



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0040304
(43) 공개일자 2020년04월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) G02B 5/08 (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 5/08 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7008957
- (22) 출원일자(국제) 2018년09월23일
심사청구일자 2020년03월27일
- (85) 번역문제출일자 2020년03월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/IL2018/051068
- (87) 국제공개번호 WO 2019/064301
국제공개일자 2019년04월04일
- (30) 우선권주장
62/565,135 2017년09월29일 미국(US)

- (71) 출원인
루머스 리미티드
이스라엘 7403631 네스 지오나, 핀하스 사피르 스트리트 8
- (72) 발명자
단지거, 요차이
이스라엘 파르 브라담, 로템 스트리트 2
레빈, 나아마
이스라엘 7654639 레호보트, 아파트먼트 17, 차임 카우프만 스트리트 6
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김해중

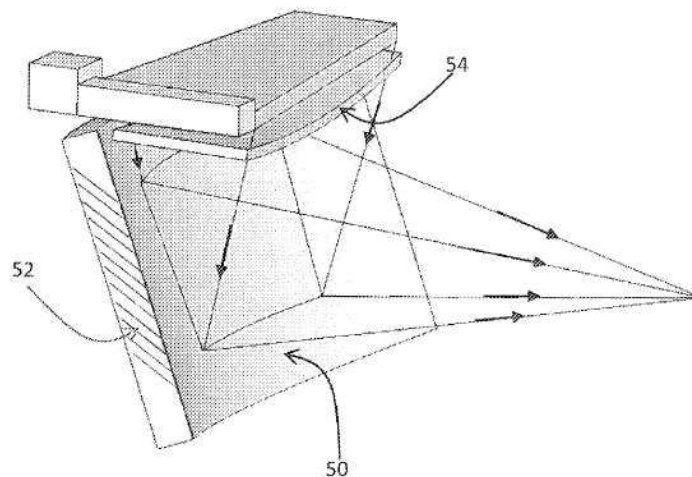
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **증강 현실 디스플레이**

(57) 요약

디스플레이는, 투영 방향을 따라 시준된 이미지 조명을 투영하는 이미지 프로젝터, 및 2개의 주 표면들을 가지며, 부분 반사 표면들을 포함하는 광학 요소를 갖는데, 복수의 부분 반사 표면들은 상기 광학 요소의 내부에 있으며, 평행하고 상호 평행하며 투영 방향에 대해 겹친다. 시준된 이미지의 각각의 광선은 광학 요소로 들어가고, 시야 방향을 따라 제1 주 표면을 빠져나가게끔 재지향되도록 적어도 2개의 부분 반사 표면에 의해 부분적으로 반사된다. 대안적인 구현에서, 부분 반사 표면들 중 하나로부터의 제1 반사는 광학 요소의 주 표면에서 전체 내부 반사를 진행하도록 이미지 조명 광선의 일부를 재지향시킨다. 이어서 광선은 부분 반사 표면들 다른 하나로부터 추가 반사됨으로써 재지향되어 시야 방향을 따라 광학 요소를 빠져나간다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

G02B 5/30 (2013.01)

(72) 발명자

샤를린, 엘라드 악셀

이스라엘 미쉬마르 데이비드, 나할 7디

차예트, 알렉산더

이스라엘 7661677 레호보트, 하르 하조팜 스트리트
56

명세서

청구범위

청구항 1

디스플레이 영역으로부터 시야 방향을 따라 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 디스플레이에 있어서, 상기 디스플레이는,

(a) 투영 방향을 따라 시준된 이미지 조명을 투영하는 이미지 프로젝터; 및

(b) 제1 및 제2 주 표면(major surfaces)을 갖으며, 적어도 부분적으로 투명한 재료로부터 형성되는 광학 요소; -상기 광학 요소는 복수의 부분 반사 표면을 포함하며, 복수의 부분 반사 표면은 상기 광학 요소의 내부에 있으며, 평평하고, 상호 평행하며 투영 방향에 대해 적어도 부분적으로 겹침(overlapping)- 를 포함하며,

상기 이미지 프로젝터는 디스플레이 영역 내에서 주 표면 중 하나에 투영 방향으로 입사(incident)되고 지향되어 광학 요소에 대해 배치되어, 시준된 이미지 조명의 각각의 광선(ray)은 광학 요소로 들어가서, 주 표면 중 하나로부터의 사전 반사 없이 적어도 2개의 부분 반사 표면에 의해 부분적으로 반사되어 시야 방향을 따라 제1 주 표면을 빠져나가도록 재지향(redirected)되는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 2

제1항에 있어서,

투영 방향은 50도 초과하는 각도로 주 표면 중 하나에 입사하는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 3

제2항에 있어서,

이미지 프로젝터는 주 표면들 중 하나에 도달하기 전에 이미지 조명을 수정하는 색수차 보상 요소 (chromatic aberration compensation element)를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 4

제1항에 있어서,

프로젝터는, 광학 요소 내의 부분 반사 표면의 확장 방향에 평행한 주요 치수(major dimension)를 지닌 가늘고 긴 유효 개구(effective aperture)을 갖는 이미지를 투영하기 위한 광학 개구 확장 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 5

제4항에 있어서,

광학 개구 확장 장치는 복수의 부분 반사 내부 표면들을 포함하는 광-가이드 광학 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 6

제4항에 있어서,

프로젝터는 출력 방향을 지닌 이미지 생성기를 포함하며, 광학 개구 확장 장치는 투명 재료로부터 형성되고 복수의 부분 반사 표면들을 포함하는 광학 확장 요소(optical expansion element)를 포함하며, 복수의 부분 반사 표면들은 광학 확장 요소의 내부에 있으며, 이미지 생성기 출력 방향에 대해 평면(평평한), 상호 평행 및 적어도 부분적으로 겹치고, 이미지 생성기는 광학 확장 요소에 입사하는 출력 방향으로 광학 확장 요소에 대해 배치되고 지향되어서, 시준된 이미지 조명의 각각의 광선은 광학 확장 요소로 들어가며 투영 방향을 따라 광학 확장 요소를 빠져나가도록 재지향되게끔 적어도 2개의 부분 반사 표면들에 의해 부분적으로 반사되는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 7

제1항에 있어서,
광학 요소는 편면 슬래브 인 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 8

제1항에 있어서,
광학 요소는 비평면 슬래브 인 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 9

제8항에 있어서,
이미지 프로젝터는 주 표면들 중 하나에 도달하기 전에 이미지 조명을 수정하는 왜곡 보상 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 10

제1항에 있어서,
광학 요소는 굴절 광학 파워를 지닌 렌즈 인 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 11

제1항에 있어서,
투영 방향이 입사하는 주 표면 들 중 하나는 이미지 조명이 시야 방향을 따라 빠져나가는 제1 주 표면 인 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 12

제1항에 있어서,
투영 방향이 입사하는 주 표면들 중 하나는 제2 주 표면 인 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 13

제1항에 있어서,
부분 반사 표면들은 편광-선택적인 레이어들로서 구현되는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 14

디스플레이 영역으로부터 시야 방향을 따라 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 디스플레이에 있어서, 상기 디스플레이는,

