



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0079679
(43) 공개일자 2019년07월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 26/10 (2006.01) **G01S 17/08** (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01) **G02B 26/08** (2006.01)
G02B 27/10 (2006.01) **G02B 27/12** (2006.01)
G02F 1/29 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G02B 26/106 (2013.01)
G01S 17/08 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7017248
- (22) 출원일자(국제) 2017년11월15일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2019년06월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/AU2017/051255
- (87) 국제공개번호 WO 2018/090085
국제공개일자 2018년05월24일
- (30) 우선권주장
2016904674 2016년11월16일 오스트레일리아(AU)
2017902306 2017년06월16일 오스트레일리아(AU)

- (71) 출원인
바라자 피티와이 엘티디
오스트레일리아 뉴 사우스 웨일즈 2070 린드필드
웨스트 브래드필드 로드 36
- (72) 발명자
본디 폐데리코 콜라트
오스트레일리아 뉴 사우스 웨일즈 2070 린드필드
웨스트 브래드필드 로드 36
폴리카세릴 시비
오스트레일리아 뉴 사우스 웨일즈 2070 린드필드
웨스트 브래드필드 로드 36
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
리엔목특허법인

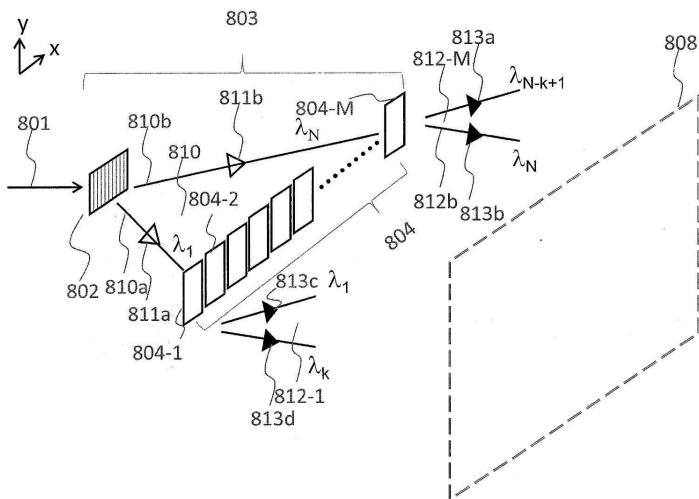
전체 청구항 수 : 총 26 항

(54) 발명의 명칭 광학 빛 지향기

(57) 요 약

2차원 이상에서 빛을 지향(directing)하는 시스템이 설명된다. 시스템은 과장에 기초하여 초기 차원(initial dimension)을 넘어 빛을 지향하도록 배치된 배산 요소(dispersive element)를 포함한다. 시스템은 또한 초기 차원을 따라 지향된 빛을 수신하도록 배치된 스티어링 요소(steering element)의 배열을 포함하며, 스티어링 요소의 배열은 수신된 빛을 더 지향함으로써 2개 차원 너머의 빛의 지향을 달성하도록 구성된다. 또한 빛을 2개 차원 들 너머로 지향하기 위한 방법이 설명된다.

대 표 도 - 도8



(52) CPC특허분류

G01S 7/4814 (2013.01)

G01S 7/4817 (2013.01)

G02B 26/0808 (2013.01)

G02B 27/1006 (2013.01)

G02B 27/126 (2013.01)

G02F 1/29 (2013.01)

(72) 발명자

로딘 레베카

오스트레일리아 뉴 사우스 웨일즈 2070 런드필드

웨스트 브래드필드 로드 36

타바치니 안드레아

오스트레일리아 뉴 사우스 웨일즈 2070 런드필드

웨스트 브래드필드 로드 36

명세서

청구범위

청구항 1

2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향(directing)하기 위한 광학 시스템으로서, 상기 빛은 파장 밴드들(wavelength bands)로 그룹지어지는 다중 파장 채널들(wavelength channels) 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 시스템은:

상기 다중 파장 채널들 중의 상기 선택된 하나에 기초하여 초기 차원(initial dimension)에 걸쳐 제1 방향들 중의 하나를 향해 상기 빛을 지향하도록 배치되는 발산 요소(dispersive element); 및

상기 지향된 빛을 수신하기 위해 상기 초기 차원을 따라 배치된 조정 요소들의 배열(array of steering elements)로서, 상기 조정 요소들의 배열은 상기 초기 차원을 따른 위치에 기초하여 제2 방향들 중의 하나를 향해 상기 수신된 빛을 더 지향하도록 구성되고, 상기 제2 방향들은 상기 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 따라 정렬되고, 상기 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 가로질러 확장하는, 조정 요소들의 배열;을 포함하는, 광학 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조정 요소들의 배열은 각각 상기 제2 차원을 가로질러 상기 수신된 빛을 회절시키기 위한 가변 선-간격 격자(variable line-spacing grating)를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 가변 선-간격 격자는 상기 가변 선-간격 격자 상에 상기 초기 차원을 따른 위치들에 기초한 다중 격자 주기들을 포함하는, 광학 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 다중 격자 주기들은 상기 초기 차원을 따라 연속적으로(continuously) 변화하는, 광학 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 다중 격자 주기들은 상기 초기 차원을 따라 이산적으로(discretely) 변화하는, 광학 시스템.

청구항 6

제3항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다중 격자 주기들의 변화는 상기 조정 요소들의 배열을 가로질러 실질적으로 반복되는, 광학 시스템.

청구항 7

제3항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2 방향들은 상기 가변 선-간격 격자 상의 상기 초기 차원을 따른 상기 위치들에 대응하는, 광학 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 조정 요소들의 배열은 각각 상기 제2 차원을 가로질러 상기 수신된 빛을 반사하는 반사 요소(reflective

element)를 포함하는, 광학 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 반사 요소는 반사 표면(reflective surface)을 포함하고, 상기 반사 표면의 법선 벡터는 상기 초기 차원을 따른 위치들에 기초하여 변화하는, 광학 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 법선 벡터는 상기 초기 차원을 따른 위치들을 따라 연속적으로 변화하는, 광학 시스템.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 법선 벡터는 상기 초기 차원을 따른 위치들을 따라 이산적으로 변화하는, 광학 시스템.

청구항 12

제3항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초기 차원에 상기 지향된 빛을 가두기 위한 포커싱 요소(focussing element)를 더 포함하는, 광학 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 포커싱 요소는 원통형 렌즈인, 광학 시스템.

청구항 14

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 포커싱 요소에 의해 포커싱된 빛을 시준하기 위한 시준 요소(collimating element)를 더 포함하는, 광학 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 발산 요소는 상기 초기 차원에 걸쳐 상기 빛을 지향하기 위한 하나 또는 그 이상의 격자들 및 하나 또는 그 이상의 프리즘들의 임의의 조합을 포함하는, 광학 시스템.

청구항 16

2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키는 방법으로서, 상기 빛은 파장 밴드들로 그룹지어지는 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 방법은:

발산 요소를 사용하여, 상기 다중 파장 채널들 중의 상기 선택된 하나에 기초하여 초기 차원을 따라 배치된 조정 요소들의 배열에서 상기 초기 차원에 걸쳐 제1 방향들 중의 하나를 향해 빛을 지향시키는 단계; 및

상기 조정 요소들의 배열을 사용하여, 상기 초기 차원을 따른 위치에 기초하여 제2 방향들 중의 하나를 향해 상기 지향된 빛을 더 지향시키는 단계로서, 상기 제2 방향은 상기 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 따라 정렬되고, 상기 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 가로질러 확장하는, 더 지향시키는 단계;를 포함하는, 빛을 지향시키는 방법.

청구항 17

2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키기 위한 광학 시스템으로서, 상기 광학 시스템은:

다중 파장들 중 적어도 하나를 포함하는 빛을 수신하도록 배치되고, 상기 다중 파장들을 공간적으로 발산하는, 적어도 하나의 발산 요소;

상기 발산 요소로부터, 모든 다중 파장들 보다는 적은, 제1 복수의 다중 파장들(first plurality of the multiple wavelengths)을 수신하고, 제1 투영(first projection)을 가로지르는 상기 제1 복수의 다중 파장들을 공간적으로 지향(spatially direct)시키도록 배치되는, 제1 조정 요소(first steering element); 및

상기 발산 요소로부터, 모든 다중 파장들 보다는 적고 상기 제1 복수의 다중 파장들과는 다른, 제2 복수의 다중 파장들을 수신하고, 제2 투영을 가로지르는 상기 제2 복수의 다중 파장들을 공간적으로 지향시키도록 배치되는, 제2 조정 요소(second steering element);를 포함하고,

상기 제1 투영과 상기 제2 투영은 결합하여 2개 차원들에 걸쳐 확장하는, 광학 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제1 투영과 제2 투영은 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 제1 차원에 횡으로 제2 차원을 가로질러 확장하는, 광학 시스템.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 제1 투영과 상기 제2 투영은 실질적으로 선형(linear)이고 실질적으로 평행한, 광학 시스템.

청구항 20

제17항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 조정 요소 및 상기 제2 조정 요소는 제1 차원을 따라 위치된 발산 요소들이고, 상기 제1 투영 및 상기 제2 투영은 상기 제1 차원을 실질적으로 횡으로 가로지르는, 광학 시스템.

청구항 21

제17항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 조정 요소 및 상기 제2 조정 요소는 제1 차원을 따라 위치된 반사 요소들이고, 상기 제1 투영 및 상기 제2 투영은 상기 제1 차원에 실질적으로 평행하고, 제1 차원에 횡으로 제2 차원에서 서로 간에 오프셋되는, 광학 시스템.

청구항 22

제17항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 조정 요소 및 상기 제2 조정 요소는 제1 차원을 따라 위치된 반사 요소들이고, 상기 제1 투영 및 상기 제2 투영은 상기 제2 차원에 실질적으로 평행하고, 제2 차원에 횡으로 제1 차원에서 서로 간에 오프셋되는, 광학 시스템.

청구항 23

제17항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 발산 요소에 의해 수신된 상기 빛을 생성하도록 배치된 광원을 더 포함하고, 상기 광원은 제1 시간 주기 동안 상기 제1 복수의 다중 파장들을 생성하고 상기 제2 복수의 다중 파장들을 생성하지 않으며, 상기 제1 시간 주기와 다른 제2 시간 주기 동안 상기 제2 복수의 다중 파장들을 생성하고 상기 제1 복수의 다중 파장들을 생성하지 않는, 광학 시스템.

청구항 24

2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키는 방법으로서, 상기 방법은:

제1 조정 요소에서, 제1 파장 범위를 포함하는 제1 광 신호를 수신하고, 상기 제1 조정 요소에 의해, 제1 투영

을 가로지르는 상기 제1 광 신호를 공간적으로 지향시키는 단계; 및

제2 조정 요소에서, 상기 제1 광 범위와 다른 제2 광 범위를 포함하는 제2 광 신호를 수신하고, 상기 제2 조정 요소에 의해, 제2 투영을 가로지르는 제2 광 신호를 공간적으로 지향시키는 단계;를 포함하고,

상기 제1 투영과 상기 제2 투영은 결합하여 2개 차원들에 걸쳐 확장하는, 빛을 지향시키는 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

산란 요소를 통하여 광원을 통과시킴으로써 상기 제1 광 신호와 상기 제2 광 신호를 생성하는 단계로서, 상기 발산 요소는 상기 광원을 상기 제1 광 신호와 상기 제2 광 신호로 발산시키도록 배치되는 단계;를 더 포함하는, 빛을 지향시키는 방법.

청구항 26

제25항에 있어서,

상기 제1 광 범위와 상기 제2 광 범위를 통해 스캔하기 위해 상기 광원을 가변시키는 단계로서, 상기 제1 광 신호와 상기 제2 광 신호는 각각 상기 제1 투영과 상기 제2 투영을 가로질러 조정되는 단계;를 더 포함하는, 빛을 지향시키는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 광학 빔(optical beam)을 지향하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다. 더 구체적으로는, 본 발명은 광학 빔을 2개 차원들로 지향하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광학 빔 지향은 LiDAR(light detection and ranging) 등의 응용들을 포함하는, 그러나 이것에 한정되지는 않는 다양한 용도들을 가지는데, 여기서 빛은 매핑 목적으로 환경에 투사된다. 3차원 매핑에서, 차원들 중의 하나는 광학 빔의 출발점으로부터 해당 지점까지의 거리 범위에 관한 것인 반면, 나머지 2개 차원은 광학 빔이 가로질러 조종되는 2차원 공간(예컨대 카테시안(x,y)이나 극(r, θ) 좌표)에 관련된 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은 광학 빔을 지향하기 위한 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 일 측면에 따르면, 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향하는 광학 시스템이 제공되며, 상기 빛은 광학 밴드들로 그룹지어지는 다중 광 채널들 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 시스템은:

[0005] 상기 다중 광 채널들 중의 상기 선택된 하나에 기초하여 초기 차원에 걸쳐 제1 방향들 중의 하나를 향해 상기 빛을 지향하도록 배치되는 발산 요소; 및

[0006] 상기 지향된 빛을 수신하기 위해 상기 초기 차원을 따라 배치된 조정 요소들의 배열로서, 상기 조정 요소들의 배열은 상기 초기 차원을 따른 위치에 기초하여 제2 방향들 중의 하나를 향해 상기 수신된 빛을 더 지향하도록 구성되고, 상기 제2 방향들은 상기 각각의 광학 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 따라 정렬되고, 상기 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 가로질러 확장하는, 조정 요소들의 배열;을 포함한다.

