(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년03월05일
(11) 등록번호 10-2777406
(24) 등록일자 2025년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/00 (2006.01) *G02B 27/01* (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01) *G02B 6/122* (2006.01)
G02B 6/293 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/0026 (2013.01)
G02B 27/0172 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7021132(분할)
(22) 출원일자(국제) 2016년11월03일
심사청구일자 2022년06월22일
(85) 번역문제출일자 2022년06월21일
(65) 공개번호 10-2022-0093263
(43) 공개일자 2022년07월05일
(62) 원출원 특허 10-2018-7016054
원출원일자(국제) 2016년11월03일
심사청구일자 2021년11월02일
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/060392
(87) 국제공개번호 WO 2017/079480
국제공개일자 2017년05월11일
(30) 우선권주장
62/252,315 2015년11월06일 미국(US)
62/252,929 2015년11월09일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2001201746 A*
JP2007033558 A*
JP2008535032 A*
KR1020120032776 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
매직 립, 인코포레이티드
미국 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500 (우: 33322)
(72) 발명자
페로즈, 크리스토프
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
멜리, 마우로
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 이현홍

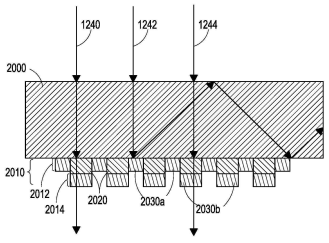
(54) 발명의 명칭 **광을 재지향시키기 위한 메타표면들 및 제조를 위한 방법들**

(57) 요 약

디스플레이 시스템은 메타표면으로 형성되는 광 인커플링 또는 광 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 가진 도파관을 포함한다. 메타표면은 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 이격된 돌출부들 및 돌출부들 사이의 제2 광학적 투과성 재료에 의해 정의된 제1 레벨을 가진 다중레벨(예컨대, 2-레벨) 구조이다. 메타표면은 또한 제2 광학적 투과

(뒷면에 계속)

대 표 도



성 재료에 의해 형성된 제2 레벨을 포함한다. 제1 레벨 상의 돌출부들은 제1 광학적 투과성 재료를 나노임프린팅함으로써 패턴화될 수 있고, 제2 광학적 투과성 재료는 패턴화된 돌출부들 위 및 사이에 증착될 수 있다. 돌출부들 및 돌출부들 사이의 간격의 폭들은 광을 회절시키도록 선택될 수 있고, 돌출부들의 피치는 10-600 nm일 수 있다.

(52) CPC특허분류
G02B 5/1823 (2013.01)
G02B 6/0031 (2013.01)
G02B 6/005 (2013.01)
G02B 6/0065 (2013.01)
G02B 6/0076 (2013.01)
G02B 6/1226 (2013.01)
G02B 6/29316 (2013.01)
G02B 2027/0134 (2013.01)

(72) 발명자
린, 다이안민
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
폴리아코브, 예브게니
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 블러바드 7500
생 힐레르, 피에르
미국 33322 플로리다 플랜테이션 웨스트 선라이즈 블러바드 7500

명 세 서

청구범위

청구항 1

니어-아이(near-eye) 디스플레이 시스템으로서,

입력 이미지 정보를 위한 도파관;

상기 도파관의 표면상에 배치되는 광학 엘리먼트를 포함하고,

상기 광학 엘리먼트는 이미지 정보를 제공하기 위해 광을 인커플링(in-couple) 또는 아웃커플링(out-couple)하도록 구성되고,

상기 광학 엘리먼트는:

다중레벨 메타표면(multilevel metasurface)을 포함하고;

상기 다중레벨 메타표면은:

피치를 가지며 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 복수의 이격된 돌출부들; 및

상기 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트를 포함하고,

상기 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트는 상기 복수의 이격된 돌출부들 위로 연장되어 복수의 이격된 돌출부들 위에 레지스트의 연속 층을 규정하는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 복수의 이격된 돌출부들은 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트와 다른 굴절률을 갖는 레지스트로 형성되는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트는 상기 복수의 이격된 돌출부들을 형성하는 재료보다 더 높은 굴절률을 갖는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트는 상기 도파관을 형성하는 재료보다 더 높은 굴절률을 갖는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 복수의 이격된 돌출부들의 상부 표면들 및 상기 복수의 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트는 편평한 표면을 규정하는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 6

제1 항 내지 제5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 이격된 돌출부들 아래에 있는 레지스트 층을 더 포함하는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 돌출부들의 피치는 상기 도파관의 표면에 걸쳐 변하는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 8

제1 항에 있어서,

이미지 정보를 포함하는 광을 상기 도파관에 주입하도록 구성된 이미지 주입 디바이스를 더 포함하는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 광학 엘리먼트는 인커플링 광학 엘리먼트이고, 상기 이미지 주입 디바이스는 상기 인커플링 광학 엘리먼트는 통해 상기 도파관으로 광을 주입하도록 구성된,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 도파관은 도파관들의 스택(stack) 중 하나이고, 상기 도파관들의 스택 각각은 연관된 다중레벨 메타표면을 포함하는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 11

제10 항에 있어서,

상기 도파관들 중 적어도 일부의 연관된 다중레벨 메타표면들은 상기 도파관들 중 다른 도파관들의 연관된 다중레벨 메타표면들과 상이한 범위들의 파장들의 광을 재지향시키도록 구성되는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 12

제1 항에 있어서,

상기 피치는 10-600 ㎚의 범위에 있는,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 13

제1 항에 있어서,

상기 메타표면은 2-레벨 메타표면인,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 14

제1 항에 있어서,

상기 메타표면은 3-레벨 메타표면인,

니어-아이 디스플레이 시스템.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 출원은 다음 특허 출원을 우선권 주장한다: 2015년 11월 6일에 출원되고, 발명의 명칭이 "METASURFACES FOR REDIRECTING LIGHT AND METHODS FOR FABRICATING"인 미국 가특허 출원 번호 제 62/252,315호; 및 2015년 11월 9일에 출원되고, 발명의 명칭이 "METASURFACES FOR REDIRECTING LIGHT AND METHODS FOR FABRICATING"인 미국 가특허 출원 번호 제 62/252,929호. 이들 우선권 서류들 각각의 전부는 인용에 의해 본원에 통합된다.

[0002] [0002] 본 출원은 또한 다음 특허 출원들 각각의 전부를 인용에 의해 통합한다: 미국 출원 번호 제 14/331,218호(매직 립 도킷 번호(Magic Leap docket no. 20020.00); 미국 출원 번호 제 14/641,376호(매직 립 도킷 번호 20014.00); 미국 가출원 번호 제 62/012,273호(매직 립 도킷 번호 30019.00); 및 미국 가출원 번호 제 62/005,807호(매직 립 도킷 번호 30016.00).

[0003] [0003] 본 개시내용은 증강 및 가상 현실 이미징 및 시각화 시스템들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] [0004] 현대 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 소위 "가상 현실" 또는 "증강 현실" 경험들을 위한 시스템들의 개발을 가능하게 하였고, 여기서 디지털적으로 재생된 이미지들 또는 이미지들의 부분들은, 그들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 인식될 수 있는 방식으로 사용자에게 제시된다. 가상 현실, 또는 "VR" 시나리오는 통상적으로 다른 실제 실세계 시각적 입력에 대한 투명화(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. 예컨대, 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(1)이 도시되는데, 여기서 AR 기술의 사용자는 배경 내의 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(1120)을 특징으로 하는 실세계 공원형 세팅(1100)을 본다. 이들 아이템들에 외에, AR 기술의 사용자는 또한, 그가 실세계 플랫폼(1120) 상에 서있는 로봇 동상(1110), 및 호박벌의 의인화인 것으로 보여지는 날고 있는 만화형 아바타 캐릭터(1130)를 "보는" 것을 인식하지만, 이들 엘리먼트들(1130, 1110)이 실세계에 존재하지 않는다. 인간 시각 인식 시스템은 복잡하기 때문에, 다른 가상 또는 실세계 이미저리(imagery) 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편안하고, 자연스럽고, 풍부한 프리젠테이션을 가능하게 하는 VR 또는 AR 기술을 만들어내는 것은 난제이다.

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

발명의 내용

[0006] [0006] 일부 실시예들에서, 광학 도파관을 형성하기 위한 방법은 광학적 투과성 기판 위에 놓이는 광학적 투과성 저항 층을 제공하는 단계를 포함한다. 레지스트(resist)는 돌출부들 및 개재(intervening) 갭들을 포함하는 패턴으로 패턴화되고, 돌출부들은 10 nm 내지 600 nm 범위의 피치(pitch)를 가진다. 광학적 투과성 재료는 돌출부들 상에 그리고 돌출부들 사이의 갭들에 증착된다.

[0007] [0007] 일부 다른 실시예들에서, 디스플레이 디바이스를 만드는 방법은 메타표면(metasurface)을 포함하는 도파관을 제공하는 단계를 포함한다. 메타표면은 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 복수의 이격된 돌출부들 및 이격된 돌출부들 위의 그리고 사이의 제2 광학적 투과성 재료를 포함한다. 도파관은 광 파이프에 광학적으로 커플링될 수 있다.

[0008] [0008] 또 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 도파관 및 도파관의 표면상에 배치된 광 인커플링(incoupling) 광학 엘리먼트를 포함한다. 광 인커플링 광학 엘리먼트는 피치를 가지며 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 복수의 이격된 돌출부들, 및 이격된 돌출부들 위의 그리고 이들 사이의 제2 광학적 투과성 재료를 포함하는 다중레벨 메타표면을 포함한다.

[0009] [0009] 일부 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 도파관 및 도파관의 표면상에 배치된 광 아웃커플링(outcoupling) 광학 엘리먼트를 포함한다. 광 아웃커플링 광학 엘리먼트는 피치를 가지며 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 복수의 이격된 돌출부들, 및 이격된 돌출부들 위의 그리고 이들 사이의 제2 광학적 투과성 재료를 포함하는 다중레벨 메타표면을 포함한다.

[0010] [0010] 또 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 도파관 및 도파관의 표면상에 배치된 광 인커플링(incoupling) 광학 엘리먼트를 포함한다. 광 인커플링 광학 엘리먼트는 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 복수의 이격된 돌출부들, 및 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트를 포함하는 메타표면을 포함한다.

[0011] [0011] 일부 다른 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 도파관 및 도파관의 표면상에 배치된 광 아웃커플링(outcoupling) 광학 엘리먼트를 포함한다. 광 아웃커플링 광학 엘리먼트는 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 복수의 이격된 돌출부들, 및 이격된 돌출부들 사이의 광학적 투과성 레지스트를 포함하는 메타표면을 포함한다.

[0012] [0012] 본 발명의 부가적인 목적 및 다른 목적, 특징들, 및 장점들은 상세한 설명, 도면들, 및 청구항들에 설명된다

도면의 간단한 설명

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

[0014] [0014] 도 2는 착용가능 디스플레이 시스템의 예를 예시한다.

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

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

다.

[0017] 도 5a-도 5c는 곡률의 반경과 초점 반경 사이의 관계들을 예시한다.

[0018] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택(stack)의 예를 예시한다.

[0019] 도 7은 도파관에 의해 출력된 출구(exit) 빔들의 예를 도시한다.

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

[0021] 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 세트의 측단면도의 예를 예시한다.

[0022] 도 9b는 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 사시도의 예를 예시한다.

[0023] 도 10a는 메타표면의 측단면도들의 예를 예시한다.

[0024] 도 10b는 도 10a에 도시된 일반적인 구조를 가진 메타표면에 대한 투과 및 반사 스펙트럼의 플롯(plot)을 도시한다.

[0025] 도 11a-도 11b는 도파관들로 광을 인커플링하는 메타표면들의 측단면도들의 예들을 도시한다.

[0026] 도 12a-도 12b는 도파관들로부터 광을 아웃커플링하는 메타표면들의 측단면도들의 예들을 도시한다.

[0027] 도 13a-도 13b는 투과 모드에서 동작하는 메타표면들의 예들을 도시한다.

[0028] 도 14a-도 14d는 메타표면을 형성하기 위한 프로세스 흐름의 예를 예시한다.

[0029] 도 15는 메타표면의 제1 레벨 상의 패턴화된 재료의 클로즈-업(close-up) 단면도를 예시한다.

[0030] 도 16aa 및 도 16b-도 16c는, 제2 재료가 아래 놓인 돌출부들의 패턴 위에 상이한 두께들로 증착되는 메타표면 구조들의 측단면도들의 예들을 예시한다.

[0031] 도 16ab는 도 16aa에 도시된 일반적인 구조를 가진 메타표면에 대한 투과 및 반사 스펙트럼의 플롯을 도시한다.

[0032] 도 17a-도 17c는, 제2 재료가 스핀(spin) 또는 제트(jet) 코팅에 의해 증착된 레지스트인 메타표면 구조들의 측단면도들의 예들을 예시한다.

[0033] 도 18a-도 18b는 2 초과의 레벨들을 가진 메타표면들의 측단면도들의 예들을 예시한다.

[0034] 도 19a-도 19d는 2 초과의 레벨들을 가진 메타표면들을 형성하기 위한 프로세스 흐름의 예를 예시한다.

[0035] 도면들은 본원에 설명된 예시적 실시예들을 예시하기 위해 제공되고 본 개시내용의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다. 도면들이 개략적이고 반드시 실척대로 도시되지 않는 것이 인지될 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] [0036] 감소된 차원의 메타표면들, 즉 메타재료들은 기하 옵틱(optic)들과 비교하여 사실상 편평하고, 수차-없는 옵틱들을 훨씬 더 작은 실척들로 실현할 기회들을 제공한다. 이론에 의해 제한되지 않고, 일부 실시예들에서, 메타표면들은 공진 광학 안테나들로서 기능을 하는 표면 구조들의 밀집된 어레인지먼트들을 포함한다. 광-표면 구조 상호작용의 공진 성질은 광학 파면들을 조작할 수 있는 능력을 제공한다.

[0015] [0037] 그러나, 메타표면들은 통상적으로 매우 높은 굴절률 재료들로 형성되는 반면, 이들의 통상적인 애플리케이션들은 다른 경우에 본질적으로 높은 흡수로 인해 적외선 파장들로 제한된다. 예컨대, 빔 성형을 위한 메타표면들은 높은 굴절률 불투명 재료들, 이를테면 실리콘 웨이퍼들을 사용하여 근-적외선 광을 위해 개발되었다. 그러나, 높은 굴절률 재료들에 기반한 이들 메타표면 구조들은, 구조들의 두께에 걸쳐 가시 파장들의 광을 투과시킬 때 바람직하지 않게 큰 퍼센티지(예컨대, 40% 또는 그 초과)의 충돌 광을 흡수할 수 있다. 약 2의 굴절률을 가진 가시 파장 불투명(ransparent) 재료들, 이를테면 실리콘 질화물은 광학 파면들을 효과적으로 조작하기 위해 원해진 광학 공진을 지원하는데 충분히 높은 굴절률을 가지는 것으로 고려되지 않았다.

[0016] [0038] 메타표면들은 또한 이들의 제조 시 난제들을 겪는다. 인입 광의 파장 미만인 메타표면들 및 이들의 특성 피처(feature)들을 형성하는 표면 구조들의 사이즈들이 주어지면, 리소그래피 및 에칭 프로세스들은 통상적

으로 표면들을 제작하는데 사용된다. 그러나, 이들 프로세스들에 사용된 그런 프로세스들 및 장비는, 특히 메타표면이 메타재료 구조의 특성 사이즈보다 몇천 배 더 클 수 있는 큰 표면적에 걸쳐 연장될 때, 엄청나게 비싸다.

[0017] [0039] 유리하게, 본원에 개시된 일부 실시예들에 따라, 다중-레벨 메타표면은, 광학 스펙트럼의 가시 부분의 광을 포함하여, 광의 높은 파장 선택적 재지향을 제공하면서, 비교적 낮은 굴절률 재료들의 사용을 허용한다. 바람직하게, 메타표면은, 다른 파장들의 광에 투과성인 동안, 광의 일부 파장들을 선택적으로 재지향시킨다. 그런 특징들은 통상적으로 미크론 스케일(scale)들(예컨대, 포노닉(photonics) 결정 섬유들 또는 분산형 브래그(bragg) 반사기들)의 구조로 엔지니어링되지만, 본원의 다양한 실시예들은 나노-스케일들(예컨대, 10-100x보다 더 작은 스케일들)의 다중-레벨 기하구조들을 포함하고, 그리고 전자기 스펙트럼의 가시 부분의 광의 선택적인 재지향을 제공한다. 다중-레벨 기능성을 가진 그런 메타표면들은 단일 기능성의 층들의 하나씩 스택된 아키텍처들에 비해 장점들을 제공한다. 게다가, 메타표면 구조들은 나노임프린팅(nanoimprinting)으로 패턴화함으로써 형성될 수 있고, 따라서 값비싼 리소그래피 및 에칭 프로세스들이 회피된다.

[0018] [0040] 일부 실시예들에서, 메타표면은 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 이격된 돌출부들 및 돌출부들 사이의 제2 광학적 투과성 재료에 의해 정의된 제1 레벨을 가진 다중레벨(예컨대, 2-레벨) 구조이다. 메타표면은 또한 돌출부들의 최상부 표면상에 배치된 제2 광학적 투과성 재료에 의해 형성된 제2 레벨을 포함한다. 제1 및 제2 광학적 투과성 재료들은 광학적 투과성 기판, 예컨대 도파관 상에 형성될 수 있다. 제1 및 제2 광학적 투과성 재료들은 기판상에 증착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 및 제2 광학적 투과성 재료들은 비결정질 또는 결정질일 수 있다. 일부 실시예들에서, 돌출부들의 피치 및 제1 및 제2 레벨들의 높이들은 예컨대 회절에 의해 광을 재지향시키도록 구성된다. 일부 실시예들에서, 메타표면은, 돌출부들이 계단들 형태를 취하는 3-레벨 또는 더 높은 구조일 수 있고, 제2 광학적 투과성 재료는 돌출부들의 측부들 및 상부 표면들에 존재한다.

[0019] [0041] 일부 실시예들에서, 돌출부들의 피치는 약 10 nm-1 ㎛, 10-600 nm, 약 200-500 nm, 또는 약 300-500 nm이고, 각각의 레벨의 높이들은 약 10 nm-1 ㎛, 약 10-500 nm, 약 50-500 nm, 또는 약 100-500 nm이다. 돌출부들의 피치 및 각각의 레벨의 높이(또는 두께)가 재지향을 위해 원해진 광의 파장 및 재지향의 각도에 따라 선택될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일부 실시예들에서, 피치는, 메타표면이 재지향하도록 구성되는 광의 파장 미만이다. 일부 실시예들에서, 제2 광학적 투과성 재료는 돌출부들 사이의 공간을 부분적으로 또는 완전히 점유하지만, 돌출부들 위로 연장되지 않는다. 일부 실시예들에서, 피치 및 각각의 레벨의 높이들 외에, 돌출부들의 폭들은 재지향을 위해 원해진 광의 파장 및 재지향 각도에 따라 선택될 수 있다. 예들로서, 돌출부들은 10-250 nm를 포함하여 약 10 nm-1 ㎛의 폭들을 가질 수 있다.

