(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월04일
(11) 등록번호 10-2564357
(24) 등록일자 2023년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C03C 15/00 (2006.01) *C03C 3/097* (2006.01)
F21V 8/00 (2016.01) *G02B 30/00* (2020.01)
H04N 23/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
C03C 15/00 (2013.01)
C03C 3/097 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7022480
(22) 출원일자(국제) 2018년01월04일
심사청구일자 2020년12월29일
(85) 번역문제출일자 2019년07월30일
(65) 공개번호 10-2019-0101436
(43) 공개일자 2019년08월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/012335
(87) 국제공개번호 WO 2018/129151
국제공개일자 2018년07월12일
(30) 우선권주장
62/442,809 2017년01월05일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP07168023 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

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

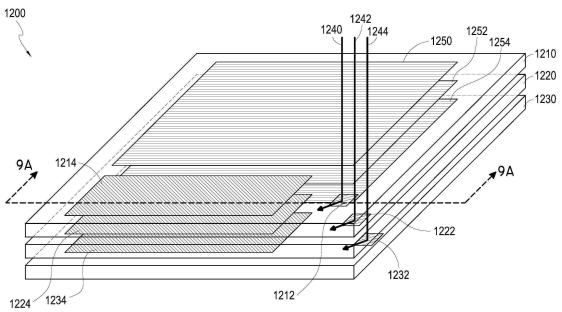
전체 청구항 수 : 총 28 항 심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 **플라즈마 에칭에 의한 고굴절률 유리들의 패터닝**

(57) 요 약

이를테면, 도파관들로서 사용하기 위해, 고굴절률 유리 기판에 패턴들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스들이 본원에 제공된다. 기판들은 약 1.65 이상의 굴절률을 갖고, 약 50 wt% 미만의 SiO_2를 갖는 유리로 형성될 수 있다. 플라즈마 에칭 프로세스들은 화학적 및 물리적 에칭 성분들 둘 모두를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 프로세스들은 고굴절률 유리 기판의 적어도 일부 상에 패터닝된 마스크 층을 형성하는 단계 및 기판의 노출된 부분들로부터 고굴절률 유리를 제거하기 위해 마스크 층 및 고굴절률 유리 기판을 플라즈마에 노출시키는 단계를 포함할 수 있다. 임의의 남아있는 마스크 층이 후속하여 고굴절률 유리 기판으로부터 제거된다. 유리의 제거는 고굴절률 유리 기판에 회절 격자와 같은 원하는 패터닝된 구조물을 형성한다.

대 표 도 - 도9b



(52) CPC특허분류
G02B 30/26 (2020.01)
G02B 6/0026 (2013.01)
G02B 6/0038 (2013.01)
G02B 6/0076 (2013.01)
G06F 1/163 (2013.01)
H04N 23/57 (2023.01)
C03C 2218/34 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

도파관에 하나 이상의 회절 격자들(diffractive gratings)을 형성하기 위한 방법으로서,

1.65 이상의 굴절률을 갖는 도파관을 제공하는 단계 - 상기 도파관의 50 wt% 초과는 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상으로 형성됨 - ;

상기 도파관 위에 마스크 층을 제공하는 단계 - 상기 마스크 층은 상기 하나 이상의 회절 격자들에 대응하는 패턴을 갖고, 상기 패턴은 상기 도파관의 부분들을 선택적으로 노출시킴 - ; 및

상기 도파관에 상기 하나 이상의 회절 격자들을 규정(define)하기 위해 상기 도파관의 상기 노출된 부분들을 이방성으로(anisotropically) 에칭하는 단계를 포함하고,

상기 도파관은, 상기 도파관의 상기 노출된 부분들을 이방성으로 에칭하고 상기 도파관에 상기 하나 이상의 회절 격자들을 규정한 후에, 내부 전반사에 의해 상기 도파관 내 및 상기 도파관을 통해 광을 전파하도록 구성되는,

도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 형성하기 위한 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 마스크 층을 제공하는 단계는 상기 도파관의 제1 영역 위의 제1 회절 격자 패턴 및 제2 영역 내의 제2 회절 격자 패턴을 포함하는 상기 패턴을 제공하는 단계를 포함하고, 상기 제2 영역은 상기 도파관의 표면 영역의 대부분에 걸쳐 연장되는,

도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 형성하기 위한 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 제1 회절 격자 패턴은 인커플링 광학 엘리먼트(incoupling optical element)에 대응하고, 상기 제2 회절 격자 패턴은 아웃커플링 광학 엘리먼트(outcoupling optical element)에 대응하는,

도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 형성하기 위한 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 마스크 층을 제공하는 단계는 상기 도파관의 제3 영역 위에 제3 회절 격자 패턴을 포함하는 상기 패턴을 제공하는 단계를 포함하고, 상기 제3 회절 격자 패턴은 상기 인커플링 광학 엘리먼트로부터의 광을 최상부 커플링 광학 엘리먼트로 방향전환시키도록 구성된 직교 동공 확장기(orthogonal pupil expander)에 대응하는,

도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 형성하기 위한 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 하나 이상의 회절 격자들 각각은 실질적으로 평행하는 라인들을 포함하고, 각각의 라인은 1 미크론 미만의 임계 치수 및 1:10 내지 10:1의 종횡비를 갖는,

도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 형성하기 위한 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,

각각의 라인은 300nm 미만의 임계 치수를 갖는,

도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 형성하기 위한 방법.

청구항 7

제5 항에 있어서,

상기 마스크 층은 마스크 층 재료의 하부(underlying) 마스크 층 및 상부 컨포멀(overlying conformal) 층을 포함하는,

도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 형성하기 위한 방법.

청구항 8

도파관인 고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스로서,

상기 고굴절률 유리 기판의 적어도 일부 상에 패터닝된 마스크 층을 제공하는 단계 - 상기 기판은 1.65 이상의 굴절률을 갖는 유리로 형성되고, 50 wt% 미만의 SiO_2를 포함함 -, 및

노출된 고굴절률 유리를 상기 고굴절률 유리 기판으로부터 선택적으로 제거하기 위해, 화학적 및 물리적 에천트종(etchant species)을 포함하는 플라즈마 에칭에 상기 마스크 층 및 상기 고굴절률 유리 기판을 노출시킴으로써, 상기 기판의 상기 피처들을 에칭하는 단계를 포함하고,

상기 기판은, 상기 노출된 고굴절률 유리를 상기 고굴절률 유리 기판으로부터 선택적으로 제거한 후에, 내부 전반사에 의해 상기 기판 내 및 상기 기판을 통해 광을 전파하도록 구성되는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 고굴절률 유리 기판은 30 wt% 미만의 SiO_2를 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 10

제8 항에 있어서,

상기 고굴절률 유리 기판의 50 wt% 초과는 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상으로 형성되는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 11

제8 항에 있어서,

상기 고굴절률 유리 기판은 1.70 이상의 굴절률을 갖는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 12

제8 항에 있어서,

상기 플라즈마 에칭에 상기 마스크 층 및 상기 고굴절률 유리 기판을 노출시키는 단계는, 상기 고굴절률 유리 기판의 노출된 표면으로부터 고굴절률 유리를 이방성으로 제거하는 단계를 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 13

제8 항에 있어서,

상기 플라즈마는 소스 가스로부터 생성되고, 상기 플라즈마는 상기 고굴절률 유리 기판을 수용하는 반응 챔버에서 인시튜로(in situ) 생성되는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 소스 가스는 SF_6 및 Ar 가스를 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 15

제13 항에 있어서,

상기 소스 가스는 BCl_3, HBr 및 Ar 가스를 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 16

제13 항에 있어서,

상기 소스 가스는 CF_4, CHF_3 및 Ar 가스를 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 17

제8 항에 있어서,

상기 플라즈마 에칭 프로세스는 ICP(inductively coupled plasma) 반응기의 반응 챔버 내에서 발생하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 ICP 반응기는 이중 주파수 ICP 반응기인,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 19

제8 항에 있어서,

상기 피처들 각각은 100nm 미만의 임계 치수를 갖는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 20

제19 항에 있어서,

상기 피처들 각각은 1:10 내지 10:1의 종횡비를 갖는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 21

제19 항에 있어서,

상기 피처들은 회절 격자를 형성하도록 크기가 정해지고 이격되는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 22

제8 항에 있어서,

상기 마스크 층은 중합체 레지스트 층(polymeric resist layer)을 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 23

제8 항에 있어서,

상기 마스크 층 및 상기 고굴절률 유리 기판을 상기 플라즈마에 노출시킨 후에, 상기 고굴절률 유리 기판으로부터 남아있는 마스크 층을 제거하는 단계를 더 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스.

청구항 24

도파관인 고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 프로세스로서,

상기 고굴절률 유리 기판으로부터 고굴절률 유리를 선택적으로 제거하기 위해 상기 고굴절률 유리 기판의 일부를 반응 챔버에서 플라즈마에 선택적으로 노출시키는 단계를 포함하고,

상기 고굴절률 유리 기판은 50 wt% 미만의 SiO_2를 포함하고 1.65 이상의 굴절률을 갖고,

상기 고굴절률 유리 기판은, 상기 고굴절률 유리를 선택적으로 제거한 후에, 내부 전반사에 의해 상기 고굴절률 유리 기판 내 및 상기 고굴절률 유리 기판을 통해 광을 전파하도록 구성되는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 프로세스.

청구항 25

제24 항에 있어서,

상기 고굴절률 유리 기판은 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상을 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 프로세스.

청구항 26

제24 항에 있어서,

상기 고굴절률 유리 기판의 일부를 선택적으로 노출시키는 단계는 상기 기판에 돌출부들(protrusions)의 패턴을 규정하고, 상기 돌출부들은 광학 회절 격자를 형성하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 프로세스.

청구항 27

제26 항에 있어서,

기판 상에 마스크 층을 증착하는 단계;

상기 기판 위의 제1 영역에 제1 세트의 이격된 라인들, 및 상기 기판 위의 제2 영역에 제2 세트의 이격된 라인

들을 규정하기 위해 상기 마스크 층을 패터닝하는 단계를 더 포함하고,

상기 고굴절률 유리 기판의 일부를 선택적으로 노출시키는 단계는,

상기 기판 중 상기 제1 영역에 대응하는 영역에 광 인커플링 회절 격자를, 그리고

상기 기판 중 상기 제2 영역에 대응하는 영역에 광 아웃커플링 회절 격자를 형성하기 위해,

상기 마스크 층을 통해 상기 기판을 에칭하는 단계를 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 프로세스.

청구항 28

제27 항에 있어서,

상기 마스크 층을 패터닝하는 단계는 상기 기판 위의 제3 영역에 제3 세트의 이격된 라인들을 추가로 규정하고,

상기 고굴절률 유리 기판의 일부를 선택적으로 노출시키는 단계는, 상기 제3 영역에 대응하는 직교 동공 확장기를 형성하기 위해 상기 마스크 층을 통해 상기 기판을 에칭하는 단계를 포함하는,

고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 프로세스.

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

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 출원은 2017년 1월 5일에 출원된 미국 가출원 제62/442,809호의 우선권을 35 U.S.C.§119(e) 하에서 주장하고, 상기 출원의 전체 개시내용은 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0002] [0002] 본 출원은 이하의 특허 출원들: 미국 공보 제2015/0205126호로서 2015년 7월 23일에 공개된, 2014년 11월 27일에 출원된 미국 출원 제14/555,585호; 미국 공보 제2015/0302652로서 2015년 10월 22일에 공개된, 2015년 4월 18일에 출원된 미국 출원 제14/690,401호; 2016년 8월 16일에 발행된 현재 미국 특허 제9,417,452호인, 2014년 3월 14일에 출원된 미국 출원 제14/212,961호; 및 미국 공보 제2015/0309263호로서 2015년 10월 29일에 공개된, 2014년 7월 14일에 출원된 미국 출원 제14/331,218호 각각의 전체를 인용에 의해 포함한다.

[0003] [0003] 본 개시내용은 디스플레이 시스템들에 관한 것이며, 더 구체적으로, 상기 디스플레이 시스템들에서 사용하기 위한 고굴절률 유리들의 고분해능 패터닝에 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 디지털 방식으로 재생된 이미지들 또는 이미지들의 부분들은, 그들이 실제인 것으로 보이거나, 실제로서 지각될 수 있는 방식으로 사용자에게 제공된다. 가상 현실, 또는 "VR" 시나리오는 전형적으로 다른 실제 실세계 시각적 입력에 대한 투명성(transparency) 없는 디지털 또는 가상 이미지 정보의 프리젠테이션(presentation)을 수반하고; 증강 현실, 또는 "AR" 시나리오는 전형적으로 사용자 주위의 실제 세계의 시각화에 대한 증강으로서 디지털 또는 가상 이미지 정보의 프리젠테이션을 수반한다. 혼합 현실, 또는 "MR" 시나리오는 AR 시나리오의 타입이며, 전형적으로 자연계(natural world)에 통합되고 자연계에 반응하는 가상 오브젝트들을 수반한다. 예컨대, MR 시나리오는, 실세계의 오브젝트들에 의해 블록킹되는 것처럼 보이거나 그렇지 않다면 그 오브젝트들과 상호작용하는 것으로 지각되는 AR 이미지 콘텐츠를 포함할 수 있다.

[0005] [0005] 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(scene)(1)이 묘사된다. AR 기술의 사용자는 배경 내의 사람들, 나무들, 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(1120)을 특징으로 하는 실세계 공원형 세팅(1100)을 본다. 사용자는 또한, 그가 "가상 콘텐츠", 이를테면 실세계 플랫폼(1120) 상에 서있는 로봇 동상(1110), 및 호박벌의 의인화된 것으로 보여지는 날고 있는 만화형 아바타 캐릭터(1130)를 "보고 있다"는 것을 지각한다. 이들 엘리먼트들(1130, 1110)은, 그들이 실세계에 존재하지 않는다는 점에서 "가상"이다. 인간 시각적 지각 시스템은 복잡하기 때문에, 다른 가상 또는 실세계 이미저리 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편안하고, 자연스러운 느낌의, 풍부한 프리젠테이션을 가능하게 하는 AR 기술을 만드는 것은 난제이다.

[0006] [0006] 본원에서 개시된 시스템들 및 방법들은 AR 및 VR 기술과 관련된 다양한 난제들을 해결한다.

발명의 내용

[0007] [0007] 일부 양상들에 따라, 도파관에 하나 이상의 회절 격자들(diffractive gratings)을 형성하기 위한 방법들이 개시된다. 일부 실시예들에서, 방법은 약 1.65 이상의 굴절률을 갖는 도파관을 제공하는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 도파관의 50 wt% 초과는 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상으로 형성된다. 일부 실시예들에서, 방법은 도파관 위에 마스크 층을 제공하는 단계 - 마스크 층은 하나 이상의 회절 격자들에 대응하는 패턴을 갖고, 패턴은 도파관의 부분들을 선택적으로 노출시킴 - , 및 도파관에 하나 이상의 회절 격자들을 규정하기 위해 도파관의 노출된 부분들을 이방성으로(anisotropically) 에칭하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0008] [0008] 일부 실시예들에서, 마스크 층을 제공하는 단계는 도파관의 제1 영역 위의 제1 회절 격자 패턴 및 제2 영역 내의 제2 회절 격자 패턴을 포함하는 패턴을 제공하는 단계를 포함하고, 제2 영역은 도파관의 표면 영역의 대부분에 걸쳐 연장된다. 일부 실시예들에서, 제1 회절 격자 패턴은 인커플링 광학 엘리먼트(incoupling optical element)에 대응하고, 제2 회절 격자 패턴은 아웃커플링 광학 엘리먼트(outcoupling optical element)에 대응한다. 일부 실시예들에서, 마스크 층을 제공하는 단계는 도파관의 제3 영역 위에 제3 회절 격자 패턴을 포함하는 패턴을 제공하는 단계를 포함하고, 제3 회절 격자 패턴은 인커플링 광학 엘리먼트로부터의 광을 최상부 커플링 광학 엘리먼트로 방향전환시키도록 구성된 직교 동공 확장기(orthogonal pupil expander)에 대응한다. 일부 실시예들에서, 하나 이상의 회절 격자들은 실질적으로 평행하는 라인들을 포함하고, 각각의 라인은 약 1 미크론 미만의 임계 치수 및 약 1:10 내지 약 10:1의 종횡비를 갖는다. 일부 실시예들에서, 각각의 라인

은 약 300nm 미만의 임계 치수를 갖는다.

[0009] [0009] 일부 양상들에 따라, 고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 플라즈마 에칭 프로세스들이 제공된다. 일부 실시예들에서, 프로세스는 고굴절률 유리 기판의 적어도 일부 상에 패터닝된 마스크 층을 제공하는 단계 - 기판은 약 1.65 이상의 굴절률을 갖는 유리로 형성되고, 약 50 wt% 미만의 SiO_2를 포함함 - , 및 노출된 고굴절률 유리를 고굴절률 유리 기판으로부터 선택적으로 제거하기 위해, 화학적 및 물리적 에천트 종(etchant species)을 포함하는 플라즈마 에칭에 마스크 층 및 고굴절률 유리 기판을 노출시킴으로써, 기판의 피처들을 에칭하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] [0010] 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리 기판은 약 30 wt% 미만의 SiO_2를 포함한다. 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리 기판의 50 wt% 초과는 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상으로 형성된다. 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리 기판은 약 1.70 이상의 굴절률을 갖는다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭에 마스크 층 및 고굴절률 유리 기판을 노출시키는 단계는, 고굴절률 유리 기판의 노출된 표면으로부터 고굴절률 유리를 이방성으로 제거하는 단계를 포함한다.

[0011] [0011] 일부 실시예들에서, 플라즈마는 고굴절률 유리 기판을 수용하는 반응 챔버에서 인시튜로(in situ) 생성된다. 일부 실시예들에서, 소스 가스는 SF_6 및 Ar 가스를 포함한다. 일부 실시예들에서, 소스 가스는 BCl_3, HBr 및 Ar 가스를 포함한다. 일부 실시예들에서, 소스 가스는 CF_4, CHF_3 및 Ar 가스를 포함한다. 일부 실시예들에서, 반응 챔버는 ICP(inductively coupled plasma) 반응기의 반응 챔버이다. 일부 실시예들에서, 반응 챔버는 이중 주파수 ICP 반응기의 반응 챔버이다. 일부 실시예들에서, 피처들 각각은 약 100nm 미만의 임계 치수를 갖는다. 일부 실시예들에서, 피처들 각각은 약 1:10 내지 약 10:1의 종횡비를 갖는다. 일부 실시예들에서, 피처들은 회절 격자를 형성하도록 크기가 정해지고 이격된다. 일부 실시예들에서, 마스크 층은 중합체 레지스트 층(polymeric resist layer)을 포함한다. 일부 실시예들에서, 프로세스는 마스크 층 및 고굴절률 유리 기판을 플라즈마에 노출시킨 후에, 고굴절률 유리 기판으로부터 남아있는 마스크 층을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] [0012] 일부 양상들에 따라, 고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위한 프로세스들이 제공된다. 일부 실시예들에서, 프로세스는 고굴절률 유리 기판으로부터 고굴절률 유리를 선택적으로 제거하기 위해 고굴절률 유리 기판의 일부를 반응 챔버에서 플라즈마에 선택적으로 노출시키는 단계를 포함할 수 있고, 고굴절률 유리 기판은 약 50 wt% 미만의 SiO_2를 포함하고 약 1.65 이상의 굴절률을 갖는다.

