



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0115528
(43) 공개일자 2020년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 27/01 (2006.01) G02B 5/18 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 27/0172 (2013.01)
G02B 27/0101 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7022703
(22) 출원일자(국제) 2019년01월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2020년08월05일
(86) 국제출원번호 PCT/FI2019/050065
(87) 국제공개번호 WO 2019/155117
국제공개일자 2019년08월15일
(30) 우선권주장
20185105 2018년02월06일 핀란드(FI)

(71) 출원인
디스페릭스 오와이
핀란드, 02130 에스포, 멧세네이돈쿠야 10
(72) 발명자
올코넨 유소
핀란드, 02130 에스포, 멧세네이돈쿠야 10, 씨/오
디스페릭스 오와이
마이외하에넨 페트리
핀란드, 02130 에스포, 멧세네이돈쿠야 10, 씨/오
디스페릭스 오와이
(74) 대리인
특허법인한얼

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **격자 미러를 갖춘 회절 디스플레이 소자**

(57) 요약

도파관 본체, 도파관 본체 내로 광을 회절 커플링시키기 위한 인-커플링 영역(11, 21, 52, 520D), 및 도파관 본체의 외부로 광을 회절 커플링시키기 위한 아웃-커플링 영역(13, 31, 41, 56, 560D)을 포함하는 회절 디스플레이 소자가 제공되며, 상기 광은 상기 인-커플링 영역으로부터 아웃-커플링 영역으로 1 차 경로를 따라 전파하도록 구성된다. 본 발명에 따라서, 상기 소자는 상기 1 차 경로로부터 벗어난 광을 상기 1 차 경로로 다시 회절 미러링시키기 위해 상기 1 차 경로 외측에 적어도 하나의 격자 미러(22A, 22B, 32, 33, 42, 53A, 53B, 53C, 53D, 531D, 532D, 533D, 534D)를 더 포함한다. 본 발명은 도파관-기반 개인용 디스플레이의 효율 증가를 허용한다.

(52) CPC특허분류

G02B 5/18 (2013.01)

G02B 2006/12107 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

회절 디스플레이 소자로서,

- 도파관 본체,

- 도파관 본체 내로 광을 회절 커플링시키기 위한 인-커플링 영역, 및

- 도파관 본체의 외부로 광을 회절 커플링시키기 위한 아웃-커플링 영역을 포함하며, 상기 광은 상기 인-커플링 영역으로부터 아웃-커플링 영역으로 1 차 경로를 따라 전파하도록 구성되며,

상기 소자는 상기 1 차 경로로부터 벗어난 광을 상기 1 차 경로로 다시 회절 미러링시키기 위해 상기 1 차 경로 외측에 적어도 하나의 격자 미러를 더 포함하며,

- 격자 미러는 1 차 경로로부터 보았을 때 인-커플링 영역 뒤에 위치되고 그리고/또는,

- 아웃-커플링 영역은 조합된 아웃-커플링 및 출구 동공 확장 격자를 포함하며, 아웃-커플링 영역의 적어도 두 측면에 제공된 격자 미러가 있고, 그리고/또는

- 상기 소자는 상기 1 차 경로 상에 출구 동공 확장기 영역을 더 포함하며, 출구 동공 확장기 영역의 2 개의 상이한 측면들에서 1 차 경로에서 볼 때 출구 동공 확장기 영역 뒤에 위치된 2 개의 격자 미러가 있는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

인-커플링 영역은 인-커플링 주기를 갖는 격자를 포함하고 아웃-커플링 영역은 아웃-커플링 주기를 갖는 격자를 포함하며, 격자 미러는 인-커플링 주기 또는 아웃-커플링 주기의 절반에 이르는 격자 미러 주기를 갖는 격자를 포함하는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

격자 미러는 상기 미러링을 위해 제 1 반사 회절 차수를 사용하도록 구성되는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

격자 미러는 미광의 전파 방향에 대해 본질적으로 반대 전파 방향으로 광을 반사시키도록 구성되는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

인-커플링 구역으로부터 해당 인-커플링 구역을 지난 격자 미러로 회절되는 광의 적어도 일부를 1 차 경로로, 특히 1 차 경로 상의 출구 동공 확장기 격자 쪽으로 지향되도록, 상기 격자 미러가 구성되는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5항 중 어느 한 항에 있어서,

인-커플링 영역은 편광에 민감하고 소자는 미러링된 광의 편광 상태를 변경하여 커플링 영역을 통과하는 미러링된 광의 아웃-커플링을 방지하기 위한 수단을 포함하는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

격자 미러는 1 차 경로에서 볼 때 아웃-커플링 영역 뒤에 위치되는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

아웃-커플링 영역은 조합된 아웃-커플링 및 출구 동공 확장 격자를 포함하며, 아웃-커플링 영역의 4 개의 측면에 제공된 미러 격자가 있는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 미광은

- 상기 1 차 경로로 직접적으로 지향된 광과 반대의 회절 차수로 인-커플링 영역을 탈출하는 광,
- 그로부터 커플링-아웃됨이 없이 아웃-커플링 영역을 탈출하는 광,
- 그의 원래 전파 방향을 향해 출구 동공 확장기 영역을 탈출하는 광,
- 아웃-커플링 영역과 반대 방향으로 출구 동공 확장기 영역을 탈출하는 광 중 적어도 하나를 포함하는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

인-커플링 영역이 도파관의 표면에 배열된 인-커플링 격자를 포함하고 격자 미러가 인-커플링 격자와 동일한 도파관의 표면에 위치되고/되거나 아웃-커플링 영역이 도파관의 표면에 배열된 아웃-커플링 격자를 포함하고 격자 미러가 아웃-커플링 격자와 동일한 도파관의 표면에 위치되는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

격자 미러의 적어도 대부분, 예컨대 격자 미러의 전체가 인-커플링 영역 및 아웃-커플링 영역 그리고 선택적으로 출구 동공 확장기 영역에 의해 측면이 걸쳐진 지역의 외측에 위치되는,

회절 디스플레이 소자.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

1 차 미러링 방향으로의 격자 미러의 치수는 소자에 인-커플링된 광의 홉(hop) 길이보다 더 큰,

회절 디스플레이 소자.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,
 그러한 복수의 격자 미러를 포함하는,
 회절 디스플레이 소자.

