



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년11월13일

(11) 등록번호 10-2729612

(24) 등록일자 2024년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/61 (2013.01) **H04B 10/112** (2013.01)
H04J 14/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H04B 10/614 (2013.01)
H04B 10/112 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-7035194

(22) 출원일자(국제) 2020년04월09일
 심사청구일자 2023년04월03일

(85) 번역문제출일자 2021년10월28일

(65) 공개번호 10-2021-0151117

(43) 공개일자 2021년12월13일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2020/053417

(87) 국제공개번호 WO 2020/208581
 국제공개일자 2020년10월15일

(30) 우선권주장
 62/831,255 2019년04월09일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌
 CN105005150 A*
 CN105005151 A*
 US05003625 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 비프로스트 커뮤니케이션즈 에이피에스
 덴마크 콘젠스 링뷔 디피옴베즈 381

(72) 발명자
 페터센 보
 덴마크 2800 콘젠스 링뷔 디피옴베즈 381
 옌센 에스처
 덴마크 2800 콘젠스 링뷔 디피옴베즈 381

(74) 대리인
 유미특허법인

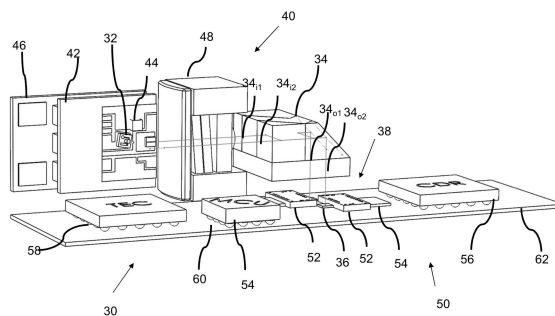
전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 광 전송 시스템, 광 수신기 및 광 신호를 합성하고 수신하는 방법

(57) 요약

광학 시스템, 수신기, 장치 및 방법은, 동일한 평면에 있는 실질적으로 평행한 입력 경로에서 국부 발진기 광 및 광 신호를 수신하고 입력 경로의 평면에 실질적으로 수직한 실질적으로 평행한 출력 경로에서 2개의 직교 편광된 빔을 출력하기 위한 자유 공간 빔 합성 및 편광 분할 프리즘을 포함한다. 입사되는 경로 중 하나의 빛은 국부 발진기 광과 광 신호를 합성하는 합성 표면으로 반사된다. 합성된 빔은 그 다음 합성된 빔을 두 개의 직교 편광된 빔으로 분할하는 편광 분할 표면과 만난다. 편광된 빔 중 하나는 평면에서 90도 반사될 수 있고, 그 다음 두 직교 편광된 빔은 각각 직교 편광된 빔을 실질적으로 평행한 광 출력 경로로 출력하기 위해 평면 밖으로 90도 반사된다.

대표도

(52) CPC특허분류

H04B 10/615 (2020.05)

H04J 14/06 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

광 합성기로서,

제1 광 신호 및 제2 광 신호를 합성된 광 신호로 합성하고, 상기 합성된 광 신호를 직교 편광을 갖는 제 1 합성된 광 신호 및 제 2 합성된 광 신호로 분할하는 자유 공간 빔 합성 및 편광 분할 프리즘을 포함하고,

상기 프리즘은,

상기 제1 광 신호를 수신하는 제1 광 입력,

상기 제2 광 신호를 수신하는 제2 광 입력 - 상기 제2 광 입력은 상기 제 1 광 입력의 적어도 평행 평면에서 상기 제1 광 입력에 평행함 -,

상기 제 1 광 신호 및 상기 제 2 광 신호를 합성된 광 신호로 합성하는 합성기, 및

상기 합성된 신호를 직교 편광을 가진 제1 합성된 광 신호 및 제2 합성된 광 신호로 분할하는 분할기 - 상기 분할은 상기 제1 광 입력 및 상기 제2 광 입력과 동일 평면 및 평행한 평면 중 하나에 있고, 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호를 제1 광 입력 및 제2 광 입력의 평면에 수직하게 출력됨- 을 포함하는, 광 합성기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 프리즘은,

상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호를 합성된 빔으로 합성하는 합성 표면 쪽으로 상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호 중 하나를 반사시키고,

상기 합성된 빔을 두 개의 직교 편광된 빔으로 편광 분할하고,

상기 직교 편광된 빔 중 하나를 상기 두 개의 직교 편광된 빔에 대해 평면 내에서 90도로 반사시키고, 및

평행한 광 출력 경로를 통해 상기 프리즘으로부터 각각의 직교 편광된 빔을 출력하기 위해, 두 개의 직교 편광된 빔을 제1 광 입력 및 제2 광 입력에 대해 평면 밖으로 90도 반사시키는, 광 합성기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 프리즘은,

상기 제1 광 신호 및 제2 광 신호 중 하나를 반사하도록 위치한 반사 표면(A);

상기 반사 표면으로부터 상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호 중 하나와 상기 반사 표면(A)로부터 반사되지 않은 상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호 중 하나를 합성된 빔으로 합성하도록 배치된 합성 표면(B);

두 개의 직교 편광된 빔으로 상기 합성된 빔을 분할하는 편광 분할 표면(C);

상기 편광된 빔 중 하나를 상기 두 개의 직교 편광된 빔에 대해 평면 내에서 90도 반사시키도록 배치된 반사 표면(D); 및

평행한 광 출력 경로를 통해 상기 프리즘으로부터 각각의 직교 편광된 빔을 출력하도록 직교 편광된 빔 모두를 제1 광 입력 및 제2 광 입력에 대해 평면 밖으로 90도 반사시키도록 배치된 적어도 하나의 반사 표면(E)을 포함하는, 광 합성기.

청구항 4

광 수신기로서,

광 신호를 수신하는 광 입력;

국부 발진기 주파수에서 국부 발진기 광을 제공하는 적어도 하나의 국부 발진기,

상기 광 신호와 상기 국부 발진기 광을 합성된 광 신호로 합성하고, 상기 합성된 광 신호를 직교 편광을 갖는 제1 합성된 광 신호 및 제2 합성된 광 신호로 분할하는 자유 공간 빔 합성 및 편광 분할 프리즘,

제1 합성된 광 신호 및 제2 합성된 광 신호를 제1 전기 신호 및 제2 전기 신호로 변환하기 위한 2개의 광-전기 변환기, 및

상기 제1 전기 신호 및 상기 제2 전기 신호를 출력 전기 신호로 처리하는 전기 처리 유닛을 포함하고,

국부 발진기 광은 상기 국부 발진기 광이 프리즘에 의해 직교 편광 사이에서 분할되도록 일 방향에서 제1 광 입력을 통해 상기 프리즘에 들어가고,

상기 광 신호는 상기 제1 광 입력에 평행하고 상기 제1 광 입력의 적어도 평행한 평면에서 제2 광 입력을 통해 상기 프리즘에 들어가고,

상기 국부 발진기 광 및 광 신호는 상기 제1 광 입력 및 제2 광 입력과 동일 평면 또는 평행한 평면에서 제1 합성된 광 신호 및 제2 합성된 광 신호로 합성 및 분할되고, 상기 제1 광 입력 및 상기 제2 광 입력의 평면에 수직하게 상기 프리즘으로부터 출력되고,

상기 광-전기 변환기와 상기 전기 처리 유닛은 상기 제1 광 입력과 상기 제2 광 입력의 평면에 평행한 평면에 위치되는, 광 수신기.

청구항 5

삭제

청구항 6

제4 항에 있어서,

적어도 하나의 국부 발진기를 포함하는 광 서브 어셈블리; 및

상기 광-전기 변환기 및 상기 전기 처리 유닛을 포함하는 전기 서브 어셈블리를 포함하고, 상기 광 서브 어셈블리는 상기 전기 서브 어셈블리에 대해 90도 각도로 배치된, 광 수신기.

청구항 7

제4 항에 있어서,

상기 광 신호를 통해 정보를 전달하는 광 송신기로부터 상기 광 신호가 수신되는, 광 수신기.

