



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년09월18일
(11) 등록번호 10-2004918
(24) 등록일자 2019년07월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 5/062 (2006.01) H01S 3/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01S 5/06246 (2013.01)
H01S 3/08036 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0007790
(22) 출원일자 2018년01월22일
심사청구일자 2018년01월22일
(56) 선행기술조사문헌
JP2004193416 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
명지대학교 산학협력단
경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대학교)
(72) 발명자
서동선
경기도 용인시 처인구 명지로 116 명지대학교 산학협력관 3층 산학협력단
(74) 대리인
이철희

전체 청구항 수 : 총 10 항

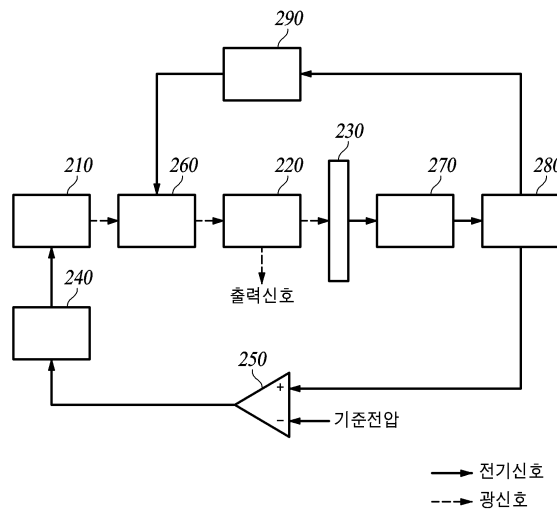
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 전기적 부궤환과 위상잡음 보상을 동시에 적용함으로써, 높은 동작 안정성과 좁은 스펙트럼 선폭을 갖는 레이저 광원을 제공할 수 있으며, 광원의 유형에 관계 없이 적용할 수 있어 광통신 또는 광신호 전송 시스템, 각종 광 계측 및 신호처리 시스템을 포함하는 다양한 분야에 적용이 가능하도록 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭을 갖는 레이저 광원 구현장치 및 방법을 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01S 5/06213 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014-0-00501
 부처명 정보통신기술진흥원
 연구관리전문기관 정보통신기술진흥원
 연구사업명 정보통신·방송 연구개발
 연구과제명 400G 광전송기술 구현을 위한 광변조 및 신호처리 원천기술 연구
 기여율 1/2
 주관기관 미래창조과학부
 연구기간 2014.04.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 17DB1500
 부처명 민군협력진흥원
 연구관리전문기관 민군협력진흥원
 연구사업명 민군겸용기술개발사업
 연구과제명 Gbps 급 데이터의 암호화 RF 전송을 위한 마이크로 웨이브 포토닉파형조형모듈 기술 개발
 기여율 1/2
 주관기관 국방부
 연구기간 2017.07.01 ~ 2020.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

제 1 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 발생시키는 광원;

상기 연속파 광신호에 포함된 위상잡음을 보상하여 상기 제 1 스펙트럼 선폭보다 좁은 선폭인 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 출력하는 위상 변조기;

상기 위상 변조기로부터의 광신호의 일부를 수신하여 기 설정된 주파수 범위 내의 광신호를 선택적으로 통과시키는 주파수 변별기;

상기 주파수 변별기로부터의 광신호를 수신하여 전기신호로 변환하고, 신호 처리하는 신호처리기;

상기 신호처리기로부터 출력되는 전기신호를 수신하고 적분하여 주파수에 대한 정보를 위상에 대한 정보로 변환하는 적분기; 및

상기 신호처리기로부터 출력되는 전기신호의 일부인 제 1 전기신호 및 외부로부터 입력되는 기준신호를 수신하여 차동 증폭하는 차동 증폭기

를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 신호처리기는,

상기 전기신호를 적어도 두 개의 전기신호로 분리하는 전력 분배기를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 광원은,

상기 차동 증폭기로부터의 출력신호를 수신하고, 수신된 신호를 이용하여 구동되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 차동 증폭기는,

상기 주파수 변별기가 광신호를 변별하는 방법에 맞춰, 그 방법에 대응되는 기준신호의 값을 수신하도록 설정되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 적분기는,

전력 분배기로부터 출력되는 신호 중 일부인 제 2 전기신호를 수신하여 주파수에 대한 변화를 위상에 대한 변화

로 변환하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 위상 변조기는,

상기 적분기로부터 수신한 위상에 대한 정보를 이용하여 상기 연속파 광신호에 포함된 위상잡음을 보상하며, 위상잡음이 보상된 연속파 광신호를 안정화된 광신호로 출력하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 광원으로부터 수신한 광신호를 수신하여 적어도 두 개의 광신호로 분배하는 광분배기를 포함하며, 상기 광분배기로부터의 제 1 출력은 상기 위상 변조기로 입력되며, 상기 광분배기로부터의 제 2 출력은 상기 주파수 변별기로 입력되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 위상 변조기로부터 출력된 광신호를 수신하여 적어도 두 개의 광신호로 분배하는 광분배기를 포함하며, 상기 광분배기로부터의 제 1 출력은 안정화된 광신호로 출력되며, 상기 광분배기로부터의 제 2 출력은 상기 주파수 변별기로 입력되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 주파수 변별기는,

패브리 페로 공진기 및 포화 흡수체에서 선택된 일부 또는 전부를 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치.

