(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0173927
(43) 공개일자 2024년12월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 5/068 (2006.01) *H01S 5/06* (2006.01)
H01S 5/10 (2021.01)
(52) CPC특허분류
H01S 5/06808 (2013.01)
H01S 5/0612 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0073046
(22) 출원일자 2023년06월07일
심사청구일자 2023년06월07일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
전민용
대전광역시 유성구 상대로 16, 도안신도시5블록트리풀시티아파트 507동 902호
최병권
대전광역시 유성구 계룡로 16번길 37-18, 402호
(74) 대리인
이은철, 김재문

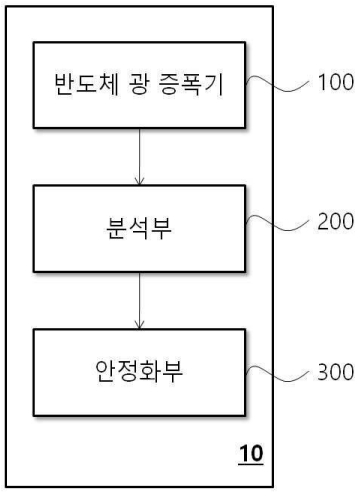
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법에 관한 것으로 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터 기반으로 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 파장 훑음 레이저의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 직접 측정하며 파장 차이를 oscillator에 인가되는 오프셋 전압으로 설정하여 피드백하고 레이저 다이오드 조절기의 온도 조절을 통해 파장 차이를 0으로 계속 줄여 레이저의 파장 및 출력을 안정화할 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
H01S 5/1071 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345346932
과제번호 2020R1A6A1A03047771
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학학술연구기반구축
연구과제명 양자제어물성연구소
기 여 율 1/2
과제수행기관명 충남대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711154723
과제번호 2019R1A2C1084933
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 광섬유와 결합된 콜레스테릭 액정 격자 기반의 광대역 다기능 광소자 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 충남대학교
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템에 있어서,

상기 파장 훑음 레이저의 이득 매질로 사용하는 반도체 광 증폭기,

상기 반도체 광 증폭기의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 분석하여 레이저의 파장을 결정하는 분석부,

상기 분석부에서 분석된 신호를 바탕으로 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키는 안정화부를 포함하는 것을 특징으로 하는 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 파장 훑음 레이저의 공진기는 링 구조이며, 반도체 광 증폭기의 이득 매질 온도 및 전류는 레이저 다이오드 조절기를 통해 조절되는 것을 특징으로 하는 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터로 입사하여 특정한 파장만 필터링되고, 다시 이득 매질로 되먹임되는 것을 특징으로 하는 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 분석부는 레이저 공진기 내부에서 빛을 외부로 출력하기 위해 광 커플러를 사용하고, 출력된 빛은 광 검출기를 통해 전기 신호로 변환되어 PC를 통해 분석하는 것을 특징으로 하는 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 안정화부는 분석된 신호를 바탕으로 파장 훑음 레이저의 중심파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화하는 것을 특징으로 하는 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템.

청구항 6

파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템을 이용한 방법에 있어서,

(a)상기 시스템이 레이저의 출력을 광 검출기를 통해 측정하는 단계,

(b)상기 시스템이 반도체 광 증폭기의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 분석하여 레이저의 파장을 결정하는 단계 및

(c)상기 시스템이 상기 파장 차이를 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성하고, 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 파장

홅음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 (c)단계에서, 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터를 통해 특정 파장의 빛만을 필터링하되, 특정한 파장에서의 레이저 출력을 측정하고 이를 기준값으로 설정하고, 레이저의 출력이 기준값보다 낮아지면 레이저 다이오드 조절기의 온도 및 전류를 조절하여 레이저의 출력을 안정화하는 것을 특징으로 하는 파장 홅음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 (c)단계에서, 피드백 신호는 레이저 다이오드 조절기와 연결되어 있으며, 광 검출기의 출력 전압 신호를 통해 레이저 다이오드 조절기를 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 파장 홅음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 (c)단계는 상기 시스템이 상기 파장 차이를 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성하고, 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키되, 레이저 다이오드 조절기와 신호 발생기를 사용하여 광신호를 생성하는 것을 특징으로 하는 파장 홅음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 (c)단계는,

상기 시스템이 파장 감지기를 사용하여 광섬유 격자의 파장 변화를 감지하여 광섬유에서 전송되는 광 신호의 파장 분포를 측정하되, 파장 감지기에서 측정된 파장 분포 데이터를 분석부를 통해 분석하여 레이저 다이오드 조절기를 이용하여 해당 파장 범위에 해당하는 레이저 출력 파장을 보상하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 파장 홅음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 (c)단계는,

상기 시스템에서 측정하고자 하는 대상에 노출되도록 광섬유 센서가 연결배치된 상태에서 광 고립기와 광섬유 파브리-페로 가변형 필터(FFP-TF)를 이용하여 파장을 선택하고, 이득 매질의 온도 및 전류를 조절함으로써, 출력을 보정하는 것을 특징으로 하는 파장 홅음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 (c)단계는,

상기 시스템이 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 입력된 빛 중에서 특정한 파장만을 필터링하되, 필터링된 파장은 이득 매질로 돌아가게 되며, 파장 홅음 레이저를 일정한 sine 형태의 전압으로 구동시, 중심파장에 해당하는 전압을 시간 영역에서 출력피크의 시간 변화량(Δt)을 측정하고, 이를 오프셋 전압에 피드백해서 상기 시간 변화량(Δt)이 0으로 가도록 유도하여 중심파장이 유지하도록 하는 것을 특징으로 하는 파장 홅음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 13

제6항에 있어서,

상기 (c)단계는,

상기 시스템이 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 파장 훑음 레이저의 Initial state와 Current state의 파장 및 출력 차이를 시간 영역에서 직접 측정하며 파장 차이를 oscillator에 인가되는 오프셋 전압에 피드백하여 설정하여 파장 차이를 0으로 계속 줄이며, 레이저 다이오드 조절기의 온도 조절을 통해 출력 차이를 0으로 계속 줄여 레이저의 파장 및 출력을 안정화하는 것을 특징으로 하는 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 방법.

청구항 14

제6항에 있어서,

상기 (c)단계는,

상기 시스템이 파장 훑음 레이저에서 출력되는 빛은 광 커플러를 통해 외부로 출력되고, 이 빛은 광 검출기를 통해 전기 신호로 변환하며, 변환된 전기 신호는 분석부를 통해 모니터링된 출력 신호를 바탕으로 레이저의 파장 변화를 감지하고, 이에 따라 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화시키며, 레이저의 출력이 변경된 경우, 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화시키는 것을 특징으로 하는 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법에 관한 것으로 보다 상세하게는 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터 기반으로 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] Wavelength-Swept Laser(파장 훑음 레이저)는 광학 응용 분야에서 사용되는 고성능 레이저이다. 이 레이저는 광 스윕기(optical sweeper)라는 장치를 이용하여 파장을 빠르게 바꾸면서 레이저 출력을 발생시킨다.

[0003] 광스윕기는 광학 반사경과 이에 연결된 회전 스테이지, 또는 다른 방식의 튜닝 장치를 포함하고 있다. 이 장치를 사용하여 레이저 출력의 파장을 빠르게 스윕하면서 고속으로 변하는 레이저 파장을 발생시키는 것이 가능하다.

[0004] 파장 훑음 레이저는 광학 응용 분야에서 널리 사용된다. 이 레이저는 광학 응용 분야에서 고해상도 측정 및 이미징, 광섬유 통신 및 광센서, 레이더 및 레이더 대응 광섬유 통신 시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

[0005] 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터를 기반으로 하는 파장 훑음 레이저는 광섬유 내부에 파브리-페롯 간섭계를 구성하고, 이를 이용하여 파장을 제어하여 특정한 주파수 대역에서 일정한 출력을 유지하는 대신 파장을 빠르게 변화시켜가며 출력한다. 이를 이용하여 광파장의 빠른 측정이나 분광 분석 등에 사용된다.

