



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월17일
(11) 등록번호 10-2719374
(24) 등록일자 2024년10월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) G02B 27/14 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 27/14 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7000011
- (22) 출원일자(국제) 2020년07월05일
심사청구일자 2023년06월02일
- (85) 번역문제출일자 2022년01월03일
- (65) 공개번호 10-2022-0027928
- (43) 공개일자 2022년03월08일
- (86) 국제출원번호 PCT/IL2020/050753
- (87) 국제공개번호 WO 2021/001841
국제공개일자 2021년01월07일
- (30) 우선권주장
62/870,699 2019년07월04일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
US20130250431 A1*
US20170285348 A1*
EP01849033 A1
US20170097507 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
루머스 리미티드
이스라엘 7403631 네스 지오나, 핀하스 사피르 스트리트 8
- (72) 발명자
로넨 에이탄
이스라엘 레호보트 하임 바이츠만 13/13
크리키 로넨
이스라엘 7140903 로드 에피타. 29 하프라힘 스트리트 3
마이클스 다니엘
이스라엘 5252007 라맛 간 자보틴스키 스트리트 7
닥터 마르크 프리드만 내
- (74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 3 항

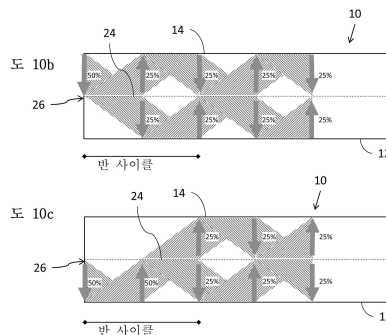
심사관 : 박정욱

(54) 발명의 명칭 **대칭 빔 증배를 이용한 이미지 도파관**

(57) 요약

이미지를 디스플레이하기 위한 광학 시스템은 내부 반사에 의한 이미지 조명의 전파를 지원하는 2개의 주요 표면들(12, 14)을 갖는 도파관(10)을 포함한다. 방출 구성(16, 18)은 사용자의 눈을 향해 이미지 조명을 방출한다. 이미지 프로젝터(20)는 내부 반사에 의해 전파되도록 도파관 내에 이미지 조명을 도입하도록 연결된다. 도파관은 또한, 도파관의 내부에 있고 그의 주요 표면들에 평행한 하나 이상의 빔 스플리터들(24)을 갖는, 방출 영역과 구별되는 대칭 빔 증배기 영역을 포함한다. 대칭 빔 증배기는 압축된 입사 구성 이후에 공액 이미지를 채우기 위해, 그리고/또는 2개의 광학적 개구 연장 구성들(32, 34) 사이의 중간 스테이지(36)로서 도파관을 이미지로 채우기 위해 사용될 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류
G02B 2027/0178 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

사용자의 눈에 이미지를 디스플레이하기 위한 광학 시스템으로서,

(a) 주요 외부 표면들(12, 14)에서의 내부 반사에 의해 광 가이드 광학 요소(LOE)(10) 내에서의 이미지 조명의 전파를 지원하도록 평행한 2개의 평탄한 상기 주요 외부 표면들(12, 14)을 갖는 광 가이드 광학 요소(LOE)(10);

(b) 상기 LOE 내에서 제1 전파 방향으로 전파되도록, 상기 LOE 내로 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명을 도입하기 위한 입사 영역;

(c) 상기 LOE(10)의 방출 영역에 배치되고, 상기 사용자의 눈(100)을 향해 상기 LOE(10)로부터 상기 이미지 조명의 적어도 일부를 방출하도록 구성된, 방출 구성;

(d) 상기 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명을 생성하기 위한 이미지 프로젝터(20) - 상기 이미지 프로젝터(20)는 내부 반사에 의해 상기 LOE(10) 내에 전파되도록 상기 LOE(10) 내로 상기 이미지 조명을 도입하기 위해 상기 LOE(10)에 광학적으로 연결됨 -;

(e) 상기 LOE와 연관되고, 상기 LOE 내에서 상기 방출 구성을 향해 제2 전파 방향으로 전파되도록 상기 제1 전파 방향으로부터의 상기 이미지 조명을 점진적으로 재지향하도록 구성된, 개구 연장 구성; 및

(f) 상기 개구 연장 구성 및 상기 방출 영역 사이에 배치된 대칭 빔 증배기 영역 - 상기 빔 증배기 영역은 n 개의 내부 평면 빔 스플리터들(24)을 갖되, 여기서 n 은 1보다 큰 정수이고, 각각의 빔 스플리터(24)는 상기 LOE(10)의 내부에 있고 상기 주요 외부 표면들(12, 14)에 평행하며, 상기 n 개의 빔 스플리터들(24)은 상기 주요 외부 표면들(12, 14) 사이의 상기 LOE(10)의 두께를 동일한 두께의 $(n+1)$ 개의 층들로 세분함 -

을 포함하고,

각각의 빔 스플리터(24)는 내부 반사에 의해 LOE(10) 내에서 전파되는 이미지 조명을 위한 $1/(i+1)$ 로 주어진 반사율을 가지며, 여기서 i 는 1부터 n 까지의 i 에 대한 순차적인 순차 빔 스플리터들(24)을 위한 인덱스인, 광학 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 방출 구성은 상기 LOE(10) 내에 배치되고 상기 주요 외부 표면들(12, 14)에 대해 경사지게 배향된 복수의 상호 평행한 부분 반사면들(16)을 포함하는, 광학 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 방출 구성은 상기 LOE(10)의 방출 영역에 배치되고 상기 사용자의 눈(100)을 향해 상기 이미지 조명의 일부를 점진적으로 방출하도록 구성된 적어도 하나의 회절 광학 요소(18)를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 광학 시스템에 관한 것으로, 특히, 조명의 빔이 대칭적으로 증배되는(multiplied) 도파관을 이용하는 이미지 디스플레이 시스템에 관한 것이다.
- [0002] 본 발명의 구현예들을 위한 예시적인 맥락에서, 다양한 광학 디스플레이들은 사용자의 눈에 대항하는 이미지 프로젝터로부터, 대개는 부분 반사체들의 배열에 의해 또는 회절 광학 요소에 의해 눈을 향해 방출되는 이미지를 전달하기 위한 광 가이드 광학 요소(LOE: light-guide optical element)(상호 교환 가능하게 "도파관" 또는 "기관"으로 지칭됨)를 채용한다.
- [0003] 보이는 이미지의 균일성을 달성하기 위하여, 도파관은 투영된 이미지 및 그의 공역 이미지로 균일하게 "채워져야(filled)" 한다. 이는 이미지 프로젝터의 크기 및 광학 디자인의 다양한 다른 양태들에 대한 설계 제한을 부과한다.

발명의 내용

- [0004] 본 발명은 대칭 빔 증배(beam multiplication)를 이용한 광 가이드 광학 시스템이다.
- [0005] 본 발명의 일 실시예의 교시에 따르면, 사용자의 눈에 이미지를 디스플레이하기 위한 광학 시스템이 제공되며, 상기 광학 시스템은, (a) 주요 외부 표면들에서의 내부 반사에 의해 광 가이드 광학 요소(LOE) 내에서의 이미지 조명의 전파를 지원하도록 평행한 2개의 평탄한 상기 주요 외부 표면들을 갖는 광 가이드 광학 요소(LOE), (b) 상기 LOE의 방출 영역과 연관되고, 상기 사용자의 눈을 향해 상기 LOE로부터 상기 이미지 조명의 적어도 일부를 방출하도록 구성된 방출 구성, 및 (c) 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명을 생성하기 위한 이미지 프로젝터를 포함하며, 상기 이미지 프로젝터는 내부 반사에 의해 상기 LOE 내에 전파되도록 상기 LOE 내로 상기 이미지 조명을 도입하기 위해 상기 LOE에 광학적으로 연결되고, 상기 LOE는 상기 방출 영역과는 구별되는 대칭 빔 증배기 영역을 더 포함하며, 상기 대칭 빔 증배기 영역은 n개의 내부 평면 빔 스플리터들을 갖되, n은 양의 정수이고, 각각의 빔 스플리터는 상기 LOE의 내부에 있고 상기 주요 외부 표면들에 평행하며, 상기 n개의 빔 스플리터들은 상기 주요 외부 표면들 사이의 상기 LOE의 두께를 동일한 두께의 (n+1)개의 층들로 세분하고, 상기 LOE 및

/또는 상기 LOE에 대한 이미지 프로젝터의 연결은 상기 이미지 조명이 상기 대칭 빔 증배기 영역으로 들어가면서, (i) 상기 시준된 이미지의 공액상이 없는 상기 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명으로, 또는 상기 시준된 이미지 없이 상기 시준된 이미지의 공액상으로, 상기 층들 중 적어도 2개의 층들을 채우거나, 또는 (ii) 상기 시준된 이미지 및 상기 시준된 이미지의 공액상 모두에 대응하는 이미지 조명으로 상기 층들 중 하나만을 채우도록 구성된다.

