



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월23일

(11) 등록번호 10-2136554

(24) 등록일자 2020년07월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 10/50 (2013.01) G02B 27/10 (2006.01)

G02B 5/30 (2006.01) H04B 10/548 (2013.01)

(52) CPC특허분류

H04B 10/503 (2013.01)

G02B 27/10 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0061933

(22) 출원일자 2019년05월27일

심사청구일자 2019년05월27일

(56) 선행기술조사문헌

Dong Liang et al., "Sub-THz Signal Generation Based on Bi-directional Use of Dual-parallel," 2017 42nd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz), (2017)

Weilin Liu et al., "Ultra-Wideband and 60-GHz Generation," J. OPT. COMMUN. NETW./VOL. 5, NO. 9, (SEPTEMBER 2013)

Wenjing Xu et al., "Multi-service Radio Over Fiber System with Multiband Signal Generation Based on Polarization Multiplexing and Photonic Frequency Quadrupling Technique," ACP, 2017

(73) 특허권자

서강대학교 산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

조규만

서울특별시 강북구 인수봉로79길 93 4동 201호(수유동, 현대빌라)

(74) 대리인

이지연

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 신상길

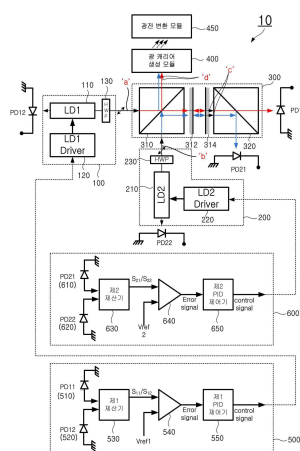
(54) 발명의 명칭 편광 선별 공진기를 이용한 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치

(57) 요약

본 발명은 헤테로다인 기법을 기반으로 한 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 관한 것이다. 상기 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치는, 두 개의 편광빔스플리터들을 일정 거리 이격 배치시키고 그 사이에 공진기를 배치하여 구성된 편광 선별 공진기를 구비하고, 상기 편광 선별 공진기를 통해 제1 광과 제2 광을 편광에 따라 선

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



별하여 공진시켜 출력하고, 편광 선별 공진기로부터 출력된 제1 광과 제2 광은 제1 및 제2 피드백 회로로 제공하여 각각 제1 및 제2 주파수에 안정화시킴과 동시에, 광 캐리어 생성 모듈과 광-전 변환 모듈을 통해 주파수 안정화된 제1 광과 제2 광의 주파수의 차이에 대응되는 주파수를 갖는 밀리미터파 또는 마이크로파를 출력하게 된다.

따라서, 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는 주파수 안정화된 두 개의 광신호를 얻을 수 있도록 함으로써, 헤테로다인 기법을 기반으로 한 안정화된 밀리미터파 또는 마이크로파 신호를 생성할 수 있게 된다.

(52) CPC특허분류

G02B 5/30 (2013.01)

H04B 10/5057 (2013.01)

H04B 10/548 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

편광빔스플리터면이 서로 마주 보도록 일정거리 이격배치된 2개의 편광빔스플리터들을 이용하여, 입사된 광의 편광 성분에 따라 제1 편광 성분은 공진기를 거쳐 출력하고, 제1 편광 성분과 수직인 제2 편광 성분은 공진기를 거치지 않는 다른 경로로 출력하는 편광 선별 공진기;

출력광의 주파수 가변이 가능한 단일 주파수 광원으로서, 상기 편광 선별 공진기로 제1 주파수(f_1)의 제1 광을 제공하는 제1 광원 모듈;

출력광의 주파수 가변이 가능한 단일 주파수 광원으로서, 상기 편광 선별 공진기로 제2 주파수(f_2)의 제2 광을 제공하는 제2 광원 모듈;

상기 편광 선별 공진기로부터 동일 경로를 따라 공진기를 거치지 않는 다른 경로로 출력된 편광 방향이 서로 수직인 제1 및 제2 광을 결합하여 밀리미터파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 생성 모듈;

상기 광 캐리어 생성 모듈로부터 출력된 밀리미터파 포토닉 캐리어를 검출하여 제1 및 제2 광의 주파수 차이 ($|f_1 - f_2|$)에 해당하는 주파수를 갖는 전기적 신호로 변환하여 출력하는 광-전 변환 모듈;

상기 제1 광원 모듈로부터 출력되는 광에서 상기 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력된 제1 광 성분을 이용하여, 상기 제1 광원 모듈의 상기 제1 광의 제1 주파수를 안정화시키기 위한 제1 제어 신호를 생성하여 제1 광원 모듈로 제공하는 제1 피드백 모듈;

상기 제2 광원 모듈로부터 출력되는 광에서 상기 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력된 제2 광 성분을 이용하여, 상기 제2 광원 모듈의 상기 제2 광의 제2 주파수를 안정화시키기 위한 제2 제어 신호를 생성하여 제2 광원 모듈로 제공하는 제2 피드백 모듈;

를 구비하여, 제1 및 제2 광원으로부터 각각 출력되는 제1 및 제2 광의 주파수 차이에 해당하는 주파수를 갖는 밀리미터파 또는 마이크로파를 생성하여 출력하는 것을 특징으로 하는 편광빔스플리터를 이용한 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 편광 선별 공진기는,

제1 편광빔스플리터;

상기 제1 편광빔스플리터와 일정 거리 이격 배치된 제2 편광빔스플리터; 및

상기 제1 및 제2 편광빔스플리터의 사이에 배치된 광 공진기;

를 구비하고,

제1 편광빔스플리터로부터 출력된 광은 광 공진기로 입사되어 공진되고, 광 공진기로부터 출력된 광은 제2 편광빔스플리터로 입력되도록 구성된 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 편광 선별 공진기는,

일면에 반사물질이 도포되어 형성된 제1 반사면을 구비하는 제1 편광빔스플리터; 및

일면에 반사물질이 도포되어 형성된 제2 반사면을 구비하는 제2 편광빔스플리터;를 구비하고,

상기 제1 및 제2 편광빔스플리터는 제1 및 제2 반사면이 일정 거리 이격되어 서로 마주보도록 배치되고 그 중심이 동일 광축상에 배치되어, 상기 제1 및 제2 편광빔스플리터의 제1 및 제2 반사면이 광 공진기로서 동작하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 피드백 모듈은,

상기 편광 선별 공진기로부터 공진되어 출력되는 제1 광 성분을 검출하여 전기적 신호로 변환시켜 출력하는 제1 광검출기;

상기 제1 광 검출기로부터 제공된 신호와 사전 설정된 제1 기준 전압의 오차 신호를 출력하는 제1 차동 증폭기;

상기 오차 신호를 이용하여 제1 광원 모듈의 제1 광원의 주파수가 제1 주파수에 수렴하도록 PID 제어하는 제어 신호를 생성하여 출력하는 제1 PID 제어기;

를 구비하여, 제1 광원 모듈로 제1 주파수를 안정화시키기 위한 제어 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제2 피드백 모듈은,

상기 편광 선별 공진기로부터 공진되어 출력되는 제2 광 성분을 검출하여 전기적 신호로 변환시켜 출력하는 제2 광검출기;

상기 제2 광 검출기로부터 제공된 신호와 사전 설정된 제2 기준 전압의 오차 신호를 출력하는 제2 차동 증폭기;

상기 오차 신호를 이용하여 제2 광원 모듈의 제2 광원의 주파수가 제2 주파수에 수렴하도록 PID 제어하는 제어 신호를 생성하여 출력하는 제2 PID 제어기;

를 구비하여, 제2 광원 모듈로 제2 주파수를 안정화시키기 위한 제어 신호를 출력하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 광 캐리어 생성 모듈의 밀리미터파 포토닉 캐리어는,

편광판(polarizer) 또는 편광빔스플리터를 사용하여 서로 다른 주파수를 갖는 제1 광과 제2 광의 동일한 편광 성분들을 동일한 경로를 따라 진행하게 서로 합쳐준 헤테로다인 결합광인 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 광 캐리어 생성 모듈은,

상기 편광판(polarizer) 또는 편광빔스플리터의 입력단 또는 출력단에 마이크로파 포토닉 캐리어를 위상 변조시키거나, 진폭 변조시키거나, 위상 변조와 진폭 변조를 시킬 수 있는 광 변조기(Modulator)를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 광 캐리어 생성 모듈은,

상기 편광빔스플리터의 출력단들에 출력광을 사전 설정된 개수로 분리하여 출력하는 스플리터(Splitter);

각 스플리터의 출력단에 연결된 복수 개의 광증폭기;

상기 복수 개의 광증폭기에 각각 연결된 복수 개의 위상 지연 소자들 또는 복수 개의 변조기들;

을 더 구비하여, 서로 다른 위상을 갖는 복수 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 광 캐리어 생성 모듈은,

상기 편광빔스플리터의 출력단들에 출력광을 사전 설정된 개수로 분리하여 복수 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어

를 출력하는 스플리터(Splitter);

각 스플리터의 복수 개의 출력단에 각각 연결된 복수 개의 광증폭기;

상기 복수 개의 광증폭기에 각각 연결된 복수 개의 위상 지연 소자들 또는 복수 개의 변조기;

을 더 구비하여, 서로 다른 위상 및 진폭을 갖는 복수 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는,

상기 제1 광원 모듈과 편광 선별 공진기의 사이에 광을 위상 변조시키거나, 진폭 변조시키거나, 위상 변조와 진폭 변조를 시킬 수 있는 광 변조기를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는,

상기 제1 광원 모듈의 출력단과 편광 선별 공진기의 입력단의 사이, 제2 광원 모듈의 출력단과 편광 선별 공진기의 입력단의 사이 및 상기 편광 선별 공진기의 출력단과 광 결합 모듈의 입력단의 사이는 편광 유지 광섬유로 연결된 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는,

상기 편광 선별 공진기, 제1 및 제2 광원 모듈, 광 캐리어 생성 모듈, 광-전 변환 모듈, 제1 및 제2 피드백 모듈의 모든 출력단은 광섬유로 구성되는 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는,

상기 제1 광원 및 제2 광원에서부터 상기 광-전 변환 모듈에 이르는 광경로가 광섬유로 연결된 소자들, 광섬유 능동 또는 수동 소자들, 및 광섬유가 피그테일된 능동 또는 수동 소자들 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로 구성된 것을 특징으로 하는 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 편광 선별 공진기, 즉 서로 마주보는 두 개의 편광빔스플리터(Polarizing Beam Splitter)의 사이에 삽입 또는 형성된 공진기를 이용하여, 2개의 광원의 출력광들의 주파수들을 안정화시키고, 안정화된 주파수를 갖는 2개의 광을 이용하는 헤테로다인 기법을 기반으로 하여 밀리미터파 또는 마이크로파를 생성할 수 있는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 인터넷 사용이 급격하게 증대되고 다양한 멀티미디어 서비스들이 제공됨에 따라 초고속 통신망 구축에 대한 요구가 크게 증대되고 있는 실정이다. 이러한 요구에 따라, 많은 전송용량의 데이터에 대한 초고속 전송이 가능한 무선통신 기술이 새로운 통신망 구축에 적용되고 있다. 특히 피코-셀(pico-cell)을 기반으로 하는 차세대 초고속 통신망의 초고속 무선 백본(wireless backbone)으로 밀리미터파(mm-wave) 대역을 이용한 지향성(directional) 점-대-점(point-to-point) 무선 통신링크를 활용하는 기술이 활용될 것으로 전망된다.