청구항 8

광 신호를 합성 및 분할하는 방법으로서,

제1 광 신호와 제2 광 신호를 합성된 광 신호로 합성하고, 합성된 광 신호를 직교 편광을 갖는 제1 합성된 광 신호 및 제2 합성된 광 신호로 분할하는 자유 공간 빔 합성 및 편광 분할 프리즘을 제공하는 단계;

제1 광 입력을 통해 상기 프리즘 내로 상기 제1 광 신호를 도입하는 단계;

평면을 형성하는 상기 제1 광 입력에 평행한 제2 광 입력을 통해 상기 제2 광 신호를 상기 프리즘에 제공하는 단계;

상기 제1 광 입력 및 상기 제2 광 입력의 평면과 동일 평면 또는 평행한 평면에서 상기 프리즘을 통해 상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호를 합성된 광 신호로 합성하는 단계;

상기 프리즘을 통해 상기 합성된 광 신호를 상기 제1 광 입력 및 상기 제2 광 입력의 평면과 동일 평면 또는 평행한 평면에서 직교 편광을 갖는 제1 합성된 광 신호 및 제2 합성된 광 신호로 분할하는 단계; 및

상기 프리즘으로부터 상기 제1 광 입력 및 제2 광 입력의 평면에 수직하게 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제

2 합성된 광 신호를 출력하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 도입하는 단계는 상기 프리즘에 의한 편광 분할 이후에 상기 제1 합성된 광 신호와 상기 제2 합성된 광 신호 사이에서 50/50 광전력 분할을 초래하는 편광으로 제1 광 신호를 제1 광 입력에 도입하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 합성하는 단계는 상기 프리즘을 통해 상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호 중 하나를 상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호를 합성된 광 신호로 합성하는 합성 표면 쪽으로 반사시키는 단계를 포함하고,

상기 출력하는 단계는,

제1 합성된 광 신호 및 제2 합성된 광 신호 중 하나를 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호에 대해 평면 내에서 90도 반사시키는 단계; 및

평행인 광 출력 경로를 통해 상기 프리즘으로부터 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호를 출력하기 위해, 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호를 상기 제1 광 입력 및 상기 제2 광 입력에 대해 평면 밖으로 90도 반사시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 합성하는 단계, 상기 분할하는 단계, 및 상기 출력하는 단계는,

상기 제1 광 신호 및 제2 광 신호 중 하나를 반사 표면(A)를 통해 반사하는 단계;

합성 표면(B)을 통해 상기 반사 표면(A)로부터 상기 제1 광 신호 및 상기 제2 광 신호 중 하나를 상기 반사 표면(A)로부터 반사되지 않은 상기 제1 광 신호 및 제2 광 신호 중 하나와 합성된 광 신호로 합성하는 단계;

편광 분할 표면(C)를 통해 상기 합성된 광 신호를 직교 편광된 제1 합성된 광 신호 및 직교 편광된 제2 합성된 광 신호로 분할하는 단계;

반사 표면(D)을 통해 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호 중 하나를 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호에 대해 평면 내에서 90도 반사시키는 단계; 및

평행한 광 출력 경로를 통해 상기 프리즘으로부터 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호를 출력하도록, 상기 제1 합성된 광 신호 및 상기 제2 합성된 광 신호 모두를 적어도 하나의 반사 표면(E)을 통해 상기 제1 광 입력 및 상기 제2 광 입력에 대해 평면 밖으로 90도 반사시키는 단계를 포함하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2019년 4월 9일에 출원된 미국 가특허 출원 번호 62/831,255호의 우선권의 이익을 주장하며, 이의 내용은 원용에 의해 본 명세서에 포함된다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 성능이 개선된 광학 시스템에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 소형 광 장치를 사용하여 광 신호의 준-코히어런트(quasi-coherent) 및 코히어런트 검출을 가능하게 하는 광 전송 시스템, 수신기, 장치, 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 통신 기술의 지속적인 발전과 점점 더 많은 대역폭을 필요로 하는 서비스에 대한 소비자의 만족할 줄 모르는 요구로 인해 통신 서비스 공급자는 통신 장비 회사가 기존 장비보다 물리적 공간을 덜 차지하는 고성능, 더 높은

대역폭 장비를 제공하도록 계속해서 요구받고 있다.

[0004] 모든 장치는 고객 서비스를 제공하기 위한 더 높은 성능, 더 작은 설치 공간 장비에 대한 요구가 곧 소멸되지 않을 것이라는 점이며, 따라서 더 높은 성능, 더 작은 설치 공간 및 더 낮은 비용을 가진 광통신 시스템 및 장치에 대한 지속적인 요구가 남아 있다.

발명의 내용

[0005] 본 발명은 준-코히어런트(quasi-coherent) 및 코히어런트(coherent) 광 수신기 및 시스템을 위한 광학 및 전기 서브 어셈블리와 같은 소형 어셈블리를 포함하는 통신 시스템, 수신기, 장치, 및 방법을 제공함으로써 상기 언급된 요구 및 문제를 해결한다.

[0006] 본 발명의 광학 시스템은 광 수신기를 포함하고, 광 수신기는,

[0007] • 광 신호를 수신하는 광 신호 입력부,

[0008] • 하나 이상의 국부 발진기로부터 국부 발진기 광을 수신하는 국부 발진기 입력부,

[0009] • 동일한 평면에 있는 실질적으로 평행한 입력 경로에서 국부 발진기 광 및 광 신호를 수신하고, 입력 경로의 평면에 실질적으로 수직인 실질적으로 평행한 출력 경로에서 2개의 직교 편광된 빔을 출력하는 자유 공간 빔 합성 및 편광 분할 프리즘 - 2개의 빔은 국부 발진기 광의 적어도 일부 및 광 신호를 포함하는 적어도 하나의 빔을 포함함 -,

[0010] • 각각이 프리즘 출력 경로로부터 직교 편광 빔들 중 다른 하나의 빔을 수신하도록 위치되는, 2개 이상의 광-전기 변환기를 포함할 수 있다.

[0011] 다양한 실시 형태에서, 빔 콜리메이터(beam collimator) 및 렌즈는 국부 발진기 광을 시준(collimate)하고 시준된 빔을 프리즘에 제공하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 렌즈가 각각의 광-전기 변환기 상에 직교 편광된 빔을 집속하기 위해 각각의 직교 편광된 빔에 제공될 수 있다.

[0012] 프리즘은 일반적으로 국부 발진기 광과 광 신호를 합성하는 합성 표면을 향해 들어오는 경로들 중 하나를 반사하도록 구성될 수 있다. 그 다음 합성된 빔은 합성된 빔을 2개의 직교 편광된 빔으로 분할/분리하는 편광 분할 표면을 만난다. 편광된 빔들 중 하나는 평면에서 90도 반사될 수 있고, 그 다음 두 직교 편광된 빔은 각각의 직교 편광된 빔을 실질적으로 평행한 광 출력 경로로 출력하기 위해 평면 밖으로 90도 반사된다.

[0013] 전술한 바와 같은 광학 구성요소들의 정렬은, 한 방향으로부터 한 평면에서 국부 발진기 광 및 광학 신호의 광학 처리, 및 실질적으로 평행한 평면 및 한 방향에서 신호의 전기적 처리로 인해 본 발명의 장치에 대한 매우 작은 폼 팩터(form factor)를 가능하게 한다. 다양한 실시 형태에서, 광학 처리 및 전기적 처리는 일반적으로 동일한 방향으로 진행되지만, 다른 평면에서 진행된다.

[0014] 따라서, 본 개시는 개선된 비용 및 성능을 갖는 시스템 및 수신기에 대한 계속되는 요구를 처리한다.

도면의 간단한 설명

[0015] 첨부된 도면은 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니라, 본 발명의 다양한 형태의 예시적인 설명의 목적으로 포함된다.

도 1 및 도 2는 예시적인 광학 시스템 실시 형태를 도시한다.

도 3은 예시적인 광 라인 터미널/리제너레이터 실시 형태를 도시한다.

도 4 및 도 5a 내지 도 5c는 예시적인 광 수신기 실시 형태를 도시한다.