청구항 11

광원으로부터 출력된 제 1 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 위상잡음을 제거하여 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 생성하고, 상기 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 일부를 안정화된 광신호로 출력하는 과정;

상기 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 일부에 대해 주파수 변별 과정을 수행하여 주파수 변별신호를 생성하고, 상기 주파수 변별신호를 광전변환한 후, 신호처리하는 과정;

상기 신호처리하는 과정의 결과로 출력되는 전기신호의 일부인 제 1 전기신호를 적분하여 주파수 정보를 위상 정보로 변환하고, 상기 위상 정보를 이용하여 위상잡음을 제거하며, 상기 전기신호의 일부인 제 2 전기신호 및 외부로부터 입력되는 기준신호를 수신하여 차등 증폭하고, 차등 증폭된 출력신호를 이용하여 상기 광원을 구동시켜 상기 광원으로부터 출력되는 연속파 광신호의 위상잡음을 제거하는 과정; 및

상기 위상잡음을 제거하는 과정의 결과로 출력되는 광신호가 기 설정된 조건을 만족하는지를 판단하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현방법.

청구항 12

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이하에 기술되는 내용은 단순히 본 발명에 따른 실시예들과 관련되는 배경 정보만을 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것이 아니다.

[0003] 좁은 선폭(linewidth)을 갖는 광원은 코히어런트 광통신(coherent optical communication), 고해상도 라이더(LIDA) 시스템, 밀리미터파 및 테라헤르츠파 신호의 생성, 센싱, 분광(spectroscopy) 등 여러 과학기술 분야에서 사용되어 오고 있다.

[0004] 코히어런트 광통신에서 사용되는 시스템은 아주 복잡한 변조 방식을 채택하고 있으며, 이러한 변조 방식은 높은 비트오류율(bit error rate; BER)을 요구하고 있다. 이에 따라, 안정적으로 동작하면서도 가능하면 좁은 선폭을 지닌 레이저가 필요하게 되었다. 레이저 간섭계 중력파 관측소(laser interferometer gravitational-wave observatory)와 같은 측정 시설은 극도로 낮은 잡음 특성을 갖는 고도로 안정적인 좁은 선폭 레이저를 필요로 한다.

[0005] 한편, 외부 공진기 레이저 다이오드(external cavity laser diode)는 다른 레이저에 비해 상대적으로 좁은 선폭을 갖지만 온도변화, 압력변화 및 기계적 진동 등의 환경 요인에 매우 민감하다. 이러한 환경 요인 때문에 외부 공진기 레이저 다이오드의 선폭은 넓어지므로, 적절한 격리 메커니즘 없이 사용되기 어렵다.

[0006] 도 1은 종래의 좁은 선폭 광원 구현장치의 개념도이다.

[0007] 종래의 좁은 선폭 광원 구현장치는 광원(110), 광분배기(120), 주파수 변별기(130), 차동 증폭기(140) 및 전류 공급원(150)을 포함한다. 이러한 좁은 선폭을 갖는 광신호 생성장치는 광원(110)로부터의 광신호를 광분배기(120)를 이용하여 분리하고, 분리된 광신호 중 일부를 주파수 변별기(130)로 변별한 후에 차동 증폭기(140)로 전달하여 광원(110)의 구동조건을 변경하는 방식으로 광원(110)의 선폭을 줄인다. 달리 말하면, 패브리 페로 에탈론(Fabry-Perot etalon)과 같은 주파수 변별기(130)로 광원(110)의 주파수 변이를 측정하고, 광원(110)에 주입되는 전류를 가변하여 주파수 변이를 줄인다. 여기서, 광원(110)은 외부 공진기 레이저 다이오드일 수 있다.

[0008] 그러나 이러한 방법은 주파수 변별기의 오차 신호로 광원의 구동조건을 변화시키기 때문에, 구동조건 변화가 쉽지 않거나 구동조건 변화에도 주파수 변화가 동반되지 않는 경우 등에는 적용하기가 어렵다. 바꿔 말하면, 이러한 방법은 구동조건 변화에 따라 발진 주파수의 이동이 쉬운 반도체 레이저에만 적용이 가능하다.

[0009] 따라서 선폭 증가를 초래하는 불안정성을 완화할 수 있고, 간단한 방법으로 구현할 수 있으면서도, 다양한 유형의 레이저 광원에 적용이 가능한 방안이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 실시예들은 전기적 부궤환과 위상잡음 보상을 동시에 적용함으로써, 동작 안정성을 향상시키면서도 좁은 선폭을 갖는 레이저 광원을 제공하는 데에 주된 목적이 있다.