[0003] 또한, 밀리미터파 대역은 차세대의 고지향성 위상배열 레이더나 보안기능이 탁월한 초고속 무선 통신을 제공할 수 있다는 점에서 군사적으로도 많이 응용되고 있으며, 테라 헤르쯔로 확대 될 경우 의료 영상 등에도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

- [0004] 밀리미터파, 또는 이에 근접한 높은 주파수의 마이크로파는 장애물에 의해 통신링크가 단절될 수 있기 때문에 통신 링크 사이의 가시영역(line of sight) 확보가 필수적이며 이를 위해서 송수신기로부터 안테나까지 유선전송이 불가피하다. 하지만, 밀리미터파는 특성상 일상적인 케이블 전송에 따른 손실이 크기 때문에 도파로(waveguide)를 사용하는 것이 필수적이나 가격이 비싸고, 변형이 어려우며, 부피가 크고, 무겁기 때문에 실제 적용에 여러 가지 어려움이 따른다. 이와 같은 어려움을 극복하기 위해 밀리미터파 신호를 광신호에 실어주어 광섬유를 통해 전송 및 처리하는 이른바 마이크로파, 또는 밀리미터파 포토닉스(mm-wave photonics) 기술이 개발되어 왔다. 특히, 해당 기술은 밀리미터파를 이용한 무선통신기술과 초고속 광통신 소자 및 시스템 기술을 융합된 최첨단 기술이라는 점에서 그 의미가 크다.
- [0005] 한편, 헤테로다인(Heterodyne) 기법을 이용한 밀리미터파 생성 방법은, 기존의 생성 방법이 전기적 신호의 변조 방식을 이용하는 것과는 달리, 밀리미터파 대역이나 마이크로파 대역의 주파수 신호를 광전자학적(optoelectronics) 방법에 의해 얻어내는 방법이다. 좀 더 구체적으로 설명하자면, 전술한 헤테로다인 기법은 원하는 밀리미터파 또는 마이크로파 대역의 주파수에 해당하는 주파수 차이를 갖는 두 개의 광신호를 광검출기에 동시에 입력시켜 두 광신호를 믹싱(mixing)시킴으로써, 원하는 주파수 성분의 beat 신호를 얻는 방법이다.
- [0006] 전술한 헤테로다인 기법을 이용하는 경우, 서로 다른 두 개의 광원, 즉 좁은 선폭(narrow line width) 레이저에서 나온 서로 다른 주파수를 갖는 광 신호를 사용함에 따라, 두 광원의 phase를 일정하게 유지시키고 두 광원의 주파수를 안정화시키기 위한 피드백(feedback) 회로가 사용되어야 한다. 하지만, 각각의 레이저의 주파수를 능동적으로 안정화시키기 위해서는 해당 주파수에 대한 주파수 표준이 필요하며 이를 위해서 광섬유 브래그 회절격자(fiber Bragg grating), 특정 기체의 흡수 분광선(absorption spectrum), 파브리-페로 에탈론(Fabry-Perot etalon) 또는 공진기 등을 이용하는 방법이 개발되어 왔다.
- [0007] 본 발명은 공진기를 이용한 주파수 잠금 기술(frequency locking scheme)을 기반으로 하는 기술로, 적절하게 설계/제작된 에탈론의 투과 또는 반사 특성이 주파수에 따라 고유하게 주어짐을 이용하여 레이저 다이오드(LD; laser diode) 등 주파수 가변(frequency tunable) 광원의 출력광의 주파수를 판별(frequency discrimination)하고 원하는 주파수에 잠금시키는 기술이다. 실제로 에탈론이나 공진기 방법을 이용하여 두 개의 광원을 원하는 주파수 및 안정도로 잠금 시키기 위해서는 각각의 광원에 대하여 에탈론이나 공진기가 동일한 규격을 갖고 동일한 조건이나 환경에 놓여야 하나, 실제로는 이를 구현하는 것이 광학적으로 쉽지 않은 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제 10-1150688호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 전술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 두 개의 편광 빔스플리터(PBS)들로 구성된 편광 선별 공진기를 이용하여 2개의 광원의 출력광들의 주파수를 안정화시키고, 안정화된 주파수를 갖는 2개의 광을 이용하는 헤테로다인 기법을 기반으로 하여 밀리미터파 또는 마이크로파를 생성할 수 있는 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 전술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는, 편광빔스플리터면이 서로 마주 보도록 일정거리 이격배치된 2개의 편광빔스플리터들을 이용하여, 입사된 광의 편광 성분에 따라 제1 편광 성분은 공진기를 거쳐 출력하고, 제1 편광 성분과 수직인 제2 편광 성분은 공진기를 거치지 않는 다른 경로로 출력하는 편광 선별 공진기; 출력광의 주파수 가변이 가능한 단일 주파수 광원으로서, 상기 편광 선별 공진기로 제1 주파수(f_1)의 제1 광을 제공하는 제1 광원 모듈; 출력광의 주파수 가변이 가능한 단일 주파수 광원으로서, 상기 편광 선별 공진기로 제2 주파수(f_2)의 제2 광을 제공하는 제2 광원 모듈; 상기 편광 선별 공진기로부터 동일 경로를 따라 공진기를 거치지 않는 다른 경로로 출력된 편광 방향이 서로 수직인 제1 및 제2 광을 결합하여 밀리미터파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 생성 모듈; 상기 광 캐리어 생성 모듈로부터 출력된 밀리미터파 포토닉 캐리어를 검출하여 제1 및 제2 광의 주파수 차이($|f_1 - f_2|$)에 해당하는

주파수를 갖는 전기적 신호로 변환하여 출력하는 광-전 변환 모듈; 상기 제1 광원 모듈로부터 출력되는 광에서 상기 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력된 제1 광 성분을 이용하여, 상기 제1 광원 모듈의 상기 제1 광의 제1 주파수를 안정화시키기 위한 제1 제어 신호를 생성하여 제1 광원 모듈로 제공하는 제1 피드백 모듈; 상기 제2 광원 모듈로부터 출력되는 광에서 상기 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력된 제2 광 성분을 이용하여, 상기 제2 광원 모듈의 상기 제2 광의 제2 주파수를 안정화시키기 위한 제2 제어 신호를 생성하여 제2 광원 모듈로 제공하는 제2 피드백 모듈; 를 구비하여, 제1 및 제2 광원으로부터 각각 출력되는 제1 및 제2 광의 주파수 차이에 해당하는 주파수를 갖는 밀리미터파 또는 마이크로파를 생성하여 출력한다.

