



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월15일

(11) 등록번호 10-2717570

(24) 등록일자 2024년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/18 (2006.01) G02B 27/01 (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01) G02F 1/1335 (2019.01)
G02F 1/29 (2006.01) G02F 1/365 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G02B 5/1814 (2013.01)
G02B 27/0172 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-7033450(분할)

(22) 출원일자(국제) 2017년11월16일

심사청구일자 2023년09월27일

(85) 번역문제출일자 2023년09월27일

(65) 공개번호 10-2023-0144116

(43) 공개일자 2023년10월13일

(62) 원출원 특허 10-2019-7017342

원출원일자(국제) 2017년11월16일

심사청구일자 2020년11월12일

(86) 국제출원번호 PCT/US2017/062080

(87) 국제공개번호 WO 2018/094093

국제공개일자 2018년05월24일

(30) 우선권주장

62/424,293 2016년11월18일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120007050 A*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 17 항

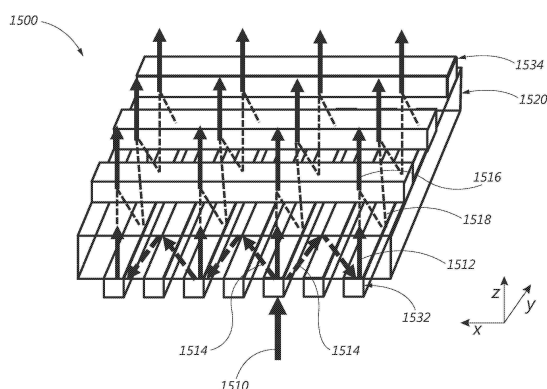
심사관 : 금복희

(54) 발명의 명칭 교차 격자를 이용한 도파관 광 멀티플렉서

(57) 요약

2차원으로 광 신호를 효율적으로 멀티플렉싱 및 분배할 수 있는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서가 본원에서 설명된다. 2-차원 도파관 광 멀티플렉서의 예는, 도파관, 제1 회절 격자, 및 제1 회절 격자 위에 배치되고 제1 회절 격자의 격자 방향이 제2 회절 격자의 격자 방향에 수직이 되도록 배열되는 제2 회절 격자를 포함할 수 있다. 2-차원 도파관 광 멀티플렉서를 제조하는 방법들이 또한 개시된다.

대표도 - 도12a



(52) CPC특허분류

G02B 6/0076 (2013.01)
G02F 1/133504 (2013.01)
G02F 1/292 (2013.01)
G02F 1/365 (2013.01)
G02B 2027/0178 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160062030 A*
US20150293409 A1*
US20160167422 A1*
KR1020160091402 A
US20160216416 A1
US20100321781 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

웨어러블 디스플레이 시스템으로서,

프레임;

상기 프레임에 결합된 도파관들의 스택; 및

발광 다이오드(LED)를 포함하는 이미지 주입 디바이스를 포함하고,

상기 도파관들의 스택의 각 도파관은,

상기 도파관에서 전파되는 광의 적어도 일부를 상기 도파관으로부터 아웃커플링하도록 배열된 아웃커플링 광학 엘리먼트; 및

인커플링 광학 엘리먼트에 입사하는 광을 상기 도파관 안으로 인커플링하도록 배열된 상기 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고,

상기 아웃커플링 광학 엘리먼트는 제1 격자 방향을 갖는 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 제2 격자 방향을 갖는 하나 이상의 제2 회절 격자들을 포함하고, 상기 하나 이상의 제1 회절 격자들은 상기 도파관의 제1 주 표면 상에 배치되고, 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 상기 하나 이상의 제1 회절 격자들과 동일한 도파관에서 상기 제1 주 표면의 반대측인 상기 도파관의 제2 주 표면 상에 배치되고, 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 위에 배치되고, 상기 제1 격자 방향은 상기 제2 격자 방향에 직교하여, 상기 도파관에서 전파되는 광이 상기 도파관 내의 2개의 직교하는 방향들로 멀티플렉스되는 동안에 상기 광의 적어도 일부가 상기 도파관으로부터 아웃커플링되도록 하고,

상기 인커플링 광학 엘리먼트는 상기 도파관 상에서 상기 아웃커플링 광학 엘리먼트로부터 측방향으로 이격된 별개의 위치에 위치되고,

상기 이미지 주입 디바이스는 이미지 콘텐츠를 갖는 이미지 광을 상기 인커플링 광학 엘리먼트들의 각각 상으로 지향시키도록 구성되어, 상기 이미지 광의 적어도 일부가 개개의 도파관 안으로 인커플링되고 상기 도파관 내에서 상기 도파관의 아웃커플링 광학 엘리먼트로 가이드되도록 하는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들은 상기 도파관의 최하부 주 표면 상에 배치되고, 상기 하나 이상의 제2 회절 광학 격자들은 상기 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치되는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 상기 하나 이상의 제2 회절 광학 격자들은 각각 대칭 회절 격자를 포함하는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들은, 제1 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들 및 상기 제1 회절 방향에 반평행한(anti-parallel) 제2 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제2 비대칭 회절 격자들을 포함하고,

상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은, 제3 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제3 비대칭 회절 격자들 및 상기 제3 회절 방향에 반평행한 제4 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제4 비대칭 회절 격자들을 포함하는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 이진(binary) 회절 격자를 포함하는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 블레이즈드(blazed) 회절 격자를 포함하는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 도파관은 최상부 주 표면 및 최하부 주 표면을 포함하고, 상기 도파관은 상기 최상부 주 표면과 상기 최하부 주 표면 사이의 두께를 가지며, 상기 도파관은 상기 두께보다 더 넓고 길고,

상기 적어도 하나의 제1 회절 격자들은 상기 도파관의 상기 최상부 주 표면 또는 최하부 주 표면 중 하나 상에 배치되는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 도파관은 광학적으로 투명한 부분을 포함하고, 상기 광학적으로 투명한 부분은, 상기 디스플레이 시스템의 사용자 전방의 물리적 환경의 일부의 뷰(view)를 제공하기 위해, 상기 사용자 전방의 물리적 환경의 상기 일부로부터의 광을 상기 사용자의 눈에 전달하도록 구성되는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 아웃커플링 광학 엘리먼트는 상기 이미지 광을 적어도 상기 광학적으로 투명한 부분으로부터 상기 사용자의 눈으로 아웃커플링하도록 구성되는,

웨어러블 디스플레이 시스템.

청구항 10

도파관으로서,

기관;

상기 기관 상의 아웃커플링 광학 엘리먼트; 및

상기 기관 상의 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고,

상기 아웃커플링 광학 엘리먼트는 상기 도파관 내에서 전파되는 광의 적어도 일부를 상기 도파관으로부터 아웃커플링하도록 배열되고,

상기 아웃커플링 광학 엘리먼트는 제1 격자 방향을 갖는 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 제2 격자 방향을 갖는 하나 이상의 제2 회절 격자들을 포함하고, 상기 하나 이상의 제1 회절 격자들은 상기 도파관의 제1 주 표면 상에 배치되고, 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 상기 제1 주 표면의 반대측인 상기 도파관의 제2 주 표면 상에 배치되고, 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 위에 배치되고, 상기 제1 격자 방향은 상기 제2 격자 방향에 직교하여, 상기 도파관에서 전파되는 광이 상기 도파관 내의 2개의 직교하는 방향으로 멀티플렉스되는 동안에 상기 광의 적어도 일부가 상기 도파관으로부터 아웃커플링되도록 하고,

상기 인커플링 광학 엘리먼트는 상기 인커플링 광학 엘리먼트에 입사하는 광을 상기 도파관 안으로 인커플링하도록 배열되어, 상기 광의 적어도 일부가 상기 도파관 내에서 상기 아웃커플링 광학 엘리먼트로 가이드되도록 하고,

상기 인커플링 광학 엘리먼트는 상기 도파관 상에서 상기 아웃커플링 광학 엘리먼트로부터 측방향으로 이격된 별개의 위치에 위치되는,

도파관.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들은 상기 도파관의 최하부 주 표면 상에 배치되고, 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 상기 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치되는,

도파관.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들을 각각 대칭 회절 격자를 포함하는,

도파관.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들은, 제1 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들 및 상기 제1 회절 방향에 반평행한 제2 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제2 비대칭 회절 격자들을 포함하고,

상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은, 제3 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제3 비대칭 회절 격자들 및 상기 제3 회절 방향에 반평행한 제4 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제4 비대칭 회절 격자들을 포함하는,

도파관.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 이진 회절 격자를 포함하는,

도파관.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 상기 하나 이상의 제2 회절 격자들은 블레이즈드 회절 격자를 포함하는, 도파관.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 기판은 광학적으로 투명한 부분을 포함하는,

도파관.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 아웃커플링 광학 엘리먼트는 적어도 상기 광학적으로 투명한 부분으로부터 상기 광을 아웃커플링하도록 구성되는,

도파관.

발명의 설명

기술 분야

[0001] [0001] 본 출원은, 2016년 11월 18일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 제62/424,293호를 우선권으로 주장하며, 이 출원은 그 전체가 인용에 의해 본원에 통합된다.

[0002] [0002] 본 출원은, 하기의 특허 출원들, 2014년 11월 27일에 출원된 미국 출원 번호 제14/555,585호; 2015년 4월 18일에 출원된 미국 출원 번호 제14/690,401호; 2014년 3월 14일에 출원된 미국 출원 번호 제14/212,961호; 2014년 7월 14일에 출원된 미국 출원 번호 제14/331,218호; 및 2016년 3월 16일에 출원된 미국 출원 번호 제15/072,290호 각각의 전체를, 인용으로 포함한다.

배경 기술

[0003] [0003] 본 개시내용은 디스플레이 시스템들에 관한 것으로, 보다 상세하게는 광의 멀티플렉싱에 관한 것이다.

[0004] [0004] 현대 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 소위 "가상 현실" 또는 "증강 현실" 경험들을 위한 시스템들의 개발을 용이하게 했으며, 여기서 디지털 방식으로 재생된 이미지들 또는 이미지들의 부분들은, 그들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 지각될 수 있는 방식으로 사용자에게 제시된다. 가상 현실, 또는 "VR" 시나리오는 통상적으로 다른 실제 세계 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 시나리오에서, AR 이미지 콘텐츠는 실제 세계의 객체들에 의해 차단되거나, 그렇지 않으면, 실제 세계의 객체들과 상호작용하는 것으로 지각될 수 있다.

[0005] [0005] 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(scene)(1)이 도시되며, 여기서 AR 기술의 사용자는 배경에 있는 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(1120)을 특징으로 하는 실세계 공원-형 세팅(1100)을 본다. 이들 아 이템들에 더하여, AR 기술의 사용자는 또한, 그가 "가상 콘텐츠", 이를테면, 실세계 플랫폼(1120) 상에 서 있는 로봇 동상(1110), 및 호박벌의 의인화인 것으로 보여지는 날고 있는 만화-형 아바타 캐릭터(1130)를 "보는 것"을 지각하지만, 이들 엘리먼트들(1130, 1110)은 실세계에 존재하지 않는다. 인간 시각 지각 시스템은 복잡하기 때문에, 다른 가상 또는 실세계 이미지리 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편안하고, 자연스럽고, 풍부한 프리젠테이션을 용이하게 하는 AR 기술을 생성하는 것은 난제이다.

[0006] [0006] 본원에 개시된 시스템들 및 방법들은 AR 및 VR 기술에 관련된 다양한 난제들을 해결한다.

발명의 내용

- [0007] 일부 실시예들에 따라, 광학 엘리먼트가 본원에서 제공된다. 일부 실시예들에서, 광학 엘리먼트는, 도파관, 격자 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제1 회절 격자들 — 하나 이상의 제1 회절 격자들은 도파관의 주 표면 상에 배치됨 —, 및 격자 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제2 회절 격자들을 포함하고, 하나 이상의 제2 회절 격자들은, 하나 이상의 제1 회절 격자들의 격자 방향이 하나 이상의 제2 회절 격자들의 격자 방향과 수직이 되도록 하나 이상의 제1 회절 격자들에 대해 배치된다.
- [0008] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 회절 격자들은 도파관의 최하부 주 표면 상에 배치되고, 하나 이상의 제2 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치되고, 하나 이상의 제2 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 위에 배치된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제2 회절 격자들은 격리 층에 의해 하나 이상의 제1 회절 격자들로부터 분리된다. 일부 실시예들에서, 격리 층은 투명 산화물 또는 중합체 재료를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 하나 이상의 제2 회절 격자들은 각각 대칭 회절 격자를 포함한다.
- [0009] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 회절 격자들은, 제1 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들 및 제1 회절 방향에 반평행한(anti-parallel) 제2 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제2 비대칭 회절 격자들을 더 포함하며; 하나 이상의 제2 회절 격자들은, 제3 선호 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제3 비대칭 회절 격자들 및 제3 회절 방향에 반평행한 제4 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제4 비대칭 회절 격자들을 더 포함한다.
- [0010] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 블레이즈드(blazed) 격자, 브래그(Bragg) 격자, 액정 격자, 정현파 격자, 이진 격자, 체적 위상 격자 또는 메타-표면 격자를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 액정 재료를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 네마틱 액정 재료(nematic liquid crystal material)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 콜레스테릭 액정 재료를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 중합 가능 액정 재료(polymerizable liquid crystal material)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 나노-임프린팅(nano-imprinting) 프로세스에 의해 형성된다. 일부 실시예들에서, 제1 비대칭 회절 격자는 제1 정렬 층 상에 증착되고 제3 비대칭 회절 격자는 제2 정렬 층 상에 증착된다.
- [0011] 일부 실시예들에서, 제2 비대칭 회절 격자는 제1 비대칭 회절 격자 상에 직접 증착되고 제4 비대칭 회절 격자는 제3 비대칭 회절 격자 상에 직접 증착된다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 편광 격자를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 편광 격자를 포함하고, 비대칭 회절 격자의 경사각은 콜레스테릭 액정 재료의 키랄성, 핸디드니스(handedness) 및 나선형 피치에 대응한다. 일부 실시예들에서, 각각의 비대칭 회절 격자의 경사각은 액정 재료의 키랄 도판트(chiral dopant)의 양에 대응한다. 일부 실시예들에서, 제1 비대칭 회절 격자, 제2 비대칭 회절 격자, 제3 비대칭 회절 격자 및 제4 비대칭 회절 격자는 복수의 액정 재료 층들을 포함하고, 상기 회절 격자들 중 하나의 회절 격자에 대한 복수의 액정 재료 층들 중 적어도 2개는 상이한 경사각들을 갖는다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들은 제1 원형 편광 핸디드니스를 포함하고, 하나 이상의 제2 비대칭 회절 격자들은 제1 원형 편광 핸디드니스에 직교하는 제2 원형 편광 핸디드니스를 포함한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제3 비대칭 회절 격자들은 제3 원형 편광 핸디드니스를 포함하고, 하나 이상의 제4 비대칭 회절 격자들은 제3 원형 편광 핸디드니스에 직교하는 제4 원형 편광 핸디드니스를 포함한다.
- [0012] 일부 양상들에 따라, 광 신호를 2차원으로 분배하는 방법이 본원에서 설명된다. 일부 실시예들에서, 방법은, 제1 회절 격자를 통해 제1 방향으로 광 신호를 분배하는 단계, 도파관에서 내부전반사를 통해 제1 방향으로 광 신호의 부분을 전파시키는 단계, 제1 회절 격자를 통해 아웃커플링 방향으로 제1 방향으로 전파되는 광 신호의 부분을 아웃커플링하는 단계, 제2 회절 격자를 통해 제2 방향으로 광 신호의 부분을 분배하는 단계, 도파관에서 내부전반사를 통해 제2 방향으로 광 신호의 부분을 전파시키는 단계, 및 제2 회절 격자를 통해 아웃커플링 방향으로 제2 방향으로 전파되는 광 신호의 부분을 아웃커플링하는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예

들에서, 제1 방향은 제2 방향에 수직이다. 일부 실시예들에서, 광 신호는 도파관의 주 표면 상에 배치된 복수의 위치들에서 아웃커플링된다.

도면의 간단한 설명

[0013]

[0013] 도 1은 AR(augmented reality) 디바이스를 통한 AR의 사용자의 뷰를 예시한다.

[0014] 도 2는 착용 가능 디스플레이 시스템의 예를 예시한다.

[0015] 도 3은 사용자에게 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다.

[0016] 도 4는 다중 깊이 평면들을 사용하여 3-차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다.

[0017] 도 5a 내지 도 5c는 곡률의 반경과 초점 반경 간의 관계들을 예시한다.

[0018] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다.

[0019] 도 7은 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예를 예시한다.

[0020] 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다.

[0021] 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 세트의 예의 측 단면도를 예시한다.

[0022] 도 9b는 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다.

[0023] 도 9c는 도 9a 및 도 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다.

[0024] 도 10은 2차원으로 분배되고 예시적인 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 인커플링된 광의 개략도를 도시한다.

[0025] 도 11a는 예시적인 회절 격자에 의해 예시적인 도파관 내로 인커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0026] 도 11b는 예시적인 도파관을 통해 전파되고 예시적인 회절 격자를 통해 예시적인 도파관으로부터 아웃커플링되는 인커플링된 광의 개략도를 도시한다.

[0027] 도 11c는 예시적인 회절 격자에 의해 제1 위치에서 예시적인 도파관 내로 인커플링되고, 제2 위치에서 제2 예시적인 회절 격자에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0028] 도 12a는 일부 실시예들에 따라, 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0029] 도 12b는 일부 다른 실시예들에 따라, 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0030] 도 13a는 예시적인 도파관 내로 인커플링되고, 일 차원으로 한 방향을 따라 분배되고, 선호 회절 방향을 갖는 예시적인 회절 격자를 통해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0031] 도 13b는 예시적인 도파관 내로 인커플링되고, 일 차원으로 두 방향들을 따라 분배되고, 역-병렬(anti-parallel) 선호 회절 방향들을 갖는 2개의 예시적인 회절 격자들을 통해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0032] 도 13c는, 선호 회절 방향을 갖는 예시적인 회절 격자에 의해 제1 위치에서 예시적인 도파관 내로 인커플링되고 제1 회절 격자와 동일한 도파관 측 상의 제2 위치에서 선호 회절 방향을 갖는 제2 예시적인 회절 격자에 의해 한 측으로부터 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0033] 도 13d는, 선호 회절 방향을 갖는 예시적인 회절 격자에 의해 제1 위치에서 예시적인 도파관 내로 인커플링되고 제1 회절 격자와 대향하는 도파관 측 상의 제2 위치에서 선호 회절 방향을 갖는 제2 예시적인 회절 격자에 의해 한 측으로부터 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0034] 도 14a는 일부 실시예들에 따라, 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 교차 비대칭 격자들을 포함하는

2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0035] 도 14b는 일부 실시예들에 따라, 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 교차 비대칭 격자들을 포함하는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0036] 도 15a는 예시적인 도파관 내로 인커플링되고, 일 차원으로 한 방향을 따라 분배되고, 예시적인 편광 격자를 통해 아웃커플링되는 좌회전 원형 편광된 광(left-handed circularly polarized light)의 개략도를 도시한다.

[0037] 도 15b는 예시적인 도파관 및 편광 격자를 통해 송신된 오른손 원형 편광의 개략도를 도시한다.

[0038] 도 15c는 예시적인 도파관 내로 인커플링되고, 일 차원으로 두 방향들을 따라 분배되고, 2개의 예시적인 역-병렬 편광 격자들을 통해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0039] 도 16a는 일부 실시예들에 따라 기판 위에 놓이는 정렬 층 상에 증착된 예시적인 액정 회절 격자의 개략도를 도시한다.

[0040] 도 16b는 일부 실시예들에 따라 나노-임프린트 정렬 프로세스를 사용하여 액정 회절 격자를 형성하기 위한 프로세스를 도시하는 개략도이다.

[0041] 도 16c는 일부 실시예들에 따라 나노-임프린트 정렬 프로세스를 사용하여 상이한 격자 주기를 갖는 액정 회절 격자 층들을 형성하기 위한 프로세스를 도시하는 개략도이다.

[0042] 도 16d는 대향하는 트위스트 각들을 갖는 2개의 액정 층들을 포함하는 역-병렬 회절 격자의 개략도를 도시한다.

[0043] 도 16e는 일부 실시예들에 따라 다수의 입사각들로부터 예시적인 도파관 내로 인커플링되고 상이한 경사각들을 갖는 액정 재료의 다수의 층들을 포함하는 예시적인 액정 편광 격자에 의해 일 차원에서 한 방향으로 분배되는 광의 개략도를 도시한다.

[0044] 도 16f는 일부 실시예들에 따라 다수의 입사각들로부터 예시적인 도파관 내로 인커플링되고 상이한 경사각들을 갖는 액정 재료의 다수의 층들을 포함하는 2개의 반평행 예시적 액정 편광 격자들에 의해 일 차원에서 두 방향으로 분배되는 광의 개략도를 도시한다.

[0045] 도 17a는 일부 실시예들에 따라, 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 교차 편광 격자들을 포함하는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0046] 도 17b는 일부 다른 실시예들에 따라, 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 교차 편광 격자들을 포함하는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0047] 도 17c는 일부 실시예들에 따라, 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 나노-임프린팅 프로세스를 이용하여 제조된 교차 편광 격자들을 포함하는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0048] 도 17d는 일부 실시예들에 따라, 다수의 입사각들로부터 인커플링되고, 2차원으로 분배되고, 교차 편광 격자들을 포함하는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서에 의해 다수의 각도들로 아웃커플링되는 광의 개략도를 도시한다.

[0049] 도면들은 예시적인 실시예들을 예시하기 위해 제공되며 본 개시내용의 범위를 제한하려는 의도는 아니다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] [0050] 일부 실시예들에서, 회절을 통해 2차원으로 광학 엘리먼트 상에 입사되는 광을 분배할 수 있는 광학 엘리먼트들이 본원에서 설명된다. 즉, 한 위치에서 광학 엘리먼트의 표면 상에 입사되는 광선은 광학 엘리먼트를 통해 2차원으로, 예컨대, 광학 엘리먼트의 길이 및 폭을 따라 전파될 수 있다. 인커플링된 광은 또한 광학 엘리먼트의 표면 상에 2차원으로 분배된 복수의 위치들에서, 광학 엘리먼트 밖으로 지향되거나, 또는 광학 엘리먼트로부터 아웃커플링될 수 있다.

[0015] [0051] 일부 실시예들에서, 본원에서 설명된 바와 같은 광학 엘리먼트는 광 분배 엘리먼트로서, 예컨대 대응하는 도파관 내로 및/또는 밖으로 광을 분배할 수 있는 광 분배 엘리먼트로서 사용될 수 있다. 일부 실시예들에

서, 본원에서 설명된 바와 같은 광학 엘리먼트는, 예컨대, 광을 편향시키거나 분배할 수 있고, 또한 광이 전파될 때 이 광의 빔 또는 스폿 크기를 증가시킬 수 있는 OPE(orthogonal pupil expander)로서 사용될 수 있다. 유리하게는, 그리고 일부 실시예들에 따라, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 광의 형태로 광학 신호들을 증강 현실 디바이스의 다른 광학 엘리먼트들 효율적으로 지향 및 분배하는 역할을 할 수 있다. 또한, 본원에서 설명된 바와 같은 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 광섬유 통신 애플리케이션들을 위해 광학 신호들을 멀티플렉싱하는데 유용할 수 있다.

[0016] [0052] 일부 실시예들에서, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 도파관 및 적어도 2개의 회절 격자들의 형태를 취할 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 회절 격자는 격자 방향을 가질 수 있고, 회절 격자들은 제1 회절 격자의 격자 방향이 제2 회절 격자의 격자 방향과 정렬되지 않도록 정렬될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 회절 격자의 격자 방향은 제2 회절 격자의 격자 방향에 수직이다. 회절 격자들은 도파관의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치될 수 있다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 적어도 2개의 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 적어도 2개의 회절 격자들은 도파관의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 상에 그리고 회절 격자의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다.