- [0006] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 LOE는 상기 주요 외부 표면들에 수직인 입력 개구를 갖고, 상기 n개의 빔 스플리터들은 상기 입력 개구까지 연장되며, 상기 이미지 프로젝터는 상기 입력 개구를 상기 시준된 이미지의 공액상이 없는 상기 시준된 이미지로 채우도록 상기 입력 개구에 광학적으로 연결된다.
- [0007] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, LOE는 층들 중 하나에 대응하는 입력 개구를 갖고, 이미지 프로젝터는 시준된 이미지 및 시준된 이미지의 공액상을 갖는 층들 중 하나를 채우기 위해 입력 개구에 광학적으로 결합된다.
- [0008] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, n은 1이고, 상기 빔 스플리터의 반사율은 1/2이다.
- [0009] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, n은 2이고, 상기 빔 스플리터들 중 제1 빔 스플리터의 반사율은 1/2이고, 상기 빔 스플리터들 중 제2 빔 스플리터의 반사율은 1/3이다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 방출 구성은 상기 LOE 내에 배치되고 상기 주요 외부 표면들에 대해 경사지게 배향된 복수의 상호 평행한 부분 반사면들을 포함한다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 방출 구성은 상기 LOE와 연관되고 상기 사용자의 눈을 향해 상기 이미지 조명의 일부를 점진적으로 방출하도록 구성된 적어도 하나의 회절 광학 요소를 포함한다.
- [0012] 또한, 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 사용자의 눈에 이미지를 디스플레이하기 위한 광학 시스템이 제공되며, 상기 광학 시스템은, (a) 주요 외부 표면들에서의 내부 반사에 의해 광 가이드 광학 요소(LOE) 내에서 이미지 조명의 전파를 지원하도록 평행한 2개의 평탄한 상기 주요 외부 표면들을 갖는 광 가이드 광학 요소(LOE), (b) 상기 LOE 내에서 제1 전파 방향으로 전파되도록, 상기 LOE 내로 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명을 도입하기 위한 입사 영역, (c) 상기 LOE의 방출 영역과 연관되고, 상기 이미지 조명의 적어도 일부를 상기 LOE로부터 상기 사용자의 눈으로 방출하도록 구성되는 방출 구성, (d) 상기 LOE와 연관되고, 상기 LOE 내에서 상기 방출 구성을 향해 제2 전파 방향으로 전파되도록 상기 제1 전파 방향으로부터의 상기 이미지 조명을 점진적으로 제지향하도록 구성되는 개구 연장 구성, 및 (e) 상기 개구 연장 구성 및 상기 방출 영역 사이에 배치되고, n개의 내부 평면 빔 스플리터들을 갖는 대칭 빔 증배기 영역을 포함하며, n은 양의 정수이고, 각각의 빔 스플리터는 상기 LOE의 내부에 있고 상기 주요 외부 표면들에 평행하며, 상기 n개의 빔 스플리터들은 상기 주요 외부 표면들 사이의 상기 LOE의 두께를 동일한 두께의 (n+1)개의 층으로 세분한다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 n개의 내부 평면 빔 스플리터들은 상기 LOE 내에서 전파되는 상기 이미지 조명에 대응하는 각도 범위에 대한 제1 반사율과, 작은 입사각에 대한 상기 제1 반사율보다 낮은 제2 반사율을 갖는, n개의 각도-선택적 빔 스플리터들로서 구현된다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 개구 연장 구성은 상기 LOE 내에 배치되고 상기 주요 외부 표면들에 대해 경사지게 배향된 복수의 상호 평행한 부분 반사면들을 포함한다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 방출 구성은 상기 LOE 내에 배치되고 상기 주요 외부 표면들에 대해 경사지게 배향된 복수의 상호 평행한 부분 반사면들을 포함하며, 상기 방출 구성의 부분 반사면들은 상기 개구 연장 구성의 상기 부분 반사면들에 평행하지 않다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 개구 연장 구성은 상기 LOE와 연관되고 상기 이미지 조명의 일부를 상기 제1 전파 방향으로부터 상기 제2 전파 방향으로 점진적으로 제지향시키도록 구성된 적어도 하나의 회절 광학 요소를 포함한다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예의 다른 특징에 따르면, 상기 방출 구성은 상기 LOE와 연관되고 상기 사용자의 눈을 향해 상기 이미지 조명의 일부를 점진적으로 방출하도록 구성된 적어도 하나의 회절 광학 요소를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0018] 본 발명은 단지 예로서 첨부된 도면들을 참조하여 본원에서 설명된다.

도 1a 및 도 1b는 반사 및 회절 빔 지향 성분들을 각각 사용하는, 본 발명의 일 실시예에 따른 대칭 빔 증배를 이용한 이미지 투영 도파관 시스템을 도시한 개략적인 측면도이다.

도 2는 통상적인 커플링 구조에 따른 커플링 웨지(coupling-in wedge)를 이용하는 도파관의 개략적인 측면도이다.

도 3a 및 3b는 도파관의 완전한 채움 및 부분적인 채움을 각각 달성하는, 도 2의 도파관 내로 도입된 상이한 크기의 조명 개구의 결과들을 도시한다.

도 4a 및 도 4b는 도 1a의 대칭 빔 증배를 이용한 이미지 투영 도파관 시스템의 제조 단계의 개략적인 표현이다.

도 5a 내지 도 5c는 제어된 비대칭성을 나타내는, 도 1a 또는 도 1b의 도파관에 대한 입사 구성의 개략적인 표현이다.

도 6은 도 1a의 대칭 빔 증배를 이용한 이미지 투영 도파관 시스템에 이미지 프로젝터를 연결하기 위한 제1 바람직한 구성을 도시하는 개략적인 측면도이다.

도 7은 도 1a의 대칭 빔 증배를 이용한 이미지 투영 도파관 시스템에 이미지 프로젝터를 연결하기 위한 제2 바람직한 구성을 도시하는 개략적인 측면도이다.

도 8a 및 도 8b는 각각, 광선 추적 시뮬레이션을 위해 사용되는 모델에 대응하는 도 7의 구성의 측면도 및 정면도이다.

도 8c는 비대칭 입사 이미지 조명을 위한 이미지 투영 도파관 시스템의 출력을 도시하는 도 8a와 유사한 도면이다.

도 9는 공액 이미지가 없는 비대칭 입사 이미지 조명을 위한 도파관 내의 조명 패턴의 개략도이다.

도 10a는 본 발명의 일 양태에 따른 대칭 빔 증배기의 효과를 나타내는 도 9와 유사한 개략도이다.

도 10b 및 도 10c는 도 10a와 유사한 도면이지만, 대칭 빔 증배기를 통해 전파될 때 개구의 각각의 부분의 조명으로부터 발생하는 강도 분포를 개별적으로 도시하는 도면들이다.

도 11a 및 도 11b는 도파관의 두께를 3개의 층으로 분할하는 2개의 빔 스플리터들을 갖는 대칭 빔 증배기에 대한 도 10b 및 도 10c와 유사한 도면이고, 여기서 2개의 층들은 공액 이미지 없이 이미지 조명으로 조명된다.

도 12a는 본 발명의 다른 양태에 따른, 이미지 프로젝터가 이미지 및 그의 공액상 모두를 이용하여 얇은 도파관을 채우고, 이어서 이미지가 대칭 빔 증배기에 의해 더 두꺼운 도파관으로 연장되는 광학 배열의 개략적인 측면도이다.

도 12b 및 도 12c는 도 12a의 대칭 빔 증배기를 통한 이미지 및 그의 공액상의 전파를 도시하는 도 11a 및 도 11b와 유사한 도면이다.

도 13a는 도파관의 두께를 4개의 층으로 분할하는 3개의 빔 스플리터들을 갖는 대칭 빔 증배기에 대한 도 10c와 유사한 개략적인 도면으로서, 대칭 빔 증배기를 통과하는 개구의 하나의 층 내의 하나의 이미지의 전파를 도시한다.

도 13b 및 도 13c는 각각의 빔 스플리터에 대해 0.25 또는 0.5의 동일한 반사율을 사용하는 효과를 도시한 도 13a와 유사한 도면이다.

도 14a 및 도 14b는 각각, 개구 연장의 2개의 스테이지들 사이에 중간 대칭 빔 증배기를 사용하는 2차원 광학 개구 연장을 위한 도파관의 측면도 및 정면도이다.

도 15a 및 도 15b는 각각, 대칭 빔 증배기가 없는, 및 대칭 빔 증배기가 있는, 도 14a의 도파관 내의 조명의 분포를 도시한 개략적인 측면도이다.

도 16은 입사 개구와 연관된 제1 대칭 빔 증배기, 및 광학적 개구 연장의 2개의 스테이지들 사이인 중간에 위치한 제2 대칭 빔 증배기를 사용하는, 2차원 개구 연장을 이용한 디스플레이 시스템의 개략적인 등각 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명은 대칭 빔 증배(beam multiplication)를 이용한 광 가이드 광학 시스템이다.
- [0020] 본 발명에 따른 광학 시스템의 원리 및 동작은 도면 및 첨부된 설명을 참조하여 더 잘 이해될 수 있다.
- [0021] 이제 도면을 참조하면, 도 1a 및 도 1b는 눈 움직임 상자(EMB: eye motion box)(102)로 지칭되는 영역 내에 위치한 사용자의 눈(100)으로 이미지를 디스플레이하기 위한 광학 시스템의 전형적인 구현예를 개략적으로 도시한다. 시스템은 주요 외부 표면에서 내부 반사에 의해 광 가이드 광학 요소(LOE: light-guide optical element)("도파관" 또는 "기판"으로 상호 교환 가능하게 지칭됨) 내에서의 이미지 조명의 전파를 지원하도록 평행한 2개의 평탄한 주요 외부 표면들(12, 14)을 갖는 LOE(10)를 포함한다. 방출(coupling-out) 구성은 LOE(10)의 방출 영역과 연관되고, 이미지 조명의 적어도 일부를 사용자의 눈(100)을 향하여 LOE로부터 방출하도록 구성된다. 특정 실시예들에서, 방출 구성은 도 1a에 도시된 바와 같이, LOE 내에 배치되고, 주요 외부 표면들에 대해 경사지게 배향된 상호 평행한 부분 반사면들(16)의 세트로서 구현된다. 다른 실시예들에서, 도 1b에 도시된 바와 같이, 방출 구성은 LOE(10)와 연관된 적어도 하나의 회절 광학 요소(18)로서 구현되고, 사용자의 눈을 향해 이미지 조명의 일부를 점진적으로 방출하도록 구성된다.
- [0022] "POD"로서 상호 교환 가능하게 지칭되는 이미지 프로젝터(20)는 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명을 생성한다. 이미지 프로젝터(20)는 LOE 내로 이미지 조명을 도입하여 내부 반사에 의해 LOE 내에서 전파되도록 LOE(10)에 대해 광학적으로 연결된다. 본 발명의 장치와 함께 사용되는 POD는 바람직하게는 시준된, 즉, 각각의 이미지 픽셀의 광이 평행 빔이고, 무한대에 시준되며, 픽셀 위치에 대응하는 각도 방향을 갖는, 이미지를 생성하도록 구성된다. 따라서, 이미지 조명은 2차원의 각도 시야(angular field of view)에 대응하는 각도의 범위에 걸쳐 있다.
- [0023] 이미지 프로젝터(20)는 대개, LCOS 칩과 같은 공간 광 변조기를 조명하기 위해 배치된 적어도 하나의 광원을 포함한다. 공간 광 변조기는 이미지의 각각의 픽셀의 투영된 강도를 변조하여 이미지를 생성한다. 대안적으로 또는 추가적으로, 이미지 프로젝터는 대개, 고속 스캐닝 미러를 사용하여 구현되는 스캐닝 배열을 포함할 수 있고, 이는 빔의 강도가 픽셀 단위로 움직임과 동기적으로 변화하는 동안에 프로젝터의 이미지 평면을 가로질러 레이저 광원으로부터 조명을 스캔하고, 이에 의해 각각의 픽셀에 대해 원하는 강도를 투영한다. 모든 경우들에서, 무한대에 시준되는 출력 투영된 이미지를 생성하기 위해 시준 광학계(collimating optics)가 제공된다. 진술한 구성요소들의 일부 또는 전부는 대개, 본 기술분야에 잘 알려진 바와 같이, 반사 광학계를 사용하여, 하나 이상의 편광 빔 스플리터(PBS: polarizing beam-splitter) 큐브 또는 다른 프리즘 배열의 표면들 상에 배열된다. 대안적으로, 반사 및/또는 굴절 광학계를 갖는 자유 공간(free-space) 광학계 구현이 사용될 수 있다. 이미지 프로젝터의 세부 사항은 본 발명의 일부가 아니며, 설명을 단순화하기 위해, 이미지 프로젝터는 본원에서 개별적인 구성요소를 예시하고자 하는 어떠한 시도도 없이, 점선 박스로서 개략적으로 표현된다.
- [0024] LOE(10)에 대한 이미지 프로젝터(20)의 광학적 연결은 예를 들어, 비스듬한 각도의 입력 표면을 갖는 방출 프리즘을 통해, 또는 반사 방출 배열을 통해, LOE의 주요 외부 표면들 중 하나 및/또는 측면 엣지를 통해서와 같이, 임의의 적절한 광학적 연결에 의해 달성될 수 있다. 웨지(wedge) 프리즘을 통한 연결의 예는 국제출원(PCT) 공개 WO2015162611에서 확인할 수 있다. 미러를 사용하여 연결하는 다양한 예들은 국제출원(PCT) 공개 WO2001095027에서 확인할 수 있다. 이하 다르게 특정되는 경우를 제외하고, 입사(coupling-in) 구성의 세부 사항은 대개 본 발명에 중요하지 않으며, LOE(10)의 엣지 표면에 적용되는 웨지 프리즘(22)의 비-제한적인 예로서 개략적으로 도시된다. 또한, 본원에서 입사 프리즘을 사용하여 설명되는 본 발명의 구현예들은 반사 입사 배열을 사용하여 동일하게 구현될 수 있으며, 그 반대도 마찬가지이다. 입사(coupling-in) 구성은 POD와 LOE 사이의 각도를 결정하며, 이는 도 2에서 α_{pod} 로 표시된다.
- [0025] 도 2 및 도 3a는 통상적인 접근법에 따른 웨지 프리즘(22)을 이용하는 입사 구성을 도시한다. LOE는 광의 모든 전파 각도("필드" 또는 "시야" - FOV로도 지칭됨) 및 EMB(102) 전체에 걸쳐 균일한 분포로 사람의 눈에 이미지 조명을 제공해야 한다. 이를 위해, 각각의 시야의 개구는 광으로 균등하게 채워져야 한다. 즉, 시준된 이미지 내의 픽셀에 대응하는 임의의 각도의 조명에 대해, LOE의 주요 표면들에 수직인 평면 내의 LOE의 전체 단면은 LOE 부피의 임의의 시점에서, 시준된 이미지 및 그 공역상의 모든 픽셀에 대해 대응하는 광선이 존재하도록, 이미지 및 그 반사(공역상) 모두로 채워져야 한다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 이러한 결과를 달성하기 위해, LOE(10)의 개구가 이미지의 전체 직접 조명, 및 표면(12)으로부터 내부 반사된 공역 이미지의 전체 반사 조명을 수신하도록, 상대적으로 큰 개구의 이미지 프로젝터(20)가 LOE의 하나의 주요 표면(12)에 대한 연장과 함께 사용된다. 이미지 프로젝터(20)는 이러한 방식으로 LOE 개구를 채우기 위해 대응하는 큰 개구를 가져야 한다.

