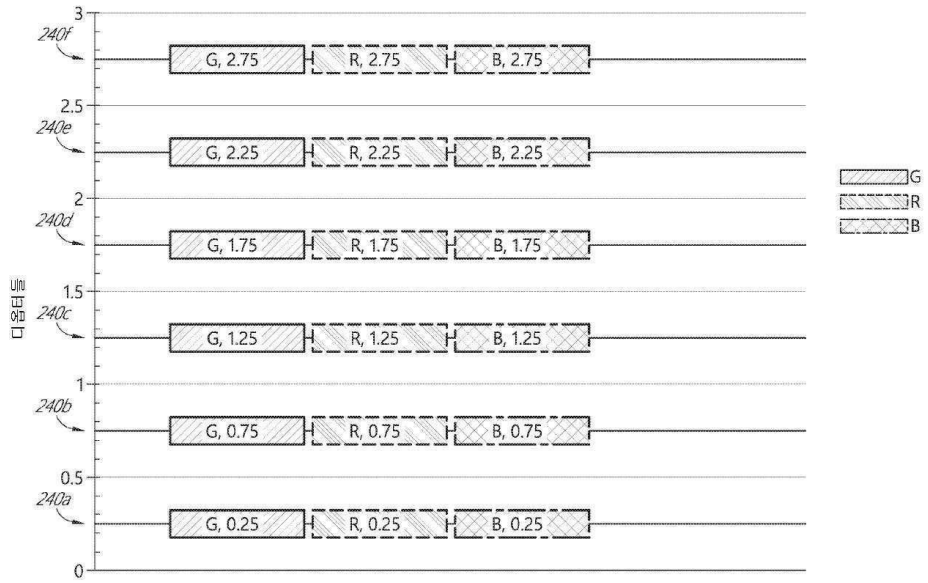
도면6


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

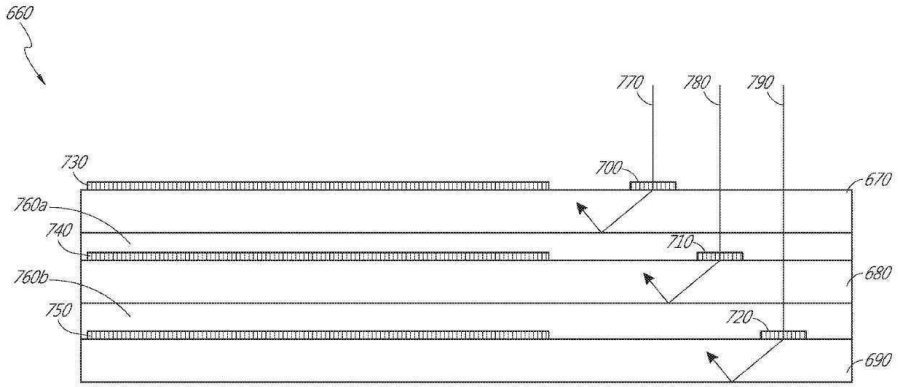
도면7


460
640
650
210
570
270

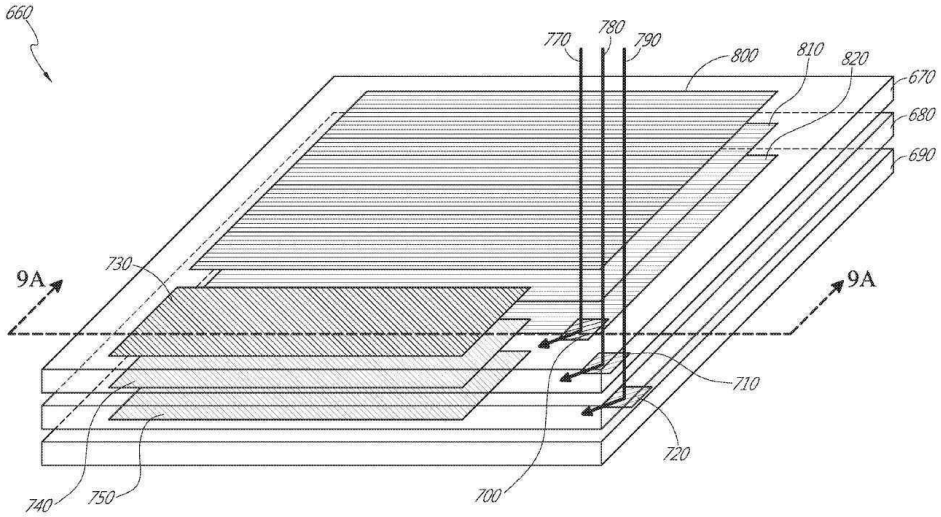
도면8



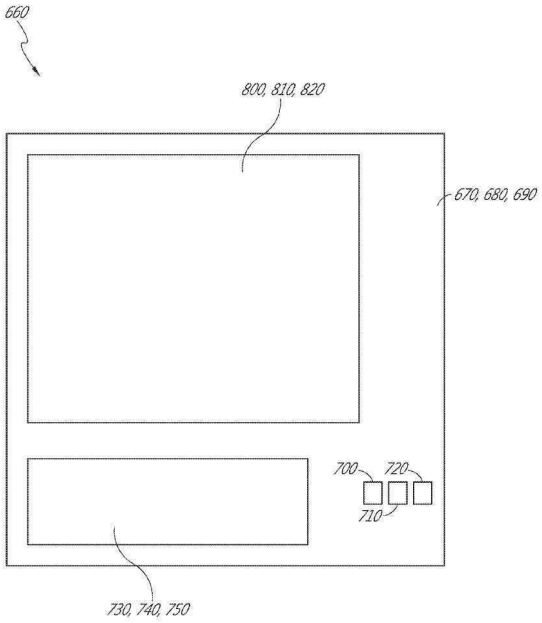