[0017] [0053] 일부 실시예들에서, 2개의 회절 격자들은, 제1 회절 격자의 격자 방향이 제2 회절 격자의 격자 방향과 수직이 되도록 배열되고, 이러한 어레이먼트는 유리하게는, 광의 2차원 분배를 허용할 수 있다. 즉, 일부 실시예들에서, 인커플링된 광이 도파관을 통해 전파됨에 따라, 인커플링된 광이 2-차원 도파관 광 멀티플렉서의 주 표면에 걸쳐 2-차원으로 분배된 복수의 위치들에서 아웃커플링되도록 이 인커플링된 광이 도파관 상에 배치된 회절 격자들과 상호작용한다. 광이 2-차원 도파관 광 멀티플렉서의 도파관을 통해 전파됨에 따라, 이 광은 제1 회절 격자와 상호작용할 수 있고, 이에 의해, 광이 제1 회절 격자의 회절 격자를 따라 분배된다. 분배된 광은 또한 제2 회절 격자와 상호작용할 것이며, 이에 의해, 제1 방향을 따라 분배된 광이 제2 회절 격자의 격자 방향을 따라, 예컨대, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서의 길이 차원 및 폭 차원을 따라 분배되어, 2차원의 광의 분배를 달성한다.

[0018] [0054] 일부 실시예들에서, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서의 회절 격자들은 선호 회절 방향들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자는 선호 회절 방향을 제공하는 구조적 특징들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자는 예컨대, 블레이즈드 격자, 브래그 격자, 액정 격자, 정현파 격자, 이진 격자, 체적 위상 격자 또는 메타-표면 격자일 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자는 비대칭 회절 격자일 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자는 편광 격자, 예컨대, 액정 편광 격자일 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자가 편광 격자인 경우, 회절 격자는 액정 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료는 네마틱 액정 또는 콜레스테릭 액정을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료는 아조-함유 중합체(azo-containing polymer)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료는 중합 가능 액정 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료는 반응성 메소겐(reactive mesogen)들을 포함할 수 있다.

[0019] [0055] 일부 실시예들에서, 액정 편광 격자는 나노-임프린팅 프로세스에 의해 제조될 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 편광 격자는 정렬 층 상에 액정 재료를 증착시킴으로써 제조될 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 편광 격자는 정렬 층을 포함하지 않을 수 있다.

[0020] [0056] 일부 실시예들에서, 액정 편광 격자는 하나 이상의 키랄 액정 층들을 포함할 수 있으며, 동일한 키랄성의 각각의 층은 상이한 경사각을 갖는다. 다수의 상이한 경사각들을 갖는 다수의 액정 층들을 제공함으로써, 액정 편광 격자는, 다수의 경사각들을 갖는 층들을 포함하지 않는 액정 편광 격자보다 더 넓은 광의 입사각 범위에 대해 높은 회절 효율들을 달성할 수 있다. 이러한 방식으로, 각각이 복수의 경사각들을 갖는 복수의 액정 층들을 포함하는 수직 액정 편광 격자들을 포함하는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 2차원으로 넓은 입사각 범위에서 광을 효율적으로 분배할 수 있다. 이러한 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 예컨대, 증강 현실 디바이스에 대해, 큰 동공 또는 큰 아이 박스(eye box)와 같은 넓은 시야를 갖는 이미지를 효율적으로 멀티플렉싱하는데 사용될 수 있다.

[0021] [0057] 이제 유사한 참조 번호들이 전반에 걸쳐 유사한 부분들을 지칭하는 도면들에 대한 참조가 이루어질 것이다.

[0022] [0058] 도 2는 웨어러블 디스플레이 시스템(80)의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(80)은 디스플레이(62), 및 그 디스플레이(62)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계 및 전자 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(62)는, 디스플레이 시스템 사용자 또는 뷰어(60)에 의해 착용 가능하고 사용자(60)의 눈들의 전방에 디스플레이

레이(62)를 포지셔닝하도록 구성된 프레임(64)에 커플링될 수 있다. 디스플레이(62)는 일부 실시예들에서, 안경류(eyewear)로 고려될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(66)는 프레임(64)에 커플링되고 사용자(60)의 외이도에 인접하게 포지셔닝된다(일부 실시예들에서, 도시되지 않은 다른 스피커가 사용자의 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/형상화가능(shapeable) 사운드 제어를 제공함). 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 또한 하나 이상의 마이크로폰들(67) 또는 사운드를 검출하기 위한 다른 디바이스들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로폰은 사용자가 시스템(80)에 입력들 또는 커맨드들(예컨대, 음성 메뉴 커맨드들의 선택, 자연어 질문 등)을 제공할 수 있도록 구성되고, 그리고/또는 다른 사람들(예컨대, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들)과의 오디오 통신을 허용할 수 있다. 마이크로폰은 또한, 오디오 데이터를 계속해서 수집하기 위해(예컨대, 사용자 및/또는 환경으로부터 수동적으로 수집하기 위해) 주변 센서로서 구성될 수 있다. 이러한 오디오 데이터는 사용자 사운드들, 이를테면, 거친 숨, 또는 환경 사운드들, 이를테면, 근처의 이벤트를 나타내는 큰 굉음(loud bang)을 포함할 수 있다. 디스플레이 시스템은 또한, 프레임(64)과 별개이고 사용자(60)의 신체(예컨대, 사용자(60)의 머리, 몸통, 손발(extremity) 등)에 부착될 수 있는 주변 센서(30a)를 포함할 수 있다. 주변 센서(30a)는 본원에서 추가로 설명된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 사용자(60)의 생리적인 상태를 특징화하는 데이터를 취득하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 센서(30a)는 전극일 수 있다.

[0023]

[0059] 도 2를 계속 참조하면, 디스플레이(62)는, 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 예컨대, 프레임(64)에 고정적으로 부착되거나, 사용자에게 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정적으로 부착되거나, 헤드폰들에 임베딩되거나, 그렇지 않으면 사용자(60)에게 제거 가능하게 부착되는(예컨대, 백팩(backpack)-스타일 구성으로, 벨트-커플링 스타일 구성으로) 로컬 데이터 프로세싱 모듈(70)에 통신 링크(68)에 의해, 예컨대, 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해, 동작 가능하게 커플링된다. 유사하게, 센서(30a)는 통신 링크(30b), 예컨대, 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해 로컬 프로세서 및 데이터 모듈(70)에 동작 가능하게 커플링될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 하드웨어 프로세서뿐 아니라, 디지털 메모리 예컨대, 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브들)를 포함할 수 있고, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 보조하기 위해 활용될 수 있다. 데이터는 a) 센서들(예컨대 프레임(64)에 동작 가능하게 커플링되거나 그렇지 않으면 사용자(60)에게 부착될 수 있음), 예컨대, 이미지 캡처 디바이스들(예컨대, 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스(compass)들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 자이로(gyro)들 및/또는 본원에서 개시된 다른 센서들로부터 캡처되고; 및/또는 b) 원격 프로세싱 모듈(72) 및/또는 원격 데이터 리포지토리(repository)(74)(가상 콘텐츠에 관련된 데이터를 포함함)를 사용하여 취득 및/또는 프로세싱되는(어쨌든, 이러한 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 디스플레이(62)에 전달하기 위한) 데이터를 포함한다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 통신 링크들(76, 78)에 의해, 예컨대, 유선 또는 무선 통신 링크들을 통하여, 원격 프로세싱 모듈(72) 및 원격 데이터 리포지토리(74)에 동작 가능하게 커플링될 수 있어서, 이들 원격 모듈들(72, 74)은 서로 동작 가능하게 커플링되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)에 대한 자원들로서 이용 가능하다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들 및/또는 자이로들 중 하나 또는 그 조합을 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이들 센서들 중 하나 이상은 프레임(64)에 부착될 수 있거나, 또는 유선 또는 무선 통신 통로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)과 통신하는 독립형 구조들일 수 있다.

[0024]

[0060] 도 2를 계속 참조하면, 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 리포지토리(74)는 "클라우드" 자원 구성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통하여 이용 가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 설비를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 리포지토리(74)는 정보, 예컨대, 증강 현실 콘텐츠를 생성하기 위한 정보를 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(72)에 제공하는 하나 이상의 원격 서버들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 모든 데이터는 저장되고 모든 컴퓨테이션들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 수행되어, 원격 모듈로부터 완전히 자율적인 사용을 허용한다.

[0025]

[0061] "3-차원" 또는 "3-D"인 것으로서 이미지의 지각은 뷰어의 각각의 눈에 이미지의 약간 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 도 3은 사용자에게 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 2개의 별개의 이미지들(5 및 7)(각각의 눈(4 및 6)에 대해 하나씩)이 사용자에게 출력된다. 이미지들(5, 7)은 뷰어의 시선과 평행한 광학 또는 z-축을 따라 거리(10) 만큼 눈들(4, 6)로부터 이격된다. 이미지들(5, 7)은 편평하고, 눈들(4, 6)은 단일 원근조절된 상태를 취함으로써 이미지들에 포커싱될 수 있다. 그러한 시스템들은 조합된 이미지에 대한 스케일 및/또는 깊이의 지각을 제공하기 위하여 이미지들

(5, 7)을 조합하는데 인간 시각 시스템에 의존한다.

[0026] [0062] 그러나, 인간 시각 시스템은 더 복잡하고 현실적인 깊이의 지각을 제공하는 것이 더 어렵다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 종래의 3-D 디스플레이 시스템들의 많은 뷰어들은 그런 시스템들이 불편하다는 것을 발견하거나, 깊이감을 전혀 지각하지 못할 수 있다. 이론에 의해 제한됨이 없이, 객체의 뷰어들은 이접운동 및 원근조절의 조합으로 인해 객체를 3-차원인 것으로 지각할 수 있다고 여겨진다. 서로에 대한 두 눈들의 이접운동(vergence) 움직임들(즉, 동공들이 객체를 응시하기 위해 눈들의 시선들을 수렴하도록 서로를 향해 또는 서로 멀어지게 움직이도록 하는 눈들의 회전)은 눈들의 동공들 및 렌즈들의 포커싱(또는 원근조절)과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들하에서, 하나의 객체로부터 상이한 거리에 있는 다른 객체로 포커스를 변화시키기 위하여, 눈들의 렌즈들의 포커스를 변화시키거나, 또는 눈들을 원근조절하는 것은 "원근조절-이접운동 반사(accommodation-vergence reflex)"로서 알려진 관계하에서, 동일한 거리에 대한 이접운동에서의 매칭하는 변화는 물론 동공 팽창 및 수축을 자동으로 유발할 것이다. 마찬가지로, 이접운동에서의 변경은 정상 조건들하에서, 렌즈 형상 및 동공 사이즈의, 원근조절에서의 매칭하는 변경을 트리거할 것이다. 본원에서 언급되는 바와 같이, 다수의 입체 또는 "3-D" 디스플레이 시스템들은, 3-차원 관점이 이 인간 시각 시스템에 의해 지각되도록 각각의 눈에 약간 상이한 프리젠테이션들(그리고 따라서, 약간 상이한 이미지들)을 사용하여 장면을 디스플레이한다. 그러나, 그러한 시스템들은 많은 뷰어들에게 불편한데, 그 이유는 다른 것들 중에서, 그러한 시스템들이 단순히 장면의 상이한 프리젠테이션을 제공하지만, 눈들이 단일 원근조절된 상태에서 모든 이미지 정보를 보고, 그리고 원근조절-이접운동 반사에 반하여 작동하기 때문이다. 원근조절과 이접운동 사이의 더 양호한 매칭을 제공하는 디스플레이 시스템들은, 증가된 착용 지속기간 및 결국, 진단 및 치료 프로토콜들에 대한 준수에 기여하는, 3-차원 이미저리의 더 현실적이고 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0027] [0063] 도 4는 다중 깊이 평면들을 사용하여 3-차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 도 4를 참조하면, z-축 상에서 눈들(4, 6)로부터의 다양한 거리들에 있는 객체들은, 이들 객체들이 인포커싱(in focus)되도록 눈들(4, 6)에 의해 원근조절된다. 눈들(4 및 6)은 z-축을 따라 상이한 거리들에 있는 객체들에 포커싱을 맞추게 하는 특정 원근조절된 상태들을 취한다. 결과적으로, 특정 원근조절된 상태는 연관된 초점 거리를 갖는 깊이 평면들(14) 중 특정한 하나의 깊이 평면과 연관되는 것으로 말할 수 있어서, 특정 깊이 평면의 객체들 또는 객체들의 부분들은, 눈이 해당 깊이 평면에 대해 원근조절된 상태에 있을 때 인포커싱된다. 일부 실시예들에서, 3-차원 이미저리는 눈들(4, 6) 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(4, 6)의 시야들은 예컨대, z-축을 따른 거리가 증가함에 따라 겹쳐질 수 있다는 것이 인지될 것이다. 게다가, 예시의 용이함을 위해 평평한 것으로 도시되지만, 깊이 평면의 윤곽들은 물리적 공간에서 만족될 수 있어서, 깊이 평면의 모든 특징들은 특정 원근조절된 상태에서 눈과 인포커싱된다는 것이 인지될 것이다.

[0028] [0064] 객체와 눈(4 또는 6) 간의 거리는 또한, 그 눈으로 볼 때, 그 객체로부터 광의 발산(divergence)의 양을 변화시킬 수 있다. 도 5a 내지 도 5c는 광선들의 거리와 발산 간의 관계들을 예시한다. 객체와 눈(4) 간의 거리는, 거리가 감소하는 순서로 R1, R2 및 R3에 의해 표현된다. 도 5a 내지 도 5c에 도시된 바와 같이, 광선들은, 객체에 대한 거리가 감소함에 따라 더 많이 발산하게 된다. 거리가 증가함에 따라, 광선들은 더욱 시준된다. 다른 말로 하면, 포인트(객체 또는 객체의 일부)에 의해 생성된 광 필드가 구체 파면 곡률을 가지는 것으로 말해질 수 있고, 구체 파면 곡률은, 포인트가 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수이다. 곡률은 객체와 눈(4) 간의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 결과적으로, 상이한 깊이 평면들에서, 광선들의 발산 정도는 또한 상이하고, 발산 정도는, 깊이 평면들과 뷰어의 눈(4) 간의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 단지 하나의 눈(4)이 도 5a 내지 도 5c 및 본원의 다른 도면들에서 예시의 명확성을 위해 예시되지만, 눈(4)에 대한 논의들이 뷰어의 양쪽 눈들(4 및 6)에 적용될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0029] [0065] 이론에 의해 제한됨이 없이, 인간 눈이 통상적으로 깊이 지각을 제공하기 위하여 유한 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있다고 여겨진다. 결과적으로, 지각된 깊이의 그럴듯한 시뮬레이션은, 눈에, 이들 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 상이한 프리젠테이션들이 뷰어의 눈들에 의해 별개로 포커싱될 수 있고, 그리하여, 상이한 깊이 평면 상에 로케이팅되는 장면에 대한 상이한 이미지 특징들에 포커스를 맞추도록 요구되는 눈의 원근조절에 기초하여 그리고/또는 상이한 깊이 평면들 상의 상이한 이미지 특징들이 아웃 포커스(out of focus)되는 것을 관찰하는 것에 기초하여 깊이 단서들을 사용자에게 제공하는 것을 돕는다.

[0030] [0066] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템

(1000)은 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 사용하여 3-차원 지각을 눈/뇌에 제공하기 위하여 활용될 수 있는 도파관들의 스택, 또는 스택된 도파관 어셈블리(178)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(1000)은 도 2의 시스템(80)이고, 도 6은 그 시스템(80)의 일부 부분들을 더 상세히 개략적으로 보여준다. 예컨대, 도파관 어셈블리(178)는 도 2의 디스플레이(62)의 부분일 수 있다. 디스플레이 시스템(1000)은 일부 실시예들에서 광 필드(light field) 디스플레이로서 간주될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0031] [0067] 도 6을 계속 참조하면, 도파관 어셈블리(178)는 또한 도파관들 사이에 복수의 특징들(198, 196, 194, 192)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 특징들(198, 196, 194, 192)은 하나 이상의 렌즈들일 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 및/또는 복수의 렌즈들(198, 196, 194, 192)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(200, 202, 204, 206, 208)은 도파관들에 대한 광의 소스로서 기능할 수 있고, 이미지 정보를 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 주입하기 위하여 활용될 수 있으며, 도파관들 각각은, 본원에 설명된 바와 같이, 눈(4)을 향하여 출력하기 위해 각각의 개별 도파관에 걸쳐 인입 광을 분산시키도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 출력 표면(300, 302, 304, 306, 308)을 나가고 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 대응하는 입력 표면(382, 384, 386, 388, 390)에 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(382, 384, 386, 388, 390) 각각은 대응하는 도파관의 에지일 수 있거나, 또는 대응하는 도파관의 주 표면의 일부일 수 있다 (즉, 도파관 표면들 중 하나는 직접적으로 세계(144) 또는 뷰어의 눈(4)을 향함). 일부 실시예들에서, 단일 광 빔(예컨대, 시준된 빔)은 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산의 양들)로 눈(4)을 향하여 지향되는 시준된 클론 빔(cloned collimated beam)들의 전체 필드를 출력하기 위하여 각각의 도파관으로 주입될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 하나의 이미지 주입 디바이스가 복수(예컨대, 3개)의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)과 연관되고 그에 광을 주입할 수 있다.

[0032] [0068] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 각각 대응하는 도파관(182, 184, 186, 188, 190)에 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 도관들(예컨대, 광섬유 케이블들)을 통하여 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 각각에 파이핑(pipe)할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력 단부들이다. 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)에 의해 제공되는 이미지 정보는 상이한 파장들 또는 컬러들(예컨대, 본원에서 논의된 바와 같이 상이한 컴포넌트 컬러들)의 광을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0033] [0069] 일부 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)로 주입된 광은 LED(light emitting diode)와 같은 광 이미터를 포함할 수 있는 광 모듈(2040)을 포함하는 광 프로젝터 시스템(2000)에 의해 제공된다. 광 모듈(2040)로부터의 광은 빔 분할기(2050)를 통해 광 변조기(2030), 예컨대, 공간 광 변조기에 지향되고 그에 의해 수정될 수 있다. 광 변조기(2030)는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 내로 주입되는 광의 지각된 세기를 변화시키도록 구성될 수 있다. 공간 광 변조기들의 예들은, LCOS(liquid crystal on silicon) 디스플레이들을 포함하는 LCD(liquid crystal display)들을 포함한다.

[0034] [0070] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(1000)은 광을 다양한 패턴들(예컨대, 래스터 스캔, 나선형 스캔, 리사주(Lissajous) 패턴 등)로 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 내로 그리고 궁극적으로 뷰어의 눈(4)으로 프로젝팅하도록 구성된 하나 이상의 스캐닝 섬유들을 포함하는 스캐닝 섬유 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 하나 또는 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 내로 광을 주입하도록 구성된 단일 스캐닝 섬유 또는 스캐닝 섬유들의 번들(bundle)들을 개략적으로 표현할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 복수의 스캐닝 섬유들 또는 스캐닝 섬유들의 복수의 번들들을 개략적으로 표현할 수 있으며, 이들 각각은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 중 연관된 하나 내로 광을 주입하도록 구성된다. 하나 이상의 광섬유들이 광 모듈(2040)로부터 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)로 광을 송신하도록 구성될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 스캐닝 섬유에서 나오는 광을 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)로 재지향시키도록, 스캐닝 섬유 또는 섬유들과 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 사이에 하나 이상의 개재된 광학 구조들이 제공될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0035] [0071] 제어기(210)는 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208), 광 소스(2040) 및 광 변조기(2030)의 동작을 포함한, 스택된 도파관 어셈블리(178)의 하나 이상의 도파관들의 동작을 제어한다. 일부 실시예들

에서, 제어기(210)는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(70)의 부분이다. 제어기(210)는 예컨대, 본원에 개시된 다양한 방식들 중 임의의 방식에 따라 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 대한 이미지 정보의 타이밍 및 제공을 조절하는 프로그래밍(예컨대, 비-일시적 매체의 명령들)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 제어기는 단일 통합 디바이스, 또는 유선 또는 무선 통신 채널들에 의해 연결되는 분산 시스템일 수 있다. 제어기(210)는 일부 실시예들에서, 프로세싱 모듈들(70 또는 72)(도 1)의 부분일 수 있다.

[0036] [0072] 도 6을 계속 참조하면, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 TIR(total internal reflection)에 의해 각각의 개별 도파관 내에서 광을 전파시키도록 구성될 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 각각 평면형이거나 다른 형상(예컨대, 곡선)을 가질 수 있으며, 주 최상부 및 최하부 표면들 및 이들 주 최상부와 최하부 표면들 사이에서 연장되는 예지들을 갖는다. 예시된 구성에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 이미지 정보를 눈(4)에 출력하기 위해 각각의 개별 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관 밖으로 재지향시킴으로써 도파관 밖으로 광을 추출하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 각각 포함할 수 있다. 추출된 광은 아웃커플링된 광으로서 또한 지칭될 수 있고, 아웃커플링 광학 엘리먼트들은 또한 광 추출 광학 엘리먼트들로서 지칭될 수 있다. 추출된 광 빔은, 도파관 내에서 전파되는 광이 광 추출 광학 엘리먼트에 부딪치는 위치들에서 도파관에 의해 출력된다. 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 예컨대, 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 회절성 광학 특징들을 포함하는 격자들일 수 있다. 설명의 용이함 및 도면 명확성을 위하여 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 최하부 주 표면들에 배치된 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 최상부 및/또는 최하부 주 표면들에 배치될 수 있고, 그리고/또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 볼륨에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착된 재료 층에 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 재료의 모놀리식 피스(piece)일 수 있고 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 재료의 해당 피스의 표면 상에 그리고/또는 그 내부에 형성될 수 있다.

[0037] [0073] 도 6을 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, 그러한 도파관(182)에 주입된 시준된 광을 눈(4)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 위의 다음 도파관(184)은, 시준된 광이 눈(4)에 도달할 수 있기 전에 제1 렌즈(192)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 통과하는 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있고; 그러한 제1 렌즈(192)는 약간 볼록한 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 위의 다음 도파관(184)으로부터 오는 광을, 광학적 무한대로부터 눈(4)을 향하여 안쪽으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 유사하게, 위의 제3 도파관(186)은 자신의 출력 광을 눈(4)에 도달하기 전에 제1(192) 및 제2(194) 렌즈들 둘 모두를 통과시키고; 제1(192) 및 제2(194) 렌즈들의 조합된 광학 전력은 다른 증분 양의 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 제3 도파관(186)으로부터 오는 광을, 위의 다음 도파관(184)으로부터의 광보다는 광학적 무한대로부터 사람을 향하여 안쪽으로 훨씬 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다.

[0038] [0074] 다른 도파관 층들(188, 190) 및 렌즈들(196, 198)은 유사하게 구성되는데, 스택에서 가장 높은 도파관(190)은 자신의 출력을, 사람과 가장 가까운 초점 평면을 나타내는 어그리게이트 초점 전력에 대해 자신과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통하여 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(178)의 다른 측 상에서 세계(144)로부터 오는 광을 보거나/해석할 때 렌즈들(198, 196, 194, 192)의 스택을 보상하기 위하여, 보상 렌즈 층(180)은 아래의 렌즈 스택(198, 196, 194, 192)의 어그리게이트 전력을 보상하기 위하여 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 이러한 구성은 이용 가능한 도파관/렌즈 쌍들이 존재하는 만큼 많은 지각된 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들 및 렌즈들의 포커싱 양상들 둘 모두는 정적(즉, 동적이거나 전자-활성이거나 없음)일 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 모두는 전자-활성 특징들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0039] [0075] 일부 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 중 둘 또는 그 초과는 동일한 연관된 깊이 평면을 가질 수 있다. 예컨대, 다수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 동일한 깊이 평면으로 세팅된 이미지들을 출력하도록 구성될 수 있거나, 또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 다수의 서브세트들은 동일한 복수의 깊이 평면들로 세팅된 이미지들(각각의 깊이 평면에 대해 하나의 이미지가 세팅됨)을 출력하도록 구성될 수 있다. 이는 그러한 깊이 평면들에서 확장된 시야를 제공하기 위해 타일 이미지(tiled image)를 형성하는 이점들을 제공할 수 있다.