도 6은 도 5a 내지 도 5c에 도시된 것과 같은 예시적인 자유 공간 프리즘 실시 형태의 단면도를 도시한다.

도면 및 상세한 설명에서 동일하거나 유사한 참조번호는 동일하거나 유사한 구성요소를 식별할 수 있다. 특정 도면의 실시 형태와 관련하여 설명된 구현, 특징 등은 명시적으로 언급되지 않거나 달리 불가능하지 않는 한, 다른 도면의 다른 실시 형태와 관련하여 구현될 수 있음이 이해될 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명의 광학 시스템(10)은 선형(linear), 링(ring), 메시(mesh) 및 기타 네트워크 토폴로지(network topologies)에 노드가 배치된 점 또는 다점 대 점 또는 다점 구성일 수 있는 단방향 또는 양방향 시스템에서 다양한 공지된 구성으로 사용될 수 있고, 로컬(local) 및/또는 네트워크 관리 시스템을 통해 관리될 수 있다. 일반적으로, 시스템(10)은 자유 공간(free space) 및/또는 광섬유를 사용하여 배치될 수 있지만, 많은 적용(applications)이 광섬유 기반 시스템을 포함할 수 있다는 것이 이해될 수 있다. 예를 들어, PCT 출원 번호 PCTIB2018000360(WO2018172847)를 참조.
- [0017] 또한, 광학 시스템(10)은 일반적으로 광학 스펙트럼의 다양한 범위에 걸쳐 채널 그리드(channel grid)에 배치될 수 있는 하나 이상의 파장 채널(wavelength channels)을 지원할 수 있다. 예를 들어, 단일 채널 시스템은 약 1310 nm 및/또는 1550 nm의 파장 채널로 작동될 수 있다. 예를 들어, 밀집 파장 분할 다중화(DWDM: dense wavelength division multiplexed) 시스템은 시스템(10)의 구성 및 적용에 따라, 명목상 1490-1625nm(S-대역, C-대역, L-대역) 범위의 광학 스펙트럼을, 50GHz, 100GHz 등과 같은, 고정 또는 가변 대역폭을 갖는 수십 개의 파장 채널로 분할할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 ITU 그리드(<https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=11482>)를 기반으로 하는 파장 채널로 형성될 수 있다. 광학 신호는 파장 채널 중 하나에 속하는 파장에서 시스템(10)을 통해 전송될 수 있다. 채널 그리드가 채널 에지(channel edge)를 공유하는 인접 채널과 연속적일 수 있지만, 시스템(10)은 채널 에지 근처에 보호 대역(guard band)을 제공할 수 있다. 보호 대역은 인접 채널의 신호들 간 간섭량을 줄이기 위해 광 신호가 전송되지 않아야 하는 채널 에지에 인접한 파장 범위이다.
- [0018] 도 1 및 2는 노드들 사이의 점 대 다중점 링크(1)와 점 대 점 링크(2)가 있는 광학 시스템(10)의 예시적인 실시 형태를 도시한다. 링크는 독립형 광 통신 링크(stand-alone optical communication links)이거나, 수동 및 능동 광 스위치(OS: passive and active optical switches) 또는 분기/결합 멀티플렉서(OADM: add/drop multiplexers), 광증폭기(OA: optical amplifiers) 등을 포함하는 이전 문단에서 설명된 바와 같은 네트워크의 일부분일 수 있다.
- [0019] 도 1에 도시된 바와 같이, 예시적인 광학 시스템(10) 실시 형태는 광학 라인 터미널 또는 리제너레이터(OLT: optical line terminal or regenerator)(12)를 포함할 수 있다. OLT(12)는 하나 이상의 광 네트워크 유닛들(ONU: optical network units)(16)을 가진 하나 이상의 광섬유(14)를 통해 단방향 또는 양방향 광 통신에 있을 수 있다. OLT(12) 및 ONU(16)는 네트워크 구현에 따라 광학적 및/또는 전기적일 수 있는 하나 이상의 입력/출력 라인(18)에 연결될 수 있다.
- [0020] 도 2는 2개의 OLT(12) 사이의 점 대 점 링크(point to point link)를 포함하는 예시적인 광학 시스템(10) 실시 형태를 도시한다. 도 1 및 도 2의 실시 형태는 네트워크 구성에 따라 광 증폭기(optical amplifiers)(20)를 포함하거나 포함하지 않을 수 있다.
- [0021] 도 1 및 도 2의 실시 형태는 네트워크의 메트로(metro) 및 액세스 레이어(access layers)를 포함하는 네트워크의 다양한 레이어들에 배치될 수 있다. 프론트홀(fronthaul), 백홀(backhaul) 및 애그리게이션(aggregation)을 포함하는 액세스 네트워크에서, 시스템(10)은 PON으로서 동작될 수 있거나 또는 노드들에서 또는 노드들 사이에서 노드들과 다른 능동 장비 사이에 증폭을 제공하기 위한 라인 증폭기(20)를 포함할 수 있다.
- [0022] 도 3은 하나 이상의 송신기 또는 수신기(OTRx)(24)가 시스템(10)에서 사용될 때 광 신호들을 합성 및/또는 분할할 수 있는 광 합성기/분할기(optical combiner/splitter)(22)를 포함할 수 있는 예시적인 OLT(12) 및 ONU(16) 노드 실시 형태를 도시한다.
- [0023] 광 합성기/분할기(22)는 광학 시스템이 단일 파장 및/또는 파장 분할 다중화 시스템으로서 배치되는지 여부에 따라 수동 커플러(passive couplers) 및 파장 특정 다중화기(wavelength specific multiplexers) 및 역다중화기(demultiplexers)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광학 시스템(10)은 시분할 다중화("TDM: time division multiplexed"), 파장 분할 다중화("WDM: wavelength division multiplexed"), 또는 시간 및 파장 분할 다중화("TWDM: time & wavelength division multiplexed") 시스템으로서 배치될 수 있어, 이 시스템에서 OLT(12)와 통신하는 각 ONU(16)는 본 명세서에서 더 설명될 동일한 또는 상이한 파장들을 사용할 수 있다. 시스템의 노드가 오직 하나의 채널만을 전송 및/또는 수신하고 하나의 채널만이 노드를 연결하는 광섬유 또는 자유 공간 링크(14) 상에 존재하면, 광 합성기/분할기(22)가 노드들에 사용될 수 있음이 이해될 것이다.
- [0024] 송신기 또는 수신기(OTRx)(24)는 시스템 구성에 따라 송신기 또는 수신기, 별개의 송신기 및 수신기, 또는 트랜시버(transceivers)만을 포함할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 비용을 줄이기 위해 통합된 트랜시버를 사용하

는 것이 비용 효율적일 수 있지만, 다른 실시 형태에서는 단지 단방향 통신을 위해 제공할 뿐만 아니라 별개의 송신기 및 수신기를 사용하는 것이 더 바람직할 수 있다.