- (a) 투영 방향을 따라 시준된 이미지 조명을 투영하는 이미지 프로젝터; 및
- (b) 제1 및 제2 주 표면을 갖으며, 적어도 부분적으로 투명한 재료로부터 형성되는 광학 요소;-상기 광학 요소는 복수의 부분 반사 표면을 포함하며, 복수의 부분 반사 표면은 상기 광학 요소의 내부에 있으며, 평행하고 상호 평행함-

상기 이미지 프로젝터는 디스플레이 영역 내에서 주 표면 중 하나에 투영 방향으로 입사되고 지향되어 광학 요소에 대해 배치되어, 시준된 이미지 조명의 각각의 광선(ray)이 광학 요소로 들어가서, 주 표면 중 하나로부터의 사전 반사 없이 적어도 하나의 부분 반사 표면에 의해 제1 반사로 부분적으로 반사되어서 적어도 하나의 주 표면에서 전체 내부 반사를 진행하고(undergo) 시야 방향을 따라 제1 주 표면을 빠져나가도록 부분 반사 표면의 다른 하나로부터 적어도 하나의 추가 반사에 의해 재지향되는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

청구항 15

제14항에 있어서,

부분 반사 표면들 중 적어도 하나는 이미지 조명의 제1 광선에 대해 제1 반사 및 이미지 조명의 제2 광선에 대해 추가 반사 모두에 기여하는 것을 특징으로 하는 디스플레이.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 디스플레이에 관한 것으로, 특히 광학 요소 내에 비스듬히 배치 된 부분 반사면과 조합하여 자유 공간 이미지 투영(free-space image projection) 을 이용하는 증강 현실 디스플레이에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 증강 현실 디스플레이는 관찰자에게 시각적 디스플레이 및 현실 세계의 시야(view)을 동시에 제공하는 디스플레이이다. 증강 현실 디스플레이의 실례는, 고정된 윈도우를 통해 제공되는 디스플레이인, 헤드 업 디스플레이(head-up displays), 및 관찰자의 머리에 대해 장착되는 디스플레이며, 일반적으로 글래스-프레임 폼 팩터 또는 헤드-마운트 바이저인 니어-아이 디스플레이(near-eye displays)를 포함한다. 특히, 니어-아이 디스플레이의 맥락에서, 상기 디스플레이는 콤팩트해야 한다. 현실 세계의 가시성(visibility)은 교란되지 않고 왜곡되지 않고 모호하지 않아야 한다.

[0003] 많은 니어-아이 디스플레이 시스템은 현실 세계의 가시성을 가능하게 하는 동시에 가상 이미지를 눈에 투영하기 위해 부분 반사기가 눈의 전면에 비스듬한 각도(oblique angle)로 배치되는 빔 스플리터 아키텍처(beam splitter architecture)를 사용한다. 이러한 배열 형태가 도 1에 개략적으로 나타나 있다. 빔 스플리터의 경사각에 대한 기하학적 요건(geometrical requirements)은 전형적으로 구조물의 부피가 커진다.

[0004] 증강 현실 디스플레이에 대한 대안적인 접근법은, 이미지가 전체 내부 반사에 의해 기관 내에 포획되고(trapped), 기관의 미리 정의된 영역으로부터 관찰자의 눈을 향해 기관에서 나와서 결합되는 광-가이드 광학 요소(light-guide optical element)를 사용한다. 이 접근법은 이미지를 광 가이드 내로 도입하여 전체 내부 반사에 의해 포획되도록 커플링-인 배열(coupling-in arrangement)을 필요로 한다. 광 가이드 기관은 다수의 내부 반사를 통해 이미지 품질을 유지(보존)하기 위해 광학 표면의 고정밀 평행성을 필요로 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 디스플레이 이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예의 교시에 따르면, 디스플레이 영역으로부터 시야 방향(viewing direction)을 따라 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 디스플레이를 제공하는데, 디스플레이는, (a) 투영(투사) 방향을 따라 시준된 이미지 조명(image illumination)을 투영하는 이미지 프로젝터; 및 (b)제1 및 제2 주 표면(major surfaces)을 갖는 적어도 부분적으로 투명한 재료로부터 형성되는 광학 요소(optical element)를 포함하는데, 광학 요소는 복수의 부분 반사 표면을 포함하며, 복수의 부분 반사 표면은 광학 요소의 내부에 있으며, 평면(평평하고), 상호 평행 및 투영 방향에 대해 적어도 부분적으로 겹치고(overlapping), 이미지 프로젝터는 디스플레이 영역 내에서 주 표면 중 하나에 투영 방향으로 입사 (incident)되고 지향되어 광학 요소에 대해 배치되어, 시준된 이미지 조명의 각각의 광선(ray)은 광학 요소로 들어가서 주 표면 중 하나로부터의 사전 반사 없이 적어도 2개의 부분 반사 표면에 의해 부분적으로 반사되어 시야 방향을 따라 제1 주 표면을 빠져나가도록 재지향(redirected)된다.

[0007] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 투영 방향은 주 표면들 중 하나에 50도를 초과하는 각도로 입사된다.

[0008] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 이미지 프로젝터는 주 표면들 중 하나에 도달하기 전에 이미지 조

명을 수정하는 색수차 보상 요소 (chromatic aberration compensation element)를 포함한다.

