(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년09월13일
(11) 등록번호 10-2707610
(24) 등록일자 2024년09월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) *G02B 27/42* (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 27/4205 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7016215(분할)
(22) 출원일자(국제) 2016년01월26일
심사청구일자 2022년05월13일
(85) 번역문제출일자 2022년05월13일
(65) 공개번호 10-2022-0066994
(43) 공개일자 2022년05월24일
(62) 원출원 특허 10-2021-7023212
원출원일자(국제) 2016년01월26일
심사청구일자 2021년08월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/014988
(87) 국제공개번호 WO 2016/123145
국제공개일자 2016년08월04일
(30) 우선권주장
62/107,977 2015년01월26일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20150219842 A1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
매직 립, 인코포레이티드
미국 플로리다 플랜타티온 웨스트 선라이즈 블러바드 7500 (우: 33322)
(72) 발명자
데콜스테, 로버트 디.
미국 33308 플로리다 포트 로더데일 베이뷰 드라이브 4111
크러그, 미쉘 에이.
미국 78751 텍사스 오스틴 애비뉴 에이치 4115
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

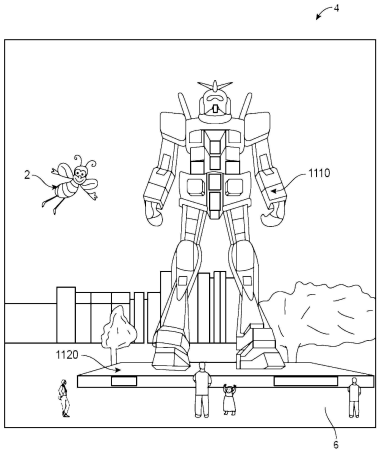
전체 청구항 수 : 총 20 항 심사관 : 이성룡

(54) 발명의 명칭 **개선된 회절 그레이팅 구조들을 갖는 가상 및 증강 현실 시스템들 및 방법들**

(57) 요 약

3D 디스플레이 시스템들을 위한 개선된 회절 구조가 개시된다. 개선된 회절 구조는 도파관 기판과 최상부 그레이팅 표면 간에 상주하는 중간 층을 포함한다. 최상부 그레이팅 표면은 제 1 굴절률 값에 대응하는 제 1 재료를 포함하고, 하층은 제 2 굴절률 값에 대응하는 제 2 재료를 포함하며, 그리고 기판은 제 3 굴절률 값에 대응하는 제 3 재료를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G02B 6/0038 (2013.01)
G02B 2027/0105 (2013.01)
G02B 2027/0107 (2013.01)
G02B 2027/0174 (2013.01)
(72) 발명자
그레코, 폴 엠.
미국 33076 플로리다 파크랜드 노스웨스트 6 매너 10415
쇼웬게르트, 브라이언 티.
미국 98107 워싱턴 시애틀 17 애비뉴 노스웨스트 6312

(56) 선행기술조사문헌
JP2010139621 A
JP2009186794 A*
JP2010204397 A*
US20150016777 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명 세 서

청구범위

청구항 1

증강 현실(AR;augmented reality) 콘텐츠를 사용자에게 전달하기 위한 AR 디스플레이 시스템으로서,

이미지 데이터의 하나 또는 그 초과의 프레임들을 제공하기 위한 이미지-생성 소스;

상기 이미지 데이터의 하나 또는 그 초과의 프레임들과 연관된 광을 송신하기 위한 광 변조기; 및

상기 이미지 데이터의 하나 또는 그 초과의 프레임들과 연관된 광을 수신하고 그리고 상기 광을 사용자의 눈들에 지향시키기 위한 DOE(diffractive optical element)를 포함하고,

상기 DOE는 도파관 기판, 표면 그레이팅(grating) 및 상기 도파관 기판과 상기 표면 그레이팅 간에 배치되는 하층을 갖는 회절 구조를 포함하고,

상기 표면 그레이팅은 표면 그레이팅 굴절률을 갖고, 상기 하층은 하층 굴절률을 갖고, 상기 표면 그레이팅 굴절률은 상기 하층 굴절률보다 큰,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 하층 굴절률은 1.79인,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 도파관 기판은 도파관 기판 굴절률을 갖고, 상기 도파관 기판 굴절률은 1.5 또는 1.7인,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 도파관 기판, 상기 하층, 및 상기 표면 그레이팅 모두는 상이한 굴절률 값들에 대응하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 하층 굴절률은 도파관 기판 굴절률에 비해 더 높은 값인,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 도파관 기판, 상기 하층, 및 상기 표면 그레이팅은 상이한 재료들에 대응하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 도파관 기판, 상기 하층, 및 상기 표면 그레이팅 중 적어도 2개는 공통 굴절률 값에 대응하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 도파관 기판, 상기 하층, 및 상기 표면 그레이팅 중 적어도 2개는 동일한 재료에 대응하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 하층은 비-균일한 두께를 포함하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 하층의 비-균일한 두께는, 광 주입 위치로부터의 거리가 증가됨에 따라서, 얇은 두께로부터 두꺼운 두께로 변하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 11

제 3항에 있어서,

상기 하층은 비-균일한 하층 굴절률을 포함하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 하층의 비-균일한 하층 굴절률은, 광 주입 위치로부터의 거리가 증가됨에 따라서, 상기 도파관 기판 굴절률과 동일한 굴절률로부터 상기 도파관 기판 굴절률과 상이한 증가된 굴절률로 변하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 13

제 1항에 있어서,

상기 하층은 비-균일한 두께 및 비-균일한 하층 굴절률 모두를 갖는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 14

제 1항에 있어서,

상기 시스템은 함께 스택된(stacked) 복수의 회절 구조를 갖는 스택된 도파관 어셈블리를 포함하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 15

제 14항에 있어서,

복수의 이미지-생성 소스들은 상기 스택된 도파관 어셈블리 내의 각각의 회절 구조 내로 상기 이미지 데이터를 주입하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 16

제 1항에 있어서,

상기 도파관 기판, 상기 하층 및 상기 표면 그레이팅은 폴리머 재료, 사파이어, 또는 글래스 중 적어도 하나에 대응하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 17

제 1항에 있어서,

상기 DOE는 ON 상태와 OFF 상태 간에 스위칭가능한,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 18

제 1항에 있어서,

상기 시스템은 머리-장착가능 웨어러블 시스템으로서 구현되는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 19

제 1항에 있어서,

상기 회절 구조는 상기 표면 그레이팅 위의 최상부 표면 층을 더 포함하는,

AR 디스플레이 시스템.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 최상부 표면 층은 상기 회절 구조의 스택킹을 위한 인터스티셜 층(interstitial layer)을 형성하는,

AR 디스플레이 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 개시내용은 가상 현실 및 증강 현실 이미징 및 시각화 시스템들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] [0002] 현대의 컴퓨팅 및 디스플레이 기술들은 소위 "가상 현실" 또는 "증강 현실" 경험들을 위한 시스템들의 개발을 용이하게 했으며, 여기서, 디지털 방식으로 재생되는 이미지들 또는 이미지들의 부분들이, 이들이 실제인 것처럼 보이거나 인식될 수 있는 방식으로 사용자에게 제시된다. 가상 현실 또는 "VR" 시나리오는 통상적으로 실제의 실세계 시각적 입력에 대한 투명성이 없는 디지털 또는 가상 이미지 정보의 표현을 수반한다. 증강 현실 또는 "AR" 시나리오는 통상적으로 사용자 주변의 실제의 세계의 시각화에 대한 증강으로서의 디지털 또는 가상 이미지 정보의 표현을 수반한다. 예컨대, 도 1을 참조하면, 증강 현실 장면(4)이 도시되며, 여기서, AR 기술의 사용자는 사람들, 나무들, 배경의 빌딩들, 및 콘크리트 플랫폼(1120)을 특징으로 하는 실세계 공원 같은 세팅(6)을 보고 있다. 이들 아이템들 외에도, AR 기술의 사용자는 또한, 실세계 플랫폼(1120) 위에 서 있는 로봇 동상(1110), 및 호박벌의 의인화로 보이는 비행 중인 만화 같은 아바타 캐릭터(2)를, 이들 엘리먼트들

(2, 1110)이 실세계에 존재하지 않음에도 불구하고 자신이 "보고 있다"고 인식하다. 밝혀진 바와 같이, 인간의 시각적 인지 시스템은 매우 복잡하며, 다른 가상 또는 실세계 이미지 엘리먼트들 사이에서 가상 이미지 엘리먼트들의 편리하고, 자연스러운 느낌이며, 풍부한 표현을 가능하게 하는 VR 또는 AR 기술을 생성하는 것은 난제이다.

[0003] [0003] AR 시스템의 사용자에게 3D 가상 콘텐츠를 제시하는 것에 관하여 많은 난제들이 존재한다. 3D 콘텐츠를 사용자에게 제시하는 것의 중심이 되는 전제는 다수의 깊이들의 인지를 생성하는 것을 수반한다. 다시 말해서, 일부 가상 콘텐츠는 사용자에게 더 가까운 것처럼 보이는 한편 다른 가상 콘텐츠는 더 멀리 떨어진 곳에서 오는 것처럼 보이는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 3D 인지를 달성하기 위해, AR 시스템은 사용자에 대한 상이한 초점면들에서 가상 콘텐츠를 전달하도록 구성되어야 한다.

[0004] [0004] 3D 디스플레이가 깊이의 진정한 센세이션을, 그리고 보다 상세하게는, 표면 깊이의 시뮬레이팅된 센세이션을 생성하기 위해, 디스플레이의 시야 내의 각각의 포인트가 그 포인트의 가상 깊이에 대응하는 원근조절 응답을 생성하는 것이 바람직하다. 디스플레이 포인트에 대한 원근조절 응답이 수렴 및 입체시의 양안(binocular) 깊이 큐들에 의해 결정된 바와 같은 그 포인트의 가상 깊이에 대응하지 않으면, 인간 시각적 시스템은 원근조절 충돌을 경험할 수 있어서, 불안정한 이미징, 해로운 눈의 피로, 두통들, 및 원근조절 정보의 부재 시의 표면 깊이의 거의 완전한 결핍이 초래된다.

[0005] [0005] 따라서, 종래의 접근법들의 이들 및 다른 문제점들을 해결하는 3D 디스플레이들을 구현하기 위한 개선된 기술들에 대한 필요성이 존재한다. 본원에 설명되는 시스템들 및 기법들은 이들 난제들을 어드레싱하기 위해 통상적인 인간의 시각적 구성과 함께 작동하도록 구성된다.

발명의 내용

[0006] [0006] 본 발명의 실시예들은 하나 또는 그 초과의 사용자들에 대한 가상 현실 및/또는 증강 현실 상호작용을 가능하게 하기 위한 디바이스들, 시스템들, 및 방법들에 관한 것이다.

[0007] [0007] 일부 실시예들에 따른, 증강 현실 콘텐츠를 사용자에게 전달하기 위한 AR(augmented reality) 디스플레이 시스템은, 이미지 데이터의 하나 또는 그 초과의 프레임들을 제공하기 위한 이미지-생성 소스; 이미지 데이터의 하나 또는 그 초과의 프레임들과 연관된 광을 송신하기 위한 광 변조기; 및 이미지 데이터의 하나 또는 그 초과의 프레임들과 연관된 광을 수신하고 그리고 광을 사용자의 눈들에 지향시키기 위한 DOE(diffractive optical element)를 포함하고, DOE는, 도파관 굴절률에 대응하는 도파관 기판, 표면 그레이팅(grating) 및 도파관 기판과 표면 그레이팅 간에 배치되는 중간 층(본원에서 "하층"으로 또한 지칭됨)을 갖는 회절 구조를 포함하고, 그리고 하층은 도파관 굴절률과 상이한 하층 회절률에 대응한다.

[0008] [0008] 본 발명의 일부 실시예들에 따르면, 회절 구조는 도파관 기판과 최상부 그레이팅 표면 간에 상주하는 하층을 포함하는 DOE에 대해 이용된다. 최상부 그레이팅 표면은 제 1 굴절률 값에 대응하는 제 1 재료를 포함하고, 하층은 제 2 굴절률 값에 대응하는 제 2 재료를 포함하며, 그리고 기판은 제 3 굴절률 값에 대응하는 제 3 재료를 포함한다.

[0009] [0009] 구조의 이 부분들 각각을 구현하기 위해 동일하거나 상이한 재료들의 임의의 조합이 이용될 수 있는데, 예컨대, 3개의 재료들 모두가 상이하거나(그리고 3개 모두가 상이한 굴절률 값들에 대응함), 층들 중 2개가 동일한 재료를 공유한다(예컨대, 3개의 재료들 중 2개가 동일하고, 따라서, 제 3 재료의 굴절률 값과 상이한 공통 굴절률 값을 공유함). 개선된 회절 구조의 임의의 층을 구현하기 위해 임의의 적절한 세트의 재료들이 사용될 수 있다.

[0010] [0010] 따라서, 다양한 조합들이 이용가능하며, 하나의 인덱스의 하층은 제 3 인덱스의 기판과 함께 다른 인덱스의 최상부 그레이팅과 조합되고, 이러한 상대적인 값들을 조정하는 것은 입사 각도에 대한 회절 효율성의 의존도에서의 많은 변동을 제공한다. 상이한 굴절률들의 층들을 갖는 층화된 도파관이 제시된다. 기능성을 예시하기 위해, 다양한 조합들 및 치환들이, 관련된 성능 데이터와 함께 제시된다. 이익들은 증가된 각도를 포함하며, 증가된 각도는 그레이팅에 따른 증가된 출력 각도 및 그러므로 접안렌즈(eyepiece)에 따른 증가된 시계(field of view)를 제공한다. 또한, 각도를 이용하여 회절 효율성의 정상 감소를 상쇄(counteract)시킬 수 있는 능력은 기능적으로 유리하다.

[0011] [0011] 일부 실시예들에서, 도파관 기판, 하층, 및 표면 그레이팅은 상이한 굴절률 값들에 대응한다. 예컨대, 표면 그레이팅은 하층 회절률에 비해 더 높은 표면 그레이팅 굴절률에 대응할 수 있고, 하층 회절률은 도파관

굴절률에 비해 더 높은 값이다.

[0012] [0012] 일부 실시예들에서, 도파관 기판, 하층 및 표면 그레이팅 중 적어도 2개는 공통 굴절률 값에 대응한다. 예컨대, 표면 그레이팅은 도파관 굴절률과 동일한 표면 그레이팅 굴절률에 대응할 수 있고, 하층 회절률은 도파관 굴절률 및 표면 그레이팅 굴절률과 상이하다. 게다가, 표면 그레이팅은 하층 회절률과 동일한 표면 그레이팅 굴절률에 대응할 수 있고, 도파관 회절률은 하층 굴절률 및 표면 그레이팅 굴절률과 상이하다.

[0013] [0013] 일부 실시예들에서, 하층은 비-균일한 두께를 포함한다. 하층의 비-균일한 두께는, 광 주입 위치로부터의 거리가 증가됨에 따라서, 비교적 얇은 두께로부터 비교적 두꺼운 두께로 변할 수 있다. 게다가, 하층은 비-균일한 하층 굴절률을 포함할 수 있다. 예컨대, 하층의 비-균일한 하층 굴절률은, 광 주입 위치로부터의 거리가 증가됨에 따라서, 도파관 굴절률과 비교적 유사한 굴절률로부터 도파관 굴절률과 상이한 증가된 굴절률로 변할 수 있다.

[0014] [0014] 일부 실시예들에서, 시스템은 함께 스택된(stacked) 복수의 회절 구조를 갖는 스택된 도파관 어셈블리를 포함한다. 게다가, DOE는 ON 상태와 OFF 상태 간에 스위칭가능하다. 시스템은 머리-장착가능 웨어러블 시스템으로서 구현될 수 있다.

[0015] [0015] 적어도 하나의 실시예에서, 회절 구조는 표면 그레이팅 위의 최상부 층을 포함한다. 최상부 층은 회절 구조의 스택킹을 위한 인터스티셜 층(interstitial layer)을 형성하는 데 사용될 수 있고, 최상부 층은 비교적 낮은 굴절률을 포함한다. 게다가, 최상부 층은 또한, 예컨대 최상부 층이 비교적 높은 굴절률을 갖는 경우, 회절 효과들을 제공하는 데 사용될 수 있다.

[0016] [0016] 본 발명의 추가적인 오브젝트들, 특징들, 및 이점들 및 다른 오브젝트들, 특징들 및 이점들이 상세한 설명, 도면들 및 청구항들에 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0017] [0017] 도 1은 일 예시되는 실시예에서, 웨어러블 AR 사용자 디바이스를 통한 AR(augmented reality)의 사용자의 뷰를 예시한다.

[0018] [0018] 도 2는 종래의 입체적인 3-D 시뮬레이션 디스플레이 시스템을 예시한다.

[0019] [0019] 도 3은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 입체적인 3-D 시뮬레이션 디스플레이 시스템을 구현하기 위한 개선된 접근법을 예시한다.

[0020] [0020] 도 4a-4d는 인간의 VR 및/또는 AR을 위한 고-품질의, 편안하게-인지되는 디스플레이 시스템을 제공하는 목적들을 해결하기 위한 다양한 시스템들, 서브시스템들, 및 컴포넌트들을 예시한다.

[0021] [0021] 도 5는 개선된 회절 구조를 활용하는 시스템의 예시적 구성의 평면도를 예시한다.

[0022] [0022] 도 6은 스택된 도파관 어셈블리를 예시한다.

[0023] [0023] 도 7은 DOE를 예시한다.

[0024] [0024] 도 8 및 9는 예시적 회절 패턴들을 예시한다.

[0025] [0025] 도 10 및 11은 빔이 주입되는 2개의 도파관들을 예시한다.

[0026] [0026] 도 12는 도파관들의 스택을 예시한다.

[0027] [0027] 도 13a는 도파관 기판 및 최상부 그레이팅 표면을 갖지만 하층을 갖지 않은 회절 구조를 구현하기 위한 예시적 접근법을 예시한다.

[0028] [0028] 도 13b는 예시적 시뮬레이션 결과들의 챠트를 도시한다.

[0029] [0029] 도 13c는 도 13a의 주석이 달린 버전을 도시한다.

[0030] [0030] 도 14a는 도파관 기판, 하층, 및 최상부 그레이팅 표면을 갖는 회절 구조를 구현하기 위한 예시적 접근법을 예시한다.

[0031] [0031] 도 14b는 도파관 기판, 하층, 그레이팅 표면, 및 최상부 표면을 가지는 회절 구조를 구현하기 위한 예시적인 접근법을 예시한다.

[0032] 도 14c는 도파관 기판, 하층, 그레이팅 표면, 및 최상부 표면을 가지는 회절 구조의 스택킹을 구현하기 위한 예시적인 접근법을 예시한다.

[0033] 도 15a는 고지수(high index) 도파관 기판, 저지수(low index) 하층, 및 저지수 최상부 그레이팅 표면을 가지는 회절 구조를 구현하기 위한 예시적인 접근법을 예시한다.

[0034] 도 15b는 예시적인 시뮬레이션 결과들의 차트들을 도시한다.

[0035] 도 16a는 저지수 도파관 기판, 고지수 하층, 및 저지수 최상부 그레이팅 표면을 가지는 회절 구조를 구현하기 위한 예시적인 접근법을 예시한다.

[0036] 도 16b는 예시적인 시뮬레이션 결과들의 차트들을 도시한다.

[0037] 도 17a는 저지수 도파관 기판, 중간지수 하층, 및 고지수 최상부 그레이팅 표면을 가지는 회절 구조를 구현하기 위한 예시적인 접근법을 예시한다.

[0038] 도 17b는 예시적인 시뮬레이션 결과들의 차트를 도시한다.

[0039] 도 18a-d는 하층 특징들의 수정을 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] [0040] 본 발명의 일부 실시예들에 따라, 도파관 기판과 최상부 그레이팅 표면 간에 상주하는 하층/중간 층을 포함하는 회절 구조가 이용된다. 최상부 그레이팅 표면은 제 1 굴절률 값에 대응하는 제 1 재료를 포함하고, 하층은 제 2 굴절률 값에 대응하는 제 2 재료를 포함하고, 그리고 기판은 제 3 굴절률 값에 대응하는 제 3 재료를 포함한다.

[0019] [0041] 이 접근법의 하나의 장점은, 굴절률이 증가됨에 따라 가장 낮은 내부 전반사 각도가 감소된다는 사실로 인해, 3개의 층들에 대한 상대적 굴절률들의 적합한 선택이 구조로 하여금 더 큰 범위의 입사광에 대한 더 큰 시야를 획득하게 하는 것이다. 회절 효율들은 증가될 수 있고, 이는 이미지 뷰잉 디바이스들의 디스플레이(들)로의 "더 밝은" 광 출력들을 허용한다.

[0020] [0042] 다양한 조합들이 이용가능하고, 하나의 지수의 하층은 제 3 지수의 기판과 함께 다른 지수의 최상부 그레이팅과 조합되고, 그리고 이들 상대적 값들을 조정하는 것은 입사 각도에 대한 회절 효율성의 의존도의 많은 변동을 제공한다. 상이한 굴절률들의 층들을 가지는 층화된 도파관이 제시된다. 다양한 조합들 및 치환들이 기능성을 예시하기 위하여 관련된 성능 데이터와 함께 제시된다. 이익들은 증가된 각도를 포함하고, 증가된 각도는 그레이팅에 따른 증가된 출력 각도 및 그러므로 접안렌즈에 따른 증가된 시계를 제공한다. 게다가, 각도를 이용하여 회절 효율성의 정상 감소를 상쇄시키기 위한 능력은 기능적으로 유리하다.