[0020] [0042] 본원에 개시된 바와 같이, 제1 레벨, 또는 3 또는 더 높은 레벨 구조의 최상부 레벨 아래 레벨들 상의 돌출부들은 일부 실시예들에서, 리소그래피 및 에칭에 의해 패턴화될 수 있다. 더 바람직하게, 돌출부들은 제1 광학적 투과성 재료를 나노임프린팅함으로써 패턴화될 수 있다. 이어서, 제2 광학적 투과성 재료는 패턴화된 돌출부들 사이(및, 일부 실시예들에서 위)에 증착될 수 있다. 증착은 방향성 증착들, 블랭킷(blanket) 증착들(예컨대, 등각 증착들), 및 스핀 또는 제트-코팅을 포함하여 다양한 프로세스들에 의해 달성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 광학적 투과성 재료는, 재료가 돌출부들 사이 및 최상부에 자리하도록 하는 두께로 증착되고, 제2 광학적 투과성 재료는 돌출부들 각각의 위에 재료의 플래토(plateau)를 형성하고 최상부 레벨 상의 플래토와 하부 레벨들 상의 돌출부들 사이에 갭을 남긴다. 일부 다른 실시예들에서, 증착은, 돌출부들 사이의 갭이 충진되는 정도로 진행된다. 또 다른 실시예들에서, 제2 광학적 투과성 재료의 증착은, 제2 광학적 투과성 재료의 연속 층이 제2 레벨 상에 형성되는 정도로 진행된다.

[0021] [0043] 일부 실시예들에서, 도파관들은 다이렉트 뷰(direct view) 디스플레이 디바이스들 또는 니어-아이(near-eye) 디스플레이 디바이스들을 형성할 수 있고, 도파관들은 입력 이미지 정보를 수신하고 입력 이미지 정보에 기반하여 출력 이미지를 생성하도록 구성된다. 이들 디바이스들은 착용가능할 수 있고 일부 실시예들에서 안경류를 구성할 수 있다. 도파관들에 의해 수신된 입력 이미지 정보는 하나 또는 그 초과의 도파관들에 인커플링되는 상이한 파장들(예컨대, 적색, 녹색 및 청색 광)의 멀티플렉싱된(multiplexed) 광 스트림들로 인코딩될 수 있다. 인커플링된 광은 내부 전반사로 인해 도파관을 통해 전파될 수 있다. 인커플링된 광은 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들에 의해 도파관으로부터 아웃커플링(또는 출력)될 수 있다.

[0022] [0044] 유리하게, 메타표면은 도파관 상에 형성될 수 있고 인커플링 및/또는 아웃커플링 광학 엘리먼트일 수 있다. 메타표면의 조밀성 및 평면성은, 소형 도파관, 및 다수의 도파관들이 스택을 형성하는 도파관들의 소형 스택을 허용한다. 게다가, 메타표면의 높은 파장 선택성은 광을 인커플링 및/또는 아웃커플링하는데 높은 정밀

도를 허용하고, 이는, 광이 이미지 정보를 포함하는 애플리케이션들에서 높은 이미지 품질을 제공할 수 있다. 예컨대, 높은 선택성은, 풀(full) 컬러 이미지들이 동시에 상이한 컬러들 또는 파장들의 광을 출력함으로써 형성되는 구성들에서 채널 누화를 감소시킬 수 있다.

[0023] [0045] 메타표면이 일부 실시예들에서 반사 또는 회절에 의해 광을 선택적으로 재지향시킬 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 메타표면은, 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 반사시키면서, 다른 파장들의 광을 투과시킬 수 있다. 유리하게, 그런 "반사 모드"에서 광의 재지향은 반사 또는 회절에 의해 재지향되는 광의 파장들에 비해 엄격한 제어 및 높은 특이성을 제공한다. 일부 다른 실시예들에서, 메타표면은, 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 선택적으로 지향시키면서, 또한 그 광을 투과시키고 그리고 이들 다른 파장들의 광의 경로를 실질적으로 변화시키지 않고 다른 파장들의 광을 투과시키는 "투과 모드"로 기능할 수 있다.

[0024] [0046] 이제 도면들에 대해 참조가 이루어질 것이고, 여기서 유사한 참조 번호들은 전체에 걸쳐 유사한 피처들을 지칭한다.

[0025] 예시적인 디스플레이 시스템들

[0026] [0047] 본원에 개시된 다양한 실시예들은 일반적으로 디스플레이 시스템들로서 구현될 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템들은 유리하게 더 실감형 VR 또는 AR 경험을 제공할 수 있는 안경류(예컨대, 이들은 착용가능함)의 형태를 취한다. 예컨대, 다수의 깊이 평면들을 디스플레이하기 위한 도파관들, 예컨대 도파관들의 스택(각각의 깊이 평면에 대해 하나의 도파관 또는 도파관들의 세트)을 포함하는 디스플레이들은 사용자, 또는 뷰어(viewer)의 눈들의 전면에 포지셔닝되어 착용되도록 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 다수의 도파관들, 예컨대 도파관들의 2개의 스택들(뷰어의 각각의 눈에 대해 하나)은 각각의 눈에 상이한 이미지들을 제공하기 위해 활용될 수 있다.

[0027] [0048] 도 2는 착용가능 디스플레이 시스템(80)의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(80)은 디스플레이(62), 및 그 디스플레이(62)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계적 및 전자적 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(62)는 안경류를 구성하고 디스플레이 시스템 사용자 또는 뷰어(60)에 의해 착용가능하고 그리고 사용자(60)의 눈들의 전면에 디스플레이(62)를 포지셔닝하도록 구성된 프레임(64)에 커플링될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(66)는 프레임(64)에 커플링되고 사용자(60)의 외이도(ear canal)에 인접하게 포지셔닝된다(일부 실시예들에서, 도시되지 않은 다른 스피커가 사용자의 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/형상화가능 사운드 제어를 제공함). 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 또한 하나 또는 그 초과의 마이크로폰들(67) 또는 사운드를 검출하기 위한 다른 디바이스들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로폰은 사용자가 입력들 또는 커맨드들을 시스템(80)에 제공하게 하도록 구성되고(예컨대, 음성 메뉴 커맨드들, 자연어 질문들 등의 선택) 그리고/또는 다른 사람들(예컨대, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들)과 오디오 통신을 허용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템은 프레임(64)에 부착되거나, 다른 방식으로 사용자(60)에게 부착될 수 있는 하나 또는 그 초과의 카메라들(도시되지 않음)을 포함할 수 있다. 카메라는, 사용자(60)가 위치된 주변 환경의 이미지들을 캡처하도록 포지셔닝되고 배향될 수 있다.

[0028] [0049] 계속 도 2를 참조하면, 디스플레이(62)는 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 이를테면 프레임(64)에 고정되게 부착되거나, 사용자에 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정되게 부착되거나, 헤드폰들에 임베딩되거나, 그렇지 않으면 사용자(60)에게 제거가능하게 부착되는(예컨대, 백팩(backpack)-스타일 구성으로, 벨트-커플링 스타일 구성으로) 로컬 데이터 프로세싱 모듈(70)에 이를테면 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해, 동작가능하게 커플링(68)된다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 하드웨어 프로세서뿐 아니라, 디지털 메모리, 이를테면 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브들)를 포함할 수 있고, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 돕기 위해 활용될 수 있다. 데이터는 a) 센서들(예컨대 프레임(64)에 동작가능하게 커플링되거나 그렇지 않으면 사용자(60)에게 부착될 수 있음), 이를테면 이미지 캡처 디바이스들(이를테면 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴파스(compass)들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 및/또는 자이로들로부터 캡처되고; 및/또는 b) 원격 프로세싱 모듈(72) 및/또는 원격 데이터 저장소(74)를 사용하여 포착되고 그리고/또는 프로세싱되고, 그런 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 가능하게 디스플레이(62)에 전달되는 데이터를 포함한다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 통신 링크들(76, 78)에 의해, 이를테면 유선 또는 무선 통신 링크들을 통하여, 원격 프로세싱 모듈(72) 및 원격 데이터 저장소(74)에 동작가능하게 커플링될 수 있어서, 이들 원격 모듈들(72, 74)은 서로 동작가능하게 커플링되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)에 대한 리소스들로서 이용가능하다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴파스들, GPS 유닛들, 라디오

디바이스들 및/또는 자이로들 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이들 센서들 중 하나 또는 그 초과는 프레임(64)에 부착될 수 있거나, 또는 유선 또는 무선 통신 경로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)과 통신하는 독립형 구조들일 수 있다.

[0029] [0050] 계속 도 2를 참조하면, 일부 실시예들에서, 원격 프로세싱 모듈(72)은 데이터 및/또는 이미지 정보를 분석 및 프로세싱하도록 구성된 하나 또는 그 초과의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(74)는 "클라우드" 리소스 구성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통하여 이용가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 설비를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 모든 데이터는 저장되고 모든 컴퓨테이션(computation)들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 수행되고, 이는 원격 모듈로부터 완전히 자율적인 사용을 허용한다.

[0030] [0051] "3-차원" 또는 "3-D"로서의 이미지의 인식은 뷰어의 각각의 눈에 이미지의 약간 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 도 3은 사용자에 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 2개의 별개의 이미지들(5, 7)(각각의 눈(4, 6)에 대해 하나)은 사용자에게 출력된다. 이미지들(5 및 7)은 뷰어의 시선과 평행한 광학 또는 z-축을 따라 거리(10) 만큼 눈들(4 및 6)로부터 이격된다. 이미지들(5 및 7)은 편평하고 눈들(4 및 6)은 단일 원근조절된 상태를 가정함으로써 이미지들 상에 포커싱할 수 있다. 그런 시스템들은 결합된 이미지에 대한 깊이의 인식을 제공하기 위하여 이미지들(5 및 7)을 결합하기 위한 인간 시각 시스템에 의존한다.

[0031] [0052] 그러나, 인간 시각 시스템이 더 복잡하고 깊이의 현실적인 인식을 제공하는 것이 더 어렵다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 종래의 "3-D" 디스플레이 시스템들의 많은 뷰어들은 그런 시스템들이 불편하거나 깊이감을 전혀 인식하지 못할 수 있는 것을 발견했다. 이론에 의해 제한됨이 없이, 객체의 뷰어들이 이접 운동(vergence) 및 원근조절의 결합으로 인해 객체를 "3-차원"인 것으로 인식할 수 있다는 것이 믿어진다. 서로에 관련하여 2개의 눈들의 이접 운동 움직임들(즉, 객체 상에 고정시키도록 눈들의 시선들을 수렴하기 위하여 서로를 향해 또는 서로 멀어지게 동공들의 롤링(rolling) 움직임들)은 눈들의 렌즈들의 포커싱(또는 "원근조절")과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들 하에서, 상이한 거리에 있는 하나의 객체로부터 다른 객체로 포커스를 변화시키기 위하여, 눈들의 렌즈들의 포커스를 변화시키거나, 또는 눈들의 원근을 조절하는 것은 "원근조절-이접 운동 반사(accommodation-vergence reflex)"로서 알려진 관계 하에서, 동일한 거리에 이접 운동시 매칭 변화를 자동으로 유발할 것이다. 마찬가지로, 이접 운동의 변화는 정상 조건들 하에서, 원근조절의 매칭 변화를 트리거할 것이다. 본원에서 주목된 바와 같이, 많은 입체적 또는 "3-D" 디스플레이 시스템들은, 3-차원 시각이 인간 시각 시스템에 의해 인식되도록 각각의 눈에 약간 상이한 프리젠테이션들(및, 따라서, 약간 상이한 이미지들)을 사용하여 장면을 디스플레이한다. 그러나, 그런 시스템들은 많은 뷰어들에게 불편한데, 그 이유는 여러 가지 것들 중에서, 그런 시스템들이 단순히 장면의 상이한 프리젠테이션들을 제공하지만, 눈들이 단일 원근조절된 상태에서 모든 이미지 정보를 보고, 그리고 "원근조절-이접 운동 반사"에 반대하여 작동하기 때문이다. 원근조절과 이접 운동 간의 더 나은 매치를 제공하는 디스플레이 시스템들은 3-차원 이미저리의 더 현실적이고 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0032] [0053] 도 4는 다수의 깊이 평면들을 사용하여 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 도 4를 참조하면, z-축 상에서 눈들(4 및 6)로부터 다양한 거리들에 있는 객체들은, 이들 객체들이 포커스가 맞도록(in focus) 눈들(4, 6)에 의해 원근조절된다. 눈들(4 및 6)은 z-축을 따라 상이한 거리들에 있는 객체들을 포커싱되게 하도록 특정 원근조절된 상태들을 취한다. 결과적으로, 특정 원근조절된 상태는 연관된 초점 거리와 함께, 깊이 평면들(14) 중 특정 하나의 깊이 평면과 연관되는 것으로 말해질 수 있어서, 특정 깊이 평면의 객체들 또는 객체들의 부분들은, 눈이 그 깊이 평면에 대해 원근조절된 상태에 있을 때 포커스가 맞는다. 일부 실시예들에서, 3-차원 이미저리는 눈들(4, 6)의 각각에 대해 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써, 그리고 또한 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 시뮬레이팅될 수 있다. 예시의 명확성을 위해 별개인 것으로 도시되지만, 눈들(4, 6)의 시야들이 예컨대 z-축을 따른 거리가 증가함에 따라 오버랩할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 부가적으로, 예시의 용이함을 위해 편평한 것으로 도시되지만, 깊이 평면의 윤곽들이 물리적 공간에서 곡선질 수 있어서, 깊이 평면 내의 모든 피처들이 특정 원근 조절된 상태에서 눈과 초점이 맞는 것이 인지될 것이다.

[0033] [0054] 객체와 눈(4 또는 6) 사이의 거리는 또한, 그 눈이 볼 때, 그 객체로부터의 광의 발산량을 변화시킬 수 있다. 도 5a-도 5c는 광선들의 발산과 거리 사이의 관계를 예시한다. 객체와 눈(4) 사이의 거리는 감소하는 거리의 순서로 R1, R2 및 R3에 의해 나타내진다. 도 5a-도 5c에 도시된 바와 같이, 광선들은, 객체에 대한 거리가 감소함에 따라 더 많이 발산하게 된다. 거리가 증가함에 따라, 광선들은 더 시준된다. 다른 말로하면,

포인트(객체 또는 객체의 일부)에 의해 생성된 광 필드가 구체 파면 곡률을 가지는 것이 말해질 수 있고, 구체 파면 곡률은, 포인트가 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수이다. 곡률은 객체와 눈(4) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 결과적으로, 상이한 깊이 평면들에서, 광선들의 발산 정도는 또한 상이하고, 발산 정도는, 깊이 평면들과 뷰어의 눈(4) 사이의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 도 5a-도 5c 및 본원의 다양한 다른 도면들에서 예시의 명확성을 위해 단지 한쪽 눈(4)만이 예시되지만, 눈(4)에 대한 논의들이 뷰어의 양쪽 눈들(4 및 6)에 적용될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0034] [0055] 이론에 의해 제한되지 않고, 인간 눈이 통상적으로 깊이 인식을 제공하기 위해 유한의 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있는 것으로 여겨진다. 결과적으로, 인식된 깊이의 매우 믿을만한 시뮬레이션은, 눈에, 이들 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 상이한 프리젠테이션들은 뷰어의 눈들에 의해 별도로 포커싱될 수 있고, 이에 의해 상이한 깊이 평면상에 위치된 장면에 대해 상이한 이미지 피처들을 포커싱하게 하는데 요구되는 눈의 원근 조절에 기반하고 그리고/또는 포커싱에서 벗어난 상이한 깊이 평면들 상의 상이한 이미지 피처들을 관찰하는 것에 기반하여 사용자에게 깊이 단서들을 제공하는 것을 돕는다.

[0035] [0056] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택(stack)의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(1000)은 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 사용하여 3-차원 인식을 눈/뇌에 제공하기 위해 활용될 수 있는 도파관들의 스택, 또는 스택된 도파관 어셈블리(178)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(1000)은 도 2의 시스템(80)이고, 도 6은 그 시스템(80)의 일부 부분들을 더 상세히 도시한다. 예컨대, 도파관 어셈블리(178)는 도 2의 디스플레이(62)의 부분일 수 있다.

[0036] [0057] 도 6을 계속 참조하면, 도파관 어셈블리(178)는 또한 도파관들 사이에 복수의 피처들(198, 196, 194, 192)을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 피처들(198, 196, 194, 192)은 렌즈일 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 및/또는 복수의 렌즈들(198, 196, 194, 192)은 다양한 레벨들의 파면 곡률 또는 광선 발산으로 이미지 정보를 눈에 전송하도록 구성될 수 있다. 각각의 도파관 레벨은 특정 깊이 평면과 연관될 수 있고 그 깊이 평면에 대응하는 이미지 정보를 출력하도록 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 도파관들에 대한 광의 소스로서 기능할 수 있고 이미지 정보를 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 주입하기 위하여 활용될 수 있고, 도파관들 각각은, 본원에 설명된 바와 같이, 눈(4)을 향하여 출력하도록, 각각의 개별 도파관을 가로질러 인입 광을 분산시키도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 출력 표면(300, 302, 304, 306, 308)을 나가고 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 대응하는 입력 표면(382, 384, 386, 388, 390)에 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(382, 384, 386, 388, 390)은 대응하는 도파관의 에지일 수 있거나, 대응하는 도파관의 주 표면(즉, 세계(144) 또는 뷰어의 눈(4)을 직접 향하는 도파관 표면들 중 하나)의 부분일 수 있다. 일부 실시예들에서, 광의 단일 빔(예컨대, 시준된 빔)은 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산량들)로 눈(4)을 향하여 지향되는 복제되고 시준된 빔들의 전체 필드를 출력하기 위해 각각의 도파관으로 주입될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 단일의 하나의 이미지 주입 디바이스는 복수(예컨대, 3개)의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)과 연관되어 광을 주입할 수 있다.

[0037] [0058] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 각각 대응하는 도파관(182, 184, 186, 188, 190)에 주입을 위한 이미지 정보를 각각 생성하는 이산 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 예컨대 이미지 정보를 하나 또는 그 초과의 광학 도관들(이를테면 광섬유 케이블들)을 통하여 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 각각에 파이핑(pipe)할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력 단부들이다. 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)에 의해 제공된 이미지 정보가 상이한 파장들, 또는 컬러들(예컨대, 본원에 논의된 바와 같이, 상이한 컴포넌트 컬러들)의 광을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0038] [0059] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 스캐닝 섬유 디스플레이 시스템의 출력 단부들일 수 있고, 여기서 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 대응하는 입력 표면(382, 384, 386, 388, 390) 위에서 이동하거나 스캐닝하여 이미지 정보를 이들 도파관들에 주입한다. 그러한 스캐닝 섬유 시스템의 예는 미국 출원 번호 14/641,376호에 개시되고, 이는 본원에 인용에 의해 통합된다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 다수의 이미지 주입 디바이스들은 스캐닝 섬유에 의해 대체될 수 있다.