[0007] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향하는 방법이 제공되며, 상기 빛은 광학 밴드들로

그룹지어지는 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 방법은:

[0008] 발산 요소를 사용하여, 상기 다중 파장 채널들 중의 상기 선택된 하나에 기초하여 초기 차원을 따라 배치된 조정 요소들의 배열에서 상기 초기 차원에 걸쳐 제1 방향들 중의 하나를 향해 빛을 지향시키는 단계; 및

[0009] 상기 조정 요소들의 배열을 사용하여, 상기 초기 차원을 따른 위치에 기초하여 제2 방향들 중의 하나를 향해 상기 지향된 빛을 더 지향시키는 단계로서, 상기 제2 방향은 상기 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 따라 정렬되고, 상기 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 가로질러 확장하는, 더 지향시키는 단계;를 포함한다.

[0010] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키기 위한 광학 시스템이 제공되며, 상기 광학 시스템은:

[0011] 다중 파장들 중 적어도 하나를 포함하는 빛을 수신하도록 배치되고, 상기 다중 파장들을 공간적으로 발산하는, 적어도 하나의 발산 요소;

[0012] 상기 발산 요소로부터, 모든 다중 파장들 보다는 적은, 제1 복수의 다중 파장들을 수신하고, 제1 투영을 가로지르는 상기 제1 복수의 다중 파장들을 공간적으로 지향시키도록 배치되는, 제1 조정 요소; 및

[0013] 상기 발산 요소로부터, 모든 다중 파장들 보다는 적고 상기 제1 복수의 다중 파장들과는 다른, 제2 복수의 다중 파장들을 수신하고, 제2 투영을 가로지르는 상기 제2 복수의 다중 파장들을 공간적으로 지향시키도록 배치되는, 제2 조정 요소;를 포함하고,

[0014] 상기 제1 투영과 상기 제2 투영은 결합하여 2개 차원들에 걸쳐 확장한다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키는 방법이 제공되며, 상기 방법은:

[0016] 제1 조정 요소에서, 제1 파장 범위를 포함하는 제1 광 신호를 수신하고, 상기 제1 조정 요소에 의해, 제1 투영을 가로지르는 상기 제1 광 신호를 공간적으로 지향시키는 단계; 및

[0017] 제2 조정 요소에서, 상기 제1 파장 범위와 다른 제2 파장 범위를 포함하는 제2 광 신호를 수신하고, 상기 제2 조정 요소에 의해, 제2 투영을 가로지르는 제2 광 신호를 공간적으로 지향시키는 단계;를 포함하고,

[0018] 상기 제1 투영과 상기 제2 투영은 결합하여 2개 차원들에 걸쳐 확장한다.

[0019] 본 발명의 추가적인 측면과 이전의 문단들에서 설명된 측면들의 추가적인 실시예들은 예시로서 첨부된 도면을 참조하여 주어지는 이하의 설명으로부터 명백해질 것이다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 의하면 광학 빔을 지향하기 위한 시스템 및 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 환경을 공간적으로 프로파일링하기 위한 모듈을 도시한 것이다.

도 2는 광학 빔을 지향하기 위한 시스템의 배치를 개념적으로 도시한 것이다.

도 3a 및 도 3b는 광학 빔 지향기의 배치와 스윕 파장 채널들에 걸쳐 광학 빔의 공간 분포를 개념적으로 도시한 것이다.

도 4a 및 도 4b는 광학 빔 지향기의 다른 배치와 스윕 파장 채널들에 걸쳐 광학 빔의 공간 분포를 개념적으로 도시한 것이다.

도 5a 및 도 5b는 광학 빔 지향기의 또다른 배치와 스윕 파장 채널들에 걸쳐 광학 빔의 공간 분포를 개념적으로 도시한 것이다.

도 6a 및 도 6b는 광학 빔 지향기의 또다른 배치와 스윕 파장 채널들에 걸쳐 광학 빔의 공간 분포를 개념적으로 도시한 것이다.

도 7a 및 도 7b는 광학 빔 지향기의 또다른 배치와 스윕 파장 채널들에 걸쳐 광학 빔의 공간 분포를 개념적으로 도시한 것이다.

도 8은 광학 빔을 지향하는 시스템의 배치를 개념적으로 도시한 것이다.

도 9a 및 도 9b는 가변 선-간격 격자의 다른 배치를 도시한 것이다.

도 10a 및 도 10b는 제2 발산 요소의 배열의 다른 배치를 도시한 것이다.

도 10c는 제2 발산 요소의 배열의 또다른 배치를 도시한 것이다.

도 11은 도 8의 시스템의 차단된 출력의 이미지를 개념적으로 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022]

여기에 설명되는 것은 2개 차원에 걸쳐 빛을 지향하는 광학 시스템이다. 설명된 시스템은 하나 또는 그 이상의 선택된 파장 채널들에 기초하여 그리고 기계적으로 움직이는 부품 없이 빛을 조정하는 것이 가능하다. 여기의 설명이 단일 선택된 파장 채널(예컨대 단일 파장-가변 광원을 사용하여)에 초점을 맞추고 있다 하더라도, 그 설명은 작은 수정만으로 (예컨대, 다중-색상 광원이나 다중 단일-파장 가변 광원들의 조합을 사용함으로서) 다중 선택된 파장 채널들에 적용될 수 있음을 이해하여야 한다. 스캐닝 속력, 방향 안정성 및 공간 분해능의 관점에서 조작가능성(steerability)은 각각 파장-변경 속력, 파장 안정성과 파장-분해능에 따라 달라진다. 설명된 시스템은 기계적 성능에의 의존을 줄일 수 있어서 유용할 수 있으며, 예컨대 그 특성상 기계적 고장 또는 기계적 폐로에 따른 발생 또는 충격을 줄일 수 있다.

[0023]

설명된 시스템은 빔 지향기로 사용될 수 있으며, 예컨대 환경의 공간적 프로파일을 추정하는 공간 프로파일링 배치에 사용될 수 있다. 빔 지향을 응용하는 다른 예시는 분광(spectrometry), 광학 시선 통신(optical line-of-sight communications), 제조 라인 상의 2D 스캐닝, 2D 프린터, 적응형 조명 등을 포함한다. 비록 뒤이은 설명이 공간 프로파일 추정에 초점을 맞추고 있지만, 당업자라면 그 설명이 작은 수정만으로, 다른 빔 지향 응용들에도 적용가능함을 이해할 수 있을 것이다.

[0024]

도 1은 공간 프로파일링 배치(100)의 예시를 도시한 것이다. 배치(100A)는 광원(102), 빔 지향기(103), 광 수신기(104) 및 처리 유닛(105)을 포함한다. 도 1의 배치에서, 광원(102)으로부터 나오는 빛은 빔 지향기(103)에 의해 2개 차원 방향으로 지향되어 공간 프로파일을 가진 환경(110)으로 간다. 만약 나온 빛이 물체나 반사면에 부딪혔다면, 나가는 빛의 적어도 일부가 반사되어(직선 화살표로 표시됨), 그 물체나 반사면에 의해 예컨대 산란되어, 빔 지향기(103)로 되돌아와 광 수신기(104)에 수신된다. 처리 유닛(105)은 그 작동을 제어하기 위해 광원(102)과 작동상 결합된다. 처리 유닛(105)은 또한 반사광에 의해 지나친 왕복-여행의 거리를 판단함으로써 반사면과의 거리를 결정하기 위하 광 수신기(104)와 작동상 결합된다.

[0025]

광원(102), 빔 지향기(103), 광 수신기(104)는 자유-공간 광학 그리고/또한 2D나 3D 도파관들의 형태로 광섬유나 광회로와 같은 광학 도파관을 통해 서로 간에 광학적으로 결합될 수 있다. 광원(102)으로부터 나가는 빛은 환경으로 지향되기 위하여 빔 지향기(103)에 제공된다. 빔 지향기(103)에 의해 수집된 임의의 반사광은 광 수신기(104)로 지향될 수 있다. 일 실시예에서, 광원(102)으로부터의 빛은 또한 광원(102)으로부터 광 수신기(104)로의 직접 광 경로(도시되지 않음)를 통해 광학 처리 목적을 위한 광 수신기(104)에 제공될 수 있다. 예컨대, 광원(102)으로부터의 빛은 먼저 샘플러(예컨대 90/10 광섬유 커플러)에 진입하고, 거기서 대부분(예컨대 90%)의 빛이 빔 지향기(103)로 제공되고 남은 샘플 부분(예컨대 10%)의 빛은 직접 경로를 통해 광 수신기(104)로 제공될 수 있다. 다른 예시에서, 광원(102)으로부터의 빛은 처음에 광학 스위치의 입력 포트에 진입하고 두 개의 출력 포트들 중의 하나로부터 탈출할 수 있고, 여기서 한 출력 포트는 빛을 빔 지향기(103)로 다른 하나의 출력 포트는 빛을 처리 유닛(105)에 의해 결정된 시간에 광 수신기(104)로 재-지향시킬 수 있다.

[0026]

광원(102)으로부터의 빛은 M 파장 밴드들로 그룹지어지는 N개의 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함한다. 광원(102)은 파장-가변 레이저일 수 있는데, 원하는 파장 채널의 선택을 전기 제어 신호를 통해 가능케 한다. M개의 파장 밴드들은 연속적인 파장 채널들을 포함할 수 있다. 예컨대, N개의 파장 채널들은 그들의 중심 파장들 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 에 의해 지정될 수 있고, M개의 파장 밴드들은 $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}, \{\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_{2k}\}, \dots, \{\lambda_{N-k+1}, \lambda_{N-k+2}, \dots, \lambda_N\}$ 이며 $k = N/M$ 이다.

[0027]

< 제1 배치 >

[0028]

도 2를 참조하면, 설명되는 시스템(203)이 도 1에서 빔 지향기(103)의 역할을 한다. 설명되는 시스템(203)은 (선형 또는 비선형 차원일 수 있는) 초기 차원 너머로 광원(102)으로부터 빛(201)을 지향하도록 배치된 발산 요소(dispersive element)(202)를 포함한다. 발산 요소(202)는 하나 또는 그 이상의 격자(grating) 또는 하나 또

는 그 이상의 프리즘일 수 있다. 비록 도 2에 도시된 초기 차원이 광 경로(210a)(예컨대 파장 채널 λ_1 에 대응되는)와 광 경로(210b)(예컨대 파장 채널 λ_N 에 대응되는) 사이의 연속 평면처럼 보인다 하더라도, 시스템(203)은 실제로는 일반적으로 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나에 기초하여 임의의 한 시각에 파장 채널 λ_1 , λ_2 , ..., λ_N 중의 선택된 하나만을 받아들인다.

[0029] 설명되는 시스템(203)은 지향된 빛(210)을 수신하기 위해 초기 차원을 따라 배치된 (도 2에서 공동으로 (204)로 표시된) 반사 요소들(reflective elements)의 배열을 포함한다. 설명적인 목적에서, 설명되는 시스템(203)의 일부분이 아닌 스크린(208)이 도 2에 도시되어 선택된 파장이 λ_1 과 λ_N 사이를 쓸어갈 때 지향된 광학 빔(212)의 공간 분포를 묘사한다. 도 2에 도시된 것처럼, 반사 요소(204)가 단일 평면 거울의 형태를 취할 때, 지향된 빛(210)의 광 경로(210a)는 반사광(212)의 광 경로(212b)를 따라 반사된다. 유사하게, 지향된 빛(210)의 광 경로(210b)는 반사광(212)의 광 경로(212a)를 따라 반사된다. 단일 평면 거울의 경우에, 이미지(206)는 연속선의 형태를 띤다. 다시, 시스템(203)이 실제로는 일반적으로 임의의 한 시각에 파장 채널 λ_1 , λ_2 , ..., λ_N 중의 선택된 하나를 받아들이며, 이미지(206)는 실제로는 설명적 목적을 위해 도 2에 묘사된 것처럼 연속선이라기 보다는 점(point)의 형태를 띤다. 지향된 광학 빔(206)의 공간 분포는 제1 차원(214)을 따르며, 제1 차원(214)은 발산 요소(202)에 의해 야기된 초기 차원과 연관된다. 지향된 광학 빔(206)은 제1 차원(214)에 실질적으로 수직인 제2 차원(216)을 따라 분포되지 않는다.

[0030] 도 3 내지 도 7은 다른 배열의 반사 요소들을 채용한 결과들을 도시한다. 도 3a 및 도 3b는 비교를 하기 위해 도 2의 단일 평면 거울의 경우를 재현한 것이다. 반사 요소(204)가 단일 평면 거울(304)인 경우에, 이미지(206)는 선택된 파장이 λ_1 과 λ_N 사이를 쓸어가는 연속선(306)의 형태이다. 지향된 광학 빔(212)의 공간 분포는 제1 차원(214)을 따르며, 제1 차원(214)은 발산 요소(202)에 의해 야기된 초기 차원과 연관된다. 지향된 광학 빔(206)은 제2 차원(216)을 따라 분포되지 않는다.