청구항 14

헤드-장착-디스플레이(HMD) 또는 헤드-업-디스플레이(HUD)와 같은 개인용 디스플레이 장치로서,
 제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 회절 디스플레이 소자, 및
 이미지를 인-커플링 영역에 제시하기 위한 이미지 프로젝터를 포함하는,
 개인용 디스플레이 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 회절 디스플레이 기술에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 인-커플링 격자(in-coupling grating), 아웃-커플링 격자 및 선택적으로 출구 동공 확장기 (EPE: exit pupil expander) 격자를 포함한 광 가이드(lightguide)-기반 회절 디스플레이 소자에 관한 것이다. 그러한 디스플레이 소자는 헤드 장착 디스플레이(HMD: head-mounted display), 예를 들어 근안 디스플레이(NED: near-to-eye display), 및 헤드-업 디스플레이(HUD: head-up display)와 같은 개인용 디스플레이에 사용될 수 있다.

배경 기술

[0002] HMD 및 HUD는 도파관 기술을 사용하여 구현될 수 있다. 광은 회절 격자를 사용하여 도파관에 커플링되거나, 그 내부로 재지향되거나 도파관의 외부에 커플링될 수 있다. 하나의 통상적인 디스플레이 설계에서, 광은 프로젝터로부터, 입사 광을 도파관으로 회절시키는 커플링 격자로 지향되고, 여기서 광은 전반사를 통해 아웃-커플링 격자쪽으로 전파된다. 아웃-커플링 격자는 도파관의 외부로 광을 회절시켜 인-커플링 격자에 원래 표시된 이미지를 재생한다. EPE 격자는 인-커플링 격자와 아웃-커플링 격자 사이에 사용되어 디스플레이의 가시 구역을 측면으로 확장할 수 있다.

[0003] 도파관-기반 디스플레이의 하나의 문제점은 도파관 소자, 즉 도파관 본체 및 그 위에 배열된 격자의 전체 효율이 통상적으로 약 0.1 내지 5%로 매우 낮다는 점이다. 이는 격자의 비교적 낮은 커플링 효율 및 광이 소자 내에서 이동하는 동안 발생하는 다른 손실 때문이다.

[0004] 따라서, 개선된 도파관 디스플레이가 필요하다.

발명의 내용

[0005] 본 발명의 목적은 도파관 디스플레이의 효율을 증가시키는 것이다.

[0006] 이러한 목적은 독립항에 기재된 것에 의해 달성된다.

[0007] 본 발명은 인-커플링 격자로부터 아웃-커플링 격자를 향하는 경로로부터 벗어난 광이 이러한 경로로 복귀되도록 적어도 하나의 격자-기반 미러를 도파관 소자에 제공하는 아이디어에 기초한다. 즉, 그렇지 않으면, 손실될 광이 광의 "정상적인" 경로를 정의하는 격자 중 하나로 다시, 그리고 아웃-커플링 격자를 향해 추가로 미러링된다.

[0008] 일 양태에 따라서, 도파관 본체, 도파관 본체 내로 광을 회절 커플링시키기 위한 인-커플링 영역, 및 도파관 본체의 외부로 광을 회절 커플링시키기 위한 아웃-커플링 영역을 포함하는 회절 디스플레이 소자가 제공되며, 상기 광은 인-커플링 영역으로부터 아웃-커플링 영역으로 1 차 경로를 따라 전파하도록 구성된다. 본 발명에 따라서, 상기 소자는 상기 1 차 경로로부터 벗어난 광을 상기 1 차 경로로 다시 회절 미러링시키기 위해 상기 1 차 경로 외측에 적어도 하나의 격자 미러를 더 포함한다.

[0009] 예를 들어, 1 차 경로로부터 멀어지는 하나 이상의 회절 차수에서의 회절 또는 그와 상호 작용 없이 1 차 경로

상의 격자 영역을 가로지르는 광선의 이동으로 인해 1 차 경로에서 벗어남이 발생할 수 있다.