[0039] [0060] 도 6을 계속 참조하면, 제어기(210)는 스택된 도파관 어셈블리(178) 및 이미지 주입 디바이스들(200,

202, 204, 206, 208)의 동작을 제어한다. 일부 실시예들에서, 제어기(210)는 로컬 데이터 프로세싱 모듈(70)의 부분이다. 제어기(210)는 예컨대 본원에 개시된 다양한 방식들 중 임의의 방식에 따라 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)으로의 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 분산형 시스템일 수 있다. 제어기(210)는 일부 실시예들에서 프로세싱 모듈들(70 또는 72)(도 1)의 부분일 수 있다.

[0040] [0061] 도 6을 계속 참조하면, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 TIR(total internal reflection: 내부 전반사)에 의해 각각의 개별 도파관 내에서 광을 전파시키도록 구성될 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 각각 주 최상부 표면 및 최하부 표면, 그리고 이들 주 최상부 표면과 최하부 표면 사이에서 연장되는 에지들을 가진 평면일 수 있거나 다른 형상(예컨대, 곡선형)일 수 있다. 예시된 구성에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 각각, 이미지 정보를 눈(4)으로 출력하기 위해 각각의 개별 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관의 밖으로 재지향시킴으로써 도파관 밖으로 광을 추출하도록 구성된 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 포함할 수 있다. 추출된 광은 또한 아웃커플링된 광이라 지칭될 수 있고 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들은 또한 광 추출 광학 엘리먼트들이라 지칭될 수 있다. 추출된 광 빔은, 도파관 내에서 전파되는 광이 광 추출 광학 엘리먼트를 가격하는 위치들에서 도파관에 의해 출력된다. 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290) 중 일부 또는 모두는 예컨대, 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 회절 광학 피처들을 포함하는 하나 또는 그 초과의 격자들일 수 있다. 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은, 설명의 용이함 및 도면 명확성을 위해 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 최하부 주 표면들에 배치된 것으로 예시되지만, 본원에서 추가로 논의된 바와 같이, 일부 실시예들에서는, 최상부 및/또는 최하부 주 표면들에 배치될 수 있고, 그리고/또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 볼륨 내에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착된 재료 층에 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 모놀리식 재료 피스(piece)일 수 있고 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 그 재료 피스의 표면상에 및/또는 내부에 형성될 수 있다.

[0041] [0062] 도 6을 계속 참조하면, 본원에 논의된 바와 같이, 각각의 도파관(182, 184, 186, 188, 190)은 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하게 광을 출력하도록 구성된다. 예컨대, 눈에 가장 가까운 도파관(182)은, 그런 도파관(182)에 주입된 시준된 광을 눈(4)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 위쪽(up) 다음 도파관(184)은, 시준된 광이 눈(4)에 도달할 수 있기 전에 제1 렌즈(192)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 통과하는 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있고; 그런 제1 렌즈(192)는 약간 볼록한 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 위쪽 다음 도파관(184)으로부터 오는 광을, 광학적 무한대로부터 눈(4)을 향하여 안쪽으로 더 가까운 제1 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 유사하게, 위쪽 제3 도파관(186)은 눈(4)에 도달하기 전에 제1(192) 및 제2(194) 렌즈들 둘 모두를 통하여 자신의 출력 광을 통과시키고; 제1(192) 및 제2(194) 렌즈들의 결합된 광학 파워(power)는 다른 증분 양의 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 제3 도파관(186)으로부터 오는 광을, 위쪽 다음 도파관(184)으로부터의 광이기보다 광학적 무한대로부터 사람을 향하여 안쪽으로 심지어 더 가까운 제2 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 이들 인식되는 컬러들을 생성하는 다른 방식들이 가능할 수 있다.

[0042] [0063] 다른 도파관 층들(188, 190) 및 렌즈들(196, 198)은 유사하게 구성되고, 스택 내 가장 높은 도파관(190)은, 자신의 출력을, 사람과 가장 가까운 초점 평면을 나타내는 총(aggregate) 초점 파워에 대해 자신과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통하여 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(178)의 다른 측부 상에서 세계(144)로부터 오는 광을 보고/해석할 때 렌즈들(198, 196, 194, 192)의 스택을 보상하기 위하여, 보상 렌즈 층(180)이 아래쪽 렌즈 스택(198, 196, 194, 192)의 전체 파워를 보상하기 위해 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 그런 구성은 이용가능한 도파관/렌즈 쌍들이 있을 때만큼 많은 인식된 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들과 렌즈들의 포커싱 양상들 둘 모두 또는 하나는 정적(즉, 동적이지 않거나 전자-활성이지 않음)일 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 모두는 전자-활성 피처들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0043] [0064] 일부 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 중 2 또는 그 초과는 동일한 연관된 깊이 평면을 가질 수 있다. 예컨대, 다수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 이미지들 세트를 동일한 깊이 평면에 출력하도록 구성될 수 있거나, 또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 다수의 서브세트들은 이미지들 세트

를 각각의 깊이 평면에 대해 하나의 세트로 동일한 복수의 깊이 평면들에 출력하도록 구성될 수 있다. 이것은 이들 깊이 평면들에 확장된 시야를 제공하기 위해 타일화된(tiled) 이미지를 형성하는 장점들을 제공할 수 있다.

[0044] [0065] 도 6을 계속 참조하면, 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 자신의 개별 도파관들로부터 광을 재지향하는 것 및 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적절한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하는 것 둘 모두를 수행하도록 구성될 수 있다. 결과로서, 상이한 연관된 깊이 평면들을 가진 도파관들은 상이한 구성들의 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 가질 수 있고, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 연관된 깊이 평면에 따라 상이한 발산 양으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 피처들(198, 196, 194, 192)은 렌즈들이 아닐 수 있고; 오히려, 이들은 단순히 스페이서들(예컨대, 공기 갭들을 형성하기 위한 클래딩(cladding) 층들 및/또는 구조들)일 수 있다.

[0045] [0066] 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 회절 패턴을 형성하는 회절 피처들, 또는 "회절 광학 엘리먼트"(또한 본원에서 "DOE"로서 지칭됨)이다. 바람직하게, DOE들은 충분히 낮은 회절 효율성을 가져서, 빔의 광의 일부만이 DOE의 각각의 교차에 의해 눈(4)을 향하여 편향되지만, 나머지는 내부 전반사를 통하여 도파관을 통해 계속 이동한다. 따라서, 이미지 정보를 반송하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 떠나는 다수의 관련된 출구 빔들로 분할되고, 그 결과는 이런 특정 시준된 빔이 도파관 내에서 이리저리 바운싱(bouncing)되기 때문에 눈(4)을 향하여 상당히 균일한 출구 방출 패턴이다.

[0046] [0067] 일부 실시예들에서, 하나 또는 그 초과의 DOE들은, 활발하게 회절시키는 "온" 상태들과 크게 회절시키지 않는 "오프" 상태들 간에 스위칭가능할 수 있다. 예컨대, 스위칭가능 DOE는, 마이크로액적(microdroplet)들이 호스트 매질에서 회절 패턴을 포함하는 폴리머 확산형 액정 층을 포함할 수 있고, 마이크로액적들의 굴절률은 호스트 재료의 굴절률에 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(상기 경우에 패턴은 입사 광을 현저하게 회절시키지 않음) 또는 마이크로액적은 호스트 매질의 굴절률에 매칭하지 않는 인덱스(index)로 스위칭될 수 있다(상기 경우 패턴은 입사 광을 능동적으로 회절시킴).

[0047] [0068] 도 7은 도파관에 의해 출력된 출구(exit) 빔들의 예를 도시한다. 하나의 도파관이 예시되지만, 도파관 어셈블리(178)(도 6)의 다른 도파관들이 유사하게 기능할 수 있고, 여기서 도파관 어셈블리(178)가 다수의 도파관들을 포함한다는 것이 인지될 것이다. 광(400)은 도파관(182)의 입력 표면(382)에서 도파관(182)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(182) 내에서 전파된다. 광(400)이 DOE(282) 상에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 출구 빔들(402)로서 도파관을 떠난다. 출구 빔들(402)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 본원에 논의된 바와 같이, 이들 출구 빔들(402)은 또한 도파관(182)과 연관된 깊이 평면에 따라, (예컨대, 발산하는 출구 빔들을 형성하는) 일정 각도로 눈(4)으로 전파되도록 재지향될 수 있다. 실질적으로 평행한 출구 빔들이 눈(4)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학적 무한대)에 있는 깊이 평면상에 세팅되는 것으로 보이는 이미지들을 형성하기 위해 광을 아웃커플링하는 하나 또는 그 초과의 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다는 것이 인지될 것이다. 다른 도파관들 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 더 발산하는 출구 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이 출구 빔 패턴은 눈(4)이 망막 상에 포커스를 이동시키기 위하여 더 가까운 거리로 원근 조절하는 것을 요구할 것이고 광학적 무한대보다 눈(4)에 더 가까운 거리로부터의 광으로서 뇌에 의해 해석될 것이다.

[0048] [0069] 도 8은, 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다. 일부 실시예들에서, 풀 컬러 이미지는 컴포넌트 컬러들, 예컨대 3 또는 그 초과의 컴포넌트 컬러들 각각에 이미지들을 오버레잉(overlaying)함으로써 각각의 깊이 평면에 형성될 수 있다. 비록 더 많거나 더 적은 깊이들이 또한 고려되지만, 예시된 실시예는 깊이 평면들(14a - 14f)을 도시한다. 각각의 깊이 평면은 자신과 연관된 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들을 가질 수 있다: 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들은 제1 컬러(G)의 제1 이미지; 제2 컬러(R)의 제2 이미지; 및 제3 컬러(B)의 제3 이미지임. 상이한 심도 평면들은 문자들(G, R 및 B)을 뒤따르는 디옵터들에 대한 상이한 번호들에 의해 도면에 표시된다. 단지 예들로서, 이들 문자들 각각 다음의 숫자들은 디옵터들(1/m), 또는 뷰어로부터 깊이 평면의 역거리(inverse distance)를 표시하고, 도면들에서 각각의 박스는 개별 컴포넌트 컬러 이미지를 나타낸다.

[0049] [0070] 일부 실시예들에서, 각각의 컴포넌트 컬러의 광은 단일 전용 도파관에 의해 출력될 수 있고, 결과적으로 각각의 깊이 평면은 자신과 연관된 다수의 도파관들을 가질 수 있다. 그런 실시예들에서, 문자들(G, R 또는 B)을 포함하는 도면들의 각각의 박스는 개별 도파관을 나타내는 것으로 이해될 수 있고, 그리고 깊이 평면당 3

개의 도파관들이 제공될 수 있고, 여기서 깊이 평면당 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들이 제공된다. 각각의 깊이 평면과 연관된 도파관들이 설명의 용이함을 위해 이 도면에서 서로 인접하게 도시되지만, 물리적 디바이스에서, 도파관들 모두가 레벨당 하나의 도파관을 가진 스택으로 배열될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일부 다른 실시예들에서, 다수의 컴포넌트 컬러들은 동일한 도파관에 의해 출력될 수 있어서, 예컨대 깊이 평면당 단일 도파관만이 제공될 수 있다.

[0050] [0071] 도 8을 계속 참조하면, 일부 실시예들에서, G는 녹색이고, R은 적색이고, 그리고 B는 청색이다. 일부 다른 실시예들에서, 자홍색 및 청록색을 포함하는 다른 컬러들은 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 또는 그 초과에 더하여 사용될 수 있거나 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 또는 그 초과를 대체할 수 있다.

[0051] [0072] 본 개시내용 전반에 걸쳐 광의 주어진 컬러에 대한 참조들이 그 주어진 컬러의 것으로서 뷰어에 의해 인식되는 광의 파장 범위 내의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함하는 것으로 이해될 것이라는 인지될 것이다. 예컨대, 적색 광은 약 620-780 nm 범위의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 492-577 nm의 범위의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 그리고 청색 광은 약 435-493 nm의 범위의 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 포함할 수 있다.

[0052] [0073] 이제 도 9a를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관 상에 충돌하는 광은 도파관에 그 광을 인커플링하기 위해 재지향될 필요가 있을 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트는 자신의 대응하는 도파관으로 광을 재지향시키고 인커플링하는데 사용될 수 있다. 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 복수 또는 세트(1200)의 측단면도의 예를 예시한다. 도파관들은 하나 또는 그 초과의 상이한 파장들, 또는 하나 또는 그 초과의 상이한 범위들의 파장들의 광을 출력하도록 각각 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 하나 또는 그 초과로부터의 광이 인커플링을 위해 광이 재지향되기를 요구하는 포지션으로부터 도파관들로 주입되는 것을 제외하고, 스택(1200)이 스택(178)에 대응할 수 있고(도 6) 스택(1200)의 예시된 도파관들이 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 부분에 대응할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0053] [0074] 스택된 도파관들의 예시된 세트(1200)는 도파관들(1210, 1220 및 1230)을 포함한다. 각각의 도파관은 연관된 인커플링 광학 엘리먼트를 또한 포함하는데, 예컨대, 도파관(1210)의 주 표면(예컨대, 최하부 주 표면) 상에 인커플링 광학 엘리먼트(1212)가 배치되고, 도파관(1220)의 주 표면(예컨대, 최하부 주 표면) 상에 인커플링 광학 엘리먼트(1224)가 배치되고, 도파관(1230)의 주 표면(예컨대, 최하부 주 표면) 상에 인커플링 광학 엘리먼트(1232)가 배치된다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232) 중 하나 또는 그 초과는 개별 도파관(1210, 1220, 1230)의 최상부 주 표면상에 배치될 수 있다(특히 하나 또는 그 초과의 인커플링 광학 엘리먼트들이 투과성, 편향 광학 엘리먼트들인 경우). 바람직하게, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 특히, 이들 인커플링 광학 엘리먼트들이 반사성, 편향 광학 엘리먼트들인 경우, 이들 개별 도파관(1210, 1220, 1230)의 최하부 주 표면(또는 다음의 하부 도파관의 최상부) 상에 배치된다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 개별 도파관(1210, 1220, 1230)의 몸체에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 본원에 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 파장 선택적이어서, 이들 인커플링 광학 엘리먼트들은 하나 또는 그 초과의 파장들의 광을 선택적으로 재지향시키면서 다른 파장들의 광을 투과시킨다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)이, 이들 개개의 도파관(1210, 1220, 1230)의 일 측부 또는 모서리 상에 예시되지만, 일부 실시예들에서 이들 개별 도파관(1210, 1220, 1230)의 다른 영역들에 배치될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0054] [0075] 각각의 도파관은 또한 연관된 광 분산 엘리먼트들을 포함하는데, 예컨대, 도파관(1210)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 광 분산 엘리먼트들(1214)이 배치되고, 도파관(1220)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 광 분산 엘리먼트들(1224)이 배치되고, 도파관(1230)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 광 분산 엘리먼트들(1234)이 배치된다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 각각 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최하부 주 표면상에 배치될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 각각 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최상부 및 최하부 주 표면 둘 모두 상에 배치될 수 있거나; 또는 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 각각 상이한 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최상부 및 최하부 주 표면들 중 상이한 주 표면들 상에 배치될 수 있다.

[0055] [0076] 도파관들(1210, 1220, 1230)은 갭들 및/또는 고체 재료 층들에 의해 이격되고 분리될 수 있다. 예컨대, 예시된 바와 같이, 층(1218a)은 도파관들(1210 및 1220)을 분리할 수 있고; 그리고 층(1218b)은 도파관들(1220 및 1230)을 분리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(1218a 및 1218b)은 낮은 굴절률 재료들(즉, 도

파관들(1210, 1220, 1230) 중 바로 인접한 도파관을 형성하는 재료보다 더 낮은 굴절률을 가진 재료들)로 형성된다. 바람직하게, 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료의 굴절률은 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료의 굴절률 미만인 0.05 또는 그 초과, 또는 0.10 또는 그 초과이다. 유리하게, 더 낮은 굴절률 층들(1218a, 1218b)은 도파관들(1210, 1220, 1230)을 통해 광의 내부 전반사(TIR)(예컨대, 각각의 도파관의 최상부 주 표면과 최하부 주 표면 사이의 TIR)를 가능하게 하는 클래딩 층들로서 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(1218a, 1218b)은 공기로 형성된다. 예시되지 않았지만, 도파관들의 예시된 세트(1200)의 최상부 및 최하부가 바로 이웃하는 클래딩 층들을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0056] [0077] 바람직하게, 제조의 용이함 및 다른 고려 사항들 때문에, 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하고, 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하다. 일부 실시예들에서, 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료는 하나 또는 그 초과의 도파관들 사이에서 상이할 수 있고, 그리고/또는 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료는 상이할 수 있지만, 위에서 주목된 다양한 굴절률 관계들을 여전히 유지한다.

[0057] [0078] 도 9a를 계속 참조하면, 광선들(1240, 1242, 1244)은 도파관들의 세트(1200) 상에 입사한다. 광선들(1240, 1242, 1244)이 하나 또는 그 초과의 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)(도 6)에 의해 도파관들(1210, 1220, 1230)로 주입될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0058] [0079] 바람직하게, 광선들(1240, 1242, 1244)은 상이한 컬러들에 대응할 수 있는 상이한 특성들, 예컨대 상이한 파장들 또는 상이한 범위들의 파장들을 가진다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 122, 1232) 각각은, 하나 또는 그 초과의 특정 파장들의 광을 선택적으로 편향시키면서, 다른 파장들을 아래 놓인 도파관 및 연관된 인커플링 광학 엘리먼트에 투과시킨다.

[0059] [0080] 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)는, 각각 상이한 제2 및 제3 파장들 또는 파장들의 범위들을 가진 광선들(1242 및 1244)을 투과시키면서, 제1 파장 또는 파장들의 범위를 가진 광선(1240)을 선택적으로 편향(예컨대, 반사)시키도록 구성될 수 있다. 이어서, 투과된 광선(1242)은 제2 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향(예컨대, 반사)시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트(1222)에 충돌하여 편향된다. 광선(1244)은 인커플링 광학 엘리먼트(1222)에 의해 투과되고 제3 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향(예컨대, 반사)시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트(1232)에 계속 충돌하여 편향된다.

[0060] [0081] 도 9a를 계속 참조하면, 편향된 광선들(1240, 1242, 1244)은, 이들이 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되도록 편향되고; 즉, 각각의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 광을 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230)에 인커플링하기 위해 광을 대응하는 도파관으로 편향시킨다. 광선들(1240, 1242, 1244)은 광이 TIR에 의해 개별 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되게 하는 각도들로 편향된다.

[0061] [0082] 도 9a를 계속 참조하면, 광선들(1240, 1242, 1244)은, 도파관의 대응하는 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234) 상에 충돌할 때까지 TIR에 의해 개별 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파된다.

[0062] [0083] 이제 도 9b를 참조하면, 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 사시도의 예가 예시된다. 위에서 주목된 바와 같이, 인커플링된 광선들(1240, 1242, 1244)은 각각 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)에 의해 편향되고, 이어서 각각 도파관들(1210, 1220, 1230) 내에서 TIR에 의해 전파된다. 이어서, 광선들(1240, 1242, 1244)은 각각 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234) 상에 충돌한다. 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은, 이들이 각각 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)쪽으로 전파되도록 광선들(1240, 1242, 1244)을 편향시킨다.