도면9a



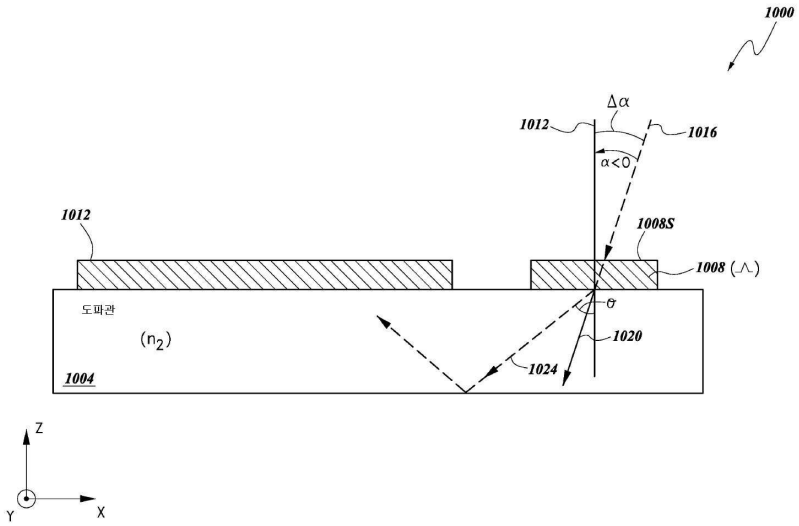
도면9b



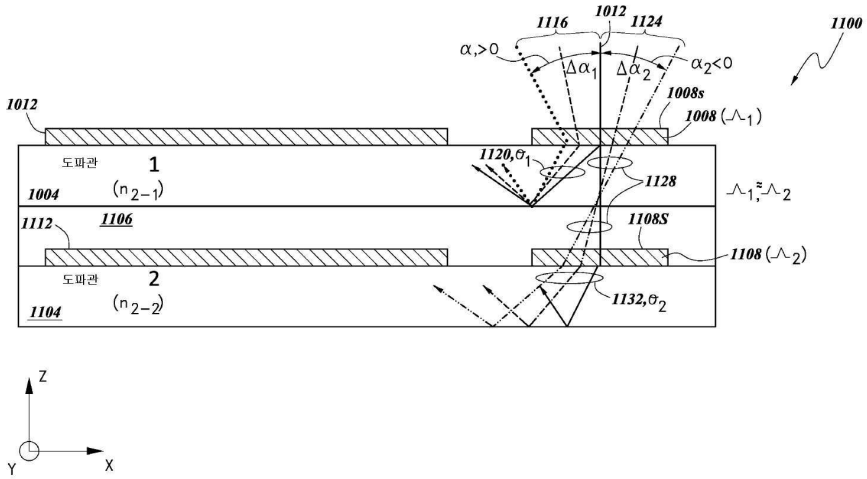
도면9c


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

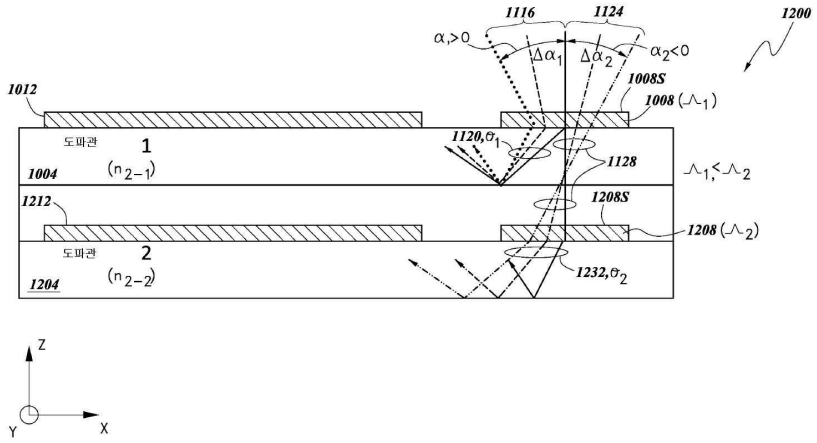
도면10


1000
Δα
1012
1016
α<0
1012