[0011] 본 발명의 실시예들은 광원의 유형에 관계 없이 적용할 수 있는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치 및 방법을 제공하는 데에 일 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일 실시예는 제 1 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 발생시키는 광원; 상기 연속파 광신호에 포함된 위상잡음을 보상하여 상기 제 1 스펙트럼 선폭보다 좁은 선폭인 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 출력하는 위상 변조기; 상기 위상 변조기로부터의 광신호의 일부를 수신하여 기 설정된 주파수 범위 내의 광신호를 선택적으로 통과시키는 주파수 변별기; 상기 주파수 변별기로부터의 광신호를 수신하여 전기신호로 변환하고, 신호처리하는 신호처리기; 및 상기 신호처리기로부터 출력되는 전기신호를 수신하고 적분하여 주파수에 대한 정보를 위상에 대한 정보로 변환하는 적분기를 포함하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 제공한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예는 광원으로부터 출력된 제 1 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 위상잡음을 제거하여

제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 생성하고, 상기 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 일부를 안정화된 광신호로 출력하는 과정; 상기 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 일부에 대해 주파수 변별 과정을 수행하여 주파수 변별신호를 생성하고, 상기 주파수 변별신호를 광전변환한 후, 신호처리하는 과정; 상기 신호처리하는 과정의 결과로 출력되는 전기신호의 일부인 제 1 전기신호를 적분하여 주파수 정보를 위상 정보로 변환하고, 상기 위상 정보를 이용하여 위상잡음을 제거하는 과정; 및 상기 위상잡음을 제거하는 과정의 결과로 출력되는 광신호가 기 설정된 조건을 만족하는지를 판단하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 동작 안정성을 향상시키면서도 선폭이 좁은 레이저 광원을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예의 다른 측면에 의하면, 광원의 유형에 관계 없이 적용할 수 있어 광통신 또는 광신호 전송 시스템, 각종 광 계측 및 신호처리 시스템을 포함하는 다양한 분야에 응용 가능한, 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 종래의 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 개념도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 적용한 경우와 그렇지 않은 경우의 비트 노트 스펙트럼(beat note spectrum)을 나타낸다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 적용한 경우와 그렇지 않은 경우, 주파수 변별기 출력에서 측정된 오류신호를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명의 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 실시예들의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0018] 본 발명에 따른 실시예들의 구성요소를 설명하는 데 있어서 제 1, 제 2, i), ii), a), b) 등의 부호를 사용할 수 있다. 이러한 부호는 그 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 부호에 의해 해당 구성요소의 본질 또는 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 또한, 명세서에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함' 또는 '구비'한다고 할 때, 이는 명시적으로 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0019] 이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치 및 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0020] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 개념도이다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치는 광원(210), 위상 변조기(260), 광분배기(220), 주파수 변별기(230), 신호처리기(270), 전력 분배기(280), 적분기(290), 전류 공급원(240) 및 차동 증폭기(250)를 포함한다.
- [0022] 광원(210)은 제 1 스펙트럼 선폭(spectral linewidth)을 갖는 연속파(continuous wave; CW) 광신호를 발생시킨다. 방출되는 빛이 단일모드(single mode)이고, 좁은 선폭 및 안정된 편광(polarization) 특성을 갖는 레이저가

광원(210)으로서 적합하다.