- [0040] [0076] 도 6을 계속 참조하면, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 자신의 개별 도파관들 밖으로 광을 재지향시키고 그리고 또한 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적절한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 결과로서, 상이한 연관된 깊이 평면들을 가진 도파관들은 상이한 구성들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 가질 수 있고, 이러한 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 연관된 깊이 평면에 따라 상이한 양의 발산으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 특정 각도들로 광을 출력하도록 구성될 수 있는 볼류메트릭(volumetric) 또는 표면 특징들일 수 있다. 예컨대, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 볼륨 홀로그램들, 표면 홀로그램들, 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 특징들(198, 196, 194, 192)은 렌즈들이 아닐 수 있고; 오히려, 이들은 단순히 스페이서들(예컨대, 공기 갭들을 형성하기 위한 클래딩(cladding) 층들 및/또는 구조들)일 수 있다.
- [0041] [0077] 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 회절 패턴 또는 회절 광학 엘리먼트(또한 본원에서 DOE로서 지칭됨)를 형성하는 회절 특징들이다. 바람직하게는, DOE들은 충분히 낮은 회절 효율을 가져서, 단지 광의 일부만이 DOE의 각각의 교차로 인해 눈(4)을 향하여 편향되지만, 나머지는 TIR(total internal reflection)을 통하여 도파관을 통해 계속 이동한다. 따라서, 이미지 정보를 전달하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 나가는 다수의 관련된 출사 빔들로 분할되고 그 결과는 이런 특정 시준된 빔이 도파관 내에서 이리저리 바운딩되기 때문에 눈(4)을 향하는 상당히 균일한 출사 방출 패턴이다.
- [0042] [0078] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 DOE들은, 그것들을 활발하게 회절시키는 "온" 상태들과 그것들을 크게 회절시키지 않는 "오프" 상태들 간에 스위칭 가능할 수 있다. 예컨대, 스위칭 가능 DOE는, 마이크로액체들이 호스트 매질에서 회절 패턴을 포함하는 중합체 분산형 액정 층을 포함할 수 있고, 마이크로액체들의 굴절률은 호스트 매질의 굴절률에 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우에 패턴은 입사광을 현저하게 회절시키지 않음) 또는 마이크로액체는 호스트 매질의 인덱스에 매칭하지 않는 인덱스로 스위칭될 수 있다(이 경우 패턴은 입사광을 활발하게 회절시킴).
- [0043] [0079] 일부 실시예들에서, 예컨대, 사용자 입력들을 검출하고 그리고/또는 사용자의 생리적인 상태를 모니터링하기 위해 눈(4) 및/또는 눈(4) 주위 조직의 이미지들을 캡처하도록 카메라 어셈블리(500)(예컨대, 가시광 및 적외선 카메라들을 포함하는 디지털 카메라)가 제공될 수 있다. 본원에서 사용된 바와 같이, 카메라는 임의의 이미지 캡처 디바이스일 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(500)는 이미지 캡처 디바이스 및 눈에 광(예컨대, 적외선)을 프로젝팅하기 위한 광 소스를 포함할 수 있으며, 이 광은 그 후 눈에 의해 반사되고 이미지 캡처 디바이스에 의해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(500)는 프레임(64)(도 2)에 부착될 수 있고, 예컨대, 본원에서 논의된 바와 같이 사용자의 생리적인 상태에 관한 다양한 결정들을 내리기 위해 카메라 어셈블리(500)로부터의 이미지 정보를 프로세싱할 수 있는 프로세싱 모듈들(70 및/또는 72)과 전기 통신할 수 있다. 사용자의 생리적인 상태에 관한 정보는 사용자의 행동 또는 감정 상태를 결정하는 데 사용될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 이러한 정보의 예들은 사용자의 움직임들 및/또는 사용자의 얼굴 표정들을 포함한다. 사용자의 행동 또는 감정 상태는 그 후, 행동 또는 감정 상태, 생리적인 상태 및 환경적 또는 가상적 콘텐츠 데이터 간의 관계들을 결정하도록 수집된 환경적 및/또는 가상 콘텐츠 데이터로 삼각측량될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나의 카메라 어셈블리(500)가 각각의 눈을 별개로 모니터링하기 위해 각각의 눈에 대해 활용될 수 있다.
- [0044] [0080] 이제 도 7을 참조하면, 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예가 도시된다. 하나의 도파관이 예시되지만, 도파관 어셈블리(178)(도 6) 내의 다른 도파관들이 유사하게 기능할 수 있다는 것이 인지될 것이며, 여기서 도파관 어셈블리(178)는 다수의 도파관들을 포함한다. 광(400)은 도파관(182)의 입력 표면(382)에서 도파관(182)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(182) 내에서 전파된다. 광(400)이 DOE(282)에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 출사 빔들(402)로서 도파관을 나간다. 출사 빔들(402)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 본원에 논의된 바와 같이, 이들 출사 빔들(402)은 또한 도파관(182)과 연관된 깊이 평면에 따라, 임의의 각도로 눈(4)으로 전파되도록 재지향될 수 있다(예컨대, 발산하는 출사 빔들을 형성함). 실질적으로 평행한 출사 빔들은, 눈(4)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학적 무한대)에 있는 깊이 평면 상에 세팅된 것으로 보이는 이미지들을 형성하도록 광을 아웃커플링하는 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다는 것이 인지될 것이다. 다른 도파관들 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 더 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이는 눈(4)이 망막 상에 포커싱을 맞추게 하기 위해 더 가까운 거리로 원근조절하는 것을 요구할 것이고 광학적 무한대보다 눈(4)에 더 가까운 거리로부터의 광으로서 눈에 의해 해석될 것이다.
- [0045] [0081] 일부 실시예들에서, 풀(full) 컬러 이미지는 컴포넌트 컬러들, 예컨대, 3개 또는 그 초과 컴포넌트

컬러들 각각에 이미지들을 오버레이시킴으로써 각각의 깊이 평면에 형성될 수 있다. 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다. 예시된 실시예는 깊이 평면들(14a-14f)을 도시하지만, 더 많거나 더 적은 깊이들이 또한 고려될 수 있다. 각각의 깊이 평면은, 자신과 연관된 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들, 즉 제1 컬러(G)의 제1 이미지; 제2 컬러(R)의 제2 이미지; 및 제3 컬러(B)의 제3 이미지를 가질 수 있다. 상이한 깊이 평면들은 G, R 및 B 문자들 다음에 오는 디오퍼들(dpt)에 대한 상이한 숫자들에 의해 도면에 표시된다. 단지 예들로서, 이들 문자들 각각 다음에 오는 숫자들은 디오퍼들(1/m) 또는 뷰어로부터의 깊이 평면의 역 거리(inverse distance)를 표시하며, 도면들에서 각각의 박스는 개별 컴포넌트 컬러 이미지를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 상이한 파장들의 광의 눈의 포커싱에서의 차이를 참작하기 위해, 상이한 컴포넌트 컬러들에 대한 깊이 평면들의 정확한 배치는 변동될 수 있다. 예컨대, 주어진 깊이 평면에 대한 상이한 컴포넌트 컬러 이미지들은 사용자로부터의 상이한 거리들에 대응하는 깊이 평면들 상에 배치될 수 있다. 이러한 어레인지먼트는 시력 및 사용자의 편안함을 증가시킬 수 있고 그리고/또는 색수차들을 감소시킬 수 있다.

[0046] [0082] 일부 실시예들에서, 각각의 컴포넌트 컬러의 광은 하나의 전용 도파관에 의해 출력될 수 있고, 결과적으로, 각각의 깊이 평면은 그것과 연관된 다수의 도파관들을 가질 수 있다. 이러한 실시예들에서, 문자들 G, R 또는 B를 포함하는 도면들 내의 각각의 박스는 개별 도파관을 나타내는 것으로 이해될 수 있고, 3개의 도파관들이 깊이 평면 당 제공될 수 있으며, 여기서 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들이 깊이 평면 당 제공된다. 각각의 깊이 평면과 연관된 도파관들이 설명의 용이함을 위해 이 도면에서 서로 인접한 것으로 도시되지만, 물리적 디바이스에서, 도파관들은 모두 레벨 당 하나의 도파관을 갖는 스택으로 배열될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일부 다른 실시예들에서, 다수의 컴포넌트 컬러들이 동일한 도파관에 의해 출력될 수 있어서, 예컨대, 단지 단일 도파관이 깊이 평면 당 제공될 수 있다.

[0047] [0083] 도 8을 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, G는 녹색 컬러이고, R은 적색 컬러이고, B는 청색 컬러이다. 일부 다른 실시예들에서, 마젠타 및 시안을 포함하는, 다른 광의 파장들과 연관되는 다른 컬러들이 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 이상을 대체할 수 있거나, 또는 이에 추가로 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 특징들(198, 196, 194 및 192)은 주위 환경으로부터 시청자의 눈들로의 광을 선택적으로 차단하도록 구성된 능동 또는 수동 광학 필터들일 수 있다.

[0048] [0084] 본 개시내용 전반에 걸쳐 주어진 컬러의 광에 대한 참조는 그 주어진 컬러인 것으로서 뷰어에 의해 지각되는 광의 파장들의 범위 내의 하나 이상의 파장들의 광을 포함하는 것으로 이해될 것이란 점이 인지될 것이다. 예컨대, 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 약 435-493nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다.

[0049] [0085] 일부 실시예들에서, 광 소스(2040)(도 6)는 뷰어의 시각적 지각 범위 밖의 하나 이상의 파장들, 예컨대, 적외선 및/또는 자외선 파장들의 광을 방출하도록 구성될 수 있다. 또한, 디스플레이(1000)의 도파관들의 인커플링, 아웃커플링 및 다른 광 재지향 구조들은 예컨대, 이미징 및/또는 사용자 자극 애플리케이션들을 위해 사용자의 눈(4)을 향하여 디스플레이 밖으로 이 광을 지향 및 방출하도록 구성될 수 있다.

[0050] [0086] 이제 도 9a를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관에 충돌하는 광은 도파관 내로 그 광을 인커플링하기 위해 재지향될 필요가 있을 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트는 광을 그의 대응하는 도파관으로 재지향 및 인커플링하는 데 사용될 수 있다. 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 복수의 스택된 도파관들 또는 스택된 도파관들의 세트(1200)의 예의 측 단면도를 예시한다. 도파관들은 각각 하나 이상의 상이한 파장들, 또는 하나 이상의 상이한 파장들의 범위들의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 스택(1200)은 스택(178)(도 6)에 대응할 수 있고, 스택(1200)의 예시된 도파관들은, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 하나 이상으로부터의 광이 인커플링을 위해 광이 재지향되도록 요구하는 포지션으로부터 도파관들로 주입되는 것을 제외하면, 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 부분에 대응할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0051] [0087] 스택된 도파관들의 예시된 세트(1200)는 도파관들(1210, 1220, 및 1230)을 포함한다. 각각의 도파관은, (도파관 상의 광 입력 영역으로서 또한 지칭될 수 있는) 연관된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)는 도파관(1210)의 주 표면(예컨대, 상위 주 표면) 상에 배치되고, 인커플링 광학 엘리먼트(1224)는 도파관(1220)의 주 표면(예컨대, 상위 주 표면) 상에 배치되며, 인커플링 광학 엘리먼트(1232)는 도파관(1230)의 주 표면(예컨대, 상위 주 표면) 상에 배치된다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232) 중 하나 이상은 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)의 최하부 주 표면 상에

배치될 수 있다(특히, 하나 이상의 인커플링 광학 엘리먼트들은 반사성 편향 광학 엘리먼트들인 경우). 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은, 특히 이러한 인커플링 광학 엘리먼트들이 투과성 편향 광학 엘리먼트들인 경우, 그의 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)의 상위 주 표면(또는 다음 하위 도파관의 최상부) 상에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)의 바디에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 본원에서 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 파장 선택적이어서, 이들은 하나 이상의 광 파장들을 선택적으로 재지향시키면서 다른 광 파장들을 투과시킨다. 그의 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)의 한 측 또는 코너 상에서 예시되지만, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 일부 실시예들에서, 그의 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)의 다른 영역들에 배치될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0052] [0088] 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 서로 측방향으로 오프셋될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트는, 광이 다른 인커플링 광학 엘리먼트를 통과하지 않고 자신이 그 광을 수신하도록 오프셋될 수 있다. 예컨대, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)는 도 6에 도시된 바와 같이 상이한 이미지 주입 디바이스(200, 202, 204, 206, 및 208)로부터 광을 수신하도록 구성될 수 있고, 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)로부터 분리(예컨대, 측방향으로 이격)될 수 있어서, 그것은 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232) 중 다른 것들로부터의 광을 실질적으로 수신하지 않는다.

[0053] [0089] 각각의 도파관은 또한 연관된 광 분배 엘리먼트들을 포함하며, 예컨대, 광 분배 엘리먼트들(1214)은 도파관(1210)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되고, 광 분배 엘리먼트들(1224)은 도파관(1220)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되며, 광 분배 엘리먼트들(1234)은 도파관(1230)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최하부 주 표면 상에 각각 배치될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최상부 및 최하부 주 표면 둘 모두 상에 각각 배치될 수 있거나; 또는 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 상이한 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최상부 및 최하부 주 표면들 중 상이한 것들 상에 각각 배치될 수 있다.

[0054] [0090] 도파관들(1210, 1220, 1230)은 예컨대, 기체, 액체 및/또는 고체 재료 층들에 의해 이격되고 분리될 수 있다. 예컨대, 예시된 바와 같이, 층(1218a)은 도파관들(1210, 1220)을 분리할 수 있고; 층(1218b)은 도파관(1220 및 1230)을 분리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(1218a 및 1218b)은 저 굴절률 재료들(즉, 도파관들(1210, 1220, 1230) 중 바로 인접한 하나를 형성하는 재료보다 낮은 굴절률을 갖는 재료들)로 형성된다. 바람직하게는, 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료의 굴절률은 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료의 굴절률보다 0.05 이상으로 작거나 또는 0.10 이상으로 작다. 유리하게는, 더 낮은 굴절률 층들(1218a, 1218b)은 도파관들(1210, 1220, 1230)을 통한 광의 TIR(total internal reflection)(예컨대, 각각의 도파관의 최상부 및 최하부 주 표면들 사이의 TIR)을 용이하게 하는 클래딩 층들로서 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(1218a, 1218b)은 공기로 형성된다. 예시되지는 않았지만, 예시된 도파관들의 세트(1200)의 최상부 및 최하부는 바로 이웃한 클래딩 층들을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0055] [0091] 바람직하게는, 제조의 용이함 및 다른 고려사항들을 위해, 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하며, 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하다. 일부 실시예들에서, 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료는 하나 이상의 도파관들 간에 상이할 수 있고, 그리고/또는 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료는 여전히 위에서 언급된 다양한 굴절률 관계들을 유지하면서 상이할 수 있다.

[0056] [0092] 도 9a를 계속 참조하여, 광선들(1240, 1242, 1244)이 도파관들의 세트(1200) 상에 입사된다. 광선들(1240, 1242, 1244)은 하나 이상의 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)(도 6)에 의해 도파관들(1210, 1220, 1230) 내로 주입될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0057] [0093] 일부 실시예들에서, 광선들(1240, 1242, 1244)은 상이한 성질들, 예컨대, 상이한 파장들 또는 상이한 파장들의 범위들을 가지며, 이는 상이한 컬러들에 대응할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 각각, 입사광이 TIR에 의해 도파관들(1210, 1220, 1230) 중 각각의 하나를 통해 전파되도록 광을 편향시킨다.

[0058] [0094] 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)는 제1 파장 또는 파장들의 범위를 갖는 광선(1240)을 편향시키도록 구성될 수 있다. 유사하게, 투과된 광선(1242)은 제2 파장 또는 파장들의 범위의 광을 편향시키도록 구성

된 인커플링 광학 엘리먼트(1222)에 충돌하고 그에 의해 편향된다. 마찬가지로, 광선(1244)은 제3 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트(1232)에 의해 편향된다.

[0059] [0095] 도 9a를 계속 참조하면, 편향된 광선들(1240, 1242, 1244)은, 이들이 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되도록 편향되는데; 즉, 각각의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 해당 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230) 내로 광을 인커플링하도록 해당 대응하는 도파관 내로 광을 편향시킨다. 광선들(1240, 1242, 1244)은 광이 TIR에 의해 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되게 하는 각도들로 편향된다. 광선들(1240, 1242, 1244)은, 도파관의 대응하는 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)에 충돌할 때까지 TIR에 의해 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파된다.

[0060] [0096] 이제 도 9b를 참조하면, 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다. 위에서 언급된 바와 같이, 인커플링된 광선들(1240, 1242, 1244)은 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)에 의해 각각 편향되고, 그 후 도파관들(1210, 1220, 1230) 내에서 TIR에 의해 각각 전파된다. 그 후, 광선들(1240, 1242, 1244)은 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)에 각각 충돌한다. 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은, 광선들(1240, 1242, 1244)이 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)를 향해 각각 전파되도록 이들을 편향시킨다.

[0061] [0097] 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 OPE(orthogonal pupil expander)들이다. 일부 실시예들에서, OPE들은 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)로 광을 편향시키거나 분배하고, 광이 아웃커플링 광학 엘리먼트들로 전파될 때 이 광의 빔 또는 스폿 크기를 또한 증가시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 예컨대, 빔 크기가 이미 원하는 크기인 경우, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 생략될 수 있고, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)에 광을 직접 편향시키도록 구성될 수 있다. 예컨대, 도 9a를 참조하면, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)로 각각 대체될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)은 뷰어의 눈(4)(도 7)에 광을 지향시키는 EP(exit pupil)들 또는 EPE(exit pupil expander)들이다.

[0062] [0098] 따라서, 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관들의 세트(1200)는 각각의 컴포넌트 컬러에 대해 도파관들(1210, 1220, 1230; 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232); 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1214, 1224, 1234); 및 아웃커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, EP들)(1250, 1252, 1254)을 포함한다. 도파관들(1210, 1220, 1230)은 각각의 도파관 사이에 에어 갭/클래딩 층을 갖도록 스택될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 (상이한 인커플링 광학 엘리먼트들이 상이한 파장들의 광을 수신하므로) 입사광을 자신의 도파관으로 재지향 또는 편향시킨다. 그 후, 광은 각각의 도파관(1210, 1220, 1230) 내에서 TIR을 초래할 각도로 전파된다. 도시된 예에서, 광선(1240)(예컨대, 청색 광)은 제1 인커플링 광학 엘리먼트(1212)에 의해 편향되고, 그 후 도파관을 따라 계속 바운싱(bounce)하여, 앞서 설명된 방식으로, 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1214) 및 그 후 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1250)와 상호작용한다. 광선들(1242 및 1244)(예컨대, 각각 녹색 및 적색 광)은 도파관(1210)을 통과할 것이고, 광선(1242)은 인커플링 광학 엘리먼트(1222)에 충돌하고 그에 의해 편향된다. 그 후, 광선(1242)은 TIR을 통해 도파관(1220)을 따라 바운싱되어, 자신의 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1224)로 그리고 그 후 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1252)로 진행된다. 마지막으로, 광선(1244)(예컨대, 적색 광)은 도파관(1220)을 통과하여 도파관(1230)의 광 인커플링 광학 엘리먼트들(1232)에 충돌한다. 광 인커플링 광학 엘리먼트들(1232)은, 광선(1244)이 TIR에 의해 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1234)로, 그리고 그 후 TIR에 의해 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1254)로 전파되도록 그 광선을 편향시킨다. 그 후, 아웃커플링 광학 엘리먼트(1254)는 최종적으로 광선(1244)을 뷰어에 아웃커플링하며, 이 뷰어는 또한 다른 도파관들(1210, 1220)로부터 아웃커플링된 광을 수신한다.

[0063] [0099] 도 9c는 도 9a 및 도 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다. 예시된 바와 같이, 각각의 도파관의 연관된 광 분배 엘리먼트(1214, 1224, 1234) 및 연관된 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)와 함께, 도파관들(1210, 1220, 1230)은 수직으로 정렬될 수 있다. 그러나, 본원에서 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 수직으로 정렬되지 않고; 오히려, 인커플링 광학 엘리먼트들은 바람직하게는, 중첩되지 않는다(예컨대, 하향식도에서 보여지는 바와 같이 측방향으로 이격됨). 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 이러한 중첩되지 않는 공간적 어레이먼트는 일대일 기반으로 상이한 자원들로부터 상이한 도파관으로의 광의 주입을 용이하게 하고, 그리하여 특정 광 소스가 특정 도파관에 고유하게 커플링되도록 허용한다. 일부 실시예들에서, 중첩되지 않는 공간적으로-분리된 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하

는 어레이먼트들은 시프트된 동공 시스템으로서 지칭될 수 있고, 이러한 어레이먼트들의 인커플링 광학 엘리먼트들은 서브 동공들에 대응할 수 있다.

[0064] [0100] 이제, TIR을 통해 일부 실시예들에 따른 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1320)를 통해 전파되는 인커플링된 광(1310)의 예시적인 개략도를 도시하는 도 10이 참조될 것이다. 광(1310)은 그것이 전파됨에 따라 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1320)와 상호작용하고, 제1 차원, 예컨대 x-차원으로 2개의 방향들을 따라 분배되거나 또는 멀티플렉싱되며, 이로써 이 광은 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1320)로부터 법선 방향(normal direction)으로 2-차원 도파관 광 멀티플렉서로부터 아웃커플링(1312)된다. 광(1310)은 또한 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1320)와 상호작용하고, 제2 차원, 예컨대 y-차원으로 2개의 방향들을 따라 멀티플렉싱되고, 이로써, 이 광은 법선 방향으로 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1320)로부터 아웃커플링(1314)된다. 따라서, 인커플링된 광(1310)은 2차원으로 멀티플렉싱되고 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1320)로부터 아웃커플링(1312, 1314)된다.

[0065] [0101] 도 11a는 예시적인 회절 격자(1430)에 의해 예시적인 도파관(1420) 내로 인커플링되고 TIR을 통해 전파되는 광(1410)의 부분 개략도를 도시한다. 일부 실시예들에서, 회절 격자(1430)는 광의 파장(1410)(λ)을 도파관의 굴절률(n)로 나눈 것보다 크지만 광의 파장(1410)(λ) 보다 작은 주기(Λ)를 갖는다. 일부 실시예들에서, 회절 격자(1430)는 이진 또는 정현파 표면 릴리프 격자일 수 있다. TIR을 달성하기 위해, 1차 회절 각(θ)은 θ_c 보다 크며, 여기서 θ 및 θ_c 는 $n \cdot \sin(\theta) = \lambda/\Lambda$ 및 $n \cdot \sin(\theta_c) = 1$ 가 되도록 이루어지며, 이 경우에, 도파관 외부의 매체는 공기이다. 입사광(1410)은 회절 격자(1430)와 상호작용하고 도파관(1420) 내로 회절되고, 이로써 TIR이 달성된다. 회절된 광(1412)이 TIR을 통해 도파관(1420)을 통해 전파됨에 따라, 일부 광은 회절 격자(1430)와 여러 번 만나고 상호작용한다.

[0066] [0102] 전파되는 회절된 광(1412)이 회절 격자(1430)와 상호작용하는 도 11b에 예시된 바와 같이, 그것은 x-차원을 따라 2개의 방향들(1414, 1416)에서 도파관(1420)으로부터 아웃커플링되고, 그리하여 입사광(1410)의 멀티플렉싱을 달성한다. 이 아웃커플링은 +1 차 및 -1차 회절을 통해 발생한다.

[0067] [0103] 도 11c는, 도파관(1420) 상의 제1 위치의 제1 회절 격자(1432) 및 동일한 도파관 상의 제2 위치의 제2 회절 격자(1434)를 통해 광 멀티플렉싱을 달성하기 위해 위에서 설명된 현상이 어떻게 이용될 수 있는지를 보여준다. 광(1410)은 제1 회절 격자(1432) 상에 입사되며, 이로써 이 광은 위에서 설명된 바와 같이 회절되고 도파관(1420)을 통해 TIR에 의해 전파된다. 전파되는 광(1412)은 도파관(1420) 상의 제2 위치에서 제2 회절 격자(1434)와 상호작용하고, 이로써 이 광은 2개의 법선 방향들(1414, 1416)에서 아웃커플링된다. 따라서, 제1 위치에서 도파관(1420) 상에 입사되는 단일 입사 빔 또는 광선(1410)은 제2 위치에서 x-차원으로 양 방향들을 따라 멀티플렉싱 및 아웃커플링될 수 있다.

[0068] [0104] 일부 실시예들에서, 그리고 도 12a에 도시된 바와 같이, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1500)는 겹겹이 배치되는 2개의 회절 격자들(1532, 1534)을 포함함으로써 입사광의 2-차원 멀티플렉싱을 달성하기 위해 도 11a 내지 도 11c와 관련하여 위에서 설명된 현상을 활용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 회절 격자(1532)는 도파관(1520)의 최하부 주 표면 상에 로케이팅되고, 제2 회절 격자(1534)는 도파관(1520)의 최상부 주 표면 상에 로케이팅된다.

