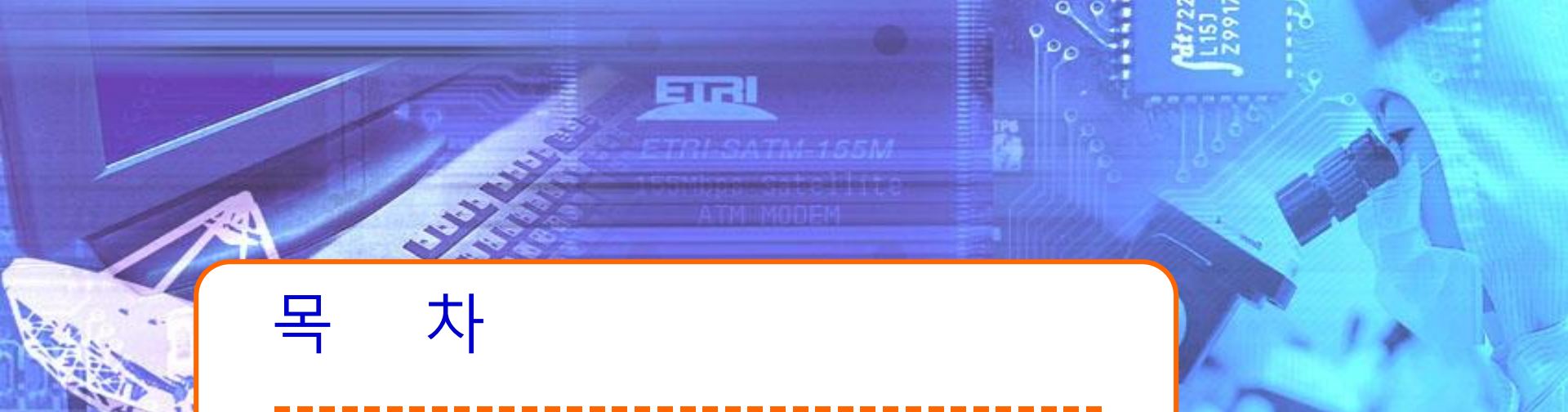


25Gbps InAlGaAs o-band DFB 레이저 칩기술





목 차

1. 기술의 개요
2. 기술이전 내용 및 범위
3. 경쟁기술과 비교
4. 기술의 사업성
 - 활용분야 및 기대효과
5. 국내외 시장 동향

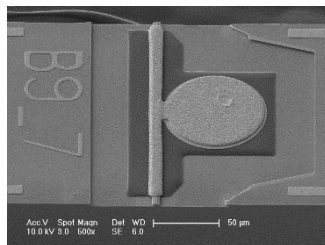
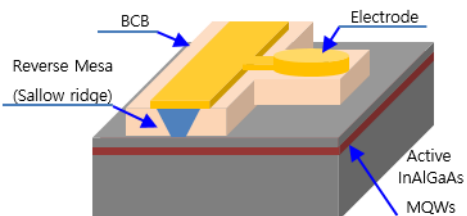
1. 기술의 개요 (1/2)

기술의 정의

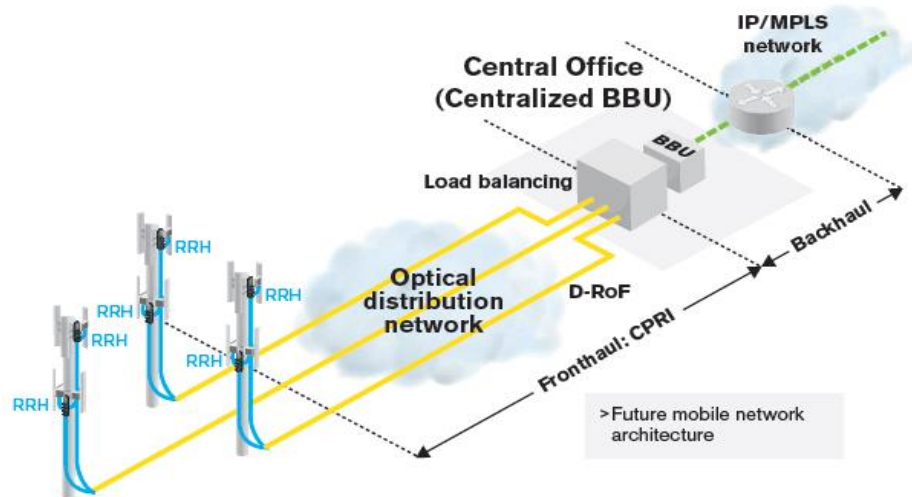
5G 모바일 시스템 지원을 위한 프론트홀용 25Gbps DFB 광소자 칩 기술

기술 및 기능의 특성

- NRZ 25Gbps 동작속도 지원
- DML 동작
 - ; 동작파장 : 1265~1330 nm
 - ; SMSR > 45dB
 - ; ER > 5dB
 - ; 광출력 > 3dBm
 - ; To > 70K



* InAlGaAs DFB 광소자 칩



* 모바일 기지국 프론트홀

1. 기술의 개요 (2/2)

기존(선행)기술과 비교하여 유리한 점

- 기존 4G-LTE 기반의 4G 무선통신 시스템은 CPRI 기반의 10Gbps 광원 기술에 의존하였으나, 5G 서비스의 요구는 프론트홀 광링크망에 큰 부하를 일으킴. 이를 해소하기 위한 표준규격은 25Gbps 기반의 eCPRI 규격임
- 프론트홀 광링크를 위한 25Gbps 급 광소자는 5G 도입 초기에는 EML 소자 기반이었지만, 차츰 national-wide 및 world-wide 전개에 따라서 칩 성능 뿐만 아니라 가격 경쟁력 요구에 따라 DFB 칩의 장점이 부가됨
- 프론트홀 기지국의 outdoor 동작 특성상 에너지 저감 및 DML 방식의 고속 동작을 위하여 InAlGaAs 기반의 광소자가 유리함.
- 또한 양산 수율 관점에서 위상천이 구조를 채택함으로써 단일모드 수율을 극대화

기존(선행)기술과 비교하여 불리한 점

- EML칩 대비 DFB 신호의 품질 개선 및 상응하는 저가화 전략 필요

2. 기술이전 내용 및 범위(1/3)

■ 기술이전 내용 및 범위

❖ “5G 이동통신 기지국을 위한 디지털기반 프론트홀 광링크기술 개발”과제 등의 산출물인 “25G DFB 광소자 기술”

○ 기술명: 25Gbps InAlGaAs O-band DFB 레이저 칩 기술

- 변조속도: 25Gbps @ NRZ
- 동작파장: O-band 내 CWDM/DWDM 적용 가능 파장
- 소광비: 5 dB 이상
- 광출력: + 3dBm 이상 @ 50 oC, 60 mA
- 동작온도: -40 ~ +85 oC
- 칩 구조: 칩 단일모드 수율을 고려하여, 양면 AR/AR coating 구조를 채택함

■ 기술 개발 현황

❖ 기술 성숙도 (TRL: 5단계)



2. 기술이전 내용 및 범위(2/3)

■ ETRI 지재권 제공

○ 특허 통상 실시권 제공

- OPTICAL SIGNAL GENERATING APPARATUS AND OPERATING METHOD THEREOF, 10,291,327(등록)
- TUNABLE SEMICONDUCTOR LASER AND OPERATION METHOD THEREOF, 16/539,665 (출원)
- HIGH-OUTPUT POWER QUARTER-WAVELENGTH SHIFTED DISTRIBUTED FEEDBACK LASER DIODE, 16/561,420 (출원)
- 고출력 위상 천이 분포 궤환 레이저 다이오드, 2019-0080136(출원)
- 파장가변 반도체 레이저 및 그것의 동작 방법, 2018-0173892(출원)
- 파장 가변 레이저 소자, 2017-0175558(출원)
- 단일모드 분포궤환 레이저 다이오드, 2017-0162241(출원)
- 광 신호 생성 장치 및 그것의 동작 방법, 2017-0178771(출원)

○ 기술문서 제공

- 5GDFH-25GInAlGaAs_DFB(기술이전)-요구사항 정의서_v1.2
- 5GDFH-25GInAlGaAs_DFB(기술이전)-시험절차 및 시험결과서_v1.2
- 5G DFH-DEV-13um_InAlGaAs Strained QW_V.3.0, [3210-2018-02315]
- 5G DFH-DEV-13um DML_LDM_V.3.0, [3210-2018-02316]
- 5G DFH-DEV-직접변조소자 Epi 설계서_v1.0, [3220-2018-03688]
- 5GDFH-DEV-서브마운트설계서_v4.0, [4410-2019-01215]
- 5G DFH-DEV-레이저 DC 특성 측정 셋업_V.1.0, [3204-2016-01645]
- 5G DFH-DEV-직접변조소자 공정 설계서_v2.0, [3220-2017-03881]
- 5G DFH-DEV_O-band직접변조소자 개발 기술문서-V.3.0, [3220-2018-03741]
- 5G DFH-DEV_O-band직접변조소자 개발_V.1.0, [4410-2019-01210]
- 5G DFH-DEV-시험인증절차서-v4.0, [4410-2019-01216]
- 5G DFH-DEV_O-band직접변조소자 측정 기술문서-V.3.0, [3220-2018-03742]
- 5G DFH-DEV-DML 시험 결과서-v4.0, [4410-2019-01224]
- 5G DFH-DEV-C-Band 직접변조소자특성분석_v1.0, [4410-2019-01213]
- 5G DFH-DEV-DML 시험분석서-v2.0, [3220-2017-03929]

2. 기술이전 내용 및 범위(3/3)

■ 이전 기술 관련 교육 제공

- ❖ 월 2회 이상 기술이전 관련 교육
- ❖ 광소자 기술 개발 연구원 파견 및 교육
- ❖ 설계 기술, 공정기술, 성능규격 시험분석 기술 및 광모듈 적용 지원 등



3. 경쟁기술과 비교(1/2)

유사기술의 특허 및 연구결과에 대한 조사내용

- DFB칩과 EML칩은 유사한 시장에서 경쟁 관계이며, 소자의 특성상 EML이 우위에 있지만 적용 분야에서 요구하는 성능을 만족할 경우, DFB가 가격 경쟁력이 높아 유리함. 따라서 본 제안 기술 개발에서 개발 목표를 달성 할 경우 EML시장에서 경쟁우위로 시장 확대가 더 커짐

3. 경쟁기술과 비교(2/2)

■ 기술의 특징 및 장점

○ DML (directly modulated lasers) 소자의 특징

- : 전류 주입 변조 방식으로 소자 구조가 단순하며, 고출력 특성에 장점
- : O-band 대역에서 동작하여 변조 신호의 파장 떨림 (chirp) 때문에 장거리 전송 시 광섬유 내 분산에 의한 신호왜곡이 큰 통상적인 DFB칩의 단점이 매우 적음

○ 25G 직접변조에 의한 고속 소자 기술

- : 25G 고속 동작 칩 및 sub-mount 설계 기술
- : 고출력 동작 설계 기술
- : 파장 수율 향상을 위한 파장제어 기술
- : 높은 신호 소광비 설계 기술
- : InAlGaAs 기반의 고온 동작 설계 기술

○ 25G 동작 칩 기술

- : 재성장 없는 25G 고속 동작 칩 기술
- : 열 방출 공정 기술
- : 파장제어 공정 기술

○ 광소자 칩 정특성 및 동특성 분석기술

- : 소자 동특성 시험 평가 및 분석기술

ETRI 정특성 시험 평가 및 분석기술

4. 기술의 사업성

■ 적용분야 및 기대효과

(1) 기술적 측면

- 25Gbps InAlGaAs O-band DFB 레이저 광소자 개발 및 생산 능력 보유
- InGaAlAs를 이용한 laser 제품 Product의 다양화
- 1310nm O-band 대역외에 c-band 대역등으로 파장 확장 가능
- 다양한 유.무선 액세스 망 적용을 위한 광 링크 기반 기술 초석

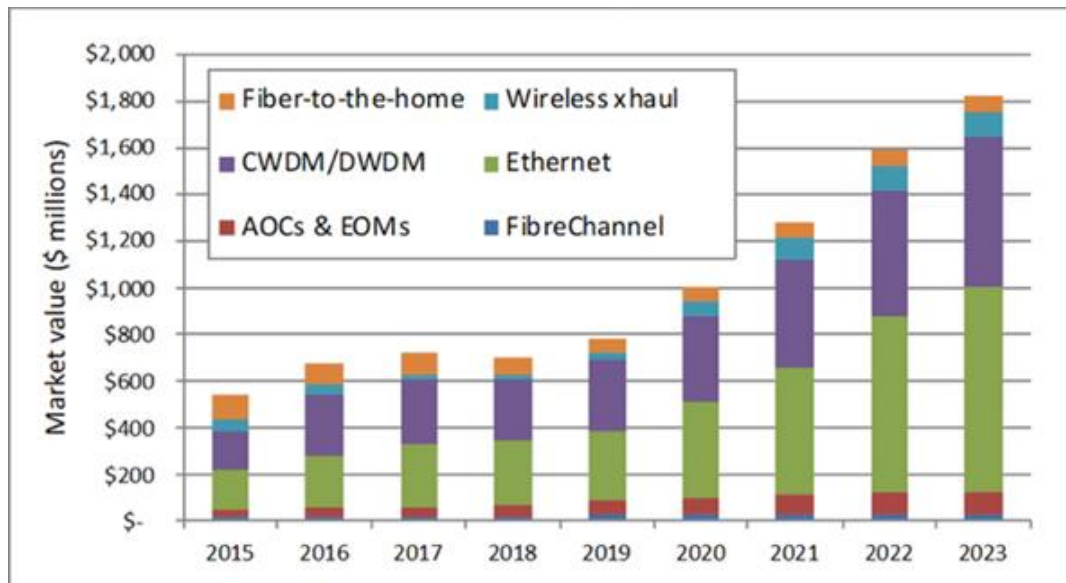
(2) 경제적, 산업적 측면

- 5G, 5G+ 무선 통신용 핵심 광원 확보: 국내 산업 경쟁력 확보
- InAlGaAs 기반의 소자/부품 국산화에 따른 해외 수입 의존 탈피

(3) 사회적 측면

- 5세대 무선 통신망에 도입에 따른 4차 산업 활성화
- 유비쿼터스 통신망 구현으로 정보 통신 사업의 활성화
- 국가적 정보 인프라 업그레이드

5. 국내외 시장 동향



2019.3 It's a good time to be making optical transceiver semiconductors: LightCounting

- 2019년 3월에 발표된 시장조사기관인 Lightcounting의 발표에 의하면 2023년의 CWDM/DWDM 광랜시버의 시장을 7,200 억원 정도로 예상하고 있음.

6. 기술료 조건



■ 기술 명: 25G DFB 광소자 기술

구분	실질기여 공동연구 참여기업			일반 기업		
	중소기업	중견기업	대기업	중소기업	중견기업	대기업
착수기본료(원)				100,000,000	200,000,000	200,000,000
매출정률사용료(%)				1.25%	3.75%	5%

감사합니다.



www.etri.re.kr



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월25일
(11) 등록번호 10-2254954
(24) 등록일자 2021년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01S 5/062 (2006.01) H01S 5/024 (2021.01)
H01S 5/065 (2006.01) H01S 5/125 (2015.01)
H01S 5/34 (2015.01)

(52) CPC특허분류

H01S 5/06216 (2013.01)
H01S 5/02453 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0173892

(22) 출원일자 2018년12월31일

심사청구일자 2020년01월30일

(65) 공개번호 10-2020-0083862

(43) 공개일자 2020년07월09일

(56) 선행기술조사문헌

JP2015103620 A*
KR1020030073412 A*
KR1020040094190 A*
KR1020100072534 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

(72) 발명자

권오균

대전광역시 유성구 지족로 92영무 예다움 아파트
171-401

김남제

대전광역시 유성구 왕가봉로 16-18 304호 (노은
동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 13 항

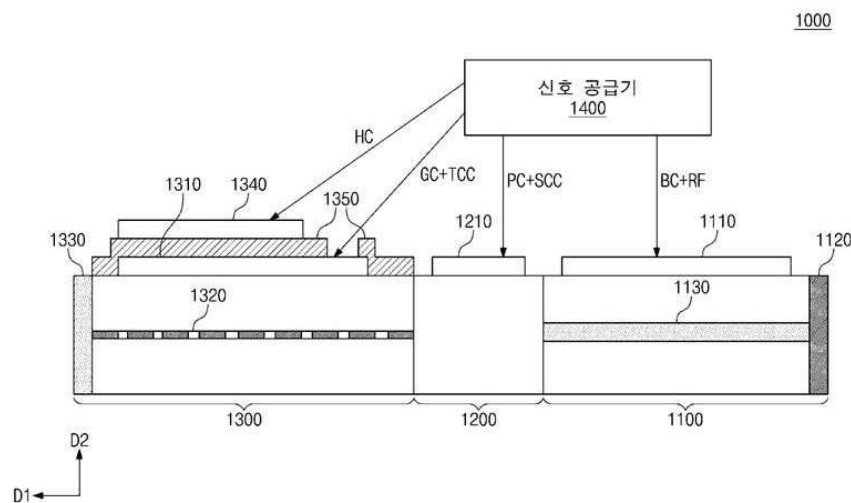
심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 파장가변 반도체 레이저 및 그것의 동작 방법

(57) 요약

본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저는, 변조 신호에 따라 광신호를 생성하는 활성 이득 영역, 모드 조절 신호에 따라 공진 모드를 조절하고 그리고 변조 신호에 기초하여 결정된 제 1 보상 신호에 따라 신호 처프를 보상하는 모드 조절 영역, 및 파장 선택 전류, 변조 신호에 기초하여 결정되고 그리고 열적 처프를 보상하는 제 2 보상 신호, 히터 전극에 공급되고 히터 신호에 기초하여 발진 파장을 결정하는 DBR(Distributed Bragg Reflector) 영역을 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01S 5/0651 (2013.01)

H01S 5/125 (2013.01)

H01S 5/34 (2013.01)

(72) 발명자

박미란

대전시 유성구 도안동로 523 호반2블럭 아파트 21
6동1101호

김태수

대전광역시 유성구 신성로61번길 93-16해피하우스
401호

안신모

대전광역시 유성구 신성로61번안길 47304호

한원석

대전광역시 유성구 가정로 43삼성한울아파트 107동
1001호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 18MB1110

부처명 미래창조과학부

과제관리(전문)기관명 (재)기가코리아사업단

연구사업명 범부처 Giga KOREA사업

연구과제명 5G 이동통신 기지국용 디지털기반 프론트홀 광링크기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (주)에치에프알

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

변조 신호에 따라 광신호를 생성하는 활성 이득 영역;

모드 조절 신호에 따라 공진 모드를 조절하고, 그리고 상기 변조 신호의 코드에 기초하여 결정된 제 1 보상 신호에 따라 상기 광신호의 신호 처프(signal chirp)를 보상하는 모드 조절 영역;

상기 변조 신호의 상기 코드에 기초하여 결정된 제 2 보상 신호에 따라 상기 광신호의 열적 처프(thermal chirp)를 보상하고, 그리고 상기 광신호에 대한 파장 선택 신호, 상기 제 2 보상 신호, 및 히터 전극에 공급되는 히터 신호에 기초하여, 상기 광신호의 발진 파장을 결정하는 DBR(Distributed Bragg Reflector) 영역; 및

상기 변조 신호, 상기 모드 조절 신호, 상기 제 1 보상 신호, 상기 파장 선택 전류, 및 상기 제 2 보상 신호, 상기 히터 신호를 제공하는 신호 공급기를 더 포함하고,

상기 신호 공급기는 상기 모드 조절 영역에 상기 변조 신호의 코드 패턴을 역전함으로써 상기 제 1 보상 신호의 코드 패턴을 결정하고, 결정된 상기 제 1 보상 신호를 상기 모드 조절 영역에 제공하는 파장가변 반도체 레이저.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 DBR 영역 상의 DBR 전극, 및 상기 히터 전극 사이에 위치하는 절연체를 더 포함하는 파장가변 반도체 레이저.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 활성 이득 영역은 다중 양자 우물 층을 포함하는 파장가변 반도체 레이저.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 활성 이득 영역은 반사 코팅 면(reflection coating surface)을 포함하는 파장가변 반도체 레이저.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 DBR 영역은 무반사 코팅 면(anti-reflection coating surface)을 포함하는 파장가변 반도체 레이저.

청구항 7

활성 이득 영역, 모드 조절 영역, 및 DBR(Distributed Bragg Reflector) 영역을 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법에 있어서,

신호 공급기에 의하여, 상기 활성 이득 영역에 변조 신호를 제공하는 단계;

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 모드 조절 영역에 모드 조절 신호를 제공하는 단계;

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 DBR 영역에 파장 선택 신호를 제공하는 단계;

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 변조 신호, 상기 모드 조절 신호, 및 상기 파장 선택 신호에 기초하여 상기 파장가변 반도체 레이저의 온도를 일정하게 유지하기 위한 히터 신호를 결정하는 단계; 및

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 모드 조절 영역에 상기 변조 신호에 기초하여 결정되고 그리고 신호 처프를 보상하는 제 1 보상 신호를 제공하는 단계를 포함하고,

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 신호 처프를 보상하는 상기 제 1 보상 신호를 제공하는 단계는, 상기 모드 조절 영역에 상기 변조 신호의 코드 패턴을 역전함으로써 상기 제 1 보상 신호의 코드 패턴을 결정하는 단계를 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 파장가변 반도체 레이저가 턴-오프(turn-off) 인 동안, 상기 파장가변 반도체 레이저의 상기 DBR 영역 상의 히터 전극에 상기 히터 신호를 제공하는 단계를 더 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 파장가변 반도체 레이저의 상기 활성 이득 영역에 상기 변조 신호를 제공하는 단계는:

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 활성 이득 영역에 바이어스 신호를 제공하는 단계; 및

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 활성 이득 영역에 입력 신호를 제공하는 단계를 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 입력 신호를 제공하는 타이밍과 상기 제 1 보상 신호를 제공하는 타이밍을 동기화하는 단계를 더 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 DBR 영역에 열적 처프를 보상하는 제 2 보상 신호를 제공하는 단계를 더 포함하되,

상기 제 1 보상 신호는 상기 변조 신호에 기초하여 결정되는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 DBR 영역에 상기 변조 신호에 기초하여 결정된 상기 제 2 보상 신호를 제공하는 단계는, 상기 변조 신호의 코드 패턴과 동일하게 상기 제 1 보상 신호의 코드 패턴을 결정하는 단계를 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 입력 신호를 제공하는 타이밍과 상기 제 2 보상 신호를 제공하는 타이밍을 동기화하는 단계를 더 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

청구항 15

제 7 항에 있어서,

상기 신호 공급기에 의하여, 상기 히터 신호의 크기를 보정하는 단계를 더 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 파장가변 반도체 레이저 및 그것의 동작 방법에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 버스트 모드(burst mode)에서 동작하고 그리고 신호 처프(chirp)를 보상하는 파장가변 반도체 레이저 및 그것의 동작 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 대용량, 고효율의 통신수단으로써 광통신 네트워크 기술이 광범위하게 이용되고 있다. 광통신 기술에는 개별 채널속도를 높이는 TDM(time division multiplexing) 기술과 다수의 광주파수 자원을 조밀하게 활용하는 WDM(wavelength division multiplexing) 기술이 포함된다.

[0003] 최근, 국제 표준화 기구는 유선 액세스 가입자 망 기술의 표준 방식(G.989.2)으로 NG-PON2(Next-Generation Passive Optical Network 2)를 채택하여 급증하는 차세대 멀티미디어 서비스에 대응하고 있다. NG-PON2는 복수의 가입자가 하나의 파장을 이용하는 기존의 TDM 방식의 기술에 WDM 기술을 접목하는, 복수의 가입자가 복수의 파장 채널을 이용 가능한 TWDM(time wavelength division multiplexing) 방식을 이용한다. TWDM 방식을 구현하는 장치는 고속으로 데이터를 전송하면서도 빠르게 파장 채널을 설정할 수 있어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 상술한 기술적 과제를 해결하기 위한 것으로, 본 발명은 버스트 모드에서 동작하고 그리고 신호 처프를 보상하는 파장가변 반도체 레이저 및 그것의 동작 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저는, 변조 신호에 따라 광신호를 생성하는 활성 이득 영역, 모드 조절 신호에 따라 공진 모드를 조절하고 그리고 변조 신호에 기초하여 결정된 제 1 보상 신호에 따라 광신호의 신호 처프(signal chirp)를 보상하는 모드 조절 영역, 및 광신호에 대한 파장 선택 신호, 변조 신호에 기초하여 광신호의 열적 처프(thermal chirp)를 보상하는 제 2 보상 신호, 그리고 히터 전극에 공급되는 히터 신호에 기초하여, 광신호의 발진 파장을 결정하는 DBR(Distributed Bragg Reflector) 영역을 포함할 수 있다.

[0006] 본 발명의 실시 예에 따른 활성 이득 영역, 모드 조절 영역, 및 DBR 영역을 포함하는 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법은, 신호 공급기에 의하여, 활성 이득 영역에 변조 신호를 제공하는 단계, 신호 공급기에 의하여, 모드 조절 영역에 모드 조절 신호를 제공하는 단계, 신호 공급기에 의하여, DBR 영역에 파장 선택 신호를 제공하는 단계, 신호 공급기에 의하여, 변조 신호, 모드 조절 신호, 및 파장 선택 신호에 기초하여 파장가변 반도체 레이저의 온도를 일정하게 유지하기 위한 히터 신호를 결정하는 단계, 및 신호 공급기에 의하여, 모드 조절 영역에 변조 신호에 기초하여 결정되고 그리고 신호 처프를 보상하는 제 1 보상 신호를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0007] 본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저는 빠르게 파장 채널을 설정함과 동시에 버스트 모드에서 동작할 수 있다.

[0008] 본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법은 신호 처프를 저감화 함으로써 전달 신호 품질을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저를 나타내는 구성도이다.
- 도 2는 도 1의 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 변조 신호의 크기에 따른 광신호의 출력 파워를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 발진 파장의 편이를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 변조 신호의 크기를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 히터 신호(HC)의 크기를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 턴-온 상태의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 변조 신호의 크기를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 턴-온 상태의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 모드 조절 신호와 신호 처프 보상 신호의 합의 크기를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 변조 신호의 크기를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 도 9의 변조 신호에 의한 시간에 따른 활성 이득 영역 내의 굴절률 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 파장 선택 신호와 열적 처프 보상 신호의 합의 크기를 나타내는 그래프이다.
- 도 12는 도 11의 파장 선택 신호와 열적 처프 보상 신호의 합에 의한 시간에 따른 DBR 영역 내의 굴절률 변화를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 아래에서는, 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 쉽게 실시할 수 있을 정도로, 본 발명의 실시 예들이 명확하고 상세하게 기재될 것이다. 본 발명에서, 층(layer), 영역(section) 및 부(unit)는 서로 대응하는 용어들일 수 있다.
- [0011] 본 발명의 실시 예에 있어서, 처프(chirp)는 광신호의 편이를 지칭할 수 있다. 처프는 신호 처프 및 열적 처프를 포함할 수 있다. 신호 처프는 레이저 내의 전류 주입 및 레이저 내의 굴절률 변화에 의하여 발생할 수 있고 그리고 과도(transient) 처프 및 단열(adiabatic) 처프를 포함할 수 있다. 열적(thermal) 처프는 레이저 내의 온도 상승에 따라 발생할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저는 신호 처프 및 열적 처프를 포함하는 처프를 조절할 수 있다. 신호 처프는 도 3 및 도 4에서 좀 더 상세하게 설명될 것이다.
- [0012] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저(1000)를 나타내는 구성도이다. 도 1은 D1-D2 평면 상의 파장가변 반도체 레이저(1000)의 단면일 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)는 버스트 모드(burst mode)에서 동작하고 그리고 처프(chirp) 조절이 가능한 파장 가변 광원 장치 또는 레이저 공진기일 수 있다. 여기서, 버스트 모드는 파장가변 반도체 레이저(1000)의 온도가 일정하게 유지되는 모드를 지칭할 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)는 DBR(distributed bragg reflector) 레이저일 수 있다.
- [0013] 파장가변 반도체 레이저(1000)는 활성 이득 영역(1100), 모드 조절 영역(1200), DBR 영역(1300), 및 신호 공급기(1400)를 포함할 수 있다. 그러나, 신호 공급기(1400)는 반드시 파장가변 반도체 레이저(1000)에 포함되는 것으로 한정되지 않는다. 예를 들어, 신호 공급기(1400)는 파장가변 반도체 레이저(1000)와 별개의 장치로서 파장가변 반도체 레이저(1000)의 외부에 별도로 배치될 수도 있다. 상술한 구성들(1100,1200,1300,1400)은 개별 소자 또는 부품들로 구성될 수 있고, 혹은 하나의 집적 칩 또는 각각의 칩들의 형태(들)로도 구성될 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)는, 패시베이션 BCB(passivation Benzocyclobutene)로 구성된 절연체를 포함하는 InP(Indium Phosphide) 기판 상에 InGaAsP(Indium gallium arsenide phosphide) 화합물 반도체에 기초하여, 활성 이득 영역(1100), 모드 조절 영역(1200), DBR 영역(1300)을 포함할 수 있다. 각 신호들(BC,RF,PC,SCC,GC,TCC)은 이하 활성 이득 영역(1100), 모드 조절 영역(1200), DBR 영역(1300)과 함께 상세하게 설명될 것이다.