[0013] [0013] 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리 기판은 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상을 포함한다. 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리 기판의 일부를 선택적으로 노출시키는 단계는 기판에 돌출부들(protrusions)의 패턴을 규정하고, 돌출부들은 광학 회절 격자를 형성한다. 일부 실시예들에서, 프로세스는 기판 상에 마스크 층을 증착하는 단계, 기판 위의 제1 영역에 제1 세트의 이격된 라인들을, 그리고 기판 위의 제2 영역에 제2 세트의 이격된 라인들을 규정하기 위해 마스크 층을 패터닝하는 단계를 더 포함할 수 있고, 고굴절률 유리 기판의 일부를 선택적으로 노출시키는 단계는, 기판 중 제1 영역에 대응하는 영역에 광 인커플링 회절 격자를, 그리고 기판 중 제2 영역에 대응하는 영역에 광 아웃커플링 회절 격자를 형성하기 위해, 마스크 층을 통해 기판을 에칭하는 단계를 포함한다. 일부 실시예들에서, 마스크 층을 패터닝하는 단계는 기판 위의 제3 영역에 제3 세트의 이격된 라인들을 추가로 규정하고, 고굴절률 유리 기판의 일부를 선택적으로 노출시키는 단계는, 제3 영역에 대응하는 직교 동공 확장기를 형성하기 위해 마스크 층을 통해 기판을 에칭하는 단계를 포함한다.

[0014] [0014] 일부 다른 양상들에 따라, 광학 도파관 구조물을 형성하는 방법들이 제공된다. 방법들은 고굴절률 유리 기판에 형성될 제1 피처들의 원하는 치수 특징들을 식별하는 단계 및 고굴절률 유리 기판에 적어도 제1 피처들을 형성하는 데 사용되는 에칭 프로세스의 에칭 특징들을 식별하는 단계를 포함한다. 식별된 에칭 특징들에 기반하여, 고굴절률 유리 기판에 제1 피처들을 형성하기 전에, 고굴절률 유리 기판 상에 형성될 패터닝된 층의 제2 피처들에 대한 바이어싱된 치수 특징들이 결정된다. 패터닝된 층이 고굴절률 유리 기판 상에 형성된다. 형성하는 단계는 패터닝된 층에 제2 피처들을 형성하는 단계를 포함하고, 제2 피처들은 바이어싱된 치수 특징들을 갖는다. 방법들은 또한 고굴절률 유리 기판에 원하는 치수 특징들을 갖는 제1 피처들을 형성하기 위해, 에칭 프로세스를 사용하여, 바이어싱된 치수 특징들을 갖는 제2 피처들의 패턴을 고굴절률 유리 기판으로 전사하는 단계를 포함한다.

[0015] [0015] 또 다른 양상들에 따라, 유리 기판을 패터닝하기 위한 방법들이 제공된다. 방법들은 1.65 이상의 굴절률을 갖는 유리로 형성된 유리 기판 위에 에칭 마스크를 제공하는 단계를 포함한다. 유리 기판에 대응하는 피처들을 규정하기 위한 에칭 마스크의 피처들은 대응하는 피처들의 원하는 크기보다 더 크다. 방법들은 또한 유리 기판에 피처들을 규정하기 위해 에칭 마스크를 통해 유리 기판을 에칭하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0016] [0016] 도 1은 AR(augmented reality) 디바이스를 통한 AR의 사용자의 뷰를 예시한다.

[0017] [0017] 도 2는 웨어러블 디스플레이 시스템의 예를 예시한다.

[0018] [0018] 도 3은 사용자에 대한 3-차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다.

[0019] [0019] 도 4는 다수의 깊이 평면들을 사용하여 3-차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다.

[0020] [0020] 도 5a-5c는 곡률 반경과 초점 반경 간의 관계를 예시한다.

[0021] [0021] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다.

[0022] [0022] 도 7은 도파관에 의해 출력된 출사 빔(exit beam)들의 예를 예시한다.

[0023] [0023] 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의 상이한 컴포넌트 컬러들을 사용하여 형성된 이미지들을 포함하는 스택된 도파관 어셈블리의 예를 예시한다.

[0024] [0024] 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 스택된 도파관들의 세트의 예의 측단면도를 예시한다.

[0025] [0025] 도 9b는 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다.

[0026] [0026] 도 9c는 도 9a 및 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다.

[0027] [0027] 도 10은 일부 실시예들에 따른 플라즈마 에칭 프로세스의 예에 대한 프로세스 흐름도이다.

[0028] [0028] 도 11a는 상부 에칭 마스크를 갖는 유리 기판의 예의 측단면도를 예시한다.

[0029] [0029] 도 11b는 방향성 에칭을 겪는 도 11a의 구조물의 예의 측단면도를 예시한다.

[0030] [0030] 도 11c는, 유리 기판을 에칭하고 상부 에칭 마스크를 제거한 후에, 도 11b의 구조물의 예의 측단면도를 예시한다.

[0031] [0031] 도 12a는 유리 기판 위에 놓인 에칭 마스크의 다른 예의 측단면도를 예시한다.

[0032] [0032] 도 12b는, 에칭 마스크의 피처들의 크기들을 확대한 후에, 도 12a의 구조물의 예의 측단면도를 예시한다.

[0033] [0033] 도 12c는 방향성 에칭을 겪는 도 12b의 구조물의 예의 측단면도를 예시한다.

[0034] [0034] 도 12d는, 유리 기판을 에칭하고 상부 에칭 마스크를 제거한 후에, 도 12b의 구조물의 예의 측단면도를 예시한다.

[0035] [0035] 도면들은 본원에 설명되는 예시적인 실시예들을 예시하기 위해 제공되며, 본 개시내용의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다. 도면들은 반드시 실척대로 도시되는 것은 아니다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] [0036] VR 및 AR 디스플레이 시스템들은 광의 형태로 이미지 정보를 사용자에게 제공하기 위한 도파관들로서 고굴절률 유리 기판들을 활용할 수 있다. 고굴절률의 기판은, 광범위한 각도들로 기판으로부터의 광 출력을 허용하고 그 기판 내의 광의 TIR(total internal reflection)를 가능하게 하는 것을 포함하여, 바람직한 광학 특성들을 제공한다. 예컨대, 기판 내에서 TIR을 위해 광을 인커플링하고 그리고/또는 광을 사용자에게 아웃커플링하기 위해, 광학 엘리먼트들이 기판의 표면 상에 제공될 수 있다는 것을 인지될 것이다. 예로서, 이들 광학 엘리먼트들은 회절 격자들의 형태를 취할 수 있다.

[0018] [0037] 그러나, 회절 격자들과 같은 광학 엘리먼트들을 고굴절률 유리 기판들의 본체에서 직접적으로 에칭하는

것은 어렵다. 고굴절률을 갖는 기판 재료들은, 기판들 내의 소량의 산화 실리콘으로 인해, 특히 광학 엘리먼트들에 대해 요구되는 치수들에서 에칭하기에 어렵다. 그러나, 광학 엘리먼트들의 광학 특성들은 엘리먼트들의 규칙성, 치수들 및 형상들에 크게 의존한다. 전형적인 습식 화학 에칭 또는 반응성 이온 에칭이 충분히 높지 않은 분해능을 갖고 그리고/또는 광학 회절 격자들로서 사용하기에 충분히 수직 또는 직선 측벽들 및/또는 충분한 종횡비들을 갖는 피처들을 형성하지 않는다는 것이 밝혀졌다.

[0019] [0038] 결과적으로, 이러한 광학 엘리먼트들을 형성하기 위한 종래의 접근법은 광학 엘리먼트들을 형성하기 위한 재료를 기판 상에 증착하는 것이다. 예컨대, 재료는 기상 증착되고 패터닝될 수 있다. 다른 예로서, 광학 엘리먼트들은 기판에 부착된 별개의 막으로 형성될 수 있다. 그러나, 이러한 증착 또는 부착은 바람직하지 않게 제조 복잡성들을 추가할 수 있고 또한 광학 아티팩트들을 도입할 수 있다. 예컨대, 기판과 증착된 층 또는 막 사이의 계면들, 및 막을 기판에 결합시키는 임의의 접착층들은, 결국 광학 아티팩트를 발생시키는 반사들을 발생시킬 수 있다.

[0020] [0039] 일부 실시예들에 따라, 에칭 프로세스는, 높은 분해능 및 선택성을 제공하면서, 피처들이 고굴절률 유리 기판의 본체에서 직접적으로 형성될 수 있게 한다. 일부 실시예들에서, 에칭 프로세스는, 고굴절률 유리 기판의 표면의 적어도 일부분 상에 패터닝된 마스크 층을 형성하는 것, 및 마스크 층 및 고굴절률 유리 기판을 기판의 표면의 노출된 부분으로부터 원하는 양의 고굴절률 유리를 제거하기 위해 고굴절률 유리 기판을 반응 챔버에서 플라즈마에 노출시키는 것을 포함하는 플라즈마 에칭 프로세스이다. 제거는 원하는 패턴을 갖는 피처들 또는 구조물들을 남겨둔다. 피처들은 고굴절률 유리 기판의 표면 상에, 예컨대, 회절 격자들과 같은 광학 엘리먼트들을 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 재료의 임의의 남아있는 마스크 층은 기판의 표면으로부터 제거될 수 있다.

[0021] [0040] 바람직하게는, 고굴절률 유리 기판은 약 1.65 이상 또는 1.75 이상의 굴절률, 및 약 50 wt% 미만의 SiO_2를 갖는다. 일부 실시예들에서, 기판의 50 wt% 초과는 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상으로 형성된다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭은 VHF(very high frequency) ICP(inductively coupled plasma)를 사용하여 수행된다. 일부 실시예들에서, VHF 전력은 10-2500W의 범위이고, RF 전력은 10-500W의 범위이다. 바람직하게는, 에칭 공정은 화학적 및 물리적 에칭 성분 모두를 포함한다. 일부 실시예들에서, 에칭 화학물질은 하나 이상의 할로겐-함유 화합물들 및 하나 이상의 불활성 가스들을 포함한다. 할로겐-함유 화합물들의 예들은 CF_4, CHF_3, SF_6, O_2, Cl_2, BCl_3 및 HBr을 포함하고, 불활성 가스들의 예들은 Ar, He 및 N_2를 포함한다. 플라즈마는 -150-50 ℃ 범위의 온도에서 수행될 수 있다.

[0022] [0041] 일부 실시예들에서, 약 10-100nm를 포함하는 약 10-500nm의 임계 치수들을 갖는 피처들이 고굴절률 유리 기판에서 에칭될 수 있고, 약 1:10 내지 약 10:1의 범위의 종횡비들을 가질 수 있다. 또한, 에칭된 피처들은 실질적으로 직선 측벽들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 이들 피처들은 VR 및 AR 디스플레이 시스템들을 위한 도파관들을 포함하는 광학 애플리케이션들과 같은 다양한 애플리케이션들에 활용될 수 있다. 예컨대, 에칭된 피처들은 인커플링 광학 엘리먼트들, 아웃커플링 광학 엘리먼트들 또는 광 분배 엘리먼트들을 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 프로세스들은, 고분해능 패터닝이 요구되는 다른 애플리케이션들을 위해 고굴절률 유리 기판 내에 임의의 원하는 패턴을 에칭하는 데 활용될 수 있다.

[0023] [0042] 유리하게는, 일부 실시예들에 따른 플라즈마 에칭 프로세스들은, 굴절률 유리 기판들의 고분해능 패터닝 및 에칭이 기판의 본체에서 직접적으로 피처들을 형성할 수 있게 한다. 기판을 직접 에칭하는 능력은 피처들을 포함하는 막들을 개별적으로 형성하고 기판에 부착할 필요성을 제거함으로써 이러한 피처들을 활용하는 디바이스의 제조를 간략화할 수 있다. 일부 실시예들에서, 광학 성능은 개별적으로 부착된 막들에 의해 형성된 계면들의 존재를 제거함으로써 향상될 수 있다.

[0024] [0043] 일부 실시예들에서, 하부 고굴절률 유리 기판을 패터닝하기 위해 사용되는 에칭 마스크는, 기판에 패턴을 에칭하는 데 사용되는 에칭의 특징들을 보상하는 치수 특징들을 갖는 에칭 마스크 피처들로 바이어싱될 수 있다. 예컨대, 에칭 마스크 내의 피처들의 크기들은 기판에 에칭될 피처들의 원하는 크기들보다 더 클(예컨대, 더 넓고 그리고/또는 더 높을) 수 있고, 이로써, 기판을 에칭하는 동안 에칭 마스크 자체의 에칭에 대한 보상이 이루어져, 에칭 마스크 자체의 에칭이 있더라도, 기판에 형성되는 피처들이 원하는 크기를 가질 수 있게 된다. 일부 실시예들에서, 에칭 마스크 내의 피처들은 기판 내의 피처들의 원하는 크기들보다 더 큰 크기들로 패터닝될 수 있다. 일부 다른 실시예에서, 에칭 마스크의 피처들의 크기들은, 이러한 피처들을 증대시키기 위해 재료

의 층을 증착함으로써 그리고/또는 피처들의 크기들을 증가시키기 위해 그러한 피처들을 화학적으로 반응시킴으로써 증가될 수 있다. 일부 실시예들에서, 기판은 본원에 개시된 바와 같은 플라즈마-기반 에칭을 사용하여 에칭 마스크를 통해 패터닝될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 기판은 이온 빔 밀링을 사용하여 패터닝될 수 있다. 유리하게는, 바이어싱된 에칭 마스크는, 원하는 치수들의 피처들을 정확하게 형성하면서, 고굴절률 유리 기판들의 신속한 패터닝을 가능하게 한다.

[0025] [0044] 이제 도면들이 참조가 이루어질 것이고, 도면들에서 동일한 참조 번호들은 전반에 걸쳐 동일한 특징들을 나타낸다.

[0026] 예시적인 디스플레이 시스템

[0027] [0045] 도 2는, 에칭된 고굴절률 유리 기판들이 통합될 수 있는 웨어러블 디스플레이 시스템(80)의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(80)은 디스플레이(62), 및 그 디스플레이(62)의 기능을 지원하기 위한 다양한 기계 및 전자 모듈들 및 시스템들을 포함한다. 디스플레이(62)는, 디스플레이 시스템 사용자 또는 뷰어(60)에 의해 착용가능하고 사용자(60)의 눈들의 전방에 디스플레이(62)를 포지셔닝하도록 구성된 프레임(64)에 커플링될 수 있다. 디스플레이(62)는 일부 실시예들에서, 안경류(eyewear)로 고려될 수 있다. 일부 실시예들에서, 스피커(66)는 프레임(64)에 커플링되고 사용자(60)의 외이도에 인접하게 포지셔닝된다(도시되지 않은 다른 스피커는 선택적으로 사용자의 다른 외이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/성형가능(shapeable) 사운드 제어를 제공할 수 있음). 디스플레이 시스템은 또한 하나 이상의 마이크로폰들(67) 또는 사운드를 검출하기 위한 다른 디바이스들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마이크로폰은 사용자가 시스템(80)에 입력들 또는 커맨드들(예컨대, 음성 메뉴 커맨드들의 선택, 자연어 질문 등)을 제공할 수 있도록 구성되고, 그리고/또는 다른 사람들(예컨대, 유사한 디스플레이 시스템들의 다른 사용자들)과의 오디오 통신을 허용할 수 있다.

[0028] [0046] 도 2를 계속해서 참조하면, 디스플레이(62)는, 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 예컨대, 프레임(64)에 고정적으로 부착되거나, 사용자에 의해 착용된 헬멧 또는 모자에 고정적으로 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 통신 링크(68)에 의해, 예컨대, 유선 리드 또는 무선 연결성에 의해, 동작가능하게 커플링된다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 하드웨어 프로세서뿐 아니라, 디지털 메모리 예컨대, 비-휘발성 메모리(예컨대, 플래시 메모리 또는 하드 디스크 드라이브들)를 포함할 수 있고, 이 둘 모두는 데이터의 프로세싱, 캐싱(caching) 및 저장을 보조하기 위해 활용될 수 있다. 데이터는 a) 센서들(예컨대 프레임(64)에 동작가능하게 커플링되거나 그렇지 않으면 사용자(60)에게 부착될 수 있음), 예컨대, 이미지 캡처 디바이스들(예컨대, 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 자이로(gyro)들, 및/또는 본원에서 개시된 다른 센서들로부터 캡처되고; 및/또는 b) 원격 프로세싱 모듈(72) 및/또는 원격 데이터 저장소(74)(가상 콘텐츠에 관련된 데이터를 포함함)를 사용하여 획득 및/또는 프로세싱되는(가능하게는, 이러한 프로세싱 또는 리트리벌(retrieval) 후 디스플레이(62)에 전달하기 위한) 데이터를 포함한다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 통신 링크들(76, 78)에 의해, 예컨대, 유선 또는 무선 통신 링크들을 통하여, 원격 프로세싱 모듈(72) 및 원격 데이터 저장소(74)에 동작가능하게 커플링될 수 있어서, 이들 원격 모듈들(72, 74)은 서로 동작가능하게 커플링되고 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)에 대한 자원들로서 이용가능하다. 일부 실시예들에서, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 이미지 캡처 디바이스들, 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들, 및/또는 자이로들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 이들 센서들 중 하나 이상은 프레임(64)에 부착될 수 있거나, 또는 유선 또는 무선 통신 통로들에 의해 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)과 통신하는 자립형 구조들일 수 있다.

[0029] [0047] 도 2를 계속해서 참조하면, 일부 실시예들에서, 원격 프로세싱 모듈(72)은 데이터 및/또는 이미지 정보를 분석 및 프로세싱하도록 구성된 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(74)는 "클라우드" 자원 구성에서 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통하여 이용가능할 수 있는 디지털 데이터 저장 설비를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 원격 데이터 저장소(74)는 정보, 예컨대, 증강 현실 콘텐츠를 생성하기 위한 정보를 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70) 및/또는 원격 프로세싱 모듈(72)에 제공하는 하나 이상의 원격 서버들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 모든 데이터는 저장되고 모든 컴퓨테이션들은 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 수행되어, 원격 모듈로부터 완전히 자율적인 사용을 허용한다.