[0069] [0105] 중요하게는, 각각의 회절 격자(1532, 1534)는 대응하는 격자 방향을 갖고, 회절 격자들(1532, 1534)은, 제1 회절 격자(1532)의 격자 방향이 x-차원을 따르고 제2 회절 격자(1534)의 격자 방향에 수직(이는 y-차원을 따름)이 되도록 배열된다. 일부 실시예들에서, 제1 회절 격자의 격자 방향이 제2 회절 격자의 격자 방향에 수직인 2개의 회절 격자들의 이러한 어레이먼트는 교차 회절 격자들로서 지칭될 수 있다. 일부 실시예들에 따라, 그리고 도 12a에 도시된 바와 같이, 격자 방향은 회절 격자(1532, 1534)의 물리적 배향에 대응한다.

[0070] [0106] 사용에 있어, 입사광(1510)은 제1 회절 격자(1532)와 상호작용하고, 이에 의해 이 광은 x-차원의 양 방향들을 따라 회절 및 확산된다. 회절된 광은 TIR에 의해 도파관(1520)을 통해 전파된다. 광이 전파됨에 따라, 이 광은 제1 회절 격자(1532)와 재차 상호작용할 수 있으며, 회절되고 때로는 도파관(1520) 밖으로 아웃커플링(1512)될 수 있다. 그러나, 회절 광(1512) 중 일부는 제2 회절 격자(1534)와 상호작용하고, 도파관(1520) 내로 안쪽으로 다시 회절된다. 제2 회절 격자(1534)에 의해 회절된 이 광은, 이 광이 제2 회절 격자(1534)에 의해 회절된 후 TIR에 의해 도파관(1520)을 통해 전파됨에 따라 y-차원의 양 방향들을 따라 확산될 수 있다. 광이 y-차원에서 전파됨에 따라, 이 광은 제2 회절 격자(1534)와 재차 상호작용할 수 있으며, 회절되고 도파관(1520) 밖으로 아웃커플링(1516)될 수 있다. 광이 2-차원으로 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1500)로부터 아웃커플링(1512, 1516)될 때까지, 이 프로세스가 여러 번 지속된다.

- [0071] [0107] 일부 실시예들에서, 그리고 도 12b에 예시된 바와 같이, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1500)는 도파관(1520)의 최상부 주 표면 상에 배치된 제1 회절 격자(1532) 및 제1 회절 격자(1532) 및 도파관(1520)의 최상부 주 표면 위에 배치된 제2 회절 격자(1534)를 포함할 수 있다. 이 구성은 도 12a에 예시된 2-차원 도파관 광 멀티플렉서와 유사하게 기능하고 그와 동일한 2-차원 광 멀티플렉싱(1512)을 달성할 수 있다. 도 12b를 계속 참조하면, 그리고 일부 실시예들에서, 제1 회절 격자(1532) 및 제2 회절 격자(1534)는 스페이서 재료(1540)에 의해 분리될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스페이서 재료(1540)는 광학적으로 투명한 재료, 예컨대 광학적으로 투명한 산화물 재료 또는 광학적으로 투명한 중합체를 포함할 수 있다.
- [0072] [0108] 부가적으로, 일부 실시예들에서, 광(1510)은 도 11c와 관련하여 위에서 설명된 것과 유사한 방식으로, 제1 및 제2 회절 격자들(1532, 1534)로부터, 도파관(1520) 상의 별개의 위치에 포지셔닝된 별개의 회절 격자 또는 다른 광학 엘리먼트를 통해 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1500) 내로 초기에 인커플링될 수 있다.
- [0073] [0109] 일부 실시예들에서, 회절 격자는 비대칭 회절 격자일 수 있어서, 회절 격자는 선호 회절 방향을 갖게 된다. 일부 실시예들에서, 비대칭 회절 격자는 예컨대, 블레이즈드 격자, 브래그 격자, 액정 격자, 정현파 격자, 이진 격자, 체적 위상 격자 또는 메타-표면 격자일 수 있다. 일부 실시예들에서, 비대칭 회절 격자는 편광 격자, 예컨대, 액정 편광 격자일 수 있다. 회절 격자(1630)가 선호 회절 방향을 갖는 비대칭 회절 격자인 도 13a에 예시된 바와 같이, 광(1610)은 주로, 예컨대 선호 회절 방향을 따라 예시적인 도파관(1620)에서 TIR을 통해 분배될 것이다. 일부 실시예들에서, 그리고 도 13a에 도시된 바와 같이, 회절 격자(1630)는 단지 +1 차수로, 그리고 우선적으로 좌측으로 광(1610)을 분배한다. 유리하게는, 도 11a에 도시된 회절 격자(1430)와 비교할 때, 회절 격자(1630)는 단지 선호 회절 방향을 따라 +1차 회절만을 나타낸다. 또한, 비대칭 회절 격자(1630)는 대칭 회절 격자, 예컨대, 이진 또는 정현파 표면 릴리프 격자보다 더 높은 회절 효율을 나타낼 수 있다. 더 높은 회절 효율은 격자와 상호작용하는 광 중 더 많은 광이 선호 회절 방향에서 회절되게 할 수 있으며, 그리하여 예컨대, 감소된 신호 손실 또는 보다 더 낮은 전력의 광 신호를 사용하는 능력으로 이어질 수 있다. 따라서, 전파되는 광(1612)으로서 예시되는 광 멀티플렉싱은 주로 도파관(1620)을 통해 일 차원의 선호 회절 방향에서 발생할 것이다. 본원에서 설명된 다른 실시예들에서와 같이, 도파관(1620)을 통해 TIR에 의해 전파되는 광(1612)이 선호 회절 방향을 따라 회절 격자(1630)와 상호작용할 때, 이 광은 상호작용이 발생하는 위치들에서 회절 격자(1630)와 일반적으로 수직으로 아웃커플링(1614)된다.
- [0074] [0110] 일부 실시예들에서, 그리고 도 13b에 도시된 바와 같이, 제1 비대칭 회절 격자(1632)는 도파관(1620)의 주 표면 상에 배치될 수 있고, 제2 비대칭 회절 격자(1634)는 제1 회절 격자(1632) 위에 배치될 수 있다. 제2 회절 격자(1634)는 회절 방향이 제1 회절 격자(1632)의 회절 방향과 반평행하도록 구성된다. 입사광(1610)은 도 13a에 대해 위에서 설명된 바와 같이, 도파관(1620)을 통과하고 제1 회절 격자(1632)와 상호작용한다. 일부 광은 제1 회절 격자(1632)에 의해 회절되지 않고 이 광이 제2 회절 격자(1634)와 상호작용하는 법선 방향으로 계속된다. 제2 회절 격자(1634)의 회절 방향이 제1 회절 격자(1632)의 회절 방향과 반평행하기 때문에, 제2 회절 격자(1634)는 제1 회절 격자(1632)와 동일한 차원을 따라 대향하는 방향으로 광을 회절 및 확산시킨다. 제1 회절 격자(1632)에 의해 회절된 광은 이 광이 선호 회절 방향을 따라 전파됨에 따라 제1 회절 격자(1632)와 상호작용하고, 상호작용이 발생하는 위치들에서 회절 격자(1632)에 수직으로 아웃커플링(1614)된다. 유사하게, 제2 회절 격자(1634)에 의해 회절된 광은 이 광이 선호 회절 방향을 따라 전파됨에 따라 제2 회절 격자(1634)와 상호작용하고, 상호작용이 발생하는 위치들에서 회절 격자(1634)에 수직으로 아웃커플링(1614)된다. 이러한 방식으로, 그리고 일부 실시예들에 따라, 2개의 반평행 비대칭 회절 격자들(1632, 1634)의 어레이먼트는 일 차원에서 양방향성(bi-directional) 광 멀티플렉싱을 달성할 수 있다.
- [0075] [0111] 도 13c는, 도파관(1620) 상의 제1 위치의 제1 비대칭 회절 격자(1632) 및 동일한 도파관 상의 제2 위치의 제2 회절 격자(1634)를 통해 지향성 광 멀티플렉싱을 달성하기 위해 위에서 설명된 현상이 어떻게 이용될 수 있는지를 예시한다. 도 11c에 예시된 실시예와 유사하게, 광(1610)은 제1 회절 격자(1632) 상에 입사되며, 이로써 이 광은 회절되고 도파관(1620)을 통해 TIR에 의해 전파된다. 광(1610)은 선호 회절 방향으로 회절되고 따라서 회절 격자(1632)는, 광(1410)을 2개의 대향하는 방향으로 회절시키는 도 11c의 회절 격자(1432)보다 높은 회절 효율을 달성할 수 있다. 전파되는 광(1612)은 도파관(1620) 상의 제2 위치에서 제2 회절 격자(1634)와 상호작용하고, 이로써 이 광은 법선 방향으로 그리고 2개의 법선 방향들(1414, 1416)로 광을 아웃커플링하는 도 11c의 회절 격자(1434)와 비교하여 반대 방향으로 아웃커플링(1614)된다. 따라서, 재차, 도 13c에 예시된 광학 엘리먼트는 도 11c에 예시된 광학 엘리먼트와 비교하여 제2 회절 격자(1634)로부터 아웃커플링되는 광에 대해 더 높은 효율을 달성할 수 있다. 따라서, 제1 위치에서 도파관(1620) 상에 입사되는 광(1610)은 제2 위치에서 일 차원으로 단일 방향을 따라 효율적으로 멀티플렉싱 및 아웃커플링될 수 있다.

- [0076] [0112] 도 13d는, 제2 위치에서 도파관(1620)의 최하부 주 표면 상에 제2 회절 격자(1634)를 포함시킴으로써 도 13c의 광학 엘리먼트에 의해 달성된 것과 유사한 효과가 달성될 수 있음을 예시한다. 제2 회절 격자(1634)는, 반사성으로 동작하고 반사 회절 격자로서 지칭될 수 있는 도 13c의 제2 회절 격자(1634)와 비교하여, 투과성으로 동작하고 투과 회절 격자로 지칭될 수 있다. 도 13c의 광학 디바이스와 비교하여, 도 13d에 예시된 그리고 일부 실시예들에 따른 광학 디바이스는, 일 차원으로 단일 방향을 따라 효율적인 광 멀티플렉싱을 달성할 수 있다. 도 13d의 광학 디바이스는 제2 위치에서 일 차원으로 단일 방향으로 광(1614)을 아웃커플링할 수 있다.
- [0077] [0113] 도 14a에 예시된 그리고 일부 실시예들에 따른 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1700)는 제1 비대칭 회절 격자(1732) 및 다른 하나 위에 배치된 제2 비대칭 회절 격자(1734)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 제1 회절 격자(1732)는 도파관(1720)의 최하부 주 표면 상에 로케이팅되고 제2 회절 격자(1734)는 도파관(1720)의 최상부 주 표면 상에 로케이팅된다. 제1 비대칭 회절 격자(1732)는, 위에서 논의된 바와 같이 선호 회절 방향이 제2 비대칭 회절 격자(1734)의 선호 회절 방향에 수직이 되도록 배열된다. 이러한 어레이먼트의 회절 격자들은 교차 회절 격자들로서 지칭될 수 있다.
- [0078] [0114] 도 14a에 예시된 그리고 일부 실시예들에 따른 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1700)는, 도 12a에 예시된 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1500)와 유사한 결과를 달성하지만, 어쩌면 더 높은 효율을 갖는다. 사용에 있어, 입사광(1710)은 제1 회절 격자(1732)와 상호작용하고, 이에 의해 제1 차원에서 선호 회절 방향을 따라 회절 및 확산 또는 멀티플렉싱된다. 회절된 광은 TIR에 의해 도파관(1720)을 통해 전파된다. 광이 전파됨에 따라, 이 광은 제1 회절 격자(1732)와 상호작용하고 회절되고 아웃커플링(1712)된다. 제1 회절 격자(1732)에 의해 회절된 광의 일부는 제2 회절 격자(1734)와 상호작용하고, 제1 회절 격자(1732)의 선호 회절 방향에 수직인, 제2 회절 격자의 선호 회절 방향을 따라 TIR을 통해 도파관 내에서 전파되도록 회절될 수 있다. 이 광은 제2 회절 격자(1732)에 의해 재차 회절될 수 있고 도시된 바와 같이 전방(z) 방향으로 광 가이드(light guide)로부터 아웃커플링될 수 있다. 광이 2-차원으로 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1700)로부터 아웃커플링(1712, 1714)될 때까지, 이 프로세스가 여러 번 지속된다. 특히, 비대칭 회절 격자들은 원하는 선호 회절 방향으로 광을 회절시키기 때문에, 다른 방향들 또는 다른 차수들의 회절을 통해 더 적은 광이 손실되고 그리하여 2-차원 도파관 광 멀티플렉서가 오리지널 입사광 신호를 더 많이 분배하고 멀티플렉싱할 수 있게 한다.
- [0079] [0115] 도 14b는, 도파관(1720)의 최상부 주 표면 상에 배치된 제1 비대칭 회절 격자(1732) 및 도파관(1720)의 최상부 주 표면 상의 제1 회절 격자(1732) 위에 배치된 제2 비대칭 회절 격자(1734)를 포함하는, 일부 실시예들에 따른 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1700)를 예시한다. 도 14a에 예시된 실시예에서와 같이, 제1 비대칭 회절 격자(1732) 및 제2 비대칭 회절 격자(1734)는 교차된다. 제1 및 제2 비대칭 회절 격자들의 이러한 구성은 도 14a에 예시된 2-차원 도파관 광 멀티플렉서와 유사하게 기능하고 그와 동일한 2-차원 광 멀티플렉싱을 달성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 비대칭 회절 격자(1732) 및 제2 회절 격자(1734)는 스페이서 재료에 의해 분리될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스페이서 재료는 광학적으로 투명한 재료, 예컨대 광학적으로 투명한 산화물 재료 또는 광학적으로 투명한 중합체를 포함할 수 있다.
- [0080] [0116] 부가적으로, 일부 실시예들에서, 광(1710)은 도 13c와 관련하여 위에서 설명된 것과 유사한 방식으로, 제1 및 제2 비대칭 회절 격자들(1732, 1734)로부터, 도파관(1720) 상의 별개의 위치에 포지셔닝된 별개의 회절 격자를 통해 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(1700) 내로 초기에 인커플링될 수 있다.
- [0081] [0117] 도 15a에 도시된 바와 같이, 그리고 일부 실시예들에서, 회절 격자는 편광 격자일 수 있다. 편광 격자는 격자 벡터를 따라 주기적으로 변동되는 복굴절 패턴을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 편광 격자의 격자 축은 브래그 조건을 만족시키도록 기울어질 수 있어서, 회절 효율은 원하는 각도, 예컨대, 편광 격자(1830)가 도 15a에 예시된 바와 같이 도파관(1820)의 주 표면 상에 배치될 때 TIR을 달성하는 회절 각에서 최대화되게 된다. 일부 실시예들에서, 편광 격자는 액정 재료들을 포함할 수 있다. 예컨대, 편광 격자(1830)는 정렬된 액정 분자들(1840)을 포함할 수 있다. 편광 격자(1830)의 비대칭 구조 및 경사진 격자 축으로 인해, 편광 격자(1830)는 편광 격자의 패턴에 의존하여, 단지 원하는 유형의 원형으로 편광된 광, 예컨대, 좌회전 원형 편광된 광에 대해 광(1810)을, +1차 회절의 선호 방향으로 회절시킨다. 이러한 방식으로, 편광 격자에 입사되는 원형으로 편광된 광은 예컨대, 도 13a와 관련하여 설명된 비대칭 회절 격자와 유사하게 행동할 수 있다. 직교 편광, 예컨대, 우회전 원형 편광된 광(right-handed circularly polarized light)을 갖는 임의의 광은 도 15b에 예시된 바와 같이 편광 격자(1830)를 통해 투과될 것이고 회절되지 않을 것이다. 일부 실시예들에서, 편광이 예컨대, 좌회전 원형 편광된 광을 우선적으로 회절시키고 우회전 원형 편광된 광을 투과시키는 경우, 편광

격자는 좌회전 편광 격자로서 지칭될 수 있다.

- [0082] [0118] 도 15c는, 제1 편광을 갖는 제1 편광 격자(1832), 및 제1 편광 격자 위에 배치되고 제1 편광 격자 및 도파관(1820)의 회절 방향에 반평행한, 제1 편광에 직교하는 제2 편광을 갖는 제2 편광 격자(1834)를 갖는 반대칭 편광 격자(1800) 또는 광학 엘리먼트를 통해 양지향성 광 멀티플렉싱을 달성하기 위해 위에서 설명된 현상이 어떻게 이용될 수 있는지를 예시한다. 일부 실시예들에서, 제1 편광 격자(1832)는 정렬된 액정 분자들(1842)을 포함할 수 있고 제2 편광 격자(1834)는 정렬된 액정 분자들(1844)을 포함할 수 있다. 2개의 반평행 편광 격자들을 통해 달성되고 도 15c에 도시된 양지향성 멀티플렉싱은 도 13b에 예시된 반평행 회절 격자들을 통해 달성되는 양지향성 멀티플렉싱과 유사하다. 선형으로 또는 타원형으로 편광되거나 편광되지 않는 광(1810)이 입사된다. 예컨대, 제1 편광 격자(1832) 상에서, 제1 편광 격자의 편광에 대응하는 광의 부분은 선호 회절 방향을 따라 편광 격자(1832)에 의해 회절 또는 인커플링된다. 제1 편광 격자(1832)의 편광에 대응하지 않는 편광을 갖는 광은 제1 편광 격자(1832)를 통해 투과되며, 여기서 이 광은 제2 편광 격자(1834)와 상호작용한다. 제2 편광 격자(1834)와의 상호작용 시에, 제2 편광 격자(1834)의 편광에 대응하는 편광을 갖는 광은, 제1 편광 격자(1832)의 회절 방향과 반평행한 제2 편광 격자(1834)의 선호 회절 방향을 따라 회절 또는 인커플링된다. 회절 또는 인커플링된 광은 TIR을 통해 그의 대응하는 회절 방향으로 계속 전파되고, 여기서 이 광은 대응하는 편광 격자와 상호작용하도록 진행되어서, 그 광은 아웃커플링되어 일 차원에서 양지향성 멀티플렉싱을 달성한다.
- [0083] [0119] 일부 실시예들에서, 편광 격자는 액정 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 편광 격자가 액정 재료를 포함하는 경우, 편광 격자 축의 경사 또는 각도는 액정 재료 내의 도펀트들의 양 및/또는 키랄성을 제어함으로써 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정이 네마틱 액정을 포함하는 경우, 액정 재료에 존재하는 키랄 도펀트들의 양 및/또는 키랄성은 편광 격자 축의 원하는 경사를 달성하도록 조정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 편광 격자가 콜레스테릭 액정 재료를 포함하는 경우, 액정 재료의 콜레스테릭 액정의 키랄성 또는 핸드니스는 원하는 편광 격자 축 경사를 달성하도록 제어될 수 있다.
- [0084] [0120] 일부 실시예들에서, 액정 재료는 고 키랄성 액정 재료 및 더 낮은 키랄성을 갖는 액정 재료의 혼합물을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료의 키랄성은 고 키랄성 액정 재료 대 저 키랄성 액정 재료의 비를 조정함으로써 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료는 비-키랄 액정 재료 및 키랄 도펀트를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료의 키랄성은 액정 재료에 존재하는 키랄 도펀트의 양을 조정함으로써 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료는 키랄성이 아니다. 일부 실시예들에서, 액정 재료의 원하는 키랄성은 광의 파장, 광의 입사각, 도파관 내의 광의 이동 각, 또는 다른 팩터들에 대응할 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료는 중합 가능 액정 재료들일 수 있다.
- [0085] [0121] 일부 실시예들에서, 그리고 도 16a에 예시된 바와 같이, 편광 격자와 같은 회절 격자는 기관(1900) 상에 정렬 층(1910)을 증착함으로써 제조될 수 있다. 일부 실시예들에서, 정렬 층(1910)은 액정 재료의 결정 분자들(1950)을 원하는 배향으로 정렬시키는 역할을 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 기관(1900)은 예컨대, 도파관을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 증착된 정렬 층(1910)은 원하는 방향으로 액정 재료(1920)를 정렬시키도록 패터닝될 수 있다. 일부 실시예들에서, 액정 재료(1920)는 후속적으로 정렬 층(1910) 상에 증착되어 회절 격자를 형성할 수 있다.
- [0086] [0122] 일부 실시예들에서, 다수의 상이한 정렬 프로세스들이 회절 격자를 제조하는데 활용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 정렬 프로세스는 액정 재료의 결정들을 정렬시켜 회절 격자를 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 회절 격자는, 예컨대, 2016년 11월 18일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 제62/424,305호 및 제62/424,310호에 개시된 프로세스들에 따라 제조될 수 있으며, 이로써 이 특허들은 그 전체가 인용에 의해 포함된다. 일부 실시예들에서, 증착된 액정 층은, 아조-함유 중합체와 같은 액정 재료의 광-정렬, 마이크로-러빙(micro-rubbing), 나노-임프린팅 또는 홀로그래픽 기록(holographic recording)에 의해 정렬될 수 있다. 일부 실시예들에서, 나노-임프린팅 프로세스는 액정 재료를 정렬하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 예컨대, 중합 가능한 액정 재료 또는 반응성 메소젠 재료가 회절 격자를 형성하는 데 사용된다. 액정 재료의 제1 층은 정렬을 위해 임프린팅될 수 있고, 그 후, 추가적인 정렬 층 또는 프로세스를 필요로 함 없이, 임의의 후속적으로 증착되는 임의의 액정 층에 대한 정렬 층으로서 역할을 할 수 있다.
- [0087] [0123] 일부 실시예들에 따라, 그리고 도 16b에 예시된 바와 같이, 제1 중합 가능 액정 층(1920)이 예컨대, 도파관을 포함할 수 있는 기관(1900) 상에 증착된다. 증착된 제1 액정 층(1920)은 그 후 나노-임프린팅 프로세스를 통해 정렬될 수 있다. 나노구조들을 포함하는 임프린트 템플릿(1930)은 제1 액정 층(1920)의 액정들이 원하는 방식으로 정렬되도록 제1 액정 층(1920)의 표면 상에 가압될 수 있다. 그 후, 제1 액정 층(1920)은 중합될

수 있고, 임프린팅 템플릿(1930)이 제1 액정 층(1920)으로부터 분리 및 제거될 수 있으며, 이 제1 액정 층(1920)의 표면은 임프린팅 템플릿(1930)의 구조에 대응하는 엠보싱 패턴을 포함한다. 그 후, 제2 액정 층(1922)이 제1 액정 층(1920) 상에 증착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 액정 층(1922)은 제1 액정 층(1920)과 동일한 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 액정 층(1922)은 제1 액정 층(1920)과 상이한 키랄성을 갖는 액정 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 액정 층(1922)은 제1 액정 층(1920)의 키랄성에 의해 결정된 키랄성을 갖는 액정 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 액정 층(1920)의 임프린팅된 패턴은 증착된 제2 액정 층(1922)을 정렬시키는 역할을 한다. 추가적인 액정 층(1924) 또는 층들은 추가적인 임프린팅 또는 정렬 단계를 필요로 함 없이, 제2 액정 층(1922) 상에 증착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 추가적인 액정 층(1924) 또는 층들은 제1 또는 제2 액정 층(1920, 1922)과 동일한 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 추가적인 액정 층은 하나 이상의 다른 액정 층들과 상이한 키랄성을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2, 제3, 제4, 제5 또는 그 이상의 액정 층의 증착 후에, 제조된 회절 격자의 표면 상에 어떠한 임프린팅 시그니처도 남아있지 않는데, 그 이유는, 후속적으로 증착된 액정 층들이 임프린팅된 표면 구조를 채우고, 그리하여 격자 상에 매끄러운 표면을 남기기 때문이다.