1008S
1008 (Λ)
θ
도파관
(n2)
1020
1024
1004
Z
Y
X

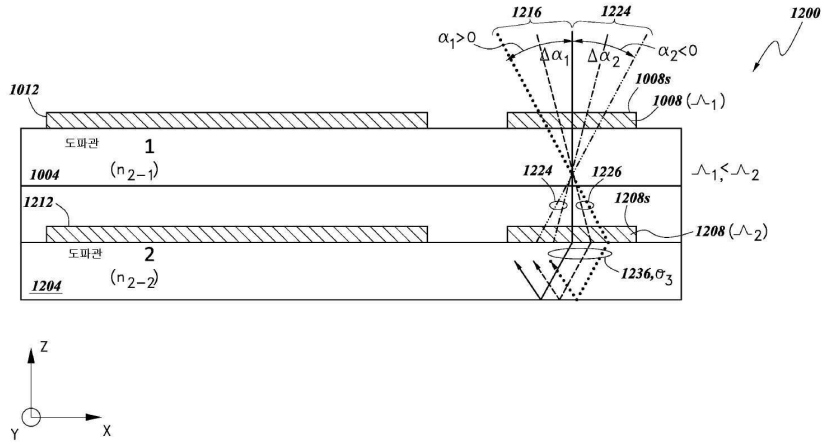
도면11


1100
1012
1116
1124
α1>0
α2<0
Δα1
Δα2
1008s
1008 (Λ1)
1012
도파관 1
1004
(n2-1)
1120,σ1
1128
Λ1,≈Λ2
1112
1106
1108S
1108 (Λ2)
도파관 2
1104
(n2-2)
1132,σ2
Z
Y
X