[0030] [0048] 이제 도 3을 참조하면, "3-차원" 또는 "3-D"로서 이미지의 지각은 뷰어의 각각의 눈에 이미지의 약간 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 도 3은 사용자에 대한 3차원 이미저리를 시뮬레이팅하

기 위한 종래의 디스플레이 시스템을 예시한다. 2개의 별개의 이미지들(5 및 7)(각각의 눈(4 및 6)에 대해 하나씩)이 사용자에게 출력된다. 이미지들(5, 7)은 뷰어의 시선과 평행한 광학 또는 z-축을 따라 거리(10) 만큼 눈들(4, 6)로부터 이격된다. 이미지들(5, 7)은 편평하고 눈들(4, 6)은 단일 원근조절된 상태를 취함으로써 이미지들에 포커싱될 수 있다. 그러한 시스템들은 조합된 이미지에 대한 스케일 및/또는 깊이의 지각을 제공하기 위하여 이미지들(5, 7)을 조합하는데 인간 시각 시스템에 의존한다.

[0031] [0049] 그러나, 인간 시각 시스템은 더 복잡하고 현실적인 깊이의 지각을 제공하는 것이 더 어렵다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 종래의 "3-D" 디스플레이 시스템들의 많은 뷰어들은 그런 시스템들이 불편하다는 것을 발견하거나, 깊이감을 전혀 지각하지 못할 수 있다. 이론에 의해 제한되지 않고서, 오브젝트의 뷰어들은 이접운동 및 원근조절의 조합으로 인해 오브젝트를 "3-차원"인 것으로 지각할 수 있다고 여겨진다. 서로에 대한 두 눈들의 이접운동 움직임들(즉, 동공들이 오브젝트를 응시하기 위해 눈들의 시선들을 수렴하도록 서로를 향해 또는 서로 멀어지게 움직이도록 하는 눈들의 회전)은 눈들의 동공들 및 렌즈들의 포커싱(또는 "원근조절")과 밀접하게 연관된다. 정상 조건들하에서, 상이한 거리에 있는 하나의 오브젝트로부터 다른 오브젝트로 포커스를 변경하기 위하여, 눈들의 렌즈들의 포커스를 변경하거나, 또는 눈들을 원근조절하는 것은 동공 팽창 또는 수축은 물론, "원근조절-이접운동 반사(accommodation-vergence reflex)"로서 알려진 관계하에서, 동일한 거리에 대한 이접운동에서의 매칭하는 변경을 자동으로 유발할 것이다. 마찬가지로, 이접운동에서의 변경은 정상 조건들하에서, 렌즈 형상 및 동공 사이즈의, 원근조절에서의 매칭하는 변경을 트리거할 것이다. 본원에서 언급되는 바와 같이, 다수의 입체 또는 "3-D" 디스플레이 시스템들은, 3-차원 관점이 이 인간 시각 시스템에 의해 지각되도록 각각의 눈에 대한 약간 상이한 프리젠테이션들(그리고 따라서, 약간 상이한 이미지들)을 사용하여 장면을 디스플레이한다. 그러나, 그러한 시스템들은 많은 뷰어들에게 불편한데, 그 이유는 다른 것들 중에서, 그러한 시스템들이 단순히 장면의 상이한 프리젠테이션들을 제공하지만, 눈들이 단일 원근조절된 상태에서 모든 이미지 정보를 보고, 그리고 "원근조절-이접운동 반사"에 반하여 작동하기 때문이다. 원근조절과 이접운동 간의 더 양호한 매칭을 제공하는 디스플레이 시스템들은 3-차원 이미저리의 더 현실적이고 편안한 시뮬레이션들을 형성할 수 있다.

[0032] [0050] 도 4는 다중 깊이 평면들을 사용하여 3-차원 이미저리를 시뮬레이팅하기 위한 접근법의 양상들을 예시한다. 도 4를 참조하여, z-축 상에서 눈들(4, 6)로부터의 다양한 거리들에 있는 오브젝트들은, 이들 오브젝트들이 포커스가 맞도록 눈들(4, 6)에 의해 원근조절된다. 눈들(4 및 6)은 z-축을 따라 상이한 거리들에 있는 오브젝트들에 포커싱을 맞추게 하는 특정 원근조절된 상태들을 취한다. 결과적으로, 특정 원근조절된 상태는 연관된 초점 거리를 갖는, 깊이 평면들(14) 중 특정한 하나의 깊이 평면과 연관되는 것으로 말해질 수 있어서, 특정 깊이 평면의 오브젝트들 또는 오브젝트들의 부분들은, 눈이 해당 깊이 평면에 대해 원근조절된 상태에 있을 때 포커스가 맞게 된다. 일부 실시예들에서, 3-차원 이미저리는 눈들(4, 6) 각각에 대해 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써, 그리고 또한 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 시뮬레이팅될 수 있다. 예시의 명확성을 위해 별개인 것으로 도시되지만, 눈들(4, 6)의 시야들은 예컨대, z-축을 따른 거리가 증가함에 따라 겹쳐질 수 있다는 것이 인지될 것이다. 게다가, 예시의 용이함을 위해 평평한 것으로 도시되지만, 깊이 평면의 윤곽들은 물리적 공간에서 만곡될 수 있어서, 깊이 평면의 모든 피처들은 특정 원근조절된 상태에서 눈과 포커스가 맞게 된다는 것이 인지될 것이다.

[0033] [0051] 오브젝트와 눈(4 또는 6) 간의 거리는 또한, 그 눈으로 뷰잉할 때, 그 오브젝트로부터 광의 발산의 양을 변화시킬 수 있다. 도 5a-5c는 광선들의 거리와 발산 간의 관계들을 예시한다. 오브젝트와 눈(4) 간의 거리는, 거리가 감소하는 순서 R1, R2 및 R3로 표현된다. 도 5a-5c에 도시된 바와 같이, 광선들은, 오브젝트에 대한 거리가 감소함에 따라 더 많이 발산하게 된다. 거리가 증가함에 따라, 광선들은 더욱 시준된다. 다른 말로 하면, 포인트(오브젝트 또는 오브젝트의 부분)에 의해 생성된 광 필드(light field)가 구체 파면 곡률을 가지는 것으로 말해질 수 있고, 구체 파면 곡률은, 포인트가 사용자의 눈으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지의 함수이다. 곡률은 오브젝트와 눈(4) 간의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 결과적으로, 상이한 깊이 평면들에서, 광선들의 발산 정도는 또한 상이하고, 발산 정도는, 깊이 평면들과 뷰어의 눈(4) 간의 거리가 감소함에 따라 증가한다. 도 5a-5c 및 본원의 다른 도면들에서 예시의 명확성을 위해 단지 하나의 눈(4)만이 예시되지만, 눈(4)에 관한 논의들이 뷰어의 양쪽 눈들(4 및 6)에 적용될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0034] [0052] 이론에 의해 제한되지 않고서, 인간의 눈은 전형적으로, 깊이 지각을 제공하기 위하여 유한 수의 깊이 평면들을 해석할 수 있는 것으로 여겨진다. 결과적으로, 지각된 깊이의 매우 믿을 수 있는 시뮬레이션은, 눈에, 이들 제한된 수의 깊이 평면들 각각에 대응하는 이미지의 상이한 프리젠테이션들을 제공함으로써 달성될 수 있다. 상이한 프리젠테이션들이 뷰어의 눈들에 의해 별개로 포커싱될 수 있고, 그리하여, 상이한 깊이 평면

상에 위치된 장면에 대한 상이한 이미지 피처들에 포커스를 맞추도록 요구되는 눈의 원근조절에 기반하여 그리고/또는 상이한 깊이 평면들 상의 상이한 이미지 피처들이 포커스가 맞지 않게 되는 것을 관찰하는 것에 기반하여 깊이 큐들을 사용자에게 제공하는 것을 돕는다.

[0035] [0053] 도 6은 이미지 정보를 사용자에게 출력하기 위한 도파관 스택의 예를 예시한다. 디스플레이 시스템(1000)은 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 사용하여 3-차원 지각을 눈/뇌에 제공하기 위하여 활용될 수 있는 도파관들의 스택, 또는 스택된 도파관 어셈블리(178)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(1000)은 도 2의 시스템(80)이고, 도 6은 그 시스템(80)의 일부 부분들을 더 상세히 개략적으로 보여준다. 예컨대, 도파관 어셈블리(178)는 도 2의 디스플레이(62)의 부분일 수 있다. 디스플레이 시스템(1000)은 일부 실시예들에서 광 필드 디스플레이로서 고려될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0036] [0054] 도 6을 계속해서 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 하나 이상의 렌즈들일 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 및/또는 복수의 렌즈들(198, 196, 194, 192)은 다양한 레벨들의 파면 곡률 또는 광선 발산으로 이미지 정보를 눈에 전송하도록 구성될 수 있다. 각각의 도파관 레벨은 특정 깊이 평면과 연관될 수 있고 그 깊이 평면에 대응하는 이미지 정보를 출력하도록 구성될 수 있다. 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 도파관들에 대한 광원으로서 기능할 수 있고, 이미지 정보를 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 주입하기 위하여 활용될 수 있으며, 도파관들 각각은, 본원에 설명된 바와 같이, 눈(4)을 향하여 출력하기 위해 각각의 개개의 도파관에 걸쳐 인입 광을 분배하도록 구성될 수 있다. 광은 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)의 출력 표면(300, 302, 304, 306, 308)을 나가고 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 대응하는 입력 표면(382, 384, 386, 388, 390)에 주입된다. 일부 실시예들에서, 입력 표면들(382, 384, 386, 388, 390) 각각은 대응하는 도파관의 에지일 수 있거나, 또는 대응하는 도파관의 주 표면의 부분일 수 있다(즉, 도파관 표면들 중 하나 또는 둘 모두는 직접적으로 세계(144) 또는 뷰어의 눈(4)을 향함). 일부 실시예들에서, 단일 광 빔(예컨대, 시준된 빔)은 특정 도파관과 연관된 깊이 평면에 대응하는 특정 각도들(및 발산의 양들)로 눈(4)을 향하여 지향되는 시준된 클론 빔(cloned collimated beam)들의 전체 필드를 출력하기 위하여 각각의 도파관으로 주입될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 하나의 이미지 주입 디바이스가 복수(예컨대, 3개)의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)과 연관되고 그에 광을 주입할 수 있다.

[0037] [0055] 일부 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 각각 대응하는 도파관(182, 184, 186, 188, 190)에 주입을 위한 이미지 정보를 각각 생성하는 이산 디스플레이들이다. 일부 다른 실시예들에서, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 예컨대, 이미지 정보를 하나 이상의 광학 도관들(예컨대, 광섬유 케이블들)을 통하여 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 각각에 파이핑(pipe)할 수 있는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이의 출력 단부들이다. 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)에 의해 제공되는 이미지 정보는 상이한 파장들 또는 컬러들(예컨대, 본원에서 논의된 바와 같이 상이한 컴포넌트 컬러들)의 광을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0038] [0056] 일부 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)로 주입된 광은 LED(light emitting diode)와 같은 광 방출기를 포함할 수 있는 광 모듈(2040)을 포함하는 광 프로젝터 시스템(2000)에 의해 제공된다. 광 모듈(2040)로부터의 광은 빔 분할기(2050)를 통해 광 변조기(2030), 예컨대, 공간 광 변조기에 지향되고 그에 의해 수정될 수 있다. 광 변조기(2030)는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 내로 주입되는 광의 지각되는 세기를 변화시키도록 구성될 수 있다. 공간 광 변조기들의 예들은, LCOS(liquid crystal on silicon) 디스플레이들을 포함하는 LCD(liquid crystal display)들을 포함한다.

[0039] [0057] 일부 실시예들에서, 디스플레이 시스템(1000)은 광을 다양한 패턴들(예컨대, 래스터 스캔, 나선형 스캔, 리사주(Lissajous) 패턴 등)로 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 내로 그리고 궁극적으로 뷰어의 눈(4)으로 투사하도록 구성된 하나 이상의 스캐닝 섬유들을 포함하는 스캐닝 섬유 디스플레이일 수 있다. 일부 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 하나 또는 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 내로 광을 주입하도록 구성된 단일 스캐닝 섬유 또는 스캐닝 섬유들의 번들(bundle)들을 개략적으로 표현할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 예시된 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)은 복수의 스캐닝 섬유들 또는 스캐닝 섬유들의 복수의 번들들을 개략적으로 표현하며, 이들 각각은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 중 연관된 하나 내로 광을 주입하도록 구성된다. 하나 이상의 광섬유들이 광 모듈(2040)로부터 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)로 광을 투과시키도록 구성될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 스캐닝 섬유에서 나오는 광을 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188,

190)로 방향전환시키기 위해, 스캐닝 섬유 또는 섬유들과, 하나 이상의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 사이에 하나 이상의 개재된 광학 구조들이 제공될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0040] [0058] 제어기(210)는 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208), 광원(2040) 및 광 변조기(2030)의 동작을 포함한, 스택된 도파관 어셈블리(178)의 하나 이상의 도파관들의 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)에 대한 이미지 정보의 타이밍 및 프로비전을 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 2)의 부분일 수 있다.

[0041] [0059] 도 6을 계속해서 참조하면, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 TIR(total internal reflection)에 의해 각각의 개개의 도파관 내에서 광을 전파시키도록 구성될 수 있다. 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 각각 평면형이거나 다른 형상(예컨대, 곡선)을 가질 수 있으며, 주 최상부 및 최하부 표면들 및 이들 주 최상부와 최하부 표면들 사이에서 연장되는 에지들을 갖는다. 예시된 구성에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 이미지 정보를 눈(4)에 출력하기 위해 각각의 개개의 도파관 내에서 전파되는 광을 도파관 밖으로 방향전환시킴으로써 도파관 밖으로 광을 추출하도록 구성된 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 각각 포함할 수 있다. 추출된 광은 아웃커플링된 광으로서 또한 지칭될 수 있고, 아웃커플링 광학 엘리먼트들은 또한 광 추출 광학 엘리먼트들로서 지칭될 수 있다. 추출된 광 빔은, 도파관 내에서 전파되는 광이 광 추출 광학 엘리먼트에 부딪치는 위치들에서 도파관에 의해 출력된다. 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 예컨대, 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 회절성 광학 피처들을 포함하는 격자들일 수 있다. 설명의 용이함 및 도면 명확성을 위하여 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 최하부 주 표면들에 배치된 것으로 예시되지만, 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 최상부 및/또는 최하부 주 표면들에 배치될 수 있고, 그리고/또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 볼륨에 직접 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)을 형성하기 위해 투명 기판에 부착된 재료 층에 형성될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 재료의 모놀리식 피스(piece)일 수 있고 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 재료의 해당 피스의 표면 상에 그리고/또는 그 내부에 형성될 수 있다.

[0042] [0060] 도 6을 계속해서 참조하면, 본원에 논의된 바와 같이, 각각의 도파관(182, 184, 186, 188, 190)은 특정 깊이 평면에 대응하는 이미지를 형성하기 위해 광을 출력하도록 구성된다. 예컨대, 눈에 가장 가까운 도파관(182)은, 그러한 도파관(182)에 주입된 시준된 광을 눈(4)에 전달하도록 구성될 수 있다. 시준된 광은 광학 무한대 초점 평면을 나타낼 수 있다. 위의 다음 도파관(184)은, 시준된 광이 눈(4)에 도달할 수 있기 전에 제1 렌즈(192)(예컨대, 네거티브 렌즈)를 통과하는 시준된 광을 전송하도록 구성될 수 있고; 그러한 제1 렌즈(192)는 약간 볼록한 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 위의 다음 도파관(184)으로부터 오는 광을, 광학적 무한대로부터 눈(4)을 향하여 안쪽으로 더 근접한 제1 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다. 유사하게, 위의 제3 도파관(186)은 자신의 출력 광을 눈(4)에 도달하기 전에 제1 렌즈(192) 및 제2 렌즈(194) 둘 모두를 통과시키고; 제1 렌즈(192) 및 제2 렌즈(194)의 조합된 광학 파워는 다른 증분 양의 파면 곡률을 생성하도록 구성될 수 있어서, 눈/뇌는 제3 도파관(186)으로부터 오는 광을, 위의 다음 도파관(184)으로부터의 광보다는 광학적 무한대로부터 사람을 향하여 안쪽으로 훨씬 더 근접한 제2 초점 평면으로부터 오는 것으로 해석한다.

[0043] [0061] 다른 도파관 층들(188, 190) 및 렌즈들(196, 198)은 유사하게 구성되는데, 스택에서 가장 높은 도파관(190)은 자신의 출력을, 사람과 가장 근접한 초점 평면을 나타내는 어그리게이트 초점력에 대해 자신과 눈 사이의 렌즈들 모두를 통하여 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(178)의 다른 측 상에서 세계(144)로부터 오는 광을 보거나/해석할 때 렌즈들(198, 196, 194, 192)의 스택을 보상하기 위하여, 보상 렌즈 층(180)은 아래의 렌즈 스택(198, 196, 194, 192)의 어그리게이트 초점력을 보상하기 위하여 스택의 최상부에 배치될 수 있다. 이러한 구성은 이용 가능한 도파관/렌즈 페어링들이 존재하는 만큼 많은 지각된 초점 평면들을 제공한다. 도파관들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들 및 렌즈들의 포커싱 양상들 둘 모두는 정적(즉, 동적이거나 전자-활성이 아님)일 수 있다. 일부 대안적인 실시예들에서, 어느 하나 또는 둘 모두는 전자-활성 피처들을 사용하여 동적일 수 있다.

[0044] [0062] 일부 실시예들에서, 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 중 둘 이상은 동일한 연관된 깊이 평면을 가질 수 있다. 예컨대, 다수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)은 동일한 깊이 평면으로 세팅된 이미지들을 출력

하도록 구성될 수 있거나, 또는 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 다수의 서브세트들은 동일한 복수의 깊이 평면들로 세팅된 이미지들(각각의 깊이 평면에 대해 하나의 이미지가 세팅됨)을 출력하도록 구성될 수 있다. 이는 그러한 깊이 평면들에서 확장된 시야를 제공하기 위해 타일 이미지(tiled image)를 형성하는 장점들을 제공할 수 있다.

[0045] [0063] 도 6을 계속해서 참조하면, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 자신들의 개개의 도파관들 밖으로 광을 방향전환시킬 뿐만 아니라 도파관과 연관된 특정 깊이 평면에 대해 적합한 양의 발산 또는 시준으로 이 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 결과적으로, 상이한 연관된 깊이 평면들을 가진 도파관들은 상이한 구성들의 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)을 가질 수 있고, 이러한 아웃커플링 광학 엘리먼트들은 연관된 깊이 평면에 의존하여 상이한 양의 발산으로 광을 출력한다. 일부 실시예들에서, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 특정 각도들로 광을 출력하도록 구성될 수 있는 볼류메트릭(volumetric) 또는 표면 피처들일 수 있다. 예컨대, 광 추출 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 볼륨 홀로그램들, 표면 홀로그램들, 및/또는 회절 격자들일 수 있다. 일부 실시예들에서, 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.