- [0011] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 편광 선별 공진기는,
- [0012] 제1 편광빔스플리터; 상기 제1 편광빔스플리터와 일정 거리 이격 배치된 제2 편광빔스플리터; 및 상기 제1 및 제2 편광빔스플리터의 사이에 배치된 광 공진기;를 구비하고, 제1 편광빔스플리터로부터 출력된 광은 광 공진기로 입사되어 공진되고, 광 공진기로부터 출력된 광은 제2 편광빔스플리터로 입력되도록 구성되거나,
- [0013] 일면에 반사물질이 도포되어 형성된 제1 반사면을 구비하는 제1 편광빔스플리터; 및 일면에 반사물질이 도포되어 형성된 제2 반사면을 구비하는 제2 편광빔스플리터;를 구비하고, 상기 제1 및 제2 편광빔스플리터는 제1 및 제2 반사면이 일정 거리 이격되어 서로 마주보도록 배치되되 그 중심이 동일 광축상에 배치되어, 상기 제1 및 제2 편광빔스플리터의 제1 및 제2 반사면이 광 공진기로서 동작하도록 구성되는 것이 바람직하다.
- [0014] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 제1 피드백 모듈은, 상기 편광 선별 공진기로부터 공진되어 출력되는 제1 광 성분을 검출하여 전기적 신호로 변환시켜 출력하는 제1 광검출기; 상기 제1 광 검출기로부터 제공된 신호와 사전 설정된 제1 기준 전압의 오차 신호를 출력하는 제1 차동 증폭기; 상기 오차 신호를 이용하여 제1 광원 모듈의 제1 광원의 주파수가 제1 주파수에 수렴하도록 PID 제어하는 제어 신호를 생성하여 출력하는 제1 PID 제어기; 를 구비하여, 제1 광원 모듈로 제1 주파수를 안정화시키기 위한 제어 신호를 출력하는 것이 바람직하다.
- [0015] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 제2 피드백 모듈은, 상기 편광 선별 공진기로부터 공진되어 출력되는 제2 광 성분을 검출하여 전기적 신호로 변환시켜 출력하는 제2 광검출기; 상기 제2 광 검출기로부터 제공된 신호와 사전 설정된 제2 기준 전압의 오차 신호를 출력하는 제2 차동 증폭기; 상기 오차 신호를 이용하여 제2 광원 모듈의 제2 광원의 주파수가 제2 주파수에 수렴하도록 PID 제어하는 제어 신호를 생성하여 출력하는 제2 PID 제어기; 를 구비하여, 제2 광원 모듈로 제2 주파수를 안정화시키기 위한 제어 신호를 출력하는 것이 바람직하다.
- [0016] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 광 캐리어 생성 모듈의 밀리미터파 포토닉 캐리어는, 편광판(polarizer) 또는 편광빔스플리터를 사용하여 서로 다른 주파수를 갖는 제1 광과 제2 광의 동일한 편광 성분들을 동일한 경로를 따라 진행하게 서로 합쳐준 헤테로다인 결합광인 것이 바람직하다.
- [0017] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 광 캐리어 생성 모듈은, 상기 편광판(polarizer) 또는 편광빔스플리터의 입력단 또는 출력단에 마이크로파 포토닉 캐리어를 위상 변조시키거나, 진폭 변조시키거나, 위상 변조와 진폭 변조를 시킬 수 있는 광 변조기(Modulator)를 더 구비하는 것이 바람직하다.
- [0018] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 광 캐리어 생성 모듈은, 상기 편광빔스플리터의 출력단들에 출력광을 사전 설정된 개수로 분리하여 복수 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 스플리터(Splitter); 각 스플리터의 복수 개의 출력단에 각각 연결된 복수 개의 광증폭기; 상기 복수 개의 광증폭기에 각각 연결된 복수 개의 위상 지연 소자들 또는 복수 개의 변조기;을 더 구비하여, 서로 다른 위상 및 진폭을 갖는 복수 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 것이 바람직하다.
- [0019] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 제1 광원 모듈과 편광 선별 공진기의 사이에 광을 위상 변조시키거나, 진폭 변조시키거나, 위상 변조와 진폭 변조를 시킬 수 있는 광 변조기를 더 구비하는 것이 바람직하다.
- [0020] 전술한 특징에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 상기 제1 광원 및 제2 광원에서부터 상기 광-전 변환 모듈에 이르는 광경로가 광섬유로 연결된 소자들, 광섬유 능동 또는 수동 소자들, 및 광섬유가 피그 테일된 능동 또는 수동 소자들 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는 광 헤테로다인 기술을 기반으로 하여 사전 설정된 2개의 주파수로 안정화된 2개의 좁은 선폭 광원을 고속 광다이오드에서 믹싱(mixing)하여 밀리미터파 또는 마이크로파를 생성하는 광 헤테로다인 기술을 기반으로 하는 장치이다.
- [0022] 따라서, 본 발명에 따른 장치는, 각각의 광원으로부터 제공되는 서로 다른 주파수를 갖는 제1 광과 제2 광을 헤테로다인 믹싱시킴으로써 이들의 주파수 차이에 해당하는 주파수를 갖는 광전기(photoelectric) 신호를 생성하여 안테나를 구동시킴으로써 해당 주파수를 갖는 전자기파를 발생하며, 필요한 경우에는 전기신호를 증폭시켜 안테나를 구동시킬 수 있게 된다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는, 2개의 광원으로부터 제공되는 제1 광과 제2 광을 각각 제1 주파수와 제2 주파수에 안정화시킴으로써, 주파수가 일정하고 안정된 마이크로파 또는 밀리미터파를 생성할 수 있게 된다.
- [0024] 또한, 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는 2개의 편광빔스플리터들을 이용하여 편광 선별 공진기를 구현한다. 제1 편광빔스플리터는 각각의 광원으로부터 출력된 제1 광과 제2 광의 일부를 주파수 판별을 위해 공진기로 보내게 되며, 이때 공진기로 보내어지는 제1 광과 제2 광 성분들은 서로 수직으로 편광되어 동일한 경로를 취하도록 정렬시킨다. 한편, 제2 편광빔스플리터는 제1 편광빔스플리터로부터 출력되어 공진기를 투과한 제1 광과 제2 광 성분을 분리하여 출력시킴으로써, 제1 광과 제2 광의 세기변화를 독립적으로 동시에 측정할 수 있게 되고, 그 결과 제1 광과 제2 광의 주파수 변화를 관측할 수 있게 한다.
- [0025] 따라서, 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치의 제1 광 성분과 제2 광 성분은 동일한 경로를 따라 공진기와 상호작용을 함에 따라, 즉 동일한(identical) 공진기에 의해 제1 및 제2 광원에 대한 주파수를 관측하게 된다. 그 결과, 주변의 온도분포, 음향잡음 등 환경적인 요인에 의한 잡음을 최소화 할 수 있어 제1 및 제2 광의 주파수 안정도를 높일 수 있으며, 이를 통해 주파수가 안정도가 높고 위상잡음이 적은 이상적인 중간주파수(IF; intermediate frequency) 마이크로파를 얻을 수 있게 된다.
- [0026] 또한, 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는 전체 구조가 단순하여 소형화가 가능할 뿐만 아니라, 제조 비용도 절감할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치를 전체적으로 도시한 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치를 전체적으로 도시한 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 제1 주파수 및 제2 주파수 설정을 설명하기 위하여 편광 선별 공진기(300)에서의 주파수에 대한 투과율 특성에 대한 일례를 도시한 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 하나의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태들(400-1, 400-2, 400-3)을 예시적으로 도시한 구성도이다.
- 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 두 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 출력 모듈의 실시 형태들(400-4, 400-5, 400-6)을 예시적으로 도시한 구성도이다.
- 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, N 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태(400-7)를 예시적으로 도시한 구성도이다.
- 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 광-전 변환 모듈의 일 실시형태를 예시적으로 도시한 구성도이다.
- 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 하나의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태들(400-1, 400-2, 400-3)과 광-전 변환 모듈(450)을 결합한 상태를 예시적으로 도시한 구성도이다.
- 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 두 개의 밀리미터

파 포토닉 캐리어를 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태들(400-4, 400-5, 400-6)과 광-전 변환 모듈(451-1, 451-2)을 결합한 상태를 예시적으로 도시한 구성도이다.

도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, N 개의 광-mm파 포토닉 캐리어를 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태(400-7)와 광-전 변환 모듈(452-1, ..., 452-N, 453-1, ..., 453-N)을 결합한 상태를 예시적으로 도시한 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성장치는, 두 개의 편광빔스플리터 및 공진기를 이용하여 구성된 편광 선별 공진기를 구비하여, 주파수 안정화된 두 개의 광신호를 얻을 수 있도록 하고, 이렇게 얻은 주파수 안정화된 두 개의 광신호를 이용하여 헤테로다인 기법을 기반으로 한 안정화된 밀리미터파 또는 마이크로파 신호를 생성할 수 있게 된다.
- [0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 구조 및 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0031] < 제1 실시예 >
- [0032] 도 1은 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치를 전체적으로 도시한 구성도이다.
- [0033] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 생성 장치(10)는, 제1 광원 모듈(100), 제2 광원 모듈(200), 편광 선별 공진기(300), 광 캐리어 생성 모듈(400), 광-전 변환 모듈(450), 제1 피드백 모듈(500) 및 제2 피드백 모듈(600)을 구비한다.
- [0034] 상기 제1 광원 모듈(100)은, 레이저 다이오드 등으로 구성되는 제1 광원(110) 및 상기 제1 광원을 구동시키는 제1 광원 구동 회로(120)로 이루어진다. 또한, 상기 제2 광원 모듈(200)은, 레이저 다이오드 등으로 구성되는 제2 광원(210) 및 상기 제2 광원을 구동시키는 제2 광원 구동 회로(220)로 이루어진다. 상기 제1 광원 및 제2 광원은 주입 전류나 온도의 변화에 따라, 출력되는 광에 대하여 주파수를 가변시킬 수 있는 레이저 다이오드 등으로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0035] 특히, 상기 제1 광원 및 제2 광원은 외부 변조기(external modulator) 등을 이용하여 위상이나 주파수, 또는 진폭을 변조시킬 수 있는 좁은 선폭 레이저 다이오드 등으로 구성될 수 있으며, 상기 제1 및 제2 광원 구동 회로는 제1 및 제2 광원의 위상 또는 진폭을 변조시키기 위한 구동 신호를 제공하도록 구성될 수 있다.
- [0036] 한편, 제1 및 제2 광원 모듈은 제1 광원 및 제2 광원으로부터 출력된 제1 광 및 제2 광의 편광을 회전시키기 위한 제1 및 제2 반파장 위상 지연기(Half wave plate; 'HWP')(130, 230)를 제1 광원과 편광 선별 공진기의 사이, 및 제2 광원과 편광 선별 공진기의 사이에 배치하는 것이 바람직하다. 상기 제1 및 제2 반파장 위상 지연기(130, 230)는 편광이 원하는 각도로 회전된 제1 광 및 제2 광을 상기 편광 선별 공진기의 제1 편광빔스플리터로 제공하게 된다.
- [0037] 상기 편광 선별 공진기(300)는, 제1 편광빔스플리터(310), 제2 편광빔스플리터(320) 및 공진기(312, 314)를 이용하여 구성함으로써, 상기 제1 광원 및 제2 광원으로부터 각각 제공되는 제1 광(a) 및 제2 광(b)을 정렬시키고, 제1 광과 제2 광의 일 성분들은 제1 편광빔스플리터(310)의 일 출력면을 통해 동일한 광경로를 따라 공진기(312, 314)를 거쳐 제2 편광빔스플리터로 제3 광(c)을 출력시키고, 제1 광과 제2 광의 다른 성분들은 제1 편광빔스플리터(310)의 다른 출력 면을 통해 동일한 광경로를 따라 광 캐리어 생성 모듈(400)로 제4 광(d)을 출력시키도록 구성된다.
- [0038] 상기 제1 광과 제2 광은 상기 편광 선별 공진기(300)의 제1 편광빔스플리터(310)의 서로 다른 면으로 입사되도록 구성되어, 편광 선별 공진기에서 동일한 광 경로를 따라 진행하게 정렬시킨 제1 광과 제2 광은 항상 서로 수직으로 편광됨에 따라 서로 섞이지 않고 독립적으로 진행하게 된다. 또한, 상기 제1 광과 제2 광의 일 성분들은 제1 편광빔스플리터에서 공진기(312, 314)로 입사된 후 공진되어 출력되며, 제1 광과 제2 광의 다른 성분들은 제1 편광빔스플리터에서 광 캐리어 생성 모듈로 바로 출력된다. 이때, 상기 제3 광과 제4 광에 각각 포함된 제1 광 성분과 제2 광 성분들은 서로 수직으로 편광되어 있기 때문에 제1 광과 제2 광이 제3 광과 제4 광을 통해 서로 섞이지 않고 독립적으로 진행하게 된다.
- [0039] 상기 제1 피드백 모듈(500)은 상기 제3 광의 제1 광 성분을 사전 설정된 제1 주파수(f_1)에 안정화시키도록 구성

되며, 상기 제2 피드백 모듈(600)은 상기 제3 광의 제2 광 성분을 사전 설정된 제2 주파수(f_2)에 안정화시키도록 구성된다.