- [0009] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 프로젝터는, 광학 요소 내의 부분 반사 표면의 연장 방향에 평행한 주요 치수(major dimension)를 지닌 가늘고 긴 유효 개구(effective aperture)을 갖는 이미지를 투영하기 위한 광학 개구 확장 장치를 포함한다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 광학 개구 확장 장치는 복수의 부분적으로 반사되는 내부 표면을 포함하는 광-가이드 광학 요소를 포함한다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 프로젝터는 출력 방향(output direction)을 지닌 이미지 생성기 (image generator)를 포함하고, 광학 개구 확장 장치는 투명 재료로부터 형성되고 복수의 부분 반사 표면들을 포함하는 광학 확장 요소(optical expansion element)를 포함하며, 복수의 부분 반사 표면들은 광학 확장 요소의 내부에 있으며, 이미지 생성기 출력 방향에 대해 평면(평평한), 상호 평행 및 적어도 부분적으로 겹치고, 이미지 생성기는 광학 확장 요소에 입사하는 출력 방향으로 광학 확장 요소에 대해 배치되고 지향되어서, 시준된 이미지 조명의 각각의 광선은 광학 확장 요소로 들어가며 투영 방향을 따라 광학 확장 요소를 빠져나가도록 재지향되게끔 적어도 2개의 부분 반사 표면들에 의해 부분적으로 반사된다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 광학 요소는 평면(평평한) 슬래브(planar slab)이다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 광학 요소는 비평면 슬래브이다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 이미지 프로젝터는 주 표면들 중 하나에 도달하기 전에 이미지 조명을 수정하는 왜곡 보상 요소(distortion compensation element)를 포함한다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 광학 요소는 굴절 광학 파워(refractive optical power)를 지닌 렌즈이다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 투영 방향이 입사하는 주 표면 들 중 하나는 이미지 조명이 시야 방향을 따라 빠져나가는 제1 주 표면이다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 투영 방향이 입사하는 주 표면들 중 하나는 제2 주 표면이다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 부분 반사 표면들은 편광-선택 레이어들(polarization-selective layers)로써 구현된다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예의 교시에 따르면, 디스플레이 영역으로부터 시야 방향을 따라 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 디스플레이를 제공하는데, 디스플레이는, (a) 투영(투사) 방향을 따라 시준된 이미지 조명(image illumination)을 투영하는 이미지 프로젝터; 및 (b)제1 및 제2 주 표면을 갖는 적어도 부분적으로 투명한 재료로부터 형성되는 광학 요소(optical element)를 포함하는데, 광학 요소는 복수의 부분 반사 표면을 포함하며, 복수의 부분 반사 표면은 광학 요소의 내부에 있으며, 평평하고, 상호 평행하며, 이미지 프로젝터는 디스플레이 영역 내에서 주 표면 중 하나에 투영 방향으로 입사되고 지향되어 광학 요소에 대해 배치되어, 시준된 이미지 조명의 각각의 광선(ray)이 광학 요소로 들어가서 주 표면 중 하나로부터의 사전 반사없이 적어도 하나의 부분 반사 표면에 의해 제1 반사로 부분적으로 반사되어서 적어도 하나의 주 표면에서 전체 내부 반사를 진행하고 (undergo) 시야 방향을 따라 제1 주 표면을 빠져나가도록 부분 반사 표면의 다른 하나로부터 적어도 하나의 추가 반사에 의해 재지향된다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 부분 반사 표면들 중 적어도 하나는 이미지 조명의 제1 광선에 대해 제1 반사 및 이미지 조명의 제2 광선에 대해 추가 반사 모두에 기여한다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 본 발명은 첨부된 도면을 참조하여 단지 실례로써 설명되는데, 여기에서
 - 도1은 빔 스플리터 기하학적 구조에 기초한 종래 기술의 증강 현실 디스플레이의 개략도이다.
 - 도2a는 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 본 발명의 일 실시 예의 교시에 따라 구성되고 동작하는 디스플레이의 개략적인 측면도이다.
 - 도2b는 다양한 광선 경로를 도시한, 도2a의 디스플레이로부터의 광학 요소의 확대도이다.
 - 도3a-3d는 횡향 개구 확장을 달성하기위해 상이한 옵션을 도시한, 도2a의 디스플레이의 개략적인 정면도이다.

도4는 평판으로써 구현된 광학 요소를 사용하는, 도2a의 디스플레이의 구현을 도시한 개략적인 등축도이다.

도5는 만곡을 지닌 판으로써 구현된 광학 요소를 사용하는, 도2a의 디스플레이의 구현을 도시한 개략적인 등축도이다.

도6a는 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 본 발명의 일 실시 예의 교시에 따라 구성되고 동작하는 디스플레이의 대안적 구현의 개략적인 측면도이다.

도6b는 다양한 광선 경로를 도시한, 도6a의 디스플레이로부터의 광학 요소의 확대도이다.

도7은 도6a의 디스플레이의 대안적 구현을 위한 광학 요소의 확대도이다.

도8a 및 도8b는 상기 실시 예들 중 어느 하나의 광학 요소를 제조하기 위한 기술을 도시한 개략적인 단면도이다.

도9a는 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 본 발명의 일 실시 예의 교시에 따라 구성되고 동작하는 디스플레이의 대안적 구현의 개략적인 측면도인데, 디스플레이는 가상 이미지 및 현실 세계 시야 사이의 편광처리(polarization management)를 이용한다.

도9b 및 도9c는 각각 도 9a의 디스플레이의 광학 요소 내의 부분 반사 표면들 상에 사용하기 위해, 2가지 형태의 유전체 코팅에 대한 S-편광 및 P-편광(P-polarized light)에 대한 반사 특성을 나타내는 그래프이다.

도10a는 도6a의 디스플레이의 대안적 실시 예에 대한 광학 요소의 확대 측면도인데, 비유도(유도되지 않은) 및 유도되는 디스플레이 입력을 결합한다.

도10b 및 도10c는 각각 유도 및 비유도 이미지에 대한 전파 경로(propagation path)를 따른 기본 광선에 대한 광선 방향의 각진 공간(angular space)을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 본 발명은 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한 디스플레이 이다.
- [0023] 본 발명에 따른 디스플레이의 원리 및 동작은 도면 및 첨부된 설명을 참조하여 더 잘 이해될 수 있다.
- [0024] 지금 도면을 참조하면, 도2a 내지 도10c는 시야 방향(VD)에 따라 관찰자의 눈에 이미지를 제공하기 위한, 본 발명의 특정 실시예들의 교시에 따라 구성되고 구현된 디스플레이의 다양한 구현들을 도시한다. 일반적으로, 디스플레이는 투영방향(PD)을 따라 시준된 이미지 조명을 투영하는 이미지 프로젝터(20)(또는 다른 실례에 따른 60 또는 97), 및 제1 및 제2 주 표면을 갖는 적어도 부분적으로 투명한 재료로부터 형성되는 광학 요소(22)(또는 62,72 또는 110)을 포함한다. 광학 요소는 복수의 부분 반사 표면을 또는 "패킷들"(facets)(24, facets)(41,52,64,74 또는 90A)을 포함하는데, 이는 광학 요소 내부에 있으며, 조명 방향(illumination direction)을 따라 보았을 때, 평면(평평하고, 상호 평행하고 그리고 적어도 부분적으로 겹친다.
- [0025] 이미지 프로젝터는, 주 표면들 중 하나에 투영 방향(PD)이 입사되고 지향되어 광학 요소에 대해 배치되어서, 시준된 이미지 조명의 각각의 광선이 광학 요소로 들어가고 시야 방향(VD)을 따라 제1 주 표면을 빠져나가게끔 재지향되도록 적어도 2개의 부분 반사 표면들에 의해 부분적으로 반사된다.
- [0026] 본 발명은 도1의 종래 기술의 빔 스플리터 접근법과 비교하여 중요한 설계 유연성을 제공한다는 것이 즉시 명백할 것이다. 구체적으로 패킷들은 광학 요소의 주 표면들에 대해 비스듬한 각도로 배치되기 때문에, 광학 요소의 표면들에 대한 이미지 투영 방향의 입사를 얇게(shallow)하기 위해 적절하게 지향된 패킷들이 제공될 수 있으며, 그로인해 광학 요소는 일반적으로 직립 방향(upright orientation)으로 배치될 수 있어, 보다 컴팩트한 디자인을 가능하게 한다. 이와 관련하여, "얇은(얇게)" 각도는, "높은 입사각"(high incident angles)에 대응하는, 표면의 평면에 비교적 접근한 방향을 지칭하며, 입사각은 표면에 대한 국소 법선(local normal)에 대해 측정된다. 본 발명의 특정한 바람직한 구현에서, 투영(투사) 방향은 주 표면들 중 하나에 50도를 초과하는 각도로, 많은 경우 60도를 초과하여 입사된다. 특정한 바람직한 구현은 70도(± 5 도) 정도에서 투영 방향의 입사각을 이용한다.
- [0027] 전술한 다른 종래 기술의 "광-가이드" 접근법과 대조적으로, 본 발명은 광학 요소의 주 표면들 중 하나에 입사하는 자유 공간(공기를 통한) 이미지 투영을 이용하며, 여기서 대부분의 입사 이미지 조명은 광학 요소 내에서 전체 내부 반사(전반사)를 진행하도록 전환(diverted)되지 않는다. 이것은 광-가이드 내에서 이미지 전파에 대

한 이미지 품질을 유지하는데 필수적인 많은 설계와 요건 및 한계를 완화시킨다. 본 발명의 여타 장점은 하기 실례로부터 명백해 질것이다.