- [0014] 활성 이득 영역(1100)은 파장가변 반도체 레이저(1000)가 버스트 모드에서 동작하고 그리고 처프 조절이 가능하도록 전류 주입에 의하여 광신호를 직접 변조할 수 있다. 활성 이득 영역(1100)은 변조 신호에 따라 광신호를 생성할 수 있다. 활성 이득 영역(1100)은 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)를 포함하는 변조 신호를 제공받을 수 있다. 변조 신호는 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)의 합일 수 있다. 예를 들어, 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 및 변조 신호는 전류일 수 있다. 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 및 변조 신호가 전류인 경우, 활성 이득 영역(1100)은 전류 주입 방식에 의하여 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 및 변조 신호를 제공할 수 있다. 활성 이득 영역(1100)은 활성 이득 전극(1110), 반사 코팅 면(reflection coating surface; 1120), 및 다중 양자 우물 층(multi quantum well layer; MQW; 1130)을 포함할 수 있다. 활성 이득 영역(1100)은 p형 및 n형 반도체로 구성되는 반도체 층을 더 포함할 수 있다. 다중 양자 우물 층(1130)은 통상의 화합물 반도체로 구현될 수 있고 그리고 p형 및 n형 반도체 사이에 삽입될 수 있다.
- [0015] 활성 이득 전극(1110)은 전기적으로 고속 동작을 위하여 유전 물질(예를 들어, 패시베이션 BCB)에 의하여 절연될 수 있다. 활성 이득 전극(1110)은 전류 주입 방식으로 광신호를 직접적으로 변조하기 위하여 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)를 포함하는 변조 신호를 제공받을 수 있다. 활성 이득 전극(1110)은 광신호의 변조를 위하여 활성 이득 영역(1100)의 반도체 전극 층 내에 오믹으로 접촉된(ohmically contact) 금속 전극일 수 있다. 즉, 활성 이득 전극(1110)과 활성 이득 영역(1100)의 반도체 전극 층 간의 접촉은 오믹 접촉(ohmic contact)일 수 있다. 반사 코팅 면(1120)은 파장가변 반도체 레이저(1000)로부터 D1 방향으로 방출되는 광신호의 크기를 증폭시킬 수 있다.
- [0016] 모드 조절 영역(1200)은 파장가변 반도체 레이저(1000)의 모드 및 공동(cavity)을 동적으로 제어할 수 있다. 모드 조절 영역(1200)은, 파장가변 반도체 레이저(1000)의 모드와 발진 파장이 상이한 경우, 파장가변 반도체 레이저(1000)의 모드와 발진 파장을 일치시킬 수 있다. 여기서, 발진 파장은 파장가변 레이저(1000)로부터 방출되는 광신호의 파장일 수 있다. 모드 조절 영역(1200)은 모드 조절 전극(1210)을 포함할 수 있다. 모드 조절 영역(1200) 및 모드 조절 전극(1210)은 각각 위상 조절 영역 및 위상 조절 전극으로도 지칭될 수 있다.
- [0017] 파장가변 레이저(1000)의 모드는 레이저의 각 영역들(1100, 1200, 1300)의 동작 환경에 따라서 변화할 수 있다. 모드 조절 전극(1210)은 ITU-T(International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) 그리드(grid)에 의해 규정된 파장에서 발진하기 위해 레이저 공진기 내의 모드를 표준 파장과 정합시킬 수 있다. 모드 조절 영역(1200)은 모드 조절 전극(1210)을 통하여 모드 조절 신호(PC)뿐만 아니라, 활성 이득 전극(1110)에 공급되는 입력 신호(RF)에 따라 결정되는 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공받을 수 있다. 모드 조절 영역(1200)은, 공진기의 모드와 발진 파장이 상이한 경우, 모드 조절 전극(1210)을 통하여 제공되는 모드 조절 신호(PC)에 의하여 공진기의 모드와 발진 파장을 일치시킬 수 있다.
- [0018] 모드 조절 영역(1200)은 모드 조절 전극(1210)을 통하여 제공되는 신호 처프 보상 신호(SCC)에 의하여 파장가변 레이저(1000) 내부의 모드 동요 및 발진 파장을 안정화할 수 있고 그리고 활성 이득 영역(1100)에 제공되는 변조 신호에 의하여 발생하는 신호 처프를 조절하거나 보상할 수 있다. 모드 조절 영역(1200)은 모드 조절 신호에 따라 공진 모드를 조절하고 그리고 변조 신호에 기초하여 결정된 신호 처프 보상 신호에 따라 신호 처프를 조절할 수 있다. 즉, 모드 조절 영역(1200)은 파장가변 레이저(1000) 내의 불안정을 보상하기 위하여 모드 조절 전극(1210)을 통하여 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공받을 수 있다. 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)의 합은 동적 모드 조절 신호(PC)로 지칭될 수 있다. 예를 들어, 모드 조절 신호(PC) 및 신호 처프 보상 신호(SCC)는 각각 전류일 수 있다. 모드 조절 신호(PC) 및 신호 처프 보상 신호(SCC)가 전류인 경우, 모드 조절 영역(1200)은 전류 주입 방식으로 모드 조절 신호(PC) 및 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공받을 수 있다. 모드 조절 신호(PC) 및 신호 처프 보상 신호(SCC)는 도 7 및 도 8에서 좀 더 상세하게 설명될 것이다.
- [0019] DBR 영역(1300)은 광신호의 파장을 제어하고 그리고 버스트 모드 및 열적 처프를 제어할 수 있다. DBR 영역은 파장 조절 영역, 파장 선택 영역, 그레이팅(grating) 파장 조절 부로도 지칭될 수 있다. DBR 영역(1300)은 히터 신호(HC), 파장 선택 신호(GC), 및 열적 처프 보상 신호(TCC)를 제공받을 수 있다. 히터 신호(HC), 파장 선택 신호(GC), 및 열적 처프 보상 신호(TCC)는 전류일 수 있다. 히터 신호(HC), 파장 선택 신호(GC), 및 열적 처프 보상 신호(TCC)가 전류인 경우, DBR 영역(1300)은 전류 주입 방식으로 히터 신호(HC), 파장 선택 신호(GC), 및 열적 처프 보상 신호(TCC)를 제공받을 수 있다. DBR 영역은 파장 선택 전류, 변조 신호에 기초하여 결정되고 그리고 열적 처프를 보상하는 열적 처프 보상 신호, 히터 전극에 공급되고 히터 신호에 기초하여 발진 파장을 결정할 수 있다.
- [0020] DBR 영역(1300)은 파장가변 레이저(1000)의 발진 파장을 결정할 수 있다. 발진 파장은 출사 파장, 그레이팅 출

력 파장, 동작 파장, 및 공진 파장으로도 지칭될 수 있다. DBR 영역(1300)은 D1 방향으로 발진 파장을 가지는 광신호를 방출할 수 있다. DBR 영역(1300)은 파장 선택 신호(GC)에 의하여 파장가변 반도체 레이저(1000)의 빠른 파장 변환 속도(예를 들어, NG-PON2의 클래스 1에 있어서 10 마이크로초(usec) 이하)를 유지할 수 있다. DBR 영역(1300)은 발진 파장에서 파장가변 반도체 레이저(1000)의 유효 굴절률의 의해서 공진모드를 결정할 수 있고 그리고 발진 파장과 일치하는 공진 모드에서 빛은 발진할 수 있다. 여기서, 유효 굴절률은 파장가변 반도체 레이저(1000) 내의 굴절률의 총 합계 일 수 있다.

[0021] DBR 영역(1300)은 DBR 전극(1310), DBR 그레이팅(DBR grating; 1320), 무반사 코팅 면(anti-reflection coating surface; 1330), 히터 전극(1340), 절연체(1350)를 포함할 수 있다. 무반사 코팅 면(1330)은 DBR 영역(1300)으로부터 D1 방향으로 방출되는 광신호의 크기를 증폭시킬 수 있다. DBR 그레이팅(1320)은 발진 파장에서 파장가변 반도체 레이저(1000)의 유효 굴절률의 의해서 공진모드를 결정할 수 있고 그리고 발진 파장과 일치하는 공진 모드에서 빛은 발진할 수 있다. 절연체(1350)는 DBR 영역(1300) 상의 DBR 전극(1310), 및 히터 전극(1340) 사이에 위치할 수 있다. 절연체(1350)는 전기적으로 DBR 전극(1310)과 히터 전극(1340)을 차단할 수 있다. 절연체(1350)는 DBR 전극(1310) 위에 배치될 수 있고, 그리고 히터 전극(1340)은 절연체(1350) 위에 배치될 수 있다.

[0022] DBR 전극(1310)은 파장 조절 전극, 파장 선택 전극, DBR 선택 전극, 및 DBR 조절 전극으로도 지칭될 수 있다. DBR 영역(1300)은 DBR 전극(1310)을 통하여 파장 선택 신호(GC) 및 열적 처프 보상 신호(TCC)를 제공받을 수 있다. 히터 전극(1340)은 히터 신호(HC)를 제공받을 수 있다. 히터 전극(1340)은 히터 및 마이크로히터로 지칭될 수 있다. 히터 전극(1340)은 버스트 모드 동작을 위하여 파장가변 반도체 레이저(1000)의 턴-온(turn-on) 및 턴-오프(turn-off) 동작 동안 파장가변 반도체 레이저(1000)의 온도 변화를 보상할 수 있다. 히터 신호(HC)는 도 5 및 도 6에서 좀 더 상세하게 설명될 것이고, 그리고 열적 처프 보상 신호(TCC)는 도 9 내지 도 12에서 좀 더 상세하게 설명될 것이다.

[0023] 신호 공급기(1400)는 활성 이득 영역(1100), 모드 조절 영역(1200), 및 DBR 영역(1300)으로 각각 신호들을 제공할 수 있다. 즉, 신호 공급기(1400)는 활성 이득 영역(1100)으로 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)를 포함하는 변조 신호를 제공할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 모드 조절 신호(PC), 신호 처프 보상 신호(SCC), 파장 선택 신호(GC), 열적 처프 보상 신호(TCC), 및 히터 신호(HC)를 동시에 또는 이시에 제공할 수 있다. 신호 공급기(1400)가 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 모드 조절 신호(PC), 신호 처프 보상 신호(SCC), 파장 선택 신호(GC), 열적 처프 보상 신호(TCC), 및 히터 신호(HC)를 결정하는 방법은 도 2에서 좀 더 상세하게 설명될 것이다.

[0024] 실시 예에서, 신호 공급기(1400)는 전용 회로(예컨대, FPGA(Field Programmable Gate Arrays), ASICs(Application Specific Integrated Circuits) 등)를 포함하여 구현되거나, 또는 SoC(System on Chip)로 구현될 수 있다. 예로서, 신호 공급기(1400)는 범용 프로세서, 전용 프로세서, 또는 어플리케이션 프로세서(Application Processor)를 포함할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 프로세서 그 자체이거나, 프로세서를 포함하는 전자 장치 또는 시스템일 수 있다.

[0025] 본 발명의 실시 예에서, 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 모드 조절 신호(PC), 신호 처프 보상 신호(SCC), 파장 선택 신호(GC), 열적 처프 보상 신호(TCC), 및 히터 신호(HC)는 하나의 장치인 신호 공급기(1400)로부터 제공되나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 파장가변 반도체 레이저(1000)는 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 모드 조절 신호(PC), 신호 처프 보상 신호(SCC), 파장 선택 신호(GC), 열적 처프 보상 신호(TCC), 및 히터 신호(HC)를 제공하는 장치는 복수 개로도 구현될 수 있다. 예를 들어, 바이어스 신호(BC), 입력 신호(RF), 모드 조절 신호(PC), 신호 처프 보상 신호(SCC), 파장 선택 신호(GC), 열적 처프 보상 신호(TCC), 및 히터 신호(HC) 각각은 개별적이고 독립적인 장치에 의하여 제공될 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시 예에서, 신호 처프 보상 신호(SCC) 및 열적 처프 보상 신호(TCC)는 처프의 종류에 따라 분류될 수 있다. 다만, 신호 처프 보상 신호(SCC) 및 열적 처프 보상 신호(TCC)는 모두 보상 신호로도 지칭될 수 있다. 이 경우, 처프의 종류에 따라 제 1 보상 신호 및 제 2 보상 신호로 지칭될 수 있다.

[0027] 도 2는 도 1의 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법을 나타내는 순서도이다. 본 발명의 실시 예에 따른 파장가변 반도체 레이저의 동작 방법은 버스트 모드에서 동작하고 그리고 처프 조절이 가능한 파장 가변 광원 장치의 동작 방법일 수 있다.

[0028] S110 단계에서, 신호 공급기(1400)는 바이어스 신호(BC), 모드 조절 신호(PC), 및 파장 선택 신호(GC)의 크기를

결정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 파장가변 반도체 레이저(1000)가 동작하는 환경 및 조건에서 ITU-T 그리드에 해당하는 특정 파장을 설정하도록 바이어스 신호(BC), 모드 조절 신호(PC), 및 파장 선택 신호(GC)의 크기를 결정할 수 있다.

[0029] S120 단계에서, 신호 공급기(1400)는 히터 신호(HC)의 크기를 결정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)를 포함하는 변조 신호, 모드 조절 신호(PC), 및 파장 선택 신호(GC)에 기초하여 파장가변 반도체 레이저(1000)의 온도를 일정하게 유지하기 위한 히터 신호(HC)를 결정할 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)에 주입되는 바이어스 신호(BC) 및 모드 조절 신호(PC)는 주울 발열(joule heating) 및 옴릭 발열(ohmic heating)로 파장가변 반도체 레이저(1000)의 DBR 그레이팅(1320)의 온도를 변화시킬 수 있고 그리고 발진 파장을 변화시킬 수 있다. 따라서, 신호 공급기(1400)는 바이어스 신호(BC), 모드 조절 신호(PC), 파장 선택 신호(GC)에 의한 DBR 그레이팅(1320)의 파장 편차를 측정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 DBR 영역(1300)에 제공된 신호들(GC, TCC)에 대응하는 DBR 영역(1300)의 응답에 기초하여 DBR 그레이팅(1320)의 파장 편차를 측정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 DBR 그레이팅(1320)의 파장 편차에 기초하여 바이어스 신호(BC) 및 모드 조절 신호(PC)에 의해 유도되는 열 용량에 따라 히터 신호(HC)의 크기를 결정할 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-오프 인 동안, DBR 영역(1300) 상의 히터 전극(1340)에 히터 신호(HC)를 제공하고 그리고 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-온 인 동안 히터 신호(HC)를 제공하지 않음으로써, 신호 공급기(1400)는 파장가변 반도체 레이저(1000)의 온도를 일정하게 유지할 수 있다.

[0030] S130 단계에서, 파장가변 반도체 레이저(1000)는 활성 이득 영역(1100) 및 모드 조절 영역(1200) 내의 굴절률 변화를 측정할 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)는 DBR 그레이팅(1320)의 파장 편차에 기초한 연산으로부터 측정될 수 있다. 활성 이득 영역(1100) 및 모드 조절 영역(1200) 내의 굴절률 변화는 활성 이득 영역(1100)에 주입되는 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)에 의한 파장가변 반도체 레이저(1000) 내의 모드 불안정을 해결할 수 있다.

[0031] 실시 예에서, 활성 이득 영역(1100) 내의 굴절률 변화는 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)를 포함하는 변조 신호가 바이어스 신호(BC)를 초과하는 크기 및 값에 의하여 유도될 수 있다. 또한, 모드 조절 영역(1200) 내의 굴절률 변화는 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)의 합이 모드 조절 신호(PC)를 초과하는 크기 및 값에 의하여 유도될 수 있다. 여기서, 변조 신호가 바이어스 신호(BC)를 초과하는 크기, 및 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)의 합이 모드 조절 신호(PC)를 초과하는 크기는 변조 신호와 바이어스 신호(BC) 간의 차이, 및 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)의 합과 모드 조절 신호(PC) 간의 차이를 나타내는 예시일 뿐, 본 발명의 실시 예가 한정되는 것은 아니다.

[0032] S140 단계에서, 신호 공급기(1400)는 신호 처프 보상 신호(SCC)의 크기를 결정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 활성 이득 영역(1100) 및 모드 조절 영역(1200) 내의 굴절률 변화에 기초하여 신호 처프 보상 신호(SCC)의 크기를 결정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 활성 이득 영역(1100) 및 모드 조절 영역(1200) 내의 굴절률 변화를 상쇄하기 위한 바이어스 전류를 초과하는 전류의 크기와 모드 조절 전류를 초과하는 전류의 크기의 비를 결정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 바이어스 전류 및 모드 조절 전류를 초과하는 전류의 크기 및 값의 비에 기초하여 신호 처프 보상 신호(SCC)의 크기를 결정할 수 있다. 활성 이득 영역(1100)의 도파로의 길이와 모드 조절 영역(1200)의 도파로의 길이는 서로 상이하므로, 바이어스 전류를 초과하는 크기 및 모드 조절 전류를 초과하는 전류의 크기는 서로 상이할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 모드 조절 영역(1200)에 바이어스 신호(BC) 및 입력 신호(RF)에 기초하여 결정된 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공할 수 있고 그리고 변조 신호의 코드 패턴을 역전(invert)함으로써 신호 처프 보상 신호(SCC)의 코드 패턴을 결정할 수 있다. 따라서, 활성 이득 영역(1100)에 주입되는 입력 신호(RF)의 신호열(bit stream)을 역전하고 그리고 초과 전류 크기의 비만큼 크기에 따라 크기 변환을 한 후에, 신호 공급기(1400)는 입력 신호(RF)를 제공하는 타이밍과 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공하는 타이밍을 동기화할 수 있다. 결국, 신호 처프 보상 신호(SCC)는 입력 신호(RF)와 동일한 타이밍에 모드 조절 영역(1200)에 주입될 수 있다.

[0033] S150 단계에서, 신호 공급기(1400)는 히터 신호(HC)의 크기를 보정할 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)에 공급되는 신호들(BC, RF, PC, SCC, GC, TCC)은 신호 처프 보상 신호(SCC)에 의하여 변화하지 않으나, 파장가변 반도체 레이저(1000)의 국부적인 전류 분배 차이는 발생할 수 있다. 국부적인 전류 분배 차이로 인하여 파장가변 반도체 레이저(1000)에서는 미세한 발열 효과의 차이가 발생할 수 있다. 따라서, 신호 공급기(1400)는 바이어스 신호(BC), 모드 조절 신호(PC), 파장 선택 신호(GC), 및 신호 처프 보상 신호(SCC)에 기초하여 히터 신호(HC)의 크기를 보정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 히터 신호(HC)의 크기 보정 과정을 반복할 수 있다.

- [0034] 도 3은 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 변조 신호의 크기에 따른 광신호의 출력 파워를 나타내는 그래프이다. 도 4는 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 발진 파장의 편이를 나타내는 그래프이다. 도 3 및 도 4는 DFB(Distributed feedback) 레이저의 변조 동작을 설명할 수도 있다. 도 3 및 도 4는 파장가변 반도체 레이저(1000)에 있어서 발진 파장의 편이 및 편차를 위해 함께 설명될 것이다. 도 3 및 도 4는 도 1을 참조하여 설명될 것이다.
- [0035] 도 3의 변조 신호인 전류의 크기에 따른 광신호의 출력 파워를 나타내는 그래프(110)에서, 변조 신호인 전류의 크기가 MT 이상인 경우, 파장가변 반도체 레이저(1000)로부터 방출되는 광신호의 출력 파워는 PT 이상일 수 있다. 광신호의 출력 파워가 PT 이상인 경우, 파장가변 반도체 레이저(1000)는 턴-온 될 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)에 변조 신호인 전류가 주입되는 경우, 파장가변 반도체 레이저(1000)에서 주울 발열이 발생할 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-오프 인 경우, 파장가변 반도체 레이저(1000)에 변조 신호인 전류가 주입되지 않을 수 있다.
- [0036] 도 3의 변조 신호인 전류의 크기는 MB를 중심으로 ML과 MH 사이에서 변화할 수 있다. 이 경우, MB는 바이어스 신호(BC)의 크기일 수 있고 그리고 (ML-MB) 및 (MH-MB)는 각각 입력신호의 최소 크기 및 최대 크기일 수 있다. 비트 신호인 입력 신호(RF)의 비트가 1 인 경우, 입력 신호(RF)의 크기는 (MH-MB)일 수 있고 그리고 입력 신호(RF)의 비트가 0 인 경우, 입력 신호(RF)의 크기는 (ML-MB)일 수 있다. 입력 신호(RF)의 비트가 1 및 0인 경우, 입력 신호(RF)는 각각 하이(high) 및 로우(low) 상태일 수 있다. 입력 신호(RF)의 비트를 포함하는 코드 패턴에 따라 변조 신호인 전류의 크기가 ML, MB, 및 MH 인 경우, 광신호의 출력 파워는 각각 PL, PB, PH일 수 있다.
- [0037] 도 4의 파장가변 반도체 레이저(1000)에 있어서 발진 파장의 편이를 나타내는 그래프(120)는 파장가변 반도체 레이저(1000)의 주울 발열 및 전류 주입에 따른 발진 파장의 편이 및 편차를 나타낼 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)의 이진 신호 동작을 위하여 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-온 상태에서 턴-오프 상태로 전환되는 경우, 바이어스 신호(BC)에 의하여 DBR 그레이팅(1320)에 의하여 결정된 발진 파장(121)은 청색 편이(blue-shift)에 의한 발진 파장(122) 및 적색 편이(red-shift)에 의한 발진 파장(123)으로 편이(shift)될 수 있다. 발진 파장의 시프트는 적색 편이 및 청색 편이를 포함할 수 있다. 발진 파장의 적색 편이는 주울 발열에 의하여 발생할 수 있고 그리고 발진 파장의 청색 편이는 파장가변 반도체 레이저(1000)에 주입되는 전류의 양에 비례하는 DBR 영역 내의 유효 굴절률 변이에 의하여 발생할 수 있다.
- [0038] 파장가변 반도체 레이저(1000)가 DBR 그레이팅(1320)을 통하여 발진 파장을 가지는 광신호를 방출하는 경우, 파장가변 반도체 레이저(1000)의 턴-온 및 턴-오프 동작에 의하여 파장 편이가 발생할 수 있고, 그리고 파장 편이는 버스트 모드의 동작에 있어서 문제를 일으킬 수 있다. 또한, 비트를 포함하는 이진 신호인 입력 신호(RF)의 주입은 상대적인 전류의 차이에 의하여 파장가변 반도체 레이저(1000) 내의 유효 굴절률 변화 및 공진 모드의 요동을 유도할 수 있다. 유효 굴절률 변화 및 공진 모드의 요동은 신호 처프의 원인이 될 수 있다.
- [0039] 도 5는 도1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 변조 신호의 크기를 나타내는 그래프이다. 도 6은 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 히터 신호(HC)의 크기를 나타내는 그래프이다. 도 5 및 도 6은 도 1을 참조하여 설명될 것이다. 도 5 및 도 6은 도 1의 히터 전극(1340)에 히터 신호(HC)를 제공하는 방법을 위해 함께 설명될 것이다.
- [0040] 도 5에서, 파장가변 반도체 레이저(1000)는 t1에서 t2까지의 구간 동안은 턴-오프 될 수 있고 그리고 t2에서 t3까지의 구간 동안은 턴-온 될 수 있다. t1에서 t3까지의 구간은 반복될 수 있다. 턴- 온 동안, 신호 공급기(1400)는 활성 이득 전극(1110)을 통하여 활성 이득 영역(1100)에 바이어스 신호(BC)와 입력 신호(RF)를 제공할 수 있다. 바이어스 신호(BC)의 크기는 B일 수 있고 그리고 입력 신호(RF)의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 (H-B) 및 (L-B)일 수 있다. 따라서, 바이어스 신호(BC)와 입력 신호(RF)의 합인 변조 신호의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 H 및 L일 수 있다. B는 H 및 L의 평균 크기일 수 있다.
- [0041] 파장가변 반도체 레이저(1000)는, 직접적인 전류 주입 방식 아래에서, 바이어스 신호(BC), 레이저 공진기 모드를 일치시키기 위한 모드 조절 신호(PC), 및 바이어스 신호(BC) 및 모드 조절 신호(PC)에 따라 발생하는 주울 발열에 의한 파장 편이, ITU-T 표준 파장 중 하나의 발진 파장을 선택하기 위한 파장 선택 신호(GC)에 기초하여 동작 조건을 결정할 수 있다. 하지만, 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-오프 상태에서 턴-온 상태로 전환되는 경우, 활성 이득 전극(1110)에 제공되는 제어 신호의 크기가 0에서 설정 크기로 설정됨에 따라 파장가변 반도체 레이저(1000)의 온도 변화에 의하여 발진 파장의 연속적 변화가 발생할 수 있다. 여기서, 제어 신호는 바이어스 신호(BC)일 수 있고 그리고 설정 크기는 도 5의 B일 수 있다. 제어 신호는 제어 전류로 지칭될 수 있다.

발진 파장의 연속적 변화는 파장가변 반도체 레이저(1000) 내에 잡음 신호를 유도할 수 있다.

- [0042] 도 6에서, 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-오프 인 t4에서 t5까지의 구간 동안, 히터 전극(1340)은 턴-온 될 수 있다. t4에서 t5까지의 구간은 반복될 수 있다. 또한, 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-오프 상태에서 턴-온 상태로 전환되는 경우, 히터 전극(1340)은 턴-온 상태에서 턴-오프 상태로 전환될 수 있다. 즉, 파장가변 반도체 레이저(1000)가 턴-온 인 t2에서 t3까지의 구간 동안, 히터 전극(1340)은 턴-오프 될 수 있다. 히터 전극(1340)이 턴-온 인 경우, 히터 전극(1340)은 신호 공급기(1400)로부터 히터 신호(HC)를 제공받을 수 있다. 이 경우, 예를 들면, 히터 신호(HC)의 크기는 U일 수 있다. 히터 전극(1340)이 턴-오프 인 경우, 히터 전극(1340)은 신호 공급기(1400)로부터 히터 신호(HC)를 제공받지 않을 수 있다. 히터 신호(HC)에 의해, 히터 전극(1340)은 DBR 영역(1300)에 바이어스 신호(BC) 및 모드 조절 신호(PC)에 의해 발생하는 주울 발열만큼의 열 용량 및 열량을 제공할 수 있다. DBR 영역(1300)에 제공되는 열 용량에 의하여, 파장가변 반도체 레이저(1000)의 온도는 턴-온 및 턴-오프 모두에서 일정하게 유지될 수 있다.
- [0043] 실시 예에서, 파장가변 반도체 레이저(1000)는 복수의 파장 채널들을 포함할 수 있다. 복수의 파장 채널들은 파장 선택 신호(GC)에 의해 선택되는 복수의 파장들을 출력하는 모드들을 지칭할 수 있다. 예를 들면, 파장가변 반도체 레이저(1000)가 네 개의 파장 채널들을 포함할 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)가 네 개의 파장 채널들을 포함하는 경우, DBR 영역(1300)에 공급되는 파장 선택 신호(GC)에 따라 발진 파장이 선택될 수 있다. 이 경우, 턴-온 및 턴-오프 동작에 따라 인접 파장 채널들 간의 잡음 신호가 발생할 수 있다. 히터 전극(1340)에 제공되는 히터 신호(HC)에 의하여 인접 파장 채널들 간의 잡음 신호는 감소될 수 있다.
- [0044] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 턴-온 상태의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 변조 신호의 크기를 나타내는 그래프이다. 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 턴-온 상태의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)의 합의 크기를 나타내는 그래프이다. 도 7 및 도 8은 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공하는 방법을 설명하기 위하여 함께 설명될 것이다. 도 7 및 도 8은 도 1을 참조하여 설명될 것이다. 도 7 및 도 8에서, 파장가변 반도체 레이저(1000)는 턴-온 인 것으로 가정한다.
- [0045] 도 7의 본 발명의 실시 예에 따른 턴-온 상태의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 변조 신호의 크기를 나타내는 그래프(310)에서, 신호 공급기(1400)는 활성 이득 전극(1110)을 통하여 활성 이득 영역(1100)에 바이어스 신호(BC)와 입력 신호(RF)를 제공할 수 있다. 바이어스 신호(BC)의 크기는 B일 수 있고 그리고 입력 신호(RF)의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 H1-B 및 L1-B일 수 있다. 따라서, 바이어스 신호(BC)와 입력 신호(RF)의 합의 변조 신호의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 H1 및 L1일 수 있다. B는 H1 및 L1의 평균 크기일 수 있다. 입력 신호(RF)의 코드는 이진 비트 신호열일 수 있다. 신호 공급기(1400)는 입력 신호(RF)의 코드의 패턴 및 길이를 결정할 수 있다. 입력 신호(RF)의 코드의 길이는 하나의 비트 이상일 수 있다. 입력 신호(RF)의 코드의 패턴은 광신호를 통해 전송하기 위한 데이터 및 정보를 포함할 수 있다.
- [0046] 전류 주입에 따른 열적 효과를 배제한 상태에서, 바이어스 신호(BC)보다 더 큰 변조 신호가 주입되는 경우, 활성 이득 영역(1100) 내의 굴절률은 상대적으로 감소할 수 있고 그리고 바이어스 신호(BC)보다 더 작은 변조 신호가 주입되는 경우, 활성 이득 영역(1100) 내의 굴절률은 상대적으로 증가할 수 있다. 즉, 바이어스 신호(BC), 모드 조절 신호(PC), 및 파장 선택 신호(GC)에 의하여 일정하게 유지되던 레이저 공진기의 모드는 입력 신호(RF)(주입되는 전류신호) 및 공진기 내의 굴절률 요동에 의하여 입력 신호(RF)의 반복 패턴에 따라 발진 파장을 기준으로 반복적으로 움직일 수 있다. 공진모드의 요동은 입력 신호(RF)로부터 광전 변환(photoelectric transformation)된 출력 레이저 신호 파장에 신호 처프를 유발함으로써 신호의 전송 특성을 저하시키는 원인이 될 수 있다.
- [0047] 예를 들어, 파장가변 반도체 레이저(1000)가 네 개의 파장 채널들을 포함하는 경우, 각 파장 채널들에 대하여 DBR 영역(1300)의 발진 파장과 모드 조절 영역(1200)의 공진모드 파장은 활성 이득 신호, 모드 조절 신호(PC), 및 파장 선택 신호(GC)에 의하여 서로 일치될 수 있다. 여기서, 일치된 파장은 정적 출력 파장으로 지칭될 수 있다. 파장가변 반도체 레이저(1000)의 동적 동작을 위하여 활성 이득 영역(1100)에 입력 신호(RF)가 더 제공되는 경우, 각 파장 채널들에 대한 전체 신호들의 크기는 변할 수 있다. 여기서, 거시적인 주입 전류 신호열에 의한 주입 전류는 정상 상태(steady stage)일 수 있다. 그러나, 입력 신호(RF)의 국부적인 신호 패턴들(비트가 1인 경우, 높은 전류 상태, 비트가 0인 경우 낮은 전류 상태)에 따라 활성 이득 영역(1100)의 도파로 내의 굴절률 변화가 유도될 수 있다. 활성 이득 영역(1100)의 도파로 내의 굴절률 변화는 DBR 영역(1300)의 발진 파장과 모드 조절 영역(1200)의 공진모드 파장 사이에 미세하고 반복적인 불일치를 발생시킬 수 있다. 즉, 입력 신호(RF)의 비트 변이(bit transition) 동안, 파장가변 반도체 레이저(1000) 내로 미세한 주파수 요동이 유입될 수

있고 그리고 신호 처프 성분이 유입될 수 있다. 따라서, 신호 처프를 보상하기 위한 신호 처프 보상 신호가 모드 조절 영역(1200)에 제공될 필요가 있다.

[0048] 도 8의 본 발명의 실시 예에 따른 턴-온 상태의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)의 합의 크기를 나타내는 그래프(320)에서, 신호 공급기(1400)는 모드 조절 전극(1210)을 통하여 모드 조절 영역(1200)에 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공할 수 있다. 모드 조절 신호(PC)의 크기는 P일 수 있고 그리고 신호 처프 보상 신호(SCC)의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 (H2-P) 및 (L2-P)일 수 있다. 따라서, 모드 조절 신호(PC)와 신호 처프 보상 신호(SCC)의 합의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 H2 및 L2일 수 있다. P는 H2 및 L2의 평균 크기일 수 있다.

[0049] 신호 처프 보상 신호(SCC)의 코드는 이진 비트 신호열 일 수 있다. 신호 공급기(1400)는 변조 신호의 코드에 기초하여 신호 처프 보상 신호(SCC)의 코드를 결정할 수 있다. 즉, 신호 공급기(1400)는 변조 신호의 코드의 패턴 및 길이에 기초하여 신호 처프 보상 신호(SCC)의 코드의 패턴 및 길이를 결정할 수 있다. 예를 들어, 신호 공급기(1400)는 변조 신호의 코드의 길이와 동일하도록 신호 처프 보상 신호(SCC)의 코드의 길이를 결정할 수 있고 그리고 변조 신호의 코드 패턴을 역전함으로써 신호 처프 보상 신호(SCC)의 코드 패턴을 결정할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 입력 신호(RF)를 제공하는 타이밍과 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공하는 타이밍을 동기화할 수 있다.