[0021] 일부 실시예들에 따른 디스플레이 시스템들

[0022] [0043] 본 개시내용의 이 부분은 본 발명의 개선된 회절 구조와 함께 사용될 수 있는 예시적인 디스플레이 시스템들을 설명한다.

[0023] [0044] 도 2는 눈으로부터 고정된 방사상 초점 거리(10)에서 통상적으로 각각의 눈(4 및 6)에 대해 별개의 디스플레이(74 및 76)를 각각 가지는 종래의 입체적인 3-D 시뮬레이션 디스플레이 시스템을 예시한다. 이런 종래의 접근법은 원근조절 큐를 비롯하여, 3차원들에서 깊이를 검출 및 해석하기 위하여 인간의 눈 및 뇌에 의해 활용되는 많은 가치있는 큐들을 고려하지 못한다.

[0024] [0045] 실제로, 통상적인 인간 눈은 방사상 거리에 기반하여 다수의 깊이 층들을 해석할 수 있는데, 예컨대 대략 12개의 깊이 층들을 해석할 수 있다. 약 0.25 미터의 니어 필드(near field) 제한은 가장 가까운 초점 깊이에 관한 것이고; 약 3 미터의 파-필드(far-field) 제한은, 인간 눈으로부터 약 3 미터보다 더 먼 임의의 아이템이 인피니트 초점을 수신하는 것을 의미한다. 눈에 더 가까워지면 초점 층들이 점점 얇아지는데; 다른 말로, 눈은 눈에 비교적 가까운 아주 작은 초점 거리의 차이를 인지할 수 있고, 그리고 이런 효과는 대상(object)들이 눈으로부터 더 멀리 떨어지면 소멸된다. 인피니트 대상 위치에서, 초점 깊이/시차 간격 값은 약 1/3 디옵터들이다.

[0025] [0046] 도 3은 본 발명의 일부 실시예들에 따른 입체적인 3-D 시뮬레이션 디스플레이 시스템을 구현하기 위한 개선된 접근법을 예시하고, 여기서 각각의 눈(4 및 6)에 대해 하나씩의 2개의 복합 이미지들이 디스플레이되고, 각각의 이미지의 다양한 양상들(14)에 대해 다양한 방사상 초점 깊이들(12)은 인지된 이미지 내에서 3차원 깊이

층화의 인지를 각각의 눈에 제공하기 위하여 활용될 수 있다. 사용자의 눈과 인피니티(infinity) 간에 다수의 초점면들(예컨대, 12개의 초점면들)이 있기 때문에, 이들 초점면들, 및 묘사된 관계들 내에서의 데이터는 사용자의 뷰잉을 위해 증강 현실 시나리오 내에 가상 엘리먼트를 포지셔닝시키기 위해 활용될 수 있는데, 왜냐하면 인간 눈은 초점면들을 활용하여 깊이를 인지하기 위해 끊임 없이 주위를 훑기 때문이다. 이 도면이 다양한 깊이들에 있는 특정 수의 초점면들을 도시하지만, 본 발명의 구현이 원하는 특정 애플리케이션에 필요한 대로 임의의 수의 초점면들을 사용할 수 있고, 그러므로 본 발명이 본 개시내용의 도면들 중 임의의 도면에 도시된 특정 수의 초점면들만을 가지는 디바이스들로 제한되지 않는 것이 주목된다.

[0026] [0047] 도 4a - 도 4d를 참조하면, 본 발명의 일부 실시예들에 따라 몇몇 일반적인 구성 옵션들이 예시된다. 도 4a - 도 4d의 논의에 뒤따르는 상세한 설명 부분들에서, 인간의 VR 및/또는 AR에 대한 고-품질의 편안하게-인식되는 디스플레이 시스템을 제공하는 목적들을 해결하기 위한 다양한 시스템들, 서브시스템들 및 컴포넌트들이 제시된다.

[0027] [0048] 도 4a에 도시된 바와 같이, 사용자의 눈들 전방에 포지셔닝된 디스플레이 시스템(62)에 커플링된 프레임(64) 구조를 착용하고 있는 AR 시스템 사용자(60)가 도시된다. 스피커(66)가 도시된 구성에서 프레임(64)에 커플링되고 사용자의 이도에 인접하게 포지셔닝된다(일 실시예에서는, 도시되지 않은 다른 스피커가 사용자의 다른 이도에 인접하게 포지셔닝되어 스테레오/형상조절가능 사운드 제어를 제공한다). 디스플레이(62)는, 다양한 구성들로 장착될 수 있는, 이를테면 프레임(64)에 고정형으로 부착되거나, 도 4b의 실시예에 도시된 바와 같이 헬멧 또는 모자(80)에 고정형으로 부착되거나, 헤드폰들에 내장되거나, 도 4c의 실시예에 도시된 바와 같이 백팩-스타일 구성으로 사용자(60)의 몸통(82)에 탈착가능하게 부착되거나, 또는 도 4d의 실시예에 도시된 바와 같이 벨트-커플링 스타일 구성으로 사용자(60)의 힙(84)에 탈착가능하게 부착될 수 있는 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)에, 이를테면 유선 리드 또는 무선 연결에 의해 동작가능하게 커플링(68)된다.

[0028] [0049] 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 전력-효율적인 프로세서 또는 제어기뿐만 아니라 디지털 메모리, 이를테면 플래시 메모리를 포함할 수 있는데, 이들 모두는 a) 프레임(64)에 동작가능하게 커플링될 수 있는 센서들, 이를테면 이미지 캡처 디바이스들(이를테면, 카메라들), 마이크로폰들, 관성 측정 유닛들, 가속도계들, 컴퍼스들, GPS 유닛들, 라디오 디바이스들 및/또는 자이로들로부터 캡처되고; 그리고/또는 b) 가능하게는 이러한 프로세싱 또는 검색 이후 디스플레이(62)로의 전달을 위해, 원격 프로세싱 모듈(72) 및/또는 원격 데이터 저장소(74)를 사용하여 획득되고 그리고/또는 프로세싱되는 데이터의 프로세싱, 캐싱 및 저장을 보조하기 위해 이용될 수 있다. 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)은 이를테면, 유선 또는 무선 통신 링크들을 통해 원격 프로세싱 모듈(72) 및 원격 데이터 저장소(74)에 동작가능하게 커플링(76, 78)될 수 있어, 이러한 원격 모듈들(72, 74)은 서로 동작가능하게 커플링되고, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈(70)에 대한 자원들로서 이용가능하다.

[0029] [0050] 일 실시예에서, 원격 프로세싱 모듈(72)은 데이터 및/또는 이미지 정보를 분석하고 프로세싱하도록 구성된 하나 또는 그 초과의 상대적으로 강력한 프로세서들 또는 제어기들을 포함할 수 있다. 일 실시예에서, 원격 데이터 저장소(74)는 "클라우드" 자원 구성으로 인터넷 또는 다른 네트워킹 구성을 통해 이용가능할 수 있는, 비교적 대규모의 디지털 데이터 저장 설비를 포함할 수 있다. 일 실시예에서는, 로컬 프로세싱 및 데이터 모듈에서 모든 데이터가 저장되고 모든 계산이 수행되어, 임의의 원격 모듈들로부터의 완전히 자율적인 사용이 가능하다.

[0030] [0051] Z-축 차이(즉, 광학 축을 따라 눈으로부터 일직선인 거리)의 인지들은 가변 초점 광학 엘리먼트 구성과 함께 도파관을 사용함으로써 가능하게 될 수 있다. 디스플레이로부터의 이미지 정보는 당업자들에게 알려진 임의의 적합한 기판-유도 광학 방법들을 사용하여 도파관에 시준되어 주입되고 큰 사출 동공 방식으로 분배될 수 있으며, 그 후에 가변 초점 광학 엘리먼트 성능은 도파관으로부터 나오는 광의 파면의 초점을 변화시키고 도파관에서 나오는 광이 특정한 초점 거리로부터 온다는 인지를 눈에 제공하는 데 이용될 수 있다. 즉, 들어오는 광이 내부 전반사 도파관 구성들에서의 난제들을 하도록 시준되었으므로, 그 광은 원거리 포인트를 망막에 초점이 맞춰지게 하도록 뷰어의 눈을 원거리 포인트에 대해 원근조절할 것을 요구하여, 시준된 방식으로 나갈 것이고, 일부 다른 개입이 광으로 하여금 다시 초점이 맞춰지게 하고 상이한 뷰잉 거리로부터 나오는 것으로 인지되게 하지 않는 한, 당연히 광학 인피니티로부터 나오는 것으로 해석될 것인데; 하나의 적합한 그러한 개입은 가변 초점 렌즈이다.

[0031] [0052] 일부 실시예들에서, 시준된 이미지 정보는 그 정보가 내부 전반사하고 인접한 도파관으로 전달되도록 하는 각도로 안경 또는 다른 재료에 주입된다. 도파관은, 디스플레이로부터의 시준된 광이 도파관의 길이를 따라 반사기들 또는 회절성 피처들의 분포에 걸쳐 다소 균일하게 나가게 분배되도록 구성될 수 있다. 눈을 향해

나갈 때, 나가는 광은 가변 초점 렌즈 엘리먼트를 통해 전달되며, 여기서 가변 초점 렌즈 엘리먼트의 제어된 초점에 따라, 가변 초점 렌즈 엘리먼트를 나가고 눈에 진입하는 광은 다양한 레벨들의 초점(광학 인피니티를 표현하기 위한 시준된 평평한 파면, 눈(58)에 대해 더 가까운 뷰잉 거리를 표현하기 위한 더욱 더 많은 빔 발산/파면 곡률)을 가질 것이다.

[0032] [0053] "프레임 순차" 구성에서, 순차적인 2-차원 이미지들의 스택은, 컴퓨팅된 단층촬영 시스템이 3-차원 구조를 표현하기 위해 스택된 이미지 슬라이스들을 사용하는 방식과 유사한 방식으로 시간의 흐름에 따라 3-차원 인지를 생성하기 위해 순차적으로 디스플레이에 공급될 수 있다. 일련의 2-차원 이미지 슬라이스들은 눈까지의 상이한 초점 거리로 각각 눈에 제시될 수 있으며, 눈/뇌는 코히어런트 3-차원 볼륨의 인지로 그러한 스택을 통합할 것이다. 디스플레이 타입에 따라, 3-차원 뷰잉의 인지를 생성하기 위해 라인 단위의 또는 심지어 픽셀 단위의 시퀀싱이 수행될 수 있다. 예컨대, (스캐닝 섬유 디스플레이 또는 스캐닝 거울 디스플레이와 같은) 스캐닝된 광 디스플레이라면, 디스플레이는 순차적인 방식으로 한 번에 하나의 라인 또는 하나의 픽셀로 도파관을 제시하고 있다.

[0033] [0054] 도 6을 참조하면, 스택된 도파관 어셈블리(178)는, 각각의 도파관 레벨에 대해 인지될 초점 거리를 표시하는 그 도파관 레벨에 대해, 다양한 레벨들의 파면 곡률로 이미지 정보를 눈에 전송하도록 함께 구성되는 복수의 도파관들(182, 184, 186, 188, 190) 및 복수의 위크 렌즈들(198, 196, 194, 192)을 가짐으로써 눈/뇌에 3-차원 인지를 제공하기 위해 활용될 수 있다. 복수의 디스플레이들(200, 202, 204, 206, 208), 또는 다른 실시예에서는 단일 멀티플렉싱된 디스플레이는 시준된 이미지 정보를 도파관들(182, 184, 186, 188, 190)에 주입하기 위해 활용될 수 있고, 도파관들 각각은, 위에서 설명된 바와 같이, 인입하는 광을, 눈을 향해 아래로 나가도록, 각각의 도파관의 길이에 걸쳐 실질적으로 동일하게 분산시키도록 구성될 수 있다.

[0034] [0055] 눈에 가장 가까운 도파관(182)은 이러한 도파관(182)으로 주입되는 바와 같은 시준된 광을 눈에 전달하도록 구성될 수 있고, 눈은 광학 인피니티 초점면을 대표할 수 있다. 그 다음 윗쪽 도파관(184)은, 제 1 위크 렌즈(192; 예컨대, 위크 네거티브 렌즈)를 통과한 시준된 광이 눈(58)에 도달할 수 있기 전에 이를 전송하도록 구성된다. 제 1 위크 렌즈(192)는 약간 볼록한 파면 곡률을 생성하도록 구성되어, 눈/뇌는 위의 그 다음 윗쪽 도파관(184)으로부터 오는 광을, 광학 인피니티로부터 그 사람을 향해 내측으로 더 가까운 제 1 초점면으로부터 오는 것으로 해석할 수 있다. 유사하게, 제 3 윗쪽 도파관(186)은 자신의 출력 광이 눈(58)에 도달하기 전에 제 1 렌즈(192) 및 제 2 렌즈(194) 둘 모두를 통해 통과시킨다. 제 1 렌즈(192) 및 제 2 렌즈(194)의 조합된 광 전력은 파면 발산의 다른 증가량을 생성하도록 구성되어, 눈/뇌는 그 윗쪽 제 3 도파관(186)으로부터 오는 광을, 그 다음 윗쪽 도파관(184)으로부터의 광보다 광학 인피니티로부터 그 사람을 향해 내측으로 훨씬 더 가까운 제 2 초점면으로부터 오는 것으로 해석할 수 있다.

[0035] [0056] 다른 도파관 층들(188, 190) 및 위크 렌즈들(196, 198)은 유사하게 구성되고, 스택의 가장 높은 도파관(190)은 자신의 출력을, 사람에게 가장 가까운 초점면을 대표하는 어그리게이트 초점 전력에 대해, 도파관(190)과 눈 간의 모든 위크 렌즈들을 통해 전송한다. 스택된 도파관 어셈블리(178)의 다른측에서 세계(144)로부터 오는 광을 뷰잉/해석하는 경우 렌즈들(198, 196, 194, 192)의 스택을 보상하기 위해, 보상 렌즈 층(180)은 아래의 렌즈 스택(198, 196, 194, 192)의 어그리게이트 전력을 보상하기 위해 스택의 최상부에 배치된다. 이러한 구성은, 위에서 설명된 비교적 큰 사출 동공 구성을 다시 갖는, 이용가능한 도파관/렌즈 쌍들이 존재하는 만큼 많은 인지된 초점면들을 제공한다. 도파관들의 반사 양상들 및 렌즈들의 초점맞춤 양상들 둘 모두는 정적(즉, 동적 또는 전기적-활성이 아님)일 수 있다. 대안적인 실시예에서, 이들은 위에서 설명된 바와 같이 전기적-활성 특징들을 사용하여 동적일 수 있어서, 적은 수의 도파관들이 더 많은 수의 유효 초점면들을 생성하기 위한 시간 순차적인 방식으로 멀티플렉싱되게 할 수 있다.

[0036] [0057] 시준된 빔들을 초점맞춤 및/또는 재지향하기 위해 다양한 회절 구성들이 이용될 수 있다. 예컨대, 시준된 빔을 선형 회절 패턴, 이를테면 브래그 그레이팅을 통해 통과시키는 것은 빔을 편광 또는 "스티어링"할 것이다. 시준된 빔을 방사상 대칭인 회절 패턴, 또는 "프레넬 구역 플레이트"를 통해 통과시키는 것은 빔의 초점 포인트를 변경할 것이다. 선형 및 방사상 엘리먼트들 둘 모두가 시준된 입력 빔의 편광 및 초점맞춤 둘 모두를 생성하는 조합 회절 패턴이 이용될 수 있다. 이러한 편광 및 초점맞춤 효과들은 투과 모드 뿐만 아니라 반사 모드에서 생성될 수 있다.

[0037] [0058] 이러한 원리들은 부가적인 광학 시스템 제어를 허용하기 위해 도파관 구성들에 적용될 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 회절 패턴(220) 또는 "회절 광학 엘리먼트"(또는 "DOE")는 평면 도파관(216) 내에 임베딩되어, 시준된 빔이 평면 도파관(216)을 따라 내부 전반사될 때, 빔은 다수의 위치들에서 회절 패턴(220)과 교차

한다. 이 구조는 또한, (예컨대, 프로젝터 또는 디스플레이에 의해) 빔이 주입될 수 있는 다른 도파관(218)을 포함할 수 있고, DOE(221)가 이러한 다른 도파관(218)에 임베딩된다.

[0038] [0059] 바람직하게, DOE(220)는 비교적 낮은 회절 효율을 가져서, 빔의 광의 일부만이 DOE(220)의 각각의 교차점에 대하여 눈(58)을 향해 편광되는 한편, 나머지는 내부 전반사를 통해 평면 도파관(216)을 통해 계속 이동하며; 그에 따라, 도 8에 도시된 바와 같이, 이미지 정보를 운반하는 광은 다수의 위치들에서 도파관에서 나가는 다수의 관련된 광 빔들로 분할되고, 그 결과는, 평면 도파관(216) 내의 주변에서 바운싱하는 이러한 특정한 시준된 빔에 대해 눈(58)을 향한 출구 방출의 상당히 균일한 패턴이다. 눈(58)을 향해 나가는 빔들은, 이러한 경우, DOE(220)가 선형 회절 패턴만을 갖기 때문에 실질적으로 평행한 것으로서 도 8에 도시되어 있다. 그러나, 이러한 선형 회절 패턴 피치에 대한 변화들은, 나가는 평행한 빔들을 제어가능하게 편광시키기 위해 활용될 수 있고, 그에 의해, 스캐닝 또는 타일링 기능을 생성할 수 있다.

[0039] [0060] 도 9를 참조하면, 임베딩된 DOE(220)의 방사상 대칭인 회절 패턴 컴포넌트에서의 변화들에 대해, 나가는 빔 패턴은 더 발산되고, 이는, 나가는 빔 패턴을 망막 상에 초점맞춤되게 하기 위해 눈이 더 가까운 거리로 원근조절하도록 요구하고, 광학 인피니티보다 눈에 더 가까운 뷰잉 거리로부터의 광으로서 뇌에 의해 해석될 것이다.

[0040] [0061] 도 10을 참조하면, 빔이 (예컨대, 프로젝터 또는 디스플레이에 의해) 주입될 수 있는 다른 도파관(218)의 부가에 대해, 선형 회절 패턴과 같이 이러한 다른 도파관(218)에 임베딩된 DOE(221)는, 전체의 더 큰 평면 도파관(216)에 걸쳐 광을 확산시키도록 기능할 수 있고, 이는 작업 시의 특정한 DOE 구성들에 따라 더 큰 평면 도파관(216), 예컨대 큰 눈 박스로부터 나가는 인입하는 광의 매우 큰 인입 필드를 눈(58)에 제공하도록 기능한다.

[0041] [0062] DOE들(220, 221)은 연관된 도파관들(216, 218)을 이등분하여 도시되지만, 이것은 반드시 그럴 필요는 없고, 그들은 동일한 기능을 갖도록 도파관들(216, 218) 중 어느 한 도파관의 양측에 더 가깝게 또는 그 위에 배치될 수 있다. 따라서, 도 11에 도시된 바와 같이, 단일 시준된 빔의 주입에 대해, 복제된 시준된 빔들의 전체 필드는 눈(58)을 향해 지향될 수 있다. 부가적으로, 위에서 논의된 것과 같은 조합된 선형 회절 패턴/방사상 대칭인 회절 패턴 시나리오에 대해, Z-축 초점맞춤 능력을 갖는 (사출 동공 기능 확장과 같은 기능에 대해; 도 11의 구성과 같은 구성에 대해, 사출 동공은 광학 엘리먼트 그 자체만큼 클 수 있으며, 이는 사용자 편의 및 인체공학상 매우 상당한 이점일 수 있음) 빔 분포 도파관 광학기가 제시되며, 복제된 빔들의 퍼짐 각도 및 각각의 빔의 파면 곡률 둘 모두는 광학 인피니티보다 더 가까운 포인트로부터 나오는 광을 표현한다.

[0042] [0063] 일 실시예에서, 하나 또는 그 초과의 DOE들은, 그들이 활성적으로 회절하는 "온" 상태들과, 그들이 현저하게 회절하지는 않는 "오프" 상태들 사이에서 스위칭가능하다. 예컨대, 스위칭가능한 DOE는 폴리머 분산된 액체 결정의 층을 포함할 수 있으며, 여기에서, 마이크로드롭렛들은 호스트 매체에서 회절 패턴을 포함하고, 마이크로드롭렛들의 굴절률은 호스트 재료의 굴절률과 실질적으로 매칭하도록 스위칭될 수 있거나(이 경우, 패턴은 입사 광을 뚜렷하게 회절시키지 못함), 마이크로드롭렛은, 호스트 매체의 인덱스와 매칭하지 않는 인덱스로 스위칭될 수 있다(이 경우, 패턴은 활성적으로 입사 광을 회절시킴). 추가로, 회절 항들에 대한 동적 변화들에 대해, 빔 스캐닝 또는 타일링 기능이 달성될 수 있다. 위에서 유의된 바와 같이, DOE들(220, 221) 각각에서 비교적 낮은 회절 그레이팅 효율을 갖는 것이 바람직한데, 이는, 이것이 광의 분포를 용이하게 하기 때문이며, 또한, 광이 교차하는 DOE(220)의 회절 효율이 더 낮은 경우, 바람직하게 투과되는 도파관들을 통해 나오는 광(예컨대, 증강 현실 구성에서 세계(144)로부터 눈(58)을 향해 나오는 광)이 덜 영향을 받아, 그러한 구성을 통한 실세계의 더 양호한 뷰가 달성되기 때문이다.