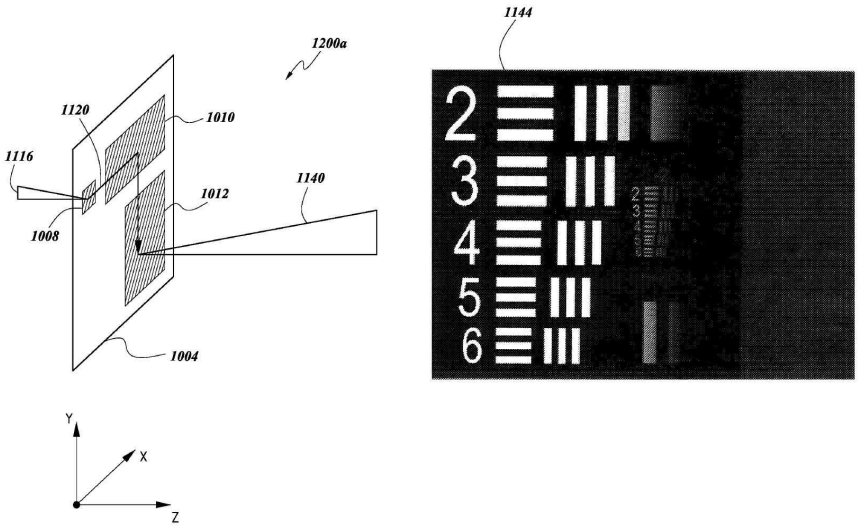
도면12a


1200
1116
1124
α1>0
α2<0
Δα1
Δα2
1008S
1008 (Λ1)
1012
도파관 1
1004
(n2-1)
1120,σ1
1128
Λ1,<Λ2
1212
1208S
1208 (Λ2)
도파관 2
1204
(n2-2)
1232,σ2
Z
Y
X