- [0010] 다른 양태에 따라서, 본 발명의 종류의 회절 디스플레이 소자, 및 전반사를 통해 이동하도록 광 가이드 내에 회절 커플링되는 인-커플링 영역에 이미지를 타겟팅(targeting)하기 위한 이미지 프로젝터를 포함하는 것과 같은 개인용 이미지 디스플레이 장치가 제공된다. 이미지는 원래 이미지를 보는 사용자의 눈을 향해 소자의 아웃-커플링 영역에 의해 아웃-커플링된다. 상기 장치는 근안 디스플레이(NED)와 같은 헤드-장착 디스플레이(HMD) 또는 헤드-업 디스플레이(HUD)일 수 있다.
- [0011] 본 발명은 상당한 이점을 제공한다. 우선, 본 발명은 미러 격자가 그렇지 않으면 낭비되는 광을 캡처할 수 있어서 결과적으로 더 많은 광이 인-커플러로부터 아웃-커플러로 안내되기 때문에, 도파관 소자의 효율을 일반적으로 증가시킨다. 이는 디스플레이의 휘도가 증가되거나, 대안으로 프로젝터의 출력 전력이 감소될 수 있다는 이점을 가진다.
- [0012] 본 발명의 실시예는 추가 이점을 가진다. 예를 들어, 격자 미러가 인-커플링 또는 아웃-커플링 격자와 관련하여 사용될 때, 이후에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 이미지의 균일성이 증가될 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명에 의해서 인-커플링 격자의 크기가 감소될 수 있으며, 이는 디스플레이 및 크기 요건의 인자에 긍정적인 효과를 가진다.
- [0014] 도파관의 예지는 원래의 가상 이미지와 일치하지 않는 미러 이미지를 생성하기 때문에, (예를 들어, 반사 재료로 이들을 코팅함으로써)미러로서 사용될 수 없다는 것에 유의해야 한다. 그러나, 본 발명의 격자-기반 미러는 이미지의 토폴로지(topology)를 유지하여 이미지를 강화시킨다.
- [0015] 종속항은 본 발명의 선택된 실시예에 관한 것이다.
- [0016] 몇몇 실시예에서, 인-커플링 영역은 인-커플링 주기를 갖는 격자를 포함하고 격자 미러는 인-커플링 주기의 절반에 이르는 격자 미러 주기를 갖는 격자를 포함한다. 이는 전형적으로 인-커플링 격자의 격자 라인에 평행한 격자 라인을 갖는, 인-커플링 격자 미러 또는 수직 EPE 격자 미러에 특히 유리하다.
- [0017] 몇몇 실시예에서, 아웃-커플링 영역은 아웃-커플링 주기를 갖는 격자를 포함하고 격자 미러는 아웃-커플링 주기의 절반에 이르는 격자 미러 주기를 갖는 격자를 포함한다. 이는 전형적으로 인-커플링 격자의 격자 라인에 수직인 격자 라인을 갖는, 아웃-커플링 격자 미러 또는 수평 EPE 격자 미러에 특히 유리하다.
- [0018] 몇몇 실시예에서, 격자 미러는 상기 미러링을 위해 제 1 반사 회절 차수를 사용하도록 구성된다. 특히 제 1의 양의 차수(positive order)가 사용될 수 있다.
- [0019] 몇몇 실시예에서, 격자 미러는 미광의 전파 방향에 대해 본질적으로 반대 전파 방향으로 광을 반사시키도록 구성된다. 그러나, 나중에 예시되는 바와 같이, 경사 반사(oblique reflection)도 사용될 수 있다.
- [0020] 몇몇 실시예에서, 격자 미러는 1 차 경로에서 볼 때 인-커플링 영역과 연관된다. 즉, 이는 인-커플링 영역 뒤에 위치된다. 일 예에서, 인-커플링 구역으로부터 해당 인-커플링 구역을 지난 격자 미러로 회절된 광의 적어도 일부를 1 차 경로로 지향시키도록 상기 격자 미러가 구성된다. 이는 디스플레이의 세기 균일성을 높이는 데 사용될 수 있다. 다른 예에서, 인-커플링 영역은 편광에 민감하고 소자는 미러링된 광의 편광 상태를 변경하여 인-커플링 영역을 통과하는 미러링된 광의 아웃-커플링을 방지하기 위한 수단을 포함한다. 이는 효율을 추가로 증가시킨다.
- [0021] 몇몇 실시예에서, 격자 미러는 1 차 경로에서 볼 때 아웃-커플링 영역과 연관된다. 즉, 이는 아웃-커플링 영역 뒤에 위치된다. 이는 디스플레이의 전체 효율 및 이미지의 균일성을 또한 증가시킨다.
- [0022] 몇몇 실시예에서, 상기 소자는 1 차 경로의 일부를 형성하는 출구 동공 확장기(EPE) 영역을 더 포함한다. EPE 영역의 상이한 쪽에서 측면으로 EPE 영역과 연관, 즉 EPE 영역의 뒤에(1 차 경로에서 볼 때) 위치되는 2 개의 격자 미러가 있다. 이는 또한, 디스플레이의 전체 효율을 향상시키며, 이는 그렇지 않다면, 디스플레이의 출구 동공을 증가시키는 동안 상당한 손실을 야기하기 때문에 EPE가 사용될 때 특별한 의미를 가진다.
- [0023] 전형적인 실시예에서, 격자 미러의 적어도 대부분, 전형적으로 전체 격자 미러는 인-커플링 및 아웃-커플링 영역, 및 선택적으로 출구 동공 확장기 영역에 의해서 측면으로 걸쳐진 지역의 외측에 위치된다. 이러한 지역은 본 명세서에서, 광이 인-커플러로부터 아웃-커플러로 그리고 추가로 도파관의 외부로 이동하도록 의도된 1 차 경로를 포함하는 "1 차 전파 지역"으로 불린다.

[0024] 몇몇 실시예에서, 1 차 미러링 방향으로의 격자 미러의 치수는 미러링될 전파 광의 홉(hop) 길이보다 더 크다. 이는 최대 효율을 보장한다.

[0025] 단일 도파관 상의 격자 미러의 수는 예를 들어, 하나, 둘, 셋 또는 넷일 수 있다. 위에서 언급한 4 개의 전형적인 위치가 아래에서 상세히 예시된다.