[0006] 파브리-페롯 간섭계는 광학 측정 분야에서 매우 중요한 장비 중 하나이다. 이 장비는 광파장의 간섭을 이용하여 측정하고자 하는 물체의 길이나 두께, 굴절률 등을 정밀하게 측정하는 데 사용되며, 이러한 파브리-페롯 간섭계는 광섬유 내부에 위치한 두 개의 반사 거울 사이에서 광파가 반사되며, 반사된 광파들은 서로 간섭하여 특정한 파장 대역을 통과하게 된다. 이때, 간섭 경로의 길이가 바뀌면 파장 대역이 이동하게 되어 파장을 선택적으로 통과시킬 수 있다.

[0007] 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터를 기반으로 하는 파장 훑음 레이저는 파장을 안정화하지 않고 센서부에 일정한 파장을 반사하는 광 소자를 추가적으로 배치함으로써, 파장 훑음 레이저의 파장 흐름을 보상한다. 여기서, 파장 훑음 레이저에서 파장을 안정화하지 않을 경우, 파브리-페롯 간섭계의 간격이 변동하면서 파장 훑음의 주기와 진폭이 불안정해지는 문제가 발생한다. 이는 광통신에서 신호의 왜곡을 유발하거나, 광센싱에서 측정값의 정확성을 저하시키는 등의 문제를 일으킬 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 공개특허 10-2013-0083765 (2013.07.23. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터 기반으로 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법을 제공함에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템에 있어서, 상기 파장 훑음 레이저의 이득 매질로 사용하는 반도체 광 증폭기, 상기 반도체 광 증폭기의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 분석하여 레이저의 파장을 결정하는 분석부, 상기 분석부에서 분석된 신호를 바탕으로 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키는 안정화부를 포함한다.

[0011] 파장 훑음 레이저의 공진기는 링 구조이며, 반도체 광 증폭기의 이득 매질 온도 및 전류는 레이저 다이오드 조절기를 통해 조절된다.

[0012] 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터로 입사하여 특정한 파장만 필터링되고, 다시 이득 매질로 되먹임된다.

[0013] 분석부는 레이저 공진기 내부에서 빛을 외부로 출력하기 위해 광 커플러를 사용하고, 출력된 빛은 광 검출기를 통해 전기 신호로 변환되어 PC를 통해 분석한다.

[0014] 안정화부는 분석된 신호를 바탕으로 파장 훑음 레이저의 중심파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화한다.

[0015] 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템을 이용한 방법에 있어서, (a)상기 시스템이 레이저의 출력을 광 검출기를 통해 측정하는 단계, (b)상기 시스템이 반도체 광 증폭기의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 분석하여 레이저의 파장을 결정하는 단계 및 (c)상기 시스템이 상기 파장 차이를 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성하고, 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키는 단계를 포함한다.

[0016] (c)단계에서, 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터를 통해 특정 파장의 빛만을 필터링하되, 특정한 파장에서의 레이저 출력을 측정하고 이를 기준값으로 설정하고, 레이저의 출력이 기준값보다 낮아지면 레이저 다이오드 조절기의 온도 및 전류를 조절하여 레이저의 출력을 안정화한다.

[0017] 또한 (c)단계에서, 피드백 신호는 레이저 다이오드 조절기와 연결되어 있으며, 광 검출기의 출력 전압 신호를 통해 레이저 다이오드 조절기를 제어하는 단계를 포함한다.

[0018] (c)단계는 상기 시스템이 상기 파장 차이를 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성하고, 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키되, 레이저 다이오드 조절기와 신호 발생기를 사용하여 광신호를 생성한다.

[0019] 또한 (c)단계는 상기 시스템이 파장 감지기를 사용하여 광섬유 격자의 파장 변화를 감지하여 광섬유에서 전송되는 광 신호의 파장 분포를 측정하되, 파장 감지기에서 측정된 파장 분포 데이터를 분석부를 통해 분석하여 레이

저 다이오드 조절기를 이용하여 해당 파장 범위에 해당하는 레이저 출력 파장을 보상하는 과정을 포함한다.

[0020] (c)단계는 상기 시스템에서 측정하고자 하는 대상에 노출되도록 광섬유 센서가 연결배치된 상태에서 광 고립기와 광섬유 파브리-페로 가변형 필터(FFP-TF)를 이용하여 파장을 선택하고, 이득 매질의 온도 및 전류를 조절함으로써, 출력을 보정한다.

[0021] (c)단계는 상기 시스템이 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 입력된 빛 중에서 특정한 파장만을 필터링하되, 필터링된 파장은 이득 매질로 돌아가게 되며, 파장 훑음 레이저를 일정한 sine 형태의 전압으로 구동시, 중심파장에 해당하는 전압을 시간 영역에서 출력피크(봉우리 꼭대기)의 시간 변화량(Δt)을 측정하고, 이를 오프셋 전압에 피드백해서 상기 시간 변화량(Δt)이 0으로 가도록 유도하여 중심파장이 유지하도록 한다.

[0022] 또한 (c)단계는 상기 시스템이 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 파장 훑음 레이저의 Initial state와 Current state의 파장 및 출력 차이를 시간 영역에서 직접 측정하며 파장 차이를 oscillator에 인가되는 오프셋 전압에 피드백하여 설정하여 파장 차이를 0으로 계속 줄이며, 레이저 다이오드 조절기의 온도 조절을 통해 출력 차이를 0으로 계속 줄여 레이저의 파장 및 출력을 안정화한다.

[0023] (c)단계는 상기 시스템이 파장 훑음 레이저에서 출력되는 빛은 광 커플러를 통해 외부로 출력되고, 이 빛은 광검출기를 통해 전기 신호로 변환하며, 변환된 전기 신호는 분석부를 통해 모니터링된 출력 신호를 바탕으로 레이저의 파장 변화를 감지하고, 이에 따라 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화시키며, 레이저의 출력이 변경된 경우, 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화시킨다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따르면, 파장 훑음 레이저의 Initial state와 Current state의 파장 및 출력 차이를 시간 영역에서 직접 측정하며 파장 차이를 oscillator에 인가되는 오프셋 전압에 피드백하여 설정하여 파장 차이를 0으로 계속 줄이며, 레이저 다이오드 조절기의 온도 조절을 통해 출력 차이를 0으로 계속 줄여 레이저의 파장 및 출력을 안정화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 파장 훑음 레이저의 파장 및 출력 안정화 실시 예의 모식도이다.

도 2는 광 검출기를 통해 시간 영역에서 측정한 파장 훑음 레이저 출력의 모식도이다.

도 3은 파장 훑음 레이저의 파장 안정화 및 출력 안정화를 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1의 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템을 간략하게 구성한 구성도이다.

도 5는 본 실시예에 따른 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템을 이용한 방법을 나타낸 개략적인 흐름도이다.

도 6은 FFP-TF에 인가하는 oscillator의 전압을 나타낸 것이다.

도 7은 oscillator의 신호와 파장 훑음 레이저의 출력을 나타낸 것이고,

도 8은 파장영역에서 측정한 파장 훑음 레이저 출력을 편의상 피크부분만 연결하여 표현한 것이다.

도 9는 시간영역에서 측정한 파장 훑음 레이저 출력을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명은 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터 기반의 파장 훑음 레이저에 관한 것으로, 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터의 열적 불안정성에 기반하는 레이저의 파장 흔들림(또는 파장 흐름)과 레이저의 이득 매질의 온도 변화에 의한 레이저의 출력 변화를 안정화하는 것이다.

[0027] 파장 훑음 레이저는 좁은 선폭을 갖는 레이저가 특정 파장 영역을 시간에 따라 계속해서 이동하는 레이저이다. 파장 훑음 레이저를 광원으로 사용하면 광섬유 브라그 격자(Fiber Bragg Grating: FBG)와 같은 광섬유 센서를 연결하여 센서에 가해지는 인장력 또는 온도와 같은 물리량을 측정할 수 있다. 따라서, 광원으로 사용하는 파장

훑음 레이저의 파장 및 레벨은 안정적으로 유지되어야지만 센서의 신호를 정확하게 측정할 수 있게 된다.