[0088] [0124] 유리하게는, 그리고 일부 실시예들에 따라, 위에서 설명된 나노-임프린팅 프로세스는, 기판 상에 다양한 공간 패턴들, 예컨대, 상이한 격자 주기들을 갖는 격자 패턴들을 갖는 액정 층들을, 그 사이의 정렬 층들 없이, 증착하는 데 사용될 수 있다. 일부 경우들에서, 변동되는 농도들의 키랄 도펀트를 포함하는 액정 층들이 사용된다. 다수의 상이한 배향들 또는 상이한 주기들을 갖는 다수의 증착된 액정 층들은, 각각의 격자 사이에 정렬 층을 필요로 함 없이, 하나 이상의 상이한 임프린팅 템플릿들로 임프린팅함으로써 단일 기판 상에 형성될 수 있다.

[0089] [0125] 일부 실시예들에 따라, 그리고 도 16c에 예시된 바와 같이, 제1 중합 가능 액정 층(1920)이 예컨대, 도파관을 포함할 수 있는 기판(1900) 상에 증착된다. 제1 액정 층(1920)은 예컨대, 하나 이상의 액정 서브층들을 포함할 수 있으며, 도 16b와 관련하여 위에서 설명된 프로세스와 유사하게 나노임프린팅 프로세스를 사용하여 정렬될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 액정 층(1920)은 제1 주기 및/또는 제1 배향을 갖는 회절 격자를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 격리 층(1960)은 제1 액정 층(1920) 상에 증착될 수 있다. 격리 층(1960)은 예컨대, 투명 산화물 층, 투명 유전체 층 또는 투명 중합체를 포함할 수 있다.

[0090] [0126] 일부 실시예들에서, 제2 액정 서브층(1940)은 격리 층(1960) 상에 증착될 수 있다. 증착된 제2 액정 서브층(1940)은 그 후 도 16b와 관련하여 위에서 설명된 바와 같은 나노 임프린팅 프로세스를 통해 정렬될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 액정 서브층에 대한 나노임프린팅 프로세스는 제1 액정 층(1920)을 임프린팅하는 데 사용되는 임프린팅 템플릿과 상이한 임프린팅 템플릿, 예컨대, 상이한 주기 또는 상이한 배향을 갖는 임프린팅 템플릿을 활용할 수 있다. 따라서, 제2 액정 서브층(1940)은 제1 액정 층(1920)과 상이한 제2의 주기 또는 배향을 가질 수 있다. 추가적인 액정 서브층들, 예컨대, 액정 서브층들(1942, 1944)은 그 후, 도 16b와 관련하여 위에서 설명된 바와 같이 추가적인 임프린팅 또는 정렬 단계를 필요로 함 없이, 정렬된 제2 액정 서브층(1940) 상에 증착될 수 있다.

[0091] [0127] 하나 이상의 후속 액정 층들, 예컨대, 액정 서브층들(1940, 1942 및 1944)이 격리 층(1960) 상에 증착되는 일부 실시예들에서, 제1 액정 층(1920)과 임의의 후속적인 액정 층들 사이의 임의의 불연속성으로 인한, 디스크리네이션(disclination)을 포함하는 액정 정렬 결함들을 회피하기 위해, 격리 층이 하나 이상의 후속 액정 층들로부터 제1 액정 층(1920)을 분리하는 역할을 할 수 있다.

[0092] [0128] 일부 실시예들에서, 반대칭 또는 반평행 회절 격자들은 도 16d에 예시된 바와 같이, 제1 핸디드니스 또는 트위스트 각을 갖는 제1 액정 층(1920) 및 제2의 대향하는 핸디드니스 또는 트위스트 각을 갖는 제2 액정 층(1922)을 증착함으로써 제조될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 액정 층(1920)은 제1 핸디드니스를 갖는 키랄 도펀트를 포함할 수 있고 제2 액정 층(1922)은 제2의 대향하는 핸디드니스를 갖는 키랄 도펀트를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 액정 층(1920)은 제1 핸디드니스를 갖는 액정 분자들(1950)을 포함하는 콜레스테릭 액정 재료를 포함할 수 있고, 제2 액정 층(1922)은 제2의 대향하는 핸디드니스를 갖는 액정 분자들(1952)을 포함하는 콜레스테릭 액정 재료를 포함할 수 있다. 반평행 회절 격자는 도 15c에 예시된 반평행 회절 격자 광학 엘리먼트와 유사하게 기능한다. 일부 실시예들에서, 제1 액정 층(1920)은 기판(1900), 예컨대, 도파관 상에 증착된 정렬 층(1910) 상에 증착될 수 있다.

[0093] [0129] 도 16e는 기판(1900), 예컨대, 본원에서 설명된 프로세스들에 따른 도파관 상 증착된 정렬 층(1910) 상에 증착된 다수의 액정 층들(1920, 1922, 1924)을 포함하는 회절 격자(1901)를 예시한다. 일부 실시예들에서,

회절 격자(1901)는 편광 격자를 포함할 수 있다. 체적 위상 격자들을 포함하는 종래의 브래그 격자들은 통상적으로, 높은 회절 효율들을 갖는 좁은 범위의 입사각들, 예컨대, 최대 회절각의 절반에서의 최대-폭(full-width)에 대해 약 5도 미만만을 갖는다. 그러나, 편광 격자들은 높은 회절 효율을 갖는 비교적 넓은 범위의 입사각들 예컨대, 최대 회절각의 절반에서의 최대-폭에 대해 약 15 내지 20도를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 높은 회절 효율을 갖는 각도들의 범위는 도 16e에 예시된 바와 같이, 편광 격자에 상이한 경사각들을 갖는 다수의 층들을 포함시킴으로써 훨씬 더 넓어질 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 각각의 액정 층(1920, 1922, 1924)의 경사각은 각각의 층에 대한 액정 재료의 키랄성을 제어함으로써 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 키랄성은 네마틱 액정 재료에 존재하는 키랄 도펀트의 양을 통해 제어될 수 있다. 일부 실시예들에서, 키랄성은 상이한 나선형 트위스트 전력들을 갖는 콜레스테릭 액정들을 활용함으로써 제어될 수 있다. 또한, 도 16b와 관련하여 위에서 설명된 바와 같이, 상이한 경사각들을 갖는 각각의 액정 층들(1920, 1922, 1924) 사이에 어떠한 정렬 층 또는 패터닝 또는 임프린팅도 필요하지 않다. 3개의 액정 층들을 갖는 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 편광 격자(1901)는 2개, 3개, 4개, 5개, 10개, 20개, 50개 또는 그 이상의 액정 층들을 포함할 수 있다.

[0094] [0130] 도 16f는 2개의 액정 층들(1920, 1940) 각각이 상이한 경사각을 각각 갖는 복수의 액정 서브층들을 포함하는 반평행 또는 반대칭 편광 격자(1901)를 예시한다. 일부 실시예들에서, 반대칭 또는 반평행 편광 격자(1901)는 제1 핸디드니스 또는 트위스트 각을 갖는 제1 액정 층(1920)을 증착함으로써 제조될 수 있다. 제1 액정 층(1920)은 다수의 액정 서브층들(1922, 1924, 1926)을 증착함으로써 제조되며, 각각의 액정 서브층은 동일한 핸디드니스를 갖지만, 상이한 경사각을 각각 갖는다. 일부 실시예들에서, 액정 서브층(1922, 1924, 1926)은 본 명세서에 설명된 공정에 따라 증착되고 정렬된다. 제2 액정 층(1940)이 제1 액정 층(1920) 위에 증착되며, 제2 액정 층은 다수의 액정 서브층들(1942, 1944, 1946)을 포함하며, 각각의 액정 서브층은 동일한 핸디드니스를 갖지만, 상이한 경사각을 각각 갖는다. 액정 층(1940) 및 액정 서브층(1942, 1944, 1946)의 핸디드니스는 제1 액정 층(1920) 및 액정 서브층들(1922, 1924, 1926)의 핸디드니스에 대향한다. 도 16f에 예시되고 그리고 일부 실시예들에 따른 비대칭 편광 격자는 도 15c에 예시된 반대칭 편광 격자(1800)와 유사한 방식으로 양지향성 광 멀티플렉싱을 달성할 수 있다. 그러나, 반대칭 편광 격자(1901)는 반대칭 편광 격자의 액정 서브층들의 다수의 경사각들로 인해 실질적으로 더 넓은 범위의 입사각들에 대해 효율적인 광 멀티플렉싱을 달성할 수 있다.

[0095] [0131] 일부 실시예들에서, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 도파관, 도파관의 주 표면 상에 배치된 제1 반평행 또는 반대칭 편광 격자, 및 제1 반평행 편광 격자 위에 배치된 제2 반평행 또는 비대칭 편광 격자를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 및 제2 반평행 편광 격자들은 각각의 반평행 편광 격자의 양지향성 멀티플렉싱 방향들이 서로 수직이 되도록 배향되어서, 반평행 편광 격자들이 교차되는 것으로 말해질 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 반평행 편광 격자는 도파관의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있고 제2 반평행 편광 격자는 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 반평행 편광 격자는 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치될 수 있고 제2 반평행 편광 격자는 제1 반평행 편광 격자 및 도파관의 최상부 주 표면 위에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 반평행 또는 편광 격자는 격리 층 또는 정렬 층에 의해 제1 반평행 편광 격자로부터 분리될 수 있다. 일부 실시예들에서, 반평행 편광 회절 격자는 본원에서 설명된 바와 같은 액정 재료를 포함할 수 있다.

[0096] [0132] 도 17a는, 도파관(2020)의 최하부 주 표면 상에 배치된 제1 액정 반평행 편광 격자(2030), 이를테면, 도 16e와 관련하여 설명된 액정 반평행 편광 격자(1901)를 포함하는, 일부 실시예들에 따른 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)를 예시한다. 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 제1 반평행 편광 격자(2030) 위의 도파관(2020)의 최상부 주 표면 상에 배치된 제2 액정 반평행 편광 격자(2040)를 더 포함한다. 제2 액정 반평행 편광 격자(2040)는 또한 도 16e와 관련하여 설명된 액정 반평행 편광 격자(1901)와 유사한 반평행 편광 격자일 수 있다. 제1 및 제2 반평행 편광 격자들(2030, 2040)은, 제1 반평행 편광 격자(2030)의 양지향성 멀티플렉싱 방향이 제2 반평행 편광 격자(2040)의 양지향성 멀티플렉싱 방향에 수직이 되도록 배향된다. 본원에서 설명된 2-차원 도파관 광 멀티플렉서의 다른 실시예들과 유사하게, 반평행 편광 격자들(2030, 2040)은 교차 반평행 편광 격자들이라고 말해질 수 있다. 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 또한 도파관(2020)의 최하부 주 표면 상에 증착되는 제1 정렬 층(2032)을 포함하며, 이는 본원에서 설명된 프로세스들에 따라 제1 및 제2 후속 액정 층들 및 제1 반평행 편광 격자(2030)를 포함하는 서브층들을 정렬하는 데 사용된다. 2-차원 도파관 광 멀티플렉서는 또한 도파관(2020)의 최상부 주 표면 상에 증착되는 제2 정렬 층(2042)을 포함하며, 이는 유사하게, 제1 및 제2 후속 액정 층들 및 제2 반평행 편광 격자(2040)를 포함하는 서브층들을 정렬하는 데 사용된다. 도 17a에 예시된 그리고 일부 실시예들에 따른 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)는 예컨대, 도 12a, 도 12b, 도 14a, 및 도

14b에 예시된 2-차원 도파관 광 멀티플렉서들과 유사한 방식으로 기능한다. 그러나, 일부 실시예들에서, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)가 교차 반평행 편광 격자들을 활용하는 경우, 대칭 회절 격자들 또는 심지어 비대칭 회절 격자들을 사용하는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서보다 높은 효율로 넓은 범위의 각도들의 입사광(2010)에 대해 2-차원 광 멀티플렉싱(2012)이 달성될 수 있다.

[0097] [0133] 도 17b는 제1 액정 반평행 편광 격자(2030)가 도파관(2020)의 최상부 주 표면 상에 배치되고 제2 액정 반평행 편광 격자(2040)가 제1 반평행 편광 격자(2030) 및 도파관(2020)의 최상부 주 표면 위에 배치되는, 일부 실시예들에 따른 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)를 예시한다. 액정 반평행 편광 격자들(2030, 2040)은 본원에서 설명된 프로세스들에 따라 정렬 층을 통해 정렬된다. 일부 실시예들에서, 제1 정렬 층(2032)은 도파관(2020)의 최상부 주 표면 상에 증착될 수 있고, 제1 반평행 편광 격자(2030)는 그 위에 제조될 수 있다. 그 후, 제2 정렬 층(2042)이 제1 반평행 편광 격자(2030) 상에 증착될 수 있고, 제2 반평행 편광 격자(2040)가 그 위에 제조되어 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)를 형성할 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에 따라, 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)의 제1 반평행 편광 격자(2020) 및 제2 반평행 편광 격자(2040)는 정렬 층(2042)에 의해 분리될 수 있다.

[0098] [0134] 도 17c는, 제1 및 제2 반평행 편광 격자들(2030, 2040) 둘 모두가 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치되도록, 도 17b에 예시된 2-차원 도파관 광 멀티플렉서와 유사한 구성을 갖는 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)를 예시한다. 도 17c에 예시된 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)는 도 15b와 관련하여 설명된 프로세스와 같은 나노-임프린팅 프로세스를 통해 제조 및 정렬되는 액정 반평행 편광 격자들(2030, 2040)을 포함한다. 각각의 반평행 편광 격자(2030, 2040)는 별개의 정렬 층이 요구되지 않도록 제조된다. 따라서, 제1 반평행 편광 격자(2030)를 제2 반평행 편광 격자(2040)로부터 분리하기 위해 제1 반평행 편광 격자(2030)의 최상부 주 표면 상에 격리 층(2050)이 증착 또는 형성된다. 일부 실시예들에서, 격리 층(2050)은 제2 반평행 편광 격자(2040)의 임프린팅 동안 제1 반평행 편광 격자(2030)를 보호하는 역할을 할 수 있다. 일부 실시예들에서, 격리 층(2050)은 본원에서 설명된 다른 격리 층들과 유사할 수 있으며, 예컨대 투명 산화물 또는 중합체를 포함할 수 있다.

[0099] [0135] 일부 실시예들에서, 동일한 임프린팅 템플릿이 제1 및 제2 반평행 편광 격자들(2030, 2040) 둘 모두를 제조하는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 동일한 임프린팅 템플릿이 제1 및 제2 반평행 편광 격자들(2030, 2040) 둘 모두를 제조하는 데 사용되는 경우, 임프린팅 템플릿은, 제2 반평행 편광 격자(2040)를 제조할 때 제1 반평행 편광 격자(2030)의 임프린팅 동안 그의 배향에 대해 90도 회전되어서, 제1 및 제2 반평행 편광 격자들(2030, 2040)이 교차하게 된다.

[0100] [0136] 도 17d는 도 17b의 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)를 예시하고, 2-차원 광 멀티플렉싱 이 넓은 범위의 광(2010)의 입사각에 대해 높은 효율로 달성될 수 있음을 또한 예시한다. 이러한 넓은 입사 범위는, 광이 2-차원 도파관 광 멀티플렉서(2000)로부터 멀티플렉싱되고 아웃커플링(2012)될 때, 넓은 시야를 갖는 이미지를 포함하는 광 신호가 2차원으로 효율적으로 멀티플렉싱될 수 있도록 보존된다. 2차원으로 넓은 시야 이미지를 효율적으로 멀티플렉싱하는 능력은 예컨대, 본원에서 설명된 바와 같은 증강 현실 디바이스에서 유용할 수 있다.

[0101] 부가적인 예들

[0102] [0137] 제1 예에서, 광학 엘리먼트가 본원에서 제공되며, 이 광학 엘리먼트는, 도파관, 격자 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제1 회절 격자들 — 하나 이상의 제1 회절 격자들은 도파관의 주 표면 상에 배치됨 —, 및 격자 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제2 회절 격자들을 포함하고, 하나 이상의 제2 회절 격자들은, 하나 이상의 제1 회절 격자들의 격자 방향이 하나 이상의 제2 회절 격자들의 격자 방향과 수직이 되도록 하나 이상의 제1 회절 격자들에 대해 배치된다.

[0103] [0138] 제2 예에서, 제1 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 회절 격자들은 도파관의 최하부 주 표면 상에 배치되고, 하나 이상의 제2 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치된다.

[0104] [0139] 제3 예에서, 제1 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 일부 실시예들에서, 하나 이상의 제1 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 상에 배치되고, 하나 이상의 제2 회절 격자들은 도파관의 최상부 주 표면 위에 배치된다.

[0105] [0140] 제4 예에서, 제3 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제2 회절 격자들은 격리 층에 의해 하나 이상의 제1 회절 격자들로부터 분리된다.

- [0106] [0141] 제5 예에서, 제4 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 격리 층은 투명 산화물 또는 중합체 재료를 포함한다.
- [0107] [0142] 제6 예에서, 제1 예 내지 제3 예 중 어느 한 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 회절 격자들 및 하나 이상의 제2 회절 격자들은 각각 대칭 회절 격자를 포함한다.
- [0108] [0143] 제7 예에서, 제1 예 내지 제3 예 중 어느 한 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 회절 격자들은, 제1 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들 및 제1 회절 방향에 반평행한(anti-parallel) 제2 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제2 비대칭 회절 격자들을 더 포함하며; 하나 이상의 제2 회절 격자들은, 제3 선호 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제3 비대칭 회절 격자들 및 제3 회절 방향에 반평행한 제4 회절 방향을 갖는 적어도 하나 이상의 제4 비대칭 회절 격자들을 더 포함한다.
- [0109] [0144] 제8 예에서, 제7 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 블레이즈드(blazed) 격자, 브래그(Bragg) 격자, 액정 격자, 정현파 격자, 이진 격자, 체적 위상 격자 또는 메타-표면 격자를 포함한다.
- [0110] [0145] 제9 예에서, 제8 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 액정 재료를 포함한다.
- [0111] [0146] 제10 예에서, 제9 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 네마틱 액정 재료(nematic liquid crystal material)를 포함한다.
- [0112] [0147] 제11 예에서, 제9 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 콜레스테릭 액정 재료를 포함한다.
- [0113] [0148] 제12 예에서, 제9 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 중합 가능 액정 재료(polymerizable liquid crystal material)를 포함한다.
- [0114] [0149] 제13 예에서, 제9 예 내지 제12 예 중 어느 한 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 나노-임프린팅(nano-imprinting) 프로세스에 의해 형성된다.
- [0115] [0150] 제14 예에서, 제9 예 내지 제12 예 중 어느 한 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 제1 비대칭 회절 격자는 제1 정렬 층 상에 증착되고 제3 비대칭 회절 격자는 제2 정렬 층 상에 증착된다.
- [0116] [0151] 제15 예에서, 제14 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 제2 비대칭 회절 격자는 제1 비대칭 회절 격자 상에 직접 증착되고 제4 비대칭 회절 격자는 제3 비대칭 회절 격자 상에 직접 증착된다.
- [0117] [0152] 제16 예에서, 제9 예 내지 제15 예 중 어느 한 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 편광 격자를 포함한다.
- [0118] [0153] 제17 예에서, 제11 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 편광 격자를 포함하고, 비대칭 회절 격자의 경사각은 콜레스테릭 액정 재료의 키랄성, 헨디드니스(handedness) 및 나선형 피치에 대응한다.
- [0119] [0154] 제18 예에서, 제16 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 각각의 비대칭 회절 격자의 경사각은 액정 재료의 키랄 도펀트(chiral dopant)의 양에 대응한다.
- [0120] [0155] 제19 예에서, 제16 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들, 제2 비대칭 회절 격자들, 제3 비대칭 회절 격자들 및 제4 비대칭 회절 격자들은 복수의 액정 재료 층들을 포함하고, 상기 회절 격자들 중 하나의 회절 격자에 대한 복수의 액정 재료 층들 중 적어도 2개는 상이한 경사각들을 갖는다.
- [0121] [0156] 제20 예에서, 제16 예 내지 제19 예 중 어느 한 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제1 비대칭 회절 격자들은 제1 원형 편광 헨디드니스를 포함하고, 하나 이상의 제2 비대칭 회절 격자들은 제1 원형 편광 헨디드니스에 직교하는 제2 원형 편광 헨디드니스를 포함한다.
- [0122] [0157] 제21 예에서, 제16 예 내지 제20 예 중 어느 한 예의 광학 엘리먼트에 있어서, 하나 이상의 제3 비대칭 회절 격자들은 제3 원형 편광 헨디드니스를 포함하고, 하나 이상의 제4 비대칭 회절 격자들은 제3 원형 편광 헨

디즈니스에 직교하는 제4 원형 편광 핸디드니스를 포함한다.

- [0123] [0158] 제22 예에서, 광 신호를 2차원으로 분배하는 방법으로서, 이 방법은, 제1 회절 격자를 통해 제1 방향으로 광 신호를 분배하는 단계를 포함한다. 이 방법은 부가적으로 도파관에서 내부전반사를 통해 제1 방향으로 광 신호의 부분을 전파시키는 단계를 포함한다. 이 방법은 부가적으로 제1 회절 격자를 통해 아웃커플링 방향으로 제1 방향으로 전파되는 광 신호의 부분을 아웃커플링하는 단계를 포함한다. 이 방법은 부가적으로 제2 회절 격자를 통해 제2 방향으로 광 신호의 부분을 분배하는 단계를 포함한다. 이 방법은 부가적으로 도파관에서 내부전반사를 통해 제2 방향으로 광 신호의 부분을 전파시키는 단계를 포함한다. 이 방법은 부가적으로 제2 회절 격자를 통해 아웃커플링 방향으로 상기 제2 방향으로 전파되는 광 신호의 부분을 아웃커플링하는 단계를 포함하며, 제1 방향은 제2 방향에 수직이고, 광 신호는 도파관의 주 표면 상에 배치된 복수의 위치들에서 아웃커플링된다.
- [0124] [0159] 위의 명세서에서, 다양한 특정 실시예들이 설명되었다. 그러나, 본 발명의 더 넓은 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 수정들 및 변경들이 본 발명에 대해 행해질 수 있다는 것은 명백할 것이다. 따라서, 명세서 및 도면들은 제한적인 의미보다는 예시적인 의미로 간주될 것이다.
- [0125] [0160] 실제로, 본 개시내용의 시스템들 및 방법들 각각은 여러 개의 혁신적인 양상들을 가지며, 그 양상들 중 어떠한 단일 양상도 본원에서 개시된 바람직한 속성들을 단독으로 담당하지 않거나, 이 속성들을 위해 요구되진 않는다는 것이 인지될 것이다. 위에서 설명된 다양한 특징들 및 프로세스들은 서로 독립적으로 사용될 수 있거나, 또는 다양한 방식으로 조합될 수 있다. 모든 가능한 조합들 및 서브조합들은 본 개시내용의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다.
- [0126] [0161] 별개의 실시예들의 맥락에서 본 명세서에 설명된 소정의 특징들은 또한, 단일 실시예의 결합으로 구현될 수 있다. 대조적으로, 단일 실시예의 맥락에서 설명된 다양한 특징들은 또한, 별개로 다수의 실시예들로 또는 임의의 적절한 서브조합으로 구현될 수 있다. 더욱이, 특징들이 소정의 조합들로 작용하는 것으로 위에서 설명되고 심지어 초기에 이와 같이 청구될 수 있지만, 일부 경우들에서, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 그 조합으로부터 제거될 수 있고, 청구된 조합은 서브조합 또는 서브조합의 변동에 관련될 수 있다. 단일 특징 또는 특징들의 그룹이 각각의 그리고 모든 각각의 실시예에 필요하거나 필수적인 것은 아니다.
- [0127] [0162] 구체적으로 달리 언급되지 않거나 또는 사용된 맥락 내에서 달리 이해되지 않으면, 본원에서 사용된 조건부 언어, 이를테면, 다른 것들 중에서도, "할 수 있다(can, could, might, may)", "예컨대" 등은 일반적으로, 소정의 실시예들은 소정의 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 단계들을, 포함하지만 다른 실시예들은 이들을 포함하지 않는다는 것을 전달하도록 의도된다는 것이 인지될 것이다. 따라서, 그러한 조건어는 일반적으로, 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 단계들이 하나 이상의 실시예들을 위해 어떤 식으로든 요구된다는 것을, 또는 하나 이상의 실시예들이, 저자 입력 또는 프롬프팅(prompting)을 이용하거나 또는 그러한 것을 이용함이 없이, 이들 특징들, 엘리먼트들, 및/또는 단계들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 또는 임의의 특정 실시예들에서 수행되어야 하는지를 판단하기 위한 로직을 반드시 포함한다는 것을 암시하도록 의도되진 않는다. "포함하는 (comprising, including)", "갖는 (having)" 등의 용어들은 동의어이며, 오픈-엔디드(open-ended) 방식으로 포괄적으로 사용되며, 부가적인 엘리먼트들, 특징들, 행동들, 동작들 등을 배제하지 않는다. 또한, "또는"이라는 용어는 (그의 배타적인 의미가 아니라) 그의 포괄적인 의미로 사용되어서, 예컨대, 리스트의 엘리먼트들을 연결하기 위해 사용될 때, "또는"이라는 용어는 리스트 내의 엘리먼트들 중 하나, 일부, 또는 전부를 의미한다. 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. 유사하게, 동작들이 특정한 순서로 도면들에 도시될 수 있지만, 원하는 결과들을 달성하기 위해, 그러한 동작들이 도시된 특정한 순서 또는 순차적인 순서로 수행될 필요가 없거나, 모든 예시된 동작들이 수행될 필요가 없다는 것이 인지될 것이다. 추가로, 도면들은 흐름도의 형태로 둘 이상의 예시적인 프로세스들을 개략적으로 도시할 수 있다. 그러나, 도시되지 않은 다른 동작들이, 개략적으로 예시된 예시적인 방법들 및 프로세스들에 통합될 수 있다. 예컨대, 하나 이상의 부가적인 동작들은, 예시된 동작들 중 임의의 동작 이전에, 이후에, 동시에, 또는 그 중간에 수행될 수 있다. 부가적으로, 동작들은 다른 실시예들에서 재배열되거나 재순서화될 수 있다. 소정의 환경들에서, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 또한, 위에서 설명된 실시예들에서의 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 실시예들에서 그러한 분리를 요구하는 것으로서 이해되지는 않아야 하며, 설명된 프로그램 컴포넌트들 및 시스템들이 일반적으로, 단일 소프트웨어 제품에 함께 통합되거나 다수의 소프트웨어 제품들에 패키징될 수 있음 이해되어야 한다. 부가적으로, 다른 실시예들은 다음의 청구항들의 범위 내에 있다. 일부 경우들에서, 청구항들에서 열거된 액션들은, 상이한

