



등록특허 10-2544070



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월14일
(11) 등록번호 10-2544070
(24) 등록일자 2023년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) *G02B 6/00* (2006.01)

(52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 6/0016 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-7033844(분할)

(22) 출원일자(국제) 2017년05월10일

심사청구일자 2022년09월28일

(85) 번역문제출일자 2022년09월28일

(65) 공개번호 10-2022-0134671

(43) 공개일자 2022년10월05일

(62) 원출원 특허 10-2018-7035971

원출원일자(국제) 2017년05월10일

심사청구일자 2020년05월07일

(86) 국제출원번호 PCT/US2017/032013

(87) 국제공개번호 WO 2017/197020

국제공개일자 2017년11월16일

(30) 우선권주장

62/335,232 2016년05월12일 미국(US)

62/335,223 2016년05월12일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20150002528 A1*

US20160116739 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 정향남

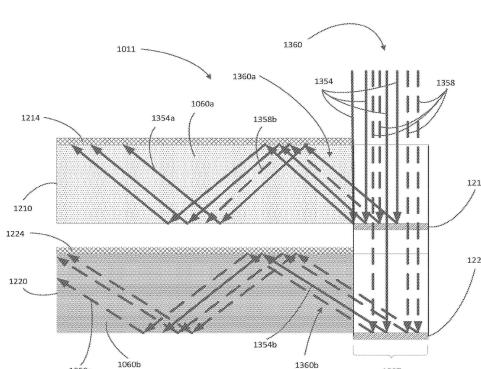
(54) 발명의 명칭 이미징 도파관을 통해 분배된 광 조작

(57) 요 약

스택형 도파관 어셈블리에서, 도파관들은 컬러 필터들, 분산형 필터들 및/또는 스위치 재료들을 포함할 수 있다. 컬러 필터들의 예들은 염료들, 틴트들, 또는 스테인들을 포함한다. 분산형 필터들 및/또는 스위치 재료들의 예들은 이색성 필터들, 브래그 격자들, 전자적으로 스위칭가능 유리, 및 전자적 스위칭가능 미러들을 포함한다.

(뒷면에 계속)

대 표 도



스위치 재료들은 원하지 않는 컬러들 또는 파장들의 광을 감쇠시키도록 설계 또는 튜닝될 수 있다. 도파관들은 각각 특정 설계 파장과 연관될 수 있다. 이것은, 설계 파장과 연관된 도파관이 설계 파장의 광을 연관된 광 분배 엘리먼트로 편향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고 그리고 연관된 파장 선택적 구역이 설계 파장이 아닌 광을 감쇠시키도록 구성되는 것을 의미할 수 있다.

(52) CPC특허분류

- G02B 6/0026* (2013.01)
 - G02B 6/0031* (2013.01)
 - G02B 6/0056* (2013.01)
 - G02B 6/0076* (2013.01)
 - G02B 6/0083* (2013.01)
 - G02B 2027/0112* (2013.01)
 - G02B 2027/0125* (2013.01)
 - G02B 2027/0174* (2013.01)
 - G02B 2027/0178* (2013.01)
-

명세서

청구범위

청구항 1

도파관 어셈블리로서,

복수의 상이한 파장들에 대응하는 컬러들의 광을 방출하도록 구성된 광 소스 – 상기 복수의 상이한 파장들의 각각의 파장은 복수의 상이한 파장들의 범위들 중 하나의 범위에 속함 –;

제1 컬러 및 제2 컬러의 광을 수신하도록 구성된 제1 도파관 스택 – 상기 제1 컬러 및 제2 컬러는 상기 복수의 상이한 파장들의 범위들 중 동일한 범위에 속하지 않는 파장들에 대응함 –; 및

상기 제1 컬러 및 제2 컬러와는 상이한 제3 컬러 및 제4 컬러의 광을 수신하도록 구성된 제2 도파관 스택 – 상기 제3 컬러 및 제4 컬러는 상기 복수의 상이한 파장들의 범위들 중 동일한 범위에 속하지 않는 파장들에 대응함 –

을 포함하고,

상기 제1 도파관 스택은,

제1 격자 시스템을 포함하는 제1 도파관 – 상기 제1 격자 시스템은 상기 제1 컬러의 광을 상기 제1 도파관으로 인커플링하도록 구성됨 –; 및

제2 격자 시스템을 포함하는 제2 도파관 – 상기 제2 격자 시스템은 상기 제2 컬러의 광을 상기 제2 도파관으로 인커플링하도록 구성됨 –

을 포함하고,

상기 제2 도파관 스택은,

제3 격자 시스템을 포함하는 제3 도파관 – 상기 제3 격자 시스템은 상기 제3 컬러의 광을 상기 제3 도파관으로 인커플링하도록 구성됨 –; 및

제4 격자 시스템을 포함하는 제4 도파관 – 상기 제4 격자 시스템은 상기 제4 컬러의 광을 상기 제4 도파관으로 인커플링하도록 구성됨 –

을 포함하고,

상기 제1 컬러 및 제3 컬러는 상기 복수의 상이한 파장들의 범위들 중 동일한 범위에 속하는 파장들에 대응하고,

상기 제1 도파관은 상기 제1 도파관 내에 배치된 파장 선택적 필터를 포함하고, 상기 파장 선택적 필터는 인커플링되는 상기 제2 컬러의 광의 양을 감소시키도록 구성되고,

상기 파장 선택적 필터는, 사용자가 상기 제1 도파관의 아웃커플링 광학 엘리먼트를 통해서 그러나 상기 파장 선택적 필터를 통하지는 않고 실세계를 보도록 배치되는,

도파관 어셈블리.

청구항 2

제1항에 있어서,

반사 광학 엘리먼트를 포함하는 예비 광 필터 시스템을 더 포함하는,

도파관 어셈블리.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2 컬러 및 제4 컬러는 상기 복수의 상이한 파장들의 범위들 중 동일한 범위에 속하는 파장들에 대응하는,
도파관 어셈블리.

청구항 4

파장 멀티플렉싱 어셈블리로서,

제1의 파장들의 범위에 속하는 복수의 파장들 및 제2의 파장들의 범위에 속하는 복수의 파장들의 광을 방출하는 광 소스 – 상기 제1의 파장들의 범위는 적색, 녹색 및 청색 중 하나에 대응하고, 상기 제2의 파장들의 범위는 상기 제1의 파장들의 범위와는 상이함 –;

상기 제1의 파장들의 범위에 속하는 제1 파장의 광 및 상기 제2의 파장들의 범위에 속하는 제2 파장의 광을 인커플링하도록 구성된 제1 도파관 스택 – 상기 제1 파장은 상기 제2의 파장들의 범위의 외부에 놓이고, 상기 제2 파장은 상기 제1의 파장들의 범위의 외부에 놓임 –; 및

상기 제1의 파장들의 범위에 속하는 제3 파장의 광 및 상기 제2의 파장들의 범위에 속하는 제4 파장의 광을 인커플링하도록 구성된 제2 도파관 스택 – 상기 제3 파장은 상기 제2의 파장들의 범위의 외부에 놓이고, 상기 제4 파장은 상기 제1의 파장들의 범위의 외부에 놓임 –

을 포함하고,

상기 제1 도파관 스택은,

상기 제1 파장의 광을 인커플링하도록 구성된 제1 도파관; 및

상기 제2 파장의 광을 인커플링하도록 구성된 제2 도파관

을 포함하고,

상기 제2 도파관 스택은,

상기 제3 파장의 광을 인커플링하도록 구성된 제3 도파관; 및

상기 제4 파장의 광을 인커플링하도록 구성된 제4 도파관

을 포함하고,

상기 제1 도파관은 상기 제1 도파관 내에 배치된 파장 선택적 필터를 포함하고, 상기 파장 선택적 필터는 인커플링되는 상기 제2 파장의 광의 양을 감소시키도록 구성되고,

상기 파장 선택적 필터는, 사용자가 상기 제1 도파관의 아웃커플링 광학 엘리먼트를 통해서 그러나 상기 파장 선택적 필터를 통하지는 않고 실세계를 보도록 배치되는,

파장 멀티플렉싱 어셈블리.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 도파관, 상기 제2 도파관, 상기 제3 도파관, 또는 상기 제4 도파관은 인커플링 광학 엘리먼트, 광 분배 엘리먼트, 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함하는,

파장 멀티플렉싱 어셈블리.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 인커플링 광학 엘리먼트, 상기 광 분배 엘리먼트, 또는 상기 아웃커플링 광학 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함하는,

파장 멀티플렉싱 어셈블리.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 회절 광학 엘리먼트는 스위칭 가능한 회절 광학 엘리먼트를 포함하는,
파장 멀티플렉싱 어셈블리.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 파장 멀티플렉싱 어셈블리는 반사 광학 엘리먼트를 포함하는 예비 광 필터 시스템을 더 포함하는,
파장 멀티플렉싱 어셈블리.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은, 2016년 5월 12일에 출원되고, 발명의 명칭이 "DISTRIBUTED LIGHT MANIPULATION OVER IMAGING WAVEGUIDE"인 미국 가출원 번호 제62/335,223호 및 2016년 5월 12일에 출원되고 발명의 명칭이 "WAVELENGTH MULTIPLEXING IN WAVEGUIDES"인 미국 가출원 번호 제62/335,232호에 대해 35 U.S.C. § 119(e) 하에서 우선권을 주장하고, 이 가출원 둘 모두는 이로써 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0002] 본 개시내용은 가상 현실 및 증강 현실 이미징 및 시각화 시스템들 및 더 구체적으로 도파관의 상이한 구역들로 광을 분배하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 현대의 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 소위 "가상 현실" 또는 "증강 현실" 경험들을 위한 시스템들의 개발을 가능하게 하였고, 여기서 디지털적으로 재생된 이미지들 또는 이미지들의 부분들은, 그들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 인식될 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. 예컨대, 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(1000)이 묘사되고, AR 기술의 사용자는 배경 내의 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(1120)을 특징으로 하는 실세계 공원형 세팅(1100)을 본다. 이를 아이템들에 이외에, AR 기술의 사용자는 또한, 그가 실세계 플랫폼(1120) 상에 서 있는 로봇 동상(1110), 및 호박벌의 의인화인 것으로 보여지는 날고 있는 만화형 아바타 캐릭터(1130)(이들 엘리먼트들이 실세계에 존재하지 않더라도)를 "보는" 것을 인식한다. 밝혀진 바와 같이, 인간 시각 인식 시스템은 매우 복잡하고, 다른 가상 또는 실세계 이미저리(imagery) 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편안하고, 자연스럽고, 풍부한 프리젠테이션을 가능하게 하는 VR 또는 AR 기술을 생성하는 것은 난제이다. 본원에 개시된 시스템들 및 방법들은 VR 및 AR 기술에 관련된 다양한 난제들을 처리한다.

발명의 내용

[0004] 웨어러블 디스플레이 시스템들에 사용될 수 있는 도파관들 및 적층된(stacked) 도파관 어셈블리들의 예들이 본원에서 설명된다.

[0005] 도파관의 실시예는 제1 파장의 광을 인커플링(incoupling)하고 그리고 제1 파장이 아닌 광을 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함한다. 도파관은 파장 선택적 구역을 더 포함하고, 여기서 파장 선택적 구역은 인커플링 광학 엘리먼트로부터 인커플링된 광을 수신하고 그리고 인커플링된 광을 광 분배 엘리먼트로 전파시키도록 구성된다. 파장 선택적 구역은 제1 파장의 인커플링된 광에 비해, 제1 파장이 아닌 인커플링된 광을 감쇠시키도록 구성될 수 있다. 광 분배 엘리먼트는 제1 파장의 인커플링된 광을 파장 선택적 구역 밖으로 커플링하도록 구성된다. 도파관은 또한, 광 분배 엘리먼트로부터 제1 파장의 인커플링된 광을 수신하고 제1 파장의 인커플링된 광을 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 아웃커플링(outcoupling) 광학 엘리먼트를 포함한다.

[0006]

[0006] 스택형 도파관 어셈블리의 실시예는, 제1 파장의 광을 인커플링하고 제1 파장이 아닌 광을 제1 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 제1 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하는 제1 도파관을 포함한다. 제1 도파관은, 제1 인커플링 광학 엘리먼트로부터 인커플링된 광을 수신하고 그리고 인커플링된 광을 제1 광 분배 엘리먼트로 전파시키도록 구성된 제1 파장 선택적 구역을 더 포함한다. 제1 파장 선택적 구역은 제1 파장의 인커플링된 광에 비해, 제1 파장이 아닌 인커플링된 광을 감쇠시키고, 제1 파장의 인커플링된 광을 제1 파장 선택적 구역 밖으로 커플링하도록 구성된다. 제1 도파관은 또한, 제1 광 분배 엘리먼트로부터 제1 파장의 인커플링된 광을 수신하고 제1 파장이 아닌 인커플링된 광을 제1 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 제1 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.

[0007]

[0007] 스택형 도파관 어셈블리의 실시예는 제2 도파관을 더 포함하고, 제2 도파관은, 제1 인커플링 광학 엘리먼트로부터 제1 파장과 상이한 제2 파장의 입사 광을 수신하고, 제2 파장이 아닌 입사 광을 제2 도파관 밖으로 커플링하고, 그리고 제2 파장의 입사 광을 인커플링하도록 구성된 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 포함한다. 제2 도파관은, 제2 인커플링 광학 엘리먼트로부터 인커플링된 광을 수신하고 그리고 인커플링된 광을 제2 광 분배 엘리먼트로 전파시키도록 구성된 제2 파장 선택적 구역을 더 포함한다. 제2 파장 선택적 구역은 제2 파장의 인커플링된 광에 비해, 제2 파장이 아닌 인커플링된 광을 감쇠시키도록 구성된다. 제2 광 분배 엘리먼트는 제2 파장의 인커플링된 광을 제2 파장 선택적 구역 밖으로 커플링하도록 구성된다. 제2 도파관은 또한, 제2 광 분배 엘리먼트로부터 제2 파장의 인커플링된 광을 수신하고 제2 파장이 아닌 인커플링된 광을 제2 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 제2 아웃珂플링 광학 엘리먼트를 포함한다.

[0008]

[0008] 광학 이미지를 디스플레이하는 방법의 실시예는 제1 파장 및 제1 파장과 상이한 제2 파장을 가진 인커플링 광을 스택형 도파관 어셈블리에 인커플링하는 단계를 포함한다. 스택형 도파관 어셈블리는 제1 도파관 및 제2 도파관을 포함하고, 제1 도파관은 파장 선택적 구역의 제1 층 및 아웃珂플링 광학 엘리먼트의 제1 층을 포함한다. 제2 도파관은 파장 선택적 구역의 제2 층 및 아웃珂플링 광학 엘리먼트의 제2 층을 포함한다. 방법은 파장 선택적 구역의 제1 층의 제1 파장에 비해, 제2 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키고 그리고 파장 선택적 구역에서 제2 층의 제1 파장에 비해, 제1 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키는 단계를 더 포함한다. 방법은 제1 파장의 인커플링된 광을 아웃珂플링 광학 엘리먼트의 제1 층에 커플링하고 그리고 제1 파장의 인커플링된 광을 아웃珂플링 광학 엘리먼트의 제2 층에 커플링하는 단계를 더 포함한다. 방법은 또한 제1 파장 및 제2 파장의 인커플링된 광을 스택형 도파관 어셈블리 밖으로 커플링하는 단계를 포함한다.

[0009]

[0009] 광학 이미지를 디스플레이하는 방법의 다른 실시예는 제1 파장 및 제1 파장과 상이한 제2 파장을 가진 인커플링 광을 도파관에 인커플링하고 그리고 파장 선택적 구역에서 제1 층의 제1 파장에 비해, 제2 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키는 단계를 포함한다. 방법은 파장 선택적 구역에서 제2 층의 제2 파장에 비해, 제1 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키고 그리고 제1 광 분배 엘리먼트로부터의 제1 파장의 인커플링된 광을 아웃珂플링 광학 엘리먼트의 제1 층에 커플링하는 단계를 더 포함한다. 방법은 제2 광 분배 엘리먼트로부터의 제2 파장의 인珂플링된 광을 아웃珂플링 광학 엘리먼트의 제2 층에 커플링하고 그리고 제1 파장 및 제2 파장의 인珂플링된 광을 아웃珂플링 광학 엘리먼트 밖으로 커플링하는 단계를 더 포함한다.

[0010]

[0010] 본 명세서에서 설명된 청구 대상의 하나 이상의 구현들의 세부사항들은 아래의 첨부 도면들 및 상세한 설명에서 설명된다. 다른 특징들, 양상들 및 장점들은 상세한 설명, 도면들 및 청구항들로부터 자명하게 될 것이다. 이러한 요약도 다음 상세한 설명도 본 발명의 청구 대상의 범위를 정의하거나 제한하도록 의도하지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0011]

[0011] 도 1은 사람이 보고 있는 소정의 가상 현실 객체들, 및 소정의 실제 현실 객체들을 가진 증강 현실 시나리오의 예시를 묘사한다.

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

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

[0014] 도 4는 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 개략적으로 예시한다.

[0015] 도 5는 도파관에 의해 출력될 수 있는 예시적인 출사 빔들을 도시한다.

[0016] 도 6은 다초점 볼류메트릭(volumetric) 디스플레이, 이미지 또는 광 필드의 생성에 사용되는, 도파관

장치, 도파관 장치로의 또는 도파관 장치로부터의 광을 광학적으로 커플링하기 위한 광학 커플러 서브시스템, 및 제어 서브시스템을 포함하는 광학 시스템을 도시하는 개략 다이어그램이다.

[0017] 도 7a는 인커플링 광학 엘리먼트, 광 분배 엘리먼트 및 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함하는 도파관을 포함하는 디스플레이의 예를 개략적으로 예시하는 평면도이다.

[0018] 도 7b는 축(A-A')을 따른 도 7a에 묘사된 디스플레이의 단면도이다.

[0019] 도 8은 도파관, 인커플링 광학 엘리먼트, 광 선택적 구역을 포함하는 광 분배 엘리먼트 및 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함하는 디스플레이의 예를 개략적으로 예시하는 평면도이다.

[0020] 도 9는 예시적인 스택형 도파관 어셈블리의 사시도를 예시한다.

[0021] 도 10a는 2개의 도파관들이 컬러 필터들을 포함하는 예시적인 디스플레이를 개략적으로 예시하는 측면도이다.

[0022] 도 10b는 2개의 도파관들이 분배된 스위치 재료들을 포함하는 예시적인 디스플레이를 개략적으로 예시하는 측면도이다.

[0023] 도 11은 다수의 필터 구역들을 가진 예시적인 도파관을 개략적으로 예시하는 측면도이다.

[0024] 도 12는 컬러 내의 일련의 서브컬러들의 예를 예시한다.

[0025] 도 13은 예시적인 스택형 도파관 어셈블리의 측면도를 개략적으로 예시한다.

[0026] 도 14는 예비 광 필터 시스템을 가진 예시적인 스택형 도파관 어셈블리의 측면도를 개략적으로 예시한다.

[0027] 도 15a는 분산된 필터들을 가진 도 13의 도파관 어셈블리의 예를 도시한다.

[0028] 도 15b는 분산된 스위치들을 가진 도 13의 도파관 어셈블리의 예를 도시한다.

[0029] 도 16은, 컬러들이 인식되는 가상 인간 시각 응답 색영역(gamut)을 설명하는 색도도(chromaticity diagram)이다.

[0030] 도면들 전반에 걸쳐, 참조 번호들은 참조된 엘리먼트들 사이의 대응을 표시하는 데 재사용될 수 있다. 도면들은 본원에 설명된 예시적인 실시예들을 예시하기 위해 제공되고 본 개시내용의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

개요

[0031] 3차원(3D) 디스플레이가 깊이의 실제 감각, 및 더 구체적으로, 표면 깊이의 시뮬레이팅된 감각을 생성하도록 하기 위해서, 디스플레이 시계(visual field)의 각각의 포인트가 이의 가상 깊이에 대응하는 원근조절(accommodative) 응답을 생성하는 것이 바람직하다. 수렴 및 입체시(stereopsis)의 양안 깊이 단서들에 의해 결정된 바와 같이, 디스플레이 포인트에 대한 원근조절 응답이 그 포인트의 가상 깊이에 대응하지 않으면, 인간 눈은 원근조절 충돌을 경험할 수 있고, 이는 불안정한 이미징, 유해한 눈의 피로, 두통들 및 원근조절 정보의 부재시, 표면 깊이의 거의 완전한 결여를 초래한다.

[0032] VR 및 AR 경험들은, 복수의 깊이 평면들에 대응하는 이미지들을 뷰어(viewer)에게 제공하는 디스플레이들을 가진 디스플레이 시스템들에 의해 제공될 수 있다. 이미지들은 각각의 깊이 평면에 대해 상이할 수 있고 (예컨대, 장면 또는 객체의 약간 상이한 프리젠테이션들을 제공함) 그리고 뷰어의 눈들에 의해 별도로 포커싱될 수 있고, 이에 의해 상이한 깊이 평면 상에 위치된 장면에 대해 상이한 이미지 피처(feature)들을 포커싱하게 하는데 요구되는 눈의 원근조절에 기반하여 그리고/또는 포커싱에서 벗어난 상이한 깊이 평면들 상의 상이한 이미지 피처들을 관찰하는 것에 기반하여 사용자에게 깊이 단서들을 제공하는 것을 돋는다. 본원의 다른 곳에서 논의된 바와 같이, 그런 깊이 단서들은 깊이의 신뢰성 있는 인식들을 제공한다.

[0033] 도 2는 웨어러블 디스플레이 시스템(100)의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(100)은 디스플레이(62), 및 디스플레이(62)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계적 및 전자적 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(62)는, 디스플레이 시스템 사용자, 착용자 또는 뷰어(60)에 의해 착용가능하고 그리고 사용자(60)의

눈들의 전면에 디스플레이(62)를 포지셔닝하도록 구성된 프레임(64)에 커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(66)는 프레임(64)에 커플링되고 사용자의 외이도(ear canal)에 인접하게 포지셔닝된다(일부 실시예들에서, 도시되지 않은 다른 스피커는 사용자의 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/형상화가능 사운드 제어를 제공함). 디스플레이(62)는 다양한 구성들에서 장착될 수 있는, 이를테면 프레임(64)에 고정되게 부착되거나, 사용자에 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정되게 부착되거나, 헤드폰들에 임베딩되거나, 그렇지 않으면 사용자(60)에게 제거가능하게 부착되는(예컨대, 백팩(backpack)-스타일 구성으로, 벨트-커플링 스타일 구성으로) 로컬 데이터 프로세싱 모듈(71)에, 이를테면 유선 리드 또는 무선 연결에 의해, 동작가능하게 커플링(68)된다.

[0016] [0034] 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(71)은 하드웨어 프로세서뿐 아니라, 디지털 메모리, 이를테면 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리)를 포함할 수 있고, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 돋는 데 활용될 수 있다. 데이터는, a) (예컨대 프레임(64)에 동작가능하게 커플링되거나 그렇지 않으면 착용자(60)에게 부착될 수 있는) 센서들, 이를테면 이미지 캡처 디바이스들(예컨대, 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴파스(compass)들, GPS(global positioning system) 유닛들, 라디오 디바이스들, 및/또는 자이로들로부터 캡처되고; 그리고/또는 b) 원격 프로세싱 모듈(72) 및/또는 원격 데이터 저장소(74)를 사용하여 획득되고 그리고/또는 프로세싱되어, 가능한 경우 그런 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 디스플레이(62)에 전달되는 데이터를 포함할 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(71)은 통신 링크들(76 및/또는 78)에 의해, 이를테면 유선 또는 무선 통신 링크들을 통해, 원격 프로세싱 모듈(72) 및/또는 원격 데이터 저장소(74)에 동작가능하게 커플링될 수 있어서, 이들 원격 모듈들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(71)에 대한 리소스들로서 이용가능하다. 게다가, 원격 프로세싱 모듈(72) 및 원격 데이터 저장소(74)는 서로 동작가능하게 커플링될 수 있다.

[0017] [0035] 일부 실시예들에서, 원격 프로세싱 모듈(72)은 데이터 및/또는 이미지 정보를 분석 및 프로세싱하도록 구성된 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(74)는 "클라우드" 리소스 구성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통하여 이용가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 서비스를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 모든 데이터는 저장되고 모든 컴퓨테이션(computation)들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 수행되는 데, 이는 원격 모듈로부터 완전히 자율적인 사용을 허용한다.

