



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0152954
(43) 공개일자 2024년10월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) G02B 27/00 (2020.01)
G02B 30/24 (2020.01) G02B 5/20 (2022.01)
G02B 5/22 (2006.01) G02B 6/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 27/0081 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7033589(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월10일
심사청구일자 2024년10월08일
- (62) 원출원 특허 10-2020-7018765
원출원일자(국제) 2018년12월10일
심사청구일자 2021년12월07일
- (85) 번역문제출일자 2024년10월08일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/064767
- (87) 국제공개번호 WO 2019/118357
국제공개일자 2019년06월20일
- (30) 우선권주장
62/597,359 2017년12월11일 미국(US)
62/624,109 2018년01월30일 미국(US)

- (71) 출원인
매직 립, 인코포레이티드
미국 플로리다 플랜타타운 웨스트 선라이즈 블러바드 7500 (우: 33322)
- (72) 발명자
커티스, 케빈 리차드
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
시솜, 브레들리 제이
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹

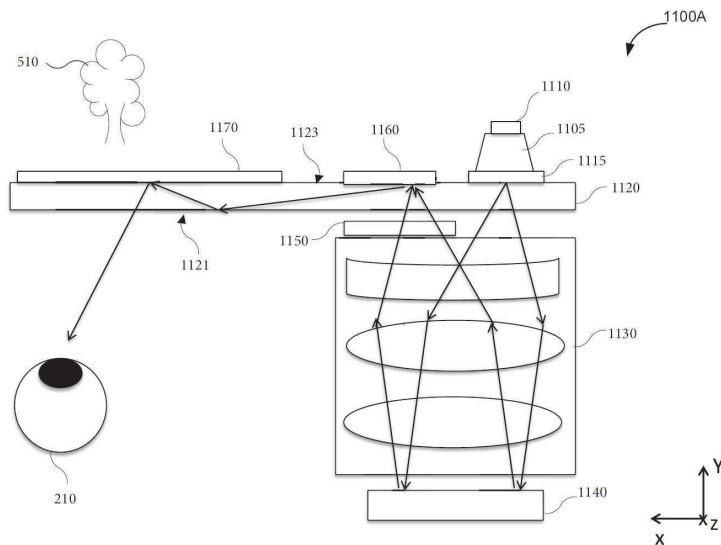
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 도파관 조명기

(57) 요약

이미지들을 눈에 전달하도록 구성되는 증강 현실 머리 장착 디스플레이 접안렌즈를 위한 광학 시스템에서, 광학 시스템은 광학기를 포함한다. 광학기는 광원으로부터 출력된 광을 수신하도록 배치된다. 광학기는 광원으로부터 수신된 광이 광학기를 통과하고 공간 광 변조기를 조명하도록 공간 광 변조기에 대해 추가로 배열된다. 공간 광 변조기를 조명하는 광이 광학기를 통해 다시 재지향되고 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 적어도 하나의 도파관에 커플링된다. 커플링된 광의 적어도 일부는 적어도 하나의 아웃커플링 광학 엘리먼트에 의해 적어도 하나의 도파관으로부터 출사되어 사용자의 눈으로 지향된다.

대표도 - 도11a



(52) CPC특허분류

G02B 30/24 (2020.01)
G02B 5/201 (2013.01)
G02B 5/22 (2013.01)
G02B 6/0033 (2013.01)
G02B 6/0076 (2013.01)
G02B 2027/0107 (2013.01)
G02B 2027/012 (2013.01)
G02B 2027/0178 (2013.01)

(72) 발명자

첵, 휘-추안

미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈
불러바드 7500

석 삼세, 밀러 해리

미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈
불러바드 7500

말가바, 사마스

미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈
불러바드 7500

아렌드, 에릭 해스

미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈
불러바드 7500

명세서

청구범위

청구항 1

사용자의 눈에 광을 투사하도록 구성된 디스플레이 시스템으로서,

적어도 하나의 광원;

하나 이상의 픽셀들을 갖고 이미지를 형성하도록 구성된 공간 광 변조기;

제1 주 표면과 상기 제1 주 표면과 반대편에서 X-Z 평면에 배치되는 제2 주 표면, 및 상기 제1 주 표면과 상기 제2 주 표면 사이의 제1 및 제2 에지들을 갖는 적어도 하나의 도파관을 포함하고,

상기 공간 광 변조기는 상기 적어도 하나의 도파관의 상기 제1 주 표면에 더 가깝고, 상기 적어도 하나의 광원은 상기 적어도 하나의 도파관의 상기 제2 주 표면에 더 가깝고, 회절 광학 엘리먼트는 상기 제2 주 표면 상에 배치되며,

상기 디스플레이 시스템은, 상기 광원으로부터의 광이 상기 회절 광학 엘리먼트를 통과하지 않도록, 상기 광원으로부터의 광이 상기 X-Z 평면의 제1 위치에서 상기 제2 주 표면을 통해 상기 적어도 하나의 도파관으로 수신되고 상기 제1 주 표면을 통해 상기 공간 광 변조기를 향해 전송되도록 구성되며, 상기 공간 광 변조기를 조명하는 광의 적어도 일부는 다시 재지향되어 상기 회절 광학 엘리먼트에 의해 상기 X-Z 평면에서 상기 제1 위치로부터 오프셋된 제2 위치에서 가이드될 상기 적어도 하나의 도파관으로 회절하게(diffractionally) 커플링되며, 그리고

상기 적어도 하나의 도파관은, 상기 적어도 하나의 도파관으로 회절하게 커플링되고 가이드되는 상기 공간 광 변조기로부터의 광의 적어도 일부가 상기 적어도 하나의 도파관으로부터 상기 사용자의 눈으로 출력되어 상기 사용자에게 이미지 콘텐츠를 디스플레이 하도록 상기 사용자의 눈 앞에서 상기 사용자의 머리 상에 위치하도록 구성되는,

디스플레이 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 광원은 광을 출력하도록 구성된 복수의 측방향으로 변위된 광 방출기를 포함하는,

디스플레이 시스템.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 광원으로부터 출력되는 광을 모으도록 구성된 반사성 커플링 광학기를 더 포함하는,

디스플레이 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 커플링 광학기는 CPC(compound parabolic collector)를 포함하는,

디스플레이 시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 도파관은 도파관들의 스택을 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 6

제5 항에 있어서,
상기 도파관들의 스택의 서로 다른 도파관들은 서로 다른 개개의 컬러들로 광을 출력하도록 구성되는,
디스플레이 시스템.

청구항 7

제5 항에 있어서,
상기 도파관들의 스택은 각각 제1 컬러 광, 제2 컬러 광 및 제3 컬러 광을 출력하도록 구성된 제1 도파관, 제2 도파관 및 제3 도파관을 포함하고, 상기 제1 컬러 광, 상기 제2 컬러 광 및 상기 제3 컬러 광은 각각 적색, 청색 및 녹색 컬러 광인,
디스플레이 시스템.

청구항 8

제5 항에 있어서,
적어도 하나의 광원은, (i) 제1 도파관으로 가이드될 광을 커플링시키기 위해 상기 제1 도파관의 제1 인커플링 (in-coupling) 광학 영역으로 광을 지향시키도록 배치된 제1 광원, 및 (ii) 제2 도파관으로 가이드될 광을 커플링시키기 위해 상기 제2 도파관의 제2 인커플링 광학 영역으로 광을 지향시키도록 배치된 제2 광원을 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 9

제8 항에 있어서,
상기 제1 인커플링 광학 영역 및 상기 제2 인커플링 광학 영역은 광을 상기 제1 도파관 및 상기 제2 도파관으로 각각 수신하기 위해 서로에 대해 측방향으로 변위되는,
디스플레이 시스템.

청구항 10

제8 항에 있어서,
제1 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트들은 미리 결정된 편광의 광을 인커플링하도록 구성되는,
디스플레이 시스템.

청구항 11

제1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 광원은 편광된 광원을 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 12

제1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 광원과 상기 공간 광 변조기 사이에 배치된 편광기를 더 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 13

제12 항에 있어서,
상기 편광기는 상기 적어도 하나의 도파관에 대해 기울어진,
디스플레이 시스템.

청구항 14

제1 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 도파관과 상기 공간 광 변조기 사이에 광학 배율(optical power)을 갖는 광학기를 더 포함
하며,
상기 광학기는 상기 광원으로부터 출력된 광을 수신하도록 배치되고, 상기 광학기는 상기 광원으로부터 수신된
광이 상기 광학기를 통과하고 상기 공간 광 변조기를 조명하도록 상기 공간 광 변조기에 대해 배열되는,
디스플레이 시스템.

청구항 15

제14 항에 있어서,
상기 적어도 하나의 도파관과 상기 사용자의 눈 사이의 경로에 배치된 정적 렌즈를 더 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 16

제1 항에 있어서,
상기 사용자의 눈의 굴절 교정을 제공하도록 구성된 처방 렌즈를 더 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 17

제1 항에 있어서,
원형 편광기를 더 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 18

제1 항에 있어서,
상기 눈은 상기 제2 주 표면보다 상기 제1 주 표면에 더 가까이 있는,
디스플레이 시스템.

청구항 19

제1 항에 있어서,
상기 공간 광 변조기는 LC(liquid crystal) 디스플레이 또는 DMD(digital micromirror device)를 포함하는,
디스플레이 시스템.

청구항 20

제1 항에 있어서,
상기 공간 광 변조기를 조명하는 광은 조명 광(illumination light)을 포함하는,
디스플레이 시스템.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] [1] 본 출원은 "WAVEGUIDE ILLUMINATOR"라는 명칭으로 2017년 12월 11일자 출원된 미국 가특허출원 제 62/597,359호 및 "WAVEGUIDE ILLUMINATOR"라는 명칭으로 2018년 1월 30일자 출원된 미국 가특허출원 제 62/624,109호에 대한 우선권의 이익을 35 U.S.C. § 119(e) 하에서 주장하며, 이 출원들 각각의 개시내용들은 이로써 그 전체가 인용에 의해 본 명세서에 포함된다.
- [0002] [2] 본 출원은 다음의 특허출원들: 2014년 11월 27일자 출원되어 2015년 7월 23일에 미국 공보 제2015/0205126호로서 공개된 미국 출원 제14/555,585호; 2015년 4월 18일자 출원되어 2015년 10월 22일에 미국 공보 제2015/0302652호로서 공개된 미국 출원 제14/690,401호; 2014년 3월 14일자 출원되어, 현재 2016년 8월 16일자 발행된 미국 특허 제9,417,452호인 미국 출원 제14/212,961호; 2014년 7월 14일자 출원되어 2015년 10월 29일에 미국 공보 제2015/0309263호로서 공개된 미국 출원 제14/331,218호; 및 2017년 12월 11일자 출원된 미국 가출원 제62/597,359호 각각의 전체를 인용에 의해 포함한다.
- [0003] [3] 본 개시내용은 공간 광 변조기 조명과 이미지 투사 모두에 대한 공통 광학기를 갖는 디스플레이 시스템들에 관한 것이다.

배경 기술

- [0004] [4] 현대 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 소위 "가상 현실" 또는 "증강 현실" 경험들을 위한 시스템들의 개발을 가능하게 했으며, 여기서 디지털 방식으로 재생된 이미지들 또는 그 이미지들의 부분들은, 이들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 지각될 수 있는 방식으로 사용자에게 제시된다. 가상 현실 또는 "VR" 시나리오는 통상적으로 다른 실제 세계 시각 입력에 대한 투명도(transparency) 없이 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 그에 응답하는 가상 오브젝트들을 수반한다. 예를 들어, MR 시나리오는 실제세계의 오브젝트들에 의해 차단되는 것으로 나타나거나 아니면 실제세계의 오브젝트들과 상호 작용하는 것으로 지각되는 AR 이미지 콘텐츠를 포함할 수 있다.
- [0005] [5] 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(10)이 도시된다. AR 기술의 사용자는 배경 내의 사람들, 나무들, 빌딩들 및 콘크리트 플랫폼(30)을 특징으로 하는 실제 세계 공원형 장소(20)를 본다. 사용자는 또한, 자신이 실제 세계 플랫폼(30) 위에 서 있는 로봇 동상(40), 및 호박벌의 의인화인 것처럼 보이는 날고 있는 만화형 아바타 캐릭터(50)와 같은 "가상 콘텐츠"를 "본" 것으로 지각한다. 이러한 엘리먼트들(50, 40)은 이들이 실제 세계에는 존재하지 않는다는 점에서 "가상"이다. 인간의 시각적 지각 시스템은 복잡하기 때문에, 다른 가상 또는 실제 세계 이미지리(imagery) 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편안하고 자연스러운 느낌의 풍부한 프리젠테이션을 가능하게 하는 AR 기술을 생성하는 것은 난제이다.
- [0006] [6] 본 명세서에서 개시된 시스템들 및 방법들은 AR 및 VR 기술에 관련된 다양한 난제들을 해결한다.
- [0007] [7] 편광 빔 분할기들은 편광을 광 변조기들에 지향시킨 다음, 이 광을 뷰어에 지향시키도록 디스플레이 시스템들에 사용될 수 있다. 디스플레이 시스템들의 크기들을 일반적으로 감소시키는 것에 대한 지속적인 요구가 있고, 그 결과, 편광 빔 분할기들을 이용하는 구성 부품들을 포함하여 디스플레이 시스템들의 구성 부품들의 크기들을 감소시키는 것에 대한 요구가 또한 있다.

발명의 내용

- [0008] [8] 본 개시내용의 시스템들, 방법들 및 디바이스들은 각각 여러 가지 혁신적인 양상들을 갖는데, 이 양상들 중 어떠한 단일 양상도 본 명세서에 개시된 바람직한 속성들을 단독으로 담당하지 않는다.
- [0009] [9] 본 명세서에서 설명되는 요지의 하나 또는 그보다 많은 실시예들의 세부사항들은 아래 첨부 도면들 및 설명에서 제시된다. 다른 특징들, 양상들 및 이점들은 설명, 도면들 및 청구항들로부터 자명해질 것이다. 하기 도면들의 상대적 치수들은 실측대로 도시되지 않을 수 있음을 주목한다.
- [0010] [10] 공간 광 변조기 조명과 이미지 투사 모두에 대한 공통 광학기를 가진 머리 장착 디스플레이 시스템들의 다

양한 예들이 본 명세서에서 설명된다.

[0011] [11] **예들:**

[0012] 1. 사용자의 시계 내에 증강 현실 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 사용자의 눈에 광을 투사하도록 구성된 머리 장착 디스플레이 시스템으로서, 머리 장착 디스플레이 시스템은:

[0013] 사용자의 머리에 지지되도록 구성된 프레임;

[0014] 광을 출력하도록 구성된 적어도 하나의 광원;

[0015] 적어도 하나의 광원으로부터 광을 수신하도록 배치된 공간 광 변조기;

[0016] 프레임 상에 배치된 접안렌즈 — 접안렌즈는 사용자의 시계에 증강 현실 이미지 콘텐츠를 디스플레이하기 위해 공간 광 변조기로부터의 광을 사용자의 눈으로 지향시키도록 구성되고, 접안렌즈의 적어도 일부는 투명하고, 사용자가 머리 장착 디스플레이 시스템을 착용할 때 사용자의 눈 앞의 위치에 배치되며, 투명한 일부는 사용자 앞의 물리적 환경의 일부로부터의 광을 사용자의 눈에 투과시켜 사용자 앞의 물리적 환경의 일부의 뷰를 제공하고, 접안렌즈는:

[0017] (a) 적어도 하나의 도파관;

[0018] (b) 공간 광 변조기로부터의 광을 적어도 하나의 도파관에 인커플링(in-couple)하도록 구성된 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트; 및

[0019] (c) 도파관 내에서 안내된 광을 도파관에서 아웃커플링(out-couple)하고 광을 사용자의 눈으로 지향시키도록 구성된 적어도 하나의 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함함 —; 및

[0020] 광학 배율(optical power)을 갖는 광학기를 포함하며, 광학기는 광원으로부터 출력된 광을 수신하도록 배치되고, 광학기는 광원으로부터 수신된 광이 광학기를 통과하고 공간 광 변조기를 조명하도록 공간 광 변조기에 대해 배열되며,

[0021] 머리 장착 디스플레이 시스템은, 공간 광 변조기를 조명하는 광이 광학기를 통해 다시 재지향되고 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 적어도 하나의 도파관에 커플링되며 커플링된 광의 적어도 일부는 적어도 하나의 아웃커플링 광학 엘리먼트에 의해 적어도 하나의 도파관으로부터 출사되어 사용자의 눈으로 지향되도록 구성된다.

[0022] 2. 예 1의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러 광을 방출하도록 구성된 다색 광원을 포함한다.

[0023] 3. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 서로 다른 시점들에 적색 컬러, 녹색 컬러 및 청색 컬러 광을 방출하도록 구성된 RGB(red, green, blue) 광원을 포함한다.

[0024] 4. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 서로 다른 시점들에 청록색 컬러, 자홍색 컬러 및 황색 컬러 광을 방출하도록 구성된 CMY(cyan, magenta, yellow) 광원을 포함한다.

[0025] 5. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은:

[0026] 광을 출력하도록 구성된 복수의 측방향으로 변위된 광 방출기들;

[0027] 복수의 광 방출기들로부터 광을 모으도록 구성된 집광 광학기(collection optics);

[0028] 확산기; 및

[0029] 확산기에 근접한 복수의 조리개들을 포함한다.

[0030] 6. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광원으로부터 출력된 광을 모으도록 광 방출기들에 대해 배치된 커플링 광학기를 더 포함한다.

[0031] 7. 예 6의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 커플링 광학기는 CPC(compound parabolic collector)를 포함한다.

[0032] 8. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 공간 광 변조기는 반사성 공간 광 변조기를 포함한다.

- [0033] 9. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 공간 광 변조기는 액정 공간 광 변조기를 포함한다.
- [0034] 10. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 공간 광 변조기는 수직 정렬된 액정 공간 광 변조기를 포함한다.
- [0035] 11. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 공간 광 변조기는 편향 기반 공간 광 변조기를 포함한다.
- [0036] 12. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 공간 광 변조기는 이동 가능 미러들의 어레이를 포함한다.
- [0037] 13. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광 덤프를 더 포함하여, 오프 상태에서는 광이 이동 가능 미러들의 어레이에 의해 광 덤프로 지향되고, 온 상태에서는 광이 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트들에 지향된다.
- [0038] 14. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 내부 전반사에 의해 도파관에서 광을 안내하기에 충분한 굴절률을 갖는 가시광에 대해 투명한 재료를 포함한다.
- [0039] 15. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 도파관들의 스택을 포함한다.
- [0040] 16. 예 15의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 도파관들의 스택의 서로 다른 도파관들은 서로 다른 개개의 컬러들로 광을 출력하도록 구성된다.
- [0041] 17. 예 15 또는 예 16의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 도파관들의 스택의 제1 도파관, 제2 도파관 및 제3 도파관은 각각 제1 컬러 광, 제2 컬러 광 및 제3 컬러 광을 출력하도록 구성되고, 제1 컬러 광, 제2 컬러 광 및 제3 컬러 광은 각각 적색, 청색 및 녹색 컬러 광이다.
- [0042] 18. 예 15 또는 예 16의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 도파관들의 스택의 서로 다른 도파관들은 마치 사용자의 눈으로부터의 서로 다른 거리들로부터 투사된 것처럼 서로 다른 양들의 발산, 수렴 및 시준 중 적어도 하나를 갖는 서로 다른 파면들을 갖는 광을 출력하도록 구성된다.
- [0043] 19. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 특정 편광의 광을 인커플링하도록 구성된다.
- [0044] 20. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 인커플링 광학 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트 및 반사기 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0045] 21. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 서로 다른 각각의 컬러들을 인커플링하도록 구성된 복수의 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다.
- [0046] 22. 예 21의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고, 제2 인커플링 광학 엘리먼트는, 제1 컬러의 광이 제1 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제1 도파관으로 커플링되어 제1 도파관 내에서 안내될 수 있고 제1 컬러와는 다른 제2 컬러의 광이 제1 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제2 인커플링 광학 엘리먼트에 전달될 수 있으며 제2 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제2 도파관으로 커플링되어 제2 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제1 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.
- [0047] 23. 예 22의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제3 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 제3 인커플링 광학 엘리먼트는, 제1 컬러 및 제2 컬러와는 다른 제3 컬러의 광이 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제3 인커플링 광학 엘리먼트로 전달될 수 있고 제3 도파관에 커플링되어 제3 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.
- [0048] 24. 예 23의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 컬러는 적색, 녹색 및 청색 중 하나를 포함하고, 제2 컬러는 상기 제1 컬러와는 다른 적색, 녹색 및 청색 중 하나를 포함하며, 제3 컬러는 상기 제1 컬러 및 제2 컬러와는 다른 적색, 녹색 또는 청색 중 하나를 포함한다.
- [0049] 25. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 다

수의 컬러들의 광을 적어도 하나의 도파관 중 한 도파관에 커플링하여 도파관 내로 광을 안내하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.

- [0050] 26. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 다수의 컬러들의 광을 적어도 하나의 도파관 중 한 도파관에 커플링하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트로 광을 지향시키도록 광학 기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 광원을 포함하고, 광원은 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러 광을 방출하도록 구성된다.
- [0051] 27. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 적색 광, 녹색 광 및 청색 광을 적어도 하나의 도파관 중 한 도파관에 커플링하여 도파관 내로 광을 안내하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0052] 28. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 미리 결정된 편광의 광을 인커플링하도록 구성된다.
- [0053] 29. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 서로에 대해 측방향으로 변위된 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다.
- [0054] 30. 예 29의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은, 다수의 컬러들의 광을 적어도 하나의 도파관 중 제1 도파관에 커플링하여 제1 도파관 내로 광을 안내하도록 구성된 제1 인커플링 광학 엘리먼트, 및 다수의 컬러들의 광을 적어도 하나의 도파관 중 제2 도파관에 커플링하여 제2 도파관 내로 광을 안내하도록 구성된 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 제1 인커플링 광학 엘리먼트와 제2 인커플링 광학 엘리먼트는 서로에 대해 측방향으로 변위된다.
- [0055] 31. 예 29 또는 예 30의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은, 제1 인커플링 광학 엘리먼트로 광을 지향시키도록 광학 기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 제1 광원, 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트로 광을 지향시키도록 광학 기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 제2 광원을 포함한다.
- [0056] 32. 예 30의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 제1 인커플링 광학 엘리먼트로 광을 지향시키도록 광학 기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 제1 광원을 포함하고, 제1 광원은 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러 광을 방출하도록 구성된다.
- [0057] 33. 예 32의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 제2 인커플링 광학 엘리먼트로 광을 지향시키도록 광학 기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 제2 광원을 포함하고, 제2 광원은 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러 광을 방출하도록 구성된다.
- [0058] 34. 예 33의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 접안렌즈는 제1 도파관으로부터 아웃커플링된 광과 상기 제2 도파관으로부터 아웃커플링된 광이 서로 다른 양들의 수렴, 발산 및 시준 중 적어도 하나를 가져 그에 따라 서로 다른 깊이들로부터 발생하는 것으로 나타나도록 구성된다.
- [0059] 35. 예 31 - 예 34의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 접안렌즈는 제1 도파관으로부터 아웃커플링된 광이 시준되고 제2 도파관으로부터 출력된 광이 발산하도록 구성된다.
- [0060] 36. 예 31 - 예 34의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 접안렌즈는 제1 도파관으로부터 아웃커플링된 광이 제1 양을 발산하고 제2 도파관으로부터 아웃커플링된 광이 제2 양을 발산하도록 구성되며, 제2 양은 제1 양과 다르다.
- [0061] 37. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 적색 광, 녹색 광 및 청색 광을 도파관에 커플링하여 도파관 내로 광을 안내하도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0062] 38. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 적색 광, 녹색 광 및 청색 광을 적어도 하나의 도파관 중 한 도파관에 커플링하도록 구성된 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트로 광을 지향시키도록 광학 기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 광원을 포함하고, 적어도 하나의 광원은 서로 다른 시점들에 서로 다른 적색, 녹색 및 청색 컬러 광을 방출하도록 구성된다.
- [0063] 39. 예 31의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 광원은 제1 컬러 광원이고, 제2 광원은 제1 컬러와는 다른 컬러를 갖는 제2 컬러 광원이다.

- [0064] 40. 예 39의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 광원은 적색 광원이고, 제2 컬러 광원은 녹색 광원 및 청색 컬러 광원 중 하나이다.
- [0065] 41. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 인커플링 광학 엘리먼트들의 복수의 그룹들을 포함하고, 각각의 그룹은 서로 다른 각각의 컬러들을 인커플링하도록 구성된 복수의 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하며, 복수의 그룹들 중 각각의 그룹은 서로에 대해 측방향으로 변위된다.
- [0066] 42. 예 41의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고, 제2 인커플링 광학 엘리먼트는, 제1 컬러의 광이 제1 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제1 도파관으로 커플링되어 제1 도파관 내에서 안내될 수 있고 제1 컬러와는 다른 제2 컬러의 광이 제1 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제2 인커플링 광학 엘리먼트에 전달될 수 있으며 제2 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제2 도파관으로 커플링되어 제2 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제1 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.
- [0067] 43. 예 42의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제3 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 제3 인커플링 광학 엘리먼트는, 제1 컬러 및 제2 컬러와는 다른 제3 컬러가 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제3 인커플링 광학 엘리먼트로 전달될 수 있고 제3 도파관에 커플링되어 제3 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제2 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.
- [0068] 44. 예 43의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 컬러는 적색, 녹색 및 청색 중 하나를 포함하고, 제2 컬러는 상기 제1 컬러와는 다른 적색, 녹색 및 청색 중 하나를 포함하며, 제3 컬러는 상기 제1 컬러 및 제2 컬러와는 다른 적색, 녹색 또는 청색 중 하나를 포함한다.
- [0069] 45. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 인커플링 광학 엘리먼트들의 제1 그룹 및 인커플링 광학 엘리먼트들의 제2 그룹을 포함하고, 인커플링 광학 엘리먼트들의 제1 그룹은 서로 다른 각각의 컬러들을 인커플링하도록 구성된 복수의 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하고, 인커플링 광학 엘리먼트들의 제2 그룹은 서로 다른 각각의 컬러들을 인커플링하도록 구성된 복수의 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하며, 제1 그룹과 제2 그룹은 서로에 대해 측방향으로 변위된다.
- [0070] 46. 예 45의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고, 제2 인커플링 광학 엘리먼트는, 제1 컬러의 광이 제1 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제1 도파관으로 커플링되어 제1 도파관 내에서 안내될 수 있고 제1 컬러와는 다른 제2 컬러가 제1 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제2 인커플링 광학 엘리먼트에 전달될 수 있으며 제2 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제2 도파관으로 커플링되어 제2 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제1 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.
- [0071] 47. 예 46의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제3 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 제3 인커플링 광학 엘리먼트는, 제1 컬러 및 제2 컬러와는 다른 제3 컬러가 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제3 인커플링 광학 엘리먼트로 전달될 수 있고 제3 도파관에 커플링되어 제3 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.
- [0072] 48. 예 47의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 컬러는 적색, 녹색 및 청색 중 하나를 포함하고, 제2 컬러는 상기 제1 컬러와는 다른 적색, 녹색 및 청색 중 하나를 포함하며, 제3 컬러는 상기 제1 컬러 및 제2 컬러와는 다른 적색, 녹색 또는 청색 중 하나를 포함한다.
- [0073] 49. 예 48의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제2 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제4 인커플링 광학 엘리먼트 및 제5 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하고, 제5 인커플링 광학 엘리먼트는, 제4 컬러의 광이 제4 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제4 도파관으로 커플링되어 제4 도파관 내에서 안내될 수 있고 제4 컬러와는 다른 제5 컬러가 제4 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제5 인커플링 광학 엘리먼트에 전달될 수 있으며 제5 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제5 도파관으로 커플링되어 제5 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제4 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.
- [0074] 50. 예 49의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제2 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들은 제6 인커플링 광학 엘

리먼트를 포함하며, 제6 인커플링 광학 엘리먼트는, 제4 컬러 및 제5 컬러와는 다른 제6 컬러가 제4 인커플링 광학 엘리먼트 및 제5 인커플링 광학 엘리먼트를 통해 제6 인커플링 광학 엘리먼트로 전달될 수 있고 제6 도파관에 커플링되어 제6 도파관 내에서 안내될 수 있도록 제4 인커플링 광학 엘리먼트 및 제5 인커플링 광학 엘리먼트 위에 배치된다.

- [0075] 51. 예 50의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 집안렌즈는 제1 도파관, 제2 도파관 및 제3 도파관으로부터 아웃커플링된 광이 제4 도파관, 제5 도파관 및 제6 도파관으로부터 아웃커플링된 광과는 다른 양들의 수렴, 발산 및 시준 중 적어도 하나를 가져 그에 따라 제4 도파관, 제5 도파관 및 제6 도파관으로부터 출력된 광과는 다른 깊이들로부터 발생하는 것으로 나타나도록 구성된다.
- [0076] 52. 예 51의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 집안렌즈는 제1 도파관, 제2 도파관 및 제3 도파관으로부터 아웃커플링된 광이 시준되고 제4 도파관, 제5 도파관 및 제6 도파관으로부터 출력된 광이 발산하도록 구성된다.
- [0077] 53. 예 52의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 집안렌즈는 제1 도파관, 제2 도파관 및 제3 도파관으로부터 아웃커플링된 광이 서로 다른 양을 발산하고 제4 도파관, 제5 도파관 및 제6 도파관으로부터 출력된 광이 서로 다른 양을 발산하도록 구성된다.
- [0078] 54. 예 45 - 예 53 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 인커플링 광학 엘리먼트들의 제1 그룹으로 광을 지향시키도록 광학기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 제1 광원을 포함하고, 제1 광원은 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러 광을 방출하도록 구성된다.
- [0079] 55. 예 45 - 예 54 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 인커플링 광학 엘리먼트들의 제2 그룹으로 광을 지향시키도록 광학기 및 공간 광 변조기에 대해 배치된 제2 광원을 포함하고, 제2 광원은 또한 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러 광을 방출하도록 구성된다.
- [0080] 56. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 아웃커플링 광학 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0081] 57. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 아웃커플링 엘리먼트는 적어도 하나의 제1 축을 따라 아이박스(eyebow)의 치수들을 증가시키도록 구성된다.
- [0082] 58. 예 57의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 제1 축에 직교하는 제2 축을 따라 아이박스의 치수들을 증가시키도록 구성되는 적어도 하나의 광 재지향 엘리먼트를 적어도 하나의 도파관 내에 또는 위에 포함하는 직교 동공 확장기를 더 포함한다.
- [0083] 59. 예 58의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광 재지향 엘리먼트는 회절 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [0084] 60. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관의 적어도 일부는 적어도 하나의 광원과 광학기 사이로 연장되며, 광학기를 통해 지향되는, 적어도 하나의 광원으로부터의 광은 적어도 하나의 도파관의 일부를 통해 광학기로 전달된다.
- [0085] 61. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 제1 면 및 제1 면에 대향하는 제2 면을 갖고, 광학기 및 공간 광 변조기는 공간 광 변조기로부터의 광이 제1 면으로 지향되도록 제1 면 상에 배치된다.
- [0086] 62. 예 61의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은, 적어도 하나의 광원으로부터의 광이 광학기를 통해 공간 광 변조기로 전달되기 전에 제1 면에 입사되도록 제1 면 상에 배치된다.
- [0087] 63. 예 61의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은, 적어도 하나의 광원으로부터의 광이 광학기를 통해 공간 광 변조기로 전달되기 전에 제2 면에 입사되도록 제2 면 상에 배치된다.
- [0088] 64. 예 63의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 적어도 하나의 광원과 광학기 사이에 배치된다.
- [0089] 65. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광원으로부터 광을 수신하도록 그리고 적어도 하나의 광원으로부터의 광을 적어도 하나의 광원에 근접한 적어도 하나의 도파관의 부분으로 커플링하여 그 내부에서 안내되게 하도록, 적어도 하나의 도파관의 부분에 대해 배치된 광원 인커플링 광학 엘리먼트를 더 포함한다.

- [0090] 66. 예 65의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광원에 근접한 적어도 하나의 도파관의 부분의 내부에서 안내되는 광을 광학기를 통해 그리고 공간 광 변조기로 적어도 하나의 도파관의 부분 밖으로 지향시키도록 구성되는, 적어도 하나의 도파관의 부분에 대한 아웃커플링 광학 엘리먼트를 더 포함한다.
- [0091] 67. 예 66의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광원에 근접한 적어도 하나의 도파관의 부분으로부터 광학기에 커플링된 광의 적어도 일부가 공간 광 변조기에 입사되고, 다시 광학기를 통과하여, 적어도 하나의 도파관의 제2 부분으로 입사되고, 그 내부에서 다시 안내되고, 제2 부분으로부터 아웃커플링되어, 사용자의 눈으로 지향되도록 구성된다.
- [0092] 68. 예 65 - 예 67 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광원에 근접한 적어도 하나의 도파관의 부분으로부터 적어도 하나의 도파관의 제2 부분으로의 크로스토크를 감소시키기 위한 아이솔레이터를 더 포함한다.
- [0093] 69. 예 68의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 아이솔레이터는 불투명 표면 및 반사 표면 중 하나를 포함한다.
- [0094] 70. 예 68의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 아이솔레이터는 적어도 하나의 도파관에 배치된다.
- [0095] 71. 예 65 - 예 70 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 제1 면 및 제1 면에 대향하는 제2 면을 갖고, 광학기 및 공간 광 변조기는 적어도 하나의 도파관의 제1 면 상에 배치된다.
- [0096] 72. 예 71의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은, 적어도 하나의 광원으로부터의 광이 적어도 하나의 도파관의 제1 면에 입사하여 그 내부에서 안내되고 적어도 하나의 도파관의 부분 내에서 안내되는 광이 적어도 하나의 도파관의 제1 면으로부터 제1 면 상의 광학기 및 공간 광 변조기에 커플링되도록 적어도 하나의 도파관의 제1 면 상에 배치된다.
- [0097] 73. 예 71의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은, 적어도 하나의 광원으로부터의 광이 광학기를 통해 공간 광 변조기로 전달되기 전에 적어도 하나의 도파관의 제2 면에 입사되도록 적어도 하나의 도파관의 제2 면 상에 배치된다.
- [0098] 74. 예 71 또는 예 73의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 적어도 하나의 광원과 광학기 사이에 배치된다.
- [0099] 75. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광원에 광학적으로 결합된 적어도 하나의 도파관을 더 포함하며, 적어도 하나의 도파관은 적어도 하나의 광원으로부터 광을 수신하고, 적어도 하나의 광원으로부터의 광을 적어도 하나의 도파관의 내부에서 안내하고, 적어도 하나의 도파관의 내부에서 안내된 광을 광학기에 커플링하여, 적어도 하나의 도파관으로부터 광학기에 커플링된 광의 적어도 일부가 공간 광 변조기에 입사되고, 다시 광학기를 통과하여, 적어도 하나의 도파관으로 입사되고, 적어도 하나의 도파관의 내부에서 안내되고, 적어도 하나의 도파관으로부터 아웃커플링되어, 사용자의 눈으로 지향되게 한다.
- [0100] 76. 예 75의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광원으로부터 광을 수신하고 광원으로부터의 광을 적어도 하나의 도파관으로 커플링하여 적어도 하나의 도파관의 내부에서 안내되도록, 적어도 하나의 도파관 상에 배치된 인커플링 엘리먼트를 더 포함한다.
- [0101] 77. 예 76의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광원으로부터 적어도 하나의 도파관 내에서 안내된 광을 수신하고 적어도 하나의 도파관 내에서 안내된 광을 적어도 하나의 도파관으로부터 그리고 광학기를 통해 공간 광 변조기로 커플링하도록 적어도 하나의 도파관 상에 배치된 아웃커플링 엘리먼트를 더 포함한다.
- [0102] 78. 예 75 - 예 77 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 도파관과 적어도 하나의 도파관 사이의 크로스토크를 감소시키기 위한 아이솔레이터를 더 포함한다.
- [0103] 79. 예 78의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 아이솔레이터는 불투명 및 반사 표면 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0104] 80. 예 78 또는 예 79의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 아이솔레이터는 적어도 하나의 도파관 내에 또는 상에 배치된다.
- [0105] 81. 예 75 - 예 80 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 제1 면 및 상기 제1 면에 대향하는 제2 면을 갖고, 광학기 및 공간 광 변조기는 적어도 하나의 도파관의 제1 면 상에 배치된다.
- [0106] 82. 예 81의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은, 적어도 하나의 광원으로부터의 광이 적

어도 하나의 도파관의 제1 면에 입사하여 그 내부에서 안내되고 적어도 하나의 도파관 내에서 안내되는 광이 적어도 하나의 도파관의 제1 면으로부터 제1 면 상의 광학기 및 공간 광 변조기에 커플링되도록 적어도 하나의 도파관의 제1 면 상에 배치된다.

- [0107] 83. 예 81의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은, 적어도 하나의 광원으로부터의 광이 적어도 하나의 도파관의 제2 면에 입사하여 그 내부에서 안내되고 적어도 하나의 도파관 내에서 안내되는 광이 적어도 하나의 도파관의 제1 면으로부터 제1 면 상의 광학기 및 공간 광 변조기에 커플링되도록 적어도 하나의 도파관의 제2 면 상에 배치된다.
- [0108] 84. 예 81 또는 예 83의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 도파관은 적어도 하나의 광원과 광학기 사이에 배치된다.
- [0109] 85. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광학기는 하나 이상의 렌즈들을 포함한다.
- [0110] 86. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광학기는 복수의 렌즈들을 포함한다.
- [0111] 87. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광학기는 양의 배율을 갖는다.
- [0112] 88. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광학기는 하나 이상의 굴절 광학 엘리먼트들을 포함한다.
- [0113] 89. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 공간 광 변조기는 편광을 변조하도록 구성된다.
- [0114] 90. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 공간 광 변조기와 사용자의 눈 사이의 광학 경로에 분석기를 더 포함한다.
- [0115] 91. 예 90의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 분석기는 광학기와 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트 사이의 광학 경로에 배치된다.
- [0116] 92. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광원과 공간 광 변조기 사이에 배치된 편광기를 더 포함한다.
- [0117] 93. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 광원은 편광된 광원을 포함한다.
- [0118] 94. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기가 광학기와 공간 광 변조기 사이에 배치된다.
- [0119] 95. 예 94의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기는 공간 광 변조기 상에 직접 배치된다.
- [0120] 96. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기는 와이어 그리드 편광기를 포함한다.
- [0121] 97. 예 90의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 분석기는 원형 편광기이다.
- [0122] 98. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 조정 가능한 광학 배율을 갖는 가변 광학 엘리먼트를 더 포함한다.
- [0123] 99. 예 98의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 렌즈 또는 미러를 포함한다.
- [0124] 100. 예 98 또는 예 99의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 제1 상태 및 제2 상태를 갖도록 구성되고, 제1 상태에서 가변 광학 엘리먼트는 제2 상태일 때와는 다른 광학 배율을 갖는다.
- [0125] 101. 예 100의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 제1 상태에서는 음의 광학 배율을 갖고 제2 상태에서는 0의 광학 배율을 갖는다.
- [0126] 102. 예 100의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 제1 상태에서는 양의 광학 배율을 갖고 제2 상태에서는 0의 광학 배율을 갖는다.
- [0127] 103. 예 100의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 제1 상태에서는 제1 음의 광학 배율을 갖고 제2 상태에서는 다른 제2 음의 광학 배율을 갖는다.
- [0128] 104. 예 100의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 제1 상태에서는 제1 양의 광학 배율을

갖고 제2 상태에서는 다른 제2 양의 광학 배율을 갖는다.

- [0129] 105. 예 100의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 제1 상태에서는 제1 음의 광학 배율을 갖고 제2 상태에서는 제2 양의 광학 배율을 갖는다.
- [0130] 106. 예 98의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 가변 광학 엘리먼트는 액체 렌즈를 포함한다.
- [0131] 107. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 투과되는 광의 가변 감쇠를 제공하는 광학 엘리먼트들을 포함하는 조정 가능한 조광기를 더 포함한다.
- [0132] 108. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 사용자의 눈의 굴절 교정을 제공하도록 구성된 처방 렌즈를 더 포함한다.
- [0133] 109. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 도파관과 사용자의 눈 사이의 경로에 배치된 정적 렌즈를 더 포함한다.
- [0134] 110. 예 91의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 분석기는 광원으로부터 광학기로 전파되는 광에 대한 편광기로서 또한 기능하도록 구성된다.
- [0135] 111. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 사용자에게 근접한 도파관 측에 배치된 컬러 필터 어레이를 더 포함하고, 컬러 필터 어레이는 복수의 서로 다른 컬러 필터들을 포함한다.
- [0136] 112. 예 111의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 컬러 필터 어레이는 컬러 필터들 사이에 배치되어, 미광의 전파 및 반사를 감소시키도록 구성된 흡수 재료를 포함한다.
- [0137] 113. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기는 광원의 광학 경로에 배치될 수 있고, 제1 편광의 광을 투과시키고 제2 편광의 광을 반사하도록 구성될 수 있으며, 광원을 향해 지향된 제2 편광의 반사된 광의 일부는 제1 편광을 획득한다.
- [0138] 114. 예 113의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광원을 향해 지향된 제2 편광의 반사된 광의 일부는 광원들로부터 광을 모으도록 배치된 커플링 광학기로부터 반사됨으로써 제1 편광을 획득한다.
- [0139] 115. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 1/4 파장판을 더 포함한다.
- [0140] 116. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광의 보다 일관된 직교 회전을 제공하도록 구성된 보상기를 더 포함한다.
- [0141] 117. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광학기와 공간 광 변조기는 서로에 대해 기울어진다.
- [0142] 118. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 커플링 광학기, 광학기 및 공간 광 변조기는 접안렌즈에 대해 기울어진다.
- [0143] 119. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 커플링 광학기, 광학기 및 공간 광 변조기는 접안렌즈에 대해 기울어진다.
- [0144] 120. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 광원으로부터의 광은 재순환 또는 재생되도록 구성된다.
- [0145] 121. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 제1 편광을 갖는 상기 광원으로부터의 광을 상기 광학기로 투과시키고 다른 제2 편광을 갖는 광을 다시 상기 광원을 향해 반사시키도록 구성된 편광기를 더 포함한다.
- [0146] 122. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 광원과 상기 편광기 사이에서, 상기 편광기에 의해 반사된 상기 제2 편광의 상기 광의 적어도 일부를 상기 제1 편광의 광으로 변환하는 커플링 엘리먼트를 더 포함한다.
- [0147] 123. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광원은 광을 출력하도록 구성된 복수의 측방향으로 변위된 광 방출기들을 포함한다.
- [0148] 124. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 복수의 광 방출기들로부터 광을 모으도록 구성된 집광 광학기 또는 커플링 엘리먼트를 더 포함한다.

- [0149] 125. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 광원과 상기 광학기 사이의 광학 경로에 확산기를 더 포함한다.
- [0150] 126. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 광원과 상기 광학기 사이에 하나 이상의 조리개들을 더 포함한다.
- [0151] 127. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 광원과 상기 광학기 사이에 복수의 조리개들을 더 포함한다.
- [0152] 128. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 광원과 상기 광학기 사이에 확산기 및 복수의 조리개들을 더 포함하며, 상기 확산기는 상기 조리개들에 근접하다.
- [0153] 129. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광원은 하나 이상의 레이저 다이오드들을 포함한다.
- [0154] 130. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광원으로부터 출력된 광을 모으도록 광원에 대해 배치된 커플링 광학기를 더 포함한다.
- [0155] 131. 예 130의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 커플링 광학기는 CPC(compound parabolic collector)를 포함한다.
- [0156] 132. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광원으로부터 출력된 광을 모으도록 광원에 대해 배치된 집광 광학기를 더 포함한다.
- [0157] 133. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 집광 광학기는 하나 이상의 렌즈들을 포함한다.
- [0158] 134. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 집광 광학기는 복수의 렌즈들을 포함한다.
- [0159] 135. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광원과 광학기 사이에 1/4 파장 리타더(retarder)를 더 포함한다.
- [0160] 136. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기가 공간 광 변조기에 붙여진다.
- [0161] 137. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기가 접착제로 공간 광 변조기에 부착된다.
- [0162] 138. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기가 기계적 고정물을 사용하여 공간 광 변조기에 부착된다.
- [0163] 139. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 보상기가 공간 광 변조기에 붙여진다.
- [0164] 140. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 보상기가 접착제로 공간 광 변조기에 부착된다.
- [0165] 141. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 보상기가 기계적 고정물을 사용하여 공간 광 변조기에 부착된다.
- [0166] 142. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 리타더가 공간 광 변조기에 붙여진다.
- [0167] 143. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 리타더가 접착제로 공간 광 변조기에 부착된다.
- [0168] 144. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 리타더가 기계적 고정물을 사용하여 공간 광 변조기에 부착된다.
- [0169] 145. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 1/4 파장 리타더가 공간 광 변조기에 붙여진다.
- [0170] 146. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 1/4 파장 리타더가 접착제로 공간 광 변조기에 부착된다.