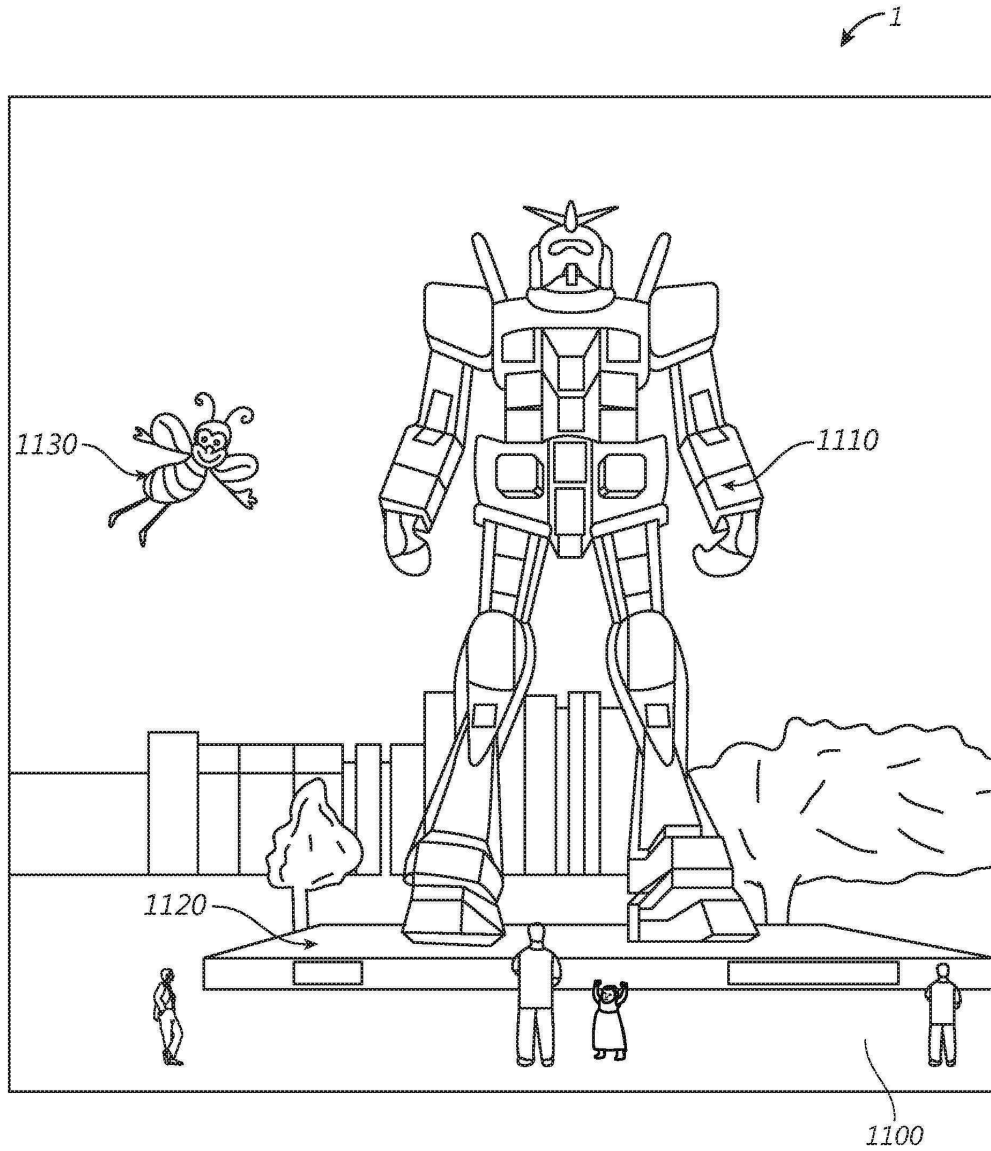
순서로 수행될 수 있으며, 그럼에도 불구하고 원하는 결과들을 달성할 수 있다.

[0128]

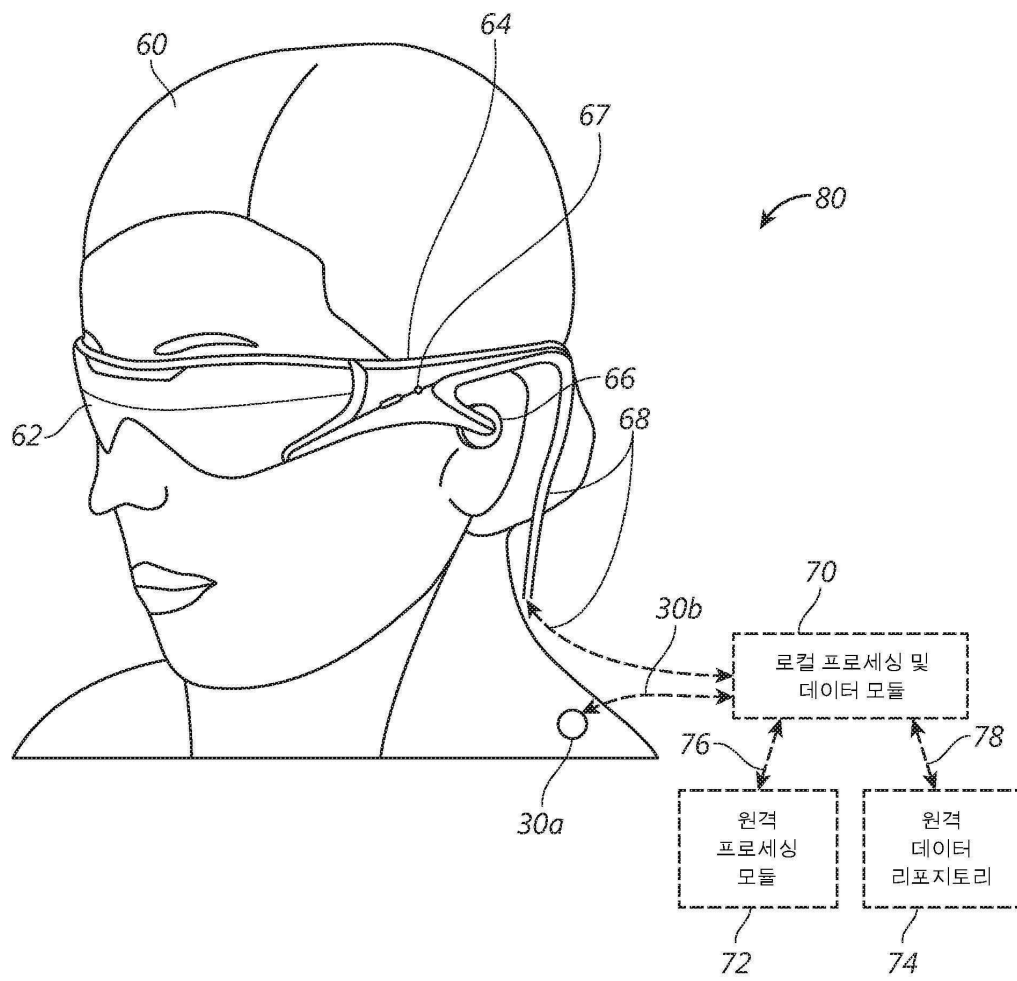
[0163] 따라서, 청구항들은 본 명세서에 도시된 실시예들로 제한되도록 의도되는 것이 아니라, 본 명세서에 개시된 본 개시내용, 원리들 및 신규한 특성들과 일치하는 가장 넓은 범위에 부합할 것이다.