[0028] 파장 훑음 레이저를 구현하기 위해서는 레이저 공진기 내부에 파장을 계속해서 변조해 주는 파장 가변 필터를 삽입한다. 파장 가변 필터는 대표적으로 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터 또는 폴리곤 스캐너 미러를 이용한 필터가 사용된다.

[0029] 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터는 필터 내부에 두 개의 거울과 압전소자가 위치하며 필터에 인가하는 전압에 따라 압전소자가 수축 또는 팽창하면서 거울 사이의 거리를 바꿔 투과하는 파장을 가변한다. 일반적으로 필터에 인가하는 전압은 수백 Hz에서 수십 kHz의 사인(sine) 형태이기 때문에 압전소자는 아주 빠르게 진동하며 열을 발생한다. 이 때 발생하는 열과 외부에서 필터 내부로 들어오는 열은 압전소자에 영향을 주어 두 거울 사이의 기준 거리를 바꾸게 되며, 이는 곧 파장 훑음 레이저의 중심 파장을 바꾸게 된다. 파장 훑음 레이저의 중심 파장이 바뀌게 되면 센서로 사용하는 FBG 센서 자체의 변화에 기인한 파장 변화를 구별할 수 없게 된다.

[0030] 파장 훑음 레이저의 이득 매질로 사용하는 반도체 광 증폭기(Semiconductor Optical Amplifier: SOA)는 이득 매질의 온도가 높을수록 이득 효율이 낮아지기 때문에 레이저가 일정한 출력을 유지하기 위해서는 이득 매질의 온도를 유지하는 것이 아주 중요하다.

[0031] 이득 매질의 온도를 유지하기 위해서 레이저 다이오드 조절기를 통해 이득 매질의 온도를 조절하지만, 외기 온도의 변화가 큰 경우 이득 매질의 온도를 조절하는 Thermoelectric cooler가 맞닿아 있지 않은 면의 온도 변화에 의해 이득 효율이 달라져 레이저의 출력이 변하게 된다.

[0032] 본 발명에서는 파장 훑음 레이저의 출력을 시간 영역에서 직접 측정하여 레이저의 파장 및 출력을 안정화하는 것에 특징이 있다.

[0033] 도 1은 파장 훑음 레이저의 파장 및 출력 안정화 실시 예의 모식도이다. 파장 훑음 레이저의 공진기는 링 구조이며, 레이저의 이득 매질은 반도체 광 증폭기(Semiconductor Optical Amplifier: SOA)이며 이득 매질의 온도 및 전류는 레이저 다이오드 조절기(Laser Diode Controller)를 통해 조절된다.

[0034] 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)로 입사하여 특정한 파장만이 필터링되고, 다시 이득 매질로 되먹임되는 구조이다. 여기서, 특정한 파장과 관련하여, 이 필터에서 특정한 파장이 선택되어 이득 매질로 돌아가게 된다. 이때 선택되는 파장은 FFP-TF의 운영 조건 및 사용 목적에 따라 다를 수 있으며, 보통은 사용자가 원하는 파장으로 조정된다.

[0035] 레이저 공진기 내부에서 빛을 외부로 출력하기 위해 광 커플러(Optical coupler)를 사용한다. 광 커플러를 통해 출력된 빛은 광 검출기(Photo Detector: PD)를 통해 전기 신호로 변환되어 PC를 통해 분석한다.

[0036] 분석된 신호를 바탕으로 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기(Oscillator)의 오프셋 전압(V_{offset})을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화한다.

[0037] 도 2는 광 검출기를 통해 시간 영역에서 측정한 파장 훑음 레이저 출력의 모식도이다. 안정화가 시작되었을 때 최초로 측정된 파장 훑음 레이저의 출력은 검정색(Initial state), 이후 측정된 레이저의 출력은 파랑 점선(Current state)로 표시하였다. 파장 훑음 레이저의 특성으로 가로 축(시간 영역)은 파장 영역과 1:1 대응된다. Initial state와 Current state의 시간 차이는 Δt이며, 곧 파장 차이와 동일하다. Initial state와 Current state의 출력 차이는 Δl로 나타내었다. 각 측정은 oscillator에서 출력되는 trigger신호를 기준으로 측정된다.

[0038] 도 3은 파장 훑음 레이저의 파장 안정화 및 출력 안정화 알고리즘이다. 도 2에서 측정한 Δt(즉, 파장 차이)는 신호 발생기(oscillator)에 인가되는 오프셋 전압을 피드백하여 Δt를 0으로 계속 줄여 안정화한다. 출력 차이는 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 Δl을 0으로 계속 줄여 안정화한다.

[0039] 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터를 기반으로 하는 파장 훑음 레이저는 파장을 안정화하지 않고 센서부에 일정한 파장을 반사하는 광 소자를 추가적으로 배치함으로써, 파장 훑음 레이저의 파장 흐름을 보상한다.

[0040] 본 발명에서는 파장 훑음 레이저의 출력 자체를 직접적으로 측정하여 파장 및 출력을 안정화하기 때문에, 광섬유 센서의 광원으로 사용할 때 추가적인 광 소자나 신호 처리가 필요하지 않다.

[0041] 또한, 이득 매질 또는 파브리-페롯 가변형 필터를 다른 파장에서 사용하는 경우에도 동일하게 사용이 가능하다.

[0042] 또한, 파장 훑음 레이저의 훑음 속도가 변경되는 경우에도 동일하게 사용이 가능하다.

[0043] 그리고 파장 훑음 레이저의 파장 및 출력 안정화는 광원으로써의 품질을 높이므로 광섬유 센서의 파장 변화 및 출력 변화의 정확도를 올릴 수 있는 효과가 있다.

[0044] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1의 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템을 간략하게 구성한 구성도이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템(10)은 파장 훑음 레이저의 이득 매질로 사용하는 반도체 광 증폭기(100), 반도체 광 증폭기의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 분석하여 레이저의 파장을 결정하는 분석부(200), 상기 분석부에서 분석된 신호를 바탕으로 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키는 안정화부(300)를 포함한다.

[0045] 파장 훑음 레이저의 공진기는 링 구조이며, 반도체 광 증폭기의 이득 매질 온도 및 전류는 레이저 다이오드 조절기를 통해 조절된다.

[0046] 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터로 입사하여 특정한 파장만 필터링되고, 다시 이득 매질로 되먹임된다.

[0047] 분석부(200)는 레이저 공진기 내부에서 빛을 외부로 출력하기 위해 광 커플러를 사용하고, 출력된 빛은 광 검출기를 통해 전기 신호로 변환되어 PC를 통해 분석한다.

[0048] 안정화부(300)는 분석된 신호를 바탕으로 파장 훑음 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 파장 훑음 레이저의 출력이 변경된 경우 레이저 다이오드 조절기의 온도 및 전류를 조절하여 파장 훑음 레이저의 출력을 안정화한다.

[0049] 이를 도 1을 토대로 상세히 설명하기로 한다.

[0050] 1. 파장 훑음 레이저 출력을 비교하여 레이저의 파장을 피드백하는 방법과 관련하여, 파장 훑음 레이저의 공진기는 링 구조를 가지고 있으며, 레이저의 이득 매질은 반도체 광 증폭기(SOA)로 이루어져 있다. 이득 매질의 온도 및 전류는 레이저 다이오드 조절기를 통해 조절된다. 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(FFP-TF)로 입사하여 특정한 파장만이 필터링되어 다시 이득 매질로 되먹임되는 구조이다. 레이저 공진기 내부에서 빛을 외부로 출력하기 위해 광 커플러를 사용한다. 광 커플러를 통해 출력된 빛은 광 검출기(PD)를 통해 전기 신호로 변환되어 PC를 통해 분석한다. 분석된 신호를 바탕으로 레이저의 파장이 변경된 경우, 신호 발생기(Oscillator)의 오프셋 전압(V_{offset})을 조절하여 파장을 안정화한다. 레이저의 출력이 변경된 경우, 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화한다. 이렇게 안정화된 파장 훑음 레이저의 출력을 비교하여 레이저의 파장을 피드백한다.