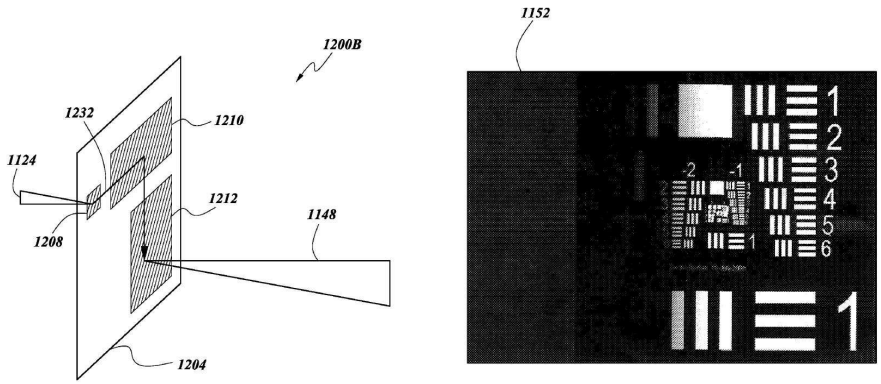
도면12b



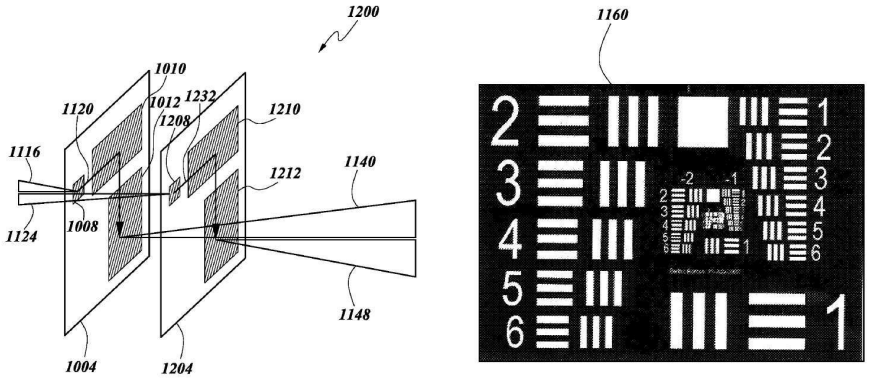
도면13a



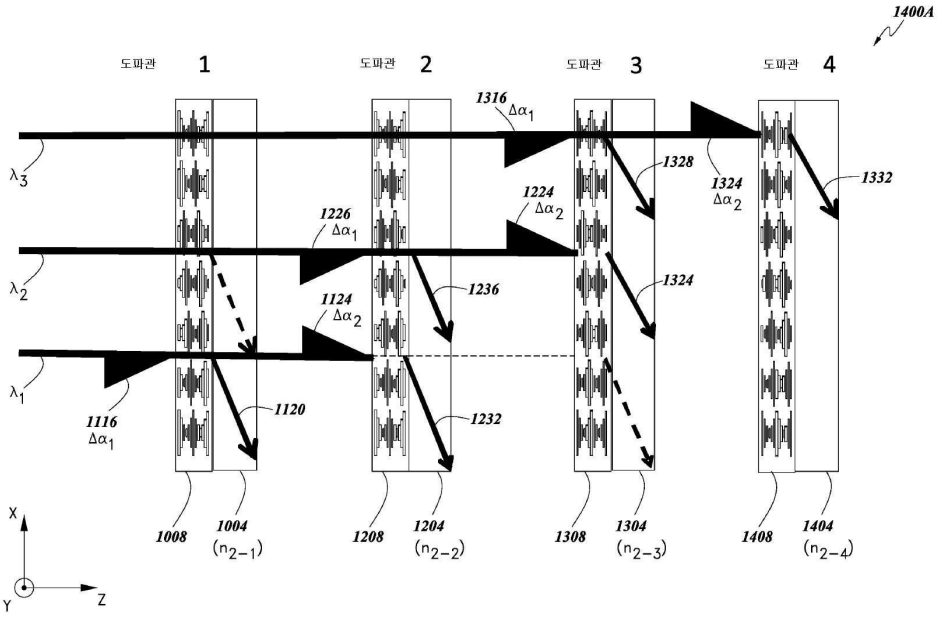
도면13b



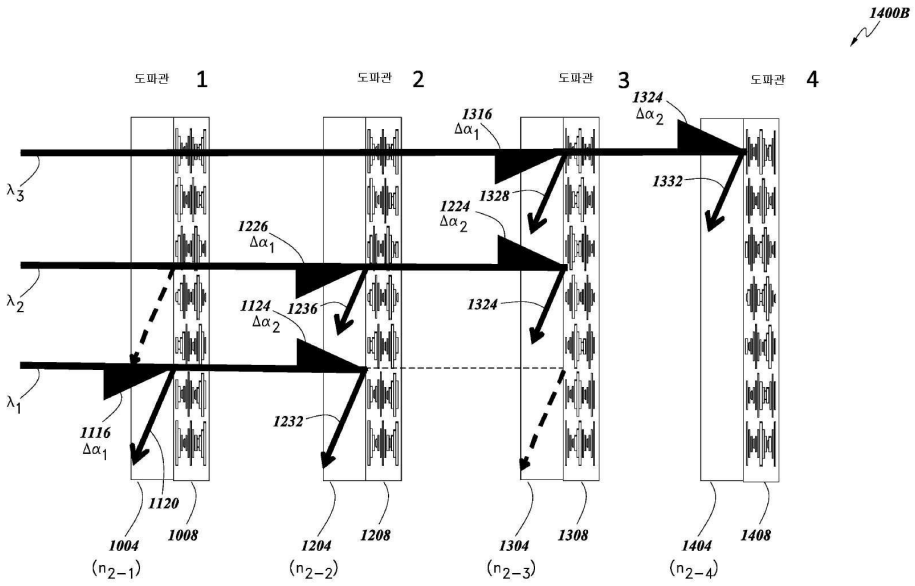
도면13c


1200
1010
1120
1012
1232
1208
1210
1116
1212
1140
1124
1008
1148
1004
1204
1160

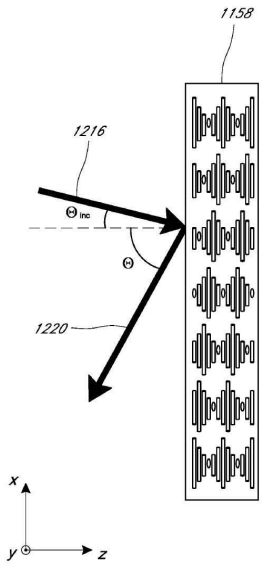
도면14a


1400A
도파관 1
도파관 2
도파관 3
도파관 4
1316
Δα1
1328
1324
Δα2
1332
λ3
1224
Δα2
1226
Δα1
λ2
1236
1124
Δα2
1324
λ1
1116
Δα1
1120
1232
1008
1004
(n2-1)
1208
1204
(n2-2)
1308
1304
(n2-3)
1408
1404
(n2-4)
X
Y
Z