도면

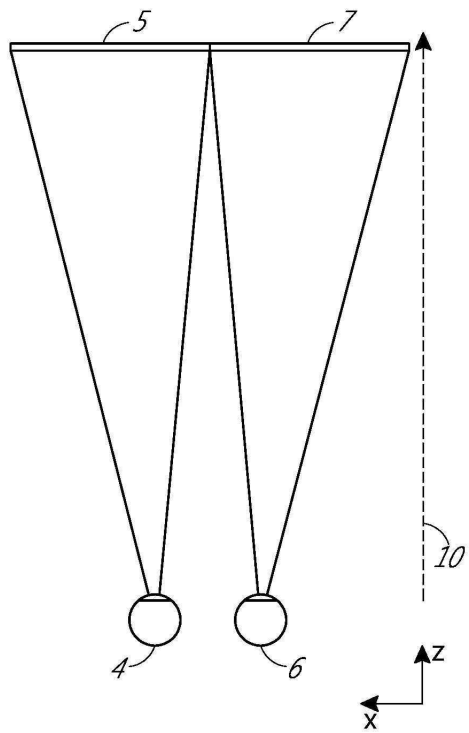
도면1



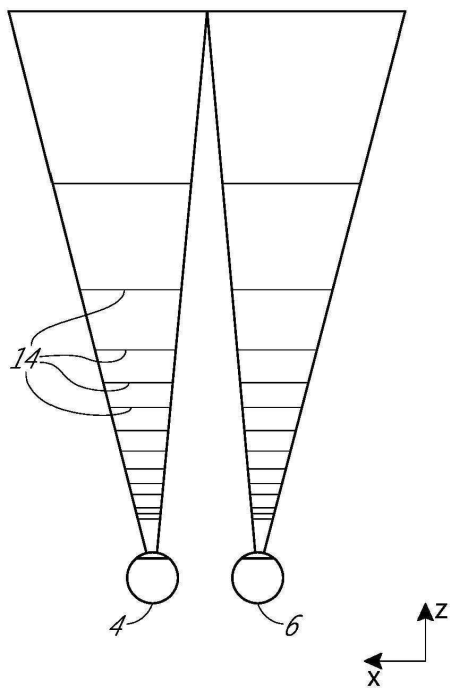
도면2



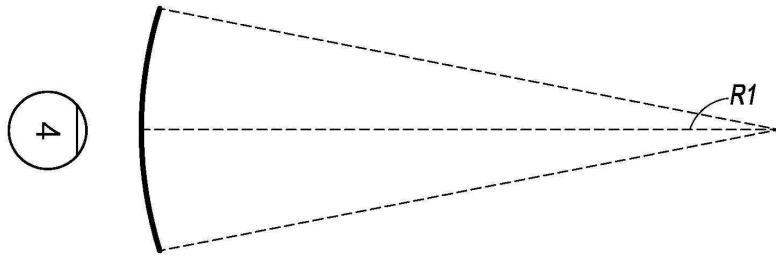
도면3



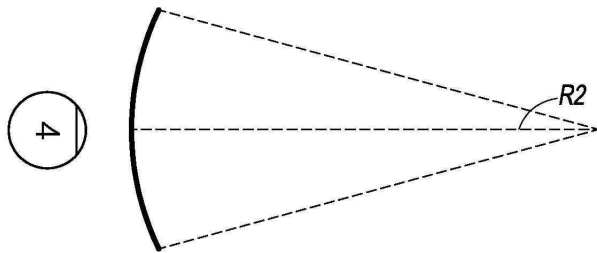
도면4



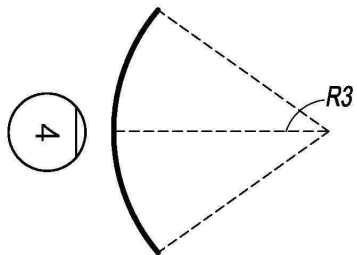
도면5a



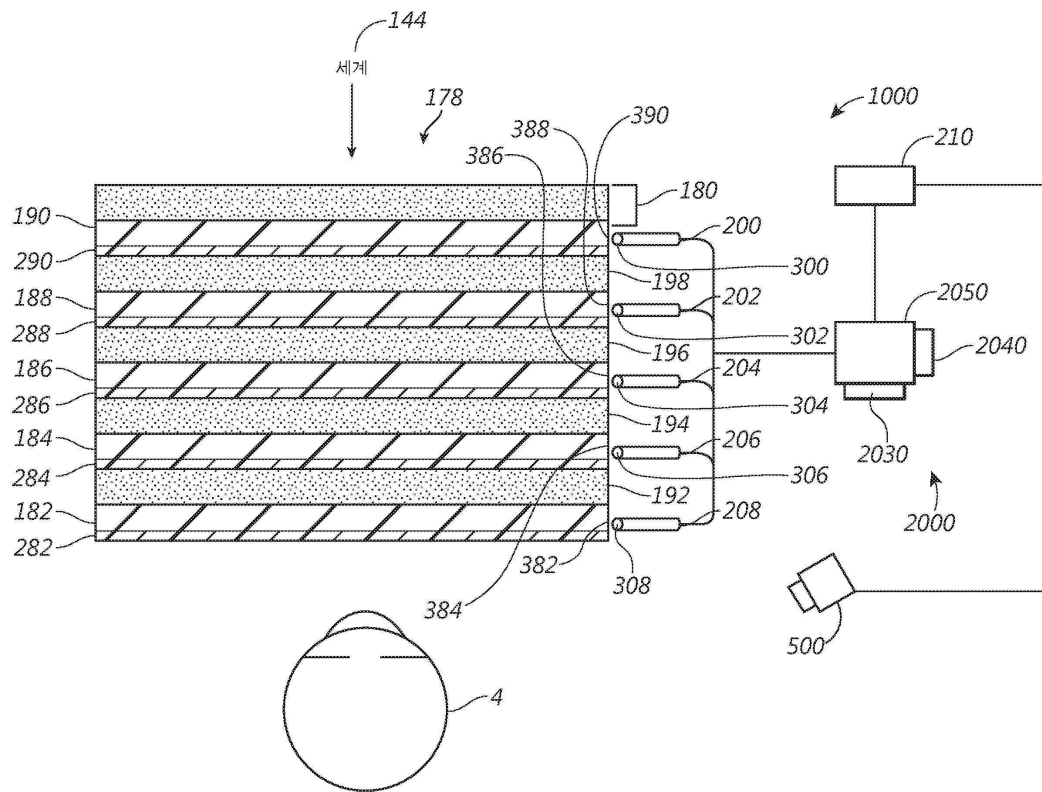
도면5b



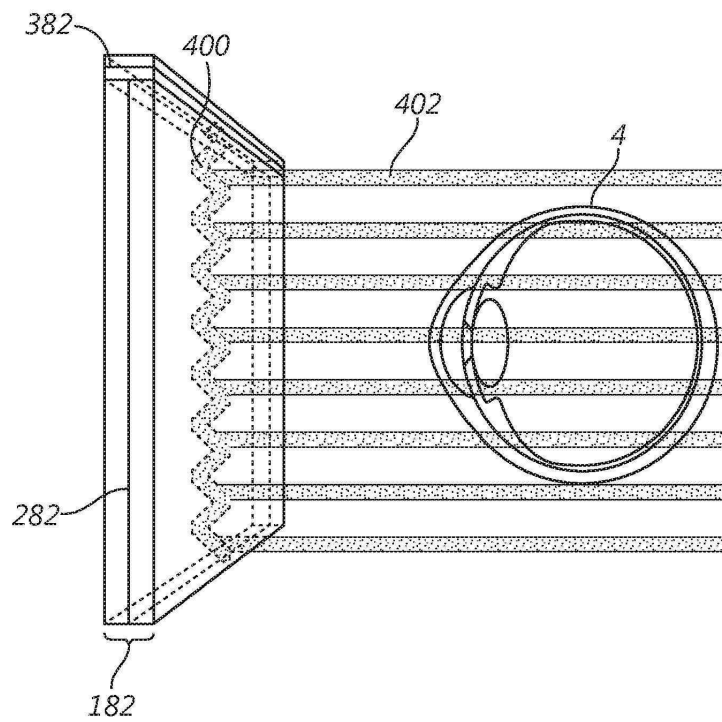
도면5c



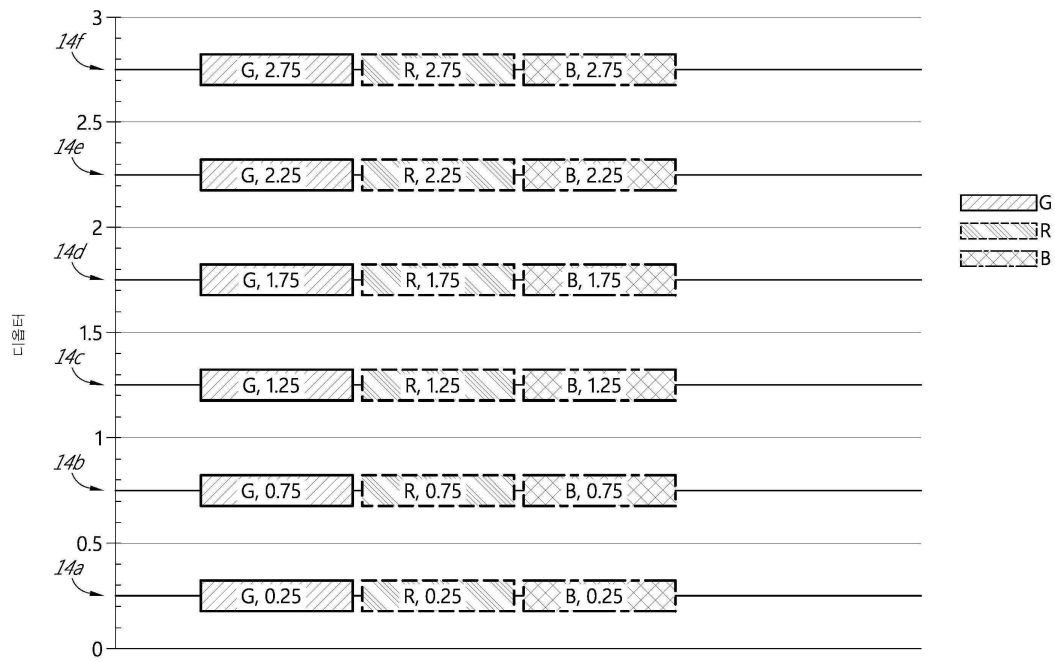
도면6



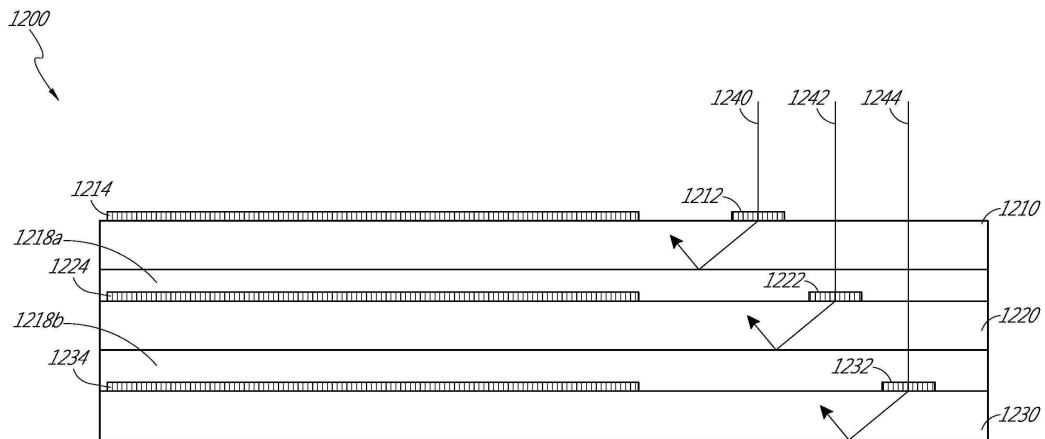
도면7



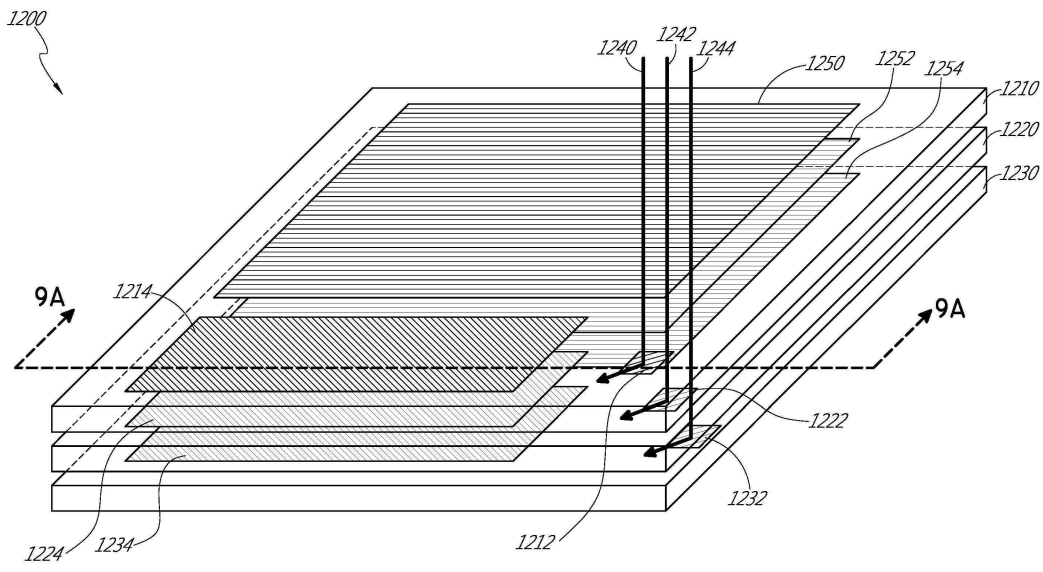
도면8



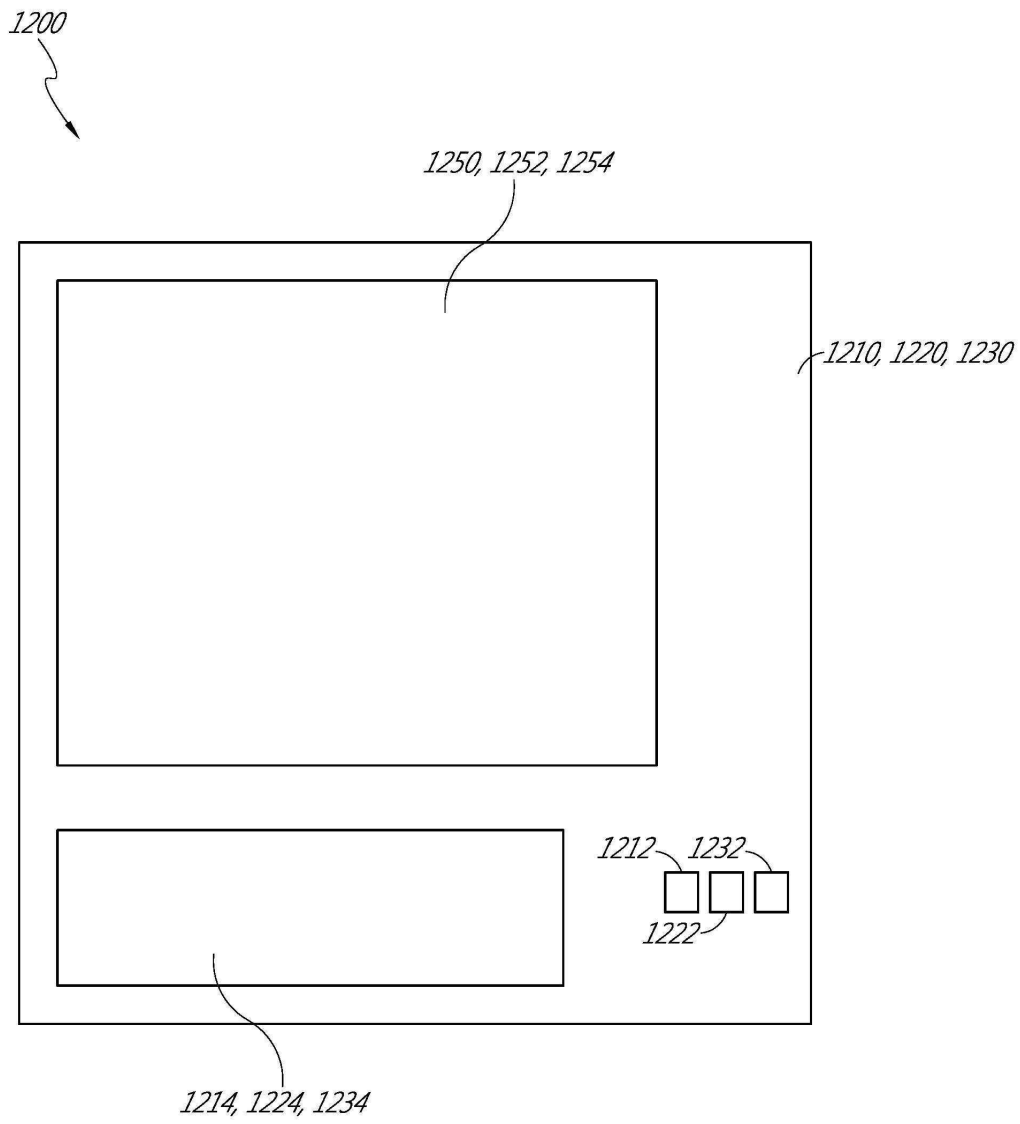
도면9a



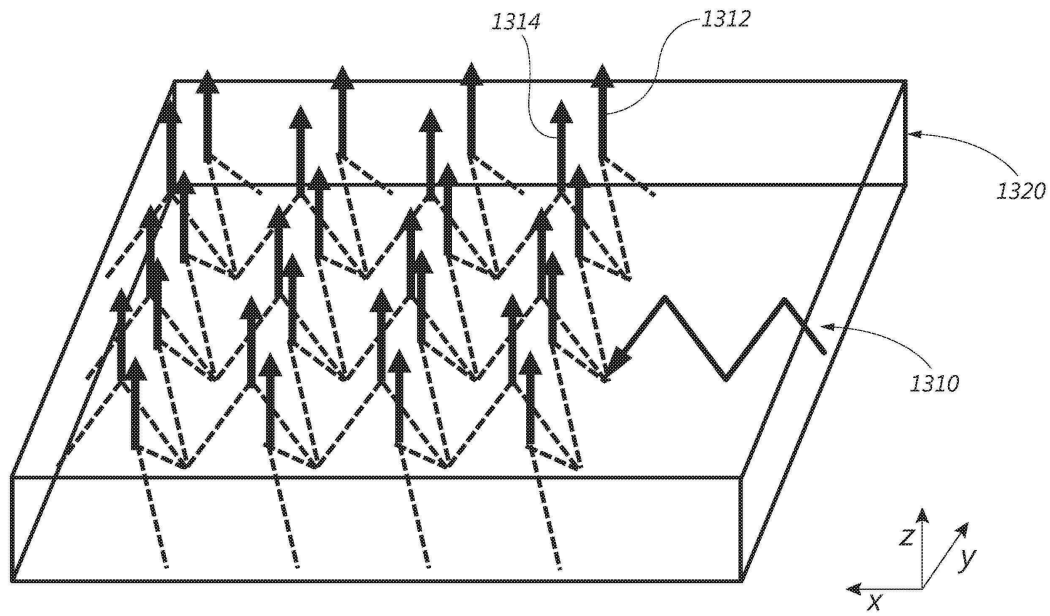
도면9b



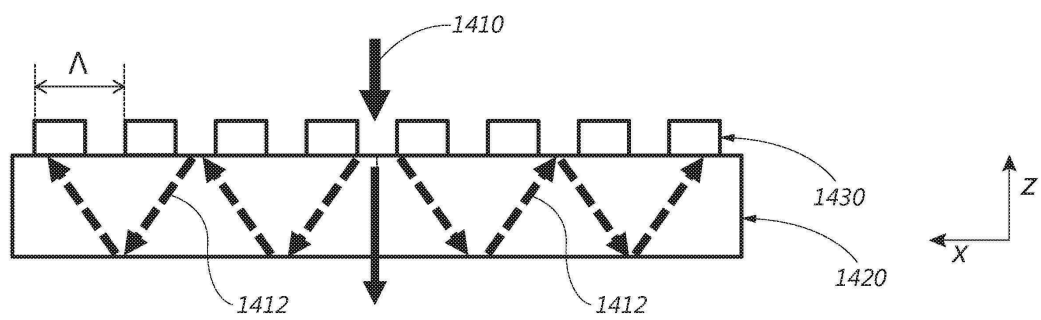
도면9c



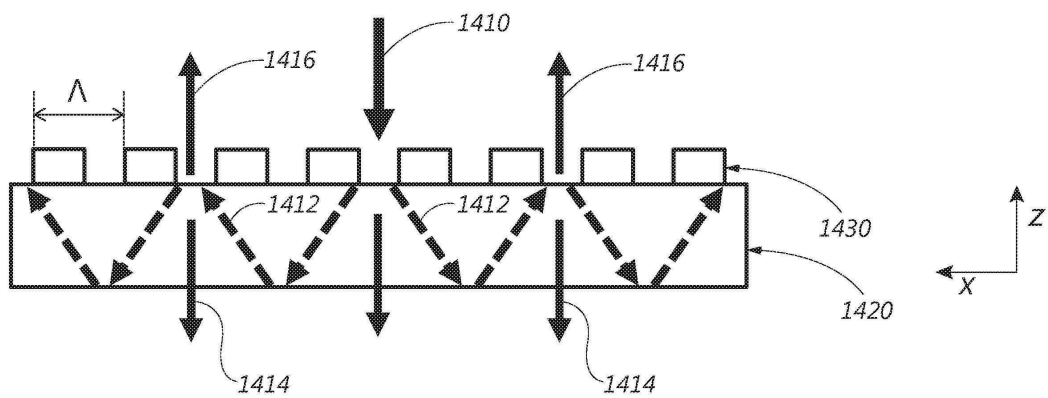
도면10



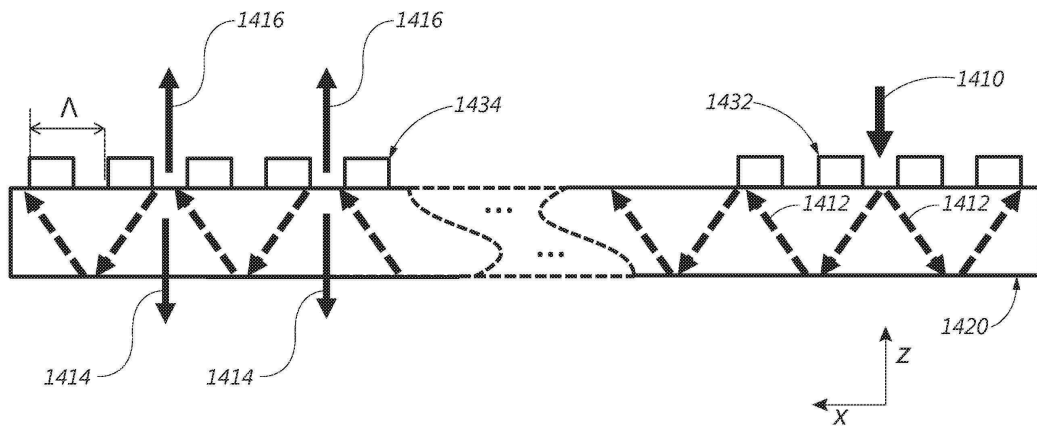
도면11a



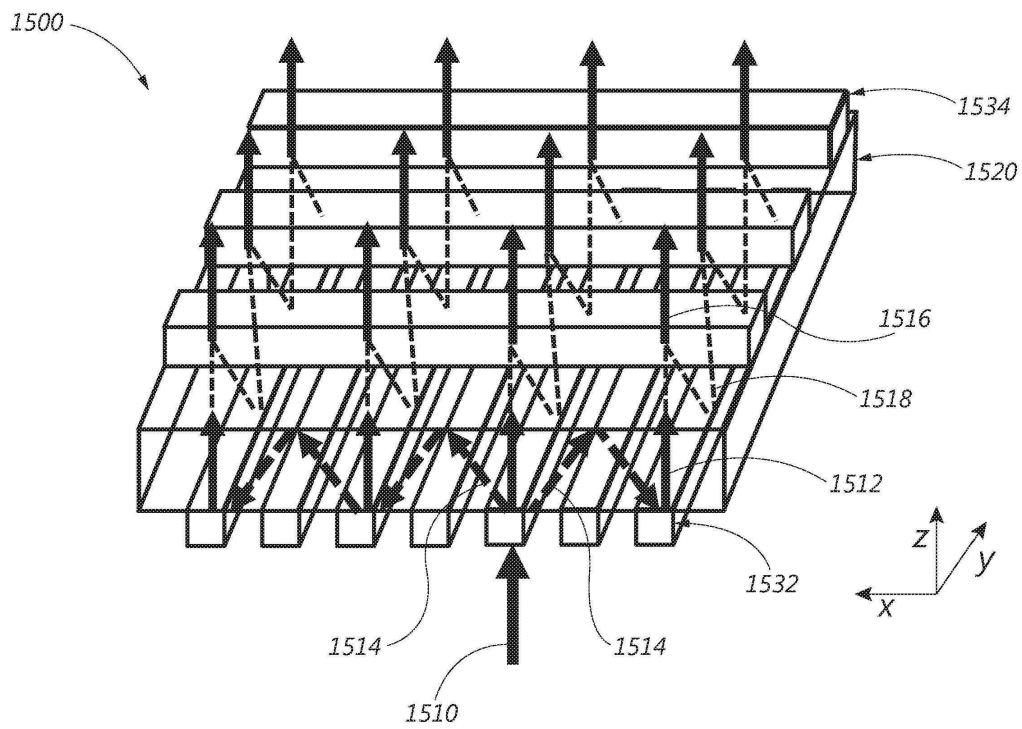
도면11b



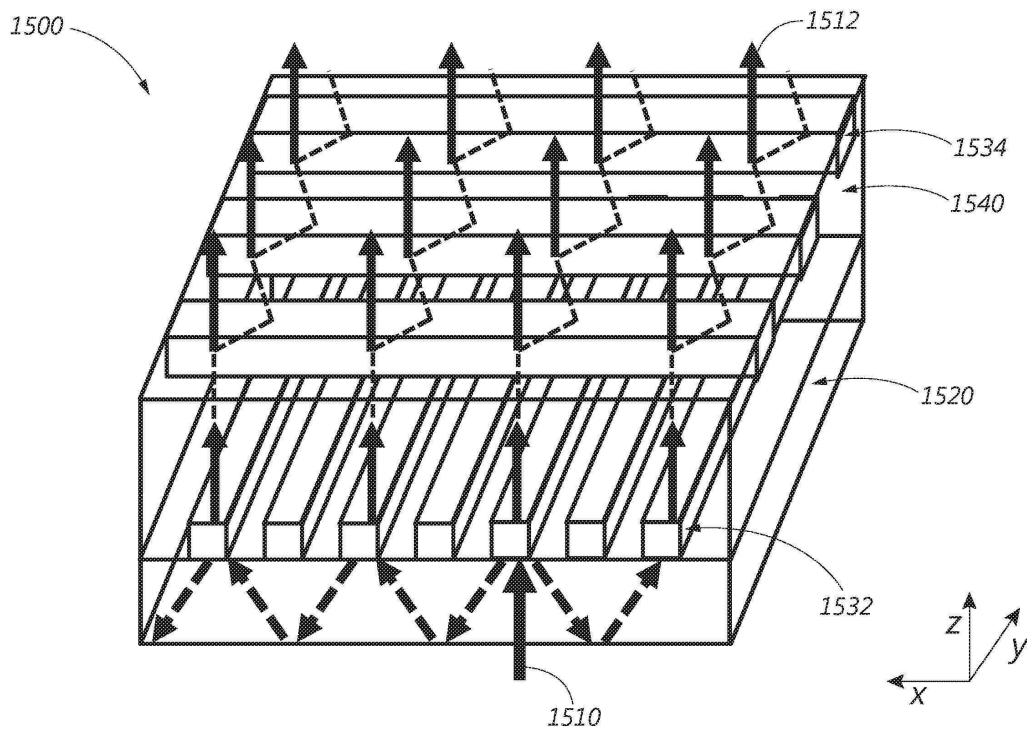
도면11c



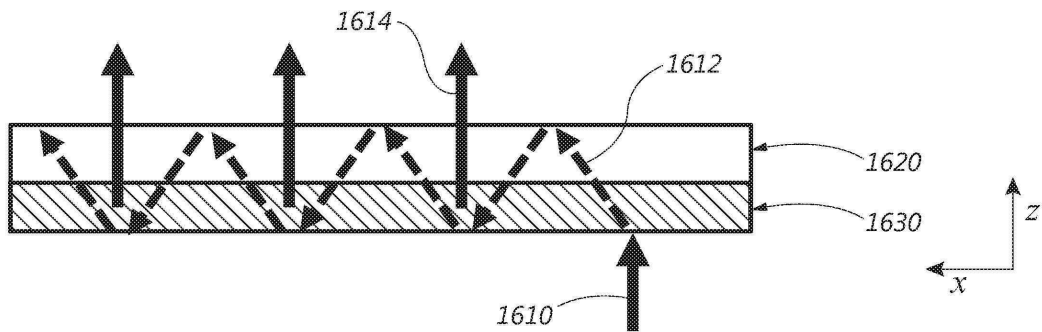
도면12a