- [0023] 광원(210)은 DFB(distributed feedback), VCSEL(vertical-surface emitting laser), DBR(distributed Bragg reflector) 레이저, 광섬유 레이저(fiber laser) 등과 같은 반도체 레이저나 고체 레이저, 가스 레이저 등과 같은 다른 유형의 레이저를 포함할 수 있다.
- [0024] 위상 변조기(260)는 위상 변조기(260)를 경유하는 광신호의 위상을 변조한다. 위상 변조기(260)는 광원(210)으로부터 수신한 연속파 광신호에 포함된 위상잡음을 보상하여 제 1 스펙트럼 선폭보다 좁은 선폭인 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 출력할 수 있다. 위상 변조기(260)는 적분기(290)로부터 수신한 정보를 이용하여 위상 변조기(260)를 통과하는 광신호를 변조한다. 위상 변조기(260)는 위상잡음 보상을 위해 위상 변조기(260)가 수신하는 광신호에 존재하는 위상잡음에 해당하는 만큼 반대로 변조하는 방식으로 위상잡음을 보상한다.
- [0025] 광분배기(220)는 광분배기(220)를 경유하는 광신호를 적어도 두 개의 광신호로 분리하여 분리된 신호 각각을 전달하는 역할을 한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 광분배기(220)는 위상 변조기(260)로부터의 출력 광신호를 수신하여 두 개의 광신호로 분리하고, 두 개의 광신호 중 하나의 광신호를 안정화된 광신호로 출력할 수 있다. 이상적인 광분배기의 경우, 광분배기(220)를 경유하는 광신호의 손실은 존재하지 않으므로 광분배기(220)로 입력된 광신호의 세기는 광분배기(220)에서 출력되는 적어도 하나의 광신호의 세기의 합과 같을 것이다.
- [0026] 주파수 변별기(230)는 광분배기(220) 또는 위상 변조기(260)로부터 광신호를 수신하여 특정 주파수 범위 내에 존재하는 광신호를 통과시키는 역할을 수행한다. 더욱 정확하게는 특정 주파수에서 통과되는 광신호의 세기가 가장 크고, 특정 주파수에서 멀어질수록, 통과되는 광신호의 세기가 작아진다. 즉, 주파수 변별기(230)를 통과하는 광신호의 세기인 투과율은 특정 주파수를 중심으로 가장 높고, 특정 주파수에서 멀어질수록 감소한다.
- [0027] 주파수 변별기(230)는 반사율이 높은 두 장의 거울을 일정 거리에서 마주보도록 배치하여 거울 사이에서 발생한 광신호와 반사된 광신호가 간섭을 일으키도록 한 패브리 페로 에탈론(Fabry-Perot etalon)일 수 있다. 패브리 페로 에탈론 내에서의 광신호는 보강 간섭(constructive interference)과 상쇄 간섭(destructive interference)을 일으켜, 결과적으로 특정 파장(또는 주파수)의 광신호만 남고 나머지는 모두 상쇄되어, 특정 파장의 광신호만이 선별적으로 통과하여 출력된다. 또한, 주파수 변별기(230)는 포화 흡수체(saturable absorber)를 이용하여 주파수 변별을 수행할 수도 있다.
- [0028] 신호처리기(270)는 주파수 변별기(230)로부터 광신호를 수신하고, 수신한 광신호를 전기신호로 변환한다. 신호처리기(270)는 주파수 변별기(230)의 주파수 통과 특성을 그대로 이용하거나, 주파수에 대한 미분 특성을 이용할 수 있다. 신호처리기(270)가 주파수에 대한 미분 특성을 이용하는 경우, 위상 변조기(260) 또는 주파수 변조기(미도시)를 이용하여 주파수 변이를 발생시키고, 발생된 변이를 변별하는 방법을 이용할 수 있다.
- [0029] 전력 분배기(280)는 신호처리기(270)로부터 수신한 전기신호를 적어도 두 개의 전기신호로 분리한다. 전력 분배기(280)는 분리된 적어도 두 개의 전기신호 중 하나의 전기신호는 적분기(290)로 전달하고, 다른 하나의 전기신호는 차동 증폭기(250)로 전달한다. 또한, 전력 분배기(280)는 신호처리기(270)에 포함되도록 형성될 수도 있다.
- [0030] 적분기(290)는 전력 분배기(280)로부터 수신한 전기신호의 주파수 정보를 위상 정보로 변환하는 역할을 수행한다. 적분기(290)는 주파수 정보를 위상 정보로 변환할 수 있는 비례적분 증폭기 등으로 형성될 수 있다.
- [0031] 차동 증폭기(250)는 전력 분배기(280)로부터 수신한 전기신호 및 외부로부터 입력받은 기준신호에 기초하여 차동 증폭을 수행한다. 여기서, 기준신호는 주파수 변별기가 최대로 통과시킬 수 있는 광출력의 절반값만큼을 기준신호의 값으로 수신하도록 설정될 수 있다. 주파수 변별기(230)의 주파수에 대한 미분 특성을 이용하는 경우, 기준신호의 값도 다르게 설정될 수 있다. 즉, 차동 증폭기(250)로 입력되는 기준신호의 값은 주파수 변별기(230)가 어떻게 광신호를 변별하는지에 따라 달리 설정될 수 있다.
- [0032] 전술한 바와 같이 기준신호의 값을 설정함으로써, 광원(210)이 생성한 광신호에 포함되는 오류신호를 보상하기 위한 오류 정정 신호로 변환할 수 있다. 여기서, 오류신호는 광원(210)에 주입되는 전류의 크기를 변화시키면서 신호처리기(270)에서 생성되는 전기신호를 모니터링함으로써 생성될 수 있다.
- [0033] 전류 공급원(240)은 차동 증폭기(250)로부터 수신한 전기신호에 기초하여 광원(210)에 주입되는 전류를 제어함으로써 광원(210)을 구동시킨다. 광원(210)이 반도체 레이저가 아닌 가스 레이저 또는 고체 레이저인 경우, 차

동 증폭기(250)로부터 수신된 신호를 공진기 길이를 제어하는 데 사용하여 광원(210)으로부터 출력되는 발진 주파수를 이동시키는 효과를 얻을 수 있다. 여기서, 차동 증폭기(250)로부터 수신하는 전기신호는 오류신호일 수 있다. 오류신호는 차동 증폭기(250)로부터 수신한 전기신호는 광원(210)에 주입되는 전류의 크기를 변화시키면서 신호처리기(270)에서 생성되는 전기신호를 모니터링함으로써 생성될 수 있다.