[0040] 상기 광 캐리어 생성 모듈(400)은 상기 편광 선별 공진기(300)의 제1 편광빔스플리터(310)로부터 출력된 제4 광(d)이 입사되고, 입사된 제4광을 편광자 등을 사용하여 편광 방향이 서로 수직인 제1 광과 제2 광 성분을 동일한 편광 방향으로 합쳐주어 밀리미터파 포토닉 캐리어로 활용한다. 상기 광 캐리어 생성 모듈(400)은 단일의 편광자로 구성되거나 편광빔스플리터로 구성될 수 있으며, 편광자 또는 편광빔스플리터의 입력단 또는 출력단에 광 변조기(modulator)를 더 구비하여 구성될 수도 있다. 본 발명에 따른 광 캐리어 생성 모듈(400)의 다양한 실시 형태들에 대한 설명은 도 4 내지 도 6을 참조하여 후술한다.

[0041] 광-전 변환 모듈(450)은 광검출기를 구비하여 상기 광 캐리어 생성 모듈(400)로부터 출력된 밀리미터파 포토닉 캐리어의 제1 광 및 제2 광 성분을 헤테로다인 믹싱시킴으로써, 제1 광과 제2 광의 주파수 차이($|f_1-f_2|$)에 해당하는 주파수를 갖는 전기적인 맥놀이(beat) 신호로 변환한 맥놀이(beat) 마이크로파 또는 밀리미터파로 출력하게 된다.

[0042] 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 광-전 변환 모듈의 일 실시형태를 예시적으로 도시한 구성도이다. 도 7을 참조하면, 상기 광전 변환(opto-electric conversion) 모듈(450)은 광 캐리어 생성 모듈(400)로부터 출력되어 자유 공간(free space) 또는 광섬유를 이용하여 전송된 밀리미터파 포토닉 캐리어를 검출하여 전기신호로 변환하는 광검출기(Photo-detector), 상기 광검출기의 출력 신호를 증폭하는 증폭기(Amplifier) 및 증폭기로부터 출력된 신호를 전송하는 안테나(Antenna)로 구성될 수 있다. 상기 광 검출기는 광 캐리어 생성 모듈로부터 출력되는 밀리미터파 포토닉 캐리어를 검출하여, 제1 광과 제2 광의 주파수 차이에 해당하는 주파수를 갖는 전기적 교류 신호로 변환하여 마이크로파 또는 밀리미터파로 출력하게 된다.

[0043] 한편, 상기 광 캐리어 생성 모듈의 출력단과 광-전 변환 모듈의 광검출기의 사이는 자유 공간으로 이루어지거나 광섬유를 이용하여 서로 연결되도록 구성될 수 있다. 특히, 광 캐리어 생성 모듈의 출력단과 광-전 변환 모듈의 광검출기가 광섬유로 연결되는 경우, 광섬유의 중간에 광증폭기를 더 구비하여 신호를 증폭시켜 전송시킬 수 있다.

[0044] 이하, 도 4 내지 도 6을 참조하여, 본 발명에 따른 광 캐리어 생성 모듈(400)의 다양한 실시 형태들에 대한 설명은 후술한다.

[0045] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 하나의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태들(400-1, 400-2, 400-3)을 예시적으로 도시한 구성도이다. 도 4의 (a)를 참조하면, 상기 광 캐리어 생성 모듈(400-1)은 편광자(polarizer)로 구성될 수 있으며, 도 4의 (b) 및 (c)에 도시된 바와 같이 광 캐리어 생성 모듈(400-2, 400-3)은 편광자와 변조기(modulator)로 구성될 수 있다.

[0046] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 두 개의 mm파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태들(400-4, 400-5, 400-6)을 예시적으로 도시한 구성도이다. 도 5의 (a)를 참조하면, 상기 광 캐리어 생성 모듈(400-4)은 반파장 위상 지연기(HWP)와 제3 편광 빔스플리터(PBS)의 결합으로 구성될 수 있다. 이와 같이 구성된 상기 광 캐리어 생성 모듈(400-4)은 HWP를 이용하여 편광 선별 공진기의 제1 PBS로부터 출력된 제1 광의 수직 편광 성분과 제2 광의 수평 편광 성분을 PBS의 주축에 대하여 45도로 정렬시켜 서로 결합시킴으로써, 제1 광의 제1 주파수와 제2 광의 제2 주파수의 차이에 해당하는 주파수($|f_1-f_2|$)를 갖는 밀리미터파 포토닉 캐리어를 PBS의 두 출력 포트에 출력하게 된다.

[0047] 상기 제1 PBS로부터 출력된 제4 광(d)은 서로 수직으로 편광되고 주파수가 각각 f_1 과 f_2 로 안정화되어 제1 PBS로부터 동일한 경로를 따라 출력된 제1광과 제2광 성분들로 이루어진 광이다. 상기 광 캐리어 생성 모듈(400-4)로 입사된 상기 제4 광은 각각의 편광에 대하여 45도로 정렬된 제3 PBS에서 편광성분이 합쳐지면서 제5 광과 제6 광으로 나뉜다. 즉, 제3 PBS에서 출력된 제5광은 같은 편광 방향으로 합쳐진 제1 광과 제2 광 성분으로 구성되며, 제5 광에 대해 수직으로 편광된 제6 광도 같은 편광 방향으로 합쳐진 제1 광과 제2 광 성분으로 구성되고, 제5 광과 제6 광은 각각이 밀리미터파 포토닉 캐리어로 활용될 수 있다.

[0048] 한편, 도 5의 (b)에 도시된 광 캐리어 생성 모듈(400-5)는 제3 PBS의 출력단에 광변조기들을 각각 더 구비함으로써, 제3 PBS로부터 출력되는 제5 광 및 제6 광을 각각 독립적으로 위상 또는/및 진폭 변조(phase and/or amplitude modulation)시켜 각기 다른 통신 채널로 활용할 수 있게 된다. 또한 도 5의 (c)에 도시된 광 캐리어

생성 모듈(400-6)는 제3 PBS의 입력단에 광변조기를 더 구비함으로써, 제4 광을 위상 또는/및 진폭 변조(phase and/or amplitude modulation)시켜 통신 등의 응용으로 활용할 수 있다.

[0049] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, N 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 생성하여 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태(400-7)를 예시적으로 도시한 구성도이다. 도 6을 참조하면, 본 실시 형태에 따른 광 캐리어 생성 모듈(400-7)은 반파장 위상 지연기(HWP), 제3 편광빔스플리터(PBS), 한개 또는 두개의 $1 \times N$ 광 스플리터 및 복수 개의 변조기들 또는 위상 지연기들(Phase shifter) 등의 결합으로 구성될 수 있다. 이와 같이 구성된 상기 광 캐리어 생성 모듈(400-7)은 제3 PBS로부터 제5 광 및 제6 광이 출력되고, 상기 $1 \times N$ 광 스플리터는 제5 광 및 제6 광을 각각 N개의 광으로 분리하여 출력하게 되며, 이를 이용하여 다양한 다채널 마이크로파 포토닉스 응용에 적용할 수 있다. 예를 들어, 분리된 각각의 채널에 변조기를 결합하여 독립적인 마이크로파 포토닉 송신 채널로 활용할 수 있으며, 또한 분리된 각각의 출력 신호는 위상 지연기를 통해 위상 지연된 후 출력시킴으로써, 상기 광 캐리어 생성 모듈(400-7)은 제1 광의 제1 주파수와 제2 광의 제2 주파수의 차이에 해당하는 주파수($f_1 - f_2$)를 가지면서 서로 다른 위상을 갖는 N개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하며 이를 위상배열 안테나 등에 활용할 수 있다. 필요한 경우 다수의 광증폭기를 적절하게 활용하여 채널 분리 등에 의한 광 손실을 보상할 수 있다.

[0050] 이하, 도 8 내지 도 10을 통해 전술한 광 캐리어 생성 모듈과 광-전 변환 모듈(450)의 결합 형태를 설명한다.

[0051] 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 하나의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태들(400-1, 400-2, 400-3)과 광-전 변환 모듈(450)을 결합한 상태를 예시적으로 도시한 구성도이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 광 캐리어 생성 모듈의 출력단에 광-전 변환 모듈을 결합하여 구성할 수 있다.

[0052] 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 두 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태들(400-4, 400-5, 400-6)과 광-전 변환 모듈(451-1, 451-2)를 결합한 상태를 예시적으로 도시한 구성도이다. 도 9에 도시된 바와 같이, 광 캐리어 생성 모듈에서 제5 광과 제6 광이 각각 출력되는 출력단들에 각각 제1 및 제2 광-전 변환 모듈(451-1, 451-2)를 결합하여, 제1 광과 제2 광의 주파수 차이에 해당하는 주파수를 갖는 전기적 교류 신호인 마이크로파 또는 밀리미터파를 각각 출력하게 된다.

[0053] 도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, N 개의 밀리미터파 포토닉 캐리어를 출력하는 광 캐리어 생성 모듈의 실시 형태(400-7)와 광-전 변환 모듈(452-1, ..., 452-N, 453-1, ..., 453-M)을 결합한 상태를 예시적으로 도시한 구성도이다. 도 10에 도시된 바와 같이, 광 캐리어 생성 모듈(400-7)로부터 출력된 제5 광으로부터 분리되어 서로 다른 위상을 갖는 N개의 광신호들과 제6 광으로부터 분리되어 서로 다른 위상을 갖는 M개의 광신호들은 각각의 광-전 변환 모듈들(452-1, ..., 452-N, 453-1, ..., 453-M)에 의해, 서로 다른 위상을 갖는 제1 광과 제2 광의 주파수 차이에 해당하는 주파수를 갖는 전기적 교류 신호인 마이크로파 또는 밀리미터파를 각각 출력하게 된다. 특히 상기 광-전 변환 모듈은 위상 배열 안테나를 구비함으로써, 서로 다른 위상을 갖는 마이크로파 또는 밀리미터파 신호들을 전송할 수 있게 된다.

[0054] 이하, 편광 선별 공진기(300)에 대하여 보다 구체적으로 설명한다.

[0055] 상기 편광 선별 공진기(300)는 제1 편광빔스플리터(310) 및 제2 편광빔스플리터(320)가 서로 일정 거리 이격배치되며, 제1 및 제2 편광빔스플리터의 사이에 공진기(312, 314)가 배치되어 구성된다. 상기 제1 및 제2 편광빔스플리터는 PBS면이 서로 마주보도록 배치되며 서로 일정거리 이격 배치되며, 그 중심이 동일 광축상에 배치된다. 이와 같이, 상기 편광 선별 공진기(300)는 제1 및 제2 편광빔스플리터가 일정 거리 이격 배치되고, 그 사이에 공진기가 배치됨에 따라, 제1 편광빔스플리터로 입사된 제1 광의 수평편광성분과 제2 광의 수직편광성분은 공진기로 입사되어 공진된 후 제3 광(c)으로 제2 편광빔스플리터(320)로 출력된다. 한편, 제1 편광빔스플리터로 입사된 제1 광의 수직편광성분과 제2 광의 수평편광성분은 제4 광('d')으로 광 캐리어 생성 모듈(400)로 출력된다.