- [0171] 147. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 1/4 파장 리타더가 기계적 고정물을 사용하여 공간 광 변조기에 부착된다.
- [0172] 148. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 편광기는 와이어 그리드 편광기를 포함한다.
- [0173] 149. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 공간 광 변조기와 상기 인커플링 광학 엘리먼트 사이에 원형 편광기를 더 포함한다.
- [0174] 150. 예 149의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 원형 편광기는 선형 분석기 및 1/4 파장 리타더를 포함한다.
- [0175] 151. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광학기와 적어도 하나의 도파관 사이에 그리드 광원과 광학기 사이에 단일 편광기를 더 포함한다.
- [0176] 152. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광 덩프는 흡수 재료를 포함한다.
- [0177] 153. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광 덩프는 필터 어레이의 필터들을 둘러싸는 흡수 재료를 포함한다.
- [0178] 154. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광원은 상기 광원으로부터의 광이 상기 적어도 하나의 도파관을 통과하지 않고 상기 광학기로 지향되도록 상기 적어도 하나의 도파관에 대해 측방향으로 배치된다.
- [0179] 155. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광원은 상기 광원으로부터의 광이 상기 적어도 하나의 도파관을 통과하지 않고 상기 광학기로 지향되도록 상기 적어도 하나의 도파관에 대해 측방향으로 연장되는 투명 층 상에 배치된다.
- [0180] 156. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광원은 상기 사용자의 눈에 더 가까운 상기 적어도 하나의 도파관 측보다, 상기 사용자 앞의 상기 환경에 더 가까운 상기 적어도 하나의 도파관 측에 더 가까운 투명 층 상에 배치되고, 상기 투명 층은 상기 광원으로부터의 광이 상기 적어도 하나의 도파관을 통과하지 않고 상기 광학기로 지향되도록 상기 적어도 하나의 도파관에 대해 측방향으로 연장된다.
- [0181] 157. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 광원은 상기 사용자 앞의 상기 환경에 더 가까운 상기 적어도 하나의 도파관 측보다, 상기 사용자의 눈에 더 가까운 상기 적어도 하나의 도파관 측에 더 가까운 투명 층 상에 배치되고, 상기 투명 층은 상기 광원으로부터의 광이 상기 적어도 하나의 도파관을 통과하지 않고 상기 광학기로 지향되도록 상기 적어도 하나의 도파관에 대해 측방향으로 연장된다.
- [0182] 158. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 투명 층은 커버 유리를 포함한다.
- [0183] 159. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 서로에 대해 측방향으로 변위된 복수의 컬러 필터들을 더 포함하며, 상기 컬러 필터들은 각각의 컬러 필터들을 통과하는 광이 각각의 인커플링 광학 엘리먼트들에 입사되도록 서로에 대해 측방향으로 변위되는 복수의 인커플링 광학 엘리먼트들에 대해 측방향으로 정렬된다.
- [0184] 160. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 복수의 컬러 필터들은 컬러 필터 어레이를 포함한다.
- [0185] 161. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 공간 광 변조기와 상기 광학기 사이의 광학 경로에 배치된 편광기를 더 포함한다.
- [0186] 162. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 공간 광 변조기와 상기 광학기 사이의 광학 경로에 배치된 분석기를 더 포함한다.
- [0187] 163. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 공간 광 변조기와 상기 광학기 사이의 광학 경로에 배치된 보상기를 더 포함한다.
- [0188] 164. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 공간 광 변조기와 상기 광학기 사이의 광학 경로에 배치된 리타더를 더 포함한다.
- [0189] 165. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 공간 광 변조기와 상기 광학기 사이의 광학 경로에 배치된 1/4 파장 리타더를 더 포함한다.

- [0190] 166. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 적어도 하나의 도파관과 광학 배율을 갖는 상기 광학기 사이에 제1 원형 편광기를 더 포함한다.
- [0191] 167. 예 166의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 제1 원형 편광기는 상기 광원과 상기 광학 배율을 갖는 광학기 사이에 있다.
- [0192] 168. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광학 배율을 갖는 상기 광학기와 상기 공간 광 변조기 사이에 제2 원형 편광기를 더 포함한다.
- [0193] 169. 예 168의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 제2 원형 편광기와 상기 공간 광 변조기 사이에 리타더를 더 포함한다.
- [0194] 170. 예 168 또는 예 169의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 제2 원형 편광기와 상기 공간 광 변조기 사이에 제3 원형 편광기를 더 포함한다.
- [0195] 171. 예 170의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 제2 원형 편광기와 제3 원형 편광기 사이에 리타더를 더 포함한다.
- [0196] 172. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광학 배율을 갖는 상기 광학기와 상기 공간 광 변조기 사이에 보상기를 더 포함한다.
- [0197] 173. 예 168 - 예 171 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 제2 원형 편광기와 상기 공간 광 변조기 사이에 보상기를 더 포함한다.
- [0198] 174. 예 170 또는 예 171의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 제3 원형 편광기와 상기 공간 광 변조기 사이에 보상기를 더 포함한다.
- [0199] 175. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 광학 배율을 갖는 상기 광학기와 상기 공간 광 변조기 사이에 커버 유리를 더 포함한다.
- [0200] 176. 예 168 - 예 174 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 제2 원형 편광기와 상기 공간 광 변조기 사이에 커버 유리를 더 포함한다.
- [0201] 177. 예 170 - 예 174 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 제3 원형 편광기와 상기 공간 광 변조기 사이에 커버 유리를 더 포함한다.
- [0202] 178. 예 172 - 예 174 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 보상기와 상기 공간 광 변조기 사이에 커버 유리를 더 포함한다.
- [0203] 179. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광학 표면을 더 포함하며, 상기 광학 표면은 상기 광학 표면으로부터 반사된 광을 재지향시키도록 상기 적어도 하나의 도파관에 대해 기울어진다.
- [0204] 180. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광학 표면을 더 포함하며, 상기 광학 표면은 상기 광학 표면으로부터 반사된 광을 재지향시키도록 상기 공간 광 변조기에 대해 기울어진다.
- [0205] 181. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광학 표면을 더 포함하며, 상기 광학 표면은 상기 광학 표면으로부터 반사된 광을 재지향시키도록 적어도 하나의 편광기 또는 리타더에 대해 기울어진다.
- [0206] 182. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 적어도 하나의 광학 표면을 더 포함하며, 상기 광학 표면은 상기 광학 표면으로부터 반사된 광을 재지향시키도록 광학 배율을 갖는 상기 광학기의 광학 축에 대해 기울어진 법선을 갖는다.
- [0207] 183. 예 179 - 예 182 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 기울어진 적어도 하나의 광학 표면은 상기 반사된 광을 상기 적어도 하나의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트로부터 멀어지게 재지향시킨다.
- [0208] 184. 예 179 - 예 183 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 기울어진 적어도 하나의 광학 표면은, 상기 반사된 광 중 적은 양의 광이 상기 적어도 하나의 도파관에 커플링되어 적어도 하나의 도파관 내에서 안내되도록 상기 반사된 광을 재지향시킨다.
- [0209] 185. 예 179 - 예 184 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 기울어진 적어도 하나의 광학

표면은, 상기 반사된 광 중 적은 양의 광이 사용자의 눈으로 지향되도록 상기 반사된 광을 재지향시킨다.

- [0210] 186. 예 179 - 예 185 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 기울어진 적어도 하나의 광학 표면은, 상기 반사된 광의 적어도 일부를 상기 광원으로 재지향시킨다.
- [0211] 187. 예 179 - 예 186 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 기울어진 적어도 하나의 광학 표면으로부터 상기 반사된 광의 적어도 일부를 수신하기 위한 광 덩프를 더 포함한다.
- [0212] 188. 예 179 - 예 187 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 기울어진 적어도 하나의 광학 표면은 상기 커버 유리 상에 있다.
- [0213] 189. 예 179 - 예 188 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 기울어진 적어도 하나의 광학 표면은 적어도 하나의 리타더, 적어도 하나의 편광기 또는 적어도 하나의 보상기 중 하나 이상에 있다.
- [0214] 190. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 커버 유리는 썸기형이다.
- [0215] 191. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 적어도 하나의 리타더, 적어도 하나의 편광기 또는 적어도 하나의 보상기는 썸기형이다.
- [0216] 192. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 광원으로부터 방출된 광의 편광을 회전시키도록 상기 광원에 대해 배치된 편광 회전기를 더 포함한다.
- [0217] 193. 예 166 또는 예 167의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 상기 광원과 상기 제1 원형 편광기 사이에 배치된 편광 회전기를 더 포함한다.
- [0218] 194. 상기 예들 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 적어도 하나의 인커플링 광학 엘리먼트는 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 상기 머리 장착 디스플레이 시스템은 상기 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 상기 제2 인커플링 광학 엘리먼트와 각각 연관된 제1 컬러 필터 및 제2 컬러 필터를 더 포함한다.
- [0219] 195. 예 194의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 컬러 필터는 제2 컬러보다 제1 컬러의 광을 더 많이 투과시키고, 제2 컬러 필터는 제1 컬러보다 제2 컬러의 광을 더 많이 투과시킨다.
- [0220] 196. 예 194 또는 예 195의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 상기 적어도 하나의 도파관은 제1 도파관 및 제2 도파관을 포함하고, 제1 인커플링 광학 엘리먼트는 제2 컬러보다 제1 컬러의 광을 더 많이 상기 제1 도파관에 커플링하고, 제2 인커플링 광학 엘리먼트는 제1 컬러보다 제2 컬러의 광을 더 많이 상기 제2 도파관에 커플링한다.
- [0221] 197. 예 194 - 예 196 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 컬러 필터 및 제2 컬러 필터는 각각의 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트와 측방향으로 정렬된다.
- [0222] 198. 예 194 - 예 197 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 제1 광원 및 제2 광원을 더 포함하며, 제1 광원 및 제2 광원은 각각 제1 컬러 필터 및 제2 컬러 필터를 통해 광을 각각 제1 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트로 지향시키도록 배치된다.
- [0223] 199. 예 194 - 예 197 중 어느 한 예의 머리 장착 디스플레이 시스템은, 제1 광원 및 제2 광원을 더 포함하며, 제1 컬러 필터 및 제2 컬러 필터는 각각, 제1 광원과 제1 인커플링 광학 엘리먼트 사이의 제1 광학 경로 및 제2 광원과 제2 인커플링 광학 엘리먼트 사이의 제2 광학 경로에 배치된다.
- [0224] 200. 예 198 또는 예 199의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 광원 및 제2 광원은 각각, 제1 컬러를 방출하도록 구성된 제1 컬러 광원 및 제2 컬러를 방출하도록 구성된 제2 컬러 광원을 포함한다.
- [0225] 201. 예 198 또는 예 199의 머리 장착 디스플레이 시스템에서, 제1 광원 및 제2 광원은 상기 제1 컬러와 제2 컬러 모두를 방출하도록 구성된 광대역 컬러 광원들을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0226] [12] 도 1은 증강 현실(AR: augmented reality) 디바이스를 통한 AR의 사용자의 뷰를 예시한다.
- [13] 도 2는 사용자에게 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이션하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다.
- [14] 도 3a - 도 3c는 곡률 반경과 초점 반경 사이의 관계를 예시한다.

- [15] 도 4a는 인간 시각 시스템의 원근조절-이접운동 응답의 표현을 예시한다.
- [16] 도 4b는 사용자의 한 쌍의 눈들의 서로 다른 원근조절 상태들 및 이접운동 상태들의 예들을 예시한다.
- [17] 도 4c는 디스플레이 시스템을 통해 콘텐츠를 보는 사용자의 하향식 뷰의 표현의 일례를 예시한다.
- [18] 도 4d는 디스플레이 시스템을 통해 콘텐츠를 보는 사용자의 하향식 뷰의 표현의 다른 예를 예시한다.
- [19] 도 5는 화면 발산을 수정함으로써 3차원 이미저리를 시뮬레이션하기 위한 접근 방식의 양상들을 예시한다.
- [20] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 일례를 예시한다.
- [21] 도 7은 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 일례를 예시한다.
- [22] 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 서로 다른 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택형 도파관 어셈블리의 일례를 예시한다.
- [23] 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택형 도파관들의 세트의 일례의 측면면도를 예시한다.
- [24] 도 9b는 도 9a의 하나 이상의 스택형 도파관들의 일례의 사시도를 예시한다.
- [25] 도 9c는 도 9a 및 도 9b의 하나 이상의 스택형 도파관들의 일례의 하향식 평면도를 예시한다.
- [26] 도 9d는 웨어러블 디스플레이 시스템의 일례를 예시한다.
- [27] 도 10은 편광 빔 분할기를 포함하며 빔 분할기의 한쪽으로 광을 주입하는 광원 및 빔 분할기의 다른 쪽으로부터 광을 수신하는 투사 광학기를 갖는 투사기 어셈블리의 측면도이다.
- [28] 도 11a는 광원, 공간 광 변조기, 공간 광 변조기를 조명하고 공간 광 변조기(SLM: spatial light modulator)의 이미지를 투사하기 위한 광학기, 및 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다. 이 시스템은 광학기로부터의 광을 도파관으로 커플링하기 위한 인커플링 광학 엘리먼트뿐만 아니라 도파관으로부터의 광을 눈에 커플링하기 위한 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함한다.
- [29] 도 11b는 도 11a에 예시된 증강 현실 디스플레이 시스템의 평면도로, 이는 도파관을 그 위에 배치된 광원뿐만 아니라 인커플링 광학 엘리먼트 및 아웃커플링 광학 엘리먼트와 함께 도시한다. 평면도는 또한 직교 동공 확장기를 도시한다.
- [30] 도 11c는 공유 편광기/분석기 및 편광 기반 공간 광 변조기(예컨대, 실리콘 액정 SLM)를 갖는 도 11a의 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다.
- [31] 도 12a는 다색 광원(예컨대, 시간 다중화된 RGB LED들 또는 레이저 다이오드들), 공간 광 변조기, 공간 광 변조기를 조명하고 공간 광 변조기의 이미지를 눈에 투사하기 위한 광학기, 및 도파관들의 스택을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이며, 서로 다른 도파관들은 서로 다른 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들뿐만 아니라 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다.
- [32] 도 12b는 이동 가능 미러들의 어레이와 같은 MEMS(micro-electro-mechanical) 기반 SLM(예컨대, DLP™ (Digital Light Processing) 기술) 및 광 덤프를 더 포함하는, 도 12a의 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다.
- [33] 도 12c는 도 12b의 증강 현실 디스플레이 시스템의 일부의 평면도로, 이는 인커플링 광학 엘리먼트들 중 하나와 광 덤프뿐만 아니라 광원의 측방향 배열을 개략적으로 예시한다.
- [34] 도 13a는 도파관들의 스택을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 사시도이며, 서로 다른 도파관들은 서로 다른 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하고, 인커플링 광학 엘리먼트들은 서로에 대해 측방향으로 변위된다. 서로에 대해 또한 측방향으로 변위된 하나 이상의 광원들은, 광학기를 통해 광을 통과시키고, 공간 광 변조기로부터 광을 반사시키고, 반사된 광을 광학기를 통해 다시 통과시킴으로써 광을 각각의 인커플링 광학 엘리먼트들로 지향시키도록 배치된다.
- [35] 도 13b는 도 13a에 예시된 예의 측면도로, 이는 측방향 변위된 인커플링 광학 엘리먼트들 및 광원들뿐만 아니라 광학기 및 공간 광 변조기를 도시한다.
- [36] 도 13c는 도 13a 및 도 13b에 예시된 증강 현실 디스플레이 시스템의 평면도로, 이는 하나 이상의 측방향

으로 변위된 인커플링 광학 엘리먼트들 및 연관된 하나 이상의 측방향으로 변위된 광원들을 도시한다.

[37] 도 14a는 도파관 스택을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이며, 서로 다른 도파관들은 서로 다른 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하고, 인커플링 광학 엘리먼트들은 서로에 대해 측방향으로 변위된다(이 예에서 측방향 변위는 z 방향으로 발생함).

[38] 도 14b는 도 14a에 예시된 디스플레이 시스템의 평면도로, 이는 측방향으로 변위된 인커플링 광학 엘리먼트들 및 광원들을 도시한다.

[39] 도 14c는 도 14a 및 도 14b에 예시된 디스플레이 시스템의 직교 측면도이다.

[40] 도 15는 한 세트의 스택형 도파관들을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 평면도이며, 서로 다른 도파관들은 서로 다른 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다. 광원들 및 인커플링 광학 엘리먼트들은 도 14a - 도 14c에 도시된 것과는 다른 구성으로 배열된다.

[41] 도 16a는 서로에 대해 측방향으로 변위되는 인커플링 광학 엘리먼트들의 그룹들을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이며, 각각의 그룹은 하나 이상의 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다.

[42] 도 16b는 도 16a의 디스플레이 시스템의 평면도이다.

[43] 도 17은 도파관을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도로, 도파관은 광원에 근접한 도파관의 부분 내에서 안내된 광을 도파관의 그 부분으로부터 그리고 공간 광 변조기를 향해 광학기에 커플링할 수 있는 반사 표면으로 분할된다. 이 예에서, 광학기 및 광원은 도파관의 동일 측에 배치된 것으로 도시된다.

[44] 도 18은 광원으로부터 광을 수신하고 도파관 내에서 안내된 광을 광학기에 그리고 공간 광 변조기를 향해 지향시키기 위한 도파관을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다. 디스플레이 시스템은 추가로, 공간 광 변조기로부터 광을 수신하는 도파관을 포함하며, 공간 광 변조기로부터의 광은 다시 광학기를 통과한다. 도파관은 광을 아웃커플링하기 위한 반사 표면을 포함한다. 도파관은 또한 도파관에 광을 인커플링하기 위한 반사 표면을 포함한다. 이 예에서, 광학기 및 광원은 도파관의 동일 측에 배치된 것으로 도시된다.

[45] 도 19는 적응형 광학 엘리먼트들 또는 가변 초점 광학 엘리먼트들을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다. 도파관들의 스택과 눈 사이의 제1 가변 광학 엘리먼트는 도파관들로부터 아웃커플링되어 눈으로 지향된 광의 발산 및 시준을 변화시켜, 오브젝트들이 위치되는 것으로 나타나는 깊이를 변화시킬 수 있다. 도파관들의 스택의 반대편에 있는 제2 가변 광학 엘리먼트는 사용자 및 증강 현실 디스플레이 시스템 앞의 환경으로부터 수신된 광에 대한 제1 광학 엘리먼트의 영향을 보상할 수 있다. 증강 현실 디스플레이 시스템은 근시, 원시, 난시 등을 갖는 사용자에게 굴절 교정과 같은 안과 교정을 제공하기 위한 처방 렌즈를 더 포함한다.

[46] 도 20a는 컬러 필터 어레이를 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다. 하나 이상의 측방향으로 변위된 인커플링 광학 엘리먼트들은 서로 다른 도파관들 상에 위치되고, 측방향으로 변위된 컬러 필터들은 각각의 인커플링 광학 엘리먼트들과 정렬된다.

[47] 도 20b는 광학과 공간 광 변조기 사이에 위치한 분석기를 갖는 도 20a의 증강 현실 디스플레이 시스템을 도시한다.

[48] 도 20c는 도 20a 및 도 20b에 도시된 것과 유사하지만 이동 가능한 마이크로 미러 기반 공간 광 변조기와 같은 편향 기반 공간 광 변조기를 사용하는 증강 현실 디스플레이 시스템을 도시한다.

[49] 도 20d는 도 20c에 도시된 것과 같은 증강 현실 디스플레이 시스템의 일부의 평면도로, 이는 컬러 필터 어레이 위의 측방향으로 변위된 광원들 및 대응하는 측방향으로 변위된 인커플링 광학 엘리먼트들을 개략적으로 예시한다.

[50] 도 20e는 편향 기반 공간 광 변조기가 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트들로부터 멀리 그리고 도 20d의 증강 현실 디스플레이 시스템에 대한 필터 어레이 내의 필터들을 둘러싸는 마스크 상으로 광을 어떻게 지향시키는지를 예시한다.

[51] 도 20f는 도파관들의 스택의 사용자 측에 배치된 커버 유리 및 커버 유리의 세계 측에 배치된 광원을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다.

[52] 도 20g는 도파관들의 스택의 세계 측에 배치된 커버 유리 및 커버 유리의 세계 측에 배치된 광원을 포함하

는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다.

[53] 도 21은 하나의 편광의 광과 같은 광을 재순환시키도록 구성된 광 재순환기가 갖춰진 광원을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다.

[54] 도 22는 대응하는 집광 광학기 및 하나 이상의 조리개들을 통해 광을 전파시키는 하나 이상의 광원들의 측면도이다. 광은 또한 하나 이상의 조리개들에 근접하게 위치한 확산기를 통해 전파될 수 있다.

[55] 도 23a는 광원, 광학 배율을 갖는 광학기, 이미지 정보를 수신하여 사용자의 눈에 출력하기 위한 도파관을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 일부의 측면도이며, 이 시스템은 고스트 이미지로서 도파관에 입력될 수 있는, 광학 표면으로부터의 반사를 감소시키도록 구성된 하나 이상의 리타더들 및 편광기들을 더 포함한다.

[56] 도 23b는 고스트 이미지들을 생성할 수 있는 반사들을 감소시키도록 구성된 추가 리타더들 및 편광기들을 갖는, 도 23a에 도시된 것과 같은 증강 현실 디스플레이 시스템의 일부의 측면도이다.

[57] 도 23c는 고스트 이미지들을 생성할 수 있는 반사를 감소시키도록 구성된 감소된 리타더들 및 편광기들을 갖는, 도 23a 및 도 23b에 도시된 것과 같은 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다.

[58] 도 24는 반사들이 사용자의 눈으로 지향되지 않게 지향시켜 고스트 반사들을 잠재적으로 감소시키도록 커버 유리 상의 기울어진 표면과 같은 기울어진 표면을 이용하는 증강 현실 디스플레이 시스템의 측면도이다.

[59] 도 25는 도 24의 시스템의 일 실시예이며, 여기서는 커버 유리 상의 기울어진 표면이 광을 흡수하는 광 덤프를 향해 반사들을 지향시키도록 구성된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0227] [60] 이제 전체에 걸쳐 유사한 참조 번호들이 유사한 부분들을 나타내는 도면들이 참조될 것이다. 달리 표시되지 않는 한, 도면들은 반드시 실척대로 그려지는 것은 아니다.

[0228] [61] 도 2는 사용자에게 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이션하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 사용자의 눈들이 이격되어 있고, 공간에서 실제 오브젝트를 볼 때, 각각의 눈은 오브젝트의 약간 서로 다른 뷰를 가질 것이고 각각의 눈의 망막 상의 서로 다른 위치들에 오브젝트의 이미지를 형성할 수 있다고 인식될 것이다. 이것은 양안 시차(binocular disparity)로 지칭될 수 있고 인간 시각 시스템에 의해 깊이의 지각을 제공하는 데 이용될 수 있다. 종래의 디스플레이 시스템들은, 가상 오브젝트가 원하는 깊이의 실제 오브젝트라면, 각각의 눈이 보게 될 가상 오브젝트의 뷰들에 대응하는 동일한 가상 오브젝트의 약간 서로 다른 뷰들을 갖는 2개의 별개의 이미지들(190, 200)을 - 각각의 눈(210a, 210b)에 대해 하나씩 - 제시함으로써 양안 시차를 시뮬레이션한다. 이러한 이미지들은 깊이의 지각을 유도하기 위해 사용자의 시각 시스템이 해석할 수 있는 양안 큐들을 제공한다.

[0229] [62] 도 2를 계속 참조하면, 이미지들(190, 200)은 z 축 상에서 거리(230)만큼 눈들(210a, 210b)로부터 이격된다. z 축은, 뷰어의 눈들이 뷰어의 바로 앞에서 광학 무한대에 있는 오브젝트에 응시된 상태에서, 뷰어의 광학 축과 평행하다. 이미지들(190, 200)은 편평하고 눈들(210a, 210b)로부터 고정된 거리에 있다. 눈들(210a, 210b)에 각각 제시되는 이미지들에서 가상 오브젝트의 약간 서로 다른 뷰들에 기초하여, 눈들은 단일 양안시(binocular vision)를 유지하기 위해 오브젝트의 이미지가 눈들 각각의 망막들 상의 대응하는 포인트들에 들어 오도록 자연스럽게 회전할 수 있다. 이 회전은 눈들(210a, 210b) 각각의 시선들이, 가상 오브젝트가 존재하는 것으로 지각되는 공간 내의 포인트로 수렴하게 할 수 있다. 그 결과, 3차원 이미저리를 제공하는 것은 종래에는, 눈들(210a, 210b)의 이점운동을 조작할 수 있고, 깊이의 지각을 제공하기 위해 인간 시각 시스템이 해석하는 양안 큐들을 제공하는 것을 수반한다.

[0230] [63] 그러나 현실감 있고 편안한 깊이 지각을 생성하는 것은 어려운 일이다. 눈들로부터 서로 다른 거리들에 있는 오브젝트들로부터의 광은 서로 다른 양들의 발산을 갖는 파면들을 갖는다고 인식될 것이다. 도 3a - 도 3c는 거리와 광선들의 발산 사이의 관계들을 예시한다. 오브젝트와 눈(210) 사이의 거리는 거리가 감소하는 순서로 R1, R2 및 R3으로 표현된다. 도 3a - 도 3c에 도시된 바와 같이, 광선들은 오브젝트까지의 거리가 감소함에 따라 더 많이 발산하게 된다. 반대로, 거리가 증가함에 따라, 광선들은 더욱 시준된다. 다른 말로 하면, 포인트(오브젝트 또는 오브젝트의 부분)에 의해 생성된 광 필드는 포인트가 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수인 구형 파면 곡률을 갖는다고 할 수 있다. 곡률은 오브젝트와 눈(210) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 도 3a - 도 3c 및 본 명세서의 다른 도면들에서는 예시의 명확성을 위해 단 하나의 눈

(210)만이 예시되지만, 눈(210)에 대한 논의들은 양쪽 눈들(210a, 210b)에 적용될 수 있다.

[0231] [64] 도 3a - 도 3c를 계속 참조하면, 뷰어의 눈들이 응시되는 오브젝트로부터의 광은 서로 다른 정도의 파면 발산을 가질 수 있다. 서로 다른 양들의 파면 발산으로 인해, 광은 눈의 렌즈에 의해 서로 다르게 초점이 맞춰질 수 있으며, 이는 결국, 눈의 망막 상에 초점이 맞춰진 이미지를 형성하기 위해 렌즈가 서로 다른 형상들을 취할 것을 요구할 수 있다. 초점이 맞춰진 이미지가 망막 상에 형성되지 않는 경우, 결과적인 망막 블러가, 초점이 맞춰진 이미지가 망막 상에 형성될 때까지, 눈의 렌즈의 형상의 변화를 야기하는 원근조절에 대한 큐로서 작용한다. 예를 들어, 원근조절에 대한 큐는 눈의 렌즈를 둘러싸는 모양체근들이 이완 또는 수축되도록 트리거함으로써, 렌즈를 유지하는 현수 인대들에 적용되는 힘을 변조하여, 응시 오브젝트의 망막 블러가 제거되거나 최소화될 때까지 눈의 렌즈의 형상이 변경되게 하고, 이로써 눈의 망막(예컨대, 중심와) 상에 응시 오브젝트의 초점이 맞춰진 이미지를 형성할 수 있다. 눈의 렌즈가 형상을 변경하게 하는 프로세스는 원근조절로 지칭될 수 있고, 눈의 망막(예컨대, 중심와) 상에 응시 오브젝트의 초점이 맞춰진 이미지를 형성하는 데 필요한 눈의 렌즈의 형상은 원근조절 상태로 지칭될 수 있다.

[0232] [65] 이제 도 4a를 참조하면, 인간 시각 시스템의 원근조절-이접운동 응답의 표현이 예시된다. 오브젝트를 응시하기 위한 눈들의 움직임은 눈들이 오브젝트로부터 광을 수신하게 하며, 광은 눈들의 망막들 각각에 이미지를 형성한다. 망막 상에 형성된 이미지에서 망막 블러의 존재는 원근조절에 대한 큐를 제공할 수 있고, 망막들 상의 이미지의 상대 위치들은 이접운동에 대한 큐를 제공할 수 있다. 원근조절에 대한 큐는 원근조절이 일어나게 하여, 눈들의 렌즈들이 각각 눈의 망막(예컨대, 중심와) 상에 오브젝트의 초점이 맞춰진 이미지를 형성하는 특정 원근조절 상태를 취하게 된다. 다른 한편으로, 이접운동에 대한 큐는 각각의 눈의 각각의 망막 상에 형성된 이미지들이 단일 양안시를 유지하는 대응하는 망막 포인트들에 있도록 이접운동 움직임들(눈들의 회전)이 발생하게 한다. 이러한 포지션들에서, 눈들은 특정 이접운동 상태를 취했다고 할 수 있다. 도 4a를 계속 참조하면, 원근조절은 눈이 특정 원근조절 상태를 달성하게 하는 프로세스인 것으로 이해될 수 있고, 이접운동은 눈이 특정 이접운동 상태를 달성하게 하는 프로세스인 것으로 이해될 수 있다. 도 4a에 나타난 바와 같이, 사용자가 다른 오브젝트를 응시한다면, 눈들의 원근조절 및 이접운동 상태들이 변할 수 있다. 예를 들어, 사용자가 z 축 상에서 서로 다른 깊이에 있는 새로운 오브젝트를 응시한다면, 원근조절된 상태가 변할 수 있다.

[0233] [66] 이론에 의해 제한되지 않으면서, 오브젝트의 뷰어들이 이접운동과 원근조절의 조합으로 인해 오브젝트를 "3차원"인 것으로 지각할 수 있다고 여겨진다. 위에서 언급한 바와 같이, 서로에 대한 2개의 눈들의 이접운동 움직임들(예컨대, 오브젝트를 응시하도록 눈들의 시선들을 수렴시키기 위해 동공들이 서로를 향해 또는 서로부터 멀어지게 이동하도록 하는 눈들의 회전)은 눈들의 렌즈들의 원근조절과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들 하에서, 서로 다른 거리에 있는 하나의 오브젝트로부터 다른 오브젝트로 초점을 변경하기 위해 눈들의 렌즈들의 형상들을 변경하는 것은 "원근조절-이접운동 반사작용"으로 알려진 관계 하에서, 동일한 거리에 대한 이접운동의 매칭 변화를 자동으로 야기할 것이다. 마찬가지로, 이접운동의 변화는 정상 조건들 하에서 렌즈 형상의 매칭 변화를 트리거할 것이다.

[0234] [67] 이제 도 4b를 참조하면, 눈들의 서로 다른 원근조절 및 이접운동 상태들의 예들이 예시된다. 한 쌍의 눈들(222a)은 광학 무한대에 있는 오브젝트에 응시되는 한편, 한 쌍의 눈들(222b)은 광학 무한대 미만에서 있는 오브젝트(221)에 응시된다. 특히, 각각의 쌍의 눈들의 이접운동 상태들이 서로 다른데, 한 쌍의 눈들(222a)은 앞으로 직선으로 지향되는 한편, 한 쌍의 눈들(222)은 오브젝트(221) 상에 수렴된다. 각각의 쌍의 눈들(222a, 222b)을 형성하는 눈들의 원근조절 상태들은 또한, 렌즈들(220a, 220b)의 서로 다른 형상들로 표현되는 바와 같이 서로 다르다.

[0235] [68] 바람직하지 않게, 종래의 "3D" 디스플레이 시스템들의 많은 사용자들은 그러한 종래의 시스템들이 불편하다는 것을 발견하거나, 이러한 디스플레이들에서의 원근조절 상태와 이접운동 상태 간의 미스매치로 인해 깊이감을 전혀 지각하지 못할 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이, 많은 입체 또는 "3D" 디스플레이 시스템들은 약간 서로 다른 이미지들을 각각의 눈에 제공함으로써 장면을 디스플레이한다. 이러한 시스템들은 무엇보다도 단순히 장면의 서로 다른 프리젠테이션들을 제공하고 눈들의 이접운동 상태들에서의 변화들을 (그러나 그러한 눈들의 원근조절 상태들에서의 대응하는 변화가 없이) 야기하기 때문에, 이러한 시스템들은 많은 뷰어들에게 불편하다. 오히려, 이미지들은 눈들로부터 고정된 거리에서 디스플레이에 의해 보여져, 눈들은 단일 원근조절 상태에서 모든 이미지 정보를 본다. 이러한 어레인지먼트는 원근조절 상태에서의 매칭 변화 없이, 이접운동 상태에서의 변화들을 야기함으로써 "원근조절-이접운동 반사작용"에 대해 작용한다. 이 미스매치는 뷰어에게 불편함을 야기하는 것으로 여겨진다. 원근조절과 이접운동 간의 더 양호한 매치를 제공하는 디스플레이 시스템들은 3

차원 이미저리의 보다 현실적이고 편안한 시물레이션들을 형성할 수 있다.

- [0236] [69] 이론에 의해 제한되지 않으면서, 인간의 눈이 통상적으로 깊이 지각을 제공하기 위해 유한 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있다고 여겨진다. 결과적으로, 지각된 깊이의 매우 실감나는 시물레이션은 이러한 제한된 수들의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 서로 다른 프리젠테이션들을 눈에 제공함으로써 달성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 서로 다른 프리젠테이션들은 이접운동에 대한 큐들과 원근조절에 대한 매칭 큐들 모두를 제공함으로써, 생리적으로 정확한 원근조절-이접운동 매칭을 제공할 수 있다.
- [0237] [70] 도 4b를 계속 참조하면, 공간 내에서 눈들(210a, 210b)로부터의 서로 다른 거리들에 대응하는 2개의 깊이 평면들(240)이 예시된다. 주어진 깊이 평면(240)에 대해, 각각의 눈(210a, 210b)에 대한 적절하게 서로 다른 관점들의 이미지들의 디스플레이에 의해 이접운동 큐들이 제공될 수 있다. 또한, 주어진 깊이 평면(240)에 대해, 각각의 눈(210a, 210b)에 제공되는 이미지들을 형성하는 광은 해당 깊이 평면(240)의 거리에 있는 포인트에 의해 생성된 광 필드에 대응하는 파면 발산을 가질 수 있다.
- [0238] [71] 예시된 실시예에서, 포인트(221)를 포함하는 깊이 평면(240)의, z 축을 따르는 거리는 1m이다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, z 축을 따르는 거리들 또는 깊이들은 사용자 눈들의 출사동들에 위치한 영점을 이용하여 측정될 수 있다. 따라서 1m의 깊이에 위치한 깊이 평면(240)은 사용자의 눈들의 광학 축 상에서 이러한 눈들의 출사동들로부터 1m 떨어진 거리에 대응하며, 눈들은 광학 무한대를 향해 지향된다. 근사로서, z 축을 따르는 깊이 또는 거리는 디바이스와 사용자의 눈들의 출사동들 사이의 거리에 대한 값에 더하여, 사용자의 눈들 앞의 디스플레이로부터(예컨대, 도파관의 표면으로부터) 측정될 수 있다. 이 값은 눈동자 거리(eye relief)로 불릴 수 있고 사용자 눈의 출사동과 눈 앞에 있는 사용자가 착용한 디스플레이 간의 거리에 대응한다. 실제로, 눈동자 거리에 대한 값은 모든 뷰어들에 대해 일반적으로 사용되는 정규화된 값일 수 있다. 예를 들어, 눈동자 거리는 20mm인 것으로 가정될 수 있고, 1m의 깊이에 있는 깊이 평면은 디스플레이 앞의 980mm의 거리에 있을 수 있다.
- [0239] [72] 이제 도 4c 및 도 4d를 참조하면, 매칭된 원근조절-이접운동 거리들 및 미스매칭된 원근조절-이접운동 거리들의 예들이 각각 예시된다. 도 4c에 예시된 바와 같이, 디스플레이 시스템은 각각의 눈(210a, 210b)에 가상 오브젝트의 이미지들을 제공할 수 있다. 이미지들은 눈들(210a, 210b)로 하여금, 눈들이 깊이 평면(240) 상의 포인트(15)에 수렴하는 이접운동 상태를 취하게 할 수 있다. 또한, 이미지들은 그 깊이 평면(240)에서의 실제 오브젝트들에 대응하는 파면 곡률을 갖는 광에 의해 형성될 수 있다. 그 결과, 눈들(210a, 210b)은 이미지들이 그러한 눈들의 망막들 상에서 초점이 맞는 원근조절 상태를 취한다. 따라서 사용자는 가상 오브젝트가 깊이 평면(240) 상의 포인트(15)에 있는 것으로 지각할 수 있다.
- [0240] [73] 눈들(210a, 210b)의 원근조절 및 이접운동 상태들 각각은 z 축 상의 특정 거리와 연관된다고 인식될 것이다. 예를 들어, 눈들(210a, 210b)로부터 특정 거리에 있는 오브젝트는 이러한 눈들로 하여금, 오브젝트의 거리들에 기초하여 특정 원근조절 상태들을 취하게 한다. 특정 원근조절 상태와 연관된 거리는 원근조절 거리(A_d)로 지칭될 수 있다. 마찬가지로, 서로에 대한 포지션들 또는 특정 이접운동 상태들의 눈들과 연관된 특정 이접운동 거리들(V_d)이 존재한다. 원근조절 거리와 이접운동 거리가 매칭되는 경우, 원근조절과 이접운동 간의 관계는 생리적으로 정확하다고 할 수 있다. 이는 뷰어에 대한 가장 편안한 시나리오인 것으로 간주된다.
- [0241] [74] 그러나 입체 디스플레이들에서는, 원근조절 거리와 이접운동 거리가 항상 매칭되진 않을 수 있다. 예를 들어, 도 4d에 예시된 바와 같이, 눈들(210a, 210b)에 디스플레이된 이미지들은 깊이 평면(240)에 대응하는 파면 발산으로 디스플레이될 수 있고, 눈들(210a, 210b)은 그 깊이 평면 상의 포인트들(15a, 15b)이 초점이 맞는 특정 원근조절 상태를 취할 수 있다. 그러나 눈들(210a, 210b)에 디스플레이된 이미지들은 깊이 평면(240) 상에 위치되지 않은 포인트(15)에 눈들(210a, 210b)이 수렴하게 하는 이접운동에 대한 큐들을 제공할 수 있다. 그 결과, 일부 실시예에서, 원근조절 거리는 눈들(210a, 210b)의 출사동들로부터 깊이 평면(240)까지의 거리에 대응하는 한편, 이접운동 거리는 눈들(210a, 210b)의 출사동들로부터 포인트(15)까지의 더 먼 거리에 대응한다. 원근조절 거리는 이접운동 거리와 다르다. 결과적으로, 원근조절-이접운동 미스매치가 존재한다. 이러한 미스매치는 바람직하지 않은 것으로 간주되고 사용자에게 불편을 야기할 수 있다. 미스매치는 거리(예컨대, $V_d - A_d$)에 대응하고, 디오퍼를 사용하여 특성화될 수 있다고 인식될 것이다.
- [0242] [75] 일부 실시예들에서, 원근조절 거리 및 이접운동 거리에 대해 동일한 기준 포인트가 이용되는 한, 눈들(210a, 210b)의 출사동들 이외의 기준 포인트가 원근조절-이접운동 미스매치를 결정하기 위한 거리를 결정하는데 이용될 수 있다고 인식될 것이다. 예를 들어, 각막으로부터 깊이 평면까지, 망막으로부터 깊이 평면까지,

접안렌즈(예컨대, 디스플레이 디바이스의 도파관)로부터 깊이 평면까지 등의 거리들이 측정될 수 있다.

- [0243] [76] 이론에 의해 제한되지 않고, 미스매치 자체가 상당한 불편함을 야기하지 않으면서, 사용자들이 최대 약 0.25 디오퍼, 최대 약 0.33 디오퍼 및 최대 약 0.5 디오퍼의 원근조절-이접운동 미스매치들을 생리학적으로 정확한 것으로 여전히 지각할 수 있다고 여겨진다. 일부 실시예들에서, 본 명세서에서 개시된 디스플레이 시스템들(예컨대, 디스플레이 시스템(250), 도 6)은 약 0.5 디오퍼 이하의 원근조절-이접운동 미스매치를 갖는 이미지들을 뷰어에 제시한다. 일부 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템에 의해 제공되는 이미지들의 원근조절-이접운동 미스매치는 약 0.33 디오퍼 이하이다. 또 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템에 의해 제공되는 이미지들의 원근조절-이접운동 미스매치는 약 0.1 디오퍼 이하를 포함하여 약 0.25 디오퍼 이하이다.
- [0244] [77] 도 5는 파면 발산을 수정함으로써 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근 방식의 양상들을 예시한다. 디스플레이 시스템은 이미지 정보로 인코딩된 광(770)을 수신하도록 그리고 그 광을 사용자의 눈(210)으로 출력하도록 구성되는 도파관(270)을 포함한다. 도파관(270)은 원하는 깊이 평면(240) 상의 포인트에 의해 생성된 광 필드의 파면 발산에 대응하는 정해진 양의 파면 발산으로 광(650)을 출력할 수 있다. 일부 실시예들에서, 동일한 양의 파면 발산이 그 깊이 평면 상에 제시된 모든 오브젝트들에 대해 제공된다. 또한, 사용자의 다른 쪽 눈에는 유사한 도파관으로부터의 이미지 정보가 제공될 수 있다고 예시될 것이다.
- [0245] [78] 일부 실시예들에서, 단일 도파관은 단일 또는 제한된 수의 깊이 평면들에 대응하는 설정된 양의 파면 발산으로 광을 출력하도록 구성될 수 있고 그리고/또는 도파관은 제한된 범위의 파장들의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 일부 실시예들에서, 서로 다른 깊이 평면들에 대해 서로 다른 양들의 파면 발산을 제공하기 위해 그리고/또는 서로 다른 범위의 파장들의 광을 출력하기 위해 도파관들의 스택이 이용될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 깊이 평면은 편평한 또는 만곡된 표면의 윤곽들을 따를 수 있다고 인식될 것이다. 일부 실시예들에서, 유리하게는 단순하게 하기 위해, 깊이 평면들이 편평한 표면들의 윤곽들을 따를 수 있다.
- [0246] [79] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 일례를 예시한다. 디스플레이 시스템(250)은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 사용하여 눈/뇌에 3차원 지각을 제공하는 데 이용될 수 있는, 도파관들의 스택 또는 스택형 도파관 어셈블리(260)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 광 필드 디스플레이로 간주될 수 있다고 인식될 것이다. 추가로, 도파관 어셈블리(260)는 또한 접안렌즈로도 지칭될 수 있다.
- [0247] [80] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 이접운동에 대한 실질적으로 연속 큐들 및 원근조절에 대한 다수의 개별 큐들을 제공하도록 구성될 수 있다. 사용자의 눈들 각각에 서로 다른 이미지들을 디스플레이함으로써 이접운동에 대한 큐들이 제공될 수 있고, 이미지들을 형성하는 광을 선택 가능한 개별 양들의 파면 발산으로 출력함으로써 원근조절에 대한 큐들이 제공될 수 있다. 달리 말하면, 디스플레이 시스템(250)은 가변 파면 발산 레벨들을 갖는 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 개별 파면 발산 레벨은 특정 깊이 평면에 대응하고, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 특정 도파관에 의해 제공될 수 있다.
- [0248] [81] 계속해서 도 6을 참조하면, 도파관 어셈블리(260)는 또한 도파관들 사이에 피쳐들(320, 330, 340, 350)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 피쳐들(320, 330, 340, 350)은 하나 이상의 렌즈들일 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 및/또는 피쳐들(예컨대, 렌즈들)(320, 330, 340, 350)은 다양한 레벨들의 파면 곡률 또는 광선 발산으로 이미지 정보를 눈에 전송하도록 구성될 수 있다. 각각의 도파관 레벨은 특정 깊이 평면과 연관될 수 있고 그 깊이 평면에 대응하는 이미지 정보를 출력하도록 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 도파관들에 대한 광원으로서 기능할 수 있고, 이미지 정보를 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)에 주입하는 데 이용될 수 있으며, 도파관들 각각은 본 명세서에 설명되는 바와 같이, 눈(210)을 향해 출력하기 위해 각각의 개별 도파관에 걸쳐 인입 광을 분산시키도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)의 출력 표면(410, 420, 430, 440, 450)에서 출사하여 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 대응하는 입력 표면(460, 470, 480, 490, 500)에 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(460, 470, 480, 490, 500) 각각은 대응하는 도파관의 예지일 수 있거나, 대응하는 도파관의 주 표면(즉, 도파관 표면들 중 직접적으로 세계(510) 또는 뷰어의 눈(210)을 향하는 도파관 표면)의 일부일 수 있다. 일부 실시예들에서, 단일 광 빔(예컨대, 시준된 빔)이 각각의 도파관으로 주입되어, 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산량들)로 눈(210)을 향해 지향되는 복제된 시준된 빔(cloned collimated beam)들의 전체 필드를 출력할 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 단 하나만이 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 하나 이상(예컨대, 3개)과 연관되고 그에 광을 주

입할 수 있다.