[0043] [0064] 본원에 예시된 구성들과 같은 구성들은 바람직하게, 시간 순차적인 접근법에서의 이미지 정보의 주입을 이용하여 구동되며, 프레임 순차적 구동은 구현하기에 가장 쉽다. 예컨대, 광학 인피니티에서의 하늘의 이미지는 시간 1에서 주입될 수 있고, 광의 시준을 유지하는 회절 그레이팅이 활용될 수 있다. 이후에, 가지 광 정보가 더 가까운 초점 범위로부터 나오고 있다는 인지를 눈/뇌에 제공하기 위해, DOE가 초점 변화들, 즉, 1 디옵터 또는 1미터 떨어진 것을 제어가능하게 전달하는 동안, 더 가까운 나무 가지의 이미지가 시간 2에서 주입될 수 있다. 이러한 종류의 패러다임은, 눈/뇌가 입력을 동일한 이미지의 모든 부분인 것으로 인지하도록 빠른 시간 순차적 방식으로 반복될 수 있다. 이것은 단지 2개의 초점면 예일 뿐이고, 바람직하게 시스템은, 객체들과 그들의 초점 거리들 사이에서 더 평활한 트랜지션을 제공하기 위해 더 많은 초점면들을 포함할 것이다. 이러한 종류의 구성은 일반적으로, (즉, 수십 내지 수백 사이클들/초의 범위에서 이미지들을 주입하고 있는 디스플레이의 프레임-레이트와 동기화되어) DOE가 비교적 낮은 속도로 스위칭된다고 가정한다.

[0044] [0065] 대향하는 극단은, DOE 엘리먼트들이 수십 내지 수백 MHz 또는 그 이상에서 초점을 시프팅할 수 있는 구성일 수 있으며, 이는, 픽셀들이 스캐닝된 광 디스플레이 타입의 접근법을 사용하여 눈(58) 내로 스캐닝되므로, 픽셀 단위로 DOE 엘리먼트들의 초점 상태의 스위칭을 용이하게 한다. 이것은, 전체 디스플레이 프레임-레이트가 매우 낮게, 즉 "플리커"가 문제가 되지 않는다는 것을 보장하기에 충분히 낮게만 (약 60-120 프레임/초의 범위에서) 유지될 수 있다는 것을 의미하기 때문에 바람직하다.

[0045] [0066] 이들 범위들 사이에서, DOE들이 KHz 레이트들로 스위칭될 수 있으면, 라인 기반으로 각각의 스캔 라인 상의 초점이 조정될 수 있으며, 이는, 예컨대, 디스플레이에 관한 눈 모션 동안 시간적 아티팩트들의 관점들에서 시각적인 혜택을 사용자에게 부여할 수 있다. 예컨대, 장면 내의 상이한 초점면들은 이러한 방식으로, (본 개시에서 추후에 더 상세히 논의되는 바와 같이) 머리 모션에 대한 응답으로 가시적 아티팩트들을 최소화시키도록 인터리빙될 수 있다. 라인 단위 초점 변조기는, 그레이팅 광 밸브 디스플레이와 같은 라인 스캔 디스플레이에 동작가능하게 커플링될 수 있으며 - 픽셀들의 선형 어레이는 이미지를 형성하기 위해 스윕됨 -; 섬유-스캐닝 디스플레이들 및 거울-스캐닝 광 디스플레이들과 같은 스캐닝 광 디스플레이들에 동작가능하게 커플링될 수 있다.

[0046] [0067] 도 6의 구성들과 유사한 스택된 구성은, 다-평면 초점맞춤을 동시에 제공하기 위해 동적 DOE들을 사용할 수 있다. 예컨대, 3개의 동시적인 초점면들에 대해, (예컨대, 측정된 눈 원근조절에 기초한) 일차 초점면이 사용자에게 제시될 수 있으며, + 마진 및 - 마진(즉, 하나의 초점면을 더 가깝게, 하나는 더 멀게)은, 평면들이 업데이트될 필요가 있기 전에 사용자가 원근조절할 수 있는 큰 초점 범위를 제공하기 위해 활용될 수 있다. 이러한 증가된 초점 범위는, (즉, 원근조절 측정에 의해 결정된 바와 같이) 사용자가 더 가까운 초점 또는 더 먼 초점로 스위칭하는 경우에, 시간적인 이점을 제공할 수 있고, 이어서, 초점의 새로운 평면은 중간 초점 심도이도록 제조될 수 있고, + 및 - 마진들은, 시스템이 따라잡는 동안 다시 어느 하나로의 신속한 스위치오버를 준비한다.

[0047] [0068] 도 12를 참조하면, 평면 도파관(244, 246, 248, 250, 252)의 스택(222)이 도시되어 있으며, 각각의 평면 도파관은 단부에 반사기(254, 256, 258, 260, 262)를 갖고 한 단부에서 디스플레이(224, 226, 228, 230, 232)에 의해 주입된 시준된 이미지 정보가 내부 전반사에 의해 반사기(이 지점에서 광의 일부 또는 전부는 눈 또는 다른 타겟을 향해 반사됨)에 이르기까지 바운싱되도록 구성된다. 반사기들 각각은 약간 상이한 각도들을 가질 수 있어서, 이들은 모두 동공과 같은 공통 목적지를 향해 출사광을 반사시킨다. 렌즈들(234, 236, 238, 240, 242)은 빔 조종 및/또는 초점맞춤을 위해 도파관과 디스플레이 간에 삽입될 수 있다.

[0048] [0069] 위에서 논의된 바와 같이, 광학 인피니티에서의 오브젝트는 실질적으로 평면 파면을 생성하는 반면에, 눈으로부터 1m 떨어져 있는 것과 같은 더 근접한 오브젝트는 곡선 파면(약 1m 볼록한 곡률 반경을 가짐)을 생성한다. 눈의 광학 시스템은 광의 착신 광선들을 굴절시켜서 이들이 결국 망막에 초점맞춤되도록(볼록한 파면이 오목하게 변모되고 그 후 망막 상의 초점에 이름) 충분한 광 전력을 가질 필요가 있다. 이들은 눈의 기본 기능들이다.

[0049] [0070] 위에서 설명된 실시예들 대부분에서, 눈으로 지향되는 광은 하나의 연속적인 파면의 일부인 것으로 취급되고, 그의 일부 서브세트는 특정 눈의 동공에 부딪칠 것이다. 다른 접근법에서, 눈으로 지향되는 광은, 복수의 빔렛들 또는 개별 광선들로 효과적으로 이산화되거나 분해될 수 있으며, 이들 각각은 0.5㎜ 미만의 직경 및 빔렛들 또는 광선들의 어그리게이션으로 기능적으로 생성될 수 있는 더 큰 어그리게이팅된 파면의 일부로서 고유한 전파 경로를 갖는다. 예를 들어, 곡선 파면은 복수의 이산의 이웃한 시준된 빔들을 어그리게이팅함으로써 근사화될 수 있으며, 이들 각각은 원하는 어그리게이트 파면의 곡률 반경의 중심과 매칭하는 원점을 나타내기 위해 적절한 각도로부터 눈에 접근한다.

[0050] [0071] 빔렛들이 약 0.5㎜ 또는 그 미만의 직경을 가질 때, 그것이 핀홀 렌즈 구성을 통해 나오는 것처럼 보이는데, 이는, 각각의 개별 빔렛이 항상 눈의 원근조절 상태에 독립적으로, 망막에 상대적으로 초점맞춤된다는 것을 의미한다(그러나 각각의 빔렛의 궤적은 원근조절 상태에 의해 영향을 받을 것임). 예를 들어, 빔렛들이 눈에 평행하게 접근하여(이산화된 시준된 어그리게이트 파면을 나타내면), 인피니티로 올바르게 원근조절된 눈은 빔렛들을 망막 상의 동일한 공유 스팟 상의 모든 커버리지로 편광시킬 것이고 정초점으로 나타날 것이다. 눈이, 말하자면 1m로 원근조절하면, 빔들은 경로들을 가로질러 망막 앞의 스팟으로 수렴될 것이고, 망막 상의 다수의 이웃하거나 부분적으로 오버랩하는 스팟들에 떨어진다(흐리게 나타남).

[0051] [0072] (공유된 원점이 관찰자로부터 1m 떨어진 상태로) 빔렛들이 발산 구성으로 눈에 접근하면, 1m의 원근조절은 빔들을 망막의 단일 스팟으로 조종하고 정초점으로 나타날 것이고; 관찰자가 인피니티로 원근조절하면, 빔

렛들은 망막 뒤의 스팟으로 수렴하고, 망막 상의 다수의 이웃하거나 부분적으로 오버랩하는 스팟들을 생성하여, 흐릿한 이미지를 생성할 것이다. 더 일반적으로 언급하면, 눈의 원근조절은 망막 상의 스팟들의 오버랩의 정도를 결정하고, 주어진 픽셀은, 모든 스팟들이 망막 상의 동일한 지점으로 지향될 때, "정초점"이고, 스팟들이 서로 오프셋될 때 "초점이탈"된다. 0.5mm 직경 또는 그 미만의 모든 빔렛들이 항상 정초점에 있고, 이들이 코히어런트 파면들과 실질적으로 동일한 것처럼 눈들/뇌에 의해 인지되도록 이들이 어그리게이팅될 수 있다는 그러한 개념은 편리한 3-차원 가상 또는 증강 현실 인지를 위한 구성들을 생성하는데 활용될 수 있다.

[0052] [0073] 다시 말해서, 다수의 좁은 빔들의 세트는 더 큰 직경의 가변 초점 빔에 발생하는 것을 에뮬레이팅하는데 사용될 수 있고, 빔렛 직경들이 최대 약 0.5mm로 유지되면, 이들은 비교적 정적인 초점 레벨을 유지하고, 원할 때 초점이탈(out-of-focus)의 인지를 생성하기 위해, 빔렛 각도 궤적들은 더 큰 초점이탈 빔과 매우 유사한 효과를 생성하도록 선택될 수 있다(이러한 초점이탈 처리는 더 큰 빔의 경우에서는 가우시안 블러 처리와 동일하지 않을 수 있지만, 가우시안 블러와 유사한 방식으로 해석될 수 있는 멀티모달 포인트 스프레드 함수(multimodal point spread function)를 생성할 것이다.

[0053] [0074] 일부 실시예들에서, 빔렛들은 이러한 어그리게이트 초점 효과를 형성하기 위해 기계적으로 편광되는 것이 아니라, 오히려 눈은 다수의 입사 각도들 및 빔렛들이 동공과 교차하는 다수의 위치들 둘 모두를 포함하는 다수의 빔렛들의 수퍼세트를 수신하고; 특정한 관찰 거리로부터 주어진 픽셀을 나타내기 위해, 적절한 입사 각도들 및 동공과의 교차점들을 포함하는, 수퍼세트로부터의 빔렛들의 서브세트는 (이들이 공간에서 동일한 공유된 원점으로부터 방출되는 것처럼) 매칭하는 컬러 및 강도로 턴 온되어 그 어그리게이트 파면을 나타내는 반면, 공유되는 원점과 불일치하는 수퍼세트의 빔렛들은 그 색상 및 강도로 턴 온되지 않는다(그러나 이들 중 일부는 예를 들어, 상이한 픽셀을 나타내도록 일부 다른 컬러 및 강도 레벨로 턴 온될 수 있음).

[0054] [0075] 이제 도 5를 참조하면, 개선된 회절 구조를 사용하는 AR 시스템의 예시적인 실시예(800)가 이제 설명될 것이다. AR 시스템은 일반적으로, 이미지 생성 프로세서(812), 적어도 하나의 FSD(808)(fiber scanning device), FSD 회로(810), 커플링 광학기(832), 및 아래에 설명되는 개선된 회절 구조를 갖는 스택된 도파관들을 구비한 적어도 하나의 광학기 어셈블리(DOE 어셈블리(802))를 포함한다. 시스템은 또한 눈-추적 서브시스템(806)을 포함할 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, FSD 회로는, 최대 칩 CPU(818), 온도 센서(820), 압전기 구동부/트랜스듀서(822), 적색 레이저(826), 청색 레이저(828), 및 녹색 레이저(830) 및 3개의 레이저들(826, 828 및 830) 모두를 결합하는 섬유 결합기를 구비하는, 이미지 생성 프로세스(812)와 통신하는 회로(810)를 포함할 수 있다. FSD 디바이스들 대신 다른 타입들의 이미징 기술들이 또한 사용가능하다는 것을 주목한다. 예를 들어, 고해상도 "LCD"(liquid crystal display) 시스템들, 백라이트 강유전성 패널 디스플레이, 및/또는 고주파수 DLP 시스템 모두가 본 발명의 일부 실시예들에서 사용될 수 있다.

[0055] [0076] 이미지 생성 프로세서는 사용자에게 궁극적으로 디스플레이될 가상 콘텐츠를 생성하는 것을 담당한다. 이미지 생성 프로세서는 가상 콘텐츠와 연관된 이미지 또는 비디오를 3D로 사용자에게 투영될 수 있는 포맷으로 변환할 수 있다. 예를 들어, 3D 콘텐츠의 생성 시, 가상 콘텐츠는, 특정 이미지의 부분들이 특정 깊이 평면 상에 디스플레이되는 반면 다른 이미지는 다른 깊이 평면들에 디스플레이되도록 포맷팅될 필요가 있을 수 있다. 또는, 이미지 모두가 특정 깊이 평면에서 생성될 수 있다. 또는, 이미지 생성 프로세서는 약간 상이한 이미지들을 좌측 및 우측 눈에 피딩하도록 프로그래밍될 수 있어, 함께 보았을 때 가상 콘텐츠가 사용자의 눈들에 코히어런트하고 편안하게 나타난다. 하나 또는 그 초과의 실시예들에서, 이미지 생성 프로세서(812)는 가상 콘텐츠를 광학 어셈블리에 시간-순차적 방식으로 전달한다. 광학 어셈블리가 제 1 부분을 제 1 깊이 평면에 투영하도록, 가상 장면의 제 1 부분이 먼저 전달될 수 있다. 그런 다음, 이미지 생성 프로세서(812)가 동일한 가상 장면의 다른 부분을 전달할 수 있어, 광학 어셈블리가 제 2 깊이 평면에 제 2 부분을 투영하는 식이다. 여기서, Alvarez 렌즈 어셈블리는 프레임 마다 (다수의 깊이 평면들에 대응하는) 다수의 측방 병진운동을 생성하기 충분할만큼 신속하게 측방 병진운동될 수 있다.

[0056] [0077] 이미지 생성 프로세서(812)는 메모리(814), CPU(818), GPU(816), 및 이미지 생성 및 프로세싱을 위한 다른 회로를 더 포함할 수 있다. 이미지 생성 프로세서는 AR 시스템의 사용자에게 제시될 원하는 가상 콘텐츠로 프로그래밍될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이미지 생성 프로세서는 웨어러블 AR 시스템에 하우징될 수 있다는 것을 인식해야 한다. 다른 실시예들에서, 이미지 생성 프로세서 및 다른 회로는, 웨어러블 광학기에 결합되는 벨트 팩에 하우징될 수 있다.

[0057] [0078] AR 시스템은 또한 광을 FSD로부터 광학 어셈블리(802)로 지향시키는 커플링 광학기(832)를 포함한다. 커플링 광학기(832)는 광을 DOE 어셈블리로 지향시키는데 사용되는 하나 또는 그 초과의 종래의 렌즈들을 지칭

할 수 있다. AR 시스템은 또한, 사용자의 눈들을 추적하고 사용자의 초점을 결정하도록 구성되는 눈-추적 서브시스템(806)을 포함한다.

[0058] [0079] 하나 또는 그 초과의 실시예들에서, 소프트웨어 블러링은 가상 장면의 부분으로서 블러링을 유도하는데 사용될 수 있다. 블러링 모듈은 하나 또는 그 초과의 실시예들에서 프로세싱 회로의 부분일 수 있다. 블러링 모듈은 DOE에 피딩되는 이미지 데이터의 하나 또는 그 초과의 프레임들의 부분들을 흐리게 할 수 있다. 이러한 실시예에서, 블러링 모듈은 특정 깊이 프레임에서 렌더링되도록 의도되지 않은 프레임의 부분들을 흐릿하게 할 수 있다.

[0059] 상기 이미지 디스플레이 시스템들, 및 그 내부의 컴포넌트들을 구현하는데 사용될 수 있는 예시적인 접근법들이 2014 년 11 월 27 일자로 출원된 미국 유틸리티 특허 출원 시리얼 넘버 제14/555,585호에 기술되어 있으며, 상기 출원은 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0060] 개선된 회절 구조

[0061] [0080] 상기 언급된 바와 같이, 시준된 빔이 평면 도파관을 따라 내부 전반사될 때, 빔이 다수의 위치들에서 회절 패턴과 교차하도록, 회절 패턴이 평면 도파관 상에 형성될 수 있다. 이러한 배열은, 본 발명의 일부 실시예들에 따라 입체적인 3-D 시뮬레이션 디스플레이 시스템 내의 다수의 초점면들에서 이미지 오브젝트들을 제공하도록 스택될 수 있다.

[0062] [0081] 도 13a는 도파관(1302)("광 가이드", "기판" 또는 "도파관 기판"으로도 본원에서 지칭됨)의 구조(1300)를 구현하기 위해 택하여 질 수 있는 하나의 가능한 접근법을 도시하며, 여기서, 아웃커플링 그레이팅들(1304)이 도파관(1302)의 상부 표면 상에, 예를 들어, 결합된 모놀리식 구조로서 직접 형성되고 그리고/또는 (동일한 모놀리식 구조로부터 구성되지 않은 경우라도) 둘 모두 동일한 재료들로 형성된다. 이 접근법에서, 그레이팅들 재료의 굴절률은 도파관(1302)의 굴절률과 동일하다. 재료의 굴절률 n (또는 "굴절률")은, 광이 그 매질을 통해 어떻게 전파되는지를 나타내며, n=c/v로 정의되며, 여기서, c는 진공에서의 광의 속도이고, v는 매질에서의 광의 위상 속도이다. 굴절률은, 재료에 진입할 경우 광이 굴곡되거나, 또는 굴절되는 양을 결정한다.

[0063] [0082] 도 13b는, 광이 도파관 내에서 전파하고 있는 각도의 함수로서 구조(1300)로부터 나오는 광의 효율의 단일 편광에 대한 예시적인 시뮬레이션 결과들의 챠트(1320)를 도시한다. 이러한 챠트는 구조(1300)에 대한 아웃커플링된 광의 회절 효율이 더 높은 입사 각도들에서 감소한다는 것을 도시한다. 관측될 수 있는 바와 같이, 대략 43도의 각도에서, 균일한 굴절률을 갖는 매체의 입사 각도에 기반한 내부 전반사 변동으로 인해 효율은 도시된 플롯 상에서 비교적 신속히 감소된다.

[0064] [0083] 그에 따라서, 바운스들의 간격이 더 높은 입사 각도들에서 감소할 수 있고, (이는 그 각도들에서 관측자에 의해 관측되는 밝기를 추가로 감소시킬 수 있기 때문에) 구성(1300)의 유용한 범위가 다소 제한되고 그에 따라 바람직하지 않을지도 모른다. 회절 효율은 가장 얕은 입사 각도들에서 더 낮고, 이는 완전히 바람직하지 않은데, 그 이유는 최상부 표면과의 상호작용들 간의 바운스 간격(도 13c 참조)이 상당히 멀리 떨어져 있고 광이 커플링 아웃할 기회들을 사실상 거의 갖지 않기 때문이다. 그에 따라서, 더 적은 아웃커플링된 샘플들을 갖는 조광 신호는 이러한 어레인지먼트로부터 초래될 것이며, 이러한 문제점은 이러한 편광 배향에 있어서 이 높은 각도들에서 더 낮은 회절 효율들을 갖는 그레이팅에 의해 악화된다. 본원 그리고 도면들에서 사용되는 바와 같이, "1T"는 제 1 투과 회절 순서를 지칭한다는 것이 주목된다.

[0065] [0084] 도파관-기반 광학 시스템들 또는 기판 가이드 광학 시스템들, 이를테면 위에서 설명된 시스템들의 일부 실시예들에서, 기판-가이드 이미지 내의 상이한 픽셀들은 도파관 내에서 상이한 각도들로 전파되는 빔들에 의해 표현되며, 여기서, 광은 내부 전반사(TIR)에 의해 도파관을 따라 전파된다. TIR에 의해 도파관에 트랩되게 유지되는 빔 각도들의 범위는 도파관과 도파관 외부의 매체(예컨대, 공기) 간의 굴절률의 차이의 함수이며; 굴절률의 차이가 높아질수록, 빔 각도들의 크기가 커진다. 소정의 실시예들에서, 도파관을 따라 전파되는 빔 각도들의 범위는 회절성 엘리먼트에 의해 도파관의 면 밖으로 커플링된 이미지의 시야 및 광학 시스템에 의해 지원되는 이미지 해상도와 상관된다. 부가적으로, 내부 전반사가 발생하는 각도 범위는 도파관의 굴절률에 의해 결정되는데, 즉 일부 실시예들에서는 대략 43도의 최소값 및 거의 83도의 실제 최대값이며, 그에 따라 40도 대이다.