[0056] 예컨대, 제1 편광빔스플리터(310)의 입사면에 대하여 45도 편광된 제1 광과 제2 광이 제1 PBS의 서로 다른 면으로 입사됨에 따라, 제1 광의 수직 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면에서 반사되어 제4 광(d)의 제1 광 성분으로 진행되고, 제2 광의 수평 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면을 투과하여 제4 광(d)의 제2 광 성분으로 진행하게 된다. 광 캐리어 생성 모듈로 진행된 제1 광과 제2 광은 믹싱되어 제1 및 제2 주파수의 차이에 따른 주파수를 갖는 전기 신호를 출력하게 된다.

- [0057] 한편, 45도 편광 회전된 제1 광과 제2 광이 제1 PBS의 서로 다른 면으로 입사됨에 따라, 제1 광의 수평 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면을 투과하여 공진기로 진행되고, 제2 광의 수직 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면에서 반사되어 공진기로 진행하게 된다. 공진기로 진행된 제1 광과 제2 광은 공진 주파수에 근접할 경우 공진기를 투과하여 제2 PBS를 통해 출력된다.
- [0058] 도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치를 전체적으로 도시한 구성도이다.
- [0059] 도 2를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치(20)는 편광 선별 공진기를 제외한 제1 실시예의 구성 요소들이 모두 동일하다. 따라서, 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치(20)는 제1 실시예와 상이한 편광 선별 공진기(301)에 대하여만 설명하도록 한다.
- [0060] 도 2를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치(20)의 편광 선별 공진기(301)는 일면에 반사면이 형성된 제1 편광빔스플리터(310) 및 제2 편광빔스플리터(320)가 서로 일정 거리 이격 배치되어 구성된다. 상기 제1 편광빔스플리터(310)는 일면에 반사막이 증착되어 형성된 제1 반사면(332)을 구비하며, 상기 제2 편광빔스플리터(320)도 일면에 반사막이 증착되어 형성된 제2 반사면(342)을 구비한다. 상기 제1 및 제2 편광빔스플리터는 서로 일정거리 이격 배치되되 그 중심이 동일 광축상에 배치되며, 제1 및 제2 반사면이 서로 대향되도록 배치된다. 이와 같이, 제1 및 제2 편광빔스플리터의 제1 및 제2 반사면이 일정 거리 이격 배치됨에 따라, 제1 편광빔스플리터로 입사된 제1 광과 제2 광의 일부는 제1 및 제2 반사면에 의해 공진된 후 제2 편광빔스플리터로 출력된다.
- [0061] 예컨대, 45도 편광 회전된 제1 광과 제2 광이 제1 PBS의 서로 다른 면으로 입사됨에 따라, 제1 광의 수직 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면에서 반사되어 광 캐리어 생성 모듈로 진행되고, 제2 광의 수평 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면을 투과하여 광 캐리어 생성 모듈로 진행하게 된다. 광 캐리어 생성 모듈로 진행된 제1 광과 제2 광은 믹싱되어 제1 및 제2 주파수의 차이에 따른 주파수를 갖는 신호를 출력하게 된다.
- [0062] 한편, 45도 편광 회전된 제1 광과 제2 광이 제1 PBS의 서로 다른 면으로 입사됨에 따라, 제1 광의 수평 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면을 투과하여 제1 반사면으로 진행되고, 제2 광의 수직 편광 성분은 제1 PBS의 편광빔스플리터면에서 반사되어 제1 반사면으로 진행하게 된다. 제1 반사면으로 진행된 제1 광과 제2 광은 공진 주파수에 근접할 경우 제1 반사면과 제2 반사면에 의해 공진된 후 제2 PBS를 통해 출력된다.
- [0063] 이하, 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 동작에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0064] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치에 있어서, 편광 선별 공진기(300)의 공진기에서의 주파수에 대한 투과율 특성을 도시한 그래프이다. 도 3을 참조하면, 투과율(Transmission Ratio) 특성이 주파수에 따라 가변됨을 알 수 있으며, 그 특성은 마주 보고 있는 거울의 반사율과 간격, 그리고 그 거울 사이가 투명한 매질로 채워져 있는 경우 해당 매질의 굴절률에 의해서 주어진다. 따라서, 제1 광원의 제1 주파수(f_1) 및 제2 광원의 제2 주파수(f_2)가 투과율에 대해 선형 비례 구간에 있도록 설정함으로써, 투과율 또는 반사율의 측정을 통해, 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력되는 출력 신호의 주파수를 확인할 수 있게 된다. 도 3에 있어서, $\mathcal{F}$ 는 공진기의 중요한 특성중의 하나인 finesse 이며 $\mathcal{F}$ 는 수학식 1에 의해 구해지는 값이다.

수학식 1

$$\mathcal{F} = \frac{\pi\sqrt{|r|}}{1-|r|}$$

[0065]

- [0066] 여기서, r 은 공진기 거울의 진폭 반사 계수이다. Finesse가 클수록 공진기는 주파수 변화에 좀 더 민감해지고 이 관계는 다음의 수학식 2로 주어진다.

수학식 2

$$\Delta f = \frac{f_F}{F}$$

[0067]

[0068] 여기서 Δf 는 도 3의 (a)와 (b)에 나와 있듯이 투과 스펙트럼의 반치 온폭(full-width half maximum)을 나타내며, f_F 는, 도 3에 표시된 바와 같이 공진 주파수 사이의 간격을 나타내며 아래의 수학식 3으로 주어진다.

수학식 3

$$f_F = f_q - f_{q-1} = c/2nd$$

[0069]

[0070] 여기서, c는 광속이며, d는 공진기의 간격을 나타내고, n은 거울 사이 매질의 굴절률을 나타낸다. 즉, 공진기 사이의 간격을 조절하여 줌으로써 공진기의 FWHM과 공진주파수 사이의 간격을 가변시킬 수 있다.

[0071] 도 3의 (a), (b), (c) 및 (d)에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는 서로 다른 주파수 영역에서 제1 주파수 및 제2 주파수를 설정함으로써, 설정된 제1 및 제2 주파수의 차이(f1-f2)에 따른 밀리미터파를 생성하여 출력할 수 있게 된다.

[0072] 한편, 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 편광 선별 공진기는, 제1 및 제2 광원으로부터 출력된 제1 광과 제2 광의 서로 다른 편광 성분들이 제1 편광빔스플리터의 편광빔스플리터면의 동일한 지점으로 입사되어 동일한 광 경로에서 공진되도록 구성하는 것이 바람직하다. 그 결과, 제1 광과 제2 광은 동일한 광 경로에서 공진됨으로써, 제1 광과 제2 광에 대한 공진 조건이 완전하게 동등하여 공진기의 불균일성에 의한 주파수 편이가 없으며 진동 등에 의한 잡음도 최소화할 수 있다.

[0073] 상기 제1 광원 모듈 및 제2 광원 모듈은 각각 45° 편광 주축이 회전된 제1 광 및 제2 광을 편광 선별 공진기(300)의 제1 편광빔스플리터의 서로 다른 면으로 제공한다. 이때, 제1 광은 제1 주파수(f1)를 갖는 광신호이며, 제2 광은 제2 주파수(f2)를 갖는 광신호이다.

[0074] 따라서, 제1 광원으로부터 제공된 제1 광은 편광 선별 공진기의 제1 편광빔스플리터로 입사되고, 제1 광의 수직 편광 성분은 제1 편광빔스플리터의 편광빔스플리터면에 의해 반사되어 광 캐리어 생성 모듈(400)로 제공되고, 제1 광의 수평 편광 성분은 제1 편광빔스플리터의 편광빔스플리터면을 투과하여 제1 반사면 또는 공진기로 출력된다. 제1 반사면 또는 공진기로 출력된 제1 광의 수평 편광 성분은 제1 PBS의 제1 반사면과 제2 PBS의 제2 반사면의 사이에서 공진되거나 공진기에서 공진되어 제2 PBS로 출력되며, 제2 PBS의 편광빔스플리터면을 투과하여 편광 선별 공진기를 출력하게 된다.

[0075] 한편, 제2 광원으로부터 제공된 제2 광은 편광 선별 공진기의 제1 편광빔스플리터로 입사되고, 제2 광의 수평 편광 성분은 제1 편광빔스플리터의 편광빔스플리터면을 투과하여 광 캐리어 생성 모듈(400)로 제공되고, 제2 광의 수직 편광 성분은 제1 편광빔스플리터의 편광빔스플리터면에서 반사되어 제1 반사면 또는 공진기로 출력된다. 제1 반사면 또는 공진기로 출력된 제2 광의 수직 편광 성분은 제1 PBS의 제1 반사면과 제2 PBS의 제2 반사면의 사이에서 공진되거나 공진기에서 공진되어 제2 PBS로 출력되며, 제2 PBS의 편광빔스플리터면에서 반사되어 편광 선별 공진기로부터 출력하게 된다.

[0076] 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 제1 피드백 모듈(500)은 상기 제1 광원의 제1 광의 주파수를 사전 설정된 제1 주파수(f1)에 안정화시키기 위한 모듈로서, 제1 광검출기(510), 제1 모니터 광 검출기(520), 제1 계산기(530), 제1 오차 신호 검출기(540) 및 제1 PID 제어기(550)를 구비한다.

[0077] 상기 제1 광검출기(510)는 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력되는 제1 광을 검출하기 위한 것으로서, 포토 다이오드(Photodiode) 등을 이용하여 구현된다. 상기 제1 광 검출기는 상기 편광 선별 공진기의 제2 PBS에서 제

1 광이 출력되는 면과 대향되도록 배치하여, 편광 선별 공진기의 제2 PBS로부터 출력되는 제1 광을 검출하여 전기적 신호(S11)로 변환하여 출력하게 된다.

[0078] 상기 제1 모니터 광 검출기(520)는, 제1 광원으로부터 출력되는 제1 광의 세기를 검출하기 위한 것으로서, 포토 다이오드(Photodiode) 등을 이용하여 구현된다. 제1 광원의 전면으로 출력되는 광의 세기는 제1 광원의 후면으로 출력되는 광의 세기에 비례하는 것을 고려하여, 상기 제1 모니터 광 검출기는 제1 광원의 후면과 대향되도록 배치하여, 제1 광원의 후면으로 출력되는 광을 검출하여 전기적 신호(S12)로 변환하여 출력하게 된다.