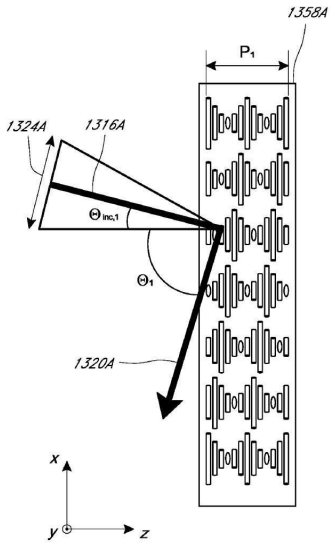
도면14b


1400B
도파관 1
도파관 2
도파관 3
도파관 4
λ3
λ2
λ1
1316
Δα1
1324
Δα2
1328
1224
Δα2
1332
1226
Δα1
1124
Δα2
1236
1324
1116
Δα1
1232
1120
1004
1008
1204
1208
1304
1308
1404
1408
(n2-1)
(n2-2)
(n2-3)
(n2-4)

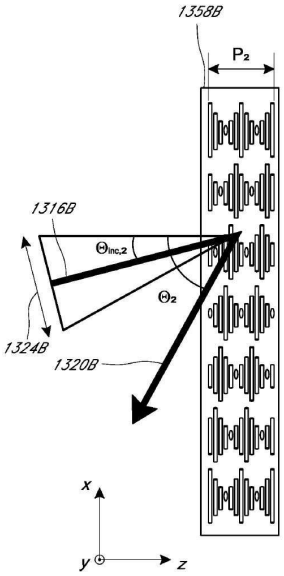
도면15


1158
1216
Θinc
Θ
1220
x
y
z

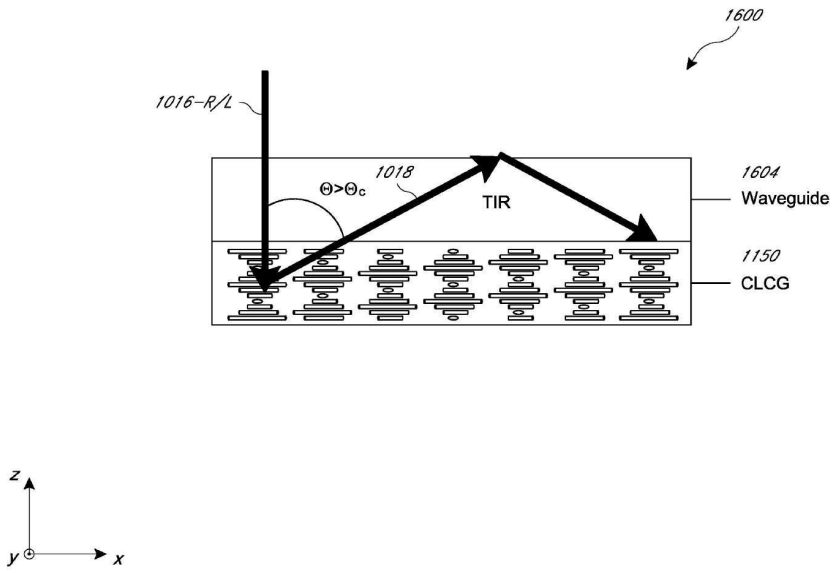
도면16a


1358A
P1
1324A
1316A
Θinc,1
Θ1
1320A
x
y
z

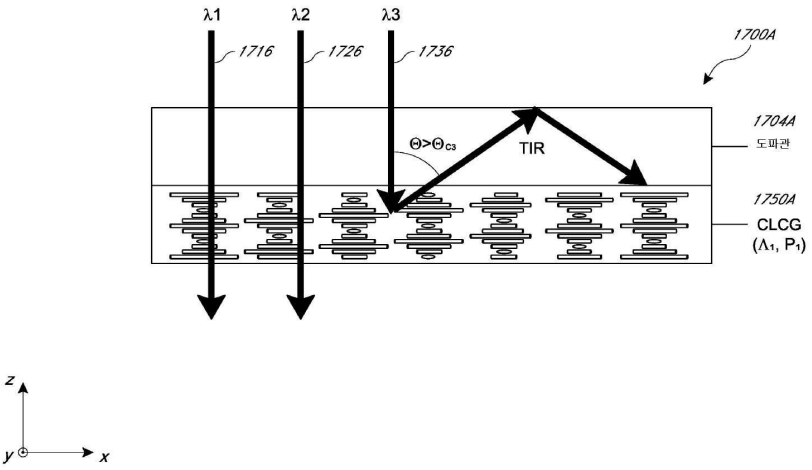
도면16b


1358B
P2
1316B
Θinc,2
Θ2
1324B
1320B
x
y
z

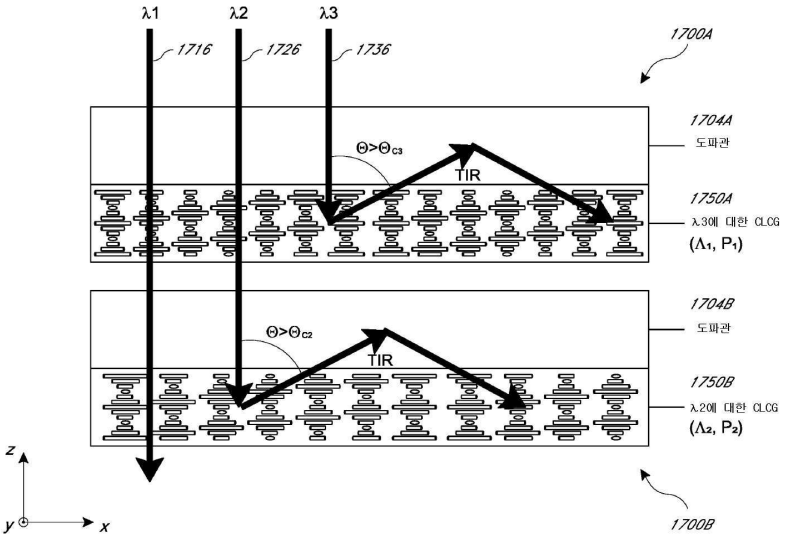