[0031] 도 4a 및 도 4b는 반사 요소들(204)이 단일 평면 거울(404)의 배열이고 각 단일 평면 거울(404)들이 인접한 거울들로부터 작은 틈만큼 분리된 경우를 나타낸다. 이미지(206)는 선택된 파장이 λ_1 과 λ_N 사이를 쓸어가는 파선(406)의 형태이다. 파선의 각각의 잘린 부분은 파장 채널들의 밴드를 가로지르는 파장 스윕(sweep)을 나타낸다(예컨대 $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$, $\{\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_{2k}\}$, ..., $\{\lambda_{N-k+1}, \lambda_{N-k+2}, \dots, \lambda_N\}$). 이 경우에, 지향된 광학 빔(212)의 공간 분포는 여전히 제1 차원(214)을 따르며, 발산 요소(202)에 의해 야기되는 초기 차원과 연관된다. 지향된 광학 빔(206)은 제2 차원(216)을 따라 분포되지 않는다.

[0032] 도 5a 및 도 5b는 반사 요소들(204)이 평면 거울들의 배열(504)이고, 각 평면 거울들은 인접한 거울들로부터 작은 틈만큼 분리되어 있으며, 각각의 평면 거울들을 통과해 제1 차원(214)을 따라 연장하는 직선축(502) 주위로 기울어지거나 아니면 서로 각도방향으로 오프셋된 설명되는 시스템(203)의 구성을 나타낸다. 이미지(206)는 선택된 파장이 λ_1 과 λ_N 사이를 쓸어가는 계단 선들(506)의 형태이다. 각 계단은 파장 채널들의 밴드를 가로지르는 파장 스윕을 나타낸다(예컨대 $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$, $\{\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_{2k}\}$, ..., $\{\lambda_{N-k+1}, \lambda_{N-k+2}, \dots, \lambda_N\}$). 각도 오프셋의 효과는 수신된 빛(212)을 제2 차원(216)에 걸쳐 분포된 실질적으로 평탄한 상이한 표면들(또는 여기서는 "평면"들)로 반사한다는 것이며, 여기서 각 평면은 제1 차원(214)을 가로질러 확장한다. 지향된 광학 빔(206)은 제1 차원(214)과 제2 차원(216) 양쪽을 따라 분포한다. 그러나 상이한 평면들의 정도는 제1 차원(214)에서 겹치지 않는다. 도시되지는 않았으나, 상이한 평면들은 평면 거울들(504)이 더 기울어지거나 아니면 축(502)에 수직이고 제2 차원(216)을 따라 연장하는 축 주위로 서로 간에 더 각도진 경우에 적어도 부분적으로 겹치도록 구성될 수 있다. 이미지(206) 상의 이 수직 기울어짐의 효과는 제1 차원(214)을 따라 단계진 선들(506)로 옮겨진다. 각 평면 거울(504)에 대한 적당한 양의 수직 기울어짐은 단계진 선들을 서로 간에 완전히 겹치도록 옮길 수 있으며, 2차원 스티어링 그리드를 형성한다.

[0033] 도 6a 및 도 6b는 반사 요소들(204)이 발산하는 거울의 배열(504)(반사형 원통이나 볼록한 표면의 형태로)이고, 각 발산 거울들은 인접한 거울과 작은 틈만큼 분리되어 있으며, 각각의 발산 거울들의 중심을 통과해 직선축(602) 주위로 기울어지거나 아니면 서로 각도방향으로 오프셋된 설명되는 시스템(203)의 배치를 나타낸다. 이미지(206)는 선택된 파장이 λ_1 과 λ_N 사이를 쓸어가는 계단 선들(606)의 형태이다. 각 계단은 파장 채널들의 밴드를 가로지르는 파장 스윕을 나타낸다(예컨대 $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$, $\{\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_{2k}\}$, ..., $\{\lambda_{N-k+1}, \lambda_{N-k+2}, \dots, \lambda_N\}$). 도 5a 및 도 5b에 도시된 경우와 같이, 각도상 오프셋의 효과는 수신된 빛(212)을 제2 차원(216)에

걸쳐 분포된 상이한 평면들로 반사하는 것이며, 거기서 각 평면은 제1 차원(214)을 가로질러 확장된다. 발산 거울들의 사용은 제1 차원(214)에서 각 평면의 범위를 확장하는 것이며, 이것은 상이한 곡률을 가진 발산 거울들을 사용함으로써 제어될 수 있다. 일반적으로, 더 큰 곡률의 발산 거울들은 제1 차원(214)을 따라 확장하는 더 큰 범위의 평면들을 이끌어낸다. 지향된 광학 빔(206)은 제1 평면(214)과 제2 평면(216) 모두를 따라 분포된다.

[0034] 도 7a 및 7b는 반사 요소들(204)이 발산 거울들의 배열(704)(반사형 원통이나 볼록한 표면의 형태로)이고, 각 발산 거울들은 인접한 거울과 작은 틈만큼 분리되어 있으며, 기울어지거나 아니면 서로 각도방향으로 오프셋되고, 각각의 반사 요소들을 통해 곡선축(702) 중심으로 배치된, 설명되는 시스템(203)의 배치를 나타낸다. 이미지(206)는 선택된 파장이 λ_1 과 λ_N 사이를 쓸어가는 스택 선들(stack lines)(706)의 형태이다. 각각의 스택(stack)은 파장 채널들의 밴드를 가로지르는 파장 스윕을 나타낸다(예컨대 $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$, $\{\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_{2k}\}$, $\dots, \{\lambda_{N-k+1}, \lambda_{N-k+2}, \dots, \lambda_N\}$). 도 5a 및 도 5b에 도시된 경우와 같이, 각도상 오프셋의 효과는 수신된 빛(212)을 제2 차원(216)에 걸쳐 분포된 상이한 평면들로 반사하는 것이며, 거기서 각 평면은 제1 차원(214)을 가로질러 확장된다. 각도상 오프셋은 스택들의 분리를 조절하기 위해 가변될 수 있다. 발산 거울들의 사용은 제1 차원(214)에서 각 평면의 범위를 확장하는 것이며, 이것은 상이한 곡률을 가진 발산 거울들을 사용함으로써 제어될 수 있다. 일반적으로, 더 큰 곡률의 발산 거울들은 제1 차원(214)을 따라 확장하는 더 큰 범위의 평면들을 이끌어낸다. 한 배치에서, 곡선 축(702)은 각각의 평면을 가로질러 제1 차원(214)의 범위를 균등화(equalising)하거나 정렬(aligning)하는 초기 차원에서의 오목한 경로를 따른다. 다른 배치에서, 곡선 축은 포물선일 수 있다. 곡선 축(702)의 곡률은 각각의 평면을 가로질러 범위를 조절하도록 가변될 수 있다. 지향된 광학 빔(206)은 제1 평면(214)과 제2 평면(216) 모두를 따라 분포된다.

[0035] 도 7a의 배치를 사용하면, 설명되는 시스템(203)은 나가는 빛을 2개 차원(214, 216)에서 환경(110)으로 다중 방향들(106a, 106b, 106c, ...) 중의 하나로 공간적으로 지향하도록 구성될 수 있다. 나가는 빛이 지향되는 방향은 다중 파장 채널들($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 에 중심을 둔) 중의 선택된 하나에 대응하거나 기초한다.

[0036] < 예시 >

[0037] 한 구성에서, 다중 스펙트럼 성분이나 가변가능한 파장(예컨대 가변가능한 레이저 C-밴드 43nm 튜닝 범위)을 가진 광원이 프리즘이나 복합 프리즘과 같은 회절 요소에 입사하거나 투과하며, 이것은 파장 채널의 선택을 1차원상의 각 발산으로 바꾼다. 이 구성에서, 0.25도/mm의 각 분산을 제공하는 프리즘은 43nm 스펙트럼 범위를 10도의 각 분리로 변환한다. 이 구성은 각방향으로 분산된 빛을 확대하기 위한 확대 망원경(예컨대 15배)이나 볼록 거울(예컨대 반원형)을 포함한다. 15배 확대 망원경을 사용하여, 각 분산은 약 150도로 확대된다. 각 확대기의 출력은 오목 거울의 곡률 중심에 위치하도록 배치되어, 출력광이 볼록 거울의 반경을 따라 지향된다. 이 경우에 입사 빔들은 진행 방향이 거울 표면에 수직이기 때문에 그들이 거울 표면에 입사함에 따라 동일하지만 반대 방향으로 반사될 것이다.

[0038] 이 구성에서, 볼록 거울의 반경이 0.05m라고 가정하면, 입사광에 의해 조광되는 150도를 커버하는 것은 호(ar c)는 0.13m이다($0.05 \times \pi \times 150\text{도} / 180\text{도}$). 일 예시에서, 이 0.13m의 호는 50개의 하위-부분들로 분할되고, 각 부분은 0.0013m 반경의 반원 볼록 거울을 위치하도록 구성된다. 50개의 볼록 반원들 각각에 입사하는 빛은 3도 각도(즉, $150\text{도}/50$)에 면하겠지만, 작은 반원들은 각도 확대 효과를 가지게 될 것이어서 각 하위-부분에서 반사된 빛은 $3\text{도} \times 38.19 = 114.59$ 의 각 분산을 가질 것인데, 38.19의 확대는 반지름 비율로부터 얻어진 것이다(즉, $0.05/0.0013 = 38.19$ 배).

[0039] 그 후 이 구성은 도 7a를 따라 배치될 수 있다. 각각의 이들 작은 볼록 반원들은 관형 섹션으로 구성된다. 각각의 관형 섹션을 이전 섹션에 대하여 Z축으로 0.5도 기울임으로써 각각의 반사광은 상이한 z축 각 분산 상에 (0.5도 중분을 가지고) 투사된다. 반사광은 파장 채널에 기초한 2D 이미지를 생성한다. 이 예시에서 2D 이미지는 수직으로 50개 선들을 0.5도 해상도로 그리고 수직 시야 25도($50 \times 0.5\text{도}$)로 포함한다. 예시적 구성은 수평으로 114.59도를 커버하며 광원의 파장에서의 최소 변화에 의해 제한되는 해상도를 가진다.

[0040] 앞선 설명에 기초하여, 빛을 2개 차원으로 지향시키는 광학 시스템이 제공된다. 빛은 파장 밴드들로 그룹지어지는 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함한다. 시스템은 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나에 기초하여 초기 차원에 걸쳐 빛을 지향하도록 배치된 발산 요소를 포함하며, 지향된 빛을 수신하기 위하여 초기 차원을 따라 배치된 반사 요소들의 배열을 포함하며, 반사 요소들은 수신된 빛을 각각의 파장 밴드들에 기초하여 각각의 평면들에 반사하도록 배치되고, 각각의 평면들은 초기 차원과 연관된 제1 차원을 가로질러 확장하고, 각각의 평면들은 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원에 걸쳐 분포된다.