[0063] [0084] 일부 실시예들에서, 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 OPE(orthogonal pupil expander)들이다. 일부 실시예들에서, OPE들은 광을 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)로 편향시키거나 분산시키고 또한 아웃커플링 광학 엘리먼트들로 전파될 때 이 광의 빔 또는 스폿(spot) 사이즈를 증가시키기도 한다. 일부 실시예들에서, 예컨대, 빔 사이즈가 이미 원하는 사이즈를 가지는 경우, 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 생략될 수 있고 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 광을 직접 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)로 편향시키도록 구성될 수 있다. 예컨대, 도 9a를 참조하면, 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 일부 실시예들에서 각각 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)로 대체될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)은 뷰어의 눈(4)에 광을 지향시키는 EP(exit pupil)들 또는 EPE(exit pupil expander)들이다(도 7).

[0064] [0085] 따라서, 도 9a 및 도 9b를 참조하면, 일부 실시예들에서, 도파관들의 세트(1200)는 도파관들(1210,

1220, 1230); 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232); 광 분산 엘리먼트들(예컨대, OPE들)(1214, 1224, 1234); 및 각각의 컴포넌트 컬러에 대한 아웃커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, EP들)(1250, 1252, 1254)을 포함한다. 도파관들(1210, 1220, 1230)은 각각의 도파관 사이에 공기 갭/클래딩 층과 함께 스택될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 원하는 컬러를 자신의 적합한 도파관으로 재지향시키거나 편향시키면서 다른 컬러들의 광을 투과시킨다. 이어서, 광은 개별 도파관(1210, 1220, 1230) 내에서 TIR을 초래할 각도로 전파된다. 도시된 예에서, 광선(1242)(예컨대, 녹색 광)은 이전에 설명된 방식으로, 제1 인커플링 광학 엘리먼트(예컨대, 컬러 필터)(1212)로부터 반사할 것이고, 이어서 도파관 아래로 계속 바운스하여, 광 분산 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1214) 및 이어서 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1250)와 상호작용한다. 광선들(1242 및 1244)(예컨대, 청색 및 적색 광)은 인커플링 광학 엘리먼트(예컨대, 컬러 필터)(1212)를 통해 다음 도파관(1220)으로 통과할 것이다. 광선(1242)은 다음 인커플링 광학 엘리먼트(예컨대, 컬러 필터)(1222)로부터 반사하고 이어서 TIR을 통해 도파관(1220) 아래로 바운스할 것이고, 자신의 광 분산 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1224) 및 이어서 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1252)로 진행된다. 마지막으로, 광선들(1244)(예컨대, 적색 광)은 인커플링 광학 엘리먼트(예컨대, 컬러 필터)(1232)를 통해 자신의 도파관(1230)으로 통과할 것이고, 여기서 광선들(1244)은 자신의 광 분산 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1234) 및 이어서 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1254)로 전파되고, 마지막으로 다른 도파관들(1210, 1220)로부터의 광과 함께 뷰어로 커플링 아웃된다.

[0065] 메타표면들

[0066] [0086] 도 10a는 일부 실시예들에 따른 메타표면의 예를 예시한다. 기판(2000)은, 메타표면(2010)이 배치되는 표면(2000a)을 가진다. 메타표면(2010)은 복수의 레벨들의 광학적 투과성 재료들을 포함한다. 예시된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 메타표면은 각각 제1 및 제2 레벨들(2012, 2014)을 가진 2-레벨 구조이다. 제1 레벨(2012)은 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 복수의 돌출부들(2020) 및 돌출부들 사이의 제2 광학적 투과성 재료의 매스(mass)들(2030a)을 포함한다. 제2 레벨(2014)은 돌출부들 상에 있고(제1 레벨에 의해 기판으로부터 이격되고 분리됨) 돌출부들(2020) 상에 형성된 제2 광학적 투과성 재료의 제2 레벨 매스들(2030b)을 포함한다. 돌출부들(2020)은 페이지의 안팎으로 측방향으로 연장되고 이웃 돌출부들 사이에 트렌치들을 정의하는 리지(ridge)들(또는 나노와이어들)일 수 있다. 예시된 바와 같이, 제2 레벨(2014) 상에는, 제2 광학적 투과성 재료의 매스들(2030b)이 돌출부들(2020)의 표면상에 로컬라이징될 수 있고, 제2 광학적 투과성 재료의 다른 로컬라이징된 증착부들(또는 플래토들)로부터 이격된 재료의 플래토들이 형성된다.

[0067] [0087] 바람직하게, 매스들(2030a, 2030b)을 형성하는 제2 광학적 투과성 재료의 굴절률은 돌출부들(2020)을 형성하는 제1 광학적 투과성 재료 및 기판(2000)을 형성하는 재료 둘 모두의 굴절률보다 더 높다. 일부 실시예들에서, 제1 광학적 투과성 재료의 굴절률은 기판(2000)을 형성하는 재료의 굴절률보다 낮거나 유사하다. 기판(2000)이 도파관일 수 있고, 그리고 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)(도 6) 및/또는 도파관들(1210, 1220, 및 1230)(도 9a)에 대응할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 그런 애플리케이션들에서, 기판은 바람직하게 이미지를 형성하기 위해 기판(2000)으로부터 광을 출력하는 디스플레이의 시야를 증가시키기 위한 이익들을 제공할 수 있는 비교적 높은 굴절률, 예컨대 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 또는 1.9보다 더 높은 굴절률을 가진다. 일부 실시예들에서, 기판(2000)은 유리(예컨대, 도핑된 유리), 리튬 니오베이트, 플라스틱, 폴리머, 사파이어, 또는 다른 광학적 투과성 재료로 형성된다. 바람직하게, 유리, 플라스틱, 폴리머, 사파이어 또는 다른 광학적 투과성 재료는 높은 굴절률, 예컨대 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 또는 1.9보다 더 높은 굴절률을 가진다.

[0068] [0088] 도 10a를 계속 참조하면, 돌출부들(2020)의 제1 광학적 투과성 재료는 바람직하게, 예컨대 리소그래피 및 에칭 프로세스들에 의해 패턴화될 수 있는 재료이다. 더 바람직하게, 제1 광학적 투과성 재료는 나노임프린팅에 의해 패턴화될 수 있는 나노임프린트 레지스트이다. 본원에 논의된 바와 같이, 매스들(2030a, 2030b)을 형성하는 제2 광학적 투과성 재료는 돌출부들(2020)의 제1 광학적 투과성 재료 및 기판(2000)을 형성하는 재료 둘 모두보다 더 높은 굴절률을 가진다. 일부 실시예들에서, 제2 광학적 투과성 재료의 굴절률은 1.6, 1.7, 1.8, 또는 1.9보다 더 높다. 제2 광학적 투과성 재료에 대한 재료들의 예들은 실리콘-함유 재료들, 및 산화물들을 포함하여, 반도체 재료들을 포함한다. 실리콘-함유 재료들의 예들은 실리콘 질화물 및 실리콘 탄화물을 포함한다. 산화물들의 예들은 티타늄 산화물, 지르코늄 산화물 및 아연 산화물을 포함한다. 일부 실시예들에서, 제2 광학적 투과성 재료는 더 낮은 광학 투명도를 가질 수 있다. 예컨대, 제2 광학적 투과성 재료는 실리콘 또는 이의 파생물들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 및 제2 광학적 투과성 재료들(2020, 2030)은 비결정질 고체 상태 재료들, 또는 결정질 고체 상태 재료들이다. 이론에 의해 제한되지 않고, 비결정질 재료들은 일부 애플리케이션들에서 바람직할 수 있는데, 그 이유는 이들 비결정질 재료들이 더 낮은 온도들 및 일부 결정

질 재료들보다 더 넓은 범위의 표면들에 걸쳐 형성될 수 있기 때문이다. 일부 실시예들에서, 피처들(2020, 2030a, 2030b)을 형성하는 제1 및 제2 광학적 투과성 재료들 각각은 비결정질 또는 결정질 반도체 재료 중 하나일 수 있다.

[0069] [0089] 도 10a를 계속 참조하면, 돌출부들은 피치(2040)를 가진다. 본원에 사용된 바와 같이, 피치는 2개의 바로 이웃하는 구조들에 대한 유사한 포인트들 사이의 거리를 지칭한다. 유사한 포인트들이 실질적으로 동일한 구조들의 유사한 부분들(예컨대, 좌측 또는 우측 에지)에 있다는 점에서 유사하다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 돌출부들(2020)의 피치는 돌출부(2020)와, 그 돌출부와 바로 이웃하는 유사한 돌출부(2020) 사이의 바로 이웃하는 분리에 의해 정의된 전체 폭과 동일하다. 환언하면, 피치는 이들 돌출부들(2020)에 의해 형성된 피처들의 어레이의 반복 단위들의 폭(예컨대, 돌출부(2020) 및 매스(2030a)의 폭의 합)인 것으로 이해될 수 있다.

[0070] [0090] 예시된 바와 같이, 상이한 파장들(상이한 컬러들에 대응함)의 광은 메타표면에 충돌할 수 있고 본원에 논의된 바와 같이, 메타표면은 특정 파장들의 광을 재지향시키는 데 있어서 매우 선택적이다. 이런 선택성은 본원에 논의된 바와 같이, 제1 및 제2 레벨들(2012, 2014)의 피처들의 물리적 파라미터들 및 피치에 기반하여 달성될 수 있다. 돌출부들(2020)의 피치는 일부 실시예들에서 0 차 반사의 광 재지향에 요구되는 광의 파장 미만이다. 일부 실시예들에서, 기하학적 사이즈 및 주기성은 파장들이 더 길어짐에 따라 증가하고, 돌출부들(2020) 및 매스들(2030a, 2030b) 중 하나 또는 둘 모두의 높이 또는 두께는 또한 파장들이 더 길어짐에 따라 증가한다. 예시된 광선들(2050a, 2050b 및 2050c)은 일부 실시예들에서 상이한 파장들 및 컬러들의 광에 대응한다. 예시된 실시예에서, 메타표면은 광선(2050b)이 반사되게 하는 피치를 가지는 반면, 광선들(2050a 및 2050c)은 기판(2000) 및 메타표면(2010)을 통해 전파된다.

[0071] [0091] 유리하게, 다중-레벨 메타표면은 특정 파장들의 광에 대해 매우 선택적이다. 도 10b는 도 10a에 도시된 일반적인 구조를 가진 메타표면에 대한 투과 및 반사 스펙트럼의 플롯(plot)을 도시한다. 이 예에서, 돌출부들(2020)은 125 nm의 폭, 25 nm의 두께를 가지며 레지스트로 형성되고; 재료(2030a 및 2030b)의 매스들은 75 nm의 두께를 가지며 실리콘 질화물로 형성되고; 피치는 340 nm이고; 그리고 공기 갭들은 매스들(2030b)을 분리시킨다. 수평 축은 파장을 표시하고 수직 축은 투과를 표시한다(무반사로부터 완전한 반사까지 0-1.00의 스케일임). 특히, (517 nm에서) 반사의 예리한(sharp) 피크, 및 수반되는 투과의 감소는 좁은 대역의 파장들에 대해 보여지는 반면 다른 파장들은 투과된다. 광은, 파장이 공진 파장(이 예에서 약 517 nm)과 매칭될 때 반사된다. 돌출부들(2020) 및 위에 놓인 구조들(2030)은 서브파장 간격으로 배열되고, 0차 반사 및 투과만이 존재한다. 도 10b에 도시된 바와 같이, 반사 스펙트럼은 광학 공진의 시그너처(signature)인 가시 파장 지역에 걸쳐 예리한 피크를 도시한다.

[0072] [0092] 메타표면 구조들의 피치(예컨대, 돌출부들(2020) 및 위에 놓인 구조들(2030)의 피치)가 메타표면의 광 재지향 특성들을 변화시키기 위해 변경될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 피치가 더 클 때, 공진 파장들의 광은 메타표면(2010) 상에 입사 시 회절될 것이다(또는 기판(2000)의 표면에 대해 비-수직 각도, 예컨대 90 도 미만에서 편향됨). 일부 실시예들에서, 기판(2000)이 도파관인 경우, 메타표면 구조들의 피치는, 공진 파장의 광이 내부 전반사(TIR)에 의해 도파관을 통해 전파되지만, 다른 파장 및 컬러가 메타표면(2010)을 통해 투과되는 각도로 편향되도록, 선택될 수 있다. 그런 어레인지먼트들에서, 메타표면(2010)은 인커플링 광학 엘리먼트이고 편향된 광을 인커플링하는 것으로 말해질 수 있다. 도 11a-도 11b는 도파관들로 광을 인커플링하는 메타표면들의 측단면도들의 예들을 도시한다.

[0073] [0093] 도 11a는 하나의 파장의 광이 인커플링되는 것을 도시하는 반면, 도 11b는 상이한 파장의 광이 인커플링되는 것을 도시한다. 메타표면(2010)의 공진 파장은 자신의 구성 구조들의 기하학적 사이즈들을 변화시킴으로써 엔지니어링될 수 있다. 예컨대, 적색 컬러 광의 파장에서 공진하는 메타표면은 녹색 컬러 광의 파장에서 공진하는(도 11a) 메타표면보다 더 큰 기하학적 사이즈 및 주기성(도 11b)을 가진다. 일부 실시예들에서, 돌출부들(2020)의 피치는 약 10 nm-1 ㎛, 10-600 nm, 약 200-500 nm, 또는 약 300-500 nm이고, 각각의 레벨의 높이는 약 10 nm-1 ㎛, 약 10-500 nm, 약 50-500 nm, 또는 약 100-500 nm이다. 일부 실시예들에서, 제2 레벨(2014)의 높이는 제1 레벨의 높이와 상이하다. 예컨대, 제2 레벨(2014)의 높이는 약 10 nm-1 ㎛ 또는 약 10-300 nm일 수 있고, 그리고 제1 레벨의 높이는 약 10 nm-1 ㎛, 10-500 nm일 수 있다. 일부 실시예들에서, 메타표면(2010)은 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232) 중 하나 또는 그 초과를 형성할 수 있고(도 9a) 예시된 바와 같이 광선들(1240, 1242, 1244)을 수신할 수 있다.

[0074] [0094] 메타표면(2010)이 또한 광 가이드(guide)(2000) 내에서 메타표면에 충돌하는 광을 편향시킬 것이라는 것이 인지될 것이다. 이런 기능성의 장점을 취하면, 일부 실시예들에서, 본원에 개시된 메타표면들은 아웃커플

링 광학 엘리먼트들을 형성하는데 적용될 수 있다. 도 12a-도 12b는 도파관들로부터 광을 아웃커플링하는 메타표면들의 측단면도들의 예들을 도시한다. 도 12a는 하나의 파장의 광의 아웃커플링을 도시하는 반면, 도 12b는 상이한 파장의 광의 아웃커플링을 도시한다. 본원에 개시된 바와 같이, 메타표면(2010)의 공진 파장은 자신의 구성 구조들의 기하학적 사이즈들을 변화시킴으로써 엔지니어링될 수 있고, 이에 의해 파장 선택성이 제공된다. 예로서, 더 큰 기하학적 사이즈 및 주기성(도 12b)은 적색 컬러 광의 파장에서 공진하는 메타표면을 제공하는 데 사용될 수 있는 반면, 상대적으로 더 작은 기하학적 사이즈 및 주기성은 녹색 컬러 광의 파장에서 공진하는 메타표면을 제공하는 데 사용될 수 있다(도 12a). 일부 실시예들에서, 메타표면(2010)은 인커플링 광학 엘리먼트를 형성하는 대신, 또는 형성하는 것에 더하여 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290(도 6) 또는 1250, 1252, 1254(도 9b)) 중 하나 또는 그 초과를 형성할 수 있다. 상이한 도파관들이 상이한 연관된 컴포넌트 컬러들을 가지는 경우, 생성된 각각의 도파관과 연관된 아웃커플링 광학 엘리먼트들 및/또는 인커플링 광학 엘리먼트들은, 도파관이 전파하도록 구성된 광의 파장들 또는 컬러들에 특정한 기하학적 사이즈 및/또는 주기성을 가진다는 것이 인지될 것이다. 따라서, 상이한 도파관들은 상이한 기하학적 사이즈들 및/또는 주기성들을 가진 메타표면들을 가질 수 있다. 예들로서, 적색, 녹색 또는 청색 광을 인커플링하거나 아웃커플링하기 위한 메타표면들은 각각 638 nm, 520 nm, 및 455 nm의 파장들에서 광을 재지향시키거나 회절시키도록 구성된 기하학적 사이즈들 및/또는 주기성들(피치들)을 가질 수 있다.

[0075] [0095] 일부 실시예들에서, 메타표면들(2010)은 메타표면들이 회절된 광 상에 광학 파워를 부여하게 하는 기하학적 사이즈들 및/또는 피치들을 가질 수 있다. 예컨대, 메타표면들은 광이 발산 또는 수렴 방향들로 메타표면을 나가게 하도록 구성될 수 있다. 메타표면의 상이한 부분들은 상이한 피치들을 가질 수 있고, 상이한 피치들은, 예컨대 광선들이 발산하거나 수렴하도록, 상이한 광선들이 상이한 방향들로 편향하게 한다.

[0076] [0096] 일부 다른 실시예들에서, 메타표면은, 광이 시준된 광선들로서 메타표면으로부터 전파되도록 광을 편향시킬 수 있다. 예컨대, 시준된 광이 유사한 각도들로 메타표면에 충돌하는 경우, 메타표면은 유사한 각도들로 광을 편향시키기 위해 메타표면의 전체에 걸쳐 일관적인 기하학적 사이즈들 및 일관적인 피치를 가질 수 있다.

[0077] [0097] 도 11a-도 12b를 참조하면, 예시된 바와 같이, 메타표면(2010)은, 편향된 광이 메타표면에 충돌하기 전 및 후에 메타표면의 동일한 쪽에 남아있는 반면, 반사되지 않은 파장들의 광이 메타표면의 두께에 걸쳐 투과되는 "반사 모드"로 광을 편향시킬 수 있다. 일부 실시예들에서, 메타표면은, 편향된 광 및 비-편향된 광 둘 모두가 메타표면의 두께에 걸쳐 투과되는 "투과 모드"에서 광을 편향시킬 수 있고, 편향된 광의 경로는 메타표면을 나간 이후 상이한 반면, 비-편향된 광의 경로는 실질적으로 변화되지 않는다. 메타표면이 투과 및 반사 기능성 둘 모두를 가질 수 있는데, 예컨대 일부 실시예들에서, 메타표면이 입사 광의 일부를 반사킬 수 있는 반면, 그 광의 다른 부분을 투과 및 편향시키는 것이 인지될 것이다.