[0051] 본 실시예에서의 파장 훑음 레이저의 출력을 비교하여 레이저의 파장을 피드백하는 방법은 다음과 같다.

[0052] 레이저의 출력을 광 검출기를 통해 측정한다. 측정된 출력 값을 분석하여 레이저의 파장을 결정한다. 원하는 파장과 현재 파장 간의 차이를 계산한다. 이 차이 값을 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성한다. 피드백 신호를 레이저 다이오드 조절기나 신호 발생기(Oscillator)에 입력하여 레이저 파장을 조절한다. 위의 방법은 레이저의 파장을 정확하게 조절할 수 있도록 하는 방법이다. 이 방법은 파장 훑음 레이저의 출력을 비교하여 레이저의 파장을 안정화하고, 원하는 파장으로 조정하는 데 효과적이다. 레이저의 파장이 안정화되면 레이저의 출력도 안정적으로 유지될 수 있으며, 이는 광 통신 분야에서 매우 중요한 역할을 한다.

[0053] 2. 파장 훑음 레이저 출력을 비교하여 피크의 위치를 제어하는 방법과 관련하여, 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)로 입력된다. FFP-TF는 특정 파장의 빛만을 필터링하여 이득 매질로 돌려보낸다. 레이저 공진기 내부에서 광 커플러(Optical coupler)를 사용하여 출력된 빛을 외부로 배출한다. 출력된 빛은 광 검출기(Photo Detector: PD)를 통해 전기 신호로 변환된다. 전기 신호는 피크 감지기(Peak Detector)를 통해 최고값을 찾는다. 최고값을 기준으로 피크 위치를 판단한다. 피크 위치가 변경된 경우, 신호 발생기(Oscillator)의 오프셋 전압(offset voltage)을 조절하여 파장을 안정화시킨다. 피크 위치가 변경되지 않은 경우, 레이저의 출력이 변경된 경우 레

이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화시킨다.

[0054] 파장 훑음 레이저의 출력을 비교하여 피크의 위치를 제어하는 방법은 피드백 제어 기술을 사용하여 수행된다. 이를 위해서는 먼저 파장 훑음 레이저의 출력을 측정하고, 이를 기준으로 피드백 제어 회로를 구성해야 한다. 광 검출기를 사용하여 파장 훑음 레이저의 출력을 측정하고, 이를 아날로그-디지털 변환기(Analog-to-Digital Converter: ADC)를 통해 디지털 신호로 변환한다. 변환된 디지털 신호는 마이크로프로세서나 FPGA 같은 임베디드 시스템에서 처리된다. 처리된 신호는 다음과 같은 방법으로 피드백 제어 회로에 입력된다. 우선, 특정한 파장에서의 레이저 출력을 측정하고 이를 기준값으로 설정한다. 이후, 레이저의 출력이 기준값보다 낮아지면 신호 발생기를 통해 발생하는 오프셋 전압을 높여서 레이저의 파장을 증가시켜 피크를 이동시킨다. 반대로, 레이저의 출력이 기준값보다 높아지면 오프셋 전압을 낮추어 레이저의 파장을 감소시켜 피크를 이동시킨다. 이렇게 피드백 제어 회로를 통해 파장 훑음 레이저의 출력을 비교하여 피크의 위치를 제어할 수 있다. 이는 광통신 분야에서 매우 중요한 기술로서, 광섬유 통신 시스템에서 신호의 안정성과 정확성을 보장하는 데 큰 역할을 한다.

[0055] 3. 파장 훑음 레이저 출력을 비교하여 레이저의 출력을 피드백하는 방법과 관련하여 설명하면 다음과 같다. 파장 훑음 레이저의 출력을 비교하여 레이저의 출력을 피드백하는 방법은 광 검출기를 사용하여 수행된다. 광 검출기는 레이저에서 출력되는 광 신호를 감지하고 전기 신호로 변환한다. 이러한 전기 신호는 분석기에서 처리되어 레이저의 출력을 측정하고 제어한다. 레이저 출력의 안정화를 위해 광 검출기의 출력 전압은 레이저 출력의 기준 전압과 비교된다. 만약 레이저의 출력이 변화한다면, 광 검출기의 출력 전압도 함께 변화한다. 이러한 출력 전압 신호는 피드백 회로를 통해 레이저의 출력을 안정화하기 위해 사용된다. 피드백 회로는 일반적으로 레이저 다이오드 조절기와 연결되어 있으며, 광 검출기의 출력 전압 신호를 통해 레이저 다이오드 조절기를 제어한다. 예를 들어, 만약 레이저의 출력이 감소한다면, 광 검출기의 출력 전압도 감소할 것이다. 이러한 출력 전압 신호는 레이저 다이오드 조절기를 통해 레이저 출력을 증가시켜 안정화된다. 반대로, 레이저의 출력이 증가하면, 광 검출기의 출력 전압도 증가할 것이다. 이러한 출력 전압 신호는 레이저 다이오드 조절기를 통해 레이저 출력을 감소시켜 안정화된다. 이러한 방법을 통해 파장 훑음 레이저의 출력을 비교하여 레이저의 출력을 피드백하는 것이 가능하며, 이는 레이저의 출력을 안정화시켜 신뢰성 높은 레이저 출력을 제공할 수 있도록 한다.

[0056] 4. 파장 훑음 레이저의 파장 및 출력 안정화 알고리즘과 관련하여, 설명하기로 한다. 파장 훑음 레이저의 파장 안정화 알고리즘은 신호 발생기의 오프셋 전압 조절에 기반한다. 레이저의 파장이 변경되면 분석된 신호를 바탕으로 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화한다. 이때, 오프셋 전압은 파장 훑음 레이저의 중심 파장에 해당하는 전압을 발생시키는 기능을 갖고 있다. 이 전기 신호는 레이저 공진기에 입력되어 레이저의 파장을 조절하는데 사용된다. 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 알고리즘은 레이저 다이오드 조절기의 온도 조절에 기반한다. 레이저의 출력이 변경되면 분석된 신호를 바탕으로 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화한다. 이 때, 레이저 다이오드 조절기는 온도를 조절함으로써 레이저 다이오드의 전류를 조절하고, 이는 레이저의 출력에 영향을 미치게 된다.

[0057] 따라서, 레이저의 출력을 안정화하기 위해서는 레이저 다이오드 조절기의 온도를 정밀하게 제어해야 한다. 이러한 알고리즘을 사용하여 파장 훑음 레이저를 광섬유 센서의 광원으로 활용할 수 있다. 광섬유 센서에서는 파장과 출력이 일정한 레이저 광원이 필요하며, 파장 훑음 레이저는 이러한 요구사항을 충족시킬 수 있다. 또한, 파장 훑음 레이저는 광섬유 센서의 측정 범위를 더욱 확장시킬 수 있는 장점이 있다.

[0058] 5. 파장 훑음 레이저의 파장 및 출력 안정화를 사용하여 광섬유 센서의 광원으로 활용하는 방법과 관련하여, 파장 훑음 레이저를 광섬유 센서의 광원으로 활용하기 위해서는, 우선 레이저의 파장을 안정화시키고 출력을 안정화시켜야 한다. 이를 위해서, 레이저 다이오드 조절기를 통해 이득 매질의 온도와 전류를 조절하여 레이저의 출력을 안정화하고, 선택되는 파장은 FFP-TF의 조건과 목적에 따라 원하는 파장으로 조정된다. 파장 훑음 레이저의 파장 안정화는, 레이저의 파장이 변경될 때마다 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화시키는 방법을 사용한다. 이를 통해 레이저의 파장을 정확하게 제어할 수 있다. 출력 안정화는, 레이저의 출력이 변경될 때 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화시키는 방법을 사용한다. 이를 통해 광섬유 센서에서 안정적인 광신호를 얻을 수 있다. 따라서, 파장 훑음 레이저를 광섬유 센서의 광원으로 활용하기 위해서는, 레이저의 파장과 출력을 안정화시키는 과정이 필요하며, 이를 위해 레이저 다이오드 조절기와 신호 발생기를 사용하여 정확하고 안정적인 광신호를 생성할 수 있다.