- [0041] 빛을 2개 차원들에 걸쳐 지향하는 대응하는 방법도 제공된다. 방법은 발산 요소를 사용하여, 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나에 기초하여 초기 차원을 따라 배치된 반사 요소들의 배열에 초기 차원에 걸쳐, 빛을 지향하고, 반사 요소들의 배열을 사용하여, 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 향해 지향된 빛을 반사하고, 각각의 평면은 초기 차원과 연관된 제1 차원을 가로질러 확장하고, 각각의 평면들은 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원에 걸쳐 분포된다.
- [0042] < 제2 배치 >
- [0043] 도 8을 참조하면, 설명되는 시스템(803)은 도 1의 빔 지향기(103)의 역할을 수행한다. 설명되는 시스템(803)은 빛(801)을 광원(102)으로부터 초기 차원에 걸친 제1 방향들 중의 하나를 향해 (예컨대 도 8의 X축을 따라) 지향시키도록 배치된 제1 발산 요소(802)를 포함한다. 각각의 제1 방향들은 지향된 빛(810)의 잠재적인 광 경로에 대응하며, 다시 파장 채널에 대응한다. 예컨대, 도 8에 도시된 것처럼, 광 경로(810a)는 파장 채널 λ_1 에 대응하고 광 경로(810b)는 파장 채널 λ_N 에 대응한다. 제1 방향들 중의 일부는 도 8에서 열린 삼각형 (811a)와 (811b)로 제시된다. 제1 발산 요소(802)는 하나 또는 그 이상의 분산 격자들 및/또는 하나 또는 그 이상의 프리즘들일 수 있다. 지향된 빛(810)의 각 확산(angular spread)은 파장 채널들의 범위와 발산 요소(802)의 분산 특성에 의존한다. 하나의 비-한정적 예시로서 설명적인 목적에서, 광원(102)은 원거리통신-등급 레이저(telecommunications-grade laser)를 포함할 수 있다. 원거리통신-등급 레이저는 40nm에 이르는 범위의 가변적인 파장을 가질 수 있는데, 예컨대 약 1527nm로부터 약 1567nm까지이다. 발산 요소(802)는 균일한 선 간격을 가지는 (전송 격자와 같은) 회절 격자를 포함할 수 있다. 한가지 변형에서, 회절 격자는 1000라인/mm 내지 1100라인/mm 사이의 격자 주기를 가질 수 있고, 약 5~10도의 각 분산을 용이하게 한다. 다른 변형에서, 회절 격자는 600라인/mm의 격자 주기를 가질 수 있다.
- [0044] 설명되는 시스템(803)은 지향된 빛(810)을 수신하기 위한 초기 차원을 따라 배치된 제2 발산 요소(804-1, ..., 804-M)(모아서 (204)로 지칭됨)의 배열을 포함한다. 이 예시에서, M개의 제2 발산 요소들이 있고, M개의 파장 밴드들에 대응한다. 제2 발산 요소들의 배열은 수신된 빛을 제2 방향들 중의 하나를 향해 지향하도록 더 구성된다. 전체는 아닌 일부 제2 방향들이 도 8에서 폐삼각형 813a, 813b, 813c 및 813d로 표현된다. 도 8에 도시된 것처럼, 제2 방향들은 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각 실질적으로 평탄한 평면(또는 여기서는 "평면")을 따라 정렬된다. 예컨대, 발산 요소(804-1)를 향해 지향된 파장 채널들 $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$ 에서의 빛은 배열(804) (특히 발산 요소 (804-1))에 의해 M개의 파장 밴드들 중의 첫번째에 대응하는 가장 좌측의 평면(812-1)을 따라 정렬된 방향들을 향해 더 지향된다. 유사하게, 도시되지는 않았으나, 발산 요소(804-2)를 향해 지향된 파장 채널들 $\{\lambda_{k+1}, \lambda_{k+2}, \dots, \lambda_{2k}\}$ 에서의 빛은 배열(804) (특히 발산 요소(804-2))에 의해 M개의 파장 밴드들 중의 두 번째에 대응하는 평면을 따라 정렬된 방향들을 향해 더 지향되고, 계속되어, 발산 요소(804-M)를 향해 지향된 파장 채널들 $\{\lambda_{N-k+1}, \lambda_{N-k+2}, \dots, \lambda_N\}$ 에서의 빛은 배열(804) (특히 발산 요소(804-M))에 의해 M개의 파장 밴드들 중의 M번째에 대응하는 가장 우측의 평면을 따라 정렬된 방향들을 향해 지향된다.
- [0045] 실제로는, 시스템(803)은 출력 빔으로서 지향되는 빛의 평면을 낳지 않는다. 오히려, 각각이 대응되는 중심 파장과 연관되는, 빛의 하나 또는 몇몇 빔들이 임의의 한 시각에 출력 빔으로서 지향된다. 도 8에서 평면 표현은 설명적인 목적을 위해 묘사된 것일 뿐이다. 즉, 도 8에 묘사된 지향된 빛(810)이 (예컨대 파장 채널 λ_1 에 대응하는) 광 경로(810a)와 (예컨대 파장 채널 λ_N 에 대응하는) 광 경로(810b) 사이의 초기 차원에서 연속 평면으로서 나타나고, 도 8에 묘사된 더 지향된 빛(812)이 연속 평면들(812-1, ..., 812-M)로 나타나는 반면, 시스템(803)은 일반적으로 임의의 한 시각에 파장 채널 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 중의 선택된 하나를 받아들인다. 대안적으로, 도 8의 평면 표현은 λ_1 로부터 λ_N 로 빠른 파장 스캔을 캡춰하는 것으로 보여질 수 있다.
- [0046] 게다가, 비록 시스템(803)이 단일한 선택된 파장 채널을 사용하여 설명되었지만, 당업자라면 시스템이 동시에 또는 거의 동시에 파장 채널들 중의 선택된 몇몇 개를 받아들이도록 구성될 수 있음을 이해할 것이다. 일 예시에서, 광원(102)은 다중의 파장-가변 레이저를 포함하며, 각각은 상이한 파장을 방출하도록 조율될 수 있다.
- [0047] 설명적인 목적에서, 설명되는 시스템(803)의 일부가 아닌 스크린(808)이 도 8에 묘사되어 선택된 파장이 λ_1 과 λ_N 사이를 휩쓸 때 출력 광학 빔(812)의 공간 분포(1000)(도 10과 이하의 설명을 보라)를 묘사하고 있다. 제2 발산 요소들(804)의 배열은 각각이 개별적인 제2 발산 요소(804) 내에서 빛이 입사하는 위치에 따른 제2 방향들 중의 하나를 향해 수신된 빛을 지향시키도록 구성된다. 배열은 설명적인 목적에서 도 8에서 분리된 발산 요소들

(804)을 가진 것으로 묘사된다. 발산 요소들(804)은 도시된 것처럼 선들과 함께 틈에 의해 분리되거나 분리되지 않을 수 있다.

[0048] 한가지 배치에서, 제2 발산 요소(804)의 배열은 각각이 제2 차원을 가로질러 수신된 빛을 회절시키기 위한 (투과에서와 같은) 가변 선-간격 격자(variable line-spacing grating)를 포함한다. 가변 선-간격 격자는 가변 선-간격 격자 상의 초기 차원을 따른 (예컨대 X축을 따른) 위치들에 기초한 다중 격자 주기들을 포함한다. 한가지 배치에서, 가변 선-간격 격자(904a)는 제1 에지에서 더 짧은 격자 주기(908)를 가지고 반대편 제2 에지에서 더 긴 격자 주기(910)를 가진다. 격자 주기는 제1 에지로부터 제2 에지로 가면서 증가할 수 있다. 한가지 배치에서, 다중 격자 주기의 가변은 제2 발산 요소들의 배열(804)을 가로지르면서 실질적으로 반복된다. 달리 말하면, 격자 주기는 제2 발산 요소들 각각의 제1 에지로부터 제2 에지로 가면서 증가할 수 있다.

[0049] 도 9a 및 도 9b는 가변 선-간격 격자의 두가지 배치를 도시한 것이다. 도 9a의 배치에서, 격자 주기는 제1 에지에서 제2 에지로 가면서 (예컨대 1060라인/mm의 라인 간격으로) 연속적으로 변화한다. 다중 격자 주기들에서의 연속적인 가변은 부드러운 격자 선들(906a)을 드러낸다. 이 배치의 예시에서, 제1 에지에서의 선 간격(908)은 800라인/mm인 반면 제2 에지에서의 선 간격(910)은 1050라인/mm이다. 과장에 변화가 없음에도 불구하고, 그러한 선 간격의 범위는 약 30~35도의 빔 분산을 야기하기에 충분하다. 다른 선 간격이 사용될 수 있다. 배열은 40mm 길이일 수 있다. 이 예시에서, 가변 선-간격 격자 각각의 폭은(즉, 제1 에지로부터 제2 에지로의 거리)는 1mm일 수 있으며, 따라서 배열(804) 내에서 약 40개의 발산 요소들을 허용한다.

[0050] 격자의 길이는 20mm일 수 있고, 따라서 적어도 18000개의 격자선들을 허용할 수 있다. 도 9b의 배치에서, 격자 주는 제1 에지에서 제2 에지로 가면서 이산적으로(discretely) 변화한다. 다중 격자 주기에서의 이산 가변은 계단형 격자선(906b)을 드러낸다. 설명적인 목적에서만, X축을 따른 계단들은 Y축을 따른 선들과 연결되어 있으나, 실제로는 Y축을 따른 격자 선들이 없을 수 있다는 것을 유의해야 한다.

[0051] 연속적인 가변 선-간격 격자가 사용될 때, 도 9a에서처럼, 시스템(903)은 초기 차원에서 가변 선-간격 격자들에서 수신된 빛을 가두는(예컨대, 초점을 맞추는) 포커싱 요소(focussing element)(도시되지 않음)를 더 포함할 수 있다. 초점 작용은 초기 차원을 따른 광빔의 공간적 범위를 유지하여 적절하게 균일하게 간격지어진 격자들을 보거나 조광하기에 충분할 만큼 작게 유지하는 것을 목표로 한다. 한가지 예시에서, 포커싱 요소는 초기 차원으로 굽어진(즉, X축을 따른) 원통형 렌즈이다. 빛이 포커싱 요소에 의해 포커싱되고 가변 선-간격 격자에서 수신되었을 때 가두어진 후에, 가변 선-간격 격자로부터 나온 빛은 발산할 수 있고 시준(collimation)을 요할 수 있다. 한가지 배치에서, 시스템(803)은 포커싱된 빛을 시준하기 위한 시준 요소를 포함한다. 시스템(803)이 시준된 빛을 형성, 지향, 필터 또는 다른 영향을 주기 위한 추가적인 광학 요소들을 포함할 수 있으나, 시준된 빛은 최종적으로는 환경(110)에 지향된다.

[0052] 대안적인 배치에서, 제2 발산 요소들은 각각 도 9a나 도 9b에서의 가변 선-간격 격자로서 기능하는 위치-의존적인 반사 요소를 포함할 수 있다. 제1 구성에서, 도 9b의 이상적인 가변-선 간격 격자와 유사하게, 각각의 발산 요소(804-X)는 반사 요소들의 집합(예컨대 평면 거울이나 MEM들)을 포함하며, 각각의 반사 요소는 초기 차원을 따라 위치되고 제2 방향에 대해 빛을 반사하도록 배치된다. 예컨대, 이 대안적인 배치를 제공하기 위하여, 도 9b에서 이산적인 가변 선-간격 격자의 각 부분으로서 수신된 빛에 의해 보여지고 국부적인 그리고 균일한 격자 주기를 가진 것은 제1 분산 요소로부터 평면들 812-1, 812-2, ..., 812-M 중의 대응하는 평면을 따라 정렬된 각각의 방향으로 빛을 반사하는 각도로 평면 거울에 의해 대체될 수 있고, 각각의 방향은 초기 차원을 따른 각각의 평면 거울의 위치와 연관된다. 제2 구성에서, 도 9a의 연속적인 가변 선-간격 격자와 유사하게, 제1 구성의 반사 요소들의 집합은 곡면형 반사 평면으로 통합되어 형성될 수 있다. 달리 말하면, 이 대안적인 배치의 두가지 구성들 모두는 가변 선-간격 격자의 각각의 부분에 따라 동일한 지향 효과를 달성한다. 엄격하게 말하면 반사 요소 혼자만으로는 이 대안적인 배치에서 빛을 과장에 기초하여 지향하지 않지만, 그들은 제1 발산 요소와 공간적으로-의존하는 반사각으로부터 초기 발산의 수집 효과에 기초하여 제2 발산 요소들의 전체적인 발산 효과를 달성한다. 달리 말하면, 반사 요소들의 배열이 그들 스스로는 발산하지 않는다고 하더라도, 각각이 상이한 과장 채널들을 수신하고 수신된 빛을 반사하기 위하여 서로 다른 각도로 각도진 반사 요소들은 제2 발산 요소의 기능을 달성하는 것으로 여겨지며, 반사 요소들이 과장을 다루는 것이 가능한 조절을 제공한다.

[0053] 도 10a는 그러한 대안적인 배치에서의 제2 구성(1000A)을 도시한 것이다. 구성 (1000A)는 제2 발산 요소들(이 도시에서 1004-1, 1004-2, ..., 1004-11)의 배열(1004)을 포함하며, 각각은 곡면형 반사 표면(1006)을 포함한다. 도 10b에 개념적으로 도시되었듯이, 각각의 제2 발산 요소(예컨대 1004-1)의 곡면형 반사 표면(1006)은 평면 (1006A)를 x-y 평면에서 X축에 평행한 축(1008) 주위로 "비트는" 것에 의해 형성된다고 이해될 수 있

다. 예컨대, 도 10b의 (a) 및 (b)를 참조하면, 평평한 반사 표면 (1006A)에서 출발하여, 요소(1004-1)의 제1 예지(1010)가 축(1008) 주위로 한 방향으로(예컨대 시계방향) 변형되도록 회전되고 한편 요소(1004-1)의 제2의 그리고 반대 예지(1012)는 축(1008) 주위로 반대 방향으로(예컨대 반시계방향) 변형되도록 회전된다. 실제로는, 곡면(1006)의 형성은 변형에 의하지 않을 수 있고, 그러나 예컨대 고정밀 밀링(milling)에 이어 표면 폴리싱과 코팅(예컨대 금으로)에 의해 형성될 수 있다.