- [0028] 본 명세서에서 이미지 조명의 "투영(투사) 방향"(projection direction) 및 "시야 방향"(viewing direction)을 참조한다. 본 발명은 특히 투영된 이미지가 무한대로 시준되는 구현에 관한 것으로, 각 픽셀에 대한 이미지 정보가 평행한 빛의 광선(beam of light)이고, 픽셀의 포지션에 대응하는 각도로 전파됨을 의미한다. 이러한 이미지는 본질적으로 공기 중의 이미지의 시계(field of view,FOV)에 대응하는 각도 범위에 걸쳐있다. 증가된 굴절률(refractive index)을 갖는 매체 내에서,이 각도 범위는 압축되지만, 이미지 전파의 나머지 특성은 본질적으로 동일하게 유지된다. 제시(설명)의 단순화를 위해, 본문 및 도면에서 이미지의 중심 픽셀에 대응하는 유일한 "방향"을 참조하고, 이미지 조명의 전파를 설명하기 위한 대표적인 광선 방향으로 사용된다. 각각의 구현에서, 이미지는 실제로 이미지의 상이한 픽셀에 대응하여, 2차원의 대표 광선의 어느 한 측면에 대해 이미지 FOV에 걸쳐있는 많은 그러한 광선으로 구성된다(made up) 것을 이해해야한다. 4개의 최외측 코너 광선(FOV의 최외측 코너에서의 코너 픽셀 방향)에 의해 표현된 전체 FOV가 도 4 및 5의 실시예의 등축도에 도시되어 있다. 여기서도, 대표적인 "투영 방향" 및 "시야 방향"은 FOV의 중심 픽셀에 대한 투영 방향 및 시야 방향에 대응하지만, 이들 방향은, 도면의 어지러움을 피하기 위해, 도 4 및 도 5에 도시되지 않았다.
- [0029] 이제 도 2로 되돌아가면, 여기에 도시된 바와 같은 본 발명의 특정 실시예에 따르면, 이미지 프로젝터(20)(또는 "광 프로젝터")는 투영 방향(PD)을 따라 광학 요소(또는 "반사 플레이트")(22) 상으로 이미지를 투영(투사)한다. 반사 플레이트(22)는 내부 부분 반사 평행 패킷들(24, facets)을 포함한다. 프로젝터(점선)로부터의 광은 플레이트(22)(PD')에서 굴절되어, 시야 방향(VD)을 따라 관찰자의 눈을 향해 굴절되기 전에 VD'방향으로 패킷들(24)에 의해 반사된다.
- [0030] 이 구성에서 관찰자의 눈으로 편향되는 적절한 각도는 플레이트가 아닌 패킷들에 의해 결정된다. 다시 말해, 광학 요소(22)의 외부 표면에 대한 PD의 입사각 및 VD의 반사각은 동일하지 않다. 그러므로, 플레이트 각도는, 위의 도 1의 규칙적인 빔 스플리터 접근법 보다 더 가파를 수 있으며, 한편으로 반사 각도는 눈을 향하여 최적으로 유지된다. 또한, 수직 개구(vertical aperture)는, 바람직하게는 복수의 패킷들(24)에 의해 부분적으로 반사되는 각각의 광선에 의해 증대되고, 이에의해 이미지 프로젝터(20)의 투영 개구는 도 1의 배열을 구현하는 데 필요한 프로젝터의 광학 개구보다 작게 할 수 있다.
- [0031] 플레이트(22)는, 내부 패킷들(24)이 평행한 만큼 평편할 필요는 없으며, 도5를 참조하여 아래에 예시될 것이다. 따라서, 플레이트(22)는 평면 슬래브 또는 비평면 슬래브 일 수 있다. 이는 인체 공학적 및/또는 등각(conformal) 형태를 사용하여 디스플레이 디자인을 용이하게 한다. 또한, 광학 요소는 광학적으로 중성 플레이트(neutral plate)일 필요는 없고, 대안적으로 광학 파워(광 출력)를 갖는 렌즈로서 구현될 수 있다. 이는 증강 현실 디스플레이와 처방 안경(prescription eye glasses)이 완전히 통합될 수 있게 하며, 이는 가상 이미지(이 실례에서 눈에 가까운 표면을 두번 통과)와 현실 세계의 시야(각 표면을 한번 통과)에 대해 동일한 광학 보정 제공하도록 디자인(설계)될 수 있으며, 또는 예컨대, 가상 이미지에 대해 더 가까운 초점 거리가 요구되는 경우, 각각에 대해 상이한 광학 파워 보정을 제공하도록 디자인될 수 있다.
- [0032] 도 2의 구성에서 및 본 발명의 많은 다른 구성에서, 광은 얇은 각도(높은 입사각)에서 광학 요소로 굴절되어 수직에 가깝게 빠져나온다(emerges). 이러한 구성은 본질적으로 색수차를 발생시키는 경향이 있으며, 이는 바람직하게는 광학 요소 (22) 프로젝터의 주 표면에 도달하기 전에 이미지 조명을 수정하도록 배치된 색수차 보상 요소(26)를 이미지 프로젝터에 제공함으로써 적어도 부분적으로 보상된다. 색수차 보상 요소(또는 "색채 보정기")는, 예를 들어 프리즘 또는 회절 요소(diffractive element)일 수 있다. 임의의 잔류 색수차 및 시계 왜곡(field distortion)은 바람직하게는 투영된 이미지 자체에서 전자적으로 보정된다. 일부 경우에, RGB 레이저와 같은 비교적 좁은 스펙트럼 조명을 사용함으로써 이러한 보정이 촉진되어, 각 조명 색상의 분산이 방지된다. 색채 보정을 위한 이러한 배열은 본 명세서에 예시된 본 발명의 모든 구현에서 가장 바람직하게 사용되지만, 간략화를 위해 도면에서 생략된다.
- [0033] 이미 언급한 바와 같이, 패킷들(24, facets)은 (굴절된) 투영 방향(PD')에 대해 상당한 겹침(중첩)을 갖는 것이 바람직하며, 그에 따라 다수의 패킷들에서 투영된 이미지의 부분 반사가 발생함으로써, 1 차원에서 광학 개구 확장을 달성할 수 있다 (여기에 도면에 도시된 바와 같이 수직으로). 또한, 관찰된 이미지의 연속성을 보장하기 위해(어두운 선 없이), 패킷들은 (굴절된) 시야 방향(VD')으로, 및 VD' 방향 주위의 각도 시계에 걸쳐있는 이미지 광선에 대해, 최소한으로 연속적인 커버리지(즉, 이전의 것이 완료된 곳에서 시작하는 것)를 제공해야 한다.
- [0034] 반사된 출력 이미지의 균일성을 향상시키기 위해, 패킷들(24)은 시야 방향으로도 겹쳐져서(도면에 도시된 바와