[0026] 다음으로, 본 발명의 실시예 및 본 발명의 장점이 첨부 도면을 참조하여 더 상세히 논의된다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 전통적인 격자 설정의 평면도를 도시한다.

도 2a 및 도 2b는 인-커플링 격자와 연관된 격자 미러의 상세 평면도를 도시한다.

도 3은 EPE 격자와 연관된 격자 미러의 상세 평면도를 도시한다.

도 4a는 아웃-커플링 격자와 연관된 격자 미러의 상세 평면도를 도시한다.

도 4b는 도 4a의 구성에서 발생한 미러링 이벤트의 k-공간 표현을 도시한다.

도 5a 내지 도 5d는 그의 상이한 위치에 도파관 미러를 포함하는 도파관 소자의 도파관 일반 도면을 도시한다.

도 6은 광의 1차 전파 지역 및 경로를 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 도 1은 회절 광 가이드를 위한 전통적인 격자 구성을 예시한다. 광 가이드 표면은 인-커플링(11), 출구 동공 확장(EPE)(12) 및 아웃-커플링(13) 격자를 포함한다. 논의된 바와 같이, 이와 같은 회절 광 가이드의 전체 효율은 전형적으로 비교적 낮다. 모든 격자는 약간의 광 손실을 유발한다. 인-커플러는 ±1 회절 차수만큼 광선(15 및 14)을 생성한다. 광선(14)의 에너지는 손실된다. EPE 격자는 광선(15)의 입사 에너지의 일부를 아웃-커플러 쪽으로 향하게 하고 나머지는 광선(16)을 통해 손실된다. 아웃-커플러는 EPE로부터 나오는 광선을 부분적으로 아웃-커플링하지만 광선(17)은 아웃-커플러 후의 광 가이드 내측에 남아있다. 일반적으로 바람직하지 않은 손실-유발 광선(14, 16, 17)은 여기서, 총칭하여 "미광(strayed light)" 또는 "미광선(stray rays)"으로 불린다.

[0029] 본 발명의 실시예에 의해서 미광선(14, 16 및 17)을 아웃-커플러로 재지향시킴으로써, 광 가이드의 전체 효율이 증가된다. 논의된 바와 같이, 이는 유리하게, 미러로서 작용하는 격자를 사용하여 수행되며, 그에 의해서 본질적으로 그의 원래 전파 방향으로 다시 광을 반사시킬 수 있다.

[0030] 요약하면, 미광은 예를 들어, 상기 1차 경로로 직접 지향된 광과 반대의 회절 차수로 인-커플링 영역을 탈출하는 광, 그로부터 커플링 아웃됨이 없이 아웃-커플링 영역을 탈출하는 광, 그의 원래 전파 방향을 향해 출구 공동 확장기 영역을 탈출하는 광, 또는 아웃-커플링 영역과 반대 방향으로 출구 동공 확장기 영역을 탈출하는 광을 포함할 수 있다. 본 발명의 실시예는 이들 모든 경우에 이점을 제공한다.

[0031] 일 예에서, 격자 미러는 소자의 인-커플링 격자의 주기의 정확히 절반인 주기를 갖는 선형(1-차원) 격자이다. 이들 두 격자들 사이의 격자 선 방향은 격자 미러의 사용 위치에 따라서, 전형적으로 동일하거나 90도만큼 경사진다. EPE가 광의 전파 방향으로 90도 변화를 일으키는 직교 기하학이 여기서 예시되지만, 본 발명은 임의의 다른 기하학에서 사용될 수 있음에 유의해야 한다.

[0032] 도 2a는 격자 미러(22A)와 함께 수반되는 인-커플링 격자(21)("인-커플러")를 예시한다. 인-커플러(22A)의 제 1 회절 차수는 1차 경로를 향해 광선(23, 26)을 생성하는 반면에, 마이너스 제 1 차수는 격자 미러(22A)를 향해 전파되는 광선(24, 28)을 생성한다. 경사 광선(24)의 격자 미러(22A)로부터의 반사는 광선(23)과 평행하며 따라서 인-커플러(21)를 우회하여 1차 전파 경로를 향하는 광선(25)을 생성한다. 이러한 구성은 도 5a에 더 구체적으로 예시된 바와 같이, 예를 들어 특히 이미지의 코너 구역에서 휘도를 증가시키는데 사용될 수 있다. 이러한 구역은 기존 구성에서 낮은 휘도를 겪는다.

[0033] 입사각이 낮은 광선(28)은 광선(29)으로서 인-커플러(21)를 향해 다시 반사되어, 그들 중 일부가 인-커플러에 의해 아웃-커플링된다. 이는 일반적으로 바람직하지 않지만, 입사광의 편광 상태를 변화시키는 편광-감지 인-커플러(21) 및 격자 미러(22)를 사용함으로써 적어도 부분적으로 방지될 수 있다. 대안적으로, 인-커플러(21)

와 격자 미러(22A) 사이의 도파관의 표면에는 편광-변경 소자가 있을 수 있다.