[0078] [0098] 도 13a-도 13b는 투과 모드에서 동작하는 메타표면(2010)의 예들을 도시한다. 도 13a를 참조하면, 광선들(1240, 1244)은 실질적으로 편향되지 않고 메타표면을 통해 전파되는 반면, 광선(1242)은 편향된다. 광선(1242)은 메타표면(2010)에 대해 공진 파장에 있을 수 있는 반면, 광선들(1240, 1244)은 공진 파장에 없다. 일부 실시예들에서, 편향은 광선(1240)을 인커플링하거나 아웃커플링하는 데 사용될 수 있다. 도 13b는 광 인커플링을 위해 투과 모드에서 동작하도록 구성된 메타표면들의 예들을 도시한다. 일부 실시예들에서, 예시된 바와 같이, 광선들(1240, 1242, 1244) 각각은 상이한 파장들(예컨대, 상이한 컬러들에 대응함)을 가지며 메타표면들(1212, 1222, 1232)은 각각 특정 파장 또는 파장들의 범위를 편향시키기 위해 선택적이다. 예컨대, 메타표면(1212)은 투과 모드에서 광선(1240)을 선택적으로 편향시킬 수 있는 반면, 광선들(1242 및 1244)을 편향 없이 투과시킨다. 유사하게, 예시된 바와 같이, 메타표면(1222)은 투과 모드에서 광선(1242)을 선택적으로 편향시킬 수 있는 반면, 광선(1244)을 편향 없이 투과시키고; 그리고 메타표면(1232)은 투과 모드에서 광선(1244)을 선택적으로 편향시킬 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 투과 모드 메타표면들은 또한 아웃커플링 광학 엘리먼트들, 이를테면 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290(도 6) 또는 1250, 1252, 1254(도 9b)) 중 하나 또는 그 초과로서 적용될 수 있다.

[0079] [0099] 투과 모드에서 기능하는 메타표면들은 일부 애플리케이션들에서, 이를테면 메타표면들이 다른 투과 광학 엘리먼트들(이를테면 도 9b의 광 분산 엘리먼트들(1214, 1224, 1234) 및/또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)의 일부 실시예들)을 가진 도파관 상에서 활용되는 경우에서 장점들을 제공할 수 있다. 그런 투과 모드 메타표면들은 다른 광학 엘리먼트들과 기판의 동일한 측부 상에 형성될 수 있고(이는 메타표면들 및 광학 엘리먼트들의 제작을 가능하게 하는 장점들을 가질 수 있음), 동시에 (기판의 2개의 측부들 상에서의 프로세싱이 요구되면 발생할 수 있는 바와 같은) 메타표면들 또는 광학 엘리먼트들을 손상시키는 가능성을 감소

시킨다.

[0080] [0100] 도 14a-도 14d는 메타표면(2010)을 형성하기 위한 프로세스 흐름의 예를 예시한다. 도 14a를 참조하면, 제1 재료(2020a), 예컨대 레지스트(이를테면 나노임프린트 레지스트)는 기판(2000) 상에 증착된다. 레지스트(2020a)는 바람직하게 광학적으로 투과성이고 레지스트의 층을 형성하기 위해 예컨대 스핀 코팅에 의해 증착될 수 있다. 일부 실시예들에서, 레지스트(2020a)는 제트 코팅(예컨대, 잉크젯 프린팅)에 의해 증착될 수 있고, 제트 코팅은 매우 얇은 층들, 및 또한 가변 조성 및/또는 두께를 가진 층들을 형성하는 장점들을 제공할 수 있다. 예시된 바와 같이, 레지스트(2020a)는 레지스트 소스(2022)로부터 기판(2000)으로 전달될 수 있다.

[0081] [0101] 도 14b를 참조하면, 임프린트 탬플릿(template) 또는 마스터(master)(2024)는 그 레지스트를 패턴화하기 위해 레지스트(2020a)와 콘택하게 된다. 임프린트 탬플릿(2024)의 패턴이 예컨대 e-빔 리소그래피 또는 EUV 리소그래피를 포함하는 리소그래피에 의해 형성될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 그러나, 동일한 탬플릿은 다수의 기판들 상의 레지스트를 패턴화하는데 재사용될 수 있고, 이에 의해 결국-형성된 메타표면들에 대한 단위당 제작 비용들이 감소된다.

[0082] [0102] 임프린트 탬플릿(2024)을 콘택한 이후, 레지스트(2020a)는 탬플릿(2024)의 개구들에 의해 형성된 패턴을 취한다. 일부 실시예들에서, 레지스트(2020a)는 레지스트를 고정시키기 위해 예컨대 광(이를테면 UV 광) 및/또는 열에 대한 노출에 의해 경화될 수 있다. 이어서, 탬플릿(2024)은 도 14c에 도시된 바와 같이, 패턴화된 레지스트(2020)를 남기기 위해 철회될 수 있다.

[0083] [0103] 도 14d를 참조하면, 이후 제2 재료(2030)는 패턴화된 레지스트(2020) 상에 증착된다. 제2 재료(2030)에 대한 재료들의 예들은 실리콘-함유 재료들, 이를테면 실리콘, 실리콘 질화물, 실리콘 탄화물을 포함하는 반도체 재료들; 지르코늄 산화물, 아연 산화물 및 티타늄 산화물을 포함하는 산화물들; 및 광학적 투과성 레지스트들을 포함한다. 본원에 개시된 바와 같이, 제2 재료(2030)는 바람직하게 광학적 투과성 재료이다. 제2 재료(2030)는 블랭킷 증착들, 방향성 증착들, 및 스핀 또는 제트 코팅을 포함하는 다양한 프로세스들에 의해 증착될 수 있다. 블랭킷 증착들의 예들은, 레지스트가 기판(2000)을 포함하는 증착 챔버에 동시에 존재하는 상호 반응성 전구체들에 노출되는 CVD(chemical vapor deposition), 및 레지스트가 전구체들에 교번적으로 노출되는 ALD(atomic layer deposition)를 포함한다. ALD는 고정밀도가 원해지는 증착된 층들의 두께를 정밀하게 제어하는 장점들을 제공하고, 또한 저온들에서 증착 재료들을 형성할 수 있다. 방향성 증착들의 예들은 제2 재료를 나노임프린팅된 레지스트(2020) 및 기판(2000)에 전달하기 위한 증발 및 스퍼터링을 포함한다.

[0084] [0104] 이제 도 15를 참조하면, 메타표면의 제1 레벨 상의 패턴화된 재료(2020)의 클로즈-업 단면도가 도시된다. 예시된 바와 같이, 재료의 패턴화된 층은 패턴화되지 않게 남겨진 RLT(residual layer thickness: 잔류 층 두께)(2021)를 가질 수 있다. 그런 잔류 층 두께는 나노임프린팅에서 통상적이고 (예시되지 않지만) 본원의 다양한 실시예들에 존재할 수 있다. 돌출부들(2020)이 임프린팅된 레지스트로 형성되는 경우, 레지스트가 고온들에 민감할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 바람직하게, 제2 레벨 재료(2030)에 대한 증착 온도는 레지스트의 유리 전이 온도(Tg)의 섭씨 30-50 도 내에 있다. 더 바람직하게, 증착 온도는 Tg 미만이다. 일부 실시예들에서, 각각의 돌출부의 종횡비(AR, h:w)는 약 3 내지 4 미만이다(예컨대, AR < 3-4). 일부 실시예들에서, 종횡비는 약 1이다. 일부 실시예들에서, 레지스트의 굴절률은 약 1.2 - 2.0이다.

[0085] [0105] 이제 도 16aa-도 16c를 참조하면, 제2 재료(2030)를 증착하기 위한 다양한 방법들이 돌출부들(2020)에 대해, 상이한 레벨들을 포함하여 상이한 위치들에 제2 재료(2030)를 제공함으로써, 메타표면(2010)에 대해 상이한 프로파일들을 제공하는데 활용될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 도 16aa 및 도 16b-도 16c는, 제2 재료가 아래놓인 돌출부들의 패턴 위에 상이한 두께들로 증착되는 메타표면 구조들의 측단면도들의 예들을 예시한다. 도 16aa에서, 메타표면(2010)은 돌출부들(2020)과 돌출부들 상에 증착된 제2 재료의 매스들(2030a 및 2030b) 사이의 공기 갭을 가진 2 레벨 구조에 의해 정의된다. 증착이 방향성 증착 프로세스인 경우, 제2 재료가 돌출부들의 최상부 표면상에 및 돌출부들(2020) 사이의 공간으로 실질적으로 로컬라이징되고, 돌출부들의 측부들 상에는 재료가 없거나 또는 최소 재료가 있는 것이 인지될 것이다. 증착이 등각, 블랭킷 증착인 경우, 제2 재료(2030)는 돌출부들(2020)의 최상부 상에, 그들의 사이에, 및 그들의 측부들에 증착된다. 비록 측부들 상의 이 재료(2030)가 반드시 실척이지는 않지만, 도 16aa은 돌출부들(2020)의 측부들 상의 제2 재료의 일부를 예시한다. 일부 실시예들에서, 재료(2030)는 돌출부들(2020)의 측벽들을 포함하여 모든 표면들 위에 실질적으로 일정한 두께를 가진 블랭킷 층을 형성한다. 본원에 논의된 바와 같이, 그런 블랭킷 층은 예컨대 ALD에 의해 증착될 수 있다.

[0086] [0106] 도 16ab는 도 16aa에 도시된 일반적인 구조를 가진 메타표면에 대한 투과 및 반사 스펙트럼의 플롯을

도시한다. 수평 축은 광의 입사 각을 표시하고 수직 축은 투과를 표시한다(0-1의 스케일임). 이 예에서, 돌출부들(2020)은 레지스트로 형성되고 100 nm의 두께 및 130 nm의 폭을 가지며; 위에 놓인 재료(2030)는 60 nm의 실질적으로 일정한 두께를 가진 실리콘 질화물의 등각 블랭킷 층이고; 피치는 382 nm이고; 그리고 공기 갭들은 매스들(2030b)을 분리한다. 도 16ab에 도시된 바와 같이, 메타표면은 입사 각들에 비해 유리하게 넓은 범위를 갖고, 그 범위에 걸쳐 광을 반사한다. 예컨대, 메타표면은 메타표면에 대한 수직에 대해(예컨대, 메타표면의 두께 축에 대해) 약 ±0.25 rad의 각도들을 갖는 상당한 광 반사성이다.

[0087] [0107] 도 16b는 돌출부들(2020) 사이에 공기 갭들이 없는 2 레벨 구조에 의해 정의된 메타표면을 예시한다. 제2 재료는, 돌출부들(202) 사이의 갭들이 매스들(2030a)에 의해 완전히 충진되는 정도로 증착되었다. 등각, 블랭킷 증착이 (메타표면 구조의 상부 레벨 상에 재료(2030)에 의해 형성된 플래토들의 약간의 확장과 함께) 유사한 구조를 달성할 것이지만, 예시된 것을 달성하기 위한 증착은 방향성 증착이다.

[0088] [0108] 도 16c는 두꺼운 연속 상부 레벨 층(2030b)을 가진 2 레벨 구조에 의해 정의된 메타표면을 예시한다. 일부 실시예들에서, 이를테면 층(2030b)은 돌출부들(2020) 사이의 갭들을 완전히 충진하고 이어서 매스(2030b)가 돌출부들(2020) 위에 연속 층을 형성하는 정도로 연속되는 등각, 블랭킷 증착을 사용하여 달성될 수 있다.

[0089] [0109] 도 17a-도 17c는, 제2 재료가 스핀 또는 제트 코팅에 의해 증착된 레지스트인 메타표면 구조들의 측단면도들의 예들을 예시한다. 바람직하게, 레지스트는 1.6, 1.7, 1.8, 또는 1.9보다 더 높은 굴절률을 가진 높은 굴절률 레지스트이다. 유리하게, 레지스트의 점성 및 코팅 조건들을 변화시키는 것은 상이한 구조들이 생성되는 것을 허용한다. 도 17a에서, 레지스트는 돌출부들(2020) 상에 증착되지만 돌출부들 사이의 갭들에 자리잡기에 충분히 낮은 점성을 가지며, 이에 의해 매스들(2030a)을 가지는 메타표면이 형성되고 잔류 최상부 층이 없다. 도 16b에서, 돌출부들(2020) 사이의 갭들이 레지스트의 매스들(2030a)에 의해 충진되는 반면, 잔류 최상부 층이 존재하지 않는 충분한 양의 레지스트가 증착된다. 도 16c에서, 돌출부들(2020) 사이의 갭들이 매스들(2030a)에 의해 충진되지만, 매스(2030b)에 의해 형성된 연속적인 최상부 잔류 층이 또한 형성되는 충분한 양의 레지스트가 증착된다.

[0090] [0110] 일부 실시예들에서 2-레벨 구조들의 형태를 취하지만, 본원에 개시된 메타표면들이 2 초과의 레벨들을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 메타표면들은 3 또는 그 초과의 레벨들을 포함할 수 있다. 이들 3 또는 그보다 더 높은 레벨 구조들은 계단형 돌출부들을 사용하여 형성될 수 있다. 하부 레벨들(기판에 가장 가까움)은 제1 광학적 투과성 재료로 형성된 돌출부들 및 돌출부들의 측부들의 제2 광학적 투과성 재료의 매스들의 부분들을 포함할 수 있고, 가장 높은 레벨(기판으로부터 가장 멈)은 바람직하게 돌출부들의 가장 높은 계단의 최상부 표면상에 증착되는 제2 광학적 투과성 재료만을 포함한다. 바람직하게, n개의 레벨들의 메타표면을 형성하기 위해, n-1개의 레벨들의 계단형 돌출부가 활용되고, 각각 연속적 레벨 상의 계단은 바로 하부 레벨 상의 계단보다 더 작은 폭을 가진다. 일부 실시예들에서, 돌출부들의 가늘고 긴 축에 대해 횡방향으로 취해진 측단면도에서 볼 수 있는 바와 같이, 계단들은 돌출부들의 높이를 연장하는 축을 중심으로 대칭이다. 이들 3 또는 그 보다 더 높은 레벨 메타표면들이 (예컨대, 인커플링 및/또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들로서) 2-레벨 메타표면들과 동일한 애플리케이션들에 적용될 수 있다는 것이 고려된다.

[0091] [0111] 도 18a-도 18b는 2 초과의 레벨들을 가진 메타표면들의 측단면도들의 예들을 예시한다. 도 18a는 각각 제1, 제2 및 제3 레벨들(2012, 2014 및 2016)을 가진 메타표면들(2010)을 예시한다. 3-레벨 메타표면(2010)은 계단형 돌출부들(2020)을 사용하여 형성되고, 계단형 돌출부들(2020) 각각은 2개의 레벨들에 걸쳐 연장되고, 하나의 계단은 각각의 레벨 상에 있고, 그리고 제2 레벨 상의 계단의 폭은 제1 레벨 상의 계단의 폭 미만이다. 제2 광학적 투과성 재료의 매스들(2030a)은 제1 레벨(2012) 상의 돌출부들(2020)의 측부들에 형성되고, 바람직하게 하나의 돌출부(2020)로부터 바로 이웃하는 돌출부(2020)로 연속하여 연장된다. 제2 광학적 투과성 재료의 매스들(2030b)은 제2 레벨(2014) 상의 돌출부들(2020)의 측부들에 형성된다. 제3 레벨 상에는, 제2 광학 투과성 재료의 매스들(2030c)이 돌출부들(2020)의 최상부 표면상에 형성된다. 예시된 바와 같이, 돌출부들(2020)의 계단들의 높이와 함께, 증착된 제2 광학적 투과성 재료의 양은, 제2 광학적 투과성 재료가 주어진 레벨의 전체 높이를 점유하는 두께를 가지지 않도록 한다. 어떤 의미에서, 공기 갭은 바로 이웃하는 돌출부들(2020) 사이의 공간에서 주어진 레벨 상에 존재한다.

[0092] [0112] 도 18b는, 돌출부들의 측부들이 노출되지 않는 것을 제외하고, 도 18a의 메타표면과 유사한 메타표면을 예시한다. 돌출부들(2020)의 측부들이 각각의 레벨 상에서 바로 이웃하는 돌출부들(2020) 사이의 공간에 완전히 충진하기에 충분한 양들의 제2 광학적 투과성 재료를 증착함으로써 커버될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0093] [0113] 도 19a-도 19d는 2 초과의 레벨들을 가진 메타표면들을 형성하기 위한 프로세스 흐름의 예를 예시한다.

일부 실시예들에서, 프로세스 흐름은, 임프린트 탬플릿(2026)이 다중-레벨 돌출부들을 임프린팅하기 위해 구성되는 다중레벨 구조인 것을 제외하고, 도 14a-도 14d의 프로세스 흐름과 유사한 프로세스들을 사용하여 진행될 수 있다. 그런 다중레벨 임프린트 탬플릿(2026)은 예컨대 다중-노출 e-빔 리소그래피 또는 다중-노출 EUV 리소그래피를 포함하는 다중-노출 리소그래피에 의해 형성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 노출은 다중-레벨 돌출부들에 대한 네거티브 레벨 또는 계단에 패턴화하는데 사용될 수 있다.

[0094] [0114] 요약하여, 도 19a를 참조하면, 제1 재료(2020a), 예컨대 레지스트(이를테면 나노임프린트 레지스트)는 기판(2000) 상에 증착된다. 레지스트(2020a)는 바람직하게 광학적 투과성이고 도 14a에 대해 위에서 논의된 바와 같이 증착될 수 있다.

[0095] [0115] 도 19b를 참조하면, 임프린트 탬플릿 또는 마스터(2026)는 그 레지스트를 패턴화하기 위해 레지스트(2020a)와 콘택하게 된다. 임프린트 탬플릿(2026)을 콘택시킨 후, 레지스트(2020a)는 계단형 돌출부들(2020)을 포함하는 패턴을 취한다. 본원에서 주목된 바와 같이, 레지스트는, 탬플릿(2026)을 철회하기 전에, 자신을 고정하기 위해 경화될 수 있다. 결과적인 계단형, 다중-레벨 돌출부들은 도 19c에 도시된다.

[0096] [0116] 도 19d를 참조하면, 이후 제2 재료는 패턴화된 레지스트 상에 증착된다. 본원에서 주목된 바와 같이, 제2 재료에 대한 재료들의 예들은 실리콘-함유 재료들, 이를테면 실리콘, 실리콘 질화물, 실리콘 탄화물을 포함하는 반도체 재료들; 지르코늄 산화물, 아연 산화물 및 티타늄 산화물을 포함하는 산화물들; 및 광학적 투과성 레지스트들을 포함한다. 제2 재료는 바람직하게 광학적 투과성 재료이다. 제2 재료는 도 14d에 대해 위에서 논의된 바와 같이, 블랭킷 증착들, 방향성 증착들, 및 스핀 또는 제트 코팅을 포함하는 다양한 프로세스들에 의해 증착될 수 있다.