[0046] [0064] 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(282, 284, 286, 288, 290)은 회절 패턴 또는 "회절 광학 엘리먼트"(또한 본원에서 "DOE"로서 지칭됨)를 형성하는 회절 피처들이다. 바람직하게는, DOE들은 충분히 낮은 회절 효율성을 가져서, 빔의 광의 일부만이 DOE의 각각의 교차로 인해 눈(4)을 향하여 편향되지만, 나머지는 내부 전반사를 통해 도파관을 통해 계속 이동한다. 따라서, 이미지 정보를 전달하는 광은 다수의 위치들에서 도파관을 나가는 다수의 관련된 출사 빔들로 분할되고 그 결과는 이런 특정 시준된 빔이 도파관 내에서 이리저리 바운싱되기 때문에 눈(4)을 향하는 상당히 균일한 출사 방출 패턴이다.

[0047] [0065] 일부 실시예들에서, 하나 이상의 DOE들은, 이들이 활성적으로 회절되는 "온" 상태들과 이들이 크게 회절되지 않는 "오프" 상태들 간에 스위칭가능할 수 있다. 예컨대, 스위칭가능 DOE는, 마이크로액적들이 호스트 매질에서 회절 패턴을 포함하는 폴리머 분산형 액정 층을 포함할 수 있고, 마이크로액적들의 굴절률은 호스트 매질의 굴절률에 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우에 패턴은 입사 광을 현저하게 회절시키지 않음) 또는 마이크로액적은 호스트 매질의 인덱스에 매칭하지 않는 인덱스로 스위칭될 수 있다(이 경우 패턴은 입사 광을 활성적으로 회절시킴).

[0048] [0066] 일부 실시예들에서, 예컨대, 사용자 입력들을 검출하기 위해 눈(4) 및/또는 눈(4) 주위 조직의 이미지들을 캡처하도록 카메라 어셈블리(500)(예컨대, 가시광 및 적외선 광 카메라들을 포함하는 디지털 카메라)가 제공될 수 있다. 본원에서 사용된 바와 같이, 카메라는 임의의 이미지 캡처 디바이스일 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(500)는 이미지 캡처 디바이스 및 눈에 광(예컨대, 적외선 광)을 투사하기 위한 광원을 포함할 수 있으며, 이어서 이 광은 눈에 의해 반사되고 이미지 캡처 디바이스에 의해 검출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 카메라 어셈블리(500)는 프레임(64)(도 2)에 부착될 수 있고, 카메라 어셈블리(500)로부터의 이미지 정보를 프로세싱할 수 있는 프로세싱 모듈들(70 및/또는 72)과 전기 통신할 수 있다. 일부 실시예들에서, 하나의 카메라 어셈블리(500)가 각각의 눈을 별개로 모니터하기 위해 각각의 눈에 대해 활용될 수 있다.

[0049] [0067] 이제 도 7을 참조로, 도파관에 의해 출력된 출사 빔들의 예가 도시된다. 하나의 도파관이 예시되지만, 도파관 어셈블리(178)(도 6) 내의 다른 도파관들이 유사하게 기능할 수 있다는 것이 인지될 것이며, 여기서 도파관 어셈블리(178)는 다수의 도파관들을 포함한다. 광(400)은 도파관(182)의 입력 표면(382)에서 도파관(182)으로 주입되고 TIR에 의해 도파관(182) 내에서 전파된다. 광(400)이 DOE(282)에 충돌하는 포인트들에서, 광의 일부는 출사 빔들(402)로서 도파관을 나간다. 출사 빔들(402)은 실질적으로 평행한 것으로 예시되지만, 본원에 논의된 바와 같이, 이들 출사 빔들(402)은 또한 도파관(182)과 연관된 깊이 평면에 따라, 임의의 각도로 눈(4)으로 전파되도록 방향전환될 수 있다(예컨대, 발산하는 출사 빔들을 형성함). 실질적으로 평행한 출사 빔들은, 눈(4)으로부터 먼 거리(예컨대, 광학적 무한대)에 있는 깊이 평면 상에 세팅된 것으로 보이는 이미지들을 형성하도록 광을 아웃커플링하는 아웃커플링 광학 엘리먼트들을 갖는 도파관을 나타낼 수 있다는 것이 인지될 것이다. 다른 도파관들 또는 아웃커플링 광학 엘리먼트들의 다른 세트들은 더 발산하는 출사 빔 패턴을 출력할 수 있고, 이는 눈(4)이 망막 상에 포커싱을 맞추게 하기 위해 더 근접한 거리로 원근조절하는 것을 요구할 것이고 광학적 무한대보다 눈(4)에 더 근접한 거리로부터의 광으로서 뇌에 의해 해석될 것이다.

[0050] [0068] 일부 실시예들에서, 풀(full) 컬러 이미지는 컴포넌트 컬러들, 예컨대, 3개 이상의 컴포넌트 컬러들 각각에 이미지들을 오버레이시킴으로써 각각의 깊이 평면에 형성될 수 있다. 도 8은 각각의 깊이 평면이 다수의

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

[0051] [0069] 일부 실시예들에서, 각각의 컴포넌트 컬러의 광은 단일 전용 도파관에 의해 출력될 수 있고, 결과적으로, 각각의 깊이 평면은 그것과 연관된 다수의 도파관들을 가질 수 있다. 이러한 실시예들에서, 문자들 G, R 또는 B를 포함하는 도면들 내 각각의 박스는 개별 도파관을 나타내는 것으로 이해될 수 있고, 3개의 도파관들이 깊이 평면 당 제공될 수 있으며, 여기서 3개의 컴포넌트 컬러 이미지들이 깊이 평면 당 제공된다. 각각의 깊이 평면과 연관된 도파관들이 설명의 용이함을 위해 이 도면에서 서로 인접한 것으로 도시되지만, 물리적 디바이스에서, 도파관들은 모두 레벨 당 하나의 도파관을 갖는 스택으로 배열될 수 있다는 것이 인지될 것이다. 일부 다른 실시예들에서, 다수의 컴포넌트 컬러들이 동일한 도파관에 의해 출력될 수 있어서, 예컨대, 단지 단일 도파관이 깊이 평면 당 제공될 수 있다.

[0052] [0070] 도 8을 계속해서 참조하면, 일부 실시예들에서, G는 녹색 컬러이고, R은 적색 컬러이고, B는 청색 컬러이다. 일부 다른 실시예들에서, 마젠타 및 시안을 포함하는, 다른 광의 파장들과 연관되는 다른 컬러들이 적색, 녹색 또는 청색 중 하나 이상을 대체할 수 있거나, 또는 이에 추가로 사용될 수 있다.

[0053] [0071] 본 개시내용 전반에 걸쳐 정해진 컬러의 광에 대한 참조는 그 정해진 컬러인 것으로서 뷰어에 의해 지각되는 광의 파장들의 범위 내의 하나 이상의 파장들의 광을 포함하는 것으로 이해될 것이란 점이 인지될 것이다. 예컨대, 적색 광은 약 620-780nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있고, 녹색 광은 약 492-577nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있으며, 청색 광은 약 435-493nm 범위의 하나 이상의 파장들의 광을 포함할 수 있다.

[0054] [0072] 이제 도 9a를 참조로, 일부 실시예들에서, 도파관에 충돌하는 광은 도파관 내로 그 광을 인커플링하기 위해 방향전환될 필요가 있을 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트는 광을 그의 대응하는 도파관으로 방향전환 및 인커플링하는 데 사용될 수 있다. 도 9a는 인커플링 광학 엘리먼트를 각각 포함하는 복수의 스택된 도파관들 또는 스택된 도파관들의 세트(1200)의 예의 측단면도를 예시한다. 도파관들은 각각 하나 이상의 상이한 파장들, 또는 하나 이상의 상이한 파장들의 범위들의 광을 출력하도록 구성될 수 있다. 스택(1200)은 스택(178)(도 6)에 대응할 수 있고, 스택(1200)의 예시된 도파관들은, 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208) 중 하나 이상으로부터의 광이 인커플링을 위해 방향전환되도록 요구되는 포지션으로부터 도파관들로 주입되는 것을 제외하면, 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)의 부분에 대응할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0055] [0073] 스택된 도파관들의 예시된 세트(1200)는 도파관들(1210, 1220, 및 1230)을 포함한다. 각각의 도파관은, (도파관 상의 광 입력 영역으로서 또한 지칭될 수 있는) 연관된 인커플링 광학 엘리먼트를 포함하며, 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)는 도파관(1210)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치되고, 인커플링 광학 엘리먼트(1222)는 도파관(1220)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치되며, 인커플링 광학 엘리먼트(1232)는 도파관(1230)의 주 표면(예컨대, 상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232) 중 하나 이상은 개개의 도파관(1210, 1220, 1230)의 최하부 주 표면 상에 배치될 수 있다(특히, 여기서 하나 이상의 인커플링 광학 엘리먼트들은 반사성 편향 광학 엘리먼트들임). 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 그들 개개의 도파관(1210, 1220, 1230)의 상부 주 표면(또는 다음 하위 도파관의 최상부) 상에 배치될 수 있으며, 특히, 여기서 이러한 인커플링 광학 엘리먼트들은 투과성 편향 광학 엘리먼트들이다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)의 본체에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 본원에서 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 파장 선택적이어서, 이들은 하나 이상의 광 파장들을 선택적으로 방향전환시키면서 다른 광 파장들을 투과시킨다. 그들 개개의 도파관(1210, 1220, 1230)의 한 측 또는 코너 상에 예시되지만, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 일부 실시예들에서, 그들의 개개의 도파관

(1210, 1220, 1230)의 다른 영역들에 배치될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0056] [0074] 예시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 서로 측방으로 오프셋될 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트는, 광이 다른 인커플링 광학 엘리먼트를 통과하지 않고 자신이 그 광을 수신하도록 오프셋될 수 있다. 예컨대, 각각의 인커플링 광학 엘리먼트(1212, 1222, 1232)는 상이한 이미지 주입 디바이스(1213, 1223, 1233)로부터 광을 수신하도록 구성될 수 있고, 다른 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)로부터 분리(예컨대, 측방으로 이격)될 수 있어서, 그것은 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232) 중 다른 것들로부터의 광을 실질적으로 수신하지 않는다.

[0057] [0075] 각각의 도파관은 또한 연관된 광 분배 엘리먼트들을 포함하며, 예컨대, 광 분배 엘리먼트들(1214)은 도파관(1210)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되고, 광 분배 엘리먼트들(1224)은 도파관(1220)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치되며, 광 분배 엘리먼트들(1234)은 도파관(1230)의 주 표면(예컨대, 최상부 주 표면) 상에 배치된다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최하부 주 표면 상에 각각 배치될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최상부 및 최하부 주 표면 둘 모두 상에 각각 배치될 수 있거나; 또는 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 상이한 연관된 도파관들(1210, 1220, 1230)의 최상부 및 최하부 주 표면들 중 상이한 표면들 상에 각각 배치될 수 있다.

[0058] [0076] 도파관들(1210, 1220, 1230)은, 예컨대, 기체, 액체 및/또는 고체 재료 층들에 의해 이격되고 분리될 수 있다. 예컨대, 예시된 바와 같이, 층(1218a)은 도파관들(1210, 1220)을 분리할 수 있고; 층(1218b)은 도파관들(1220 및 1230)을 분리할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(1218a 및 1218b)은 더 낮은 굴절률 재료들(즉, 도파관들(1210, 1220, 1230) 중 바로 인접한 하나를 형성하는 재료보다 낮은 굴절률을 갖는 재료들)로 형성된다. 바람직하게는, 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료의 굴절률은 0.05 이상 또는 0.10 이하거나 또는 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료의 굴절률보다 훨씬 낮을 수 있다. 유리하게, 더 낮은 굴절률 층들(1218a, 1218b)은 도파관들(1210, 1220, 1230)을 통한 광의 TIR(total internal reflection)(예컨대, 각각의 도파관의 최상부 및 최하부 주 표면들 사이의 TIR)를 가능하게 하는 클래딩 층들로서 기능할 수 있다. 일부 실시예들에서, 층들(1218a, 1218b)은 공기로 형성된다. 예시되지는 않았지만, 예시된 도파관들의 세트(1200)의 최상부 및 최하부는 바로 이웃한 클래딩 층들을 포함할 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0059] [0077] 바람직하게는, 제조의 용이함 및 다른 고려사항들을 위해, 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하며, 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료는 유사하거나 동일하다. 일부 실시예들에서, 도파관들(1210, 1220, 1230)을 형성하는 재료는 하나 이상의 도파관들 간에 상이할 수 있고, 그리고/또는 층들(1218a, 1218b)을 형성하는 재료는 여전히 위에서 언급된 다양한 굴절률 관계들을 유지하면서 상이할 수 있다.

[0060] [0078] 도 9a를 계속해서 참조하면, 광선들(1240, 1242, 1244)이 도파관들의 세트(1200) 상에 입사된다. 광선들(1240, 1242, 1244)은 하나 이상의 이미지 주입 디바이스들(200, 202, 204, 206, 208)(도 6)에 의해 도파관들(1210, 1220, 1230) 내로 주입될 수 있다는 것이 인지될 것이다.

[0061] [0079] 일부 실시예들에서, 광선들(1240, 1242, 1244)은 상이한 성질들, 예컨대, 상이한 파장들 또는 상이한 파장들의 범위들을 가지며, 이는 상이한 컬러들에 대응할 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 각각, 입사 광이 TIR에 의해 도파관들(1210, 1220, 1230) 중 개개의 도파관을 통해 전파되도록 광을 편향시킨다. 일부 실시예들에서, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232) 각각은 하나 이상의 특정 파장들의 광을 선택적으로 편향시키는 반면에, 다른 파장들을 하부 도파관 및 연관된 인커플링 광학 엘리먼트로 투과시킨다.

[0062] [0080] 예컨대, 인커플링 광학 엘리먼트(1212)는, 제1 파장 또는 파장들의 범위를 갖는 광선(1240)을 편향시키는 반면에, 상이한 제2 그리고 제3 파장들 또는 파장들의 범위들을 각각 갖는 광선들(1242 및 1244)을 투과시키도록 구성될 수 있다. 이어서, 투과된 광선(1242)은 제2 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트(1222)에 충돌하고 그에 의해 편향된다. 광선(1244)은 인커플링 광학 엘리먼트(1222)에 의해 투과되고, 제3 파장 또는 파장들의 범위의 광을 선택적으로 편향시키도록 구성된 인커플링 광학 엘리먼트(1232)에 계속해서 충돌하고 이에 의해 편향된다.

[0063] [0081] 도 9a를 계속해서 참조하면, 편향된 광선들(1240, 1242, 1244)은, 이들이 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되도록 편향되는데; 즉, 각각의 도파관의 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 123

2)은 그 대응하는 도파관(1210, 1220, 1230) 내로 광을 인커플링하도록 그 대응하는 도파관 내로 광을 편향시킨다. 광선들(1240, 1242, 1244)은, 광으로 하여금 TIR에 의해 각각의 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파되게 하는 각도들로 편향된다. 광선들(1240, 1242, 1244)은, 도파관의 대응하는 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)에 충돌할 때까지 TIR에 의해 개개의 도파관(1210, 1220, 1230)을 통해 전파된다.

[0064] [0082] 이제 도 9b를 참조로, 도 9a의 복수의 스택된 도파관들의 예의 사시도를 예시한다. 위에서 언급된 바와 같이, 인커플링된 광선들(1240, 1242, 1244)은 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)에 의해 각각 편향되고, 이어서 도파관들(1210, 1220, 1230) 내에서 TIR에 의해 각각 전파된다. 이어서, 광선들(1240, 1242, 1244)은 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)에 각각 충돌한다. 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은, 광선들(1240, 1242, 1244)이 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)를 향해 각각 전파되도록 이들을 편향시킨다.

[0065] [0083] 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 OPE(orthogonal pupil expander)들이다. 일부 실시예들에서, OPE들 둘 모두는 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)로 광을 편향시키거나 분배하고, 광이 아웃커플링 광학 엘리먼트들로 전파될 때 이 광의 빔 또는 스폿 사이즈를 또한 증가시킨다. 예컨대, 빔 크기가 이미 원하는 사이즈를 갖는 일부 실시예들에서, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 생략될 수 있고, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)에 광을 직접 편향시키도록 구성될 수 있다. 예컨대, 도 9a를 참조하여, 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234)은 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)로 각각 대체될 수 있다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 광학 엘리먼트들(1250, 1252, 1254)은 뷰어의 눈(4)(도 7)에 광을 지향시키는 EP(exit pupil)들 또는 EPE(exit pupil expander)들이다.

[0066] [0084] 그에 따라서, 도 9a 및 9b를 참조하여, 일부 실시예들에서, 도파관들의 세트(1200)는 각각의 컴포넌트 컬러에 대해 도파관들(1210, 1220, 1230; 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232); 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1214, 1224, 1234); 및 아웃커플링 광학 엘리먼트들(예컨대, EP들)(1250, 1252, 1254)을 포함한다. 도파관들(1210, 1220, 1230)은 각각의 도파관 사이에 에어 갭/클래딩 층을 갖도록 스택될 수 있다. 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 (상이한 인커플링 광학 엘리먼트들이 상이한 파장들의 광을 수신함에 따라) 입사 광을 자신의 도파관으로 방향전환 또는 편향시킨다. 이어서, 광은 개개의 도파관(1210, 1220, 1230) 내에서 TIR을 초래할 각도로 전파된다. 도시된 예에서, 광선(1240)(예컨대, 청색 광)은 제1 인커플링 광학 엘리먼트(1212)에 의해 편향되고, 이어서 도파관을 따라 계속 바운싱(bounce)하여, 앞서 설명된 방식으로, 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1214) 및 이어서 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1250)와 상호작용한다. 광선들(1242 및 1244)(예컨대, 각각 녹색 및 적색 광)은 도파관(1210)을 통과할 것이고, 광선(1242)은 인커플링 광학 엘리먼트(1222)에 충돌하고 그에 의해 편향된다. 이어서, 광선(1242)은 TIR을 통해 도파관(1220)을 따라 바운싱되어, 자신의 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1224)로 그리고 이어서 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1252)로 진행된다. 마지막으로, 광선(1244)(예컨대, 적색 광)은 도파관(1220)을 통과하여 도파관(1230)의 광 인커플링 광학 엘리먼트들(1232)에 충돌한다. 광 인커플링 광학 엘리먼트들(1232)은, 광선(1244)이 TIR에 의해 광 분배 엘리먼트(예컨대, OPE들)(1234)로, 그리고 이어서 TIR에 의해 아웃커플링 광학 엘리먼트(예컨대, EP들)(1254)로 전파되도록 그 광선을 편향시킨다. 이어서, 아웃커플링 광학 엘리먼트(1254)는 최종적으로 광선(1244)을 뷰어에 아웃커플링하며, 이 뷰어는 또한 다른 도파관들(1210, 1220)로부터 아웃커플링된 광을 수신한다.