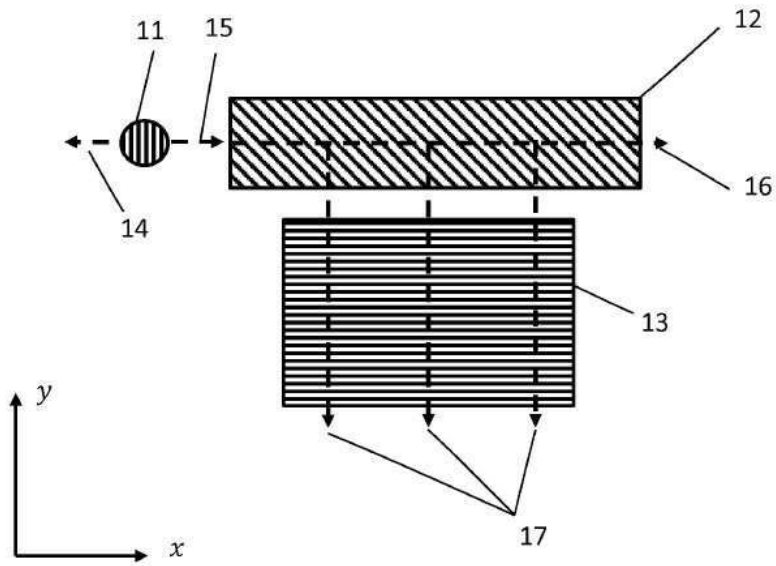
- [0034] 도 2b는 격자 미러가 인-커플러 주위에 부분적으로 배열되는 대안적인 실시예를 도시한다. 즉, 여기서, 인-커플러(21) 주변의 거의 절반이 격자 미러(22B)에 의해 둘러싸인다. 이는 미광을 "캡처"함으로써 효율을 더욱 증가시키는데 사용될 수 있다.
- [0035] 격자 미러(22A, 22B)는 그렇지 않으면 인-커플러(21)의 격자 벡터(G_{IC})와 동일한 격자 벡터(G_{MLIC})를 갖지만, 여기서는 2 배 더 길다(즉, $G_{MLIC} = 2 G_{IC}$). 이는 인-커플러(21)와 격자 미러(22A, 22B)의 격자 홈이 평행하지만 격자 미러(22A, 22B)의 주기가 인-커플러(21)의 주기의 절반에 불과하다는 것을 의미한다. 격자 미러(22A, 22B)는 각각의 광선이 격자 미러(22A, 22B)와 적어도 한 번 상호 작용할 정도로 광선 전파 방향으로 길 필요가 있다. 이들 유리한 원리는 일반적으로 다른 실시예에도 적용된다.
- [0036] 도 3에서, 2 개의 격자 미러(32, 33)는 EPE 격자(31)의 효율을 향상시키는데 사용된다. 입사 광선(34)이 EPE 격자(31)와 상호 작용할 때, 수직 및 수평 출력 광선(36, 38)이 생성된다. 수평 출력 광선(35)은 아웃-커플러를 향해 전파된다. 수직 출력 광선(36)은 수직으로 배열된 격자 미러(32)에 부딪히고 EPE 격자를 향해 다시 반사된다. 수직 격자 미러(32)는 격자 벡터($G_{MLEPE} = -2 G_{IC}$)를 가진다. EPE 격자 벡터의 방향으로 인해서, 인-커플러를 향해 전파되는 광선(37)은 격자 벡터($G_{MLEPE} = -2 G_{OC}$)를 갖는 수평 격자 미러(33)를 향해 상향으로 전파되는 광선(38)으로 부분적으로 분할되며, 여기서 G_{OC} 는 아웃-커플러 격자의 격자 벡터이다. 반사된 광선(39)은 EPE 격자와 다시 상호 작용한다. 광선은 EPE 내측에서 회절되고 분할된다. 회절 광선의 일부는 아웃-커플러에서 종료되고 일부는 수직 격자 미러에서 종료된다. 이는 격자 미러가 100% 효율을 가지면, 광이 본질적으로 아웃-커플러 쪽으로만 탈출하고 광이 손실되지 않음을 의미한다.
- [0037] 도 4a는 격자 미러(42)를 갖는 아웃-커플러(41)를 도시한다. 아웃-커플러를 통해 이동된 광선(43)은 격자 미러로부터 회절하여 반사 광선(44)을 생성한다. 반사된 광선은 아웃-커플러(41)를 통해 이동하고 눈을 향해 부분적으로 아웃-커플링된다. 격자 미러(42)는 격자 벡터($G_{LOC} = 2 G_{OC}$)를 가진다.
- [0038] 도 4b는 (k_x, k_y) 평면에서 아웃-커플러(41) 및 격자 미러(42)의 격자 벡터에 의해 가상 이미지의 정규화된 파동(wave) 벡터 성분이 어떻게 시프트되는지를 도시한 것이다. 아웃-커플러(41)는 이미지 박스를 "굴절률 도넛(refraction index donut)" 내측의 제 1 위치(45)로부터 중앙의 제 2 위치(46)로 이동시키는 반면에, 격자 미러(42)는 반대 방향으로 전파되는 "도넛"의 내측에서 여전히 이미지를 제 1 위치(45)로부터 제 3 위치(47)로 이동시킨다. 광선이 광 가이드 내측의 전반사를 통해 전파될 때, (k_x, k_y) 정규화된 파동 벡터는 1(공기의 굴절률)보다 크지만 도파관의 굴절률(n_{wg})보다 더 작은 길이를 가진다. (k_x, k_y) 벡터가 길면 길수록, 도파관 표면들 사이에서 전파될 때 광선이 취하는 점프는 더 길어진다.
- [0039] 또한, 도 4b는 격자 반사 후 이미지 지점(48)(검은 점으로 표시됨)의 위치가 단위 원에 대해 어떻게 변하는지를 도시한다. 거리가 더 커진다. 이는 격자 반사 후 광선이 더 긴 점프로 전파됨을 의미한다. 내부 경계보다 외부에 더 가까운 (k_x, k_y) 지점에 대해서는 역으로 발생한다. 따라서, 하향 및 상향 전파 광선의 평균 점프 길이가 더욱 균일해지므로, 격자 미러는 아웃-커플러에서보다 더욱 균일한 세기 분포를 얻는데 사용될 수 있다. 이는 또한, 전형적으로 광선이 광 가이드 내부에서 취하는 최대 점프 길이로부터 인-커플러의 크기가 정의되므로 인-커플러가 1 차원에서 더 작게 만들어질 수 있음을 의미한다. 인-커플러가 작으면 작을수록, 프로젝터가 더 작아지고 안경류의 폼 팩터(form factor)가 더 양호해진다. 아웃-커플러에서보다 더욱 균일한 세기 분포는 또한, 시야와 아이박스(eyebow) 전반에서 백색의 균일성이 더 양호해짐을 의미한다.
- [0040] 도 5a 내지 도 5d는 인-커플러(52), EPE 격자(54) 및 아웃-커플러(56)를 포함하는 예시적인 도파관(50)의 도움으로 상세하게 기술된 실시예들을 예시한다. 도 5a에서, 인-커플러(52) 뒤에 위치한 인-커플러 격자 미러(53A)가 있다.
- [0041] 미러(53A) 및 EPE(54)는 EPE가 "잘못된" 방향으로 또한 적어도 약간의 경사 각도로 인-커플러를 빠져나가는 광선을 캡처할 수 있도록 인-커플러(52)에 대해 위치된다. 이는 전방 코너 구역에서 이미지의 균질성을 증가시킨다. 도 2a 및 도 2b를 참조하여 위에서 논의된 바와 같이, 수평 광선을 직접적으로 사용하여, 특히 편광의 장점을 취하여 캡처함으로써 효율의 개선이 또한 달성될 수 있다.
- [0042] 도 5b는 EPE 격자(54)에 인접한 수평 및 수직 미러 격자(53B, 53C)를 각각 사용하는 이점을 개략적으로 예시한다. 알 수 있는 바와 같이, EPE를 수평으로 통과하는 광의 일부는 수직으로 배열된 미러 격자(53C)에 의해