[0079] 상기 제1 제산기(Divider; 530)는 상기 제1 광 검출기 및 제1 모니터 광 검출기로부터 각각 출력된 광 신호들에 대응되는 전기적 신호들(S11, S12)을 나누어(S11/S12) 출력하게 된다. 상기 제1 제산기의 출력값은 편광 선별 공진기로 입사된 제1 광과 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력된 제1 광의 비례 상수로서, 편광 선별 공진기의 전송률을 나타내는 값이 된다. 상기 제1 제산기는 연산 증폭기(Operational Amplifier)등으로 구성될 수 있다.

[0080] 상기 제1 오차 신호 검출기(540)는 차동 증폭기(Differential Amplifier)로 구성되고, 제1 기준 전압(Vref1)와 상기 제1 제산기의 출력 신호가 입력되어, 입력된 신호들 간의 차이값인 오차 신호(error signal)를 출력한다. 상기 제1 기준 전압은 제1 주파수를 안정화시키기 위하여 편광 선별 공진기의 사전 설정된 투과율, 즉 사전 설정된 주파수 f1에 따른 광신호에 대응되는 전압으로 설정되는 것이 바람직하다.

[0081] 상기 제1 PID 제어기(550)는 상기 제1 오차 신호 검출기로부터 출력된 오차 신호가 제거되도록 제1 광원의 주입 전류 또는 온도를 비례 적분 또는 비례 미분 제어하는 제어 신호(Control signal)를 생성하여 상기 제1 광원 모듈(100)의 제1 광원 구동회로로 제공한다.

[0082] 한편, 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 제1 피드백 모듈의 다른 실시 형태는, 제1 광검출기, 제1 오차 신호 검출기 및 제1 PID 제어기를 구비한다. 상기 제1 광검출기는 상기 편광 선별 공진기의 제2 PBS에서 제1 광이 출력되는 면과 대향되도록 배치하여, 편광 선별 공진기의 제2 PBS로부터 출력되는 제1 광을 검출하여 전기적 신호(S11)로 변환하여 출력하게 된다. 상기 제1 오차 신호 검출기는 차동 증폭기(Differential Amplifier)로 구성되고, 제1 기준 전압(Vref1)와 상기 제1 광검출기의 출력 신호가 입력되어, 입력된 신호들 간의 차이값인 오차 신호(error signal)를 출력한다. 상기 제1 기준 전압은 제1 주파수를 안정화시키기 위하여 편광 선별 공진기의 사전 설정된 투과율, 즉 사전 설정된 주파수 f2에 따른 광신호에 대응되는 전압으로 설정되는 것이 바람직하다. 상기 제1 PID 제어기는 상기 제1 오차 신호 검출기로부터 출력된 오차 신호가 제거되도록 제1 광원의 주입 전류 또는 온도를 비례 적분 또는 비례 미분 제어하는 제어 신호(Control signal)를 생성하여 상기 제1 광원 모듈(100)의 제1 광원 구동회로로 제공한다.

[0083] 상기 제1 및 제2 제산기를 이용한 광신호 규격화 과정은 제1 및 제2 광원의 주입 전류나 온도가 변하는 경우 광원의 주파수뿐만 아니라 출력도 동시에 변하기 때문에 이를 보상하기 위한 것으로 선택한 광원에서 주입 전류의 변화나 온도변화에 따른 세기 변화가 적을 경우에는 생략될 수도 있다.

[0084] 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 상기 제1 광원 모듈(100)의 제1 광원 구동 회로는 상기 제1 PID 제어기로부터 제공된 제어 신호에 따라 제1 광원에 대한 주입 전류 또는 온도를 제어하여, 제1 광원의 출력광인 제1 광의 주파수를 제1 주파수에 안정화시키게 된다.

[0085] 한편, 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 상기 제2 피드백 모듈(600)은 상기 제2 광원의 제2 광을 사전 설정된 제2 주파수(f2)에 안정화시키기 위한 모듈로서, 제2 광검출기(610), 제2 모니터 광 검출기(620), 제2 제산기(630), 제2 오차 신호 검출기(640) 및 제2 PID 제어기(650)를 구비한다. 상기 제2 피드백 모듈은 제1 피드백 모듈과 동일하게 동작하게 되며, 제2 피드백 모듈의 제2 광검출기(610), 제2 모니터 광 검출기(620), 제2 제산기(630), 제2 오차 신호 검출기(640) 및 제2 PID 제어기(650)은 각각 제1 피드백 모듈의 제1 광검출기(510), 제1 모니터 광 검출기(520), 제1 제산기(530), 제1 오차 신호 검출기(540) 및 제1 PID 제어기(550)와 동일하게 동작하게 된다.

[0086] 상기 제2 광검출기(610)는 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력되는 제2 광을 검출하기 위한 것으로서, 포토 다이오드(Photodiode) 등을 이용하여 구현된다. 상기 제2 광 검출기는 상기 편광 선별 공진기의 제2 PBS에서 제2 광이 출력되는 면과 대향되도록 배치하여, 편광 선별 공진기의 제2 PBS로부터 출력되는 제2 광을 검출하여 전기적 신호(S21)로 변환하여 출력하게 된다.

[0087] 상기 제2 모니터 광 검출기(620)는, 제2 광원으로부터 출력되는 제2 광의 세기를 검출하기 위한 것으로서, 포토 다이오드(photodiode) 등의 포토 디텍터(Photo Detector)를 이용하여 구현된다. 제2 광원의 전면으로 출력되는

광의 세기는 제2 광원의 후면으로 출력되는 광의 세기에 비례하는 것을 고려하여, 상기 제2 모니터 광 검출기는 제2 광원의 후면과 대향되도록 배치하여, 제2 광원의 후면으로 출력되는 광을 검출하여 전기적 신호(S22)로 변환하여 출력하게 된다.

- [0088] 상기 제2 제산기(Divider; 630)는 상기 제2 광 검출기 및 제2 모니터 광 검출기로부터 각각 출력된 광 신호들에 대응되는 전기적 신호들(S21, S22)을 나누어(S21/S22) 출력하게 된다. 상기 제2 제산기의 출력값은 편광 선별 공진기로 입사된 제2 광과 편광 선별 공진기에 의해 공진되어 출력된 제2 광의 비례 상수로서, 편광 선별 공진기의 전송률을 나타내는 값이 된다. 상기 제2 제산기는 연산 증폭기(Operational Amplifier)등으로 구성될 수 있다.
- [0089] 상기 제2 오차 신호 검출기(640)는 차동 증폭기(Differential Amplifier)로 구성되고, 제2 기준 전압(Vref2)와 상기 제2 제산기의 출력 신호가 입력되어, 입력된 신호들 간의 차이값인 오차 신호(error signal)를 출력한다. 상기 제2 기준 전압은 제2 주파수를 안정화시키기 위하여 상기 편광 선별 공진기의 사전 설정된 투과율, 즉 사전 설정된 주파수 f_2 에 따른 광신호에 대응되는 전압으로 설정되는 것이 바람직하다.
- [0090] 상기 제2 PID 제어기(650)는 상기 제2 오차 신호 검출기로부터 출력된 오차 신호가 제거되도록 제2 광원의 주입 전류 또는 온도를 비례 적분 또는 비례 미분 제어하는 제어 신호(Control signal)를 생성하여 상기 제2 광원 모듈(200)의 제2 광원 구동회로로 제공한다.
- [0091] 상기 제2 광원 모듈(200)의 제2 광원 구동 회로는 상기 제2 PID 제어기로부터 제공된 제어 신호에 따라 제2 광원에 대한 주입 전류 또는 온도를 제어하여, 제2 광원의 출력광인 제2 광의 주파수를 제2 주파수(f_2)에 안정화시키게 된다.
- [0092] 한편, 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 제2 피드백 모듈의 다른 실시 형태는, 제2 광검출기, 제2 오차 신호 검출기 및 제2 PID 제어기를 구비한다. 상기 제2 광검출기는 상기 편광 선별 공진기의 제2 PBS에서 제2 광이 출력되는 면과 대향되도록 배치하여, 편광 선별 공진기의 제2 PBS로부터 출력되는 제2 광을 검출하여 전기적 신호(S21)로 변환하여 출력하게 된다. 상기 제2 오차 신호 검출기는 차동 증폭기(Differential Amplifier)로 구성되고, 제2 기준 전압(Vref2)와 상기 제2 광 검출기의 출력 신호가 입력되어, 입력된 신호들 간의 차이값인 오차 신호(error signal)를 출력한다. 상기 제2 기준 전압은 제2 주파수를 안정화시키기 위하여 상기 편광 선별 공진기의 사전 설정된 투과율, 즉 사전 설정된 주파수 f_2 에 따른 광신호에 대응되는 전압으로 설정되는 것이 바람직하다. 상기 제2 PID 제어기는 상기 제2 오차 신호 검출기로부터 출력된 오차 신호가 제거되도록 제2 광원의 주입 전류 또는 온도를 비례 적분 또는 비례 미분 제어하는 제어 신호(Control signal)를 생성하여 상기 제2 광원 모듈(200)의 제2 광원 구동회로로 제공한다.
- [0093] 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치의 출력 신호 검출 모듈(400)은, 상기 편광 선별 공진기로부터 출력된 제1 광 및 제2 광을 믹싱함으로써 제1 광과 제2 광의 주파수 차이($\nu_1 - \nu_2$)에 해당하는 주파수를 갖는 출력광을 생성하게 되고, 이를 검출하여 전기적 신호로 변화하여 최종적으로 출력하게 된다.
- [0094] 전술한 상기 출력 신호 검출 모듈(400)은, 편광 선별 공진기의 제1 편광빔스플리터의 제1 광과 제2 광의 출력면에 배치된 광 결합 모듈(410) 및 상기 광 결합 모듈로부터 출력된 광을 검출하기 위한 제3 광 검출기(420)를 구비하고, 상기 제3 광 검출기(420)를 통해 출력되는 출력 신호를 제공한다.
- [0095] 상기 제3 광 검출기(420, 422, 424)는 포토 디텍터 등으로 구성되어, 상기 광 결합 모듈로부터 출력되는 제1 및 제2 주파수의 차이에 해당하는 주파수를 갖는 광 신호를 전기적 신호로 변환시켜 출력하게 된다.
- [0096] 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는, 제1 광원 모듈과 편광 선별 공진기의 사이, 상기 제2 광원 모듈과 편광 선별 공진기의 사이에 광의 위상 변조 또는 진폭 변조시킬 수 있는 광 변조기를 더 구비함으로써, 제1 광원모듈로부터 제공되는 제1 광 및/또는 제2 광원 모듈로부터 제공되는 제2 광의 위상 또는 세기를 변조시킬 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- [0097] 또한, 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는, 상기 편광 선별 공진기와 광 캐리어 생성 모듈의 사이에 광의 위상 또는 세기를 변조시키거나 편광 상태를 변조시킬 수 있는 광 변조기를 더 구비할 수 있다.
- [0098] 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는, 상기 제1 광원 모듈의 출력단과 편광 선별 공진기의 입력단의 사이, 제2 광원 모듈의 출력단과 편광 선별 공진기의 입력단의 사이 및 상기 편광

선별 공진기의 출력단과 광 캐리어 생성 모듈의 입력단의 사이는 편광 유지 광섬유로 연결시키도록 구성할 수 있다.