[0054] 도 10b의 (c)를 참조하면, 결과적인 표면 윤곽을 파선으로 보여주고 있으며, 제1 발산 요소(802)에 의해 지향되고 제1 예지(1010) 근처에 입사된 빛(도 10b의 (c)에서 λ_1)은 한쪽 y-방향을 향해 반사되고(예컨대 양의 y-방향), 반면 제1 발산 요소(802)에 의해 지향되고 제2 예지(1012) 근처에 입사된 빛(도 10b에서 λ_k)은 다른 y-방향을 향해 반사된다(예컨대 음의 y-방향). 달리 말하면, 반사 표면의 법선 벡터는 X축을 따른 위치들에 기초하여 변화한다. 법선 벡터의 변화는 위치에 따라 연속적이거나 이산적일 수 있다. X축을 따른 위치된 각각의 추가적인 제2 발산 요소(1004-X)는 유사하게 제1 예지와 제2 예지가 반대 방향으로 "비틀어진" 것이 되도록 구성되며, 파장이 변화함에 따라 레스터 빔 스티어링(raster beam steering)을 용이하게 한다. 예컨대, 파장 밴드 λ_1 에서 λ_k 내에서 파장이 변화함에 따라(즉 하나의 제2 발산 요소를 가로질러 입사할 때) 빛은 양의 y-방향으로부터 음의 y-방향으로 휩쓸고, 빛의 파장이 다음 파장 밴드 λ_{k+1} 에서 λ_{2k} 로 변화함에 따라(즉, 다음 제2 발산 요소로 입사할 때) X축을 따른 계단이 지고, 계속된다. 언급한 바 있듯이, 한가지 구성에서, 각각의 제2 발산 요소(1004-X)의 곡면(1006)은 대안적으로 평면 반사 요소의 집합에 의해 형성될 수 있는데, 각각이 예컨대 양의 y-방향에서 음의 y-방향으로 점증하는 각도로 빛을 반사하도록 하는 것이다.

[0055] 도 10a의 배치(1000a)에서, 인접한 발산 요소들(1004-X) 사이의 경계에 갑작스러운 계단이 존재한다. 여기서, 갑작스런 계단(abrupt step)은 x-y 평면에 수직하고, 인접한 발산 요소(1004-X)의 곡면(1006)과 인접하는 인접 평면(1014)을 포함한다. 도 10c에 도시된 대안적인 배치(1000C)에서, 갑작스런 계단은 x-방향으로 지그-재그 형상을 드러낸다. 여기서, 인접 표면(1014C)은 입사광을 수신하는 곡면(1006C)의 거울상이다. 배치(1000C)의 상단부(1018)와 하단부(1020)를 따른 지그-재그 패턴은 서로 간에 반전된 버전들이다. 도 11은 나가는 빛을 잡기 위해 시스템(803)의 출력에 위치된 스크린(808)의 이미지(1100)를 개념적으로 도시한 것이다. 도 11의 각각의 점은 파장 채널들 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 중의 선택된 하나를 나타낸다. 각각의 점들은 실제로는 선택된 파장 채널에 기초하여 독자적으로 나타나지만, 도시를 하기 위한 목적에서 모든 점들이 도 11에 마치 그들이 동시에 캡춰될 수 있다는 듯이 묘사되었다. 이미지(1100)는 빛 출력의 M개의 그룹들(1102-1, 1102-2 ... 1102-M)을 표시한다. M개 그룹의 빛 출력은 M개의 제2 발산 요소들(804-1 ... M), M개의 파장 밴드들 및 M개의 평면들(812-1 ... M)에 대응된다. 이 평면들은 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 각각은 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 가로질러 확장한다. 제1 차원은 초기 차원(즉, 도 8의 X축)과 반드시 정확하게 일치하지 않을 수도 있고, 제2 차원은 초기 차원에 수직인 차원(즉, 도 8의 Y축)과 반드시 정확하게 일치하지 않을 수도 있다. 도 11에 도시된 것처럼, 광 출력의 각 그룹은 Y축으로부터 작은 각도로 기울어진 것으로 표현된다. 이 작은 각도의 기울어짐은 제1 발산 요소(202)에 의해 생성되고, 제2차원에서 위치-의존적인 발산을 제공하기 위해 각각의 제2 발산 요소의 초기 차원을 따라 상이한 위치들을 조광하기 위해 요구되는 작은 파장-의존적인 발산으로부터 유래하는 것이다. 이 기울어짐은 실제로는 무시할만한 수준이고 그리고/또는 쉽게 보정하거나 적응가능하며, 예컨대 물리적으로 장착 각도를 조절함으로써 평면들(812-1, 812-2 ... 812-M)이 물리적 세계 프레임에서의 진짜 수직축(즉, 자오선)에 정렬되도록 할 수 있다.

[0056] 도 8의 배치를 사용하면, 설명되는 시스템(803)은 출력광을 2개 차원들(814 및 816)에서 다중 방향들(106a, 106b, 106c, ...) 중의 하나로 공간적으로 지향하여 환경(110)으로 보내게 된다. 출력광이 지향되는 방향은, ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ 에 중심을 둔) 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나에 대응하거나 기초한다.

[0057] < 일반적인 배치들 >

[0058] 전술한 개시내용은 빛의 파장-의존적인 2차원 조정을 용이하게 하기 위한 하나 또는 그 이상의 반사형, 굴절형 또는 회절형 요소들을 포함하는 배치를 설명한 것이다. 더 일반적으로는, 조정은 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나에 기초하여 한 차원을 따라 상이한 위치들에 빛을 지향함으로써 달성될 수 있고, 게다가 상이한 위치들에 기초하여 다른 차원을 따라 다른 위치들로 빛을 조정하는 하나 또는 그 이상의 조정 요소들을 사용하여 빛을 지향함으로써 달성될 수 있다. 파장-의존적인 지향은, 예컨대, 하나 또는 그 이상의 프리즘들, 하나 또는 그 이상의 격자들 및 하나 또는 그 이상의 격자 프리즘(grism)의 임의의 조합과 같은 발산 요소를 사용하여 달성될 수 있다. 조정 요소들은 위치-의존적인 지향성 영향을, 예컨대, 반사, 굴절 또는 회절을 통해 빛에 가한다.

예컨대, 도 7a 및 도 7b의 배치에서, 조정 요소들은 볼록 반사 표면들의 배열이며, 그 법선 벡터는 위치에 따라 변화한다. 다른 예시로서, 도 9a 및 도 9b의 배치들에서, 조정 요소들은 가변 선-간격 격자들의 배열인데, 그 격자 주기는 위치에 따라 변화한다. 또다른 예시로서, 도 10a 및 도 10b의 배치에서, 조정 요소들은 굽어진 또는 "틀어진" 반사형 표면의 배열이며, 그 법선 벡터는 위치에 따라 변화한다.

[0059] 당업자라면 이해하듯이, 반사, 굴절 및 회절 요소들 중의 임의의 하나는 종종 위치-의존적인 지향성 영향을 가하는 다른 두 요소들 중의 어느 하나 또는 모두에 기초한 유사한 대응물들을 가진다. 예컨대, 볼록(오목) 거울과 오목(볼록) 렌즈는 포커싱(디포커싱) 요소의 반사-굴절 대응물이며, 전자는 반사 모드에 사용되고 후자는 투과 모드에 사용된다. 예시로서, 도 7a 및 도 7b의 배치에서, 볼록 반사 표면의 배열은 조정 요소들로서 오목 렌즈들의 배열로 대체될 수 있다. 다른 예시로서 이미 전술한 바 있는, 도 9a 및 도 9b의 배치들에서 가변 선-간격 격자의 배열은 조정 요소들로서 도 10a 및 도 10b의 굽어진 또는 "틀어진" 반사형 표면들의 배열로 대체될 수 있다. 따라서, 조정 요소들은 하나 또는 그 이상의 반사, 굴절 또는 회절 요소들의 형태일 수 있다. 한가지 유형의 요소의 설명은, 간단한 수정만으로, 다른 유형의 요소에 적용될 수 있다.

[0060] 이제 본 발명의 배치들이 설명되며, 당업자에게 적어도 하나의 설명된 배치들이 이하의 장점들을 가짐이 명백할 것이다:

● 파장-의존적인 빔 지향기의 사용은 나가는 빛을 파장에 기초한 방향으로 지향시키며, 빔 재-지향 속력을 향상시키기 위한 관성이 없거나 미미하다.

● 1개 차원에서 지향성 조정에서 드러난 파장-조정가능성은 하나 또는 그 이상의 반사, 굴절 및 회절 요소들과 같은 유사한 조정 요소들을 몇 개 사용하여 2개 차원들에서 옮겨질 수 있다.

[0063] 본 명세서에서 개시되고 정의된 본 발명은 글 또는 그림들에서 언급되거나 명백한 개별적 특징들의 둘 또는 그 이상의 모든 대안적인 조합들에까지 확장된다는 것이 이해되어야 한다. 이 모든 상이한 조합들은 본 발명의 다양한 대안적인 측면들을 구성한다. 예컨대, 다음의 서술에 따른 개시가 주어진다:

[0064] i. 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향하기 위한 광학 시스템으로서, 상기 빛은 파장 밴드들로 그룹지어지는 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 시스템은:

[0065] 상기 다중 파장 채널들 중의 상기 선택된 하나에 기초하여 초기 차원(initial dimension)에 걸쳐 상기 빛을 지향하도록 배치되는 발산 요소; 및

[0066] 상기 지향된 빛을 수신하기 위해 상기 초기 차원을 따라 배치된 조정 요소들의 배열로서, 상기 조정 요소들은 상기 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 향해 상기 수신된 빛을 더 지향하도록 배치되고, 상기 각각의 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 확장하고, 상기 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 걸쳐 분포되는, 조정 요소들의 배열;을 포함한다.

[0067] ii. 서술 i.의 광학 시스템에 있어서, 상기 조정 요소들의 배열은 각각 반사 요소, 굴절 요소 및 회절 요소 중의 어느 하나를 포함한다.

[0068] iii. 서술 ii.의 광학 시스템에 있어서, 상기 반사 요소들의 배열은 상기 각각의 평면들을 가로질러 상기 제1 차원의 상기 범위를 균등화하거나 정렬하기 위한 볼록 경로를 따르는 상기 초기 차원을 따라 배치된다.

[0069] iv. 서술 iii.의 광학 시스템에 있어서, 상기 반사 요소들의 배열은 상기 각각의 평면들을 향해 상기 수신된 빛을 반사하기 위하여 서로 간에 각도상 오프셋된다.

[0070] v. 서술 i.의 광학 시스템에 있어서, 상기 발산 요소는 상기 초기 차원에 걸쳐 상기 빛을 지향하기 위한 하나 또는 그 이상의 격자들 및 하나 또는 그 이상의 프리즘들을 포함한다.

[0071] vi. 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키는 방법으로서, 상기 빛은 파장 밴드들로 그룹지어지는 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 방법은:

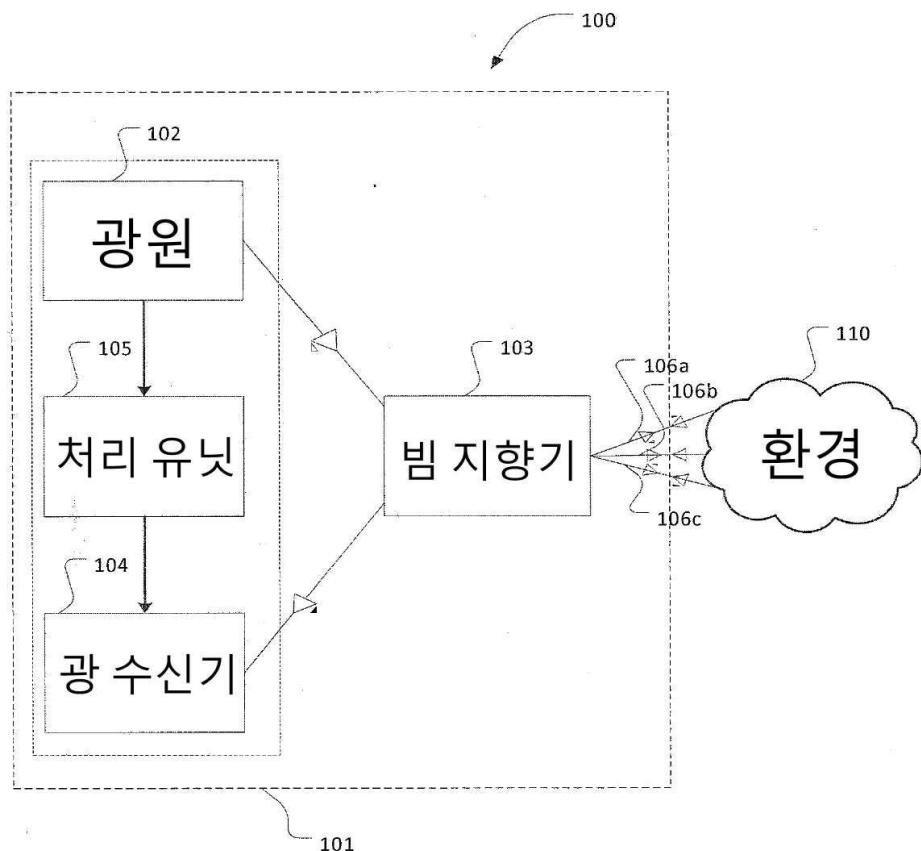
[0072] 발산 요소를 사용하여, 상기 다중 파장 채널들 중의 상기 선택된 하나에 기초하여 초기 차원을 따라 배치된 반사 요소들의 배열에서 상기 초기 차원에 걸쳐 빛을 지향시키는 단계; 및

[0073] 상기 반사 요소들의 배열을 사용하여, 상기 각각의 파장 밴드들에 기초하여 각각의 평면들을 향해 상기 지향된 빛을 반사하는 단계로서, 각각의 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 확장하고, 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원에 걸쳐 분포되는, 지향된 빛을 반사하는 단계;를 포함한다.