같이) 불균일의 평균이 얻어지도록 하는 것이 바람직하다. 다시 말해, 상이한 패시들로부터 투영된 이미지의 상이한 부분들의 반사는 단일 출력 광선에 기여하도록 중첩된다. 특히 특정한 바람직한 구현에서, 투영 방향 및 시야 방향 중 하나 또는 모두에 대해 정확한 (정수) 개수의 겹쳐지는 패시들을 갖도록 패시들을 배열하는 것이 가능하고 바람직할 수 있다. 예컨대, 도 2의 실례에서, 점선은 주요 광선(굴절된 투영 방향 PD')이 플레이트에 들어가는 것을 나타내고, 정확히 4개의 패시들로부터 부분적으로 반사되는데, 각각의 패시 단부는 그 아래의 4개의 패시들의 시작부(start)와 함께, 즉 75 % 겹침으로 정렬된다. 굴절된 시야 방향(VD')은 정확히 2개의 패시들과 교차하며, 각각의 패시들의 단부는 VD 방향에 대해 그 아래 2개의 패시들의 시작부와 함께, 즉 50 % 겹침으로 정렬된다. 결과적으로, 플레이트를 가로지르는 주요 광선에 의해 반사된 전체 에너지(total energy)는 실질적으로 일정하며, 가상 이미지는 균일하게 조명된 처럼 나타난다.

[0035] 패시들(24)이 편광 선택적인 경우(많은 응용에서 S-편광이 바람직하다), 20으로부터 전달된 광은 패시들로부터 의도된 비율로 반사되도록 상응하게 편광되어야 한다. 편광 선택적 부분 반사 표면은, 해당 기술분야에서 잘 알려진 바와 같이, 다층 박막 유전체 코팅(multiple-layer thin film dielectric coatings)을 사용하거나, 와이어 그리드 편광기(wire grid polarizers)와 같은 구조적 편광기 층을 도입함으로써 생성될 수 있다. 하나의 편광의 높은 투과율을 지닌 편광 선택적인 부분 반사 패시들(facets)의 사용은 다수의 패시들을 통한 실제 세계 시야가 과도하게 감소되지 않게끔 지원한다.

[0036] 도 2a 및 2b를 참조하여 지금까지 설명한 구조는, 도시된 바와 같이 수직으로 투영된 이미지의 광학 개구 확장(optical aperture expansion)을 달성한다. 광학 요소(22)를 향해 투영된 이미지의 측방향 개구(lateral aperture)는 전체 아이 박스에 걸쳐 필요한 시계를 커버하기에 충분히 넓어야 한다. 측방향으로 연장된 투영 이미지는 3a-3d에 개략적으로 도시된 바와 같이, 다양한 방식으로 생성 될 수 있다.

[0037] 광학 확장 3a은 단일 측방향 개구(single lateral aperture)를 만드는 넓은 거울 및/또는 렌즈를 기반으로 한다. 이것은 개구 확장에 대한 종래의 접근 방식이지만 상대적으로 많은 볼륨이 필요할 수 있다. 횡방향 개구 배율(transverse aperture multiplication)을 이용하는 대안적인 접근법이 도 3b-3d 에 설명된다.

[0038] 도 3b의 실례에서, 광 가이드 요소는 중심으로부터 조명되고, US 7,643,214 B2에 보다 완전히 설명된 접근법을 사용하여, 측방향 개구 확장을 달성하기 위해 이미지 조명을 1 차원으로 유도한다.

[0039] 도 3c의 실례에서, 광-가이드 요소는 측면으로부터 조명되며, WO 2015/162611 A1에 보다 완전히 설명된 접근법을 사용하여, 측방향 개구 확장을 달성하게끔 이미지 조명을 1차원으로 유도하고, 또는 PCT 특허 출원 공개 번호 WO 2018/065975 A1에 설명된 바와 같이, 직사각형 단면 광 가이드를 사용하여 이미지 광을 2차원으로 유도하는데, 이는 본 출원의 우선일에 공개되지 않았으며 종래 기술을 구성하지 않는다.

[0040] 도 3d는, 본 발명의 추가적 양태에 따른 추가 옵션의 구현을 도시하며, 여기서 도 2a 및 도 2b의 양태와 본질적으로 유사한 배열이 제시되는데, 광학 요소(22) 상으로 투영하기 위한 횡방향 개구 배율을 달성하기 위해 회전된 지향으로 사용된다. 따라서, 여기에 개략적으로 도시된 구현에서, 프로젝터는 출력 방향 (OD)을 갖는 이미지 생성기(30)를 포함하고, 광학 개구 확장 배열은 투명한 재료로 형성되고 복수의 부분 반사 표면들(34)을 포함하는 광학 확장 요소(32)로서 구현되는데, 부분 반사 표면들은 광학 확장 요소의 내부에 있으며, 평면, 상호 평행하고 이미지 생성기 출력 방향에 대해 적어도 부분적으로 겹친다. 이미지 생성기(30)는 광학 확장 요소에 입사되는 출력 방향으로 광학 확장 요소(32)에 대해 배치되어 지향되므로, 투영 방향을 따라 광학 확장 요소를 빠져나가게끔 재지향될 수 있도록 시준된 이미지 조명의 각각의 광선은 광학 확장 요소에 들어가고 적어도 2개에 부분 반사 표면에 의해 부분적으로 반사된다. 이 배열은 이미지가 광학 개구 확장의 제2(수직으로 도시 됨)차원이 발생하는 광학 요소(22)에 도달하기 전에 광학 개구 확장의 제1(수평으로 도시 됨)차원을 달성한다.

[0041] 도 3b-3d에 도시된 각각의 옵션에서, 광이 측방향에서 수직 개구 확장으로 전달됨에 따라 편광이 변경될 수 있다. 이것은 편광 처리 구성 요소(28)(과장-플레이트 및/또는 편광기)를 사용하여 달성될 수 있다.

[0042] 이제 도 4를 참조하면, 이는 평면형 수직 개구-배율 플레이트(40)가 내부 평행 패시들(41)을 갖으며 수직에 대해 20도로 기울어지는, 시스템의 예시적인 차원(exemplary dimensions)을 포함하는 본 발명의 예시적인 구현을 도시한다. 시계는 32° x 18° 로 정의되며, 플레이트로부터 눈 회전 중심(42)까지 거리는 45mm로 정의된다. 측방향 개구 확장은 내부 패시들(45)을 갖는 1D 광 가이드(44)에 의해 제공되며, 아래쪽으로 투영하는 출력 개구를 생성한다. 하나의 실례에서 이 프로젝터 배열의 크기는 15.45mm x 40.73mm 이다. 이 실례에서, 프로젝터의 광학 확장 배열은 도 3c의 원리에 따라 구현된다. 광-가이드(44)는 광학에 의해 또는 작은 광학 이미지 생성기 및 이와 관련된 시준 광학(48)에 의해 조명되는 다른 길이방향 개구 확장(46)을 통해 조명될 수 있다.