[0018] [0036] 인간 시각 시스템은 복잡하고 깊이의 현실적인 인식을 제공하는 것은 난제이다. 이론에 의해 제한되지 않고, 객체의 뷰어들이 이접운동 및 원근조절의 결합으로 인해 객체를 3차원인 것으로 인식할 수 있다는 것이 고려된다. 서로에 대해 2개의 눈들의 이접운동 움직임들(즉, 객체 상에 응시하도록 눈들의 시선들을 수렴하기 위하여 서로를 향하는 또는 서로 멀어지는 동공들의 회전 움직임들)은 눈들의 렌즈들의 포커싱(또는 "원근조절")과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들하에서, 하나의 객체로부터 상이한 거리에 있는 다른 객체로 포커스를 변화시키기 위하여, 눈들의 렌즈들의 포커스를 변화시키거나, 또는 눈들의 원근을 조절하는 것은 "원근조절-이접운동 반사(accommodation-vergence reflex)"로서 알려진 관계하에서, 동일한 거리로의 이접운동의 매칭 변화를 자동으로 유발할 것이다. 마찬가지로, 이접운동의 변화는 정상 조건들 하에서, 원근조절의 매칭 변화를 트리거할 것이다. 원근조절과 이접운동 사이의 더 나은 매칭을 제공하는 디스플레이 시스템들은 3차원 이미저리의 더 현실적이거나 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0019] [0037] 도 3은 다수의 깊이 평면들을 사용하여 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 도 3을 참조하면, z-축 상에서 눈들(302 및 304)로부터 다양한 거리들에 있는 객체들은, 이들 객체들이 인 포커싱(in focus)되도록 눈들(302 및 304)에 의해 원근조절된다. 눈들(302 및 304)은 z-축을 따라 상이한 거리들에 있는 객체들을 포커싱하도록 특정 원근조절된 상태들을 취한다. 결과적으로, 특정 원근조절된 상태는 연관된 초점 거리와 함께, 깊이 평면들(306) 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 인 포커스된다. 일부 실시예들에서, 3차원 이미저리는 눈들(302, 304)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(302 및 304)의 시야들은 예컨대 z-축을 따른 거리가 증가함에 따라 오버랩할 수 있다. 게다가, 예시의 용이함을 위해 편평한 것으로 도시되지만, 깊이 평면의 윤곽들이 물리적 공간에서 휘어질 수 있어서, 깊이 평면 내의 모든 피쳐들이 특정 원근조절된 상태에서 눈과 인 포커싱된다. 이론에 의해 제한되지 않고, 인간 눈이 통상적으로 깊이 인식을 제공하기 위해 유한한 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있다는 것이 믿어진다. 결과적으로, 인식된 깊이의 매우 믿을만한 시뮬레이션은, 눈에, 이들 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로

써 달성될 수 있다.

[0020] 도파관 스택 어셈블리

[0038] 도 4는 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(100)은 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 사용하여 3차원 인식을 눈/뇌에 제공하는 데 활용될 수 있는 도파관들의 스택, 또는 스택형 도파관 어셈블리(178)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 도 4에 도시된 디스플레이 시스템(100)은 도 2에 도시된 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 사용될 수 있고, 도 4는 그 시스템(100)의 일부 부분들을 더 상세히 개략적으로 도시한다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 도파관 어셈블리(178)는 도 2의 디스플레이(62)에 통합될 수 있다.

[0039] 도 4를 계속 참조하면, 도파관 어셈블리(178)는 또한 도파관들 사이에 복수의 피처들(198, 196, 194, 192)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 피처들(198, 196, 194, 192)은 렌즈들일 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 및/또는 복수의 렌즈들(198, 196, 194, 192)은 다양한 레벨들의 과면 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(200, 202, 204, 206, 208)은 이미지 정보를 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 주입하는 데 활용될 수 있고, 도파관들 각각은, 눈(304)을 향한 출력을 위해, 각각의 개별 도파관에 걸쳐 인입 광을 분배하도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 출력 표면을 출사하고 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 대응하는 입력 에지로 주입된다. 일부 실시예들에서, 단일 광빔(예컨대, 시준된 빔)은 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산량들)로 눈(304)을 향하여 지향되는 복제된 시준된 빔들의 전체 필드를 출력하기 위해 각각의 도파관으로 주입된다.

[0040] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은, 각각, 대응하는 도파관(182, 184, 186, 188, 190)으로의 주입을 위한 이미지 정보를 각각 생성하는 이산 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 예컨대 이미지 정보를 하나 이상의 광학 도판들(이를테면, 광섬유 케이블들)을 통하여 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 각각에 파이프(pipe)할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력단들이다.

[0041] 제어기(210)는 스택형 도파관 어셈블리(178) 및 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(210)는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)로의 이미지 정보의 프로비전(provision) 및 타이밍을 조절하는 프로그래밍(예컨대, 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체의 명령들)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 제어기는 단일 일체형 디바이스(예컨대, 하드웨어 프로세서), 또는 유선 또는 무선 통신 채널들에 의해 연결되는 분산형 시스템이다. 제어기(210)는 일부 실시예들에서 프로세싱 모듈들(71 또는 72)(도 2에 예시됨)의 부분이다.

[0042] 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 내부 전반사(TIR)에 의해 각각의 개별 도파관 내에서 광을 전파시킬 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)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)을 가질 수 있다. 예시된 구성에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 각각, 이미지 정보를 눈(304)에 출력하기 위해, 각각의 개별 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관 밖으로 재지향시킴으로써 도파관 밖으로 광을 추출하도록 구성된 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 포함할 수 있다. 추출된 광은 또한 아웃커플링된 광으로 지칭될 수 있고, 광 추출 광학 엘리먼트들은 또한 아웃커플링 광학 엘리먼트들로 지칭될 수 있다. 추출된 광빔은, 도파관 내에서 전파되는 광이 광 재지향 엘리먼트에 부딪치는 위치들에서 도파관에 의해 출력된다. 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 예컨대 반사성 및/또는 회절성 광학 피처들일 수 있다. 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은, 설명의 용이함 및 도면 명확성을 위해 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 최하부 표면들에 배치된 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 최상부 및/또는 최하부 표면들에 배치될 수 있고, 그리고/또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 볼륨 내에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착된 재료 층으로 형성된다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 모놀리식 재료 피스(piece)이고 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 그 재료 피스의 표면상에 및/또는 내부에 형성될 수 있다.

[0043] 도 4를 계속 참조하면, 본원에 논의된 바와 같이, 각각의 도파관(182, 184, 186, 188, 190)은 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하기 위해 광을 출력하도록 구성된다. 예컨대, 눈에 가장 가까운 도파관

(182)은, 그런 도파관(182)에 주입된 시준된 광을 눈(304)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 위쪽의 다음 도파관(184)은, 시준된 광이 눈(304)에 도달할 수 있기 전에 제1 렌즈(192)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 통과하는 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있다. 제1 렌즈(192)는 약간 볼록 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 위쪽의 그 다음 도파관(184)으로부터 오는 광을, 광학 무한대로부터 눈(304)을 향해 내측으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 유사하게, 위쪽의 제3 도파관(186)은 자신의 출력 광을 눈(304)에 도달하기 전에 제1 렌즈(192) 및 제2 렌즈(194) 둘 모두를 통과시킨다. 제1 및 제2 렌즈들(192 및 194)의 결합된 광 파워(power)는 다른 증분 양의 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 제3 도파관(186)으로부터 오는 광을, 위쪽의 다음 도파관(184)으로부터의 광이기 보다 광학 무한대로부터 사람을 향하여 내측으로 훨씬 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다.

[0027] [0044] 다른 도파관 층들(예컨대, 도파관들(188, 190)) 및 렌즈들(예컨대, 렌즈들(196, 198))은 유사하게 구성되고, 스택 내 가장 높은 도파관(190)은, 자신의 출력을, 사람과 가장 가까운 초점 평면을 대표하는 총(aggregate) 초점 파워에 대해 자신과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통하여 전송한다. 스택형 도파관 어셈블리(178)의 다른 측부 상에서 세계(144)로부터 오는 광을 보고/해석할 때 렌즈들(198, 196, 194, 192)의 스택을 보상하기 위하여, 보상 렌즈 층(180)이 아래쪽의 렌즈 스택(198, 196, 194, 192)의 총 파워를 보상하도록 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 그런 구성은 이용가능한 도파관/렌즈 쌍들이 존재하는 만큼 많은 인식되는 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 광 추출 광학 엘리먼트들과 렌즈들의 포커싱 양상을 둘 모두는 정적(예컨대, 동적이 아니거나 전자-활성이지 않음)일 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 모두는 전자-활성 피쳐들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0028] [0045] 도 4를 계속 참조하면, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 자신의 개별 도파관들 밖으로 광을 재지향하고 그리고 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적절한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상이한 연관된 깊이 평면들을 가진 도파관들은 상이한 구성들의 광 추출 광학 엘리먼트들을 가질 수 있고, 광 추출 광학 엘리먼트들은 연관된 깊이 평면에 따라 상이한 발산 양으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 본원에서 논의된 바와 같이, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 특정 각도들로 광을 출력하도록 구성될 수 있는 볼류메트릭 또는 표면 피쳐들이다. 예컨대, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 볼륨 홀로그램들, 표면 홀로그램들, 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 광 추출 광학 엘리먼트들, 이를테면 회절 격자들은, 그 전체가 이로써 본원에 인용에 의해 통합되는 2015년 6월 25일에 공개된 미국 특허 공개 번호 제2015/0178939호에서 설명된다. 일부 실시예들에서, 피쳐들(198, 196, 194, 192)은 렌즈들이 아니다. 오히려, 이들은 간단히 스페이서들(예컨대, 공기 캡들을 형성하기 위한 구조들 및/또는 클래딩(cladding) 층들)일 수 있다.

[0029] [0046] 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 "회절 광학 엘리먼트"(또한 본원에서 "DOE"로서 지칭됨) 또는 회절 패턴을 형성하는 회절 피쳐들이다. 일부 경우들에서, DOE들은 비교적 낮은 회절 효율성을 가져서, 광빔의 일부만이 DOE의 각각의 교차로 인해 눈(304)을 향하여 편향(예컨대, 굴절, 반사 또는 회절)되지만, 나머지는 내부 전반사를 통하여 도파관을 통해 계속 이동한다. 따라서, 이미지 정보를 운반하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 출사하는 다수의 관련된 출사 빔들로 나뉘어지고, 그 결과는 도파관 내에서 이리저리 바운싱(bouncing)되는 이런 특정 시준된 빔에 대해 눈(304)을 향한 상당히 균일한 출사 방출 패턴이다.

[0030] [0047] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 DOE들은, 이들이 활발하게 회절하는 "온" 상태들과 이들이 현저하게 회절하지 않는 "오프" 상태들 사이에서 스위칭가능하다. 예컨대, 스위칭가능 DOE는, 마이크로액적(microdroplet)들이 호스트 매질에 회절 패턴을 포함하는 폴리머 분산형 액정 층을 포함할 수 있고, 마이크로액적들의 굴절률은 호스트 재료의 굴절률과 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우에 패턴은 입사 광을 뚜렷하게 회절시키지 않음) 또는 마이크로액적은 호스트 매질의 인덱스(index)와 매칭하지 않는 인덱스로 스위칭될 수 있다(이 경우에 패턴은 입사 광을 활발하게 회절시킴).

[0031] [0048] 일부 실시예들에서, 심도(depth of field) 및/또는 깊이 평면들의 수 및 분포는 뷰어의 눈들의 동공 사이즈들 및/또는 배향들에 기반하여 동적으로 가변될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라(500)(예컨대, 디지털 카메라)는 눈(304)의 이미지들을 캡처하여 눈(304)의 동공의 사이즈 및/또는 배향을 결정하는 데 사용될 수 있다. 카메라(500)는, 착용자(60)가 보고 있는 방향을 결정하는 데 사용하기 위한 이미지들(예컨대, 눈 포즈) 또는 (예컨대, 홍채 식별을 통해) 착용자의 생체 인증 식별을 위한 이미지들을 획득하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라(500)는 프레임(64)에 부착되고(도 2에 예시된 바와 같이) 프로세싱 모듈들(71 및/또는

72)과 전기 통신할 수 있고, 프로세싱 모듈들(71 및/또는 72)은 예컨대 사용자(60)의 눈들의 동공 직경들 및/또는 배향들을 결정하기 위해 카메라(500)로부터의 이미지 정보를 프로세싱할 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 눈에 대해 하나의 카메라(500)가 활용되어, 각각의 눈의 동공 사이즈 및/또는 배향을 별도로 결정할 수 있고, 이에 의해 각각의 눈에 대한 이미지 정보의 프리젠테이션이 그 눈에 동적으로 맞춤화되는 것이 허용된다. 일부 다른 실시예들에서, (예컨대, 눈들의 쌍당 단지 단일 카메라(500)만을 사용하여) 단지 단일 눈(304)만의 동공 직경 및/또는 배향이 결정되고 뷰어(60)의 양쪽 눈들에 대해 유사한 것으로 가정된다.

[0032] [0049] 예컨대, 심도는 뷰어의 동공 사이즈와 반비례하여 변화할 수 있다. 결과적으로, 뷰어의 눈들의 동공들의 사이즈들이 감소함에 따라, 심도가 증가하여, 하나의 평면의 위치가 눈의 포커스 깊이를 넘어서기 때문에 식별할 수 없는 그 평면은 동공 사이즈의 감소 및 상응하는 심도의 증가로 식별가능하게 되고 더욱 인포커스하게 나타날 수 있다. 마찬가지로, 상이한 이미지들을 뷰어에게 제시하는 데 사용되는 이격된 깊이 평면들의 수는 동공 사이즈가 감소함에 따라 감소될 수 있다. 예컨대, 뷰어는, 하나의 깊이 평면으로부터 멀어져 다른 깊이 평면으로의 눈의 원근조절을 조정하지 않고 하나의 동공 사이즈에서 제1 깊이 평면 및 제2 깊이 평면 둘 모두의 세부사항들을 명확하게 인식할 수 없을 수 있다. 그러나, 이들 2개의 깊이 평면들은 원근조절을 변화시키지 않고 다른 동공 사이즈에서 사용자에게 동시에 충분히 인 포커싱될 수 있다.

[0033] [0050] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 동공 사이즈 및/또는 배향의 결정들에 기반하여, 또는 특정 동공 사이즈들 및/또는 배향들을 나타내는 전기 신호들을 수신하는 것에 기반하여 이미지 정보를 수신하는 도파관들의 수를 가변시킬 수 있다. 예컨대, 사용자의 눈들이 2개의 도파관들과 연관된 2개의 깊이 평면들 사이를 구별할 수 없으면, 제어기(210)는 이들 도파관들 중 하나에 이미지 정보를 제공하는 것을 중단하도록 구성되거나 프로그래밍될 수 있다. 유리하게, 이것은 시스템의 프로세싱 부담을 감소시킬 수 있고, 이에 의해 시스템의 응답성이 증가된다. 도파관에 대한 DOE들이 온 상태와 오프 상태 사이에서 스위칭가능한 실시예들에서, DOE들은, 도파관이 이미지 정보를 수신할 때 오프 상태로 스위칭될 수 있다.

[0034] [0051] 일부 실시예들에서, 뷰어의 눈 직경보다 작은 직경을 갖는 조건을 출사 빔이 충족하게 하는 것이 바람직할 수 있다. 그러나, 이 조건을 충족시키는 것은 뷰어의 동공들의 사이즈의 가변성을 고려할 때 어려울 수 있다. 일부 실시예들에서, 이 조건은 뷰어의 동공 사이즈의 결정들에 대한 응답으로 출사 빔의 사이즈를 가변시킴으로써 다양한 동공 사이즈들에 걸쳐 충족된다. 예컨대, 동공 사이즈가 감소할 때, 출사 빔의 사이즈는 또한 감소될 수 있다. 일부 실시예들에서, 출사 빔 사이즈는 가변 애퍼처(aperture)를 사용하여 가변될 수 있다.

[0035] [0052] 도 5는 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예를 도시한다. 하나의 도파관이 예시되지만, 도파관 어셈블리(178)가 다수의 도파관들을 포함하는 경우, 도파관 어셈블리(178)의 다른 도파관들은 유사하게 기능할 수 있다. 광(400)은 도파관(182)의 입력 에지(382)에서 도파관(182)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(182) 내에서 전파된다. 광(400)이 DOE(282) 상에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 출사 빔들(402)로서 도파관을 출사한다. 출사 빔들(402)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 이들 출사 빔들(402)은 또한 도파관(182)과 연관된 깊이 평면에 따라, (예컨대, 발산하는 출사 빔들을 형성하는) 각도로 눈(304)으로 전파되도록 재지향될 수 있다. 실질적으로 평행한 출사 빔들은 눈(304)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학 무한대)에 있는 깊이 평면 상에 세팅되는 것으로 보이는 이미지들을 형성하기 위해 광을 아웃커플링하는 광 추출 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 표시할 수 있다. 다른 도파관들 또는 광 추출 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 더 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이 출사 빔 패턴은 눈(304)이 망막 상으로 포커스되게 더 가까운 거리에 원근조절되도록 요구할 것이고, 뇌에 의해 광학 무한대보다 눈(304)에 더 가까운 거리로부터의 광으로서 해석될 것이다.

[0036] [0053] 도 6은 도파관 장치, 도파관 장치로의 또는 도파관 장치로부터의 광을 광학적으로 커플링하기 위한 광학 커플러 서브시스템, 및 제어 서브시스템을 포함하는 광학 디스플레이 시스템(100)의 다른 예를 도시한다. 광학 시스템(100)은 다초점 볼류메트릭, 이미지 또는 광 필드를 생성하는 데 사용될 수 있다. 광학 시스템은 하나 이상의 주 평면 도파관들(1)(도 6에 단지 하나만 도시됨) 및 주 도파관들(1) 중 적어도 일부의 각각과 연관된 하나 이상의 DOE들(2)을 포함할 수 있다. 평면 도파관들(1)은 도 4를 참조하여 논의된 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)과 유사할 수 있다. 광학 시스템은 제1 축(도 6의 도면에서 수직 또는 Y-축)을 따라 광을 중계하고, 그리고 제1 축(예컨대, Y-축)을 따라 광의 유효 출사동을 확장하기 위해 분배 도파관 장치를 이용할 수 있다. 분배 도파관 장치는, 예컨대, 분배 평면 도파관(3) 및 분배 평면 도파관(3)과 연관된 적어도 하나의 DOE(4)(이중 일점쇄선에 의해 예시됨)를 포함할 수 있다. 분배 평면 도파관(3)은 분배 평면 도파관(3)과 상이한 배향을 갖는 주 평면 도파관(1)에 대해 적어도 일부 측면들에서 유사하거나 동일할 수 있다. 마찬가지로, 적어도 하나의 DOE(4)는 DOE(2)에 대해 적어도 일부 측면들에서 유사하거나 동일할 수 있다. 예컨대, 분배 평면 도파관(3) 및/또는 DOE(4)는 각각 주 평면 도파관(1) 및/또는 DOE(2)와 동일한 재료들로 구성될 수 있다.

도 4 또는 도 6에 도시된 광학 디스플레이 시스템(100)의 실시예들은 도 2에 도시된 웨어러블 디스플레이 시스템(100)에 통합될 수 있다.

[0037] [0054] 중계 및 출사동 확장 광은 분배 도파관 장치로부터 하나 이상의 주 평면 도파관들(10)로 광학적으로 커플링된다. 주 평면 도파관(1)은 일부 경우들에서 제1 축에 직교하는 제2 축(예컨대, 도 6의 도면에서 수평 또는 X-축)을 따라 광을 중계한다. 특히, 제2 축은 제1 축에 대해 비직교 축일 수 있다. 주 평면 도파관(1)은 제2 축(예컨대, X-축)을 따라 광의 유효 출사동을 확장시킨다. 예컨대, 분배 평면 도파관(3)은 광을 수직 또는 Y-축을 따라 중계 및 확장시키고 그 광을 주 평면 도파관(1)으로 통과시킬 수 있고, 주 평면 도파관(1)은 수평 또는 X-축을 따라 광을 중계 및 확장시킨다.

[0038] [0055] 광학 시스템은 단일 모드 광섬유(9)의 근위(proximal) 단부에 광학적으로 커플링될 수 있는 컬러 광(예컨대, 적색, 녹색, 및 청색 레이저 광)의 하나 이상의 소스들(110)을 포함할 수 있다. 광섬유(9)의 원위(distal) 단부는 압전기 재료의 중공 튜브(8)를 통하여 스레드(thread)되거나 수용될 수 있다. 원위 단부는 무고정식 가요성 캔틸레버(cantilever)(7)로서 튜브(8)로부터 돌출한다. 압전기 튜브(8)는 4개의 사분면 전극들(예시되지 않음)과 연관될 수 있다. 전극들은 예컨대 튜브(8)의 외측, 외부 표면 또는 외부 주변 또는 직경 상에 도금될 수 있다. 코어 전극(예시되지 않음)은 또한 튜브(8)의 코어, 중앙, 내부 주변 또는 내부 직경에 위치된다.

[0039] [0056] 예컨대, 와이어들(10)을 통하여 전기적으로 커플링된 구동 전자장치(12)는 독립적으로 2개의 축들로 압전기 튜브(8)를 구부리도록 전극들의 대향 쌍들을 구동한다. 광 섬유(7)의 돌출하는 원위 팁(tip)은 기계적 공진 모드들을 가진다. 공진 주파수들은 광 섬유(7)의 직경, 길이 및 재료 특성들에 의존할 수 있다. 섬유 캔틸레버(7)의 제1 기계적 공진 모드 근처에서 압전기 튜브(8)를 진동시킴으로써, 섬유 캔틸레버(7)는 진동하도록 유발되고, 큰 편향을 통하여 스윕(sweep)될 수 있다.

[0040] [0057] 2개의 축들로 공진 진동을 자극함으로써, 섬유 캔틸레버(7)의 팁은 영역 필링(filling) 2차원(2D) 스캔으로 2개의 축방향으로 스캐닝된다. 섬유 캔틸레버(7)의 스캔과 동기하여 광 소스(들)(11)의 세기를 변조함으로써, 섬유 캔틸레버(7)로부터 나오는 광은 이미지를 형성한다. 그런 셋업의 설명들은 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함되는 미국 특허 공개 번호 제2014/0003762호에 제공된다.

[0041] [0058] 광학 커플러 서브시스템의 컴포넌트는 스캐닝 섬유 캔틸레버(7)로부터 나오는 광을 시준한다. 시준된 광은 미러 표면(5)에 의해, 적어도 하나의 DOE(diffractive optical element)(4)를 포함하는 좁은 분배 평면 도파관(3)으로 반사된다. 시준된 광은 내부 전반사에 의해 분배 평면 도파관(3)을 따라 (도 6의 도면에 관하여) 수직으로 전파되고, 그렇게 하여 DOE(4)와 반복적으로 교차한다. 일부 경우들에서 DOE(4)는 낮은 회절 효율성을 가진다. 이것은 광의 일부(예컨대, 10%)가 DOE(4)와의 각각의 교차 포인트에서 더 큰 주 평면 도파관(1)의 에지를 향하여 회절되게 하고, 광의 일부가 TIR에 의해 분배 평면 도파관(3)의 길이 아래에서 원래의 궤도를 계속되게 한다.

[0042] [0059] DOE(4)와의 각각의 교차 포인트에서, 부가적인 광은 주 도파관(1)의 입구를 향하여 회절된다. 인입 광을 다수의 아웃커플링된 세트들로 나눔으로써, 광의 출사동은 분배 평면 도파관(3) 내의 DOE(4)에 의해 수직으로 확장된다. 분배 평면 도파관(3) 밖으로 커플링된 이런 수직으로 확장된 광은 주 평면 도파관(1)의 에지에 진입한다.

[0043] [0060] 주 도파관(1)에 진입하는 광은 TIR을 통하여 주 도파관(1)을 따라 (도 6의 도면에 관하여) 수평으로 전파된다. 광이 TIR을 통해 주 도파관(10)의 길이의 적어도 일부분을 따라 수평으로 전파됨에 따라, 그 광은 다수의 포인트들에서 DOE(2)와 교차한다. DOE(2)는 유리하게, 선형 회절 패턴과 방사상 대칭 회절 패턴의 합인 위상 프로파일을 가지도록 설계되거나 구성되어, 광의 편향 및 포커싱 둘 모두를 생성할 수 있다. DOE(2)는 유리하게 낮은 회절 효율성(예컨대, 10%)을 가질 수 있어서, 광빔의 일부만이 DOE(2)의 각각의 교차에 의해 뷔어의 눈을 향해 편향되지만 광의 나머지는 TIR을 통해 도파관(1)을 통해 계속 전파된다.

[0044] [0061] 전파되는 광과 DOE(2) 사이의 각각의 교차 포인트에서, 광의 일부는 주 도파관(1)의 인접한 면을 향하여 회절되어 광이 TIR을 벗어나고, 그리고 주 도파관(1)의 면으로부터 나오는 것을 허용한다. 일부 실시예들에서, DOE(2)의 방사상 대칭 회절 패턴은 부가적으로, 회절된 광에 포커스 레벨을 부여하고, 이는 개별 빔의 광파면을 형상화(예컨대, 곡률을 부여하는 것)할 뿐만 아니라 설계된 포커스 레벨과 매칭하는 각도로 빔을 방향조절한다.