도면17


1600
1016-R/L
1018
Θ>Θc
TIR
1604
Waveguide
1150
CLCG
z
y
x

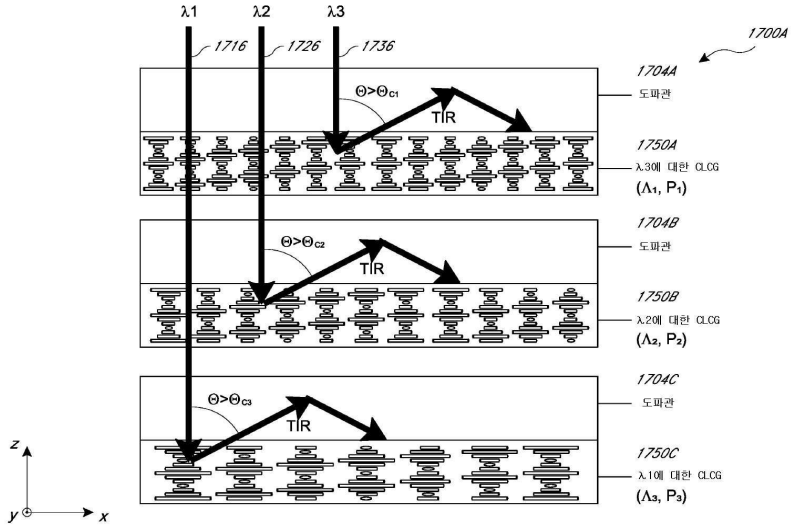
도면18a


λ1
λ2
λ3
1716
1726
1736
1700A
Θ>Θc3
TIR
1704A
도파관
1750A
CLCG
(Λ1, P1)
z
y
x

도면18b


λ1
λ2
λ3
1716
1726
1736
1700A
1704A
도파관
Θ>ΘC3
TIR
1750A
λ3에 대한 CLCG
(Λ1, P1)
1704B
도파관
Θ>ΘC2
TIR
1750B
λ2에 대한 CLCG
(Λ2, P2)
z
y
x
1700B

도면18c


λ1
λ2
λ3
1716
1726
1736
1700A
1704A
도파관
Θ>ΘC1
TIR
1750A
λ3에 대한 CLCG
(Λ1, P1)
1704B
도파관
Θ>ΘC2
TIR
1750B
λ2에 대한 CLCG
(Λ2, P2)
1704C
도파관
Θ>ΘC3
TIR
1750C
λ1에 대한 CLCG
(Λ3, P3)
z
y
x