[0099] 한편, 본 발명의 제1 및 제2 실시예에 따른 상기 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치는, 상기 제1 광원 및 제2 광원에서부터 상기 광-전 변환 모듈에 이르는 광경로가 광섬유로 연결된 소자들, 광섬유 능동 또는 수동 소자들, 및 광섬유가 피그테일된 능동 또는 수동 소자들 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로 구성될 수 있다.

[0100] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0101] 10, 20 : 밀리미터파 또는 마이크로파 생성 장치

100 : 제1 광원 모듈

200 : 제2 광원 모듈

300, 301 : 편광 선별 공진기

400 : 광 캐리어 생성 모듈

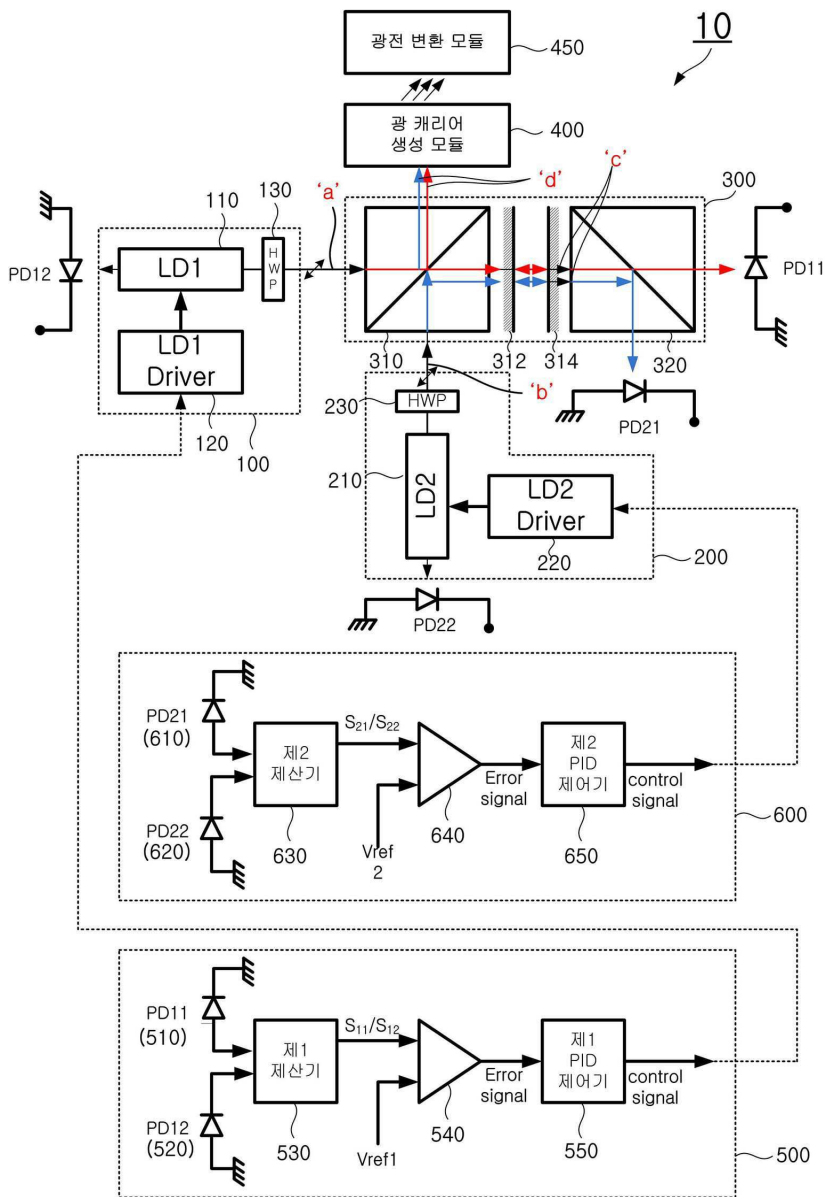