[0045] [0062] 따라서, 이들 상이한 경로들은 광이 상이한 각도들, 포커스 레벨들에서 다수의 DOE들(2)에 의해 그리고

/또는 출사동에서의 상이한 필링 패턴들의 산출에 의해 주 평면 도파관(1) 밖으로 커플링되게 할 수 있다. 출사동에서의 상이한 필링 패턴들은 유익하게, 다수의 깊이 평면들을 가진 광 필드 디스플레이를 생성하는 데 사용될 수 있다. 도파관 어셈블리의 각각의 층 또는 층들의 스택(예컨대, 3개의 층들)은 개별 컬러(예컨대, 적색, 청색, 녹색)를 생성하는 데 이용될 수 있다. 따라서, 예컨대, 3개의 인접한 층들의 제1 스택은 제1 초점 깊이에 적색, 청색 및 녹색 광을 개별적으로 생성하는 데 이용될 수 있다. 3개의 인접한 층들의 제2 스택은 제2 초점 깊이에 적색, 청색 및 녹색 광을 개별적으로 생성하는 데 이용될 수 있다. 다수의 스택들은 다양한 초점 깊이들을 가진 풀(full) 3D 또는 4D 컬러 이미지 광 필드를 생성하는 데 이용될 수 있다.

[0046] AR 시스템들의 다른 컴포넌트들

[0047] [0063] 많은 구현들에서, AR 시스템은 디스플레이 시스템(100) 외에 다른 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 예컨대, AR 디바이스들은 하나 이상의 촉각 디바이스들 또는 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 촉각 디바이스(들) 또는 컴포넌트(들)는 사용자에게 촉각 감각을 제공하도록 동작 가능할 수 있다. 예컨대, 촉각 디바이스(들) 또는 컴포넌트(들)는 가상 콘텐츠(예컨대, 가상 객체들, 가상 툴들, 다른 가상 구성들)를 터치할 때 누름 및/또는 텍스처(texture)의 촉각 감각을 제공할 수 있다. 촉각 감각은 가상 객체가 표현하는 물리적 객체의 느낌을 모사할 수 있거나, 또는 가상 콘텐츠가 표현하는 이미지 정된 객체 또는 캐릭터(예컨대, 용)의 느낌을 모사할 수 있다. 일부 구현들에서, 촉각 디바이스들 또는 컴포넌트들은 사용자에 의해 작용될 수 있다(예컨대, 사용자 웨어러블 글러브). 일부 구현들에서, 촉각 디바이스들 또는 컴포넌트들은 사용자에 의해 홀딩될 수 있다.

[0048] 예컨대, AR 시스템은 AR 시스템에 대한 입력 또는 상호작용을 허용하도록 사용자에 의해 조작 가능한 하나 이상의 물리적 객체들을 포함할 수 있다. 이들 물리적 객체들은 본원에서 토템(totem)들로 지칭된다. 일부 토템들은 무생물 객체들, 예컨대 금속 또는 플라스틱의 피스, 벽, 테이블 표면 형태를 취할 수 있다. 대안적으로, 일부 토템들은 생물 객체들, 예컨대 사용자의 손 형태를 취할 수 있다. 본원에서 설명된 바와 같이, 토템들은 실제로 어떤 물리적 입력 구조들(예컨대, 키들, 트리거들, 조이스틱, 트랙볼, 롤커 스위치)도 가지지 않을 수 있다. 대신, 토템은 간단히 물리적 표면을 제공할 수 있고, 그리고 AR 시스템은 토템의 하나 이상의 표면들 상에 있는 것으로 사용자에게 나타내기 위하여 사용자 인터페이스를 렌더링할 수 있다. 예컨대, AR 시스템은 토템의 하나 이상의 표면들 상에 상주하는 것으로 나타내기 위하여 컴퓨터 키보드 및 트랙패드의 이미지를 렌더링할 수 있다. 예컨대, AR 시스템은 토템으로서 역할을 하는 알루미늄의 얇은 직사각형 플레이트의 표면상에 나타나도록 가상 컴퓨터 키보드 및 가상 트랙패드를 렌더링할 수 있다. 직사각형 플레이트는 그 자체가 어떠한 물리적 키들 또는 트랙패드 또는 센서들도 가지지 않는다. 그러나, AR 시스템은 가상 키보드 및/또는 가상 트랙패드를 통해 이루어진 선택들 또는 입력들로서 직사각형 플레이트와의 상호작용 또는 사용자 조작 또는 터치들을 검출할 수 있다.

[0049] [0065] 본 개시내용의 AR 디바이스들, HMD 및 디스플레이 시스템들과 함께 이용 가능한 촉각 디바이스들 및 토템들의 예들은 미국 특허 공개 번호 제2015/0016777호에 설명되고, 이 특허 공개물은 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0050] 예시적인 도파관 디스플레이

[0051] [0066] 도 7a는 인커플링 광학 엘리먼트(1007), 광 분배 엘리먼트(1011) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)를 포함하는 도파관(905)을 포함하는 디스플레이(700)의 예를 개략적으로 예시하는 평면도이다. 도 7b는 축(A-A')을 따른 도 7a에 묘사된 디스플레이(700)의 단면도를 개략적으로 예시한다.

[0052] [0067] 도파관(905)은 도 4에 도시된 디스플레이 시스템(100)의 도파관들의 스택(178)의 부분일 수 있다. 예컨대, 도파관(905)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 중 하나에 대응할 수 있고, 그리고 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)는 디스플레이 시스템(100)의 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)에 대응할 수 있다.

[0053] [0068] 디스플레이(700)는, 광선들(903i1, 903i2 및 903i3)(각각, 실선들, 파선들, 및 이중 일점쇄선들)에 의해 표현된 상이한 광장들의 인입 입사 광이 인커플링 광학 엘리먼트(1007)에 의해 도파관(905)에 커플링되도록 구성된다. 도파관(905)으로의 인입 입사 광은 이미지 주입 디바이스(이를테면 도 4에 예시된 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 하나)로부터 투사될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1007)는 내부 전반사(TIR)에 의해 도파관(905)을 통한 전파를 지원하는 적합한 각도들로 입사 광의 광장들을 도파관(905)에 커플링하도록 구성될 수 있다.

[0054] [0069] 광 분배 엘리먼트(1011)는, 상이한 광장들의 광(903i1, 903i2 및 903i3)이 도파관(905)을 통해 전파되

는 광학 경로에 배치될 수 있다. 광 분배 엘리먼트(1011)는 인커플링 광학 엘리먼트(1007)로부터의 광의 일부를 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)를 향해 재지향시키도록 구성될 수 있고, 이에 의해 전파 방향을 따라 상호 작용하는 광의 빔 사이즈가 확대된다. 따라서, 광 분배 엘리먼트(1011)는 디스플레이(700)의 출사동을 확대시키는 데 유리할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트(1011)는 OPE(orthogonal pupil expander)로 기능할 수 있다.

[0055] [0070] 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)는, 뷰어가 우수한 시각적 품질의 컬러 이미지를 인식할 수 있도록, 상이한 파장들 및 상이한 깊이 평면들의 광의 적절한 오버레이를 가능하게 하는 (예컨대, z-방향으로) 적합한 각도들로 그리고 효율성들로 엘리먼트(1009) 상에 입사하는 인커플링된 광을 도파관(905)의 x-y 평면 밖으로 재지향시키도록 구성될 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)는, 도파관(905)을 통해 출사하는 광에 의해 형성된 이미지가 소정의 깊이로부터 발생하는 것으로 (뷰어에게) 보이도록 하는 발산을 도파관(905)을 통해 출사하는 광에 제공하는 광 파워를 가질 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)는 디스플레이(700)의 출사동을 확대시킬 수 있고 광을 뷰어의 눈에 지향시키는 EPE(exit pupil expander)로 지칭될 수 있다.

[0056] [0071] 인커플링 광학 엘리먼트(1007), 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009), 및 광 분배 엘리먼트(1011)는 각각 하나 이상의 격자들, 이를테면 예컨대, ASR(analog surface relief grating), BSR(binary surface relief structure)들, VHOE(volume holographic optical element)들, 디지털 표면 릴리프(relief) 구조들, 및/또는 볼륨 위상 홀로그래픽 재료(volume phase holographic material)(예컨대, 볼륨 위상 홀로그래픽 재료에 레코딩된 홀로그램들), 또는 스위칭가능 회절 광학 엘리먼트들(예컨대, PDLC(polymer dispersed liquid crystal) 격자)를 포함할 수 있다. 본원에서 개시된 기능을 제공하도록 구성된 다른 타입들의 격자들, 홀로그램들 및/또는 회절 광학 엘리먼트들이 또한 사용될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1007)는 하나 이상의 광학 프리즘들, 또는 하나 이상의 회절 엘리먼트들 및/또는 굴절 엘리먼트들을 포함하는 광학 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 회절 또는 격자 구조들의 다양한 세트들은 제작 방법들, 이를테면 사출 압축 성형, UV 복제, 또는 회절 구조들의 나노-임프린팅(nano-imprinting)을 사용함으로써 도파관 상에 배치될 수 있다.

[0057] [0072] 인커플링 광학 엘리먼트(1007), 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009) 또는 광 분배 엘리먼트(1011)는 (예컨대, 도 7a, 도 7b 및 도 8에 개략적으로 묘사된 바와 같이) 단일 엘리먼트일 필요가 없고 각각의 그런 엘리먼트는 복수의 그런 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 이를 엘리먼트들은 도파관(905)의 표면들(905a, 905b)의 한쪽(또는 양쪽) 상에 배치될 수 있다. 도 7a, 도 7b 및 도 8에 도시된 예에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1007), 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009) 및 광 분배 엘리먼트(1011)는 도파관(905)의 표면(905a) 상에 배치된다.

[0058] [0073] 광 분배 엘리먼트(1011)는 도파관(905)의 제1 또는 제2 표면(905a 또는 905b)에 인접하게 배치될 수 있다. 다양한 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트(1011)는 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)로부터 이격되도록 배치될 수 있다(일부 실시예들에서 비록 광 분배 엘리먼트(1011)가 그렇게 구성될 필요가 없지만). 광 분배 엘리먼트(1011)는 도파관(905)의 제1 또는 제2 표면(905a 또는 905b)의 한쪽 또는 양쪽과 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 본원에서 개시된 바와 같이, 광 분배 엘리먼트(1011)는 도파관(905)의 벌크(bulk)에 배치될 수 있다.

[0059] [0074] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 파장 선택적 필터들은 인커플링 광학 엘리먼트(1007), 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009) 또는 광 분배 엘리먼트(1011)와 통합되거나 이에 인접하게 배치될 수 있다. 도 7a에 예시된 디스플레이(700)는 도파관(905)의 표면 내에 또는 그 상에 통합되는 파장 선택적 필터(1013)를 포함한다. 파장 선택적 필터들은 도파관(905)에서 다양한 방향들을 따라 전파될 수 있는 하나 이상의 파장들의 광의 일부 부분을 감쇠시키도록 구성될 수 있다. 본원에서 추가로 설명될 바와 같이, 파장 선택적 필터들은 흡수성 필터들, 이를테면 컬러 대역 흡수체들 또는 분산형 스위치들(예컨대, 전자-광학 재료들)일 수 있다.

파장 선택적 필터들을 사용하는 도파관들의 예들

[0060] [0075] 광은 구성 컬러들(예컨대, 적색(R), 녹색(G) 및 청색(B))로 분리될 수 있고, 상이한 구성 컬러들을 도파관 어셈블리의 상이한 층들에 전송하는 것이 바람직할 수 있다. 예컨대, 도파관 어셈블리의 깊이 평면들 각각은 특정 광의 컬러들을 디스플레이하기 위한 하나 이상의 층들(예컨대, R, G 및 B 층들)에 대응할 수 있다. 예로서, 3개의 깊이 평면들(각각의 깊이 평면은 3개의 컬러들(예컨대, R, G 및 B)을 포함함)을 가진 도파관 어셈블리는 9개의 도파관 층들을 포함할 것이다. 다른 개수들의 깊이 평면들 및/또는 깊이 평면당 컬러 층들이 이용가능하다. 도파관 어셈블리는 적합한 컬러의 광을 특정 깊이 평면의 특정 층(예컨대, 특정 깊이 평면의 적색 층에 대해 적색 광)에 전송하도록 구성될 수 있다. 특정 컬러 층(예컨대, 적색 층)에서 전파되는 광이 그 컬러 층에 다른 컬러들(예컨대, 청색 또는 녹색)의 혼합이 거의 없이 원하는 컬러(예컨대, 적색)로 실질적으로 모두 존재한다면 바람직할 수 있다. 아래에서 추가로 설명될 바와 같이, 다양한 구현들의 도파관 어셈블리는,

실질적으로 단일 컬러(원하는 컬러)만이 그 층에서 전파되도록, 특정 도파관에서 원하지 않는 파장의 광을 필터링하도록 구성될 수 있다. 일부 그런 구현들은 유리하게 상이한 컬러 층들 사이에서 더 우수한 컬러 분리를 제공하고 그리고 디스플레이에 의한 더 정확한 컬러 표현을 유도할 수 있다. 따라서, 컬러 필터들은 상이한 깊이 평면들에서 원하지 않는 구성 컬러들을 필터링하는 데 사용될 수 있다.

[0062] [0076] 도 7a를 참조하여 설명된 바와 같이, 소정 파장들의 광은 인커플링 광학 엘리먼트(1007)의 제1 층에서 제1 도파관으로 편향(예컨대, 굴절, 반사 또는 회절)될 수 있다. 일부 설계들에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1007)는 2개 이상의 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다. 예컨대, 광은 제1 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 도파관 스택의 제1 도파관으로 편향될 수 있는 반면, 다른 파장들은 스택의 다른 도파관들로 지향되도록 인커플링 광학 엘리먼트의 다른 층들로 투과될 수 있다. 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트의 제1 층은 적색 광을 제1 도파관(적색 광을 위해 구성됨)으로 편향시키면서, 다른 파장들(예컨대, 녹색 및 청색)을 도파관 스택의 다른 층들로 투과시키도록 구성될 수 있다.

[0063] [0077] 그러나, 인입 광학 엘리먼트들은 주어진 파장의 광 모두를 편향시키거나 다른 파장들의 광 모두를 투과시키도록 항상 완벽하게 구성될 수는 없다. 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트의 제1 층이 주로 적색 광을 편향시키도록 구성될 수 있지만, 물리적 제한들로 인해 우연히 인커플링 광학 엘리먼트의 제1 층이 많은 양의 다른 파장들(예컨대, 녹색 및 청색)을 스택의 제1 도파관으로 편향시키게 할 수 있다. 유사하게, 적색 광의 일부는 인커플링 광학 엘리먼트의 제1 층을 통해 인커플링 광학 엘리먼트들의 다른 층들로 투과되고 그리고 연관된 도파관들로(예컨대, 녹색 및 청색 도파관들로) 편향될 수 있다.

[0064] [0078] 이들 결함들을 보상하기 위해, 도파관 스택의 하나 이상의 부분들은 원하지 않는 파장을 필터링하거나 감쇠시키거나 또는 원하는 파장을 분리하도록 구성된 구역을 포함할 수 있다. 예컨대, 제1 도파관은 적색 광을 전파시키도록 구성될 수 있어서, 도파관은 적색 광을 분리하기 위해 녹색 및 청색 광을 감쇠시키도록 구성된 구역(예컨대, 틴팅된(tinted) 또는 염색된 구역)을 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 광 분배 엘리먼트(1011)는 틴팅된 또는 염색된 구역을 포함한다(또는 틴팅된 또는 염색된 구역에 포함됨).

[0065] [0079] 광 분배 엘리먼트(1011) 내 그리고 그 주위 구역은, 광이 전파될 수 있는 인커플링 광학 엘리먼트(1007)보다 더 큰 볼륨을 제공할 수 있다. 광 분배 엘리먼트(1011)의 구역에 필터링 기능을 제공하는 것은 광 조작 액션(예컨대, 필터링)이 더 긴 경로 길이에 걸쳐 동작하게 하고(필터링이 더 효과적이게 되게 함) 그리고/ 또는 주 광학 경로(예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1007) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009))를 따라 간섭들을 감소시키게 할 수 있다.

[0066] [0080] 도 8은 도 7a 및 도 7b에 도시된 디스플레이와 일반적으로 유사한 도파관(905)을 포함하는 디스플레이(700)의 예를 개략적으로 예시하는 평면도이다. 도파관(905)은 인커플링 광학 엘리먼트(1007), 광 분배 엘리먼트(1011) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)를 포함한다. 도파관(905)은 또한 소정의 파장들의 광을 선택적으로 전파시키면서 다른 파장들의 광을 선택적으로 감쇠시킬 수 있는 파장 선택적 구역(924)을 포함한다. 예컨대, 파장 선택적 구역은 컬러 필터를 포함할 수 있다. 도 8에 도시된 예에서, 파장 선택적 구역(924)은 광 분배 엘리먼트(1011) 내에 또는 그 주위에서 도파관(905)의 구역 내에 배치되고 그리고/또는 도파관(905)의 구역을 통해 분배될 수 있다. 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1007)로부터 수신된 광은, 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)로 전파되기 전에 파장 선택적 구역(924)에 의해 선택적으로 필터링될 수 있다.

[0067] [0081] 파장 선택적 구역(924)은 적어도 일부 부분에 분산형 필터 및/또는 스위치 재료를 포함하는 도파관(905)의 일부를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 파장 선택적 구역(924)은 복수의 파장 선택적 구역들을 포함한다. 도 8의 예에 도시된 바와 같이, 파장 선택적 구역(924)은 파장 선택적 필터를 포함하는 광학 경로의 일부만을 나타내어, 예컨대 인커플링 광학 엘리먼트(1007) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)는 파장 선택적 필터들을 포함하지 않는다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)를 출사하는 광이 세계(144)로부터의 광을 포함할 수 있기 때문에, 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)는, 세계로부터의 광이 컬러화되거나 틴팅되지 않도록 파장 선택적 구역을 포함하지 않을 수 있다. 유사하게, 인커플링 광학 엘리먼트(1007)로의 인입 광의 조성을 유지하기 위해, 인커플링 광학 엘리먼트(1007)는 선택적으로 또한 파장에 대해 선택적이지 않을 수 있다.

[0068] [0082] 인커플링 광학 엘리먼트(1007) 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)가 아닌, 광 분배 엘리먼트(1011)의 층들을 틴팅 또는 염색하는 것이 유리할 수 있다. 광이 인커플링 광학 엘리먼트(1007)에 진입하기 전에 광이 틴팅되면, 이것은 인커플링된 광의 강도를 감쇠시킬 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1007)가 틴팅되면, 광은 잘못된 도파관에 커플링될 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1009)가 틴팅되면, 디스플레이(700)를 통과하는 외측 세계로부터의 광은 틴팅 또는 필터링될 수 있고, 이는 외측 세계에 대한 뷰어의 인식의 왜곡들을

유도할 수 있다. 이들 예들 각각은 소정의 설계들에서 바람직하지 않을 수 있다.

[0069]

[0083] 도 9는 예시적인 도파관들의 스택(1200)의 사시도를 예시한다. 도 9의 축(A-A')을 따른 뷰는 일반적으로 도 7b에 도시된 뷰와 유사하다. 이 예에서, 도파관들의 스택(1200)은 도파관들(1210, 1220 및 1230)을 포함한다. 광 분배 엘리먼트(1210, 1220, 1230)의 층들은 도 8의 광 분배 엘리먼트(1011)에 대응할 수 있다. 예시된 바와 같이, 각각의 도파관은 인커플링 광학 엘리먼트의 연관된 층을 포함할 수 있는 데, 예컨대 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 층은 도파관(1210)의 표면(예컨대, 최하부 표면) 상에 배치되고, 인커플링 광학 엘리먼트(1224)의 층은 도파관(1220)의 표면(예컨대, 최하부 표면) 상에 배치되고, 그리고 인커플링 광학 엘리먼트(1232)의 층은 도파관(1230)의 표면(예컨대, 최하부 표면) 상에 배치된다. 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)의 층들 중 하나 이상의 층들은 개별 도파관(1210, 1220, 1230)의 최상부 표면 상에 배치될 수 있다 (특히 인커플링 광학 엘리먼트의 하나 이상의 층들은 광학적으로 투과성 및/또는 편향성임). 유사하게, 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(1222, 1232)은 이를 개별 도파관(1220, 1230)의 최하부 표면(또는 더 아래의 다음 도파관의 최상부 표면) 상에 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)의 층들은 개별 도파관(1210, 1220, 1230)의 볼륨 내에 배치된다.

[0070]

[0084] 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 파장 선택적 필터, 이를테면 하나 이상의 파장들의 광을 선택적으로 반사, 굴절, 투과 및/또는 회절시키면서, 다른 파장들의 광을 투과, 회절, 굴절 및/또는 반사시키는 필터를 포함할 수 있다. 파장 선택적 필터들의 예들은 염료들, 틴트(tint)들, 또는 스테인(stain)들 같은 컬러 필터들을 포함한다. 파장 선택적 필터는 이색성(dichroic) 필터, 브래그(Bragg) 격자 또는 편광기를 포함할 수 있다. 파장 선택적 필터는 대역통과 필터, 쇼트패스(shortpass) 필터, 또는 롱패스(longpass) 필터를 포함할 수 있다. 일부 파장 선택적 필터들은 전자적으로 스위칭가능할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)의 층들이, 이를 개개의 도파관(1210, 1220, 1230)의 일 축부 또는 모서리 상에 예시되지만, 다른 실시예들에서 이를 개별 도파관(1210, 1220, 1230)의 다른 영역들에 배치될 수 있다. 도파관들(1210, 1220, 1230)은 가스(예컨대, 공기), 액체, 및/또는 고체 재료 층들에 의해 이격 및 분리될 수 있다.

[0071]

[0085] 도 9를 계속 참조하면, 광선들(1240, 1242, 1244)은 도파관들의 스택(1200) 상에 입사한다. 도파관들의 스택(1200)은 디스플레이 시스템(100)(도 4)의 도파관들의 스택의 부분일 수 있다. 예컨대, 도파관들(1210, 1220, 1230)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 중 3개에 대응할 수 있고, 그리고 광선들(1240, 1242, 1244)은 하나 이상의 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)에 의해 도파관들(1210, 1220, 1230)로 주입될 수 있다.

[0072]

[0086] 소정의 실시예들에서, 광선들(1240, 1242, 1244)은 상이한 특성들, 예컨대 상이한 컬러들에 대응할 수 있는 상이한 파장들 또는 상이한 범위들의 파장들을 가진다. 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)의 층들은 광의 특성의 특정 피처(예컨대, 파장, 편광)에 기반하여 광선들(1240, 1242, 1244)을 선택적으로 편향시키면서, 그 특성 또는 피처를 가지지 않는 광을 투과시키도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)의 층들 각각은, 하나 이상의 특정 파장들의 광을 선택적으로 편향시키면서, 다른 파장들을 투과시킨다. 비편향된 광은 상이한 도파관 및/또는 도파관 층으로 전파될 수 있다.

[0073]

[0087] 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 층은 제1 파장 또는 파장들의 범위를 가진 광선(1240)을 선택적으로 편향시키면서, 상이한 제2 및 제3 파장들 또는 파장들의 범위들을 각각 가진 광선들(1242 및 1244)을 투과시키도록 구성될 수 있다. 도 9에 도시된 바와 같이, 편향된 광선들(1240, 1242, 1244)은, 이를 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되도록 편향되고; 즉, 각각의 개별 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)의 층들은 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230)으로 광을 커플링(예컨대, 편향)시킨다. 광선들(1240, 1242, 1244)은 광이 (예컨대, TIR에 의해) 개별 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되게 하는 각도들로 편향된다.

[0074]

[0088] 광선들(1240, 1242, 1244)은 광 분배 엘리먼트(1214, 1224, 1234)의 대응하는 층 상에 입사된다. 광 분배 엘리먼트(1214, 1224, 1234)의 층들은, 광선들(1240, 1242, 1244)이 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)의 대응하는 층 쪽으로 전파되도록 광선들(1240, 1242, 1244)을 편향시킨다.