[0059] 6. 파장 훑음 레이저의 출력 안정화에서 광섬유 격자의 파장 변화를 보상하는 방법과 관련하여, 광섬유 격자는 일정한 구조를 가지고 있어 특정한 파장에서 빛이 특정한 간격으로 모이는 현상이 나타난다. 이는 파장 훑음 레이저에서 원하는 파장을 출력할 때, 격자의 파장이 레이저 파장과 일치하지 않을 경우, 센서의 정확도가 떨어질

수 있는 문제가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 문제를 보상하기 위해 파장 홉음 레이저의 출력 안정화 과정에서 광섬유 격자의 파장 변화를 보상하는 기술이 사용된다. 이를 위해서 광섬유 격자의 파장을 측정하고, 이를 피드백하여 레이저 출력을 제어하는 방식을 사용한다. 이를 통해 격자의 파장 변화를 보상하고, 광섬유 센서의 정확도를 높일 수 있다. 파장 홉음 레이저의 출력 안정화에서 광섬유 격자의 파장 변화를 보상하는 방법은 레이저 다이오드 조절기와 파장 감지기(Optical Spectrum Analyzer: OSA)를 이용하여 수행할 수 있다. 먼저, 레이저 다이오드 조절기를 사용하여 레이저의 출력을 안정화할 수 있다. 레이저의 출력이 변하면, 레이저 다이오드 조절기를 이용하여 레이저의 이득 매질 온도를 조절함으로써 출력을 안정화시킬 수 있다. 다음으로, 파장 감지기를 사용하여 광섬유 격자의 파장 변화를 감지할 수 있다. 파장 감지기는 광섬유에서 전송되는 광 신호의 파장 분포를 측정할 수 있다. 이제, 파장 감지기에서 감지된 광섬유 격자의 파장 변화를 바탕으로 레이저의 출력 파장을 보상해야 한다. 이를 위해 파장 감지기에서 측정된 파장 분포 데이터를 분석하여, 보상이 필요한 파장 범위를 확인하고, 레이저 다이오드 조절기를 이용하여 해당 파장 범위에 해당하는 레이저 출력 파장을 보상한다. 이러한 방법으로 파장 홉음 레이저의 출력 안정화에서 광섬유 격자의 파장 변화를 보상할 수 있다.

[0060] 7. 파장 홉음 레이저의 출력 안정화하여 광섬유 센서에 적용해 출력 파장을 보상하는 방법과 관련하여, 파장 홉음 레이저의 출력 안정화하여 광섬유 센서에 적용해 출력 파장을 보상하는 방법은 다음과 같다. 광섬유 센서를 연결하고 측정 대상에 노출한다. 레이저 다이오드 조절기를 사용하여 레이저의 출력을 안정화한다. 이를 위해 레이저 다이오드 조절기를 이용하여 레이저 다이오드의 온도를 조절한다. 이를 통해 레이저의 출력을 일정하게 유지한다. 광 고립기와 광섬유 파브리-페로 가변형 필터(FFP-TF)를 이용하여 파장을 선택하고, 이득 매질을 통해 출력 파장을 보정한다. 광 고립기는 반사를 방지하여 안정적인 출력을 유지할 수 있도록 한다. FFP-TF는 파장 선택을 위한 필터로, 사용자가 원하는 파장으로 선택하여 레이저 출력 파장을 보정할 수 있다. 선택된 파장은 이득 매질을 통과하여 출력 파장을 안정화시킨다. 광 커플러를 사용하여 광섬유에서 레이저 출력을 측정한다. 광 검출기를 통해 광섬유에서 나오는 빛을 전기 신호로 변환하여 PC에 전달한다. PC에서는 광 검출기에서 측정된 신호를 분석하여 레이저 파장이 변경된 경우에는 오프셋 전압(offset voltage)을 조절하여 파장을 안정화시킨다. 이를 통해 파장의 안정성을 유지할 수 있다. 레이저의 출력이 변경된 경우에는 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화한다. 이를 통해 출력의 안정성을 유지할 수 있다. 이러한 과정을 통해 파장 홉음 레이저의 출력을 안정화하고, 광섬유 센서에 적용하여 출력 파장을 보상할 수 있다. 이를 통해 광섬유 센서의 측정 정확도와 신뢰성을 높일 수 있다.

[0061] 8. 파장 홉음 레이저의 중심파장을 보정하는 방법과 관련하여, FFP-TF(Filter Fabry-Perot Tunable Filter)를 이용한 방법이다. FFP-TF는 레이저 출력을 입사하여 특정한 파장만이 필터링되고, 다시 이득 매질로 되먹임되는 구조를 가지고 있다. 이때 선택되는 파장은 FFP-TF의 운영 조건 및 사용 목적에 따라 다를 수 있으며, 보통은 사용자가 원하는 파장으로 조정된다. 따라서, FFP-TF를 이용하여 원하는 파장을 선택한 후 레이저의 이득 매질에 다시 되먹임하여 레이저의 중심파장을 보정한다. 또한 레이저 출력을 모니터링하기 위해 광 검출기를 사용한다. 모니터링된 신호를 바탕으로 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화한다. 이때 오프셋 전압을 조절함으로써 파장이 조정되므로, 파장 홉음 레이저의 중심파장을 안정적으로 보정할 수 있다. 이에 대한 파장 홉음 레이저의 중심파장을 보정하는 방식을 시계열 순으로 설명하면 다음과 같다. 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 입력된 빛 중에서 특정한 파장만을 필터링한다. 이 필터링된 파장은 이득 매질로 돌아가게 되며, 이득 매질의 전류를 조절함으로써 중심파장을 보정한다. 레이저의 출력 신호를 광 검출기(Photo Detector: PD)를 통해 전기 신호로 변환한다. 변환된 신호를 바탕으로 파장이 변경된 경우, 신호 발생기(Oscillator)의 오프셋 전압(VCO)을 조절하여 파장을 안정화한다.

[0062] 9. 파장 홉음 레이저에 구동하는 전류공급기의 전류를 보정하여 안정화하는 방법과 관련하여, 파장 홉음 레이저는 레이저 다이오드의 전류에 따라 파장이 변화하므로, 전류의 안정성이 레이저 출력 안정성과 직결된다. 이에 따라 전류 공급기의 전류를 보정하여 안정화하는 방법이 사용된다. 파장 홉음 레이저에 구동되는 전류공급기의 전류를 안정화하기 위해서는 전류 공급기에서 발생하는 노이즈와 파장 홉음 레이저의 빠른 반응속도를 고려해야 한다. 이를 위해서는 먼저 전류공급기에서 발생하는 노이즈를 최소화해야 한다. 이를 위해서는 노이즈가 발생할 가능성이 있는 회로 부분을 최적화하고, 노이즈를 발생시키는 요인을 찾아내어 감소시키는 등의 방법을 사용할 수 있다. 그 다음으로는 파장 홉음 레이저의 빠른 반응속도를 고려하여, 전류 공급기의 출력 전압을 파장 홉음 레이저가 안정적으로 동작할 수 있는 전압 범위 내에서 일정하게 유지해야 한다. 이를 위해서는 특정 주파수 범위 내에서 파장 홉음 레이저의 출력이 최소한으로 감소하는 전압을 찾아서 이를 유지하는 방법을 사용할 수 있다. 이렇게 함으로써 파장 홉음 레이저의 출력 파장이 안정적으로 유지되며, 노이즈와 같은 외부 요인으로 인한 파장 변화를 최소화할 수 있다. 파장 홉음 레이저의 출력 안정화를 위해 전류공급기의 전류를 보정하여 안정화

하는 방법에 대한 시계열 순으로 나열하여 설명하면 다음과 같다. 레이저 다이오드 조절기(Laser Diode Controller)를 통해 전류 공급기의 전류를 조절한다. 광 고립기(Isolator)를 통해 파장 훑음 레이저의 출력에서 반사된 광을 차단한다. 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 원하는 파장을 선택한다. 이득 매질(Semiconductor Optical Amplifier: SOA)에서 방출된 광이 광섬유를 통해 레이저 공진기(Ring Resonator)에 들어가 광 커플러(Optical coupler)를 통해 레이저 출력으로 변환된다. 레이저 출력을 광 검출기(Photo Detector: PD)를 통해 전기 신호로 변환한다. 변환된 신호를 PC로 전송하여 파장의 변화를 모니터링한다. 파장이 변경된 경우 신호 발생기(Oscillator)의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화한다.