- [0034] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 개념도이다.
- [0035] 도 3에 도시한 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 개별 구성요소는 도 2에 도시한 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치의 개별 구성요소와 동일한 기능을 수행한다. 다만, 도 3에 도시한 위상잡음에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치에서의 위상 변조기(360)는 광원(310), 광분배기(320), 주파수 변별기(330), 신호처리기(370), 전력 분배기(380), 차동 증폭기(350) 및 전류 공급원(340)이 형성하는 폐환 루프(feedback loop)의 바깥 쪽에 위치한다는 점이 다르다.
- [0036] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현방법을 도 2를 함께 참조하여 설명한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현방법은 광원(210)으로부터 출력된 제 1 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 위상잡음을 제거하여 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호를 생성하고, 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 일부를 안정화된 광신호로 출력한다(S410).
- [0038] 제 2 스펙트럼 선폭을 갖는 연속파 광신호의 일부에 대해 주파수 변별 과정을 수행하여 주파수 변별신호를 생성하고, 주파수 변별신호를 광전변환한 후, 신호처리한다(S420). 여기서, 주파수 변별 과정 및 주파수 변별신호 생성은 주파수 변별기(230)를 통해 수행될 수 있다.
- [0039] 신호처리하는 과정(S420)의 결과로 출력되는 전기신호의 일부인 제 1 전기신호를 적분하여 주파수 정보를 위상 정보로 변환하고, 위상 정보를 이용하여 위상잡음을 제거한다(S430). 여기서, 주파수 정보를 위상 정보로 변환하는 데에는 적분기(290)가 이용될 수 있다. 또한, 위상잡음을 제거하는 과정(S430)은 신호처리하는 과정(S420)의 결과로 출력되는 전기신호의 일부에 기초하여 광원(210)을 구동시켜 광원(210)으로부터 출력되는 광신호의 위상잡음을 제거할 수 있다.
- [0040] 위상잡음을 제거하는 과정(S430)의 결과로 출력되는 광신호가 기 설정된 조건을 만족하는지를 판단한다(S440). 즉, 위상잡음을 제거하는 과정(S430)의 결과로 출력되는 광신호의 선폭이 기 설정된 선폭 조건을 만족하는지 등을 판단한다. 이 판단은 도면에 도시되지 않은 제어부에 의해 수행될 수 있다.
- [0041] 판단 결과, 위상잡음을 제거하는 과정(S430)의 결과로 출력되는 광신호의 선폭이 기 설정된 선폭 조건을 만족하면, 이 광신호를 안정화된 광신호로서 출력한다(S450). 안정된 광신호는 광분배기(220)로부터 출력되는 적어도 두 개의 광신호 중 하나일 수 있다.
- [0042] 또한, 위상잡음을 제거하는 과정(S430)의 결과로 출력되는 광신호가 기 설정된 조건을 만족하는지를 판단하는 과정(S440)은 생략될 수도 있다.
- [0043] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 적용한 경우와 그렇지 않은 경우의 비트 노트 스펙트럼(beat note spectrum)을 나타낸다.
- [0044] 비트 노트 스펙트럼은 광섬유 지연선로를 이용한, 지연된 자기헤테로다인(delayed self-heterodyne; DSH) 선폭 측정 기법을 이용하여 수행되었다. 광신호의 품질을 판단하는 지표로 사용되는 용어인 3 dB 대역폭(bandwidth), 10 dB 대역폭, 20 dB 대역폭 등이 있다. 광신호가 갖는 선폭이 좁으면 좁을수록, 3 dB 대역폭, 10 dB 대역폭 등의 값이 작아진다.
- [0045] 광원(210)에서 출력되는 광신호를 직접 측정한 경우의 3 dB 대역폭은 약 125 kHz이며, 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 적용하여 생성된 광신호의 3 dB 대역폭은 12.5 kHz로서 아무런 기법을 적용하지 경우에 비해 10배 정도 좁은 것으로 확인되었다.
- [0046] 종래의 기법에 해당하는 전기적 부궤환을 적용하여 생성된 광신호의 3 dB 대역폭은 38 kHz로서 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상을 이용한 좁은 선폭을 갖는 광신호 생성장치를 적용하여 생성된 광신호에 비해 넓은 3 dB 대역폭을 갖는 것으로 확인되었다.
- [0047] 16-QAM 등의 변조 기법을 적용하거나 고도로 높은 품질의 광원을 필요로 하는 경우에는 3 dB 대역폭은 물론, 10

dB 대역폭 또는 20 dB 대역폭의 크기가 일정 수준 이하로 유지되어야 한다. 도 5에 도시한 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 적용하여 생성된 광신호의 경우, 10 dB 대역폭 및 20 dB 대역폭은 각각 13 kHz 및 15 kHz로서 그 차이가 크지 않다. 그러나 종래의 기법을 적용하여 생성된 광신호의 10 dB 대역폭 및 20 dB 대역폭은 각각 224 kHz 및 436 kHz로서 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 적용하여 생성된 광신호에 비해 10 배 이상 넓은 선폭을 갖는 것을 알 수 있다.