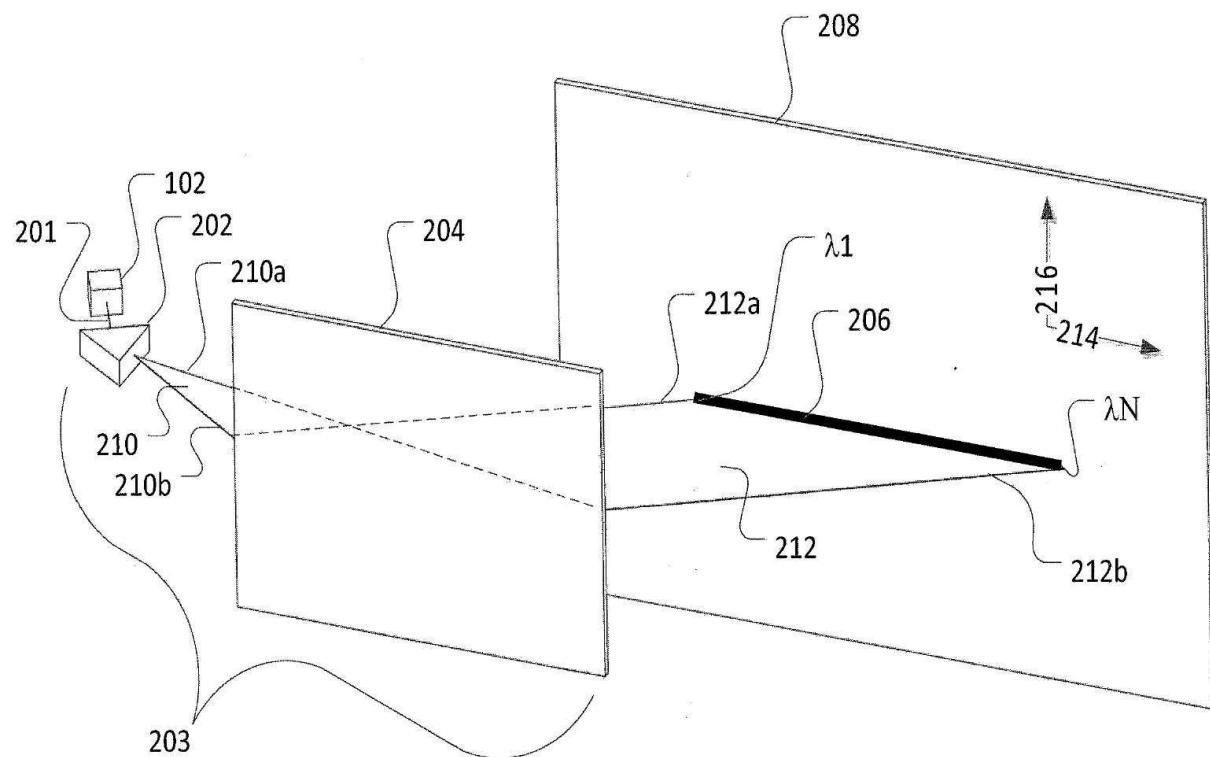
- [0074] vii. 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키기 위한 광학 시스템으로서, 상기 빛은 파장 밴드들로 그룹지어지는 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 시스템은:
- [0075] 상기 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나에 기초하여 초기 차원에 걸쳐 제1 방향 중의 하나를 행해 상기 빛을 지향시키도록 배치된 제1 발산 요소; 및
- [0076] 상기 지향된 빛을 수신하기 위해 상기 제1 차원을 따라 배치된 제2 발산 요소들의 배열로서, 상기 제2 발산 요소들의 배열은 제2 방향들 중의 하나를 향해 상기 수신된 빛을 더 지향시키도록 구성되고, 상기 제2 방향은 상기 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 따라 정렬되고, 상기 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 가로질러 확장한다.
- [0077] viii. 서술 vii.의 광학 시스템에 있어서, 상기 제2 발산 요소들의 배열은 각각 상기 제2 차원을 가로질러 상기 수신된 빛을 회절시키기 위한 가변 선-간격 격자(variable line-spacing grating)를 포함한다.
- [0078] ix. 서술 viii.의 광학 시스템에 있어서, 상기 가변 선-간격 격자는 상기 가변 선-간격 격자 상에 상기 초기 차원을 따른 위치들에 기초한 다중 격자 주기들을 포함한다.
- [0079] x. 서술 ix.의 광학 시스템에 있어서, 상기 다중 격자 주기들은 상기 초기 차원을 따라 연속적으로 변화한다.
- [0080] xi. 서술 ix.의 광학 시스템에 있어서, 상기 다중 격자 주기들은 상기 초기 차원을 따라 이산적으로 변화한다.
- [0081] xii. 서술 ix. 내지 xi. 중의 어느 하나의 광학 시스템에 있어서, 상기 다중 격자 주기들의 변화는 상기 제2 발산 요소들의 배열을 가로질러 실질적으로 반복된다.
- [0082] xiii. 서술 ix. 내지 xii. 중의 어느 하나의 광학 시스템에 있어서, 상기 제2 방향들은 상기 가변 선-간격 격자 상의 상기 초기 차원을 따른 상기 위치들에 대응된다.
- [0083] xiv. 서술 ix. 내지 xiii. 중의 어느 하나의 광학 시스템에 있어서, 상기 초기 차원에서 상기 가변 선-간격 격자에서 수신된 상기 지향된 빛을 가두기 위한 포커싱 요소를 포함한다.
- [0084] xv. 서술 xiv.의 광학 시스템에 있어서, 상기 포커싱 요소는 원통형 렌즈이다.
- [0085] xvi. 서술 xiv 또는 xv의 광학 시스템에 있어서, 상기 포커싱 요소에 의해 포커싱된 빛을 시준하기 위한 시준 요소(collimating element)를 더 포함한다.
- [0086] xvii. 서술 vii.의 광학 시스템에 있어서, 제1 발산 요소는 상기 초기 차원에 걸쳐 상기 빛을 지향하기 위한 하나 또는 그 이상의 격자들 및 하나 또는 그 이상의 프리즘들의 임의의 조합을 포함한다.
- [0087] xviii. 2개 차원들에 걸쳐 빛을 지향시키는 방법으로서, 상기 빛은 파장 밴드들로 그룹지어지는 다중 파장 채널들 중의 선택된 하나를 포함하고, 상기 방법은:
- [0088] 제1 발산 요소를 사용하여, 상기 다중 파장 채널들 중의 상기 선택된 하나에 기초하여 초기 차원을 따라 배치된 제2 발산 요소들의 배열에서 상기 초기 차원에 걸쳐 제1 방향들 중의 하나를 향해 빛을 지향시키는 단계; 및
- [0089] 제2 발산 요소들의 배열을 사용하여, 제2 방향들 중의 하나를 향해 상기 지향된 빛을 더 지향시키는 단계로서, 상기 제2 방향들은 상기 각각의 파장 밴드들에 기초한 각각의 평면들을 따라 정렬되고, 상기 평면들은 상기 초기 차원과 연관된 제1 차원에 걸쳐 분포되고, 각각의 평면은 상기 제1 차원에 실질적으로 수직인 제2 차원을 가로질러 확장하는, 더 지향시키는 단계;를 포함한다.