- [0249] [82] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 대응하는 도파관(270, 280, 290, 300, 310)에 각각 주입하기 위한 이미지 정보를 각각 생성하는 이산 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 예컨대, 이미지 정보를 (광섬유 케이블들과 같은) 하나 이상의 광학 도파관들을 통해 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 각각에 파이핑(pipe)할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력 단부들이다. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)에 의해 제공되는 이미지 정보는 서로 다른 파장들 또는 컬러들(예컨대, 본 명세서에서 논의되는 바와 같은 서로 다른 컴포넌트 컬러들)의 광을 포함할 수 있다고 인식될 것이다.
- [0250] [83] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 주입된 광은 LED(light emitting diode)와 같은 광 방출기를 포함할 수 있는 광 모듈(530)을 포함하는 광 투사기 시스템(520)에 의해 제공된다. 광 모듈(530)로부터의 광은 빔 분할기(550)를 통해 광 변조기(540), 예컨대 공간 광 변조기에 지향되고 그에 의해 수정될 수 있다. 광 변조기(540)는 광을 이미지 정보로 인코딩하기 위해 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 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. 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)이 개략적으로 예시되고, 일부 실시예들에서 이러한 이미지 주입 디바이스들은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 연관된 도파관들로 광을 출력하도록 구성된 공통 투사 시스템에서 서로 다른 광학 경로들 및 위치들을 표현할 수 있다고 인식될 것이다. 일부 실시예들에서, 도파관 어셈블리(260)의 도파관들은 도파관들 내로 주입된 광을 사용자의 눈으로 중계하는 동안 이상적인 렌즈로서 기능할 수 있다. 이러한 개념에서, 오브젝트는 공간 광 변조기(540)일 수 있고, 이미지는 깊이 평면 상의 이미지일 수 있다.
- [0251] [84] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(250)은 광을 다양한 패턴들(예컨대, 래스터 스캔, 나선형 스캔, 리사주(Lissajous) 패턴들 등)로 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 그리고 궁극적으로는 뷰어의 눈(210)으로 투사하도록 구성된 하나 이상의 스캐닝 섬유들을 포함하는 스캐닝 섬유 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 하나 이상의 도파관들로 광을 주입하도록 구성된 단일 스캐닝 섬유 또는 스캐닝 섬유들의 번들(bundle)을 개략적으로 표현할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)은 하나 이상의 스캐닝 섬유들 또는 스캐닝 섬유들의 하나 이상의 번들들을 개략적으로 표현할 수 있으며, 이들 각각은 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 연관된 도파관으로 광을 주입하도록 구성된다. 하나 이상의 광섬유들이 광 모듈(530)로부터 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 광을 송신하도록 구성될 수 있다고 인식될 것이다. 예컨대, 스캐닝 섬유에서 출사되는 광을 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로 재지향시키도록, 스캐닝 섬유 또는 섬유들과 하나 이상의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 사이에 하나 이상의 중간 광학 구조들이 제공될 수 있다고 인식될 것이다.
- [0252] [85] 제어기(560)는 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400), 광원(530) 및 광 변조기(540)의 동작을 포함하여, 스택형 도파관 어셈블리(260)의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(560)는 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)의 일부이다. 제어기(560)는 예컨대, 본 명세서에 개시된 다양한 방식들 중 임의의 방식에 따라 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)로의 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(560)는 일부 실시예들에서, 프로세싱 모듈들(140 또는 150)(도 9d)의 일부일 수 있다.
- [0253] [86] 계속해서 도 6을 참조하면, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 내부 전반사(TIR: total internal reflection)에 의해 각각의 개별 도파관 내에서 광을 전파하도록 구성될 수 있다. 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 각각 평면형이거나 주 최상부 표면 및 최하부 표면 그리고 이러한 주 최상부 표면과 최하부 표면 사이로 연장되는 예지들을 갖는 다른 형상(예컨대, 곡면형)을 가질 수 있다. 예시된 구성에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 이미지 정보를 눈(210)으로 출력하기 위해 각각의 개별 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관 밖으로 재지향시킴으로써 도파관으로부터 광을 추출하도록 구성되는 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 각각 포함할 수 있다. 본 명세서 전반에서 "아웃커플링 광학 엘리먼트"로 지칭되지만, 아웃커플링 광학 엘리먼트는 광학 엘리먼트일 필요는 없고 비-광학 엘리먼트일 수 있다. 추출된 광은 아웃커플링된 광으로도 또한 지칭될 수 있고, 아웃커플링 광학 엘리먼트들은 또한 광 추출 광학 엘리먼트들로도 또한 지칭될 수 있다. 추출된 광 빔은 도파관 내에서 전파되는 광이 광 추출 광학 엘리먼트에 부딪치는 위치들에서 도파관에 의해 출력될 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 예를 들어, 본 명세서

에서 추가로 논의되는 바와 같이, 회절 광학 피쳐들을 포함하는 격자들일 수 있다. 설명의 편의 및 도면 명확성을 위해 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 최하부 주 표면들에 배치된 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 본 명세서에서 추가로 논의되는 바와 같이, 최상부 및/또는 최하부 주 표면들에 배치될 수 있고, 그리고/또는 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 볼륨 내에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 투명 기판에 부착되어 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)을 형성하는 재료 층에 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 재료의 모놀리식 피스(piece)일 수 있고 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 재료의 해당 피스의 표면 상에 그리고/또는 그 내부에 형성될 수 있다.

[0254] [87] 계속해서 도 6을 참조하면, 본 명세서에 논의되는 바와 같이, 각각의 도파관(270, 280, 290, 300, 310)은 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하기 위해 광을 출력하도록 구성된다. 예를 들어, 눈에 가장 가까운 도파관(270)은 (그러한 도파관(270)에 주입된) 시준된 광을 눈(210)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 위로 그 다음 도파관(280)은 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있으며, 시준된 광은 눈(210)에 도달할 수 있기 전에 제1 렌즈(350)(예컨대, 오목 렌즈)를 통과하고; 그러한 제1 렌즈(350)는 약간 볼록한 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어, 눈/뇌는 그 위로 그 다음 도파관(280)으로부터 오는 광을, 광학적 무한대로부터 눈(210)을 향해 안쪽으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 마찬가지로, 위로 세 번째 도파관(290)은 자신의 출력 광을 눈(210)에 도달하기 전에 제1 렌즈(350)와 제2 렌즈(340) 모두를 통과시키고; 제1 렌즈(350)와 제2 렌즈(340)의 조합된 광학 배율은 다른 증분 양의 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어, 눈/뇌가 세 번째 도파관(290)으로부터 오는 광을, 위로 그 다음 도파관(280)으로부터의 광보다는 광학적 무한대로부터 사람을 향해 안쪽으로 훨씬 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다.

[0255] [88] 다른 도파관 층들(300, 310) 및 렌즈들(330, 320)은 비슷하게 구성되는데, 스택에서 가장 높은 도파관(310)은 자신의 출력을, 사람에게 가장 가까운 초점 평면을 나타내는 집계 초점력에 대해 자신과 눈 사이의 모든 렌즈들을 통해 전송한다. 스택형 도파관 어셈블리(260)의 다른 층에서 세계(510)로부터 오는 광을 볼 때/해석할 때 렌즈들(320, 330, 340, 350)의 스택을 보상하기 위해, 보상 렌즈 층(620)이 스택의 최상부에 배치되어, 아래의 렌즈 스택(320, 330, 340, 350)의 집계 배율을 보상할 수 있다. 이러한 구성은 이용 가능한 도파관/렌즈 쌍들이 존재하는 만큼 많은 지각된 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들과 렌즈들의 초점 양상들 모두가 정적일(즉, 동적이거나 전기 활성이 아닐) 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 다는 전기 활성 피쳐들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0256] [89] 일부 실시예들에서, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310) 중 2개 이상은 동일한 연관된 깊이 평면을 가질 수 있다. 예를 들어, 다수의 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)은 동일한 깊이 평면으로 세팅된 이미지들을 출력하도록 구성될 수 있거나, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 다수의 서브세트들은 각각의 깊이 평면에 대해 하나씩 세팅하여 동일한 하나 이상의 깊이 평면들로 세팅된 이미지들을 출력하도록 구성될 수 있다. 이는 그러한 깊이 평면들에서 확장된 시야를 제공하도록 타일 이미지(tiled image)를 형성하는 이점들을 제공할 수 있다.

[0257] [90] 계속해서 도 6을 참조하면, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 이들 각각의 도파관들 밖으로 광을 재지향시키고 그리고 또한, 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적절한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 그 결과, 서로 다른 연관된 깊이 평면들을 갖는 도파관들은 서로 다른 구성들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)을 가질 수 있고, 이러한 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 연관된 깊이 평면에 따라 서로 다른 양의 발산으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 특정 각도로 광을 출력하도록 구성될 수 있는 볼류메트릭(volumetric) 또는 표면 피쳐들일 수 있다. 예를 들어, 광 추출 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 볼륨 홀로그램들, 표면 홀로그램들 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피쳐들(320, 330, 340, 350)은 렌즈들이 아닐 수 있고; 오히려, 이들은 단순히 스페이서들(예컨대, 공극들을 형성하기 위한 클래딩(cladding) 층들 및/또는 구조들)일 수 있다.

[0258] [91] 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(570, 580, 590, 600, 610)은 회절 패턴을 형성하는 회절 피쳐들 또는 (본 명세서에서는 "DOE"로도 또한 지칭되는) "회절 광학 엘리먼트"이다. 바람직하게는, DOE들은 충분히 낮은 회절 효율성을 가져, DOE의 각각의 교차로 인해 빔의 광의 일부만이 눈(210)을 향해 편향되는 한편, 나머지는 TIR을 통해 도파관을 거쳐 계속 이동한다. 따라서 이미지 정보를 전달하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 출사하는 다수의 관련된 출사 빔들로 분할되고, 그 결과는 도파관 내에서 이리저리 바운싱하는

이러한 특정 시준된 빔에 대해 눈(210)을 향하는 상당히 균일한 출사 방출 패턴이다.

- [0259] [92] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 DOE들은 이들이 활발하게 회절하는 "온" 상태들과 이들이 크게 회절하지 않는 "오프" 상태들 간에 전환 가능할 수 있다. 예컨대, 전환 가능 DOE는 중합체 분산형 액정 층을 포함할 수 있는데, 여기서는 미세액적(microdroplet)들이 호스트 매질에서 회절 패턴을 포함하고, 미세액적들의 굴절률은 호스트 재료의 굴절률에 실질적으로 매칭하도록 전환될 수 있거나(이 경우에 패턴은 입사 광을 현저하게 회절시키지 않음) 미세액적은 호스트 매질의 인덱스에 매칭하지 않는 인덱스로 전환될 수 있다(이 경우에 패턴은 입사 광을 활발하게 회절시킴).
- [0260] [93] 일부 실시예들에서, 예컨대 사용자 입력들을 검출하고 그리고/또는 사용자의 생리적 상태를 모니터링하기 위해 눈(210) 및/또는 눈(210) 주위 조직의 이미지들을 캡처하도록 카메라 어셈블리(630)(예컨대, 가시 광 및 적외선 광 카메라들을 포함하는 디지털 카메라)가 제공될 수 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 카메라는 임의의 이미지 캡처 디바이스일 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 이미지 캡처 디바이스 및 눈에 광(예컨대, 적외선)을 투사하기 위한 광원을 포함할 수 있으며, 이 광은 이후에 눈에 의해 반사되고 이미지 캡처 디바이스에 의해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(630)는 프레임(80)(도 9d)에 부착될 수 있고, 카메라 어셈블리(630)로부터의 이미지 정보를 프로세싱할 수 있는 프로세싱 모듈들(140 및/또는 150)과 전기 통신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나의 카메라 어셈블리(630)가 각각의 눈을 개별적으로 모니터링하도록 각각의 눈에 대해 이용될 수 있다.
- [0261] [94] 이제 도 7을 참조하면, 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 일례가 도시된다. 하나의 도파관이 예시되지만, 도파관 어셈블리(260)(도 6) 내의 다른 도파관들이 비슷하게 기능할 수 있다고 인식될 것이며, 여기서 도파관 어셈블리(260)는 다수의 도파관들을 포함한다. 광(640)은 도파관(270)의 입력 표면(460)에서 도파관(270)에 주입되고 TIR에 의해 도파관(270) 내에서 전파된다. 광(640)이 DOE(570)에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 출사 빔들(650)로서 도파관에서 출사된다. 출사 빔들(650)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 이러한 출사 빔들은 또한 도파관(270)과 연관된 깊이 평면에 따라, (예컨대, 발산하는 출사 빔들을 형성하는) 일정 각도로 눈(210)으로 전파되도록 재지향될 수 있다. 실질적으로 평행한 출사 빔들은 눈(210)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학적 무한대)에 있는 깊이 평면 상에 세팅된 것처럼 보이는 이미지들을 형성하도록 광을 아웃커플링하는 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다고 인식될 것이다. 다른 도파관들 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 더 많이 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이는 눈(210)이 망막 상에 초점을 맞추게 하기 위해 더 가까운 거리로 원근조절하는 것을 요구할 것이고 광학적 무한대보다 눈(210)에 더 가까운 거리로부터의 광으로서 눈에 의해 해석될 것이다.
- [0262] [95] 일부 실시예들에서, 풀(full) 컬러 이미지는 컴포넌트 컬러들, 예컨대 3개 이상의 컴포넌트 컬러들 각각에 이미지들을 오버레이함으로써 각각의 깊이 평면에 형성될 수 있다. 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 서로 다른 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택형 도파관 어셈블리의 일례를 예시한다. 예시된 실시예는 깊이 평면들(240a-240f)을 도시하지만, 더 많은 또는 더 적은 깊이들이 또한 고려된다. 각각의 깊이 평면은 제1 컬러(G)의 제1 이미지; 제2 컬러(R)의 제2 이미지; 및 제3 컬러(B)의 제3 이미지를 포함하여, 각각의 깊이 평면과 연관된 3개 이상의 컴포넌트 컬러 이미지들을 가질 수 있다. 서로 다른 깊이 평면들은 G, R 및 B 문자들 다음에 오는 dpt(diopeters)에 대한 서로 다른 숫자들로 도면에 표시된다. 단지 예들로서, 이러한 문자들 각각 다음에 오는 숫자들은 디오퍼(1/m) 또는 뷰어로부터의 깊이 평면의 역 거리(inverse distance)를 표시하며, 도면들 내의 각각의 박스는 개별 컴포넌트 컬러 이미지를 나타낸다. 일부 실시예들에서, 서로 다른 파장들의 광의 눈의 초점을 맞추는 데 있어서의 차이를 감안하도록, 서로 다른 컴포넌트 컬러들에 대한 깊이 평면들의 정확한 배치는 달라질 수 있다. 예를 들어, 주어진 깊이 평면에 대한 서로 다른 컴포넌트 컬러 이미지들이 사용자로부터의 서로 다른 거리들에 대응하는 깊이 평면들 상에 배치될 수 있다. 이러한 배열은 시력 및 사용자의 편안함을 향상시킬 수 있고 그리고/또는 색수차들을 감소시킬 수 있다.
- [0263] [96] 일부 실시예들에서, 각각의 컴포넌트 컬러의 광은 단일 전용 도파관에 의해 출력될 수 있고, 결과적으로 각각의 깊이 평면은 그와 연관된 다수의 도파관들을 가질 수 있다. 이러한 실시예들에서, G, R 또는 B 문자들을 포함하는 도면들 내의 각각의 박스는 개별 도파관을 나타내는 것으로 이해될 수 있고, 깊이 평면마다 3개의 도파관들이 제공될 수 있으며, 여기서 깊이 평면마다 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들이 제공된다. 각각의 깊이 평면과 연관된 도파관들은 설명의 편의상 이 도면에서 서로 인접한 것으로 도시되지만, 물리적 디바이스에서 도파관들은 모두 레벨마다 하나의 도파관을 갖는 스택으로 배열될 수 있다고 인식될 것이다. 일부 다른 실시예들에서, 다수의 컴포넌트 컬러들이 동일한 도파관에 의해 출력될 수 있어, 예컨대 깊이 평면마다 단지 단일 도파

관만이 제공될 수 있다.

- [0264] [97] 도 8을 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, G는 녹색 컬러이고, R은 적색 컬러이고, B는 청색 컬러이다. 일부 다른 실시예들에서, 자홍색 및 청록색을 포함하는, 다른 파장들의 광과 연관된 다른 컬러들이 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 이상을 대체할 수 있거나, 또는 이에 추가로 사용될 수 있다.
- [0265] [98] 본 개시내용 전반에 걸쳐 주어진 컬러의 광에 대한 참조들은 주어진 해당 컬러인 것으로서 뷰어에 의해 지각되는 광의 파장들의 범위 내의 하나 이상의 파장들의 광을 포함하는 것으로 이해될 것이라고 인식될 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.
- [0266] [99] 일부 실시예들에서, 광원(530)(도 6)은 뷰어의 시각적 지각 범위 밖의 하나 이상의 파장들, 예컨대 적외선 및/또는 자외선 파장들의 광을 방출하도록 구성될 수 있다. 또한, 디스플레이(250)의 도파관들의 인커플링, 아웃커플링 및 다른 광 재지향 구조들은 예컨대, 이미징 및/또는 사용자 자극 애플리케이션들을 위해 눈(210)을 향해 디스플레이 밖으로 이 광을 지향시키고 방출하도록 구성될 수 있다.
- [0267] [100] 이제 도 9a를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관에 충돌하는 광은 그 광을 도파관으로 인커플링하기 위해 재지향될 필요가 있을 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트는 광을 그의 대응하는 도파관으로 재지향시키고 인커플링하는 데 사용될 수 있다. 본 명세서 전반에서 "인커플링 광학 엘리먼트"로 지칭되지만, 인커플링 광학 엘리먼트는 광학 엘리먼트일 필요는 없고 비-광학 엘리먼트일 수 있다. 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택형 도파관들의 세트(660)의 일례의 측면면도를 예시한다. 도파관들은 각각 하나 이상의 서로 다른 파장들, 또는 하나 이상의 서로 다른 파장 범위들의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 스택(660)은 스택(260)(도 6)에 대응할 수 있고, 스택(660)의 예시된 도파관들은, 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400) 중 하나 이상으로부터의 광이 인커플링을 위해 광이 재지향되도록 요구하는 포지션으로부터 도파관들로 주입되는 것을 제외하면, 도파관들(270, 280, 290, 300, 310)의 부분에 대응할 수 있다고 인식될 것이다.
- [0268] [101] 스택형 도파관들의 예시된 세트(660)는 도파관들(670, 680, 690)을 포함한다. 각각의 도파관은 (도파관 상의 광 입력 영역으로도 또한 지칭될 수 있는) 연관된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 예컨대 인커플링 광학 엘리먼트(700)는 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치되고, 인커플링 광학 엘리먼트(710)는 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치되며, 인커플링 광학 엘리먼트(720)는 도파관(690)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 하나 이상은 (특히, 하나 이상의 인커플링 광학 엘리먼트들이 반사성 편향 광학 엘리먼트들인 경우) 각각의 도파관(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다. 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 특히, 그러한 인커플링 광학 엘리먼트들이 투과성 편향 광학 엘리먼트들인 경우, 이들 각자의 도파관(670, 680, 690)의 상부 주 표면(또는 다음 하위 도파관의 최상부) 상에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 각각의 도파관(670, 680, 690)의 바디에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서는, 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 파장 선택적이어서, 이들은 하나 이상의 광 파장들을 선택적으로 재지향시키는 한편, 다른 광 파장들을 투과시킨다. 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 이들 각자의 도파관(670, 680, 690)의 한 면 또는 코너 상에 예시되지만, 일부 실시예들에서, 이들 각자의 도파관(670, 680, 690)의 다른 영역들에 배치될 수 있다고 인식될 것이다.
- [0269] [102] 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 서로 측방향으로 오프셋될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트는 광이 다른 인커플링 광학 엘리먼트를 통과하지 않고 각각의 인커플링 광학 엘리먼트가 해당 광을 수신하도록 오프셋될 수 있다. 예컨대, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(700, 710, 720)는 도 6에 도시된 바와 같이 서로 다른 이미지 주입 디바이스(360, 370, 380, 390, 400)로부터 광을 수신하도록 구성될 수 있고, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(700, 710, 720)가 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720) 중 다른 인커플링 광학 엘리먼트들로부터의 광을 실질적으로 수신하지 않도록 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)로부터 분리(예컨대, 측방향으로 이격)될 수 있다.
- [0270] [103] 각각의 도파관은 또한 연관된 광 분배 엘리먼트들을 포함하며, 예컨대 광 분배 엘리먼트들(730)은 도파관(670)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되고, 광 분배 엘리먼트들(740)은 도파관(680)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되며, 광 분배 엘리먼트들(750)은 도파관(690)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 연관된 도파관들

(670, 680, 690)의 최하부 주 표면 상에 각각 배치될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최상부 및 최하부 주 표면 둘 다에 각각 배치될 수 있거나; 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 서로 다른 연관된 도파관들(670, 680, 690)의 최상부 및 최하부 주 표면들 중 서로 다른 주 표면들 상에 각각 배치될 수 있다.

[0271] [104] 도파관들(670, 680, 690)은 예컨대, 기체, 액체 및/또는 고체 재료 층들에 의해 이격되고 분리될 수 있다. 예를 들어, 예시된 바와 같이, 층(760a)은 도파관들(670, 680)을 분리할 수 있고; 층(760b)은 도파관들(680, 690)을 분리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a, 760b)은 저 굴절률 재료들(즉, 도파관들(670, 680, 690) 중 바로 인접한 도파관을 형성하는 재료보다 더 낮은 굴절률을 갖는 재료들)로 형성된다. 바람직하게는, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료의 굴절률은 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료의 굴절률보다 0.05 이상으로 크거나 0.10 이하로 작다. 유리하게는, 더 낮은 굴절률 층들(760a, 760b)은 도파관들(670, 680, 690)을 통한 광의 내부 전반사(TIR)(예컨대, 각각의 도파관의 최상부 주 표면과 최하부 주 표면 사이의 TIR)을 가능하게 하는 클래딩 층들로서 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(760a, 760b)은 공기로 형성된다. 예시되진 않았지만, 예시된 도파관들의 세트(660)의 최상부 및 최하부는 바로 이웃하는 클래딩 층들을 포함할 수 있다고 인식될 것이다.

[0272] [105] 바람직하게는, 제조의 편의상 그리고 다른 고려사항들을 위해, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하며, 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하다. 일부 실시예들에서, 도파관들(670, 680, 690)을 형성하는 재료는 하나 이상의 도파관들 간에 상이할 수 있고, 그리고/또는 층들(760a, 760b)을 형성하는 재료는 상이할 수 있지만, 여전히 위에서 언급한 다양한 굴절률 관계들을 유지할 수 있다.

[0273] [106] 계속해서 도 9a를 참조하면, 광선들(770, 780, 790)이 도파관들의 세트(660) 상에 입사된다. 광선들(770, 780, 790)은 하나 이상의 이미지 주입 디바이스들(360, 370, 380, 390, 400)(도 6)에 의해 도파관들(670, 680, 690)로 주입될 수 있다고 인식될 것이다.

[0274] [107] 일부 실시예들에서, 광선들(770, 780, 790)은 서로 다른 특성들, 예컨대 서로 다른 컬러들에 대응할 수 있는 서로 다른 파장들 또는 서로 다른 파장들의 범위를 갖는다. 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 각각, 입사 광이 TIR에 의해 도파관들(670, 680, 690) 중 각각의 도파관을 통해 전파되도록 광을 편향시킨다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 각각, 하나 이상의 특정 광 파장들을 선택적으로 편향시키는 한편, 다른 파장들을 하부 도파관 및 연관된 인커플링 광학 엘리먼트로 투과시킨다.

[0275] [108] 예를 들어, 인커플링 광학 엘리먼트(700)는 제1 파장 또는 파장들의 범위를 갖는 광선(770)을 편향시키는 한편, 서로 다른 제2 파장과 제3 파장 또는 파장들의 범위들을 각각 갖는 광선들(780, 790)을 투과시키도록 구성될 수 있다. 투과된 광선(780)은 제2 파장 또는 파장들의 범위의 광을 편향시키도록 구성되는 인커플링 광학 엘리먼트(710)에 충돌하고 그에 의해 편향된다. 광선(790)은 제3 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향시키도록 구성되는 인커플링 광학 엘리먼트(720)에 의해 편향된다.

[0276] [109] 계속해서 도 9a를 참조하면, 편향된 광선들(770, 780, 790)은 이들이 대응하는 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파되도록 편향되는데; 즉, 각각의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 해당 대응하는 도파관(670, 680, 690)으로 광을 편향시켜 해당 대응하는 도파관으로 광을 인커플링한다. 광선들(770, 780, 790)은 광이 TIR에 의해 각각의 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파되게 하는 각도들로 편향된다. 광선들(770, 780, 790)은 도파관의 대응하는 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)에 충돌할 때까지 TIR에 의해 각각의 도파관(670, 680, 690)을 통해 전파된다.

[0277] [110] 이제 도 9b를 참조하면, 도 9a의 스택형 도파관들의 일례의 사시도가 예시된다. 위에서 언급한 바와 같이, 인커플링된 광선들(770, 780, 790)은 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)에 의해 각각 편향되고, 그 후 도파관들(670, 680, 690) 내에서 TIR에 의해 각각 전파된다. 그 다음, 광선들(770, 780, 790)은 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)에 각각 충돌한다. 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 광선들(770, 780, 790)이 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)을 향해 각각 전파되도록 이러한 광선들을 편향시킨다.

[0278] [111] 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 직교 동공 확장기(OPE: orthogonal pupil expander)들이다. 일부 실시예들에서, OPE들은 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)로 광을 편향시키거나 분배하고, 일부 실시예들에서는 광이 아웃커플링 광학 엘리먼트들로 전파될 때 이 광의 빔 또는 스폿 크기를 또한 증가시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 생략될 수 있고, 인커플링

광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)에 광을 직접 편향시키도록 구성될 수 있다. 예컨대, 도 9a를 참조하면, 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)은 아웃커플링 광학 엘리먼트(800, 810, 820)로 각각 대체될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(800, 810, 820)은 눈(210)(도 7)에 광을 지향시키는 EP(exit pupil)들 또는 EPE(exit pupil expander)들이다. OPE들은 적어도 하나의 축에서 아이박스(eye box)의 치수들을 증가시키도록 구성될 수 있고, EPE들은 OPE들의 축을 가로지르는, 예컨대 그와 직교하는 축에서 아이박스를 증가시키기 위한 것일 수 있다고 인식될 것이다. 예를 들어, 각각의 OPE는 OPE에 부딪치는 광의 일부를 동일한 도파관의 EPE로 재지향시키는 한편, 광의 나머지 부분이 도파관 아래로 계속 전파될 수 있게 하도록 구성될 수 있다. OPE에 다시 충돌할 때, 나머지 광의 다른 부분은 EPE로 재지향되고, 그 부분의 나머지 부분은 도파관 아래로 추가로 계속 전파되는 식이다. 마찬가지로, EPE에 부딪치면, 충돌하는 광의 일부는 도파관 밖으로 사용자를 향해 지향되고, 그 광의 나머지 부분은 그 부분이 EP에 다시 부딪칠 때까지 도파관을 통해 계속 전파되며, 이때 충돌하는 광의 다른 부분은 도파관 밖으로 지향되는 식이다. 결과적으로, 인커플링된 광의 단일 빔은 그 광의 일부가 OPE 또는 EPE에 의해 재지향될 때마다 "복제"될 수 있으며, 이로써 도 6에 도시된 바와 같이 복제된 광 빔들의 필드를 형성한다. 일부 실시예들에서, OPE 및/또는 EPE는 광 빔들의 크기를 수정하도록 구성될 수 있다.

[0279] [112] 이에 따라, 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관들의 세트(660)는 각각의 컴포넌트 컬러에 대해 도파관들(670, 680, 690); 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720); 광 분배 엘리먼트들(예컨대, OPE들)(730, 740, 750); 및 아웃커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, EP들)(800, 810, 820)을 포함한다. 도파관들(670, 680, 690)은 각각의 도파관 사이의 공극/클래딩 층과 함께 스택될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 (서로 다른 인커플링 광학 엘리먼트들이 서로 다른 파장들의 광을 수신하여) 입사 광을 자신의 도파관으로 재지향 또는 편향시킨다. 그 후, 광은 각각의 도파관(670, 680, 690) 내에서 TIR을 야기할 각도로 전파된다. 도시된 예에서, 광선(770)(예컨대, 청색 광)은 제1 인커플링 광학 엘리먼트(700)에 의해 편향되고, 그 후 도파관 아래로 계속 바운싱하여, 앞서 설명한 방식으로, 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(730) 그리고 그 후에 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(800)와 상호 작용한다. 광선들(780, 790)(예컨대, 각각 녹색 및 적색 광)은 도파관(670)을 통과할 것이고, 광선(780)은 인커플링 광학 엘리먼트(710)에 충돌하고 그에 의해 편향된다. 그 후, 광선(780)은 TIR을 통해 도파관(680) 아래로 바운싱하여, 도파관(680)의 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(740)로 그리고 그 후 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(810)로 진행한다. 마지막으로, 광선(790)(예컨대, 적색 광)은 도파관(690)을 통과하여 도파관(690)의 광 인커플링 광학 엘리먼트들(720)에 충돌한다. 광 인커플링 광학 엘리먼트들(720)은, 광선(790)이 TIR에 의해 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(750)로, 그리고 그 후 TIR에 의해 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(820)로 전파되도록 그 광선(790)을 편향시킨다. 그 후, 아웃커플링 광학 엘리먼트(820)는 마지막으로 광선(790)을 뷰어에 아웃커플링하며, 이 뷰어는 또한 다른 도파관들(670, 680)로부터 아웃커플링된 광을 수신한다.

[0280] [113] 도 9c는 도 9a 및 도 9b의 스택형 도파관들의 일례의 하향식 평면도를 예시한다. 예시된 바와 같이, 도파관들(670, 680, 690)은 각각의 도파관의 연관된 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750) 및 연관된 아웃커플링 광학 엘리먼트(800, 810, 820)와 함께 수직으로 정렬될 수 있다. 그러나 본 명세서에서 논의되는 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)은 수직으로 정렬되지 않고; 오히려, 인커플링 광학 엘리먼트들은 바람직한 계는, 중첩되지 않는다(예컨대, 하향식 도면에 도시된 바와 같이 측방향으로 이격된다). 본 명세서에서 추가로 논의되는 바와 같이, 이러한 중첩되지 않는 공간 배열은 일대일 단위로 서로 다른 자원들로부터 서로 다른 도파관들로의 광의 주입을 가능하게 하고, 이로써 특정 광원이 특정 도파관에 고유하게 커플링될 수 있게 한다. 일부 실시예들에서, 중첩되지 않는 공간적으로 분리된 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하는 배열들은 시프트된 동공 시스템으로 지칭될 수 있고, 이러한 배열들 내의 인커플링 광학 엘리먼트들은 서브 동공들에 대응할 수 있다.

[0281] [114] 도 9d는 본 명세서에 개시된 다양한 도파관들 및 관련 시스템들이 통합될 수 있는 웨어러블 디스플레이 시스템(60)의 일례를 예시한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(60)은 도 6의 시스템(250)이고, 도 6은 그 시스템(60)의 일부 부분들을 더 상세히 개략적으로 도시한다. 예를 들어, 도 6의 도파관 어셈블리(260)는 디스플레이(70)의 일부일 수 있다.

[0282] [115] 도 9d를 계속 참조하면, 디스플레이 시스템(60)은 디스플레이(70), 및 그 디스플레이(70)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계 및 전자 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(70)는 디스플레이 시스템 사용자 또는 뷰어(90)에 의해 착용 가능한 그리고 사용자(90)의 눈들 앞에 디스플레이(70)를 포지셔닝하도록 구성되는 프레임(80)에 커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이(70)는 안경류로 간주될 수 있다. 일부 실시

예들에서, 스피커(100)는 프레임(80)에 커플링되고, 사용자(90)의 외이도에 인접하게 포지셔닝되도록 구성된다 (일부 실시예들에서는, 도시되지 않은 다른 스피커가 입체/성형 가능 사운드 제어를 제공하기 위해 사용자의 다른 외이도에 인접하게 선택적으로 포지셔닝될 수 있다). 디스플레이 시스템(60)은 또한 사운드를 검출하기 위한 하나 이상의 마이크로폰들(110) 또는 다른 디바이스들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로폰은 사용자가 시스템(60)에 입력들 또는 커맨드들(예컨대, 음성 메뉴 커맨드들의 선택, 자연어 질문들 등)을 제공할 수 있게 하도록 구성되고, 그리고/또는 다른 사람들과의(예컨대, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들과의) 오디오 통신을 가능하게 할 수 있다. 마이크로폰은 추가로, 오디오 데이터(예컨대, 사용자 및/또는 환경으로부터의 사운드들)를 수집하기 위한 주변 센서로서 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(60)은 오브젝트들, 자극들, 사람들, 동물들, 위치들, 또는 사용자 주위 세계의 다른 양상들을 검출하도록 구성된 하나 이상의 외향 환경 센서들(112)을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 환경 센서들(112)은 예를 들어, 사용자(90)의 일반 시야의 적어도 일부와 유사한 이미지들을 캡처하도록 외향하여 위치될 수 있는 하나 이상의 카메라들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 또한, 프레임(80)과 별개이고 사용자(90)의 신체에(예컨대, 사용자(90)의 머리, 몸통, 사지(extremity) 등에) 부착될 수 있는 주변 센서(120a)를 포함할 수 있다. 주변 센서(120a)는 일부 실시예들에서, 사용자(90)의 생리적 상태를 특징화하는 데이터를 획득하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 센서(120a)는 전극일 수 있다.

[0283]

[116] 도 9d를 계속 참조하면, 디스플레이(70)는, 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 이를테면 프레임(80)에 고정적으로 부착되거나, 사용자에게 의해 착용되는 헬멧 또는 모자에 고정적으로 부착되거나, 헤드폰들에 임베딩되거나, 아니면 (예컨대, 백팩(backpack)-스타일 구성으로, 벨트-커플링 스타일 구성으로) 사용자(90)에게 제거 가능하게 부착될 수 있는 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)에 통신 링크(130)에 의해, 이를테면 유선 리드 또는 무선 연결에 의해 동작 가능하게 커플링된다. 마찬가지로, 센서(120a)는 통신 링크(120b), 예컨대 유선 리드 또는 무선 연결에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)에 동작 가능하게 커플링될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 하드웨어 프로세서뿐만 아니라, 디지털 메모리, 이를테면 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브들)를 포함할 수 있는데, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 보조하는 데 이용될 수 있다. 선택적으로, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 하나 이상의 CPU(central processing unit)들, GPU(graphics processing unit)들, 전용 프로세싱 하드웨어 등을 포함할 수 있다. 데이터는 a) (예컨대, 프레임(80)에 동작 가능하게 커플링되거나 아니면 사용자(90)에게 부착될 수 있는) 센서들, 이를테면 (카메라들과 같은) 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스(compass)들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 자이로(gyro)들 및/또는 본 명세서에 개시된 다른 센서들로부터 캡처되고; 그리고/또는 b) 원격 프로세싱 모듈(150) 및/또는 (가상 콘텐츠에 관련된 데이터를 포함하는) 원격 데이터 저장소(160)를 사용하여 획득 및/또는 프로세싱되는, 가능하게는 이러한 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 디스플레이(70)에 전달하기 위한 데이터를 포함할 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 통신 링크들(170, 180)에 의해, 이를테면 유선 또는 무선 통신 링크들을 통해 원격 프로세싱 모듈(150) 및 원격 데이터 저장소(160)에 동작 가능하게 커플링될 수 있어, 이러한 원격 모듈들(150, 160)은 서로 동작 가능하게 커플링되고, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)에 대한 자원들로서 이용 가능하다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)은 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들 및/또는 자이로들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이러한 센서들 중 하나 이상은 프레임(80)에 부착될 수 있거나, 유선 또는 무선 통신 경로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140)과 통신하는 독립형 구조들일 수 있다.

[0284]

[117] 도 9d를 계속해서 참조하면, 일부 실시예들에서, 원격 프로세싱 모듈(150)은 예컨대 하나 이상의 CPU(central processing unit)들, GPU(graphics processing unit)들, 전용 프로세싱 하드웨어 등을 포함하여, 데이터 및/또는 이미지 정보를 분석하고 프로세싱하도록 구성된 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 "클라우드" 자원 구성으로 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통해 이용 가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 설비를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(160)는 정보, 예컨대 증강 현실 콘텐츠를 생성하기 위한 정보를 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(140) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(150)에 제공하는 하나 이상의 원격 서버들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 모든 데이터가 저장되고 모든 계산들이 수행되어, 원격 모듈로부터 완전히 자율적인 사용을 가능하게 한다. 선택적으로, CPU들, GPU들 등을 포함하는 외부 시스템(예컨대, 하나 이상의 컴퓨터들, 하나 이상의 프로세서들의 시스템)은 프로세싱의 적어도 일부(예컨대, 이미지 정보의 생성, 데이터의 프로세싱)를 수행할 수 있고 예컨대, 무선 또는 유선 연결들을 통해 모듈들(140, 150, 160)에 정보를 제공하고 이들로부터 정보를 수신할 수 있다.

- [0285] [118] 도 10은 공간 광 변조기(SLM)(1030)를 조명하고 SLM(1030)으로부터 투사 광학기(1040)를 통해 (도시되지 않은) 접안렌즈로 광을 재지향시키기 위해 편광 빔 분할기(PBS: polarization beam splitter)(1020)를 이용하는 투사기 어셈블리(1000)를 예시하는 개략도이다. 투사기 어셈블리(1000)는 예를 들어, LED(light emitting diode)들, 레이저들(예컨대, 레이저 다이오드들), 또는 다른 타입의 광원을 포함할 수 있는 조명원(1010)을 포함한다. 이 광은 시준 광학기에 의해 시준될 수 있다. 조명원(1010)은 편광되거나, 편광되지 않거나, 부분적으로 편광된 광을 방출할 수 있다. 예시된 설계에서, 조명원(1010)은 p 편광을 갖는 편광된 광(1012)을 방출할 수 있다. 제1 광학 엘리먼트(1015)(예컨대, 전치 편광기(pre-polarizer))가 제1 편광(예컨대, p 편광)을 갖는 광을 통과시키도록 정렬된다.
- [0286] [119] 이 광은 편광 빔 분할기(1020)로 지향된다. 초기에, 광은 제1 편광(예컨대, p 편광)의 광을 투과시키도록 구성되는 PBS(1020)의 계면(1022)(예컨대, 편광 계면)을 통과한다. 이에 따라, 광은 공간 광 변조기(1030)로 이어져 그에 입사된다. 예시된 바와 같이, SLM(1030)은 입사되는 광을 재귀 반사(retro-reflect)하고 선택적으로 광을 변조하도록 구성된 반사성 SLM이다. SLM(1030)은 예를 들어, 서로 다른 상태들을 가질 수 있는 하나 이상의 픽셀들을 포함한다. 각각의 픽셀들에 입사되는 광은 픽셀의 상태에 기초하여 변조될 수 있다. 이에 따라, SLM(1030)은 이미지를 제공하기 위해 광을 변조하도록 구동될 수 있다. 이 예에서, SLM(1030)은 그에 입사되는 광의 편광을 변조하는 편광 기반 SLM일 수 있다. 예를 들어, 온 상태에서, SLM(1030)의 픽셀은 입력 광을 제1 편광 상태(예컨대, p 편광 상태)에서 제2 편광 상태(예컨대, s 편광 상태)로 변경하여 밝은 상태(예컨대, 흰색 픽셀)가 도시된다. 제2 편광 상태는 90° 만큼 변조된(예컨대, 회전된) 제1 편광 상태일 수 있다. 온 상태에서, 제2 편광 상태를 갖는 광은 계면(1022)에 의해 반사되고 투사기 광학기(1040)로 하류로 전파된다. 오프 상태에서, SLM(1030)은 그에 입사된 광의 편광 상태를 변화시키지 않는데, 예를 들어 입력 광을 제1 편광 상태로부터 회전시키지 않아, 어두운 상태(예컨대, 검정 픽셀)가 도시된다. 오프 상태에서, 제1 편광 상태를 갖는 광은 계면(1022)을 통해 투과되어 사용자의 눈이 아닌 조명원(1010)으로 다시 상류로 전파된다.
- [0287] [120] SLM(1030)으로부터의 반사 후, 광(1014)(예컨대, 변조된 광)의 일부는 계면(1022)으로부터 반사되고 PBS(1020)에서 출사되어 사용자의 눈으로 지향된다. 방출된 광은 투사기 광학기(1040)를 통과하고 (도시되지 않은) 접안렌즈의 인커플링 격자(ICG: in-coupling grating)(1050) 상에 이미징된다.
- [0288] [121] 도 11a는 이미지들을 사용자의 눈(210)에 제시하기 위한 그리고 도 10에 도시된 것에 대한 다른 구성을 갖는 세계(510)를 보기 위한 시스템(예컨대, 증강 현실 디스플레이 시스템)(1100A)을 예시한다. 시스템(1100A)은 광원(1110), 공간 광 변조기(SLM)(1140) 및 도파관(1120)을 포함하며, 도파관(1120)은 광원(1110)으로부터의 광이 SLM(1140)을 조명하고 SLM(1140)으로부터 반사된 광이 도파관(1120)에 커플링되어 눈(210)으로 지향되도록 배열된다. 시스템(1100A)은 SLM(1140)을 조명할 뿐만 아니라 SLM(1140)의 이미지를 투사하도록 배치된 광학기(1130)를 포함한다. 예를 들어, 광원(1110)으로부터의 광은 광학기(1130)를 통해 제1 방향으로 SLM(1140)으로 전파됨으로써 SLM(1140)을 조명한다. SLM(1140)으로부터 반사된 광은 광학기(1130)를 통해 제1 방향과는 반대인 제2 방향으로 다시 전파되어 도파관(1120)으로 지향되고 그에 커플링된다.
- [0289] [122] 광원(1110)은 LED(light emitting diode)들, 레이저들(예컨대, 레이저 다이오드들), 또는 다른 타입의 광원을 포함할 수 있다. 광원(1110)은 편광된 광원일 수 있지만, 광원(1110)이 그렇게 제한될 필요는 없다. 일부 구현들에서, 편광기(1115)가 광원(1110)과 SLM(1140) 사이에 포지셔닝될 수 있다. 예시된 바와 같이, 편광기(1115)는 광원(1110)과 도파관(1120) 사이에 있다. 이 편광기(1115)는 또한 제1 편광의 광을 투과시키고 제2 편광의 광을 다시 광원(1110)으로 반사하는 광 재순환기일 수 있다. 이러한 편광기(1115)는 예를 들어, 와이어 그리드 편광기일 수 있다. 비-이미징 광학 엘리먼트(예컨대, 콘, CPC(compound parabolic collector), 렌즈들)와 같은 커플링 광학기(1105)가 광원(1110)으로부터 출력된 광을 수신하도록 광원(1110)에 대해 배치될 수 있다. 커플링 광학기(1105)는 광원(1110)으로부터 광을 모을 수 있고, 일부 경우들에는 광원(1110)으로부터 방출된 광의 발산을 감소시킬 수 있다. 커플링 광학기(1105)는 예를 들어, 광원(1110)으로부터 출력된 광을 시준할 수 있다. 커플링 광학기(1105)는 시스템(1100A)의 각도 스펙트럼 시야와 매칭되는 광을 모을 수 있다. 이에 따라, 커플링 광학기(1105)는 광원(1110)에 의해 출력된 광의 각도 스펙트럼을 시스템(1100A)의 시야와 매칭시킬 수 있다. 커플링 광학기(1105)는 광원(1110)으로부터 방출된 광에 대해 비대칭으로 작동하도록 비대칭 프로파일을 가질 수 있다. 예를 들어, 커플링 광학기(1105)는 직교 방향들(예컨대, x 방향 및 z 방향)로 서로 다른 양만큼 발산을 감소시킬 수 있다. 커플링 광학기(1105)에서의 이러한 비대칭은 예를 들어, 직교 방향(예컨대, 각각 z 또는 x)이 아니라 한 방향(예컨대, x 또는 z)으로 더 넓은 각도 범위의 광을 방출하는 레이저 다이오드를 포함할 수 있는 광원(1110)으로부터 방출된 광에서의 비대칭을 해결할 수 있다.
- [0290] [123] 위에서 논의한 바와 같이, 시스템(1100A)은 광원(1110)과 SLM(1140) 사이의 광학 경로에 배치되어

SLM(1140)을 조명하도록 구성된 광학기(1130)를 포함한다. 광학기(1130)는 광원(1110)으로부터의 광을 SLM(1140)에 전달하는 투과성 광학기를 포함할 수 있다. 광학기(1130)는 또한 SLM(1140)의 이미지를 투사하도록 구성되거나 SLM(1140)에 의해 도파관(1120)으로 형성될 수 있다. 이미지가 눈(210)에 투사될 수 있다. 일부 설계들에서, 광학기(1130)는 광학 배율을 갖는 하나 이상의 렌즈들 또는 광학 엘리먼트들을 포함한다. 광학기(1130)는 예를 들어, 양의 광학 배율을 가질 수 있다. 광학기(1130)는 굴절 렌즈들과 같은 하나 이상의 굴절 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 다른 타입들의 광학 엘리먼트들이 또한 가능하게 사용될 수 있다.

[0291] [124] SLM(1140)은 반사성이며, 광을 변조하고, 그로부터 광을 반사할 수 있다. SLM(1140)은 편광을 변조하도록 구성된 편광 기반 SLM일 수 있다. SLM(1140)은 예를 들어, LC(liquid crystal) SLM(예컨대, LCOS(liquid crystal on silicon) SLM)을 포함할 수 있다. LC SLM은 예를 들어, TN(twisted nematic) 액정을 포함할 수 있다. SLM(1140)은 도 10을 참조하여 SLM(1030)과 실질적으로 유사할 수 있다. SLM(1140)은 예를 들어, 픽셀의 상태에 따라 픽셀에 입사되는 광을 선택적으로 변조하도록 구성되는 하나 이상의 픽셀들을 포함할 수 있다. 일부 타입들의 SLM들(1140)의 경우, 픽셀은 예를 들어, 편광 상태를 변경함으로써, 이를테면 편광을 회전(예컨대, 선형으로 편광된 광의 배향을 회전)시킴으로써 SLM들에 입사되는 빔을 변조할 수 있다.

[0292] [125] 위에서 논의한 바와 같이, SLM(1140)은 LCOS SLM(1140)일 수 있다. 교차 편광기 구성에서, LCOS SLM(1140)은 명목상 흰색일 수 있다. 픽셀이 오프이면(예컨대, 0 전압), 이는 밝은 상태를 갖고, 픽셀이 온이면(예컨대, 임계 턴 온 전압보다 높은 전압), 이는 어두운 상태를 갖는다. 이 교차 편광 구성에서, 픽셀이 온이고 이것이 어두운 상태를 가질 때 누설이 최소화된다.