[0066] [0085] 도 14a는 본 발명의 일부 실시예들에 따른 이러한 문제를 해결하기 위한 접근법을 예시하며, 여기서, 구조(1400)는 기판(1302)과 최상부 그레이팅 표면(1304) 간에 상주하는 중간 층(1406)("하층(1406)"으로 본원에서 지칭됨)을 포함한다. 최상부 표면(1304)은 제 1 굴절률 값에 대응하는 제 1 재료를 포함하고, 하층(1406)은

제 2 굴절률 값에 대응하는 제 2 재료를 포함하며, 기판(1302)은 제 3 굴절률 값에 대응하는 제 3 재료를 포함한다. 동일하거나 또는 상이한 재료들의 임의의 조합이 구조(1400)의 이 부분들 각각을 구현하기 위해 이용될 수 있다는 것이 주목되며, 예컨대, 여기서 모든 3개의 재료들은 상이하거나(그리고 모든 3개의 재료들은 상이한 굴절률 값들에 대응함), 또는 층들 중 2개는 동일한 재료를 공유한다(예컨대, 3개의 재료들 중 2개는 동일하고, 그에 따라 제 3 재료의 굴절률 값과는 상이한 공통 굴절률 값을 공유함). 굴절률 값들의 임의의 조합이 이용될 수 있다. 예컨대, 하나의 실시예는 표면 그레이팅 및 기판에 대한 더 높은 인덱스 값들과 함께 하층에 대한 낮은 굴절률을 포함한다. 굴절률 값들의 다른 예시적인 조합들을 갖는 다른 예시적인 구성들이 아래에서 설명된다. 재료들의 임의의 적절한 세트는 구조(1500)를 구현하기 위해 사용될 수 있다. 예컨대, 폴리머들, 글래스, 및 사파이어 모두는, 구조(1400)의 층들 중 임의의 층을 구현하기 위해 선택될 수 있는 재료들의 예들이다.

[0067] [0086] 도 15a에 도시된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 상대적으로 더 낮은 굴절률 하층(1406) 및 상대적으로 더 낮은 굴절률 최상부 그레이팅 표면(1304)을 갖는, 상대적으로 더 높은 굴절률 기판을 도파관 기판(1302)으로 사용하는 구조(1500)를 구현하는 것이 바람직할 수 있다. 이것은, 본 발명이 굴절률이 관계식 $n1*\sin(theta1)=n2*\sin(90)$ 을 통해 증가되므로, 가장 낮은 내부 전반사 각도가 감소된다는 사실에 의해 더 큰 시야를 획득할 수 있기 때문이다. 인덱스 1.5의 기판에 대해, 임계 각도는 41.8도이지만; 1.7의 기판 인덱스에 대해, 임계 각도는 36도이다.

[0068] [0087] 더 높은 인덱스 기판들 상에 형성된 그레이팅들은, 그레이팅을 포함하는 재료의 층이 그레이팅과 기판 사이에서 너무 두껍지 않는 한, 그 그레이팅들 그 자체가 더 낮은 굴절률을 갖더라도 광을 커플링 아웃시키기 위해 이용될 수 있다. 이것은, 본 발명이 그러한 구성을 이용하여 내부 전반사("TIR")에 대한 더 넓은 범위의 각도들을 가질 수 있다는 사실과 관련된다. 다시 말해서, TIR 각도는 그러한 구성을 이용하여 더 낮은 값들로 감소된다. 게다가, 많은 현재의 에칭 프로세스들이 높은-인덱스 글래스들로 확장하는데 매우 적합하지는 않을 수 있다는 것이 주목된다. 일부 실시예들에서, 아웃커플링 층을 신뢰적으로 그리고 값싸게 복제하는 것이 바람직하다.

[0069] [0088] 하층(1406)의 구성은, 예컨대 하층(1406)의 두께를 변화시킴으로써 구조(1500)의 성능 특징들을 변경시키도록 조정될 수 있다. 도 15a의 구성(연관된 더 낮은 인덱스 하층(1406)과 함께 상대적으로 낮은 인덱스 재료를 포함하는 상부 상에 그레이팅 구조(1304)를 포함하고, 연관된 높은-인덱스 광 가이드 기판(1302)을 또한 포함하는 구조물)은 데이터, 이를테면 도 15b에 도시된 데이터를 초래하도록 모델링될 수 있다. 이러한 도면을 참조하면, 좌측 상의 플롯(1502a)은 제로-두께 하층(1502)을 갖는 구성과 관련된다. 중간 플롯(1502b)은 0.05 미크론 두께의 하층(1502)에 대한 데이터를 도시한다. 우측 플롯(1502c)은 0.1미크론 두께의 하층(1502)에 대한 데이터를 도시한다.

[0070] [0089] 이들 플롯들의 데이터에 의해 도시된 바와 같이, 하층 두께가 증가될 때, 입사 각도의 함수로써 회절 효율은 훨씬 더 비선형이 되고, 높은 각도들에서 억제되며, 이는 바람직하지 않을 수 있다. 따라서, 이 경우, 하층의 제어는 중요한 기능적 입력이다. 그러나, 제로-두께 하층 및 단지 낮은 인덱스를 보유하는 그레이팅 특징들 자체에 대해, 낮은 인덱스 그레이팅 특징 재료가 아니라, 높은 인덱스 베이스 재료의 TIR 조건에 의해, 구조에 의해 지지되는 각도들의 범위가 지배된다는 것이 주목되어야 한다.

[0071] [0090] 도 16a를 참조하면, 하층(1406)보다 더 낮은, 그리고 기판(1302)의 굴절률과 비슷한(그러나, 반드시 동일한 것은 아님) 굴절률을 최상부 표면 회절 그레이팅(1304)가 갖는 상태로, 낮은 인덱스 기판(1302) 상의 비교적 높은 인덱스 하층(1406)을 특징으로 하는 구조(1600)의 실시예가 예시된다. 예컨대, 최상부 표면 그레이팅은 1.5의 굴절률에 대응할 수 있고, 하층은 1.84의 굴절률에 대응할 수 있으며, 기판은 1.5의 굴절률에 대응할 수 있다. 이 예의 경우, 기간은 0.43 um이고, 람다는 0.532 um에 대응한다고 가정하라.

[0072] [0091] 그러한 구성에 관련된 시뮬레이션들이 도 16b에서 제시된다. 이 도면에서 챠트(1602a)에 도시된 바와 같이, 0.3 미크론 두께의 하층(1406)에 대해, 회절 효율은 앞서 설명된 구성처럼 떨어지지만, 이후, 각도 범위의 더 높은 끝에서 상승하기 시작한다. 이는 또한, 챠트(1602b)에서 도시된 0.5 미크론 두께의 하층(1406) 구성에 대해서도 마찬가지이다. 이들(0.3 미크론, 0.5 미크론) 구성들 각각에서, 각도 범위의 더 높은 극단들에서 효율이 비교적 높으며; 그러한 기능성은 위에서 논의된 더욱 드문 바운스 간격 문제를 상쇄시키는 경향이 있을 수 있다는 것이 유익하다. 또한, 이 도면에서는, 90도 회전 편광의 경우를 특징으로 하는 실시예에 대한 챠트(1602c)가 도시되며, 여기서 회절 효율은, 예상될 수 있는 바와 같이 낮지만, 그것이 더 얕은 각도들과 비교할 때 더 가파른 각도들에서 더 큰 효율을 제공한다는 점에서, 바람직한 행동을 나타낸다.

[0073] [0092] 사실, 일부 실시예들에서, 회절 효율 대 각도들은 높은 각도들에서 증가할 수 있다. 이는 일부 실시예들에 대해 바람직한 특징일 수 있는데, 그 이유는 그것이, 더 높은 전파 각도들에서 발생할 수 있는 낮은 바운스 간격을 보상하는 것을 돕기 때문이다. 그러므로, 도 16a의 구조적 구성은, 낮은 바운스 간격(더 높은 전파 각도들에 대해 발생함)을 보상하는 것이 바람직한 실시예들에서 바람직할 수 있는데, 그 이유는 그것이, 더 높은 각도들에서 증가하는, 회절 효율 대 각도를 촉진시키며, 이는 전술된 모놀리식 구성들에 비해 바람직하기 때문이다.

[0074] [0093] 도 17a를 참조하면, 다른 구조(1700)가 묘사되며, 여기서 하층(1406)은 기판(1302)의 굴절률보다 실질적으로 더 높은 굴절률을 갖는다. 그레이팅 구조(1304)가 최상부에 있으며, 하층(1406)의 굴절률보다 또한 더 높은 굴절률을 갖는다. 예컨대, 최상부 표면 그레이팅은 1.86의 굴절률에 대응할 수 있고, 하층은 1.79의 굴절률에 대응할 수 있으며, 기판은 1.5의 굴절률에 대응할 수 있다. 앞서와 같이, 이 예의 경우, 기간은 0.43 um이고, 람다는 0.532 um에 대응한다고 가정하라.

[0075] [0094] 도 17b를 참조하면, 챠트(1702)는, 도 17a의 구조(1700)에 대한 데이터가 예시되는 시뮬레이션을 도시한다. 챠트(1702)에서 도시된 바와 같이, 결과적 회절 효율 대 입사 각도의 플롯은, 비교적 높은 입사 각도들에서의 전술된 낮은 바운스 간격을 보상하며, 일반적으로 더 큰 범위의 각도들에 걸쳐 합리적인 회절 효율을 보유하는 것을 돕기 위한 바람직한 일반적인 행동을 증명한다.

[0076] [0095] 하층(1406)이 전체 기판에 걸쳐 균일할 필요가 없다는 것이 주목된다. 하층(1406)의 임의의 특성, 이를테면 하층(1406)의 두께의 분산들, 컴포지션, 및/또는 굴절률은 기판의 상이한 위치들에서 변화될 수 있다. 하층(1406)의 특성들을 변화시키기 위한 하나의 가능한 이유는, 디스플레이 시스템 내에서의 광의 불-균일한 투과 및/또는 디스플레이 이미지에서의 알려진 변동들의 존재 시, 균일한 디스플레이 특성들을 촉진시키기 위한 것이다.

[0077] [0096] 예컨대, 도 18a에서 도시된 바와 같이, 도파관 구조가 도파관 상의 단일 인커플링 위치(1802)에서 유입 광을 수신하는 경우를 고려하라. 유입 광이 도파관(1302)에 주입될 때, 이 유입 광이 도파관(1302)의 길이를 따라 진행됨에 따라 그 광은 점점 적게 남아 있을 것이다. 이는, 인커플링 위치(1802) 근처의 출력 광이 도파관(1302)의 길이를 따라 더 멀리 있는 출력 광보다 "더 밝은" 것 같이 보이게 될 수 있다는 것을 의미한다. 하층(1406)이 도파관(1302)의 전체 길이를 따라 균일하면, 하층(1406)의 광학 효과들은 기판에 걸쳐 이러한 불균일한 밝기 레벨을 강화할 수 있다.

[0078] [0097] 출력 광을 더욱 균일하게 만들기 위해, 하층(1406)의 특성들은 기판(1302)에 걸쳐 조정될 수 있다. 도 18b는 하층(1406)의 두께가 도파관 기판(1302)의 길이에 걸쳐 변화되게 하는 접근법을 예시하며, 여기서 하층(1406)은 인커플링 위치(1802) 근처에서 더 얇고, 위치(1802)로부터 더 멀리 떨어진 거리들에서 더 두껍다. 이러한 방식으로, 더 큰 회절 효율을 촉진시키기 위한 하층(1406)의 효과는 도파관 기판(1302)의 길이를 따라 광 손실들의 효과들을 적어도 부분적으로 개선할 수 있으며, 이로써 구조 전체에 걸쳐 더욱 균일한 광 출력이 촉진된다.

[0079] [0098] 도 18c는 하층(1406)의 두께가 변하지 않지만 하층(1406)의 굴절률이 기판(1302)에 걸쳐 변하는 교번적인 접근법을 예시한다. 예컨대, 위치(1802) 부근의 출력 광이 위치(1802)로부터 더 멀리 떨어진 위치들보다 밝아지는 경향이 있는 문제를 다루기 위해, 하층(1406)에 대한 굴절률은 위치(1802) 가까이에서는 기판(1302)과 동일하거나 또는 유사하지만 위치(1802)로부터 더 멀리 떨어진 위치들에서는 그러한 굴절률 값들의 증가하는 차를 갖도록 구성될 수 있다. 하층(1406) 재료의 조성이 상이한 위치에서 변하여, 상이한 굴절률 값들을 초래할 수 있다. 도 18d는 하층(1406)의 두께 및 굴절률 둘 모두가 기판(1302)에 걸쳐 변하는 하이브리드 접근법을 예시한다. 이러한 동일한 접근법은, 하층(1406)을 변화시키는 것과 함께 또는 그 대신에, 최상부 그레이팅 표면(1304) 및/또는 기판(1302)의 두께 및/또는 굴절률을 변화시키기 위해 취해질 수 있다는 점이 주목된다.

[0080] [0099] 따라서, 다양한 조합들이 이용가능하며, 하나의 인덱스의 하층(1406)은 제 3 인덱스의 기판(1302)과 함께 다른 인덱스의 최상부 그레이팅(1304)과 조합되고, 이러한 상대적인 값들을 조정하는 것은 입사 각도에 대한 회절 효율성의 의존도에서의 많은 변동을 제공한다. 상이한 굴절률들의 층들을 갖는 층화된 도파관이 제시된다. 기능성을 예시하기 위해, 다양한 조합들 및 치환들이, 관련된 성능 데이터와 함께 제시된다. 이익들은 증가된 각도를 포함하며, 증가된 각도는 그레이팅(1304)에 따른 증가된 출력 각도, 및 따라서 접안렌즈에 따른 증가된 시계를 제공한다. 또한, 각도를 이용하여 회절 효율성의 정상 감소를 상쇄시킬 수 있는 능력은 기능적으로 유익하다.

[0081] [00100] 도 14b는 재료의 다른 층(1409)(최상부 표면)이 그레이팅 층(1304) 위에 배치되는 일 실시예를 예시한다. 층(1409)은 상이한 설계 목표들을 다루도록 구성가능하게 구현될 수 있다. 예컨대, 층(1409)은, 예컨대, 도 14c에 도시된 바와 같이, 다수의 스택된 회절 구조들(1401a 및 1401b) 간에 인터스티셜 층을 형성할 수 있다. 도 14c에 도시된 바와 같이, 이 인터스티셜 층(1409)은 임의의 공기 공간/갭을 제거하고, 스택된 회절 컴포넌트들에 대한 지지 구조를 제공하는데 이용될 수 있다. 이 용도의 경우, 층(1409)은 예컨대, 약 1.1 또는 1.2의 비교적 낮은 굴절률을 갖는 재료로 형성될 수 있다. 이 도면에는 도시되지 않았지만, (위크 렌즈들과 같은) 다른 층들은 또한 회절 구조들(1401a 및 1401b) 간에 배치될 수 있다.

[0082] [00101] 또한, 층(1409)은 비교적 높은 굴절률을 갖는 재료로 형성될 수 있다. 이 상황에서, 입사 광의 전체 또는 실질적인 양에 대한 회절 효과들을 제공하는 것은, 그레이팅 표면(1304)보다는, 층(1409) 상의 그레이팅들이다.

[0083] [00102] 명확한 바와 같이, 굴절률 값들의 상이한 상대적인 조합들은 원하는 광학 효과들 및 결과들을 달성하기 위해, 층(1409)을 포함하는 상이한 층들에 대해 선택될 수 있다.

[0084] [00103] 이러한 구조들은 임의의 적합한 제조 기법들을 사용하여 제조될 수 있다. "MR 174"로 알려진 것과 같은 소정의 고굴절률 폴리머들은 원하는 패터닝된 구조들을 생성하기 위해 직접 엠보싱, 프린팅 또는 에칭될 수 있지만, 이러한 층들의 수축 등을 개선하는 것과 관련된 난제들이 존재할 수 있다. 따라서, 다른 실시예에서, 다른 재료가 고-굴절률 폴리머 층(즉, 이를테면, MR(174)의 층) 상에서 임프린팅, 엠보싱 또는 에칭되어 기능적으로 유사한 결과를 생성할 수 있다. 최신식 프린팅, 에칭(즉, 종래의 반도체 프로세스들에서 활용되는 것들과 유사한 레지스트 제거 및 패터닝 단계들을 포함할 수 있음) 및 엠보싱 기법들이 활용 및/또는 조합되어 이러한 프린팅, 엠보싱 및/또는 에칭 단계들을 달성할 수 있다. 예컨대, DVD들의 생산에서 활용되는 것들과 유사한 몰딩 기법들이 또한 소정의 복제 단계들에 활용될 수 있다. 또한, 프린팅 및 다른 증착 프로세스들에 활용되는 소정의 제팅 또는 증착 기법들이 또한 소정의 층들을 정확하게 증착하는데 활용될 수 있다.

[0085] [00104] 전술한 설명에서, 본 발명은 그 특정 실시예들을 참조하여 설명되었다. 그러나, 본 발명의 더 광범위한 사상 및 범위에서 벗어나지 않으면서 본 발명에 대해 다양한 수정들 및 변화들이 이루어질 수 있다는 것이 분명할 것이다. 예컨대, 위에서 설명된 프로세스 흐름들은 프로세스 액션들의 특정 순서를 참조하여 설명된다. 그러나, 많은 설명된 프로세스 액션들의 순서가 본 발명의 범위 또는 동작에 영향을 미치지 않으면서 변화될 수 있다. 따라서, 명세서 및 도면들은 제한적인 의미가 아니라 예시적인 것으로 간주될 것이다.

[0086] [00105] 본 발명의 다양한 예시적인 실시예들이 본원에서 설명된다. 비-제한적 의미에서 이러한 예들에 대한 참조가 이루어진다. 이들은 본 발명의 더 광범위하게 적용가능한 양상들을 예시하기 위해 제공된다. 본 발명의 실제 사상 및 범위에서 벗어나지 않으면서, 다양한 변화들이 설명된 발명에 대해 이루어질 수 있고, 등가물들은 대체될 수 있다. 또한, 특정 상황, 재료, 물질의 조성물, 프로세스, 프로세스 동작(들) 또는 단계(들)를 본 발명의 목적(들), 사상 또는 범위에 적응시키기 위해 많은 수정들이 이루어질 수 있다. 또한, 당업자에 의해 인식되는 바와 같이, 본원에서 설명 및 예시된 개별적인 변동들 각각은, 본 발명들의 범위 또는 사상에서 벗어나지 않고 다른 몇몇 실시예들 중 임의의 실시예의 특징들로부터 용이하게 분리되거나 또는 이들과 조합될 수 있는 별개의 컴포넌트들 및 특징들을 갖는다. 그러한 모든 수정들은 본 개시내용과 연관된 청구항들의 범위 내에 있도록 의도된다.

[0087] [00106] 본 발명은 대상 디바이스들을 사용하여 수행될 수 있는 방법들을 포함한다. 방법들은 그러한 적절한 디바이스를 제공하는 동작을 포함할 수 있다. 그러한 제공은 최종 사용자에 의해 수행될 수 있다. 다시 말해서, "제공하는" 동작은 단지, 최종 사용자가 대상 방법에서 필요한 디바이스를 획득하거나, 필요한 디바이스에 액세스하거나, 필요한 디바이스에 접근하거나, 필요한 디바이스를 포지셔닝하거나, 필요한 디바이스를 셋-업하거나, 필요한 디바이스를 활성화하거나, 필요한 디바이스를 파워-업하거나, 또는 그렇지 않으면, 필요한 디바이스를 제공하는 동작을 하는 것을 요구한다. 본원에서 상술되는 방법들은 논리적으로 가능한 상술된 이벤트들의 임의의 순서로, 뿐만 아니라, 이벤트들의 상술된 순서로 수행될 수 있다.

[0088] [00107] 본 발명의 예시적인 양상들은, 재료 선택 및 제조에 관한 세부사항들과 함께, 위에서 제시되었다. 본 발명의 다른 세부사항들에 대해, 이들은 위에서-참조된 특허들 및 공보들과 관련하여 인지될 수 있을 뿐만 아니라, 당업자에 의해 일반적으로 알려질 수 있거나 또는 인지될 수 있다. 이는, 일반적으로 또는 논리적으로 채용되는 바와 같은 부가적인 동작들의 측면에서 발명의 방법-기반 양상들에 대해 마찬가지일 수 있다.

[0089] [00108] 게다가, 본 발명이 다양한 특징들을 선택적으로 통합하는 여러 예들을 참조하여 설명되었지만, 본 발명

은 본 발명의 각각의 변동에 대해 고려되는 것으로 설명 또는 표시된 것으로 제한되지 않아야 한다. 설명되는 발명 및 등가물들에 대해 이루어질 수 있는 다양한 변화들(일부 간결성을 위해 포함되지 않든지 또는 본원에서 상술되든지)은 본 발명의 진정한 사상 및 범위로부터 벗어나지 않으면서 대체될 수 있다. 게다가, 값들의 범위가 제공되는 경우에, 그 범위의 상한과 하한 간의 모든 각각의 개재 값, 및 그 명시된 범위에서의 임의의 다른 명시된 또는 개재 값이 본 발명 내에 포함되는 것으로 이해된다.