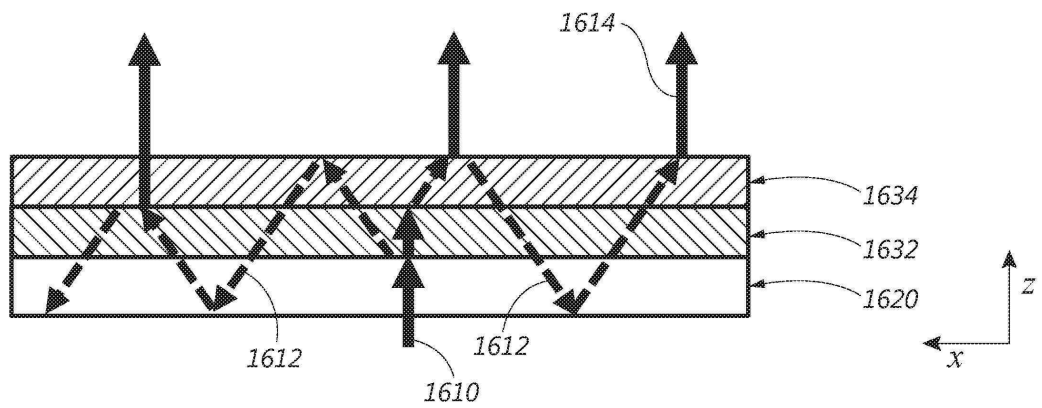
도면12b



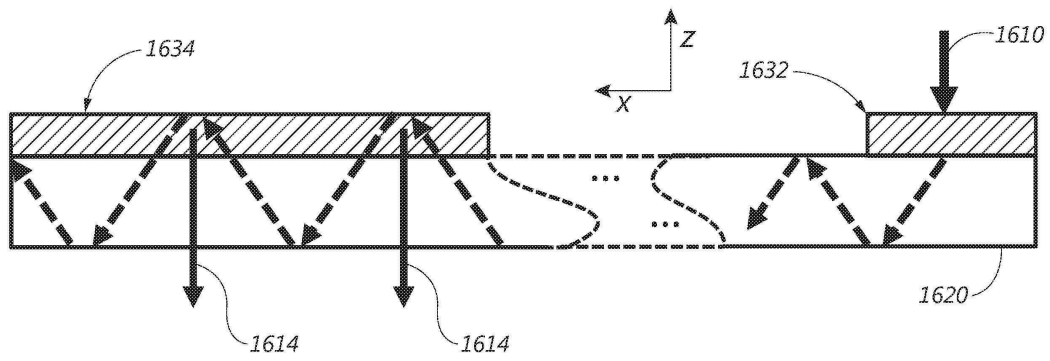
도면13a



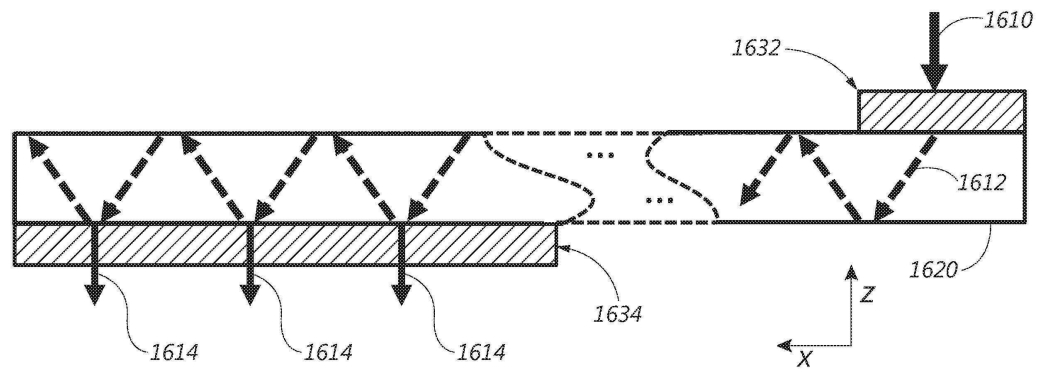
도면13b



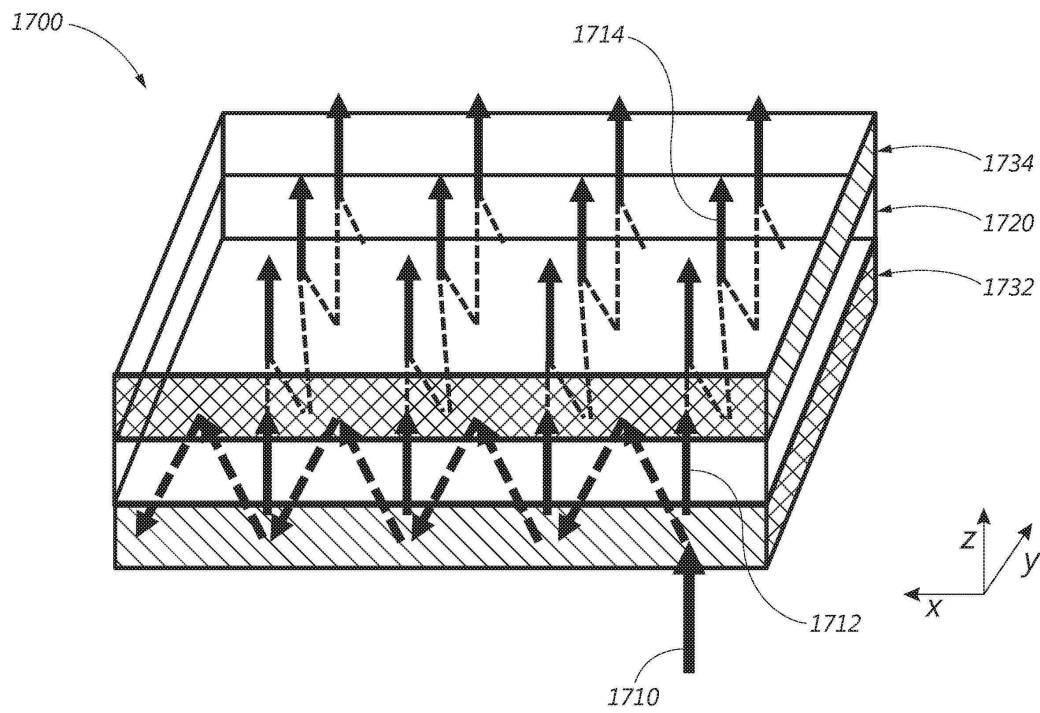
도면13c



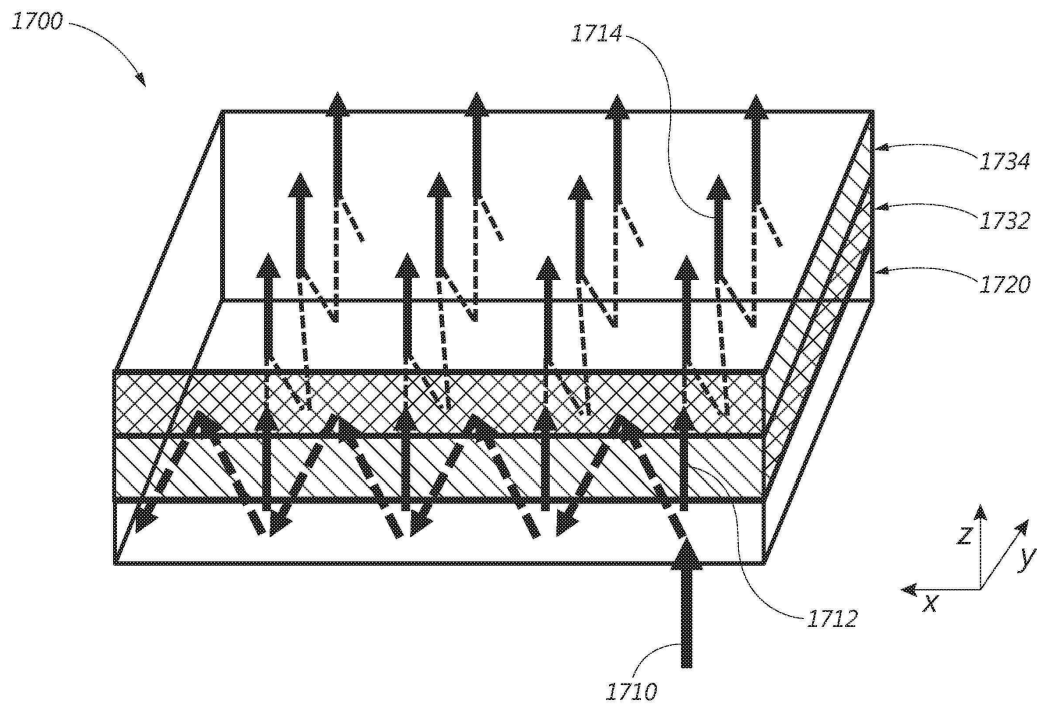
도면13d



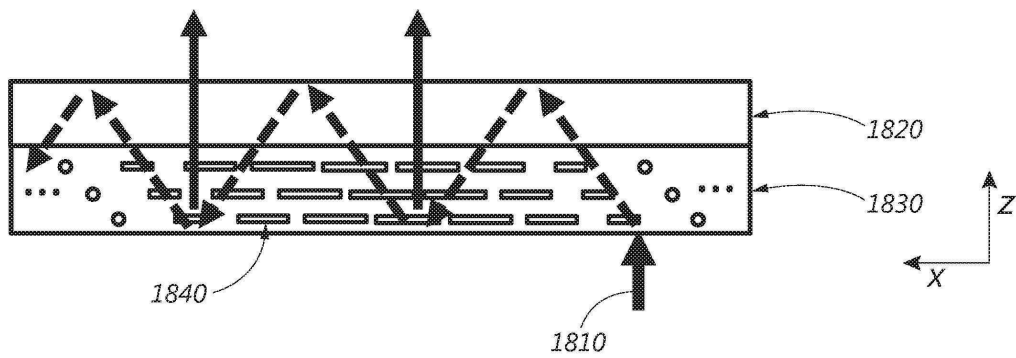
도면14a



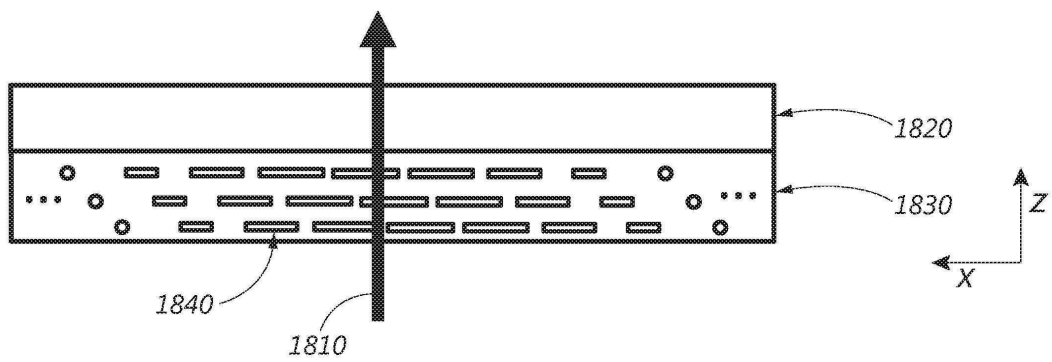
도면14b



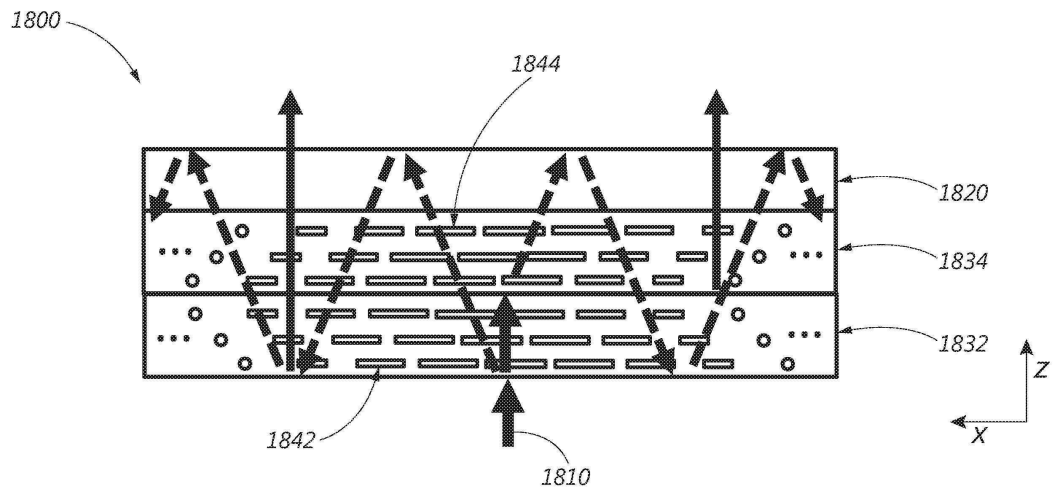
도면15a



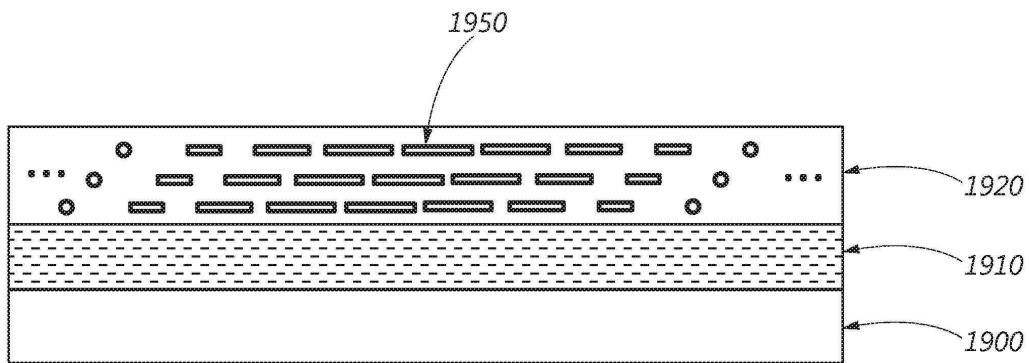
도면15b



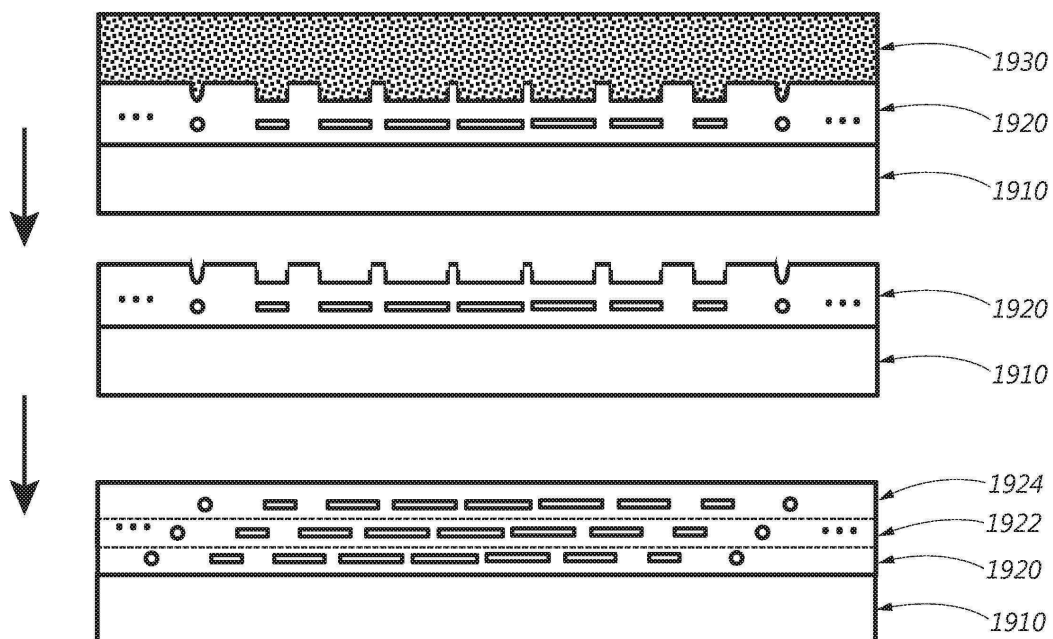
도면15c



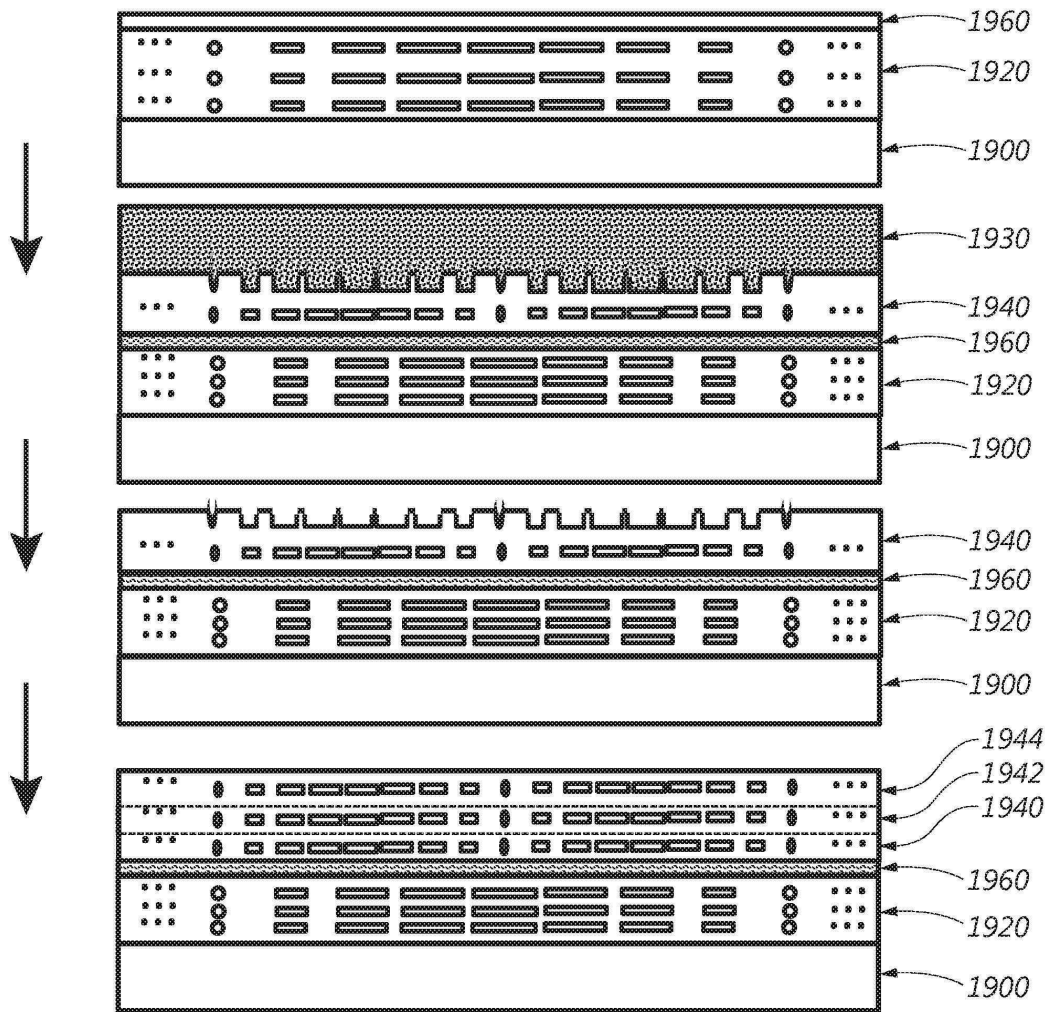
도면16a



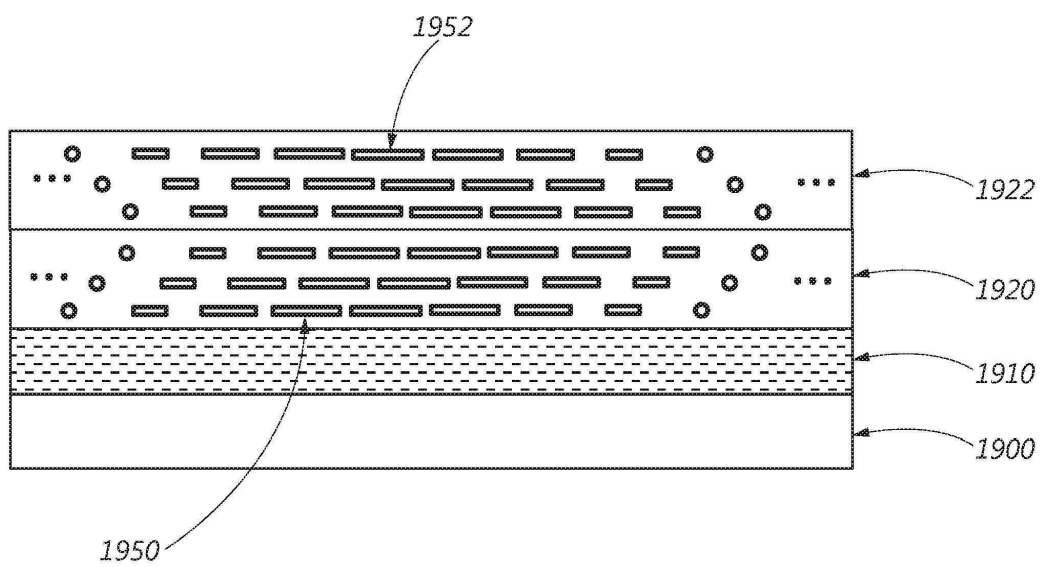
도면16b



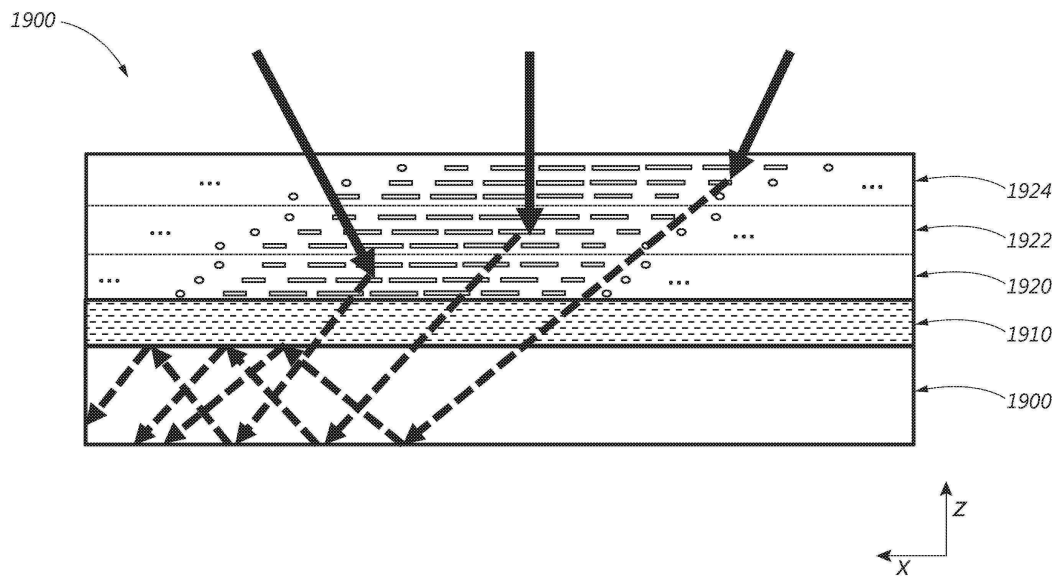
도면16c



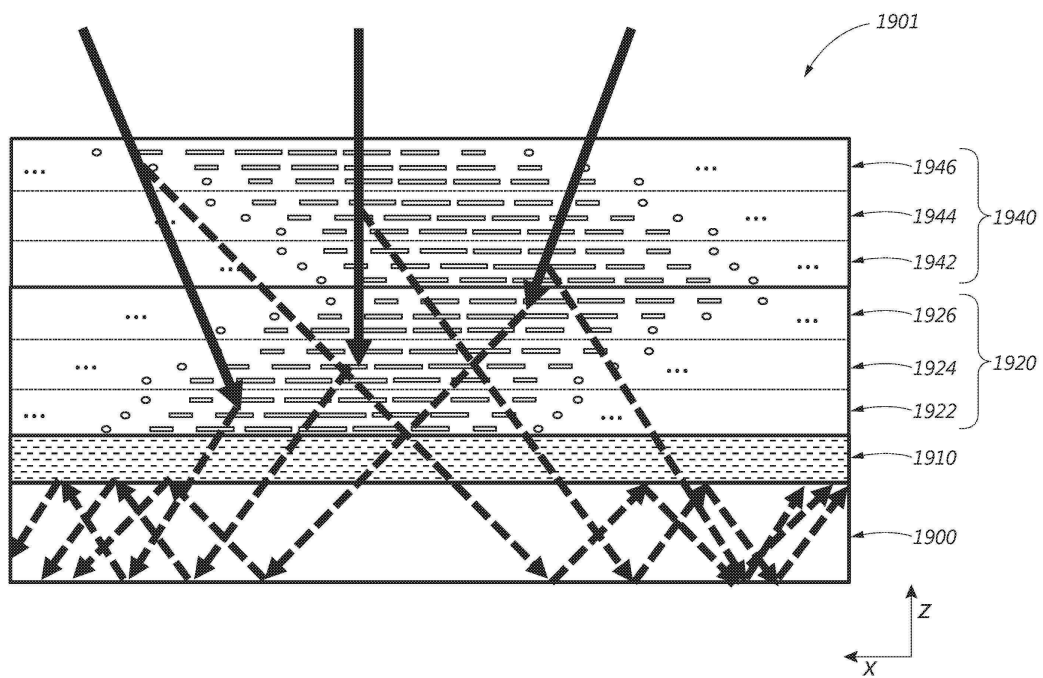
도면16d



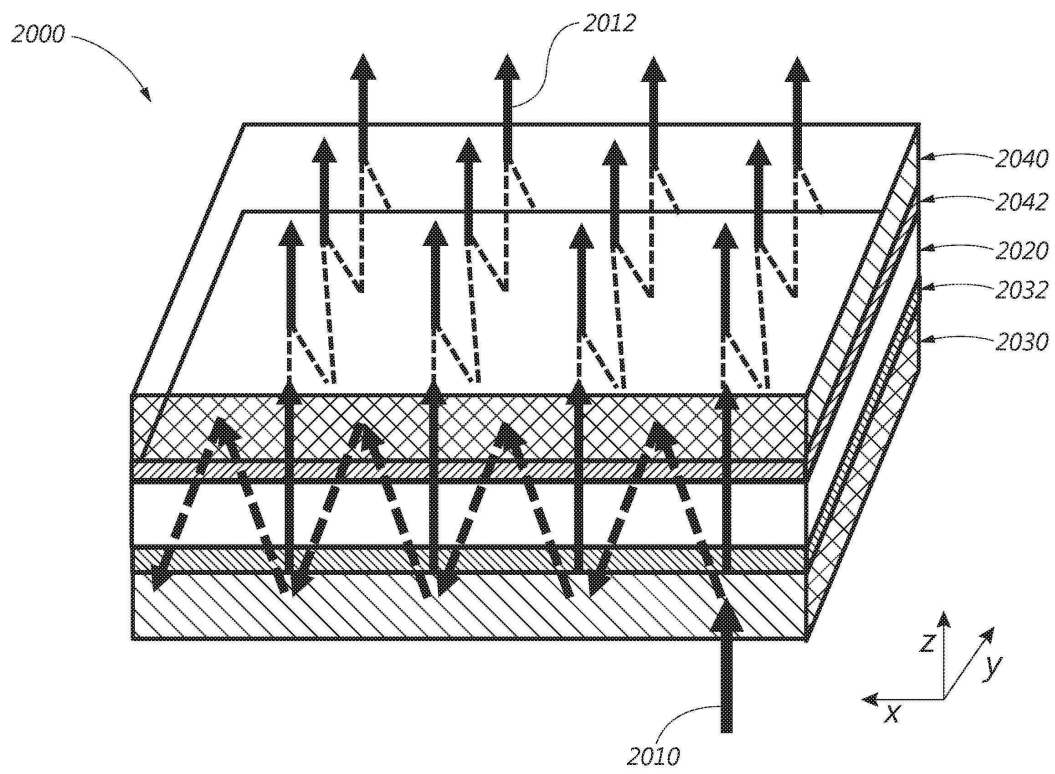
도면16e



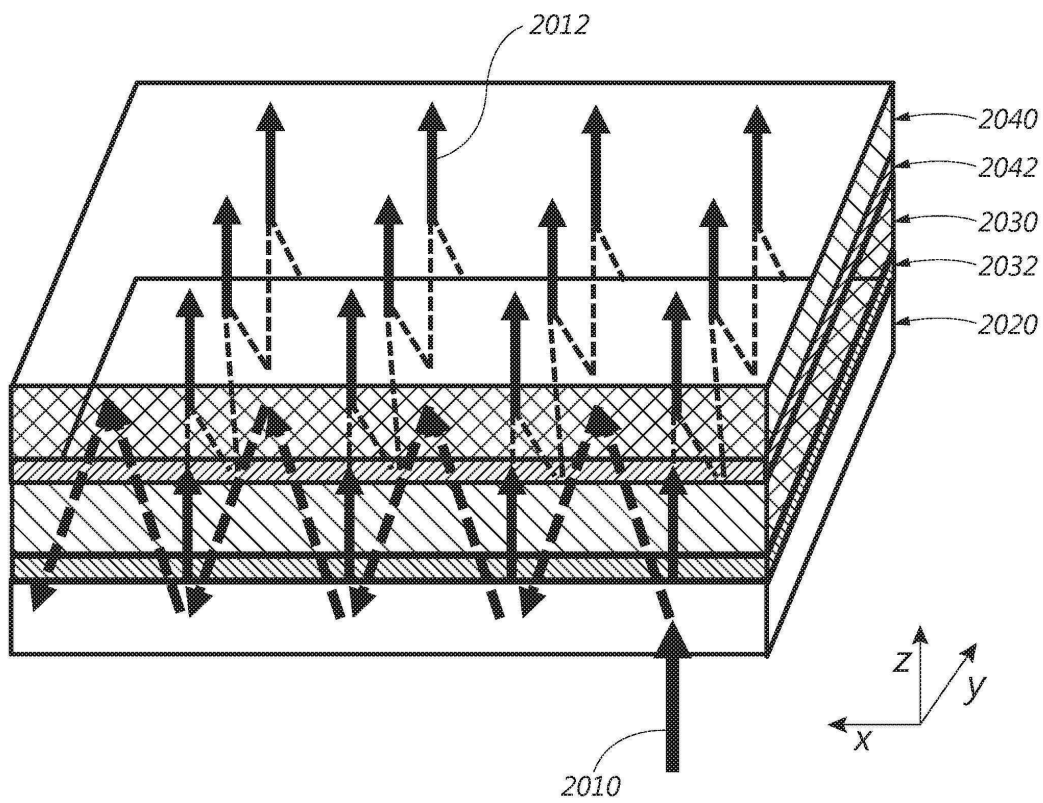
도면16f



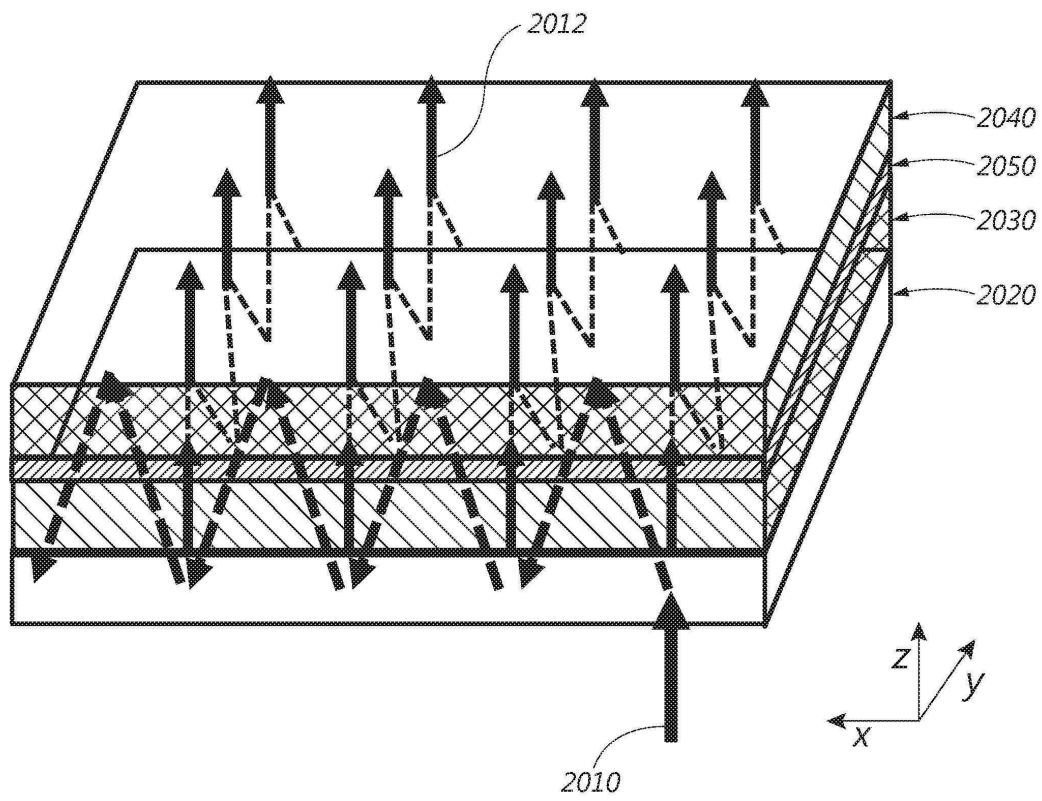
도면17a



도면17b



도면17c



도면17d