[0050] 실시 예에서, 도 7을 참조하면, t4에서 t5까지의 구간 동안, 신호 공급기(1400)에 의하여 활성 이득 영역(1100)으로 제공되는 입력 신호(RF)의 예시적인 코드의 길이 및 패턴은 각각 6비트 및 101010일 수 있다. t4에서 t5까지의 구간은 반복될 수 있다. 이진 신호인 입력 신호(RF)가 인가되는 경우, 레이저 공진기 내에는 굴절을 변화가 유도될 수 있다. 공진기 내의 굴절을 요동의 안정화를 위해, 신호 공급기(1400)는 모드 조절 영역(1200)에, 도 8과 같이, 도 7의 입력 신호(RF)의 코드와 길이가 동일하고 입력 신호(RF)의 코드 패턴을 역전함으로써 결정된 코드 패턴을 가지는 신호 처프 보상 신호(SCC)를 제공할 수 있다. 따라서, 도 8의 신호 처프 보상 신호(SCC)의 코드의 길이 및 패턴은 각각 6비트 및 010101일 수 있다. 신호 공급기(1400)에 의하여 입력 신호(RF) 및 신호 처프 보상 신호(SCC)가 제공되는 타이밍은 서로 동기화될 수 있다.

[0051] 입력 신호(RF) 및 신호 처프 보상 신호(SCC)에 의하여 파장가변 반도체 레이저(1000) 내에서 발생하는 굴절을 변화는 서로 상쇄될 수 있고 굴절률 상태는 안정될 수 있다. 즉, 활성 이득 영역(1100)과 모드 조절 영역(1200)간의 상반된 굴절을 변화에 의하여 신호 처프 성분은 보상될 수 있다. 따라서, 전류 주입에 의한 직접적 변조 동안, 파장가변 반도체 레이저(1000) 내의 모드 불안정은 사라질 수 있다.

[0052] 도 9는 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 변조 신호의 크기를 나타내는 그래프이다. 도 10은 도 9의 변조 신호에 의한 시간에 따른 활성 이득 영역 내의 굴절을 변화를 나타내는 그래프(420)이다. 도 11은 도 1의 파장가변 반도체 레이저에 있어서 시간에 따른 파장 선택 신호(GC)와 열적 처프 보상 신호(TCC)의 합의 크기를 나타내는 그래프(430)이다. 도 12는 도 11의 파장 선택 신호(GC)와 열적 처프 보상 신호(TCC)의 합에 의한 시간에 따른 DBR 영역 내의 굴절을 변화를 나타내는 그래프(440)이다. 도 9 내지 도 12는 열적 처프 보상 신호(TCC)를 제공하는 방법을 설명하기 위하여 함께 설명될 것이다. 도 9 내지 도 12는 도 1을 참조하여 설명될 것이다.

[0053] 신호 공급기(1400)는 활성 이득 영역(1100)에 도 9의 변조 신호를 제공할 수 있다. 바이어스 신호(BC)의 크기는 B일 수 있고 그리고 입력 신호(RF)의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 (H1-B) 및 (L1-B)일 수 있다. 따라서, 바이어스 신호(BC)와 입력 신호(RF)의 합인 변조 신호의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 H1 및 L1일 수 있다. B는 H1 및 L1의 평균 크기일 수 있다. 도 9에서, t9에서 t10까지의 구간은 다른 구간들에 비해서 더 길 수 있다. 즉, 입력 신호(RF)의 코드에서 1 비트가 장주기(long period) 동안 반복될 수 있다(장주기 신호열). 장주기 신호열인 도 11의 입력 신호(RF)는 t9에서 t10까지의 구간 동안 파장가변 반도체 레이저(1000) 내에서 다른 구간들에 비해 더 큰 굴절을 변화 및 열적 변화를 유발할 수 있다. 이와 같은 굴절을 변화 및 열적 변화는 열적 처프를 유발할 수 있다.

[0054] 도 10에서, t9에서 t10까지의 구간 동안, 다른 구간들에 비해서 더 큰 굴절을 변화가 나타난다. t9에서 t10까지의 구간 동안, 최대 굴절률은 기준 굴절률 (R)보다 N1만큼 더 클 수 있다. 열적 처프는 예측되기 어렵고 그리고 단순히 히터 신호(HC) 및 신호 처프 보상 신호(SCC)에 의해서 보상하기 어렵다. 따라서, DBR 영역(1300)에 파장 선택 신호(GC)와 함께 열적 처프를 보상하기 위한 열적 처프 보상 신호(TCC)가 제공될 필요가 있다.

[0055] 도 11에서, 파장 선택 신호(GC)의 크기는 G일 수 있고 그리고 열적 처프 신호의 최대 크기 및 최소 크기는 각각

(H2-G) 및 (L2-G)일 수 있다. 따라서, 파장 선택 신호(GC)와 열적 처프 보상 신호(TCC)의 합의 최대 크기 및 최소 크기는 각각 H2 및 L2일 수 있다. G는 H2 및 L2의 평균 크기일 수 있다. 신호 공급기(1400)는 DBR 영역(1300)에 도 9의 변조 신호에 기초하여 결정된 열적 처프 보상 신호(TCC)를 제공할 수 있다. 신호 공급기(1400)는 도 9의 변조 신호의 코드 패턴 및 코드 길이와 동일하게 열적 처프 보상 신호(TCC)의 코드 패턴 및 코드 길이를 결정할 수 있다. 또한, 신호 공급기(1400)는 도 9의 입력 신호(RF)를 제공하는 타이밍과 열적 처프 보상 신호(TCC)를 제공하는 타이밍을 동기화할 수 있다.

[0056] 도 10에서, t9에서 t10까지의 구간 동안, 열적 처프 보상 신호(TCC)는 파장가변 반도체 레이저(1000) 내에서 다른 구간들에 비해 더 큰 굴절률 변화를 유발할 수 있다. 열적 처프 보상 신호(TCC)에 의한 굴절률 변화는 도 10의 입력 신호(RF)에 의한 굴절률 변화를 상쇄할 수 있다. 즉, DBR 영역(1300)의 도파로 내에서의 열에 의한 적색 편이와 전류 주입에 의한 청색 편이를 상쇄함으로써 파장가변 반도체 레이저(1000)내의 굴절률을 일정하게 유지할 수 있다. 결국, 장주기 신호열의 패턴 형태, 주기 길이에 관계 없이 열적 처프의 원인되는 미세 요동을 없앨 수 있고 그리고 발진 광신호의 전송 특성을 안정시킬 수 있다.

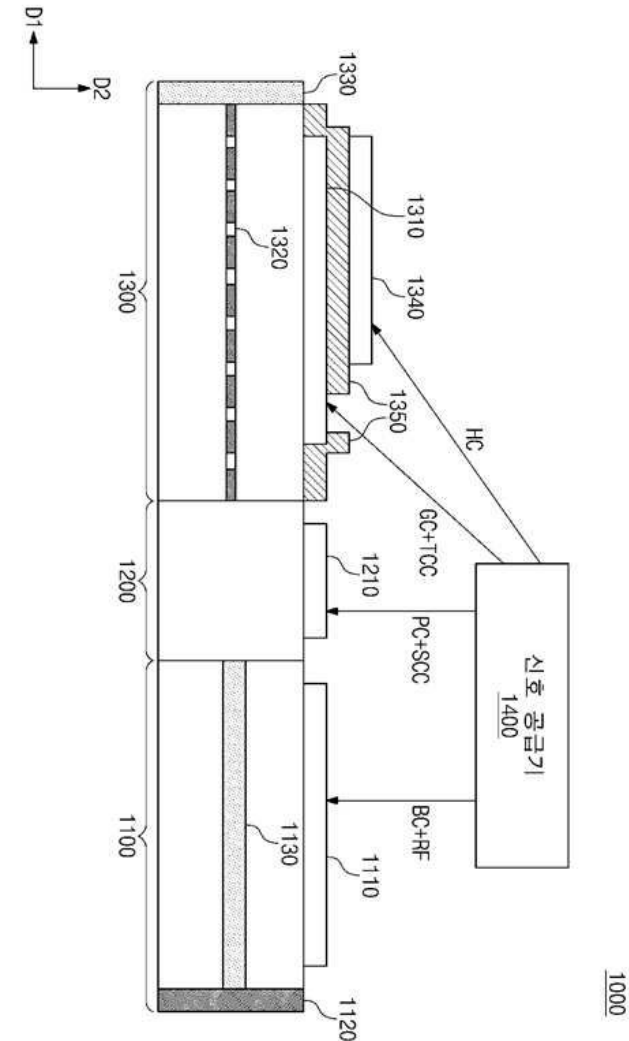
[0057] 위에서 설명한 내용은 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 예들이다. 본 발명에는 위에서 설명한 실시 예들뿐만 아니라, 단순히 설계 변경하거나 용이하게 변경할 수 있는 실시 예들도 포함될 것이다. 또한, 본 발명에는 상술한 실시 예들을 이용하여 앞으로 용이하게 변형하여 실시할 수 있는 기술들도 포함될 것이다.

부호의 설명

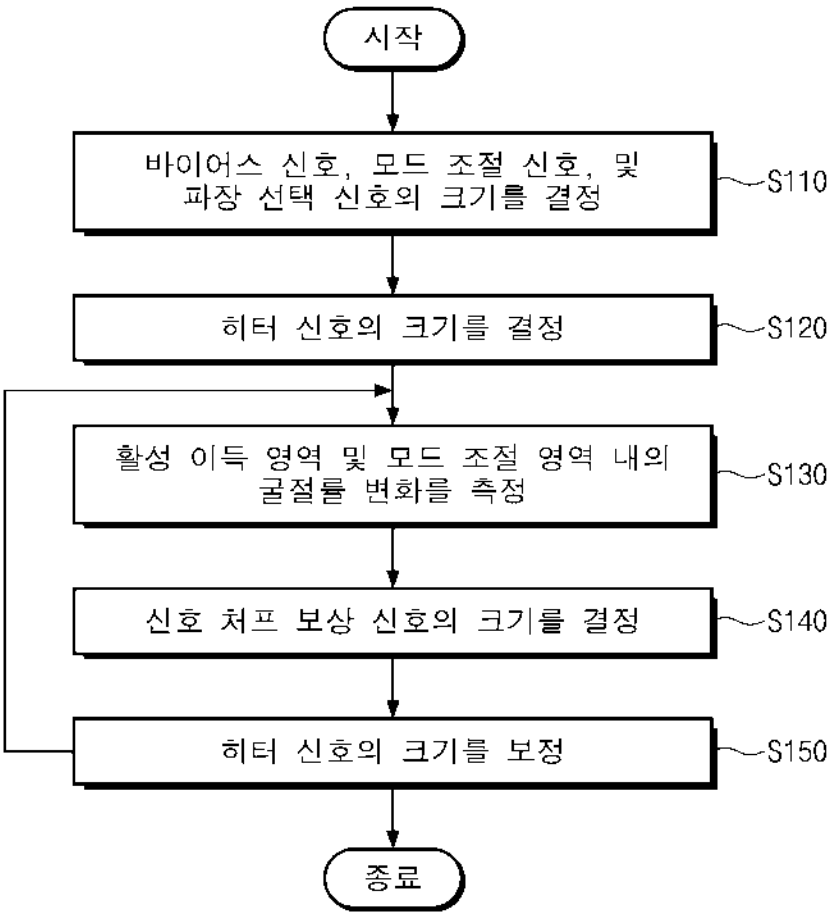
[0058] 1000: 파장가변 레이저
1100: 활성 이득 영역
1200: 모드 조절 영역
1300: DBR 영역
1400: 신호 공급기

도면

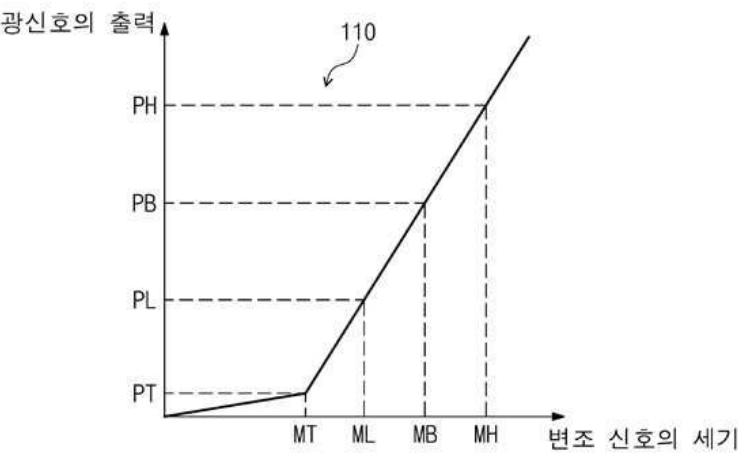
도면1



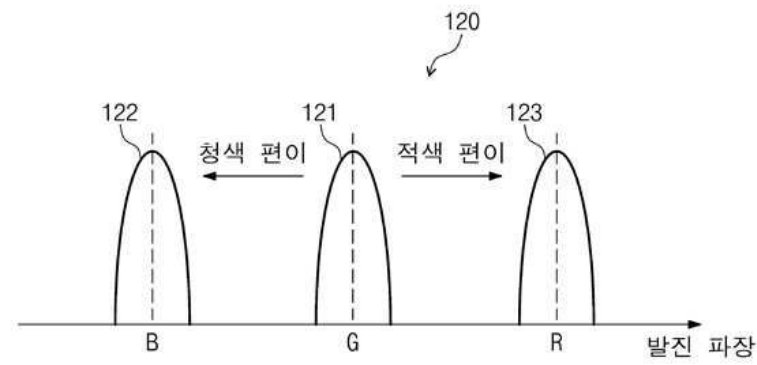
도면2



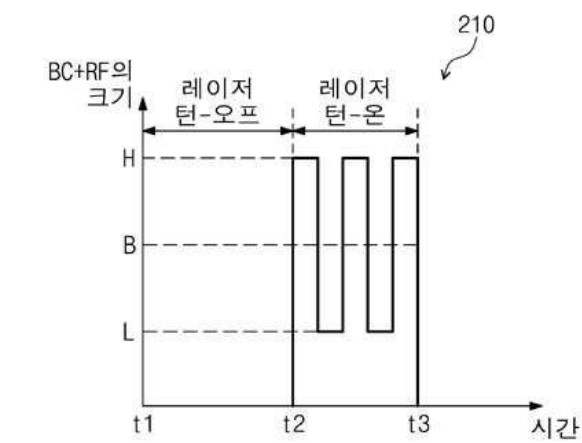
도면3



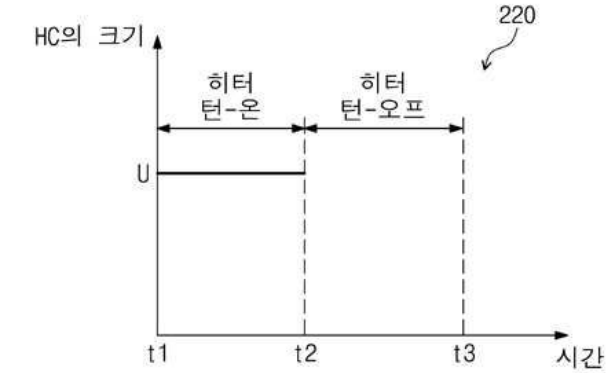
도면4



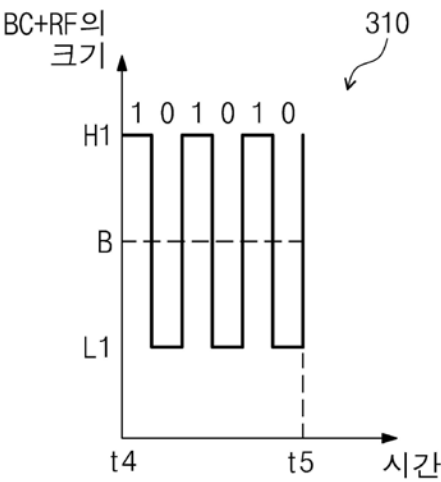
도면5



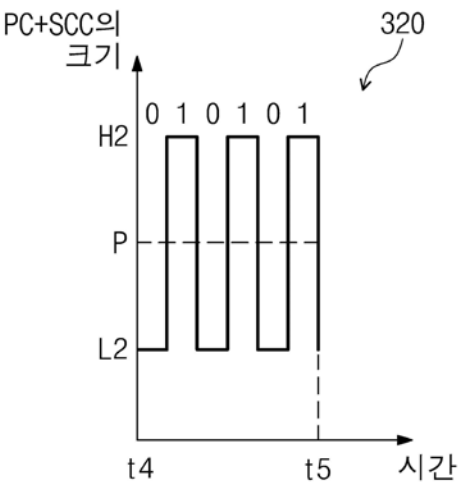
도면6



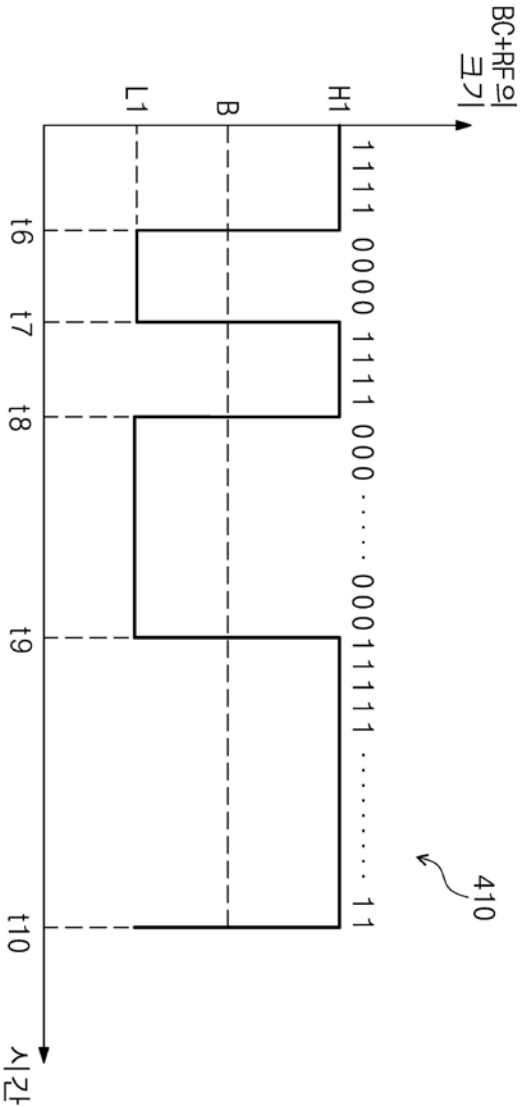
도면7



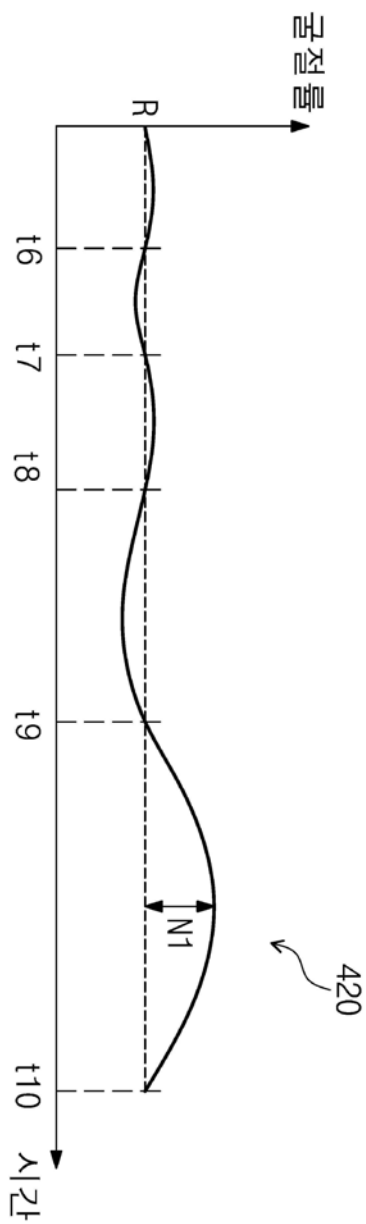
도면8



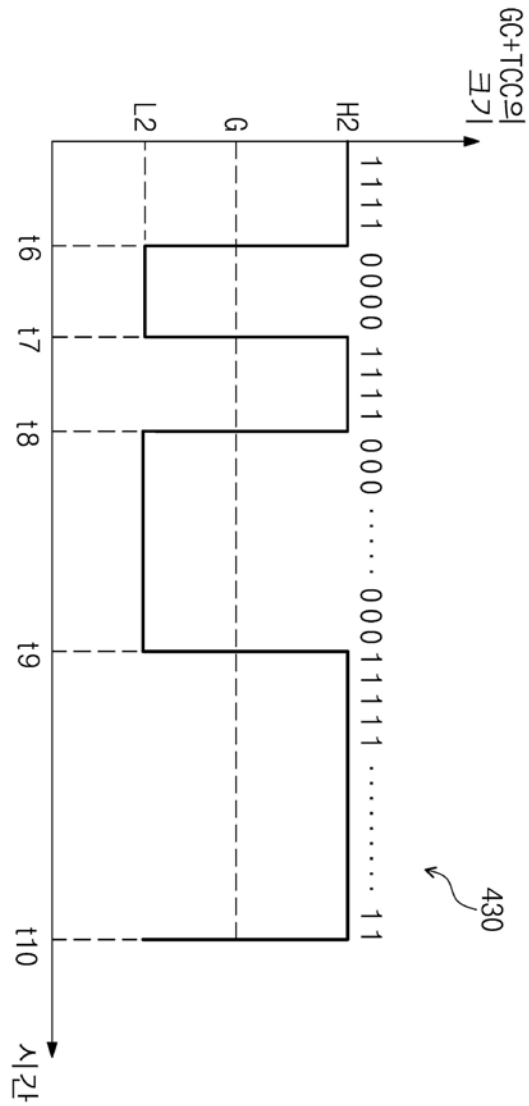
도면9



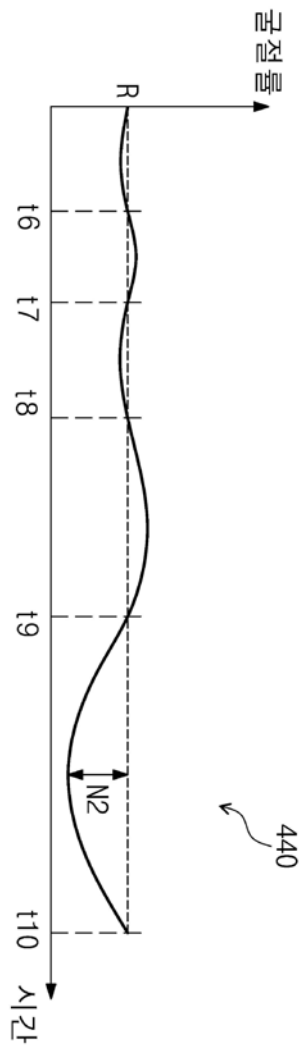
도면10



도면11



도면12





등록특허 10-2300860



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월14일
(11) 등록번호 10-2300860
(24) 등록일자 2021년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01S 5/12 (2021.01)

(52) CPC특허분류

H01S 5/12 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2019-0080136

(22) 출원일자 2019년07월03일

심사청구일자 2020년02월04일

(65) 공개번호 10-2020-0083149

(43) 공개일자 2020년07월08일

(30) 우선권주장

1020180171305 2018년12월27일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

JP07022215 B2*

JP2013207023 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

(72) 발명자

김남제

대전광역시 유성구 왕가봉로 16-18 304호 (노은동)

권오균

대전광역시 유성구 지족로 92영무 예다움 아파트 171-401

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 10 항

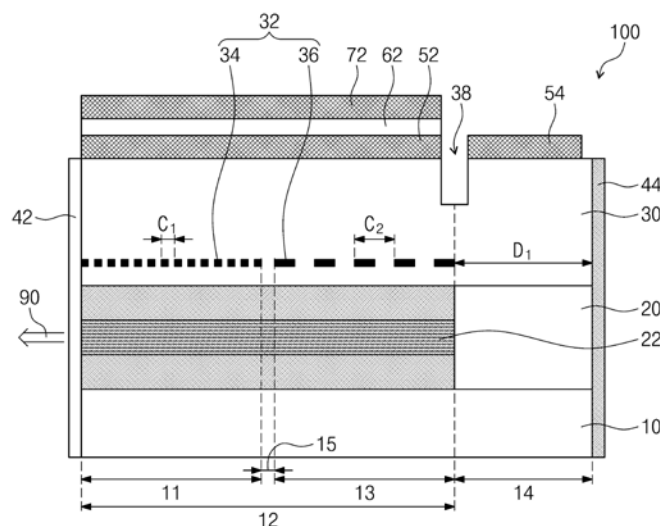
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 고효율 위상 천이 분포 궤환 레이저 다이오드

(57) 요약

본 발명은 위상 천이 분포 궤환 레이저 다이오드를 개시한다. 그의 레이저 다이오드는 레이저 다이오드 영역과 위상 조절 영역을 갖는 기판과, 상기 기판 상의 도파로 층과, 상기 도파로 층 상의 클래드 층과, 상기 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내의 그레이팅과, 상기 레이저 다이오드 영역에 인접하는 상기 기판, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 일측 측벽에 배치되는 무반사막과, 상기 위상 조절 영역에 인접하는 상기 기판, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 타측 측벽에 배치되는 고반사막을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박미란

대전시 유성구 도안동로 523 호반2블럭 아파트 21
6동1101호

김태수

대전광역시 유성구 신성로61번길 93-16해피하우스
401호

안신모

대전광역시 유성구 신성로61번안길 47 304호

한원석

대전광역시 유성구 가정로 43 삼성한울아파트 107
동 1001호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 18MB1110

부처명 미래창조과학부

과제관리(전문)기관명 (재)기가코리아사업단

연구사업명 범부처 Giga KOREA사업

연구과제명 5G 이동통신 기지국용 디지털기반 프론트홀 광링크기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (주)에치에프알

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

레이저 다이오드 영역과 위상 조절 영역을 갖는 기관;

상기 기관 상의 도파로 층;

상기 도파로 층 상의 클래드 층;

상기 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내의 그레이팅;

상기 레이저 다이오드 영역에 인접하는 상기 기관, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 일측 측벽에 배치되는 무반사막; 및

상기 위상 조절 영역에 인접하는 상기 기관, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 타측 측벽에 배치되는 고반사막을 포함하되,

상기 기관의 상기 레이저 다이오드 영역은:

제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들; 및

상기 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들 사이의 위상 천이 영역을 포함하되,

상기 그레이팅은:

상기 제 1 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치된 제 1 그레이팅; 및

상기 제 2 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치되고, 상기 제 1 그레이팅의 주기와 다른 주기를 갖는 제 2 그레이팅을 포함하되,

상기 제 2 그레이팅의 주기는 상기 제 1 그레이팅의 주기의 3배로 큰 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 그레이팅의 주기는 240nm이고,

상기 제 2 그레이팅의 주기는 720nm인 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 다이오드 영역 및 상기 위상 조절 영역의 상기 클래드 층 상에 각각 배치된 제 1 및 제 2 전극들을 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제 1 전극 상의 제 1 절연 층; 그리고

상기 제 1 절연 층 상의 제 1 히터를 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 위상 조절 영역의 상기 클래드 층 상의 제 2 절연 층; 그리고

상기 제 2 절연 층 상의 제 2 히터를 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 상기 무반사막과 상기 레이저 다이오드 영역 사이의 증폭 영역을 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 증폭 영역의 상기 클래드 층 상의 제 3 전극을 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 상기 무반사막과 상기 레이저 다이오드 영역의 타측에 배치되는 변조 영역을 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 변조 영역의 상기 클래드 층 상의 제 4 전극을 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 다이오드 영역의 상기 도파로 층 내의 양자 우물 층을 더 포함하는 분포 궤환 레이저 다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저에 관한 것으로, 보다 구체적으로 위상 천이 분포 궤환 레이저 다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 레이저는 광통신 및 센서 등의 응용 분야로 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 통신용 반도체 레이저는 저전력, 고속동작, 및 단일모드 발진 등의 요구 특성 외에도, 안정적인 튜닝 특성 및 고출력 특성이 요구되고

있다. 안정적인 튜닝 특성의 반도체 레이저는 브랙 반사형(DBR: distributed Bragg reflection) 레이저와, 분포 궤환(DFB: distributed feedback) 레이저 다이오드를 포함할 수 있다. 그 중에 분포 궤환 레이저 다이오드는 높은 단일모드 수율을 장점으로 갖는 $\lambda/4$ 위상천이 분포 궤환 레이저 다이오드를 포함할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 모드 호핑 없이 연속적인 파장가변이 가능하고, 우수한 측모드 억제율(SMSR)을 획득할 수 있는 분포 궤환 레이저 다이오드를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명은 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드는, 레이저 다이오드 영역과 위상 조절 영역을 갖는 기판; 상기 기판 상의 도파로 층; 상기 도파로 층 상의 클래드 층; 상기 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내의 그레이팅; 상기 레이저 다이오드 영역에 인접하는 상기 기판, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 일측 측벽에 배치되는 무반사막; 및 상기 위상 조절 영역에 인접하는 상기 기판, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 타측 측벽에 배치되는 고반사막을 포함한다. 여기서, 상기 기판의 상기 레이저 다이오드 영역은: 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들; 및 상기 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들 사이의 위상 천이 영역을 포함할 수 있다. 상기 그레이팅은: 상기 제 1 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치된 제 1 그레이팅; 및 상기 제 2 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치되고, 상기 제 1 그레이팅의 주기와 다른 주기를 갖는 제 2 그레이팅을 포함할 수 있다.

[0005] 상기 제 2 그레이팅의 주기는 상기 제 1 그레이팅의 주기의 3배로 클 수 있다.

[0006] 상기 제 1 그레이팅의 주기는 240nm이고, 상기 제 2 그레이팅의 주기는 720nm일 수 있다.

[0007] 상기 레이저 다이오드 영역 및 상기 위상 조절 영역의 상기 클래드 층 상에 각각 배치된 제 1 및 제 2 전극들을 더 포함할 수 있다.

[0008] 상기 제 1 전극 상의 제 1 절연 층; 그리고 상기 제 1 절연 층 상의 제 1 히터를 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 위상 조절 영역의 상기 클래드 층 상의 제 2 절연 층; 그리고 상기 제 2 절연 층 상의 제 2 히터를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 기판은 상기 무반사막과 상기 레이저 다이오드 영역 사이의 증폭 영역을 더

[0011] 상기 증폭 영역의 상기 클래드 층 상의 제 3 전극을 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 기판은 상기 무반사막과 상기 레이저 다이오드 영역의 타측에 배치되는 변조 영역을 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 변조 영역의 상기 클래드 층 상의 제 4 전극을 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 레이저 다이오드 영역의 상기 도파로 층 내의 양자 우물 층을 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드는 위상 조절 영역과, 위상 조절 영역의 측벽 상의 고반사막을 이용하여 모드 호핑 없이 레이저 광의 파장을 연속적으로 가변(tune)시키고, 우수한 측모드 억제율(SMSR)을 획득할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드의 일 예를 보여주는 단면도이다..

도 2는 도 1의 제 1 전극에 소스 파워가 제공될 때, 레이저 광의 모드 세기의 분포를 보여주는 그래프이다.

도 3은 도 1의 레이저 광의 발진 스펙트럼을 보여주는 그래프이다.

도 4는 일반적인 분포 궤환 레이저 다이오드의 불연속적으로 튜닝된 스펙트럼을 보여주는 그래프이다.