[0090] [00109] 또한, 설명되는 본 발명의 변동들의 임의의 선택적인 특징이 독립적으로, 또는 본원에서 설명되는 특징들 중 임의의 하나 또는 그 초과와 조합하여, 제시 및 청구될 수 있다는 것이 고려된다. 단수 아이템에 대한 언급은 복수의 동일한 아이템들이 존재할 가능성을 포함한다. 보다 상세하게는, 본원에서 그리고 본원에 연관된 청구항들에서 사용되는 바와 같이, 단수 형태들 "a", "an", "said", 및 "the"는, 달리 명시되지 않는 한, 복수의 지시대상들을 포함한다. 다시 말해서, 관사들의 사용은 위의 설명, 뿐만 아니라, 본 개시내용과 연관된 청구항들에서 "적어도 하나"의 대상 아이템을 허용한다. 그러한 청구항들은 임의의 선택적인 엘리먼트를 배제하도록 작성될 수 있다는 것이 추가로 주목된다. 그에 따라, 이 명시는 청구항 엘리먼트들의 상술 또는 "부정적인" 제한의 사용과 관련하여, "오직", "단지" 등과 같은 배타적인 용어의 사용에 대한 선행 기초의 역할을 하도록 의도된다.

[0091] [00110] 그러한 배타적인 용어의 사용 없이, 본 개시내용과 연관된 청구항들에서의 "포함하는"이라는 용어는, 그러한 청구항들에서 주어진 수의 엘리먼트들이 열거되는지 또는 특징의 부가가 그러한 청구항들에서 제시되는 엘리먼트의 성질을 변화시키는 것으로 간주될 수 있는지와 관계없이 -- 임의의 부가적인 엘리먼트의 포함을 허용할 것이다. 본원에서 상세하게 정의된 경우를 제외하고, 본원에서 사용되는 모든 기술적인 및 과학적인 용어들은 청구항 유효성을 유지하면서 가능한, 일반적으로 이해되는 의미만큼 광범위하게 주어져야 한다.

[0092] [00111] 본 발명의 범위는 제공되는 예들 및/또는 대상 명세서에 제한되지 않아야 하고, 대신에, 본 개시내용과 연관된 청구항 언어의 범위에 의해서만 제한되어야 한다.

[0093] [00112] 예시되는 실시예들의 위의 설명은 한정적인 것으로, 또는 개시되는 정확한 형태들로 실시예들을 제한하도록 의도되지 않는다. 예들의 특정 실시예들이 예시적인 목적들을 위해 본원에서 설명되지만, 본 개시내용의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않으면서 다양한 등가 수정들이 이루어질 수 있는데, 이는 당업자에 의해 인지될 것이다. 다양한 실시예들의 본원에서 제공되는 교시들은, 가상 또는 AR 또는 하이브리드 시스템들을 구현하는 그리고/또는 위에서 일반적으로 설명된 예시적인 AR 시스템들이 반드시 아니더라도 사용자 인터페이스들을 채용하는 다른 디바이스들에 적용될 수 있다.

[0094] [00113] 예컨대, 전술한 상세한 설명은 블록 다이어그램들, 개략도들, 및 예들의 사용을 통해 디바이스들 및/또는 프로세스들의 다양한 실시예들을 제시하였다. 그러한 블록 다이어그램들, 개략도들, 및 예들이 하나 또는 그 초과의 기능들 및/또는 동작들을 포함하는 한, 그러한 블록 다이어그램들, 흐름도들, 또는 예들 내의 각각의 기능 및/또는 동작이, 다양한 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 사실상 임의의 조합에 의해, 개별적으로 및/또는 집합적으로 구현될 수 있다는 것이 당업자에 의해 이해될 것이다.

[0095] [00114] 일 실시예에서, 본 청구대상은 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)들을 통해 구현될 수 있다. 그러나, 당업자는, 하나 또는 그 초과의 컴퓨터들에 의해 실행되는 하나 또는 그 초과의 컴퓨터 프로그램들(예컨대, 하나 또는 그 초과의 컴퓨터 시스템들 상에서 실행하는 하나 또는 그 초과의 프로그램들)로서, 하나 또는 그 초과의 제어기들(예컨대, 마이크로제어기들)에 의해 실행되는 하나 또는 그 초과의 프로그램들로서, 하나 또는 그 초과의 프로세서들(예컨대, 마이크로프로세서들)에 의해 실행되는 하나 또는 그 초과의 프로그램들로서, 펌웨어로서, 또는 이들의 사실상 임의의 조합으로서, 본원에서 개시되는 실시예들이, 전체적으로 또는 부분적으로, 표준 집적 회로들에서 동등하게 구현될 수 있다는 것을 인지할 것이고, 회로를 설계하는 것 및/또는 소프트웨어 및/또는 펌웨어에 대한 코드를 기록하는 것이 본 개시내용의 교시들을 고려하여 수월하게 당업자의 기술 내에 있을 것이라는 것을 인지할 것이다.

[0096] [00115] 로직이 소프트웨어로서 구현되고 메모리에 저장될 때, 로직 또는 정보는 임의의 프로세서-관련 시스템 또는 방법에 의해 또는 그와 관련하여 사용하기 위해 임의의 컴퓨터-판독가능 매체에 저장될 수 있다. 본 개시내용의 문맥에서, 메모리는 컴퓨터 및/또는 프로세서 프로그램을 포함하거나 저장하는 전자적, 자기적, 광학적 또는 다른 물리적 디바이스 또는 수단인 컴퓨터-판독가능 매체이다. 로직 및/또는 정보는, 컴퓨터-기반 시스템, 프로세서-포함 시스템, 또는 (명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스로부터 명령들을 페칭할 수 있고 로직 및/또는 정보와 연관된 명령들을 실행할 수 있는) 다른 시스템과 같은 명령 실행 시스템, 장치, 또는 디바이스에 의해 또는 이들과 관련하여 사용하기 위해 임의의 컴퓨터-판독가능 매체에서 구현될 수 있다.

[0097] [00116] 본 명세서의 문맥에서, “컴퓨터-판독가능 매체”는 명령 실행 시스템, 장치, 및/또는 디바이스에 의해 또는 이들과 관련하여 사용하기 위해 로직 및/또는 정보와 연관된 프로그램을 저장할 수 있는 임의의 엘리먼트일 수 있다. 컴퓨터-판독가능 매체는, 예컨대, 전자적, 자기적, 광학적, 전자기적, 적외선, 또는 반도체 시스템, 장치 또는 디바이스일 수 있다(그러나, 이에 제한되지 않는다). 컴퓨터 판독가능 매체의 보다 구체적인 예들(비배타적 리스트)은: 휴대용 컴퓨터 디스켓(자기, 콤팩트 플래시 카드, 보안 디지털 등), RAM(random access memory), ROM(read-only memory), 소거가능한 프로그램가능 ROM(EPROM, EEPROM, 또는 플래시 메모리), 휴대용 CDROM(compact disc read-only memory), 디지털 테이프, 및 다른 비일시적 매체를 포함할 것이다.

[0098] [00117] 본원에 설명된 많은 방법들은 변형되어 수행될 수 있다. 예컨대, 많은 방법들은 부가적인 동작들을 포함할 수 있고, 일부 동작들을 생략할 수 있으며, 그리고/또는 예시된 또는 설명된 것과 상이한 순서로 동작들을 수행할 수 있다.

[0099] [00118] 앞서 설명된 다양한 실시예들은 추가적인 실시예들을 제공하기 위해 결합될 수 있다. 본원에서의 특정 교시들 및 정의들과 모순되지 않는 범위에서, U.S. 특허들, U.S. 특허 출원 공보들, U.S. 특허 출원들, 외국 특허들, 외국 특허 출원들 및 비-특허 공보들 모두가 본 명세서에서 언급되고 그리고/또는 출원 데이터 시트에 열거되었다. 실시예들의 양상들은, 필요에 따라, 또 다른 실시예들을 제공하기 위해 다양한 특허들, 출원들 및 공보들의 시스템들, 회로들 및 개념들을 사용하도록 수정될 수 있다.

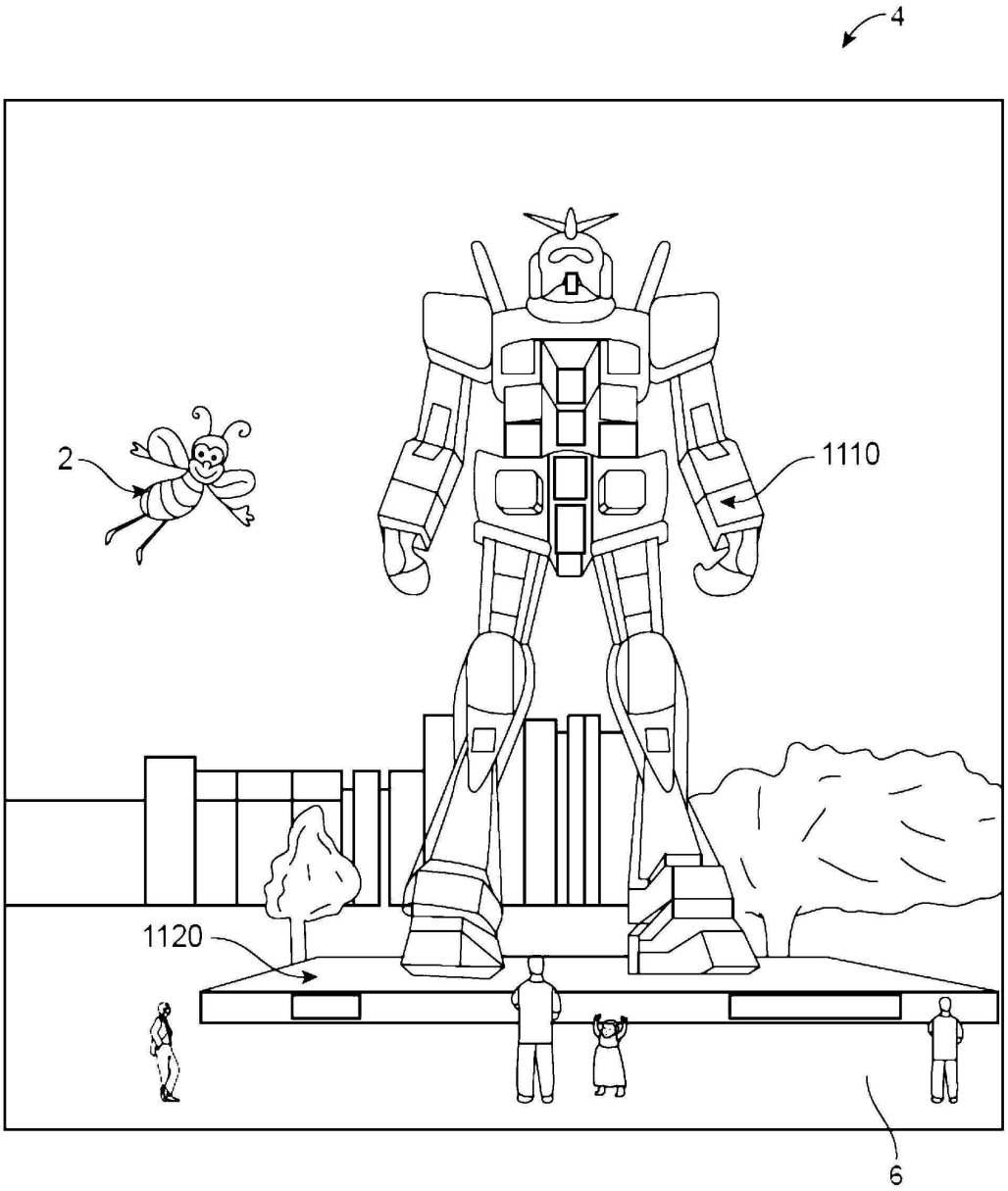
[0100] [00119] 이러한 그리고 다른 변화들이 앞의 상세한 설명의 관점에서 실시예들에 대해 이루어질 수 있다. 일반적으로, 이하의 청구항들에서, 사용된 용어들이 명세서 및 청구항들에 개시된 특정 실시예들로 이 청구항들을 제한하는 것으로 해석되어서는 안되지만, 이러한 청구항들에 부여된 동등물들의 전체 범위와 함께 모든 가능한 실시예들을 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 이에 따라, 청구항들은 본 개시내용에 의해 제한되지 않는다.

[0101] [00120] 더욱이, 앞서 설명된 다양한 실시예들은 추가적인 실시예들을 제공하기 위해 결합될 수 있다. 실시예들의 양상들은, 필요에 따라, 또 다른 실시예들을 제공하기 위해 다양한 특허들, 출원들 및 공보들의 개념들을 사용하도록 수정될 수 있다.

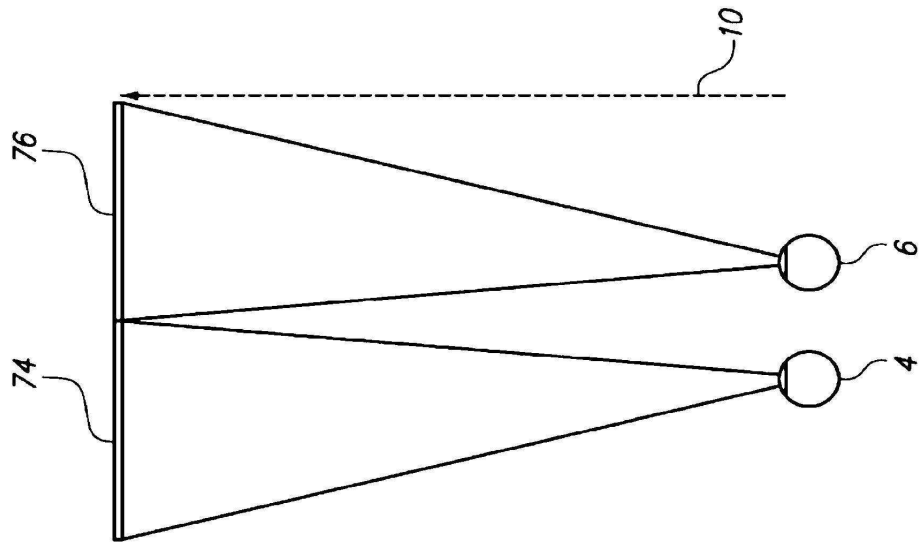
[0102] [00121] 이러한 그리고 다른 변화들이 앞의 상세한 설명의 관점에서 실시예들에 대해 이루어질 수 있다. 일반적으로, 이하의 청구항들에서, 사용된 용어들이 명세서 및 청구항들에 개시된 특정 실시예들로 이 청구항들을 한정하는 것으로 해석되어서는 안되지만, 이러한 청구항들에 부여된 동등물들의 전체 범위와 함께 모든 가능한 실시예들을 포함하는 것으로 해석되어야 한다. 이에 따라, 청구항들은 본 개시내용에 의해 제한되지 않는다.