다시 미러링된다. 미러링된 광의 상당한 부분은 EPE에 의해 수평으로 배열된 미러 격자(53B)로 추가로 지향되고, 아웃-커플러(56)를 향해 추가로 반사된다.

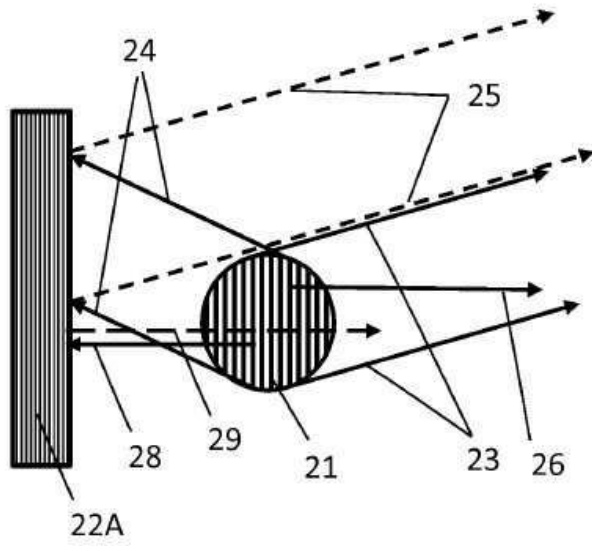
- [0043] 도 5c는 아웃-커플러(56) 뒤의 미러 격자(53B)의 이점을 예시한다.
- [0044] 도 5d는 이중 주기 아웃-커플링/동공 확장 격자(560D)가 수평(533D, 534D) 및 수직(531D, 532D) 격자 미러에 의해 둘러싸인 격자 구성을 도시한다. 인-커플링 격자(520D)는 정상 선형 격자 또는 이중 주기 격자일 수 있다. 인-커플링 격자(520D)는 도 5d에 도시된 바와 같이 조합된 아웃-커플링/동공 확장 격자(560D)의 외부 경계 내에 또는 그 측면에 위치될 수 있다.
- [0045] 모든 경우에, 미러 격자는 바람직하게, 그것이 연관된 격자의 각각의 치수와 적어도 동일하거나 그보다 더 큰 폭을 가진다. 미러 격자의 수직 평면-내 치수, 즉 주 전파 방향으로의 길이는 바람직하게, 기관의 두께, 사용된 파장(들) 및 격자에 의해 결정된 바와 같은 광선의 전파 각도에 의존하는, 도파관에서 전반사를 통해 전파되는 광선의 홉(hop)(점프) 길이보다 더 길다.
- [0046] 몇몇 실시예에서, 미러 격자는 본질적으로 직사각형 형상을 가진다. 전형적으로, 그의 격자 벡터에 평행한 격자 미러의 치수(길이)는 격자 선을 따르는 치수(폭)보다 더 짧다.
- [0047] 마지막으로, 도 6은 인-커플링, 아웃-커플링 및 EPE 격자(즉, 격자 주위에 배치된 고무 밴드와 같이 최소 원주로 격자를 완전히 둘러싸는 지역)에 의해 측면이 걸쳐진 1 차 전파 지역(62)을 예시한다. 따라서, 1 차 경로는 도파관의 특성과 함께 이들 격자에 의해 완전히 규정되며, 이에 의해서 광선의 1 차 전파 경로는 이러한 지역 내측에 남아있게 된다. 미러 격자는 이러한 지역 외측에 위치된다. 그러나, 그러한 경우가 예를 들어, 도 2b의 구성이 될 수 있기 때문에, 미러 격자의 몇몇 부분은 1 차 전파 지역(62) 내측에 있을 것임을 배제하지 않는다. 그러나, 전형적으로, 각각의 미러 격자의 적어도 50%, 예를 들어 적어도 75%가 이러한 지역(62) 외측에 있다.
- [0048] 큰 출구 동공이 필요하지 않은 몇몇 용례에서, EPE 격자는 생략될 수 있다.
- [0049] EPE 격자 대신에 또는 그에 더하여, 소자는 도파관 내측의 광 필드(light field)를 수정하도록 구성된 하나 이상의 중간 격자를 포함할 수 있다. 하나 이상의 추가적인 격자 미러가 그러한 추가의 격자와 연관될 수 있다.
- [0050] 제조의 간단함 측면에서 유리한 전형적인 실시예에서, 격자 미러는 그것이 연관된 격자와 동일한 도파관의 표면에 위치되지만, 이는 다른 표면에 또한 위치될 수 있다. 또한, 양쪽 표면에 미러 격자가 있는 것도 배제되지 않는다.
- [0051] 본 발명은 다양한 다른 디스플레이 형태 및 구성에도 적용 가능하다는 점에 유의해야 한다. 예를 들어, FOV(field-of-view: 시야) 또는 전체 파장 범위는 FOV 또는 파장이 상이한 경로를 따라 적어도 부분적으로 전파되도록 적합한 격자 배열에 의해 분할될 수 있다. 이들 경우에, 본 명세서에서 논의된 미러 격자 및 원리는 이들 모든 격자 및 경로에 대해 별도로 사용될 수 있다.
- [0052] 예를 들어 각각의 층이 상이한 파장 대역을 갖는 다층 도파관의 경우에, 본 발명의 실시예는 각각의 층에 별도로 적용될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 실시예는 광대역 조명 및 협대역(좁은 다중-대역을 포함함) 조명 그리고 프로젝터와 함께 사용될 수 있다.
- [0054] 도파관은 2 개의 평행한 주 표면을 갖는 투명한 재료, 전형적으로 플라스틱 또는 유리의 평면 조각일 수 있다. 모든 격자(52, 53A-D, 54, 56)는 예를 들어, 표면 릴리프(relief) 격자(SRG)로서 제조되거나 회절 피처(diffraction feature) 또는 다른 회절 광학 소자(DOE)로서 표면에 추가 재료를 제공함으로써 제조될 수 있다. 일 예에서, 격자는 유리 도파관에 TiO_2 , Si_3N_4 및 HfO_2 와 같은 적어도 하나의 산화물 또는 질화물 재료로 만들어진 선형 피처를 포함한다.