[0075]

[0089] 일부 실시예들에서, 각도 수정 광학 엘리먼트(1260)는, 광선들(1240, 1242, 1244)이 인커플링 광학 엘리먼트의 층들에 충돌하는 각도를 변경시키기 위해 제공될 수 있다. 각도 수정 광학 엘리먼트는 광선들(1240, 1242, 1244)이 TIR에 적합한 각도들로 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)의 대응하는 층 상에 충돌하게 할 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 광선들(1240, 1242, 1244)은 도파관(1210)에 대해 수직인 각도로 각도 수정 광학 엘리먼트(1260) 상에 입사할 수 있다. 이어서, 각도 수정 광학 엘리먼트(1260)는 광선들(1240,

1242, 1244)의 전파 방향을 변경하여, 광선들(1240, 1242, 1244)은 도파관(1210)의 표면에 관해 90 도 미만의 각도로 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)의 층들에 충돌한다. 각도 수정 광학 엘리먼트(1260)는 격자, 프리즘 및/또는 미러를 포함할 수 있다.

[0076] [0090] 도 10a는, 광 분배 엘리먼트(1011)의 2개의 도파관들(1210, 1220)이 컬러 필터들(1060a, 1060b)을 포함하는 예시적인 디스플레이를 개략적으로 예시하는 측면도이다. 광 분배 엘리먼트(1011)의 주어진 실시예에서 도파관들의 수는 2개보다 많거나 적을 수 있다. 광빔(1360)이 디스플레이 진입함에 따라, 광의 일부분은 제1 도파관(1210)으로 편향되는 반면, 광의 일부는, 제2 도파관(1220)으로 편향될 때까지 계속 전파된다. 인입 광빔(1360)(예컨대, 백색 광)은 파장들($\lambda 1$ 및 $\lambda 2$)을 포함할 수 있는 다수의 파장들의 광(1354, 1358)(도 10a에서 상이한 점 패턴들에 의해 나타내짐)을 포함할 수 있다. 구성 광빔들의 수는 2개보다 많거나 적을 수 있다. 예컨대, $\lambda 1$ 및 $\lambda 2$ 는 디스플레이에 주입되는 광의 상이한 컬러들(예컨대, 청색 및 녹색)을 나타낼 수 있다. 컬러들의 임의의 조합은 $\lambda 1$ 및 $\lambda 2$ 에 의해 설명될 수 있다. 인입 광빔(1360)은 가시 광, 또는 다양한 구현들에서, 비가시 광, 이를테면 적외선 광 또는 자외선 광을 포함할 수 있다.

[0077] [0091] 도 10a의 예에서 도시된 바와 같이, 도파관들(1210, 1220)은 컬러 필터들(1060a, 1060b)을 포함한다. 각각의 도파관(1210, 1220)은 특정 설계 파장과 연관될 수 있다. 이것은, 설계 파장과 연관된 도파관이 설계 파장의 광을 광 분배 엘리먼트의 연관된 층으로 편향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고 그리고/또는 연관된 파장 선택적 구역이 설계 파장이 아닌 광을 감쇠시키도록 구성되는 것을 의미할 수 있다. 도 10a에 도시된 바와 같이, 예컨대, 제1 도파관(1210)은 $\lambda 1$ 을 설계 파장으로 가질 수 있고, 그리고 제2 도파관(1220)은 $\lambda 2$ 를 설계 파장으로 가질 수 있다. 이 예에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층은 $\lambda 1$ 을 광 분배 엘리먼트(1214)의 제1 층으로 편향시키도록 구성될 것이고, 그리고 인커플링 광학 엘리먼트(1222)의 제2 층은 $\lambda 2$ 를 광 분배 엘리먼트(1224)의 제2 층으로 편향시키도록 구성될 것이다.

[0078] [0092] 컬러 필터들(1060a, 1060b)은 대응하는 도파관(1210, 1220)에 대해 원해진 파장 또는 파장들의 세트를 정제 또는 분리하도록 설계 또는 튜닝될 수 있다. 대안적으로, 컬러 필터들(1060a, 1060b)은 원하지 않는 파장들을 감쇠시킬 수 있다. 예컨대, 제1 컬러 필터(1060a)는 적색 광을 감쇠시키는 텐트를 포함할 수 있다. 유사하게, 제2 컬러 필터(1060b)는 녹색 광을 감쇠시키는 텐트를 포함할 수 있다. 컬러 필터들(1060a, 1060b)은 선택적으로 전자적으로 스위칭 가능할 수 있어서, 컬러 필터들(1060a, 1060b)은, 이들이 스위칭 온될 때 광을 감쇠시키고 스위치 오프될 때 광을 감쇠시키지 않는다. 컬러 필터들의 예들은 염색된, 턴팅된 또는 스테이닝된(stained) 재료들을 포함한다. 컬러 필터들은 선택적으로 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함할 수 있다.

[0079] [0093] 본 개시내용 전반에 걸쳐 광의 주어진 컬러에 대한 참조들이 그 주어진 컬러인 것으로서 뷰어에 의해 인식되는 광의 파장들의 범위 내의 하나 이상의 파장들의 광을 포함하는 것으로 이해될 것이다. 예컨대, 적색 광은 약 620-780 nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 492-577 nm의 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 그리고 청색 광은 약 435-493 nm의 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다. 본원에서 설명된 도파관들은 가시 대역 외측의 파장 대역들, 예컨대, 적외선 또는 자외선 상에서 동작하도록 구성될 수 있다. 유사하게, "파장"이라는 용어는 다양한 구현들에서 "단일 파장" 또는 "파장들의 범위"를 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 예컨대, $\lambda 1$ 에 의해 나타내진 파장은 약 450-470nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있는 청색 광을 나타낼 수 있다.

[0080] [0094] 도 10a에 묘사된 바와 같이, 각각의 도파관(1210, 1220)은 특정 컬러 필터(1060a, 1060b)와 연관될 수 있다. 인입 광빔(1360)이 인커플링 광학 엘리먼트(1007)에 진입하고 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층에 도달할 때, 제1 구성 광빔(1354)은 적어도 부분적으로 자신의 파장($\lambda 1$)으로 인해 편향(예컨대, 굴절, 반사 또는 회절)된다. 일부 경우들에서, 편향되지 않은 제1 구성 광빔(1354b)은 적어도 부분적으로 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층과 광학적으로 완전히 상호작용하지 않는 자신의 $\lambda 1$ 로 인해 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층을 통해 투과될 수 있다. 인입 광빔(1360)이 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층에 도달할 때, 제2 구성 광빔(1358)은 자신의 파장($\lambda 2$)으로 인해 적어도 부분적으로 투과된다. 일부 경우들에서, 다양한 투과되지 않은 제2 구성 광빔(1358b)은 적어도 부분적으로 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층과 광학적으로 상호작용하는 자신의 $\lambda 2$ 로 인해 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층에서 편향될 수 있다.

[0081] [0095] 도 10a를 계속 참조하면, 소정의 실시예들에서, 제1 결과 광빔(1360a)은 제1 도파관(1210)에 대한 설계 파장인 제1 타겟 광빔(1354a), 및 제1 도파관에 대한 설계 파장이 아닌 투과되지 않은 제2 구성 광빔(1358b)을 포함한다. 소정의 실시예들에서, 투과되지 않은 제2 구성 광빔(1358b)의 강도를 감쇠시키기 위해, 제1 도파관(1210)은 본원에서 설명된 바와 같이 제1 컬러 필터(1060a)를 포함한다. 적어도 부분적으로 제1 컬러 필터

(1060a)로 인해, 도 10a에 개략적으로 묘사된 바와 같이, 투과되지 않은 제2 구성 광빔(1358b)의 강도는, 제2 구성 광빔(1358b)이 제1 도파관(1210)을 통해 전파될 때 감쇠될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 투과되지 않은 제2 구성 광빔(1358b)의 강도는 제1 타겟 광빔(1354a)에 비해 감쇠된다. 광 분배 엘리먼트(1214)의 제1 층은 제1 타겟 광빔(1354a)을 아웃커플링 광학 엘리먼트(도시되지 않음)의 연관된 층으로 편향시키도록 구성될 수 있다.

[0082] [0096] 유사하게, 일부 실시예들에서, 제2 결과 광빔(1360b)은 제2 도파관(1220)에 대한 설계 파장인 제2 타겟 광빔(1358a), 및 제2 도파관(1220)에 대한 설계 파장이 아닌 편향되지 않은 제1 구성 광빔(1354b)을 포함할 수 있다. 소정의 실시예들에서, 편향되지 않은 제1 구성 광빔(1354b)의 강도를 감쇠시키기 위해, 제1 도파관(1210)은 본원에서 설명된 바와 같이 제2 컬러 필터(1060b)를 포함한다. 적어도 부분적으로 제2 컬러 필터(1060b)로 인해, 도 10a에 개략적으로 묘사된 바와 같이, 편광되지 않은 제1 구성 광빔(1354b)의 강도는, 제1 구성 광빔(1354b)이 제2 도파관(1220)을 통해 전파될 때 감쇠될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 편광되지 않은 제1 구성 광빔(1354b)의 강도는 제2 타겟 광빔(1358a)에 비해 감쇠된다. 광 분배 엘리먼트(1224)의 제2 층은 제2 타겟 광빔(1358a)을 아웃커플링 광학 엘리먼트(도시되지 않음)의 연관된 층으로 편향시키도록 구성될 수 있다.

[0083] [0097] 광(1360)은 도파관 스택에 진입할 수 있고 제1 도파관(1210)의 근위 표면에 커플링될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층은 제1 도파관(1210)의 원위 표면 상에 그리고/또는 제2 도파관(1220)의 근위 표면 상에 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층은 제1 도파관(1210)의 볼륨 내에 배치된다. 인커플링 광학 엘리먼트의 제1 층은 제1 도파관(1210)의 근위 및 원위 표면들 중 하나 또는 둘 모두와 평행하게 배치될 수 있다. 도시된 바와 같이, 제1 도파관의 근위 표면 및 원위 표면은 서로 평행하다. 일부 구성들에서, 근위 표면은 원위 표면과 평행하지 않을 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층은 제1 도파관(1210)의 원위 표면 및/또는 근위 표면에 관해 임의의 각도로 배치될 수 있다.

[0084] [0098] 도 10b는, 2개의 도파관들(1210, 1220)이 분산형 스위칭 재료들(1070a, 1070b)을 포함하는 예시적인 디스플레이의 측면도를 개략적으로 예시한다. 주어진 실시예에서 도파관들의 수는 2개보다 많거나 적을 수 있다. 소정의 실시예들에서, 도파관들(1210, 1220)은 분산형 필터 및/또는 스위치 재료, 이를테면 스위치 재료들(1070a, 1070b)를 포함한다. 스위치 재료들의 예들은 이색성 필터들, 전자적으로 스위칭가능 유리, 및 전자적 스위칭가능 미러들을 포함한다. 스위치 재료들(1070a, 1070b)은 예컨대 광의 밝기, 편광, 반사 각도, 또는 굴절 각도를 수정하도록 전자적으로 스위칭될 수 있다. 일부 스위치 재료들은 또한 일렉트로크로믹(electrochromic), 광색성, 열변색성, 부유 입자, 또는 마이크로-블라인드(micro-blind) 재료들, 또는 폴리머 분산형 액정들을 포함할 수 있다. 예컨대, 일렉트로크로믹 엘리먼트들은 광의 밝기 및/또는 강도를 수정하는데 사용될 수 있다. 추가의 예로서, 폴리머 분산형 액정 격자 또는 다른 튜닝가능 격자는, 광이 도파관을 통해 전파되는 각도를 수정하는데 사용될 수 있다. 스위치 재료들은 원하지 않는 컬러들 또는 파장들의 광을 감쇠시키도록 설계 또는 튜닝될 수 있다. 예컨대, 제1 스위치 재료(1070a)는 청색 광의 전파를 방해함으로써 청색 광을 감쇠시키는 필터를 포함할 수 있다. 제2 예로서, 제1 스위치 재료(1070a)는 이들 파장들의 광의 전파를 방해함으로써 청색이 아닌 컬러들의 광을 감쇠시키는 필터를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 스위치 재료들(1070a, 1070b)은, 이들이 스위칭 온될 때 광을 감쇠시키고 스위칭 오프될 때 광을 감쇠시키지 않도록 전자적으로 스위칭가능하다. 광의 전파는 예컨대 광이 흡수되게 함으로써, 광이 내부 전반사에 의해 전파되는 것을 방지하는 방식으로 재료의 굴절률을 변경함으로써, 그리고/또는 광의 경로 각도를 실질적으로 변경함으로써 방해받을 수 있다.

[0085] [0099] 제1 스위치 재료(1070a)는 도 10b에 도시된 바와 같이, (예컨대, 스택형 도파관 구성에서) 제1 도파관(1210)의 원위 표면 상에, 그리고/또는 제2 도파관(1220)의 근위 표면 상에 층으로 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 제1 스위치 재료(1070a)는 제1 도파관(1210)의 근위 표면 상에 배치된다. 도시된 바와 같이, 제1 스위치 재료(1070a)는 도파관의 근위 표면에 평행하게 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 제1 스위치 재료(1070a)는 제1 도파관(1210)의 볼륨 내에 배치될 수 있다. 예컨대, 스위치 재료는 제1 도파관(1210)의 하나 이상의 표면들을 교차하는 평면을 따라 배치될 수 있고 그리고/또는 제1 도파관 재료에 볼륨적으로(예컨대, 전체 볼륨에 걸쳐) 배치될 수 있다(예컨대, 제1 도파관 재료에 혼합 및/또는 패터닝됨). 제1 스위치 재료(1070a)는 소정의 범위들의 파장들에 대한 광의 흡수 및/또는 굴절률을 변경하는 재료를 포함할 수 있다.

[0086] [0100] 도 10b에 예시된 바와 같이, 제1 스위치 재료는 진입하는 광선들(1360)에 수직이고 그리고/또는 인커플링 광학 엘리먼트(1212)의 제1 층에 평행한 평면을 따라 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 제1 스위치 재료는

제1 도파관(1210)의 2개 이상의 표면들, 이를테면 예컨대 인접한 표면들 및/또는 대향 표면들(예컨대, 근위 및 원위 표면들)을 따라 배치된다.

[0087] [0101] 분산형 스위치 재료들은 (예컨대, 아웃커플링 광학 엘리먼트에 의해 아웃커플링되기 전에) 빔을 방향조절하는 데 사용될 수 있다. 빔 방향조절은 사용자의 시야를 확장시키는 것을 허용할 수 있다. 일부 예들에서, 폴리머 분산형 액정 격자 또는 다른 튜닝가능 격자는 분산형 스위치 재료들로서 구현되고 그리고 TIR 도파 광의 각도, 광이 아웃커플링 광학 엘리먼트에 의해 아웃커플링되는 각도, 또는 이들의 조합을 수정함으로써 빔 방향조절을 수행하는 데 사용될 수 있다. 스위치 재료들은 업스트림 컴포넌트들(예컨대, 광 소스, LCoS)로부터 수신된 광을 변조시키는 데 사용될 수 있다. 광 분배 엘리먼트의 상이한 도파관들 또는 층들은 (예컨대, 제어기 (210)에 의해) 독립적으로 전자적으로 스위칭될 수 있다. 예컨대, 하나의 도파관에서 광을 변조하면서, 제2 도파관의 광이 변조되지 않고 전파되는 것을 허용하는 것이 유리할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 업스트림 컴포넌트들에 의해 통상적으로 수행되는 변조 프로세스들은 분산형 스위치들의 전략적 제어를 통해 도파관 스택에서 수행될 수 있다. 따라서, 아웃커플링은 연관된 분산형 스위치들을 제어함으로써 도파관 단위로 인에 이블링 또는 디스에이블링될 수 있다.

[0088] [0102] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 메타표면(metasurface)들(예컨대, 메타재료들로 만들어짐)은 빔 제어 (예컨대, 빔 방향조절)에 사용될 수 있다. 본 개시내용의 다양한 실시예들에서 분산형 스위치 재료들로 사용될 수 있는 메타재료들 및 메타표면들에 대한 추가 정보는 미국 특허 공개 번호 제2017/0010466호 및/또는 미국 특허 공개 번호 제2017/0010488호에서 발견될 수 있고, 이 특허 공개물 둘 다는 이로써 그 전체가 인용에 의해 본 원에 포함된다.

[0089] [0103] 도 11은 다수의 필터 구역들(1104)을 가진 예시적인 도파관(1210)을 개략적으로 예시한다. 필터 구역들(1104)은 컬러 필터들 및/또는 스위치 재료들일 수 있다. 부가적인 파장 선택적 필터들은 또한 도파관(1210)에 존재할 수 있다. 필터 구역들(1104)은 본원에서 설명된 바와 같이 임의의 볼류메트릭 광학 필터들을 포함할 수 있다.

파장 멀티플렉싱 디스플레이들의 예들

[0091] [0104] 광빔을 포함하는 파장들은 파장 멀티플렉싱을 통해 일련의 도파관들로 필터링될 수 있다. 파장 멀티플렉싱은, 예컨대 상이한 파장들의 레이저 다이오드들을 동시에 사용하거나 변조함으로써, 이미지들이 상이한 도파관들로 동시에 전송되는 것을 허용할 수 있다. 이것은 상이한 디스플레이 도파관들을 처리하는 간단한 스위칭 방법을 초래할 수 있다. 광자들이 상이한 깊이 평면들로부터 동시에 도달하는 것으로 보이는 풍부한 광 필드가 가능할 수 있다.

[0092] [0105] 본원에서 설명된 바와 같이, 디스플레이의 각각의 도파관은 이미지의 특정 깊이 평면에 대응할 수 있다. 단색성 깊이 평면들의 경우, 단지 하나의 도파관만이 깊이 평면을 위해 필요할 수 있다. 그러나, 다수의 컬러 이미지들을 생성할 수 있는 깊이 평면들의 경우, 각각의 깊이 평면은 상이한 컬러들을 디스플레이하도록 구성된 도파관들의 스택과 연관될 수 있다. 예컨대, 각각의 깊이 평면은 적색(R) 광, 녹색(G) 광 및 청색(B) 광과 연관된 3개의 도파관들의 스택을 포함할 수 있다. 이를 달성하기 위해, 광을 별개의 컬러들(예컨대, 적색, 녹색, 청색)뿐 아니라 서브컬러들로 분할하는 것이 바람직 할 수 있다.

[0093] [0106] 본원에서 사용된 바와 같은 서브컬러들은 연관된 컬러가 포함하는 파장들의 범위 내에 실질적으로 속하는 파장들 또는 파장들의 범위들을 지칭한다. 예컨대, 녹색 컬러는 약 495 nm 내지 570 nm의 파장들의 범위에 걸쳐 있을 수 있다. 따라서, 인간 눈은 그 범위 내의 파장들을 주로 포함하는 이들 파장들을 녹색으로 식별하는 경향이 있다. 이 예를 계속하면, 녹색 서브컬러는 500 nm 내지 510 nm, 525 nm 내지 560 nm, 555 nm 내지 560 nm 등의 파장들의 범위를 포함할 수 있다. 인간들은, 피크 강도들이 서로 가까운 서브컬러들을 볼 때 실질적으로 동일한 컬러를 볼 수 있다. 컬러 내의 서브컬러들은 컬러의 파장 범위 내에 있는 파장 서브범위들을 가지며, 상이한 서브컬러들은 적어도 부분적으로 파장이 오버랩하거나 오버랩하지 않을 수 있는 상이한 파장 서브범위들을 가진다.

[0094] [0107] 도 12는 컬러(2200) 내의 일련의 서브컬러들(2204)의 예를 예시한다. 도 12에 도시된 바와 같이, 컬러(2200)는 거의 495 nm 내지 570 nm의 파장들에 걸쳐 있다. 예컨대, 이 컬러는 약 530 nm에서 피크 강도를 가진 녹색 광의 소스를 나타낸다. 이 컬러에 대한 강도 프로파일의 형상 및 치수들은 단지 예이고, 다른 형상들 및 치수들을 취할 수 있다.

[0095] [0108] 컬러(2200)의 서브컬러들(2204)은 인간 관찰자들에게 여전히 "녹색"으로 고려될 수 있는 다른 강도 프

로파일들의 예들을 예시한다. 각각의 서브컬러(2204)의 곡선의 폭(2212)은 컬러(2200)의 곡선의 폭보다 더 좁다. 각각의 서브컬러(2204)는 폭(2212) 및 피크 파장(2208)을 가질 수 있지만, 명확성을 위해 폭(2212) 및 피크 파장(2208)은 각각의 서브컬러에 대해 라벨링되지 않는다. 각각의 서브컬러의 폭(2212)은 예컨대 FWHM(full width at half maximum)에 의해 표현될 수 있다. 각각의 서브컬러(2204)의 피크 파장들(2208) 사이의 거리는 약 1-120 nm 사이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피크 파장들 사이의 거리는 약 10-80 nm의 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피크 파장들 사이의 거리는 약 15-50 nm 사이일 수 있다. 각각의 서브컬러(2204)의 폭(2212)은 약 3-35 nm 사이, 약 5-55 nm 사이, 20 nm 미만, 30 nm 미만, 40 nm 미만, 또는 일부 다른 폭일 수 있다. 서브컬러들의 수 및 폭들은 디스플레이 디바이스의 멀티플렉싱 특성들에 기반하여 선택될 수 있다.

[0096] [0109] 도 12를 계속 참조하면, 다른 곡선들 및 범 프로파일들이 가능하지만, 컬러(2200)는 가우스 곡선을 근사화한다. 도 12에 도시된 바와 같이, 컬러(2200)는 자신의 피크 파장(2216) 및 폭(2220)(예컨대, FWHM(full-width at half maximum))에 의해 설명될 수 있다. 폭(2216)은 상이한 실시예들에 따라 변할 수 있다. 예컨대, 폭(2216)은 약 40-220 nm 사이의 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서, 폭은 약 15-120 nm 사이, 약 60-160 nm 사이, 약 45-135 nm 사이, 10 nm 미만, 또는 175 nm 초과의 범위일 수 있다.

[0097] [0110] 일부 실시예들은 가시 스펙트럼 외측의 컬러 범위들(예컨대, 자외선, 적외선)의 사용을 허용한다. 부분적으로 그런 이유 때문에, 다양한 실시예들에서 컬러들 대 서브컬러들의 폭들의 관계를 설명하는 것이 합리적일 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서 컬러의 폭(2216) 대 서브컬러의 폭(2208)의 비율은 약 2 내지 5의 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서, 이 비율은 약 4-12 사이, 약 10-25 사이, 2 미만, 또는 25 초과일 수 있다.

[0098] [0111] 본 개시내용 전반에 걸친 광의 컬러 또는 주어진 컬러에 대한 참조들은 그 주어진 컬러인 것으로서 뷰어에 의해 인식되는 광의 파장들의 범위 내의 하나 이상의 파장들의 광을 포함한다. 예컨대, 적색 광은 약 620-780 nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 495-570 nm의 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 그리고 청색 광은 약 435-495 nm의 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다. 본원에서 설명된 도파관들은 가시 대역 외측의 파장 대역들, 예컨대, 적외선 또는 자외선 상에서 동작하도록 구성될 수 있다. "파장"이라는 용어는 다양한 구현들에서 "단일 파장" 또는 "파장들의 범위"를 의미할 수 있다.

[0099] [0112] 도 13은 예시적인 스택형 도파관 어셈블리(178)의 측면도를 개략적으로 예시한다. 도 13은 2개의 도파관 스택들(960a, 960b)을 도시한다. 다른 구현들에서 2보다 많은 도파관 스택들이 있을 수 있다. 도 13에 도시된 바와 같이, 각각의 도파관 스택(960a, 960b)은 3개의 도파관들을 포함하지만, 도파관 스택들(960a, 960b)은 1개, 2개, 4개 또는 그보다 많은 도파관들을 포함할 수 있고 도 13의 예시에 의해 제한되지 않는다. 각각의 도파관 스택(960a, 960b)은 도 3에 도시된 바와 같이, 상이한 깊이 평면(306)을 생성할 수 있다.

[0100] [0113] 일부 실시예들에서, 도파관 스택들(960a, 960b)은 광 필드 디스플레이의 특정 깊이 평면과 각각 연관될 수 있다. 예컨대, 도파관 스택(960a)은 착용자로부터 제1 거리에서 인식 가능한 이미지를 디스플레이하는 데 사용될 수 있고, 그리고 도파관 스택(960b)은 착용자로부터 제2 거리에서 인식 가능한 이미지를 디스플레이하는 데 사용될 수 있고, 여기서 제2 거리는 제1 거리와 상이하다. 각각의 도파관 스택(960a, 960b)은 하나 이상의 컬러들을 디스플레이하도록 설계될 수 있다. 도 13에 도시된 예에서, 각각의 스택(960a, 960b)은 3개의 상이한 컬러들(예컨대, 적색, 녹색 및 청색)에 대해 3개의 도파관들을 포함한다.