[0048] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치를 적용한 경우와 그렇지 않은 경우, 주파수 변별기 출력에서 측정된 오류신호를 도시한다.

[0049] 오류신호를 하나의 시간 축으로 표현한 경우, 광신호에서 직접 출력되는 오류신호의 진폭 변화에 비해, 종래의 기법인 전기적 부궤환이 적용된 경우의 오류신호의 진폭 변화가 작은 것을 확인할 수 있다. 덧붙여, 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치, 즉, 전기적 부궤환에 위상잡음 보상을 동시에 적용한 경우에는 오류신호의 진폭 변화가 더욱 크게 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 위상잡음 보상에 의한 좁은 선폭 레이저 광원 구현장치 및 방법을 적용하면, 안정성이 높고 좁은 선폭을 갖는 광원을 제공할 수 있다. 특히, 10 dB 및 20 dB 대역폭 축소 효과가 두드러져, 넓게 퍼져있는 잡음에 대한 제거 효과가 크게 나타날 수 있다.

[0050] 도 4에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다시 말해, 도 4에 기재된 과정을 변경하여 실행하거나 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하는 것으로 적용 가능할 것이므로, 도 4는 시계열적인 순서로 한정되는 것은 아니다.

[0051] 한편, 도 4에 도시된 흐름도의 각 과정은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체(computer-readable recording medium)에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 즉, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)와 같은 저장매체를 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

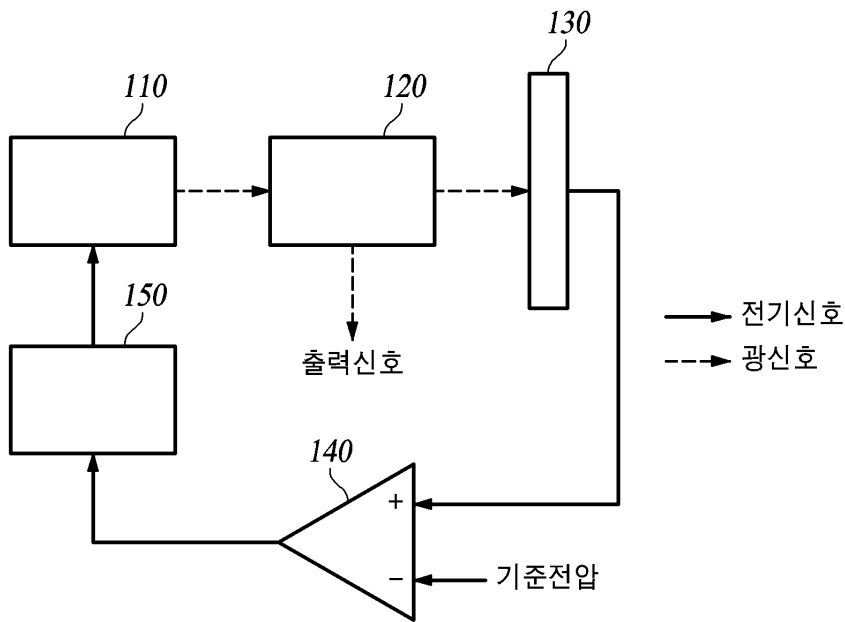
[0052] 이상의 설명은 본 발명에 따른 실시예들의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명에 따른 실시예들이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예들의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 따른 실시예들은 본 실시예들의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 실시예들의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명에 따른 실시예들의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명에 따른 실시예들의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