[0097] [0117] 예시되지 않았지만, 증착 프로세스들, 증착 시간들, 및/또는 증착 조건들의 적합한 선택으로, 메타표면의 물리 구조가 도 16aa 및 도 16b-도 17c에 예시된 바와 같이 변화될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 이들 도 16aa 및 도 16b-도 17c 중 임의의 도면에 대해 주목된 증착들은 3 또는 그 보다 더 높은 레벨 메타표면에 적용될 수 있다. 예컨대, 돌출부들(2020) 사이의 공기-갭의 존재는 특정 레벨의 전체 높이에 도달하지 않는 증착에 의해 달성될 수 있다. 대안적으로, 충분한 제2 광학적 투과성 재료는 금속 표면의 모든 레벨들을 완전히 충진하도록 증착될 수 있어서, 제2 재료의 연속 층이 돌출부들(2020)의 최상부 위에 걸쳐 연장된다.

[0098] [0118] 일부 실시예들에서, (인커플링 및/또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들로서) 메타표면(2010)을 가진 도파관들(2000)은 디스플레이 시스템들, 이를테면 본원에 개시된 시스템(1000)(도 6)을 형성하는데 사용될 수 있다. 예컨대, 메타표면(2010)의 제작 이후, 도파관(2000)은 광 파이프, 이를테면 이미지 정보를 도파관에 주입하기 위한 광 파이프에 광학적으로 커플링될 수 있다. 광 파이프는 일부 실시예들에서 광섬유일 수 있다. 광 파이프들의 예들은 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)(도 6) 및 스캐닝 광섬유들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 메타표면들(2010)을 각각 가진 복수의 도파관들이 제공될 수 있고, 이들 도파관들 각각은 하나 또는 그 초과의 이미지 주입 디바이스들에 광학적으로 커플링될 수 있다.

[0099] [0119] 본 발명의 다양한 예시적 실시예들이 본원에 설명된다. 비-제한적 의미로 이들 예들에 대해 참조가 이루어진다. 이들 예들은 본 발명의 더 넓게 적용가능한 양상들을 예시하기 위하여 제공된다. 설명된 본 발명에 대해 다양한 변화들이 이루어질 수 있고 등가물들은 본 발명의 진정한 사상 및 범위에서 벗어나지 않고 대체될 수 있다.

[0100] [0120] 예컨대, 다수의 깊이 평면들에 걸쳐 이미지들을 제공하는 AR 디스플레이들이 유리하게 활용될 때, 본원에 개시된 증강 현실 콘텐츠는 또한 단일 깊이 평면 상에서 이미지를 제공하는 시스템들에 의해 디스플레이될 수 있다. 게다가, 메타표면들이 기판의 단일 표면상에 있는 것으로 예시되지만, 다수의 기판 표면들 상(예컨대, 도파관의 대향하는 주 표면들 상)에 배치될 수 있는 것이 인지될 것이다. 멀티플렉싱된 이미지 정보(예컨대, 상이한 컬러들의 광)가 도파관으로 지향되는 일부 실시예들에서, 다수의 메타표면들은 도파관 상에 제공될 수 있고, 예컨대 하나의 메타표면은 광의 각각의 컬러에 대해 활성이다. 일부 실시예들에서, 메타표면을 형성하는 돌출부들의 피치 또는 주기성, 및/또는 기하학적 사이즈들은 메타표면에 걸쳐 가변할 수 있다. 그런 메타표면은, 상이한 파장들의 광이 메타표면들 상에 충돌하는 위치들에서의 기하구조들 및 피치들에 의존하여 광을 재지향시키는데 능동적일 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 메타표면 피처들의 기하구조들 및 피치들은, 심지어 유사한 파장들의 편향된 광선들이 상이한 각도들로 메타표면으로부터 전파하도록 가변되게 구성된다. 다수의 분리된 메타표면들이 기판 표면에 걸쳐 배치될 수 있고, 메타표면들 각각이 일부 실시예들에서 동일한 기하구조들 및 피치들을 가지거나, 메타표면들 중 적어도 일부가 일부 다른 실시예들에서 다른 메타표면들과 상이한 기하구조들 및/또는 피치들을 가지는 것이 또한 인지될 것이다.

[0101] [0121] 또한, 디스플레이들, 이를테면 착용가능 디스플레이들에 유리하게 적용되는 동안, 메타표면들은, 소형, 저-프로파일 광 재지향 엘리먼트가 원해지는 다양한 다른 디바이스들에 적용될 수 있다. 예컨대, 금속 표면들은 일반적으로 광학 플레이트들(예컨대, 유리판들), 광섬유들, 마이크로스코프들, 센서들, 시계들, 카메라들 및 이미지 주입 디바이스들의 광 재지향 부분들을 형성하기 위해 적용될 수 있다.

[0102] [0122] 게다가, 특정 상황, 재료, 물질 조성, 프로세스, 프로세스 동작(들) 또는 단계(들)를 본 발명의 목적(들), 사상 또는 범위에 적응시키기 위하여 많은 수정들이 이루어질 수 있다. 추가로, 당업자는, 본원에 설명되고 예시된 개별 변동들 각각이 본 발명들의 범위 또는 사상에서 벗어나지 않고 다른 몇몇 실시예들 중 임의의 실시예의 피처들로부터 쉽게 분리되거나 그것들과 결합될 수 있는 이산 컴포넌트들 및 피처들을 가지는 것을 인지할 것이다. 모든 그런 수정들은 본 개시내용과 연관된 청구항들의 범위 내에 있도록 의도된다.

[0103] [0123] 본 발명은 청구대상 디바이스들을 사용하여 수행될 수 있는 방법들을 포함한다. 방법들은 그런 적절한 디바이스를 제공하는 동작을 포함할 수 있다. 그런 제공은 사용자에 의해 수행될 수 있다. 다른 말로, "제공" 동작은 단순히, 사용자가 청구대상 방법에 필수적인 디바이스를 제공하기 위하여 획득, 액세스, 접근, 포지셔닝, 셋-업, 활성화, 전력-인가 또는 달리 동작하는 것을 요구한다. 본원에 나열된 방법들은 논리적으로 가능한 나열된 이벤트들의 임의의 순서로, 및 이벤트들의 나열된 순서로 수행될 수 있다.

[0104] [0124] 재료 선택 및 제조에 관한 세부사항들과 함께, 본 발명의 예시적 양상들은 위에서 설명되었다. 본 발명의 다른 세부사항들에 관해서, 이들은 당업자들에 의해 일반적으로 알려지거나 인지되는 것뿐 아니라 위에서-참조된 특허들 및 공개물들과 관련하여 인지될 수 있다. 공통적으로 또는 논리적으로 이용되는 바와 같은 부가적인 동작들 측면에서 본 발명의 방법-기반 양상들에 관하여 동일한 것이 사실일 수 있다.

[0105] [0125] 설명의 용이함을 위해, 피처들의 상대적 포지션들을 표시하는 다양한 단어들이 본원에 사용된다. 예컨대, 다양한 피처들은 다른 피처들 "상에", "위에", "측에", "더 높게" 또는 "더 아래에" 있는 것으로 설명될 수 있다. 상대적 포지션의 다른 단어들이 또한 사용될 수 있다. 상대적 포지션의 모든 그런 단어들은, 전체로서 피처들에 의해 형성된 어그리게이트(aggregate) 구조 또는 시스템이 설명 목적들 위한 참조의 포인트로서 소정 배향 내에 있는 것을 가정하지만, 사용 시, 구조가 옆으로, 뒤집어져, 또는 임의의 수의 다른 배향들로 포지셔닝될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0106] [0126] 게다가, 본 발명이 다양한 피처들을 선택적으로 통합하는 몇몇 예들을 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 본 발명의 각각의 변형에 관하여 고려된 바와 같이 설명되거나 표시된 것으로 제한되지 않는다. 본 발명의 진정한 사상 및 범위에서 벗어나지 않고, 설명된 본 발명에 대해 다양한 변화들이 이루어질 수 있고 등가물들(본원에 나열되든 일부 간략성을 위하여 포함되지 않든)이 대체될 수 있다. 게다가, 다양한 값들이 제공되는 경우, 그 범위의 상한과 하한 간의 모든 각각의 개재 값 및 그 언급된 범위 내의 임의의 다른 언급되거나 개재된 값은 본 발명 내에 포함되는 것으로 이해된다.

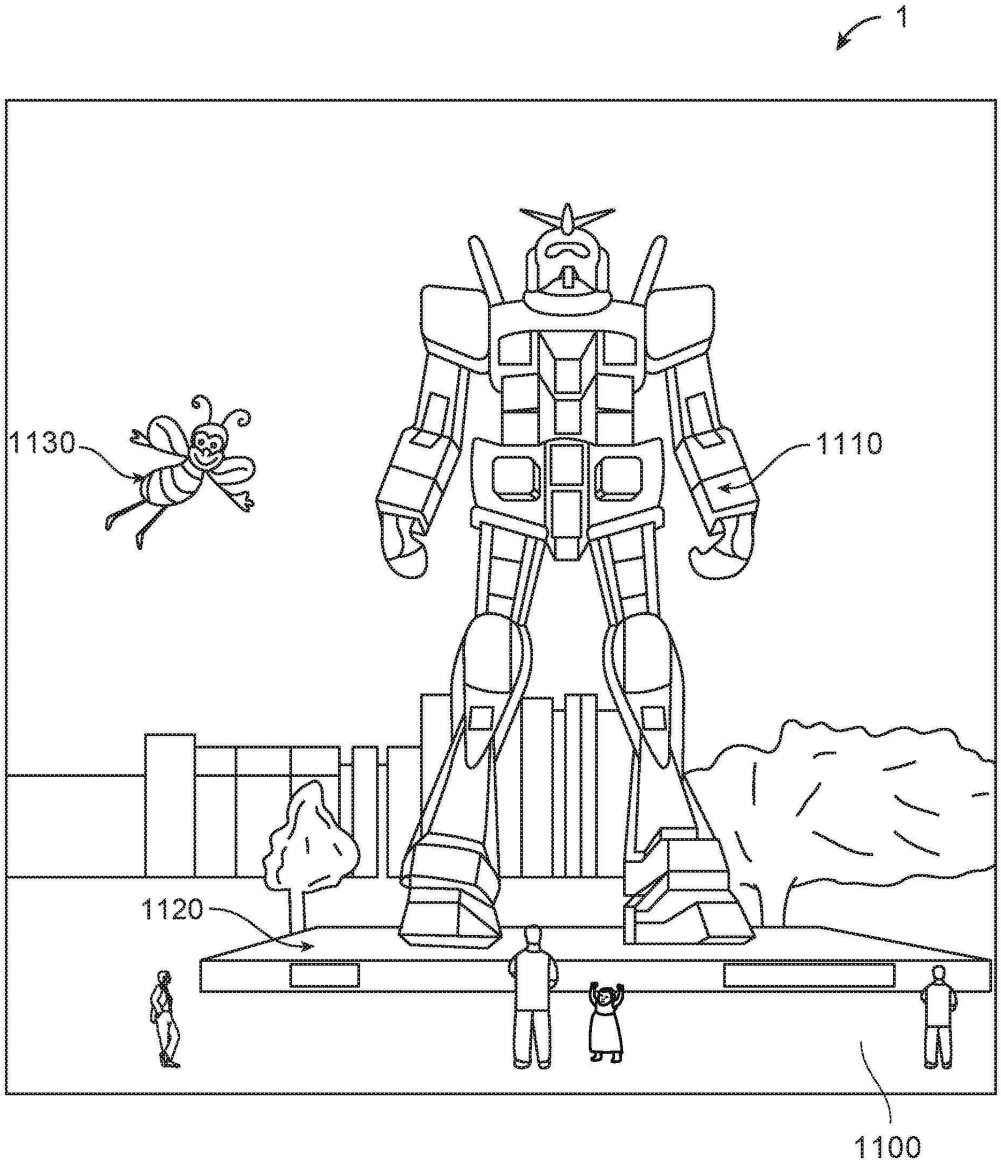
[0107] [0127] 또한, 설명된 본 발명의 변형들의 임의의 선택적인 피처가 본원에 설명된 피처들 중 임의의 하나 또는 그 초과와 독립적으로 또는 결합하여 설명되고 청구될 수 있다는 것이 고려된다. 단수 아이템에 대한 참조는, 복수의 동일한 아이템들이 존재하는 가능성을 포함한다. 보다 구체적으로, 본원 및 본원에 연관된 청구항들에서 사용된 바와 같이, 단수 형태들은, 명확하게 다르게 언급되지 않으면 복수의 지시 대상들을 포함한다. 다른 말로, 단수들의 사용은 본 개시내용과 연관된 청구항들뿐 아니라 위의 상세한 설명의 청구대상 아이템 중 "적어도 하나"를 허용한다. 이 청구항들이 임의의 선택적인 엘리먼트를 배제하도록 작성될 수 있다는 것이 추가로 주목된다. 이와 같이, 이런 서술은 청구항 엘리먼트들의 나열과 관련하여 "오로지", "오직" 등 같은 그런 배타적인 용어의 사용, 또는 "네거티브" 제한의 사용을 위한 선행 기초로서 역할을 하도록 의도된다.

[0108] [0128] 그런 배타적 용어의 사용 없이, 본 개시내용과 연관된 청구항들에서 "포함하는"이라는 용어는, 주어진 수의 엘리먼트들이 그런 청구항들에 열거되는지 여부에 무관하게 임의의 부가적인 엘리먼트의 포함을 허용할 수 있거나, 또는 피처의 부가는 그 청구항들에 설명된 엘리먼트의 성질을 변환하는 것으로 간주될 수 있다. 본원에 구체적으로 정의된 바를 제외하고, 본원에 사용된 모든 기술적 및 과학적 용어들은 청구 유효성을 유지하면서 가능한 한 일반적으로 이해되는 의미로 넓게 제공되어야 한다.

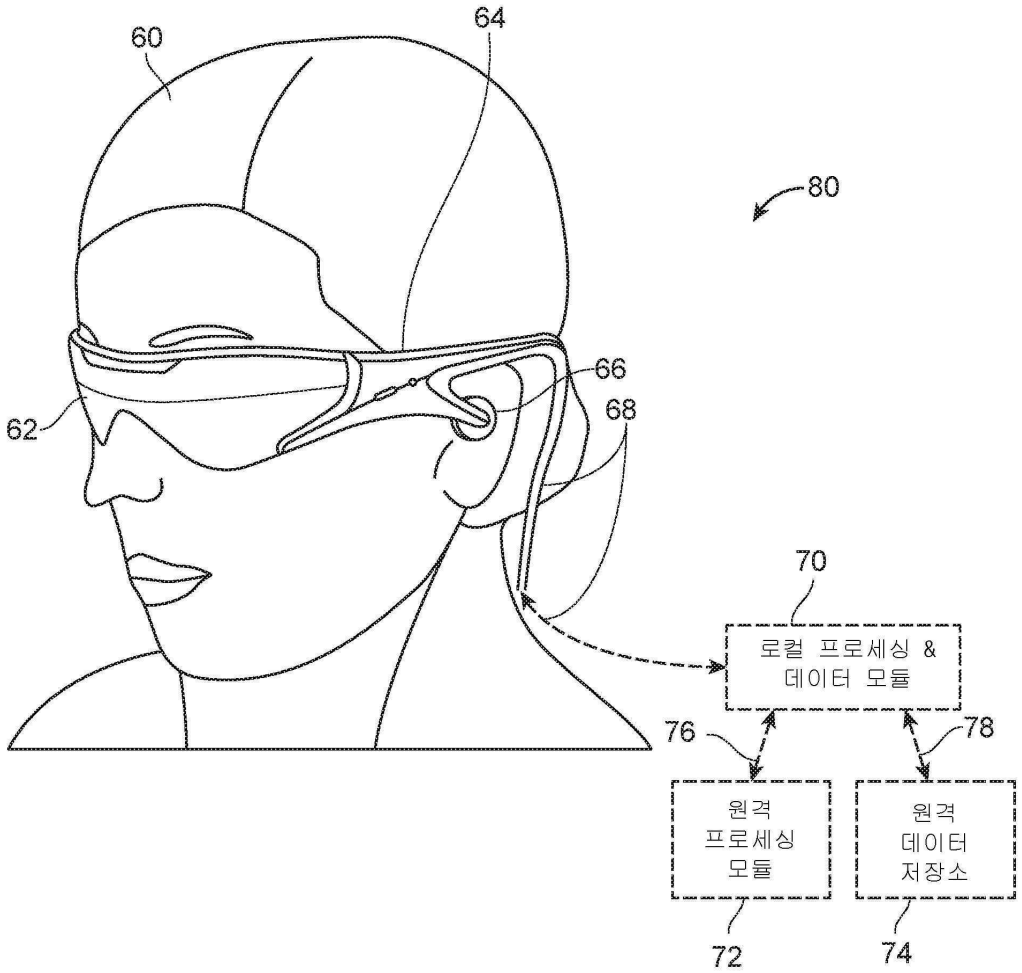
[0109] [0129] 본 발명의 폭은 제공된 예들 및/또는 본 명세서로 제한되는 것이 아니라, 오히려 본 개시내용과 연관된 청구항 언어의 범위에 의해서만 제한된다.