- [0025] OTRx(24)의 광 송신기는 일반적으로 협 선풍 레이저 또는 광 선풍 레이저와 같은, 하나 이상의 고정 또는 조정 가능한 파장 광원을 포함한다. 하나 이상의 정보 스트림의 정보는, 소스를 직접적으로 변조하고, 외부 변조기를 사용하여 빛을 변조하고, 하나 이상의 파장/주파수에 대한 정보를 전송하는 광 신호를 생성하기 위해 정보를 전송하는 전기 캐리어를 업컨버팅(upconverting)하는 소스에 의해 방출되는 빛, 즉 광 캐리어에 전달될 수 있다.
- [0026] 정보는 진폭 변조(AM: amplitude modulation), 주파수 변조(FM: frequency modulation), 위상 변조(PM: phase modulation) 등 또는 이들의 합성을 포함하는 하나 이상의 변조 기술을 사용하여 전달될 수 있다. 또한, 정보는 둘 이상의 변조 레벨, 예를 들어 "0"-상태 및 "1" 상태, RZ(Return-to-Zero), NRZ(Non-Return-to-Zero) 등을 지원하는 다양한 변조 포맷들을 사용하는 아날로그 또는 디지털 포맷으로 전달될 수 있다. 듀오바이너리(duobinary) 및 기타 고차 성상도와 같은 고급/고차/다중 레벨 변조 포맷은, 전송된 심볼당 더 많은 정보 비트를 가능하게 하거나, 등가 바이너리 신호 대역폭보다 더 작은 대역폭을 갖는 구성요소를 사용할 수 있도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 4개의 진폭 레벨을 사용하는 시스템은 심볼당 2개의 비트를 인코딩할 수 있고, 4개의 주파수 레벨을 사용하는 시스템은 심볼당 2개의 비트를 인코딩할 수 있으며, 4개의 진폭과 4개의 주파수 레벨을 독립적으로 사용하는 시스템은 심볼당 4개의 비트를 인코딩할 수 있고, 듀오바이너리 또는 고차의 다른 부분 응답 시스템은 감소된 주파수 스펙트럼을 사용하여 심볼당 하나 이상의 비트를 인코딩할 수 있다. 진폭 및 주파수 외에도, 정보는 펄스 폭의 변동 또는 펄스 위치의 변동 등으로서, 캐리어의 위상(phase), 반송파 편광(polarization)에 인코딩될 수도 있다.
- [0027] 순방향 오류 정정(FEC: forward error correction)과 같은, 추가적인 신호 처리가 광 신호로서 전송되기 전에 정보에서 수행될 수 있다는 것이 더 이해될 것이다. 다양한 실시 형태에서, 오류 정정 및/또는 테스터(testers)가 시스템(10)에서 다양한 송신기 및 수신기를 제어하는 피드백을 제공하는 데 사용될 수 있다.
- [0028] 다양한 실시 형태에서, 신호는 주파수 처프 레이저(frequency chirped lasers), 직접 변조 레이저(DML: directly modulated laser), 외부 변조 레이저(EML: externally modulated laser), 수직 캐비티 표면 광방출 레이저(VCSEL: vertical cavity surface emitting laser) 등과 같은, 하나 이상의 동시 AM 및/또는 FM 장치들에 의해 인코딩될 수 있다. DML과 VCSEL은 모두 선풍이 넓고 일반적으로 비용이 저렴하다. 다양한 실시 형태에서, 순수 AM은 당업계에 공지된 바와 같이 매우 다양한 레이저를 갖는 외부 변조기의 사용을 통해 신호 변조에 사용될 수 있다.
- [0029] AM 및/또는 FM 신호가 생성되는 방식에 관계없이, 주파수 변조는 상이한 상태를 상이한 주파수로 변환하는 역할을 하는 반면, 진폭 변조는 상이한 상태를 진폭으로 분리하는 역할을 하며, 따라서 기존의 시스템들이 포함되지 않는 상이한 상태들에 대한 추가 정보를 편리하게 제공한다.
- [0030] 상이한 주파수, 즉 상이한 상태는 FM 시프트(FM shift)라고도 하는 주파수 분리에 의해 분리된다. 따라서, FM 시프트는 주파수 변조(FM) 신호의 두 상태들 사이의 주파수 분리로 정의된다. 예를 들어, FM 시프트는 합성된 AM-FM 신호, 즉 광 신호의 "0"-상태와 "1"-상태의 차이이다.
- [0031] 도 4는 광 송신기와 별개로 또는 트랜시버의 일부로서 OTRx(24)에 채용될 수 있는 광 수신기(30)의 예시적인 실시 형태를 도시한다. 광학 시스템(10)의 다른 광학 수신기는 도 4에 도시된 실시 형태와 상이할 수 있다는 것이 이해될 것이다.
- [0032] 광 수신기(30)는 일반적으로 하나 이상의 국부 발진기 주파수에서 LO(local oscillator) 광을 제공하기 위해 다양한 선풍의 레이저와 같은 하나 이상의 고정 또는 조정 가능한 국부 발진기("LO") 광원(32)을 포함할 수 있으며, 이는 광 신호의 주파수, 즉 LO 주파수 오프셋으로부터 오프셋된다. 광 국부 발진기 레이저(LO)는 주파수 오프셋(frequency-offset) 또는 주파수 차이(dF)에 의해 신호 중심 주파수(Fc)로부터 오프셋되는 광 주파수(Flo)에서 광을 방출한다.
- [0033] 합성기/분할기(34)는 입사 광 신호를 LO 광과 합성하고, 광 다이오드(photodiodes)와 같은 대응하는 수의 광-전기(OE) 변환기(36)에 적어도 2개의 합성된 광 신호, 예를 들어, COS1 및 COS2를 출력한다. 예를 들어, 2x2 PM 커플러가 사용되거나 합성기와 분할기를 분리할 수 있다. OE 변환기(36)는 LO 주파수 오프셋의 주파수, 예를 들어 ES1 및 ES2에서 대응하는 전기 신호를 출력한다. 대응하는 전기 신호는 수신기에서의 추가 신호 처리 및/또는 시스템(10) 내부 또는 외부의 추가 전송을 위해 출력 라인(18) 상의 전기 신호로서 정보를 정류 및 출력할 수 있는 전기 처리 유닛(38)에 제공될 수 있다.