도 5는 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드의 연속적으로 튜닝된 스펙트럼을 보여주는 그래프이다.

도 6은 도 1의 레이저 다이오드 영역의 결합상수 의존 특성을 계산한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 7은 도 1의 레이저 광의 직접변조특성을 보여주는 아이 다이어그램(eye diagram)이다.

도 8은 도 1의 제 2 그레이팅의 위상에 따른 측모드 억제율을 보여주는 그래프이다.

도 9는 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드의 다른 예를 보여주는 단면도이다.

도 10은 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드의 또 다른 예를 보여주는 단면도이다.

도 11은 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드의 또 다른 예를 보여주는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0018] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예를 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 또한, 바람직한 실시 예에 따른 것이기 때문에, 설명의 순서에 따라 제시되는 참조 부호는 그 순서에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0019] 또한, 본 명세서에서 기술하는 실시 예는 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서, 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예는 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드(100)의 일 예를 보여준다.
- [0021] 도 1을 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 $\lambda/4$ 위상 천이 분포 궤환 레이저 다이오드일 수 있다. 일 예로, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 기판(10), 도파로 층(20), 클래드 층(30), 그레이팅(32), 무반사막(antireflection coating, 42), 고반사막(high reflection coating, 44), 제 1 전극(52), 제 2 전극(54), 제 1 절연 층(62), 및 제 1 히터(72)를 포함할 수 있다.
- [0022] 기판(10)은 하부 클래드 층일 수 있다. 예를 들어, 기판(10)은 n-InP를 포함할 수 있다. 기판(10)은 접지될 수 있다. 일 예로, 기판(10)은 레이저 다이오드 영역(laser diode section, 12), 및 위상 조절 영역(phase adjustment section, 14)을 가질 수 있다. 레이저 다이오드 영역(12)은 도파로 층(20)의 이득(gain)이 있는 영역이고, 위상 조절 영역(14)은 도파로 층(20)의 이득이 없는 영역일 수 있다. 일 예로, 레이저 다이오드 영역(12)은 제 1 레이저 다이오드 영역(11), 제 2 레이저 다이오드 영역(13) 및 위상 천이 영역(15)을 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들(11, 13)은 이격하여 배치될 수 있다. 위상 천이 영역(15)은 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들(11, 13) 사이에 배치될 수 있다.
- [0023] 도파로 층(20)은 기판(10) 상에 배치될 수 있다. 도파로 층(20)은 InGaAsP, InGaAlAs, 또는 InGaNaNs를 포함할 수 있다. 도파로 층(20)은 양자 우물 층(22)을 가질 수 있다. 양자 우물 층(22)은 레이저 다이오드 영역(12) 내에 선택적으로 배치될 수 있다. 양자 우물 층(22)은 레이저 광(90)의 이득을 얻기 위한 이득물질(gain medium)일 수 있다. 예를 들어, 도파로 층(20)은 활성 도파로 층과, 수동 도파로 층을 포함할 수 있다. 활성 도파로 층은 레이저 다이오드 영역(12) 상에 배치되고, 양자 우물 층(22)을 가질 수 있다. 수동 도파로 층은 위상 조절 영역(14) 상에 배치될 수 있다. 위상 조절 영역(14) 상의 수동 도파로 층은 레이저 광(90)의 파장보다 짧은 파장의 에너지 밴드갭을 가질 수 있다. 레이저 광(90)의 파장이 약 1530nm일 경우, 위상 조절 영역(14)의 도파로 층(20)은 약 1.3 μm 내지 약 1.35 μm 의 발진 파장에 대응되는 에너지 밴드갭을 갖는 물질을 포함할 수 있다.
- [0024] 클래드 층(30)은 도파로 층(20) 상에 배치될 수 있다. 클래드 층(30)은 p-InP를 포함할 수 있다. 클래드 층(30)은 홈(38)을 가질 수 있다. 홈(38)은 레이저 다이오드 영역(12)과 위상 조절 영역(14)의 경계에 배치될 수 있

다. 즉, 홈(38)은 레이저 다이오드 영역(12)과 위상 조절 영역(14)을 정의할 수 있다.

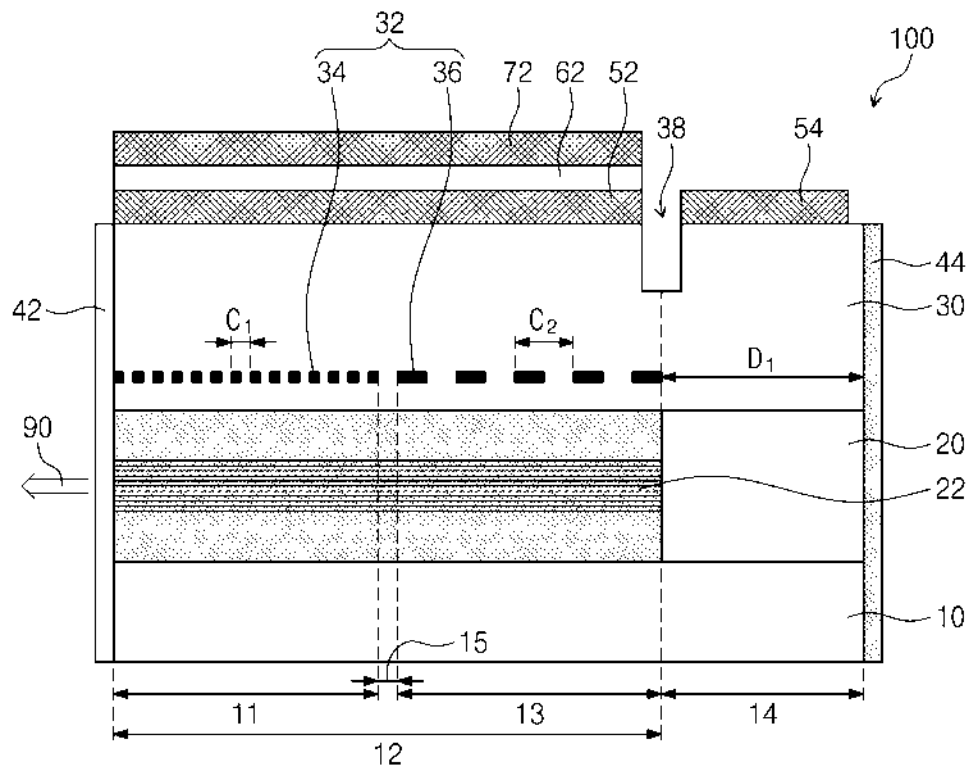
- [0025] 그레이팅(32)은 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들(11, 13)의 클래드 층(30) 내에 배치될 수 있다. 이와 달리, 그레이팅(32)은 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들(11, 13)의 기판(10) 내에 배치될 수 있다. 예를 들어, 그레이팅(32)은 구리(Cu), 또는 InGaAs를 포함할 수 있으며, 본 발명은 이에 한정되지 않을 수 있다.
- [0026] 일 예로, 그레이팅(32)은 제 1 그레이팅(34) 및 제 2 그레이팅(36)을 포함할 수 있다. 제 1 그레이팅(34) 및 제 2 그레이팅(36)은 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들(11, 13) 상에 각각 배치될 수 있다. 제 1 그레이팅(34) 및 제 2 그레이팅(36)은 위상 천이 영역(15) 상에서 분리될 수 있다. 예를 들어, 제 1 그레이팅(34) 및 제 2 그레이팅(36)은 위상 천이 영역(15) 상에서 레이저 광(90)의 파장(λ)에 대해 1/4의 거리만큼 이격하여 배치될 수 있다. 즉, 위상 천이 영역(15)은 레이저 광(90)의 위상을 $\lambda/4$ 만큼 천이시킬 수 있다.
- [0027] 제 1 그레이팅(34)은 제 1 레이저 다이오드 영역(11)의 클래드 층(30) 내에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제 1 그레이팅(34)은 약 240nm의 제 1 주기(C_1)를 가질 수 있다. 약 240nm의 제 1 주기(C_1)의 제 1 그레이팅(34)은 약 1530nm 파장의 레이저 광(90)을 발진시킬 수 있다.
- [0028] 제 2 그레이팅(36)은 제 2 레이저 다이오드 영역(13)의 클래드 층(30) 내에 배치될 수 있다. 제 2 그레이팅(36)은 제 1 그레이팅(34)의 제 1 주기(C_1)보다 큰 제 2 주기(C_2)를 가질 수 있다. 제 2 주기(C_2)는 제 1 주기(C_1)의 홀수배일 수 있다. 제 2 주기(C_2)가 제 1 주기(C_1)의 짝수배일 경우, 레이저 광(90)의 출력 효율은 감소할 수 있다. 제 1 그레이팅(34)이 1차(first order) 그레이팅일 경우, 제 2 그레이팅(36)은 3차(third order) 그레이팅일 수 있다. 예를 들어, 제 2 그레이팅(36)의 제 2 주기(C_2)는 제 1 그레이팅(34)의 제 1 주기(C_1)보다 3배 클 수 있다. 제 1 그레이팅(34)이 약 240nm의 제 1 주기(C_1)를 가질 경우, 제 2 그레이팅(36)은 약 720nm의 제 2 주기(C_2)를 가질 수 있다. 약 720nm의 제 2 주기(C_2)의 제 2 그레이팅(36)은 약 1530nm 파장의 레이저 광(90)을 발진시킬 수 있다.
- [0029] 무반사막(42)은 기판(10), 도파로 층(20), 및 클래드 층(30)의 일측 측벽 상에 배치될 수 있다. 무반사막(42)은 기판(10)의 레이저 다이오드 영역(12)에 인접하여 배치될 수 있다. 무반사막(42)은 레이저 광(90)을 반사 없이 도파로 층(20)의 외부로 투과시킬 수 있다. 예를 들어, 무반사막(42)은 실리콘 산화물을 포함할 수 있다.
- [0030] 고반사막(44)은 기판(10), 도파로 층(20), 및 클래드 층(30)의 타측 측벽 상에 배치될 수 있다. 고반사막(44)은 기판(10)의 위상 조절 영역(14)에 인접하여 배치될 수 있다. 고반사막(44)은 레이저 광(90)을 반사시킬 수 있다. 예를 들어, 고반사막(44)은 알루미늄의 금속을 포함할 수 있다.
- [0031] 제 1 전극(52)은 레이저 다이오드 영역(12)의 클래드 층(30) 상에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(52)은 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu), 알루미늄(Al), 또는 텅스텐(W)의 금속을 포함할 수 있다. 소스 파워(source power)가 제 1 전극(52)에 제공되면, 제 1 전극(52)은 소스 파워를 이용하여 레이저 광(90)을 생성시킬 수 있다. 레이저 광(90)의 에너지는 소스 파워에 비례하여 증가할 수 있다.
- [0032] 도 2는 도 1의 제 1 전극(52)에 소스 파워가 제공될 때, 레이저 광(90)의 모드 세기의 분포를 보여준다.
- [0033] 도 2를 참조하면, 고반사막(44)은 위상 조절 영역(14)에서의 레이저 광(90)의 모드 세기를 증가시킬 수 있다. 레이저 다이오드 영역(12)은 약 300 μ m의 길이를 갖고, 위상 조절 영역(14)은 약 50 μ m 길이를 가질 수 있다. 위상 조절 영역(14) 내에서의 레이저 광(90)의 모드 세기는 레이저 다이오드 영역(12) 내에서의 레이저 광(90)의 모드 세기보다 높을 수 있다. 예를 들어, 레이저 다이오드 영역(12) 내에서의 레이저 광(90)의 모드 세기는 최저 약 30mW이고, 위상 조절 영역(14) 내에서의 레이저 광(90)의 모드 세기는 최대 약 90mW일 수 있다. 소스 파워의 전류는 약 100mA이고, 무반사막(42)의 반사율은 0.00이고, 고반사막(44)의 반사율은 약 0.8이고, 그레이팅(32)의 결합 상수는 약 0.005/ μ m이다.
- [0034] 도 3은 도 1의 레이저 광(90)의 발진 스펙트럼을 보여준다.
- [0035] 도 3을 참조하면, 고반사막(44)은 FP 모드(Fabry-Perot mode)의 발진 스펙트럼(2)을 생성시킬 수 있고, 이로 인해 측모드 억제율을 저하시킬 수 있다. 도 3의 grating에 의한 발진 스펙트럼(2)은 약 1499nm의 피크 파장을 가질 수 있다. 발진 모드의 측모드 억제율(SMSR)은 일반적인 40dB보다 높은 약 45dB로 획득될 수 있다. 따라서, 본 발명의 분포 제한 레이저 다이오드(100)는 위상 조절 영역(14)과 고반사막(44)을 이용하여 측모드 억제율(SMSR)과 출력 파워를 동시에 증가시킬 수 있다.

- [0036] 다시, 도 1을 참조하면, 제 2 전극(54)은 위상 조절 영역(14)의 클래드 층(30) 상에 배치될 수 있다. 제 2 전극(54)은 금속을 포함할 수 있다. 제 2 전극(54)에 제어 신호가 인가되면, 제 2 전극(54)은 위상 조절 영역(14) 내에 전류를 제공하여 클래드 층(30), 도파로 층(20) 및 기관(10)의 유효 굴절률을 변화시키고, 그레이팅(32)과 고반사막(44) 사이의 광학적 거리를 조절할 수 있다. 또한, 제 2 전극(54)은 위상 조절 영역(14) 내의 운반자 밀도(carrier density)를 조절할 수 있다.
- [0037] 제 1 절연 층(62)은 제 1 전극(52) 상에 배치될 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(52)은 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물의 유전 층을 포함할 수 있다.
- [0038] 제 1 히터(72)는 제 1 절연 층(62) 상에 배치될 수 있다. 제 1 절연 층(62)은 제 1 히터(72)와 클래드 층(30)을 절연시킬 수 있다. 제 1 히터(72)는 니켈, 크롬, 또는 그들의 합금의 금속 층을 포함할 수 있다. 제 1 히터(72)에 히팅 파워가 제공되면, 제 1 히터(72)는 레이저 다이오드 영역(12)의 도파로 층(20) 및 클래드 층(30)을 가열시킬 수 있다. 레이저 다이오드 영역(12)의 도파로 층(20) 및 클래드 층(30)이 가열되면, 상기 도파로 층(20) 및 상기 클래드 층(30)의 유효 굴절률을 증가할 수 있다. 도파로 층(20) 및 클래드 층(30)의 유효 굴절률이 증가되면, 레이저 광(90)의 파장은 증가할 수 있다. 레이저 광(90)의 파장은 약 3nm 내지 약 5nm 정도 증가될 수 있다. 즉, 레이저 광(90)의 파장은 약 3nm 내지 약 5nm 정도 가변(tune) 가능할 수 있다. 따라서, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 높은 출력 파워 및 측모드 억제율(SMSR)이 요구되는 NG-PON2와 같은 통신 시스템에 채용 및/또는 적용될 수 있다.
- [0039] 도 4는 일반적인 분포 궤환 레이저 다이오드의 불연속적으로 튜닝된 스펙트럼(4)을 보여준다.
- [0040] 도 4를 참조하면, 위상 조절 영역(14)이 없는 일반적인 분포 궤환 레이저 다이오드는 모드 호핑(mode hopping)을 갖는 불연속적으로 튜닝된 스펙트럼(4)의 레이저 광(90)을 생성시킬 수 있다. 모드 호핑은 FB 모드와 DFB(distributed feedback) 모드 사이의 경쟁(complete)에 의해 발생할 수 있다. 일반적인 분포 궤환 레이저 다이오드는 레이저 광(90)의 파장을 모드 호핑의 발생 파장대에 가변(tune)시키는 것이 가능할 수 있다. 하지만, 레이저 광(90)의 특성은 발진 모드의 선폭(linewidth) 및 노이즈의 증가에 의해 감소할 수 있다. 또한, 일반적인 분포 궤환 레이저 다이오드는 모드 깨짐(mode breaking) 현상에 따라 약 35dB 이하의 측모드 억제율(SMSR)의 레이저 광(90)을 생성할 수 있다.
- [0041] 도 5는 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)의 연속적으로 튜닝된 스펙트럼(6)을 보여준다.
- [0042] 도 5를 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 모드 호핑 없이 연속적으로 튜닝된 스펙트럼(6)의 레이저 광(90)을 발진시킬 수 있다. 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 레이저 다이오드 영역(12)과 고반사막(44) 사이의 위상 조절 영역(14)을 이용하여 약 45dB 이상의 측모드 억제율(SMSR)의 레이저 광(90)을 생성할 수 있다. 또한, 위상 조절 영역(14)은 종래의 레이저 다이오드 영역(12)과 고반사막(44)의 접촉에 따른 단일 모드 특성 저하를 제거하여 생산 수율을 증가시킬 수 있다.
- [0043] 도 6은 도 1의 레이저 다이오드 영역(12)의 결합상수(coupling coefficient) 의존 특성을 계산한 결과를 보여준다.
- [0044] 도 6을 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)의 $0.005/\mu\text{m}$ 의 결합 상수의 제 1 피크 파장(8)과, $0.008/\mu\text{m}$ 의 결합 상수의 제 2 피크 파장(9)을 갖는 레이저 광(90)을 생성시킬 수 있다. 레이저 다이오드 영역(12)의 길이는 약 $300\mu\text{m}$ 이고, 위상 조절 영역(14)의 길이는 약 $50\mu\text{m}$ 일 수 있다. H. Soda의 결합 모드(coupled mode) 방정식에 의하면, 결합 상수(k)와 레이저 다이오드 영역(12)의 거리(L)의 곱(kL)은 약 1.5 및 약 2.4로 계산될 수 있다. 결합 상수(k)와 레이저 다이오드 영역(12)의 거리(L)의 곱(kL)이 약 1 내지 3의 범주 내에 있을 경우, 레이저 광(90)은 안정적인 단일 모드로서 생성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100) 안정적인 단일 모드의 레이저 광(90)을 생성할 수 있다.
- [0045] 도 7은 도 1의 레이저 광(90)의 직접변조특성을 보여준다.
- [0046] 도 7을 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 직접변조상황에서 약 15mW의 평균 출력 파워의 레이저 광(90)을 출력할 수 있다. 레이저 광(90)의 탑 레벨 출력 파워(1)는 약 25mW이고, 상기 레이저 광(90)의 바텀 레벨 출력 파워(0)는 약 5mW이다. 따라서, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 고속 직접 변조 가능한 고효율 출력 파워의 레이저 광(90)을 출력시킬 수 있다.
- [0047] 도 8은 도 1의 제 2 그레이팅(36)과 고반사막(44) 사이의 거리에 대응되는 제 2 그레이팅(36)의 위상에 따른 측모드 억제율(SMSR)을 보여준다.

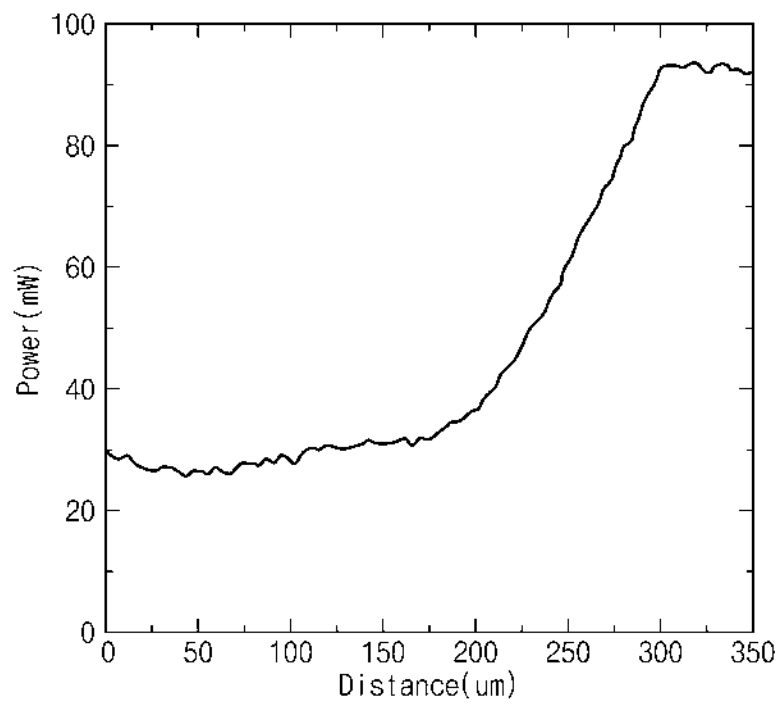
- [0048] 도 8을 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 일반적인 측모드 억제율(SMSR) 이상의 35dB 내지 50dB의 측모드 억제율(SMSR)의 레이저 광(90)을 생성할 수 있다. 가로 축은 제 2 그레이팅(36)의 위상을 나타내고, 세로 축은 측모드 억제율(SMSR)을 나타낸다. 제 2 그레이팅(36)의 위상은 제 2 그레이팅(36)과 고반사막(44) 사이 거리(D1)에 대한 레이저 광(90)의 위상 차에 대응될 수 있다. 예를 들어, 제 2 그레이팅(26)의 위상은 0° 내지 360° 또는 0 내지 2π 라디안으로 표시될 수 있다.
- [0049] 도 9는 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드(100)의 또 다른 예를 보여준다.
- [0050] 도 9를 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 반도체 광 증폭기(semiconductor optical amplifier)를 포함할 수 있다. 일 예로, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 증폭 영역(16)을 더 가질 수 있다. 증폭 영역(16)은 무반사막(42)과 레이저 다이오드 영역(12) 사이에 배치될 수 있다.
- [0051] 양자 우물 층(22)은 증폭 영역(16)의 도파로 층(20) 내에 배치될 수 있다. 양자 우물 층(22)은 증폭 영역(16)의 도파로 층(20) 내의 이득 물질로 사용될 수 있다.
- [0052] 제 3 전극(56)이 증폭 영역(16)의 클래드 층(30) 상에 배치될 수 있다. 제 3 전극(56)에 증폭 신호가 인가되면, 레이저 광(90)은 증폭 신호에 따라 증폭될 수 있다. 레이저 광(90)은 최대 60mW의 출력 파워를 갖도록 증폭될 수 있다.
- [0053] 그레이팅(32), 고반사막(44), 제 1 전극(52), 제 2 전극(54), 제 1 절연 층(62), 및 제 1 히터(72)은 도 1과 동일하게 구성될 수 있다.
- [0054] 도 10은 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드(100)의 또 다른 예를 보여준다.
- [0055] 도 10을 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 전기 흡수 변조기(electro-absorption modulator)를 포함할 수 있다. 일 예로, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 변조 영역(18)을 가질 수 있다. 변조 영역(18)은 무반사막(42)과 레이저 다이오드 영역(12) 사이에 배치될 수 있다.
- [0056] 양자 우물 층(22)은 변조 영역(18)의 도파로 층(20) 내에 배치될 수 있다. 양자 우물 층(22)은 변조 영역(18)의 도파로 층(20) 내의 이득 물질로 사용될 수 있다.
- [0057] 제 4 전극(58)이 변조 영역(18)의 클래드 층(30) 상에 배치될 수 있다. 제 4 전극(58)에 변조 신호가 인가되면, 제 4 전극(58)은 변조 신호에 따른 흡수 손실을 이용하여 레이저 광(90)을 변조시킬 수 있다.
- [0058] 그레이팅(32), 고반사막(44), 제 1 전극(52), 제 2 전극(54), 제 1 절연 층(62), 및 제 1 히터(72)은 도 1과 동일하게 구성될 수 있다.
- [0059] 도 11은 본 발명의 개념에 따른 분포 궤환 레이저 다이오드(100)의 또 다른 예를 보여준다.
- [0060] 도 11을 참조하면, 본 발명의 분포 궤환 레이저 다이오드(100)는 위상 조절 영역(14)의 제 2 절연 층(64)과 제 2 히터(74)를 가질 수 있다. 기판(10), 도파로 층(20), 클래드 층(30), 그레이팅(32), 고반사막(44), 무반사막(42), 제 1 전극(52), 제 1 절연 층(62) 및 제 1 히터(72)는 도 1과 동일하게 구성될 수 있다.
- [0061] 제 2 절연 층(64)은 위상 조절 영역(14)의 클래드 층(30) 상에 배치될 수 있다. 제 2 절연 층(64)은 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물의 유전 층을 포함할 수 있다.
- [0062] 제 2 히터(74)는 제 2 절연 층(64) 상에 배치될 수 있다. 제 2 절연 층(64)은 제 2 히터(74)와 클래드 층(30)을 절연시킬 수 있다. 제 1 히터 파워가 제 2 히터(74)에 제공되면, 제 2 히터(74)는 위상 조절 영역(14)의 도파로 층(20) 및 클래드 층(30)을 가열하여 레이저 광(90)의 파장을 미세가변(fine-tune)시킬 수 있다.
- [0063] 이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