도면

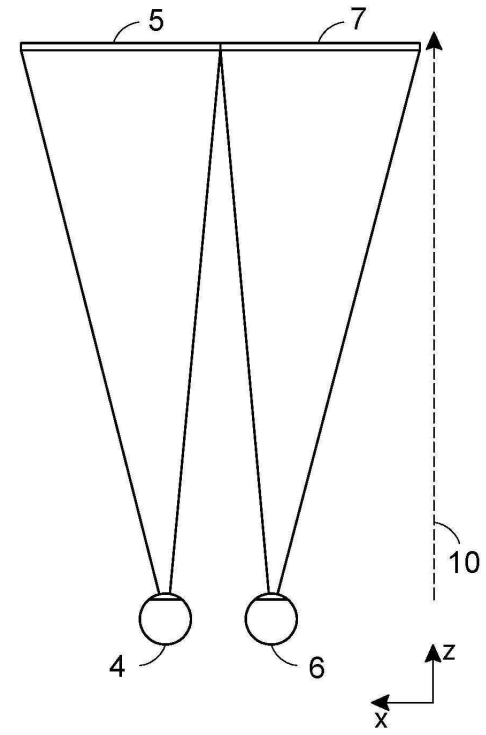
도면1



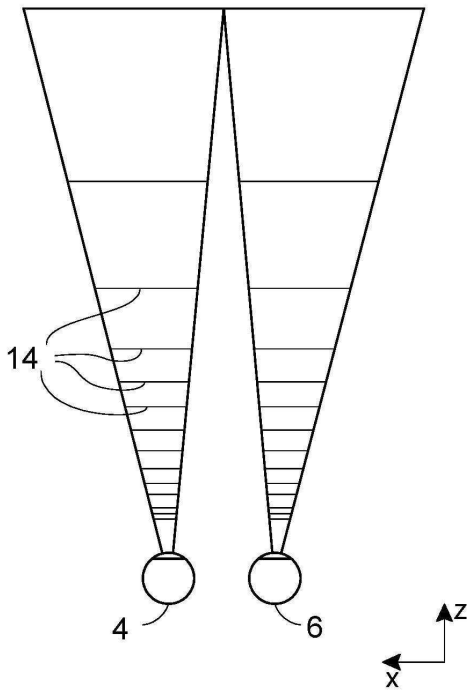
도면2



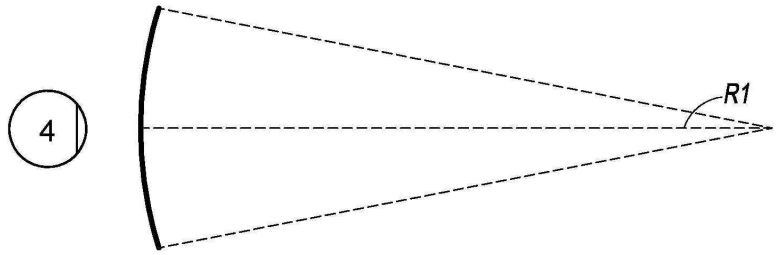
도면3



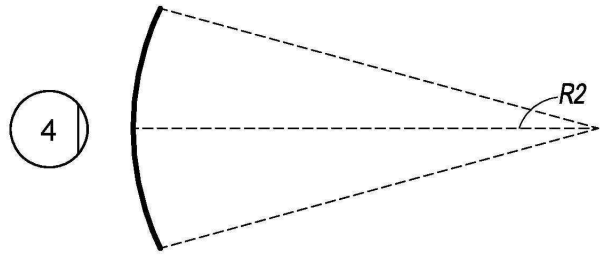
도면4



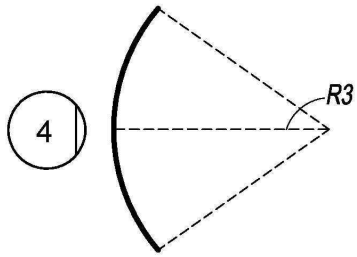
도면5a



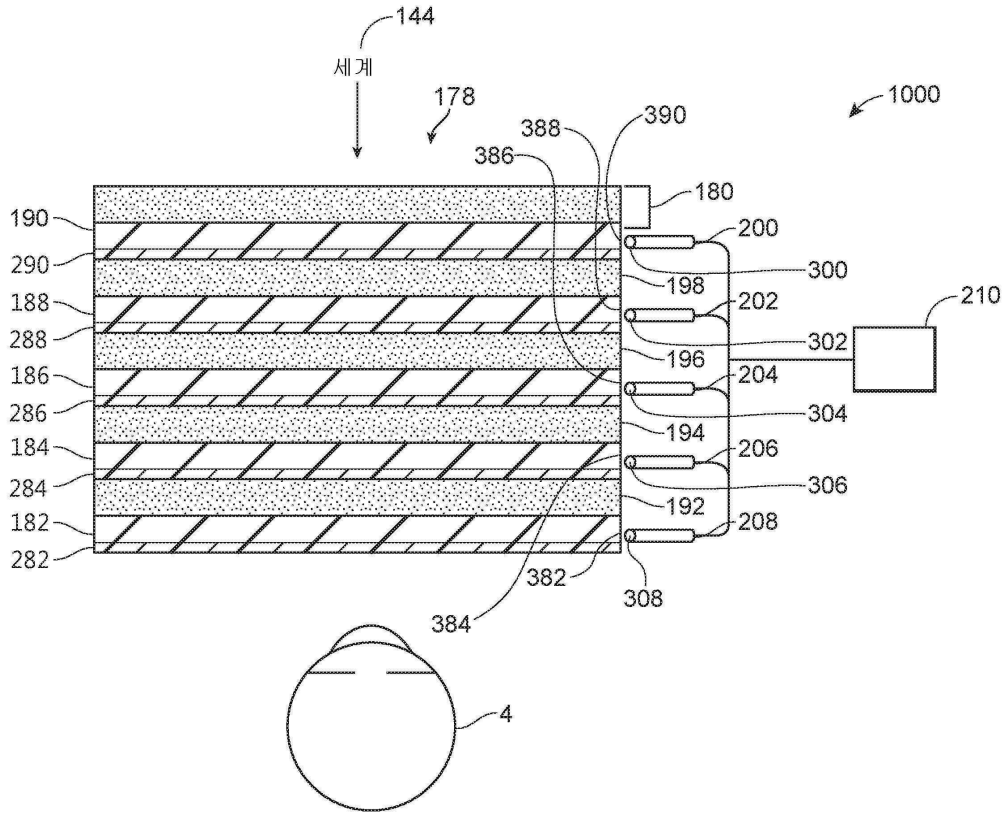
도면5b



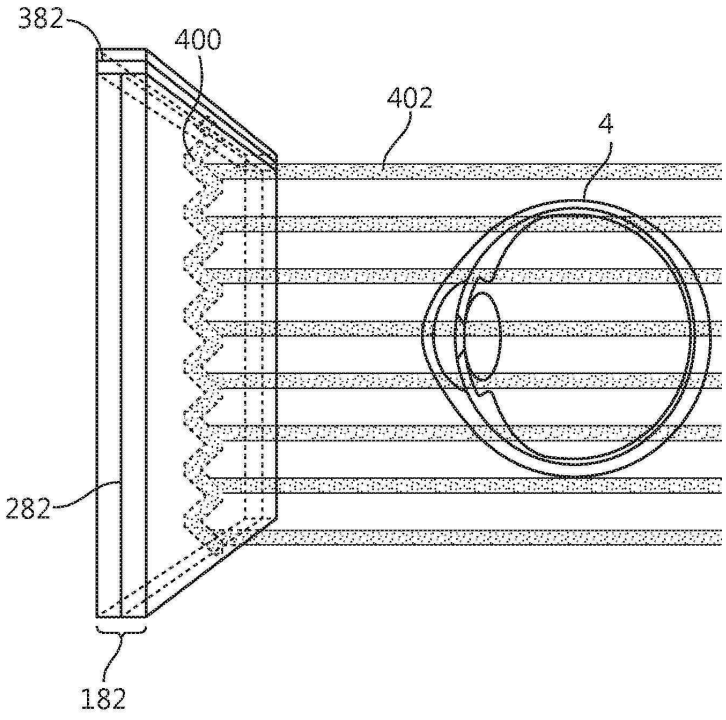
도면5c



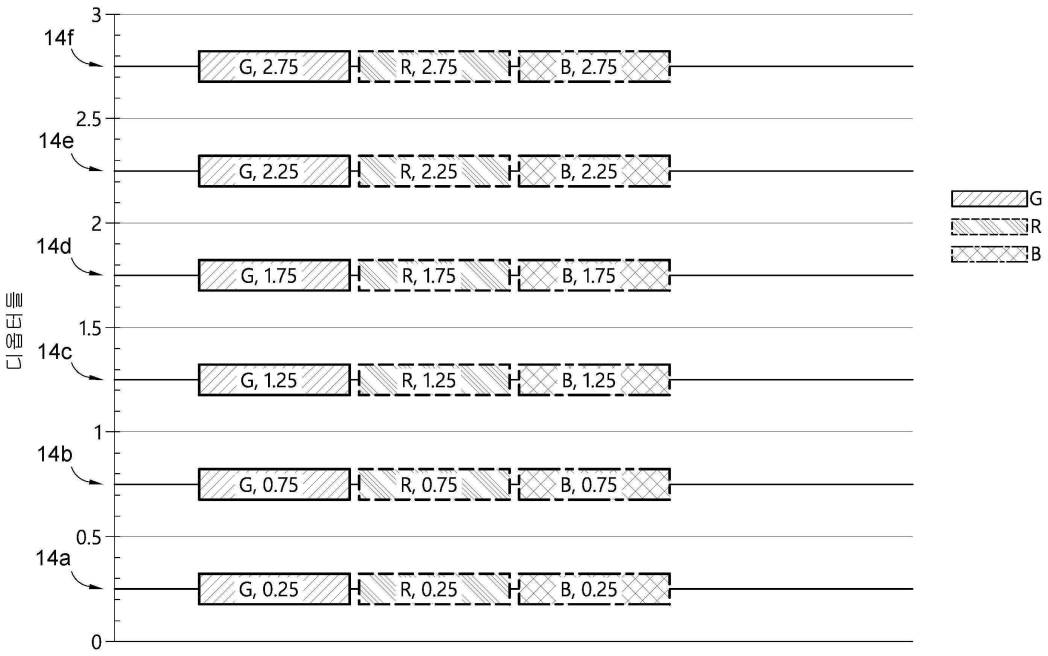
도면6


144
세계
178
1000
388
390
386
180
190
200
290
300
198
188
202
210
288
302
196
186
204
286
304
194
184
206
284
306
192
182
208
282
382
308
384
4

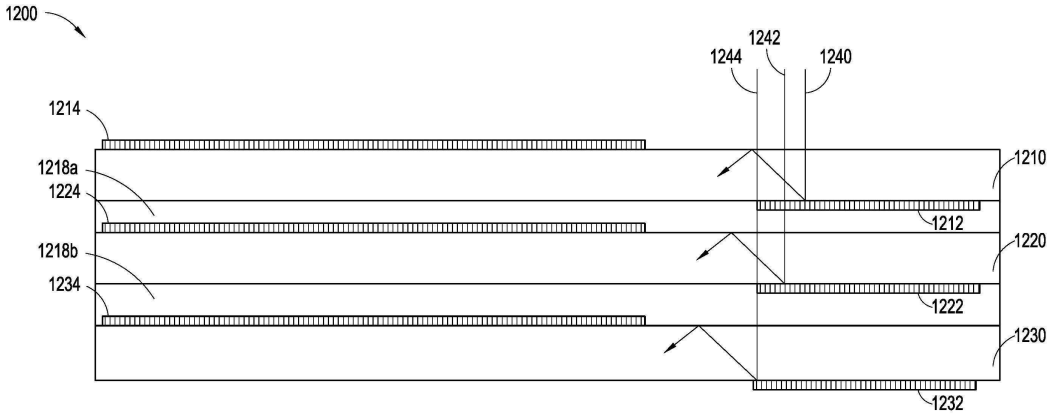
도면7


382
400
402
4
282
182

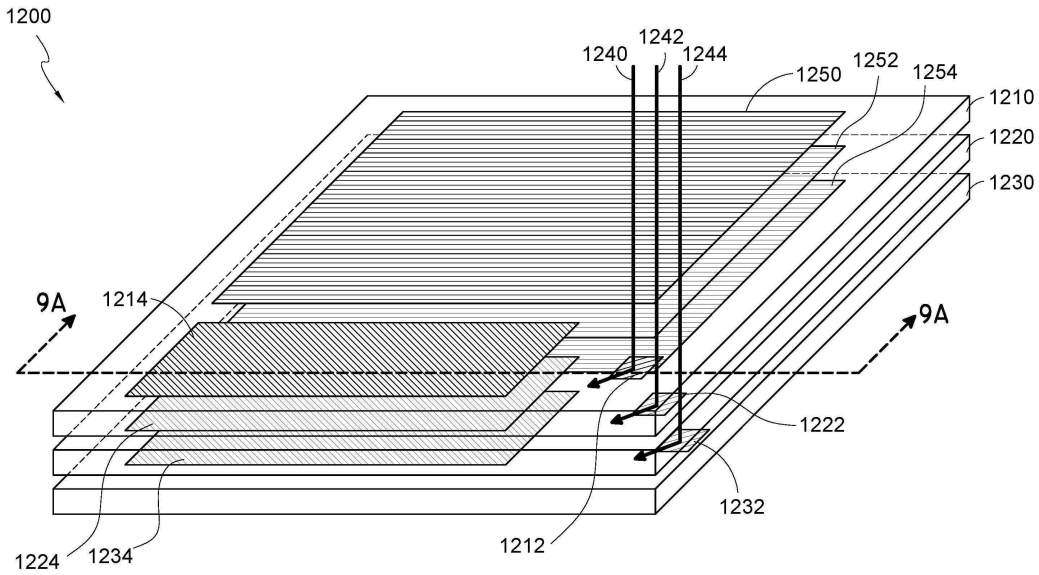
도면8


3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
14f
14e
14d
14c
14b
14a
G, 2.75
R, 2.75
B, 2.75
G, 2.25
R, 2.25
B, 2.25
G, 1.75
R, 1.75
B, 1.75
G, 1.25
R, 1.25
B, 1.25
G, 0.75
R, 0.75
B, 0.75
G, 0.25
R, 0.25
B, 0.25
디옵터들
G
R
B

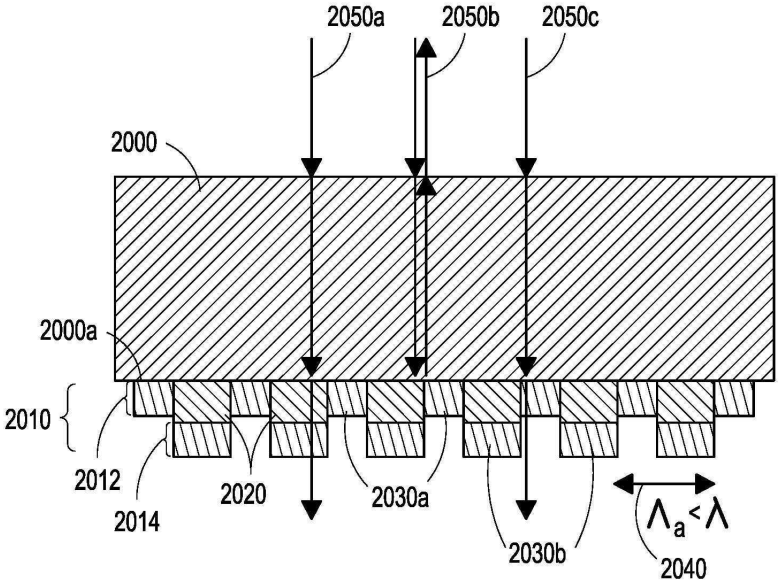
도면9a


1200
1242
1244
1240
1214
1218a
1224
1218b
1234
1210
1212
1220
1222
1230
1232

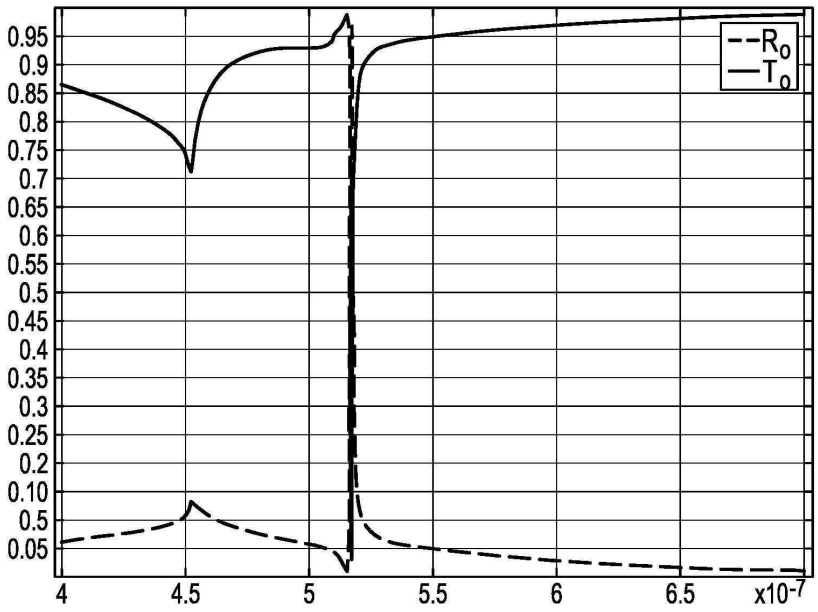
도면9b


1200
1242
1240
1244
1250
1252
1254
1210
1220
1230
9A
1214
9A
1222
1232
1224
1234
1212

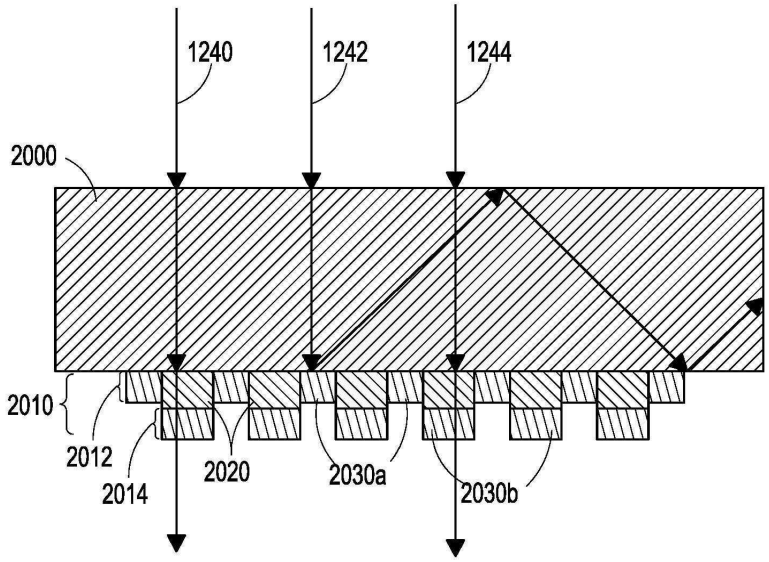
도면10a


2050a
2050b
2050c
2000
2000a
2010
2012
2014
2020
2030a
2030b
$\Lambda_a < \Lambda$
2040

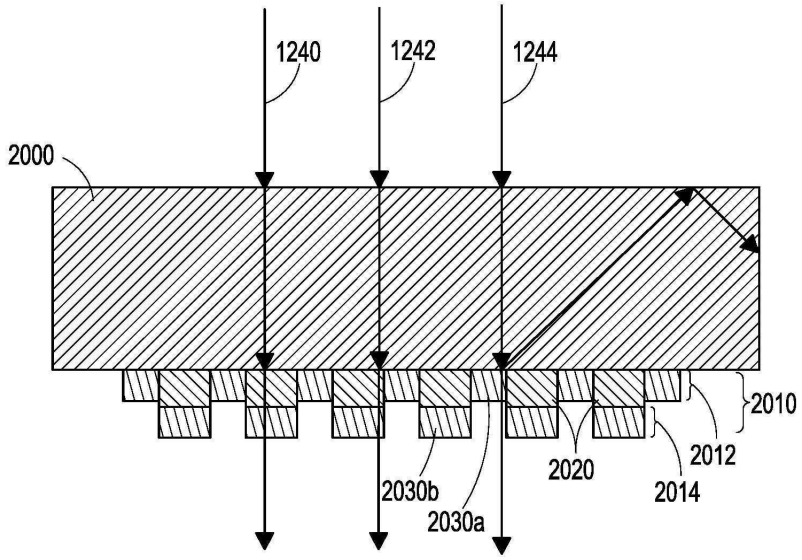
도면10b


0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
0.45
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
0.10
0.5
0.05
4
4.5
5
5.5
6
6.5
x10-7
Ro
To