450 : 광-전 변환 모듈

500 : 제1 피드백 모듈

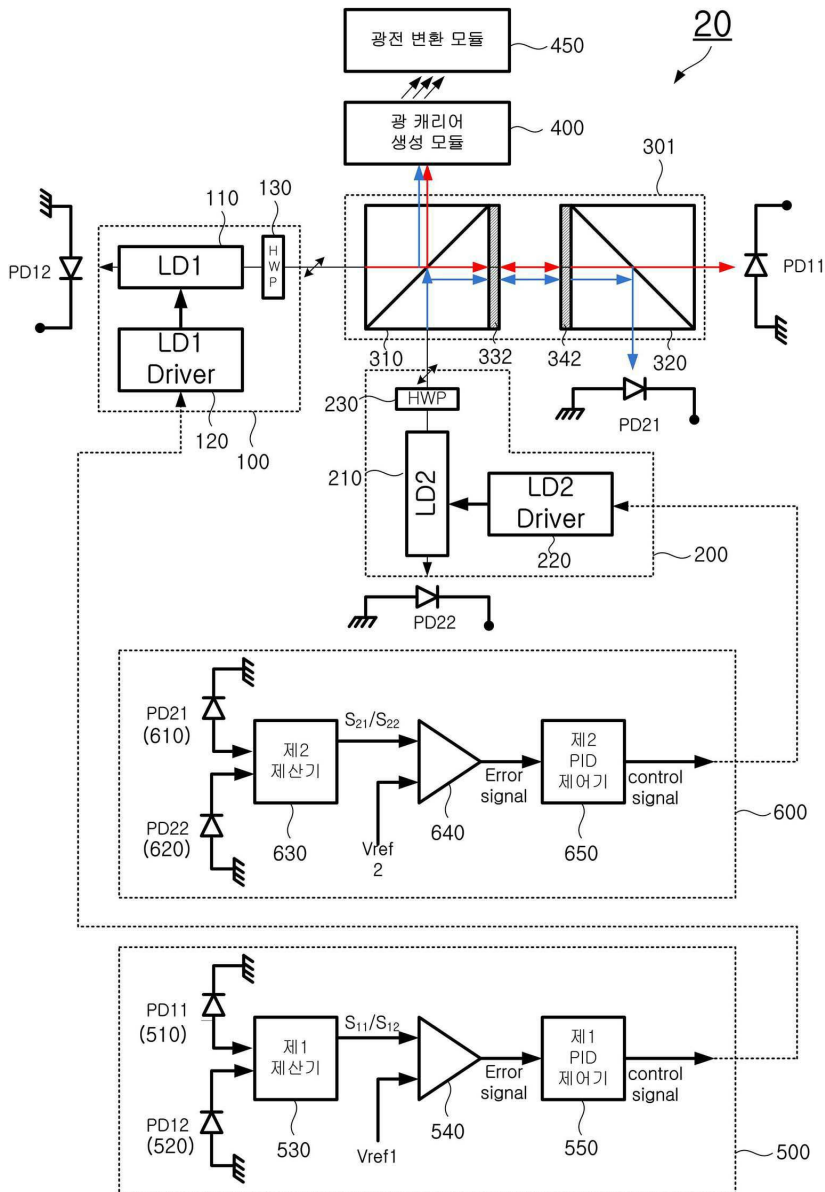
600 : 제2 피드백 모듈

도면

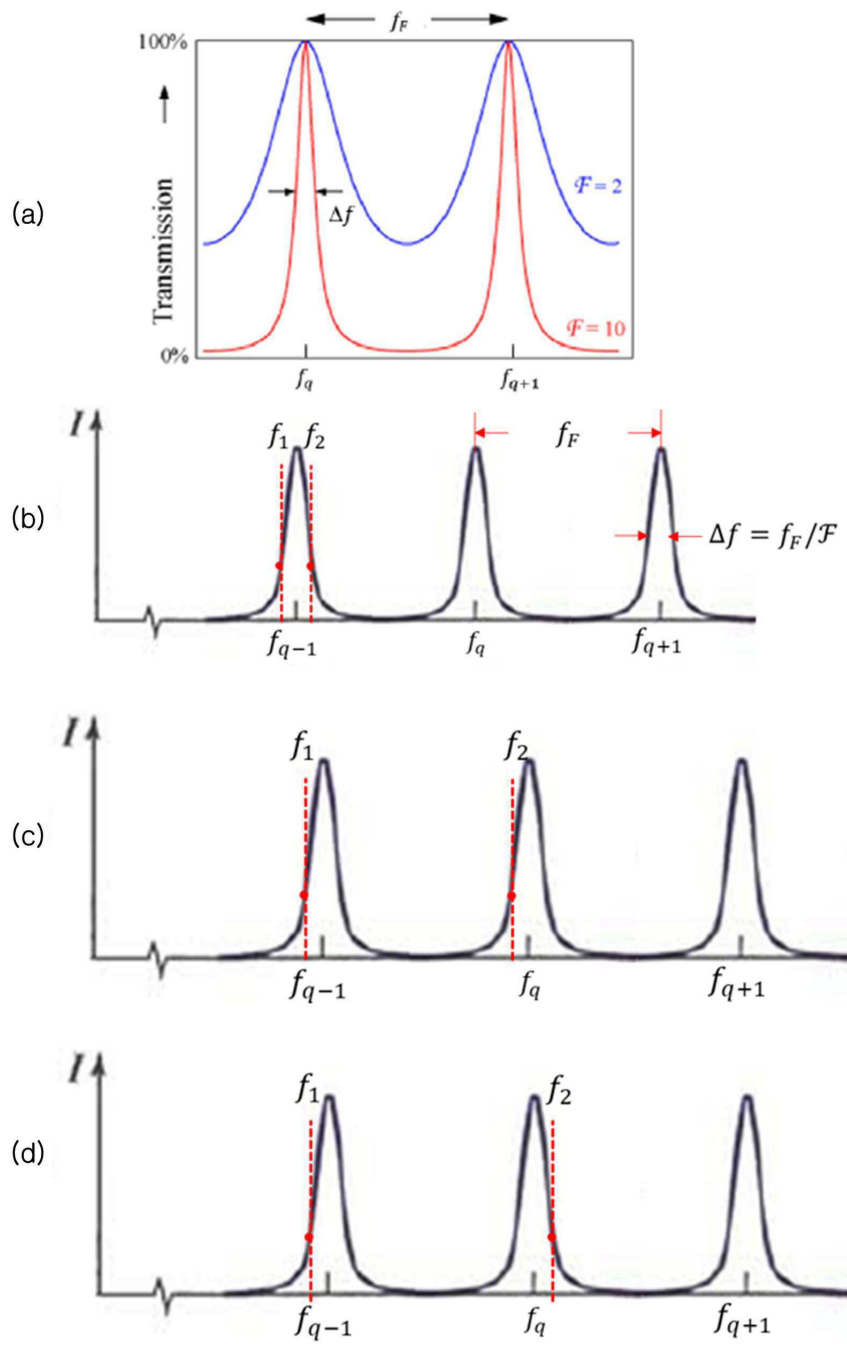
도면1



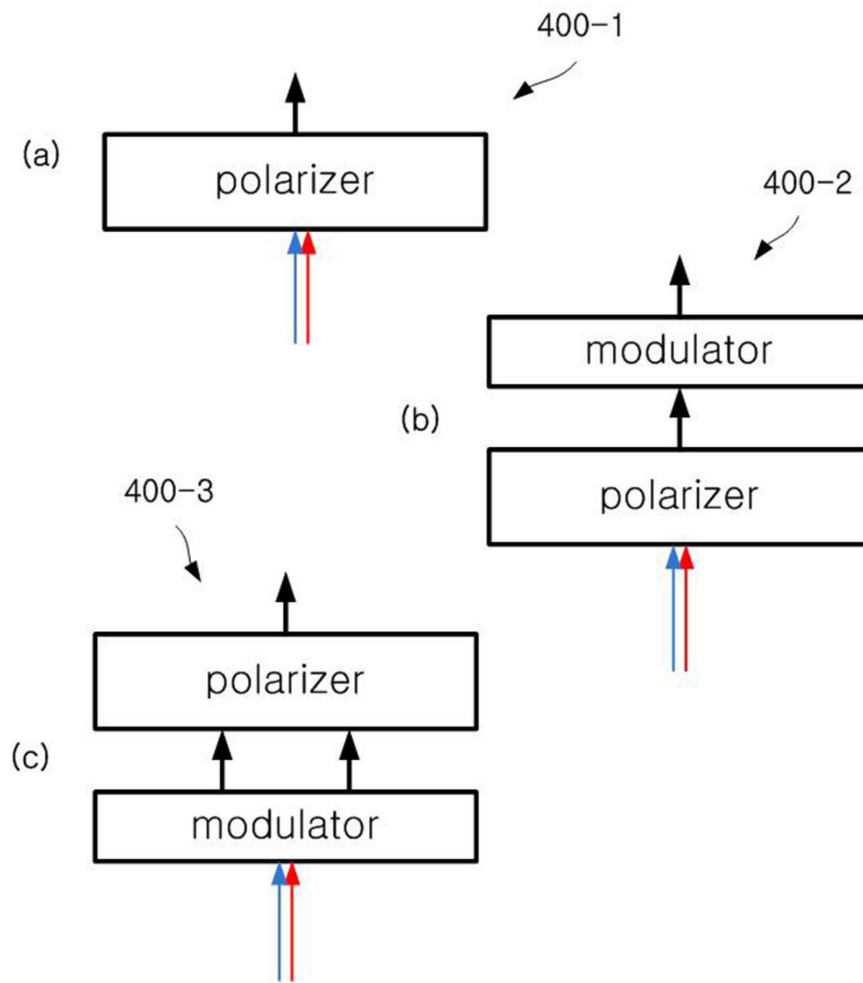
도면2



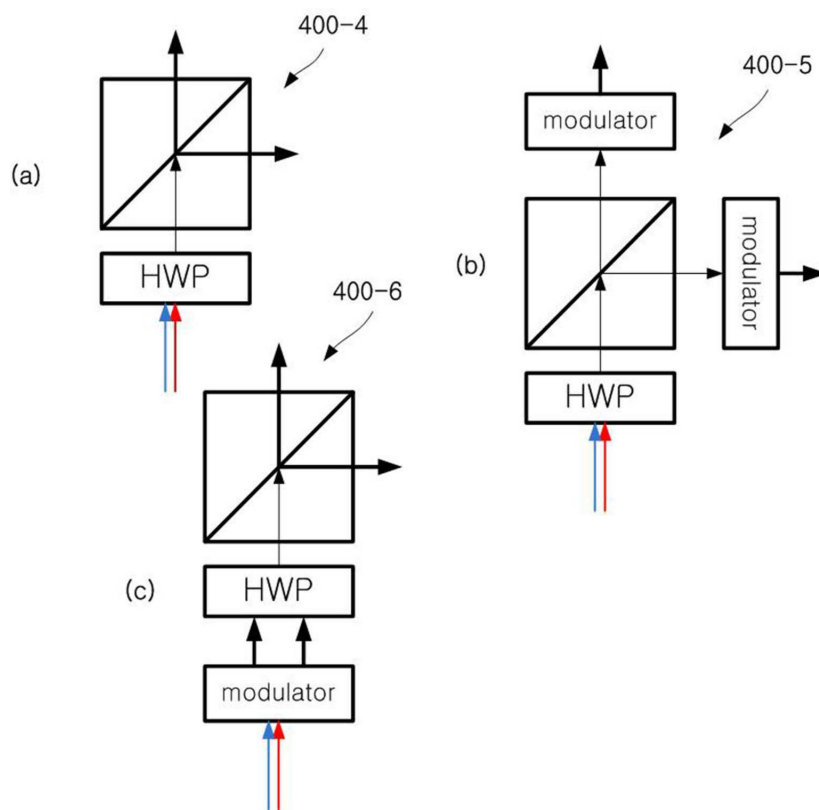
도면3



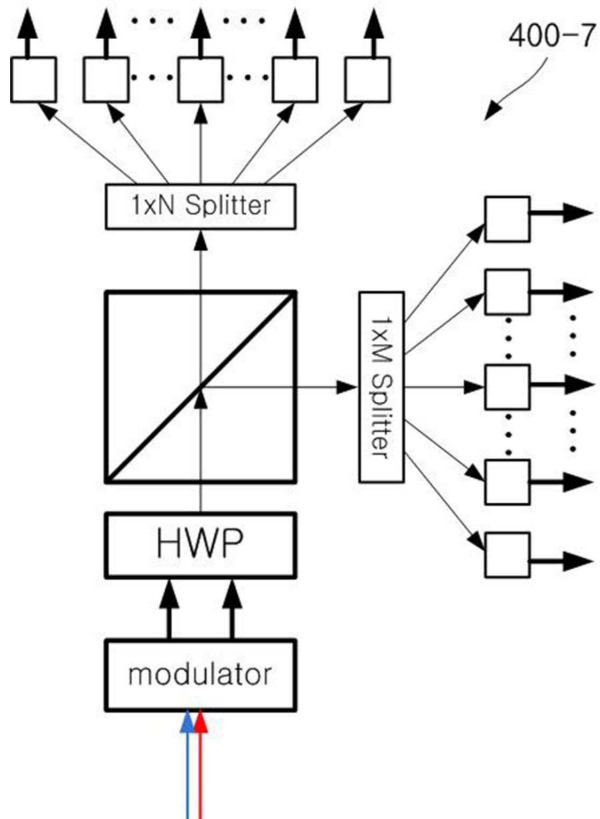
도면4



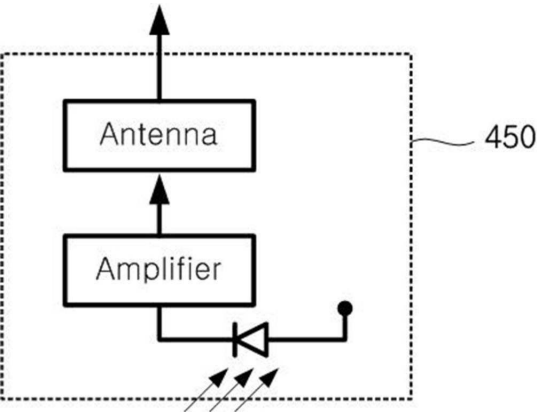
도면5



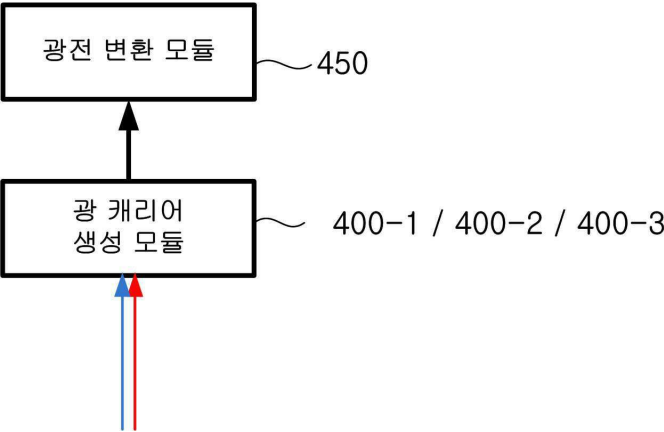
도면6



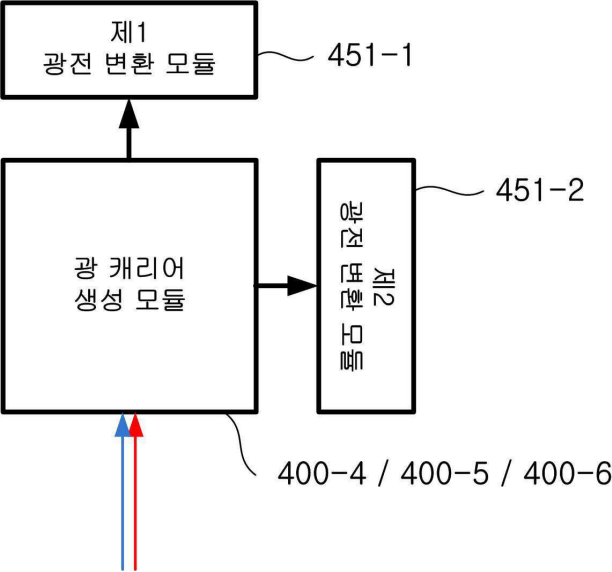
도면7



도면8



도면9



도면10