- [0034] 도 5a 내지 도 5c는 본 발명의 다양한 광 수신기(30) 실시 형태의 다른 사시도를 도시한다. 수신기(30)는 자율적으로 작동하는 독립형 장치이거나 다른 광학 어셈블리와 함께 작동하는 서브 어셈블리일 수 있다. 수신기(30)는 광 신호의 광 처리를 수행하는 광 어셈블리(40) 및 광 신호를 전기 신호로 변환하고 전기 신호를 처리하는 전기 어셈블리(50)를 포함한다. 수신기(30)가 차지하는 물리적 공간을 줄이기 위해, 광학 서브 어셈블리(40)를 전기 서브 어셈블리(50)에 대해 90도 각도로 패키징하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0035] 광학 어셈블리(40)는 하나 이상의 국부 발진기(L0) 레이저(32)뿐만 아니라 L0 레이저(32)로부터의 파장 및 전력 출력을 제어하기 위해 제공되는 열전 냉각기(TEC: thermoelectric coolers)(42), 서미스터(thermistors)(44) 및 모니터링 광다이오드(46)를 포함할 수 있다. 다수의 L0 레이저(32), 냉각기(42), 서미스터(44) 및 광다이오드(46)가 사용될 수 있지만, 이러한 구성요소에 의해 소비되는 공간을 최소화하기 위해 하나만 사용하는 것이 다양한 응용에서 바람직할 수 있다.
- [0036] L0 레이저(32)의 출력은 L0 레이저(32)를 보호하는 것을 돕기 위해 광 아이솔레이터(optical isolator)를 포함할 수 있는 빔 셰이핑 렌즈(beam shaping lens)를 통해 빔 콜리메이터(beam collimator)(48)에 제공될 수 있다. 빔 콜리메이터(48)에서 출력된 시준된 L0 광은 제 1 광 입력 경로(34_{i1})에서 광 합성기(34)의 입력에 제공되고, 수신된 광 신호는 제 1 광 경로(34_{i1})와 평행하고 실질적으로 동일하거나 평행한 평면에서 제 2 광 경로(34_{i2}) 상의 광 합성기(34)에 제공된다.
- [0037] 도 5a 내지 도 5c에 도시된 바와 같은 다양한 실시 형태에서, 광 합성기/분할기(34)는 자유 공간 빔 합성 및 편광 분할 프리즘이다. 광학 어셈블리는 프리즘(34)이 동일한 평면 또는 평행한 평면에 있는 실질적으로 평행한 제 1 및 제 2 입력 경로를 통해 국부 발진기 광 및 광학 신호를 수신할 수 있도록 구성된다.
- [0038] 당업자는 "실질적으로", "대략" 등과 같은 기술어가 일반적으로 "정확히", "동일하게" 등을 포함하도록 의도된다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 각도가 정확히 90도가 아니고, 광선이 정확히 평행하지 않거나 동일 평면에 있지 않거나, L0 광이 50/50으로 분할되지 않거나 45도 등으로 배치되지 않은 경우에, 본 발명은 의도한 대로 작동될 수 있거나 본 발명의 범위 내에 있다. 편차를 포함하는 실시 형태는 그러한 편차로 구현될 때 발명이 더 이상 기능하지 않는 경우 본 발명의 범위를 벗어날 수 있다. 이를 위해, 당업자는 광학적 및 전기적 손실을 감소시키고 성능을 향상시킬 수 있는 본 명세서에 기재된 바와 같은 구성요소의 상대적인 정렬을 달성하는 방식으로 광학적 서브 어셈블리(40) 및 전기적 서브 어셈블리(50)를 조립하는 것이 바람직하다는 것이 더 이해될 것이다.
- [0039] 도 6은 프리즘(34)과 입사광의 면내 상호작용을 도시한다. 프리즘(34)은 일반적으로 적어도 2개의 입력 경로(34_{i1} 및 34_{i2})로 구성될 수 있다. 제 1 입력 경로(34_{i1})로 들어오는 빛은 반사면(A)과 만나 합성 프리즘 표면(B)을 향해 반사된다. 제 1 경로(34_{i1}) 상의 빛은 표면(B)에 의해 반사되고 표면(B)을 통과하는 제 2 입력 경로(34_{i2})로부터의 빛과 합성된다. 합성된 빛은 다음으로 한 편광의 빛이 표면을 통과하는 편광 분할 표면(C)을 만난다. 편광의 직교 상태의 빛은 표면(C)에서 반사된 다음 표면(D)에서 반사되어, 다른 편광 빔과 동일한 방향으로 이동한다. 두 편광 빔은 다른 반사로부터 평면 밖으로(out-of-plane) 실질적으로 90도 반사되고 프리즘으로부터 출력된다. 다양한 실시 형태에서, 출력 집속 렌즈(output focusing lens)는 프리즘(34) 상의 출력 경로와 전기 어셈블리(50)의 광-전기 변환기(36) 사이에 제공될 수 있다. 집속 렌즈는 별도의 구성 요소이거나 프리즘(34)의 출력 표면에 통합될 수 있다.
- [0040] 도 5 및 도 6의 실시 형태에서, 송신기로부터 수신되는 광 신호는 제 1 광 경로(34_{i1})를 통해 프리즘(34)에 진입하거나 도입되는 국부 발진기 광과 함께 제 2 입력 경로(34_{i2})를 통해 프리즘에 진입하거나 도입되는 것으로 도시된다. 광 신호를 제 2 입력 경로(34_{i2})에 도입하는 것이 바람직할 수 있지만, 감소된 수가 프리즘(34)을 통해 손실을 감소시킨다면, 다른 구성이 사용될 수 있다는 것이 이해될 것이다.
- [0041] 다양한 실시 형태에서, 프리즘에 입력되는 국부 발진기 광은 프리즘(34)의 편광 빔 분할기 표면의 주축에 대해 대략 45도 각도를 따라 배향되어 L0 광이 두 개의 편광 상태 사이에서 약 50/50으로 분할될 수 있다. L0 광은 프리즘(34)에서 광학 신호와 결합되고 합성된 L0 광학 신호는 입력 경로에 실질적으로 수직인 실질적으로 평행한 출력 경로를 통해 출력되는 2개의 직교 편광 빔으로 분할되고, 입력 경로 중 하나와 동일한 평면 또는 평행 평면에 있을 수 있다.
- [0042] 당업자는 L0 광이 선형으로 편광될 필요가 없다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 원형 또는 타원형 편광된 L0

광이 사용될 수 있다. 유사하게, LO 광이 두 편광 상태 모두에서 프리즘(34)에 제공된다면, 입력에서의 LO 광의 정렬은 이미 처리되어 있다.

[0043] 국부 발진기의 편광은 제어될 수 있지만, 광 신호의 편광은 일반적으로 작동 중에 알려져 있지 않거나 제어될 수 없다. 따라서, 광 신호 전력은 프리즘(34)으로 입력되는 광 신호의 편광에 따라 2개의 편광 경로 또는 암(arms) 사이에 적절하게 분배될 것이다. 따라서 2개의 광-전기 변환기(36)의 출력은 동일한 방식으로 변환 것이다. 신호의 편광이 한 암을 따라 완전히 정렬될 때, 그 암과 관련된 광-전기 변환기(36)는 국부 발진기와 광 신호 주파수 사이의 오프셋 주파수 Δf 주변에서 높은 출력을 가질 것이고 다른 암은 Δf 주변에서 0 출력을 가질 것이다. 신호가 2개의 암 사이에 고르게 분포될 때, Δf 부근의 광-전기 변환기(36) 출력은 동일하다. 두 개의 편광 출력을 합성함으로써, 들어오는 신호의 편광에 대한 전체 시스템 의존성이 감소되었다.

[0044] 다양한 실시 형태에서, 광-전기 변환기(36)는 제 1 및 제 2 합성된 광 신호를 제 1 및 제 2 전기 신호로 변환하기 위해 APD(APDs), 플립-칩(Flip-chip) 등을 포함하는 광다이오드(PD)로서 구현될 수 있다. 다양한 실시 형태에서, PD(36) 및 전기 처리 유닛(38)은 유입 광 신호의 대역폭과 대략 동일하거나 더 크도록 매칭될 수 있는 관련된 동작 대역폭을 갖는다. 예를 들어, 다양한 단일 채널 또는 WDM 시스템(10)에서, PD(36) 대역폭 및 전기 처리 유닛(38)은 광 신호 대역폭의 1.5 내지 2배로 설정될 수 있다.

[0045] 도 5a 내지 도 5c에 도시된 바와 같이, 전기 처리 유닛(38)은 엔벨로프 디텍터(54)에 진입하고 클럭 및 데이터 복원(CDR: clock and data recovery) 회로(56)로 통과하기 전에 PD(36)로부터의 전기 신호를 증폭하기 위한 트랜스임피던스 증폭기(TIA: transimpedance amplifiers)(52)를 포함할 수 있다. 전기 어셈블리(50)는 또한, 어셈블리(50)의 기능 중 일부 또는 전체를 감독하고 제어하며 모듈 및/또는 시스템(10)의 다른 구성요소와 통신하기 위해 본 기술에서 알려진, 마이크로 컨트롤러, 및 관련 메모리, 통신 인터페이스 등과 같은 TEC(42) 및 프로세서(60)의 동작을 제어하기 위한 TEC 컨트롤러(58)를 포함할 수 있다. 다양한 전기 구성요소가 인쇄 회로 기판 또는 다른 기판(62)을 통해 장착되고 연결될 수 있을 뿐만 아니라 기판(62)과 별도로 연결될 수 있다.

[0046] 전술한 바와 같이 광학 구성요소의 정렬 및 프리즘 표면의 조합은 한 방향으로부터의 한 평면에서의 국부 발진기 광 및 광 신호의 광학적 처리, 및 광학 처리 평면에 수직인 평면 및 한 방향으로의 신호의 전기적 처리로 인해 본 발명의 장치에 대한 매우 작은 폼 팩터(form factor)를 가능하게 한다. 다양한 실시 형태에서, 광학적 처리 및 전기적 처리는 물리적으로 동일한 방향으로 진행된다. 수신기(30)는 트랜시버를 제공하기 위해 보드 상에서 송신기 어셈블리와 함께 구현될 수 있거나 라인 카드(line card) 상에서 독립적으로 구현될 수 있다.

[0047] 도 5a 내지 도 5c의 실시 형태는 보드(56) 상의 CDR을 도시하지만, CDR(56)은 신호가 수신되고 그 지점에서 재구성될 때 다른 보드 상에서 구현될 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0048] 전술한 개시는 본 발명의 실시 형태, 도시 및 설명을 제공하지만, 개시된 정확한 형태로 구현을 철저하게 하거나 제한하도록 의도되지 않는다. 상기 개시 내용에 비추어 수정 및 변형이 가능하거나 구현의 실시로부터 획득될 수 있다. 본 발명의 이들 및 다른 변형 및 수정이 가능하고 고려되며, 전술한 명세서 및 하기 청구범위는 이러한 수정 및 변형을 포함하는 것으로 의도된다.