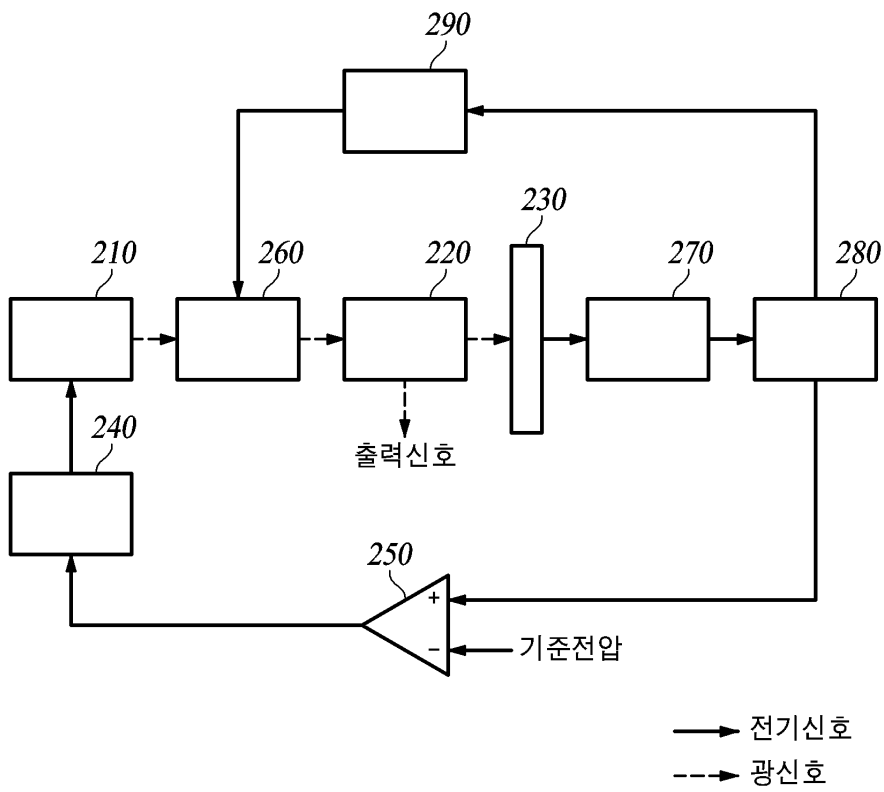
- | | | |
|--------|------------------------|-----------------------|
| [0053] | 110, 210, 310: 광원 | 120, 220, 320: 광분배기 |
| | 130, 230, 330: 주파수 변별기 | 140, 240, 340: 차동 증폭기 |
| | 150, 250, 350: 전류 공급원 | 260, 360: 위상 변조기 |
| | 270, 370: 신호처리기 | 280, 380: 전력 분배기 |
| | 290, 390: 적분기 | |