[0293] [126] 병렬 편광기 구성에서, LCOS SLM(1140)은 명목상 검정이다. 픽셀이 오프이면(예컨대, 0 전압), 이는 어두운 상태를 갖고, 픽셀이 온이면(예컨대, 임계 턴 온 전압보다 높은 전압), 이는 밝은 상태를 갖는다. 이 병렬 편광기 구성에서, 픽셀이 오프이고 이것이 어두운 상태를 가질 때 누설이 최소화된다. 어두운 상태는 마찰 방향 및 보상기 각도를 사용하여 (재)최적화될 수 있다. 보상기 각도는 예를 들어, 도 20b에 예시된 바와 같이 광학기(1130)와 SLM(1140) 사이에 있을 수 있는 보상기의 각도를 의미할 수 있다.

[0294] [127] 병렬 편광기 구성들에 대한 동적 범위 및 스루풋은 교차 편광기 구성들과 다를 수 있다. 또한, 병렬 편광기 구성들은 교차 편광기 구성들과 다르게 콘트라스트를 위해 최적화될 수 있다.

[0295] [128] 시스템(1100A)은 이미지 정보를 눈(210)에 출력하기 위한 도파관(1120)을 포함한다. 도파관(1120)은 위에서 논의한 도파관들(270, 280, 290, 300, 310, 670, 680, 690)과 실질적으로 유사할 수 있다. 도파관(1120)은 그 내부로 광을 안내하기에 충분한 굴절률을 갖는 실질적으로 투명한 재료를 포함할 수 있다. 예시된 바와 같이, 도파관(1120)은 제1 면(1121) 및 제1 면(1121)에 대향하는 제2 면(1123) 그리고 대응하는 상부 주 표면 및 하부 주 표면뿐만 아니라 그 주위의 예지들을 포함할 수 있다. 제1 및 제2 주 표면(1121, 1123)은 SLM(1140)에 의해 형성된 이미지가 눈에 주입될 수 있도록 SLM(1140)으로부터 눈(210)으로 광을 전파할 때 이미지 정보가 유지될 수 있게 충분히 평탄할 수 있다. 광학기(1130) 및 SLM(1140)은 도파관(1120)의 제1 면(1121)에 포지셔닝될 수 있다. 광원(1110)은, 광원(1110)으로부터의 광이 도파관(1120)을 통과하여 광학기(1130)를 통해 SLM(1140)으로 전달되기 전에 제2 면(1123)에 입사되도록 제2 면(1123) 상에 배치될 수 있다. 이에 따라, 도파관(1120)은 광원(1110)과 광학기(1130) 사이에 배치될 수 있다. 추가로, 도파관(1120)의 적어도 일부는 광원(1110)과 광학기(1130) 사이로 연장될 수 있으며, 이로써 광이 도파관(1120)의 일부를 통해 광학기(1130)로 전달된다. 따라서 광원(1110)으로부터 방출된 광은 도파관(1120)을 통해 광학기(1130)로 지향되고 광학기(1130)를 통해 SLM(1140)에 입사될 수 있다. SLM(1140)은 광을 다시 광학기(1130)를 통해 그리고 도파관(1120)으로 반사시킨다.

[0296] [129] 시스템(1100A)은 또한 광학기(1130)로부터의 광을 도파관(1120)에 커플링하기 위한 인커플링 광학 엘리먼트(1160)를 포함한다. 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 도파관(1120)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면(1123)) 상에 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 도파관(1120)의 하부 주 표면(1121) 상에 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 도파관(1120)의 바디에 배치될 수 있다. 도파관(1120)의 한 면 또는 코너 상에 예시되지만, 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 도파관(1120)의 다른 영역들 내에/상에 배치될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 도 9a, 도 9b 및 도 9c를 참조하여 앞서 설명한 인커플링 광학 엘리먼트들(700, 710, 720)과 실질적으로 유사할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 회절 광학 엘리먼트 또는 반사기일 수 있다. 다른 구조들이 인커플링 광학 엘리먼트(1160)로서 사용될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 그에 입사된 광을 도파관(1120)의 상부 주 표면(1123) 및 하부 주 표면(1121)에 대해 (예컨대, 임계 각도보다 더 큰) 충분히 큰 지표각으로 도파관(1120)으로 지향시켜 내부

전반사에 의해 그 내부에서 안내되게 하도록 구성될 수 있다. 또한, 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 넓은 범위의 파장들에서 작동할 수 있고, 따라서 다수의 컬러들의 광을 도파관(1120)에 커플링하도록 구성될 수 있다. 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1160)는 적색 광, 녹색 광 및 청색 광을 도파관(1120)에 커플링하도록 구성될 수 있다. 광원(1110)은 서로 다른 시점들에 적색, 녹색 및 청색 컬러 광을 방출할 수 있다.

[0297] [130] 시스템(1100A)은 도파관(1120) 상에 또는 내에 배치된 광 분배 엘리먼트(1170)를 포함한다. 광 분배 엘리먼트(1170)는 도 9b와 관련하여 앞서 설명한 광 분배 엘리먼트들(730, 740, 750)과 실질적으로 유사할 수 있다. 예컨대, 광 분배 엘리먼트(1170)는 직교 동공 확장기(OPE)일 수 있다. 광 분배 엘리먼트(1170)는 x 방향으로 전파되는 광을 예를 들어, 도 11b의 평면도에 예시된 z 방향을 향해 전환시킴으로써 도파관(1120) 내에서 광을 확산시키도록 구성될 수 있다. 따라서 광 분배 엘리먼트(1170)는 z 축을 따라 아이박스의 치수들을 증가시키도록 구성될 수 있으며; 도 11b를 참조한다. 광 분배 엘리먼트(1170)는 하나 이상의 회절 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있는데, 회절 광학 엘리먼트들은 예를 들어, 도파관(1120) 내에서 전파되어 회절 광학 엘리먼트들에 입사되는 광을 예를 들어, 일반적으로 직교 방향으로 재지향시키기 위해 그 광을 회절시키도록 구성된다. 다른 구성들이 가능하다.

[0298] [131] 도 11b에 도시된 바와 같이, 시스템(1100A)은 또한 도파관(1120)으로부터의 광을 눈(210)에 커플링하기 위한 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)를 포함할 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)는 광이 도파관(1120) 내에서 안내되지 않게, 도파관(1120)의 상부 주 표면(1123) 및/또는 하부 주 표면(1121)에 더 수직인 각도로 내부 전반사(TIR)에 의해 도파관(1120) 내에서 전파되는 광을 재지향시키도록 구성될 수 있다. 대신, 이 광은 예를 들어, 하부 주 표면(1121)을 통해 도파관(1120) 밖으로 지향된다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)는 하나 이상의 회절 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있는데, 회절 광학 엘리먼트들은 예를 들어, 도파관(1120) 내에서 전파되어 회절 광학 엘리먼트에 입사되는 광을 예를 들어, 도파관(1120) 밖으로 재지향시키기 위해 그 광을 회절시키도록 구성된다. 다른 구성들이 가능하다.

[0299] [132] 도 11b는 또한 광 분배 광학 엘리먼트(예컨대, 직교 동공 확장기)(1170) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)에 대해 측방향으로 배치된 인커플링 광학 엘리먼트(1160)의 위치를 도시한다. 도 11b는 또한 인커플링 광학 엘리먼트(1160), 광 분배 광학 엘리먼트(예컨대, 직교 동공 확장기)(1170) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)에 대해 측방향으로 배치된 광원(1110)의 위치를 도시한다.

[0300] [133] 작동시, 시스템(1100A)의 광원(1110)은 커플링 광학기(1105) 내로 그리고 편광기(1115)를 통해 광을 방출한다. 따라서 이 광은 편광, 예를 들어 제1 방향으로 선형 편광될 수 있다. 이 편광된 광은 도파관(1120)을 통해 투과되어, 도파관(1120)의 제2 주 표면으로 들어가고 도파관(1120)의 제1 주 표면을 빠져나갈 수 있다. 이 광은 광학기(1130)를 통해 SLM(1140)으로 전파될 수 있다. 광학기(1130)는 광원(1110)으로부터의 광을 유사시준(quasi-collimate)하고 그리고/또는 선택함으로써 SLM(1140)을 조명하는데, SLM(1140)은 그에 입사되는 광의 편광을, 이를테면 변조기의 배향을 픽셀의 상태에 따라 픽셀 단위로 선택적으로 회전시킴으로써 변조하는 편광 기반 변조기를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 픽셀은 제1 상태이고 편광을 회전시킬 수 있는 한편, 제2 픽셀은 제2 상태이고 편광을 회전시키지 않을 수 있다. 커플링 광학기(1105)와 광학기(1130) 사이의 광은 SLM(1140)을 상당히 균일하게 조명할 수 있다. 광은 SLM(1140)에 입사된 후에, 광학기(1130)를 통해 다시 반사된다. 광학기(1130)는 SLM(1140)으로부터의 이미지들을 도파관(1120)에 그리고 궁극적으로는 눈(210)에 투사하여 이미지가 눈(210)에 보이게 하도록 구성될 수 있다. 일부 설계들에서, 눈(210)의 망막은 SLM(1140)에 대한 광학 공역 및/또는 SLM(1140)에 의해 그리고/또는 SLM(1140) 상에 형성된 이미지들이다. 광학기(1130)의 배율은 SLM(1140) 상의 이미지를 눈(210)에 그리고 눈(210)의 망막 상에 투사하는 것을 가능하게 할 수 있다. 일부 구현들에서, 예를 들어 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)에 의해 제공되는 광학 배율은 궁극적으로 눈(210)에 형성되는 이미지를 보조하고 그리고/또는 그 이미지에 영향을 줄 수 있다. 광학기(1130)는 SLM(1140)으로부터 반사된 광이 광학기를 통해 도파관(1120)을 향해 진행할 때 투사 렌즈로서 작용한다. 광학기는 대략, SLM(1140) 상의 이미지를 인커플링 광학 엘리먼트들(1160) 근처의 도파관(1120)의 평면으로 푸리에 변환하는 것으로서 기능할 수 있다. 종합하여, (첫 번째는 광원(1110)으로부터 SLM(1140)으로, 두 번째는 SLM(1140)으로부터 도파관(1120)으로) 광학기(1130)의 두 통과들 모두는 커플링 광학기(1105)의 동공들을 대략적으로 이미징하도록 작용할 수 있다. 광원(1110)(가능하게는 또한 커플링 광학기(1105) 및/또는 편광기(1115)), 광학기(1130), SLM(1140)의 정렬 및 배향은 SLM(1140) 으로부터 반사되는, 광원(1110)으로부터의 광이 인커플링 광학 엘리먼트(1160)로 지향되게 한다. 커플링 광학기(1105)와 연관된 동공은 인커플링 광학 엘리먼트(1160)와 정렬될 수 있다. 광은 SLM(1140)과 눈(210) 사이의 광학 경로에서 분석기(1150)(예컨대, 편광기)를 통과할 수 있다. 도 11a에 도시된 바와 같이, 분석기(예컨대, 편광기)(1150)는 광학기(1130)와 인커플링 광학 엘리먼트(1160) 사이

의 광학 경로에 배치될 수 있다. 분석기(1150)는 예를 들어, 제1 편광(p 편광)의 광을 투과시키고 제2 편광(s 편광)의 광을 차단하거나 그 반대로 하는 배향을 갖는 선형 편광기일 수 있다. 분석기(1150)는 클린업(clean-up) 편광기일 수 있고, SLM(1140)과 분석기(1150) 사이 또는 SLM(1140) 내의 다른 편광기에 의해 차단되는 편광의 광을 추가로 차단할 수 있다. 분석기(1150)는 예를 들어, 도파관(1120), 구체적으로 인커플링 광학 엘리먼트(1160)로부터 다시 SLM(1140)을 향한 반사들을 완화하기 위한 아이솔레이터로서 작용하는 원형 편광기일 수 있다. 분석기(1150)는 본 명세서에 개시된 편광기들 중 임의의 편광기로서, 흡수 와이어 그리드 편광기와 같은 와이어 그리드 편광기들을 포함할 수 있다. 이러한 편광기들은 원치 않는 광의 상당한 흡수 및 이에 따라 증가된 콘트라스트를 제공할 수 있다. 이러한 일부 편광기들은 와이어들 및/또는 다층 막들의 상부에 하나 이상의 유전체 층들을 포함하도록 만들어질 수 있다. 일부 구현들에서, SLM(1140)은 LCOS(liquid crystal on silicon) SLM일 수 있고, LC 셀들 및 리타더(예컨대, 보상기)를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 분석기(1150)는 서로 다른 입사각들 및 서로 다른 파장들에 대해 SLM(1140)의 보다 일관된 (예컨대, 90°)의 편광 회전을 제공하도록 의도된 보상기일 수 있다. 보상기는 각도들 및 파장들의 확산에 걸쳐 입사되는 광선들에 대한 회전 편광을 개선함으로써 디스플레이의 콘트라스트를 개선하는 데 사용될 수 있다. SLM(1140)은 예를 들어, 광이 분석기(1150)를 통과할 때 밝은 픽셀 상태를 생성하기 위해 제1 픽셀에 대해 제1 편광(예컨대, s 편광)의 입사 광을 제2 편광(예컨대, p 편광)으로 회전시키도록 구성된 TN LCOS를 포함할 수 있다. 반대로, SLM(1140)은 광이 분석기(1150)에 의해 감쇠 또는 차단될 때 반사된 광이 제1 편광을 유지하여 어두운 픽셀 상태를 생성하도록 제2 픽셀에 대해 제1 편광(예컨대, s 편광)의 입사 광을 제2 편광(예컨대, p 편광)으로 회전시키지 않도록 구성될 수 있다. 이러한 구성에서, 광학 경로를 따라 광원(1110)에 더 가까운 편광기(1115)는 광원(1110)으로부터 광학 경로를 따라 더 멀리 분석기(1150)에 대해 서로 다르게(예컨대, 직교) 배향될 수 있다. 다른, 예를 들어 반대의 구성들이 가능하다.

[0301]

[134] 그 후, 광은 TIR에 의해 광이 전파되는 도파관(1120) 내에서 안내되도록 편향되는데, 예를 들어 인커플링 광학 엘리먼트(1160)에 의해 전환된다. 그 다음, 광은 광을 다른 방향으로(예컨대, 보다 z 방향을 향해) 전환시키는 광 분배 엘리먼트(1170)에 충돌하여, 도 11b에 도시된 바와 같이 z 축의 방향을 따라 아이박스의 치수들의 증가를 야기한다. 따라서 광은 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)를 향해 편향되며, 이는 광이 도파관(1120)으로부터 눈(210)(예컨대, 도시된 바와 같이 사용자의 눈)을 향해 지향되게 한다. z 방향을 따라 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)의 서로 다른 부분들에 의해 아웃커플링되는 광은 도 11b에 정의된 바와 같이 적어도 z 축에 평행한 방향을 따라 아이박스의 치수들의 증가를 야기한다. 특히, 이 구성에서, 광학기(1130)는 SLM(1140)을 조명할 뿐만 아니라 인커플링 광학 엘리먼트(1160) 상에 이미지를 투사하는 데 사용된다. 이에 따라, 광학기(1130)는 광원(1110)으로부터의 광을 (예컨대, 균일하게) 분배하는 투사 광학기뿐만 아니라 SLM(1140)의 이미지 및/또는 SLM(1140)에 의해 형성된 이미지를 눈에 제공하는 이미징 광학기로서 작용할 수 있다. 도 11a/도 11b의 시스템(1100A)은 일부 경우들에는 도 10의 시스템(1000)보다 더 소형일 수 있다. 일부 경우들에는, 도 10에 도시된 PBS(1020)를 이용하지 않는 것은 가능하게는 시스템의 비용 및/또는 크기를 줄일 수 있다. 추가로, PBS(1020)가 없으면, 시스템은 광학기(1130)의 후방 초점 길이를 단축시킴으로써 보다 대칭적이고 설계가 더 용이하다.

[0302]

[135] 위에서 언급한 바와 같이, 대안적인 구성들이 가능하다. 도 11c를 참조하면, 예를 들어, 일부 설계들에서, 시스템(1100C)은 SLM(1140)에 의해 회전되지 않는 편광을 갖는 광을 통과시키도록 구성될 수 있다. 일 구현에서, 예를 들어, SLM(1140)은 LC(liquid crystal) 기반 SLM일 수 있고, VA(vertically aligned) LCoS(LC on silicon)를 포함할 수 있다. SLM(1140)은 편광을 회전시키지 않는 제1 상태인 제1 픽셀 및 편광을 회전시키는 제2 상태인 제2 픽셀을 가질 수 있다. 도 11c에 예시된 구성에서는, 단일 공유 분석기/편광기(1155)가 사용된다. 이 분석기(1155)는 제1 편광(예컨대, s 편광)의 광을 투과시키고 제2 편광(예컨대, p 편광)의 투과를 감쇠 또는 감소시킬 수 있다. 이에 따라, 편광 배향을 회전시키지 않는 제1 상태인 제1 픽셀에 입사되는 광(예컨대, s 편광된 광)은 SLM(1140)으로부터 반사되어 분석기(1155)를 통해 도파관(1120)으로 전달된다. 반대로, 편광 배향을 회전시키는 제2 상태인 제2 픽셀에 입사되는 광(예컨대, s 편광된 광)은 SLM(1140)으로부터 반사되며, 감쇠되거나 감소되거나, 또는 분석기(1155)를 통해 도파관(1120)으로 전달되지 않는다. 이 구성은 이로써, 도 11a에 도시된 편광기(1115) 및 분석기(1150)가 공유 광학 엘리먼트인 도 11c에 도시된 분석기(1155)로 통합되게 할 수 있으며, 이로써 가능하게는 광학 컴포넌트들의 수를 감소시킴으로써 도 11a/도 11b의 시스템(1100)을 단순화할 수 있다. 분석기(1155)는 도파관(1120)과 광학기(1130) 사이에 배치될 수 있다. 다른 구현들에서는, 별도의 분석기/편광기 및 분석기/편광기가 도 11a/도 11b의 시스템(1100)에 도시된 것과 같이 사용될 수 있다. 도 11a 및 도 11b는 광원(1110)과 도파관(1120) 사이의 편광기(1115), 및 광학기(1130)와 도파관(1120) 사이의 분석기(1150)를 예시한다.

[0303] [136] SLM(1140)의 조명 및 SLM(1140)에 의해 형성된 이미지의 이미징 모두를 위해 광학기(1130)를 이용하는 매우 다양한 다른 구성들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 도 11a - 도 11c는 단일 도파관(1120)을 도시하지만, 도파관 스택과 같은 하나 이상의 도파관들(가능하게는 서로 다른 컬러 광에 대한 서로 다른 도파관들)이 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 12a는 인커플링 광학 엘리먼트(1260, 1262, 1264)를 각각 포함하는 도파관들(1120, 1122, 1124)을 포함하는 스택(1205)을 포함하는 예시적인 시스템(1200A)의 측면도를 예시한다. 도파관들(1120, 1122, 1124)은 각각 하나 이상의 서로 다른 파장들, 또는 하나 이상의 서로 다른 파장 범위들의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 스택(1205)은 스택(260, 660)(도 6 및 도 9a)과 실질적으로 유사할 수 있고, 스택(1205)의 예시된 도파관들(1120, 1122, 1124)은 도파관(670, 680, 690)의 일부에 대응할 수 있지만, 스택(1205) 및 도파관들(1120, 1122, 1124)은 그렇게 제한될 필요는 없다. 도 12a에 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은 예를 들어, 각각 도파관들(1120, 1122, 1124) 내에 또는 상에 포함되거나 도파관들(1120, 1122, 1124)과 연관될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은 컬러 선택적이고, 주로 특정 파장들을 대응하는 도파관들(1120, 1122, 1124) 내에서 안내되도록 도파관들(1120, 1122, 1124)로 전환 또는 재지향시킬 수 있다. 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은 컬러 선택적이기 때문에, 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은 측방향으로 변위될 필요가 없고, 서로의 위에 스택될 수 있다. 특정 컬러를 대응하는 도파관에 커플링하기 위해 파장 다중화가 이용될 수 있다. 예를 들어, 적색 인커플링 광학 엘리먼트는 청색 또는 녹색 광을 인커플링하지 않으면서 적색 광을 통과하도록 지정된 도파관에 적색 광을 인커플링할 수 있는데, 청색 또는 녹색 광은 다른 청색 및 녹색의 컬러 선택적 도파관들에 의해 각각 다른 도파관들로 대신 커플링된다.

[0304] [137] 일부 구현들에서, 광원(1110)은 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러의 광을 방출할 수 있는 다색 광원일 수 있다. 예컨대, 광원(1110)은 적색, 녹색 및 청색(RGB) 광을 방출할 수 있고, 제1 시간 기간에는 적색 그리고 무시해도 될 정도보다 많지 않은 양들의 녹색 및 청색을 방출하고, 제2 시간 기간에는 녹색 그리고 무시해도 될 정도보다 많지 않은 양들의 적색 및 청색을 방출하고, 제3 시간 기간에는 청색 그리고 무시해도 될 정도보다 많지 않은 양들의 적색 및 녹색을 방출하도록 구성될 수 있다. 이러한 사이클들은 반복될 수 있고, SLM(1140)은 주어진 이미지 프레임에 적절한 이미지 컬러 컴포넌트를 제공하기 위해 특정 컬러(적색, 녹색 또는 청색)에 적합한 패턴의 픽셀 상태들을 생성하도록 조정될 수 있다. 스택(1205)의 서로 다른 도파관들(1120, 1122, 1124)은 서로 다른 각각의 컬러들로 광을 출력하도록 각각 구성될 수 있다. 예를 들어, 도 12a에 도시된 바와 같이, 도파관들(1120, 1122, 1124)은 각각 청색, 녹색 및 적색 컬러 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 물론, 다른 컬러들이 가능한데, 예를 들어 광원(1110)은 다른 컬러들을 방출할 수 있으며, 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트(1260, 1262, 1264), 아웃커플링 광학 엘리먼트 등은 이러한 다른 컬러들을 위해 구성될 수 있다. 추가로, 개별 적색, 녹색 및 청색 방출기들은 단일 동공 광원으로서 효과적으로 기능하기에 충분히 아주 가깝게 위치될 수 있다. 적색, 녹색 및 청색 방출기들은 렌즈들 및 이색성 분할기들과 조합되어 단일 적색, 녹색 및 청색 동공 소스를 형성할 수 있다. 단일 동공의 다중화는 컬러 선택도 이상으로 또는 컬러 선택도에 추가하여 확장될 수 있으며, 편광 민감 격자들 및 편광 스위칭의 사용을 포함할 수 있다. 이러한 컬러 또는 편광 격자들은 또한 다뤄질 수 있는 층들의 수를 증가시키도록 다수의 디스플레이 동공들과 조합하여 사용될 수 있다.

[0305] [138] 서로 다른 도파관들(1120, 1122, 1124) 내의 서로 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은 서로 측방향으로 변위되고 정렬되지 않은 것과는 반대로, 서로 위 그리고/또는 아래에 배치될 수 있고 서로에 대해(예컨대, 도 12a에 도시된 x 방향 및 z 방향으로) 측방향으로 정렬될 수 있다. 이에 따라, 일부 구현들에서, 예를 들어, 서로 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은, 제1 컬러의 광이 인커플링 광학 엘리먼트(1260)에 의해 도파관(1120)으로 커플링되어 그 내부에서 안내될 수 있고 제1 컬러와는 다른 제2 컬러의 광이 인커플링 광학 엘리먼트(1260)를 통해 다음 인커플링 광학 엘리먼트(1262)에 전달될 수 있으며 인커플링 광학 엘리먼트(1262)에 의해 도파관(1122)으로 커플링되어 그 내부에서 안내될 수 있도록 그렇게 구성될 수 있다. 제1 컬러 및 제2 컬러와는 다른 제3 컬러의 광은 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262)을 통해 인커플링 광학 엘리먼트(1264)로 전달될 수 있고 도파관(1124)에 커플링되어 그 내부에서 안내될 수 있다. 추가로, 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은 편광 선택적일 수 있다. 예를 들어, 서로 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)은, 특정 편광의 광이 대응하는 편광 선택적 인커플링 광학 엘리먼트(1260, 1262, 1264)에 의해 도파관에 커플링되거나 인커플링 광학 엘리먼트(1260, 1262, 1264)를 통과하도록 그렇게 구성될 수 있다.

[0306] [139] 구성에 따라, SLM(1140)은 편광을 변조하는 편광 기반 SLM을 포함할 수 있다. 시스템(1200A)은 예를 들어, 각각의 픽셀의 상태(예컨대, 픽셀이 편광 배향을 회전시키는지 여부)에 따라 픽셀 단위로 스택(1205)에 주

입된 광을 변조하기 위해 편광기들 및/또는 분석기들을 포함할 수 있다. 편광 기반 SLM들을 이용하는 그러한 시스템들의 다양한 양상들이 위에서 논의되었고, 이러한 특징들 중 임의의 특징이 본 명세서에서 설명되는 임의의 다른 특징들과 조합하여 이용될 수 있다. 그러나 다른 설계들이 여전히 가능하다.

[0307] [140] 예를 들어, 편향 기반 SLM(1140)이 이용될 수 있다. 예를 들어, SLM(1140)은 광학 엘리먼트의 상태에 따라 서로 다른 방향들을 따라 광을 반사 및/또는 편향시킬 수 있는 이동 가능 미러와 같은 하나 이상의 이동 가능한 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있다. SLM(1140)은 예를 들어, 마이크로 미러들 또는 반사기들과 같은 그러한 광학 엘리먼트들을 포함하는 하나 이상의 픽셀들을 포함할 수 있다. SLM(1140)은 예를 들어, 디지털 DMD(digital micromirror device)들을 사용하는 DLP™(Digital Light Processing) 기술을 통합할 수 있다. 이러한 편향 기반 SLM(1140)을 사용하는 시스템(1200B)의 일례가 도 12b에 도시된다. 시스템(1200B)은 편향 기반 SLM(1140)뿐만 아니라 광 덤프(1250)를 포함한다. 광 덤프(1250)는 광을 흡수하도록 구성되는 흡수 재료 또는 구조를 포함할 수 있다. 편향 기반 SLM(1140)은 서로 다른 방향들로 광을 편향시키기 위해 선택적으로 기울어질 수 있는 하나 이상의 마이크로 이동 가능 미러들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 편향 기반 SLM(1140)은 주어진 픽셀이 밝은 상태에 있을 때 그 위에 입사되는 광원(1110)으로부터의 광을 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)로 편향시키도록 구성될 수 있다. 위에서 논의한 바와 같이, 따라서 이 광은 예를 들어, 광의 컬러에 따라 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264) 중 하나에 의해 각각의 도파관들(1120, 1122, 1124) 중 하나에 커플링되고 눈(210)으로 지향될 것이다. 반대로, 주어진 픽셀이 어두운 상태에 있을 때, 광원(1110)으로부터의 광은 광 덤프(1250)로 편향될 수 있고, 광은 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264) 중 하나에 의해 각각의 도파관들(1120, 1122, 1124) 중 하나에 커플링되지 않고 눈(210)으로 지향되지 않는다. 대신, 광 덤프(1250)를 포함하는 재료를 흡수함으로써 광이 흡수될 수 있다. 일부 구현들에서, 분석기(1150)는 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)로부터의 원하지 않는 반사들을 제거하기 위해 사용되는 편광기(예컨대, "클린업" 편광기)일 수 있다. 광학기(1130)가 복굴절을 갖고 편광을 변경할 수 있는 플라스틱 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있으므로 이 편광기가 유용할 수 있다. "클린업" 편광기는, 도파관들(1120, 1122, 1124)로 지향되는 것으로 인해 원치 않는 편광을 갖는 광(예컨대, 반사들)을 감쇠 또는 제거할 수 있다. 다른 타입들의 광 조절 엘리먼트들은 SLM(1140)과 도파관들(1120, 1122, 1124) 사이에, 이를테면 광학기(1130)와 도파관들(1120, 1122, 1124) 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 이러한 광 조절 엘리먼트는 또한 원형 편광기(즉, 선형 편광기 및 리타더, 이를테면 1/4 파장판)를 포함할 수 있다. 원형 편광기는 도파관들(1120, 1122, 1124)에 다시 입사되어 그에 커플링되는, 도파관들(1120, 1122, 1124) 또는 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)로부터의 반사량을 감소시킬 수 있다. 반사된 광은 원형 편광될 수 있고, 입사 광의 편광과는 반대인 원형 편광을 가질 수 있다(예컨대, 우회전 원형 편광기 광은 반사시 좌회전 원형 편광된 광으로, 또는 그 반대로 변환된다). 원형 편광기의 리타더는 원형 편광된 광을 이를테면, 편광기의 직교 편광의 선형 편광된 광으로 변환할 수 있는데, 이는 원형 편광기의 선형 편광기에 의해 감쇠, 예컨대 흡수될 수 있다. 클린업 편광기는 DMD와 같은 편광 독립 변조기와 함께 사용될 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 클린업 편광기는 반사들을 억제하고 그리고/또는 최적의 편광 상태들로 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)로의 광의 커플링을 개선하는데 유용할 수 있다.

[0308] [141] 도 12b는 이러한 시스템(1200B)의 측면도 또는 단면도를 예시하는 한편, 도 12c는 인커플링 광학 엘리먼트(1264), 광 덤프(1250) 및 광원(1110)의 측방향 배열의 평면도를 도시한다. SLM(1140)은 특정 픽셀의 상태에 따라, 광원(1110)으로부터의 광을 광 덤프(1250) 또는 인커플링 광학 엘리먼트(1264)(뿐만 아니라 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262))의 측방향 위치로 반사, 편향 및/또는 지향시키도록 구성될 수 있다.

[0309] [142] 특정 설계들에서, 광 덤프(1250)는 에너지 수확 시스템을 포함할 수 있다. 광 덤프(1250)는 예를 들어, 광 에너지를 전기 에너지로 변환하도록 구성되는 광 에너지 변환 엘리먼트를 포함할 수 있다. 광 에너지 변환 엘리먼트는 예를 들어, 태양 전지를 포함할 수 있다. 광 에너지 변환 엘리먼트는 예를 들어, 광이 입사될 때 전기 출력을 생성하는 광기전력 검출기를 포함할 수 있다. 광 에너지 변환 엘리먼트는 전력을 시스템(1200B)에 제공하고 그리고/또는 가능하게는 하나 이상의 배터리들을 충전하기 위해 전기 출력을 지향시키도록 전기 컴포넌트들, 예를 들어 전도성 전기 라인들에 전기적으로 접속될 수 있다.

[0310] [143] 측방향으로 변위된 비-컬러 선택적 또는 광대역 또는 다색 인커플링 광학 엘리먼트들이 특정 설계들에 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 13a는 도파관들을 포함하는 스택(1305)을 포함하는 시스템(1300)의 사시도이다. 스택(1305)은 도 12a를 참조하여 스택(1205)과 실질적으로 유사할 수 있다. 스택(1305)의 각각의 도파관은 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)을 포함할 수 있지만, 도 12a에 도시된 설계와는 달리, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 서로에 대해 측방향으로 변위된다. 도 13a, 도 13b 및 도 13c에 예시된 바

와 같이, 광원들(1110, 1112, 1114)은 서로에 대해 또한 측방향으로 변위되며, 광학기(1130)를 통해 광을 통과시키고, SLM(1140)으로부터 광을 반사시키고, 반사된 광을 광학기(1130)를 통해 다시 통과시킴으로써 광을 각각의 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)로 지향시키도록 배치될 수 있다. 도 13b의 시스템(1300)은 광원(1114)이 광원(1110) 뒤에 위치되고 이에 따라 도 13b에 예시되지 않게 도시된다. 광원들(1110, 1112, 1114)은 각각 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)에 대응할 수 있다. 일 설계에서, 예를 들어, 광원들(1110, 1112, 1114) 및 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)는 공통(광학) 축을 따라 광학기(1130)의 중심으로부터 대략 등거리로(이를 중심으로 대칭적으로) 배치된다. 공통(광학) 축은 광학기(1130)의 중심과 교차할 수 있다. 일 설계에서, 예를 들어, 광원들(1110, 1112, 1114) 및 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)는 공통(광학) 축을 따라 광학기(1130)의 중심으로부터 등거리로(이를 중심으로 대칭적으로) 배치되지 않는다.

[0311] [144] 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 다수의 컬러들의 광을 이들 각각의 도파관들에 커플링하도록 구성될 수 있다. 이에 따라, 이러한 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 본 명세서에서 광대역, 다색 또는 비-컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)로 지칭될 수 있다. 예를 들어, 일부 경우들에, 이러한 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364) 중 각각의 인커플링 광학 엘리먼트는, 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)가 포함되는 연관된 도파관에 적색, 녹색 및 청색 컬러 광을 인커플링하도록 그리고 그러한 컬러 광이 TIR에 의해 도파관 내에서 안내되도록 구성된다. 예를 들어, 이러한 광대역 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)는 예를 들어, 가시 범위 내의 광범위한 파장들에 걸쳐 동작하거나 예를 들어, 가시 범위에 걸쳐 확산된 파장들 또는 파장 영역들을 선택할 수 있다. 이에 따라, 이러한 광대역 또는 다색 또는 비-컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 다양한 서로 다른 컬러들(예컨대, 적색, 녹색 및 청색)의 광을 도파관으로 전환시켜 그 안에서 TIR에 의해 안내되게 하도록 구성될 수 있다. 본 명세서에서는 적색, 녹색, 청색 컬러들(RGB)이 이를테면, 광원, 인커플링 광학 엘리먼트들, 도파관들 등과 관련하여 언급되지만, 예를 들어, CMY(cyan, magenta, yellow)와 같은 다른 컬러들 또는 컬러 시스템이 추가로 또는 대안으로 사용될 수 있다(그러나 이에 제한되지는 않음).

[0312] [145] 도 13a에 예시된 바와 같이, 광원들(1110, 1112, 1114)은 최상위 도파관 위에 그리고 서로에 대해(예컨대, x 및 z 방향으로) 변위된 것으로 도시된다. 유사하게, 3개의 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)이 3개의 각각의 도파관들 상에 그리고 서로에 대해(예컨대, x 방향, y 방향 및 z 방향으로) 변위된 것으로 도시된다. 도 13b는 도 13a에 예시된 시스템(1300)의 측면도로, 이는 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)이 서로에 대해(예컨대, x 및 z 방향으로) 측방향으로 공간 변위되는 것뿐만 아니라 광원들(1110, 1112, 1114)이 서로에 대해(예컨대, x 및 z 방향으로) 측방향으로 변위되는 것을 도시한다. 도 13b는 또한 광학기(1130) 및 SLM(1140)을 도시한다.

[0313] [146] 도 13c는 도 13a 및 도 13b에 예시된 증강 현실 디스플레이 시스템의 평면도로, 이는 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364) 및 연관된 광원들(1110, 1112, 1114)을 도시한다. 이 설계에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364) 및 연관된 광원들(1110, 1112, 1114)은 공통(광학) 축의 중심점을 중심으로 링형 패턴으로 배치된다. 예시된 바와 같이, 광원들(1110, 1112, 1114) 및 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 공통(광학) 축의 중심점에 대해 대략 등거리로 배치되지만, 반드시 그러할 필요는 없다. 일부 설계들에서, 이 중심점은 광학기(1130)의 중심과 교차하는 공통(광학) 축을 따라 광학기(1130)의 중심 그리고/또는 광학기(1130)의 광학 축을 따르는 위치에 대응할 수 있다. 또한, 결과적으로, 광원들(1110, 1112, 1114)뿐만 아니라 비-컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 서로에 대해(예컨대, x 방향 및 z 방향으로) 측방향으로 변위된다.

[0314] [147] 측방향 배치들의 다른 배열들이 가능하다. 도 14a - 도 14c는 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)뿐만 아니라 광원들(1110, 1112, 1114)이 서로에 대해 측방향으로 변위되는 도파관들을 포함하는 스택(1405)을 포함하는 시스템(1400)의 대안적인 구성을 예시한다. 도 14a는 측면도인 한편, 도 14b는 도 14a에 예시된 시스템(1400)의 평면도로, 이는 측방향으로 변위된 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364) 및 광원들(1110, 1112, 1114)을 도시한다. 도 14c는 도 14a 및 도 14b에 예시된 시스템(1400)의 직교 측면도이다.

[0315] [148] 도 14a 및 도 14c의 측면도들은, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)이 스택(1405) 내의 개별 도파관 상에 배치되어 광이 각각의 측방향으로 변위된 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)에 의해 대응하는 도파관에 커플링될 수 있는 방법을 도시한다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 도 14a 및 도 14c에서 도파관들의 상부 주 표면에 배치된 것으로 도시된다. 그러나 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 대안으로 각각의 도파관들의 하부 주 표면에 또는 도파관들의 벌크로 배치될 수 있다. 매우

다양한 구성들이 가능하다.

- [0316] [149] 도 14b의 평면도에 도시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 x 방향을 따르는 것이 아니라 z 방향을 따라 서로에 대해 측방향으로 변위되어 열로 배치된다. 유사하게, 광원들(1110, 1112, 1114)은 또한 x 방향을 따르는 것이 아니라 z 방향을 따라 서로에 대해 측방향으로 변위되어 열로 배치된다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 x 방향으로 광원들(1110, 1112, 1114)에 대해 측면으로 변위된다.
- [0317] [150] 또 다른 구성들이 가능하다. 도 15는 광원들(1110, 1112, 1114) 및 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)의 대안적인 구성을 도시하는 시스템(1500)의 평면도이다. 도 13c에서와 같이 일반적으로 (예컨대, 링형 패턴의) 일측에 모든 광원들(1110, 1112, 1114)을 그리고 일반적으로 일측(즉, 대향 측)에 모든 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)을 갖는 것과는 달리, 광원들(1110, 1112, 1114)과 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 링형 패턴의 원주를 따라 산재되거나 교번된다.
- [0318] [151] 그러나 일부 구현들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364) 및 연관된 하나 이상의 광원들(1110, 1112, 1114)은 또한 중심점을 중심으로 링형 패턴으로 배치된다. 그 결과, 광원(1110, 1112, 1114) 및 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 대략 중심으로부터 거의 등거리에 배치될 수 있다. 일부 설계들에서, 이 중심은 광학기(1130)의 중심과 교차하는 공통 중심 축을 따라 광학기(1130)의 중심 그리고/또는 광학기의 광학 축을 따르는 위치에 대응할 수 있다. 이에 따라, 제1 광원(1110)으로부터의 광은 (도 15의 평면도에서 확인되는 바와 같이) 광학기(1130)를 통해 광학기(1130)의 중심 또는 중심 축 또는 광학 축을 가로질러 인커플링 광학 엘리먼트(1360)에 커플링될 수 있다. 유사하게, 제2 광원(1112)으로부터의 광은 광학기(1130)를 통해 광학기(1130)의 중심 또는 중심 축 또는 광학 축을 가로질러 인커플링 광학 엘리먼트(1362)에 커플링될 수 있다. 마찬가지로, 제3 광원(1114)으로부터의 광은 광학기(1130)를 통해 광학기(1130)의 중심 또는 중심 축 또는 광학 축을 가로질러 인커플링 광학 엘리먼트(1364)에 커플링될 수 있다. 또한, 결과적으로, 광원들(1110, 1112, 1114)뿐만 아니라 비-컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 서로에 대해 (예컨대, x 방향 및 z 방향으로) 측방향으로 변위된다. 광학기(1130)는 서브-동공들 및 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)의 위치들이 y 방향으로 더 가깝도록 초점이 스택(1405)에 더 많이 있게 설계될 수 있다. 이 구성에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 광학기(1130)의 초점에 더 가깝기 때문에 이들은 더 작을 수 있다. 광원(1110)은 (예컨대, 도 17 및 도 18과 유사하게) 스택(1405)의 사용자 측에 있을 수 있고, 따라서 광원(1110)과 광학기(1130) 사이의 거리 또는 광학 경로를 감소시킨다.
- [0319] [152] 도 12a - 도 15에 도시된 것과 같은 상기 다양한 구현들에서, 다수의 도파관들을 포함하는 스택(예컨대, 스택(1205, 1305, 1405))(예컨대, 도파관들(1120, 1122, 1124)을 포함하는 스택(1205), (표시되지 않은) 도파관들을 포함하는 스택(1305), 및 (표시되지 않은) 도파관들을 포함하는 스택(1405))이 포함되어 서로 다른 컬러들(예컨대, 적색, 녹색 및 청색)을 처리할 수 있다. 서로 다른 도파관들은 서로 다른 컬러들에 대한 것일 수 있다. 유사하게, 다수의 스택이 포함되어 각각의 스택으로부터 아웃커플링된 광에 서로 다른 광학 특성들을 제공할 수 있다. 예를 들어, 도 12a - 도 12b의 스택(1205)의 도파관들(1120, 1122, 1124)은 가능하게는 겹보기 깊이 - 이 깊이로부터 광이 발산하는 것으로 나타남 - 와 연관된 광학 특성(예컨대, 특정 파면 형상을 제공하기 위한 광학 배율)을 갖는 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 서로 다른 양들의 발산, 수렴 또는 시준을 갖는 파면들은 마치 눈(210)으로부터 서로 다른 거리들로부터 투사된 것처럼 나타날 수 있다. 이에 따라, 아웃커플링 광학 엘리먼트들에 의해 아웃커플링된 광이 서로 다른 양들의 수렴, 발산 또는 시준을 갖고 그에 따라 서로 다른 깊이들로부터 발생하는 것으로 나타나도록 구성된 서로 다른 스택들에 다수의 스택들이 포함될 수 있다. 일부 설계들에서, 서로 다른 스택들은 서로 다른 스택들에 서로 다른 양들의 광학 배율을 제공하기 위해 서로 다른 렌즈들, 이블테면 회절 렌즈들 또는 다른 회절 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 결과적으로, 서로 다른 스택들은 서로 다른 양들의 수렴, 발산 또는 시준을 생성할 것이고, 따라서 서로 다른 스택들로부터의 광은 마치 눈(210)으로부터 서로 다른 거리들에서 서로 다른 깊이 평면들 또는 오브젝트들과 연관되는 것처럼 나타날 것이다.
- [0320] [153] 도 16a는 스택들(1605, 1610, 1620)을 포함하는 시스템(1600)의 측면도이다. 도 16a에 예시된 바와 같이, 시스템(1600)은 3개의 스택들(1605, 1610, 1620)을 포함하지만, 반드시 그러할 필요는 없다. 더 적은 또는 더 많은 스택들을 갖는 시스템이 고안될 수 있다. 스택들(1605, 1610, 1620) 각각은 하나 이상(예컨대, 3개)의 도파관들을 포함한다. 도 16a는 또한 인커플링 광학 엘리먼트들의 그룹들(1630, 1640, 1650)을 도시한다. 제1 그룹(1630)은 제1 스택(1605)과 연관되고, 제2 그룹(1640)은 제2 스택(1610)과 연관되고, 제3 그룹(1650)은 제3 스택(1620)과 연관된다. 그룹들(1630, 1640, 1650)은 서로에 대해 측방향으로 변위된다. 그룹들(1630,

1640, 1650) 각각은 도 12a의 인커플링 광학 엘리먼트들(1260, 1262, 1264)과 실질적으로 유사한 서로 다른 각각의 컬러들을 인커플링하도록 구성된 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함한다. 도 16a에 예시된 바와 같이, 그룹들(1630, 1640, 1650) 각각 내의 인커플링 광학 엘리먼트들은 서로에 대해 측방향으로 변위되지 않지만, 반드시 그러할 필요는 없다. 그룹 내의 인커플링 광학 엘리먼트들이 서로에 대해 측방향으로 변위되는 시스템이 고안될 수 있다. 시스템(1600)은 스택들(1605, 1610, 1620) 각각으로부터의 아웃커플링된 광이 서로 다른 양들의 광학 배율을 갖도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 스택 내의 도파관들은 주어진 광학 배율을 갖는 회절 렌즈들 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 가질 수 있다. 서로 다른 스택들(1605, 1610, 1620)에 대한 광학 배율은 하나의 스택으로부터의 광이 다른 스택으로부터의 광과는 다른 깊이에서 발생하고 있는 것으로 나타날 수 있도록 서로 다를 수 있다. 예를 들어, 하나의 스택의 광학 배율은 그 스택으로부터의 광이 시준되게 할 수 있는 반면, 다른 스택의 광학 배율은 그로부터의 광이 발산되게 할 수 있다. 발산 광은 눈(210)으로부터 가까운 거리에 있는 오브젝트로부터 발생한 것으로 나타날 수 있는 한편, 시준된 광은 먼 거리에 있는 오브젝트로부터 발생한 것으로 나타날 수 있다. 이에 따라, 제1 스택(1605), 제2 스택(1610) 및 제3 스택(1620)으로부터의 아웃커플링된 광은 서로 다른 양들의 수렴, 발산 및 시준 중 적어도 하나를 가져 그에 따라 서로 다른 깊이들로부터 발생하는 것으로 나타날 수 있다. 일부 구현들에서, 스택들 중 하나로부터의 아웃커플링된 광은 시준될 수 있는 한편, 다른 스택에 의해 아웃커플링된 광은 발산될 수 있다. 다른 스택들 중 하나로부터의 아웃커플링된 광은 또한 발산될 수도 있지만 다른 양으로 발산될 수 있다.