[0049] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 구성요소라는 용어는 하드웨어, 펌웨어(firmware), 및/또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 광범위하게 해석되도록 의도된다. 본 명세서에 설명된 시스템 및/또는 방법은 하드웨어, 펌웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 다른 형태로 구현될 수 있음이 명백하다. 이러한 시스템 및/또는 방법을 구현하는 데 사용되는 실제 특수 제어 하드웨어 또는 소프트웨어 코드는 구현을 제한하지 않는다. 따라서, 시스템 및/또는 방법의 동작 및 거동은 특정 소프트웨어 코드를 참조하지 않고 본 명세서에서 설명되었으며, 소프트웨어 및 하드웨어는 본 명세서의 설명에 기초하여 시스템 및/또는 방법을 구현하도록 구성될 수 있는 것으로 이해되어야 한다.

[0050] 시스템의 다양한 요소는 다양한 레벨의 광자, 전기 및 기계적 통합을 사용할 수 있다. 다수의 기능이 시스템(10)의 하나 이상의 선반 또는 랙에 수용되는 하나 이상의 모듈 또는 라인 카드에 통합될 수 있다.

[0051] 하드웨어 프로세서 모듈은 예를 들어 범용 프로세서 및 CPU에서 필드 프로그래머블 게이트 어레이(FPGA: Field Programmable Gate Array), 특정 용도 집적 회로(ASIC: Application Specific Integrated Circuit)에 이르기까지 다양할 수 있다. (하드웨어에서 실행되는) 소프트웨어 모듈은 C, C++, Java™, Javascript, Rust, Go, Scala, Ruby, Visual Basic™, FORTRAN, Haskell, Erlang 및/또는 기타 객체 지향, 절차 또는 기타 프로그래밍 언어 및 개발 도구를 포함하는 다양한 소프트웨어 언어(예를 들어, 컴퓨터 코드)로 표현될 수 있다. 컴퓨터 코드에는 마이크로 코드 또는 마이크로 명령어, 컴파일러에 의해 생성된 것과 같은 기계 명령어, 웹 서비스를 생성하는

데 사용되는 코드, 및 인터프리터(interpreter)를 사용하여 컴퓨터에 의해 실행되고 제어 신호, 암호화된 코드(encrypted code) 및 압축된 코드(compressed code)를 사용하는 상위 레벨 명령어를 포함하는 파일을 포함할 수 있다.

[0052] 일부 구현은 임계값과 관련하여 본 명세서에서 설명된다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 임계값을 만족시키는 것은 임계값보다 큰, 임계값보다 더 큰, 임계값보다 높은, 임계값보다 크거나 같은, 임계값보다 작은, 임계값보다 적은, 임계값보다 낮은, 임계값보다 작거나 같은, 임계값과 같은 값 등을 지칭할 수 있다.

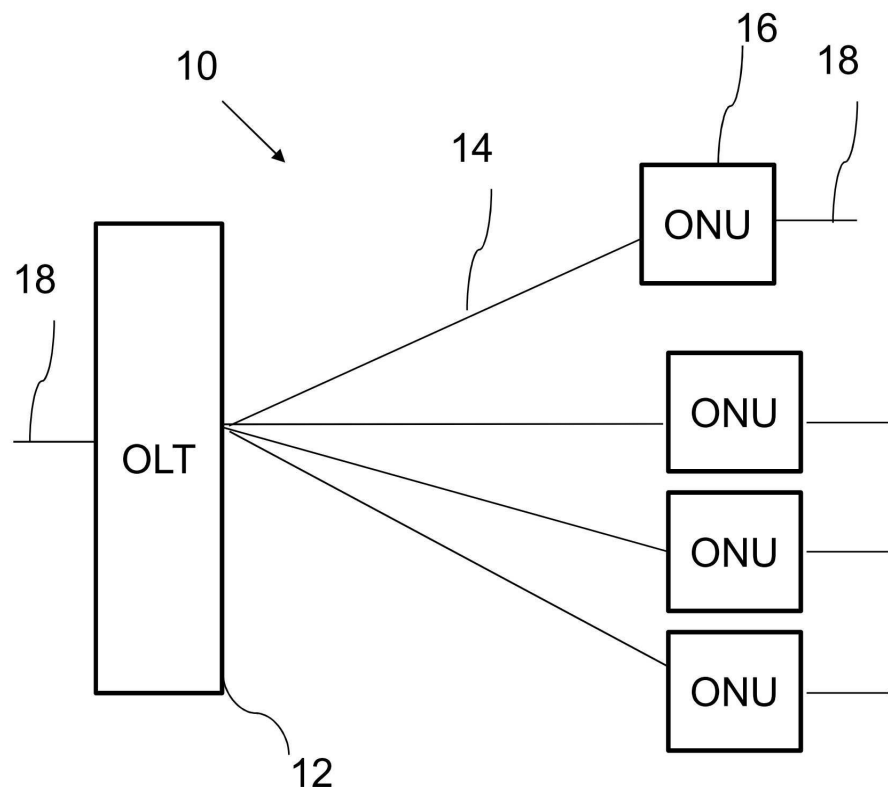
[0053] 특정 사용자 인터페이스가 본 명세서에 설명되고 및/또는 도면에 도시되어 있다. 사용자 인터페이스는 그래픽 사용자 인터페이스, 비그래픽 사용자 인터페이스, 텍스트 기반 사용자 인터페이스 등을 포함할 수 있다. 사용자 인터페이스는 디스플레이를 위한 정보를 제공할 수 있다. 일부 구현들에서, 사용자는 디스플레이를 위해 사용자 인터페이스를 제공하는 장치의 입력 컴포넌트를 통해 입력을 제공하는 것과 같이, 정보와 상호 작용할 수 있다. 일부 구현들에서, 사용자 인터페이스는 장치 및/또는 사용자에게 의해 구성 가능할 수 있다(예를 들어, 사용자는 사용자 인터페이스의 크기, 사용자 인터페이스를 통해 제공되는 정보, 사용자 인터페이스를 통해 제공되는 정보의 위치, 등을 변경할 수 있다). 추가적으로 또는 대안적으로, 사용자 인터페이스는 표준 구성, 사용자 인터페이스가 디스플레이 되는 장치의 유형에 기초한 특정 구성, 및/또는 사용자 인터페이스가 디스플레이 되는 장치와 연관된 기능 및/또는 사양에 기초한 구성의 세트로 사전 구성될 수 있다.

[0054] 특징들의 특정 조합이 청구범위에 인용되고 및/또는 명세서에 개시되었지만, 이러한 조합들은 가능한 구현들의 개시를 제한하도록 의도되지 않는다. 실제로, 이들 특징들 중 다수는 청구범위에 구체적으로 인용되지 않고 및/또는 명세서에 개시되지 않은 방식으로 조합될 수 있다. 아래에 열거된 각 종속항은 하나의 청구항에만 직접적으로 인용될 수 있지만 가능한 구현의 개시는 청구항 세트의 다른 모든 청구항과 조합되는 각 종속항을 포함한다.