- [0026] 만약 "채움" 조건이 충족되지 않는 경우, 눈으로 향하는 광이 균일하게 분포되지 않을 것이다. 이러한 기준을 만족하지 못하는 좁은 조명 범의 예가 도 3b에 도시되어 있는데, 여기서는 도 3a와 유사한 광학 구성과 함께 더 작은 이미지 프로젝터(20)가 사용된다. 개구 채움이 부족한 경우, LOE를 빠져나가는 광은 균일하게 분포되지 않을 것이다. LOE의 채움의 불균일성은 작은 개구 프로젝터의 사용, 작은 입사의 기하학적 구조의 사용, 및 패시(facet)의 내부 반사들의 특정 구성들을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 여러 이유로도 발생할 수 있다.
- [0027] 도 1a, 도 1b 및 도 4a 내지 도 16에 도시된 본 발명의 일 양태는 시준된 이미지의 광이 한 쌍의 주요 평행한 외부 표면들을 갖는 광 가이드 광학 요소(LOE)에 의해 가이드되지만 완전히 채워지지 않는 특정 범위의 구성들에 관한 것이며, 특히, 여기에서는 이미지가 LOE를 따른 모든 지점에서 이미지/이미지-공액상 쌍으로 되지 않고 전파된다. 이러한 상황에서, 본 발명의 일 양태에 따르면, 방출 영역과는 구별되는, n 개의 내부의 편평한 빔 스플리터들(24)을 갖는 대칭 빔 증배기 영역을 갖는 LOE(10)를 제공하는 것이 특히 효과적이며, 여기서 n 은 양의 정수이고, 각각의 빔 스플리터(24)는 LOE(10) 내부에 있으며 주요 외부 표면들(12, 14)에 평행하다. n 개의 빔 스플리터들은 주요 외부 표면들 사이의 LOE의 두께를 동일한 두께의 $(n+1)$ 개의 층들로 세분한다. 따라서, n 은 1인 가장 단순하고 특히 바람직한 예에서, 빔 스플리터(24)는 2개의 주요 외부 표면들 사이의 중간 평면 상에 위치하는 부분 반사면으로서 구현되며, 가장 바람직하게는, 부분 반사면은 약 50%의 반사율을 갖는다. 이러한 대칭적인 빔 증배기 영역은 대개, 도 4a에 도시된 바와 같이, 하나의 플레이트 상의 코팅으로서 빔 스플리터를 제공하고 이어서 해당 플레이트를 다른 유사한 플레이트에 접합시킴으로써 구현된다. 그 후, 빔 증배기 영역은 도 4b에 개략적으로 도시된 바와 같이, 전체 LOE 구조를 형성하기 위해 다른 요소들과 통합된다.
- [0028] 본 발명의 대칭 빔 증배기는 빔 증배의 대칭성이 짧은 거리에 걸쳐 전체 빔 균일성을 신속하게 달성하면서, LOE의 부분적 채움의 특정한 비대칭 형태를 이용하여 특정한 시너지 효과를 갖는 것으로 확인되었다. 이러한 시너지의 특히 중요한 시나리오들은 LOE(10)의 구성 및/또는 LOE(10)에 대한 이미지 프로젝터(20)의 방출이, 대칭 빔 증배기 영역으로 들어가는 이미지 조명으로 하여금, (i) 시준된 이미지의 공액상이 없는 시준된 이미지에 대응하는(도 5b) 또는 시준된 이미지 없이 시준된 이미지의 공액상을 이용한(도 5c) 이미지 조명으로 층들 중 적어도 2개를 채우거나, 또는 (ii) 시준된 이미지 및 시준된 이미지의 공액상 모두에 대응하는 이미지 조명으로 층들 중 하나만을 채우도록(도 5a) 하는 경우이다.
- [0029] 본 발명의 이러한 양태에 의해 최적으로 해결되는 비대칭성의 한 유형의 전형적인 시나리오는 도 9에 도시되어 있는데, 여기서, 도시된 바와 같이 LOE의 좌측 엣지로서 취해진 임의의 시작점에서, 시준된 이미지의 특정 필드(특정 픽셀에 대응하는 각도 방향)에 대응하는 광은 도시된 바와 같이 하향 전파되면서 LOE의 전체 두께에 걸쳐 존재하지만, 공액 이미지의 대응하는 필드는 누락된다. 하향 전파되는 이미지는 아래쪽 화살표로 표시되고, 상향 전파되는 공액 이미지는 위쪽 화살표로 표시되어 있다. 이미지가 혼합된 영역은 양방향 화살표로 표시되어 있다. 광은 도시된 바와 같이 오른쪽으로 전파되고, LOE의 하부 주요 표면에서 내부 전반사를 겪어, 공액 이미지로 변환되며, 이는 상부 표면으로부터 다시 반사되어 원래의 이미지를 다시 생성할 때까지 위쪽으로 각지게 전파된다. (이러한 프로세스는 광이 LOE로부터 방출될 때까지, 여기에서 설명되는 것 이상으로 계속된다.) 이는 이미지 및 그 공액상이 LOE의 두께를 "채우지 않는다"는 것을 즉시 확인할 수 있다. 사실, 이러한 시나리오에서, 각각의 이미지 및 그 공액상은 (이미지가 전파되고 있는 단면에서) LOE의 부피의 절반 내에 존재하고, 일부 영역에서는 서로 중첩되고, 일부는 완전히 "어두운" 영역(이 표시에서 음영 처리되지 않음)을 갖는다.
- [0030] 중간-평면의 50% 혼합기는, 도 10a에 도시된 바와 같이, 매우 짧은 거리 내에서, LOE의 완전한 채움이 달성되도록 누락된 공액 이미지의 "채움"을 매우 신속하게 달성하는 것으로 확인되었다. 이러한 혼합을 달성하기 위해 필요한 길이는 이상적으로는 LOE의 상부 표면 및 하부 표면 사이에서 반사되는 이미지의 가장 얇은 각도의 광선들의 1사이클의 절반 이하이다. 두 이미지들의 균일한 조명 패턴을 이용하여 LOE를 매우 신속하게 충전하는 것은, 대칭 빔 증배기의 입력에서의 제어된 비대칭 상태, 및 빔 증배기 자체의 대칭성 사이의 전술한 특정한 시너지의 결과이다.
- [0031] 누락된 공액 이미지들의 이러한 완성 및 이미지 강도의 재분배가 발생하는 메커니즘은 LOE의 상부 절반 및 하부 절반에 대한 이미지 조명 강도 및 전파 방향을 개별적으로 고려함으로써 도 10b 및 도 10c에 개략적으로 도시되어 있다. 도 10b는 하향 전파되는 LOE의 상부 절반에서 시작하는 이미지 강도에 대한 LOE의 상부 절반과 하부 절반 사이의 강도 분포를 도시하고, 도 10c는 도파관의 하부 절반에서 하향으로 시작하는 이미지의 강도 분포를 나타낸다. LOE를 따른 전체 "사이클"이 예시되어 있지만, 균일한 이미지 강도 분포가 절반의 사이클 후에 이미 달성된다는 것을 알 수 있을 것이다. (주 이미지 또는 공액상에 대응하는 전파 방향을 나타내는) 화살표들의 방향으로부터, 전체 LOE가 두 이미지들 모두로 채워지는 것을 이해할 것이다. (본 명세서 전반에 걸쳐서, "주

(primary) 이미지" 및 "공역(conjugate) 이미지"는 임의로 식별되고, 상호 교환 가능하다는 것을 유의하여야 하며, 이는 어느 한 이미지 또는 일부 경우에 둘 모두의 이미지를 관찰자에게 전달하는 데 사용될 수 있고, 사용자를 향해 투영된 이미지는 이미지 프로젝터로부터 주입된 것과 동일한 이미지일 수 있거나, 또는 그의 공역상일 수 있음을 유의해야 한다.)