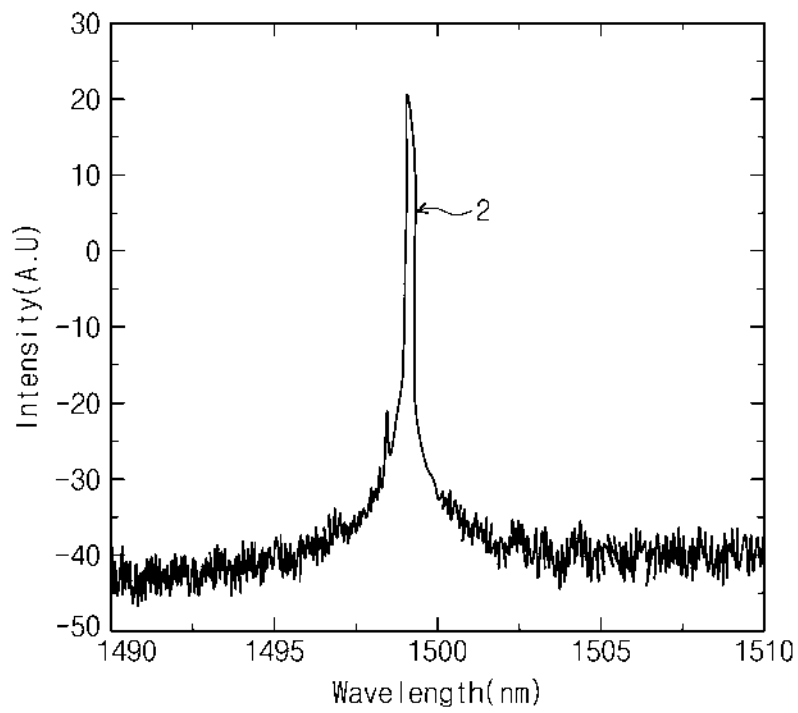
도면1



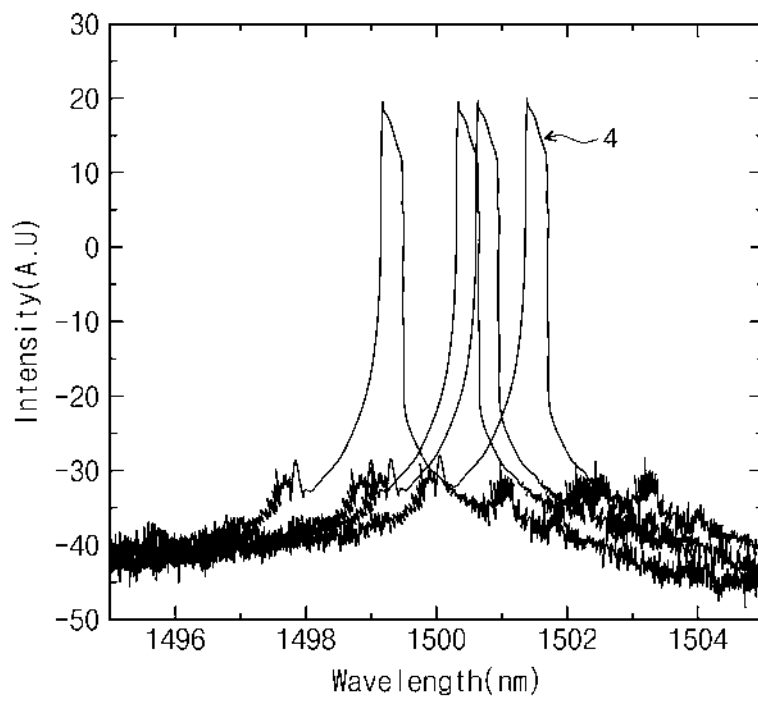
도면2



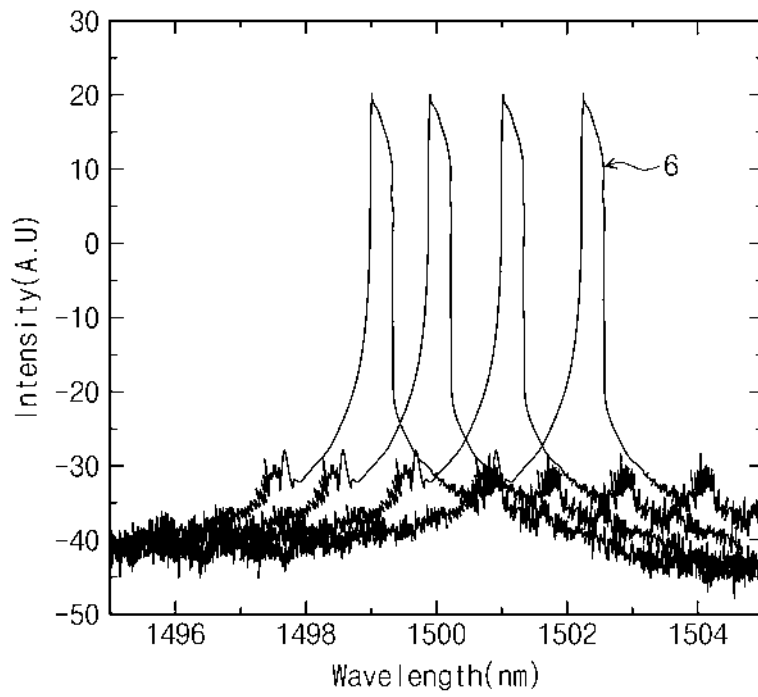
도면3



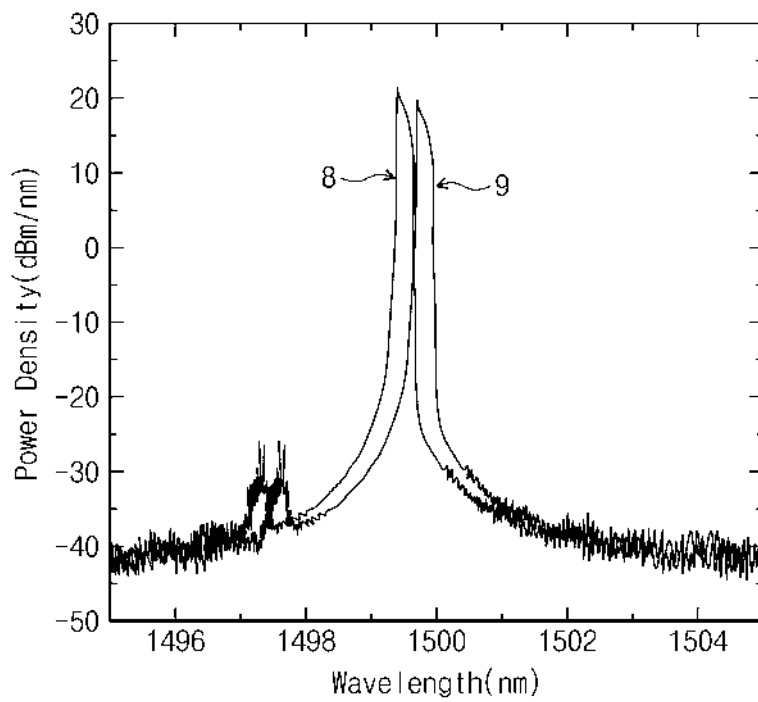
도면4



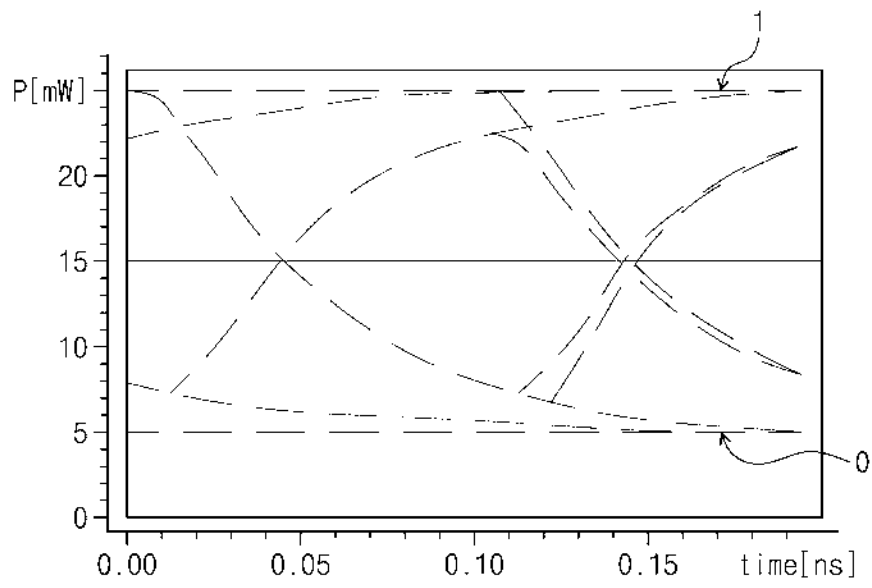
도면5



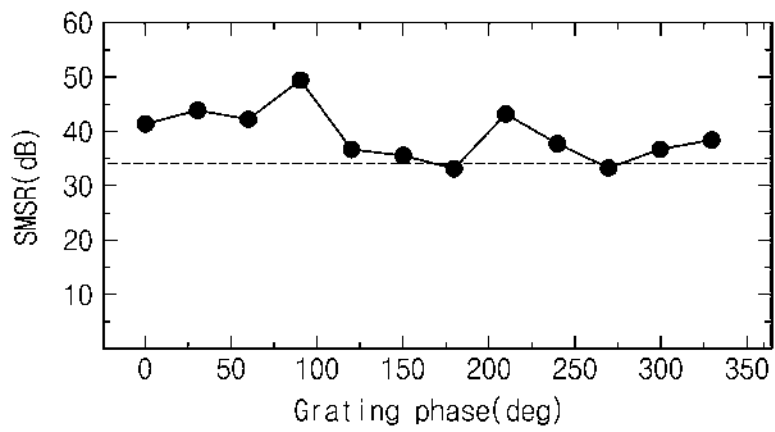
도면6



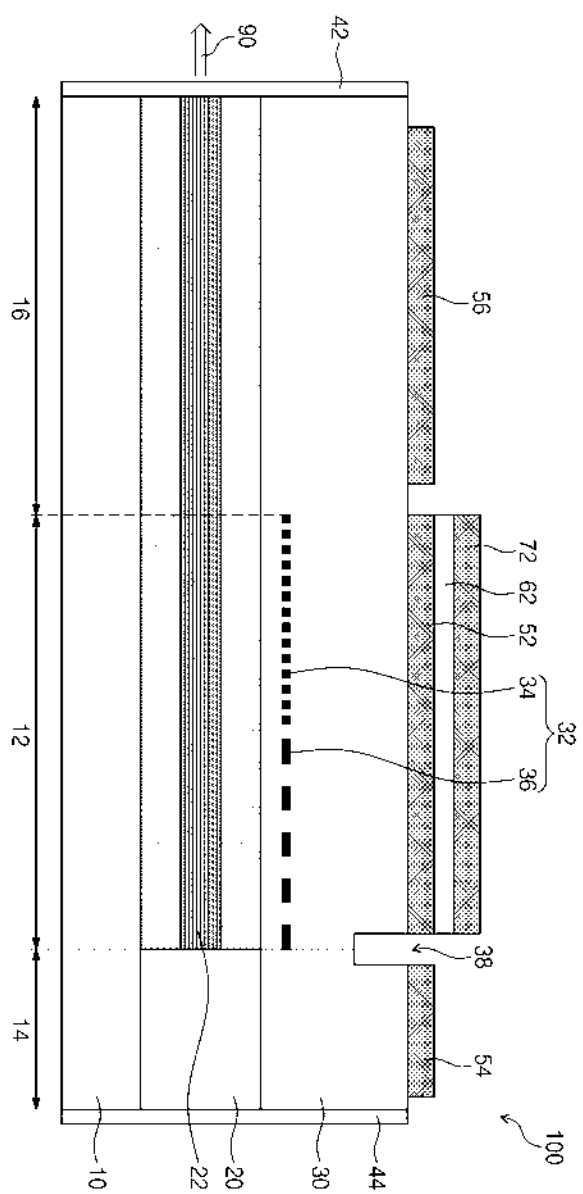
도면7



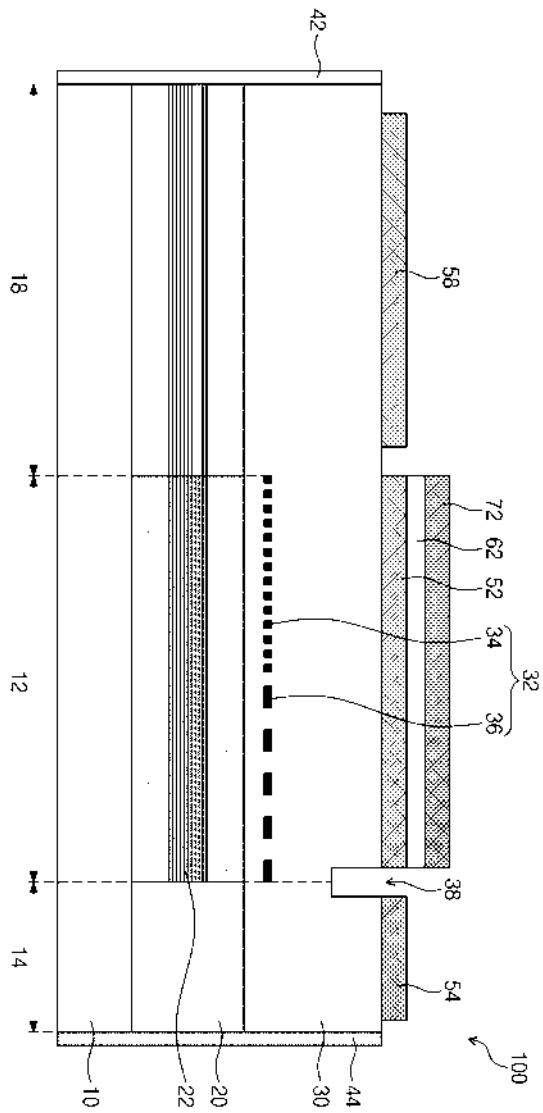
도면8



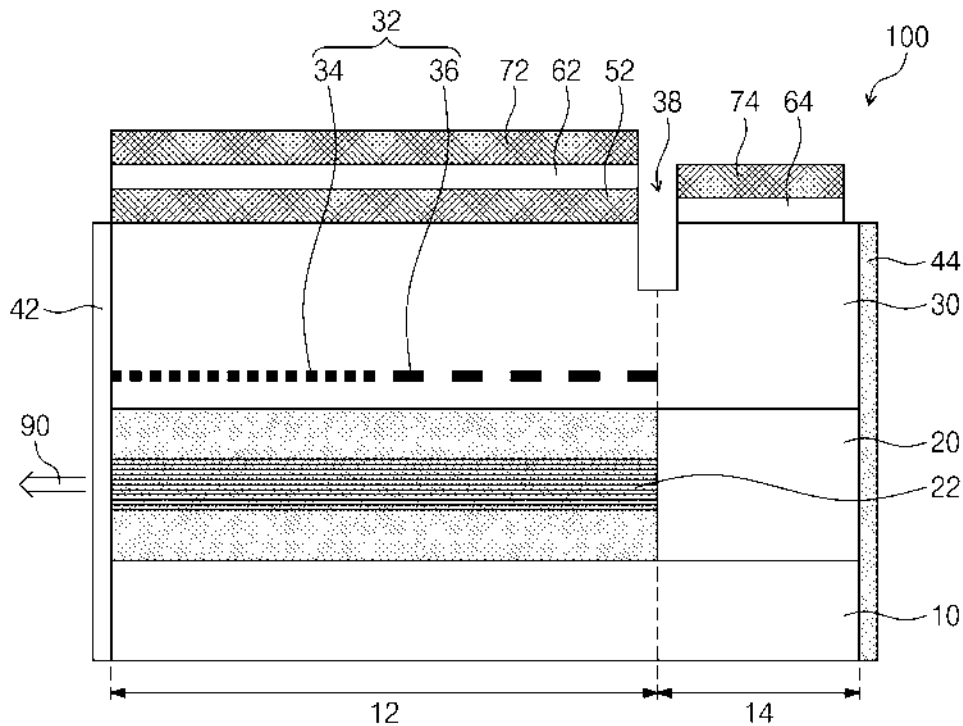
도면9



도면10



도면11



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

레이저 다이오드 영역과 위상 조절 영역을 갖는 기판;

상기 기판 상의 도파로 층;

상기 도파로 층 상의 클래드 층;

상기 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내의 그레이팅;

상기 레이저 다이오드 영역에 인접하는 상기 기판, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 일측 측벽에 배치되는 무반사막; 및

상기 위상 조절 영역에 인접하는 상기 기판, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 타측 측벽에 배치되는 고반사막을 포함하되,

상기 기판의 상기 레이저 다이오드 영역은:

제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들; 및

상기 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들 사이의 위상 천이 영역을 포함하되,

상기 그레이팅은:

상기 제 1 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치된 제 1 그레이팅; 및

상기 제 2 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치되고, 상기 제 1 그레이팅의 주기와 다른 주기를 갖는 제 2 그레이팅을 포함하되,

상기 제 2 그레이팅의 주기는 상기 제 1 그레이팅의 주기의 3배로 큰 분포 궤환 레이저 다이오드.

【변경후】

레이저 다이오드 영역과 위상 조절 영역을 갖는 기관;

상기 기관 상의 도파로 층;

상기 도파로 층 상의 클래드 층;

상기 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내의 그레이팅;

상기 레이저 다이오드 영역에 인접하는 상기 기관, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 일측 측벽에 배치되는 무반사막; 및

상기 위상 조절 영역에 인접하는 상기 기관, 상기 도파로 층 및 상기 클래드 층의 타측 측벽에 배치되는 고반사막을 포함하되,

상기 기관의 상기 레이저 다이오드 영역은:

제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들; 및

상기 제 1 및 제 2 레이저 다이오드 영역들 사이의 위상 천이 영역을 포함하되,

상기 그레이팅은:

상기 제 1 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치된 제 1 그레이팅; 및

상기 제 2 레이저 다이오드 영역의 상기 클래드 층 내에 배치되고, 상기 제 1 그레이팅의 주기와 다른 주기를 갖는 제 2 그레이팅을 포함하되,

상기 제 2 그레이팅의 주기는 상기 제 1 그레이팅의 주기의 3배로 큰 분포 궤환 레이저 다이오드.



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월21일

(11) 등록번호 10-2157629

(24) 등록일자 2020년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/54 (2013.01) H04B 10/508 (2013.01)

(52) CPC특허분류
H04B 10/541 (2013.01)
H04B 10/508 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0178771

(22) 출원일자 2017년12월22일

심사청구일자 2019년02월08일

(65) 공개번호 10-2019-0063343

(43) 공개일자 2019년06월07일

(30) 우선권주장
1020170162246 2017년11월29일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020140122355 A

KR100532305B1

KR1020140061129 A

(73) 특허권자

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

(72) 발명자

권오균

대전광역시 유성구 지족로 92영무 예다음 아파트
171-401

김남제

대전광역시 유성구 왕가봉로 16-18 304호 (노은
동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 18 항

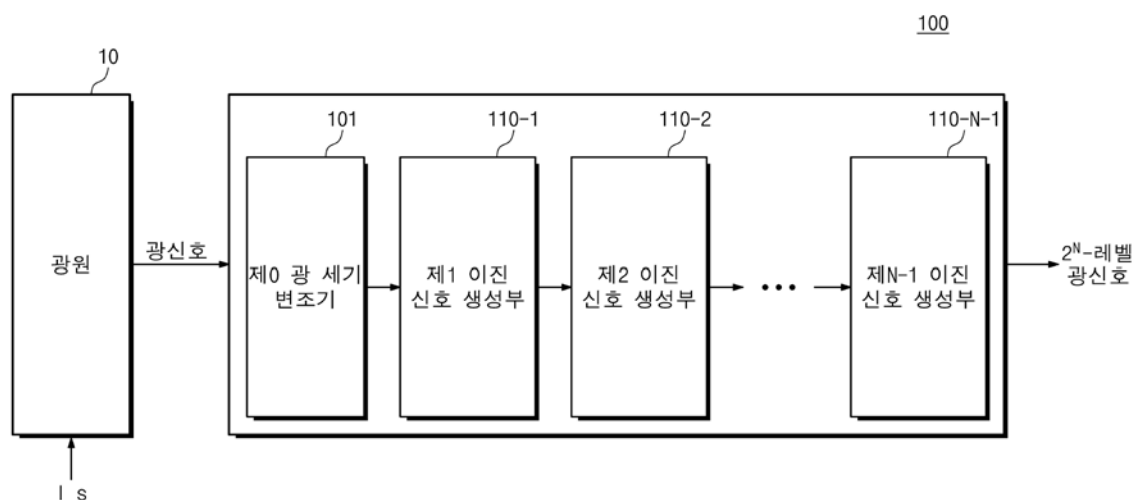
심사관 : 장진환

(54) 발명의 명칭 광 신호 생성 장치 및 그것의 동작 방법

(57) 요약

본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 세기 변조기, 상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 증폭기 및 상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 세기 변조기를 포함한다. 본 발명의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 광 소자를 사용하여 멀티레벨 광 신호를 생성함으로써 저비용, 고품질의 광 신호를 생성할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 광 변조 및 광 증폭 동작을 순차적으로 수행함으로써 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다.

대표도



(72) 발명자

박미란

대전시 유성구 도안동로 523 호반2블럭 아파트 21
6동1101호

안신모

대전광역시 유성구 신성로61번안길 47 30호 (신성
동)

한원석

대전광역시 유성구 가정로 43삼성한울아파트 107동
1001호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GK17N0400

부처명 미래창조과학부

과제관리(전문)기관명 (재)기가코리아사업단

연구사업명 범부처 Giga KOREA사업

연구과제명 5G 이동통신 기지국용 디지털기반 프론트홀 광링크기술개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (주)에치에프알

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 세기 변조기;

상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 증폭기; 및

상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 세기 변조기를 포함하되,

상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압에 기초하여 제1 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압에 기초하여 상기 제1 광의 세기의 변조 폭을 조절하고, 상기 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압에 기초하여 상기 제2 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압에 기초하여 상기 제2 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 광 신호 생성 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제4 광 신호의 광 세기 변조 폭은 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭과 동일한 광 신호 생성 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제1 광 증폭기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭의 반이 되도록 상기 제2 광 신호를 정형하도록 구성되는 광 신호 생성 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제1 광 증폭기는 입력 전류를 기반으로 동작하고,

상기 입력 전류의 크기는 상기 제1 광 증폭기가 비선형 특성 영역에서 동작하도록 하는 전류의 크기인 광 신호 생성 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고,

상기 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 다른 제2 바이어스 전압 및 상기 제1 RF 전압과 다른 진폭을 갖는 제2 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되는 광 신호 생성 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제2 RF 전압의 상기 진폭은 상기 제1 RF 전압의 상기 진폭의 반인 광 신호 생성 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 제1 광 증폭기는 입력 전류를 기반으로 동작하고,

상기 입력 전류의 크기는 상기 제1 광 증폭기가 선형 특성 영역에서 동작하도록 하는 전류의 크기인 광 신호 생성 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제3 광 신호의 가장 높은 레벨의 광 세기는 상기 제1 광 신호의 광 세기와 동일한 광 신호 생성 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제4 광 신호를 증폭하여 제5 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 증폭기; 및

상기 제5 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+2} -레벨 제6 광 신호를 생성하도록 구성되는 제3 광 세기 변조기를 더 포함하되,

상기 제3 광 세기 변조기는 제3 바이어스 전압에 기초하여 상기 제3 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 제3 RF 전압에 기초하여 상기 제3 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 광 신호 생성 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고,

상기 제2 광 세기 변조기는 제2 바이어스 전압 및 제2 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고,

상기 제1 바이어스 전압, 상기 제2 바이어스 전압 및 상기 제3 바이어스 전압은 동일하고, 상기 제1 RF 전압, 상기 제2 RF 전압 및 상기 제3 RF 전압은 동일한 진폭을 갖는 광 신호 생성 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 제1 광 증폭기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭의 반이 되도록 상기 제2 광 신호를 정형하도록 구성되고,

상기 제2 광 증폭기는 상기 제5 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제4 광 신호의 광 세기 변조 폭의 1/4이 되도록 상기 제4 광 신호를 정형하도록 구성되는 광 신호 생성 장치.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고,

상기 제2 광 세기 변조기는 제2 바이어스 전압 및 제2 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고,

상기 제3 광 세기 변조기는 제3 바이어스 전압 및 제3 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고,

상기 제1 바이어스 전압, 상기 제2 바이어스 전압 및 상기 제3 바이어스 전압은 서로 다르고, 상기 제1 RF 전압, 상기 제2 RF 전압 및 상기 제3 RF 전압은 서로 다른 진폭을 갖는 광 신호 생성 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 제2 RF 전압의 진폭은 상기 제1 RF 전압의 진폭의 반이고,

상기 제3 RF 전압의 진폭은 상기 제2 RF 전압의 진폭의 반인 광 신호 생성 장치.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 제1 광 세기 변조기 및 상기 제2 광 세기 변조기는 마하젠더 광 세기 변조기 또는 전계 흡수 변조기인 광 신호 생성 장치.

청구항 16

광 신호 생성 장치의 동작 방법에 있어서,

제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하는 단계;

상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하는 단계를 포함하되,

제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압에 기초하여 상기 제1 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 제1 RF 전압에 기초하여 상기 제1 광의 세기의 변조 폭을 조절하고, 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압에 기초하여 상기 제2 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압에 기초하여 상기 제2 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 동작 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

제 16 항에 있어서,

제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 상기 제1 광 신호를 변조하고,

상기 제1 바이어스 전압과 다른 제2 바이어스 전압 및 상기 제1 RF 전압과 다른 진폭을 갖는 제2 RF 전압을 기반으로 상기 제3 광 신호를 변조하는 동작 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

입력 전류를 기반으로 상기 제2 광 신호를 증폭하고,

상기 입력 전류의 크기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭과 달라지도록 하는 전류의 크기인 동작 방법.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

입력 전류를 기반으로 상기 제2 광 신호를 증폭하고,

상기 입력 전류의 크기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭과 동일하도록 하는 전류의 크기인 동작 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 광 신호 생성 장치에 관한 것으로서, 좀 더 상세하게는 광 네트워크에서 사용되는 광 송수신 모듈에서 전기 신호를 광 신호로 변환하는 광 신호 생성 장치 및 그것의 동작 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 광 통신 기술은 유선 및 무선 융합 서비스의 확대에 따라 대용량, 고효율의 통신 수단을 요구한다. 이러한 광 네트워크의 고속화, 대용량화를 위해 개별 채널의 속도를 높이는 시분할 다중화(TDM; time division multiplexing) 방식과 광 주파수 자원을 폭 넓게 활용하는 파장 분할 다중화(WDM; wavelength division multiplexing) 방식의 광 기술이 활용된다.
- [0003] 또한, 데이터 센터를 연결하기 위해 이더넷(Ethernet)을 기반으로 하는 멀티레벨 광 신호 변조기술이 연구되고 있다. 멀티레벨 광 신호 변조기술 중 하나로 펄스 진폭 변조(PAM; pulse amplitude modulation) 기술이 사용된다. PAM 광 신호 변조 장치는 디지털 신호인 이진 전기 신호를 아날로그 신호로 변환하기 위한 디지털/아날로그 변환기(DAC; digital to analog converter)를 수반한다.
- [0004] 대용량화를 기반으로 하는 차세대 통신 기술에서 요구되는 디지털/아날로그 전기신호 부품들은 비용을 크게 발생시킬 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은 상술된 기술적 과제를 해결하기 위한 것으로써, 본 발명의 목적은 디지털/아날로그 전기신호 부품들 대신 광 소자를 사용하여 멀티레벨 광 신호를 생성하는 광 신호 생성 장치 및 그것의 동작 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 세기 변조기, 상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 증폭기 및 상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 세기 변조기를 포함한다.
- [0007] 상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압 및 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성될 수 있다.
- [0008] 상기 제4 광 신호의 광 세기 변조 폭은 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭과 동일할 수 있다.
- [0009] 상기 제1 광 증폭기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭의 반이 되도록 상기 제2 광 신호를 정형하도록 구성될 수 있다.
- [0010] 상기 제1 광 증폭기는 입력 전류를 기반으로 동작하고, 상기 입력 전류의 크기는 상기 제1 광 증폭기가 비선형 특성 영역에서 동작하도록 하는 전류의 크기일 수 있다.
- [0011] 상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 다른 제2 바이어스 전압 및 상기 제1 RF 전압과 다른 진폭을 갖는 제2 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성될 수 있다.
- [0012] 상기 제2 RF 전압의 상기 진폭은 상기 제1 RF 전압의 상기 진폭의 반일 수 있다.
- [0013] 상기 제1 광 증폭기는 입력 전류를 기반으로 동작하고, 상기 입력 전류의 크기는 상기 제1 광 증폭기가 선형 특성 영역에서 동작하도록 하는 전류의 크기일 수 있다.
- [0014] 상기 제3 광 신호의 가장 높은 레벨의 광 세기는 상기 제1 광 신호의 광 세기와 동일할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 상기 제4 광 신호를 증폭하여 제5 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 증폭기 및 상기 제5 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+2} -레벨 제6 광 신호를 생성하도록 구성되는 제3 광 세기 변조기를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제2 광 세기 변조기는 제2 바이어스 전압 및 제2 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제3 광 세기 변조기는

제3 바이어스 전압 및 제3 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제1 바이어스 전압, 상기 제2 바이어스 전압 및 상기 제3 바이어스 전압은 동일하고, 상기 제1 RF 전압, 상기 제2 RF 전압 및 상기 제3 RF 전압은 동일한 진폭을 가질 수 있다.

[0017] 상기 제1 광 증폭기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭의 반이 되도록 상기 제2 광 신호를 정형하도록 구성되고, 상기 제2 광 증폭기는 상기 제5 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제4 광 신호의 광 세기 변조 폭의 1/4이 되도록 상기 제4 광 신호를 정형하도록 구성될 수 있다.

[0018] 상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제2 광 세기 변조기는 제2 바이어스 전압 및 제2 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제3 광 세기 변조기는 제3 바이어스 전압 및 제3 RF 전압을 기반으로 동작하도록 구성되고, 상기 제1 바이어스 전압, 상기 제2 바이어스 전압 및 상기 제3 바이어스 전압은 서로 다르고, 상기 제1 RF 전압, 상기 제2 RF 전압 및 상기 제3 RF 전압은 서로 다른 진폭을 가질 수 있다.

[0019] 상기 제2 RF 전압의 진폭은 상기 제1 RF 전압의 진폭의 반이고, 상기 제3 RF 전압의 진폭은 상기 제2 RF 전압의 진폭의 반일 수 있다.

[0020] 상기 제1 광 세기 변조기 및 상기 제2 광 세기 변조기는 마하젠더 광 세기 변조기 또는 전계 흡수 변조기일 수 있다.

[0021] 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치의 동작 방법은 제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하는 단계, 상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하는 단계 및 상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 상기 제1 광 신호를 변조하고, 상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압 및 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압을 기반으로 상기 제3 광 신호를 변조할 수 있다.

[0023] 제1 바이어스 전압 및 제1 RF 전압을 기반으로 상기 제1 광 신호를 변조하고, 상기 제1 바이어스 전압과 다른 제2 바이어스 전압 및 상기 제1 RF 전압과 다른 진폭을 갖는 제2 RF 전압을 기반으로 상기 제3 광 신호를 변조할 수 있다.

[0024] 입력 전류를 기반으로 상기 제2 광 신호를 증폭하고, 상기 입력 전류의 크기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭과 달라지도록 하는 전류의 크기일 수 있다.

[0025] 입력 전류를 기반으로 상기 제2 광 신호를 증폭하고, 상기 입력 전류의 크기는 상기 제3 광 신호의 광 세기 변조 폭이 상기 제2 광 신호의 광 세기 변조 폭과 동일하도록 하는 전류의 크기일 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 광 소자를 사용하여 멀티레벨 광 신호를 생성함으로써 저비용, 고품질의 광 신호를 생성할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 광 변조 및 광 증폭 동작을 순차적으로 수행함으로써 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 개략적으로 보여주는 도면이다.

도 2는 도 1의 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시 예에 따른 광 세기 변조기의 변조 동작을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시 예에 따른 광 증폭기의 동작을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 5는 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다.

도 6은 도 5의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 7은 도 5의 광 신호 생성 장치의 동작 방법을 나타내는 순서도이다.

도 8은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다.

도 9는 도 8의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 10은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다.

도 11은 도 10의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 12는 도 10의 광 신호 생성 장치의 동작 방법을 나타내는 순서도이다.

도 13은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다.

도 14는 도 13의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들이 상세하게 설명된다. 이하의 설명에서, 상세한 구성들 및 구조들과 같은 세부적인 사항들은 단순히 본 발명의 실시 예들의 전반적인 이해를 돕기 위하여 제공된다. 그러므로 본 발명의 기술적 사상 및 범위로부터의 벗어남 없이 본문에 기재된 실시 예들의 변형들은 통상의 기술자 의해 수행될 수 있다. 더욱이, 명확성 및 간결성을 위하여 잘 알려진 기능들 및 구조들에 대한 설명들은 생략된다. 본 명세서에서 사용된 용어들은 본 발명의 기능들을 고려하여 정의된 용어들이며, 특정 기능에 한정되지 않는다. 용어들의 정의는 상세한 설명에 기재된 사항을 기반으로 결정될 수 있다.
- [0030] 이하의 도면들 또는 상세한 설명에서의 모듈들은 도면에 도시되거나 또는 상세한 설명에 기재된 구성 요소 이외에 다른 것들과 연결될 수 있다. 모듈들 또는 구성 요소들 사이의 연결은 각각 직접적 또는 비직접적일 수 있다. 모듈들 또는 구성 요소들 사이의 연결은 각각 통신에 의한 연결이거나 또는 물리적인 접속일 수 있다.
- [0031] 상세한 설명에서 사용되는 부 또는 유닛(unit), 모듈(module), 계층(layer) 등의 용어를 참조하여 설명되는 구성 요소들은 소프트웨어, 또는 하드웨어, 또는 그것들의 조합의 형태로 구현될 수 있다. 예시적으로, 소프트웨어는 기계 코드, 펌웨어, 임베디드 코드, 및 애플리케이션 소프트웨어일 수 있다. 예를 들어, 하드웨어는 전기 회로, 전자 회로, 프로세서, 컴퓨터, 집적 회로, 집적 회로 코어들, 압력 센서, 관성 센서, 맴즈(Micro Electro Mechanical System; MEMS), 수동 소자, 또는 그것들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0032] 다르게 정의되지 않는 한, 본문에서 사용되는 기술적 또는 과학적인 의미를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 지닌 자에 의해 이해될 수 있는 의미를 갖는다. 일반적으로 사전에서 정의된 용어들은 관련된 기술 분야에서의 맥락적 의미와 동등한 의미를 갖도록 해석되며, 본문에서 명확하게 정의되지 않는 한, 이상적 또는 과도하게 형식적인 의미를 갖도록 해석되지 않는다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 개략적으로 보여주는 도면이다. 도 1을 참조하면, 광원(10)은 전류(I_s)로부터 광 신호를 생성할 수 있다. 광원(10)은 일정한 세기의 광 신호를 출력하여 광 신호 생성 장치(100)로 전송할 수 있다.
- [0034] 광 신호 생성 장치(100)는 광원(10)으로부터 광 신호를 수신하고, 수신된 광 신호를 변조하여 2^N -레벨($N>1$)(또는 멀티레벨) 광 신호를 생성할 수 있다. 즉, 광 신호 생성 장치(100)로부터 생성되는 광 신호는 2^N -레벨 중 하나의 레벨을 나타낼 수 있다. 따라서, 광 신호 생성 장치(100)는 2^N 개의 값을 나타낼 수 있는 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0035] 광 신호 생성 장치(100)는 제0 광 세기 변조기(101) 및 하나 이상의 이진 신호 생성부(110)를 포함할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(101)는 광원(10)으로부터 일정한 세기의 광 신호를 수신하여 광 세기를 변조할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(101)는 광 세기를 변조함으로써 이진(binary) 신호 형태의 광 신호(이하, 이진 광 신호)를 생성할 수 있다. 즉, 제0 광 세기 변조기(101)는 하나의 레벨의 광 신호로부터 하이 레벨(예를 들어, "1") 및 로우 레벨(예를 들어, "0") 값을 갖는 2-레벨의 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0036] 이진 신호 생성부(110)는 광 신호를 수신하여 증폭하고, 증폭된 광 신호를 변조하여 이진 광 신호를 생성할 수 있다. 예시적으로, 이진 신호 생성부(110)는 광 신호를 정형(reshaping)할 수 있다. 광 신호가 정형이 되는 경우, 이진 광 신호의 광 세기 변조 폭이 달라질 수 있다.