[0321] [154] 도 16a에 예시된 바와 같이, 광원(1110)은 인커플링 광학 엘리먼트들의 그룹(1630)으로 광을 지향시키도록 광학기(1130) 및 SLM(1140)에 대해 배치될 수 있고, 광원(1112)은 인커플링 광학 엘리먼트들의 그룹(1640)으로 광을 지향시키도록 광학기(1130) 및 SLM(1140)에 대해 배치될 수 있으며, 광원(1114)은 인커플링 광학 엘리먼트들의 그룹(1650)으로 광을 지향시키도록 광학기(1130) 및 SLM(1140)에 대해 배치될 수 있다. 광원들(1110, 1112, 1114)은 서로 다른 시점들에 서로 다른 컬러 광을 방출하도록 구성될 수 있다. 마찬가지로, 서로 다른 각각의 컬러들의 광은 앞서 설명한 바와 같은 방식으로 컬러 선택적 인커플링 광학 엘리먼트들의 결과로서 스택 내의 서로 다른 도파관들에 커플링될 수 있다. 예를 들어, 청색 광이 제2 광원(1112)으로부터 방출된다면, 광학기(1130) 및 SLM(1140)은 청색 광을 인커플링 광학 엘리먼트들의 제2 그룹(1640)으로 지향시킬 것이다. 광은 제2 그룹(1640)의 제1 적색 인커플링 광학 엘리먼트 및 제2 녹색 인커플링 광학 엘리먼트를 통과하고 제2 그룹(1640)의 제3 청색 인커플링 광학 엘리먼트에 의해 제2 스택(1610)의 제3 도파관으로 전환될 수 있다. 제2 스택(1610)의 도파관들은 제2 스택(1610)과 연관된 특정 깊이 평면 또는 오브젝트 거리와 연관된 빔을 눈(210)에 제공하도록 광학 배율(예컨대, 회절 렌즈)을 갖는 아웃커플링 광학 엘리먼트 또는 다른 광학 엘리먼트를 포함할 수 있다.

[0322] [155] 도 16b는 도 16a의 시스템(1600)의 평면도이다. 인커플링 광학 엘리먼트들의 서로 다른 그룹들(1630, 1640, 1650)은 서로에 대해(예컨대, x 방향으로) 측방향으로 변위된 것으로 도시된다. 유사하게, 광원들(1110, 1112, 1114)은 서로에 대해(예컨대, x 방향으로) 측방향으로 변위된 것으로 도시된다.

[0323] [156] 앞서 언급한 시스템의 매우 다양한 다른 변형들이 가능하다. 예를 들어, 도파관(들) 및 광학기(1130)에 대한 광원(1110)의 위치는 서로 다를 수 있다. 예를 들어, 도 17은 도파관(1720) 및 광학기(1130)에 대해 도 11 - 도 16b에 도시된 것과는 다른 위치에 광원(1110)을 갖는 시스템(1700)의 측면도이다. 추가로, 도 17은 도파관(1720)이 제1 부분(1720a) 및 제2 부분(1720b)으로 분할된 설계를 도시한다. 도파관(1720)은 광원(1110)에 근접한 제1 부분(1720a) 내에서 안내되는 광을 제1 부분(1720a) 밖으로 그리고 SLM(1140)을 향해 광학기(1130)로 커플링하도록 구성된 반사기(1730)를 더 포함할 수 있다. 추가로 또는 대안으로, 시스템(1700)은 도파관(1720)의 제1 부분(1720a)에서 그리고 SLM(1140)을 향해 광학기(1130)로 광을 아웃커플링하기 위한 회절성 아웃커플링 광학 엘리먼트를 포함할 수 있다. 이 반사기(1730)는 불투명할 수 있고, 제1 부분(1720a)과 제2 부분(1720b) 사이의 크로스토크를 감소시키는 아이솔레이터를 포함할 수 있다. 도파관(1720)은 제1 면(1721) 및 제1 면(1721)에 대항하는 제2 면(1723)을 갖고, 광학기(1130) 및 SLM(1140)은 SLM(1140)으로부터의 광이 제1 면(1721)으로 지향되도록 제1 면(1721) 상에 배치된다. 이 예에서, 광원(1110)은 광원(1110)으로부터의 광이 광학기(1130)를 통해 SLM(1140)으로 전달되기 전에 제1 면(1721)에 입사되도록 도파관(1720)의 제1 면(1721) 상에 배치된다. 시스템(1700)은 제1 부분(1720a) 상에 또는 내에 배치된 인커플링 광학 엘리먼트(1710)를 더 포함할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1710)는 광원(1110)으로부터 광을 수신하도록 그리고 광을 제1 부분(1720a)에 커플링하도록 구성될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1710)는 입사되는 광을 일정 각도로 제1 부분(1720a)으로 전환되어 TIR에 의해 그 내부에서 안내되게 하도록 구성된 회절 광학 엘리먼트 또는 반사기를 포함할 수 있다.

- [0324] [157] 반사기(1730)는 제1 부분(1720a) 내에서 안내된 광을 제1 부분(1720a) 밖으로 그리고 광학기(1130) 및 SLM(1140)을 향해 지향시키도록 구성될 수 있다. (위에서 논의한 바와 같이, 일부 구현들에서, 회절 광학 엘리먼트는 추가로 또는 대안으로, 제1 부분(1720a)의 광을 제1 부분(1720a) 밖으로 그리고 광학기(1130) 및 SLM(1140)을 향해 지향시키는 데 사용될 수 있다.) 이에 따라, 반사기(1730)는 미러, 반사 격자, 도파관(1720)의 광을 SLM(1140)을 향해 반사하는 하나 이상의 코팅들일 수 있다. 반사기(1730)에 의해 제1 부분(1720a)으로부터 방출된 광은 광학기(1130)를 통과하고, SLM(1140)에 입사되며, 광학기(1130)를 다시 한번 통과하여 제2 부분(1720b)으로 입사된다. 위에서 설명한 바와 같이, SLM(1140)으로부터 반사되어 광학기(1130)를 통해 투과된 광은 인커플링 광학 엘리먼트(1160)로 입사되어 제2 부분(1720b) 내에서 안내되도록 광을 전환시킬 수 있다. 제2 부분(1720b) 내에서 안내된 광은 (도시되지 않은) 아웃커플링 광학 엘리먼트(1180)에 의해 그로부터 아웃커플링되어 눈(210)으로 지향될 수 있다.
- [0325] [158] 위에서 논의한 바와 같이, 반사기(1730)는 제1 부분(1720a)과 제2 부분(1720b) 사이의 크로스토크를 감소시키는 아이솔레이터일 수 있다. 반사기(1730)는 불투명 및/또는 반사 표면을 포함할 수 있다. 반사기(1730)는 도파관(1720) 내에 배치될 수 있고, 일부 경우에는 제1 부분(1720a) 및 제2 부분(1720b)의 측면을 한정할 수 있다.
- [0326] [159] 도파관(1720)의 제1 부분(1720a) 및 제2 부분(1720b)을 갖는 대신에, 별도의 도파관들이 사용될 수 있다. 도 18은 광원(1110)으로부터 광을 수신하고 그 내부에서 안내된 광을 광학기(1130)로 그리고 SLM(1140)을 향해 지향시키기 위한 제1 도파관(1822)을 포함하는 시스템(1800)의 측면도이다. 시스템(1800)은 추가로, 광이 다시 광학기(1130)를 통과한 후 SLM(1140)으로부터 광을 수신하는 제2 도파관(1820)을 포함한다. 제1 도파관(1822)은 각각 인커플링 광학 엘리먼트(1730a) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1730b)를 포함한다. 이러한 인커플링 광학 엘리먼트(1730a) 및 아웃커플링 광학 엘리먼트(1730b)는 도파관(1822) 내로 그리고 밖으로 광을 인커플링 및 아웃커플링하도록 배향된 반사 표면들을 포함할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트(1730a)는 예를 들어, 광원(1110)으로부터 광을 수신하도록 배치되고 TIR에 의해 내부에서 안내되도록 광을 일정 각도로 도파관(1822)으로 지향시키도록 배향된(예컨대, 기울어진) 반사 표면을 포함할 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1730b)는 예를 들어, 도파관(1822)으로부터 방출되도록 도파관(1822) 내에서 안내된 광을 일정 각도로 지향시키도록 배향된(예컨대, 기울어진) 반사 표면을 포함할 수 있다. 아웃커플링 광학 엘리먼트(1730b)는, 도파관(1822)으로부터 나온 광이 광학기(1130)로 지향되고, SLM(1140)으로부터 반사되고, 다시 광학기(1130)를 통과하여 제2 도파관(1820)의 인커플링 광학 엘리먼트(1730c)에 입사되도록 위치될 수 있다.
- [0327] [160] 제2 도파관(1820)의 인커플링 광학 엘리먼트(1730c)는, SLM(1140)으로부터 광을 수신하여 그에 입사된 광을 TIR에 의해 제2 도파관(1820) 내에서 안내되게 전환시키도록 위치되고 배향된(예컨대, 기울어진) 수 있는 반사 표면을 포함할 수 있다. 도 18은 도파관들(1820, 1822)의 동일 측에 배치된 광학기(1130) 및 광원(1110)을 예시한다. 시스템(1800)은 도파관(1822)과 도파관(1820) 사이의 크로스토크를 감소시키기 위한 아이솔레이터를 더 포함할 수 있다. 아이솔레이터는 불투명 및/또는 반사 표면을 포함할 수 있다. 아이솔레이터는 도파관들(1820, 1822) 중 적어도 하나 내에 또는 상에 배치될 수 있다.
- [0328] [161] 위에서 논의한 설계들과 같은 다양한 설계들은 추가 특징들 또는 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 19는 가변 초점 광학 엘리먼트들(또는 적응형 광학 엘리먼트들)(1910, 1920)을 포함하는 시스템(1900)의 측면도를 도시한다. 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 가변 광학 배율을 제공하도록 변경되게 구성되는 광학 엘리먼트들을 포함할 수 있다. 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 제1 상태 및 제2 상태와 같은 다수의 상태들을 포함할 수 있으며, 제1 상태에서 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 제2 상태일 때와는 다른 광학 배율을 갖는다. 예컨대, 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 제1 상태에서는 음의 광학 배율을 그리고 제2 상태에서는 0의 광학 배율을 가질 수 있다. 일부 구현들에서, 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 제1 상태에서는 양의 광학 배율을 그리고 제2 상태에서는 0의 광학 배율을 갖는다. 일부 구현들에서, 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 제1 상태에서는 제1 음의 또는 양의 광학 배율을 그리고 제2 상태에서는 다른 제2 음의 또는 양의 광학 배율을 갖는다. 일부 적응형 광학 엘리먼트들 또는 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 2개보다 많은 상태들을 가질 수 있으며, 가능하게는 광학 배율들의 연속적인 분포를 제공할 수 있다.
- [0329] [162] 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 렌즈(예컨대, 가변 렌즈)를 포함할 수 있고 투과성일 수 있다. 투과성 또는 투명 적응형 광학 엘리먼트들 또는 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 도 7에 도시된다. 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 액체 렌즈들(예컨대, 이동 가능한 멤브레인 및/또는 전기 습윤)을 포함할 수 있다. 가변 초점 렌즈는 또한 예를 들어, 회절 렌즈들을 포함할 수 있는 전환 가능 액정 편광 렌즈들

과 같은 전환 가능 액정 렌즈들과 같은 액정 렌즈들을 포함할 수 있다. Alvarez 렌즈도 또한 사용될 수 있다. 다른 타입들의 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)이 가능하게 이용될 수 있다. 가변 초점 광학 엘리먼트들의 예들은 AUGMENTED REALITY DISPLAY HAVING MULTI-ELEMENT ADAPTIVE LENS FOR CHANGING DEPTH PLANES라는 명칭으로 2017년 6월 12일자로 출원된 미국 출원 제62/518539호에서 확인될 수 있으며, 이 출원은 이로써 그 전체가 인용에 의해 포함된다. 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)에 의해 나타나는 광학 배율의 양을 제어하는 전기 신호들을 수신하는 전기 입력들을 가질 수 있다. 가변 초점 광학 엘리먼트들(1910, 1920)은 양의 및/또는 음의 광학 배율을 가질 수 있다. 가변 초점 엘리먼트들(예컨대, 편광 스위치들, GP(geometric phase) 렌즈들, 유체 렌즈들 등) 외에도, 가변 초점 엘리먼트들(1910, 1920)은 광 필드에서 원하는 깊이 평면들을 생성하도록 고정 렌즈들(예컨대, 회절 렌즈들, 굴절 렌즈들 등)을 포함할 수 있다.

[0330] [163] 스택(1905)과 눈(210) 사이에 제1 가변 초점 광학 엘리먼트(1910)가 배치될 수 있다. 스택(1905)은 위에서 논의한 바와 같이 서로 다른 컬러들에 대한 서로 다른 도파관들을 포함할 수 있다. 제1 가변 광학 엘리먼트(1910)는 서로 다른 양들의 광학 배율인 음의 및/또는 양의 광학 배율을 유도하도록 구성될 수 있다. 가변 광학 배율은 시스템(1900)에 의해 눈(210)으로 투사된 가상 오브젝트들이 위치된 것으로 나타나는 깊이를 변화시키도록 스택(1905)으로부터 아웃커플링된 광의 발산 및/또는 시준을 변화시키는 데 사용될 수 있다. 이에 따라, 4차원(4D) 광 필드가 생성될 수 있다.

[0331] [164] 제1 가변 초점 광학 엘리먼트(1910)로부터 스택(1905)의 반대쪽에 제2 가변 초점 광학 엘리먼트(1920)가 있다. 따라서 제2 가변 초점 광학 엘리먼트(1920)는 눈(210) 및 시스템(1900) 앞의 세계(510)로부터 수신된 광에 대한 제1 광학 엘리먼트(1910)의 영향을 보상할 수 있다. 따라서 세계 뷰가 원하는 대로 효과적으로 변경되지 않거나 변경될 수 있다.

[0332] [165] 시스템(1900)은 정적 또는 가변 처방 또는 교정 렌즈(1930)를 더 포함할 수 있다. 이러한 렌즈(1930)는 눈(210)의 굴절 교정을 제공할 수 있다. 추가로, 처방 렌즈(1930)가 가변 렌즈라면, 이는 다수의 사용자들에게 서로 다른 굴절 교정들을 제공할 수 있다. 가변 초점 렌즈는 위에서 논의되었다. 눈(210)은 예를 들어 근시, 원시 및/또는 난시를 가질 수 있다. 렌즈(1930)는 눈(210)의 굴절 에러를 감소시키기 위한 처방(예컨대, 광학 배율)을 가질 수 있다. 렌즈(1930)는 구형 및/또는 원통형일 수 있고 양 또는 음일 수 있다. 렌즈(1930)는, 세계(510)로부터뿐만 아니라 스택(1905)으로부터의 광이 렌즈(1930)에 의해 제공된 보정을 겪도록 스택(1905)과 눈(210) 사이에 배치될 수 있다. 일부 구현들에서, 렌즈(1930)는 눈(210)과 제1 가변 초점 광학 엘리먼트(1910) 사이에 배치될 수 있다. 렌즈(1930)에 대한 다른 위치들이 가능하다. 일부 실시예들에서, 처방 렌즈들은 가변적일 수 있고 다수의 사용자 처방들이 구현되게 할 수 있다.

[0333] [166] 일부 설계들에서, 시스템(1900)은 조정 가능한 조광기(1940)를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, 이 조정 가능한 조광기(1940)는 도파관들의 스택(1905)의, 눈(210)에 대항하는 측(예컨대, 세계 측)에 배치될 수 있다. 이에 따라, 이 조정 가능한 조광기(1940)는 도파관들의 스택(1905)과 세계(510) 사이에 배치될 수 있다. 조정 가능한 조광기(1940)는 광학 엘리먼트를 포함할 수 있는데, 이 광학 엘리먼트는 이를 통해 투과되는 광의 가변 감쇠를 제공한다. 조정 가능한 조광기(1940)는 감쇠 레벨을 제어하기 위한 전기 입력들을 포함할 수 있다. 일부 경우들에, 조정 가능한 조광기(1940)는 눈(210)이 밝은 광에 노출될 때, 이를테면 사용자가 실외에 갈 때 감쇠를 증가시키도록 구성된다. 이에 따라, 시스템(1900)은 주변 광의 밝기를 감지하기 위한 광 센서 및 광 센서에 의해 감지된 광 레벨들에 기초하여 감쇠를 변경하도록 조정 가능한 조광기(1940)를 구동하기 위한 제어 전자 장치를 포함할 수 있다.

[0334] [167] 다른 타입들의 조정 가능한 조광기들(1940)이 이용될 수 있다. 이러한 조정 가능한 조광기들(1940)은 편광기, 전기 변색 재료, 광변색 재료 등을 갖는 가변 액정 스위치들을 포함할 수 있다. 조정 가능한 조광기(1940)는 세계(510)로부터 진입하고 그리고/또는 스택(1905)을 통해 투과되는 광량을 조절하도록 구성될 수 있다. 조정 가능한 조광기(1940)는 일부 경우들에는, 도파관들의 스택(1905)을 통해 눈(210)으로 전달되는, 주변으로부터의 광량을 감소시키기 위해 사용될 수 있는데, 이러한 광은 감소되지 않으면, 눈부심을 제공하고 스택(1905)으로부터 눈(210)으로 주입된 가상 오브젝트들/이미지들을 인지하는 사용자의 능력을 감소시킬 수 있다. 이러한 조정 가능한 조광기(1940)는 눈(210)에 투사되는 이미지들을 씻어내는 것으로부터 입사되는 밝은 주변 광을 감소시킬 수 있다. 따라서 눈(210)에 제시된 가상 오브젝트/이미지의 콘트라스트가 조정 가능한 조광기(1940)에 의해 증가될 수 있다. 반면에, 주변 광이 낮다면, 조정 가능한 조광기(1940)는 눈(210)이 사용자 앞의 세계(510)의 오브젝트들을 보다 쉽게 볼 수 있게 감쇠를 감소시키도록 조절될 수 있다. 조광 또는 감쇠는 시스템을 가로지르거나 시스템의 하나 이상의 부분에 국소화될 수 있다. 예를 들어, 다수의 국소화된 부분들은

사용자(210) 앞의 세계(510)로부터의 광을 감쇠시키도록 조광 또는 설정될 수 있다. 이러한 국소화된 부분들은 이러한 증가된 조광 또는 감쇠 없이 부분들에 의해 서로 분리될 수 있다. 일부 경우에는, 단지 한 부분만이 조광되거나 집안렌즈의 다른 부분들에 대해 증가된 감쇠를 제공하게 된다. 다른 설계들에는 다른 컴포넌트들이 추가될 수 있다. 또한, 컴포넌트들의 배열이 상이할 수 있다. 유사하게, 하나 이상의 컴포넌트들이 시스템에서 제외될 수 있다.

[0335]

[168] 다른 구성의 일례가 도 20a에 도시된다. 도 20a는 서로 다른 도파관들 상의 측방향으로 변위된 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)뿐만 아니라, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)과 정렬된 측방향으로 변위된 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)을 포함하는 컬러 필터 어레이(2030)를 포함하는 시스템(2000)의 측면도를 도시한다. 컬러 필터 어레이(2030)는 눈(210) 및 광학기(1130)에 근접한 스택(2005) 측에 배치될 수 있다. 컬러 필터 어레이(2030)는 스택(2005)과 광학기(1130) 사이에 있을 수 있다. 컬러 필터 어레이(2030)는 스택(2005)과 광학기(1130) 사이에 위치되는 커버 유리(2050) 내에 또는 상에 배치될 수 있다. 컬러 필터 어레이(2030)는 서로에 대해 측방향으로 배치된 적색 컬러 필터, 녹색 컬러 필터 및 청색 컬러 필터와 같은 하나 이상의 서로 다른 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)을 포함할 수 있다. 시스템(2000)은 서로에 대해 측방향으로 변위된 광원들(1110, 1112, 1114)을 포함한다. 이러한 광원들(1110, 1112, 1114)은 적색, 녹색 및 청색 광원들과 같은 서로 다른 컬러 광원들을 포함할 수 있다. 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 투과성 또는 투명 필터일 수 있다. 일부 구현들에서, 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 흡수 필터들을 포함하지만, 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 또한 반사 필터를 포함할 수 있다. 컬러 필터 어레이(2030)의 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 미광의 전파를 감소시킬 불투명 마스크와 같은 마스크에 의해 분리되고 그리고/또는 둘러싸일 수 있다. 컬러 필터 어레이(2030)의 필터들은 서로 다른 컬러들에 대한 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)을 통해 서로 다른 컬러들에 사용된 도파관들에 다시 들어가는 것으로 인한, 시스템 내에서의 이를테면, 도파관들 및/또는 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)로부터의 원치 않는 반사들을 감소시키거나 제거하는 데 사용될 수 있다. 컬러 필터 어레이들의 예들은, PROJECTOR ARCHITECTURE INCORPORATING ARTIFACT MITIGATION이라는 명칭으로 2017년 8월 22일자로 출원되어, 이로써 그 전체가 인용에 의해 포함된 미국 출원 제 15/683412호; 및 PROJECTOR ARCHITECTURE INCORPORATING ARTIFACT MITIGATION이라는 명칭으로 2017년 11월 30일자로 출원되어, 이로써 그 전체가 인용에 의해 포함된 미국 출원 제62/592607호에서 확인될 수 있다. 마스크는 검정 마스크일 수 있고, 미광의 전파 및 반사를 감소시키기 위한 흡수 재료를 포함할 수 있다. 광원들(1110, 1112, 1114)은 컬러 필터 어레이(2030)의 대응하는 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)에 광을 커플링하도록 광학기(1130) 및 SLM(1140)에 대해 배치될 수 있다. 예를 들어, 컬러 필터 어레이(2030)는 제1, 제2 및 제3 광원들(1110, 1112, 1114) 각각으로부터 광을 수신하도록 배치되는 제1, 제2 및 제3(예컨대, 적색, 녹색 및 청색) 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)을 포함할 수 있다. 제1, 제2 및 제3(예컨대, 적색, 녹색 및 청색) 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 각각의 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)과 (예컨대, x 및 z 방향으로) 정렬될 수 있다. 이에 따라, 제1 광원(1110)으로부터의 광은 제1 컬러 필터(2040)를 통해 그리고 제1 인커플링 광학 엘리먼트(1360)로 지향될 것이고, 제2 광원(1112)으로부터의 광은 제2 컬러 필터(2042)를 통해 그리고 제2 인커플링 광학 엘리먼트(1362)로 지향될 것이며, 제3 광원(1114)으로부터의 광은 제3 컬러 필터(2044)를 통해 제3 인커플링 광학 엘리먼트(1364)로 지향될 것이다. 일부 구현들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 컬러 특정적일 수 있다. 예를 들어, 제1 인커플링 광학 엘리먼트(1360) 및 제2 인커플링 광학 엘리먼트(1362)는 각각의 제1 컬러 및 제2 컬러의 광을 각각 제1 도파관 및 제2 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 유사하게, 제1 인커플링 광학 엘리먼트(1360), 제2 인커플링 광학 엘리먼트(1362) 및 제3 인커플링 광학 엘리먼트(1364)는 각각의 제1 컬러, 제2 컬러 및 제3 컬러의 광을 각각 제1 도파관, 제2 도파관 및 제3 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 제1 인커플링 광학 엘리먼트(1360)는 제2 컬러(또는 제3 컬러)보다 제1 컬러의 광을 더 많이 제1 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 제2 인커플링 광학 엘리먼트(1362)는 제1 컬러(또는 제3 컬러)보다 제2 컬러의 광을 더 많이 제2 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 제3 인커플링 광학 엘리먼트(1364)는 제1 컬러 또는 제2 컬러보다 제3 컬러의 광을 더 많이 제3 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 다른 구성들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)은 광대역일 수 있다. 예를 들어, 제1 인커플링 광학 엘리먼트(1360)는 제1 컬러, 제2 컬러 및 제3 컬러의 광을 제1 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 제2 인커플링 광학 엘리먼트(1362)는 제1 컬러, 제2 컬러 및 제3 컬러의 광을 제2 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 제3 인커플링 광학 엘리먼트(1364)는 제1 컬러, 제2 컬러 및 제3 컬러의 광을 제3 도파관에 커플링하도록 구성될 수 있다. 그러나 복수의 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 컬러 특정적이어서, 특정 컬러의 광을 선택적으로 투과시킬 수 있다. 예를 들어, 제1 컬러 필터(2040)는 제2 컬러(및 제3 컬러)보다 제1 컬러를 더 많이 투과시킬 수 있다. 제2 컬러 필터(2042)는 제1 컬러(및 제3 컬러)보다 제2 컬러를 더 많이 투

과시킬 수 있다. 제3 컬러 필터(2044)는 제1 컬러 및 제2 컬러보다 제3 컬러를 더 많이 투과시킬 수 있다. 마찬가지로, 제1 컬러 필터(2040), 제2 컬러 필터(2042) 및 제3 컬러 필터(2044)는 각각 제1 컬러, 제2 컬러 및 제3 컬러를 선택적으로 투과시키는 컬러 필터들일 수 있다. 이에 따라, 제1 컬러 필터(2040), 제2 컬러 필터(2042) 및 제3 컬러 필터(2044)는 각각 제1 컬러, 제2 컬러 및 제3 컬러를 선택적으로 통과시키는 대역 통과 필터들일 수 있다. 일부 구현들에서, 제1 광원(1110), 제2 광원(1112) 및 제3 광원(1114)은 각각 제1 컬러, 제2 컬러 및 제3 컬러를 선택적으로 방출할 수 있다. 예를 들어, 제1 광원(1110)은 제2 컬러(및 제3 컬러)보다 제1 컬러를 더 많이 방출할 수 있다. 제2 광원(1112)은 제1 컬러(및 제3 컬러)보다 제2 컬러를 더 많이 방출할 수 있다. 제3 광원(1114)은 제1 컬러 및 제2 컬러보다 제3 컬러를 더 많이 방출할 수 있다. 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 특정 인커플링 광학 엘리먼트에 우연히 지향되는 미광의 양을 감소시킬 수 있다. 다른 구현들에서, 광원들(1110, 1112, 1114) 중 하나 이상은 광대역 광원들이다. 예를 들어, 제1 광원(1110)은 제1 컬러 및 제2 컬러(그리고 가능하게는 제3) 컬러를 방출할 수 있다. 제2 광원(1112)은 또한, 제1 컬러 및 제2 컬러(그리고 가능하게는 제3) 컬러를 방출할 수도 있다. 제3 광원(1114)은 또한, 제1 컬러 및 제2 컬러(그리고 가능하게는 제3) 컬러를 방출할 수도 있다. 도 20a - 도 20g에는 3개의 필터들이 도시되지만, 더 많은 또는 더 적은 필터들이 포함될 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서는, (3개가 아닌) 2개의 필터들이 사용될 수 있다. 이에 따라, 2개의 컬러 필터들에 대응하는 2개의 컬러들이 필터들에 의해 선택적으로 투과될 수 있다. 이러한 일부 구현들에서는, 2개의 대응하는 인커플링 광학 엘리먼트들이 사용되어 2개의 필터들과 정렬될 수 있다. 일부 구현들에서, 2개의 인커플링 광학 엘리먼트들은 각각 2개의 컬러들을 2개의 각각의 도파관에 선택적으로 커플링한다. 일부 구현들에서, 3개 대신 2개의 광원들이 사용될 수 있다. 다른 변형들 및 다른 수들의 컴포넌트들이 사용될 수 있다. 또한, 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 단일 어레이로 함께 통합될 수 있거나 통합되지 않을 수 있다.

[0336]

[169] 위에서 논의한 바와 같이, 컴포넌트들 및 이들의 위치 및 배열은 다양할 수 있다. 예를 들어, 도 20a는 광학기(1130)와 스택(1905) 사이에 배치된 분석기(1150)를 도시하지만, 분석기(1150)는 다른 포지션에 위치될 수 있다. 도 20b는 광학기(1130)와 SLM(1140) 사이에 위치한 분석기(1150)를 도시한다. 일부 설계들에서, 분석기(예컨대, 편광기)(1150)는 SLM(1140)에 직접 부착될 수 있다. 예컨대, 분석기(1150)는 SLM(1140)에 접촉 또는 기계적으로 커플링될 수 있다. 예를 들어, 분석기(1150)는 접촉제를 사용하여 SLM(1140)에(예컨대, SLM 윈도우에) 접촉되어, 접합될 수 있다. 이에 따라, 도 20b는 분석기(1150)와 SLM(1140) 사이의 갭을 도시하지만, 일부 설계들에서는 분석기(1150)와 SLM(1140) 사이에 갭이 존재하지 않는다. 분석기(1150)는 기계적으로(예컨대, 기계적 고정물을 사용하여) SLM(1140)에 부착될 수 있고, 이러한 경우들에는 분석기(1150)와 SLM(1140) 사이에 갭을 포함할 수 있거나 포함하지 않을 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 SLM(1140) 상에 직접 편광기를 포지셔닝함으로써 광학기(1130)로부터의 복굴절이 클린업될 수 있다. 일부 구현들에서, 광학기(1130)로부터 나가는 광의 편광을 클린업하도록(예컨대, 도 20b에서 파선들로 예시된 바와 같이) 광학기(1130)와 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364) 사이에 배치된 분석기(1150)가 또한 포함될 수 있다. 추가로, 1/4 파장판과 같은(도시되지 않은) 리타더가 SLM(1140)에 근접하게, 예를 들어 광학기(1130)와 SLM(1140) 사이에 포함될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 1/4 파장판은, 1/4 파장 리타더가 1/4 파의 지연을 제공하기 위한 플레이트, 막 또는 다른 구조를 포함하는지에 무관하게 1/4 파장 리타더를 지칭할 수 있다. 도 20b에서, 예를 들어, 리타더(예컨대, 1/4 파장판)는 분석기(1150)와 SLM(1140) 사이에 배치될 수 있다. 리타더(예컨대, 1/4 파장판)는 스큐 광선 관리를 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 리타더(예컨대, 1/4 파장판)는 예를 들어, SLM(1140) 상의 입사각 및 파장의 차이들에 의해 야기된 변화들을 보상할 수 있다. 위에서 논의한 바와 같이, 보상기가 포함될 수 있으며, 서로 다른 입사각들 및 서로 다른 파장들에 대해 SLM(1140)의 보다 일관된(예컨대, 90° 의) 편광 회전을 제공할 수 있다. 보상기는 보다 일관된 직교 회전을 제공함으로써 디스플레이의 콘트라스트를 증가시키는 데 사용될 수 있다. 보상기는 앞서 설명한 바와 같이 SLM(1140)에 부착되거나 붙여질 수 있다. 예를 들어, 접촉제, 시멘트 또는 다른 접촉제가 사용될 수 있다. 보상기는 또한 기계적 고정물을 사용하여 SLM(1140)에 부착될 수 있다. 보상기 또는 SLM(1140) 사이에 갭이 포함될 수 있거나 갭이 포함되지 않을 수 있다. 다른 광 조절 광학기가 또한 추가로 또는 대안으로 포함될 수 있으며, 분석기(1150) 및/또는 보상기에 대해 앞서 설명한 바와 같이 SLM(1140)에 부착될 수 있다.

[0337]

[170] 일부 실시예들에서, 큰 각도 확산들(예컨대, ~70도)이 사용될 수 있다. 각도 확산은 예를 들어, 광원들(1110, 1112, 1114)로부터 광학기(1130)로 들어가는 광의 각도 및/또는 광학기(1130)에서 인커플링 광학 엘리먼트들(1360, 1362, 1364)로 빠져나가는 광의 각도를 지칭할 수 있다. 이러한 실시예들에서는, 더 얇은 SLM(1140)이 사용될 수 있다. 예를 들어, SLM(1140)이 LC(liquid crystal) SLM(예컨대, LCOS(liquid crystal on silicon) SLM)이라면, LC 층은 큰 각도 확산을 수용하도록 더 얇게 만들어질 수 있다.

- [0338] [171] 편광기와 분석기(1150)를 통한 이중 통과 지연은 반파(half wave)일 필요가 있을 수 있다. 편광기는 광학기(1130)와 분석기(1150) 사이에 있을 수 있다. 이중 통과 지연은 LCOS SLM(1140)의 굴절률 대 LCOS SLM(1140)의 두께의 비의 함수일 수 있다. LCOS SLM(1140)의 주어진 굴절률 및 LCOS SLM(1140)의 주어진 두께에 대해, 큰 각도들로 LCOS SLM(1140)에서의 진입 및 진출은 작은 각도들로 LCOS SLM(1140)에서의 진입 및 진출보다 광의 경로 길이를 더 길게 만든다. 경로 길이는 LCOS SLM(1140)의 두께와 관련된다. 일례로, LCOS SLM은 제1 굴절률 및 제1 두께를 가질 수 있다. 작은 각도들의 경우, 제1 굴절률 및 제1 두께를 갖는 LCOS SLM의 이중 통과 지연은 반파일 수 있다. 큰 각도들의 경우, 제1 굴절률 및 제1 두께를 갖는 LCOS SLM의 이중 통과 지연은 반파가 아닐 수 있다(예컨대, 반파보다 더 클 수 있다). LCOS SLM의 두께는 제1 두께에서 제2 두께로 변경될 수 있으며, 여기서 제2 두께는 제1 두께 미만이다. 작은 각도들의 경우, 제1 굴절률 및 제2 두께를 갖는 LCOS SLM의 이중 통과 지연은 반파가 아닐 수 있다(예컨대, 반파 미만일 수 있다). 큰 각도들의 경우, 제1 굴절률 및 제2 두께를 갖는 LCOS SLM의 이중 통과 지연은 반파일 수 있다.
- [0339] [172] 또한, 도 20a 및 도 20b는 편광 기반 SLM(1140)의 사용을 예시하지만, 다른 타입들의 SLM들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 도 20c는 이동 가능한 마이크로 미러 기반 SLM과 같은 편향 기반 SLM(1140)의 사용을 예시한다. 위에서 논의한 바와 같이, 이러한 SLM(1140)은 DLP™(Digital Light Processing) 및 DMD(digital micromirror device) 기술을 포함할 수 있다. 위에서 논의한 바와 같이, 편향 기반 SLM(1140)은 SLM(1140)의 픽셀 상태에 따라, 광원(1110, 1112, 1114) 중 하나로부터의 광을 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)에 커플링할 수 있다. 일 상태에서, 광원(1110, 1112, 1114)으로부터의 광은 도 20d에 예시된 바와 같이 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)로 지향될 것이다. 다른 상태에서, 광원(1110, 1112, 1114)으로부터의 광은 도 20e에 예시된 바와 같이 인커플링 광학 엘리먼트(1360, 1362, 1364)로부터 멀어지게 지향될 것이다. 일부 구현들에서, 오프 상태에 있는 동안, 컬러 필터 어레이(2030)의 컬러 필터들(2040, 2042, 2044) 사이의 검정 흡수 마스크가 광 덤프로서 기능할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 컬러 필터들(2040, 2042, 2044)은 흡수 마스크(예컨대, 검정 마스크)와 같은 마스크에 의해 둘러싸이고 그리고/또는 분리될 수 있다. 이 마스크는 입사되는 광이 그로부터 반사되는 것보다 더 많이 흡수되게 하는 흡수 재료를 포함할 수 있다. 이 마스크는 또한 불투명할 수 있다.
- [0340] [173] 다른 변형들이 가능하다. 광원들은 비-이미징 광 커플링 엘리먼트(예컨대, CPC(compound parabolic collector)들 또는 콘들)와 같은 커플링 광학기(1105)에 커플링된 방출기들(1110, 1112, 1114)(예컨대, LED들, 레이저 다이오드들)로 도시되지만, 다른 구성들이 가능하다. 예를 들어, 커플링 광학기(1105)(예컨대, CPC)는 도파관들의 스택에 대해 기울어질 수 있다. 일부 경우들에, 투사기(즉, 광학기(1130) 및 SLM(1140))는 접안렌즈(예컨대, 도파관들의 스택)에 대해 기울어질 수 있다. 일부 구현들에서, 렌즈 광학기(1130)는 키스톤 왜곡과 같은 왜곡을 감소시키기 위해 SLM(1140)에 대해 기울어진다. 이러한 왜곡을 줄이기 위해 Scheimplug 구성이 이용될 수 있다. 필요에 따라, 예를 들어 머리 및/또는 얼굴에 대해 더욱 등각으로 맞도록 컴포넌트들(예컨대, 광학기(1130) 및/또는 공간 광 변조기(1140))이 기울어질 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 광 방출기(들) 및/또는 커플링 광학기(1105)가 기울어질 수 있다. 일부 구성들에서, 도파관들을 포함하는 어셈블리는 눈(210) 쪽에 더 가까운 측(예컨대, 관자놀이(temporal) 측)이 눈(210)에 더 가깝게 기울어져 양안 시스템의 지각된 시야를 (양안 중첩의 비용으로) 전체적으로 증가시킬 수 있다.
- [0341] [174] 위에서 논의한 바와 같이, 컴포넌트들 및 이들의 위치 및 배열은 다양할 수 있다. 예를 들어, 도 20f는 스택(2005)과 광학기(1130) 사이에 배치된 커버 유리(2050)를 포함하는 시스템(2000F)의 측면도이다. 일부 설계들에서, 광원들(1110, 1112, 1114)은 커버 유리(2050)의 세계 측에 배치될 수 있으며, 커버 유리(2050)를 통해 광학기(1130) 및 SLM(1140)으로 광을 전파하도록 구성될 수 있다. 예시된 바와 같이, 커버 유리(2050)는 광원들(1110, 1112, 1114)에 의해 방출된 광이 스택(2005)의 도파관들을 통과하지 않고 광학기(1130)에 들어가도록 스택(2005)을 넘어 (예컨대, x 축에 평행한) 측방향으로 연장될 수 있다. 시스템(2000F)은 편향 기반 SLM(1140)을 도시하지만, 광원의 유사한 구성들이 또한 비-편향 기반 SLM과 함께 또는 본 명세서에 개시된 임의의 다른 구성 또는 특징들에 또는 그와 함께 사용될 수 있다.
- [0342] [175] 도 20g는 스택(2005)의 세계 측에(즉, 광학기(1130)에 근접한 스택(2005) 측 반대편에) 배치된 커버 유리(2060)를 포함하는 시스템(2000G)의 측면도이다. 일부 설계들에서, 광원들(1110, 1112, 1114)은 커버 유리(2060)의 세계 측에 배치될 수 있으며, 커버 유리(2060)를 통해 광학기(1130) 및 SLM(1140)으로 광을 전파하도록 구성될 수 있다. 예시된 바와 같이, 커버 유리(2060)는 광원들(1110, 1112, 1114)에 의해 방출된 광이 스택(2005)의 도파관들을 통과하지 않고 광학기(1130)에 들어가도록 스택(2005)을 넘어 (예컨대, x 축에 평행한) 측방향으로 연장될 수 있다. 시스템(2000G)은 편향 기반 SLM(1140)을 도시하지만, 광원의 유사한 구성들이 또한

비-편향 기반 SLM과 함께 또는 본 명세서에 개시된 임의의 다른 구성 또는 특징들에 또는 그와 함께 사용될 수 있다.

[0343] [176] 추가로, 위에서 논의한 바와 같이, 광 재순환을 가능하게 하는 구성이 이용될 수 있다. 예를 들어, 도 21은 광원(1110)으로부터의 광의 광 재순환을 제공하는 구성이 갖춰진 시스템(2100)의 부분 측면도이다. 광원(1110)은 원치 않는 편광을 갖는 광을 재순환시키도록 구성된 편광기(1115)에 대해 배치될 수 있다. 편광기(1115)는 예를 들어, 제1 편광의 광을 투과시키고 반대인 제2 편광의 광을 재귀 반사하는 와이어 그리드 편광기를 포함할 수 있다. 이에 따라 광원(1110)으로부터 광(2110)이 방출되어 편광기(1115)에 충돌할 수 있다. 편광기(1115)는 (도시되지 않은) 투사기가 사용하도록 구성된 제1 편광의 광을 투과시킬 수 있다. 예를 들어, SLM은 이러한 제1 편광의 광으로 적절히 작동할 수 있다. 제2 편광(2120)의 광이 광원(1110)을 향해 다시 반사되며, 재순환될 수 있다. 광(2120)의 편광은 다양한 각도들로 CPC(compound parabolic collector)와 같은 비-이미징 광학과와 같은 (도시되지 않은) 커플링 광학기의 부분들(예컨대, 측벽들)로부터 반사된 후에 편광 회전을 위해 변경될 수 있다. 편광기(1115)에 의해 통과될 수 있는, 적절한 편광(예컨대, 편광 배향)을 갖는 일부 광이 발생할 수 있다. 다수의 반사들이 광의 편광을 변화시킬 수 있고 원하는 편광으로 광이 출사되게 할 수 있다. 이 재순환된 광(2130)은 이후 편광기(1115)를 향해 다시 방출된다. 이러한 구성은 원하는 편광이 더 많이 생성될 때 효율, 예컨대 에너지 효율을 향상시킬 수 있다. 또한, 추가로 또는 대안으로, 반사된 편광 상태를 변경하고 광을 재생하기 위해 리타더가 사용될 수 있다.

[0344] [177] 도 22는 광원들(1110, 1112, 1114) 및 대응하는 집광 광학기(2210, 2212, 2214)를 포함하는 다른 구성을 도시한다. 집광 광학기(2210, 2212, 2214)는 광원들(1110, 1112, 1114)로부터 광을 모으기 위한 렌즈들 또는 다른 광학기를 포함할 수 있다. 광원들(1110, 1112, 1114)은 광범위한 각도들에 걸쳐 광을 방출하는 레이저 다이오드들 또는 다른 방출기들일 수 있다. 집광 광학기(2210, 2212, 2214)는 그 광을 많이 모으는 데 사용될 수 있다. 광원들(1110, 1112, 1114)은 비대칭으로 광을 방출할 수 있다. 예를 들어, 광은 직교 방향들(예컨대, z 또는 x 방향)에서보다 한 방향(예컨대, x 또는 z 방향)에서 더 넓은 범위의 각도들로 방출될 수 있다. 이에 따라, 집광 광학기(2210, 2212, 2214)는 비대칭일 수 있다. 예를 들어, 집광 광학기(2210, 2212, 2214)는 서로 다른 가능한 직교 방향들에서 서로 다른 광학 배율을 가질 수 있다. 집광 광학기(2210, 2212, 2214)는 예를 들어, 애너모픽(anamorphic) 렌즈들과 같은 렌즈들을 포함할 수 있다. 집광 광학기(2210, 2212, 2214)는 또한 가능하게는 비-이미징 광학기를 포함할 수 있다. 조리개들(2220, 2222, 2224)이 포함될 수 있다. 예를 들어, 광원들(1110, 1112, 1114)이 레이저 다이오드와 같은 레이저일 때 조리개들(2220, 2222, 2224)에 근접하게 확산기(2230)가 또한 포함될 수 있다. 확산기가 조리개들(2220, 2222, 2224)에 근접하여, 조리개들은 측방향으로 변위된 광원들의 위치인 것으로 나타날 수 있다. 조리개들(2220, 2222, 2224)은 위에서 논의한 바와 같이 광학기 및 SLM을 통해 도파관 또는 도파관들 상의 인커플링 광학 엘리먼트들과 매칭될 수 있다. 예를 들어, 각각의 조리개(2220, 2222, 2224)는 각각의 인커플링 광학 엘리먼트와 매칭될 수 있다. 유사하게, 도 16a에 도시된 것과 같은 특정 구현들에서, 각각의 조리개(2220, 2222, 2224)는 (예컨대, 컬러 선택적) 인커플링 광학 엘리먼트들의 각각의 그룹과 매칭될 수 있다.

[0345] [178] 광범위한 시스템 변형들 및 구성들이 가능하다. 예를 들어, 선형 편광된 광이 광학기(1130)를 통해 SLM(1140)으로 전파되고 광학기를 통해 도파관들의 스택으로 다시 전파되는 것으로 설명되지만, 일부 설계들에서는 원형 편광된 광이 대신 사용될 수 있다. 예를 들어, 원형 편광된 광이 광학기(1130)로 지향될 수 있다. 1/4 파장판과 같은 리타더는 이 광이 SLM에 입사되기 전에 리타더를 통과하도록 배치될 수 있다. 리타더(예컨대, 1/4 파장판)는 광학기(1130)와 SLM(1140) 사이에 배치될 수 있다. 앞서 설명한 것과 같은 일부 경우들에는, 리타더(예컨대, 1/4 파장판)가 이물테면, 예를 들어 접촉제 또는 기계적 고정물을 사용하여 SLM(1140)에 부착될 수 있다. 리타더(예컨대, 1/4 파장판)는 SLM(1140)으로부터의 반사 후, 선형 편광된 광을 원형 편광된 광으로 변환할 수 있다. 이에 따라, 일부 구현들에서, 원형 편광된 광은 스택을 향해 다시 광학기(1130)를 통과할 수 있다. 예를 들어, 분석기(1150)에 근접한 다른 리타더(예컨대, 1/4 파장판)는 원형 편광된 광을 선형 편광된 광으로 변환할 수 있는데, 선형 편광된 광은 선형 편광(예컨대, 배향)에 따라 분석기를 통과할 수 있거나 통과하지 않을 수 있다. SLM(1140)의 픽셀들은 편광을 회전시키거나 회전시키지 않도록 변할 수 있는 상태들을 가질 수 있다. 또 다른 구성들이 가능하다.