[0032] 본 발명의 이러한 양태는 이를 2개의 동일한 부분으로 나누는 LOE의 중간 평면 상에 배치된 단일 부분 반사체를 주로 참조하여 예시되었지만, 이 원리는 n 은 1, 2, 3 등인 경우 두께를 " $n+1$ "개의 섹션으로 균등하게 분할하도록 LOE의 주요 표면에 평행하게 배치된 " n "개의 부분 반사체들로 일반화될 수 있음을 유의해야 한다. 이 경우, 연속되는 반사체들에 대한 바람직한 반사율은 $1/2, 1/3, \dots 1/(n+1)$ 이다. 예를 들어, 도 11a 및 도 11b는 반사율 $1/2$ 및 $1/3$ 을 갖는 2개의 부분 반사체들로 세분되는 도파관을 위한 강도 분포 및 공역 이미지 채움을 예시하며, 여기서는 공역상 없는 이미지가 LOE의 3개의 층들 중 2개의 층으로 주입된다. 여기서 또한, 도시된 예에서, 강도 분포는 절반의 사이클 내에서 빠르게 균일하게 되고, 3개의 층들 중 2개의 층 내로 주입되는 경우, 전체 LOE 두께에 걸쳐 이미지 및 그 공역상을 모두 생성하였다. 간략하게 표현하기 위해, 두께의 각각의 층/제3 층에 대한 입력 강도는 100%로 표시되었다.

[0033] 다양한 부분 반사체들의 반사율은 그들의 원하는 값들에 의해 식별되었지만, 반사율의 비율은 모든 경우들에서 정확하게 정의되거나 정확하게 달성될 수 없는 파라미터이고, 여기서의 의도는 샘플링되는 경우 얻어진 강도 분포가 LOE의 두께에 걸쳐 균일한 것으로 시각적으로 인지될 수 있는 이론적인 값(예를 들어, 0.5)에 충분히 근접한 값들을 지칭하는 것이다. 단일 반사 층(n 은 1)의 경우, $R = 0.5 + \Delta$ 의 반사율은 절반의 사이클 후에 이미지와 공역 이미지 사이에 Δ 의 강도 차이를 초래할 것이며, 더 일반적으로는 m 번의 절반 사이클 후에, $(m-1) * \Delta^m$ 의 강도 차이를 초래할 것이다. 대개, 5-10%의 Δ 값은 단지 하나의 절반 사이클 후에도 시각적으로 허용될 수 있다. 특정한 경우에, $\pm 5\%$, 또는 심지어 $\pm 10\%$ 의 반사율의 변화들이 시각적으로 허용될 수 있는 최적치에 충분히 근접한 결과를 렌더링할 수 있다. 부분 반사체 층(들)과 LOE의 주요 외부 표면들 사이의 평행성이 유지되어야 하고, 빔 증배 프로세스 동안 불균일한 강도의 줄무늬 발생을 피하기 위해 두께의 동등한 부분들로의 세분화는 바람직하게는 10% 이내의 정확도로, 바람직하게는 보다 정확하게 수행된다.

[0034] 구조적으로, 빔 증배 구성의 부분 반사율은 금속 코팅, 구조적 부분 반사체(예를 들어, 폴카도트(polka-dot) 패터닝된 반사체) 및 다층 유전체 코팅을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 임의의 적절한 부분적으로 반사성인 층 또는 코팅을 사용하여 구현될 수 있다. 관찰자가 외부의 "실제" 장면을 관찰하는 영역에 부분 반사체 층을 배치하는 것이 바람직한 경우(특히, 도 14a 내지 도 16을 참조하여 이하 설명되는 특정 실시예들에 한정되지 않음), 부분 반사 코팅은 바람직하게는 LOE 내의 이미지 광 전파의 각도에 대응하는 범위의 각도들에서 코팅이 50% 반사율(또는 위에서 설명된 시퀀스에 따른 대응하는 원하는 반사도)을 갖되 직접적으로 보여지는 장면으로부터 광의 감쇠를 덜 제공하도록, 작은 각도(빔 스플리터에 대해 수직에 가까운)에서 낮은 반사율을 갖는, 각도 의존성 반사 코팅을 사용하여 구현된다. 이러한 각도 의존성 반사율을 갖는 층들은 다층 유전체 코팅을 사용하여 용이하게 달성될 수 있고, 필요한 특성이 프레넬 반사 특성과 본질적으로 유사하기 때문에 제조하기 용이하다. 이러한 각도 의존성 반사율을 제공하기 위한 다층 코팅의 설계는 본 기술분야에서 통상적인 바와 같은 표준 소프트웨어 패키지를 사용하여 수행될 수 있고, 적절한 코팅은 여러 공급원으로부터 상업적으로 획득될 수 있다. 따라서, 간결한 표현을 위해, 상세한 내용은 여기에서 다루어지지 않을 것이다.

[0035] 이 경우에, 주 이미지와 공역 이미지 사이의 최적 균일도는 LOE의 두께의 2/3를 커버하는 입사 개구를 통해 이미지를 주입함으로써 달성된다(상부 2/3 또는 하부 2/3, 또는 상부 및 하부 1/3의 일부를 갖는 중간 1/3).

[0036] 도 12a는 본 발명의 대칭 빔 증배기와 특정한 시너지 효과를 갖는 대안적인 형태의 입력 상태를 개략적으로 도시하는데, 즉, LOE의 하나의 층은 이미지 및 그 공역상 모두로 채워지는 반면, 다른 층들은 초기에 이미지 조명이 없는 상태이다. 도 12b 및 도 12c는 LOE 두께가 증가하는 지점에서 시작하는 대칭 빔 증배기를 통한 이미지 및 공역 이미지의 분포를 도시한다. 이 경우, 도시된 바와 같은 하향 전파 이미지는 완전한 균일성에 도달하는데 2/3의 사이클이 걸린다. 이러한 경우, 이는 1/2 및 1/3 반사체들이 상호 교환된 경우 단축될 수 있다. 이러한 시나리오는 입사가 비교적 얇은 층에 대해서만 달성될 필요가 있기 때문에 작은 프로젝터 개구 및 방출 프리즘의 사용을 용이하게 하며, LOE의 두께를 증가시키는 것이 요구되는 임의의 상황에서 유용할 수 있다.

[0037] 도 13a는 LOE 두께를 4개의 동등한 부분으로 나눔으로써 각각 반사율 1/4, 1/3 및 1/2을 갖는 3개의 반사체들을 갖는 다른 예를 도시하고, LOE의 두께에 걸쳐 그 강도를 동등하게 하기 위해 LOE를 따른 가장 긴 길이를 취하여 여전히 LOE의 상부 표면과 바닥 표면 사이의 반사의 단일 사이클보다 작게 취하는 개구의 부분을 도시한다. 이러한 예는 LOE의 두께의 절반 두께에 걸쳐, 또는 LOE의 전체 두께에 걸쳐(어느 경우든 바람직함) 하나의 이미지

만을 제공하는 입력 개구, 또는 이미지와 그 공역상의 전체 방출을 하나의 층으로 제공하는 입력 개구를 사용하여 LOE의 두께에 균일한 채움을 제공할 수 있다.