[0063] 10. 파장 훑음 레이저의 출력을 시간영역에서 모니터링하여 안정화하는 방법과 관련하여, 파장 훑음 레이저의 출력을 안정화하기 위해서는 레이저의 파장과 출력을 모니터링하고, 이를 토대로 필요한 보정을 수행해야 한다. 이를 위해 파장 훑음 레이저의 공진기에서 출력된 빛은 광 커플러를 통해 광 검출기로 이동되어 전기 신호로 변환된다. 이 신호는 주로 피드백 제어를 위한 전압 제어 회로인 오실레이터에 전달된다. 오실레이터에서는 광 검출기에서 전달된 신호를 바탕으로 파장 훑음 레이저의 파장을 안정화한다. 이때, 파장 안정화를 위해서는 파장 변화에 민감한 적절한 검출기와 적절한 빛 필터링 시스템이 필요하다. 또한, 파장 훑음 레이저의 출력 안정화를 위해서는 SOA(Semiconductor Optical Amplifier)에서 발생하는 열 확산 문제와 같은 이슈를 고려해야 한다. 이를 위해서는 SOA의 온도와 전류를 안정적으로 조절하는 레이저 다이오드 조절기를 사용한다. 따라서, 파장 훑음 레이저의 출력을 안정화하기 위해서는 광 검출기와 필터링 시스템, 오실레이터, SOA의 전류와 온도를 안정적으로 조절하는 레이저 다이오드 조절기 등이 필요하다. 이러한 장치들을 사용하여 레이저의 파장과 출력을 안정화하면서 정확한 실험 결과를 얻을 수 있다. 파장 훑음 레이저의 출력을 시간영역에서 모니터링하여 안정화하는 방법을 시계열 순으로 설명하면, 파장 훑음 레이저에서 출력되는 빛은 광 커플러를 통해 외부로 출력되고, 이 빛은 광 검출기를 통해 전기 신호로 변환된다. 변환된 전기 신호는 PC를 통해 모니터링된다. PC를 통해 모니터링된 출력 신호를 바탕으로 레이저의 파장 변화를 감지하고, 이에 따라 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화시킨다. 레이저의 출력이 변경된 경우, 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화시킨다. 이러한 모니터링 및 조절 과정은 미세한 변화를 감지하고 조절하므로, 레이저의 출력이 안정화되고 일정한 성능을 유지할 수 있게 된다.

[0064] 도 5는 본 실시예에 따른 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템을 이용한 방법을 나타낸 개략적인 흐름도이다.

[0065] 도 5에 도시된 바와 같이, 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템을 이용한 방법에 있어서, (a)파장 훑음 레이저의 출력 안정화시스템(이하, 시스템이라 함)이 레이저의 출력을 광 검출기를 통해 측정하는 단계, (b)시스템이 반도체 광 증폭기의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 분석하여 레이저의 파장을 결정하는 단계 및 (c)시스템이 상기 파장 차이를 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성하고, 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키는 단계를 포함한다.

[0066] (c)단계에서, 반도체 광 증폭기에서 방출된 빛은 광 고립기(Isolator)를 지나 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터를 통해 특정 파장의 빛만을 필터링하되, 특정한 파장에서의 레이저 출력을 측정하고 이를 기준값으로 설정하고 레이저의 출력이 기준값보다 낮아지면 레이저 다이오드 조절기의 온도 및 전류를 통해 조절하여 파장 훑음 레이저의 출력을 안정화한다.

[0067] (c)단계에서, 피드백 신호는 레이저 다이오드 조절기와 연결되어 있으며, 광 검출기의 출력 전압 신호를 통해 레이저 다이오드 조절기를 제어하는 단계를 포함한다.

[0068] 또한 (c)단계는 상기 시스템이 상기 파장 차이를 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성하고, 레이저의 파장이 변경된 경우 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화하고, 레이저의 출력이 변경된 경우 상기 이득 매질의 온도 및 전류를 조절하여 출력을 안정화시키되, 레이저 다이오드 조절기와 신호 발생기를 사용하여 광신호를 생성한다.

[0069] 본 실시예에 따른 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법에서는, 파장 훑음 레이저의 중심파장이 변화한 경우 oscillator의 오프셋 전압을 조절하여 중심파장을 조절한다.

[0070] 또한 (c)단계는, 상기 시스템이 파장 감지기를 사용하여 광섬유 격자의 파장 변화를 감지하여 광섬유에서 전송되는 광 신호의 파장 분포를 측정하되, 파장 감지기에서 측정된 파장 분포 데이터를 분석부를 통해 분석하여 레

이저 다이오드 조절기를 이용하여 해당 파장 범위에 해당하는 레이저 출력 파장을 보상하는 과정을 포함한다.

[0071] (c)단계는 상기 시스템에서 측정하고자 하는 대상에 노출되도록 광섬유 센서가 연결배치된 상태에서 광 고립기와 광섬유 파브리-페로 가변형 필터(FFP-TF)를 이용하여 파장을 선택하고, 이득 매질의 온도 및 전류을 통해 출력을 보정한다.

[0072] 또한 (c)단계에서 상기 시스템이 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 입력된 빛 중에서 특정한 파장만을 필터링하되, 필터링된 파장은 이득 매질로 돌아가게 되며, 파장 훑음 레이저를 일정한 sine 형태의 전압으로 구동시, 중심파장에 해당하는 전압을 시간 영역에서 출력피크(봉우리 꼭대기)의 시간 변화량(Δt)을 측정하고, 이를 오프셋 전압에 피드백해서 상기 시간 변화량(Δt)이 0으로 가도록 유도하여 중심파장이 유지하도록 한다. 특정 주파수 범위 내에서 파장 훑음 레이저의 출력이 최소한으로 감소하는 전압으로 파장 훑음 레이저의 출력 파장이 유지하도록 한다.

[0073] 또한 상기 시스템이 광섬유 파브리-페롯 가변형 필터(Fiber Fabry-Perot Tunable Filter: FFP-TF)를 통해 파장 훑음 레이저의 Initial state와 Current state의 파장 및 출력 차이를 시간 영역에서 직접 측정하며 파장 차이를 oscillator에 인가되는 오프셋 전압에 피드백하여 설정하여 파장 차이를 0으로 계속 줄이며, 레이저 다이오드 조절기의 온도 조절을 통해 출력 차이를 0으로 계속 줄여 레이저의 파장 및 출력을 안정화한다.

[0074] 또한 (c)단계는 상기 시스템이 파장 훑음 레이저에서 출력되는 빛은 광 커플러를 통해 외부로 출력되고, 이 빛은 광 검출기를 통해 전기 신호로 변환하며, 변환된 전기 신호는 분석부를 통해 모니터링된 출력 신호를 바탕으로 레이저의 파장 변화를 감지하고, 이에 따라 신호 발생기의 오프셋 전압을 조절하여 파장을 안정화시키며, 레이저의 출력이 변경된 경우, 레이저 다이오드 조절기의 온도를 조절하여 출력을 안정화시킨다.

[0075] 본 실시예에 따른 파장 훑음 레이저의 출력 안정화 시스템 및 그 방법에 있어서, FFP-TF를 통한 파장훑음 레이저와 관련하여 추가적으로 설명하면 다음과 같다.

[0076] FFP-TF는 특정 전압을 인가해 주면 특정 파장을 필터링하는 필터이다. 파장훑음 레이저는 FFP-TF에 인가하는 전압을 sine 형태로 주어서, 특정 범위의 파장영역을 순차적으로 스캔(훑는) 레이저이다. 이러한 FFP-TF에 인가하는 oscillator의 전압은 도 6의 그래프와 같은 형태가 된다.