도면

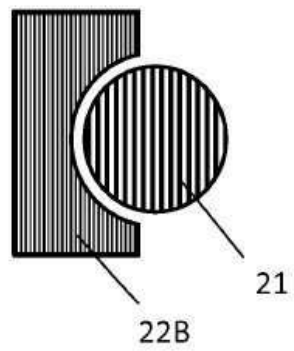
도면1



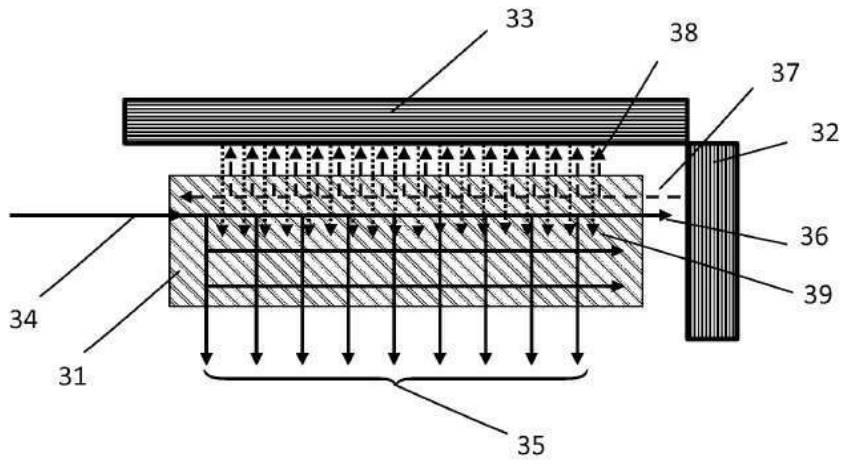
도면2a



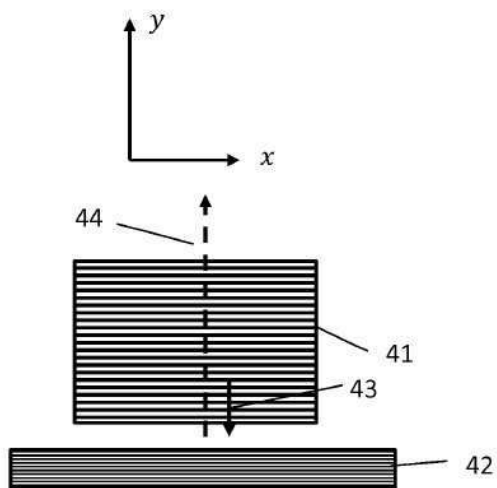
도면2b



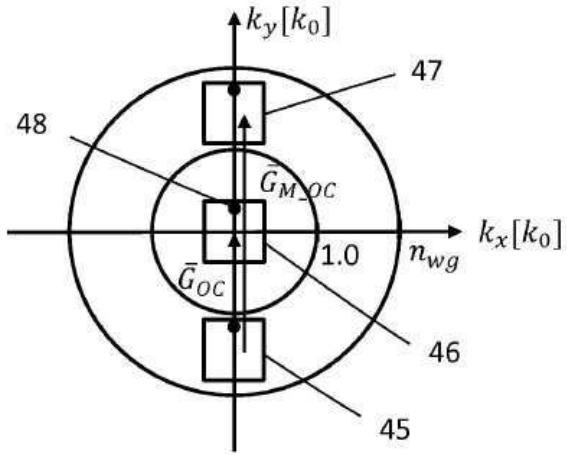
도면3