[0346] [179] 도 23a는 광원(2305), 편광 회전기(2307), 광학 배율을 갖는 광학기(예컨대, 렌즈들)(2320), 선형 편광기들(예컨대, 수평 또는 수직 편광기들)과 같은 편광기들(2312, 2335), 1/4 파장 리타더들(예컨대, 1/4 파장판들)과 같은 리타더들(2315, 2330, 2340), 및 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 적어도 하나의 도파관(2348)을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템(2300)의 측면도이다. 이러한 구성은 광원(2305)으로부터 방출

된 광이 (도시되지 않은) 반사성 공간 광 변조기로부터 반사되고 적어도 하나의 도파관(2348)에 커플링되어 사용자의 눈으로 지향되도록 공간 광 변조기를 조명하는 데 사용될 수 있다. 이러한 엘리먼트들, 특히 편광기들 및 리타더들의 구성 및 배치는 광학기(2320)로부터의 표면들과 같은 시스템 내의 광학 표면들로부터의 반사들을 감소시키거나 제거할 수 있는데, 이러한 반사들은 그렇지 않으면 고스트 이미지들이 사용자에게 보이게 할 수 있다. 예를 들어, 편광 선택적인 그리고/또는 지연을 갖는 광학 엘리먼트들(예컨대, 편광기들(2312, 2335) 및 리타더들(2315, 2330, 2340))은 선형 편광된 광을, 광학 표면들로부터의 반사 시 좌회전에서 우회전으로 또는 우회전에서 좌회전으로 변화시키는 원형 편광된 광으로 변환하도록 배열 및 구성될 수 있다. 유사하게, 편광 선택적인 그리고/또는 지연을 갖는 이러한 광학 엘리먼트들(예컨대, 편광기들(2312, 2335) 및 리타더들(2315, 2330, 2340))은 원형 편광된 광을, 편광기들(예컨대, 선형 편광기들)에 의해 감쇠 또는 필터링될 수 있는 선형 편광된 광으로 변환하도록 배열 및 구성될 수 있다. 선형 편광된 광을 원형 편광된 광으로 그리고 그 반대로도 변환하는 원형 편광기들은, 편광 선택적이고 지연을 갖는 그러한 광학 엘리먼트들(예컨대, 편광기들(2312, 2335) 및 리타더들(2315, 2330, 2340))로 제작될 수 있다. 예를 들어, 원형 편광기는 선형 편광기 및 1/4 파장 리타더를 포함할 수 있다. 원형 편광기들은, 선형 편광된 광을 제1 상태(예컨대, 좌우상)를 갖는 원형 편광된 광으로 변환하고 다른 제1 상태인 제2 상태(예컨대, 좌우상)를 갖는 원형 편광된 광을 필터링하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 원형 편광기들은 특정 배향을 갖는 선형 편광된 광을 좌회전 원형 편광된 광으로 변환하고 우회전 원형 편광되는 원형 편광된 광을 필터링하는 데 사용될 수 있다. 원형 편광기들은 또한 특정 배향을 갖는 선형 편광된 광을 우회전 원형 편광된 광으로 변환하고 좌회전 원형 편광되는 원형 편광된 광을 필터링하는 데 사용될 수 있다. 선형 편광된 광을 원형 편광기 광으로 그리고 다시 본래 상태로 변환하는 데 사용될 수 있고 선형 편광된 광을 선택적으로 필터링할 수 있는 지연을 포함하는 원형 편광기들 또는 광학 엘리먼트들의 다른 구성들이 도 23a 및 도 23b와 관련하여 아래에서 논의되는 바와 같이 광학 표면들로부터의 후방 반사를 감소시키는 데 사용될 수 있다.

[0347] [180] 좌회전 및 우회전 원형 편광은 도 23a 및 도 23b에서 각각 시계 방향 및 반시계 방향 화살표들로 예시된다는 점이 주목된다. 또한, 수평 및 수직 선형 편광은 각각 수평 화살표들 및 원형 도트들을 사용하여 도시된다.

[0348] [181] 위에서 논의한 바와 같이, 도 23a는 선형 편광기들(예컨대, 수평 편광기들)과 같은 편광기들(2312, 2335) 및 1/4 파장 리타더들(예컨대, 1/4 파장판들)과 같은 리타더들(2315, 2330, 2340)이 (도시되지 않은) 공간 광 변조기를 조명하고 그로부터 반사되는 광의 경로에서 광학기(2320)의 표면들과 같은 광학 표면들로부터의 후방 반사를 감소시키도록 배열되는 증강 현실 디스플레이 시스템(2300)의 구성을 예시한다. 제1 편광기(2312) 및 제1 리타더(2315)가 광원(2305)과 광학기(2320) 사이에 배치된다. 제1 편광기(2312)는 광원(2305)과 제1 리타더(2315) 사이에 배치된다. 마찬가지로, 제1 리타더(2315)는 제1 편광기(2312)와 광학기(2320) 사이에 배치된다.

[0349] [182] 예시된 바와 같이, 광원(2305)은 광선(2310)으로 표현된 광을 방출한다. 어떤 구현에서, 광선(2310)은 편광 회전기(2307)를 통과할 수 있다. 회전기(2307)는 선택적이며, 광원(2305)으로부터의 광, 예컨대 광선(2310)의 편광을 회전시키는 데 사용될 수 있다. 다양한 구현들에서, 회전기(2307)는 편광의(예컨대, 선형 편광의) 각도를 회전시킬 수 있다. 예를 들어, 회전기(2307)는 광선(2310)의 선형 편광을 제1 편광기(2312)와 정렬된 배향으로 회전하여 광선(2310)이 제1 편광기(2312)를 투과하게 할 수 있다. 일부 구현들에서, 편광 회전기(2307)는 리타더, 예를 들어 일부 경우에는 반파장 리타더를 포함할 수 있다. 반파장 리타더의 광학 축은 광원(2305)으로부터의 광의 편광을 수직에서 수평으로 또는 그 반대로 회전시키도록 배향될 수 있다. 대안으로, 편광 회전기(2307)는 광원(2305)으로부터 방출된 선형 편광된 광의 편광 각도를 서로 다른 양들로 회전시키도록 구성될 수 있다. 편광 회전기(2307)는 시스템에 포함될 필요가 없다. 예를 들어, 광원(2305)이 제1 편광기(2312)와 동일한 편광을 갖는 광을 방출하는 구현들에서, 편광 회전기(2307)는 제외될 수 있다. 예시된 바와 같이, 광, 예를 들어 광선(2310)은 여기서 수평 편광기로서 도시된 편광기(2312)를 통과한다. 광원(2305)으로부터의 광이 편광되지 않는 경우, 광선(2310)으로서 도시된, 수평 편광기(2312)를 통해 투과된 광은 편광기(2312)를 통과한 후에 선형 편광(예컨대, 수평 편광)된다. 이 예에서는 수평 선형 편광기들이 사용되지만, 교시된 원리들은 수직 선형 편광기들을 사용하여 적용될 수 있다고 이해될 것이다. 대안으로, 수직 또는 선형 이외의 다른 배향들을 갖는 선형 편광기들이 또한 사용될 수 있다.

[0350] [183] 수평 편광된 광선(2310)은 여기서 1/4 파장 리타더로서 도시된 리타더(2315)를 통해 진행한다. 이 리타더(2315)는 선형 편광된 광을 원형 편광된 광으로 변환하기에 충분한 지연을 포함할 수 있다. 예를 들어, 수평 편광된 광은 곡선(예컨대, 시계 방향으로 지향된) 화살표에 의해 예시된 바와 같이 좌회전 원형 편광된 광으로

변환될 수 있다. 이 예에서, 편광기(2312)와 리타더(2315)(예컨대, 1/4 파)의 조합은 특정 선형 편광(예컨대, 수평 또는 수직 편광)의 광을 특정 원형 편광(예컨대, 좌회전 또는 우회전 원형 편광 또는 그 반대)으로 변환할 수 있는 원형 편광기를 형성하는데, 이는 여기서는 제1 원형 편광기로 지칭된다. 원형 편광기는 또한 구성에 따라 특정 원형 편광(예컨대, 우회전 또는 좌회전 원형 편광)의 광을 차단할 수 있다.

[0351] [184] 일부 구현들에서, 다양한 광학 엘리먼트들은 복굴절을 갖는다. 이러한 특정 경우들에, 리타더(2315)는 선형 편광된 광을 원형 편광된 광으로 변환하기에 충분한 양의 지연을 포함할 수 있으며 1/4 파장판일 필요는 없다. 지연이 다른 광학 엘리먼트들에 의해 야기될 수 있기 때문에 1/4 파 초과 또는 미만의 지연이 리타더(2315)에 포함될 수 있다. 유사하게, 지연은 다수의 광학 엘리먼트들에 분포될 수 있다. 다른 예로서, 적절한 양의 지연을 제공하기 위해 다수의 리타더들이 이용될 수 있다.

[0352] [185] 다음에, (여기서는 좌회전 원형 편광된) 원형 편광된 광선(2310)은 광학기(2320)를 통과한다. 예를 들어, 공기 대 채로 계면들과 같은 서로 다른 굴절률들을 갖는 매체들을 갖는 시스템의 임의의 계면에서 바람직하지 않은 반사들이 발생할 수 있다. 이 반사된 광이 사용자의 눈으로 지향되어 사용자의 눈에 보이는 "고스트" 이미지들을 형성할 수 있기 때문에, 이러한 반사들이 적어도 하나의 도파관(2348)으로 들어가도록 허용된다면 이러한 반사들은 문제가 될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이가 적어도 하나의 도파관(2348)으로 뷰어의 눈에 제1 이미지를 투사하는 경우, 제1 이미지에 대해 변위된(예컨대, 측방향으로 변위된) 제2 희미한 복제 이미지가 또한 사용자에게 보일 수 있다. 사용자의 눈으로 지향되는, 광학 표면들로부터의 반사들에 의해 형성된 이러한 "고스트" 이미지들은 산만하거나 아니면 시정 경험을 저하시킬 수 있다. 예를 들어, 도 23a에 예시된 바와 같이, 반사 광선(2325)과 같은 광이 광학기(2320) 내의 렌즈로부터 반사될 수 있다. 이 광은 적어도 하나의 도파관(2348)을 향해 지향될 수 있는데, 이는 광을 사용자의 눈에 이미지들을 제시하기 위해 사용자의 눈으로 광을 지향시키도록 구성된다. 그러나 이 경우, 원형 편광된 광은 좌우상을 반전시킨다. 예를 들어, 렌즈에서 반사될 때, 원형 편광의 방향이 (예컨대, 좌회전에서 우회전으로) 변경된다. 그 다음, 우회전 반사 광선(2325)이 리타더(2315)를 통해 진행하여, 편광기(2312)에 의해 투과되는 것과는 다른(예컨대, 직교) 선형 편광을 갖는 선형 편광된 광으로 변환된다. 이 경우에, 예를 들어, 렌즈의 광학 표면으로부터 반사된 광은 리타더(2315)에 의해 수직 선형 편광으로 변환되는데, 수직 선형 편광은 수평 선형 편광기(2312)에 의해 투과된 편광에 직교한다. 수평 선형 편광기(2312)는 수평 편광된 광을 선택적으로 통과시키고 수직 편광된 광을 필터링한다. 따라서 반사 광선(2325)은 수평 선형 편광기(2312)에 의해 감쇠되고 그리고/또는 투과되지 않으며 적어도 하나의 도파관(2348)에 도달하는 것이 방지되거나, 이러한 반사된 광의 적어도 감소된 양이 적어도 하나의 도파관(2348)에 도달하거나 예를 들어, 인커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, 하나 이상의 인커플링 격자들)을 통해 도파관(2348)에 커플링된다. 결과는 광학기(2320)의 서로 다른 광학 표면들 또는 서로 다른 광학 엘리먼트들 상의 다른 광학 표면들로부터 반사된 좌회전 원형 편광된 광선들에 대해 유사할 것이다.

[0353] [186] 예시된 바와 같이, 디스플레이 시스템(2300)은 광학기(2320)와 (도시되지 않은) 공간 광 변조기 사이에 배치된 제2 편광기(2335)(예컨대, 선형 편광기)뿐만 아니라 제2 리타더(2330)(예컨대, 1/4 파장 리타더 또는 1/4 파장판)를 더 포함한다. 이 제2 리타더(2330) 및 이 제2 선형 편광기(2335)는 특정 구현들에서 제2 원형 편광기를 형성할 수 있다. 제2 리타더(2330)는 광학기(2320)와 제2 편광기(2335) 사이에 배치된다. 마찬가지로, 제2 편광기(2335)는 제2 리타더(2330)와 공간 광 변조기 사이에 배치된다. 이에 따라, 광선(2310)은 광학기(2320)를 통과한 후, 제2 리타더(2330)(예컨대, 1/4 파장 리타더)를 통과할 수 있다. 제2 리타더(2330)는 광선(2310)이 좌회전 원형 편광에서 수평 선형 편광으로 변환되도록 구성된다(예컨대, 광학 축이 적절하게 배향된다). 마찬가지로, 제2 리타더(2330)는 원형 편광된 광을 제1 편광기(2312)에 의해 출력된 원래의 선형 편광 상태로 다시 변환한다. 아래에서 논의되는 바와 같이, 이 제2 리타더(2330) 및 제2 편광기(2312)는, 광이 적어도 하나의 도파관(2348)으로 진행할 때 (예컨대, 배울 광학기 또는 렌즈들(2320) 상의) 광학 표면들을 통과하는 공간 광 변조기로부터 반사된 광에 의해 야기된 "고스트" 이미지들을 감소시키는 데 유용할 수 있다.

[0354] [187] 제2 편광기(2335)와 공간 광 변조기 사이에 제3 리타더(2340)(예컨대, 1/4 파장 리타더 또는 1/4 파장판)가 배치된다. 이에 따라, 제3 리타더(2340)는 제2 리타더(2330)와 공간 광 변조기 사이에 배치된다. 또한, 도시된 것과 같은 다양한 구현들에서, 제2 편광기(2335)는 제2 리타더(2330)와 제3 리타더(2340) 사이에 있다. 예시된 바와 같이, 제2 편광기(2335)를 통과할 때의 광선(2310)은 선형 편광되고, 일부 구현들에서 제2 리타더(2330)/제2 편광기(2335)는 광을 제1 편광기(2312)의 (예컨대, 수평 편광된) 원래의 선형 편광으로 변환할 수 있다. 이 선형 편광된 광은 제3 리타더(2340)에 입사된다. 제3 리타더(2340)는 광선이 원형 편광된 광으로 그리고 일부 구현들에서는 제1 리타더(2315)에 의해 출력된 것과 동일한 편광(예컨대, 이 예에서는 좌회전 원형 편광된 광)으로 다시 변환되도록 구성된다. 특정 구현들에서, 공간 광 변조기는 원형 편광된 광에 대해 작동하도

록 구성된다. 일부 구현들에서, 공간 광 변조기는 입사된 원형 편광된 광을 원형 편광된 광으로서 다시 반사하는 반사성 공간 광 변조기이다. 일부 실시예들에서, 공간 광 변조기로부터 반사된 원형 편광된 광은 가능하게는, 공간 광 변조기 픽셀들이 "온" 상태인지 아니면 "오프" 상태인지에 따라 그에 입사되는 것과 동일한(예컨대, 좌회전 원형 편광된) 좌우상을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 공간 광 변조기는 가능하게는, 공간 광 변조기 픽셀들이 "온" 상태인지 아니면 "오프" 상태인지에 따라 그에 입사되는 것과 다른(예컨대, 우회전 원형 편광된) 좌우상의 원형 편광된 광을 반사할 수 있다. 그러나 다른 타입들의 공간 광 변조기들이 사용될 수 있다.

[0355] [188] 도 23a는 공간 광 변조기로부터 반사되어 도파관(2348)을 향해 진행하는, 광선(2342)으로 예시된 광을 도시한다. 반사 광선(2342)은 좌회전 원형 편광된 광으로서 도시된다. 광선(2342)은 제3 리타더(2340)를 통과한다. 제3 리타더(2340)는 원형 편광된 광을 선형 편광된 광으로 변환한다. 이 예에서, 좌회전 원형 편광된 광은 수평 편광된 광으로 변환된다. 선형 편광된 광은 제2 편광기(2335)를 통해 투과된다. 이 예에서, 수평 편광된 광은 제2 편광기(2335)를 통과한다. 선형 편광된 광은 제2 리타더(2330)에 입사되어 원형 편광된 광으로 변환된다. 이 예에서, 수평 편광된 광은 좌회전 편광된 광으로 변환되어 광학기(2320)로 전달된다. 여기서 다시, 광학 배율을 갖는 광학기(2320)의 표면들과 같은 광학 표면들로부터의 반사들은 공간 광 변조기로부터 적어도 하나의 도파관(2348)으로 그리고 사용자의 눈으로 다시 반사됨으로써 고스트 이미지들을 생성할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 공기 대 재료 계면들과 같은 서로 다른 굴절률들을 갖는 매체들을 갖는 임의의 계면에서 바람직하지 않은 반사들이 발생할 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이, 제2 리타더(2330) 및 제2 편광기(2335)의 포함은 이러한 반사들을 감소시키고 고스트 반사들의 가능성을 낮출 수 있다. 예를 들어, 도 23a는 광학기(2320)의 광학 표면으로부터 반사된, 광선(2346)으로 예시된 광을 도시한다. 표면으로부터 반사되는 작용은 원형 편광되는 반사 광선(2346)이 좌우상을 전환하게, 이 예에서는 좌회전 원형 편광에서 우회전 원형 편광으로 전환하게 한다. 전환된 원형 편광된 광은 제2 리타더(2330) 및 제2 편광기(2335)에 의해 형성된 제2 원형 편광기에 의해 감소된다. 도 23a에 예시된 바와 같이, 예를 들어, 반사된 원형 편광된 광(2346)은 제2 리타더(2330)에 입사되어 제2 리타더에 의해 선형 편광된 광으로 변환되는데, 이 선형 편광된 광은 제2 선형 편광기(2335)에 의해 선택적으로 투과되는 것과는 다른, 예컨대 직교 선형 편광을 갖는다. 이 경우에, 예를 들어, 광학기(2320)의 광학 표면으로부터 반사된 우회전 원형 편광된 광은 리타더(2330)에 의해 수직 선형 편광으로 변환되는데, 수직 선형 편광은 편광기(2335)에 의해 선택적으로 투과된 편광에 직교한다. 제2 편광기(2335)는 이 선형 편광된 광의 투과를 감소시키거나 방지한다. 이 예에서, 광(2346)은 수직 편광되는 한편, 제2 편광기(2335)는 수평 편광된 광을 선택적으로 통과시키고 수직 편광된 광을 필터링하는 수평 편광기이다.

[0356] [189] 이에 반해, 광학기(2320)를 통과하고 제1 리타더(2315)에 입사되는 광(2342)은 원형 편광되며 광학기(2320)의 광학 표면들로부터 반사된 광과는 다른 좌우상을 갖는다. 적어도 하나의 도파관(2348)을 향해 지향된 이 광(2342)은 제1 리타더(2315)에 의해 선형 편광(예컨대, 수평 선형 편광된 광)으로 변환되는(예컨대, 좌회전 편광된) 편광을 갖는데, 이 선형 편광은 제1 편광기(2312)에 의해 선택적으로 투과된다. 이런 식으로, 광(2342)이 적어도 하나의 도파관(2348)에 도달하여 그에 커플링될 수 있으며, 사용자의 눈으로 지향될 수 있다.

[0357] [190] 도 23a에 도시된 예에서, 광학기(2320)의 대향 측들에서, 하나는 광원(2305)에 더 가깝고 하나는 공간 광 변조기에 더 가깝게, 제1 편광기(2312)와 제1 리타더(2315)에 의해 형성된 제1 원형 편광기, 및 제2 리타더(2330)와 제2 편광기(2335)에 의해 형성된 제2 원형 편광기가 "고스트 이미지들"을 야기할 수 있는 반사들을 감소시키는 데 사용된다. 추가 리타더(2340)가 제2 원형 편광기(예컨대, 제2 편광기(2335))와 공간 광 변조기 사이에 포함되어 광을 원형 편광된 광으로 변환한다. 그러나 광범위한 변형들이 가능하다. 예를 들어, 단 하나의 원형 편광기가 포함될 수 있다. 대안으로, 추가 원형 편광기들 또는 다른 타입들의 편광 광학기가 포함될 수 있다.

[0358] [191] 도 23b는 도 23a에 도시된 것과 같은 증강 현실 시스템(2300)에 추가될 수 있는 제3 원형 편광기를 예시한다. 특히, 도 23b는 제2 편광기(2335) 및 제2 리타더(2330)뿐만 아니라 위에서 소개된 제3 리타더(2340)를 포함하는 제2 원형 편광기를 도시하고, 공간 광 변조기(2375)를 추가로 도시한다. 이 공간 광 변조기(SLM)(2375)는 액정 공간 광 변조기(예컨대, 실리콘 액정 또는 LCOS)를 포함할 수 있다. 일부 구현들에서, SLM(2375)은 커버 유리(2370)로 커버될 수 있다.

[0359] [192] 도 23b는 또한, 1/4 파장 리타더(예컨대, 1/4 파장판)와 같은 제4 리타더(2345) 및 선형 편광기와 같은 제3 편광기(2355)를 포함하며, 제2 편광기(2335) 및 제2 리타더(2330)를 포함하는 제2 원형 편광기와 공간 광 변조기(2375) 사이에 배치된 제3 원형 편광기를 도시한다. 제3 편광기(2355)는 제4 리타더(2345)와 공간 광 변조기(2375) 사이에 있다. 제4 리타더(2345) 및 제3 편광기(2355)를 포함하는 제3 원형 편광기와 공간 광 변조

기(2375) 또는 보다 구체적으로 도 23b에 도시된 커버 유리(2370) 사이에 1/4 파장 리타더(예컨대, 1/4 파장 판)와 같은 추가 제5 리타더(2360)뿐만 아니라 보상기(2365)가 배치된다. 제5 리타더(2360)는 제3 편광기(2355)와 보상기(2365) 사이에 있다. 보상기(2365)는 제5 리타더(2360)와 공간 광 변조기(2375) 또는 구체적으로 커버 유리(2370) 사이에 있다.

[0360]

[193] 도 23b는 (도 23a에 도시된) 광원(2305)으로부터의 광, 예를 들어 광선(2310)이 리타더(2330) 및 제2 편광기(2335)뿐만 아니라 제3 리타더(2340)를 포함하는 제2 원형 편광기를 통해 제4 리타더(2345) 및 제3 편광기(2355)를 포함하는 제3 원형 편광기로 어떻게 전파될 수 있는지를 도시한다. 광원(2305)으로부터의 광선(2310)은 제2 리타더(2330) 및 제2 편광기(2335)를 포함하는 제2 원형 편광기를 통과한 후 제3 원형 편광기에, 그리고 특히 제4 리타더(2345)에 입사된다. 제4 리타더(2345)는 광선(2310)의 원형 편광기 광을 선형 편광된 광으로 변환할 수 있다. 도 23b에 도시된 예에서, 광선(2310)은 원형 편광(예컨대, 좌회전 원형 편광)되고 제4 리타더(2345)에 의해 선형 편광된 광(예컨대, 수평 편광된 광)으로 변환된다. 이 선형 편광된 광은 제3 편광기(2355)를 통해 진행하는데, 제3 편광기(2355)는 도 23b에서 수평 편광된 광을 선택적으로 투과시키는 수평 편광기를 포함한다. 이 선형 편광된 광은 제5 리타더(2360)를 통해 전파되는데, 제5 리타더(2360)는 선형 편광된 광을 원형 편광된 광으로 변환하는 1/4 파장 리타더를 포함할 수 있다. 도 23b에 도시된 예에서, 제5 리타더(2360)에 입사된 수평 선형 편광된 광(2310)은 좌회전 원형 편광된 광으로 변환된다. 이 원형 편광된 광은 보상기(2365)에 입사되어 이를 통과한다. 보상기(2365)는 편광을 원하는 편광으로 조정하는 편광 엘리먼트를 포함할 수 있다. 보상기(2365)는 시스템에서 다양한 광학 엘리먼트들의 복굴절을 상쇄시키는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 광학 엘리먼트들의 지연 원인 제공들로 인해 광은 약간 타원형으로 편광될 수 있다. 다양한 구현들에서, 보상기(2365)로부터 출력된 광은 원형 편광된 광이다. 도 23b에 도시된 예에서, 보상기(2365)로부터 출력된 광은 좌회전 원형 편광된 광이다. 다양한 구현들에서, 보상기(2365)는 예를 들어, 액정(예컨대, LCOS) SLM 셀을 포함할 수 있는 SLM 내의 잔류 지연을 상쇄시키는 데 사용될 수 있다. 보상기는 면내 지연 및/또는 면외 지연을 유도할 수 있다. 일부 구현들에서, 보상기(2365)는 조합될 때, SLM(예컨대, LCOS 패널)으로부터 잔류 지연을 잠재적으로 상쇄시킬 수 있는 지연을 생성하는 광학 리타더들의 조합을 포함할 수 있다.

[0361]

[194] 도 23b에서, 보상기(2365)를 통과한 후의 광은 커버 유리(2370) 및 SLM(2375)에 입사된다. 커버 유리(2370) 및 SLM(2375)에 입사된 이 광은 좌회전 원형 편광된 광으로 도시된다. 공간 변조기의 타입 및 상태에 따라, SLM(2375)은 동일한 좌우상의 원형 편광된 광을 반사할 수 있다. 예를 들어, SLM(2375)의 픽셀이 "온" 상태에 있을 때(일부 구현들에서는 이 상태가 미구동 상태일 수 있지만), SLM(2375)은 SLM(2375)의 각각의 통과 시 1/4 지연 파를 유도할 수 있다. 이에 따라, 반사 시, 입사된 원형 편광된 광은 반사 시 원형 편광된 상태로 유지될 수 있다. 다양한 구성들에서, 좌우상은 또한 동일하게 유지될 수 있다. 예를 들어, 도 23b에 도시된 바와 같이, 입사된 좌회전 원형 편광된 광은 반사 시 좌회전 원형 편광된 상태로 유지될 수 있다. 광선(2342)으로 표현되는, SLM(2375)으로부터 반사된 이 원형 편광된 광은 커버 유리(2370) 및 보상기(2365)를 통과하여 제5 리타더(2360)에 입사될 수 있으며, 제5 리타더(2360)는 원형 편광된 광을 선형 편광된 광으로 변환한다. 도 23b에 도시된 예에서, 제5 리타더(2360)에 입사되는 원형 편광된 광은 좌회전이고, 제5 리타더(2360)는 이 원형 편광된 광을 수평 편광된 광으로 변환한다. 제3 편광기(2355)는 제5 리타더(2360)에 의해 출력된 광의 편광을 선택적으로 투과시키도록 구성될 수 있다. 이에 따라, 제5 리타더(2360)로부터 출력된 광이 수평으로 편광되는 도 23b에 도시된 예에서, 제3 편광기(2355)는 수평 편광된 광을 선택적으로 투과시킨다. 편광기(2355)에 의해 투과된 이 선형 편광된 광은 제4 리타더(2345)에 입사되어 원형 편광된 광으로 변환된다. 도 23b에 도시된 예에서, 이 원형 편광된 광은 좌회전 원형 편광된다. 이 광은 도 23a와 관련하여 위에서 논의한 바와 같이, 제2 리타더(2330) 및 제2 편광기(2335)를 포함하는 제2 원형 편광기, 광학기(2320)뿐만 아니라, 제1 편광기(2312) 및 제1 리타더(2315)를 포함하는 제1 원형 편광기를 통해 적어도 하나의 도파관(2348) 상으로 그리고 사용자의 눈으로 진행할 수 있다.

[0362]

[195] 그러나 광학 표면들로부터 반사된 광은 제3 원형 편광기에 의해 감쇠될 수 있으며, 이로써 이러한 반사들이 적어도 하나의 도파관(2348)에 도달하고 사용자의 눈에 지향되어 고스트 이미지들을 생성할 가능성을 감소시킬 수 있다. 예시하자면, 도 23b는 제3 리타더(2340)의 광학 표면으로부터, 예를 들어 공기와 제3 리타더(2340) 사이의 계면으로부터 반사된 예시적인 광선(2343)을 도시한다. 위에서 논의한 바와 같이, 공기 대 재료 계면들 또는 서로 다른 유전체 층들 간의 계면들과 같은 서로 다른 굴절률들을 갖는 매체들 간의 임의의 계면에서 반사들이 발생할 수 있다. 그러나 원형 편광된 광은 반사 시 좌우상을 반전시킨다. 예를 들어, 제3 리타더(2340)의 표면에서 반사될 때, 원형 편광의 방향이 (예컨대, 좌회전에서 우회전으로) 변경된다. 그 다음, 우회전 반사 광선(2343)이 제4 리타더(2345)를 통해 진행하여, 제3 편광기(2355)에 의해 선택적으로 투과되는 것과

는 다른, 예를 들어 직교 선형 편광을 갖는 선형 편광된 광으로 변환된다. 이 경우에, 예를 들어, 제3 리타더(2340)의 광학 표면으로부터 반사된 광은 제4 리타더(2345)에 의해 수직 선형 편광으로 변환되는데, 수직 선형 편광은 제3 편광기(2355)에 의해 선택적으로 투과된 편광에 직교한다. 제3 편광기(2355)는 수평 편광된 광을 선택적으로 통과시키고 수직 편광된 광을 필터링한다. 따라서 반사 광선(2343)은 제3 편광기(2355)에 의해 감쇠되고 그리고/또는 투과되지 않으며 (예컨대, 다른 표면에서 반사됨으로써) 적어도 하나의 도파관(2348)에 도달하는 것이 방지되거나 이러한 반사된 광의 감소된 양이 적어도 하나의 도파관(2348)에 도달하거나 그에 커플링된다.

[0363] [196] 결과는 서로 다른 광학 표면들로부터 반사된 원형 편광된 광선들의 경우와 유사할 수 있다. 예를 들어, 도 23b는 제4 리타더(2345)의 광학 표면으로부터의 입사 광선(2310)의 반사를 도시한다. 제4 리타더(2345)로부터의 반사(2350)는 편광의 좌우상을 전환한다. 예를 들어, 좌회전 원형 편광된 것으로 도시된 입사 광선(2310)은 반사 시 우회전 원형 편광을 갖는 것으로 도시된 광선(2350)으로 변환된다. 반사 광선(2350)은 제3 리타더(2340)를 통과하여 수직 편광된 광으로 변환된다. 이 수직 편광된 광은 제2 편광기(2335)에 의해 필터링되거나 선택적으로 감쇠된다.

[0364] [197] 앞서 설명한 바와 같이, SLM(2375)의 픽셀은 예를 들어, SLM(2375)의 이 픽셀에 입사된 광이 그로부터 반사되어 적어도 하나의 도파관(2348)에 커플링되고 사용자의 눈으로 지향되는 (일부 구현들에서는 미구동 상태이다) "온" 상태일 수 있다. 그러나 SLM(2375)의 픽셀은 (일부 구현들에서는 구동 상태일 수 있는) "오프" 상태일 수 있으며, 여기서 SLM(2375)의 픽셀에 입사된 광은 적어도 하나의 도파관(2348)에 커플링되지 않으며 사용자의 눈에 커플링되지 않는다. 이 "오프" 상태에서, 예를 들어, SLM(2375)의 다양한 구현들은 그로부터 반사 시 지연을 유도하지 않을 수 있다. 이에 따라, 도 23b에 도시된 예에서, SLM(2375)에 입사된 원형 편광된 광은 SLM(2375)으로부터의 반사 시 원형 편광된 상태를 유지할 수 있다. 그러나 원형 편광된 광의 이러한 좌우상은 SLM(2375)으로부터의 반사 시 변할 수 있다. 예를 들어, SLM(2375)에 입사되는 좌회전 원형 편광된, 도 23b에 도시된 광선(2310)은 SLM(2375)으로부터의 반사 시 우회전 원형 편광된 광으로 변환될 수 있다. 그러나 이 반사된 광은 제3 편광기(2355)에 의해 선택적으로 감쇠될 수 있다. 예를 들어, SLM(2375)으로부터 반사된 우회전 원형 편광된 광은 커버 유리(2370), 보상기(2365) 및 제5 리타더(2360)를 통과할 수 있다. 제5 리타더(2360)는 우회전 원형 편광된 광을 수직 편광된 광으로 변환할 수 있는데, 수직 편광된 광은 수평 편광기를 포함할 수 있는 제3 편광기(2355)에 의해 선택적으로 감쇠된다. 이에 따라, 다양한 구현들에서, 제5 리타더(2360)는 SLM의 픽셀이 "오프" 상태에 있을 때 SLM(2375)의 픽셀로부터 반사된 광을 제3 편광기(2355)에 의해 선택적으로 투과된 선형 편광에 직교하는 선형 편광으로 변환할 수 있다. 따라서 이 제3 편광기(2355)는 이 선형 편광된 광을 선택적으로 감쇠시킴으로써, SLM(2375)의 해당 픽셀로부터의 광이 적어도 하나의 도파관(2348)에 도달하여 눈으로 지향되는 것을 감소시키거나 차단할 수 있다.

[0365] [198] 편광 광학 엘리먼트들의 변형들과 같은 구성들의 변형들이 가능하다. 예를 들어, 더 많은 또는 더 적은 원형 편광기들이 포함될 수 있다. 다양한 구현들에서, 예를 들어, 제4 리타더(2345) 및 제3 편광기(2355)를 포함하는 제3 원형 편광기는 도 23c에 도시된 것과 같이 제외된다. 이 특정 구현에서, 제4 리타더(2345), 제3 편광기(2355) 및 제5 리타더(2360)는 시스템에 포함되지 않는다. 도 23c는 제4 리타더(2345), 제3 편광기(2355) 및 제5 리타더(2360)를 제외하고, 도 23a 및 도 23b에 예시된 컴포넌트들을 포함하는 증강 현실 시스템(2300)의 설계를 예시한다. 그럼에도, 증강 현실 디스플레이 시스템은 제3 원형 편광기를 제외하더라도, 여전히 고스트 이미지들을 감소시키도록 구성된다. 예를 들어, 제2 원형 편광기는 반사를 감소시키는데, 그렇지 않으면 반사는 고스트 이미지들의 원인이 될 것이다. 예시하자면, 도 23c는 제3 리타더(2340)로부터 반사된, 광선(2380)으로 예시된 광을 도시한다. 제3 리타더(2340)의 표면으로부터 반사되는 작용은 원형 편광되는 반사 광선(2380)이 좌우상을 전환하게 한다. 이 예에서, 편광은 좌회전 원형 편광에서 우회전 원형 편광으로 전환된다. 전환된 원형 편광된 광(2380)은 다음에 보상기(2365)를 통과하고 커버 유리(2370) 및 SLM(2375)에 입사된다. 위에서 논의한 바와 같이, SLM(2375)은 동일한 좌우상의 원형 편광된 광을 반사할 수 있다. 이에 따라, 입사된 우회전 원형 편광된 광은 반사 시 우회전 원형 편광된 상태로 유지될 수 있다. 광선(2382)으로 표현되는, SLM(2375)으로부터 반사된 이 원형 편광된 광은 다음에 커버 유리(2370) 및 보상기(2365)를 통과하여 제3 리타더(2340)에 입사될 수 있다. 전환된 원형 편광된 광(2382)은 제2 원형 편광기에 의해 그리고 특히, 제3 리타더(2340) 및 편광기(2335)에 의해 감쇠된다. 도 23c에 예시된 바와 같이, 예를 들어, SLM(2375)으로부터 반사된 원형 편광된 광(2382)은 제3 리타더(2340)에 입사되어 제3 리타더(2340)에 의해 선형 편광된 광으로 변환되는데, 이 선형 편광된 광은 제2 선형 편광기(2335)에 의해 선택적으로 투과되는 것과는 다른, 예컨대 직교 선형 편광을 갖는다. 이 경우에, 예를 들어, 우회전 원형 편광된 광(2382)은 제3 리타더(2340)에 의해 수직 선형 편광으로 변환되는데, 수직 선형 편광은 제2 편광기(2335)에 의해 선택적으로 투과된 편광에 직교한다.

제2 편광기(2335)는 이 선형 편광된 광의 투과를 감소시키거나 방지한다.

[0366]

[199] 고스트 반사들의 원인이 될 수 있는 반사들은 또한, 시스템의 광학 표면들을 기울임으로써 잠재적으로 감소될 수 있다. 도 24는 고스트 반사들을 생성할 수 있는 반사들을 감소시키기 위해 기울어진 광학 표면을 갖는 예시적인 구성을 예시한다. 도 24는 광이 공간 광 변조기(SLM)(2375)를 향해 진행할 때 임의의 수의 편광기들, 리타더들, 렌즈 및/또는 다른 광학 컴포넌트들을 통과하는 광선(2310)으로 표현된 광을 방출하는 광원(2305)을 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템(2400)을 도시한다. 렌즈들(2320)뿐만 아니라 가능하게는 제1 원형 편광기를 형성할 수 있는 제1 편광기(2312) 및 제1 리타더(2315)가 예시 목적으로 도 24에 도시된다. 그러나 추가 컴포넌트들이 포함될 수 있거나 컴포넌트들이 배제되거나 다르게 배열 또는 구성될 수 있다. 예시된 예에서, SLM(2375)은 그와 함께 커버 유리(2370)를 포함한다. 커버 유리(2370)는 고스트 이미지들을 생성하는 반사들에 대한 원인 제공자일 수 있다. 이에 따라, 일부 구현들에서, 커버 유리(2370)는 고스트 이미지들을 산출할 수 있는 반사들을 사용자의 눈으로 지향되는 것에서 벗어나게 지향시키도록 형성화될 수 있다. 예시된 바와 같이, 커버 유리(2370)는 표면이 시스템의 다른 컴포넌트들 또는 광학 표면들(예컨대, SLM(2375), 제1 리타더(2315), 제1 편광기(2312), 적어도 하나의 도파관(2348) 등, 또는 이들의 광학 표면들)과 평행하지 않도록 기울어질 수 있는 표면을 갖는다. 커버 유리(2370)의 주 표면은 예를 들어, 증강 현실 디스플레이 시스템(2400)의 광학 축 또는 시스템 내의 광학기(2320)와 같은 광학 컴포넌트들과 정렬되거나 평행하지 않도록 기울어진 법선을 가질 수 있다. 기울어짐으로써, 커버 유리(2370)의 광학 표면으로부터의 반사들은 적어도 하나의 도파관(2348) 또는 적어도 하나의 도파관(2348)에 광을 인커플링하기 위한 인커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, 인커플링 격자들 또는 회절 광학 엘리먼트들)로부터 멀어지게 지향될 수 있고, 커버 유리(2370)로부터의 반사들이 적어도 하나의 도파관(2348)으로 들어갈 가능성을 감소시킬 수 있다. 도시된 바와 같이, 반사된 광(2405)은 다시 광원(2305)을 향해 그리고 적어도 하나의 도파관(2348)으로부터 멀어지게 지향되며, 이러한 광은 궁극적으로 사용자의 눈에 도달할 수 있다. 일부 구현들에서, 반사된 광(2405)은 다시 광원으로 지향될 수 있고 광원(2305)에서 적어도 일부가 재순환될 수 있다.

[0367]

[200] 도 24는 기울어진 표면을 갖는 커버 유리(2370)를 도시하지만, 적어도 하나의 도파관(2348)으로 커플링되는 것로부터 반사들을 우회시키기 위해 기울어지는 광학 표면들이 시스템의 임의의 컴포넌트에 포함될 수 있는데, 여기서는 바람직하지 않은 반사가 가능하다. 이에 따라, 편광기들, 리타더들 등과 같은 다른 컴포넌트들 상의 광학 표면들이 기울어져, 적어도 하나의 도파관(2348)에 그리고 사용자의 눈에 커플링되는 반사를 감소시킬 수 있다. 커버 유리(2370) 또는 다른 광학 컴포넌트들의 형상 및 크기의 변화들이 가능하다. 커버 유리(2370) 또는 다른 광학 컴포넌트는 예를 들어 더 얇을 수 있다. 유사하게, 커버 유리(2370) 또는 다른 광학 컴포넌트는 도 24에 도시된 것과 다른 중형비들(길이 대 두께)을 가질 수 있다. 일부 구현들에서, 커버 유리(2370) 또는 다른 광학 컴포넌트는 쉐기형이다. 그러나 다른 형상들이 가능하다.

[0368]

[201] 또 다른 배열들이 가능하다. 예를 들어, 도 25는 도 24에 도시된 시스템(2400)과 유사하지만 그에 지향되는 광을 흡수하기 위한 광 덤프(2505)를 더 포함하는 증강 현실 디스플레이 시스템(2500)의 구현을 예시한다. 시스템(2500)은 다시 광원(2305)으로 지향되는 대신 반사들(2510)을 커버 유리(2370)로부터 광 덤프(2505)로 지향시키기 위한 기울어질 커버 유리(2370)를 포함한다. 광 덤프(2505)는 광을 흡수하도록 구성되는 흡수 재료 또는 구조를 포함할 수 있다. 광 덤프(2505)의 위치는 구현에 따라, 예를 들어 기울어진 커버 유리(2370)의 각도에 따라 변할 수 있다. 위에서 논의한 바와 같이, 이 접근 방식은 시스템의 다른 광학 표면들에 적용될 수 있다. 추가로, 광학 엘리먼트들의 형상들 및 크기들은 서로 다를 수 있다.

[0369]

[202] 증강 현실 디스플레이의 광범위한 변형들이 가능하다. 편광 광학 엘리먼트들의 변형들이 가능하다. 예를 들어, 수평 편광기들이 사용되지만, 일부 구현들에서는 수직 편광기들 또는 수평 및 수직 편광기들의 조합이 이용된다. 추가로, 수직 또는 수평 이외의 편광을 특징으로 하는 편광기들이 사용될 수 있다. 마찬가지로, 도면들에 도시된 광은 수평으로 편광될 필요가 있는 것이 아니라 수직으로 편광될 수 있다. 유사하게, 수직으로 편광된 것으로 도시된 광은 서로 다른 구현들에서 수평으로 편광되거나 그 반대도 가능할 수 있다. 수직 또는 수평 이외의 편광들을 갖는 선형 편광된 광이 또한 사용될 수 있다.

[0370]

[203] 추가로, 리타더들은 서로 다르게 구성될 수 있다. 예를 들어, 도면들에서 편광된 광은 좌회전 원형 편광될 필요가 있는 것이 아니라 우회전 원형 편광될 수 있고 그리고/또는 우회전 편광된 광이 좌회전 원형 편광될 수 있다. 또 다른 변형들이 가능하다. 도시된 것과는 다른 좌회전 및/또는 우회전 편광된 광의 조합들을 생성하기 위해 다른 리타더 구성들이 이용될 수 있다. 또한, 일부 구현들에서는, 원형 편광된 광 대신에 가능하게는 타원형 편광된 광이 사용될 수 있다. 예를 들어, 타원형으로 편광된 광을 선형 편광된 광으로 그리고 그 반대로 변환하기 위해 리타더들이 이용될 수 있다. 선형 편광기들은 광을 필터링하는 데 사용될 수 있고, 본 명

세서에서 설명한 것과 같은 고스트 반사들을 감소시키는 데 사용될 수 있다.