도면

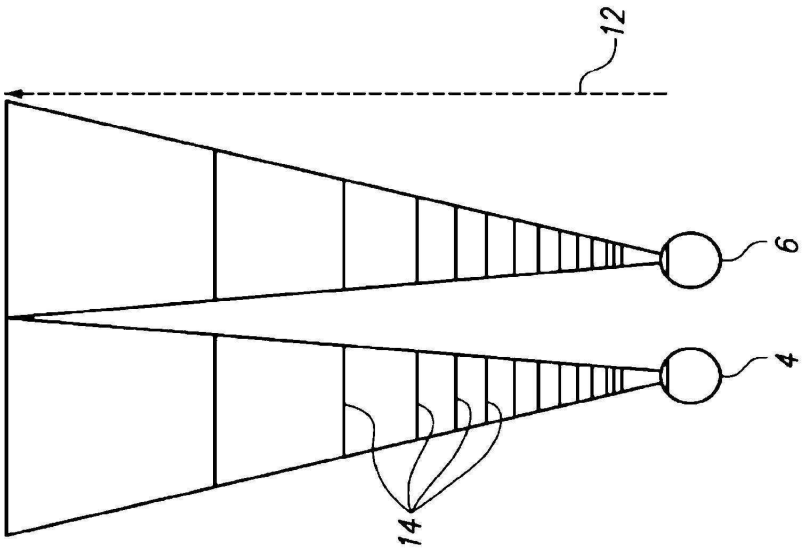
도면1



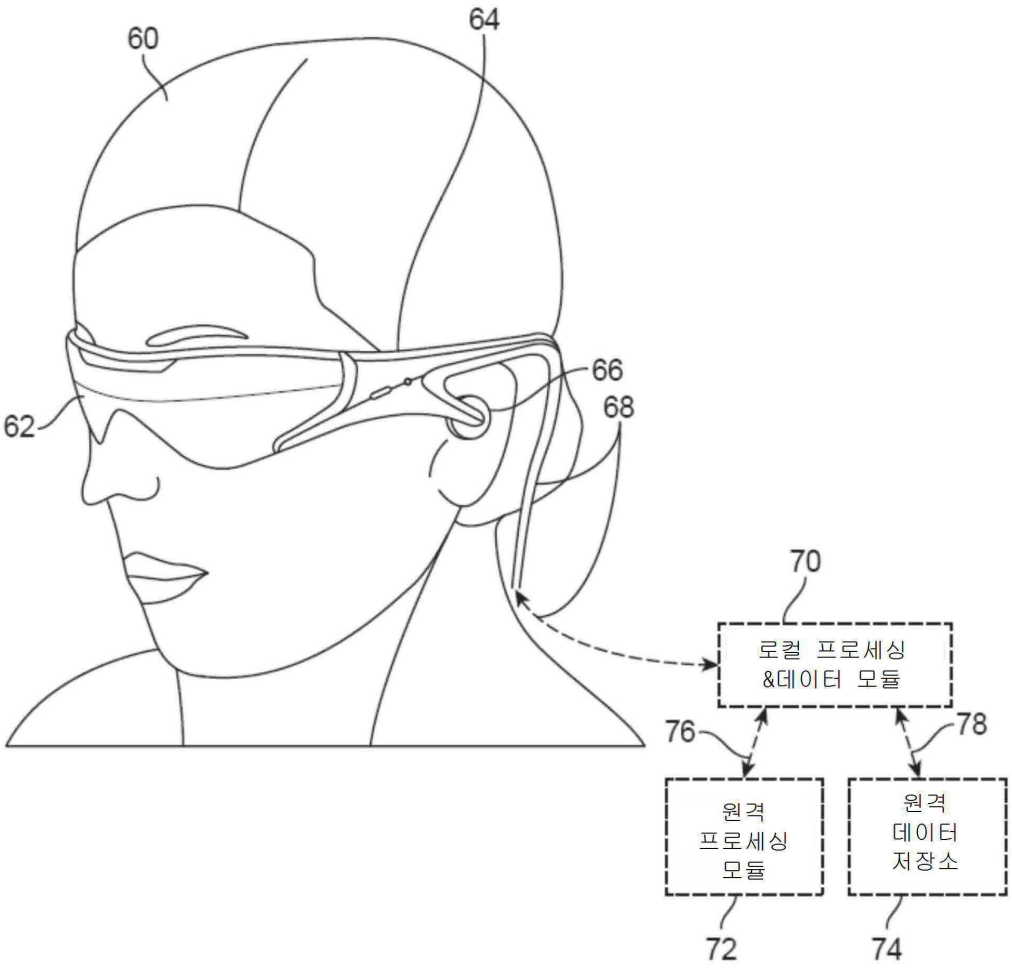
도면2



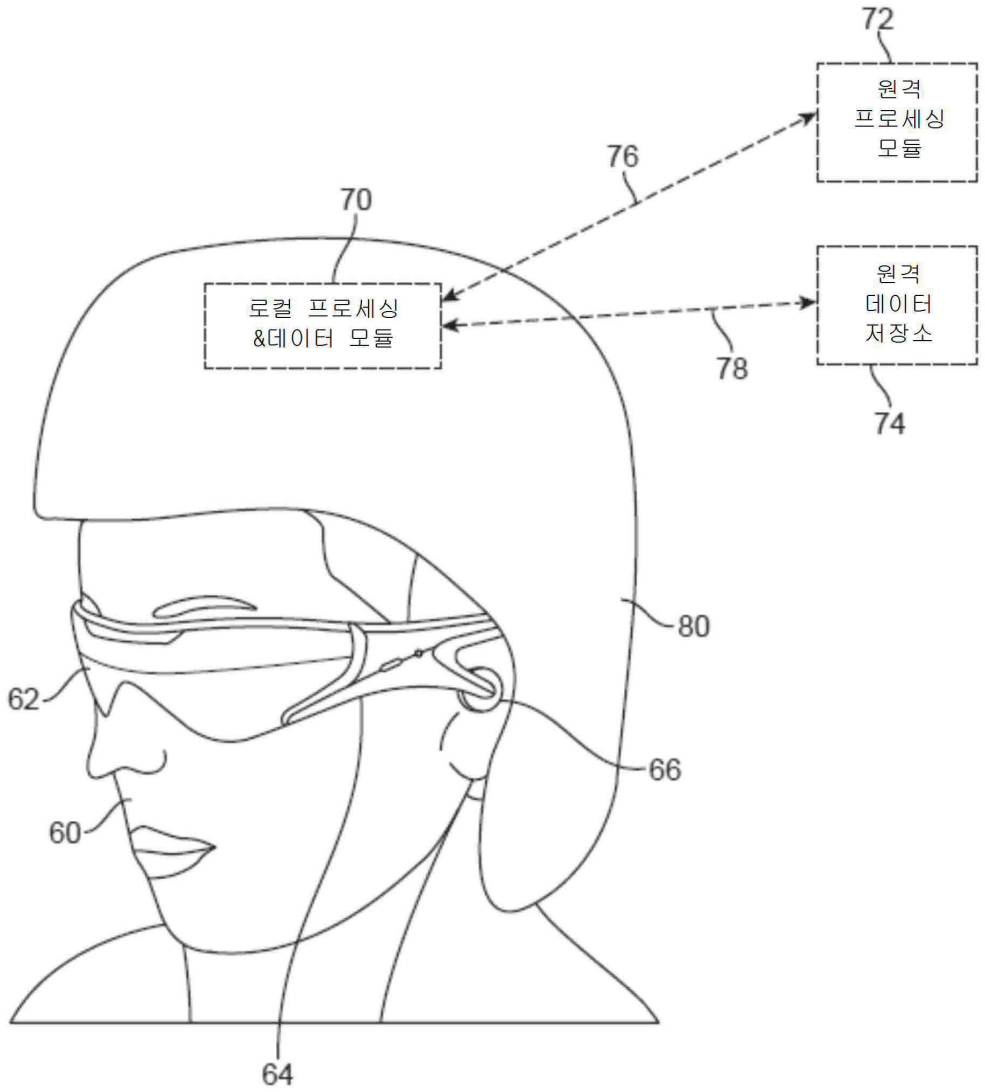
도면3



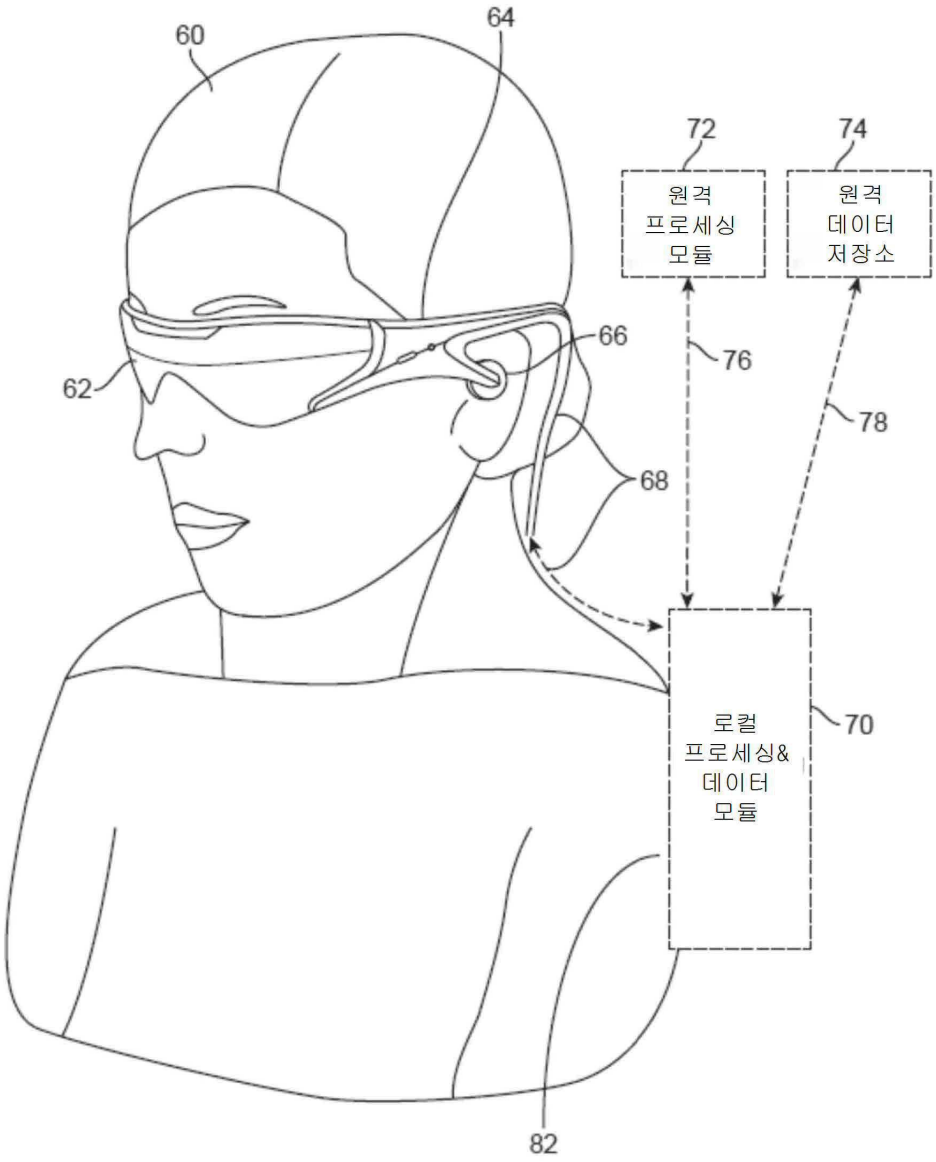
도면4a



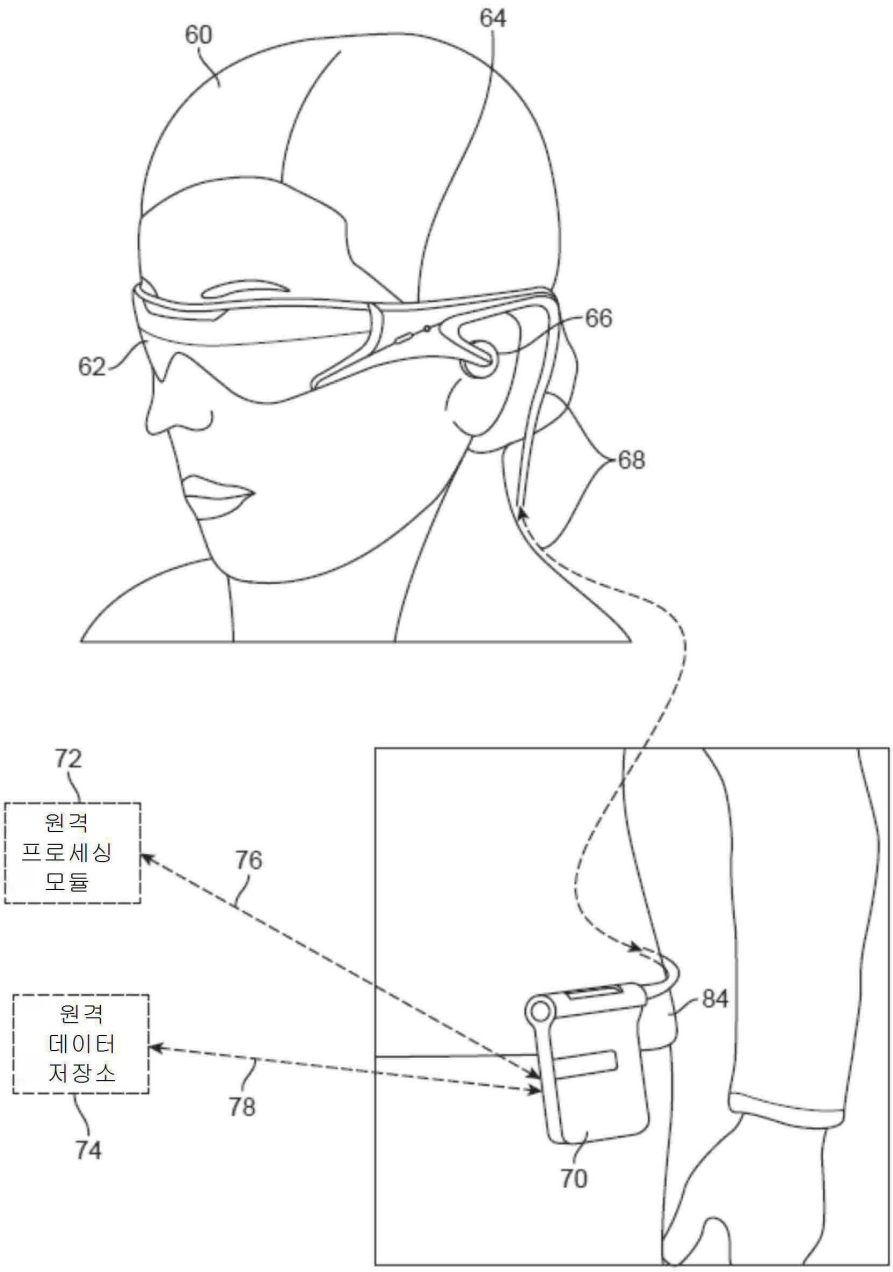
도면4b



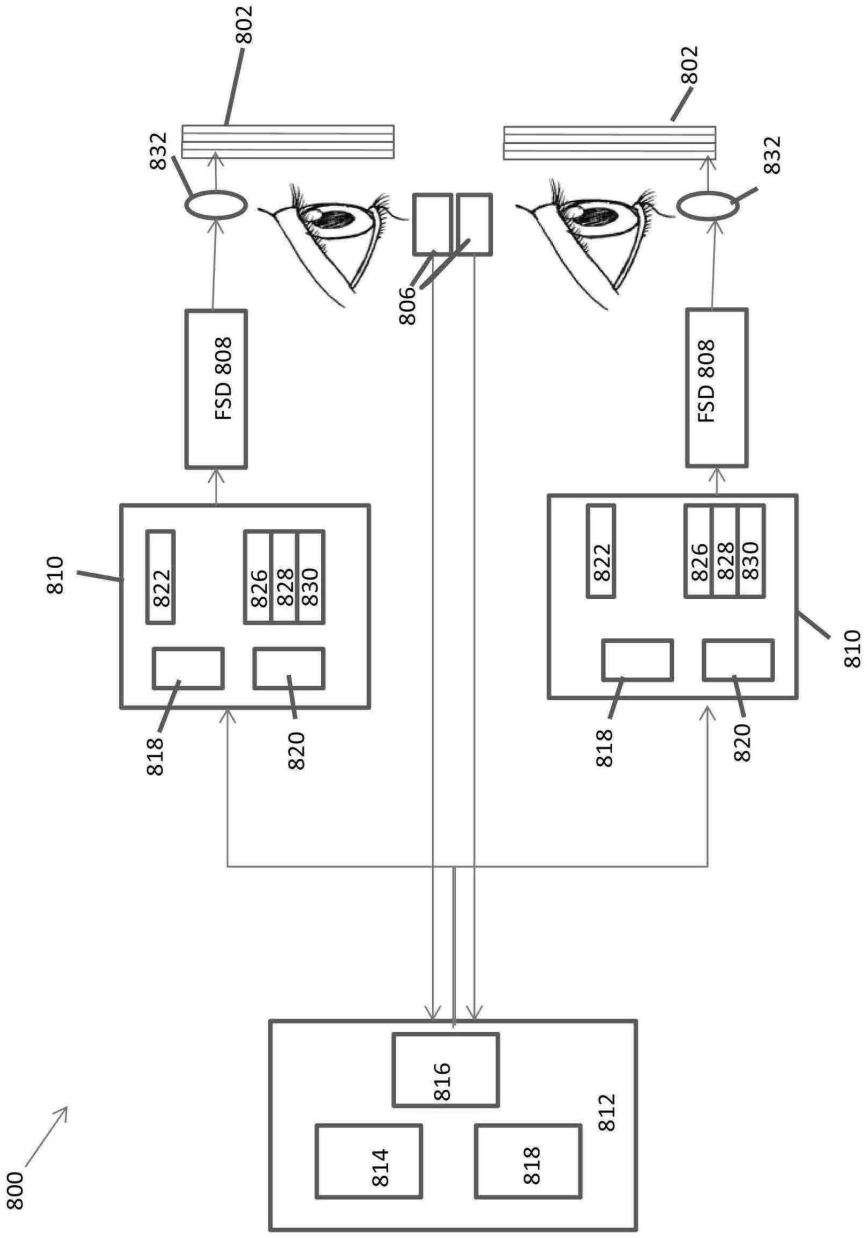
도면4c



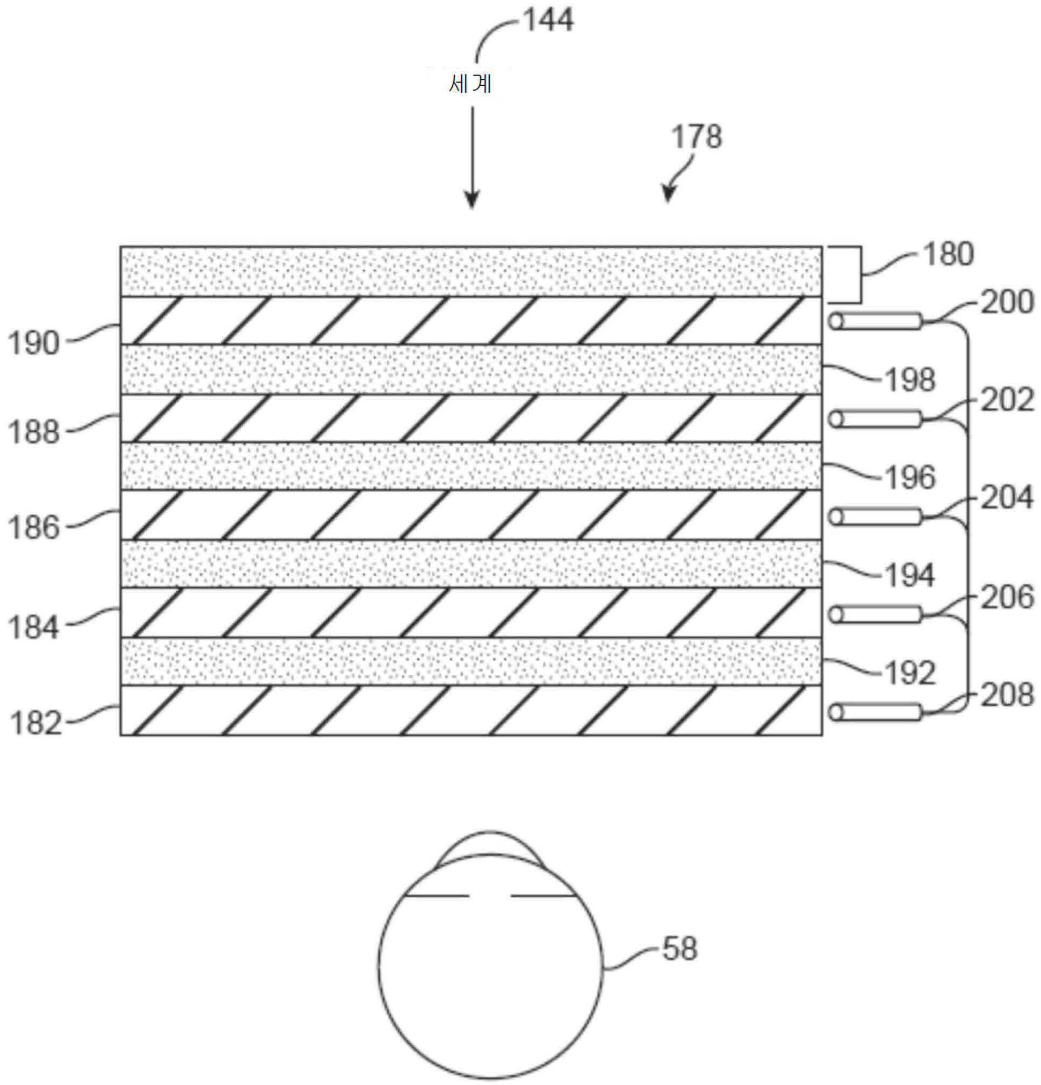
도면4d



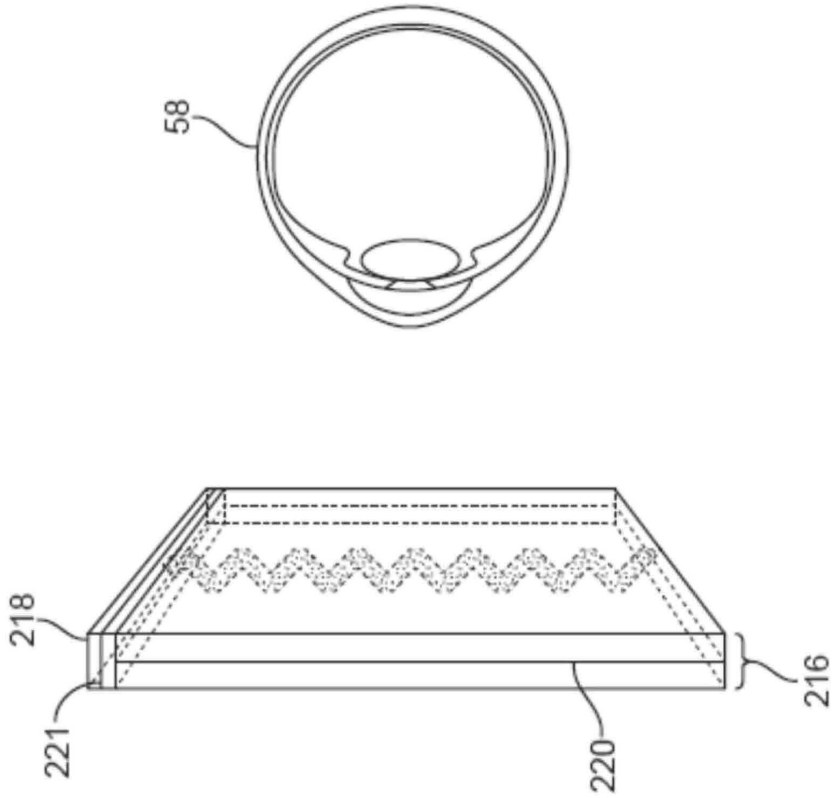
도면5


802
802
832
832
806
FSD 808
FSD 808
810
822
826
828
830
818
820
822
826
828
830
810
818
820
816
812
814
818
800

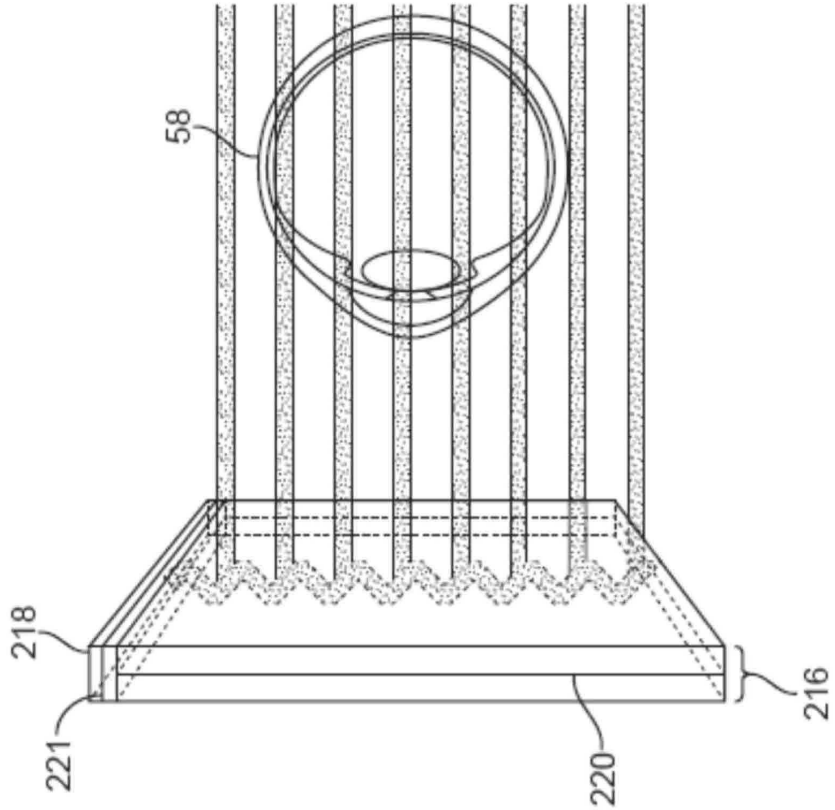
도면6


144
세계
178
180
200
190
198
202
188
196
204
186
194
206
184
192
208
182
58

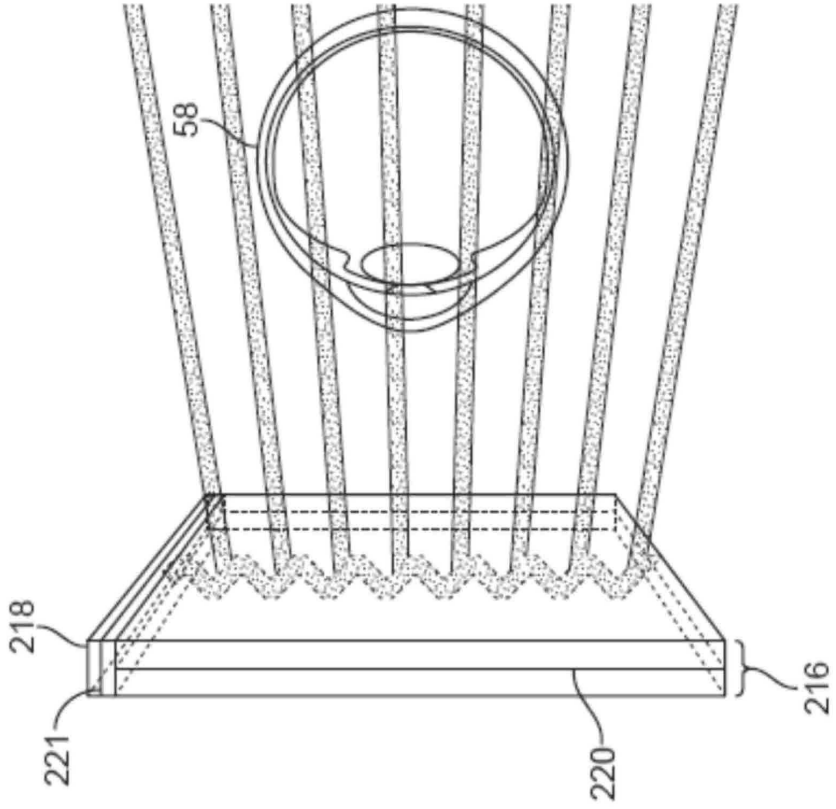
도면7



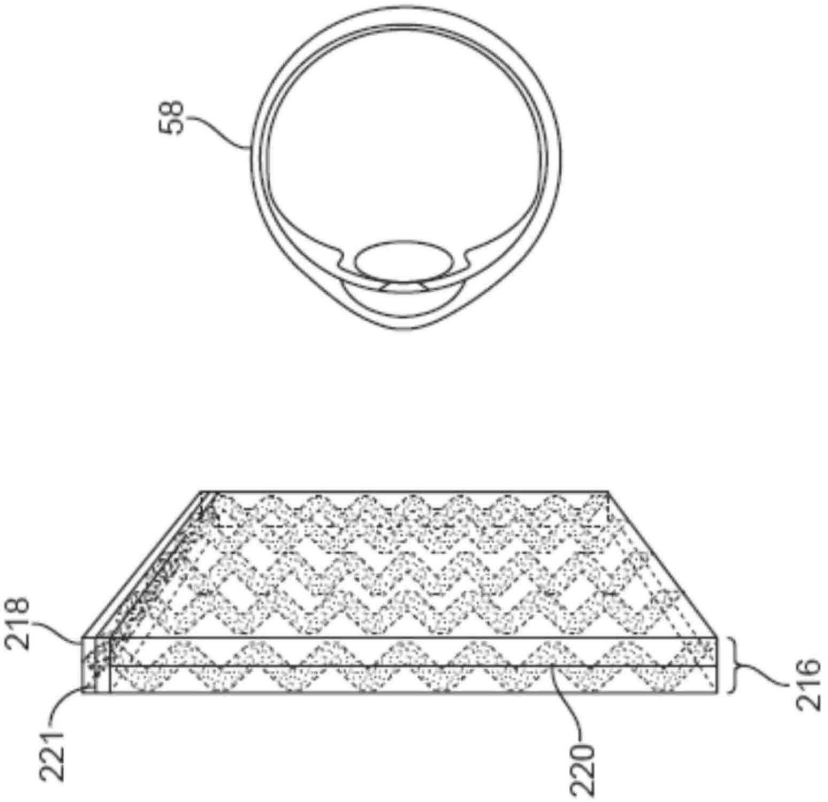
도면8



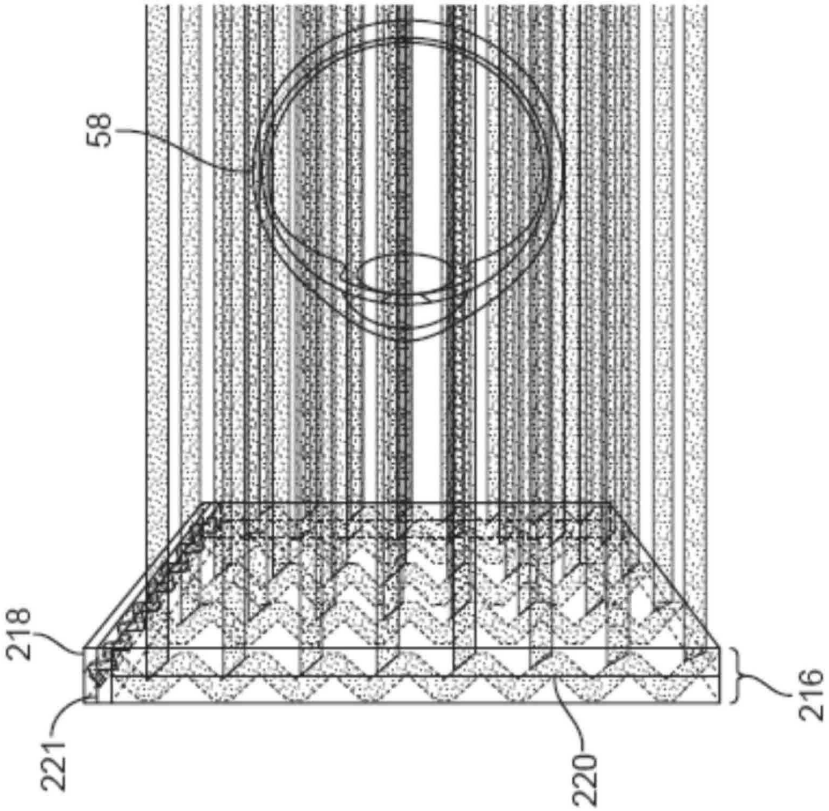
도면9