[0077] 도 6은 FFP-TF에 인가하는 oscillator의 전압을 나타낸 것이다. 도 6과 같은 Oscillator의 전압 신호가 FFP-TF에 인가되었을 때, 최종적으로 파장 훑음 레이저에서 발생하는 출력을 시간 순으로 몇 개 포인트에서 연결해 보면 도 7과 같이 특정 파장 범위를 시간적으로 이동한다.

[0078] 도 7은 oscillator의 신호와 파장 훑음 레이저의 출력을 나타낸 것이고, 도 8은 파장영역에서 측정한 파장 훑음 레이저 출력을 편의상 피크부분만 연결하여 표현한 것이다. 도 9는 시간영역에서 측정한 파장 훑음 레이저 출력을 나타낸 것이다.

[0079] 도 7에 도시된 바와 같이, Vpp 는 파장 범위와 연관되어 있으며 V_{offset}은 중심 파장과 연관된다. 이 출력을 편의상 피크부분만 연결하여 표현한다. 그러면 도 8과 같이 중심파장과 범위를 갖는 형태가 된다. 이 출력을 파장영역이 아닌 시간 영역에서(즉, 오실로스코프 장비로 측정) 측정하면 도 9처럼 측정할 수 있다.

[0080] 도 8과 도 9의 λ_c 는 중심파장과 범위를 나타낸 것이다. 도 7에 표시된 바와 같이, 사인 함수의 전압이 FFP-TF에 인가될 때, 사인 함수의 골에 해당하는 전압에서 발진하는 파장이 가장 단파장이며, 사인 함수의 마루에 해당하는 전압에서 발진하는 파장이 가장 장파장이다. 즉 파장 훑음 레이저의 출력 파장은 사인함수의 전압에 의해 가장 단파장과 장파장 사이의 범위를 갖게 되고, 이 중간이 되는 파장이 λ_c이다.

[0081] 도 9에서 봉우리가 두 개인 것은 sine 함수에 의해 전압이 커지는 방향(파장이 커짐)과 전압이 작아지는 방향(파장이 작아짐)이 한 주기를 갖기 때문이다. 이것은 파장 영역에서는 겹치기 때문에 나뉘어 보여지지 않는다.

[0082] 본 실시예에 따른 FFP-TF의 열적 불안정성에 의해 생기는 중심파장의 변화 보정에 있어서, FFP-TF는 열적 불안정성을 갖기 때문에 파장 훑음 레이저를 일정한 sine 형태의 전압으로 구동하게 되면 시간이 지났을 때 같은 전압에서도 중심파장이 바뀌게 된다. 이를 보정하는 것은 중심파장에 해당하는 전압(즉, 오프셋 전압 V_{offset})을 조절하여 다시 초기 위치로 되돌릴 수 있다. 일반적으로 파장 영역에서 측정해서 보정을 하지만, 본 실시예에서는 이를 시간 영역에서 봉우리 꼭대기의 시간 변화량 Δt(즉, 중심파장 변화에 해당)를 측정하고, 이를 V_{offset}에 피

드백해서 Δt -> 0 으로 계속 가도록 유도하면 중심파장이 변하지 않고 유지된다.

[0083] 또한 본 실시예에 따른 이득매질의 열적 불안정성에 의해 생기는 출력의 변화 보정에 있어서, 이득매질(본 실시예에서는, SOA, Semiconductor Optical Amplifier)의 온도는 레이저의 출력에 큰 영향을 준다.

[0084] 이 때, 출력을 정확하게 측정하는 것은 파장 영역에서는 어렵다. 파장영역은 스펙트럼 분석기를 통해 측정해야 하는데, 파장훑음 레이저의 스캔 속도에 비해 분석기의 속도가 아주 느리기 때문에 발생하는 오차가 크기 때문이다. 따라서 출력의 변화를 정확하게 측정하는 것은 파장변화를 측정하는 것과 비슷하게 시간 영역에서 측정하는 것이 아주 빠르고, 비교적 정확하다.

[0085] 따라서 시간 영역에서 레이저의 출력 변화를 측정하는 것 자체도 중요하다. 출력이 변화하는 요인은 이득매질의 전류 변화로, 이는 대부분 일어나지 않지만 전류를 조절하여 출력을 조절할 수도 있다.

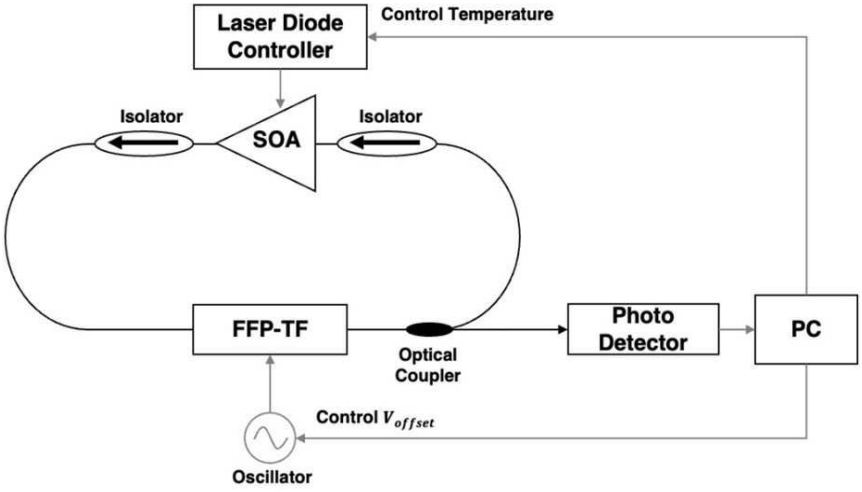
[0086] 또한 이득매질의 온도 변화로 이득매질의 온도는 항상 조절되고 있지만, 외부환경의 급격한 변화는 온도의 조절의 속도를 따라가지 못할 수도 있다.

[0087] 이 두 요인에 발생하는 레이저의 출력 변화를 이득매질의 온도 및 전류를 조절하여 보정하는 것이다.

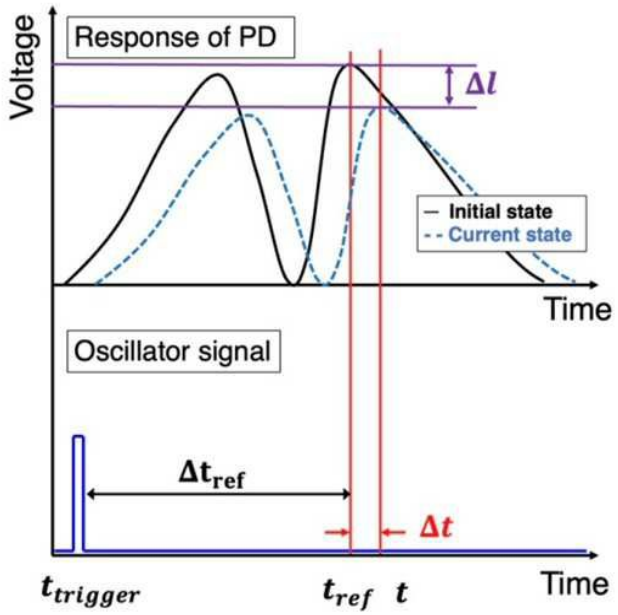
[0088] 따라서 파장의 보정과 출력의 보정의 원인과 보정방법의 기작은 서로 다르지만, 시간 영역에서 파장 훑음 레이저의 출력을 직접 측정하여 두 개를 동시에 각각 보정함으로써, 파장 훑음 레이저의 Initial state와 Current state의 파장 및 출력 차이를 시간 영역에서 직접 측정하며 파장 차이를 oscillator에 인가되는 오프셋 전압에 피드백하여 설정하여 파장 차이를 0으로 계속 줄이며, 레이저 다이오드 조절기의 온도 조절을 통해 출력 차이를 0으로 계속 줄여 레이저의 파장 및 출력을 안정화할 수 있는 효과가 있다.