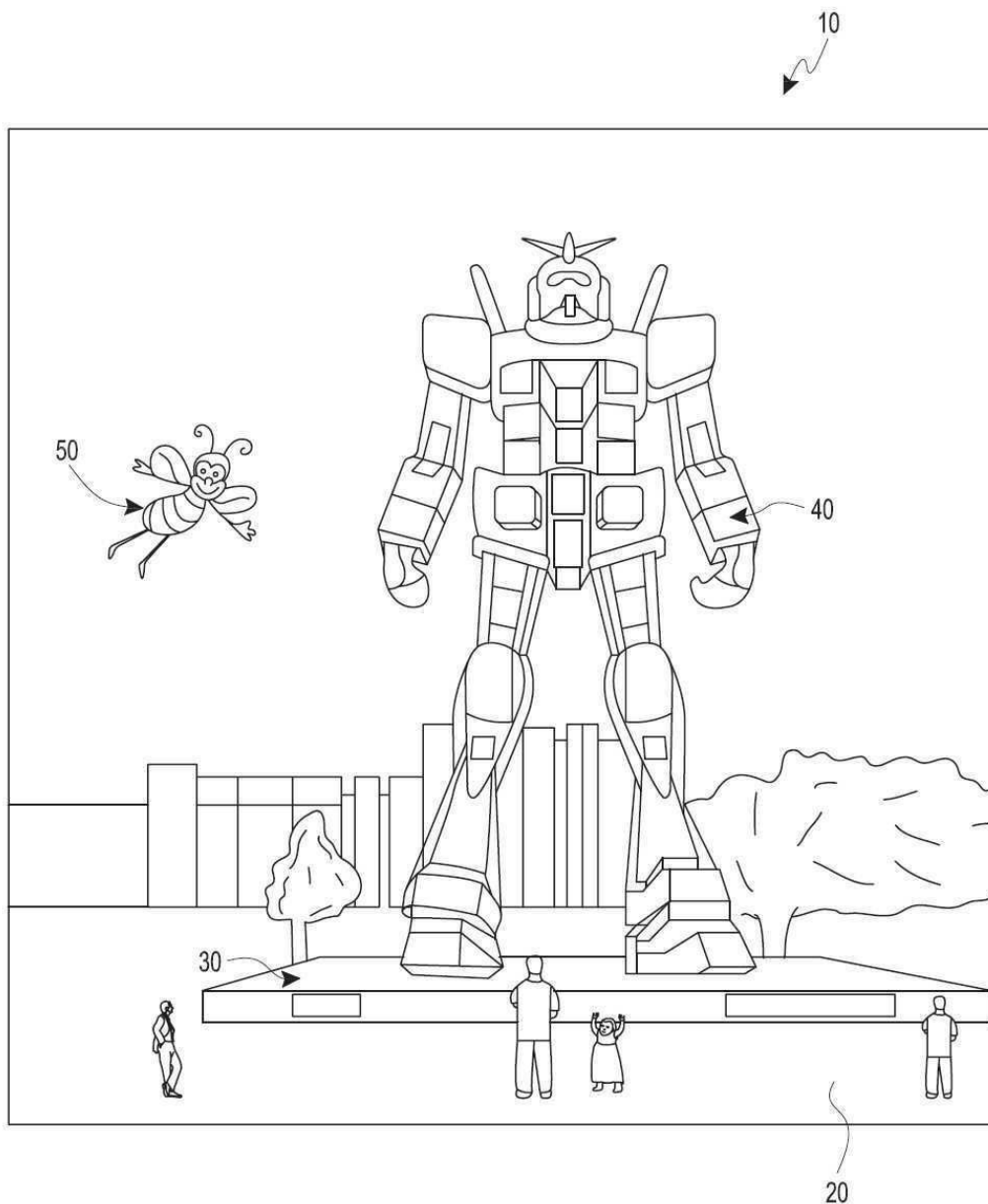
- [0371] [204] 일부 구현들에서, 다른 타입들의 편광 엘리먼트들 및 그 구성들이 이용된다. 예를 들어, 리타더들은 1/4 파장 리타더들 또는 1/4 파장판들로 제한되지 않는다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 다양한 광학 엘리먼트들은 복굴절을 갖는다. 이러한 특정 경우들에, 리타더들(2315, 2330, 2340) 중 임의의 하나 이상의 리타더는 선형 편광된 광을 원형 편광된 광으로 변환하기에 충분한 양의 지연을 포함할 수 있으며 1/4 파장 리타더일 필요는 없다. 지연이 다른 광학 엘리먼트들에 의해 야기될 수 있기 때문에 1/4 파 초과 또는 미만의 지연이 리타더들(2315, 2330, 2340) 중 임의의 하나 이상의 리타더에 포함될 수 있다. 유사하게, 지연은 다수의 광학 엘리먼트들에 분포될 수 있다. 다른 예로서, 적절한 양의 지연을 제공하기 위해 다수의 리타더들이 이용될 수 있다. 또한, 앞서 설명한 바와 같이, 일부 구현들에서는, 원형 편광된 광 대신에 가능하게는 타원형 편광된 광이 사용될 수 있다. 예를 들어, 타원형으로 편광된 광을 선형 편광된 광으로 그리고 그 반대로 변환하기 위해 리타더들이 이용될 수 있다. 선형 편광기들은 광을 필터링하는 데 사용될 수 있고, 본 명세서에서 설명한 것과 같은 고스트 반사들을 감소시키는 데 사용될 수 있다.
- [0372] [205] 추가로, 광학 컴포넌트들은 광학 층들, 시트들 및/또는 막들뿐만 아니라 하나 이상의 층들, 시트들 및/또는 막들의 스택들의 형태일 수 있다. 이에 따라, 서로 다른 양들, 위치들 및 배열들의 서로 다른 편광 엘리먼트들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 리타더들 및/또는 편광기들 중 하나 이상은 막들을 포함할 수 있다.
- [0373] [206] 일부 구현들에서, 공간 광 변조기는 서로 다르게 동작할 수 있다. 예를 들어, 공간 광 변조기는 원형 편광된 광 이외의 광에 대해 작동할 수 있고 그리고/또는 원형 편광된 광 이외의 광을 출력할 수 있다.
- [0374] [207] 상기한 명세서에서, 본 개시내용은 이들의 특정한 실시예들을 참조로 설명되었다. 그러나 본 개시내용의 보다 넓은 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 이에 대해 다양한 수정들 및 변경들이 이루어질 수 있음이 명백할 것이다. 명세서 및 도면들은 이에 따라, 제한적인 의미보다는 예시적인 의미로 여겨져야 한다.
- [0375] [208] 실제로, 본 개시내용의 시스템들 및 방법들은 각각 여러 개의 혁신적인 양상들을 가지며, 그 양상들 중 어떠한 단일 양상도 본 명세서에서 개시된 바람직한 속성들을 단독으로 담당하거나 그에 요구되지는 않는다고 인지될 것이다. 위에서 설명된 다양한 특징들 및 프로세스들은 서로 독립적으로 사용될 수 있거나, 다양한 방식으로 조합될 수 있다. 모든 가능한 조합들 및 하위 조합들은 본 개시내용의 범위 내에 속하는 것으로 의도된다.
- [0376] [209] 개별 실시예들과 관련하여 본 명세서에 설명되는 특정 특징들은 또한 단일 실시예로 조합하여 구현될 수 있다. 반대로, 단일 실시예와 관련하여 설명되는 다양한 특징들은 또한 다수의 실시예들로 개별적으로 또는 임의의 적절한 하위 조합으로 구현될 수 있다. 아울러, 특징들이 특정한 조합들로 작용하는 것으로 앞서 설명되고 심지어 초기에 이와 같이 청구될 수 있다 하더라도, 어떤 경우에는 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들이 그 조합으로부터 삭제될 수 있고, 청구된 조합은 하위 조합 또는 하위 조합의 변형에 관련될 수 있다. 단일 특징 또는 특징들의 그룹이 각각의 그리고 모든 각각의 실시예에 필요하거나 필수적인 것은 아니다.
- [0377] [210] 구체적으로 달리 언급되지 않거나 사용된 맥락 내에서 달리 이해되지 않는다면, 본 명세서에서 사용된 조건부 언어, 이를테면 무엇보다도, "할 수 있다(can, could, might, may)", "예컨대" 등은 일반적으로, 특정 실시예들은 특정 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들을 포함하지만 다른 실시예들은 이들을 포함하지 않는다는 것을 전달하는 것으로 의도된다고 인지될 것이다. 따라서 그러한 조건부 언어는 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 이를 이용하지 않고, 이러한 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 또는 임의의 특정 실시예에서 수행되어야 하는지를 판단하기 위한 로직을 반드시 포함한다는 것을 암시하는 것으로 의도되진 않는다. "포함하는(comprising, including)", "갖는(having)" 등의 용어들은 동의어이며, 제한이 없는 방식으로 포괄적으로 사용되며, 추가적인 엘리먼트들, 특징들, 작용들, 동작들 등을 배제하지 않는다. 또한, "또는"이라는 용어가 예컨대, 엘리먼트들의 리스트를 연결하기 위해 사용될 때, 리스트 내의 엘리먼트들 중 하나, 일부, 또는 전부를 의미하도록 "또는"이라는 용어는 (이 용어의 배타적인 의미가 아니라) 이 용어의 포괄적인 의미로 사용된다. 추가로, 본 출원 및 첨부된 청구항들에서 사용되는 단수 표현들은 달리 명시되지 않는 한 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"를 의미하는 것으로 해석되어야 한다. 마찬가지로, 동작들이 특정 순서로 도면들에 도시되지만, 바람직한 결과들을 달성하기 위해 이러한 동작들이 도시된 특정 순서로 또는 순차적인 순서로 수행될 필요는 없다고, 또는 예시된 모든 동작들이 수행될 필요는 없다고 인식되어야 한다. 또한, 도면들은 흐름도의 형태로 하나 이상의 예시적인 프로세스들을 개략적으로 도시할 수 있다. 그러나 도시되지 않은 다른 동작들이 개략적으로 예시된 예시적인 방법들 및 프로세스들

에 통합될 수 있다. 예컨대, 예시된 동작들 중 임의의 동작 전, 후, 그와 동시에 또는 그 사이에서 하나 이상의 추가적인 동작들이 수행될 수 있다. 추가로, 동작들은 다른 실시예들에서 재배열되거나 재정렬될 수 있다. 특정 상황들에서는, 다중 작업 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 더욱이, 앞서 설명한 실시예들에서 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 실시예들에서 이러한 분리를 필요로 하는 것으로 이해되지 않아야 하며, 설명한 프로그램 컴포넌트들 및 시스템들은 일반적으로 단일 소프트웨어 제품으로 함께 통합되거나 다수의 소프트웨어 제품들로 패키지화될 수 있다고 이해되어야 한다. 추가적으로, 다른 실시예들이 다음 청구항들의 범위 내에 있다. 어떤 경우들에, 청구항들에서 언급되는 동작들은 다른 순서로 수행되며 여전히 바람직한 결과들을 달성할 수 있다.

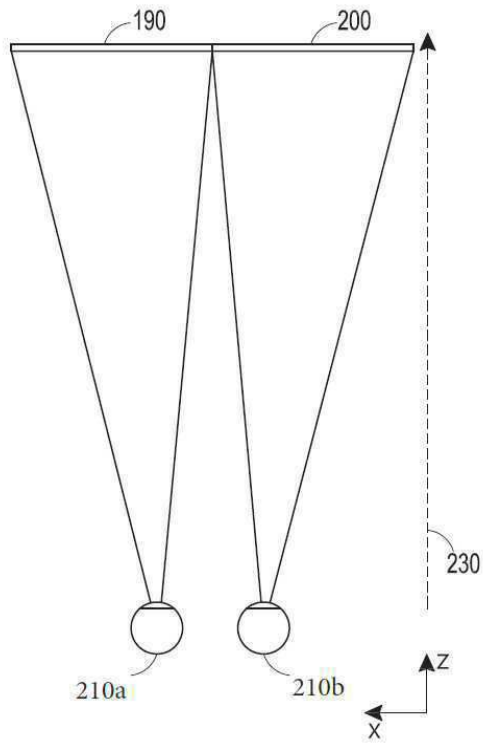
[0378] [211] 이에 따라, 청구항들은 본 명세서에 도시된 실시예들로 한정되는 것으로 의도되는 것이 아니라, 본 명세서에 개시된 이러한 개시내용, 원리들 및 신규한 특징들에 부합하는 가장 넓은 범위에 따르는 것이다.