[0101] [0114] 도 13에 도시된 바와 같이, 각각의 도파관 스택은 특정 서브컬러들과 연관될 수 있다. 예컨대, 제1 도파관 스택(960a)은 3개의 상이한 컬러들, 예컨대 청색, 녹색 및 적색의 제1 서브컬러와 연관될 수 있다. 도 13에 묘사된 바와 같이, 광선들(952a, 952b)의 제1 쌍은 동일한 컬러의 2개의 서브컬러들을 나타낼 수 있다. 예컨대, 광선들(952a, 952b)의 제1 쌍은 청색의 2개의 서브컬러들의 광, 이를테면 440 nm 및 450 nm 광을 나타낼 수 있다.

[0102] [0115] 스택형 도파관 어셈블리(178)의 각각의 도파관은 특정 설계 파장의 광을 수신하도록 구성될 수 있다. 일반적으로, 설계 파장은 특정 서브컬러에 대응한다. 도 13에 예시된 바와 같이, 각각의 도파관(962a, 966a, 968a, 962b, 966b, 968b)은 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트(1007a, 1007b, 1007c, 1007d, 1007e, 1007f)를 포함할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1007)는 인커플링 광학 엘리먼트들(1007a, 1007b, 1007c, 1007d, 1007e, 1007f)을 포함한다. 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(1007a, 1007b, 1007c, 1007d, 1007e, 1007f)는 설계 파장을 대응하는 도파관(962a, 966a, 968a, 962b, 966b, 968b)으로 편향시키도록 구성될 수 있다.

[0103] [0116] 도 13에 도시된 도파관 스택들을 참조하면, 올바른 컬러의 광을 올바른 깊이 평면의 올바른 컬러 평면

으로 전파시키는 것은 어려울 수 있다. 예컨대, 디스플레이의 뷰어로부터 특정 깊이에 있는 청색 객체를 보여주려고 시도할 수 있다. 도 13에서, 광선들(952a 및 952b)은 청색 광의 전파를 나타낼 수 있다. 제1 깊이 평면(예컨대, 960a)에 디스플레이되어야 하는 청색 광(예컨대, 광선(952a))의 일부가 상이한 깊이 평면(예컨대, 960b)로 잘못 지향되면, 도파관(905)의 뷰어에게 디스플레이되는 결과적인 이미지는 이미지에서 청색 객체의 깊이를 정확히 반영하지 못할 것이다. 유사하게, 도파관 스택(960a)의 청색 층(예컨대, 층(962a))에 디스플레이되어야 하는 청색 광의 일부가 적색 또는 녹색 층(예컨대, 층들(966a, 968a))으로 잘못 지향되면, 청색 객체의 컬러는 뷰어에게 정확히 디스플레이되지 않을 것이다. "잘못된" 층으로의 특정 컬러의 광의 잘못된 지향에 대한 하나의 가능한 이유는, 입사 방향(예컨대, 도 13에 도시된 바와 같이 하향 방향)으로부터 도파관 층에서의 전파 방향(예컨대, 도 13에 도시된 바와 같이 수평)으로 광을 회절시키는 데 사용될 수 있는 회절 격자들이 100% 효율이 아니라는 것이다. 게다가, 광학 격자들은 종종 넓은 스펙트럼에 걸친 광장을 가진 광을 회절시키고 그리고 의도되지 않은 광장들의 광에 영향을 줄 수 있다. 예컨대, 하나의 컬러(예컨대, 적색)의 광을 회절시키도록 튜닝된 격자들은 다른 컬러들(예컨대, 청색 또는 녹색)의 광을 회절시킬 수 있다. 그러므로, 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1007a)에 의해 층(926a)로 지향되어야 하는 광선(952a)의 작은 부분은 인커플링 광학 엘리먼트(1007a)를 통과하고 도파관의 다른 층들 중 하나(또는 그 초파)로 지향될 수 있다. 유사한 고려사항들은 인커플링 광학 엘리먼트(1007)로의 녹색 또는 적색 광 입력에 적용된다.

[0104] [0117] 따라서, 디스플레이의 소정의 실시예들은 광을 도파관의 적합한 층으로 지향시키기 위한 광장 멀티플렉싱 기법을 사용한다. 예컨대, 청색 광선들(952a 및 952b)에 사용된 광장들은 서로 약간 상이하고 청색의 상이한 서브컬러들을 나타낼 수 있다. 유사하게, 녹색 광선들(956a 및 956b)에 사용된 광장들은 서로 약간 상이하고 녹색의 상이한 서브컬러들을 나타낼 수 있다. 마지막으로, 적색 광선들(958a 및 958b)에 사용된 광장들은 서로 약간 상이하고 적색의 상이한 서브컬러들을 나타낼 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1007a-1007f)은 적합한 광장의 광을 도파관 어셈블리의 대응하는 층으로 강하게 재지향시키도록 구성될 수 있다. 인커플링 엘리먼트를 통과하는 광은 상이한 인커플링 엘리먼트에 의해 잘못 지향될 될 수 있는 가능성을 가질 것인데, 그 이유는 상이한 엘리먼트가 상이한 범위의 광장을 재지향시키도록 구성되기 때문이다.

[0105] [0118] 예컨대, 청색 광선(952a)은 약 435 nm 광장들의 범위(예컨대, 제1 청색 서브컬러)에 중심을 둘 수 있는 반면, 청색 광선(952b)은 약 445 nm 광장들의 상이한 범위(예컨대, 제2 청색 서브컬러)에 중심을 둘 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1007a)는 제1 청색 서브컬러의 청색 광을 재지향시키도록 구성될 수 있는 반면, 인커플링 광학 엘리먼트(1007d)는 제2 청색 서브컬러의 청색 광을 재지향시키도록 구성될 수 있다. 이런 방식으로, 청색 광선(952a)은 우선적으로 층(962a)으로 재지향되는 반면, 청색 광선(952b)은 우선적으로 층(962b)으로 재지향된다. 유사한 고려사항들은 녹색 광선들(956a, 956b)에 대한 상이한 녹색 서브컬러들 및 적색 광선들(958a, 958b)에 대한 상이한 적색 서브컬러들의 사용에 적용된다.

[0106] [0119] 전술한 바는 단지 예이고, 도 12에 도시된 바와 같이, 특정 컬러의 많은 상이한 서브컬러들은 그 컬러의 광을 도파관(905)의 적합 층들로 멀티플렉싱하는 데 사용될 수 있다. 서브컬러의 광장 범위의 폭은, 인커플링 광학 엘리먼트가 서브컬러를 적합한 층으로 효율적으로 재지향시키도록 선택될 수 있다. 마찬가지로, 인커플링 광학 엘리먼트의 특성들(예컨대, 회절 격자 기간)은 적합한 서브컬러의 광을 효율적으로 재지향시키도록 선택될 수 있다.

[0107] [0120] 추가로 도 13을 참조하면, 제1 도파관 스택(960a)은 3개의 컬러들, 이를테면 청색, 녹색 및 적색의 제1 서브컬러를 커플링 할 수 있다. 유사하게, 제2 도파관 스택(960b)은 3개의 컬러들의 제2 서브컬러를 커플링 할 수 있다. 예컨대, 각각의 스택의 제1 도파관들(962a, 962b)은 제1 컬러, 이를테면 청색의 제1 및 제2 서브컬러들을 수신하도록 구성될 수 있다. 유사하게, 각각의 스택의 제2 도파관들(966a, 966b)은 제2 컬러, 이를테면 녹색의 제1 및 제2 서브컬러들을 수신하도록 구성될 수 있다.

[0108] [0121] 소정의 실시예들에서, 동일한 컬러의 서브컬러들은 인접한 도파관들을 통해 전파될 수 있다. 그런 도파관들은 특정 컬러에 전용되는 도파관 스택을 형성할 수 있다. 예컨대, 제1 도파관은 설계 광장으로서 청색의 제1 서브컬러를 가질 수 있고 제2 도파관은 설계 광장으로서 청색의 제2 서브컬러를 가질 수 있다. 제3 도파관은 제2 컬러(예컨대, 녹색)의 제1 서브컬러를 가질 수 있다. 따라서, 제1 광장(예컨대, 청색)의 서브컬러들은 도파관들의 제1 스택으로 그룹화될 수 있고 제2 광장(예컨대, 녹색)의 서브컬러들은 도파관들의 제2 스택으로 그룹화될 수 있다.

[0109] [0122] 도파관 스택들의 수는 2개보다 더 클 수 있고, 각각의 도파관 스택 내의 도파관들의 수는 2개 이상일 수 있다. 도파관 스택당 3개의 설계 광장 도파관들은, 도 13에서, 삼원색들, 이를테면 청색, 녹색 및 적색의

각각의 하나의 컬러가 각각의 도파관 스택 내에 인커플링되는 경우의 예로서 예시된다. 그러나, 이것은 도파관들, 도파관 스택들, 또는 인커플링될 수 있는 컬러들의 타입들의 수를 제한하는 것으로 의도되지 않는다.

[0110] [0123] 대응하는 파장의 컬러의 광이 대응하는 설계 파장 도파관으로 그리고 인커플링 광학 엘리먼트(980)로부터 인커플링되면, 광은 대응하는 도파관(962a, 966a, 968a, 962b, 966b, 968b)을 통해 전파된다. 설계 파장의 광의 광학 경로를 따라 대응하는 광 분배 엘리먼트(1011a, 1011b, 1011c, 1011d, 1011e, 1011f)가 있다. 대응하는 광 분배 엘리먼트(1011a, 1011b, 1011c, 1011d, 1011e, 1011f)는 대응하는 설계 파장의 광을 아웃커플링 광학 엘리먼트(도시되지 않음)의 대응하는 층으로 편향시킬 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트의 대응하는 층은 대응하는 설계의 광을 스택형 도파관 어셈블리 밖으로 커플링하도록 구성된다.

[0111] [0124] 도 14는 예비 광 필터 시스템(1080)을 가진 예시적인 스택형 도파관 어셈블리(178)의 측면도를 개략적으로 예시한다. 예비 광 필터(1080)는 일차 컬러 선택 프로세스를 제공하는 데 사용될 수 있다. 예비 광 필터 시스템(1080)은 다수의 광학 엘리먼트들(1084a, 1084b, 1088a, 1088b), 이를테면 격자들, 미러들, 프리즘들 및 다른 굴절 및/또는 반사 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 필터 시스템(1080)은 또한 회절 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 광학 엘리먼트들의 정확한 수 및 구성은 본원에서 단지 예로서 도시되고 필요에 따라 변화될 수 있다. 필터 시스템(1080)은 상이한 파장들의 광을 도파관(905)의 상이한 컬러 층들 또는 깊이 평면들로 지향시키는 데 사용될 수 있다.

파장 멀티플렉싱 및 파장 선택적 필터링을 이용하는 디스플레이 시스템들의 예들

[0113] [0125] 파장 멀티플렉싱 및 파장 선택적 필터들 둘 모두의 예들은 도파관 디스플레이 시스템에 포함될 수 있다. 파장 멀티플렉싱 도파관 어셈블리는 하나 이상의 파장 선택적 필터들을 포함할 수 있다. 도 15a는 분산형 필터들(1502a, 1502b, 1502c, 1502d, 1502e, 1502f)을 가진 도 13의 도파관 어셈블리(178)를 도시한다. 분산형 필터들은 본원에서 설명된 임의의 광학 필터, 이를테면 예컨대, 흡수성 필터, 굴절 필터, 회절 필터 및/또는 반사 필터를 포함할 수 있다. 광학 필터는 (예컨대, 특정 범위의 파장들을 선택하는) 컬러 필터일 수 있다. 흡수성 필터들의 예들은 텐트들, 염료들, 또는 스테인들을 포함한다. 굴절 필터들은 상이한 파장들의 광에 대한 상이한 굴절률들에 기반하여 필터링하는 광학 엘리먼트들을 포함한다. 회절 필터들의 예들은 격자들을 포함한다. 반사 필터들의 예들은 이색성 미러들을 포함한다. 광학 필터는 편광기를 포함할 수 있다. 따라서, 도파관들(962a-968a)(및 도파관들(962b-968b))은 도 10a를 참조하여 설명된 바와 같이 컬러(또는 서브컬러) 필터링을 수행할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1007)는, 대응하는 도파관들이 파장 필터링의 일부 또는 모두를 제공할 수 있는 분산형 필터를 포함하기 때문에, 그런 실시예들에서 더 적은 파장 필터링을 수행할 수 있다.

[0114] [0126] 도 15b는 분산형 스위치들(1506a, 1506b, 1506c, 1506d, 1506e, 1506f)을 가진 도 13의 도파관 어셈블리(178)를 도시한다. 분산형 스위치들은 본원에서 설명된 임의의 필터를 포함할 수 있다. 분산형 스위치들은 전기적 스위칭가능 층 및/또는 전기적 스위칭가능 볼륨을 포함할 수 있다. 전기적 스위칭가능 재료들의 예들은 스위칭가능 이색성부, 스위칭가능 미러들, 스위칭가능 격자들, 스위칭가능 홀로그램들, 스위칭가능 유리들 및 스위칭가능 편광기들을 포함한다. 분산형 스위치들은 폴리머 분산형 액정 또는 다른 액정 어셈블리들(예컨대, LCoS(liquid crystal on silicon))을 포함할 수 있다. 추가로 본원의 다른 곳에서 설명된 바와 같이, 스위칭 가능 재료는 재료의 반사, 흡수, 굴절, 회절 및/또는 편광 품질을 변경하도록 스위칭될 수 있다. 예컨대, 전기 신호는 재료가 적색 광을 감쇠(예컨대, 흡수, 편향)시키게 하면서 (예컨대, TIR을 통해) 청색 광을 전파시키게 할 수 있다. 추가 예로서, 편광기는 전기 신호에 기반하여 턴 온 또는 턴 오프하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 편광기는 콜레스트트를 액정 엘리먼트를 포함할 수 있다. 다른 구성들이 또한 가능하다.

[0115] [0127] 도 15b에 의해 도시된 바와 같이, 분산형 스위치들(1506a, 1506b, 1506c, 1506d, 1506e, 1506f)은 대응한 도파관들(962a, 966a, 968a, 962b, 966b, 968b)의 표면을 따라 배치될 수 있다. 그런 표면은 도 15b에 도시된 바와 같이 인입 광(1360)으로부터 원위 표면일 수 있지만, 다른 표면들(예컨대, 광(1360)에 대한 근위 표면, 근위 표면에 수직인 표면)이 또한 가능하다. 일부 실시예들에서, 스위칭가능 재료는 대응하는 도파관들의 볼륨 전반에 걸쳐 (예컨대, 볼륨적으로) 배치된다. 스위칭가능 층은 도파관의 임의의 표면에 평행하지 않은 평면을 따라 대응하는 도파관 내에 배치될 수 있다. 예컨대, 스위칭가능 재료는 도파관의 표면과 동일한 평면이 아닌 층 상에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 도파관 어셈블리(178)는 분산형 필터들(1502a-1502f) 및 분산형 스위치들(1506a-1506f) 둘 모두의 조합을 포함할 수 있다.

[0116] [0128] 도파관 어셈블리들(178), 이를테면 도 15a 및 도 15b에 도시된 예들은 하나 이상의 도파관들(962a-968b) 내에서 서브컬러 필터링을 수행하기 위해 분산형 필터들(1502a-1502f) 또는 분산형 스위치들(1506a-1506f)을 활용할 수 있다. 이런 방식으로, 인커플링 광학 엘리먼트(1007)는 분산형 필터링 또는 분산형 스위칭

중 하나만을 사용하는 도파관 어셈블리 실시예들(178)에서보다 덜 파장 선택적일 수 있고, 이는 유리하게 스택 내 각각의 도파관을 통과하는 광학 경로를 따른 품질 저하를 감소시킬 수 있다.

예시적인 색영역들

[0117] [0129] 도 16은, 컬러들이 인식되는 가장 인간 시각 응답 색영역(1152)을 설명하는 x-y축들(예컨대, 정규화된 삼색 자극값(tristimulus value)들)을 가진 CIE(International Commission on Illumination) 색도도(1100)이다. 각각의 도파관 스택(960a, 960b)은 통상적으로 모든 인식가능한 컬러들의 전체 색영역(1152)보다 더 작은 대응하는 색영역(1160a, 1160b)의 컬러들을 나타낼 수 있다. 각각의 색영역(1160a, 1160b)의 정점들은 각각의 스택의 대응하는 도파관들의 컬러들에 대응한다. 예컨대, 도파관 스택(960a)에 대한 색영역(1160a)은 도파관들(962a, 966a 및 968a)에 의해 전파되는 컬러들에 대응하는 정점들을 가지며, 도파관 스택(960b)에 대한 색영역(1160b)은 도파관들(962b, 966b 및 968b)에 의해 전파되는 컬러들에 대응하는 정점들을 가진다. 각각의 색영역(1160a, 1160b)은 백색의 색도를 나타내는 연관된 백색 포인트(1192a, 1192b)(각각의 색영역의 중심에 가까움)를 가진다.

[0119] [0130] 도 16에서 알 수 있는 바와 같이, 색영역들(1160a, 1160b)은, 도파관 스택들(960a, 960b)의 각각이 실질적으로 동일한 범위의 컬러들을 디스플레이의 착용자에게 제시하도록 실질적으로 오버랩된다. 그러나, 위에서 설명된 바와 같이, 각각의 색영역의 대응하는 정점들은 파장 멀티플렉싱으로 인해, 서로에 대해 약간 시프트된다. 예컨대, 도파관 스택(960a)에 대한 색영역(1160a)의 정점(1170a)은 520 nm에 가까운 녹색 광을 나타낼 수 있는 반면, 도파관 스택(960b)에 대한 색영역(1160b)의 정점(1170b)은 530 nm에 가까운 녹색 광을 나타낼 수 있다.

[0120] [0131] 색영역들(1160a, 1160b) 둘 모두 내에 속하는 컬러들은 제1 색영역(1160a) 또는 제2 색영역(1160b)을 정의하는 정점들과 연관된 컬러들을 혼합함으로써 생성될 수 있다. 주어진 컬러를 생성하기 위해, 제1 색영역(1160a)으로부터 각각의 정점 파장에 필요한 비율은 제2 색영역(1160b)의 정점들로부터 필요한 비율들과 상이할 수 있다.

[0121] [0132] 일부 실시예들에서, 색영역들(1160a, 1160b)의 정점들에 대응하는 파장들은, 백색 포인트들(1192a, 1192b)이 실질적으로 동일하게 유지되도록 선택된다. 예컨대, 백색 포인트들(1192a 및 1192b) 사이의 컬러 차이는 컬러 공간의 대략적인 JND(just noticeable difference)보다 더 작을 수 있다(예컨대, 소정의 CIE 컬러 공간들에서 약 2.3 미만임). 다른 실시예들에서, 정점들에 대응하는 파장들은, 색영역들(1160a, 1160b) 둘 모두가 백색 포인트들(1192a, 1192b)을 포함하도록 선택될 수 있다. 이를 실시예들에서, 정점들에서의 파장들은 백색 포인트들(1192a, 1192b)에 의해 완전히 결정되지 않는다.

[0122] [0133] 비록 도 16이 2개의 색영역들(1160a, 1160b)로 도시되지만, 이것은 예시 목적들을 위한 것이고 제한이 아니다. 일반적으로, 색영역들의 수는 디스플레이에서 도파관 스택들의 수와 동일할 것이고, 스택들 각각의 멀티플렉싱 파장들은, 각각의 스택에 대한 대응하는 백색 포인트가 다른 도파관 스택들의 백색 포인트들과 실질적으로 동일하도록 선택될 수 있다.

예시적인 양상들

[0124] [0134] 제1 양상에서, 도파관은 광을 도파관에 커플링하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트 – 광은 제1 파장 및 제1 파장과 동일하지 않은 제2 파장을 포함함 –; 인커플링 광학 엘리먼트로부터 광을 수신하도록 구성된 광분배 엘리먼트 – 광 분배 엘리먼트는 제1 파장의 인커플링된 광에 비해, 제2 파장의 인커플링된 광을 감쇠시키도록 구성된 파장 선택적 구역을 포함함 –; 및 광 분배 엘리먼트로부터 광을 수신하고 제1 파장의 광을 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.

[0125] [0135] 제2 양상에서, 양상 1의 도파관에 있어서, 인커플링 광학 엘리먼트는 격자를 포함한다.

[0126] [0136] 제3 양상에서, 양상 1 또는 양상 2의 도파관에 있어서, 파장 선택적 구역은 컬러 필터를 포함한다.

[0127] [0137] 제4 양상에서, 양상 3의 도파관에 있어서, 컬러 필터는 염료, 틴트, 스테인, 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함한다.

[0128] [0138] 제5 양상에서, 양상 1 내지 양상 4 중 어느 한 양상의 도파관에 있어서, 인커플링 광학 엘리먼트는 염료, 틴트, 스테인, 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함하지 않는다.

[0129] [0139] 제6 양상에서, 양상 1 내지 양상 5 중 어느 한 양상의 도파관에 있어서, 아웃커플링 광학 엘리먼트는

염료, 틴트, 스테인, 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함하지 않는다.

- [0130] [0140] 제7 양상에서, 양상 1 내지 양상 6 중 어느 한 양상의 도파관에 있어서, 파장 선택적 구역은 전자적 스위칭가능 구역을 포함한다.
- [0131] [0141] 제8 양상에서, 양상 1 내지 양상 7 중 어느 한 양상의 도파관에 있어서, 파장 선택적 구역은 폴리머 분산형 액정 격자를 포함한다.
- [0132] [0142] 제9 양상에서, 양상 1 내지 양상 8 중 어느 한 양상의 도파관에 있어서, 인커플링 광학 엘리먼트, 광분배 엘리먼트 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0133] [0143] 제10 양상에서, 양상 9의 도파관에 있어서, 회절 광학 엘리먼트는 ASR(analog surface relief grating), BSR(binary surface relief structure), 홀로그램, 또는 스위칭가능 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0134] [0144] 제11 양상에서, 양상 1 내지 양상 10 중 어느 한 양상의 제1 도파관을 포함하는 스택형 도파관 어셈블리로서, 제2 파장의 인커플링된 광은 제1 파장의 인커플링된 광에 비해 감쇠되고; 그리고 양상 1 내지 양상 10 중 어느 한 양상의 제2 도파관으로서, 제1 파장의 인커플링된 광은 제2 파장의 인커플링된 광에 비해 감쇠된다.
- [0135] [0145] 제12 양상에서, 스택형 도파관 어셈블리는, 제1 파장의 광을 인커플링하고 제1 파장이 아닌 광을 제1 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 제1 인커플링 광학 엘리먼트; 제1 인커플링 광학 엘리먼트로부터 인커플링된 광을 수신하고 인커플링된 광을 제1 광 분배 엘리먼트로 전파시키도록 구성된 제1 파장 선택적 구역 – 제1 파장 선택적 구역은 제1 파장의 인커플링된 광에 비해, 제1 파장이 아닌 인커플링된 광을 감쇠시키도록 구성되고, 그리고 제1 광 분배 엘리먼트는 제1 파장의 인커플링된 광을 제1 파장 선택적 구역 밖으로 커플링하도록 구성됨 –; 및 제1 광 분배 엘리먼트로부터 제1 파장의 인커플링된 광을 수신하고 제1 파장이 아닌 인커플링된 광을 제1 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 제1 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함하는 제1 도파관을 포함한다. 스택형 도파관 어셈블리는 제1 인커플링 광학 엘리먼트로부터 제1 파장과 상이한 제2 파장의 입사 광을 수신하고, 제2 파장이 아닌 입사 광을 제2 도파관 밖으로 커플링하고 그리고 제2 파장의 입사 광을 인커플링하도록 구성된 제2 인커플링 광학 엘리먼트; 제2 인커플링 광학 엘리먼트로부터 인커플링된 광을 수신하고 인커플링된 광을 제2 광 분배 엘리먼트로 전파시키도록 구성된 제2 파장 선택적 구역 – 제2 파장 선택적 구역은 제2 파장의 인커플링된 광에 비해, 제2 파장이 아닌 인커플링된 광을 감쇠시키도록 구성되고, 그리고 제2 광 분배 엘리먼트는 제2 파장의 인커플링된 광을 제2 파장 선택적 구역 밖으로 커플링하도록 구성됨 –; 및 제2 광 분배 엘리먼트로부터 제2 파장의 인커플링된 광을 수신하고 제2 파장이 아닌 인커플링된 광을 제2 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 제2 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함하는 제2 도파관을 포함한다.
- [0136] [0146] 제13 양상에서, 양상 12의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 인커플링 광학 엘리먼트, 광 분배 엘리먼트 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0137] [0147] 제14 양상에서, 양상 13의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 회절 광학 엘리먼트는 ASR(analog surface relief grating), BSR(binary surface relief structure), 홀로그램, 또는 스위칭가능 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0138] [0148] 제15 양상에서, 양상 12 내지 양상 14 중 어느 한 양상의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 파장 선택적 구역은 컬러 필터를 포함한다.
- [0139] [0149] 제16 양상에서, 양상 15의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 컬러 필터는 염료, 틴트, 스테인, 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함한다.
- [0140] [0150] 제17 양상에서, 양상 12 내지 양상 16 중 어느 한 양상의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 인커플링 광학 엘리먼트는 염료, 틴트, 스테인, 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함하지 않는다.
- [0141] [0151] 제18 양상에서, 양상 12 내지 양상 17 중 어느 한 양상의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 아웃커플링 광학 엘리먼트는 염료, 틴트, 스테인, 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함하지 않는다.
- [0142] [0152] 제19 양상에서, 양상 12 내지 양상 18 중 어느 한 양상의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 파장 선택적 구역은 전자적 스위칭가능 구역을 포함한다.
- [0143] [0153] 제20 양상에서, 양상 12 내지 양상 19 중 어느 한 양상의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 파장 선택적 구역은 폴리머 분산형 액정 격자를 포함한다.