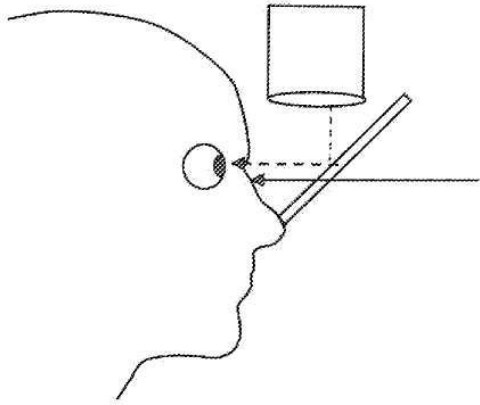
- [0043] 구현에서, 색수차는 대항하는 색수차를 발생시키기 위해 광-가이드(44)를 기울임(tilting)(묘사되지 않음)에 의해 보상될 수 있다. 따라서, 예컨대, 여기에 도시된 구현에서, 광-가이드(44)는 이 도면에 도시된 바와 같이 길이방향을 따라 축을 중심으로 시계 방향(clockwise direction)으로 기울어질 것이다.
- [0044] 이제 도 5를 참조하면, 이는 플레이트(50)(평면 플레이트(40)와 동등한)가 만곡된, 도 4와 유사한 배열을 도시하는데, 한편으로는 내부 패킷들(52, facets)이 여전히 평면이며 평행하다. 보여지는 이미지는 플레이트 내의 내부 패킷들로부터 반사되기 때문에, 표면 만곡(곡률)(curvature)은 반사된 광에 매우 작은 영향을 미친다. 따라서 이 구성은 왜곡을 최소화하면서 개구 배열과 함께 무한대에 초점을 맞춘 가상 이미지의 시야 방향으로의 반사를 허용한다. 가상 이미지의 작은 잔류 왜곡은 보상 요소(54)에 의해 사전-보상될 수 있으며, 이는 광학 요소 설계 분야에서 잘 알려진 표준 소프트웨어 도구를 사용하여, 전형적으로 컴퓨터로 구현되는 수치 방법을 사용함으로써 각 플레이트(50)의 특정 형태를 위해 설계 될, 비점 수차 (astigmatic) 또는 자유-형태 렌즈(free-form lens)로서 구현된다.
- [0045] 지금까지 예시된 본 발명의 모든 구현들은, "후방 조명된" 구현들을 보여 주었는데, 즉, 시야 방향을 따라 투영된 이미지의 진입(entry)과 반사된 이미지의 퇴출(exit)이 동일한 표면에서 발생하고 관찰자의 눈을 향한다. 그러나, 이들 실시 예들 모두에 대한 대안적인 구현은, 이미지 투영이 광학 요소의 측면으로부터, 더 나아가 관찰자의 눈으로부터 발생하는 "전면 조명" 구현을 이용할 수 있는 것에 유의해야 한다. 이러한 형태의 예시적인 구현이 도 6a 및 6b를 참조하여 여기에 도시되어 있다. 여기에서 프로젝터(60)는 관찰자의 눈으로부터 플레이트(62)에서 대항하는 측에 위치된다. 내부 패킷(64)은 관찰자를 향하여 가상 이미지를 반사하도록 최적화된 각도로 배치된다. 광학 파워의 유무에 관계없이 광학 개구 및 평면 또는 비평면 광학 요소의 횡 방향 팽창과 관련하여 전술한 모든 옵션은 전면 조명 기하학적 구조(front-illuminated geometry)를 사용하여 동일하게 적용 가능하다.
- [0046] 이제 도 7을 참조하면, 본 발명은, 패킷에 의해 전달되는 조명의 적어도 일부가 내부 반사에 의해 갇히거나 "유도"됨이 없이 광학 요소를 통과하는 방식으로 이미지 조명이 광학 요소에 도입된다는 점에서 특정 종래 기술의 진술한 광-가이드 접근법과 구별된다. 그럼에도 불구하고, 이미지 조명의 일부가, 광학 요소의 주요 면(들)으로부터 하나 이상의 내부 반사를 진행하도록 플레이트 내에서 반사되는 구현들도 본 발명의 범주 내에 속한다. 그러한 실례가 도 7에 도시되어 있다. 이 경우, 예시적인 이미지 조명의 광선(70)은 광-가이드(72)로 들어가고 패킷(74) 상의 지점(73)에서 충돌(impinges)한다. 패킷에 의해 반사된 후, 광은 플레이트/광-가이드의 주 표면에 대해 얽은 각도로 되어, 광-가이드(72) 내에서 전체 내부 반사(TIR)에 의해 전파된다. 패킷(74)에 의한 제2 반사(76)는 관찰 방향을 향해 시야 방향(VD)을 따라 라인(78)을 따라 광을 투영한다.
- [0047] 따라서, 이 실시 예에서, 이전 실례와 달리, 패킷 중 하나에서의 제1 반사는 시야 방향을 따라 이미지 조명을 지향하지 않는다. 대신에, 패킷 중 하나로부터의 제1 반사는 이미지 조명 광선의 일부를 재지향하여 플레이트의 주 표면들 중 적어도 하나에서 전체 내부 반사를 진행한다. 그 다음 광선들은 다른 패킷들로부터의 적어도 하나의 추가 반사에 의해 재지향되어 시야 방향을 따라 제1 주 표면을 빠져 나간다. 여기서 조명은 플레이트의 주 표면(들)으로부터 하나 이상의 내부 반사를 진행한다는 의미에서 "부분적으로 유도되는" 것으로 지칭된다. 그럼에도 불구하고, 이미지 조명은 플레이트 내에서 비교적 짧은 거리를 따라 통과하기 때문에, 광학 성능은 플레이트의 주 표면의 광학 품질 및 평행도의 결합에 훨씬 덜 민감하다. "제1 반사"를 담당하는 패킷은 "추가 반사"를 담당하는 패킷과 본질적으로 유사하며, 특히 바람직한 구현에서, 부분 반사 표면 중 적어도 하나는 이미지 조명의 제 1 광선에 대한 제1 반사 및 이미지 조명의 제2 광선에 대한 추가 반사 모두에 대해 기여한다.
- [0048] 특히, 도 7의 실시 예에서, 패킷들이 (굴절된)투영 방향에 대해 반드시 겹쳐지는것은 아니며, 개구 확장은 제1 반사 광선에 대한 패킷들의 효과적인 중첩 및/ 또는 플레이트의 주 표면으로부터의 반사에 의해 부분적으로 달성된다. 굴절된 투영 방향에 대한 패킷들의 연속적인 커버리지가 전형적으로 바람직하다. 모든 실시예에서, 굴절된 시야 방향에 대한 패킷들에 의한 연속적인 커버리지는 가상 이미지에서 어두운 선들(암선들)(dark lines)을 피하기 위해 매우 바람직하다.
- [0049] 본 발명의 다양한 특히 바람직한 실시 예에 따르면, 광학 요소 내의 내부 반사에 의해 광의 유도가 최소이거나 필요하지 않다. 따라서, 본 발명은 도입될 수 있는 일부 왜곡 및 복굴절(birefringence)에도 불구하고 플라스틱과 같은 매체를 사용한 구현에 적합하다. 플라스틱을 사용하여 필요한 패킷들을 포함하는 광학 요소를 제조하는 다양한 비-제한적인 접근법이 도 8a 및 도 8b를 참조하여 여기에 설명된다.
- [0050] 도 8a 에서, 부분(80)은 성형 플라스틱으로 제조되며, 적절한 반사기 코팅들(81)로 코팅된다. 보상부(82)는 또

한 동일한 굴절률을 갖는 플라스틱으로 제조되며, 둘은 함께 부착된다.