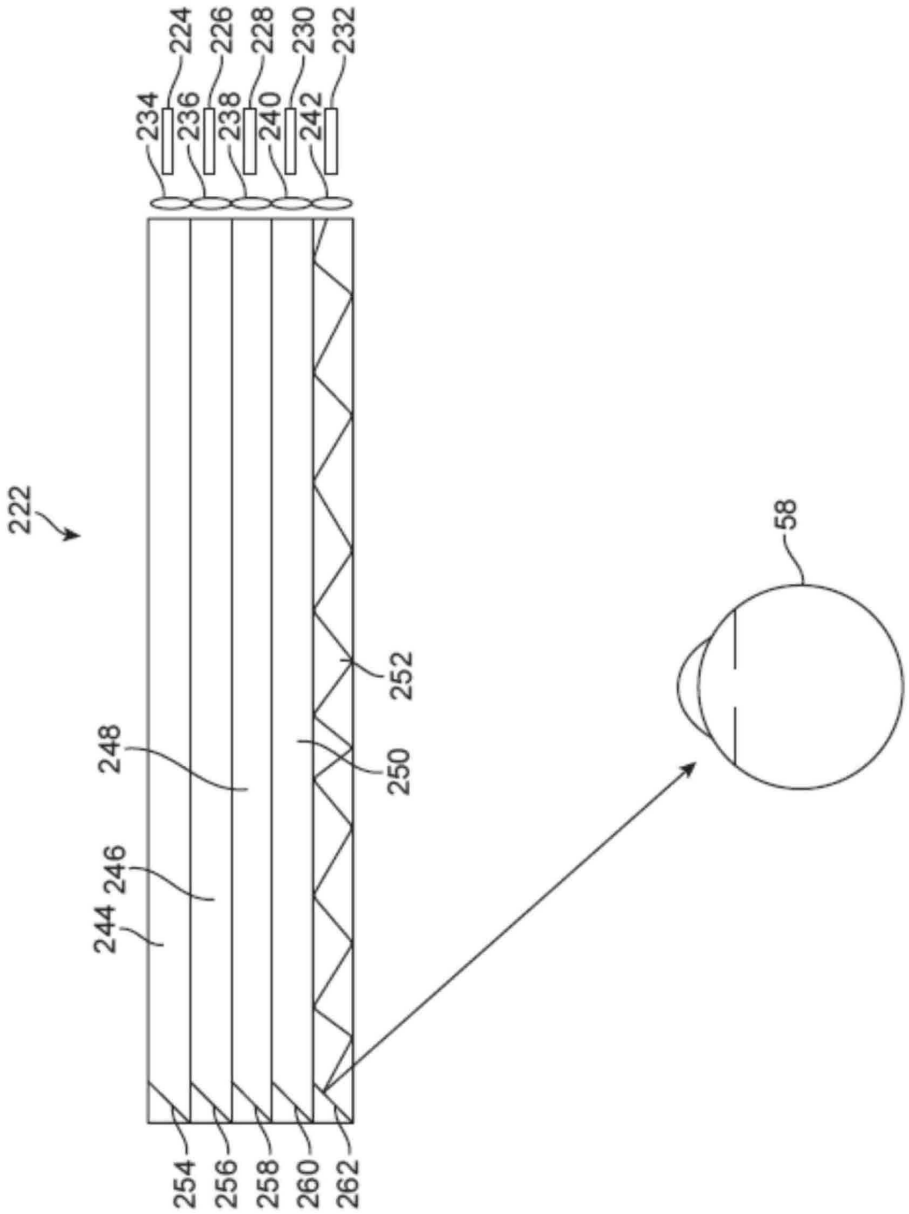
도면10



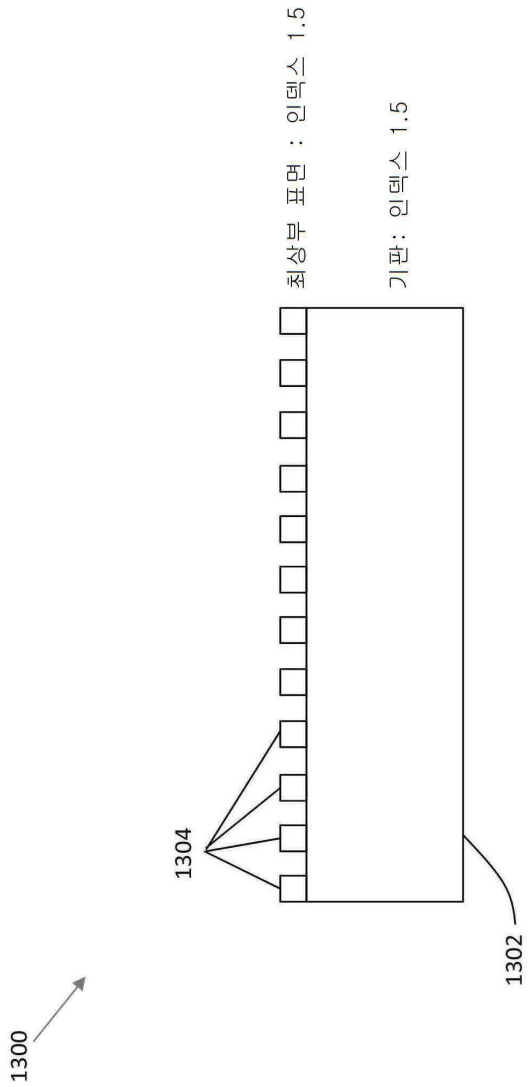
도면11



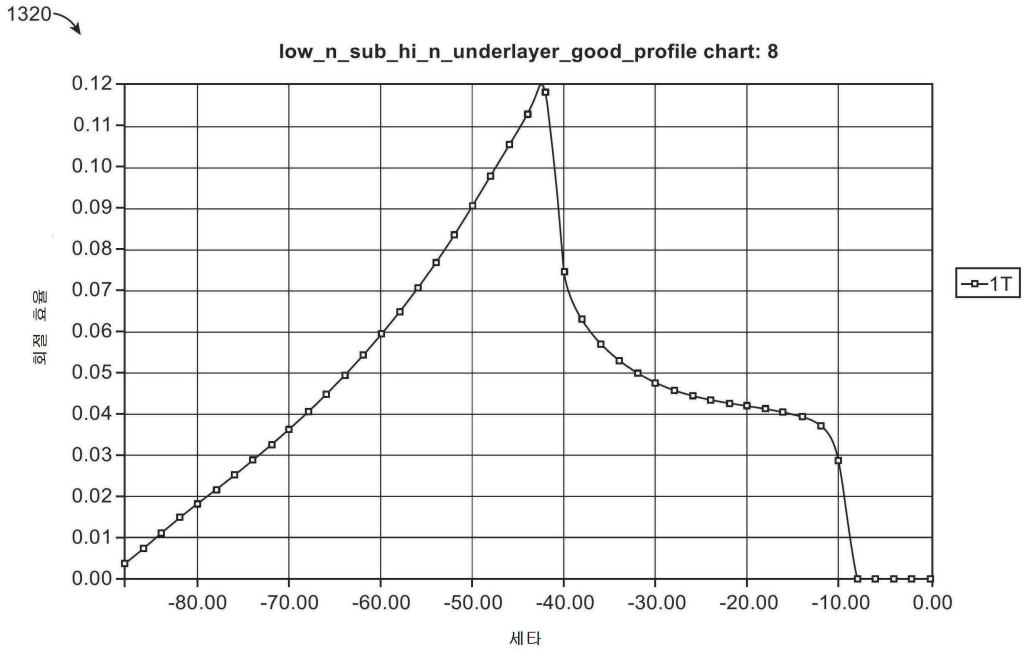
도면12


224
226
228
230
232
234
236
238
240
242
222
58
252
248
250
246
244
254
256
258
260
262

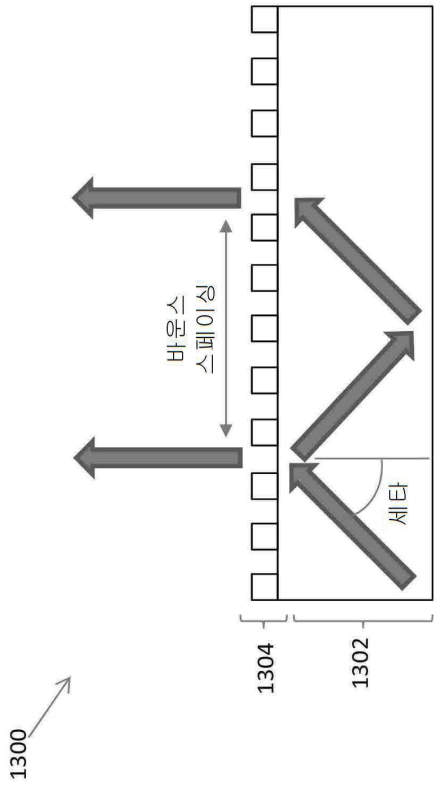
도면13a



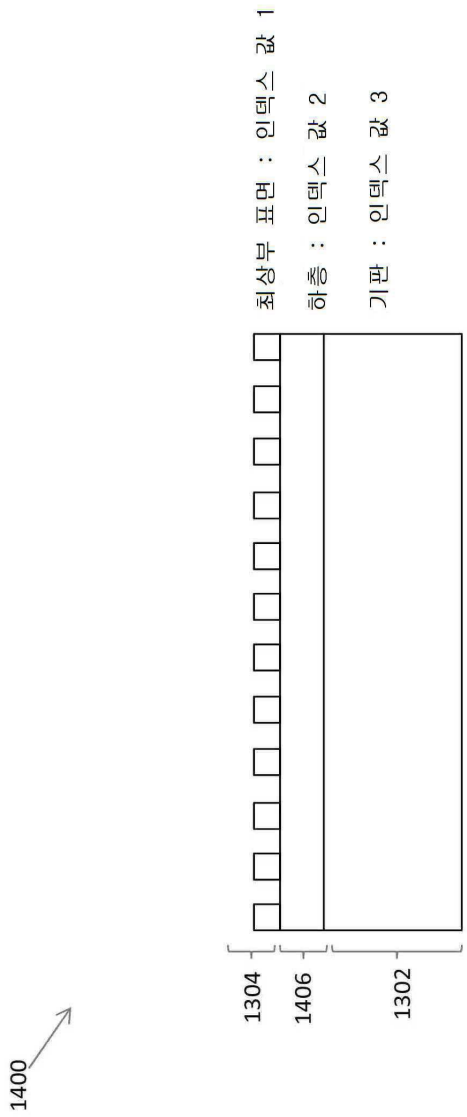
도면13b


1320
low_n_sub_hi_n_underlayer_good_profile chart: 8
0.12
0.11
0.10
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
회절 효율
-80.00
-70.00
-60.00
-50.00
-40.00
-30.00
-20.00
-10.00
0.00
세타
1T

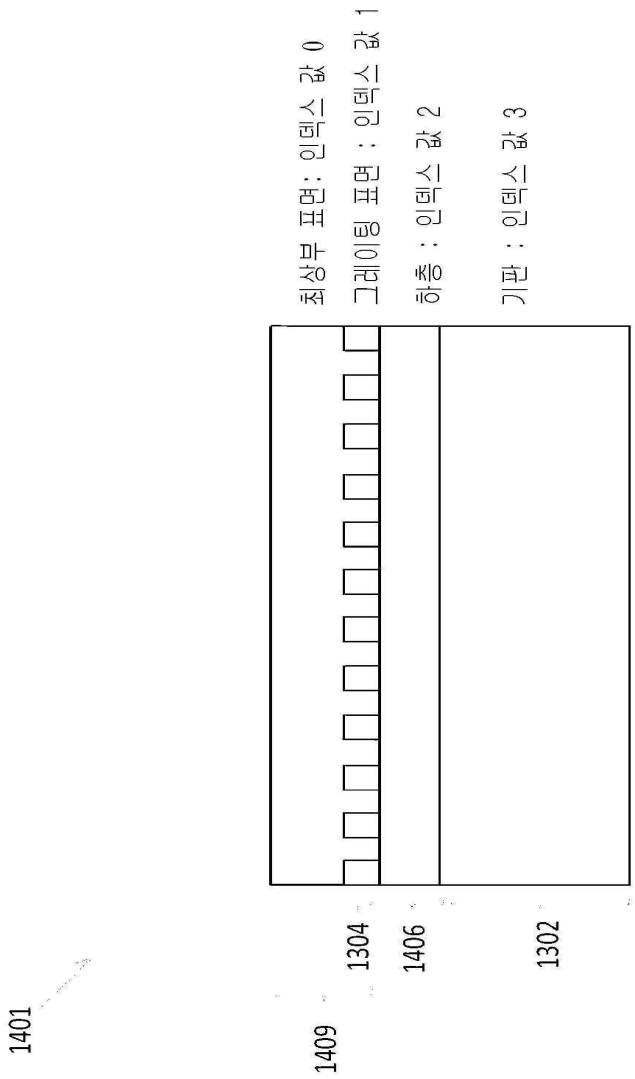
도면13c


바운스
스페이싱
세타
1304
1302
1300

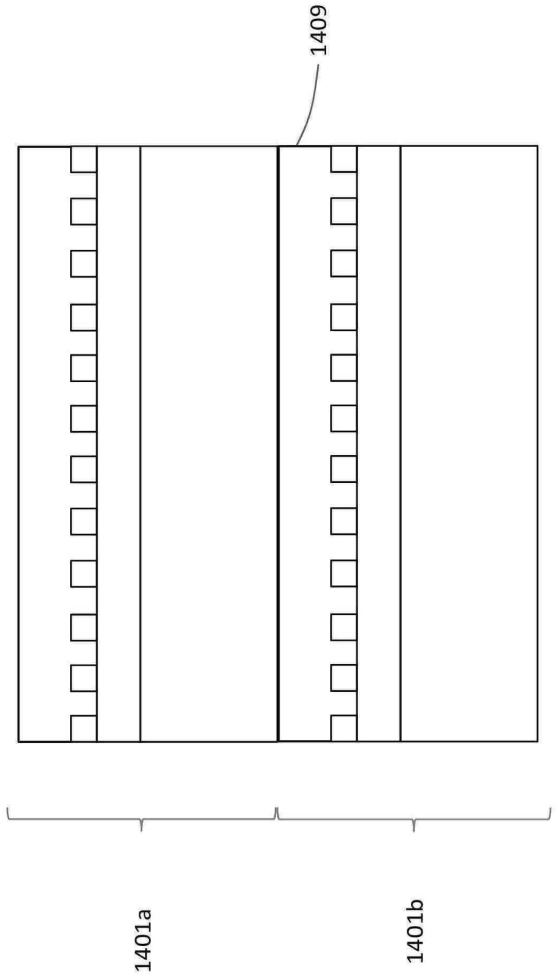
도면14a



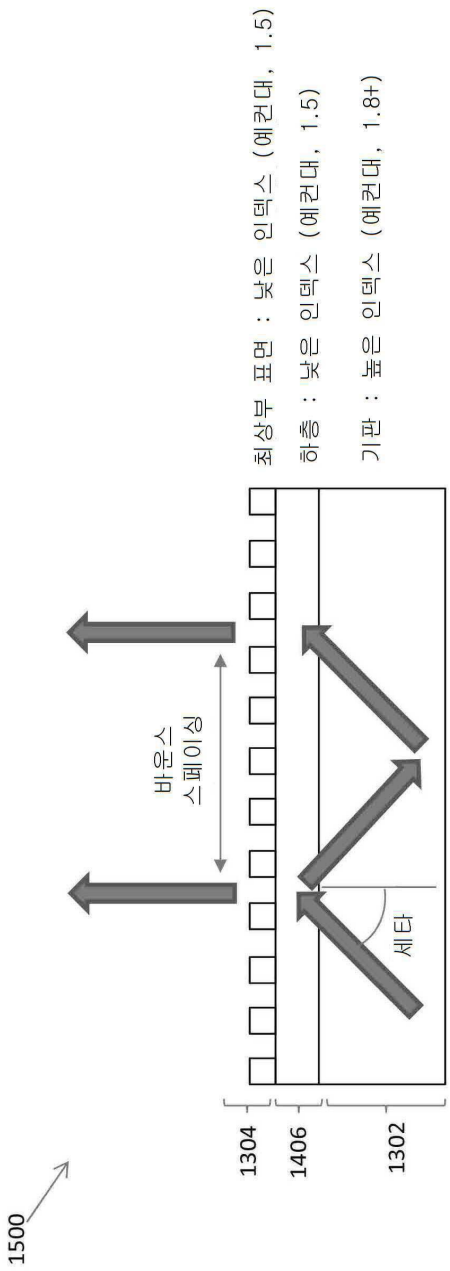
도면14b


최상부 표면 : 인덱스 값 0
그레이팅 표면 : 인덱스 값 1
하층 : 인덱스 값 2
기판 : 인덱스 값 3
1401
1409
1304
1406
1302