[0067] [0085] 도 9c는 도 9a 및 9b의 복수의 스택된 도파관들의 예의 하향식 평면도를 예시한다. 예시된 바와 같이, 각각의 도파관의 연관된 광 분배 엘리먼트(1214, 1224, 1234) 및 연관된 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)와 함께, 도파관들(1210, 1220, 1230)은 수직으로 정렬될 수 있다. 그러나, 본원에서 논의된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232)은 수직으로 정렬되지 않고; 오히려, 인커플링 광학 엘리먼트들은 바람직하게는, 오버랩핑되지 않는다(예컨대, 하향식 도면에서 보여지는 바와 같이 측방으로 이격됨). 본원에서 추가로 논의되는 바와 같이, 이러한 오버랩핑되지 않는 공간적 어레인지먼트는 일대일 기반으로 상이한 자원들로부터 상이한 도파관으로의 광의 주입을 가능하게 하고, 그리하여 특정 광원이 특정 도파관에 고유하게 커플링될 수 있게 허용한다. 일부 실시예들에서, 오버랩핑되지 않는 공간적으로-분리된 인커플링 광학 엘리먼트들을 포함하는 어레인지먼트는 시프트된 동공 시스템으로서 지칭될 수 있고, 이러한 어레인지먼트들의 인커플링 광학 엘리먼트들은 서브 동공들에 대응할 수 있다.

[0068] 고굴절률 유리들에 대한 예시적인 에칭들

[0069] [0086] 일부 실시예들에서, 마이크로스케일과 나노스케일 피처들, 이를테면, 본원에 논의된 다양한 회절 광학 엘리먼트들은, 고굴절률 유리 기판에서 직접적으로 에칭될 수 있다. 예컨대, 유리 기판은 도파관으로 사용될 수 있고, 플라즈마 에칭 프로세스들은 도 9a-9c의 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232), 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234), 및/또는 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)를 기판에 직접적으로 형성하는 데 사용될 수 있다.

[0070] [0087] 기판들을 형성하는 고굴절률 유리는 비교적 낮은 농도의 이산화 실리콘(SiO_2), 예컨대, 50 wt%(weight percent) 미만의 SiO_2를 가질 수 있다. 또한, 이들 고굴절률 유리들은 50 wt% 이상의 하나 이상의 금속 산화물들, 이를테면, B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 유리들은 이들 금속 산화물들의 조합들을 포함할 수 있다.

[0071] [0088] 고굴절률을 제공하면서, 소량의 SiO_2 및 다량의 다른 금속 산화물들은 이들 유리들을 사용하여 형성된 기판들의 효과적인 에칭을 방지할 수 있다. 예컨대, 성분 산화물들의 이러한 조합들에 의해 형성된 유리들은 에칭하기에 특히 어려울 수 있다. 성분 산화물에 대한 특정 에칭 방법들(recipes)이 개발된 경우에서조차, 이러한 에칭 방법들은, 비교적 낮은 농도의 SiO_2 및 유리를 형성하는 구성 성분 산화물들 간의 상이한 에칭 레이트들로 인해, 고굴절률 유리들에 대해 효과적이지 않을 수 있다.

[0072] [0089] 또한, 종래의 에칭 프로세스들은 다양한 결점들을 나타낸다. 예컨대, 습식 화학 에칭은 전형적으로 미크론 정도의 패터닝 분해능으로 제한되며, 등방성이며, 이는 직선 측벽들을 형성하지 않을 수 있다. 대안적으로, 이온 밀링은 고굴절률 유리 기판들로부터 재료를 비선택적으로 제거하는 데 사용될 수 있지만, 그러나, 이 프로세스는 패터닝된 피처들의 달성 가능한 분해능 및 종횡비들을 심각하게 제한한다. 이온 밀링은, 표면으로부터 재료를 물리적으로 스퍼터링하는 고에너지 입자들로 그 표면에 충격을 가함(bombarding)으로써 재료를 간단히 제거할 수 있다. 이온 밀링은 하드마스크를 요구하지만, 또한 하드마스크를 침식하여, 프로세스가 높은 종횡비 피처들을 형성하기에 충분한 지속기간 동안 마스크를 유지하지 못할 수 있다.

[0073] [0090] 일부 실시예들에 따라, 본원에 논의된 바와 같이, 고굴절률 유리 기판에 피처들을 형성하기 위해 플라즈마 에칭 프로세스가 개발되었다. 피처들은, 마스크 층으로부터의 패턴을 마스크 층 하부 고굴절률 유리 기판으로 전사하기 위해 플라즈마 에칭 프로세스를 사용함으로써 형성될 수 있다. 플라즈마 에칭 프로세스는 이방성이거나 방향성일 수 있으며, 마스크 층에 비해 유리 기판에 대해 매우 선택적일 수 있다. 플라즈마 에칭 프로세스의 결과로서 생성된 피처들은 실질적으로 수직의 측벽들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 프로세스는 고굴절률 유리 기판을 형성할 수 있는 모든 산화물들에 대해 선택적이지 않을 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 프로세스는 고굴절률 유리를 에칭하기 위한 화학적 및 물리적 메커니즘들 둘 모두를 포함할 수 있으며, 물리적 메커니즘들은 화학적 메커니즘들이 제거하는 데 있어서 매우 효과적이지 않은 산화물 종의 제거를 허용한다. 이론에 의해 제한되지 않고서, 적어도 일부 기판 재료의 화학적 에칭은 노출된 기판의 물리적 무결성(integrity)에 지장을 줄 수 있으며, 이로써 물리적 메커니즘들이 화학적 에칭 없이 발생할 것보다 더 높은 선택성으로 노출된 재료를 제거할 수 있게 한다. 따라서, 고굴절률 유리가 산화물들의 복합 혼합물을 포함하는 경우에조차, 플라즈마 에칭 프로세스를 통해 고분해능 패턴이 고굴절률 유리 기판으로 전사될 수 있다.

[0074] [0091] 일부 실시예들에서, 기판은 기판의 표면의 일부 영역들을 반응 종에 선택적으로 노출시킴으로써 패터닝될 수 있다. 즉, 기판의 일부 영역들이 에칭될 수 있는 반면에, 다른 영역들은 그 안에 피처들을 형성하기 위해 에칭되지 않을 수 있다. 예컨대, 패터닝된 마스킹 재료 또는 에칭에 내성이 있는 마스크 층은, 마스크 층 아래의 영역이 에칭되지 않고 마스크 층에 의해 보호되지 않거나 노출된 채로 있는 영역이 에칭되도록, 기판 위에 놓일 수 있다. 이어서, 마스크 층은 기판의 표면 상에 에칭된 피처들을 남기기 위해 제거될 수 있다.

[0075] [0092] 본원에서 논의된 바와 같이, 플라즈마 에칭 프로세스가 이방성 또는 실질적으로 이방성 에칭 프로세스일 수 있다. 이방성 에칭의 방향성은 유리하게는 실질적으로 직선 측벽들의 형성을 허용한다. 에천트 종이 기판에 수직인 방향으로 기판을 향해 지향되는 경우, 에칭 프로세스는 실질적으로 수직의 측벽들을 갖는 기판에 피처들을 규정할 수 있다. 일부 실시예들에서, 직선, 경사진(수직이 아닌) 측벽들은, 에천트 종을 기판에 수직하지 않는 각도로 기판에 지향시킴으로써 형성될 수 있다.

[0076] [0093] 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 프로세스는, 고굴절률 유리를 포함하는 2개 이상의 산화물을 실질적으로 유사한 레이트들로 에칭할 수 있다. 일부 실시예들에서, 에칭 레이트는 SiO_2, B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O,

Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 임의의 2개 이상에 대해 실질적으로 유사할 수 있다.

[0077] [0094] "고굴절률"이라는 용어가 본원에서 1.65 이상의 굴절률을 갖는 재료들, 바람직하게는 유리들과 같은 광학적으로 투과성인 재료들을 지칭하는 데 사용된다는 것이 인지될 것이다. 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리는 1.65 이상, 1.7 이상, 1.75 이상 또는 1.8 이상의 굴절률을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 굴절률은 위에 언급된 바와 같고, 또한 4 미만, 3 미만 또는 2.5 미만일 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 본원에 설명된 에칭 프로세스들은 1.65 미만의 굴절률을 갖는 기판들을 에칭하는 데 적용될 수 있다.

[0078] [0095] 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리는 약 50 wt%(percent by weight) 미만의 SiO_2를 포함한다. 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리는 약 30 wt% 미만의 SiO_2, 약 25 wt% 미만의 SiO_2 또는 약 20 wt% 미만의 SiO_2를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리의 나머지는, 복수의 금속 산화물들을 포함하는 적어도 하나의 금속 산화물을 포함할 수 있으며; 즉, 고굴절률 유리는 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3과 같은 약 50 wt% 초과의 하나 또는 복수의 금속 산화물을 포함할 수 있다. 고굴절률 유리는 일부 실시예들에서 최대 약 30 wt%의 임의의 하나의 금속 산화물을 포함할 수 있다.

[0079] [0096] 특정 실시예들에 따라, 고굴절률 유리는 SiO_2, B_2O_3, TiO_2, La_2O_3, ZrO_2, Nb_2O_5, CaO 및 Li_2O를 포함할 수 있다. 예컨대, 고굴절률 유리는 약 20 wt% 내지 약 30 wt%의 SiO_2, 약 0 wt% 내지 5 wt%의 B_2O_3, 약 5 wt% 내지 10 wt%의 TiO_2, 약 20 wt% 내지 25 wt%의 La_2O_3, 약 5 wt% 내지 10 wt%의 ZrO_2, 약 10 wt% 내지 15 wt%의 Nb_2O_5, 약 15 wt% 내지 20 wt%의 CaO 및 약 0 wt% 내지 5 wt%의 Li_2O를 포함할 수 있다.

[0080] [0097] 일부 실시예들에 따라, 설명된 플라즈마 에칭 프로세스는 약 10nm 내지 약 10㎛의 범위 내의 임계 치수를 갖는 피처들을 형성하는 데 사용될 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, 임계 치수는, 하향식 뷰에서 볼 때, 기판에 형성된 피처들의 최소 치수를 나타낸다. 예컨대, 동일한 세장형 피처들로 형성된 격자의 임계 치수는, 하향식 뷰에서 볼 때, 피처들 중 하나의 폭이다. 일부 실시예들에서, 고굴절률 유리 기판에 형성된 피처의 임계 치수는, 약 10nm 내지 약 100nm 또는 약 100nm 내지 약 500nm를 포함하여, 약 10nm 내지 약 500nm의 범위 내에 있을 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 프로세스에 의해 형성된 피처들은 실질적으로 수직의 측벽들을 포함한다. 일부 실시예들에서, 측벽과 같은, 플라즈마 에칭 프로세스에 의해 형성된 피처와 기판의 수평 표면 사이에 형성된 각도는 75° 보다 더 크거나, 80° 보다 더 크거나, 85° 보다 더 클 수 있다.

[0081] [0098] 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 프로세스는 약 1:10 내지 약 10:1, 약 1:10 내지 약 3:1, 또는 약 3:1 내지 약 10:1의 범위의 종횡비를 갖는 피처들을 형성할 수 있다. 종횡비가 피처의 폭과 피처의 높이의 비인 것으로 인지될 것이다.

[0082] [0099] 이제 도 10에 대해 참조가 이루어질 것이며, 도 10은 일부 실시예들에 따른 플라즈마 에칭 프로세스의 예에 대한 프로세스 흐름도를 도시한다. 본원에서 설명된 바와 같이, 고굴절률 유리를 포함하는 기판이 블록(1001)에서 제공된다. 개구들의 패턴을 포함하는 마스크 층이 블록(1002)에서 고굴절률 유리 기판 상에 제공되어, 고굴절률 유리 기판 중 적어도 일부가 마스크 층에 의해 노출된다. 일부 실시예들에서, 마스크 층은, 예컨대, 이진 격자 패턴과 같은 원하는 패턴을 갖는 중합체 포토레지스트 층 또는 하드마스크(hardmask)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 블록들(1001 및 1002)이 결합될 수 있다. 예컨대, 에칭 프로세스는 에칭 챔버에서 고굴절률 유리 기판으로 시작될 수 있고, 기판은 상부 패터닝된 마스크 층을 갖는다.

[0083] [0100] 고굴절률 유리 기판 및 마스크 층은, 원하는 양의 고굴절률 유리가 마스크 층의 개구들에 의해 노출된 고굴절률 유리 기판의 부분 또는 부분들로부터 제거되고 이로써 고굴절률 유리 기판에 원하는 패턴을 형성할 때까지, 블록(1003)에서 반응 챔버에서 플라즈마에 노출된다. 바람직하게는, 본원에서 논의된 바와 같이, 플라즈마는 화학적 및 물리적 에칭 종을 포함한다. 고굴절률 유리 기판 위에 남아있는 임의의 마스크 층은 블록(1004)에서 제거될 수 있다. 이러한 제거는, 예컨대, 남아있는 마스크 층과 층을 용해시키는 용매를 접촉시키거나 애싱(ashing) 프로세스를 사용하여 달성될 수 있다.

[0084] [0101] 일부 실시예들에서, 마스크 층은 리소그래피 기술에 의해 블록(1002)에서 패터닝될 수 있다. 예컨대, 마스크 층은 자외선 포토리소그래피, 나노임프린팅, e-빔 리소그래피, 또는 하부 유리 기판을 노출시키는 개구들을 형성하기 위해 마스크 층의 선택된 영역들에서 재료를 제거하기 위한 다른 기술들에 의해 패터닝될 수 있다.

[0085] [0102] 일부 실시예들에서, 마스크 층은 중합체, 예컨대, 중합체 레지스트 재료, 예컨대 포토레지스트 재료를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마스크 층은 하드마스크 층일 수 있다. 일부 실시예들에서, 하드마스크 층은 니켈과 같은 금속 또는 비정질 탄소를 포함할 수 있다.

[0086] [0103] 일부 실시예들에서, 마스크 층은 약 0.1 내지 약 10의 범위의 에칭 선택비(etch selectivity ratio)를 제공할 수 있다. 본원에서 사용된 바와 같이, 에칭 선택비는 마스크 층의 에칭 레이트에 대해 고굴절률 유리 기판의 에칭 레이트의 비율을 지칭한다. 일부 실시예들에서, 마스크 층은 약 0.5 초과, 약 1 초과, 약 2 초과, 또는 약 5 초과, 최대 10의 에칭 선택비를 가질 수 있다. 마스크 층의 두께는 에천트 종에 대한 후속 노출에 의해 형성될 피처들의 깊이에 기반하여 선택될 수 있다. 예컨대, 마스크 층이 에천트 종에 대한 후속 노출에 의해 마모되지 않도록, 두께는, 에천트 종 및 에칭 조건들에 의해 제공되는 선택성을 고려하여, 충분히 두껍게 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서, 마스크 층의 피처들의 임계 치수들 또는 폭들은 또한, 에천트 종을 사용하는 에칭에 의해 발생되는 폭의 감소들을 보상하기 위해, 이들 질량 피처들을 사용하여 패터닝될 기판 피처들의 원하는 크기들보다 충분히 더 클 수 있다. 일부 실시예들에서, 마스크 층의 피처들은, 먼저 마스크 층을 패터닝하고, 이어서 피처들 위에 마스크 재료의 부가적인 층을 (예컨대, CVD 또는 ALD에 의해) 컨포멀하게 증착함으로써 그러한 피처들의 크기들을 증가시킴으로써 충분히 큰 크기로 형성될 수 있다. 마스크 재료의 부가적인 컨포멀 층은 하부 패터닝된 마스크 층과 동일하거나 상이한 재료로 형성될 수 있다.

[0087] [0104] 일부 실시예들에서, 패터닝된 마스크 층은 고굴절률 유리 기판 상에 있을 수 있다. 마스크 층은 고굴절률 유리의 표면 상에 형성된 복수의 실질적으로 평행한 라인들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 라인들은 약 100nm의 두께들 및 약 135nm의 베이스 폭들을 가질 수 있다. 마스크 층이 라인들 이외의 형상들을 갖도록 패터닝될 수 있음이 인지될 것이다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 마스크 층 패턴은 임의의 패턴, 형상 또는 디자인을 포함할 수 있으며, 약 10-500nm의 임계 치수를 가질 수 있다.

[0088] [0105] 일부 실시예들에서, 마스크 층 패턴은 회절 격자 또는 DOE와 같은, 광학 엘리먼트에 대응하는 패턴을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마스크 층 패턴은 이진 회절 격자를 포함할 수 있다. 본원에서 논의된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 마스크 층 패턴은, 예컨대, 도 9a-9c에 도시된 바와 같이, 인커플링 광학 엘리먼트, 아웃커플링 광학 엘리먼트 또는 광 분배 엘리먼트를 포함할 수 있다.

[0089] [0106] 상부 마스크 층을 갖는 고굴절률 유리 기판은 플라즈마 반응기의 플라즈마 에칭 챔버에 제공되고, 이어서 블록(1003)에서 플라즈마에 노출될 수 있다. 반응 챔버에 기판을 제공하는 것은 기판을 반응 챔버로 로딩하는 것을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마는 반응 챔버에서, 즉, 인시튜(in situ)로 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마는 원격 플라즈마 발생기와 같은, 반응 챔버의 업스트림의 제2의 상이한 챔버에서 생성되고, 고굴절률 유리 기판을 수용하는 반응 챔버에 제공될 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 반응기는 ICP(inductively coupled plasma) 반응기일 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마 반응기는 이중 주파수 ICP 반응기일 수 있다.

[0090] [0107] 블록(1003)에서 고굴절률 유리 기판 및 마스크 층이 노출된 플라즈마는 플라즈마 반응기에서 소스 가스로 생성된 플라즈마일 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 플라즈마는 소스 가스로부터 형성된 이온들, 라디칼들, 원자들 및/또는 다른 고에너지 반응성 종을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 소스 가스들은 플라즈마 노출 블록(1003) 동안 플라즈마 에칭 챔버로 연속적으로 유동될 수 있다.

[0091] [0108] 소스 가스는 하나 또는 복수의 가스들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 소스 가스는 불활성 가스(이를테면, He, Ne, Ar, Kr 또는 Xe), 및 화학 반응성 종을 형성하기 위한 다음 것: O_2, N_2, H_2 및 할라이드 가스들(이를테면, XeF_2, C_2F_6, CF_4, CHF_3, CF_3C_1, SF_6, Cl_2, BCL 및 HBr) 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 소스 가스는 플라즈마 에칭 챔버로 유동될 수 있고, 플라즈마가 플라즈마 에칭 챔버에서 점화 또는 생성되기 전에, 고굴절률 유리 기판과 접촉할 수 있다.