도면

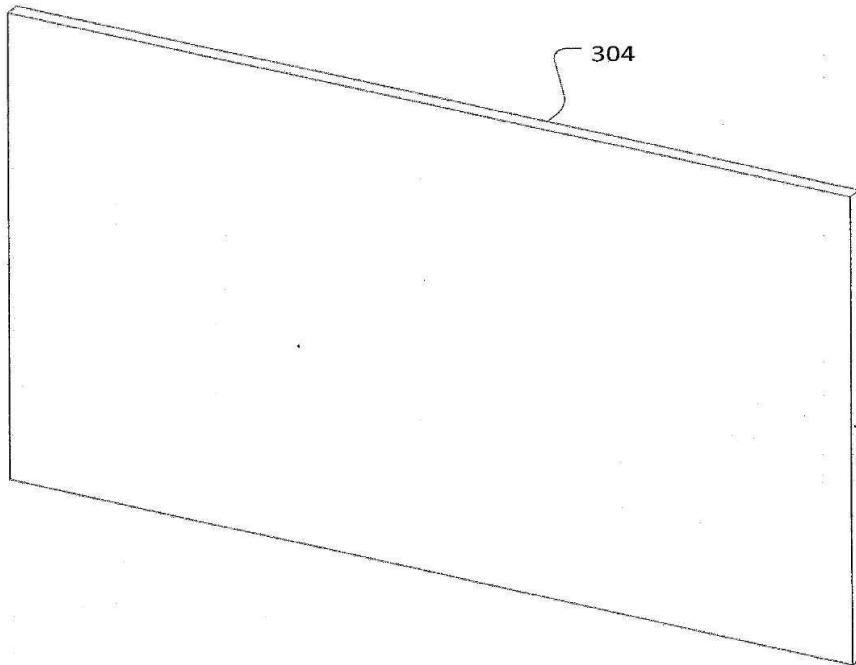
도면1



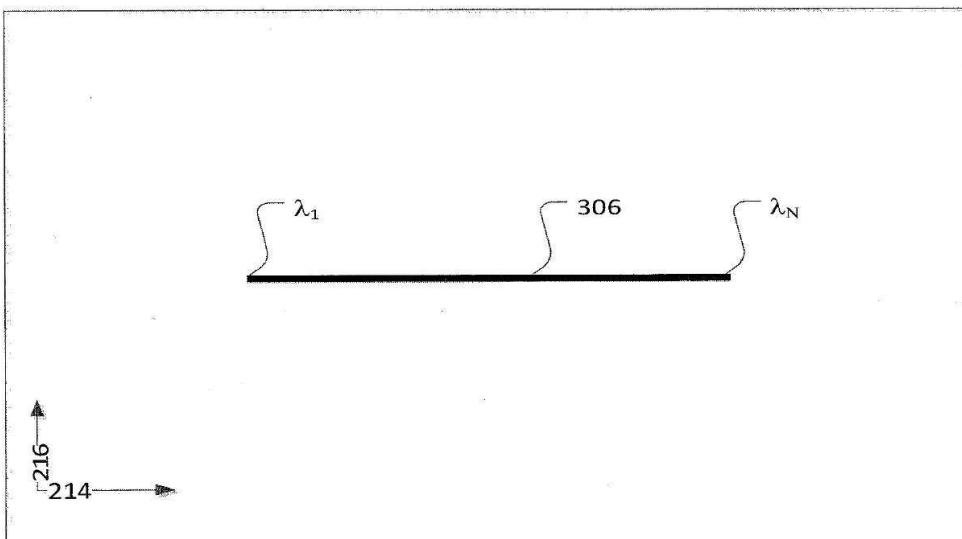
도면2



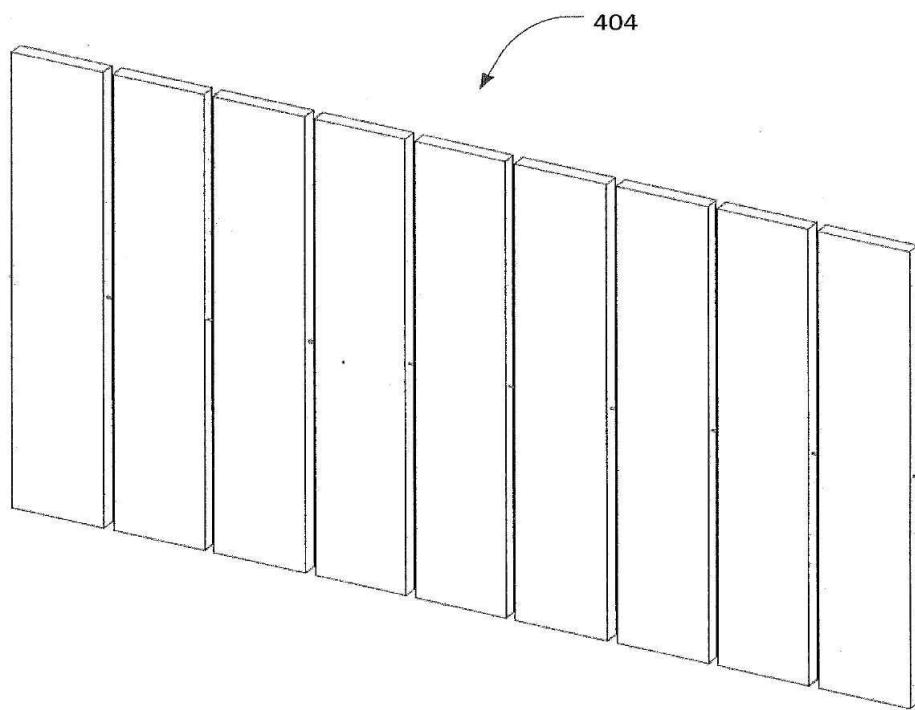
도면3a



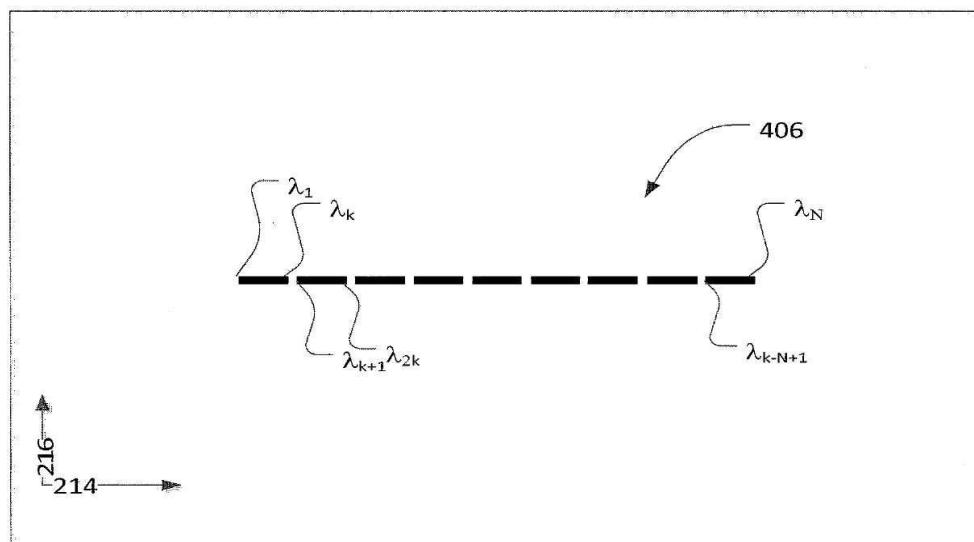
도면3b



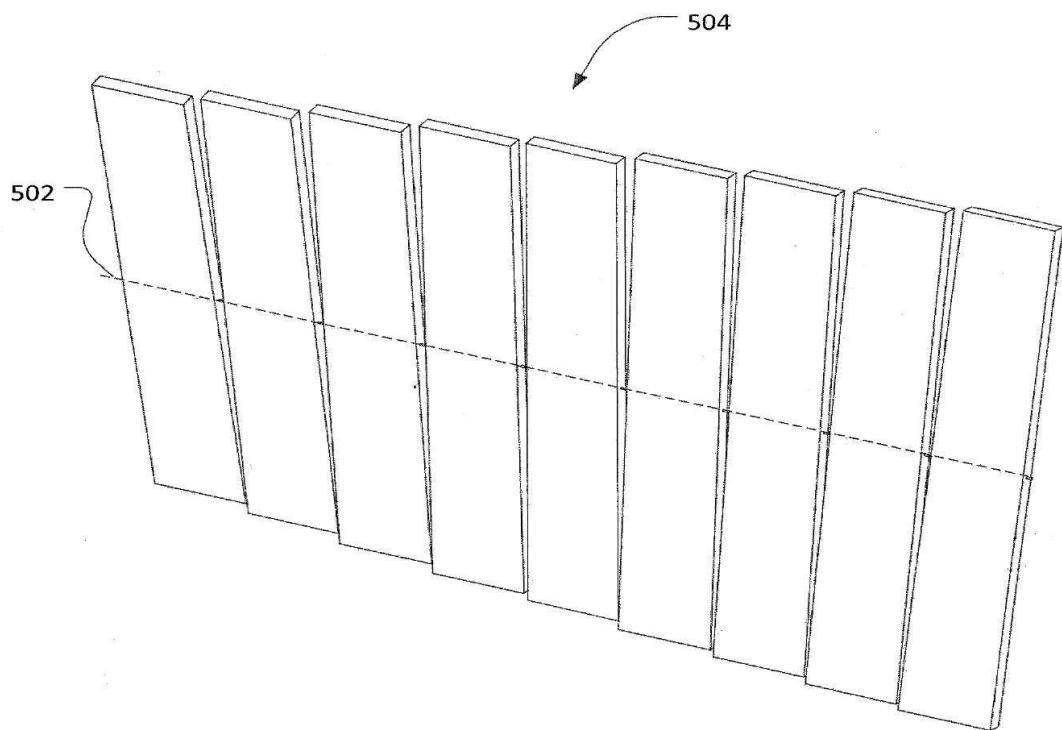
도면4a



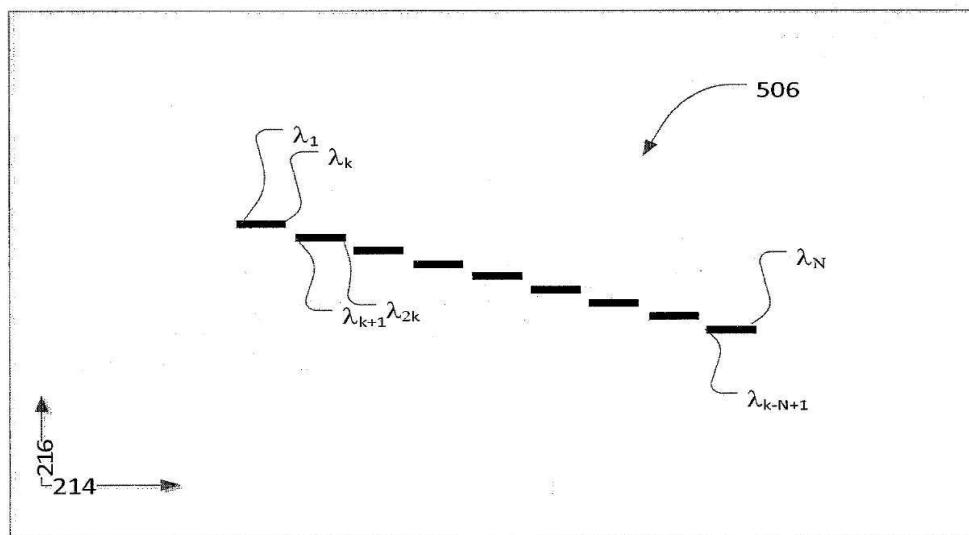
도면4b



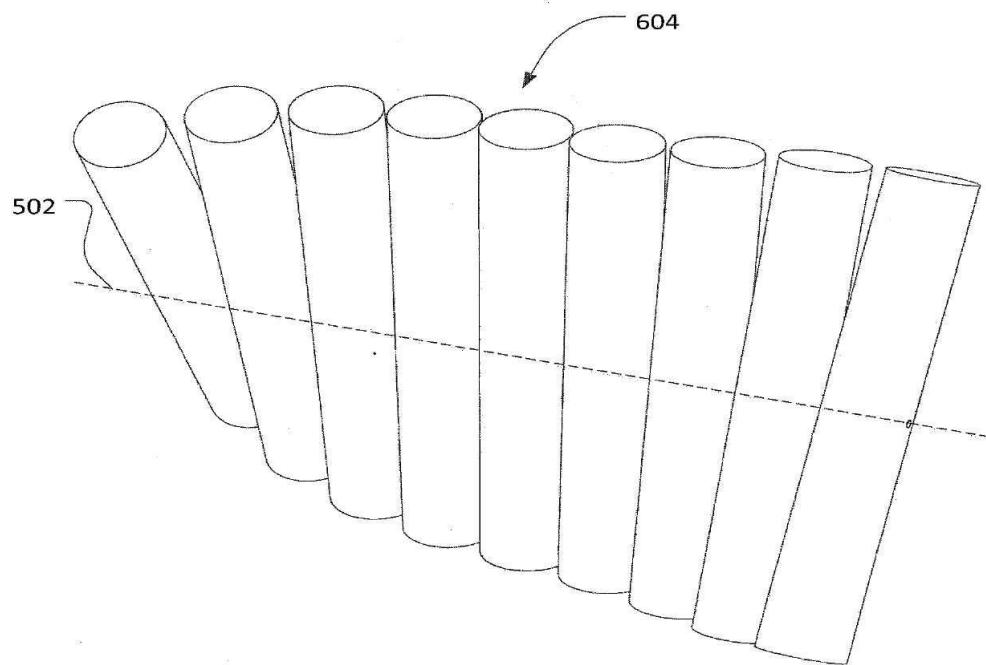
도면5a



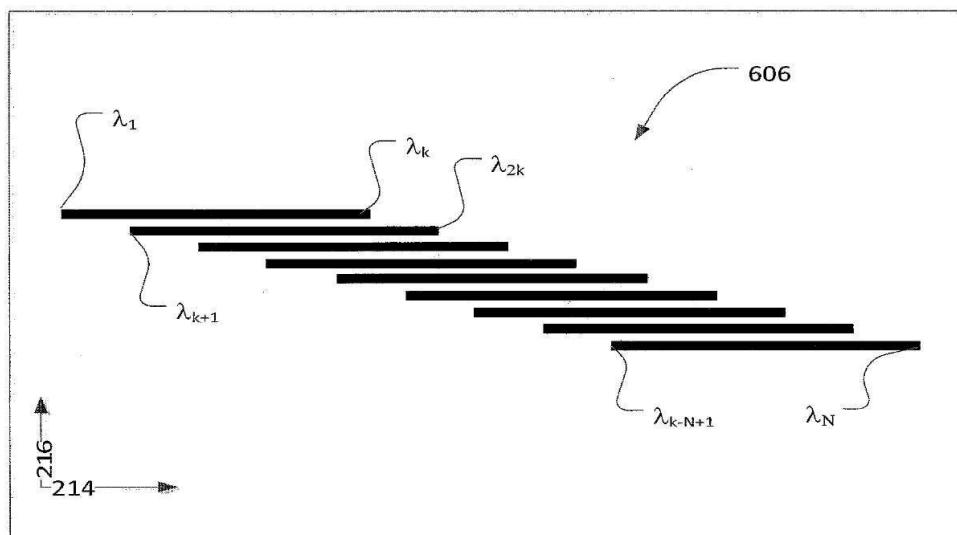
도면5b