- [0037] 제1 이진 신호 생성부(110-1)는 제0 광 세기 변조기(101)로부터 2-레벨 광 신호를 수신할 수 있다. 제1 이진 신호 생성부(110-1)는 2-레벨을 나타내는 광 신호로부터 4-레벨을 나타내는 이진 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0038] 제2 이진 신호 생성부(110-2)는 제1 이진 신호 생성부(110)로부터 4-레벨 광 신호를 수신할 수 있다. 제2 이진 신호 생성부(110-2)는 4-레벨을 나타내는 광 신호로부터 8-레벨을 나타내는 이진 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0039] 제N-1 이진 신호 생성부(110-N-1)는 제N-2 이진 신호 생성부(미도시)로부터 2^{N-1} -레벨 광 신호를 수신할 수 있다. 제N-1 이진 신호 생성부(110-N-1)는 2^{N-1} -레벨을 나타내는 광 신호로부터 2^N -레벨을 나타내는 이진 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0040] 도 1에 도시된 바와 같이, 제0 광 세기 변조기(101) 및 하나 이상의 이진 신호 생성부(110)는 직렬로 연결되어 순차적으로 광 신호를 변조하여 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 따라서, 광 신호 생성 장치(100)는 N-1개의 이진 신호 생성부를 통해 2^N -레벨 광 신호를 생성할 수 있고, 하나의 광 세기 변조기 및 하나 이상의 이진 신호 생성부를 통해 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 별도의 광원(10)으로부터 생성된 광 신호를 수신할 수도 있지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 광원을 포함하고, 광 신호 생성 장치 내부에서 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0042] 이하에서는, 설명의 편의를 위해, 광 신호 생성 장치가 별도의 광원으로부터 광 신호를 수신하는 것으로 가정한다.
- [0043] 도 2는 도 1의 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 광 신호 생성 장치(100)는 제0 광 세기 변조기(101) 및 하나 이상의 이진 신호 생성부(110)를 포함할 수 있다. 이진 신호 생성부(110)는 광 증폭기(111) 및 광 세기 변조기(112)를 포함할 수 있다.
- [0044] 광 세기 변조기(101, 112)는 전계 흡수 변조기(EAM; Electro-Absorption Modulator) 또는 마하젠더(Mach-Zehnder) 광 세기 변조기 등을 이용하여 구현될 수 있다.
- [0045] 광 세기 변조기(101, 112)는 바이어스 전압(V_{bias}) 및 RF 전압(V_{RF})에 기초하여 수신된 광 신호를 변조할 수 있다. 바이어스 전압(V_{bias})은 직류 전압으로 광 세기 변조기의 기준 동작점과 연관될 수 있다. RF 전압(V_{RF})은 광 신호가 변조되어 생성되는 이진 광 신호의 광 세기 변조 폭과 연관될 수 있다. 예시적으로, RF 전압(V_{RF})은 교류 전압 또는 전기적 이진 신호일 수 있다. 예를 들어, 생성되는 이진 광 신호의 광 세기 기준 값이 바이어스 전압(V_{bias})에 따라 결정되고, 이진 광 신호의 광 세기 변조 폭이 RF 전압(V_{RF})에 따라 달라질 수 있다.
- [0046] 광 증폭기(111)는 전류(I)에 기초하여 수신된 광 신호의 세기를 증폭할 수 있다. 광 증폭기(111)는 전류(I)에 기초하여 이진 광 신호의 광 세기 폭을 조절함으로써 광 신호를 정형할 수 있다.
- [0047] 제0 광 세기 변조기(101)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}), 제0 RF 전압(V_{RF0}) 및 광 신호를 수신할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(101)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})에 기초하여 수신된 광 신호를 변조하여 이진 광 신호를 생성할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(101)에 의해 생성된 이진 광 신호는 2-레벨 광 신호일 수 있다.
- [0048] 제1 광 증폭기(111-1)는 제1 전류(I_1) 및 제0 광 세기 변조기(101)로부터 생성된 광 신호를 수신할 수 있다. 제1 광 증폭기(111-1)는 제1 전류(I_1)에 기초하여 수신된 광 신호를 증폭할 수 있다. 제1 광 증폭기(111-1)는 제1 전류(I_1)에 기초하여 수신된 광 신호를 정형할 수 있다.
- [0049] 제1 광 세기 변조기(112-1)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}), 제1 RF 전압(V_{RF1}) 및 제1 광 증폭기(111-1)로부터 증폭된 광 신호를 수신할 수 있다. 제1 광 세기 변조기(112-1)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})에 기초하여 수신된 광 신호를 변조하여 이진 광 신호를 생성할 수 있다. 제1 광 세기 변조기(112-1)에 의해 생성된 이진 광 신호는 4-레벨 광 신호일 수 있다.
- [0050] 제1 광 증폭기(111-1)에서와 마찬가지로, 제2 광 증폭기(111-2)는 제2 전류(I_2)에 기초하여 광 신호의 세기를 증폭할 수 있고, 수신된 광 신호를 정형할 수 있다. 또한, 제N-1 광 증폭기(111-N-1)는 제N-1 전류(I_{N-1})에 기초하여 수신된 광 신호의 세기를 증폭할 수 있고, 수신된 광 신호를 정형할 수 있다.

- [0051] 제1 광 세기 변조기(112-1)에서와 마찬가지로, 제2 광 세기 변조기(112-2)는 제2 바이어스 전압(V_{bias2}) 및 제2 RF 전압(V_{RF2})에 기초하여 수신된 광 신호를 변조하여 8-레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 또한, 제N-1 광 세기 변조기(112-N-1)는 제N-1 바이어스 전압($V_{biasN-1}$) 및 제N-1 RF 전압(V_{RFN-1})에 기초하여 수신된 광 신호를 변조하여 2^N -레벨 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0052] 예시적으로, 제0 바이어스 전압 내지 제N-1 바이어스 전압($V_{bias0} \sim V_{biasN-1}$)의 크기는 동일할 수 있고, 제0 RF 전압 내지 제N-1 RF 전압($V_{RF0} \sim V_{RFN-1}$)의 진폭의 크기는 동일할 수 있다. 이 경우, 제0 광 세기 변조기 내지 제N-1 광 세기 변조기(101~112-N-1)에서 생성되는 이진 광 신호의 광 세기 변조 폭은 동일할 수 있다.
- [0053] 예시적으로, 제0 바이어스 전압 내지 제N-1 바이어스 전압($V_{bias0} \sim V_{biasN-1}$)의 크기는 다를 수 있고, 제0 RF 전압 내지 제N-1 RF 전압($V_{RF0} \sim V_{RFN-1}$)의 크기는 다를 수 있다. 이 경우, 제0 광 세기 변조기 내지 제N-1 광 세기 변조기(101~112-N-1)에서 생성되는 이진 광 신호의 광 세기 변조 폭은 다를 수 있다.
- [0054] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 광 신호 생성 장치(100)는 N-1개의 이진 신호 생성부를 포함할 수 있다. 그러나, 광 신호 생성 장치(100)는 이진 신호 생성부의 개수에 한정되지 않으며, 예를 들어, 하나의 이진 신호 생성부를 통해 멀티레벨 광 신호(예를 들어, 4-레벨 광 신호)를 생성할 수 있다.
- [0055] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 실시 예에 따른 광 세기 변조기의 변조 동작을 예시적으로 보여주는 도면이다. 구체적으로, 도 3a는 제0 광 세기 변조기(101)가 수신된 광 신호를 이진 광 신호로 변조하는 예시를 나타내고, 도 3b는 제0 광 세기 변조기(101)가 바이어스 전압(V_{bias}) 및 RF 전압(V_{RF})에 따라 수신된 광 신호를 이진 광 신호로 변조하는 예시를 나타낸다. 설명의 편의를 위해, 제0 광 세기 변조기(101)를 기준으로 본 발명의 실시 예에 따른 광 세기 변조기를 설명하지만, 다른 광 세기 변조기들(112-1~112-N-1)도 유사하게 동작할 수 있다.
- [0056] 도 3a를 참조하면, 도 3a의 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 광 세기를 나타낸다. 세로축의 광 세기는 입력 광 신호의 광 세기에 대한 출력 광 신호의 광 세기의 상대적인 크기를 나타내며, 절대적인 광 세기를 의미하는 것은 아닐 수 있다. 이와 마찬가지로, 이하의 도면들에 도시된 광 세기는 상대적인 광 세기의 크기를 나타내는 것일 수 있다.
- [0057] 제0 광 세기 변조기(101)는 수신된 제1 광 신호(OS1)를 변조하여 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다. 예시적으로, 생성되는 제2 광 신호(OS2)는 이진 신호 형태일 수 있다. 예를 들어, 제2 광 신호(OS2) 중 광 세기(p2)가 큰 제2 광 신호(OS2)는 "1" 값을 가리키며, 광 세기(p3)가 작은 제2 광 신호(OS2)는 "0" 값을 가리킬 수 있다.
- [0058] 도 3a에 도시된 바와 같이, 제0 광 세기 변조기(101)를 통해 변조된 광 신호는 삽입 손실(insertion loss)로 인하여 광 세기가 작아질 수 있다. 예를 들어, 변조된 제2 광 신호(OS2)의 제2 광 세기(p2)는 제1 광 신호(OS1)의 제1 광 세기(p1)보다 삽입 손실만큼 작아질 수 있다.
- [0059] 도 3b를 참조하면, 도 3b의 가로축은 인가 전압을 나타내고 세로축은 광 세기를 나타낸다. 도 3b는 제0 광 세기 변조기(101)에 인가되는 전압에 따른 광 세기 응답 특성을 보여준다. 제0 광 세기 변조기(101)는 광 세기 변조기 특성 곡선에 기초하여 동작할 수 있다. 예시적으로, 제0 광 세기 변조기(101)의 응답 특성(즉, 광 세기 변조기 특성 곡선)은 제0 광 세기 변조기(101)의 구조 및 설계에 따라 달라질 수 있으며, 제0 광 세기 변조기(101)의 응답 특성은 미리 정해질 수 있다.
- [0060] 도 3b의 인가 전압은 바이어스 전압(V_{bias}) 및 RF 전압(V_{RF})일 수 있다. 제0 광 세기 변조기(101)에 제1 전압(V_1)을 갖는 바이어스 전압(V_{bias})과 제1 진폭(a1)을 갖는 RF 전압(V_{RF})이 인가될 수 있다. 이 경우, 제0 광 세기 변조기(101)는 제1 광 세기(p1)를 갖는 제1 광 신호(OS1)로부터 제2 광 세기(p2) 및 제3 광 세기(p3)를 갖는 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다.
- [0061] 생성되는 제2 광 신호(OS2)는 광 세기 변조기 특성 곡선에 기초하여 결정될 수 있다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 바이어스 전압(V_{bias})에 따라 변조되는 광 세기의 기준점이 달라질 수 있다. 예를 들어, 바이어스 전압(V_{bias})이 작아지는 경우, 변조되는 광 세기가 커질 수 있고, 바이어스 전압(V_{bias})이 커지는 경우, 변조되는 광 세기가 작아질 수 있다.
- [0062] 또한, RF 전압(V_{RF})의 진폭에 따라, 생성되는 광 신호의 광 세기 변조 폭이 달라질 수 있다. 예를 들어, RF 전압

(V_{RF})의 진폭이 커지는 경우, 광 세기 변조 폭이 커질 수 있고, RF 전압(V_{RF})의 진폭이 작아지는 경우, 광 세기 변조 폭이 작아질 수 있다.

- [0063] 예시적으로, 제0 광 세기 변조기(101)가 광 세기 변조기 특성 곡선의 선형 특성 영역에서 동작할 수 있도록 바이어스 전압(V_{bias}) 및 RF 전압(V_{RF})이 인가될 수 있다. 제0 광 세기 변조기(101)가 선형 특성 영역에서 동작하는 경우, 인가되는 바이어스 전압(V_{bias}) 및 RF 전압(V_{RF})을 조절하여 광 세기 변조 폭을 용이하게 제어할 수 있다.
- [0064] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시 예에 따른 광 증폭기의 동작을 예시적으로 보여주는 도면이다. 구체적으로, 도 4a는 제1 광 증폭기(111-1)가 수신된 광 신호를 증폭하는 예시를 나타내고, 도 4b는 제1 광 증폭기(111-1)로부터 출력되는 광 증폭 세기를 결정하는 방법을 설명하기 위한 예시를 나타낸다. 설명의 편의를 위해, 제1 광 증폭기(111-1)를 기준으로 본 발명의 실시 예에 따른 광 증폭기를 설명하지만, 다른 광 증폭기들(111-2~111-N-1)도 유사하게 동작할 수 있다.
- [0065] 도 4a를 참조하면, 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 광 세기를 나타낸다. 제0 광 세기 변조기(101)로부터 제1 광 신호(OS1)가 제2 광 신호(OS2)로 변조되고, 제1 광 증폭기(111-1)로부터 제2 광 신호(OS2)의 광 세기가 증폭되어 제3 광 신호(OS3)가 생성될 수 있다.
- [0066] 제1 광 증폭기(111-1)에 의해 제2 광 신호(OS2)의 제2 광 세기(p2)는 제3 광 신호(OS3)의 제4 광 세기(p4)로 증폭될 수 있고, 제2 광 신호(OS2)의 제3 광 세기(p3)는 제3 광 신호(OS3)의 제5 광 세기(p5)로 증폭될 수 있다.
- [0067] 제1 광 증폭기(111-1)는 광 세기의 증폭을 수행할 수 있을 뿐만 아니라 생성되는 광 신호의 광 세기 변조 폭을 변화시킬 수 있다(즉, 광 신호를 정형). 이에 따라, 증폭 전 광 세기 변조 폭과 증폭 후 광 세기 변조 폭은 달라질 수 있다. 예를 들어, 제1 광 증폭기(111-1)는 증폭 전 광 세기 변조 폭과 증폭 후 광 세기 변조 폭이 동일하도록 광 신호를 증폭할 수 있다. 또는, 제1 광 증폭기(111-1)는 증폭 전 광 세기 변조 폭보다 증폭 후 광 세기 변조 폭이 작아지도록 광 신호를 증폭할 수 있다.
- [0068] 도 4b를 참조하면, 가로축은 입력 광 세기를 나타내고, 세로축은 출력 광 세기를 나타낸다. 제1 광 증폭기(111-1)는 광 증폭기 특성 곡선에 기초하여 입력된 광 신호의 광 세기를 증폭시킬 수 있다. 광 증폭기 특성 곡선에 따라 제2 광 세기(p2)는 제4 광 세기(p4)로 증폭될 수 있고, 제3 광 세기(p3)는 제5 광 세기(p5)로 증폭될 수 있다.
- [0069] 광 증폭기 특성 곡선은 선형 특성 영역과 비선형 특성 영역(또는 포화 영역)이 존재할 수 있다. 선형 특성 영역에 따라 광 세기가 증폭되는 경우, 입력되는 광 세기에 비례하여 출력되는 광 세기가 결정될 수 있다. 증폭 전 광 세기 변조 폭은 증폭 후 광 세기 변조 폭과 동일할 수 있다. 따라서, 광 신호를 증폭만 하는 경우, 광 증폭기는 선형 특성 영역에 따라 동작할 수 있다.
- [0070] 비선형 특성 영역에 따라 광 세기가 증폭되는 경우, 입력되는 광 세기와 출력되는 광 세기는 비례하지 않을 수 있다. 증폭 후 광 세기 변조 폭은 증폭 전 광 세기 변조 폭보다 작아질 수 있다. 따라서, 광 신호를 정형하는 경우, 광 증폭기는 비선형 특성 영역에 따라 동작할 수 있다.
- [0071] 제1 광 증폭기(111-1)는 입력 전류에 기초하여 증폭 동작을 수행할 수 있다. 입력 전류가 달라지는 경우, 제1 광 증폭기(111-1)의 동작 특성이 변화될 수 있다. 즉, 도 4b에 도시된 광 증폭기 특성 곡선이 달라질 수 있다. 예를 들어, 입력 전류에 따라 선형 특성 영역 및 비선형 특성 영역이 달라질 수 있다. 따라서, 입력 전류에 따라 제1 광 증폭기(111-1)는 선형 특성 영역에 따라 광 신호를 증폭하거나 비선형 특성 영역에 따라 광 신호를 증폭할 수 있다.
- [0072] 도 5는 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다. 도 5를 참조하면, 광 신호 생성 장치(200)는 광 신호를 수신하여 4-레벨 광 신호를 출력할 수 있다. 광 신호 생성 장치(200)는 제0 광 세기 변조기(201) 및 이진 신호 생성부(210)를 포함할 수 있다. 이진 신호 생성부(210)는 제1 광 증폭기(211) 및 제1 광 세기 변조기(212)를 포함할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(201), 제1 광 증폭기(211) 및 제1 광 세기 변조기(212)는 도 1 내지 도 4b에서 설명한 광 세기 변조기 및 광 증폭기와 유사한 동작을 수행하므로 상세한 설명은 생략된다.
- [0073] 제0 광 세기 변조기(201)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})에 기초하여 동작하고, 제1 광 세기 변조기(212)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})에 기초하여 동작할 수 있다. 제0 바이어스 전압

(V_{bias0})과 제1 바이어스 전압(V_{bias1})은 동일하고, 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭과 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭은 동일할 수 있다. 즉, 제0 광 세기 변조기(201) 및 제1 광 세기 변조기(212)는 동일한 바이어스 전압(V_{bias}) 및 동일한 진폭을 갖는 RF 전압(V_{RF})에 의해 동작할 수 있다.

[0074] 도 3b에 도시된 바와 같이, 제0 및 제1 광 세기 변조기들(201, 212)로 인가되는 바이어스 전압(V_{bias}) 및 RF 전압(V_{RF})의 진폭이 동일한 경우, 동일한 광 세기 변조 폭을 갖는 광 신호가 생성될 수 있다. 이에 따라, 제0 광 세기 변조기(201)에 의해 생성되는 광 신호의 광 세기 변조 폭은 및 제1 광 세기 변조기(212)에 의해 생성되는 광 신호의 광 세기 변조 폭과 동일할 수 있다.

[0075] 제1 광 증폭기(211)는 제1 전류(I_1)를 입력 받아 제0 광 세기 변조기(201)로부터 수신된 광 신호를 증폭하고 정형할 수 있다. 제1 광 증폭기(211)는 광 신호 생성 장치(200)로부터 출력되는 4-레벨 광 신호의 각 신호 레벨 간 간격이 동일하게 되도록 수신된 광 신호를 증폭 및 정형할 수 있다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 제1 광 증폭기(211)는 비선형 특성 영역에서 동작함으로써 수신된 광 신호를 증폭 및 정형할 수 있다. 따라서, 제1 전류(I_1)는 제1 광 증폭기(211)가 비선형 특성 영역에서 동작하게 하는 전류일 수 있다.

[0076] 예시적으로, 제1 광 증폭기(211)에 의해 입력되는 광 신호가 정형이 되는 경우, 출력 광 세기 변조 폭은 입력 광 세기 변조 폭의 반이 될 수 있다.

[0077] 제1 광 세기 변조기(212)는 증폭 및 정형된 2-레벨 광 신호를 변조하여 4-레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 따라서, 광 신호 생성 장치(200)는 4-레벨 광 신호(즉, 멀티레벨 광 신호)를 출력할 수 있다.

[0078] 도 6은 도 5의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 6의 가로축은 시간을 나타내고, 세로축은 광 세기를 나타낸다. 도 5 및 도 6을 참조하면, 제0 광 세기 변조기(201)는 제1 광 신호(OS1)를 변조하여 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다. 제1 광 세기(p_1)를 갖는 제1 광 신호(OS1)로부터 제2 광 세기(p_2) 및 제3 광 세기(p_3)를 갖는 2-레벨 제2 광 신호(OS2)가 생성될 수 있다. 제0 광 세기 변조기(201)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})을 기반으로 제1 광 세기 변조 폭(w_1)을 갖는 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다.

[0079] 제1 광 증폭기(211)는 제2 광 신호(OS2)를 증폭하여 제3 광 신호(OS3)를 생성할 수 있다. 제1 광 증폭기(211)는 제1 전류(I_1)를 기반으로 제3 광 신호(OS3)를 생성할 수 있다. 제3 광 신호(OS3)는 제4 광 세기(p_4) 및 제5 광 세기(p_5)를 갖는 2-레벨 광 신호일 수 있다.

[0080] 제3 광 신호(OS3)는 제2 광 신호(OS2)와 비교하여 광 세기는 커지고, 광 세기 변조 폭은 작아질 수 있다. 예시적으로, 도 6에는 다르게 도시되어 있지만, 제1 광 증폭기(211)는 제3 광 신호(OS3)의 제4 광 세기(p_4)가 제1 광 신호(OS1)의 제1 광 세기(p_1)와 동일하게 되도록 제2 광 신호(OS2)를 증폭할 수 있다. 제1 광 증폭기(211)는 제3 광 신호(OS3)의 제2 광 세기 변조 폭(w_2)이 제1 광 세기 변조 폭(w_1)의 반이 되도록 제2 광 신호(OS2)를 정형할 수 있다.

[0081] 제1 광 세기 변조기(212)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})을 기반으로 제3 광 신호(OS3)를 변조하여 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제1 바이어스 전압(V_{bias1})은 제0 바이어스 전압(V_{bias0})과 동일하고, 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭은 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭과 동일할 수 있다.

[0082] 제4 광 신호(OS4)는 제6 광 세기(p_6), 제7 광 세기(p_7), 제8 광 세기(p_8) 및 제9 광 세기(p_9)를 갖는 4-레벨 광 신호일 수 있다. 제1 광 세기 변조기(212)는 제4 광 세기(p_4)를 갖는 제3 광 신호(OS3)로부터 제6 광 세기(p_6) 및 제8 광 세기(p_8)를 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제1 광 세기 변조기(212)는 제5 광 세기(p_5)를 갖는 제3 광 신호(OS3)로부터 제7 광 세기(p_7) 및 제9 광 세기(p_9)를 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 즉, 제1 광 세기 변조기(212)는 2-레벨의 제3 광 신호(OS3)로부터 4-레벨의 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다.

[0083] 제1 광 세기 변조기(212)는 제4 광 세기(p_4)를 갖는 제3 광 신호(OS3)로부터 제3 광 세기 변조 폭(w_3)을 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성될 수 있다. 제1 광 세기 변조기(212)는 제5 광 세기(p_5)를 갖는 제3 광 신호(OS3)로부터 제4 광 세기 변조 폭(w_4)을 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제3 광 세기 변조 폭(w_3)과 제4 광 세기 변조 폭(w_4)은 동일할 수 있고, 제3 광 세기 변조 폭(w_3) 및 제4 광 세기 변조 폭(w_4)은 제1 광 세기 변조 폭(w_1)과 동일할 수 있다. 또한, 제4 광 신호(OS4)의 광 세기들(p_6 , p_7 , p_8 , p_9)의 간격은 동일할 수 있다.

- [0084] 본 명세서에서 광 세기 변조 폭이라 함은 광 세기 변조기를 통해 일정 레벨의 광 신호로부터 생성되는 이진 광 신호의 광 세기 폭을 의미할 수 있다. 즉, 제4 광 신호(OS4)의 제3 광 세기 변조 폭(w3) 또는 제4 광 세기 변조 폭(w4)은 제4 광 신호(OS4)의 광 세기들(p6, p7, p8, p9)의 간격과 다른 의미를 나타낼 수 있다.
- [0085] 도 7은 도 5의 광 신호 생성 장치의 동작 방법을 나타내는 순서도이다. 도 5 및 도 7를 참조하면, S101 단계에서, 광 신호 생성 장치(200)는 광 신호를 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})에 따라 변조하여 이진 광 신호를 생성할 수 있다. S102 단계에서, 광 신호 생성 장치(200)는 생성된 이진 광 신호를 증폭 및 정형할 수 있다. S103 단계에서, 광 신호 생성 장치(200)는 정형된 이진 광 신호를 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})에 따라 변조하여 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 제1 바이어스 전압(V_{bias1})은 제0 바이어스 전압(V_{bias0})과 동일하고, 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭은 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭과 동일할 수 있다.
- [0086] 본 발명의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치는 도 7에 도시된 바에 한정되지 않으며, S102 및 S103 단계를 반복하여 수행함으로써 더 많은 레벨을 갖는 광 신호를 생성할 수 있다. 예를 들어, S102 및 S103 단계를 N-1번 수행하는 경우, 광 신호 생성 장치는 2^N -레벨 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0087] 도 8은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다. 광 신호 생성 장치(300)는 제0 광 세기 변조기(301) 및 제1 이진 신호 생성부(310) 및 제2 이진 신호 생성부(320)를 포함할 수 있다. 제1 이진 신호 생성부(310)는 제1 광 증폭기(311) 및 제1 광 세기 변조기(312)를 포함하고, 제2 이진 신호 생성부(320)는 제2 광 증폭기(321) 및 제2 광 세기 변조기(322)를 포함할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(301) 및 제1 이진 신호 생성부(310)에 관한 동작은 도 5의 제0 광 세기 변조기(201) 및 이진 신호 생성부(210)에 관한 동작과 유사하므로, 상세한 설명은 생략된다.
- [0088] 광 신호 생성 장치(300)는 제0 광 세기 변조기(301) 및 제1 및 제2 이진 신호 생성부들(310, 320)을 통해 8-레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(301), 제1 광 세기 변조기(312) 및 제2 광 세기 변조기(322)에는 동일한 바이어스 전압($V_{bias0}=V_{bias1}=V_{bias2}$) 및 동일한 진폭을 갖는 RF 전압($V_{RF0}=V_{RF1}=V_{RF2}$)이 인가될 수 있다. 제1 광 증폭기(311) 및 제2 광 증폭기(321)는 각각 제1 전류(I_1) 및 제2 전류(I_2)가 입력될 수 있다.
- [0089] 도 9는 도 8의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 9의 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 광 세기를 나타낸다. 도 8 및 도 9를 참조하면, 제0 광 세기 변조기(301)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})을 기반으로 제1 광 신호(OS1)를 변조하여 제1 광 세기 변조 폭(w1)을 갖는 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다.
- [0090] 제1 광 증폭기(311)는 제1 전류(I_1)를 기반으로 제2 광 신호(OS2)를 증폭 및 정형하여 제3 광 신호(OS3)를 생성할 수 있다. 정형된 제3 광 신호(OS3)의 제2 광 세기 변조 폭(w2)은 제1 광 세기 변조 폭(w1)과 다를 수 있다. 예시적으로, 제2 광 세기 변조 폭(w2)은 제1 광 세기 변조 폭(w1)의 반일 수 있다. 제3 광 신호(OS3)의 가장 높은 레벨의 광 세기는 제1 광 신호(OS1)의 광 세기와 동일할 수 있다.
- [0091] 제1 광 세기 변조기(312)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})을 기반으로 제3 광 신호(OS3)를 변조하여 제3 광 세기 변조 폭(w3)을 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제1 바이어스 전압(V_{bias1})은 제0 바이어스 전압(V_{bias0})과 동일하고, 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭은 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭과 동일할 수 있다. 예시적으로, 제3 광 세기 변조 폭(w3)은 제1 광 세기 변조 폭(w1)과 동일하고, 제4 광 신호(OS4)의 각 신호 레벨 간의 간격은 동일할 수 있다.
- [0092] 제2 광 증폭기(321)는 제2 전류(I_2)를 기반으로 제4 광 신호(OS4)를 증폭 및 정형하여 제5 광 신호(OS5)를 생성할 수 있다. 제5 광 신호(OS5)는 제3 광 세기 변조 폭(w3)과 다른 제4 광 세기 변조 폭(w4)을 가질 수 있다. 예시적으로, 제4 광 세기 변조 폭(w4)은 제3 광 세기 변조 폭(w3)의 1/4 일 수 있다. 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치(100)는 광 신호 증폭 단계가 증가될수록, 광 세기 변조 폭을 더 감소될 수 있도록 광 신호를 정형할 수 있다. 예를 들어, 광 신호 생성 장치(100)는 제1 광 증폭기에서 광 신호 변조 폭을 1/2로 정형하고, 제2 광 증폭기에서 광 신호 변조 폭을 1/4로 정형하고, 제3 광 증폭기에서 광 신호 변조 폭을 1/8로 정형할 수 있다. 제5 광 신호(OS5)의 가장 높은 레벨의 광 세기는 제3 광 신호(OS3)의 가장 높은 레벨의 광 세기와 동일할 수 있다.
- [0093] 제2 광 세기 변조기(322)는 제2 바이어스 전압(V_{bias2}) 및 제2 RF 전압(V_{RF2})을 기반으로 제5 광 신호(OS5)를 변

조하여 제5 광 세기 변조 폭(w_5)을 갖는 제6 광 신호(OS6)를 생성할 수 있다. 제2 바이어스 전압(V_{bias2})은 제0 바이어스 전압(V_{bias0})과 동일하고, 제2 RF 전압(V_{RF2})의 진폭은 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭과 동일할 수 있다. 예시적으로, 제5 광 세기 변조 폭(w_5)은 제1 및 제3 광 세기 변조 폭(w_1 및 w_3)과 동일할 수 있고, 제6 광 신호(OS6)의 각 신호 레벨 간의 간격은 동일할 수 있다.

[0094] 광 신호 생성 장치(300)는 제2 광 세기 변조기(322)로부터 생성된 제6 광 신호(OS6)를 출력할 수 있다. 이로부터, 광 신호 생성 장치(300)는 8-레벨 광 신호를 출력할 수 있다. 광 신호 생성 장치(300)로부터 출력되는 8-레벨 광 신호는 도 9 및 아래의 표 1과 같이 할당된 비트들(bits)에 대응하는 값을 가리킬 수 있다.

표 1

8-레벨 광 신호	제0 광 세기 변조기의 제0 RF 전압의 크기	제1 광 세기 변조기의 제1 RF 전압의 크기	제2 광 세기 변조기의 제2 RF 전압의 크기
000	0	0	0
001	1	0	0
010	0	1	0
011	1	1	0
100	0	0	1
101	1	0	1
110	0	1	1
111	1	1	1

[0096] 표 1과 같이, 광 신호 생성 장치(300)로부터 8-레벨 광 신호를 수신하는 경우, 수신단은 광 신호 레벨에 따라 광 신호가 가리키는 값을 "000"~"111" 중 하나로 인식할 수 있다. 예를 들어, 제0 광 세기 변조기(301)에 "1"에 대응되는 제0 RF 전압(V_{RF0})이 입력되고, 제1 광 세기 변조기(312)에 "0"에 대응되는 제1 RF 전압(V_{RF1})이 입력되고, 제2 광 세기 변조기(322)에 "0"에 대응되는 제2 RF 전압(V_{RF2})이 입력되는 경우, 수신단은 "001"을 가리키는 광 신호를 수신할 수 있다.

[0097] 제0 광 세기 변조기(301)에 "0"에 대응되는 제0 RF 전압(V_{RF0})이 입력되고, 제1 광 세기 변조기(312)에 "1"에 대응되는 제1 RF 전압(V_{RF1})이 입력되고, 제2 광 세기 변조기(322)에 "1"에 대응되는 제2 RF 전압(V_{RF2})이 입력되는 경우, 수신단은 "110"을 가리키는 광 신호를 수신할 수 있다.

[0098] 8-레벨 광 신호에 대해서 표 1과 같이 비트 값이 할당될 수 있지만, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 각 레벨에 대응하는 비트 값은 달라질 수 있다.

[0099] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시 예들에 따른 광 신호 생성 장치는 동일한 바이어스 전압(V_{bias}) 및 동일한 진폭의 RF 전압(V_{RF})을 기반으로 동작하는 복수의 광 세기 변조기들을 통해 광 신호를 순차적으로 변조함으로써 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다.

[0100] 도 10은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다. 도 10을 참조하면, 광 신호 생성 장치(400)는 광 신호를 수신하여 4-레벨 광 신호를 출력할 수 있다. 광 신호 생성 장치(400)는 제0 광 세기 변조기(401) 및 이진 신호 생성부(410)를 포함할 수 있다. 이진 신호 생성부(410)는 제1 광 증폭기(411) 및 제1 광 세기 변조기(412)를 포함할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(401), 제1 광 증폭기(411) 및 제1 광 세기 변조기(412)는 도 1 내지 도 4b에서 설명한 광 세기 변조기 및 광 증폭기와 유사한 동작을 수행하므로 상세한 설명은 생략된다.