[0092] [0109] 예들로서, 소스 가스는 SF_6 및 Ar을 포함할 수 있다. 일부 다른 예들에서, 소스 가스는 CHF_3 및 Ar을 포함할 수 있다. 또 다른 예들에서, 소스 가스는 CHF_3, CF_4 및 Ar을 포함할 수 있다. 소스 가스 조성들의 다른 예들은 BCl_3 및 HBr을 포함할 수 있다. 다른 예들에서, 소스 가스는 BCl_3, HBr 및 Ar을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 소스 가스는 Ar 및 적어도 하나의 다른 할라이드 가스를 포함할 수 있다.

[0093] [0110] 일부 실시예들에서, 기판을 플라즈마에 노출시키는 것은 He, Ne, Ar, Kr 또는 Xe와 같은 희가스(noble gas)로부터 생성된 플라즈마-여기된 종에 기판을 노출시키는 것을 포함할 수 있다. 예컨대, 플라즈마-여기된

종은 라디칼들, 이온들, 플라즈마의 형태일 수 있거나, 원소 형태일 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마는 SF_6 라디칼들, SF_6 분자들 및/또는 SF_6 플라즈마를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마는 HBr 라디칼들, HBr 분자들 및/또는 HBr 플라즈마를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마는 BCl_3 라디칼들, BCl_3 분자들 및/또는 BCl_3 플라즈마를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마는 CHF_3 라디칼들, CHF_3 분자들 및/또는 CHF_3 플라즈마를 포함할 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 플라즈마는 CF_4 라디칼들, CF_4 분자들 및/또는 CF_4 플라즈마를 포함할 수 있다.

[0094] [0111] 일부 실시예들에서, 플라즈마 에칭 챔버로의 소스 가스에 대한 총 유량은 약 1sccm 내지 약 100sccm 또는 약 25sccm 내지 약 75sccm의 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서, 소스 가스의 임의의 하나의 성분 가스에 대한 유량은 약 1sccm 내지 약 100sccm의 범위일 수 있다. 예로서, 소스 가스가 SF_6 및 Ar을 포함하는 경우, SF_6에 대한 유량은 약 1sccm 내지 약 100sccm의 범위 내에 있고 바람직하게는 약 50sccm일 수 있고, Ar에 대한 유량은 약 1sccm 내지 약 100sccm의 범위 내에 있고, 바람직하게는 약 50sccm일 수 있다.

[0095] [0112] 고굴절률 유리 기판 및 마스크 층의 표면은, 원하는 양의 고굴절률 유리가 패터닝된 마스크 층에 의해 노출된 채로 있는 고굴절률 유리 기판의 부분 또는 부분들로부터 제거될 때까지, 블록(1003)에서 반응 챔버에서 플라즈마에 노출된다. 재료의 제거는 마스크 층으로부터의 패턴 또는 구조물을 고굴절률 유리 기판으로 전사한다. 고굴절률 유리 기판 및 마스크 층이 블록(1003)에서 플라즈마에 노출되는 지속기간은, 고굴절률 유리 기판으로부터 제거될 재료의 원하는 양에 의존하여 당업자에 의해 용이하게 결정될 수 있다. 예컨대, 고굴절률 유리 기판 및 마스크 층은 약 1 초 내지 약 1 분, 또는 약 5 초 내지 약 30 초의 범위의 지속기간 동안 플라즈마에 노출될 수 있다. 일부 실시예들에서, 제거될 고굴절률 유리 재료의 원하는 양 및 마스크 층의 두께 및 조성에 따라 약 1 분 초과의 플라즈마 노출 시간이 사용될 수 있다.

[0096] [0113] 일부 실시예들에서, 마스크 층 재료는 플라즈마에 의해 제거될 수 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 플라즈마 노출 지속기간은 마스크 층 및/또는 마스크 층 재료의 두께에 의해 제한될 수 있다. 예컨대, 플라즈마 노출 지속기간은, 마스크 층의 두께를 연장시키는 홀들이 형성되지 않도록 충분히 짧을 수 있다.

[0097] [0114] 이론에 의해 구속되기를 바라지 않고서, 본원에서 논의되는 바와 같이, 일부 실시예들에 따른 플라즈마는 물리적 에칭 메커니즘 및 화학적 에칭 메커니즘 둘 모두에 의해 고굴절률 유리 기판으로부터 재료를 제거할 수 있다. 일부 실시예들에서, 소스 가스는 플라즈마가 그 안에서 생성될 때 물리적 메커니즘에 의해 기판을 에칭할 수 있는 가스, 이를테면, Ar, He 또는 N_2, 및 플라즈마가 그 안에서 생성될 때 화학적 메커니즘에 의해 기판을 에칭할 수 있는 가스, 이를테면, CF_4, CHF_3, SF_6, O_2, Cl_2, BCl_3, HBr 및/또는 다른 할라이드 가스들을 포함할 수 있다.

[0098] [0115] 플라즈마는 소스 가스에 RF 전력을 인가함으로써 생성될 수 있다. RF 전력은 플라즈마 노출 블록(1003) 동안 유동하고 그리고/또는 원격 플라즈마 생성기를 통해 유동하는 소스 가스에 인가될 수 있다. 일부 실시예들에서, 소스 가스에 인가되는 RF 전력은 약 10W 내지 약 500W, 약 100W 내지 약 200W, 약 200W 내지 약 500W, 또는 약 10W 내지 약 100W의 범위이다.

[0099] [0116] 일부 실시예들에서, 플라즈마가 ICP 반응기에서 생성되는 경우, 제1 ICP 전력이 소스 가스에 인가되어 플라즈마를 생성할 수 있고, 제2 RF 전력이 반응 챔버 내의 소스 가스 및/또는 플라즈마에 인가되어, 그 안에서 방향성 전기장을 생성하고, 예컨대, 에천트 종을 직선으로 기판으로 지향시킴으로써 이방성 에칭을 가능하게 할 수 있다. 일부 실시예들에서, ICP 전력은 약 10W 내지 약 2500W 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서, RF 전력은 약 10W 내지 약 500W, 약 100W 내지 약 200W, 약 200W 내지 약 500W, 또는 약 10W 내지 약 100W의 범위일 수 있다.

[0100] [0117] 일부 실시예들에서, 예컨대, 이중 주파수 ICP 반응이 플라즈마를 발생시키는 데 사용되는 경우, 제1 VHF 전력이 소스 가스에 인가되고, 제2 RF 전력이 반응 챔버 내의 소스 가스 및/또는 플라즈마에 인가되어, 그 안에서 방향성 전기장을 생성한다. 일부 실시예들에서, 소스 가스에 인가되는 VHF 전력은 약 10W 내지 약 2500W 범위일 수 있다. 일부 실시예들에서, RF 전력은 약 10W 내지 약 500W, 약 100W 내지 약 200W, 약 200W 내지 약 500W, 또는 약 10W 내지 약 100W의 범위일 수 있다.

[0101] [0118] 일부 실시예들에 따라, 플라즈마는 약 1 Torr 내지 약 0.1 mTorr의 압력을 갖는 플라즈마 에칭 챔버에서 생성될 수 있다. 더 구체적으로, 일부 실시예들에서, 반응 챔버 압력은 약 5 mTorr 내지 약 20 mTorr, 또는

약 20 mTorr 내지 약 100 mTorr의 범위일 수 있다. 이론에 구속되지 않고서, 다른 전형적인 플라즈마 에칭 프로세스들과 비교하여 비교적 낮은 반응 챔버 압력이 임의의 화학적 에칭 메커니즘이 기판의 부분들을 등방성으로 에칭하는 경향을 감소시킬 수 있다는 것이 믿겨진다. 일부 실시예들에서, 비교적 낮은 압력, 예컨대, 약 20 mTorr 내지 약 100 mTorr의 반응 챔버 압력은 실질적으로 수직의 측벽들을 갖는 피처들의 형성을 가능하게 할 수 있다.

[0102] [0119] 일부 실시예들에서, 플라즈마는 약 -150 ℃ 내지 약 50 ℃의 범위의 온도에서 생성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 플라즈마는 약 -120 ℃ 내지 약 -100 ℃, 약 -100 ℃ 내지 약 0 ℃, 약 0 ℃ 내지 약 20 ℃ 및 약 20 ℃ 내지 약 50 ℃의 범위의 온도에서 생성될 수 있다.

[0103] [0120] 이제 도 11a-11c를 참조하면, 일부 실시예들에서, 에칭 마스크는 고굴절률 유리 기판에서 원하는 크기들의 피처들의 형성을 가능하게 하도록 바이어싱될 수 있다. 유리하게는, 에칭 마스크는 종래의 방향성 에칭들, 예컨대, 이온 빔 밀링 및/또는 본원에 개시된 플라즈마 에칭 프로세스들을 사용하여 하부 유리 기판들의 패터닝에 활용될 수 있다.

[0104] [0121] 도 11a는 상부 에칭 마스크(1012)를 갖는 유리 기판(1010)의 예의 측단면도를 예시한다. 유리 기판(1010)은 본원에 개시된 고굴절률 유리 재료들 중 임의의 것으로 형성될 수 있다. 예컨대, 유리 기판을 형성하는 재료는 약 1.65 이상 또는 1.75 이상의 굴절률, 및 약 50 wt% 미만의 SiO_2를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 기판의 50 wt% 초과는 B_2O_3, Al_2O_3, ZrO_2, Li_2O, Na_2O, K_2O, MgO, CaO, SrO, BaO, ZnO, La_2O_3, Nb_2O_5, TiO_2, HfO, 및 Sb_2O_3 중 하나 이상으로 형성된다.

[0105] [0122] 도 11a를 계속 참조하면, 에칭 마스크(1012)는 중합체(예컨대, 탄소계 중합체), 크롬, 산화 실리콘(SiO_2), 또는 기판(1010)을 패터닝하기에 충분한 안정성 및 에칭 내성을 갖는 다른 재료로 형성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 중합체는 레지스트, 예컨대, 포토레지스트 또는 임프린트 레지스트를 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 레지스트는 제트 증착에 의해 증착될 수 있다. 예시된 바와 같이, 에칭 마스크는, 에칭으로부터 하부 기판(1010)의 부분들을 보호하여 그 기판(1010) 내의 피처들을 규정하는 데 사용될 복수의 이격된 피처들(1013)로 형성된 패턴을 포함한다.

[0106] [0123] 레지스트가 포토레지스트인 일부 실시예들에서, 에칭 마스크(1012)는 레티클을 통한 광에 대한 노출에 의해 패터닝될 수 있다. 레지스트가 임프린트 레지스트인 일부 실시예들에서, 에칭 마스크(1012)는 임프린트 레티클과의 접촉 및 임프린팅에 의해 패터닝될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 에칭 마스크(1012) 자체가 에칭되어 에칭 마스크에 피처들의 패턴을 규정할 수 있다. 예컨대, 에칭 마스크(1012)를 형성하기 위한 재료(예컨대, 크롬, 산화 실리콘 등) 층 위에 레지스트(도시되지 않음)가 제공될 수 있다. 레지스트는, 예컨대, 포토리소그래피 또는 임프린팅에 의해 패터닝될 수 있으며, 이어서, 레지스트 내의 패턴은 에칭 마스크(1012)를 형성하기 위한 재료의 층으로 전사될 수 있고, 상부 레지스트가 제거될 수 있고, 이로써 에칭 마스크(1012)를 남겨둔다.

[0107] [0124] 이제 도 11b를 참조하면, 방향성 에칭을 겪는 도 11a의 구조물의 예의 측단면도가 예시된다. 예시된 바와 같이, 에칭 마스크(1012)는 복수의 피처들(1013)을 가질 수 있고, 피처들은 (1013w)의 임계 치수를 갖는다. 임계 치수(1013w)가, 페이지로부터 길이 축을 따라 연장될 수 있는 피처들(1013)의 폭들일 수 있음이 인지될 것이다. 바람직하게는, 임계 치수(1013w)는 에칭 마스크 피처들(1013)을 사용하여 하부 기판(1010)에서 에칭될 대응하는 피처(1014)의 임계 치수(1014w)보다 더 크다. 일부 실시예들에서, 임계 치수(1013w)는 고굴절률 유리 기판(1010)에 형성될 제1 피처들(예컨대, 피처들(1016)(도 11c))의 원하는 치수 특징들을 식별하고; 고굴절률 유리 기판에 적어도 제1 피처들을 형성하는 데 사용될 에칭 프로세스(1015)의 에칭 특징들을 식별하고; 그리고 식별된 에칭 특징에 기반하여, 고굴절률 유리 기판 상에 형성될 패터닝된 층(예컨대, 에칭 마스크(1012))의 제2 피처들(예컨대, 피처들(1013))의 치수 특징을 바이어싱하는 것을 결정함으로써 선택될 수 있다. 예컨대, 임계 치수(1013w)는, 기판(1010)을 에칭하기 위해 선택된 특정 에칭에 의한 에칭 마스크(1012)의 에칭을 보상하기 위해 임계 치수(1014w)보다 충분히 더 크게 바이어싱될 수 있다. 바람직하게는, 피처들(1013)의 크기들은, 에칭 프로세스(1015)에 의해 에칭될 때조차도, 마스크 피처들(1013)이 고굴절률 유리 기판(1010)에서 원하는 크기의 개구들을 형성하기 위한 크기를 갖기에 충분히 크다. 또한, 피처들(1013)의 높이들은 바람직하게는 또한 에칭에 의해 피처들(1013)의 최상부들에서 재료의 제거를 보상하도록 바이어싱된다.

[0108] [0125] 예시된 바와 같이, 기판(1010)은 에칭 마스크(1012) 내의 개구들을 통한 방향성 에칭에 기판을 노출시킴으로써 에칭될 수 있다. 에칭 마스크(1012)가 개구를 갖지 않지만 피처들(1013)보다 더 낮은 두께의 영역들

을 갖는 실시예들에서, 기판(1010)의 부분들을 에칭에 노출시키는 개구들을 후속하여 남기기 위해, 에칭에 의해 더 낮은 두께의 영역이 제거될 것이라는 것이 인지될 것이다. 방향성 에칭(1015)은 기판으로부터 재료를 제거하기 위해 기판(1010)에 접촉하는 다양한 입자들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 방향성 에칭은 이온 빔 밀링을 포함한다. 유리하게는, 일부 실시예들에서, 방향성 에칭은 약 20 초 이하에서 약 50nm 이상의 깊이를 갖는 개구를 형성할 수 있다. 일부 실시예들에서, 지향성 에칭은 약 10 초 이하에서 약 50nm 이상의 깊이를 갖는 개구를 형성할 수 있다.

[0109] [0126] 도 11c는, 유리 기판(1010)을 에칭하고 상부 에칭 마스크(1012)(도 11a-11b)를 제거한 후, 도 11b의 구조물의 예의 측단면도를 예시한다. 일부 실시예들에서, 에칭 마스크(1012)는 에칭 마스크를 형성하는 재료에 대해 선택되는 애싱 프로세스 및/또는 습식 에칭을 사용하여 제거될 수 있다. 에칭된 기판(1010)은 에칭(1015)에 의해 규정된 복수의 피처들(1016)을 포함한다. 피처들은, 원하는 임계 치수들(1014w)과 실질적으로 동일한 1016w의 임계 치수들을 갖는다(도 11b).

[0110] [0127] 본원에서 논의된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 기판(1010)은 도파관으로서 활용될 수 있고, 피처들(1016)은 도파관의 표면에 규정된 광학 엘리먼트들일 수 있다. 예컨대, 피처들(1016)은 도 9a-9c의 인커플링 광학 엘리먼트들(1212, 1222, 1232), 광 분배 엘리먼트들(1214, 1224, 1234) 및/또는 아웃커플링 광학 엘리먼트(1250, 1252, 1254)의 부분들을 형성할 수 있다.

[0111] [0128] 도 11a-11b에 관하여 위에서 언급된 바와 같이, 피처들(1013)은 피처들(1013)에 의해 궁극적으로 패터닝된 피처들(1016)의 원하는 크기들보다 더 큰 크기들을 갖도록 바이어싱될 수 있다. 이러한 더 큰 크기는, 에칭 마스크(1012)를 형성하는 층을 패터닝하고 에칭 마스크(1012)에 대해 원하는 두께를 갖는 층을 제공함으로써 설정될 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 에칭 마스크 내의 피처들은 그들의 크기를 증가시키도록 증가될 수 있다. 도 12a-12d는 증가된 에칭 마스크를 사용하여 기판의 피처들을 에칭하는 프로세스를 예시한다.

[0112] [0129] 이제 도 12a를 참조하면, 고굴절률 유리 기판(1010) 위에 놓인 에칭 마스크(1012)의 예의 측단면도가 예시된다. 에칭 마스크(1012)는 임계 치수(1013w)를 갖는 피처들(1013)을 포함한다. 도 12a에 도시된 구조물이, 도 11a의 임계 치수보다 더 작을 수 있는 임계 치수(1013w)를 제외하고, 도 11a에 도시된 구조물과 유사하다는 것이 인지될 것이다.

[0113] [0130] 도 12a의 에칭 마스크(1012)는 초기 에칭 마스크로 고려될 수 있고, 그 에칭 마스크의 피처들(1013)의 치수들은 후속하여 증가될 수 있다. 도 12b는 에칭 마스크(1012)의 피처들(1013)의 크기들을 확대한 후 도 12a의 구조물의 예에 대한 측단면도를 예시한다. 일부 실시예들에서, 크기 확장은 에칭 마스크(1012) 위에 컨포멀 층(1018)을 증착함으로써 달성될 수 있으며, 이로써 임계 치수들(1013w')을 갖는 피처들(1013')을 갖는 에칭 마스크(1012')를 형성한다. 예컨대, 컨포멀 층(1018)은 ALD(atomic layer deposition) 또는 CVD(chemical vapor deposition)과 같은 기상 증착 프로세스에 의해 증착된 산화 실리콘 층일 수 있다. 일부 다른 실시예들에서, 에칭 마스크(1012) 내의 피처들(1013)(도 12a)의 크기들은, 더 큰 부피를 차지하는 재료들을 형성하기 위해 에칭 마스크를 화학적으로 반응시킴으로써 확대될 수 있다. 예컨대, 에칭 마스크(1012)는 산화되어, 예컨대 층(1018)을 형성할 수 있고, 이로써 확대된 피처들(1013')을 갖는 에칭 마스크(1012')를 형성한다. 일부 실시예들에서, 화학 반응은, 층(1018)이 실질적으로 에칭 마스크(1012')의 전체를 통해 연장될 수 있는 정도까지 발생할 수 있다.