- [0038] 게시된 특정한 반사율 시퀀스는 동일한 부분 반사율을 갖는 다중 빔 스플리터들을 사용하여 달성될 수 없는 방식으로 조명 강도의 신속한 균일화를 달성한다는 것에 유의해야 한다. 비교예로서, 도 13b 및 도 13c는 도 13a와 유사한 경우이며, 여기서 3개의 부분 반사 층들 모두는 0.25(도 13b) 또는 0.5(도 13c)의 동일한 반사율을 갖는다. 두 경우 모두에서, 강도 분포는 도 13a에서 균일도를 달성한 동일한 경로 길이 이후에도 여전히 균일하지 않다.
- [0039] 언급된 바와 같이, 대칭 빔 증배기의 최적 성능은 입력 조명이 빔 증배기 구조와 시너지 효과를 갖는 잘 정의된 비대칭성을 가질 때 달성된다. 이러한 이유로, 특히 바람직한 구현예들의 제1 세트에서, 빔 스플리터들(24)은 LOE(10)의 입력 개구(26)까지 연장되며, 이는 주요 외부 표면들(12, 14)에 유리하게 수직이다. 본 발명의 특정 구현예들에 따르면, 이미지 프로젝터(20)는 시준된 이미지의 공역상 없이 시준된 이미지로 입력 개구를 채우도록 입력 개구(26)에 광학적으로 연결된다. 이러한 광학적 연결을 달성하기 위한 2개의 예시적인 구성이 도 6 및 도 7에 개략적으로 도시되어 있다.
- [0040] 도 6에서, 방출 프리즘(22)은 이미지 프로젝터(20)로부터 이미지의 중앙(공칭) 광선에 대략 수직인 입사 표면을 제공하고, 이미지가 사전 반사 없이 입력 개구(26)에 들어가게 한다. 입사된 이미지는 공역상이 없는 단일 이미지이고, 대칭 빔 증배기는 설명된 바와 같이 이미지/공역상 조합을 재구성한다.
- [0041] 도 7은 방출 프리즘(22')이 LOE의 수직 입력 개구(26)에 도달하기 전에 이미지가 한 번의 반사를 겪는 표면을 제공하도록 구성되는 기능적으로 유사한 배열을 도시한다. 이러한 구성은 LOE의 평면에 대해 큰 각도로 연장하는 이미지 프로젝터의 배향을 용이하게 하고, LOE의 단부를 지나 연장하는 최소 부피를 가지는데, 이는 특정한 실무적인 구현예, 특히 안경 프레임 형태를 채택하는 근안(near-eye) 디스플레이에 특히 유리할 수 있다.
- [0042] 도 8a 및 도 8b는 각각, LOE(10)에 대한 EMB(102)의 상대 위치를 나타내는 도 7의 장치의 구현예의 측면도 및 정면도이고, 도 8c는 이 설계를 통해 투영된 이미지의 특정 픽셀 필드를 분석하는 광선 추적 소프트웨어의 결과이다. 공역상이 없는 이미지를 제공하는 입사에도 불구하고, 입사 이미지는 EMB에 균일하게 전달되는 것을 알 수 있다.
- [0043] 이러한 입사 구성의 압축성은 도 2 및 도 3a에 도시된 통상적인 접근법과 비교함으로써 더 잘 이해된다. 이러한 경우에, 이미지 및 그 공역상 모두로 개구를 채우도록 입사 웨지를 제공하기 위해 LOE의 하나의 면이 LOE 개구를 넘어 연장되는 경우, 특히, 매우 큰(그레이징 grazing) 전파 각도를 갖는 경우, 입사 메커니즘은 2개의 주요 문제를 갖는다.
- [0044] 1. Φ_m 이 그레이징 각도에 접근할 때 극적으로 증가하는 $dTan(\Phi_m)$ 과 비교할 수 있기 때문에, 웨지의 크기가 크다.
- [0045] 2. LOE와 POD 사이의 각도는 중앙의 FOV 전파인 $a_{pod} = 90 + \Phi_c$ (Φ_c 는 중앙 FOV 전파 각도임)에 의해 지배되며, 일부 시스템에 대해서는 매우 매력적이지 않을 수 있다. 예를 들면, 측면 pod 시스템(안경과 유사)의 경우, a_{pod} 는 약 110도가 되는 것이 바람직하고, $\Phi_c = 60^\circ$ 인 경우에는 $a_{pod} = 150^\circ$ 가 되는 것이 바람직하다.
- [0046] 대조적으로, 도 6 및 도 7의 배열들은 단지 하나의 이미지를, 공역상 없이, 수직 입력 개구(26)를 통해 입사하기 때문에, 방출 프리즘(22)의 크기가 더 이상 $Tan(\Phi_m)$ 에 연관되지 않고 코사인 함수인 $Cos(\Phi_m)$ 와 연관된다. 도 7에 도시된 바와 같이, 광 전파 각도 및 변화 a_{pod} 를 중단(break)시키는 데에 접힌 패싯(facet)이 사용되는 경우, 이는 기하학적 설계에 추가적인 자유도를 도입한다. 여기에 도시된 예에서, 도파관의 입력 개구로 들어가는 이미지의 중앙 전파 각도는 60도이지만, 웨지로서 작용하는 접힌 프리즘으로 인해, 상대적으로 작은 개구 크기를 가지면서 pod 각도 a_{pod} 는 106.5가 된다.
- [0047] 본원에 정의된 특정한 구성을 사용하는 LOE 두께에 걸친 이미지 강도의 급속한 균일화로 인해, 본 발명의 빔 증배 배열은 선택적으로 LOE의 비교적 짧은 섹션을 따라 선택적으로 배치될 수 있으며, 이는 대개 LOE의 두께의 약 5배 이하일 수 있으며, 일부 경우에는 LOE의 두께의 3배 이하일 수 있다. 더 긴 부분 반사면의 사용은 빔 채움의 균일성에 악영향을 주지 않지만, LOE의 짧은 길이에 걸쳐 효과적인 빔 증배를 달성하는 능력은 반사체들의 임의의 산란 효과를 최소화하며, 관찰자가 실제 세계를 관찰하는 LOE의 관찰 영역 외부의 부분 반사체들을 유지하는, 설계의 압축성 측면에서 매우 큰 이점을 제공한다.

- [0048] 본 발명의 이러한 양태는, 이미지 및 그의 공역상으로 LOE를 직접 채우기 위한 배열들이 실행 불가능하거나, 크기 및/또는 폼 팩터와 같은 다른 설계 고려사항들의 타협 없이는 이루어질 수 없는 상황에서 압축적이고 효율적인 시스템 설계를 용이하게 하는 넓은 범위의 맥락 및 구성에서 유리하게 사용될 수 있다.
- [0049] 50% 중간-평면의 빔 스플리터 구성을 위한 빔 스플리터(24)의 요구되는 길이는 대개, LOE 내에서 전파되는 필드의 모든 부분들로부터의 가장 큰 개구의 절반(즉, 절반 사이클)이다. 이 길이는 $L_m = 0.5d \tan(\phi_m)$ 에 의해 주어지고, 여기서 d는 LOE의 두께이며, ϕ_m 은 LOE의 법선에 대한 모든 필드 중 가장 큰 전파 각도이다(도 3b참조).
- [0050] 구조적으로, 혼합기는 대개, 본원에 설명된 다양한 예들에 따라, 대향 표면들 중 하나에 적용되는 필요한 빔 스플리터 코팅들을 갖는 대응하는 개수의 층들을 광학적으로 접합한 다음, 조립된 스택을, 최종 LOE를 조립하는데 필요한 다른 섹션들과 통합함으로써 생성된다. 선택적으로, 부분들의 조립 후에, 주요 외부 표면들은 접합부들에 걸쳐 상호 평행성 및 연속성을 보장하기 위해 다시 연마된다. 선택적으로, 전술한 도 6 또는 도 7의 것과 유사한 웨지와 같은, 연결 구성요소가 추가될 수 있다. 여기서 제시되는 단계들의 순서는 단지 예일 뿐이며, 대안적인 구성의 시퀀스들 및 대안적인 구성 기술들도 본 발명의 범위 내에 있음을 강조하는 것이 중요하다.
- [0051] 이제 도 14a 내지 도 16을 참조하여 예시된, 본 발명의 예시적인 실시예들의 다른 세트를 참조하면, 일부 디스플레이 시스템은 단일 도파관 내에 2개의 광학 연장 스테이지들을 포함하는 LOE를 채용한다. 이러한 경우에, 이미지 프로젝터는 제1 전파 방향(p_1)(도 14b)으로 LOE 내에서 전파하기 위해, 시준된 이미지에 대응하는 이미지 조명을 LOE 내로 도입하도록 입사 영역(30)에 연결되고, LOE의 방출 영역(32)과 연관된 방출 구성은 LOE로부터 사용자의 눈을 향하여 이미지 조명의 적어도 일부를 방출하도록 구성된다. 전술한 바와 같이, 방출 구성은, 도 1a에서 예시된 바와 같이, LOE 내에 배치되고 주요 외부 표면들에 대해 경사지게 배향된, 상호 평행한 부분 반사면들(16)의 세트일 수도 있거나, 도 1b에서 예시된 바와 같이, 적어도 하나의 회절 광학 요소로서 구현될 수 있다.
- [0052] 이 장치는 또한, LOE와 연관되고, 방출 구성을 향한 제2 전파 방향(p_2)으로 LOE 내에서 전파되도록 제1 전파 방향(p_1)으로부터 이미지 조명을 점진적으로 재지향하도록 구성되는, 개구 연장 구성(34)을 포함한다. 여기서도, 개구 연장 구성은, 예시된 바와 같이, LOE 내에 배치되고 주요 외부 표면들에 대해 경사지게 배향되는 복수의 상호 평행한 부분 반사면들(16')에 기초하거나, 또는 하나 이상의 회절 광학 요소(도시되지 않음)에 기초할 수 있다. 어느 경우든, 개구 연장 구성(34)은 상이한 평면내(in-plane) 축을 따라 연장을 달성하도록 방출 구성과 상이하게 배향된다.
- [0053] 개구 연장 구성(34)의 특정 구현예들은 방출 영역(32) 쪽으로 이미지들 중 하나의 방향을 바꾸게 하는 반면, 그 이미지의 공역상은 원하지 않는 각도 배향으로 반사되며, 효과적으로 손실된다. 그러한 경우, 대칭 빔 증배기 영역(36)은 바람직하게는 이미지/공역상 쌍을 압축적으로 재구성하고 도파관을 방출될 이미지로 채우기 위해, 개구 연장 구성(34) 및 방출 영역(32) 사이에 배치된다. 구조적으로, 대칭 빔 증배기 영역(36)은 바람직하게는, LOE 내부에 배치되며, 주요 외부 표면들에 평행하고, LOE의 두께를 동일한 두께의 (n+1)개의 층으로 세분하는 n개의 내부 평면 빔 스플리터들(24)을 갖는, 위에 개시된 빔 증배기와 동일하다.
- [0054] 따라서, 대칭 빔 증배기는 도 14a 및 도 14b에 도시된 바와 같이, 여러 평면내(in-plane) LOE들 사이에서의 매개(mediating) 메커니즘으로 간주될 수 있다. 위에서 설명한 바와 같이, 도파관(LOE) 내의 모든 빔들은 내부 전 반사(TIR: total internal reflection)로 인해 주요 표면들 사이에서 "위로" 및 "아래로" 반사된다. 여러 LOE들(또는 연장 스테이지들)이 공통의 주요 외부 평행 표면들을 공유하는 단일의 LOE로서 평면내에 연결되는 복합 시스템의 경우, 반사 개구 연장 배열의 경우, 부분 반사면들이 LOE의 평면에 수직하지 않으면, 제1 LOE 내의 상향-진행 및 하향-진행 빔들이 상이한 각도로 반사된다. 결과적으로, 상향-진행 광선 또는 하향-진행 광선만이 결국 관찰자의 눈으로 방출될 것이다(반면에 하향-진행 광선은 도파관 내에서 전파되는 원하지 않는 "고스트(ghost)" 이미지로서 간주될 것이며, 이는 방출된 신호를 오염시킬 수 있다). 그러나, 패시 및 필드 각도에 따라, 이러한 효과는 도파관 내부의 "구멍들"(어두운 줄무늬)을 생성할 수 있는데, 즉, 도 15a에 도시된 바와 같이(명확함을 위해, 눈에 도달하는 광선만을 도시함), 제2 LOE의 입구 개구의 부분적인 채움을 야기할 수 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 대칭 빔 증배기는 2개의 LOE들 사이에 배치되고, 이에 의해, 제2 LOE의 전체 개구가 채워질 수 있도록 현재의 (상향-진행 또는 하향-진행) 광선들을 증배시킨다(도 15b). 이상에서와 같이, 혼합기의 크기는 제2 LOE 내의 가장 얇은 - 전파 필드의 개구 크기의 적어도 절반이어야 한다.
- [0055] 도 16은 2-스테이지 개구 연장을 갖는 복합 도파관(LOE)의 입력 개구(26)에 직접적으로 입사하는(대개 방출 프

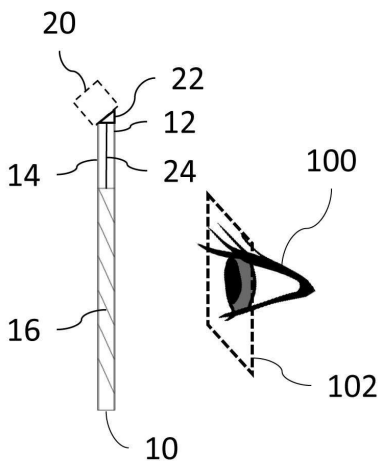
리즘을 통해, 도시되지 않음) 이미지 프로젝터 POD(20)를 채용하는 시스템을 개략적으로 도시한다. 이 예는 전술한 본 발명의 양태들 모두를 조합하는데, POD 입사에 의해 직접적으로 달성되지 않는 개구 채움을 수행하기 위해 제1 중간-평면 50% 빔 스플리터(24)를 포함하며, 이어서 개구 연장의 제1 차원을 달성하고 이미지 조명을 방출 영역(32)쪽으로 재지향시키기 위해, 비스듬한 부분 반사 내부 표면들의 제1 세트를 사용하여 구현되는 개구 연장 구성(34)이 후속된다. 개구 연장 구성(34)과 방출 영역(32) 사이에 개재된 대칭 빔 증배기 영역(36)은 도파관의 이미지/공액상 증전을 재구성하여, 사용자의 눈을 향해 투영되는 이미지의 균일성을 채우게 한다.