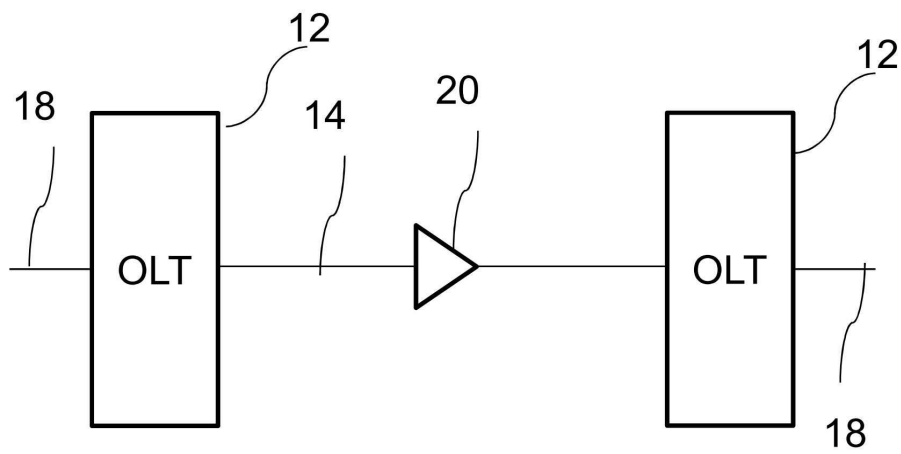
[0055] 본 명세서에 사용된 어떠한 요소, 행위 또는 지시도 명시적으로 설명되지 않는 한 중요하거나 필수적인 것으로 해석되어서는 안된다. 또한, 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 관사 "a" 및 "an"은 하나 이상의 항목(items)을 포함하는 것으로 의도되고, "하나 이상"과 상호 교환적으로 사용될 수 있다. 또한, 본 명세서에 사용된 바와 같이, "세트(set)"라는 용어는 하나 이상의 항목을 포함하는 것으로 의도되고, "하나 이상"과 혼용될 수 있다. 하나의 항목만 의도된 경우, "하나(one)" 또는 유사한 용어가 사용된다. 또한, 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "가지고 있다(has)", "가지고 있다(have)", "가지고 있는(having)" 등은 제한이 없는 용어로 의도된다. 또한, "~에 기초한(based on)"이라는 문구는 달리 명시적으로 언급되지 않는 한 "적어도 부분적으로 ~에 기초한(based, at least in part, on)"을 의미하도록 의도된다.