- [0144] [0154] 제21 양상에서, 광학 이미지를 디스플레이하는 방법으로서, 방법은 제1 파장 및 제1 파장과 상이한 제2 파장을 가진 광을 제1 도파관 및 제2 도파관을 포함하는 스택형 도파관 어셈블리에 인커플링하는 단계 – 제1 도파관은 제1 파장 선택적 구역 및 제1 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함하고, 그리고 제2 도파관은 제2 파장 선택적 구역 및 제2 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함함 –; 제1 파장 선택적 구역에서 제1 파장에 비해, 제2 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키는 단계; 제2 파장 선택적 구역에서 제1 파장에 비해 제1 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키는 단계; 제1 파장의 인커플링된 광을 제1 아웃珂플링 광학 엘리먼트에 커플링하는 단계; 제1 파장의 인커플링된 광을 제2 아웃珂플링 광학 엘리먼트에 커플링하는 단계; 및 제1 파장 및 제2 파장의 인커플링된 광을 스택형 도파관 어셈블리 밖으로 커플링하는 단계를 포함한다.
- [0145] [0155] 제22 양상에서, 광학 이미지를 디스플레이하는 방법으로서, 방법은 제1 파장 및 제1 파장과 상이한 제2 파장을 가진 광을 도파관에 인커플링하는 단계; 제1 파장 선택적 구역에서 제1 파장에 비해, 제2 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키는 단계; 제2 파장 선택적 구역에서 제2 파장에 비해, 제1 파장의 인커플링된 광을 선택적으로 감쇠시키는 단계; 제1 광 분배 엘리먼트로부터 제1 파장의 인珂플링된 광을 제1 아웃珂플링 광학 엘리먼트에 커플링하는 단계; 제2 광 분배 엘리먼트로부터 제2 파장의 인珂플링된 광을 제2 아웃珂플링 광학 엘리먼트에 커플링하는 단계; 및 제1 파장 및 제2 파장의 인珂플링된 광을 아웃珂플링 광학 엘리먼트 밖으로 커플링하는 단계를 포함한다.
- [0146] [0156] 제23 양상에서, 양상 1 내지 양상 10 중 어느 한 양상의 도파관을 포함하는 웨어러블 디스플레이 시스템 또는 양상 11 내지 양상 20 중 어느 한 양상의 스택형 도파관 어셈블리로서, 웨어러블 디스플레이 시스템은 사용자에 의해 착용될 수 있다.
- [0147] [0157] 제24 양상에서, 양상 23의 웨어러블 디스플레이 시스템에 있어서, 웨어러블 디스플레이 시스템은 사용자의 머리 상에 장착될 수 있다.
- [0148] [0158] 제25 양상에서, 양상 23 또는 양상 24의 웨어러블 디스플레이 시스템에 있어서, 웨어러블 디스플레이 시스템은 사용자에게 증강 현실 경험을 제공하도록 구성된다.
- [0149] [0159] 제26 양상에서, 도파관은 광을 도파관에 커플링하도록 구성된 인珂플링 광학 엘리먼트 – 광은 제1 파장 및 제1 파장과 동일하지 않은 제2 파장을 포함함 –; 인珂플링 광학 엘리먼트로부터 광을 수신하고 내부 전반사를 통해 광을 전파시키도록 구성된 광 분배 엘리먼트 – 광 분배 엘리먼트는 제1 파장의 인珂플링된 광에 비해, 제2 파장의 인珂플링된 광을 감쇠시키도록 구성된 파장 선택적 구역을 포함함 –; 및 광 분배 엘리먼트로부터 광을 수신하고 제1 파장의 광을 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 아웃珂플링 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0150] [0160] 제27 양상에서, 양상 26의 도파관에 있어서, 인珂플링 광학 엘리먼트는 격자를 포함한다.
- [0151] [0161] 제28 양상에서, 양상 26의 도파관에 있어서, 파장 선택적 구역은 염료, 틴트, 스테인, 이색성 필터 또는 브래그 격자를 포함한다.
- [0152] [0162] 제29 양상에서, 양상 26의 도파관에 있어서, 인珂플링 광학 엘리먼트는 파장 선택적 필터를 포함하지 않는다.
- [0153] [0163] 제30 양상에서, 양상 26의 도파관에 있어서, 인珂플링 광학 엘리먼트는 파장 선택적 필터를 포함하지 않는다.
- [0154] [0164] 제31 양상에서, 양상 26의 도파관에 있어서, 파장 선택적 구역은 전자적 스위칭가능 구역을 포함한다.
- [0155] [0165] 제32 양상에서, 양상 31의 도파관에 있어서, 전자적 스위칭가능 구역을 온 상태와 오프 상태 사이에서 스위칭하도록 구성된 제어기를 더 포함한다.
- [0156] [0166] 제33 양상에서, 양상 26의 도파관에 있어서, 파장 선택적 구역은 폴리머 분산형 액정 격자를 포함한다.
- [0157] [0167] 제34 양상에서, 양상 26의 도파관에 있어서, 광 분배 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0158] [0168] 제35 양상에서, 양상 34의 도파관에 있어서, 회절 광학 엘리먼트는 격자, 홀로그램, 또는 스위칭가능 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0159] [0169] 제36 양상에서, 스택형 도파관 어셈블리는 제1 도파관 및 제2 도파관을 포함하고, 제1 도파관은 제1 파장의 광을 광 분배 엘리먼트의 제1 층에 커플링하도록 구성된 인珂플링 광학 엘리먼트의 제1 층 – 광 분배 엘

리먼트는 파장 선택적 구역을 포함함 –; 인커플링 광학 엘리먼트의 제1 층으로부터 인커플링된 광을 수신하고 제1 파장의 인커플링된 광에 비해, 제1 파장이 아닌 인커플링된 광을 감쇠시키도록 구성된 파장 선택적 구역의 제1 층 – 광 분배 엘리먼트의 제1 층은 제1 파장의 인커플링된 광을 파장 선택적 구역의 제1 층 밖으로 커플링하도록 구성됨 –; 및 광 분배 엘리먼트의 제1 층으로부터 제1 파장의 인커플링된 광을 수신하고 인커플링된 광을 제1 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트의 제1 층을 포함하고; 그리고 제2 도파관은 제2 파장의 광을 광 분배 엘리먼트의 제2 층에 커플링하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트의 제2 층 – 제2 파장은 제1 파장과 상이함 –; 인커플링 광학 엘리먼트의 제2 층으로부터 인커플링된 광을 수신하고 제2 파장의 인커플링된 광에 비해, 제2 파장이 아닌 인커플링된 광을 감쇠시키도록 구성된 파장 선택적 구역의 제2 층 – 광 분배 엘리먼트의 제2 층은 제2 파장의 인커플링된 광을 파장 선택적 구역의 제2 층 밖으로 커플링하도록 구성됨 –; 및 광 분배 엘리먼트의 제2 층으로부터 제2 파장의 인커플링된 광을 수신하고 인커플링된 광을 제2 도파관 밖으로 커플링하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트의 제2 층을 포함한다.

- [0160] [0170] 제37 양상에서, 양상 36의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 파장 선택적 구역의 제1 층은 제1 컬러 필터를 포함하고 파장 선택적 구역의 제2 층은 제2 컬러 필터를 포함하고, 제1 컬러 필터는 제2 파장의 광을 감쇠시키도록 구성되고, 그리고 제2 컬러 필터는 제1 파장의 광을 감쇠시키도록 구성된다.
- [0161] [0171] 제38 양상에서, 양상 37의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 제1 컬러 필터 또는 제2 컬러 필터는 염료, 턴트, 스테인, 볼류메트릭 광학 필터 또는 이색성 필터를 포함한다.
- [0162] [0172] 제39 양상에서, 양상 36의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 파장 선택적 구역의 제1 층은 제1 전자적 스위칭가능 구역을 포함하고, 파장 선택적 구역의 제2 층은 제2 전자적 스위칭가능 구역을 포함한다.
- [0163] [0173] 제40 양상에서, 양상 39의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 스택형 도파관 어셈블리에서 광을 변조하기 위해 제1 전자적 스위칭가능 구역 및 제2 전자적 스위칭가능 구역을 전자적으로 제어하도록 구성된 제어기를 더 포함한다.
- [0164] [0174] 제41 양상에서, 양상 40의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 제어기는 제1 전자적 스위칭가능 구역을 스위칭하여 광 분배 엘리먼트의 제1 층에서 광을 변조시키고 그리고 제2 전자적 스위칭가능 구역을 스위칭하여 광 분배 엘리먼트의 제2 층에서 광을 변조시키지 않도록 구성된다.
- [0165] [0175] 제42 양상에서, 양상 40의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 제어기는 시야를 확장시키도록 인커플링된 광을 방향조절하기 위해 제1 전자적 스위칭가능 구역 및 제2 전자적 스위칭가능 구역을 전자적으로 제어하도록 구성된다.
- [0166] [0176] 제43 양상에서, 양상 36의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 파장 선택적 구역의 제1 층은 제1 파장이 아닌 광의 굴절률을 변경하도록 구성되거나 또는 파장 선택적 구역의 제2 층은 제2 파장이 아닌 광의 굴절률을 변경하도록 구성된다.
- [0167] [0177] 제44 양상에서, 양상 36의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 파장 선택적 구역의 제1 층 또는 파장 선택적 구역의 제2 층은 편광기를 포함한다.
- [0168] [0178] 제45 양상에서, 양상 36의 스택형 도파관 어셈블리에 있어서, 제1 파장은 컬러의 제1 서브컬러와 연관되고 제2 파장은 컬러의 제2 서브컬러와 연관되고, 제2 서브컬러는 제1 서브컬러와 상이하다.
- [0169] [0179] 제46 양상에서, 디스플레이는 제1 복수의 도파관들을 포함하는 제1 도파관 스택 – 제1 복수의 도파관들은 컬러의 제1 서브컬러의 광을 전파시키도록 구성된 제1 도파관을 포함함 –; 제2 복수의 도파관들을 포함하는 제2 도파관 스택 – 제2 복수의 도파관들은 제1 서브컬러와 상이한 컬러의 제2 서브컬러의 광을 전파시키도록 구성된 제2 도파관을 포함함 –; 및 광을 제1 도파관 스택 및 제2 도파관 스택에 인커플링하도록 구성된 인커플링 광학 시스템을 포함하고, 인커플링 광학 시스템은 제1 서브컬러의 광을 제1 도파관에 커플링하도록 구성된 제1 인커플링 광학 엘리먼트, 및 제2 서브컬러의 광을 제2 도파관에 커플링하도록 구성된 제2 인커플링 부분을 포함한다.
- [0170] [0180] 제47 양상에서, 양상 46의 디스플레이에 있어서, 제1 도파관 스택은 광을 제1 도파관 스택 밖으로 커플링하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0171] [0181] 제48 양상에서, 양상 47의 디스플레이에 있어서, 인커플링 광학 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.

- [0172] [0182] 제49 양상에서, 양상 48의 디스플레이에 있어서, 회절 광학 엘리먼트는 홀로그램을 포함한다.
- [0173] [0183] 제50 양상에서, 양상 46의 디스플레이에 있어서, 도파관 어셈블리는 예비 광 필터 시스템을 더 포함한다.
- [0174] [0184] 제51 양상에서, 양상 50의 디스플레이에 있어서, 예비 광 필터 시스템은 격자를 포함한다.
- [0175] [0185] 제52 양상에서, 양상 46의 디스플레이에 있어서, 제1 인커플링 광학 엘리먼트는 120 nm 미만 만큼 제1 서브컬러의 피크 파장과 상이한 피크 파장을 가진 광을 전송하도록 구성된다.
- [0176] [0186] 제53 양상에서, 양상 46의 디스플레이에 있어서, 제1 인커플링 광학 엘리먼트는 약 5-55 nm보다 크지 않은 파장 분배 폭을 가진 광을 전송하도록 구성된다.
- [0177] [0187] 제54 양상에서, 양상 46의 디스플레이에 있어서, 제1 인커플링 광학 엘리먼트는 약 220 nm보다 크지 않은 파장 분배 프로파일의 폭을 가진 광을 전송하도록 구성된다.
- [0178] [0188] 제55 양상에서, 도파관 어셈블리는 컬러의 복수의 서브컬러들의 광을 방출하는 광 소스; 및 제1 파장의 제1 컬러 및 제2 파장의 제1 컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제1 도파관 스택 – 제1 도파관 스택은, 제1 복수의 도파관들을 포함하는 데, 제1 복수의 도파관들은 컬러의 제1 서브컬러의 광을 전파시키도록 구성된 제1 도파관을 포함하고; 제2 복수의 도파관들을 포함하는 데, 제2 복수의 도파관들은 제1 서브컬러와 상이한 컬러의 제2 서브컬러의 광을 전파시키도록 구성된 제2 도파관을 포함함 –; 및 광을 제1 도파관 스택 및 제2 도파관 스택에 인커플링하도록 구성된 인커플링 광학 시스템을 포함한다.
- [0179] [0189] 제56 양상에서, 도파관 어셈블리는 제1 및 제2 서브컬러들의 광을 수신하도록 구성된 제1 도파관 스택 – 제1 및 제2 서브컬러들은 동일한 컬러의 서브컬러들이 아니고, 제1 도파관 스택은 제1 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제1 격자 시스템을 포함하는 제1 도파관, 및 제2 격자 시스템을 포함하는 제2 도파관을 포함하고, 제2 도파관은 제2 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성됨 –; 및 제3 및 제4 서브컬러들의 광을 수신하도록 구성된 제2 도파관 스택을 포함하고, 제3 및 제4 서브컬러들은 동일한 컬러의 서브컬러들이 아니고, 제2 도파관 스택은 제3 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제3 격자 시스템을 포함하는 제3 도파관, 및 제4 격자 시스템을 포함하는 제4 도파관을 포함하고, 제4 도파관은 제4 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된다.
- [0180] [0190] 제57 양상에서, 양상 56의 도파관 어셈블리에 있어서, 제1 도파관 스택은 인커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0181] [0191] 제58 양상에서, 양상 57의 도파관 어셈블리에 있어서, 광 분배 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0182] [0192] 제59 양상에서, 양상 58의 도파관 어셈블리에 있어서, 회절 광학 엘리먼트는 격자를 포함한다.
- [0183] [0193] 제60 양상에서, 양상 46 내지 양상 59 중 어느 한 양상의 도파관 어셈블리에 있어서, 도파관 어셈블리는 반사 광학 엘리먼트를 포함하는 예비 광 필터 시스템을 더 포함한다.
- [0184] [0194] 제61 양상에서, 파장 멀티플렉싱 어셈블리는 제1 파장의 복수의 서브컬러들 및 제2 파장의 복수의 서브컬러들을 방출하는 광 소스; 제1 파장의 제1 서브컬러 및 제2 파장의 제1 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제1 도파관 스택 – 제1 도파관 스택은 제1 파장의 제1 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제1 도파관, 및 제1 파장의 제2 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제2 도파관을 포함함 –; 및 제1 파장의 제2 서브컬러 및 제2 파장의 제2 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제2 도파관 스택을 포함하고, 제1 도파관 스택은 제1 파장의 제2 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제3 도파관, 및 제2 파장의 제2 서브컬러의 광을 인커플링하도록 구성된 제4 도파관을 포함한다.
- [0185] [0195] 제62 양상에서, 양상 61의 파장 멀티플렉싱 어셈블리에 있어서, 제1 도파관, 제2 도파관, 제3 도파관 또는 제4 도파관은 인커플링 광학 엘리먼트, 광 분배 엘리먼트 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0186] [0196] 제63 양상에서, 양상 62의 파장 멀티플렉싱 어셈블리에 있어서, 인커플링 광학 엘리먼트, 광 분배 엘리먼트 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0187] [0197] 제64 양상에서, 양상 63의 파장 선택적 멀티플렉싱 어셈블리에 있어서, 회절 광학 엘리먼트는 스위칭 가능한 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0188] [0198] 제65 양상에서, 양상 64의 파장 멀티플렉싱 어셈블리에 있어서, 도파관 어셈블리는 굴절 광학 엘리먼트

를 포함하는 예비 광 필터 시스템을 더 포함한다.

[0189] 결론

[0190] 본원에 설명되고 그리고/또는 첨부 도면들에 묘사된 프로세스들, 방법들 및 알고리즘들 각각은 하나 이상의 물리적 컴퓨팅 시스템들, 하드웨어 컴퓨터 프로세서들, 주문형 회로 및/또는 특정 그리고 특별 컴퓨터 명령들을 실행하도록 구성된 전자 하드웨어에 의해 실행되는 코드 모듈들로 구현되고, 그리고 이 코드 모듈들에 의해 완전히 또는 부분적으로 자동화될 수 있다. 예컨대, 컴퓨팅 시스템들은 특정 컴퓨터 명령들로 프로그래밍된 범용 컴퓨터들(예컨대, 서버들) 또는 특수 목적 컴퓨터들, 특수 목적 회로 등을 포함할 수 있다. 코드 모듈은 실행가능 프로그램으로 컴파일링되고 링크되거나, 동적 링크 라이브러리에 설치될 수 있거나, 또는 인터프리팅(interpret)된 프로그래밍 언어로 작성될 수 있다. 일부 구현들에서, 특정 동작들 및 방법들은 주어진 기능에 특정한 회로에 의해 수행될 수 있다.

[0191] 추가로, 본 개시내용의 기능성의 소정 구현들은 충분히 수학적으로 또는 기술적으로 복잡하여, (적절한 전문화된 실행가능 명령들을 활용하는) 주문형 하드웨어 또는 하나 이상의 물리적 컴퓨팅 디바이스들은 예컨대, 수반된 계산들의 양 또는 복잡성으로 인해 또는 실질적으로 실시간으로 결과들을 제공하기 위해 그 기능성을 수행할 필요가 있을 수 있다. 예컨대, 비디오는 많은 프레임들(각각의 프레임은 수백만의 픽셀들을 가짐)을 포함할 수 있고, 그리고 상업적으로 합리적인 시간 양에서 원하는 이미지 프로세싱 테스크 또는 애플리케이션을 제공하기 위해, 특별하게 프로그래밍된 컴퓨터 하드웨어가 비디오 데이터를 프로세싱할 필요가 있다. 다른 예로서, 눈 추적 계산들 및 실시간 적합한 눈 포즈 종속 디스플레이 교정의 적용은 통상적으로 애플리케이션 특정 하드웨어 또는 특정 컴퓨터 실행가능 명령들로 프로그래밍된 물리적 컴퓨팅 디바이스들에 의해 수행된다.

[0192] 코드 모듈들 또는 임의의 타입의 데이터는 임의의 타입의 비-일시적 컴퓨터-판독가능 매체, 이를테면 하드 드라이브들, 고체 상태 메모리, RAM(random access memory), ROM(read only memory), 광학 디스크, 휴발성 또는 비-휘발성 저장부, 이들의 조합들 등을 포함하는 물리적 컴퓨터 저장부 상에 저장될 수 있다. 방법들 및 모듈들(또는 데이터)은 또한, 생성된 데이터 신호들로서(예컨대, 반송파 또는 다른 아날로그 또는 디지털 전파 신호의 일부로서) 무선 기반 및 유선/케이블 기반 매체들을 포함하는 다양한 컴퓨터-판독가능 송신 매체들 상에서 송신될 수 있고, 그리고 (예컨대, 단일 또는 멀티플렉싱 아날로그 신호의 일부로서, 또는 다수의 이산 디지털 패킷들 또는 프레임들로서) 다양한 형태들을 취할 수 있다. 개시된 프로세스들 또는 프로세스 단계들의 결과들은 임의의 타입의 비일시적, 유형의 컴퓨터 저장부에 영구적으로 또는 다른 방식으로 저장될 수 있거나 또는 컴퓨터-판독가능 송신 매체를 통해 통신될 수 있다.

[0193] 본원에 설명되고 그리고/또는 첨부 도면들에 묘사된 흐름도들에서의 임의의 프로세스들, 블록들, 상태들, 단계들, 또는 기능성들은 프로세스의 단계들 또는 (예컨대, 논리적 또는 산술적) 특정 기능들을 구현하기 위한 하나 이상의 실행가능 명령들을 포함하는 코드 모듈들, 세그먼트들 또는 코드의 부분들을 잠재적으로 나타내는 것으로 이해되어야 한다. 다양한 프로세스들, 블록들, 상태들, 단계들 또는 기능성들은 본원에 제공된 예시적인 예들에서 조합되거나, 재배열되거나, 이들에 부가되거나, 이들로부터 삭제되거나, 수정되거나 다르게 변화될 수 있다. 일부 실시예들에서, 부가적인 또는 상이한 컴퓨팅 시스템들 또는 코드 모듈들은 본원에 설명된 기능성들 중 일부 또는 모두를 수행할 수 있다. 본원에 설명된 방법들 및 프로세스들은 또한 임의의 특정 시퀀스로 제한되지 않고, 이에 관련된 블록들, 단계들 또는 상태들은 적절한 다른 시퀀스들로, 예컨대 직렬로, 병렬로, 또는 일부 다른 방식으로 수행될 수 있다. 테스크들 또는 이벤트들은 개시된 예시적인 실시예들에 부가되거나 이들로부터 제거될 수 있다. 게다가, 본원에 설명된 구현들에서 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 예시 목적들을 위한 것이고 모든 구현들에서 그런 분리를 요구하는 것으로 이해되지 않아야 한다. 설명된 프로그램 컴포넌트들, 방법들 및 시스템들이 일반적으로 단일 컴퓨터 제품으로 함께 통합되거나 다수의 컴퓨터 제품들로 패키징될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 많은 구현 변형들이 가능하다.

[0194] 프로세스들, 방법들 및 시스템들은 네트워크(또는 분산형) 컴퓨팅 환경에서 구현될 수 있다. 네트워크 환경들은 전사적 컴퓨터 네트워크들, 인트라넷들, LAN(local area network)들, WAN(wide area network)들, PAN(personal area network)들, 클라우드 컴퓨팅 네트워크들, 크라우드-소스드(crowd-sourced) 컴퓨팅 네트워크들, 인터넷, 및 월드 와이드 웹(World Wide Web)을 포함한다. 네트워크는 유선 또는 무선 네트워크 또는 임의의 다른 타입의 통신 네트워크일 수 있다.

[0195] 본 개시내용의 시스템들 및 방법들 각각은 몇몇 혁신적인 양상들을 가지며, 이 양상을 중 어떤 단일의 양상도 본원에 개시된 바람직한 속성들을 전적으로 담당하거나 이를 위해 요구되지 않는다. 위에서 설명된 다

양한 특징들 및 프로세스들은 서로 독립적으로 사용될 수 있거나, 또는 다양한 방식들로 조합될 수 있다. 모든 가능한 조합들 및 서브조합들은 본 개시내용의 범위 내에 속하도록 의도된다. 본 개시내용에 설명된 구현들에 대한 다양한 수정들은 당업자들에게 자명할 수 있고, 그리고 본원에 정의된 일반적인 원리들은 본 개시내용의 사상 또는 범위를 벗어나지 않고 다른 구현들에 적용될 수 있다. 따라서, 청구항들은 본원에 도시된 구현들로 제한되는 것으로 의도되는 것이 아니라, 본원에 개시된 본 개시내용, 원리들 및 신규 특징들과 일치하는 가장 넓은 범위에 부합될 것이다.

[0196] [0205] 별개의 구현들의 맥락에서 본 명세서에 설명된 특정 특징들은 또한 단일 구현으로 결합하여 구현될 수 있다. 대조적으로, 단일 구현의 맥락에서 설명된 다양한 특징들은 또한 별도로 다수의 구현들로 또는 임의의 적절한 서브조합으로 구현될 수 있다. 게다가, 비록 특징들이 특정 조합들로 동작하는 것으로서 위에서 설명될 수 있고 심지어 그와 같이 처음에 청구될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우들에서 조합으로부터 제거될 수 있고, 그리고 청구된 조합은 서브조합 또는 서브조합의 변형에 관련될 수 있다. 단일 특징 또는 특징들의 그룹이 각각의 그리고 모든 각각의 실시예에 필요하거나 필수적인 것은 아니다.