[0056] 디스플레이는 대개, 작은 온보드 배터리 또는 일부 다른 적절한 전원으로부터의 전력을 사용하는, 이미지 프로젝터를 작동시키기 위한 컨트롤러를 대개 포함하는, 다양한 추가적인 구성요소들을 포함한다는 것을 이해할 것이다. 본 기술분야에서 알려진 바와 같이, 컨트롤러는 이미지 프로젝터를 구동하기 위한 적어도 하나의 프로세서 또는 프로세싱 회로와 같은 모든 필요한 전자적 요소들을 포함하는 것을 인식될 것이다. 이들 특징은 본 발명의 일부가 아니며, 따라서 본원에서 상세히 설명되지 않을 것이다. 이러한 모든 특징은 통상의 기술자에 의해 용이하게 구현될 것이다.

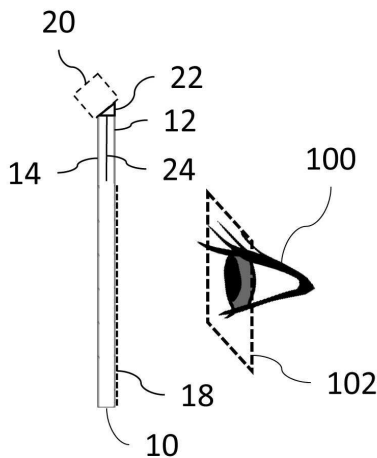
[0057] 전술한 설명들은 단지 예들로서 제공하기 위한 것이며, 첨부된 청구항들에 정의된 바와 같은 본 발명의 범위 내에서 많은 다른 실시예들이 가능하다는 것을 이해할 것이다.