도면

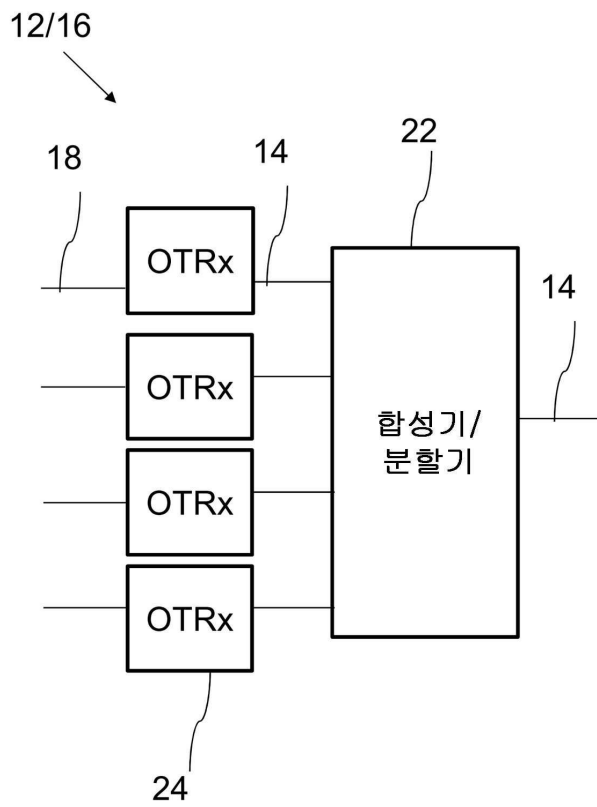
도면1



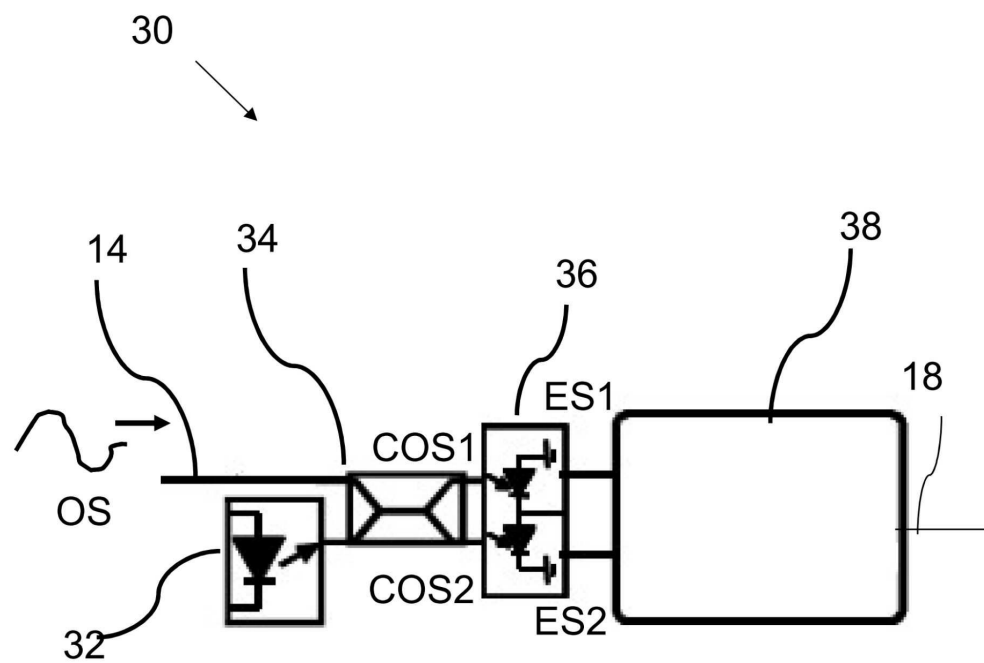
도면2



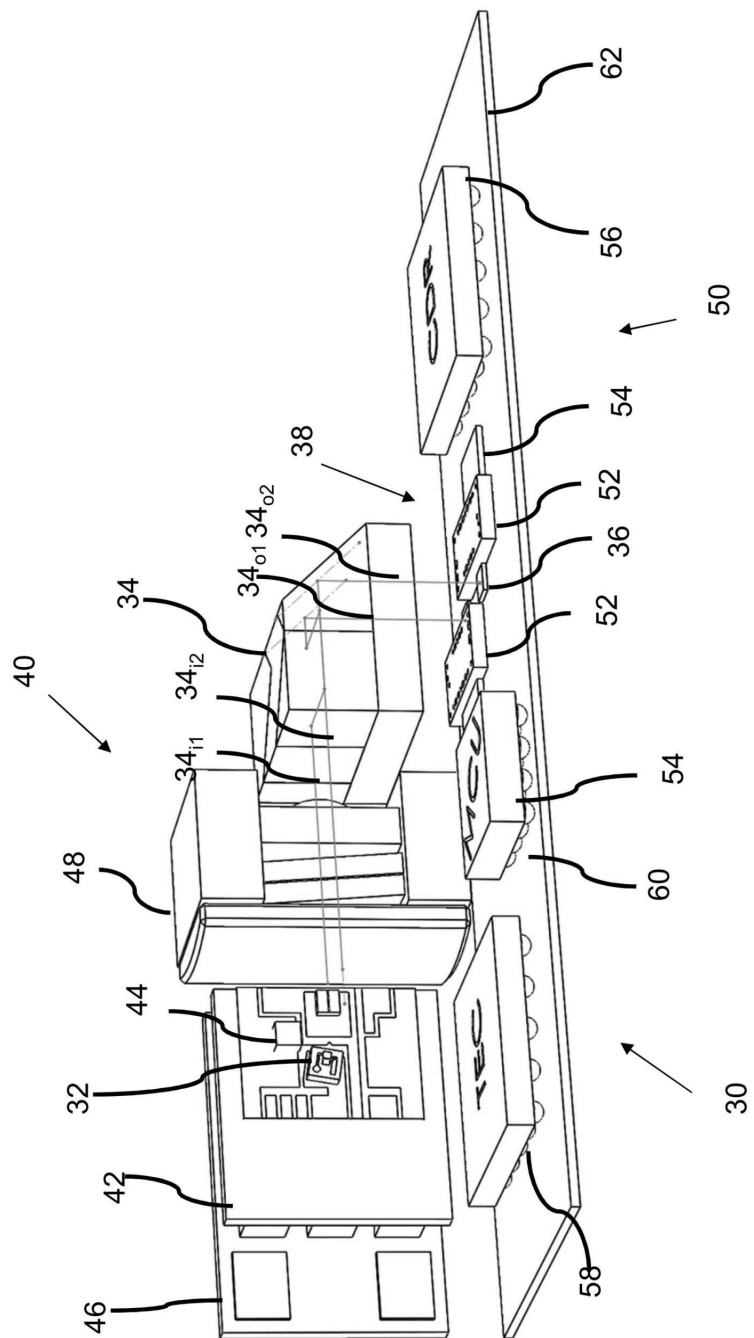
도면3



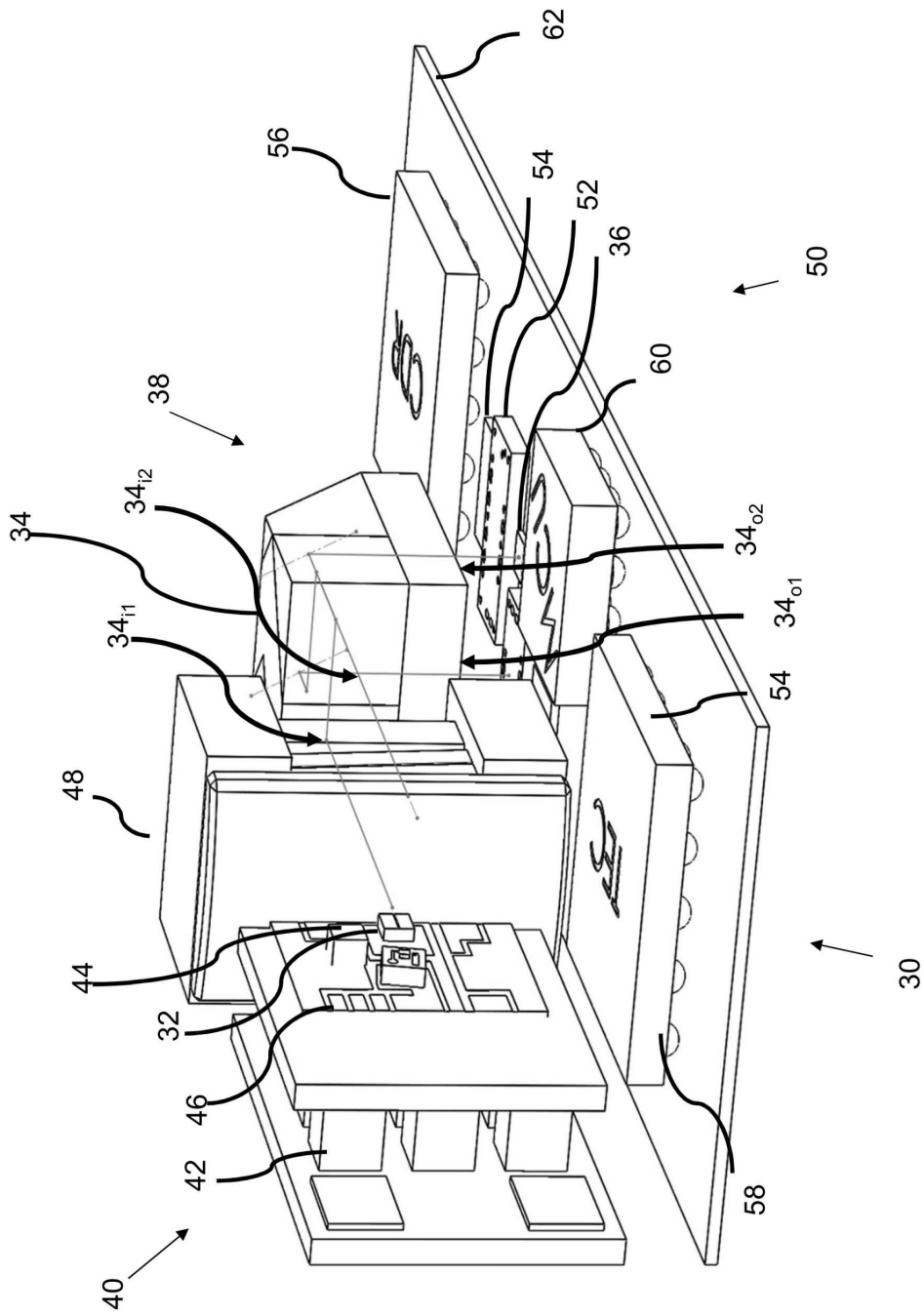
도면4



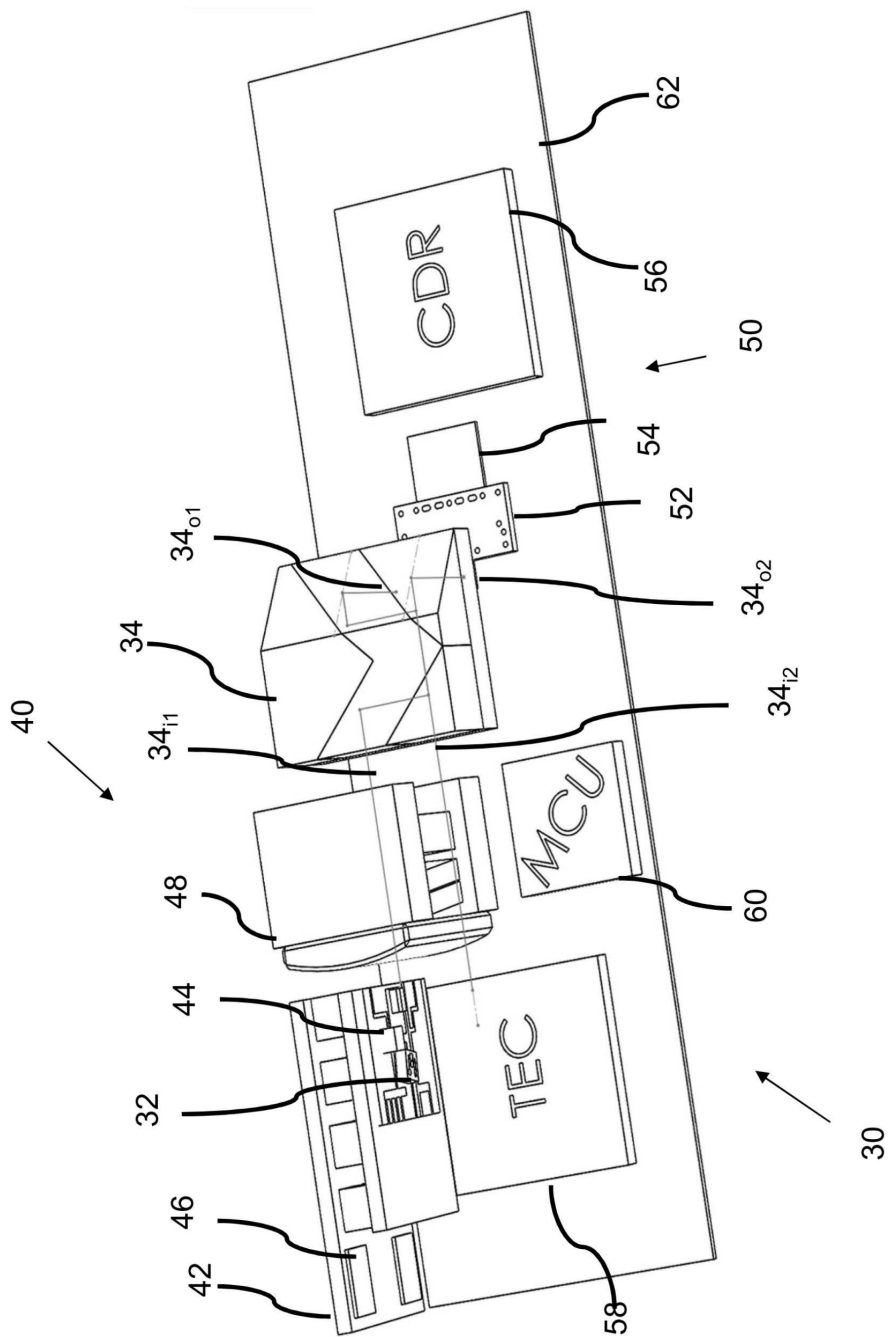
도면 5a



도면5b



도면5c



도면6