도면

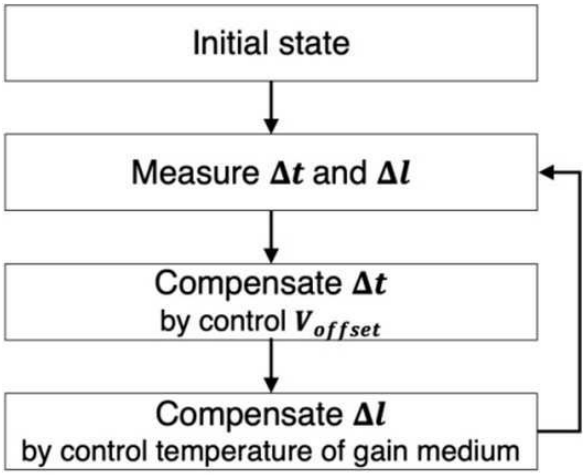
도면1



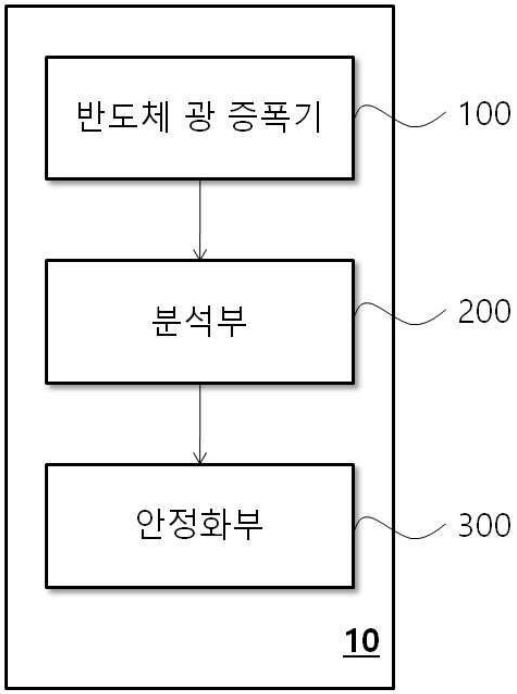
도면2


Voltage
Response of PD
Δl
Initial state
Current state
Time
Oscillator signal
Δt_ref
Δt
t_trigger
t_ref
t
Time

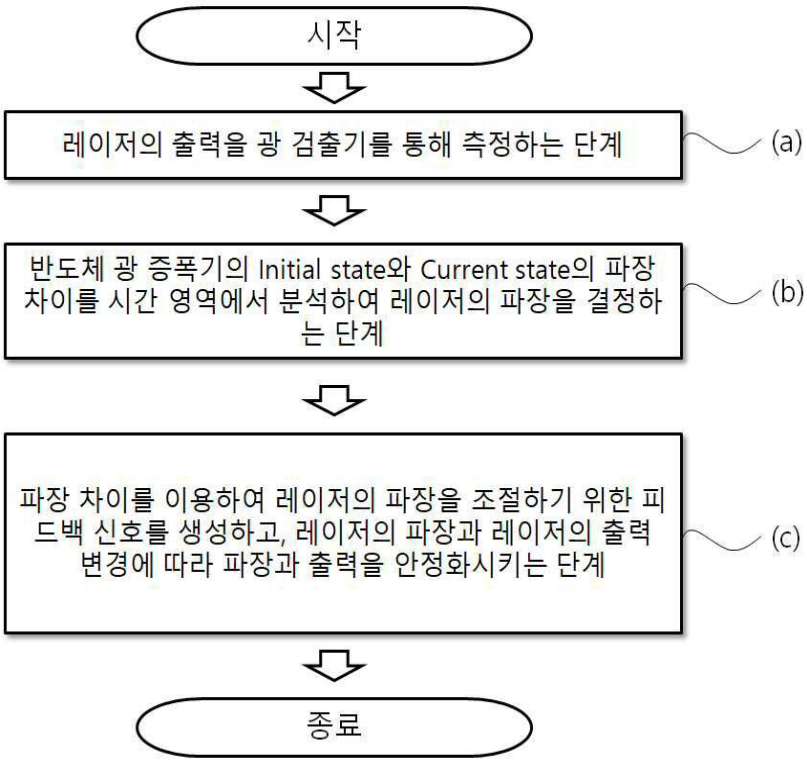
도면3


Initial state
Measure Δt and Δl
Compensate Δt
by control V_offset
Compensate Δl
by control temperature of gain medium

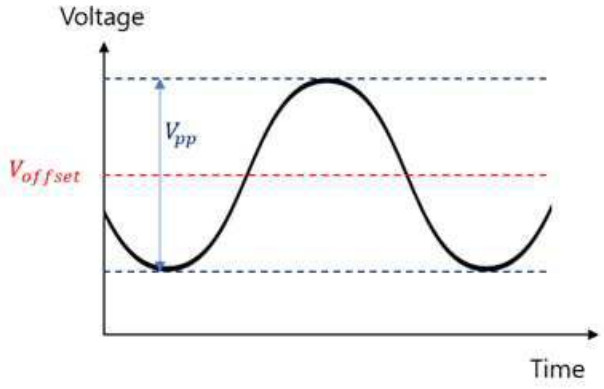
도면4


반도체 광 증폭기
100
분석부
200
안정화부
300
10

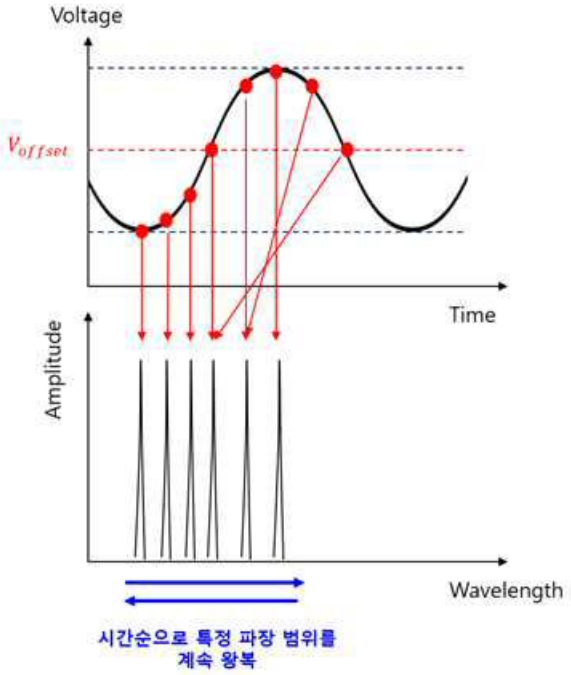
도면5


시작
레이저의 출력을 광 검출기를 통해 측정하는 단계
(a)
반도체 광 증폭기의 Initial state와 Current state의 파장 차이를 시간 영역에서 분석하여 레이저의 파장을 결정하는 단계
(b)
파장 차이를 이용하여 레이저의 파장을 조절하기 위한 피드백 신호를 생성하고, 레이저의 파장과 레이저의 출력 변경에 따라 파장과 출력을 안정화시키는 단계
(c)
종료

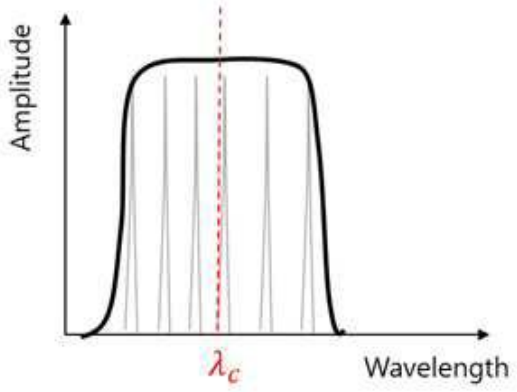
도면6


Voltage
V_{pp}
V_{offset}
Time

도면7


Voltage
V_{offset}
Time
Amplitude
Wavelength
시간순으로 특정 파장 범위를
계속 왕복

도면8


Amplitude
λ_c
Wavelength

도면9