도면

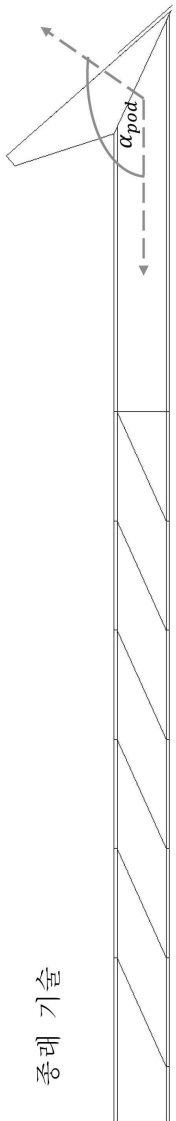
도면1a



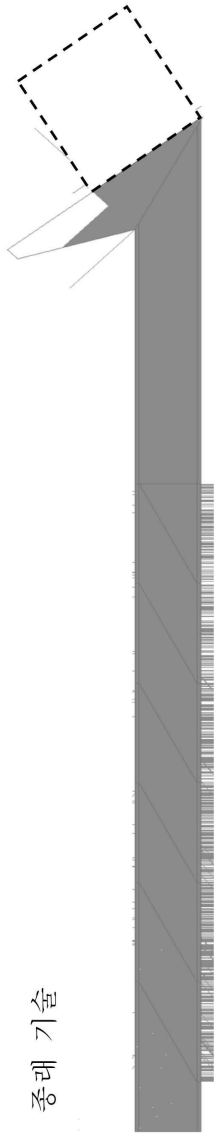
도면1b



도면2

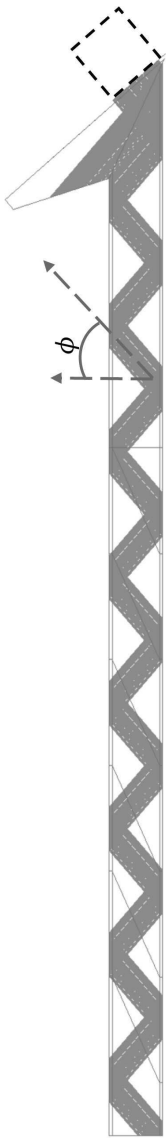


도면3a

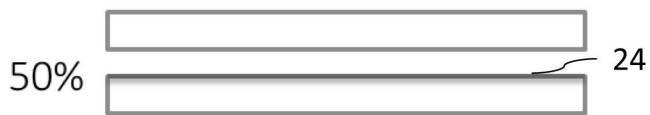


종래 기술

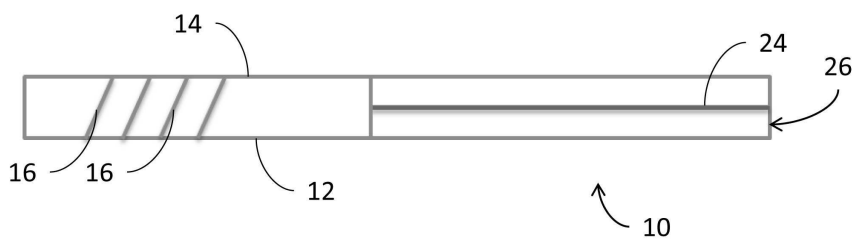
도면3b



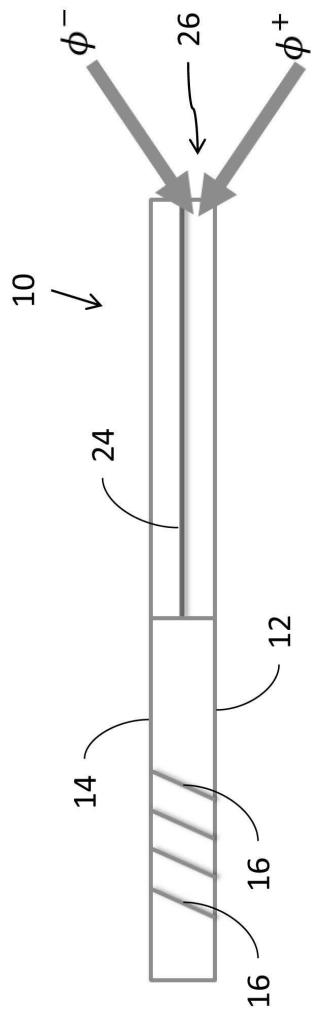
도면4a



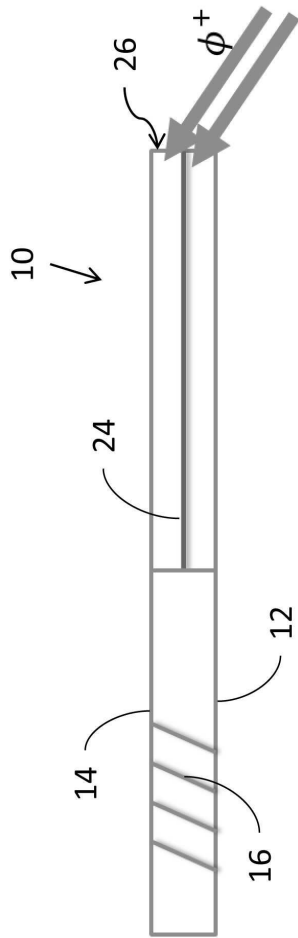
도면4b



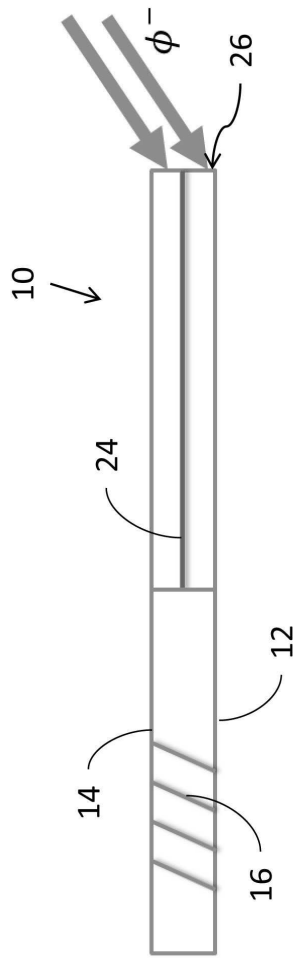
도면5a



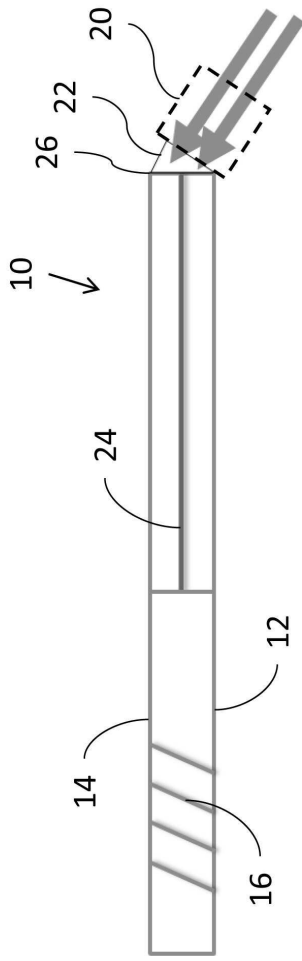
도면5b



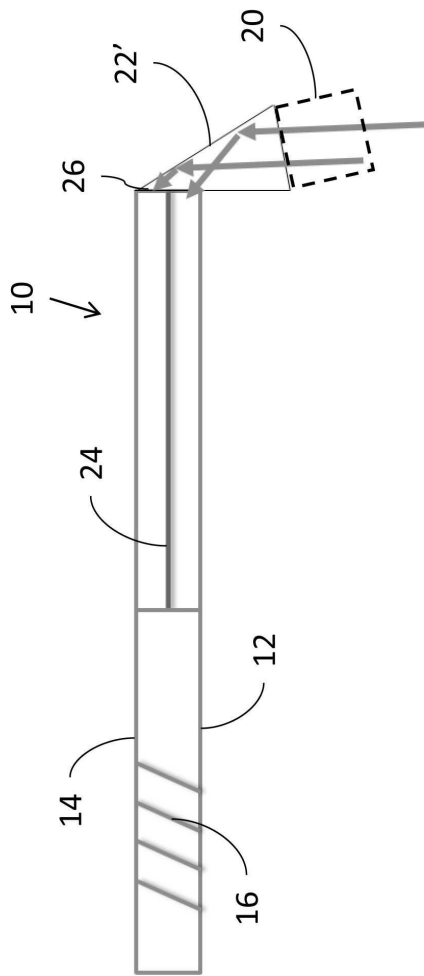
도면5c



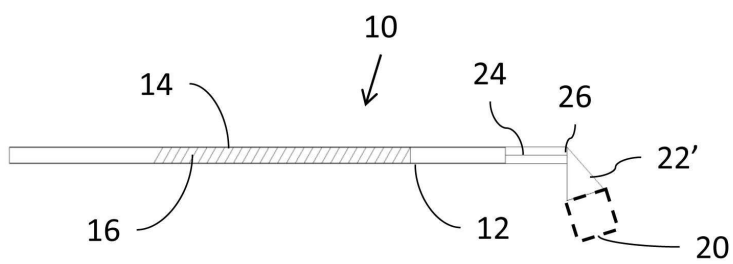
도면6



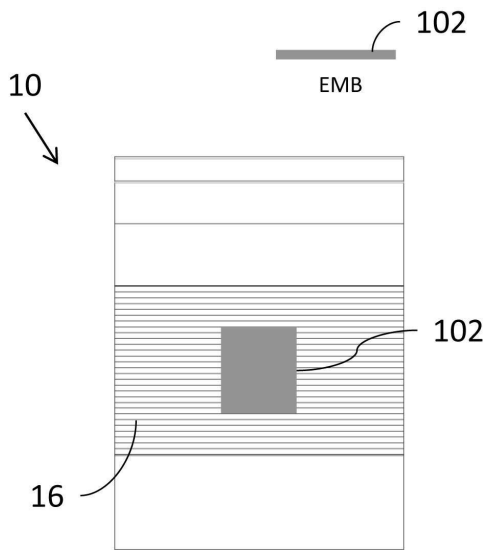
도면7



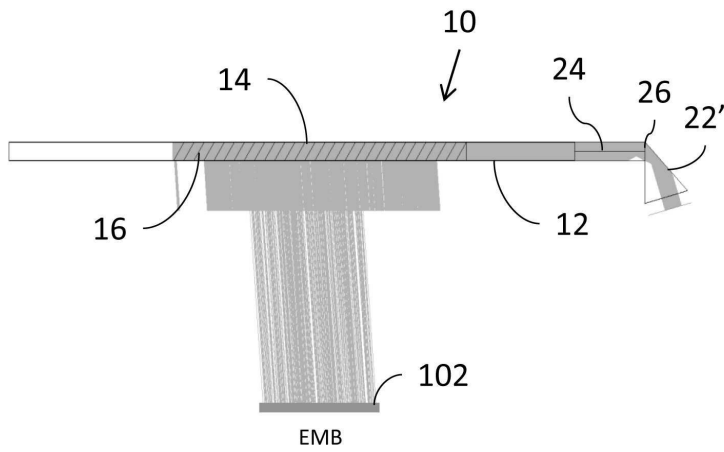
도면8a



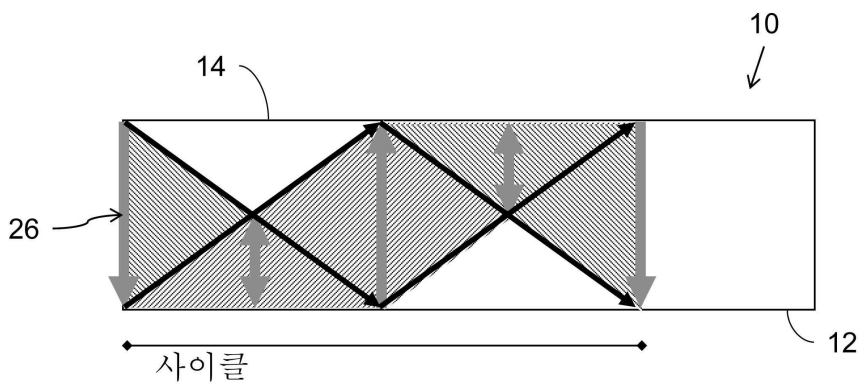
도면8b



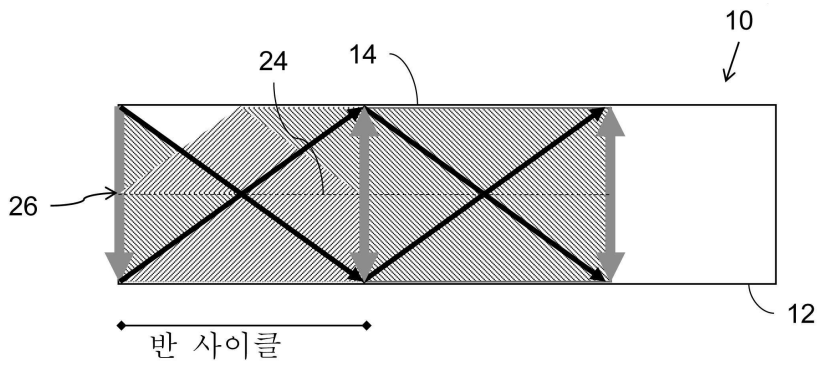