[0114] [0131] 이제 도 12c를 참조하면, 방향성 에칭(1015)을 겪는 도 12b의 구조물의 예의 측단면도가 예시된다. 에칭 마스크가 층(1018)을 포함하고 방향성 에칭(1015)이 바람직하게는 기판(1010)에 대해 층(1018)의 재료에 대해 선택적이라는 점을 제외하고, 도 12c가 도 12b와 유사하다는 것이 인지될 것이다. 에칭 마스크(1012')는 복수의 피처들(1013')을 포함하고, 피처들은 에칭 마스크(1012)를 사용하여 하부 기판(1010)에서 에칭될 대응하는 피처(1014)의 임계 치수(1014w)보다 더 큰 (1013w')의 임계 치수를 갖는다. 본원에서 논의된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 방향성 에칭은 이온 빔 밀링을 포함한다. 유리하게는, 일부 실시예들에서, 방향성 에칭은 약 20 초 이하 또는 약 10 초 이하에서 약 50nm 이상의 깊이를 갖는 개구를 형성할 수 있다.

[0115] [0132] 도 12d는, 유리 기판(1010)을 에칭하고 상부 에칭 마스크(1012')(도 12c)를 제거한 후, 도 12b의 구조물의 예의 측단면도를 예시한다. 도 12d가 도 11c와 유사하다는 것이 인지될 것이다. 예컨대, 에칭 마스크(1012)는 에칭 마스크를 형성하는 재료에 대해 선택적인 애싱 프로세스 및/또는 습식 에칭을 사용하여 제거될 수 있다. 에칭된 기판(1010)은, 에칭(1015)에 의해 규정되고 원하는 임계 치수들(1014w)(도 11b)과 실질적으로 동일할 수 있는 (1016w)의 임계 치수들을 갖는 복수의 피처들(1016)을 포함한다.

[0116] [0133] 전술한 명세서에서, 다양한 특정 실시예들이 설명되었다. 그러나, 본 발명의 광범위한 사상 및 범위를 벗어남 없이 다양한 수정들 및 변경들이 본 발명에 대해 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 그에 따라서, 명세서 및 도면들은 제한적 의미가 아니라 예시적 의미로 간주되어야 한다.

[0117] [0134] 사실상, 본 개시내용의 시스템들 및 방법들 각각은 몇몇 혁신적인 양상들을 가지며, 이 양상들 중 어떤 단일의 양상도 본원에 개시된 바람직한 속성들을 전적으로 담당하거나 이를 위해 요구되지 않는다는 것이 인지될 것이다. 위에서 설명된 다양한 특징들 및 프로세스들은 서로 독립적으로 사용될 수 있거나, 또는 다양한 방식들로 조합될 수 있다. 모든 가능한 조합들 및 서브조합들은 본 개시내용의 범위 내에 속하도록 의도된다.

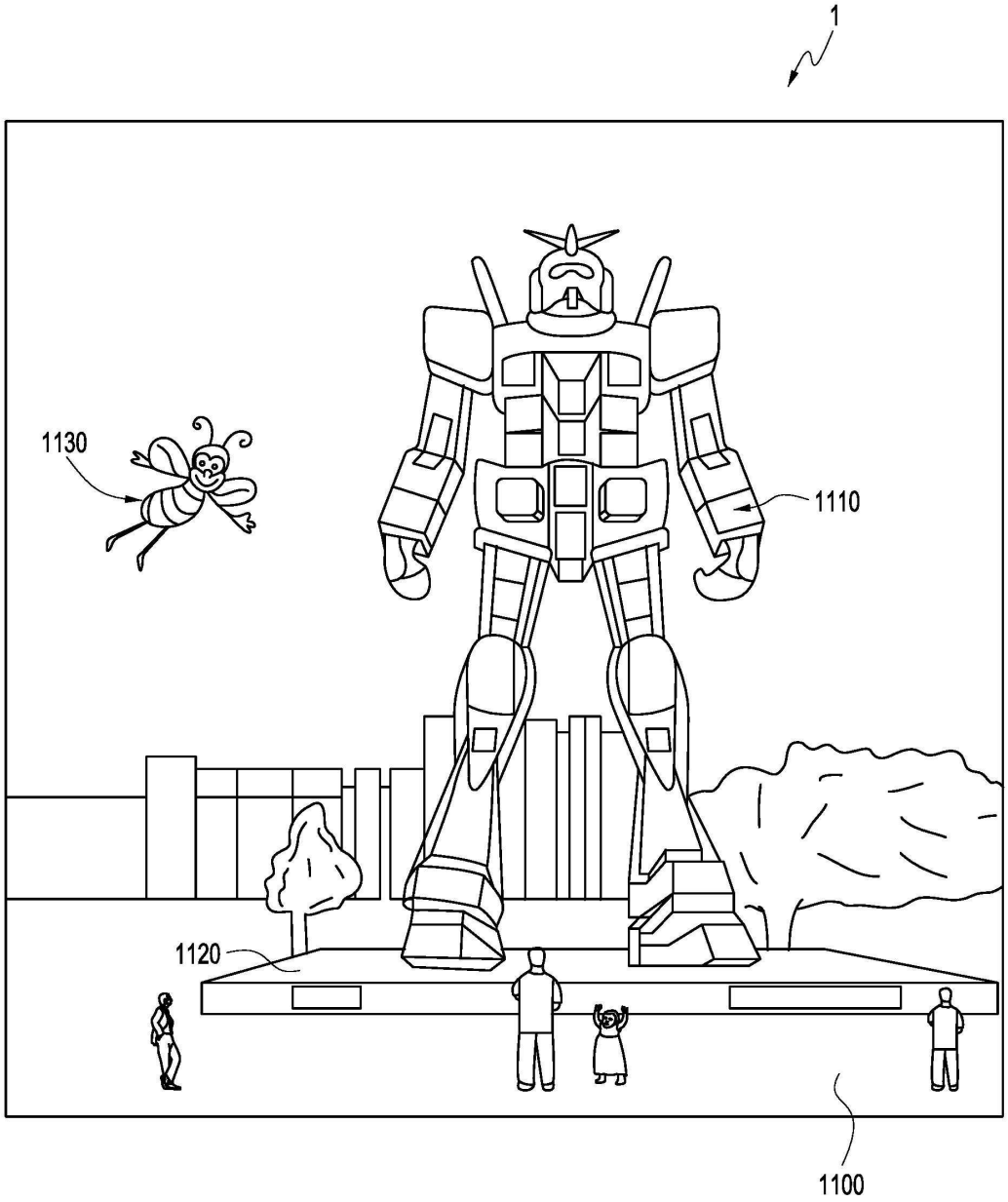
[0118] [0135] 별개의 실시예들의 맥락에서 본 명세서에서 설명되는 특정 특징들은 또한, 단일 실시예로 결합하여 구현될 수 있다. 반대로, 단일 실시예의 맥락에서 설명된 다양한 특징들은 또한, 다수의 실시예들로 별도로 또는 임의의 적절한 서브조합으로 구현될 수 있다. 게다가, 비록 특징들이 특정 조합들로 동작하는 것으로서 위에서 설명될 수 있고, 심지어 그와 같이 처음에 청구될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우들에서 조합으로부터 제거될 수 있고, 그리고 청구된 조합은 서브조합 또는 서브조합의 변형에 관련될 수 있다. 단일 특징 또는 특징들의 그룹이 각각의 모든 실시예에 필요하거나 필수적인 것은 아니다.

[0119] [0136] 특정하게 다르게 언급되지 않거나, 사용된 맥락 내에서 다르게 이해되지 않으면, 본원에 사용된 조건어, 이를테면 특히, "할 수 있다(can, could, might, may)", "예컨대" 등은 일반적으로, 특정 실시예들이 특정 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들을 포함하지만, 다른 실시예들은 이들을 포함하지 않는 것을 전달하기 위해 의도된다는 것이 인지될 것이다. 따라서, 그런 조건어는 일반적으로, 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 하나 이상의 실시예들을 위해 어떤 식으로든 요구된다는 것을 또는 하나 이상의 실시예들이, 저자(author) 입력 또는 프롬프팅으로 또는 이들 없이, 이들 특징들, 엘리먼트들 및/또는 단계들이 임의의 특정 실시예에 포함되는지 또는 임의의 특정 실시예에서 수행될지를 판정하기 위한 로직을 반드시 포함하는 것을 의미하도록 의도되지 않는다. "포함하는(comprising)", "포함하는(including)", "가지는(having)" 등의 용어들은 동의어이고 오픈-엔디드(open-ended) 방식으로 포괄적으로 사용되고, 그리고 부가적인 엘리먼트들, 특징들, 작용들, 동작들 등을 배제하지 않는다. 또한, "또는"이란 용어는 그의 포괄적인 의미(및 그의 배타적 의미가 아님)로 사용되어, 예컨대 리스트의 엘리먼트들을 연결하기 위해 사용될 때, "또는"이란 용어는 리스트 내 엘리먼트들 중 하나, 일부 또는 모두를 의미한다. 게다가, 본 출원 및 첨부된 청구항들에 사용되는 단수 표현들은 다르게 특정되지 않으면 "하나 이상" 또는 "적어도 하나"를 의미하는 것으로 이해될 것이다. 유사하게, 동작들이 특정 순서로 도면들에 도시될 수 있지만, 원하는 결과들을 달성하기 위해, 그런 동작들이 도시된 특정 순서로 또는 순차적 순서로 수행될 필요가 없거나, 또는 모든 예시된 동작들이 수행될 필요가 없다는 것이 인식되어야 한다. 추가로, 도면들은 흐름도 형태로 하나 이상의 예시적 프로세스들을 개략적으로 도시할 수 있다. 그러나, 도시되지 않은 다른 동작들이 개략적으로 예시된 예시적인 방법들 및 프로세스들에 통합될 수 있다. 예컨대, 하나 이상의 부가적인 동작들은 예시된 동작들 중 임의의 동작 이전에, 이후에, 동시에, 또는 중간에 수행될 수 있다. 부가적으로, 동작들은 다른 실시예들에서 재배열되거나 재정렬될 수 있다. 특정 상황들에서, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 게다가, 위에서 설명된 실시예들에서 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 실시예들에서 그런 분리를 요구하는 것으로 이해되지 않아야 하고, 그리고 설명된 프로그램 컴포넌트들 및 시스템들이 일반적으로 단일 소프트웨어 제품으로 함께 통합될 수 있거나 다수의 소프트웨어 제품들로 패키징될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 부가적으로, 다른 실시예들은 하기의 청구항들의 범위 내에 있다. 일부 경우들에서, 청구항들에 열거된 액션들은 상이한 순서로 수행될 수 있고 그럼에도 불구하고 원하는 결과들을 달성할 수 있다.

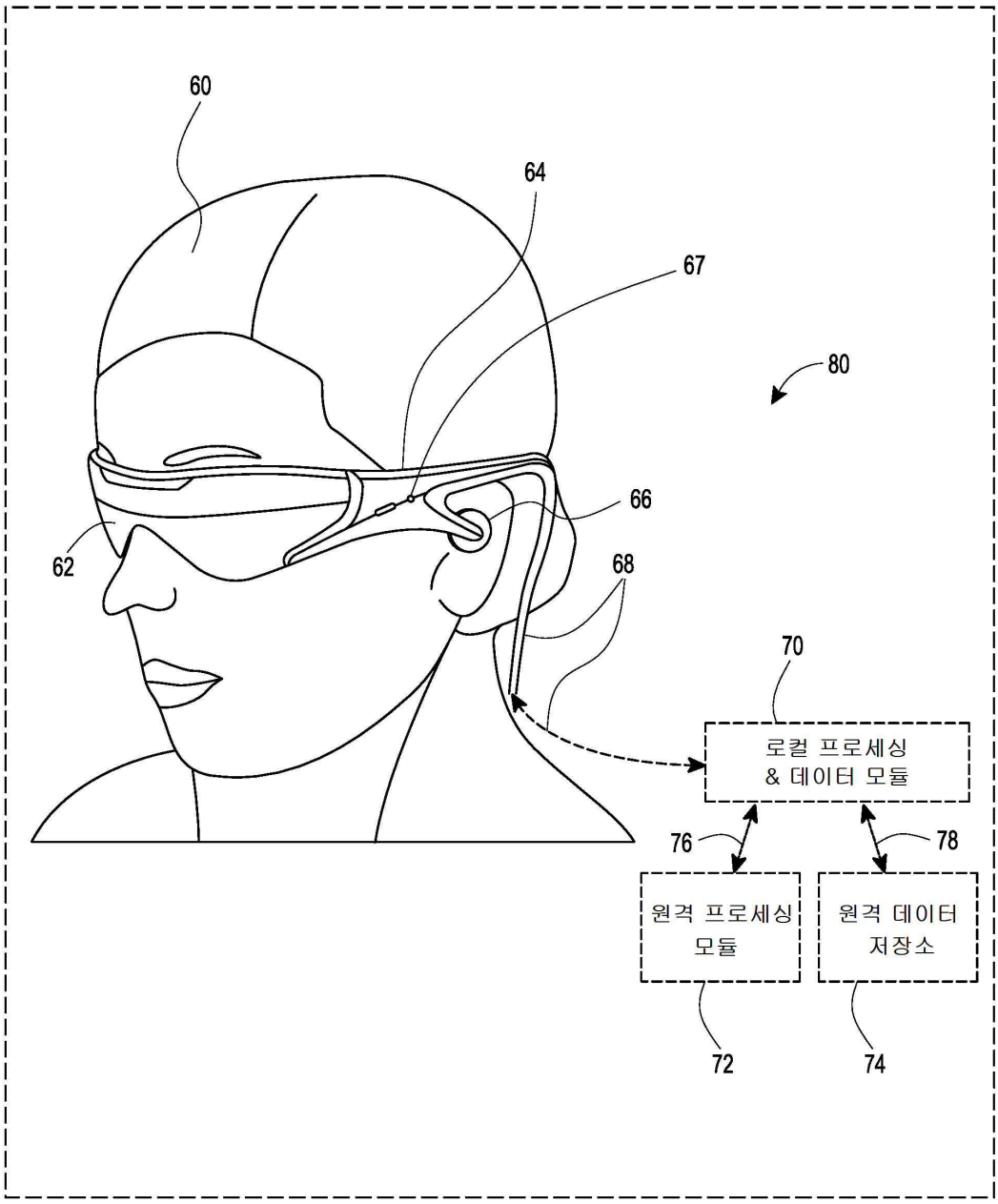
[0120] [0137] 따라서, 청구항들은 본원에 도시된 실시예들로 제한되는 것으로 의도되는 것이 아니라, 본원에 개시된 본 개시내용, 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 가장 넓은 범위에 부합될 것이다.