도면

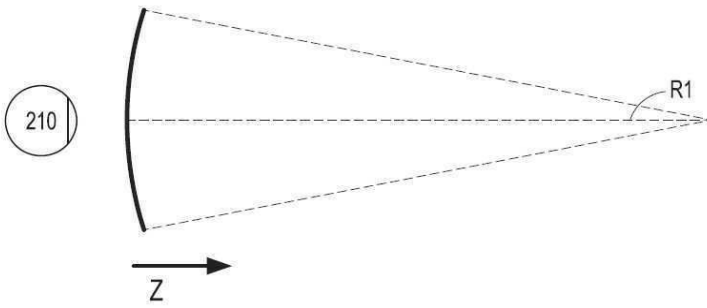
도면1



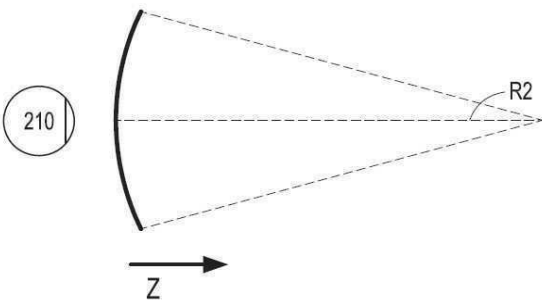
도면2



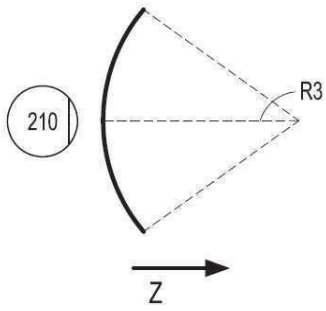
도면3a



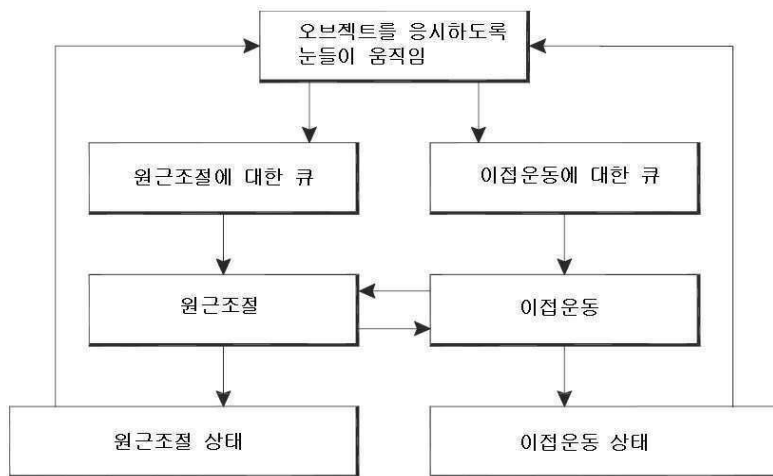
도면3b



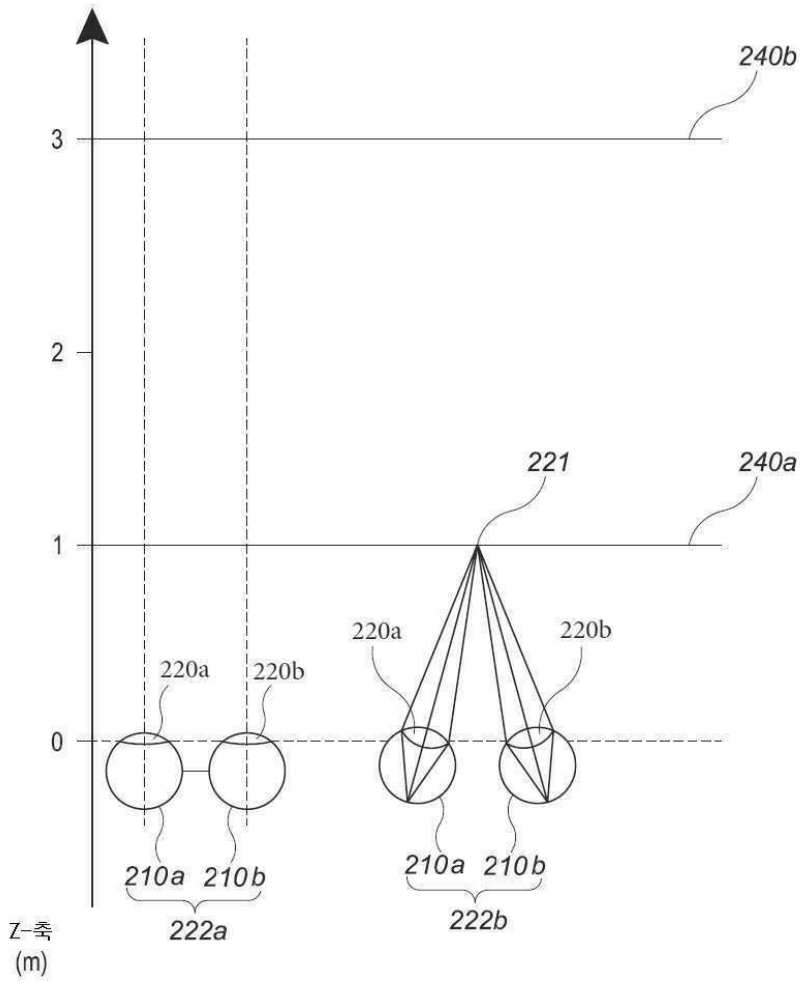
도면3c



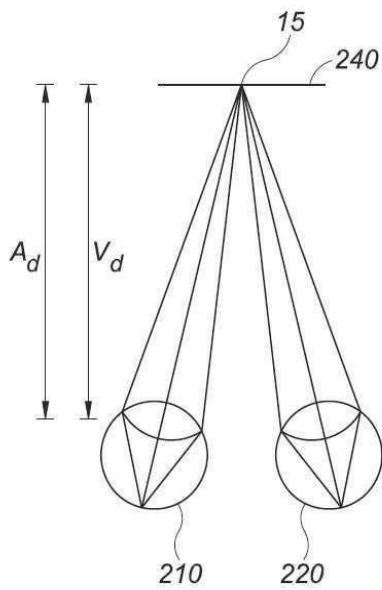
도면4a



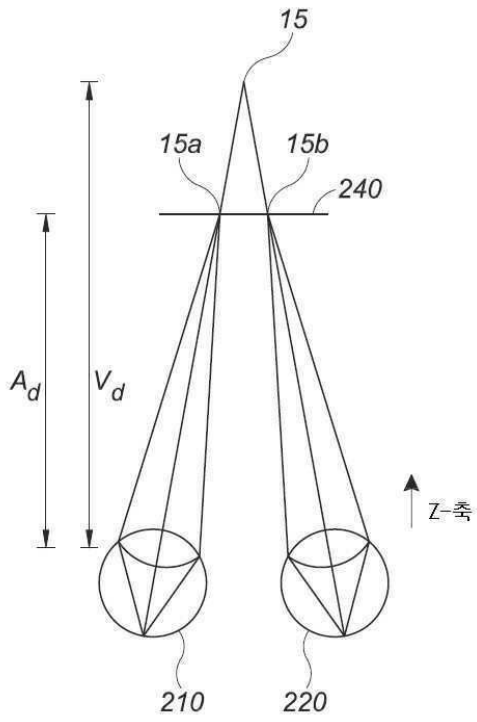
도면4b



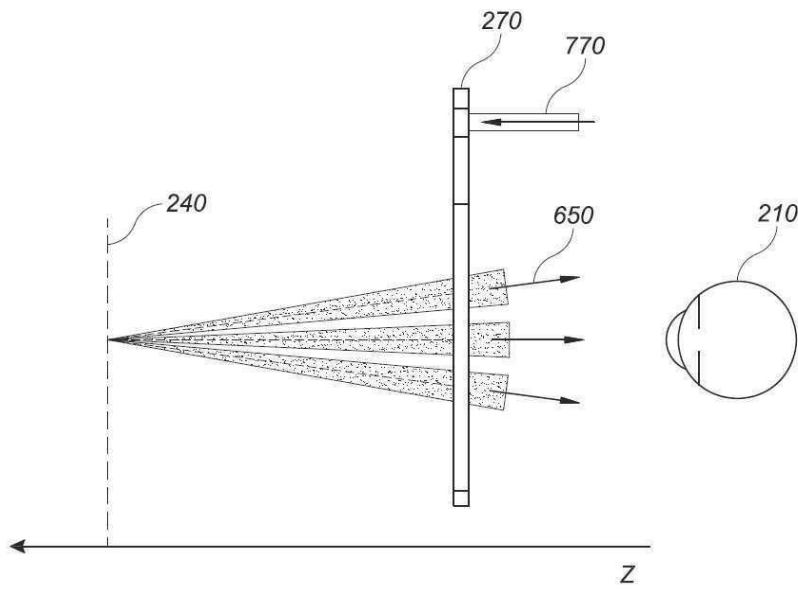
도면4c



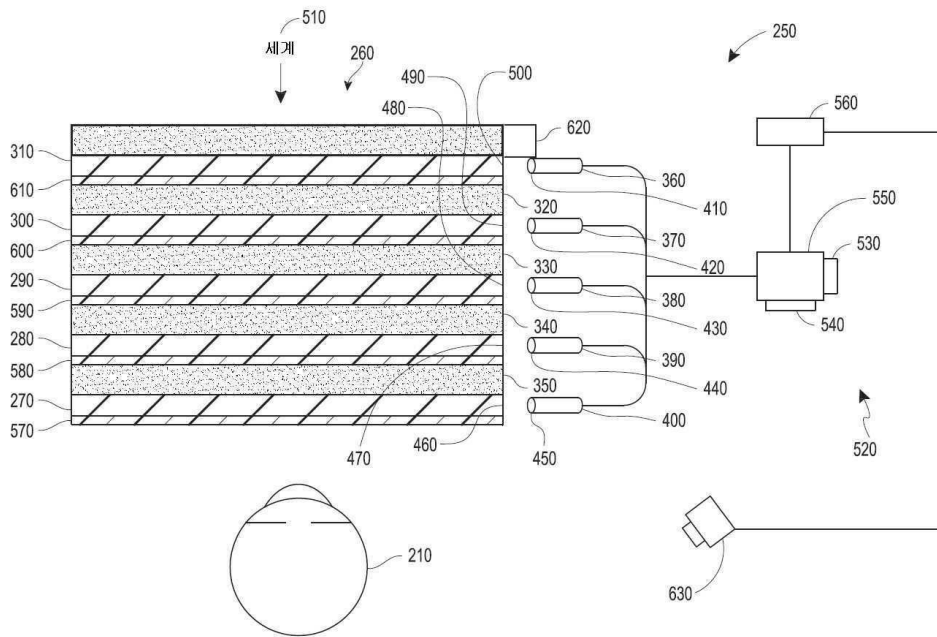
도면4d



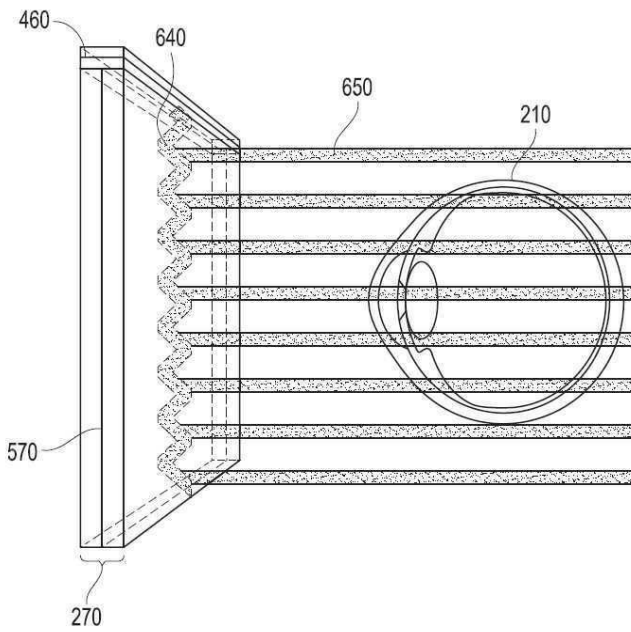
도면5



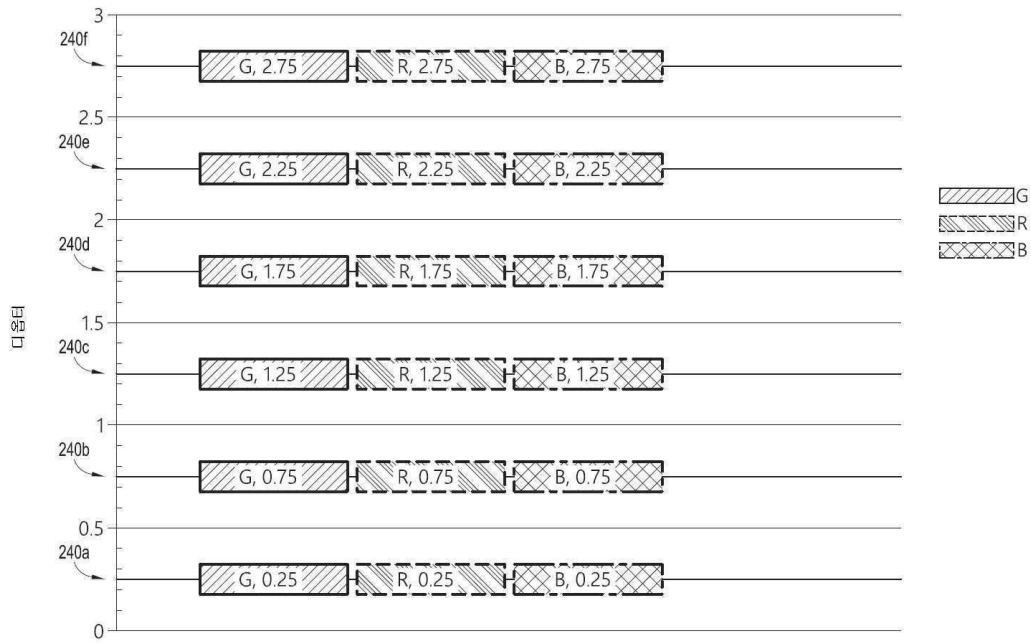
도면6



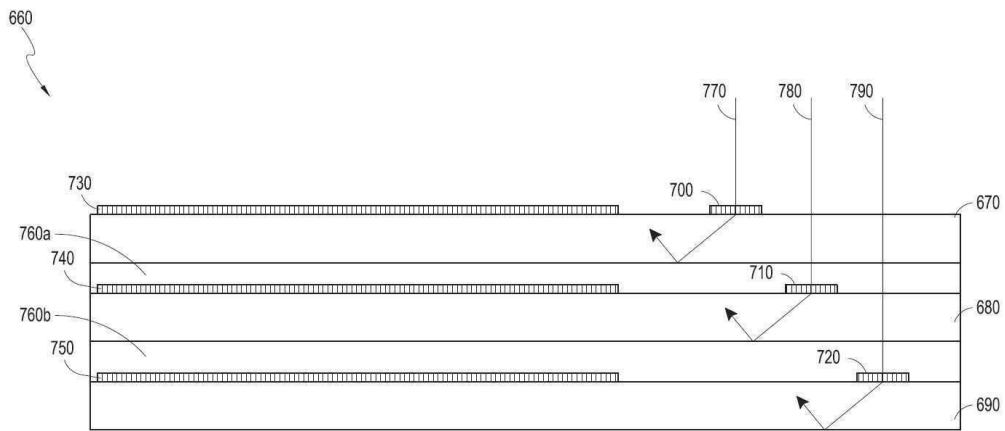
도면7



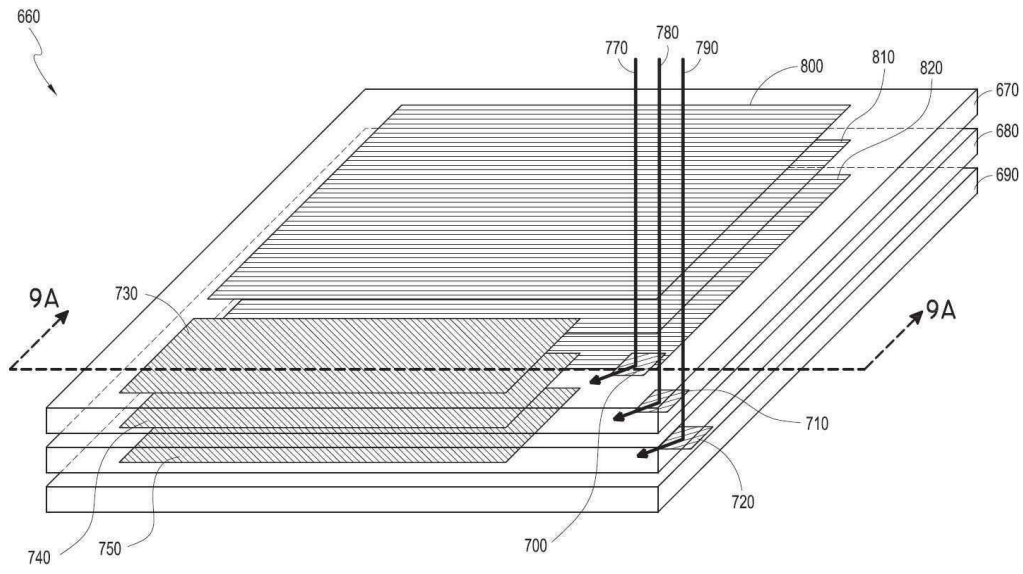
도면8



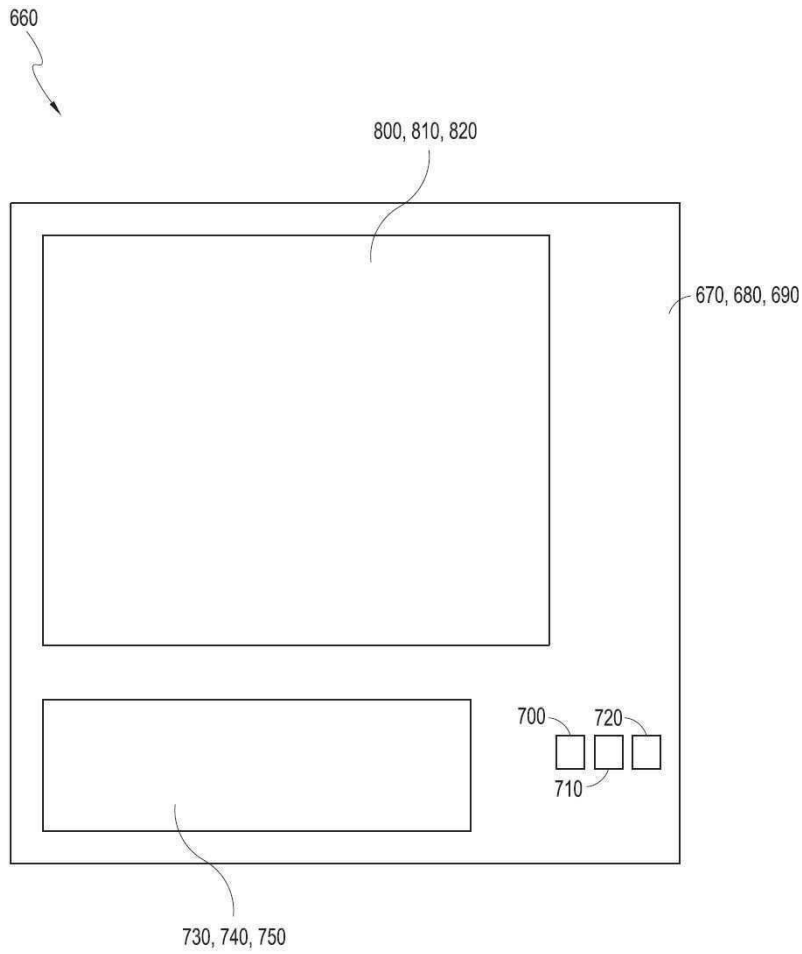
도면9a



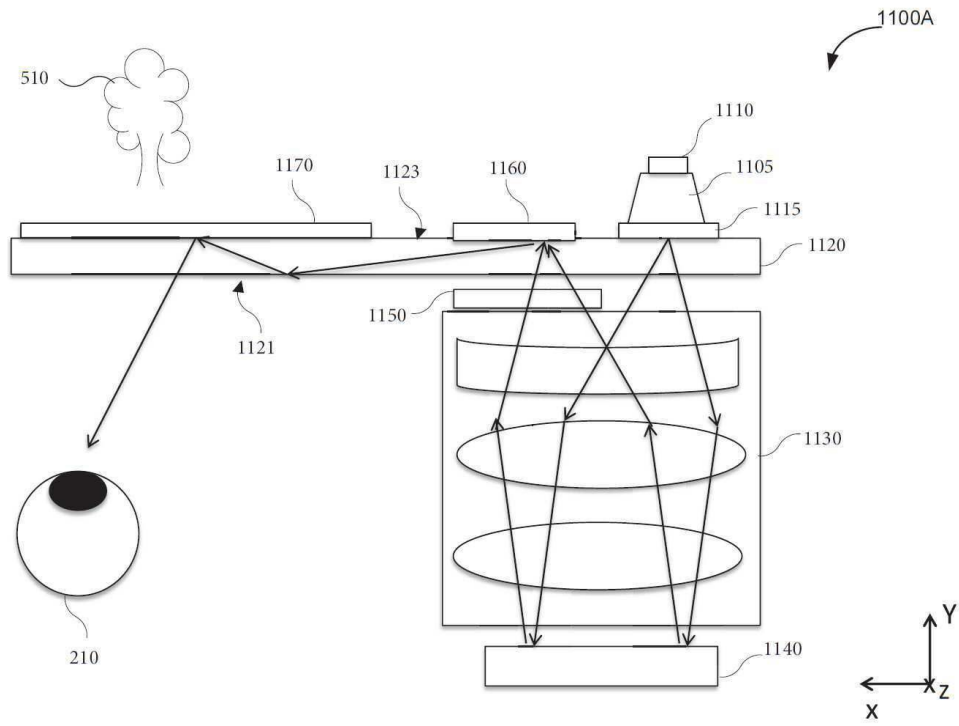
도면9b



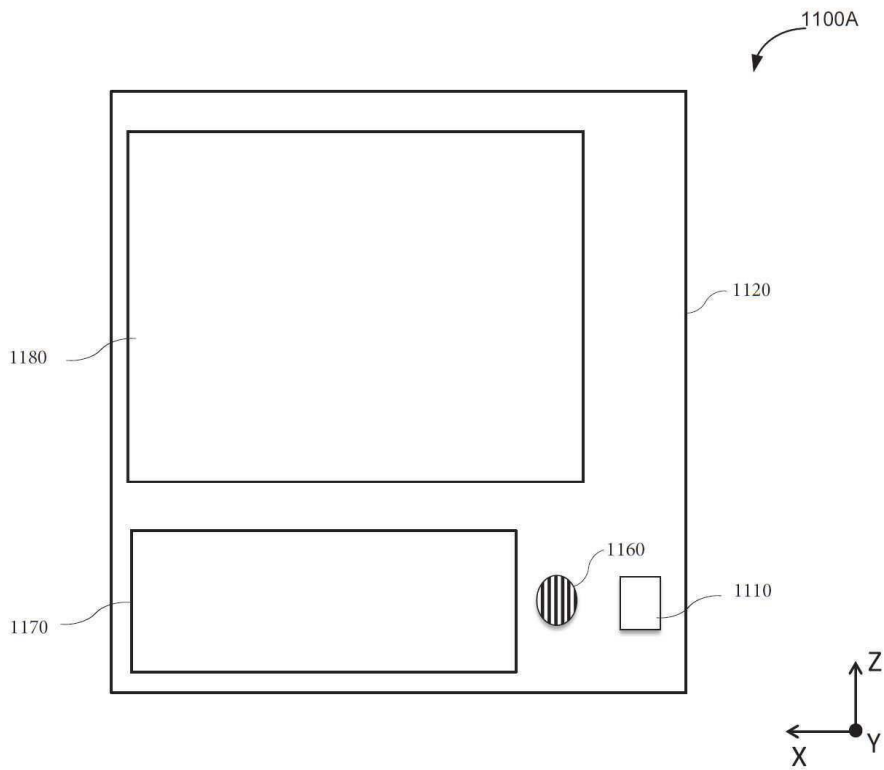
도면9c



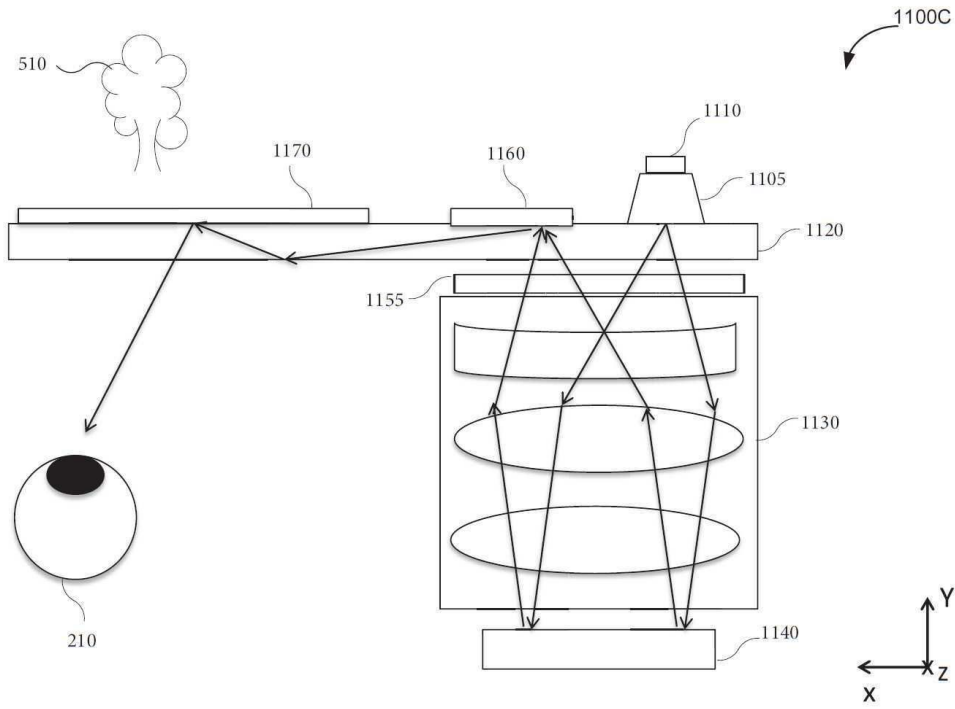
도면11a



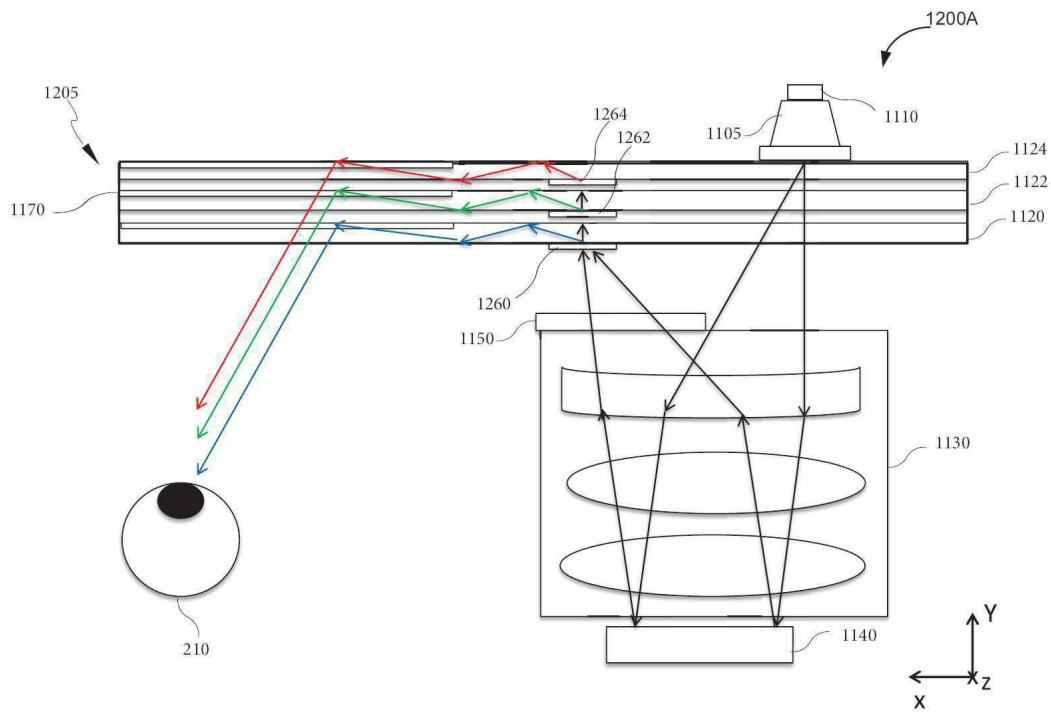
도면11b



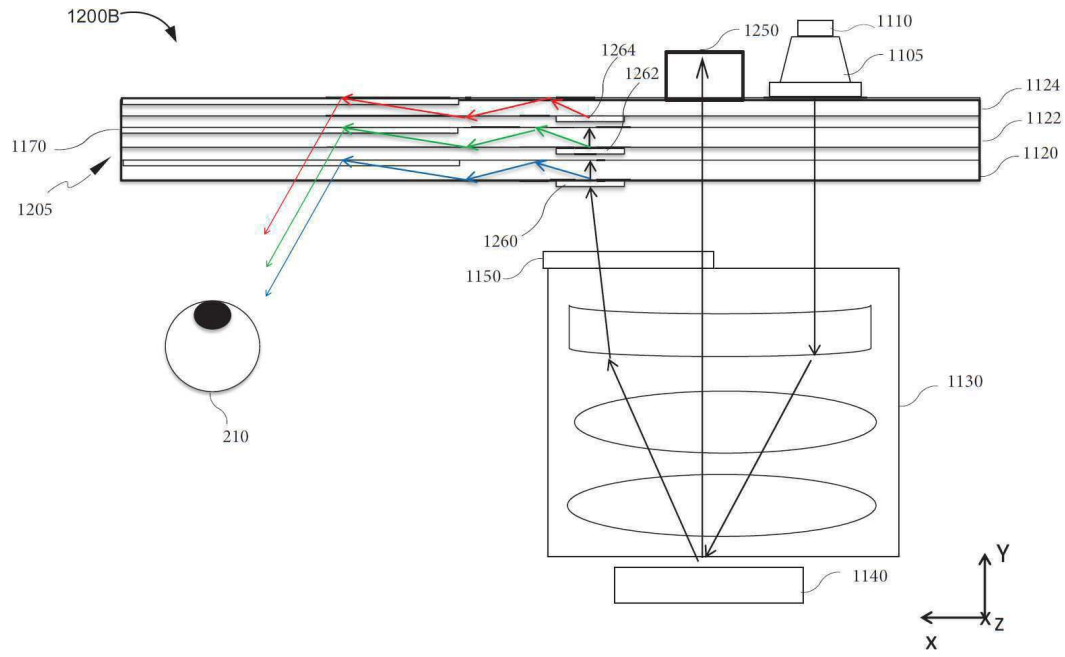
도면11c



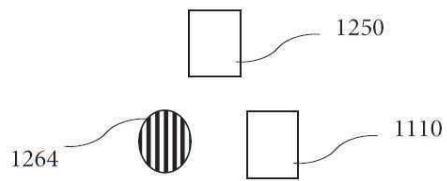
도면12a



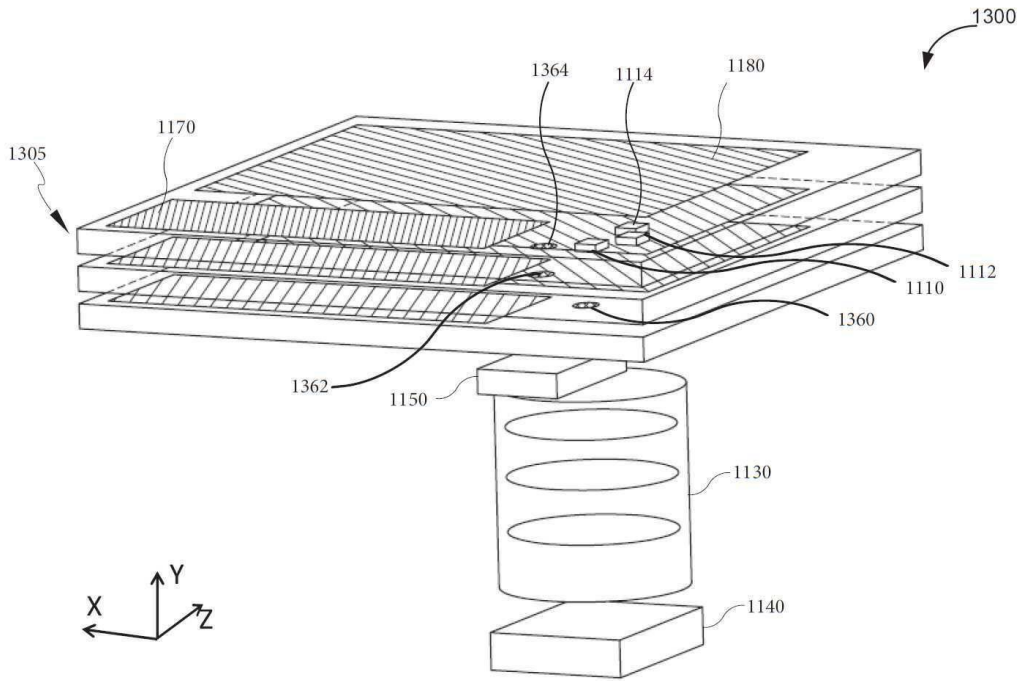
도면 12b



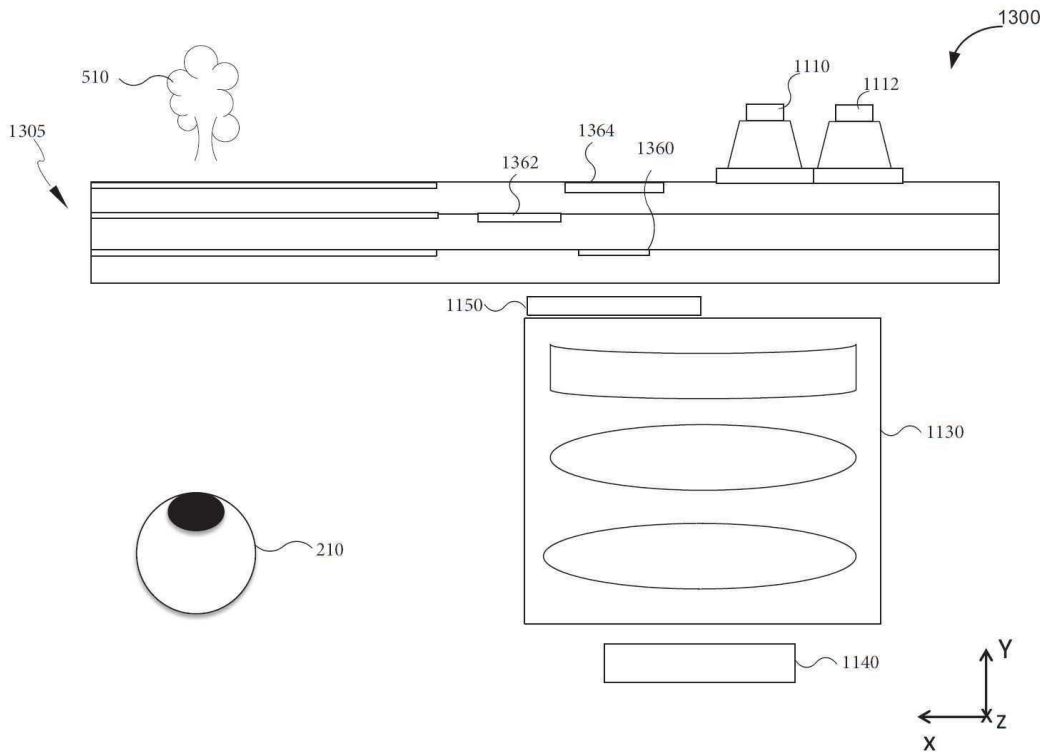
도면 12c



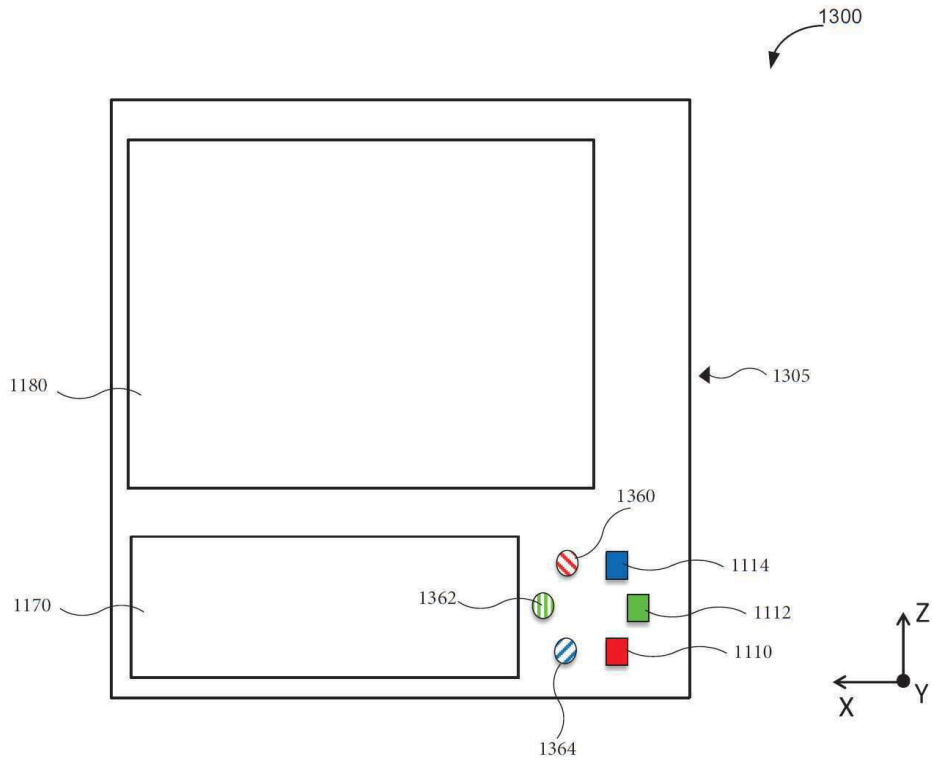
도면13a



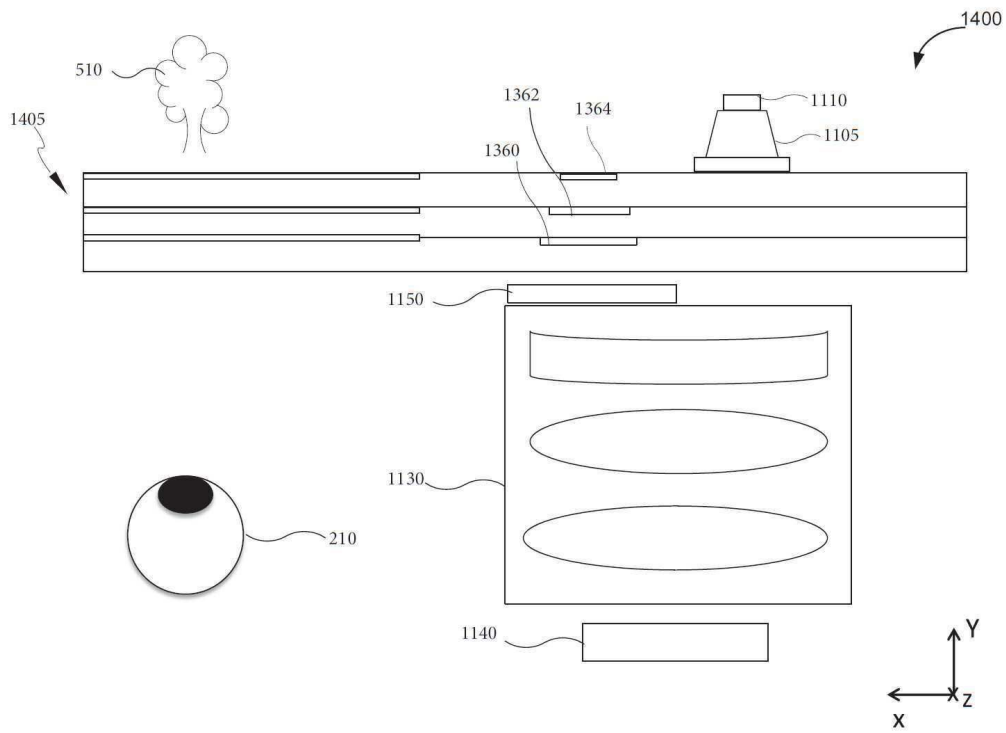
도면13b



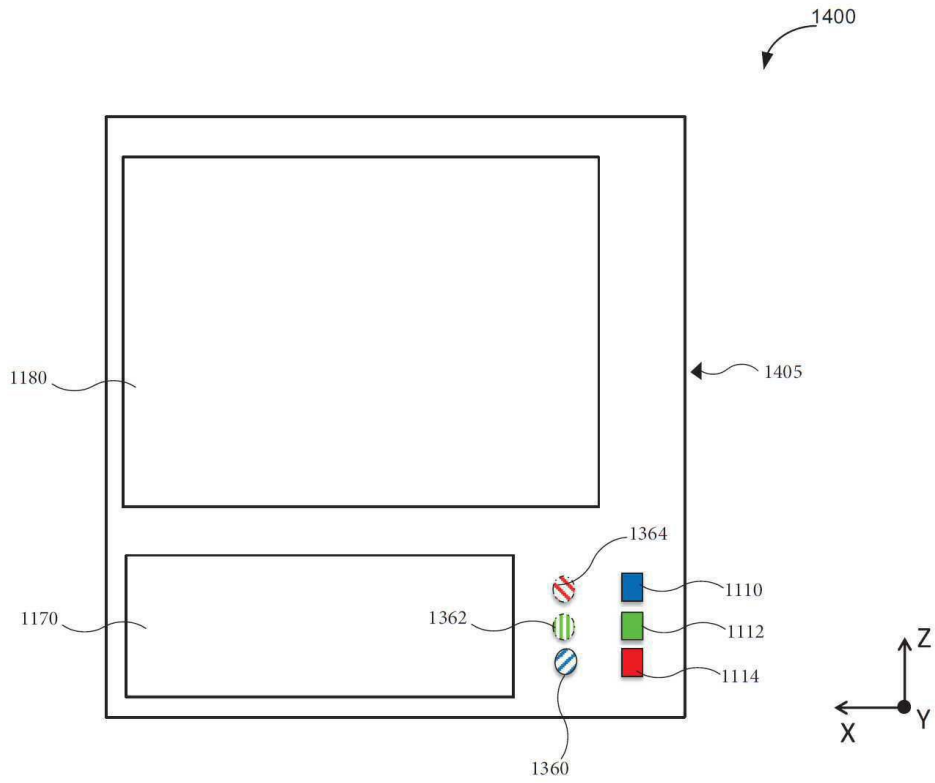
도면13c



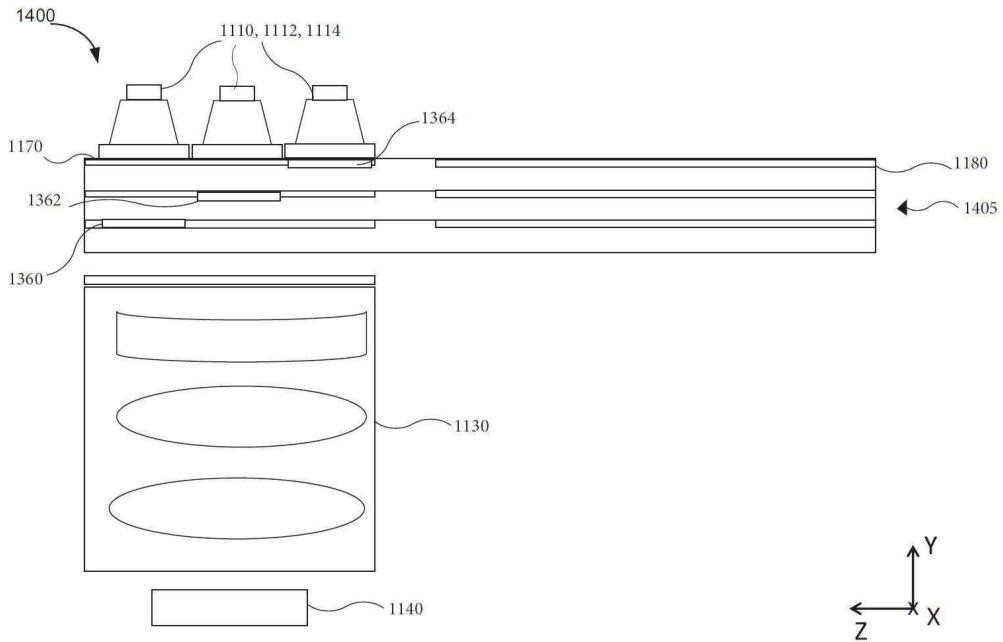
도면14a



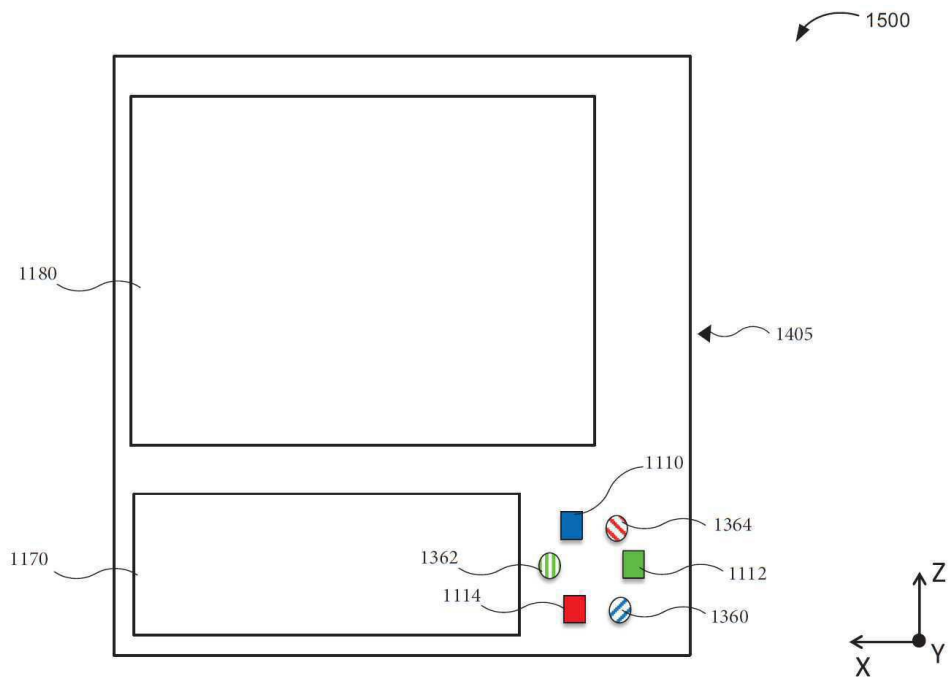
도면14b



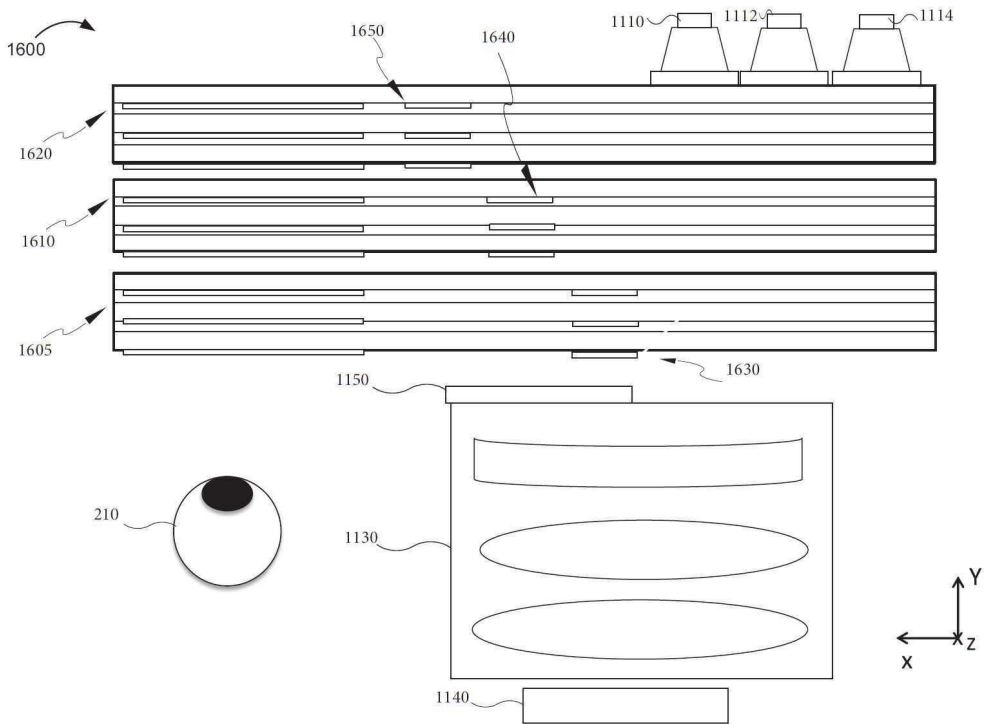
도면14c



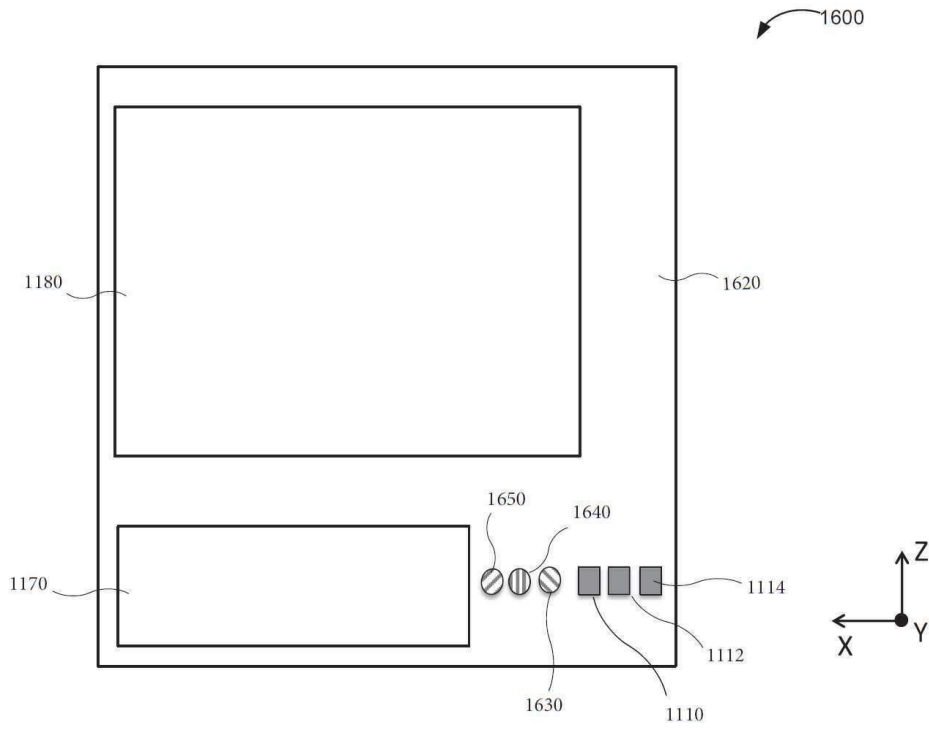
도면15



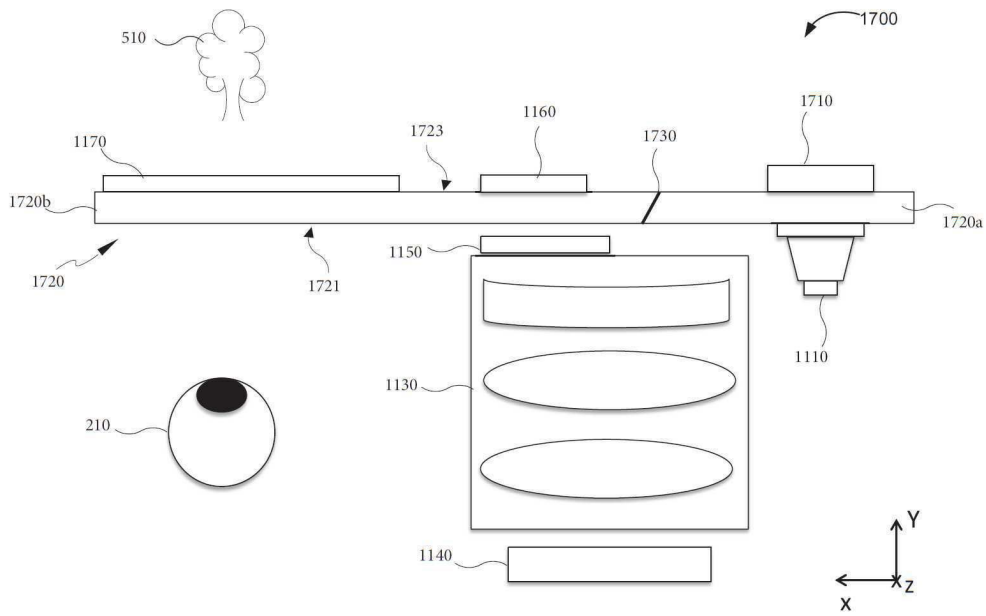
도면16a



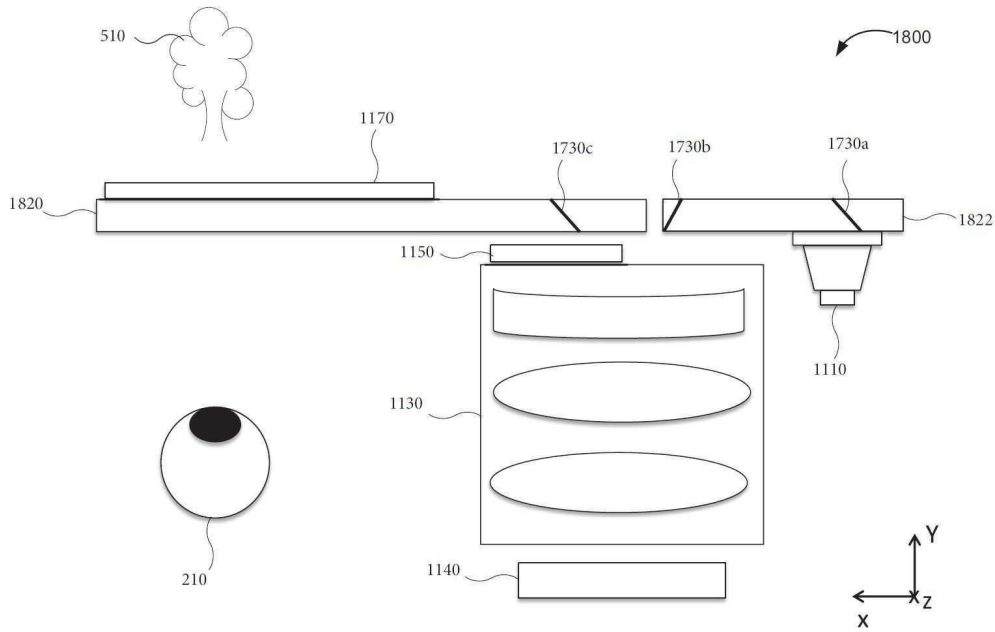
도면16b



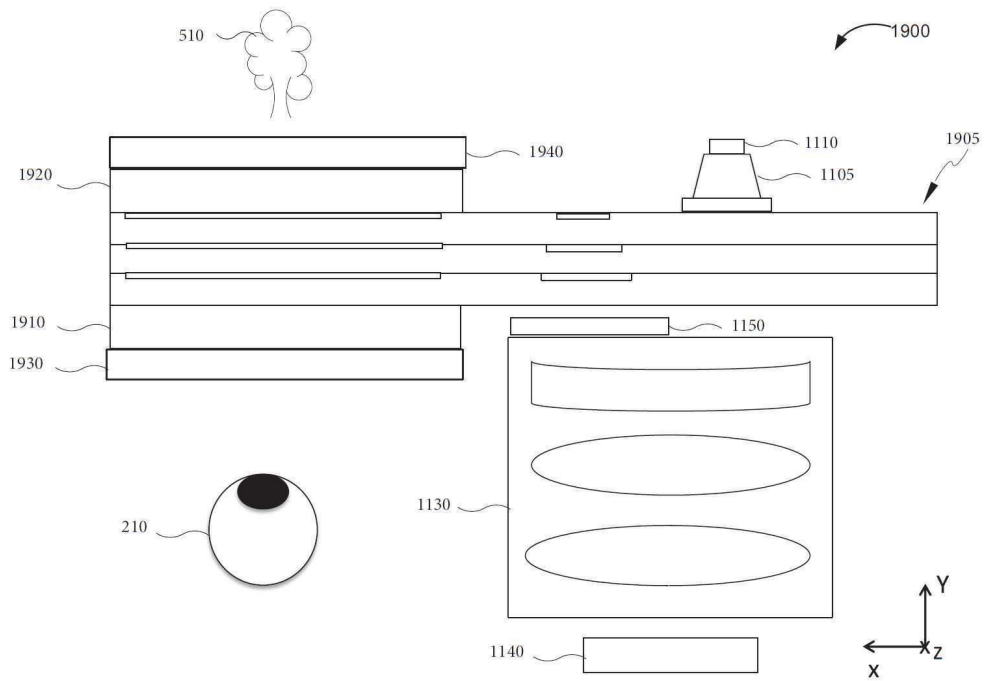
도면17



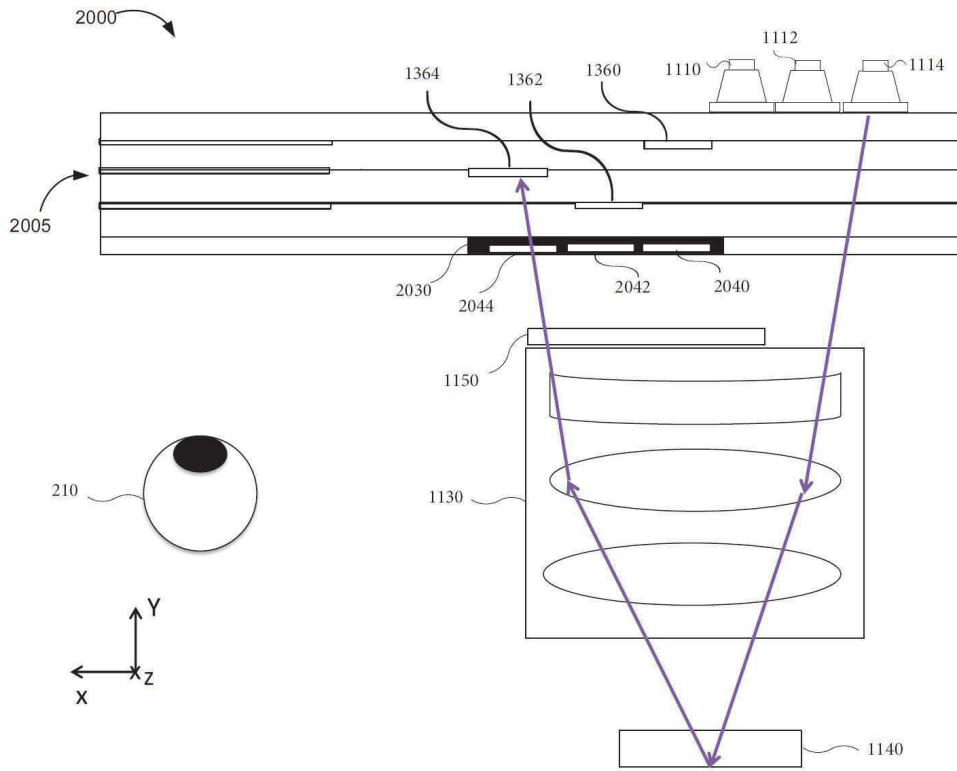
도면18



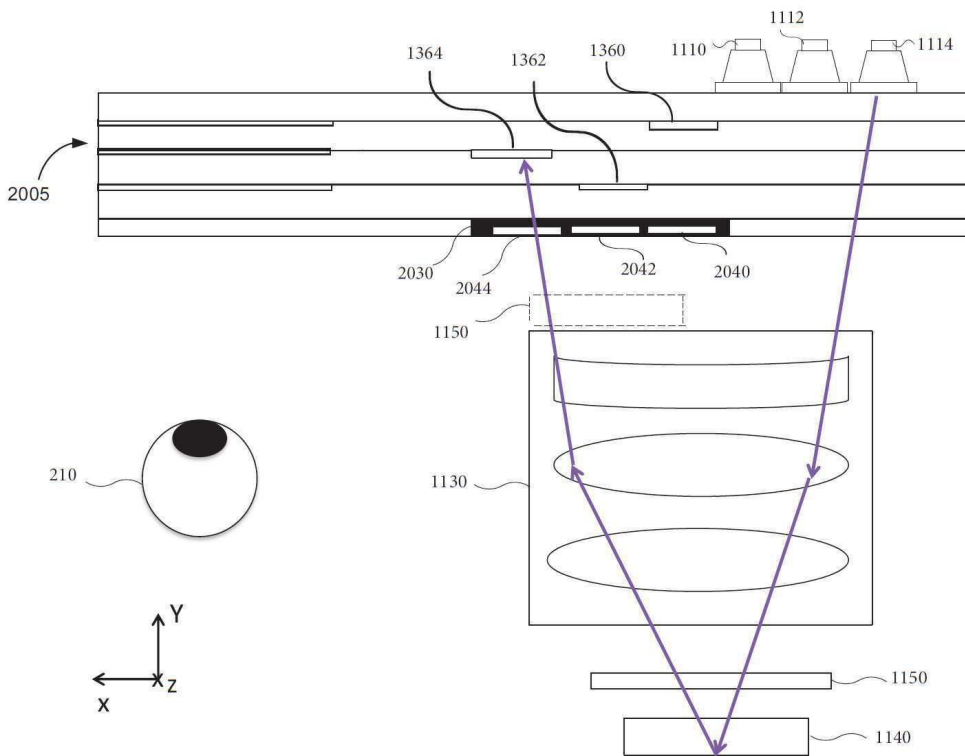
도면19



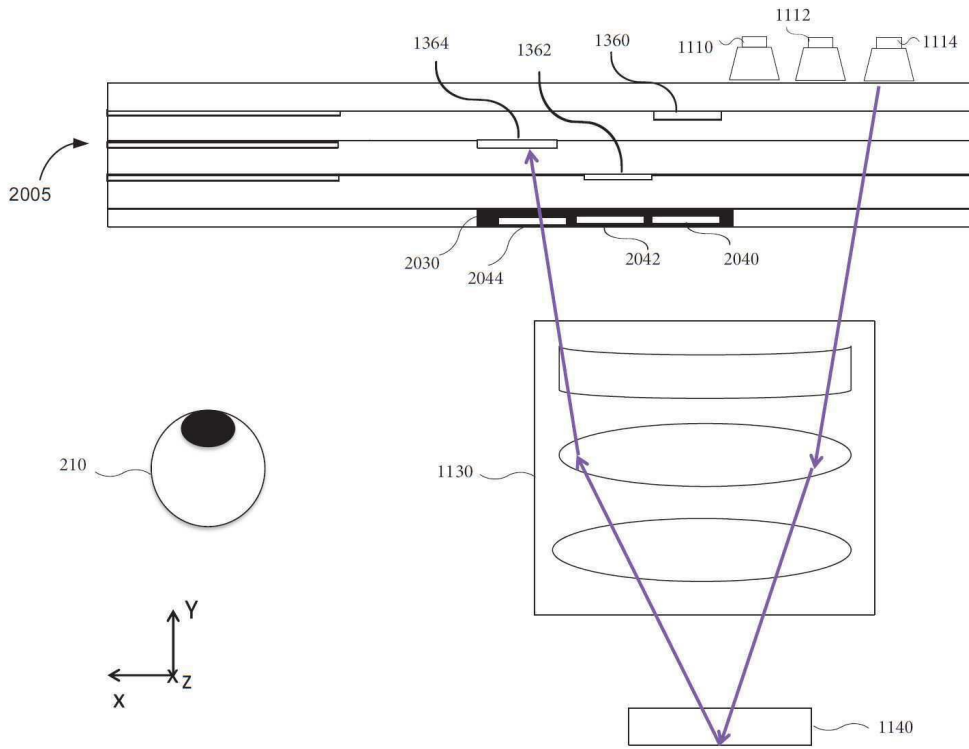
도면20a



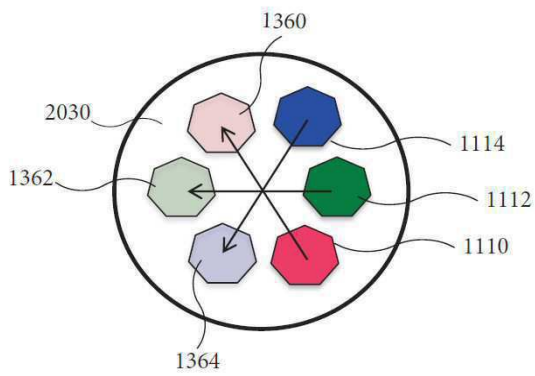
도면20b



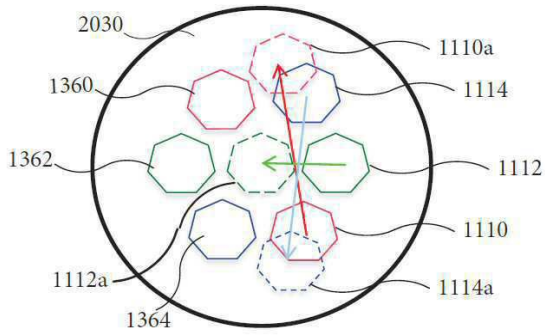
도면20c



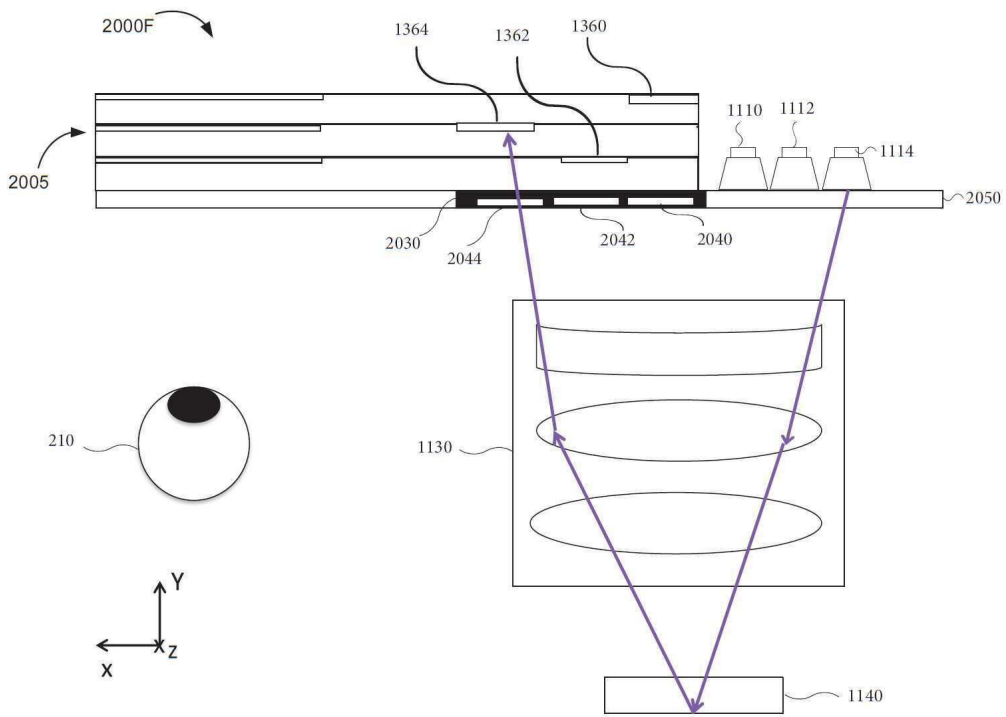
도면20d



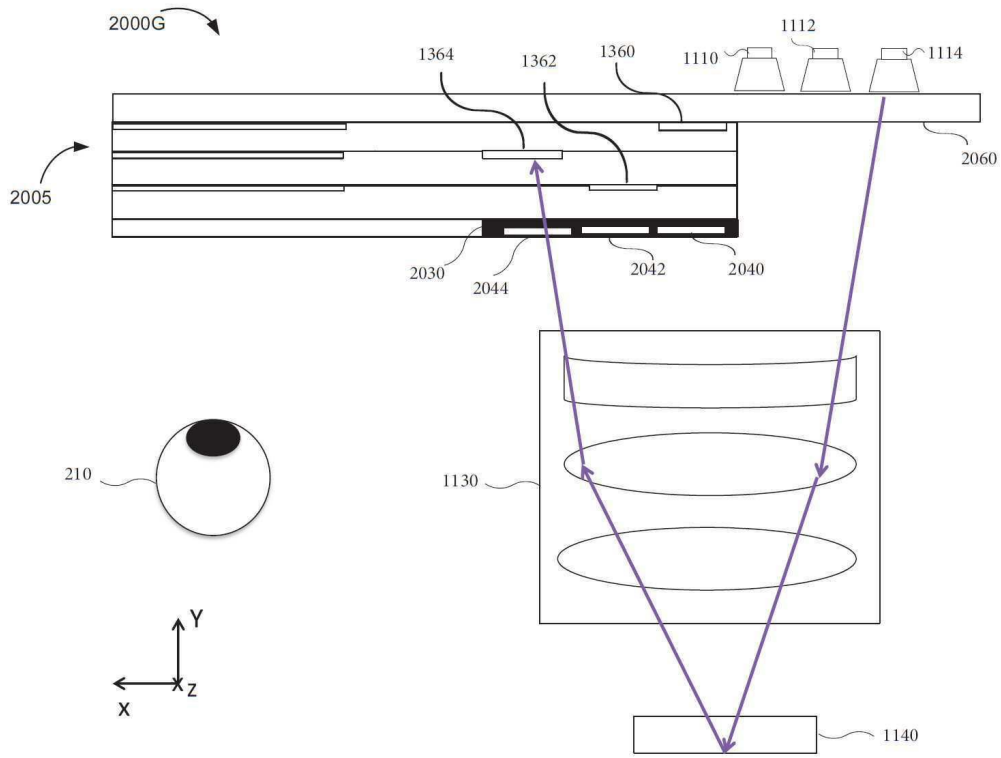
도면20e



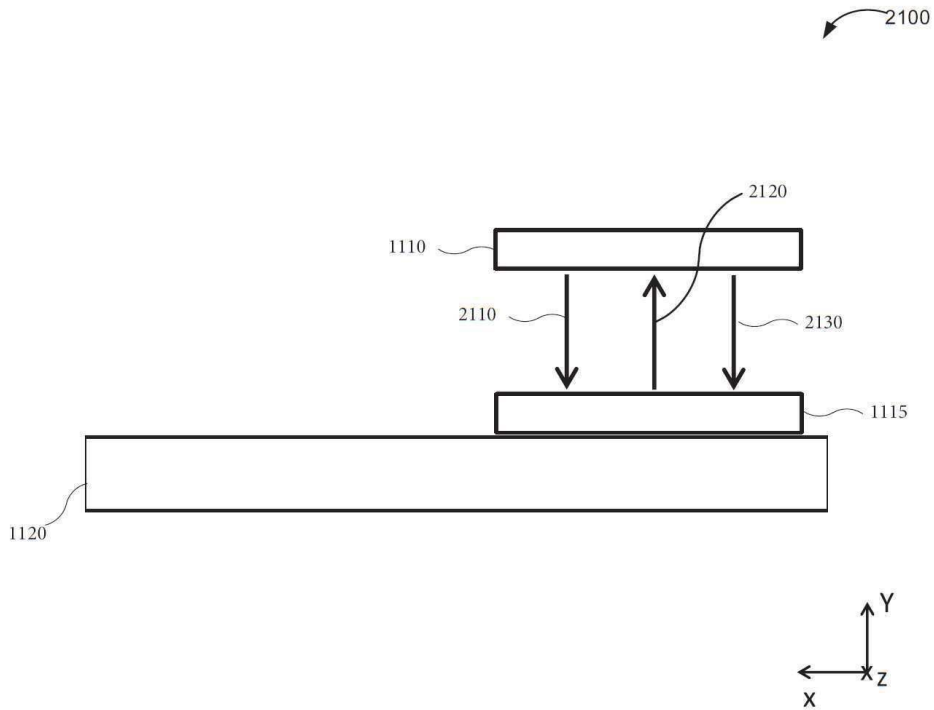
도면20f



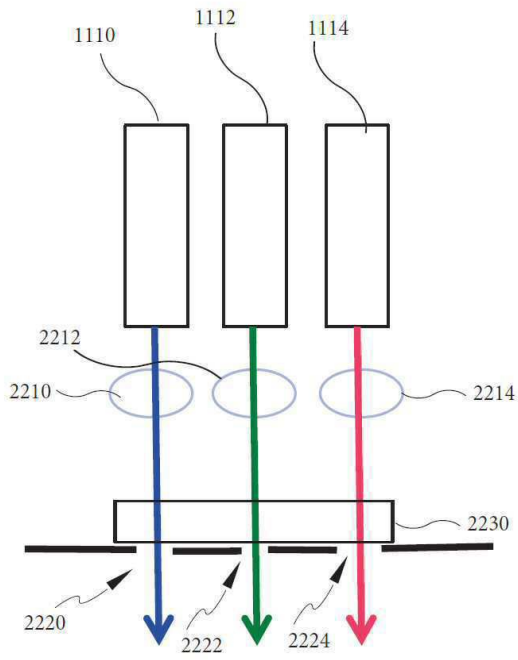
도면20g



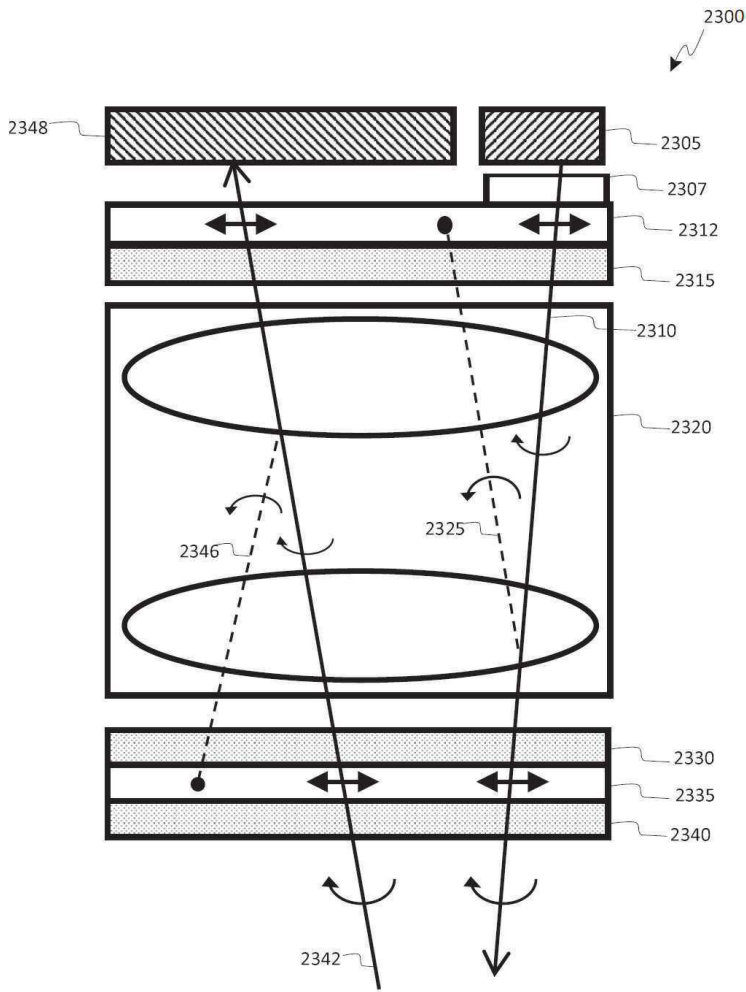
도면21



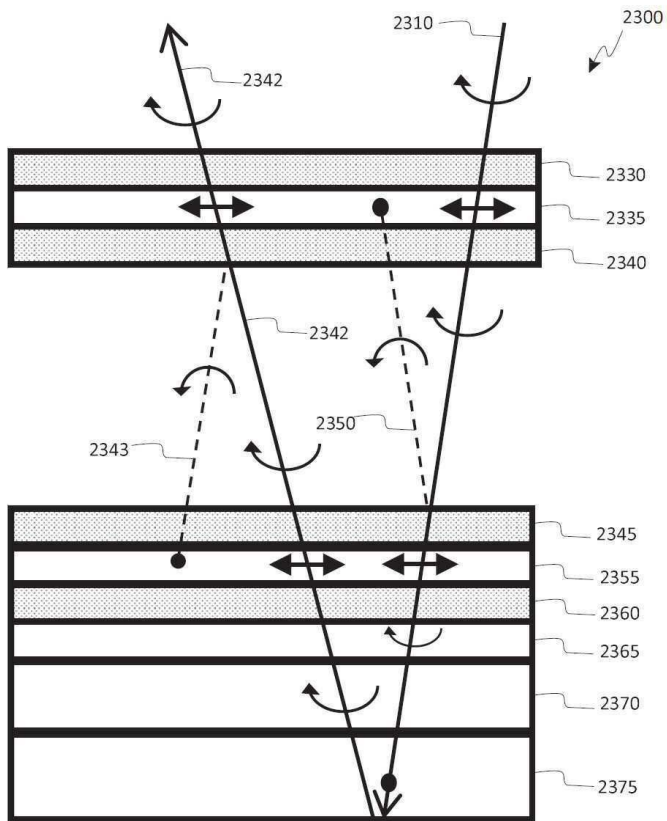
도면22



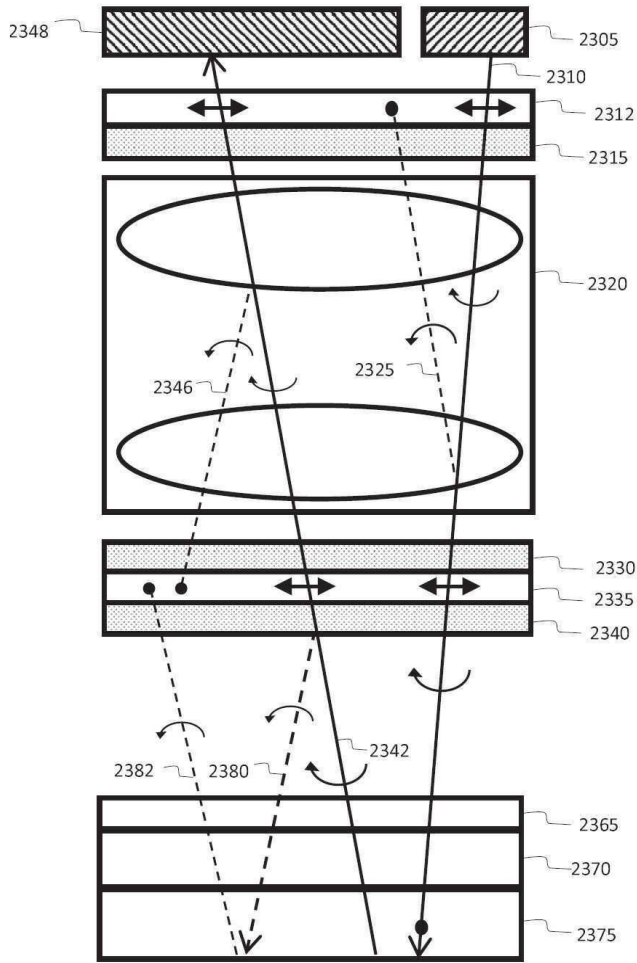
도면23a



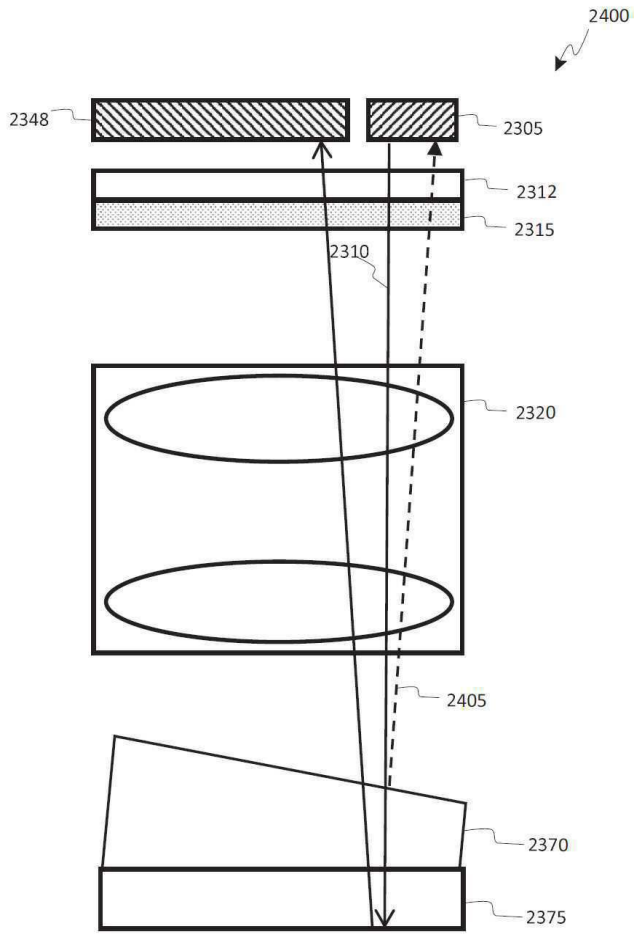
도면 23b



도면23c



도면24



도면25