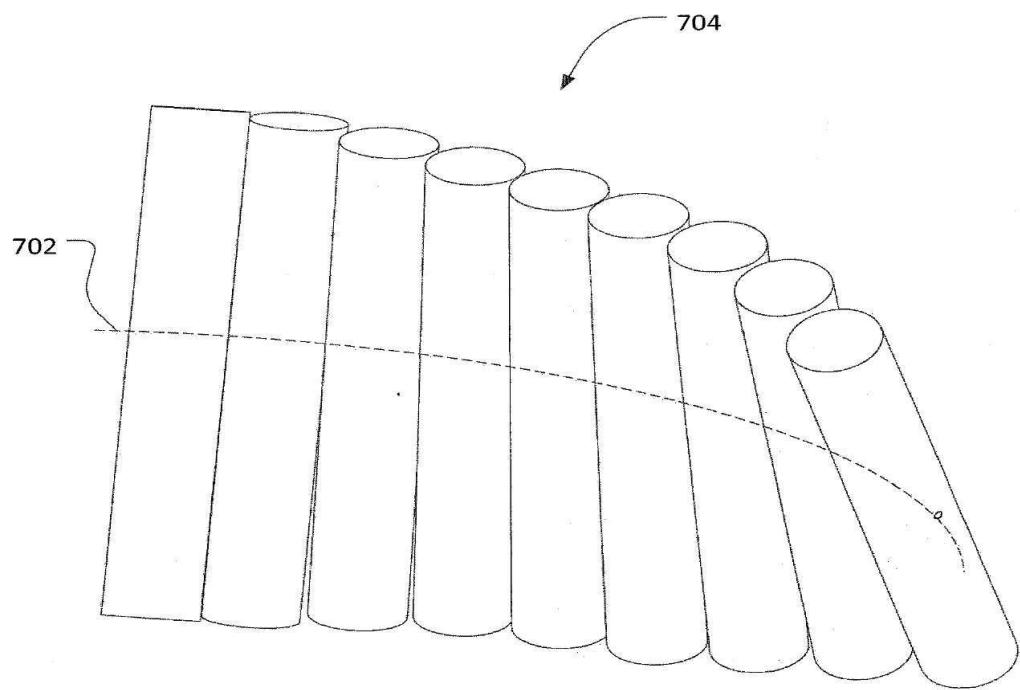
도면6a



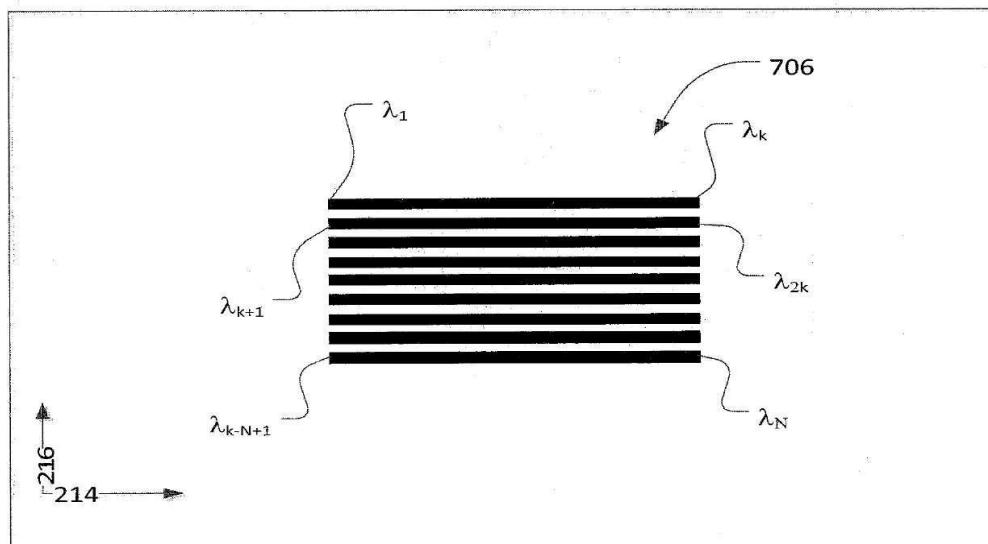
도면6b



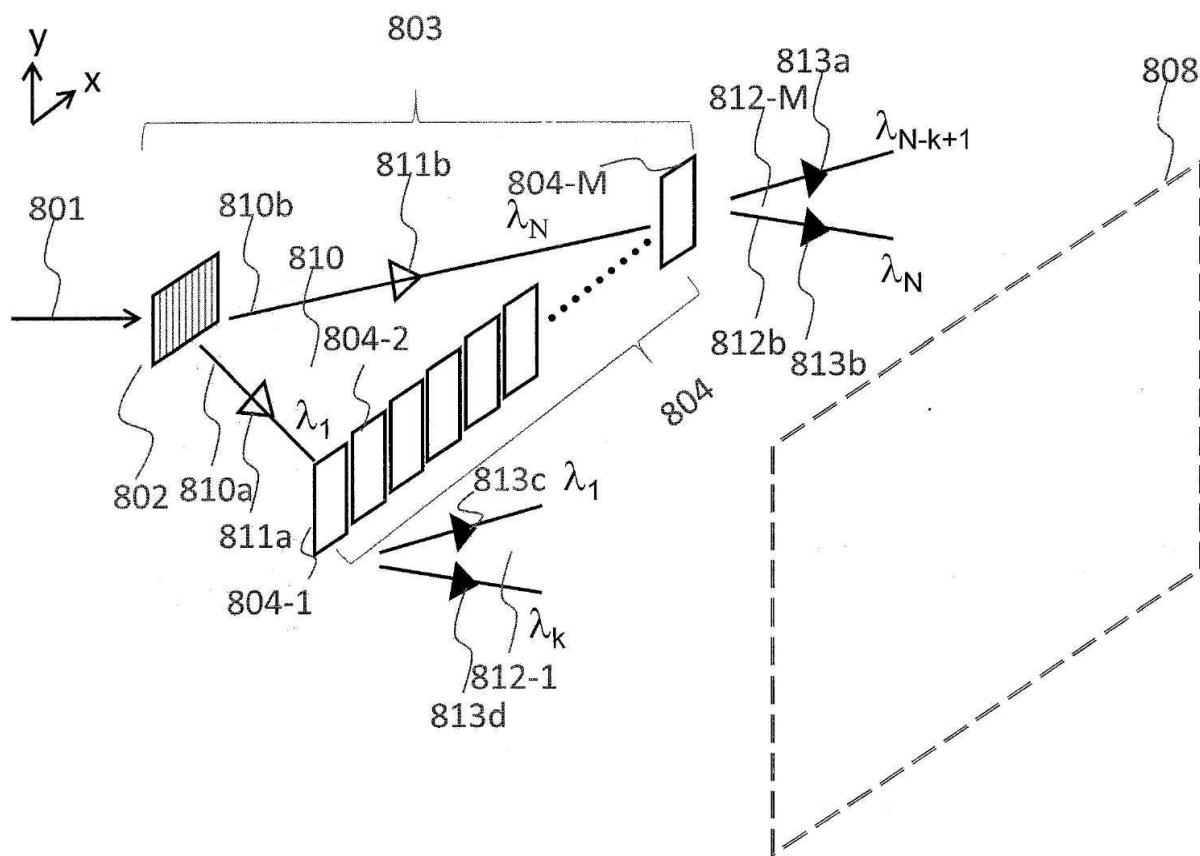
도면7a



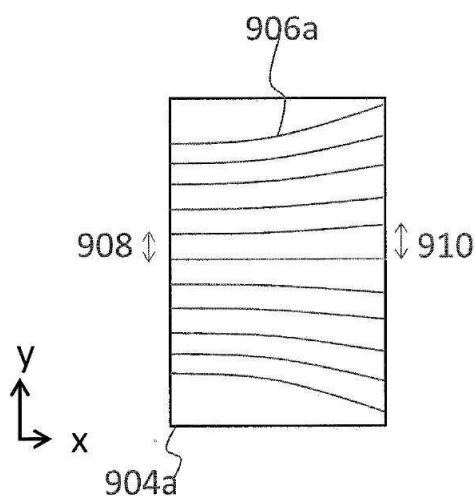
도면7b



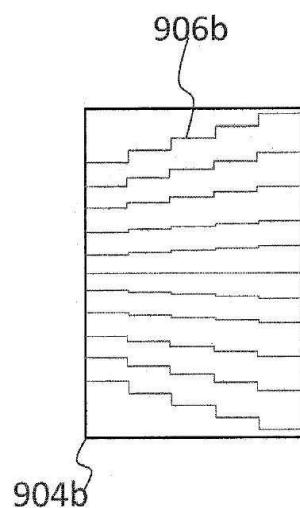
도면8



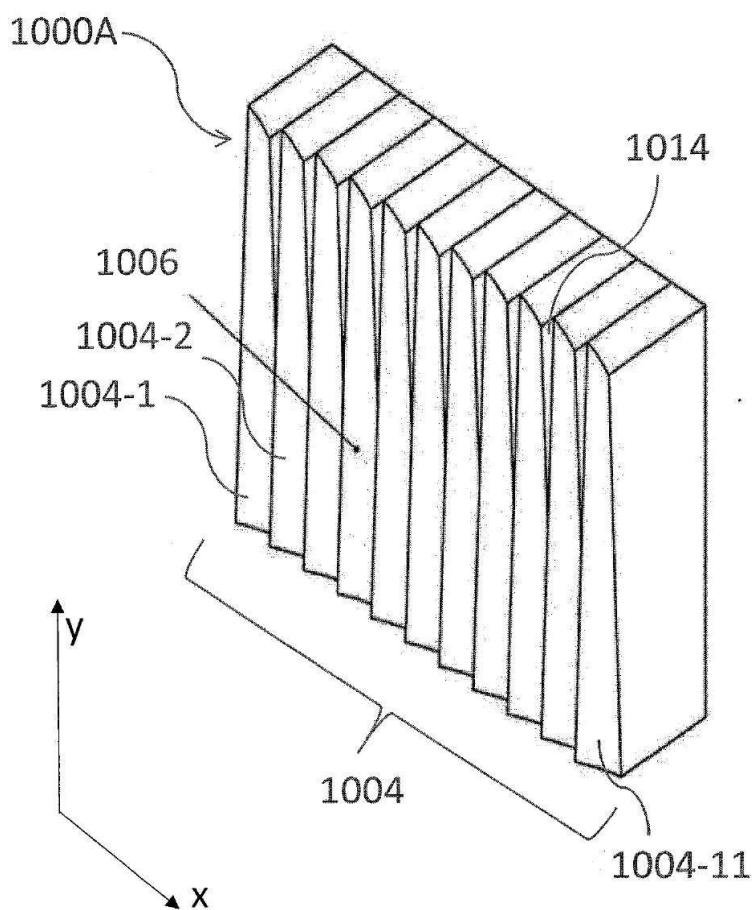
도면9a



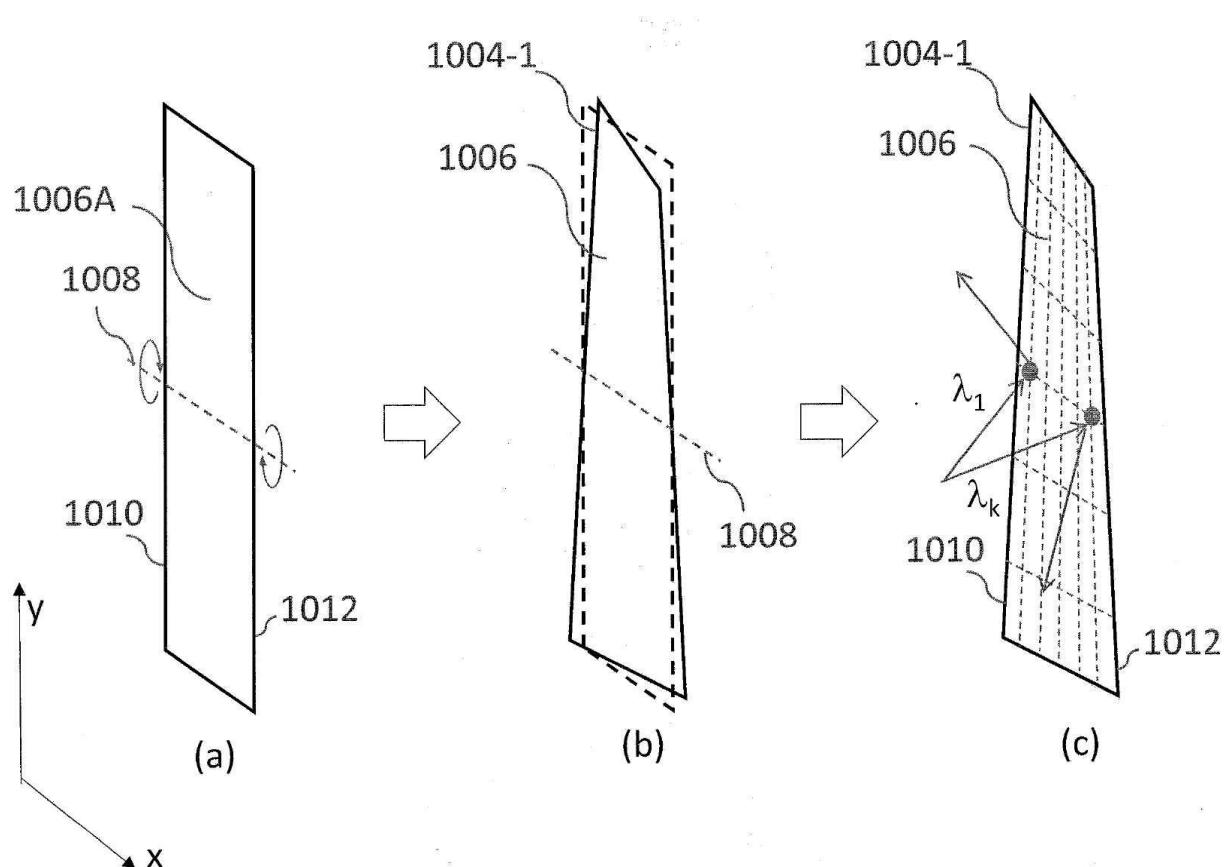
도면9b



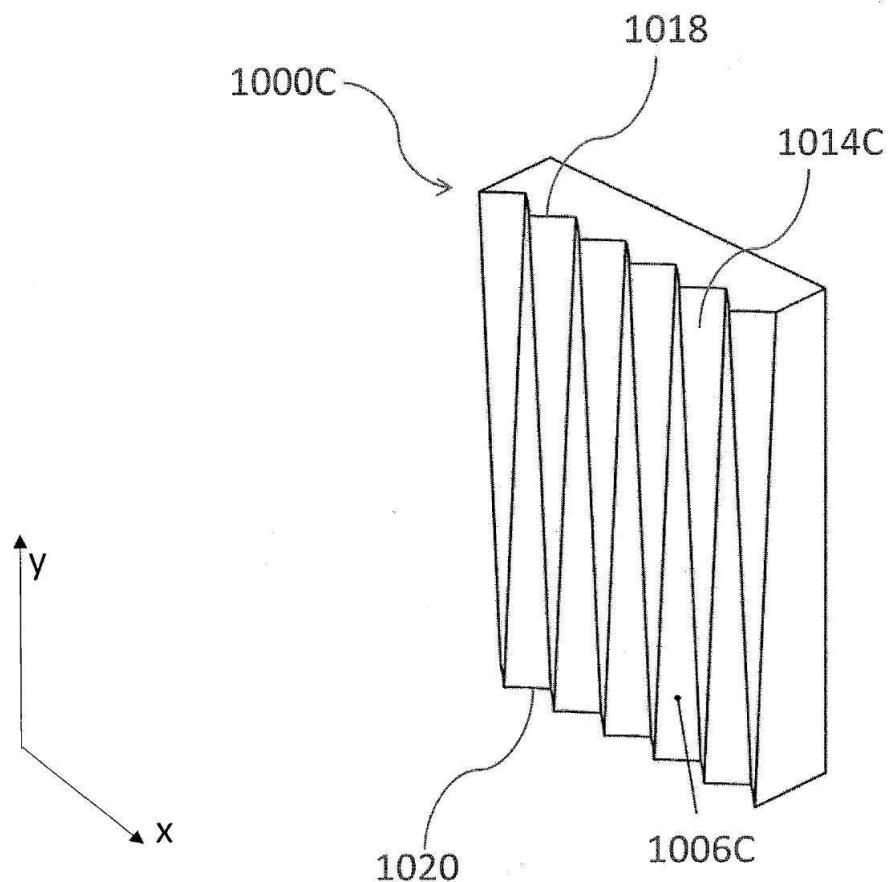
도면10a



도면10b



도면10c



도면11