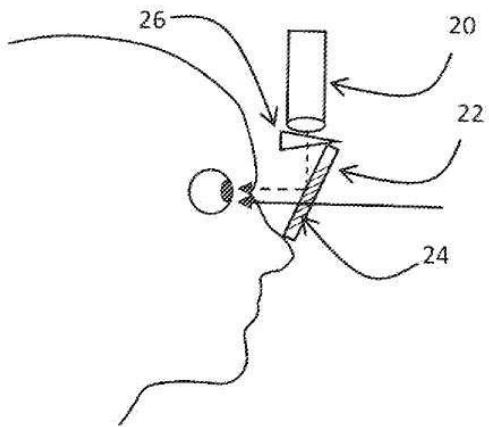
- [0051] 도 8b는, 부분(80) 및 반사기 코팅들(81)이 상기와 같이 제공되는, 대안적인 방법을 도시하는데, 보상부(84)가, 부분(80)과 단일 구조(unitary structure)를 형성하도록 직접 성형되는 몰드(86) 내에 배치된다.
- [0052] 앞서 언급한 바와 같이, 본 발명의 다양한 구현들의 부분 반사 표면은 편광 선택 레이어들로서 구현될 수 있다. 도 9a-9c는 편광 처리(polarization management)를 이용하는 특정 구현을 보다 상세하게 다룬다.
- [0053] 패싯 코팅(facet coatings)은 부분 반사를 제공하는 유전체(dielectric) 또는 금속 코팅에 기반할 수 있다. 많은 경우에, 이 코팅은 고유한 편광 의존성을 가질 것이다. 현실 세계로부터의 광은 패싯 코팅에 의해 반사되지 않는 반면, 프로젝터로부터의 광의 일부는 관찰자의 눈에 반사될 것이다. 도 9a에서, 이런 선택적 반사는 P편광을 전달하고 S를 반사하는 편광 선택 코팅을 사용함으로써 달성된다. 편광기(88)는 플레이트(22)의 전방에 배치된다. 프로젝터는 관찰자를 향해 패싯들에 의해 반사되는 S편광을 전달하고, 한편으로 편광기는 외부 세계로부터의 P편광 만을 전달한다.
- [0054] 도 9b 및 9c 는 1.6의 굴절률을 갖는 플레이트의 패싯들에 대해 사용될 수 있는 2가지 형태의 유전체 코팅들에 대한 반사율 특성(reflectivity properties)을 도시한다. 입사각이 50도에 가까울수록, P의 투과(율)와 S의 반사 사이에 가장 높은 분리가 있다. 따라서 이 범위의 각도, 애컨대, 45-55° 범위는 패싯들(에 대한 법선)과 시야 방향 사이의 경사에 대해 좋은 각도이다.
- [0055] 더 큰 각도 범위에 대해 패싯들의 특성을 보다 유리하게 하는 다른 코팅들이 사용될 수 있다. 추가 옵션으로는 와이어-그리드 필름(예컨대, 미국 유타주의 Moxtek Inc.로부터 상업적으로 이용가능) 또는 복굴절 유전체 코팅(예컨대, 미국 미네소타주의 3M Company로부터 상업적으로 이용가능)의 사용을 포함한다.
- [0056] 브루스터 각도(Brewster angle)에 근접하도록 플레이트 표면 상의 입사각을 설계함으로써 프로젝터로부터 플레이트로의 P 편광된 광의 투과(율)을 향상시킬 수 있다. 예컨대, $n = 1.8$ 인 경우 이 각도는 약 61도 이다.
- [0057] 마지막으로, 도 10a 및 도 10b에서, 유도되지 않은 이미지 조명의 투영을 사용하는 본 발명은 유도 이미지 프로젝터(guided image projector)와 조합하여 구현될 수 있음을 유의해야한다.
- [0058] 도 10a는 패싯들(90A)을 갖는 광-가이드를 도시한다. 유도-이미지 프로젝터(92)는, 96A로서 반사하여 98A로서 광-가이드에서 결합하는 이미지 광(94A)을 주입한다. 동일한 접미사B를 지닌 번호를 갖는 동일한 광선의 벡터가 도 10b에 도시되어 있다.
- [0059] 본 발명의 하나의 양태에 따르면, 제2 프로젝터(97)는 투영 방향(PD)을 따라 광-가이드 상으로 비유도 이미지 조명을 투영하는 시스템에 포함된다. 광(100)은 광-가이드(102A) 내로 굴절되어 114A로서 패싯(90A)으로부터 반사된다. 116A로서 외부 면으로부터 반사된 후, 광선은 118A로서 패싯(90A)으로부터 다시 한번 반사된다. 광선(118A)은 94A와 동등(평행)하고, 120A로서 반사될 것이며, 시야 방향(VD)으로 122A(98A와 동등한)로서 광-가이드에서 결합될 것이다. 이 반사 프로세스의 벡터는 도 10c의 각도 공간(angular space)으로 도시되어 있는데 동일한 접미사B를 지닌 번호이다.
- [0060] 상기 설명은 단지 실례로서 의도된 것이며, 첨부된 청구 범위에 정의된 바와 같이 본 발명의 범주 내에서 많은 다른 실시예가 가능하다는 것이 이해 될 것이다.