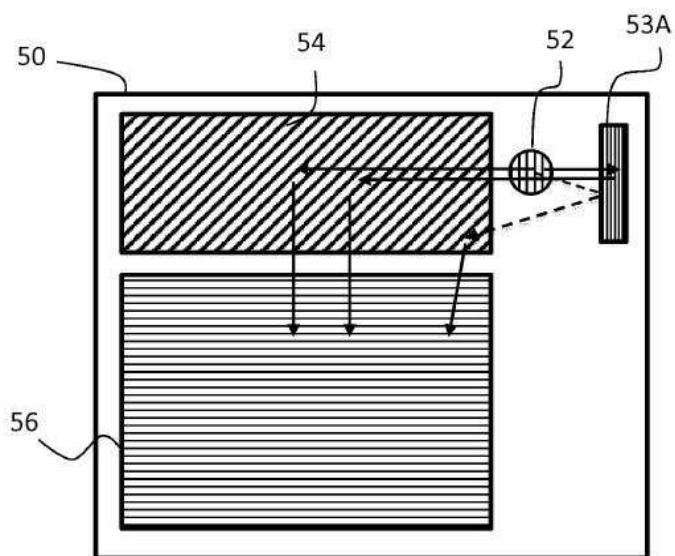
도면4a



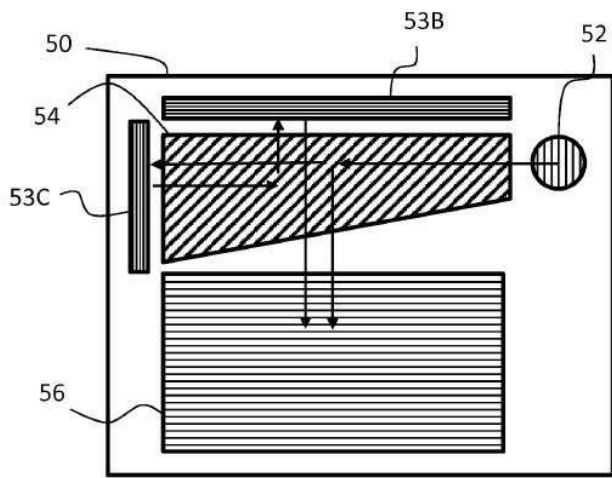
도면4b



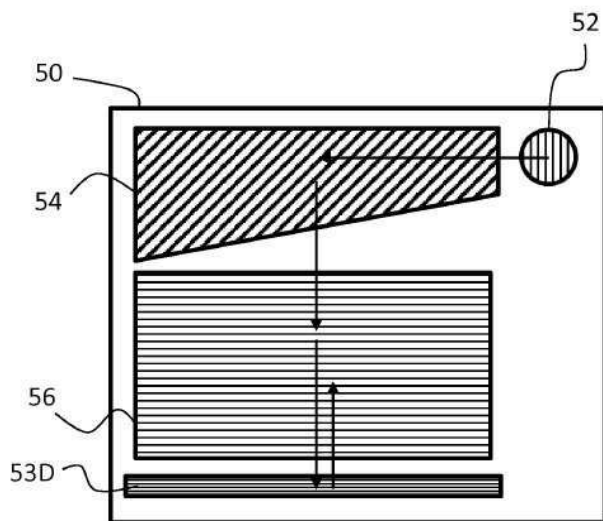
도면5a



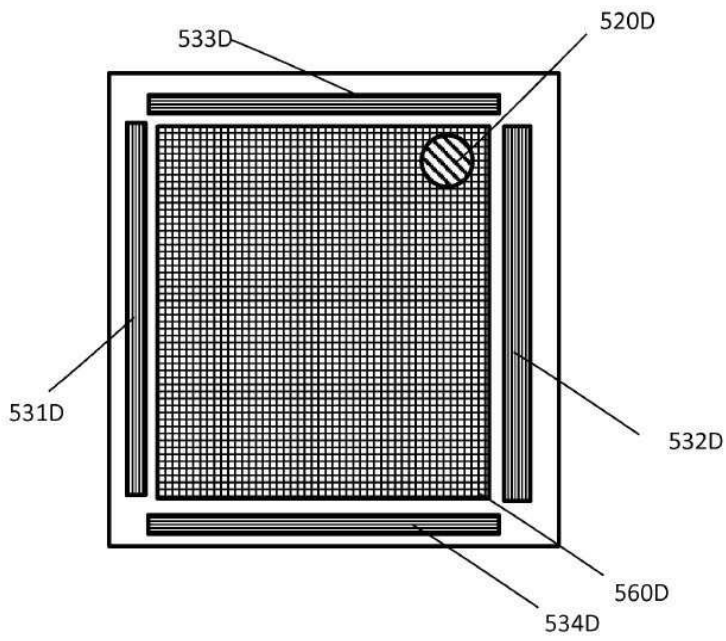
도면5b



도면5c



도면5d



도면6