도면

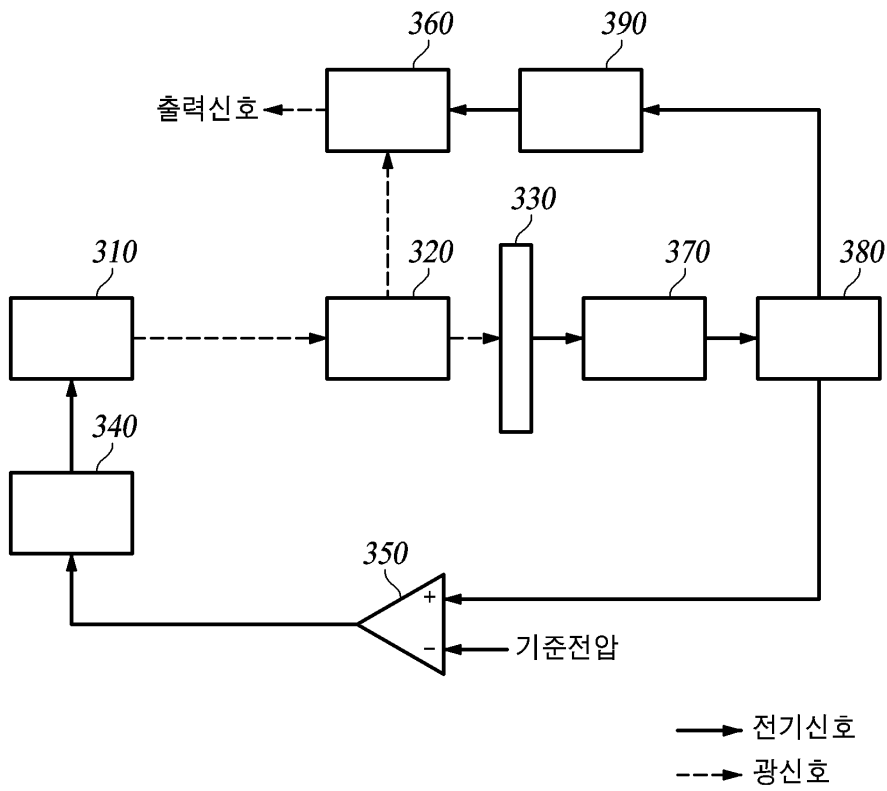
도면1



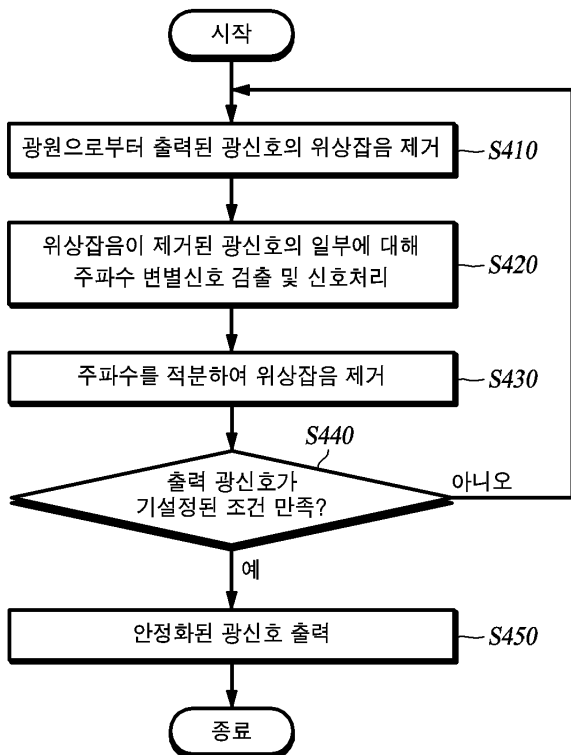
도면2



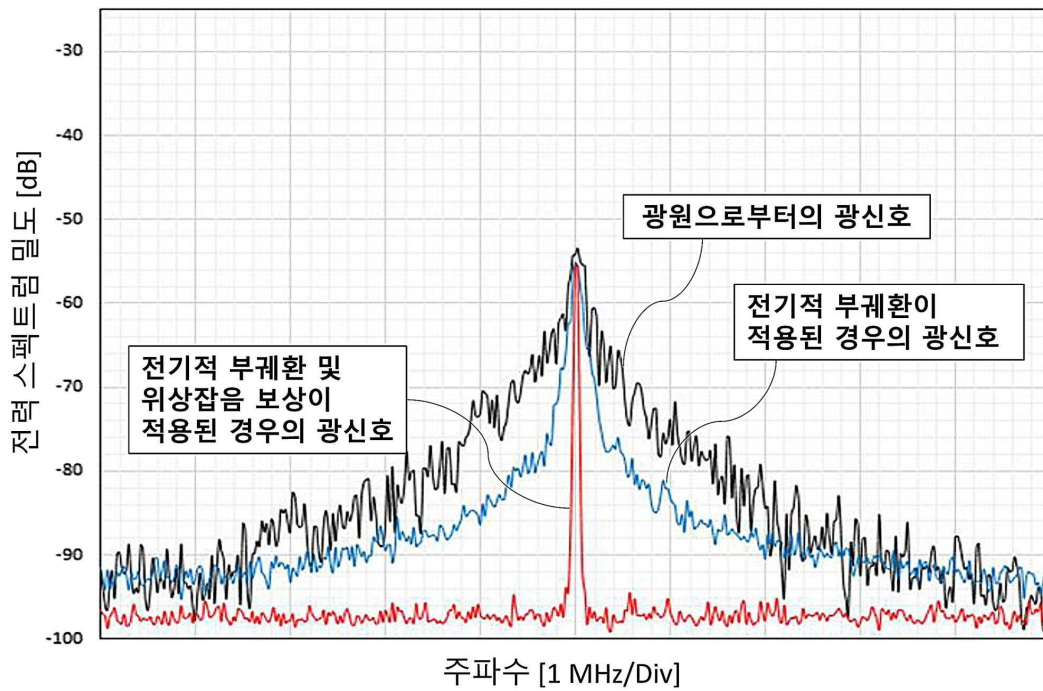
도면3



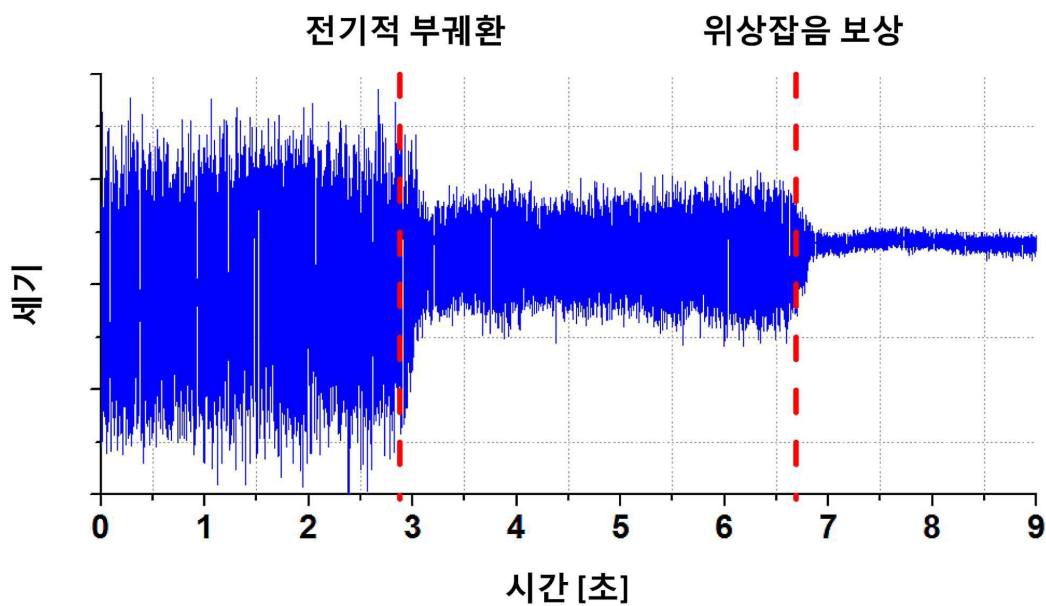
도면4



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6

【변경전】

상기 전력 분배기로부터

【변경후】

전력 분배기로부터