도면

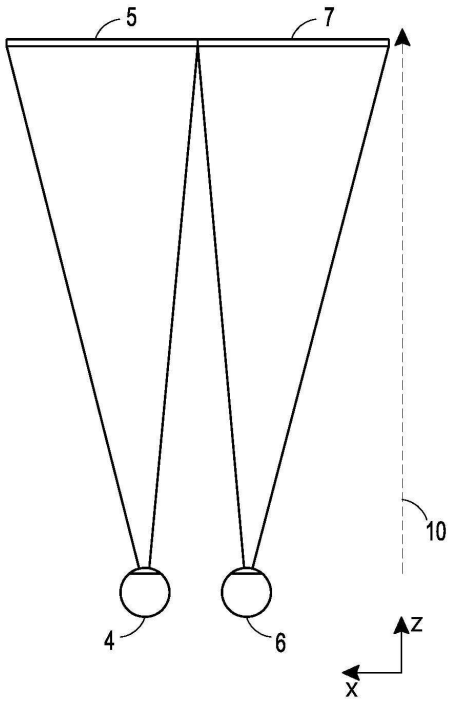
도면1



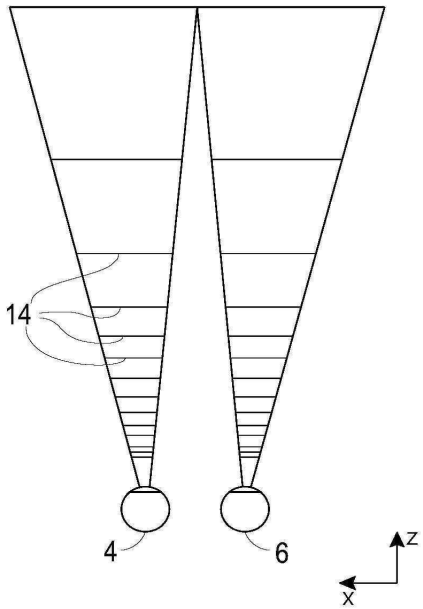
도면2


60
64
67
80
66
62
68
70
로컬 프로세싱
& 데이터 모듈
76
78
원격 프로세싱
모듈
원격 데이터
저장소
72
74

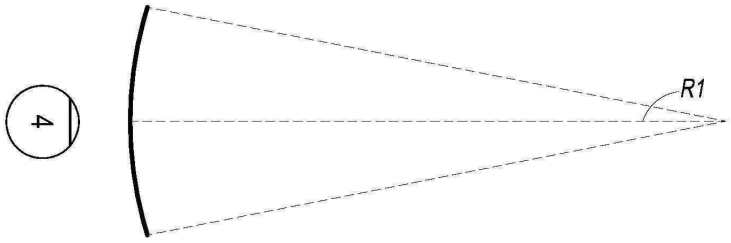
도면3



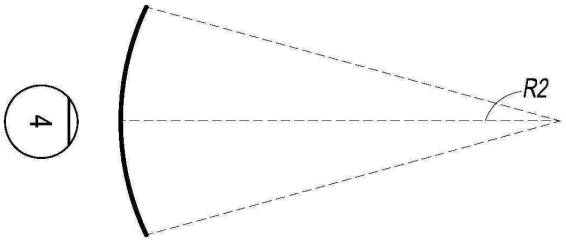
도면4



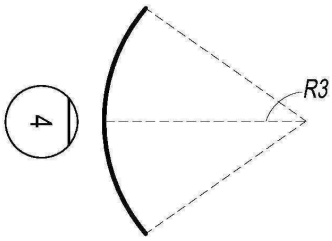
도면5a



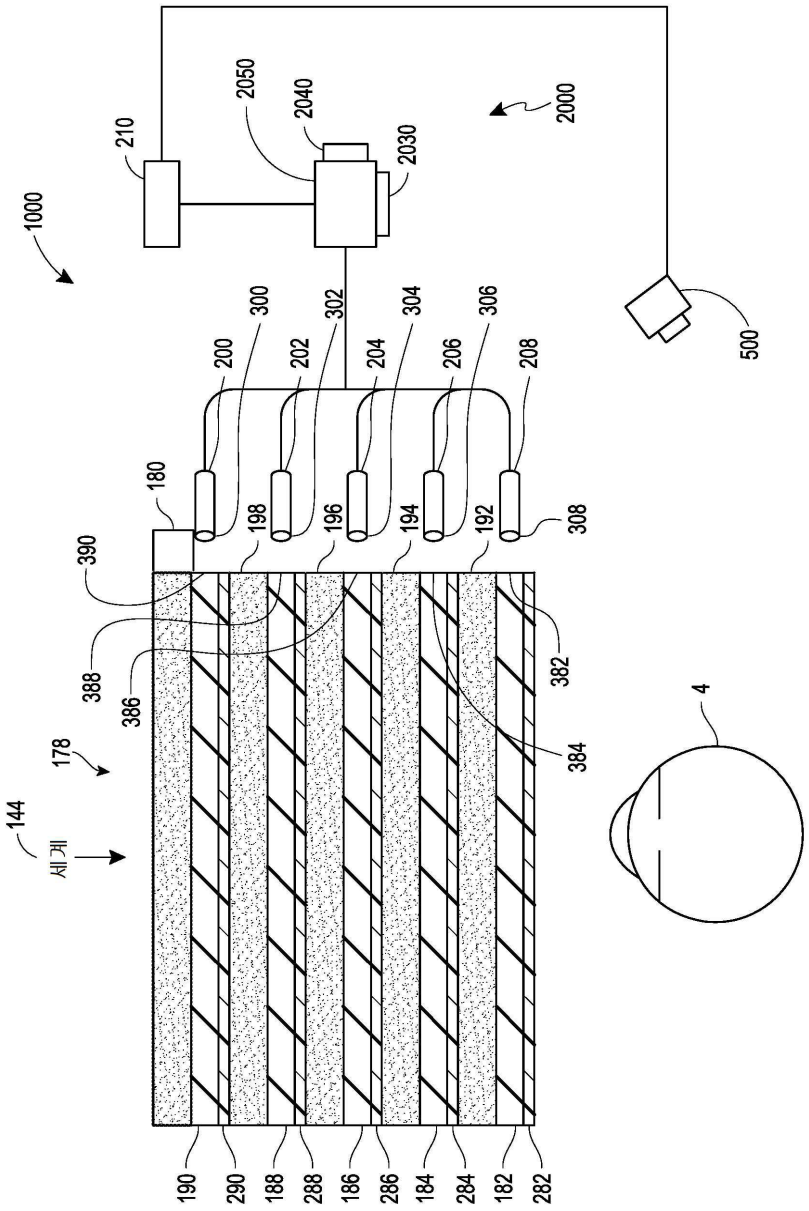
도면5b



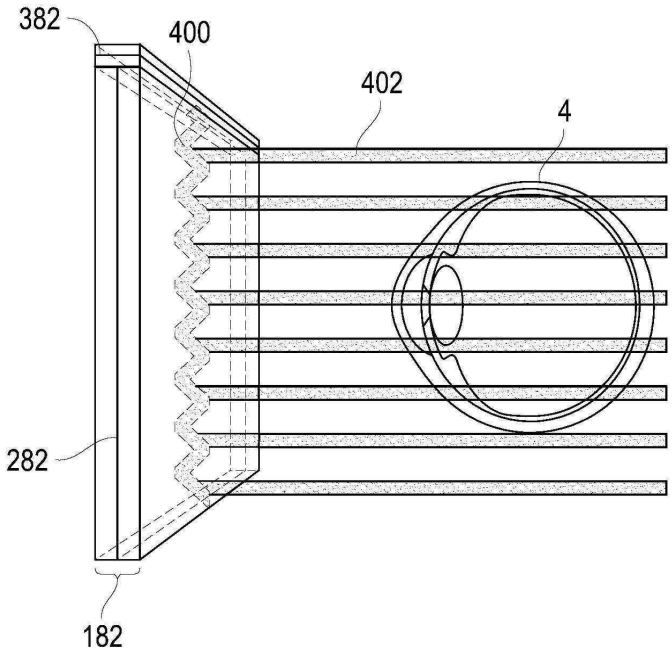
도면5c



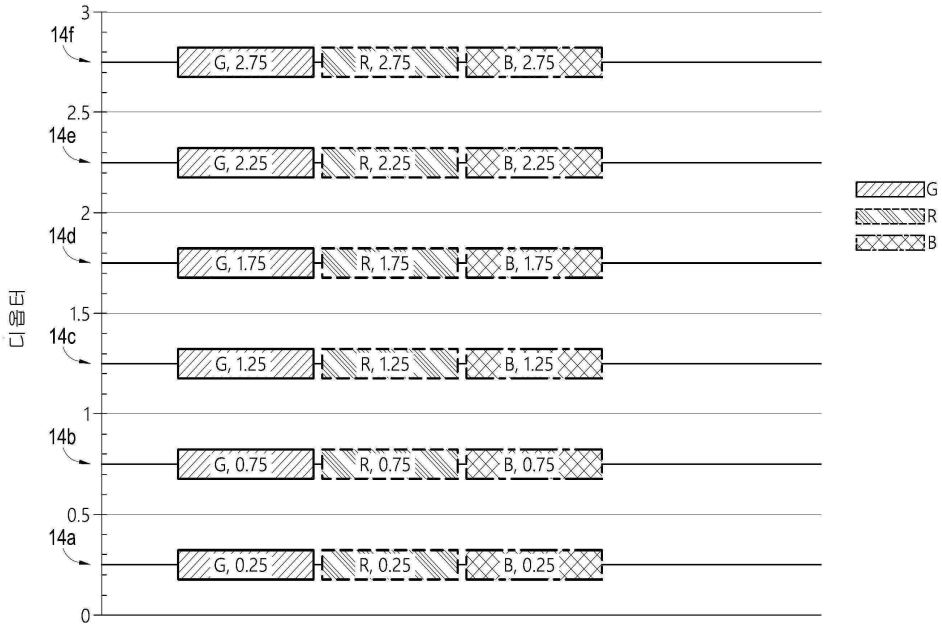
도면6


1000
2000
210
2050
2040
2030
500
300
302
304
306
200
202
204
206
208
180
198
196
194
192
308
390
388
386
382
384
178
144
세계
4
190
290
188
288
186
286
184
284
182
282

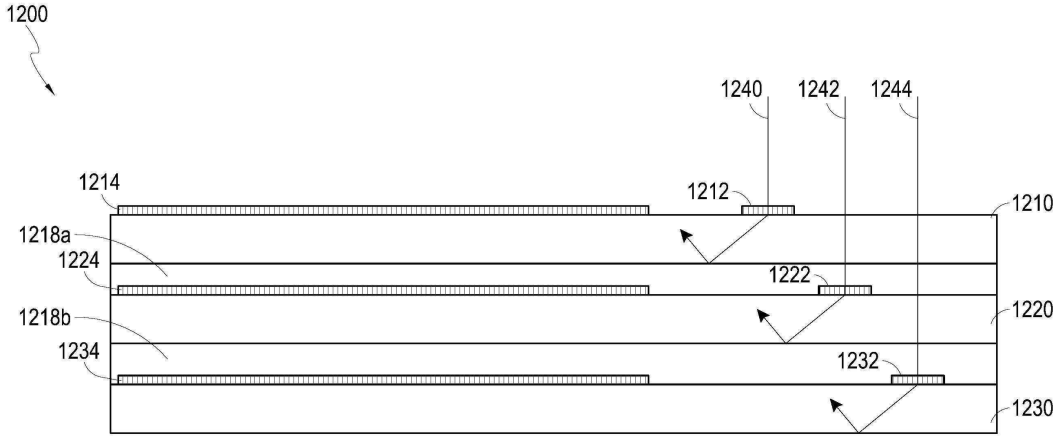
도면7


382
400
402
4
282
182

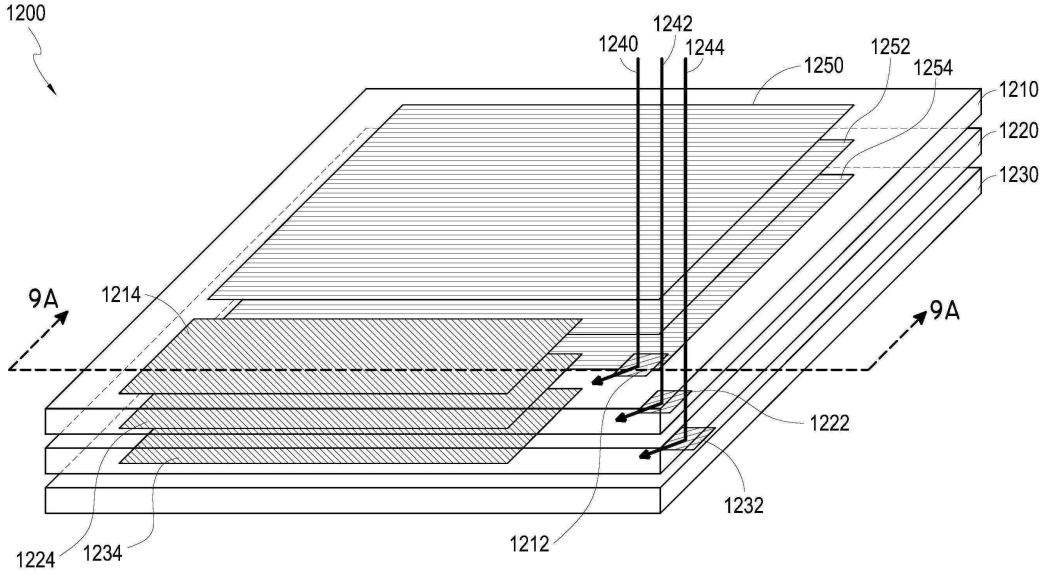
도면8


디옵터
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
G
R
B

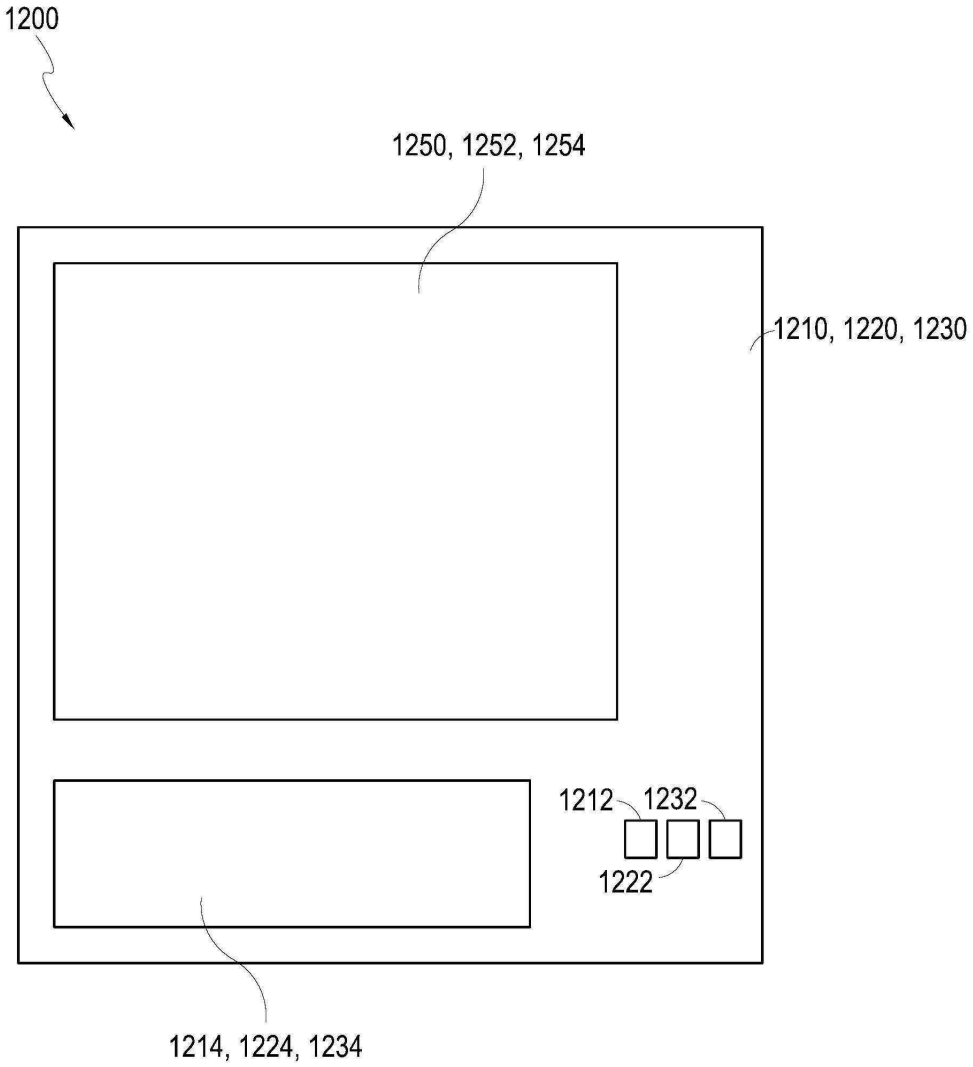
도면9a


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

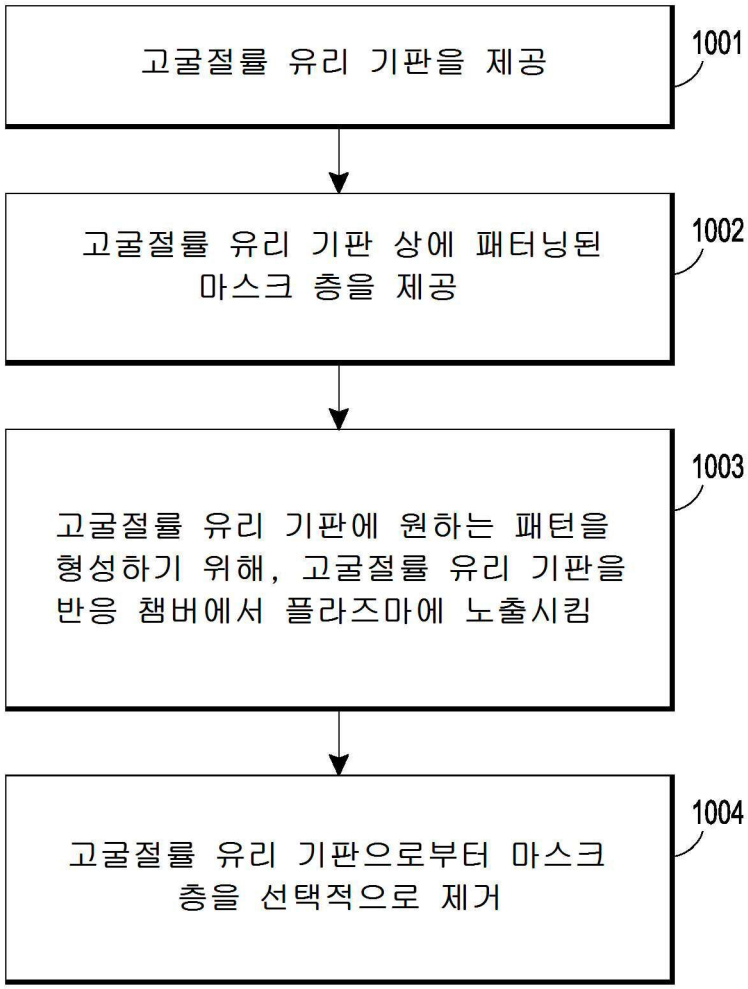
도면9b


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

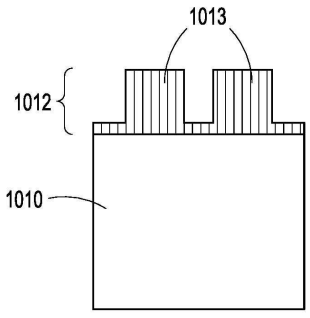
도면9c


1200
1250, 1252, 1254
1210, 1220, 1230
1212
1232
1222
1214, 1224, 1234

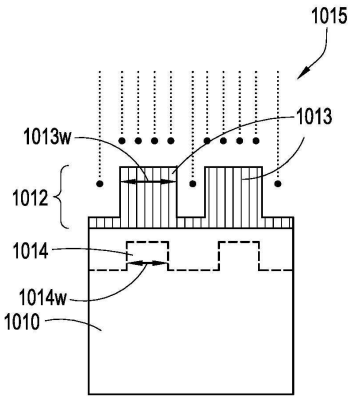
도면10


고굴절률 유리 기판을 제공
1001
고굴절률 유리 기판 상에 패터닝된 마스크 층을 제공
1002
고굴절률 유리 기판에 원하는 패턴을 형성하기 위해, 고굴절률 유리 기판을 반응 챔버에서 플라즈마에 노출시킴
1003
고굴절률 유리 기판으로부터 마스크 층을 선택적으로 제거
1004

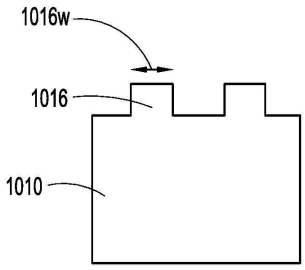
도면11a


1013
1012
1010

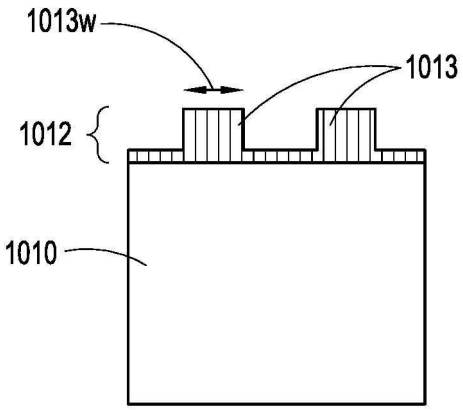
도면11b



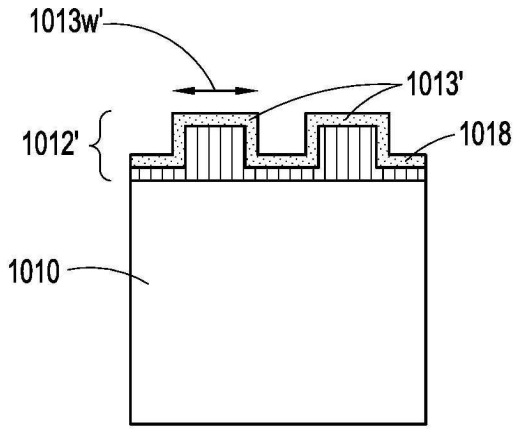
도면11c



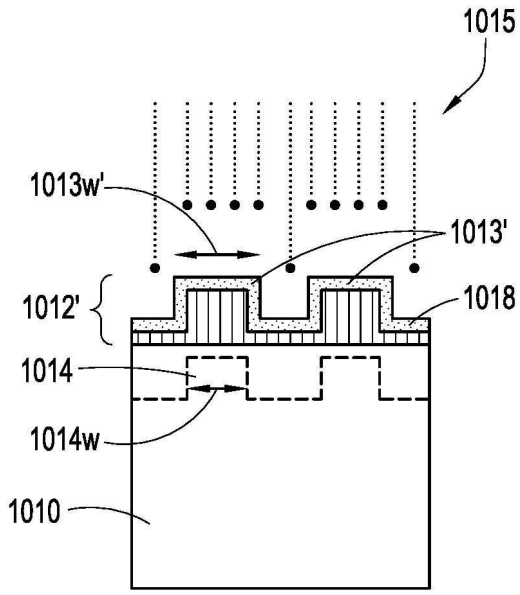
도면12a



도면12b



도면12c



도면12d