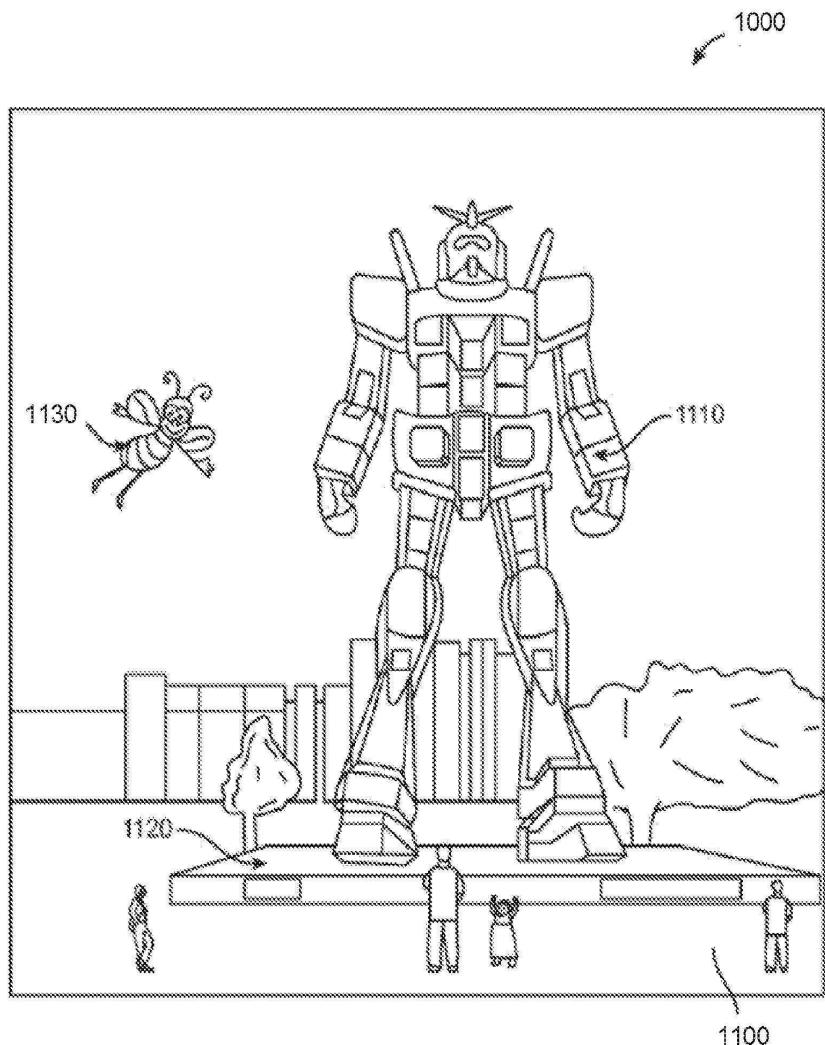
[0197] [0206] 특정하게 다르게 언급되지 않거나, 사용된 맥락 내에서 다르게 이해되지 않으면, 본원에 사용된 조건어, 이를테면 특히, "할 수 있다(can, could, might, may)", "예컨대" 등은, 일반적으로 특정 실시예들이 특정 특징들, 엘리먼트들 또는 단계들을 포함하지만, 다른 실시예들은 이들을 포함하지 않는다는 것을 전달하기 위해 의도된다. 따라서, 그런 조건어는 일반적으로, 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 하나 이상의 실시예들을 위해 어떤 식으로든 요구되는 것을 또는 하나 이상의 실시예들이, 저자(author) 입력 또는 프롬프팅으로 또는 이들 없이, 이들 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 또는 임의의 특정 실시예에서 수행될지를 판정하기 위한 로직을 반드시 포함하는 것을 의미하도록 의도되지 않는다. 용어들 "포함하는(comprising)", "구비하는(including)", "가지는(having)" 등은 동의어이고 오픈-엔디드(open-ended) 방식으로 포괄적으로 사용되고, 그리고 부가적인 엘리먼트들, 특징들, 작용들, 동작들 등을 배제하지 않는다. 또한, 용어 "또는"은 포괄적인 의미(몇 배타적 의미가 아님)로 사용되어, 예컨대 리스트의 엘리먼트들을 연결하기 위해 사용될 때, 용어 "또는"은 리스트 내 엘리먼트들 중 하나, 몇몇 또는 모두를 의미한다. 게다가, 본 출원 및 첨부된 청구항들에 사용된 단수 표현들은 다르게 특정되지 않으면 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"를 의미하는 것으로 이해될 것이다.

[0198] [0207] 본원에 사용된 바와 같이, 아이템들의 리스트 중 "적어도 하나"를 지칭하는 어구는 단일 부재들을 포함하여, 이들 아이템들의 임의의 조합을 지칭한다. 예로서, "A, B 또는 C 중 적어도 하나"는 "A, B, C; A 및 B; A 및 C; B 및 C; 및 A, B 및 C를 커버하도록 의도된다. 특정하게 다르게 언급되지 않으면, "X, Y 및 Z 중 적어도 하나"라는 어구 같은 접속어는, 아이템, 용어 등이 X, Y 또는 Z 중 적어도 하나일 수 있다는 것을 전달하기 위해 일반적으로 사용되는 맥락으로 달리 이해된다. 따라서, 그런 접속어는 일반적으로, 특정 실시예들이 X 중 적어도 하나, Y 중 적어도 하나 및 Z 중 적어도 하나가 각각 존재할 것을 요구하는 것을 의미하도록 의도되지 않는다.

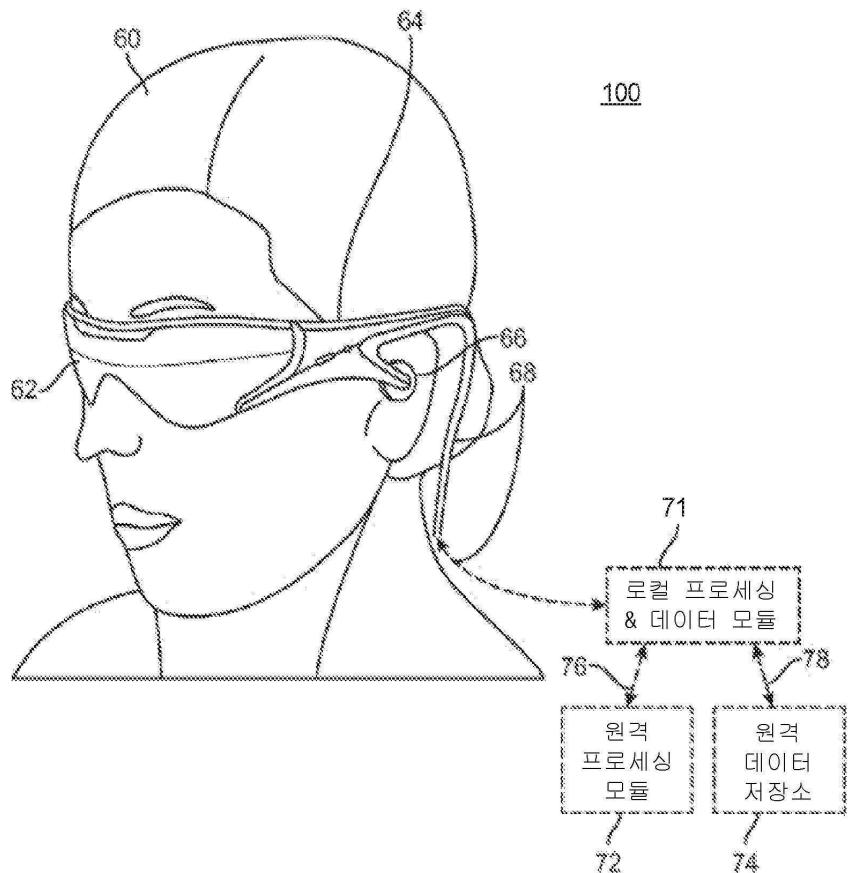
[0199] [0208] 유사하게, 동작들이 특정 순서로 도면들에 도시될 수 있지만, 원하는 결과들을 달성하기 위해, 그런 동작들이 도시된 특정 순서 또는 순차적 순서로 수행되거나, 또는 모든 예시된 동작들이 수행될 필요가 없다는 것이 인식될 것이다. 추가로, 도면들은 흐름도 형태로 하나 이상의 예시적 프로세스들을 개략적으로 묘사할 수 있다. 그러나, 묘사되지 않은 다른 동작들이 개략적으로 예시된 예시적인 방법들 및 프로세스들에 통합될 수 있다. 예컨대, 하나 이상의 부가적인 동작들은 예시된 동작들 중 임의의 동작 이전, 이후, 동시에, 또는 중간에 수행될 수 있다. 부가적으로, 동작들은 다른 구현들에서 재배열되거나 재정렬될 수 있다. 소정의 환경들에서, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 게다가, 위에서 설명된 구현들에서 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 구현들에서 그런 분리를 요구하는 것으로 이해되지 않아야 하고, 그리고 설명된 프로그램 컴포넌트들 및 시스템들이 일반적으로 단일 소프트웨어 제품으로 함께 통합될 수 있거나 다수의 소프트웨어 제품들로 패키징될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 부가적으로, 다른 구현들은 다음 청구항들의 범위 내에 있다. 일부 경우들에서, 청구항들에 열거된 액션들은 상이한 순서로 수행될 수 있고 그럼에도 불구하고 원하는 결과들을 달성할 수 있다.