도면

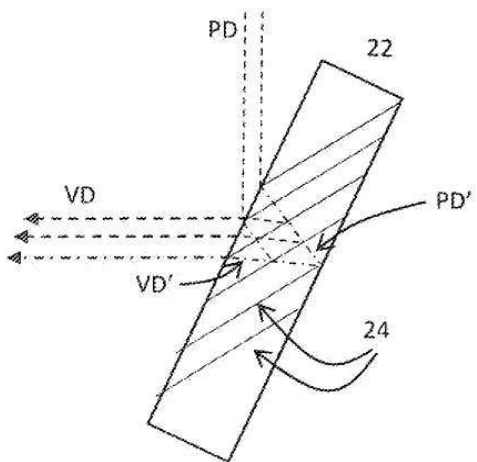
도면1



도면2a

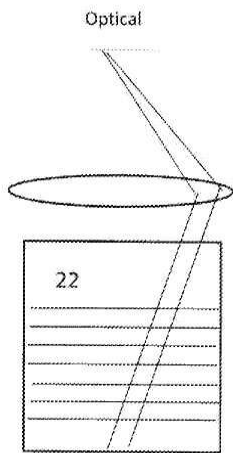


도면2b



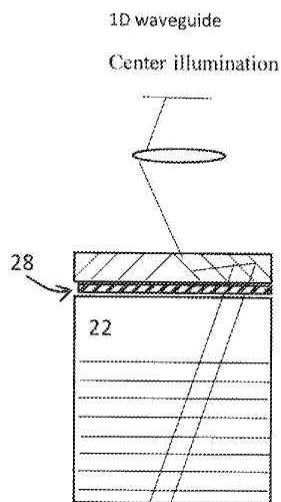
도면3a

Front view, transverse aperture



도면3b

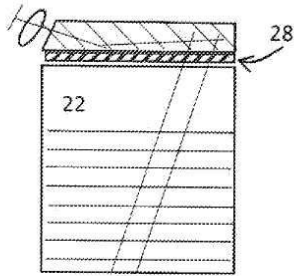
Front view, transverse aperture



도면3c

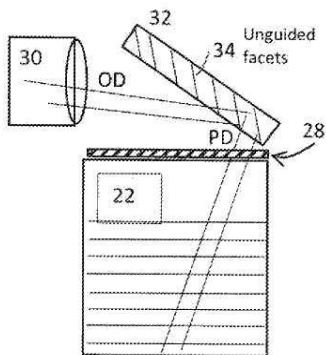
Front view, transverse aperture

Side illumination
1D waveguide or
2D waveguide

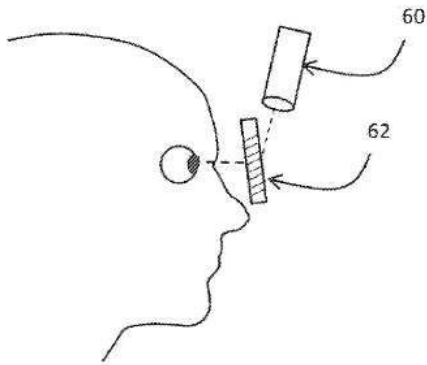


도면3d

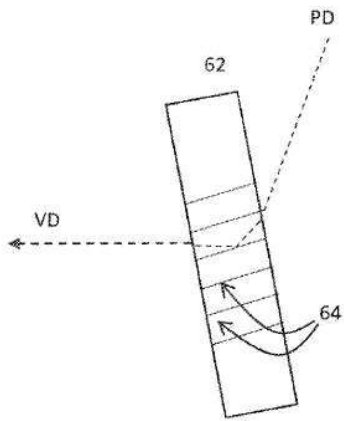
Front view, transverse aperture



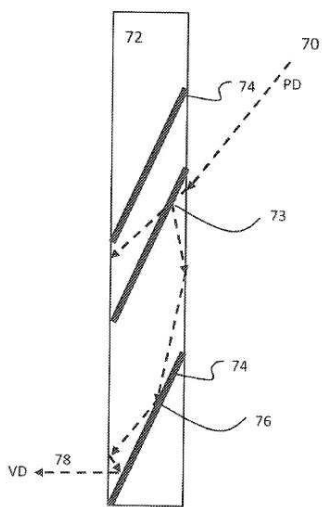
도면6a



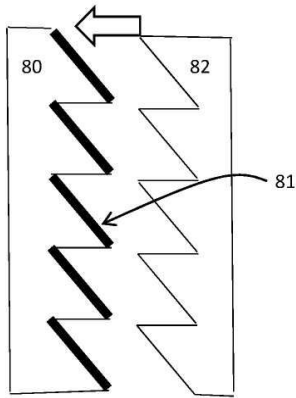
도면6b



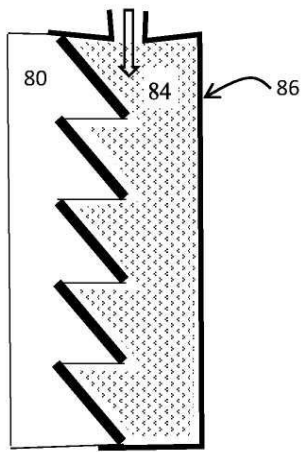
도면7



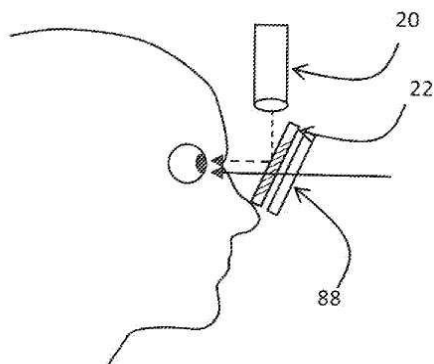
도면8a



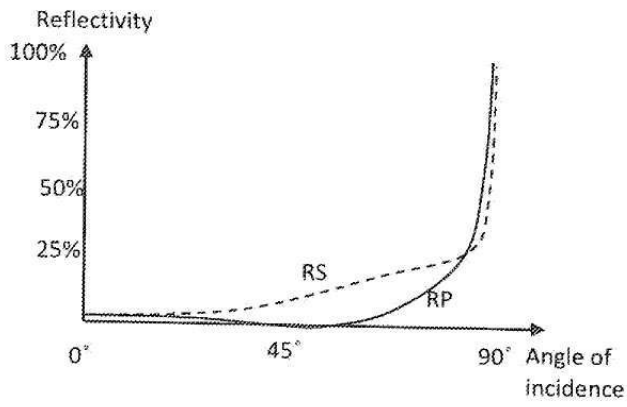
도면8b



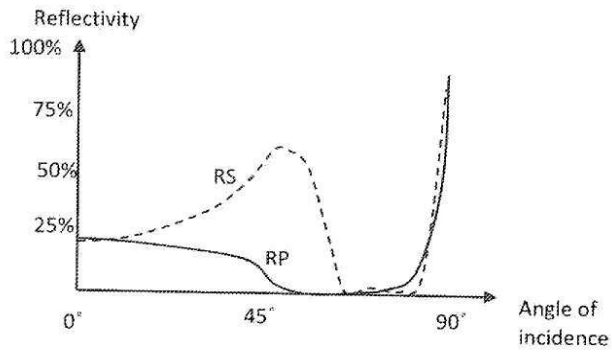
도면9a



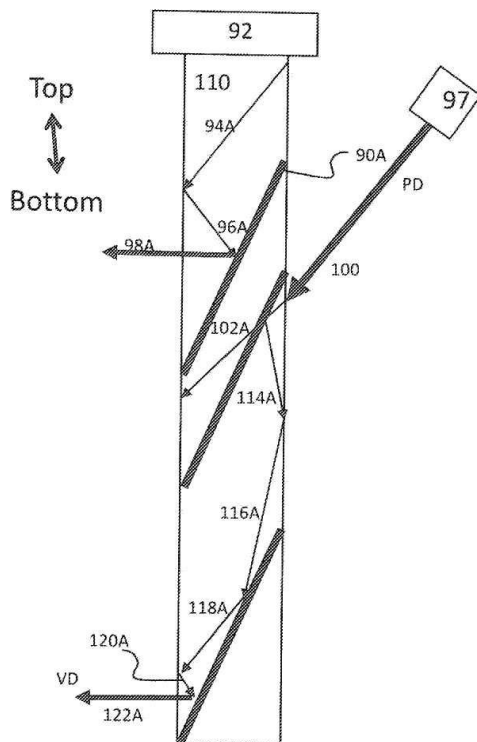
도면9b



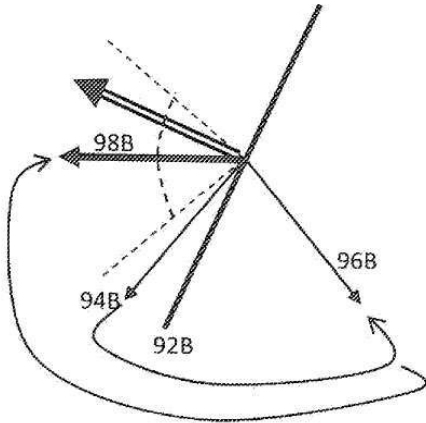
도면9c



도면10a



도면10b



도면10c