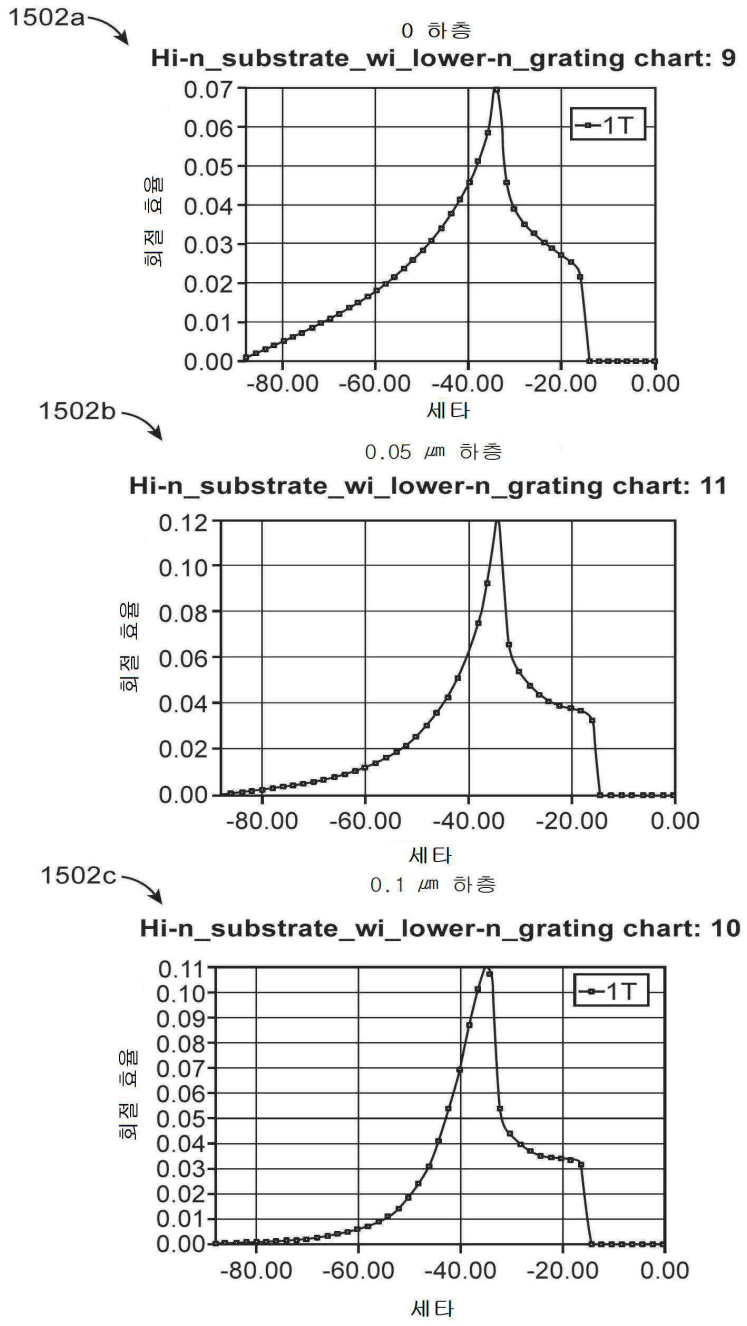
도면14c



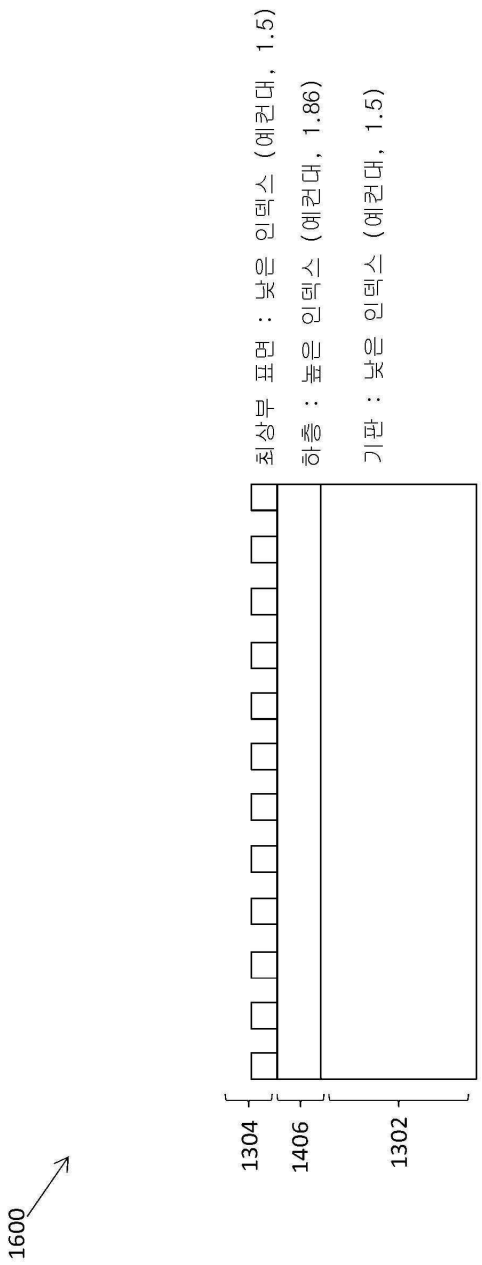
도면15a


최상부 표면 : 낮은 인덱스 (예컨대, 1.5)
하층 : 낮은 인덱스 (예컨대, 1.5)
기판 : 높은 인덱스 (예컨대, 1.8+)
바운스
스페이싱
세타
1500
1304
1406
1302

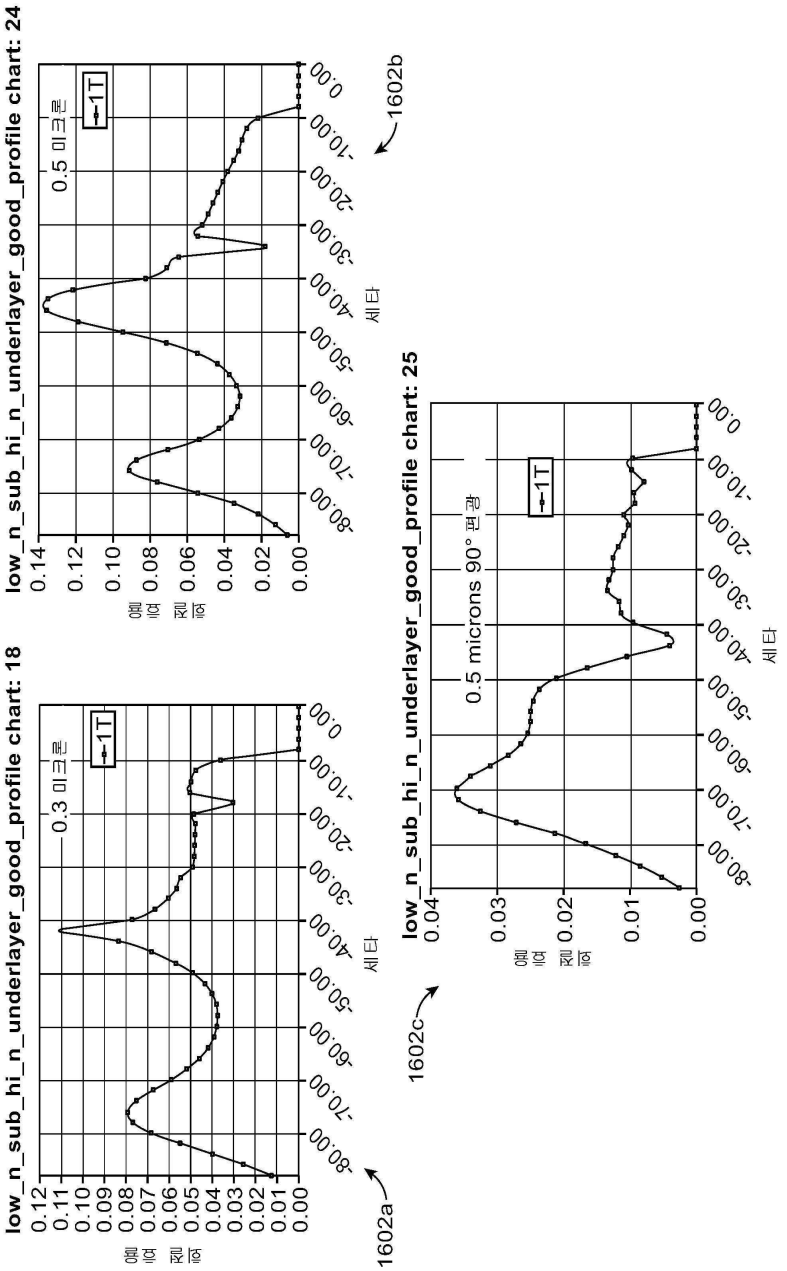
도면15b


1502a
0 하층
Hi-n_substrate_wi_lower-n_grating chart: 9
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
회절 효율
1T
-80.00 -60.00 -40.00 -20.00 0.00
세타
1502b
0.05 ㎛ 하층
Hi-n_substrate_wi_lower-n_grating chart: 11
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
회절 효율
-80.00 -60.00 -40.00 -20.00 0.00
세타
1502c
0.1 ㎛ 하층
Hi-n_substrate_wi_lower-n_grating chart: 10
0.11
0.10
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0.00
회절 효율
1T
-80.00 -60.00 -40.00 -20.00 0.00
세타

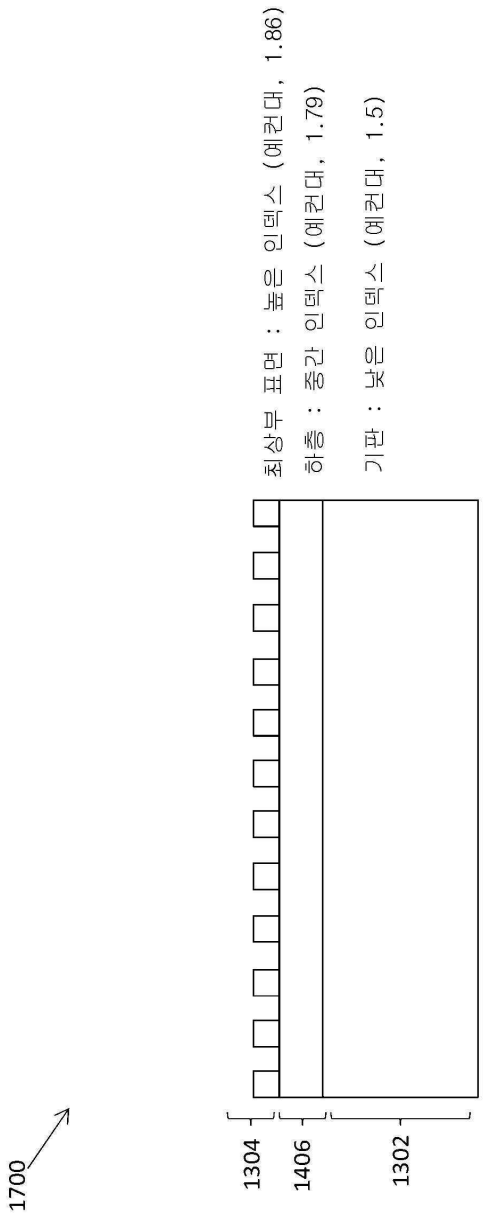
도면16a


1600
1304
1406
1302
최상부 표면 : 낮은 인덱스 (예컨대, 1.5)
하층 : 높은 인덱스 (예컨대, 1.86)
기판 : 낮은 인덱스 (예컨대, 1.5)

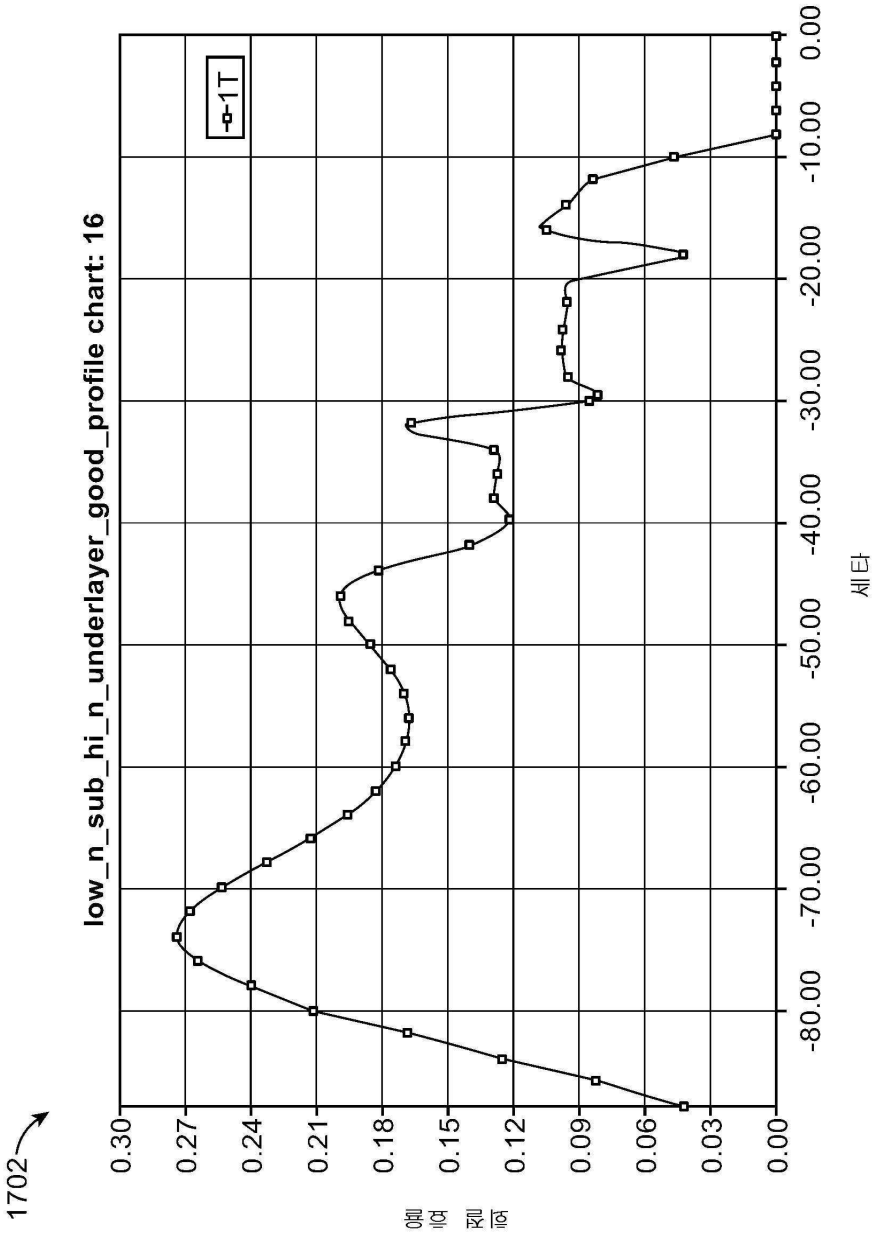
도면16b


low_n_sub_hi_n_underlayer_good_profile chart: 24
0.5 미크론
1T
반사율
세타
1602b
low_n_sub_hi_n_underlayer_good_profile chart: 18
0.3 미크론
1T
반사율
세타
1602a
low_n_sub_hi_n_underlayer_good_profile chart: 25
0.5 microns 90° 편광
1T
반사율
세타
1602c

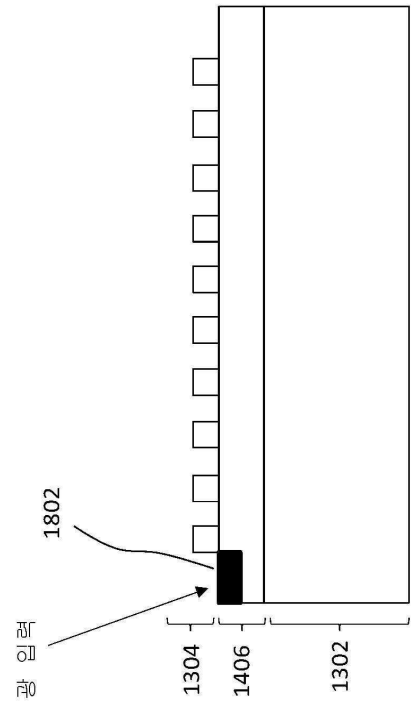
도면17a


최상부 표면 : 높은 인덱스 (예컨대, 1.86)
하층 : 중간 인덱스 (예컨대, 1.79)
기판 : 낮은 인덱스 (예컨대, 1.5)
1700
1304
1406
1302

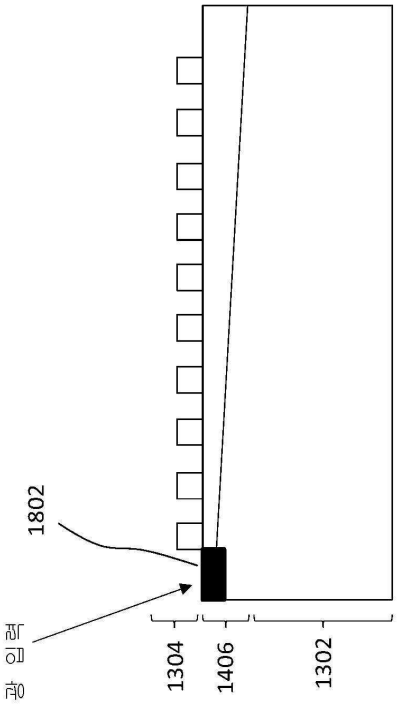
도면17b


1702
low_n_sub_hi_n_underlayer_good_profile chart: 16
1T
0.30
0.27
0.24
0.21
0.18
0.15
0.12
0.09
0.06
0.03
0.00
-80.00
-70.00
-60.00
-50.00
-40.00
-30.00
-20.00
-10.00
0.00
세타

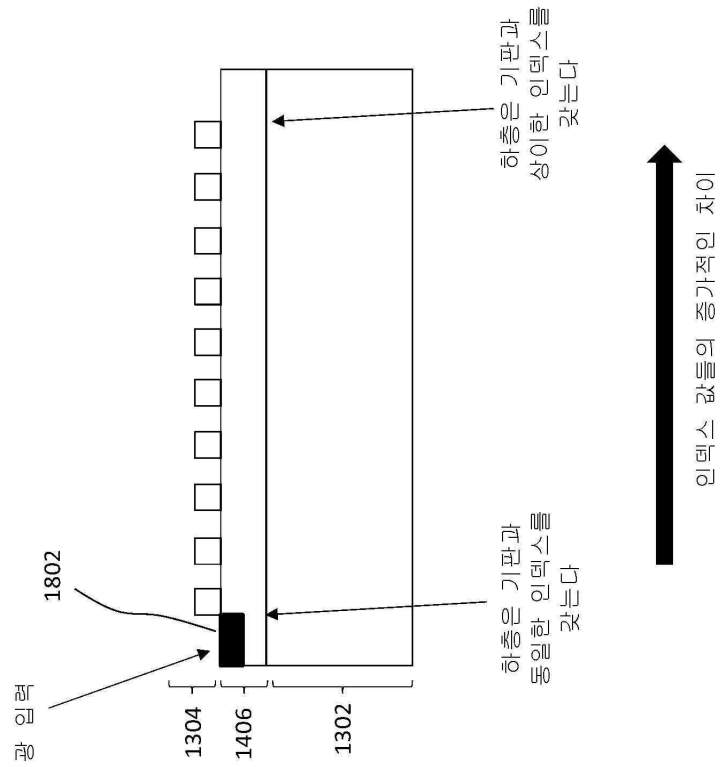
도면18a



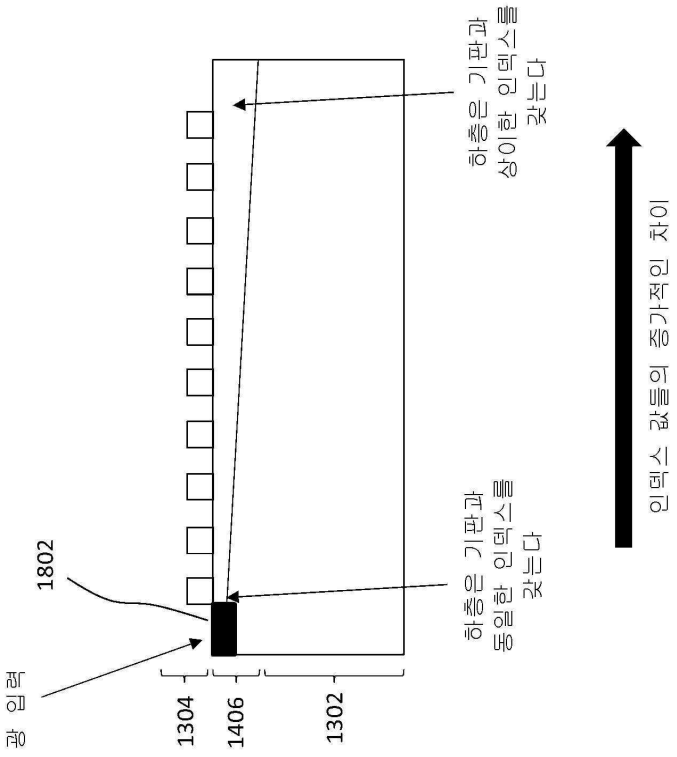
도면18b



도면18c


1802
광 입력
1304
1406
1302
하층은 기판과
동일한 인덱스를
갖는다
하층은 기판과
상이한 인덱스를
갖는다
인덱스 값들의 증가적인 차이

도면18d


1802
광 입력
1304
1406
1302
하층은 기판과
동일한 인덱스를
갖는다
하층은 기판과
상이한 인덱스를
갖는다
인덱스 값들의 증가적인 차이