도면

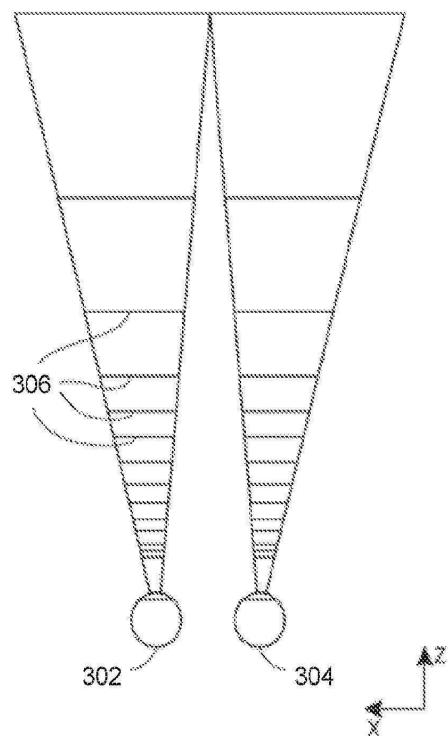
도면1



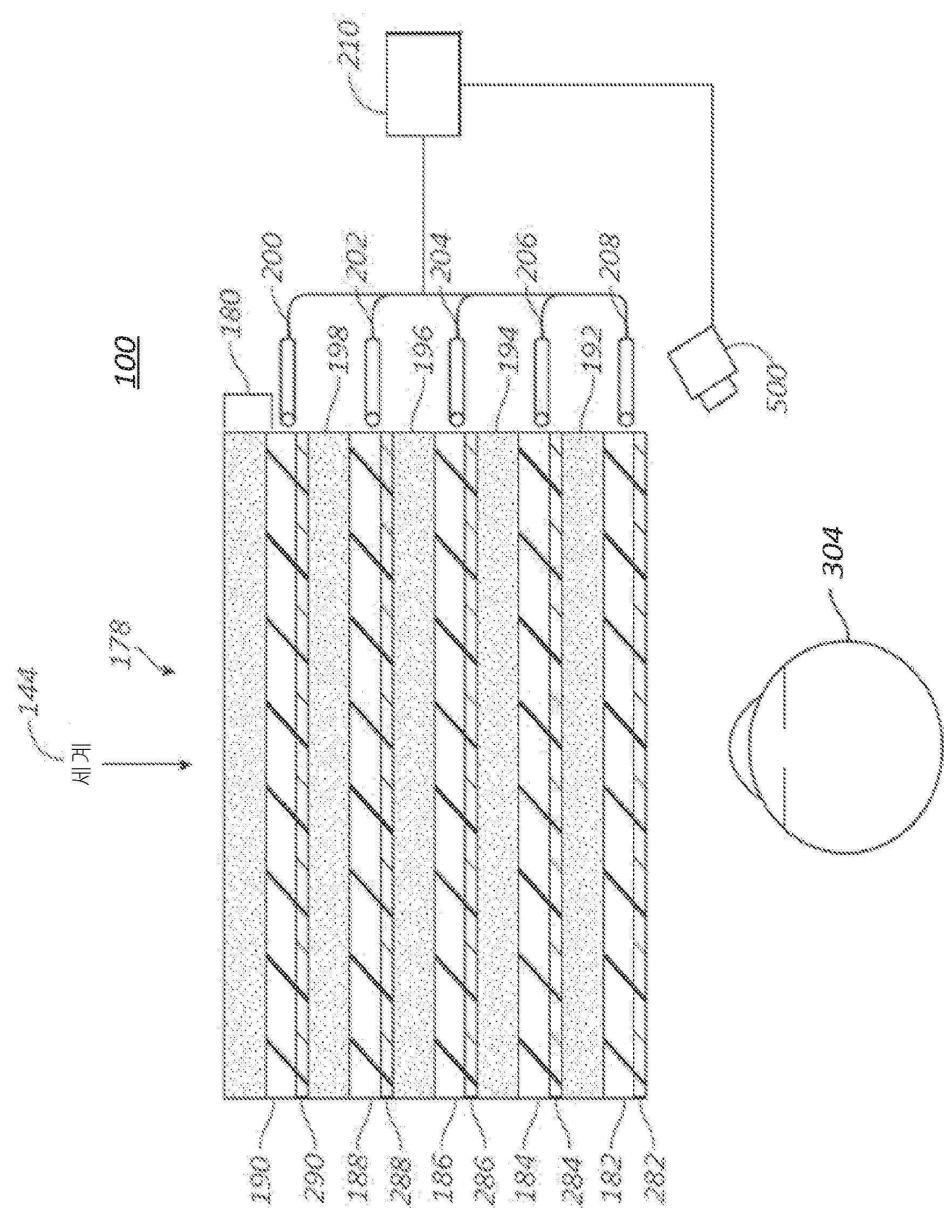
도면2



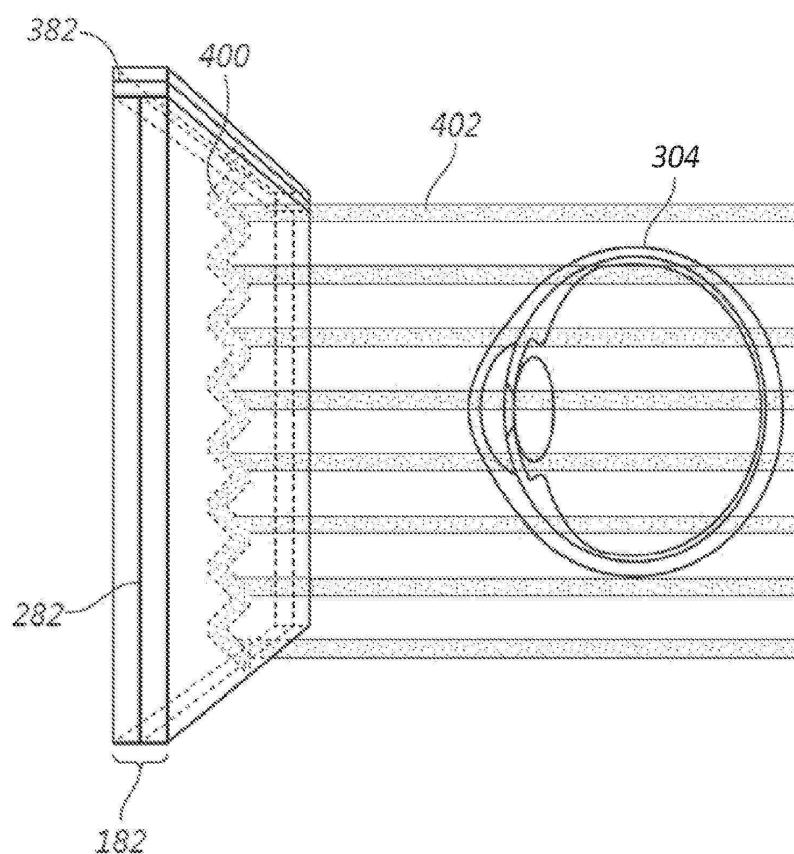
도면3



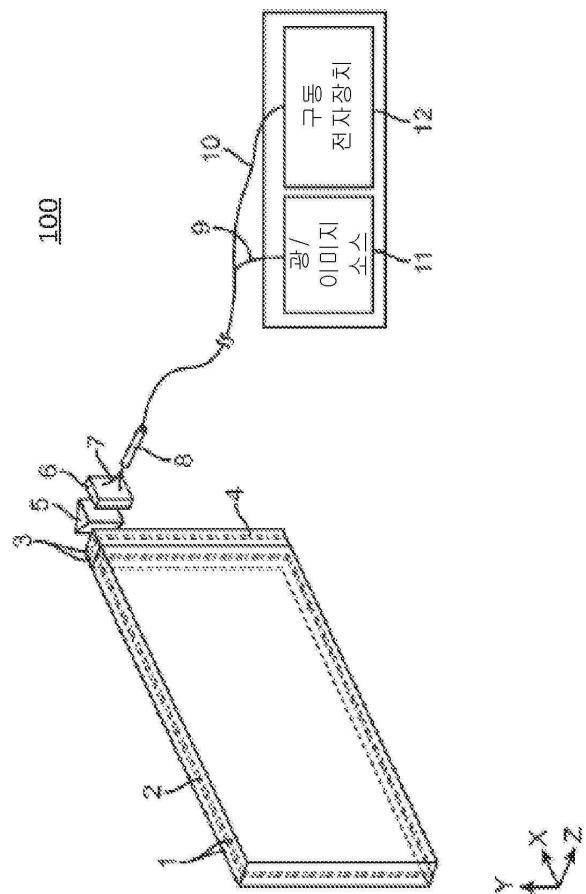
도면4



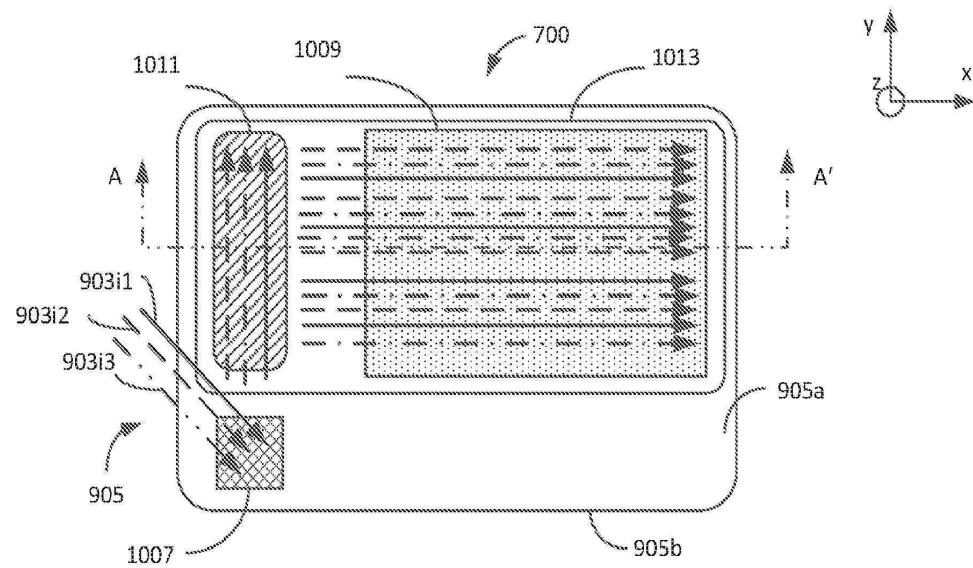
도면5



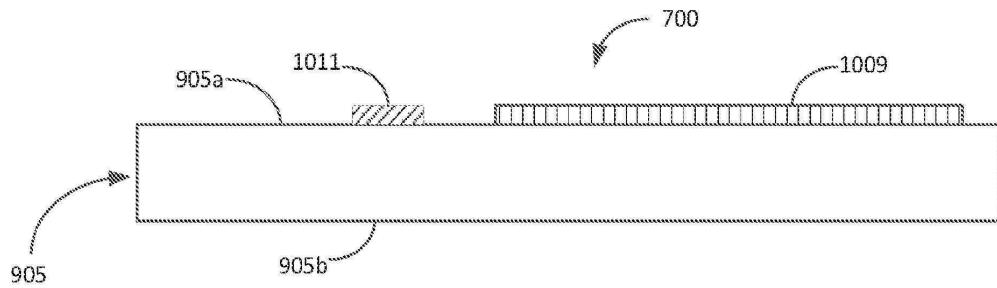
도면6



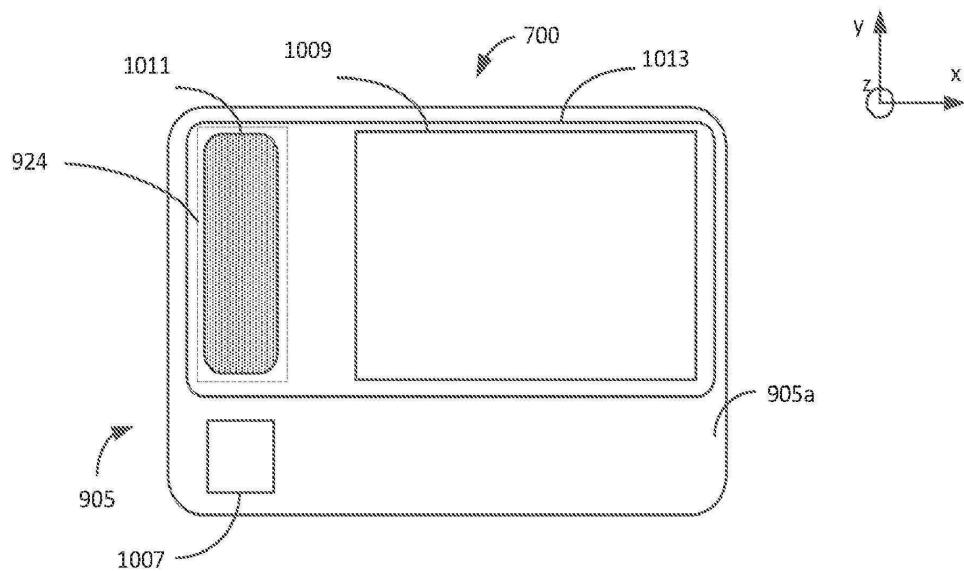
도면7a



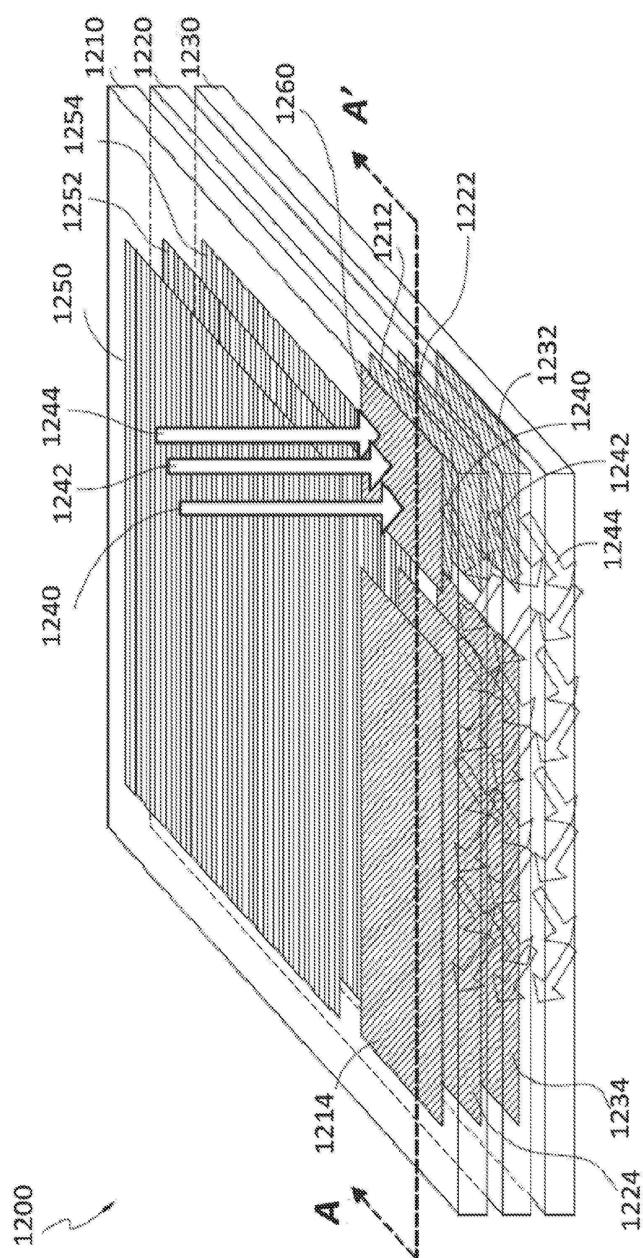
도면7b



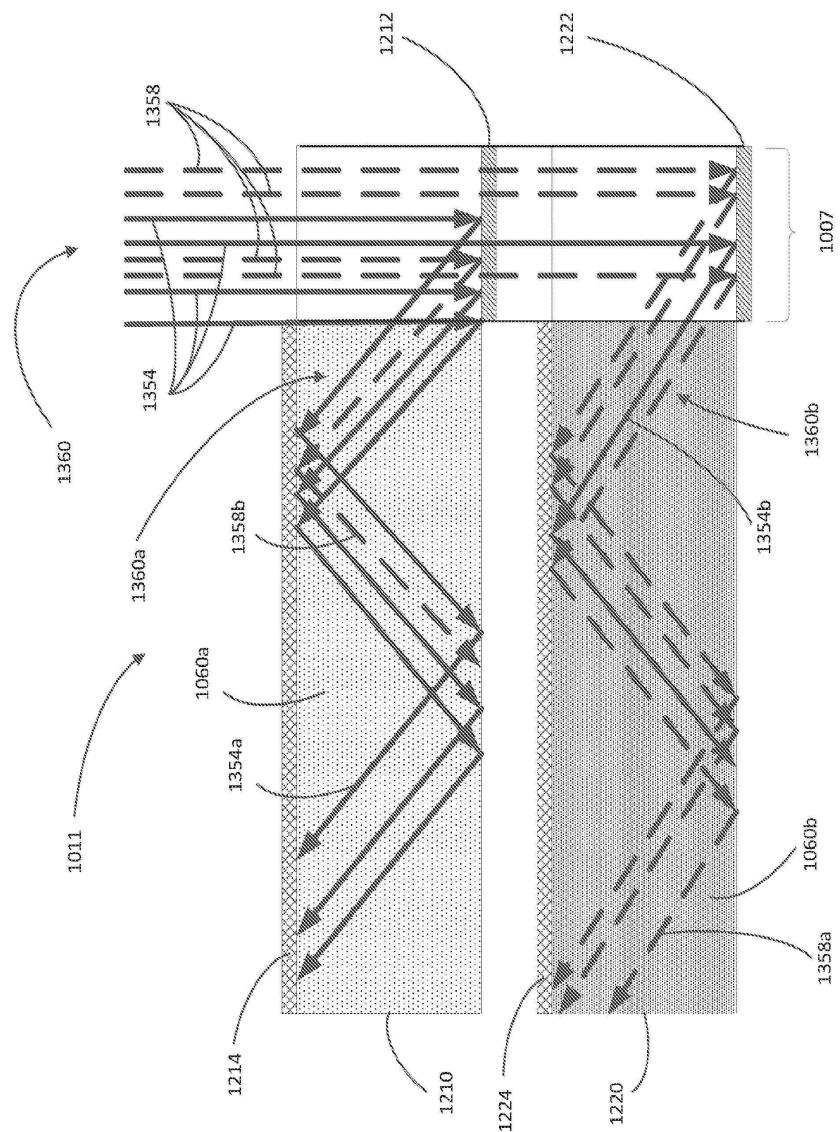
도면8



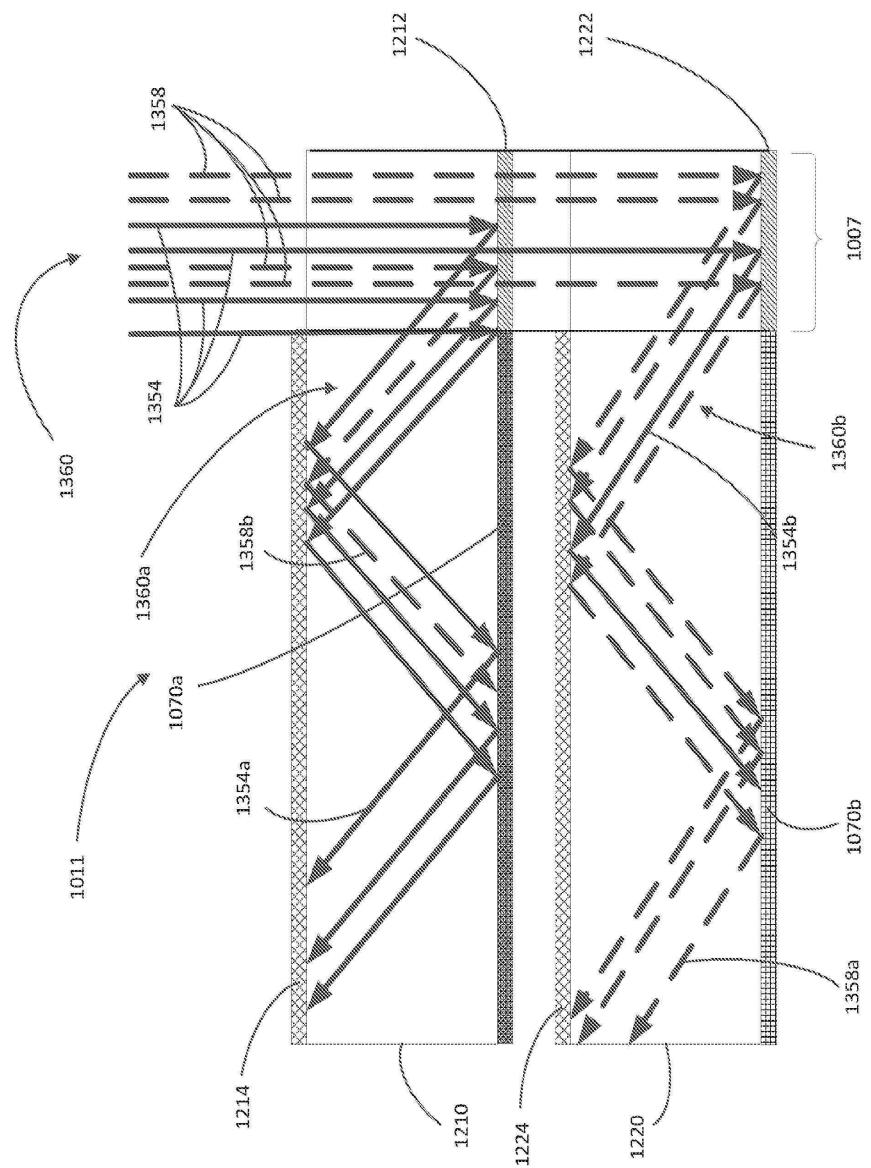
도면9



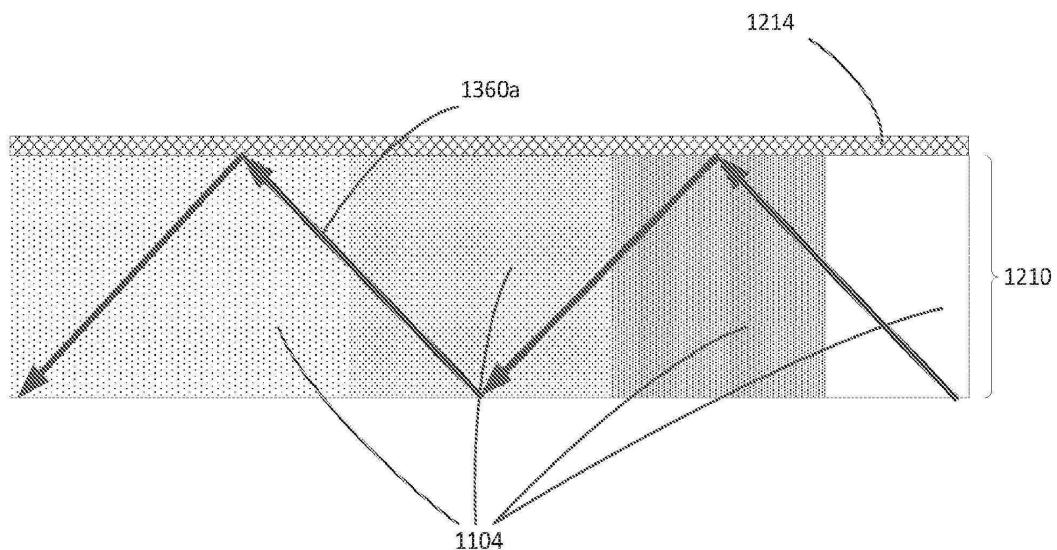
도면 10a



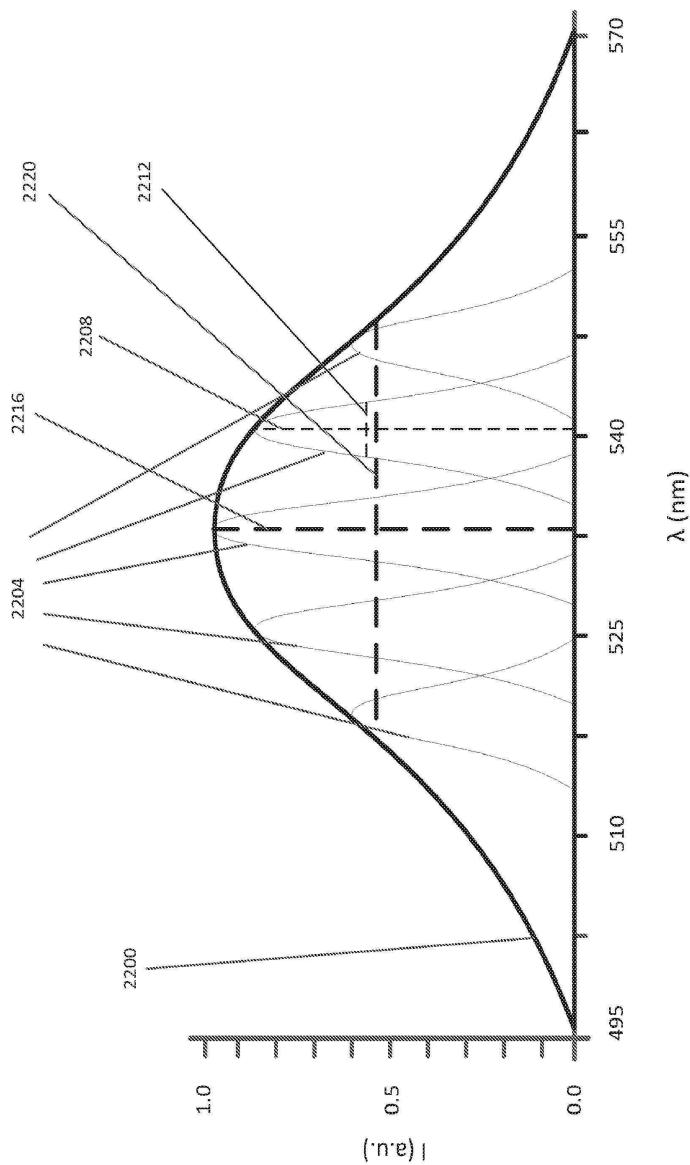
도면 10b



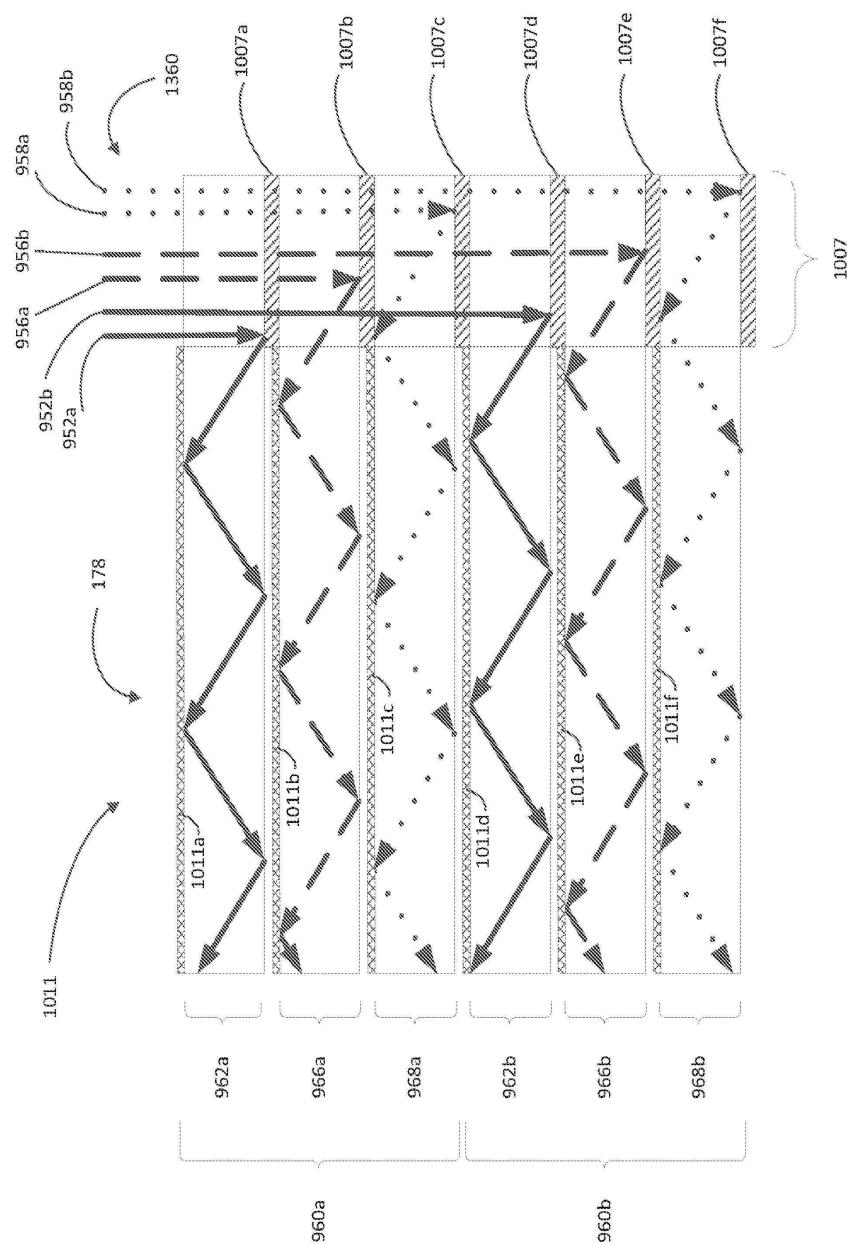
도면11



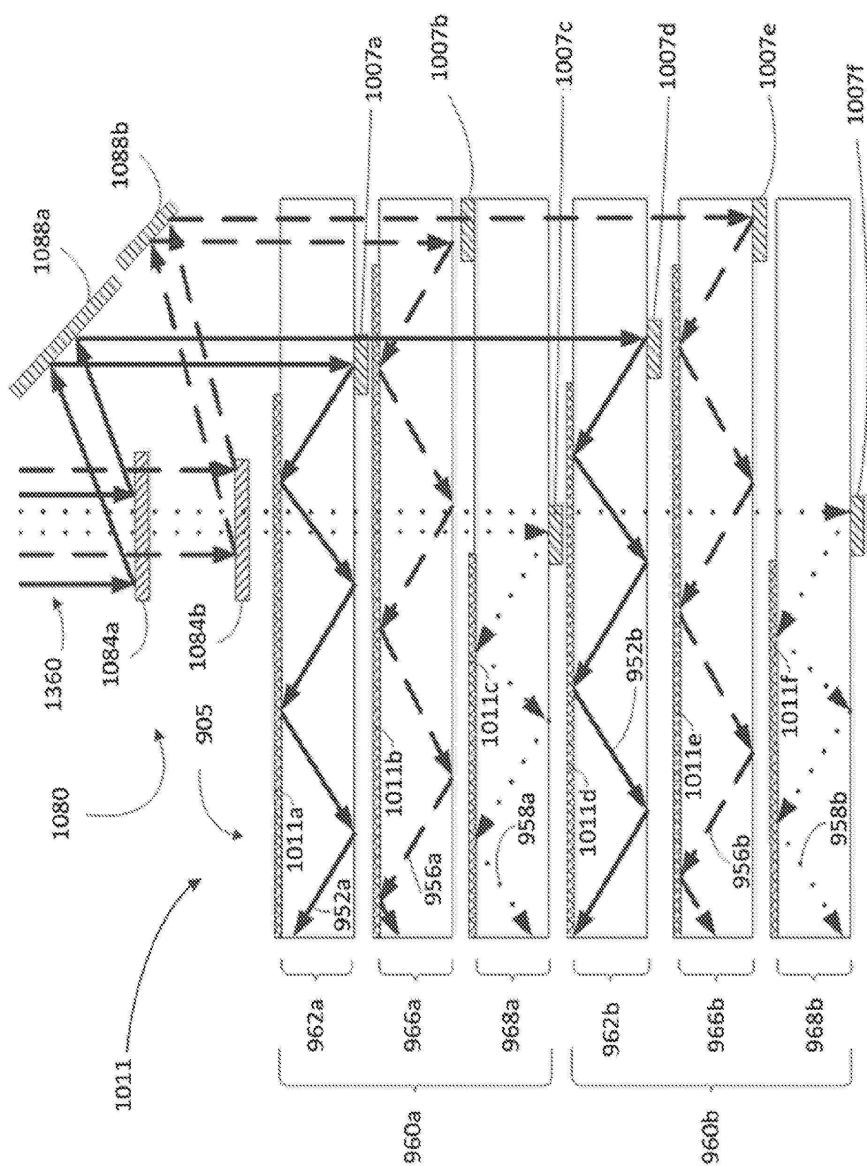
도면12



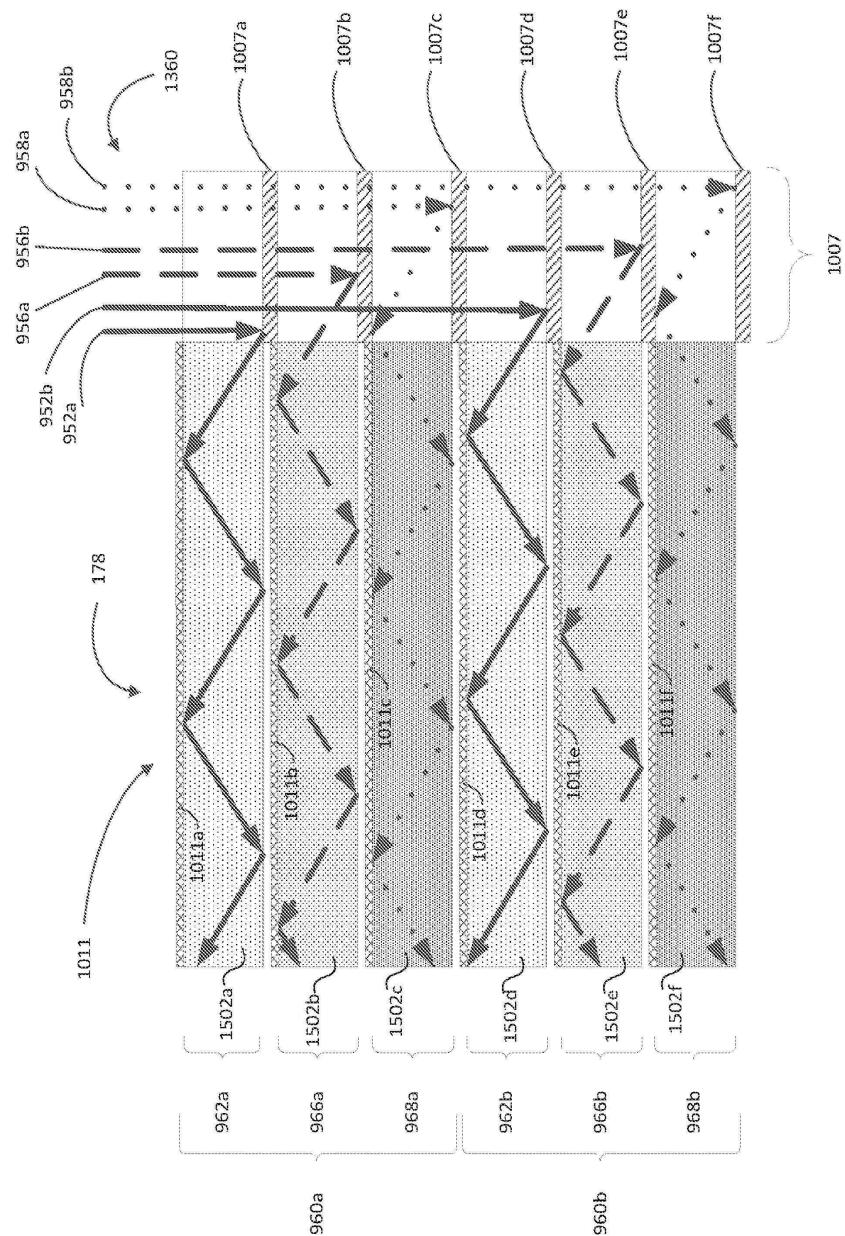
도면 13



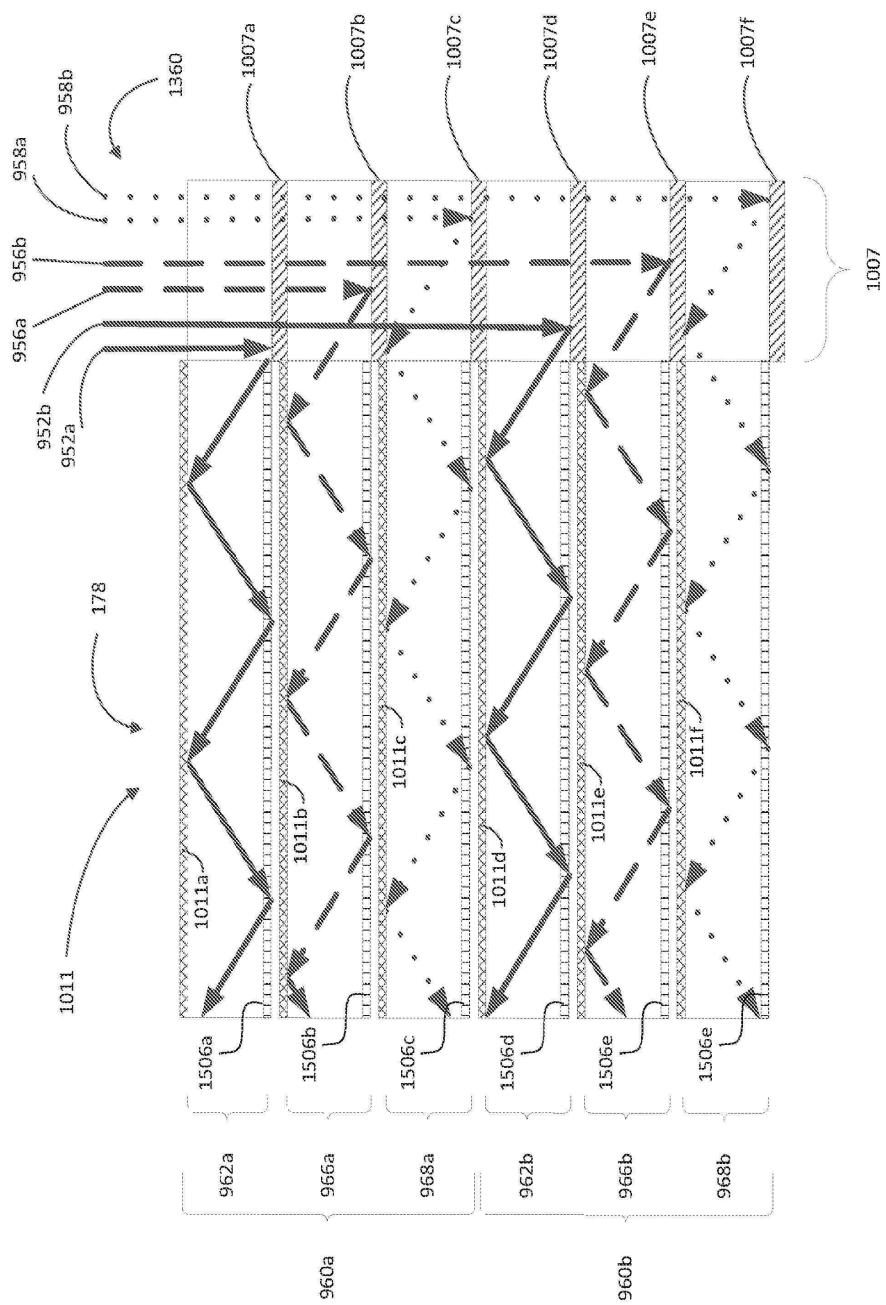
도면14



도면 15a



도면 15b



도면16