도면8c



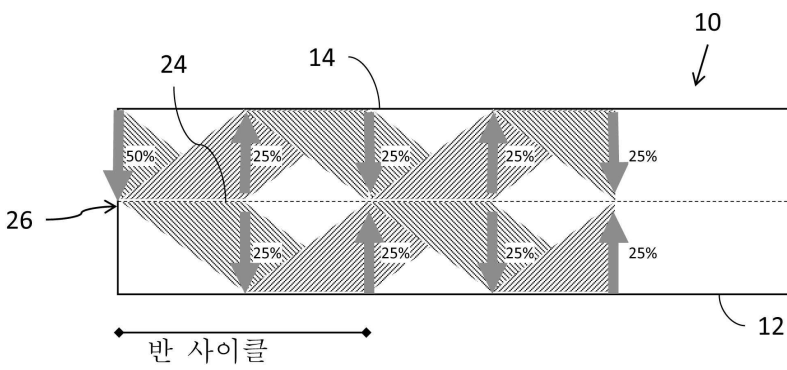
도면9



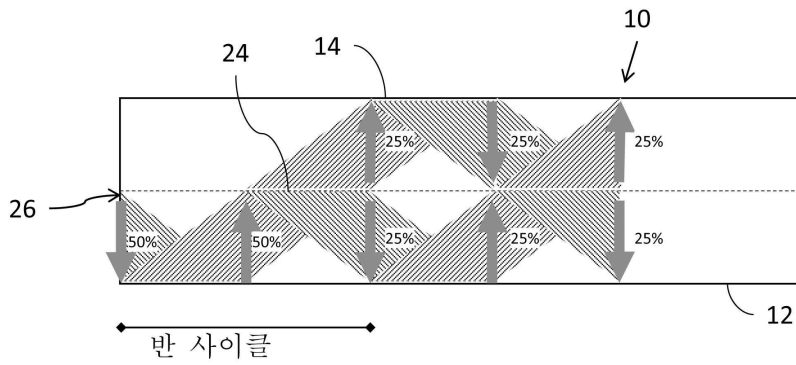
도면10a



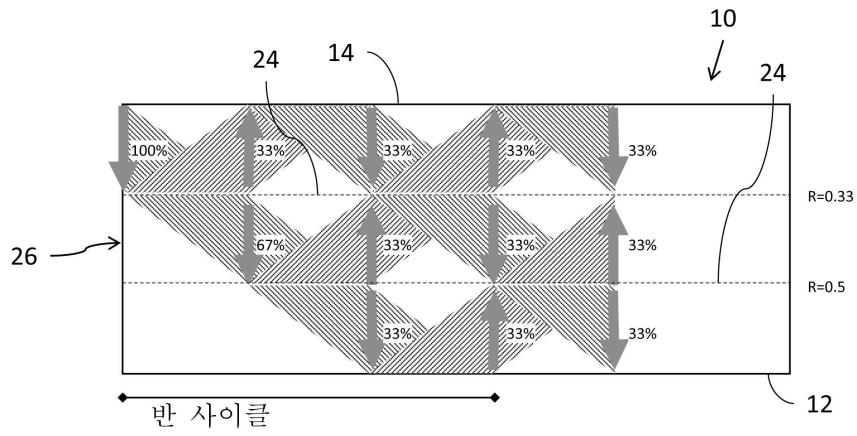
도면10b



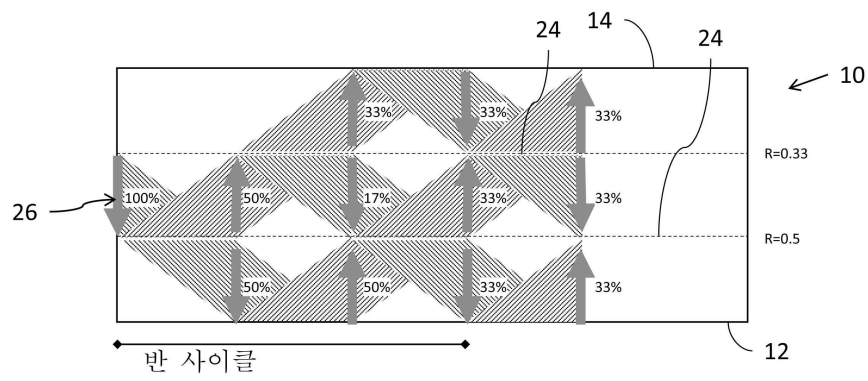
도면10c



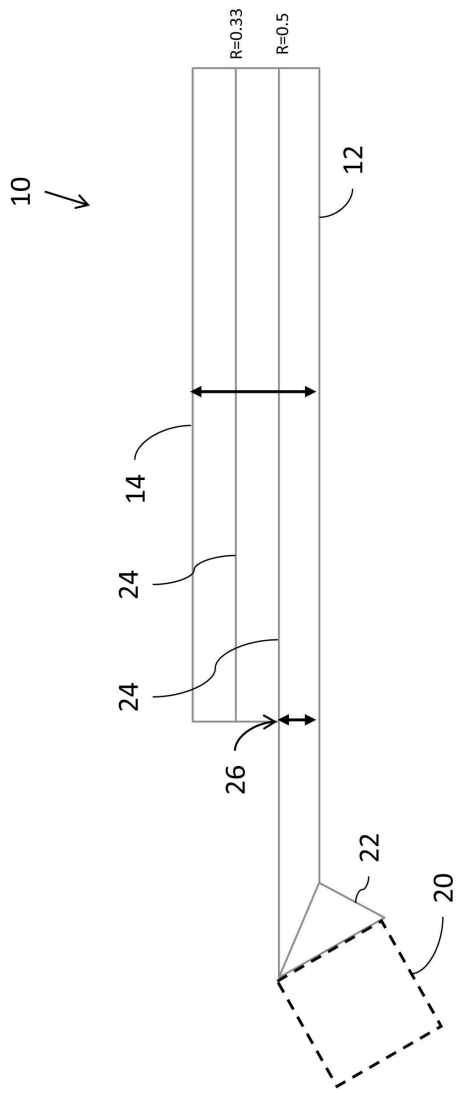
도면11a



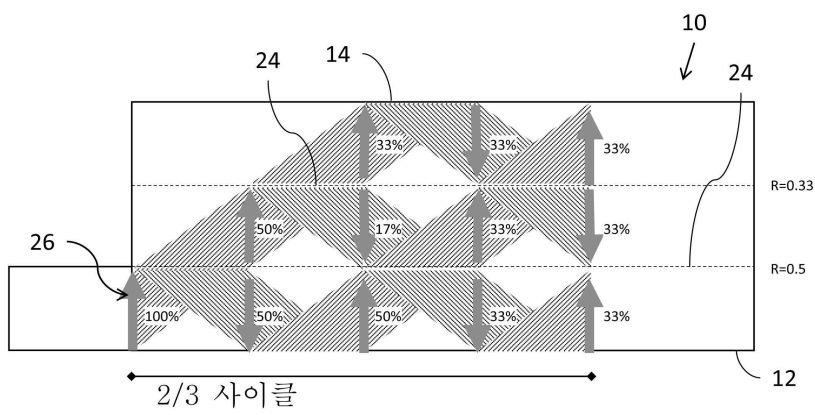
도면11b



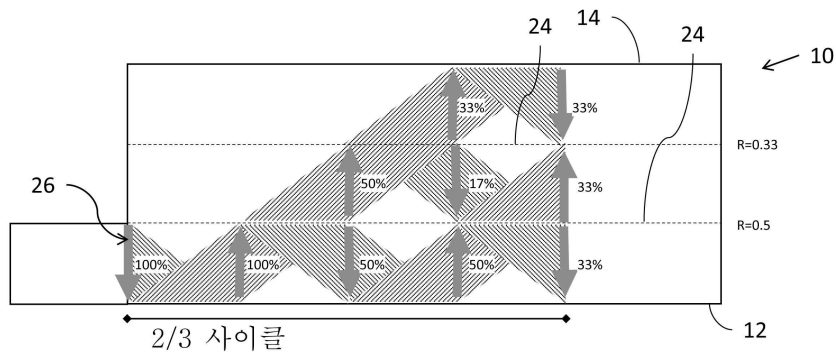
도면12a



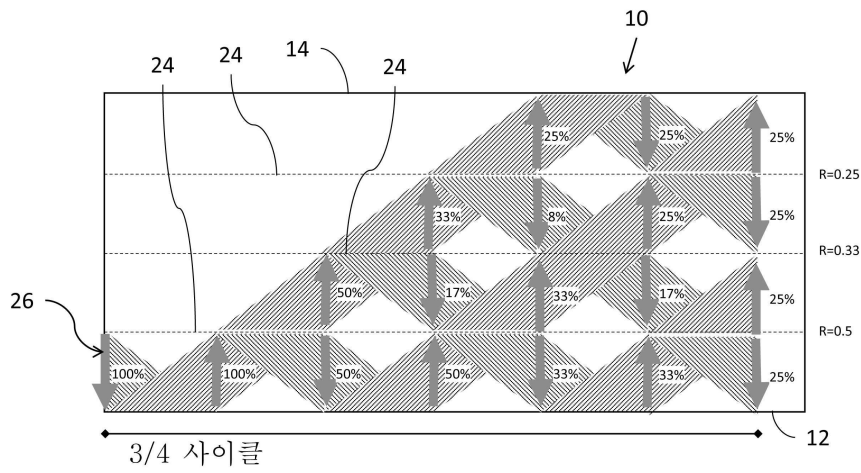
도면12b



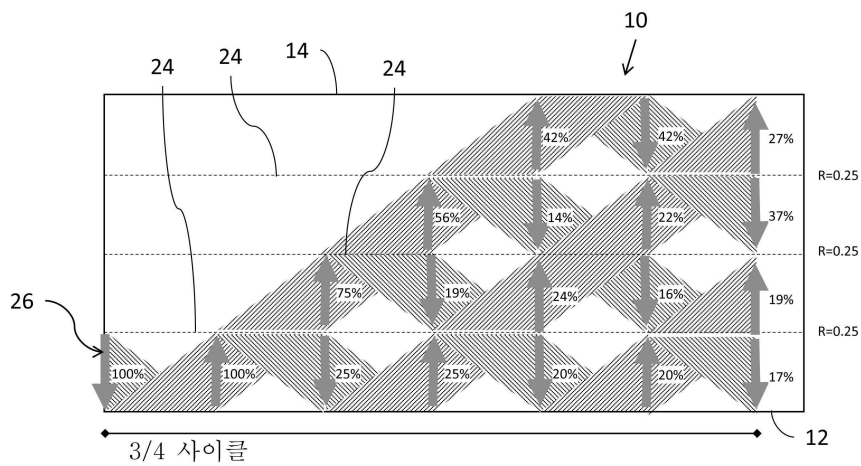
도면12c



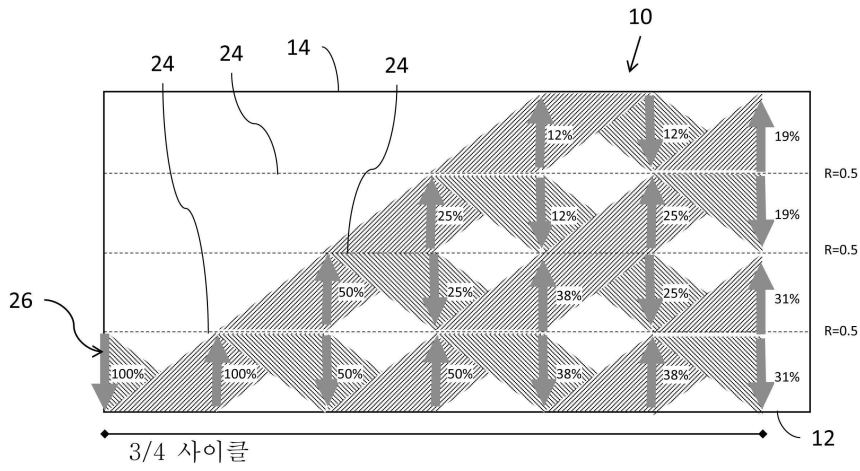
도면13a



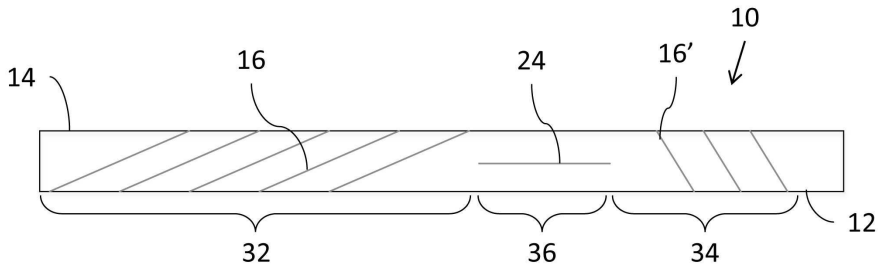
도면13b



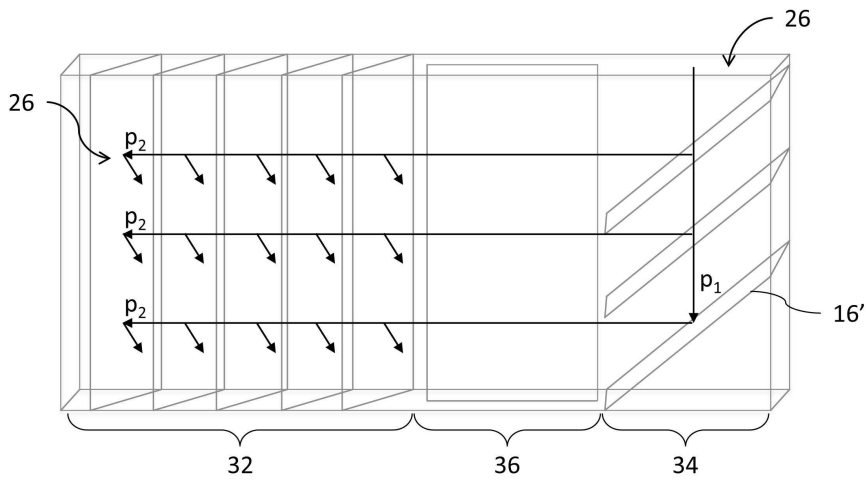
도면13c



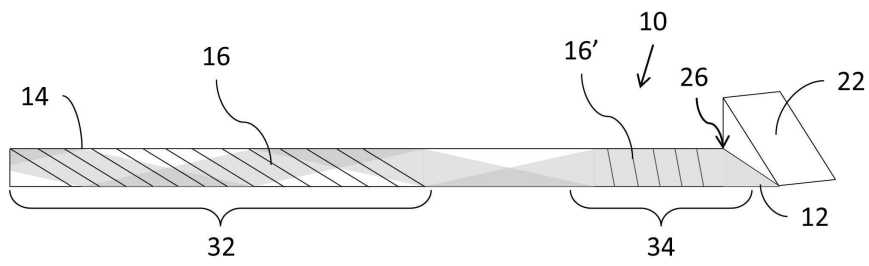
도면14a



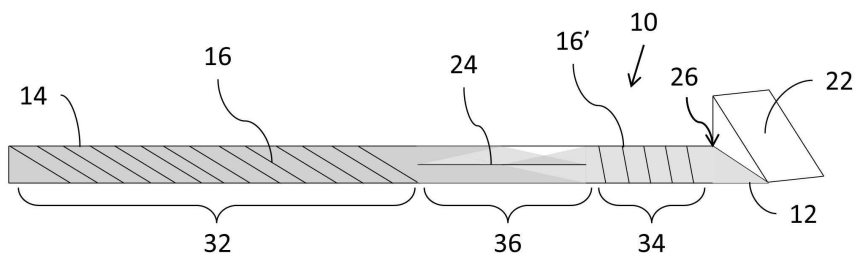
도면14b



도면15a



도면15b



도면16