[0101] 제0 광 세기 변조기(401)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})을 입력으로 하여 광 신호를 변조할 수 있고, 제1 광 세기 변조기(412)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})을 입력으로 하여 광 신호를 변조할 수 있다. 도 3b에 도시된 바와 같이, 제0 및 제1 광 세기 변조기들(401, 412)로 인가되는 바이어스 전압(V_{bias}) 및 RF 전압(V_{RF})의 진폭이 다른 경우, 광 세기 변조 폭이 다른 광 신호가 생성될 수 있다.

[0102] 제1 광 증폭기(411)는 제1 전류(I_{11})를 입력 받아 제0 광 세기 변조기(401)로부터 수신된 광 신호를 증폭할 수 있다. 제1 광 증폭기(411)는 광 세기 변조 폭을 동일하게 유지하면서 광 신호를 증폭할 수 있다. 도 4b에 도시된 바와 같이, 제1 광 증폭기(411)는 선형 특성 영역에서 동작함으로써 광 신호를 증폭할 수 있다. 따라서, 제1

전류(I₁)는 제1 광 증폭기(411)가 선형 특성 영역에서 동작하게 하는 전류일 수 있다.

- [0103] 제1 광 세기 변조기(412)는 증폭된 2-레벨 광 신호를 변조하여 4-레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 따라서, 광 신호 생성 장치(400)는 4-레벨 광 신호(즉, 멀티레벨 광 신호)를 출력할 수 있다.
- [0104] 도 11은 도 10의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 11의 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 광 세기를 나타낸다. 도 10 및 도 11을 참조하면, 제0 광 세기 변조기(401)는 제1 광 신호(OS1)를 변조하여 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(401)에 의해 제1 광 세기(p1)를 갖는 제1 광 신호(OS1)로부터 제2 광 세기(p2) 및 제3 광 세기(p3)를 갖는 2-레벨 제2 광 신호(OS2)가 생성될 수 있다. 제0 광 세기 변조기(401)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})을 기반으로 제1 광 세기 변조 폭(w1)을 갖는 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다.
- [0105] 제1 광 증폭기(411)는 제1 전류(I₁)를 기반으로 제2 광 신호(OS2)를 증폭하여 제3 광 신호(OS3)를 생성할 수 있다. 제3 광 신호(OS3)는 제4 광 세기(p4) 및 제5 광 세기(p5)를 갖는 2-레벨 광 신호일 수 있다. 제1 광 증폭기(411)는 제3 광 신호(OS3)의 제4 광 세기(p4)를 제1 광 신호(OS1)의 제1 광 세기(p1)와 동일하게 되도록 제2 광 신호(OS2)를 증폭할 수 있다. 제3 광 신호(OS3)의 제2 광 세기 변조 폭(w2)은 제1 광 세기 변조 폭(w1)과 동일할 수 있다.
- [0106] 제1 광 세기 변조기(412)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})을 기반으로 제3 광 신호(OS3)를 변조하여 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제4 광 신호(OS4)는 제6 광 세기(p6), 제7 광 세기(p7), 제8 광 세기(p8) 및 제9 광 세기(p9)를 갖는 4-레벨 광 신호일 수 있다. 제1 광 세기 변조기(412)는 제4 광 세기(p4)를 갖는 제3 광 신호(OS3)로부터 제6 광 세기(p6) 및 제7 광 세기(p7)를 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제1 광 세기 변조기(412)는 제5 광 세기(p5)를 갖는 제3 광 신호(OS3)로부터 제8 광 세기(p8) 및 제9 광 세기(p9)를 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 따라서, 제1 광 세기 변조기(412)는 2-레벨의 제3 광 신호(OS3)로부터 4-레벨의 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다.
- [0107] 제1 광 세기 변조기(412)는 제3 광 신호(OS3)로부터 제3 광 세기 변조 폭(w3) 및 제4 광 세기 변조 폭(w4)을 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제1 광 세기 변조기(412)는 제4 광 신호(OS4)의 각 신호 레벨 간의 간격이 동일하게 되도록(즉, 제3 광 세기 변조 폭(w3), 제4 광 세기 변조 폭(w4), 제5 광 세기 변조 폭(w5)이 동일) 제3 광 신호(OS3)를 변조할 수 있다. 예를 들어, 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭의 반인 제1 RF 전압(V_{RF1})이 인가됨으로써 제4 광 신호(OS4)의 각 신호 레벨 간의 간격이 동일하게 될 수 있다.
- [0108] 도 11에 도시된 바와 같이, 광 신호 생성 장치(400)는 도 5의 광 신호 생성 장치(200)와 마찬가지로 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있지만, 다른 형태의 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0109] 도 12는 도 10의 광 신호 생성 장치의 동작 방법을 나타내는 순서도이다. 도 10 및 도 12를 참조하면, S201 단계에서, 광 신호 생성 장치(400)는 광 신호를 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})에 따라 변조하여 이진 광 신호를 생성할 수 있다. S202 단계에서, 광 신호 생성 장치(400)는 생성된 이진 광 신호를 증폭할 수 있다. S203 단계에서, 광 신호 생성 장치(400)는 증폭된 이진 광 신호를 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})에 따라 변조하여 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 제1 바이어스 전압(V_{bias1})은 제0 바이어스 전압(V_{bias0})과 다르고, 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭은 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭과 다를 수 있다.
- [0110] 본 발명의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치의 동작 방법은 도 12에 도시된 바에 한정되지 않으며, S202 및 S203 단계를 반복하여 수행함으로써 더 많은 레벨을 갖는 광 신호를 생성할 수 있다. 예를 들어, S202 및 S203 단계를 N-1번 수행하는 경우, 광 신호 생성 장치는 2^N-레벨 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0111] 도 13은 본 발명의 하나의 실시 예에 따른 광 신호 생성 장치를 보여주는 블록도이다. 광 신호 생성 장치(500)는 제0 광 세기 변조기(501), 제1 이진 신호 생성부(510) 및 제2 이진 신호 생성부(520)를 포함할 수 있다. 제1 이진 신호 생성부(510)는 제1 광 증폭기(511) 및 제1 광 세기 변조기(512)를 포함하고, 제2 이진 신호 생성부(520)는 제2 광 증폭기(521) 및 제2 광 세기 변조기(522)를 포함할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(501) 및 제1 이진 신호 생성부(510)에 관한 동작은 도 10의 제0 광 세기 변조기(401) 및 이진 신호 생성부(410)에 관한 동작과 유사하므로, 상세한 설명은 생략된다.
- [0112] 광 신호 생성 장치(500)는 제0 광 세기 변조기(501) 및 제1 및 제2 이진 신호 생성부들(510, 520)을 통해 8-레

벨 광 신호를 생성할 수 있다. 제0 광 세기 변조기(501), 제1 광 세기 변조기(512) 및 제2 광 세기 변조기(522)에는 각각 다른 바이어스 전압들(V_{bias0} , V_{bias1} , V_{bias2}) 및 RF 전압들(V_{RF0} , V_{RF1} , V_{RF2})이 인가될 수 있다. 예를 들어, 제1 광 세기 변조기(512)에 입력되는 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭은 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭의 반일 수 있고, 제2 광 세기 변조기(522)에 입력되는 제2 RF 전압(V_{RF2})의 진폭은 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭의 반일 수 있다. 즉, 광 세기 변조기에 입력되는 RF 전압(V_{RF})의 진폭의 크기는 이전 단계의 광 세기 변조기에 입력되는 RF 전압(V_{RF})과 비교하여 일정한 비율로 감소될 수 있다.

[0113] 제1 광 증폭기(511)에는 제1 전류(I_1)가 입력될 수 있고, 제2 광 증폭기(521)에는 제2 전류(I_2)가 입력될 수 있다. 제1 광 증폭기(511) 및 제2 광 증폭기(521)는 각각 제1 전류(I_1) 및 제2 전류(I_2)를 입력 받아 광 신호를 증폭할 수 있다.

[0114] 도 14는 도 13의 광 신호 생성 장치의 광 신호 출력을 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 14의 가로축은 시간을 나타내고 세로축은 광 세기를 나타낸다. 도 13 및 도 14를 참조하면, 제0 광 세기 변조기(501)는 제0 바이어스 전압(V_{bias0}) 및 제0 RF 전압(V_{RF0})을 기반으로 제1 광 신호(OS1)를 변조하여 제1 광 세기 변조 폭($w1$)을 갖는 제2 광 신호(OS2)를 생성할 수 있다.

[0115] 제1 광 증폭기(511)는 제1 전류(I_1)를 기반으로 제2 광 신호(OS2)를 증폭하여 제3 광 신호(OS3)를 생성할 수 있다. 제3 광 신호(OS3)는 제1 광 세기 변조 폭($w1$)과 동일한 제2 광 세기 변조 폭($w2$)을 가질 수 있다. 예시적으로, 제3 광 신호(OS3)의 가장 높은 레벨의 광 세기는 제1 광 신호(OS1)의 광 세기와 동일할 수 있다.

[0116] 제1 광 세기 변조기(512)는 제1 바이어스 전압(V_{bias1}) 및 제1 RF 전압(V_{RF1})을 기반으로 제3 광 신호(OS3)를 변조하여 제3 광 세기 변조 폭($w3$)을 갖는 제4 광 신호(OS4)를 생성할 수 있다. 제4 광 신호(OS4)의 각 신호 레벨 간의 간격은 제3 광 세기 변조 폭($w3$)으로 동일할 수 있다. 예를 들어, 제4 광 신호(OS4)의 각 신호 레벨 간의 간격이 동일하게 되도록, 제0 RF 전압(V_{RF0})의 진폭의 반인 제1 RF 전압(V_{RF1})이 제1 광 세기 변조기(512)로 인가될 수 있다.

[0117] 제2 광 증폭기(521)는 제2 전류(I_2)를 기반으로 제4 광 신호(OS4)를 증폭하여 제5 광 신호(OS5)를 생성할 수 있다. 증폭된 제4 광 신호(OS4)는 제3 광 세기 변조 폭($w3$)과 동일한 제4 광 세기 변조 폭($w4$)을 가질 수 있다. 예시적으로, 제5 광 신호(OS5)의 가장 높은 레벨의 광 세기는 제3 광 신호(OS3)의 가장 높은 레벨의 광 세기와 동일할 수 있다.

[0118] 제2 광 세기 변조기(522)는 제2 바이어스 전압(V_{bias2}) 및 제2 RF 전압(V_{RF2})을 기반으로 제5 광 신호(OS5)를 변조하여 제5 광 세기 변조 폭($w5$)을 갖는 제6 광 신호(OS6)를 생성할 수 있다. 제6 광 신호(OS6)의 각 신호 레벨 간의 간격은 제5 광 세기 변조 폭($w5$)으로 동일할 수 있다. 예를 들어, 제6 광 신호(OS6)의 각 신호 레벨 간의 간격이 동일하게 되도록, 제1 RF 전압(V_{RF1})의 진폭의 반인 제2 RF 전압(V_{RF2})이 제2 광 세기 변조기(522)로 인가될 수 있다.

[0119] 광 신호 생성 장치(500)는 제2 광 세기 변조기(522)로부터 생성된 제6 광 신호(OS6)를 출력할 수 있다. 이로부터, 광 신호 생성 장치(500)는 8-레벨 광 신호를 출력할 수 있다. 광 신호 생성 장치(500)로부터 출력되는 8-레벨의 광 신호는, 도 14 및 아래의 표 2와 같이, 할당된 비트들(bits)에 대응하는 값을 가리킬 수 있다.

표 2

8-레벨 광 신호	제0 광 세기 변조기의 제0 RF 전압의 크기	제1 광 세기 변조기의 제1 RF 전압의 크기	제2 광 세기 변조기의 제2 RF 전압의 크기
000	0	0	0
001	0	0	1
010	0	1	0
011	0	1	1
100	1	0	0
101	1	0	1
110	1	1	0
111	1	1	1

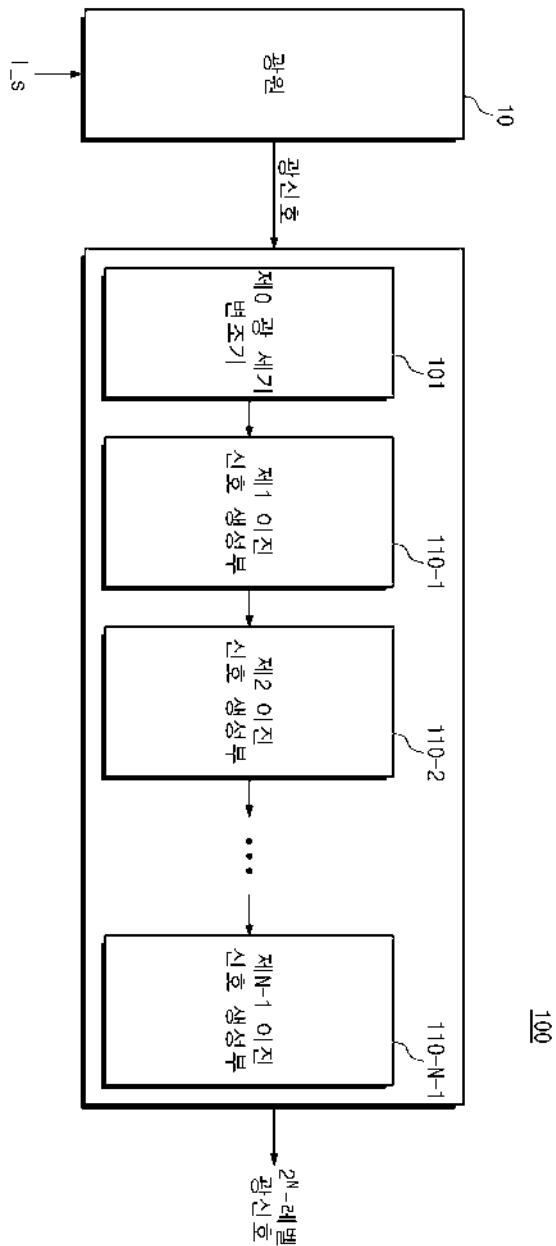
- [0121] 표 2와 같이, 광 신호 생성 장치(500)로부터 8-레벨 광 신호를 수신하는 경우, 수신단은 광 신호 레벨에 따라 광 신호가 가리키는 값을 "000"~"111" 중 하나로 인식할 수 있다. 예를 들어, 제0 광 세기 변조기(501)에 "0"에 대응되는 제0 RF 전압(V_{RF0})이 입력되고, 제1 광 세기 변조기(512)에 "0"에 대응되는 제1 RF 전압(V_{RF1})이 입력되고, 제2 광 세기 변조기(522)에 "1"에 대응되는 제2 RF 전압(V_{RF2})이 입력되는 경우, 수신단은 "001"을 가리키는 광 신호를 수신할 수 있다.
- [0122] 제0 광 세기 변조기(501)에 "1"에 대응되는 제0 RF 전압(V_{RF0})이 입력되고, 제1 광 세기 변조기(512)에 "1"에 대응되는 제1 RF 전압(V_{RF1})이 입력되고, 제2 광 세기 변조기(522)에 "0"에 대응되는 제2 RF 전압(V_{RF2})이 입력되는 경우, 수신단은 "110"을 가리키는 광 신호를 수신할 수 있다.
- [0123] 8-레벨 광 신호에 대해서 표 2와 같이 비트 값이 할당될 수 있지만, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 각 레벨에 대응하는 비트 값은 달라질 수 있다.
- [0124] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시 예들에 따른 광 신호 생성 장치는 서로 다른 바이어스 전압(V_{bias}) 및 서로 다른 진폭의 RF 전압(V_{RF})을 기반으로 동작하는 복수의 광 세기 변조기들을 통해 광 신호를 순차적으로 변조함으로써 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0125] 본 발명의 실시 예들에 따른 광 신호 생성 장치는 광 변조 동작 및 광 증폭 동작을 순차적으로 수행함으로써 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 즉, 본 발명의 실시 예들에 따른 광 신호 생성 장치는 복수의 광 세기 변조기들을 직렬로 배치하여 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 복수의 광 세기 변조기들을 병렬로 배치하여 멀티레벨 광 신호를 생성하는 경우, 각각의 광 세기 변조기들로부터 출력된 광 신호들을 결합하기 위한 별도의 장치가 필요할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예들에 따른 광 신호 생성 장치는 광 신호 결합을 위한 별도의 장치 없이 광 세기 변조기 및 광 증폭기만으로 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0126] 또한, 본 발명의 실시 예들에 따른 광 신호 생성 장치는 멀티레벨 광 신호를 생성하는 데 있어서, 멀티레벨 전기신호를 이용하지 않고 광 소자를 사용하여 멀티레벨 광 신호를 생성할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예들에 따른 광 신호 생성 장치는 저비용, 고품질의 광 신호를 생성할 수 있다.
- [0127] 상술된 내용은 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 실시 예들이다. 본 발명은 상술된 실시 예들뿐만 아니라, 단순히 설계 변경되거나 용이하게 변경할 수 있는 실시 예들 또한 포함할 것이다. 또한, 본 발명은 실시 예들을 이용하여 용이하게 변형하여 실시할 수 있는 기술들도 포함될 것이다. 따라서, 본 발명의 범위는 상술된 실시 예들에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 발명의 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

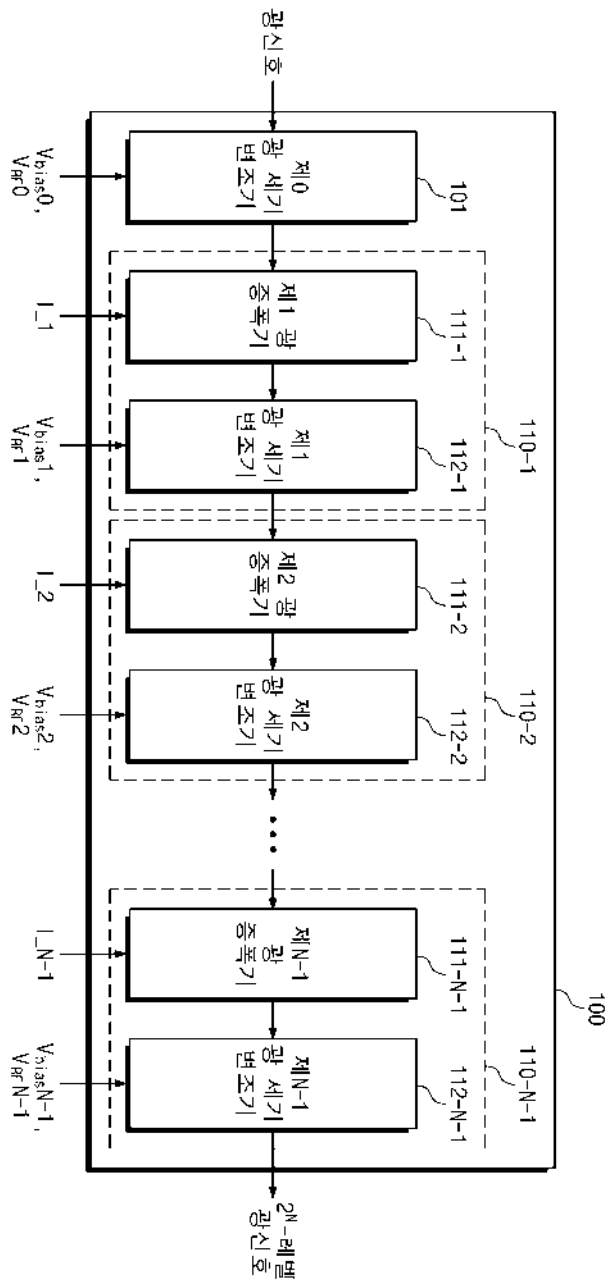
- [0128] 10: 광원
100, 200, 300, 400, 500: 광 신호 생성 장치
101, 201, 301, 401, 501: 제0 광 세기 변조기
110, 210, 310, 410, 510: 이진 신호 생성부