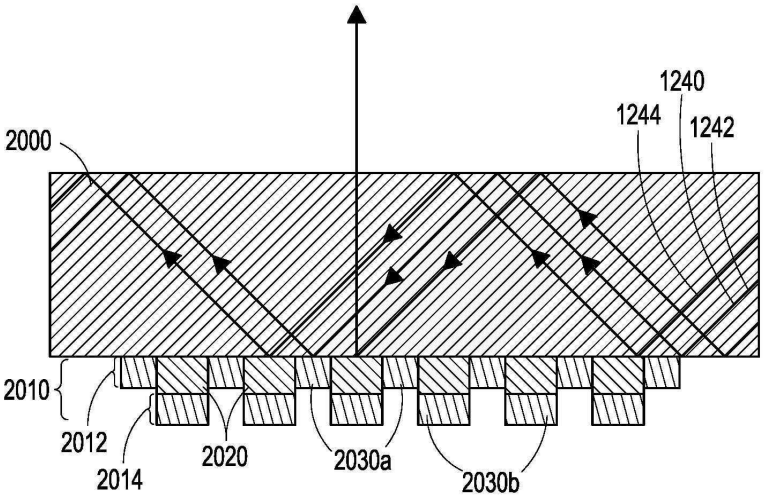
도면11a


1240
1242
1244
2000
2010
2012
2014
2020
2030a
2030b

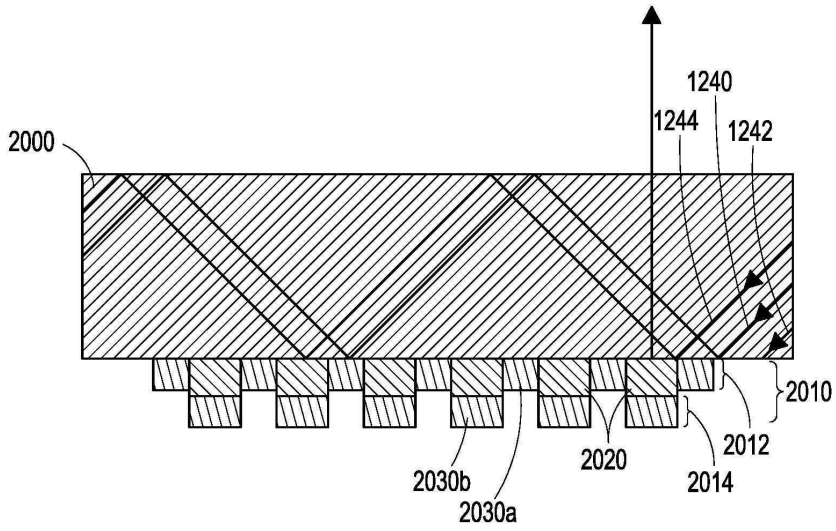
도면11b


1240
1242
1244
2000
2010
2012
2020
2014
2030b
2030a

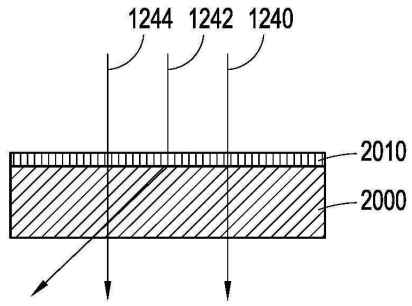
도면12a


1240
1244
1242
2000
2010
2012
2014
2020
2030a
2030b

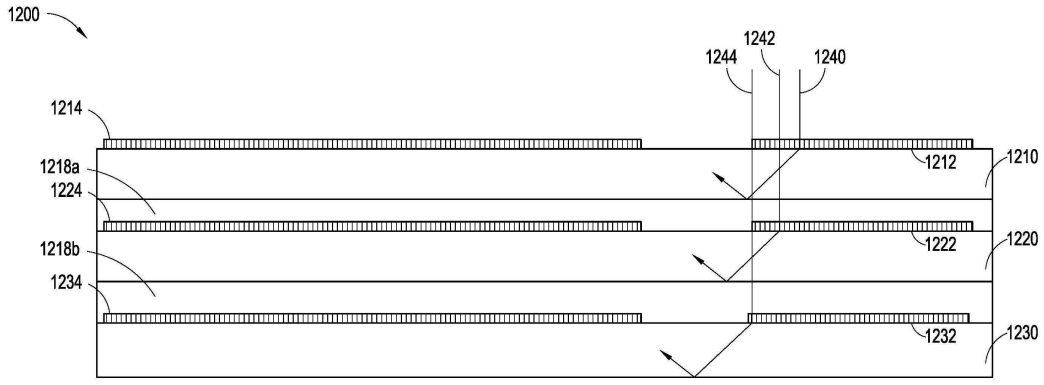
도면12b



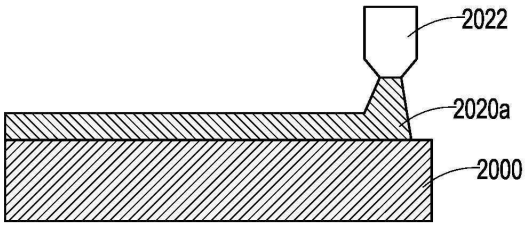
도면13a



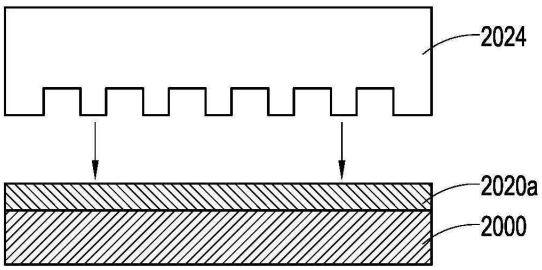
도면13b



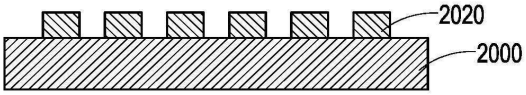
도면14a



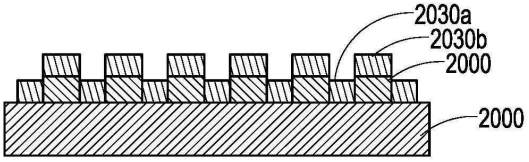
도면14b



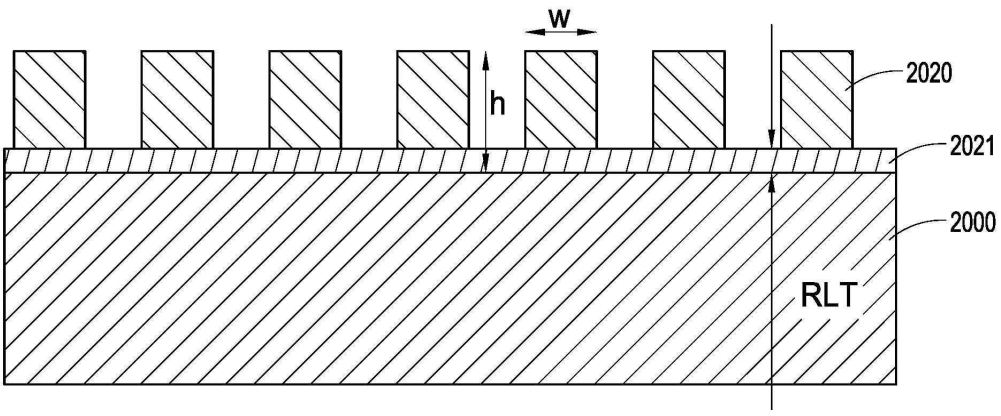
도면14c



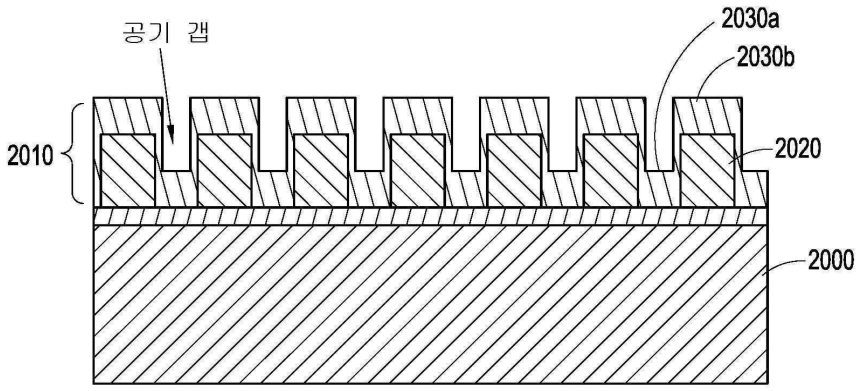
도면14d



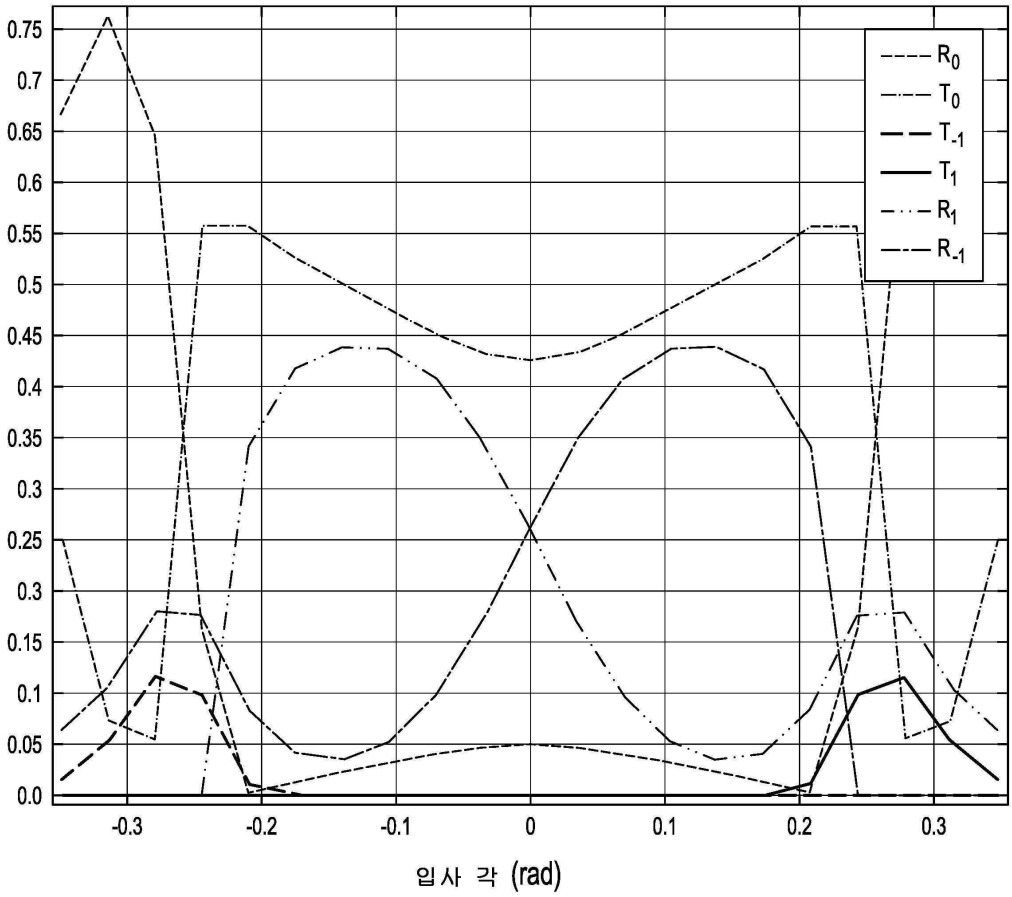
도면15



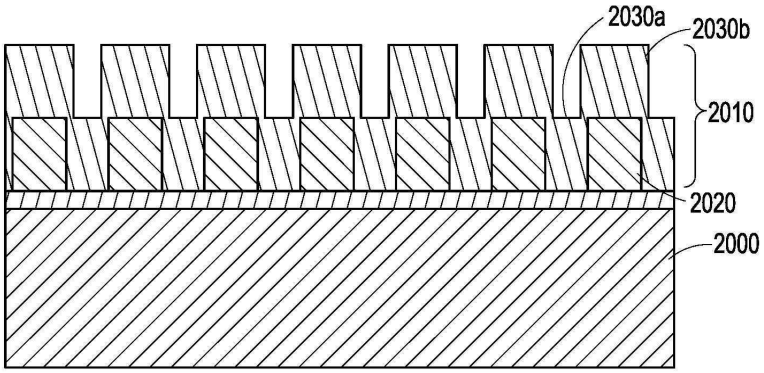
도면16aa



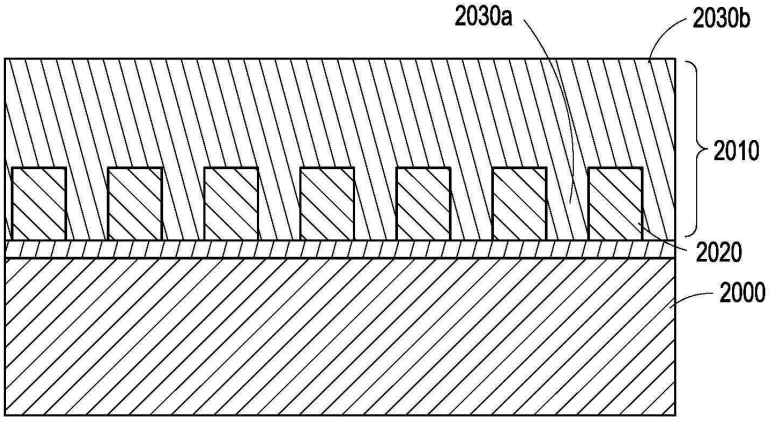
도면16ab



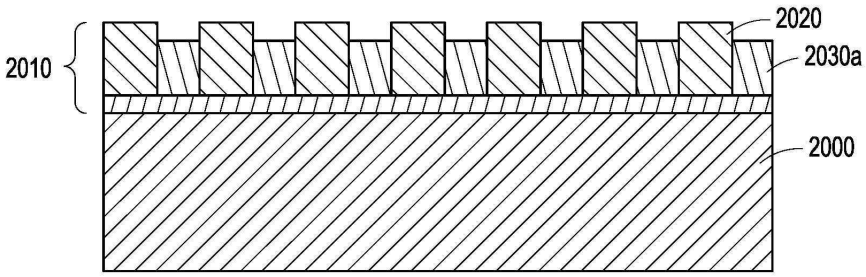
도면16b



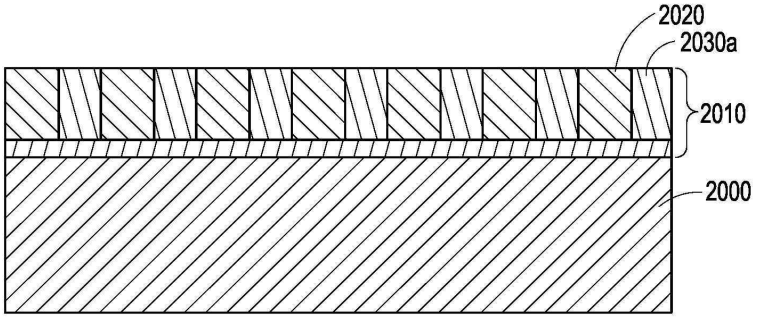
도면16c



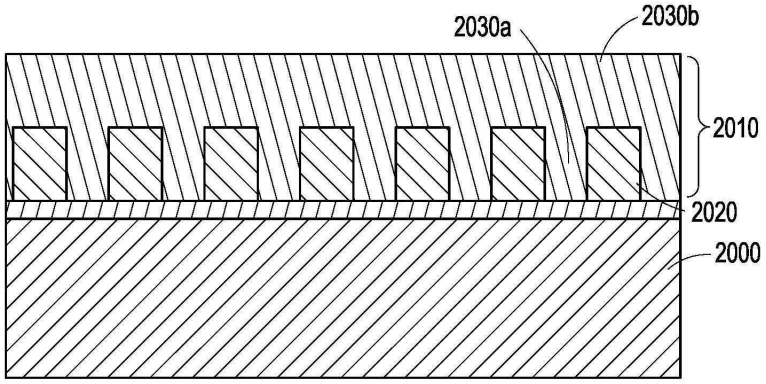
도면17a



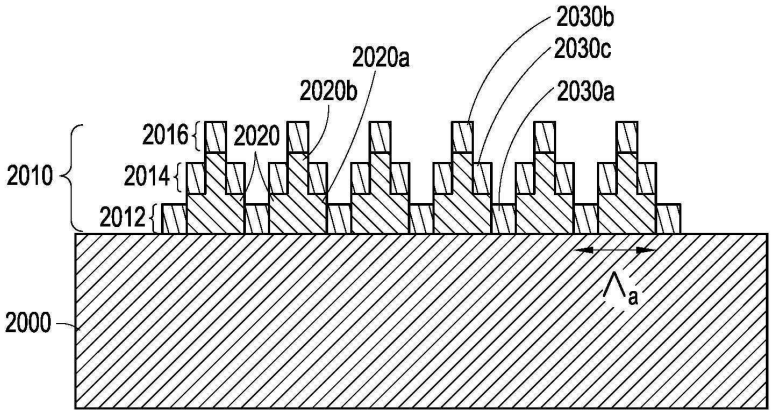
도면17b



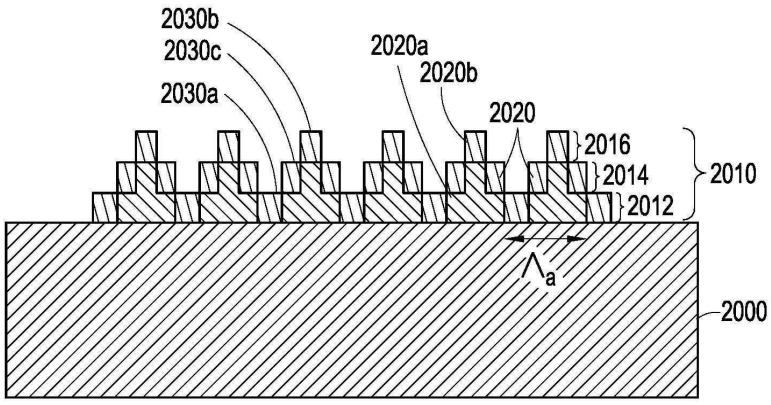
도면17c



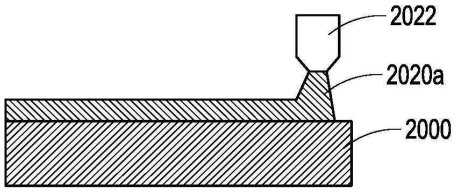
도면18a



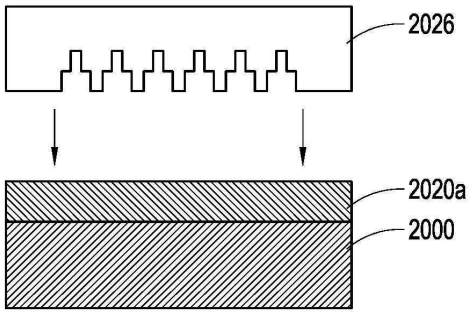
도면18b



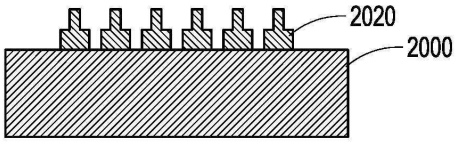
도면19a



도면19b



도면19c



도면19d