도면

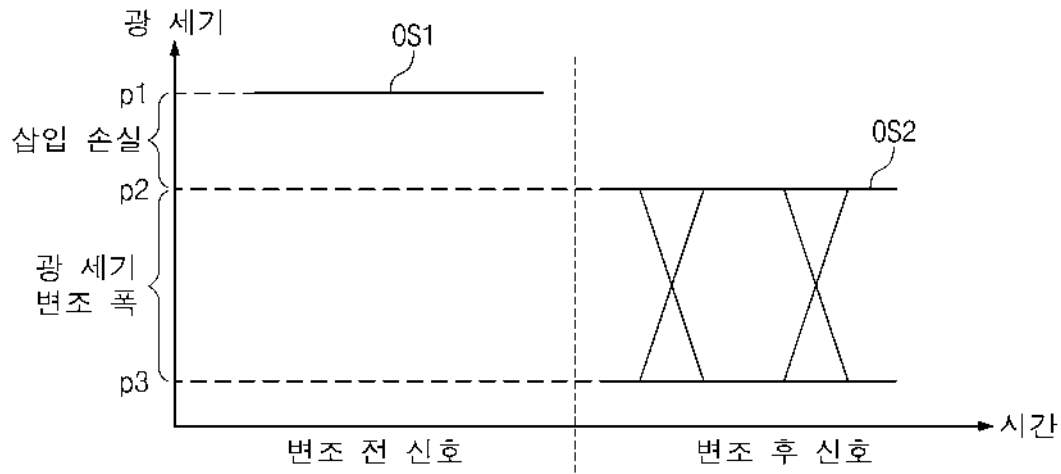
도면1



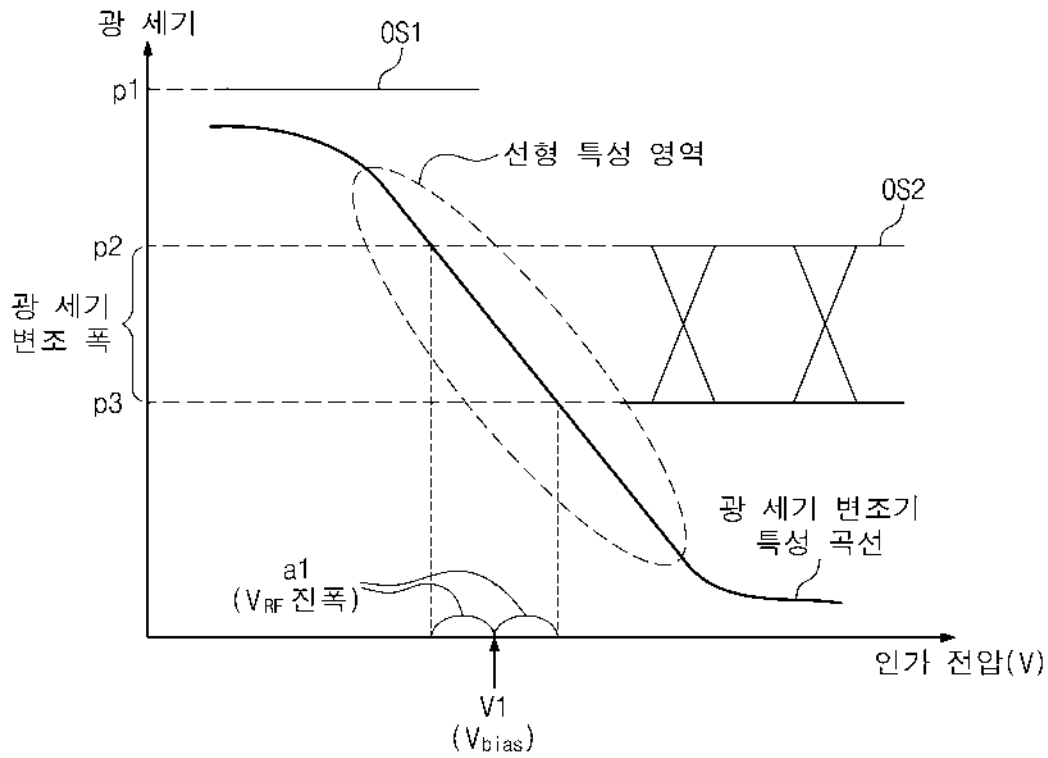
도면2



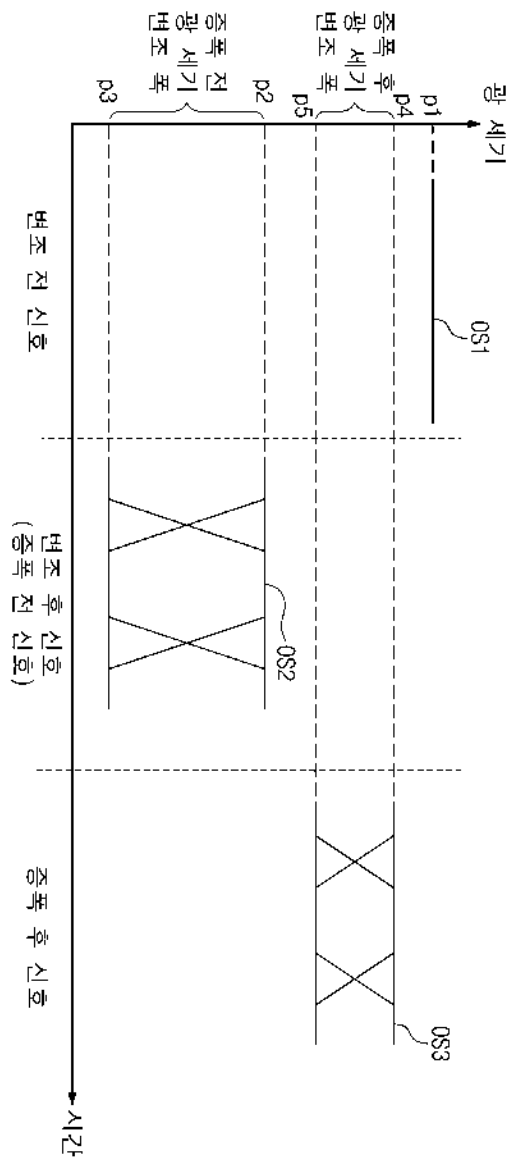
도면3a



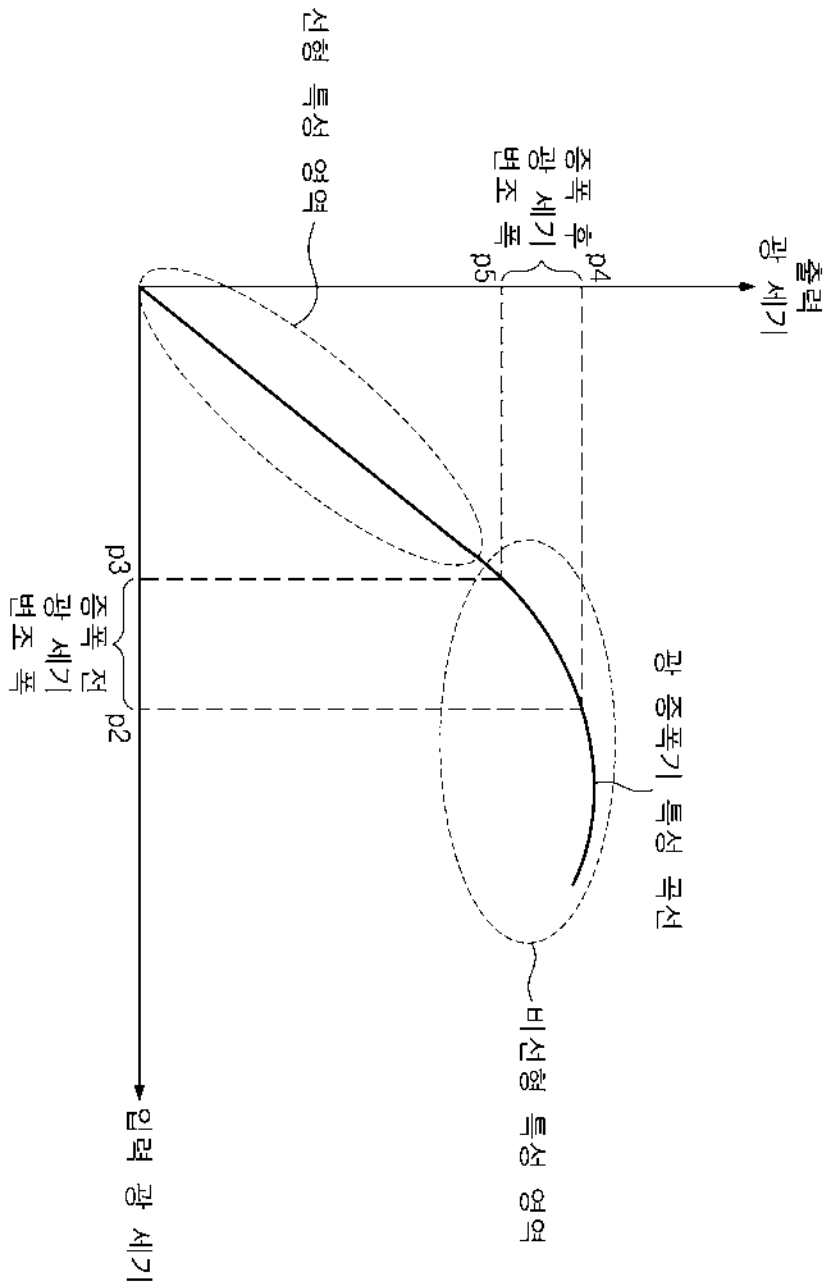
도면3b



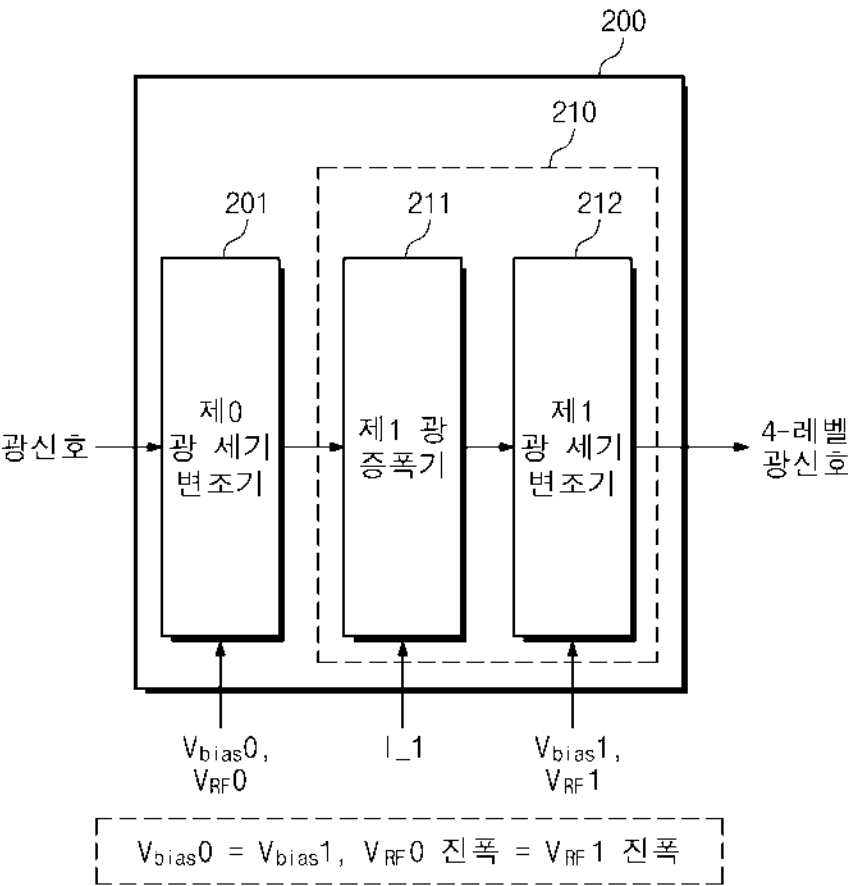
도면4a



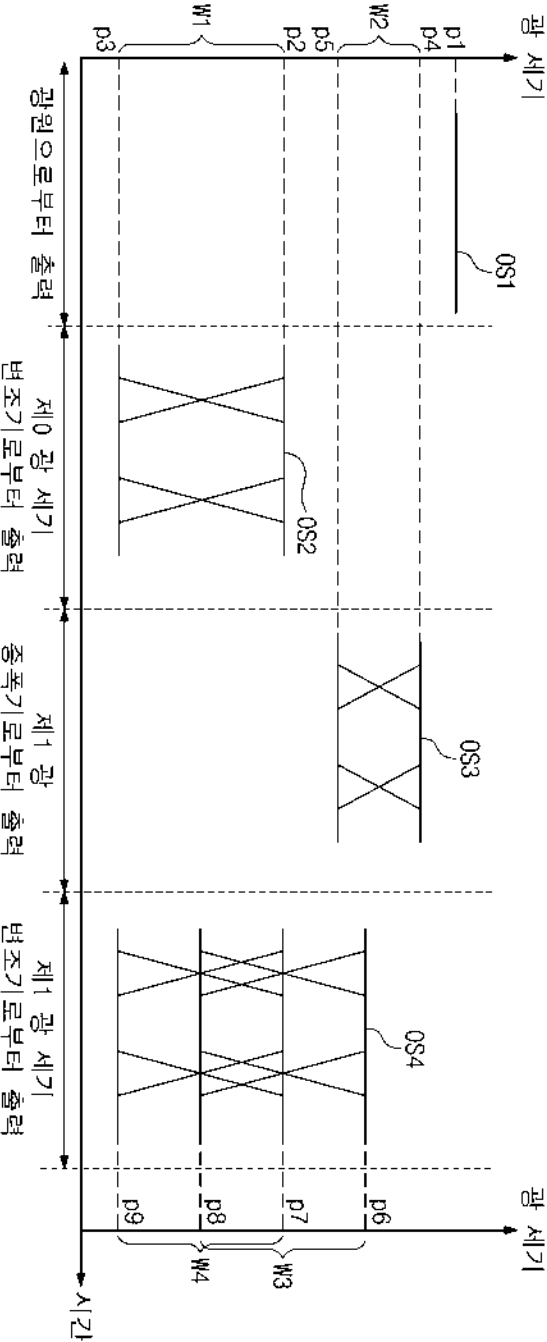
도면4b



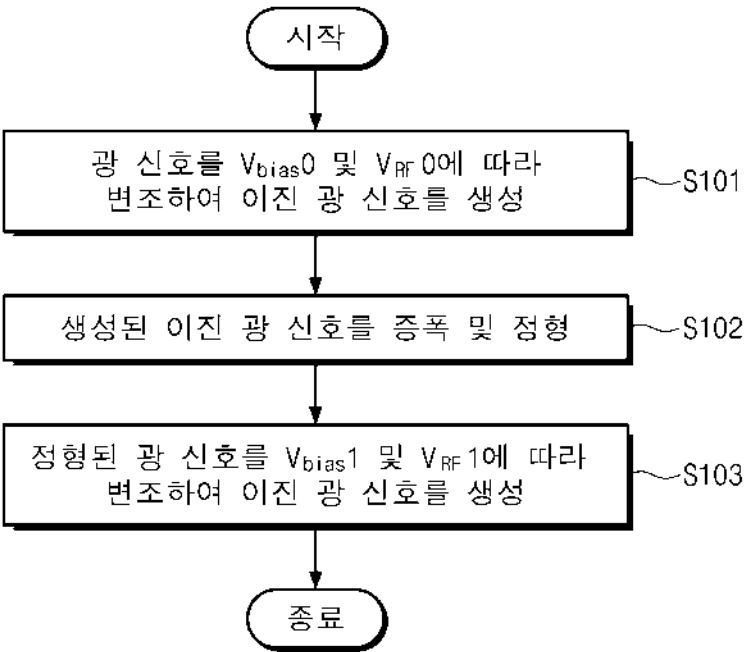
도면5



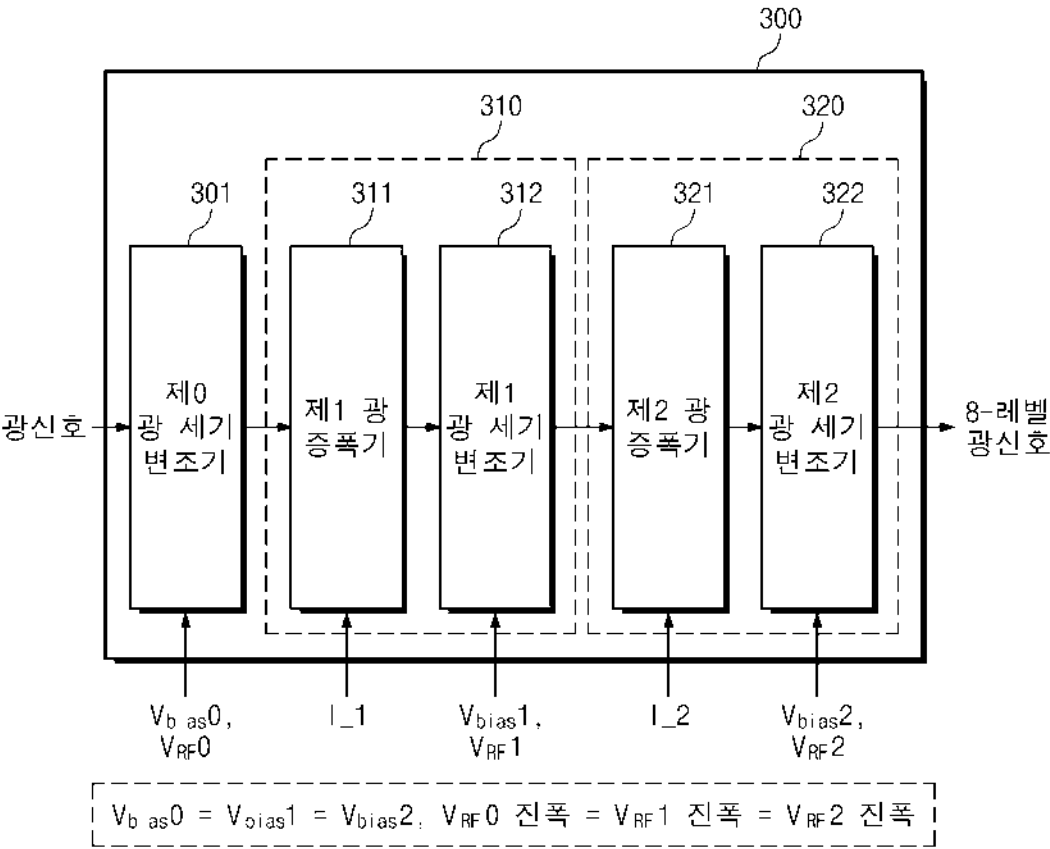
도면6



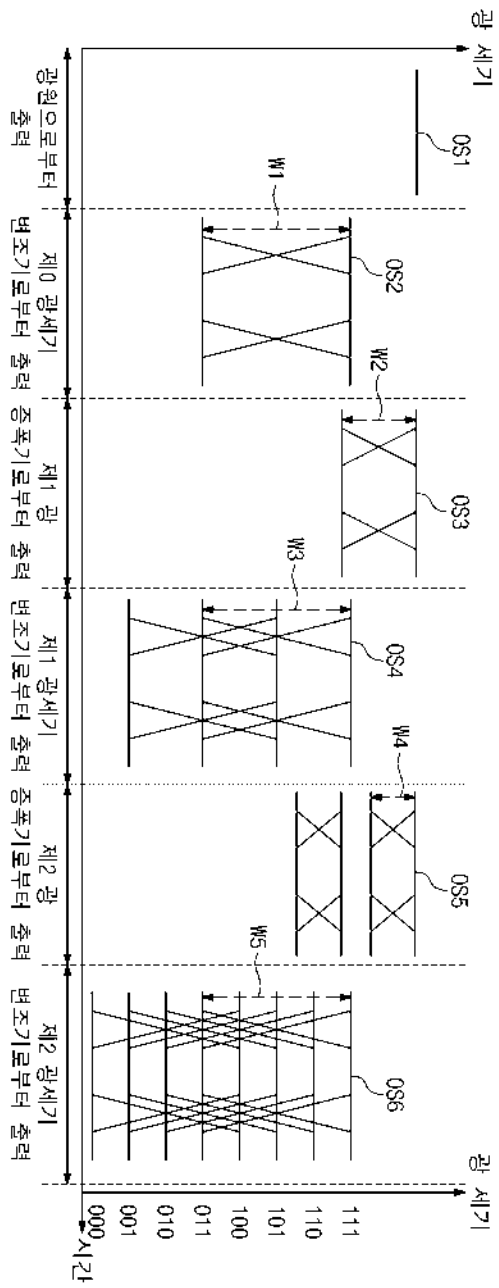
도면7



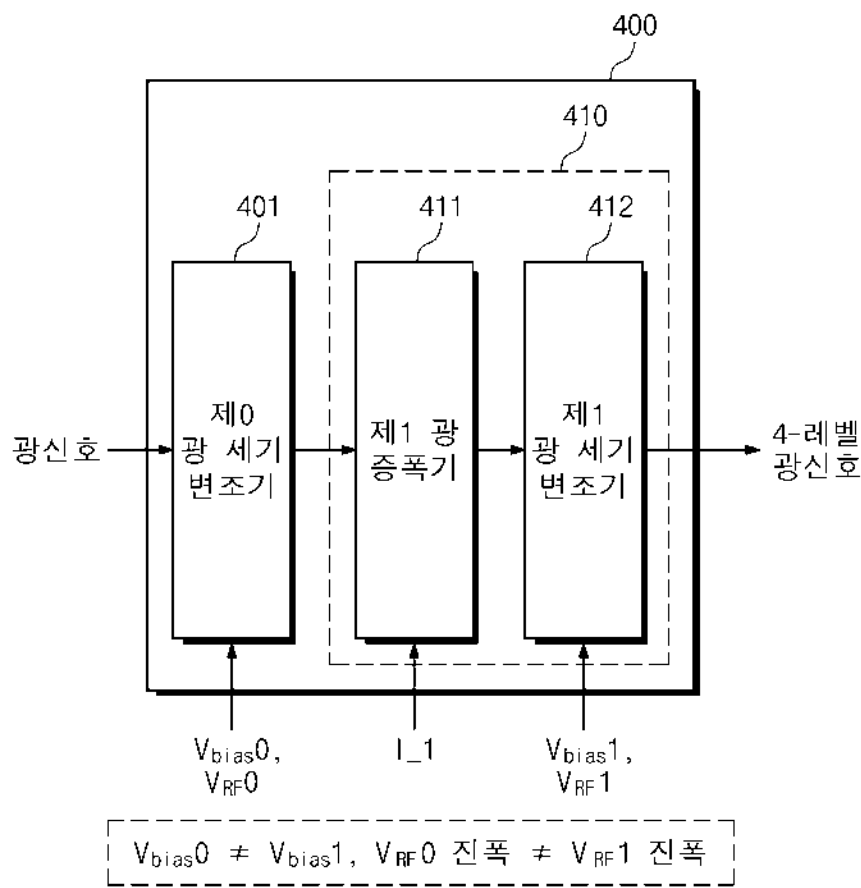
도면8



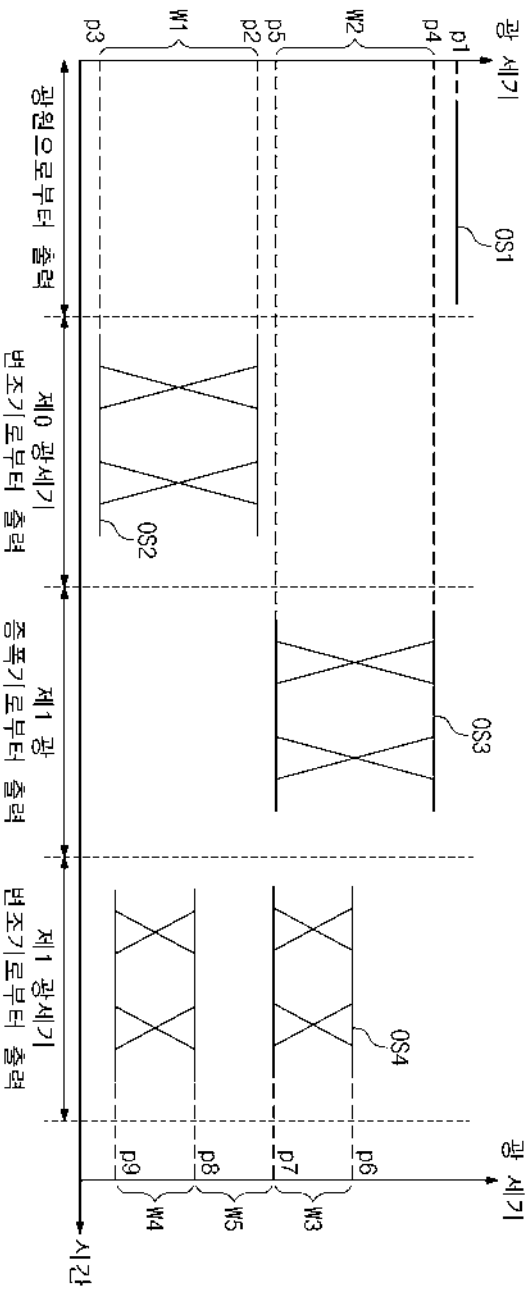
도면9



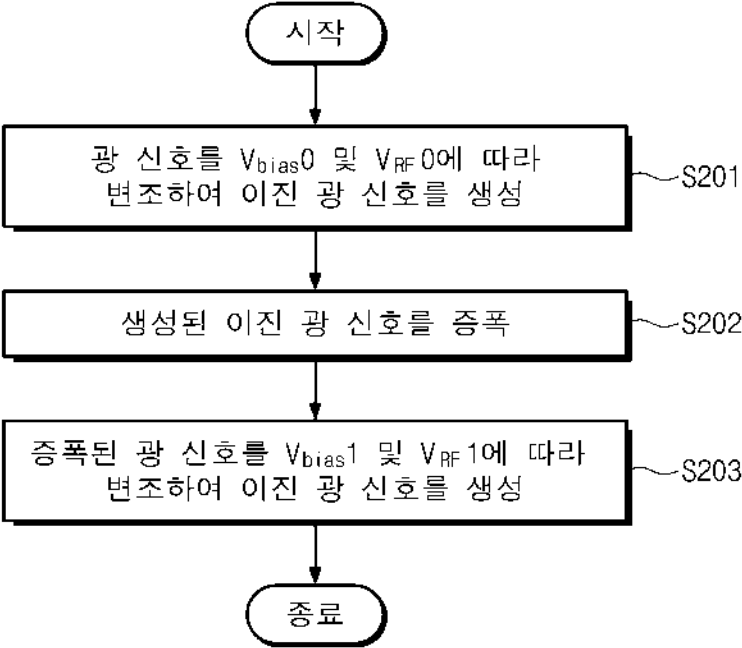
도면10



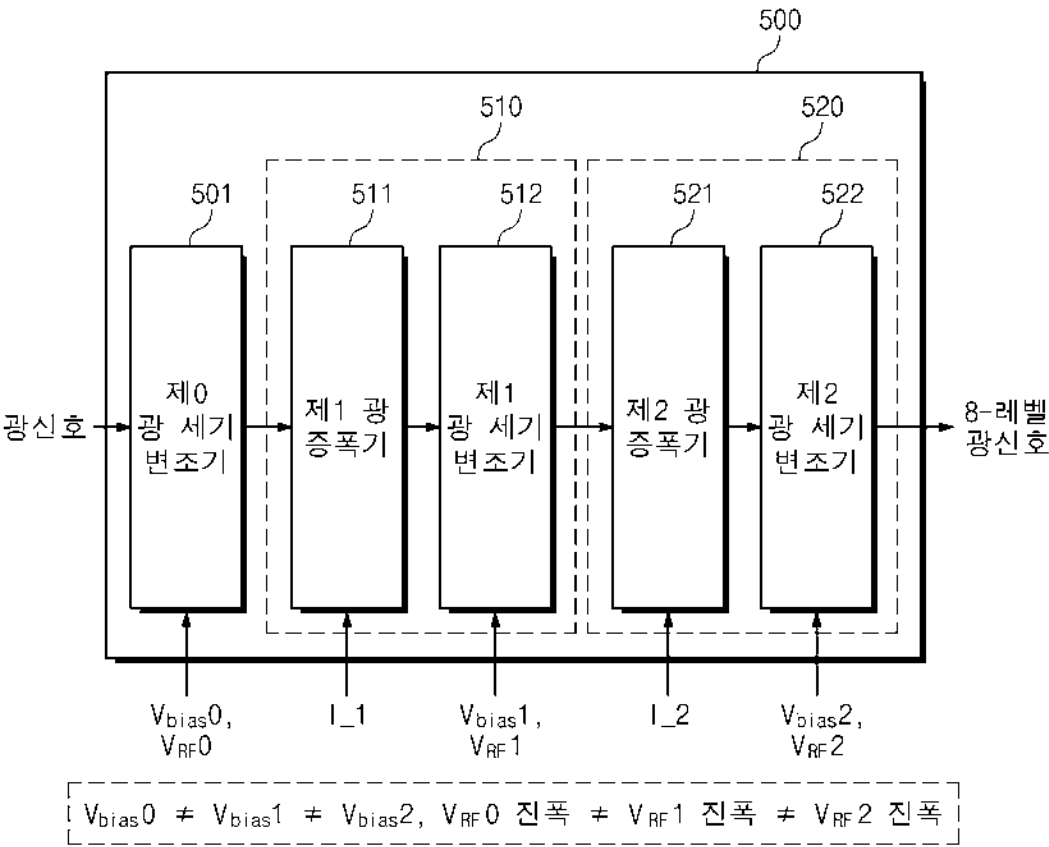
도면11



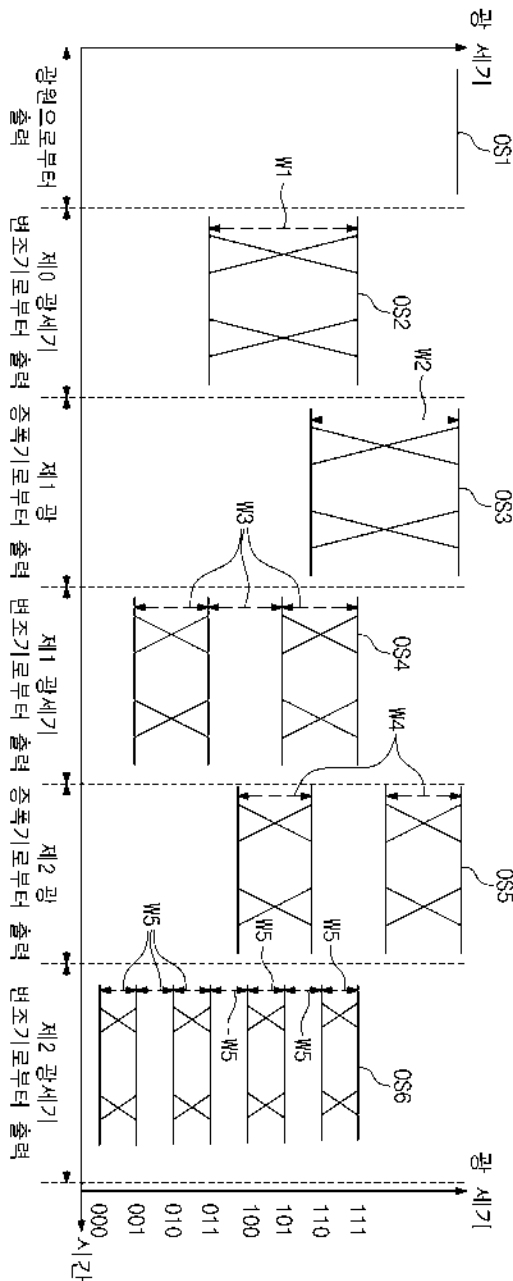
도면12



도면13



도면14



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 세기 변조기;

상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 증폭기; 및

상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 세기 변조기를 포함하되,

상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압에 기초하여 상기 제1 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압에 기초하여 상기 제1 광의 세기의 변조 폭을 조절하고, 상기 제2 광 세기 변조기는

상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압에 기초하여 상기 제2 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압에 기초하여 상기 제2 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 광 신호 생성 장치.

【변경후】

제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 세기 변조기;

상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하도록 구성되는 제1 광 증폭기; 및

상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 세기 변조기를 포함하되,

상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압에 기초하여 제1 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압에 기초하여 상기 제1 광의 세기의 변조 폭을 조절하고, 상기 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압에 기초하여 상기 제2 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압에 기초하여 상기 제2 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 광 신호 생성 장치.

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 16

【변경전】

광 신호 생성 장치의 동작 방법에 있어서,

제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하는 단계;

상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하는 단계를 포함하되,

상기 제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압에 기초하여 상기 제1 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압에 기초하여 상기 제1 광의 세기의 변조 폭을 조절하고, 상기 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압에 기초하여 상기 제2 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압에 기초하여 상기 제2 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 동작 방법.

【변경후】

광 신호 생성 장치의 동작 방법에 있어서,

제1 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^N -레벨(단, N은 양의 정수) 제2 광 신호를 생성하는 단계;

상기 제2 광 신호를 증폭하여 제3 광 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제3 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+1} -레벨 제4 광 신호를 생성하는 단계를 포함하되,

제1 광 세기 변조기는 제1 바이어스 전압에 기초하여 상기 제1 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 제1 RF 전압에 기초하여 상기 제1 광의 세기의 변조 폭을 조절하고, 제2 광 세기 변조기는 상기 제1 바이어스 전압과 동일한 제2 바이어스 전압에 기초하여 상기 제2 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제1 RF 전압과 동일한 진폭을 갖는 제2 RF 전압에 기초하여 상기 제2 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 동작 방법.

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

제 1 항에 있어서,

상기 제4 광 신호를 증폭하여 제5 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 증폭기; 및

상기 제5 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+2} -레벨 제6 광 신호를 생성하도록 구성되는 제3 광 세기 변조기를 더 포함하되,

상기 제3 광 세기 변조기는 제3 바이어스 전압에 기초하여 상기 제3 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 상기 제3 RF 전압에 기초하여 상기 제3 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 광 신호 생성 장치.

【변경후】

제 1 항에 있어서,

상기 제4 광 신호를 증폭하여 제5 광 신호를 생성하도록 구성되는 제2 광 증폭기; 및

상기 제5 광 신호를 변조하여 이진 신호 형태의 2^{N+2} -레벨 제6 광 신호를 생성하도록 구성되는 제3 광 세기 변조기를 더 포함하되,

상기 제3 광 세기 변조기는 제3 바이어스 전압에 기초하여 상기 제3 광 신호의 변조 기준 동작점을 설정하고, 제3 RF 전압에 기초하여 상기 제3 광의 세기의 변조 폭을 조절하는 광 신호 생성 장치.



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월19일
(11) 등록번호 10-2216864
(24) 등록일자 2021년02월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01S 5/12 (2021.01)

(52) CPC특허분류

H01S 5/1228 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0162241

(22) 출원일자 2017년11월29일

심사청구일자 2019년09월30일

(65) 공개번호 10-2019-0063280

(43) 공개일자 2019년06월07일

(56) 선행기술조사문헌

KR100765470 B1*

KR1020040051905 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

(72) 발명자

김남제

대전광역시 유성구 왕가봉로 16-18 304호 (노은동)

권오균

대전광역시 유성구 지족로 92영무 예다음 아파트 171-401

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 10 항

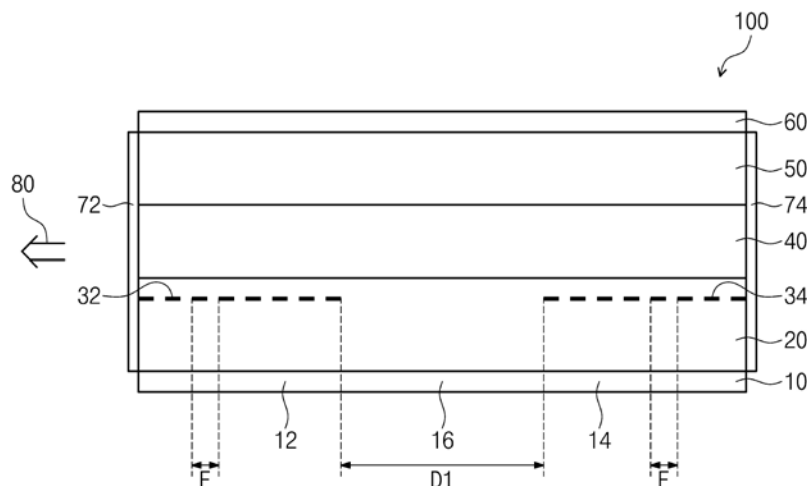
심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 단일모드 분포궤환 레이저 다이오드

(57) 요약

본 발명은 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드를 개시한다. 그의 다이오드는 제 1 및 제 2 분포 영역들과, 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들 사이의 위상천이 영역을 갖는 기관과, 상기 기관 상에 배치된 하부 클래드 층과, 상기 제 1 분포 영역 및 상기 제 2 분포 영역 상의 상기 하부 클래드 층 내에 각각 배치된 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들과, 상기 하부 클래드 층 상에 배치되고, 상기 제 1 분포 영역에서 상기 제 2 분포 영역까지 연장하는 도파로와, 상기 도파로 상에 배치된 상부 클래드 층과, 상기 상부 클래드 층 상에 배치된 적어도 하나의 전극을 포함한다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

박미란

대전시 유성구 도안동로 523 호반2블럭 아파트 21
6동 1101호

안신모

대전광역시 유성구 신성로61번안길 47 30호 (신성
동)

한원석

대전광역시 유성구 가정로 43삼성한울아파트 107동
1001호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GK17N0400

부처명 미래창조과학부

과제관리(전문)기관명 (재)기가코리아사업단

연구사업명 범부처 Giga KOREA사업

연구과제명 5G 이동통신 기지국용 디지털기반 프론트홀 광링크기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (주)에치에프알

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

제 1 및 제 2 분포 영역들과, 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들 사이의 위상천이 영역을 갖는 기관;

상기 기관 상에 배치된 하부 클래드 층;

상기 제 1 분포 영역 및 상기 제 2 분포 영역 상의 상기 하부 클래드 층 내에 각각 배치된 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들;

상기 하부 클래드 층 상에 배치되고, 상기 제 1 분포 영역에서 상기 제 2 분포 영역까지 연장하는 도파로;

상기 도파로 상에 배치된 상부 클래드 층; 및

상기 상부 클래드 층 상에 배치된 전극 층을 포함하되,

상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들은 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들 내에서 서로 동일한 각각의 주기를 갖고, 상기 위상천이 영역 내에서 상기 주기의 3/4의 배수를 제외한 상기 주기의 $1/2n$ 의 정수(m) 배($(1/2n) \times m$)에 대응되는 거리로 이격하되,

상기 n 은 자연수를 포함하는 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전극 층은:

상기 제 1 분포 영역과 상기 위상 천이 영역 상의 제 1 전극; 및

상기 제 1 전극과 분리되어 상기 제 2 분포 영역 상에 배치되는 제 2 전극을 포함하는 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 전극들에 연결되는 단일 전류원; 및

상기 단일 전류원으로부터 분기되어 상기 제 1 및 제 2 전극들에 각각 연결되는 제 1 및 제 2 저항들을 더 포함하는 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 전극에 연결되는 제 1 전류 원; 및

상기 제 2 전극에 연결되는 제 2 전류 원을 더 포함하는 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들은 상부 클래드 층 내에 배치된 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 브래그 회절 격자의 결합 상수는 상기 제 2 브래그 회절 격자의 결합 상수와 다른 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들의 상기 주기는 240nm인 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 위상 천이 영역의 상기 거리는 $11.7\mu\text{m}$, $23.4\mu\text{m}$, $45.8\mu\text{m}$, 또는 $58.5\mu\text{m}$ 인 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들의 상기 주기의 3/4 배수의 거리는 $35.1\mu\text{m}$ 인 단일 모드 분포궤환 레이저 다이오드.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 하부 클래드 층, 상기 도파로, 및 상기 상부 클래드의 가장자리 양측벽들 상에 배치된 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들을 더 포함하는 단일 모드 분포 궤환 레이저 다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저 다이오드에 관한 것으로, 상세하게는 확장형 위상천이 영역을 포함하는 단일모드 분포궤환 레이저 다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 반도체 기반의 광 소자들 중에서, 분포궤환(Distributed FeedBack) 레이저 다이오드 및/또는 분포 브래그 반사 형 (Distributed Bragg Reflector) 레이저 다이오드 등의 특정 파장을 선택하는 기능성 레이저 소자들이 개발되고 있다. 이러한 기능성 레이저 소자들은 회절 격자를 이용하여 파장 필터링을 수행할 수 있다. 예컨대, 주기적인 굴절률 변화에 의한 브래그 파장에 해당하는 특정 파장을 갖는 광파만이 반사될 수 있다. 예를 들어, DFB 레이저 다이오드는 브래그 회절 격자들의 주기에 의해 결정될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 이루고자 하는 과제는 spatial hole burning을 제거할 수 있는 단일모드 분포궤환 레이저 다이오드를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명은 단일모드 분포궤환 레이저 다이오드를 개시한다. 그의 장치는, 제 1 및 제 2 분포 영역들과, 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들 사이의 위상천이 영역을 갖는 기관; 상기 기관 상에 배치된 하부 클래드 층; 상기 제 1 분포 영역 및 상기 제 2 분포 영역 상의 상기 하부 클래드 층 내에 각각 배치된 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들; 상기 하부 클래드 층 상에 배치되고, 상기 제 1 분포 영역에서 상기 제 2 분포 영역까지 연장하는 도파로; 상기 도파로 상에 배치된 상부 클래드 층; 및 상기 상부 클래드 층 상에 배치된 적어도 하나의 전극을 포함한다. 여기서, 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들은 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들 내에서 주기를 갖고, 상기 위상천이 영역 내에서 상기 주기의 3/4의 배수를 제외한 상기 주기의 $1/2n$ 의 정수(m) 배($(1/2n)Xm$)에 대응되는 거리로 이격할 수 있다. 상기 n 은 자연수를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0005] 상술한 바와 같이, 본 발명의 개념에 따른 분포궤환 레이저 다이오드는 기관의 제 1 및 제 2 분포 영역들 상에서 동일한 주기를 갖고 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들 사이의 위상천이 영역 내에서 상기 주기의 3/4의 배수를 제외한 상기 주기의 $1/2$, $1/4$ 또는 $1/8$ 의 정수 배에 대응되는 거리로 이격하는 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들을 포함할 수 있다. 상기 주기의 $1/2$, $1/4$ 또는 $1/8$ 의 정수 배에 대응되는 거리의 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들 위상천이 영역 내에서의 레이저 광의 모드세기 분포를 조절하여 유효 굴절률의 변화를 방지하고 spatial hole burning을 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0006] 도 1은 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB(Distributed Feedback) 레이저 다이오드의 발진스펙트럼의 출력 파워의 세기를 보여주는 그래프이다.

도 2는 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드의 레이저 내부 모드세기 분포를 보여주는 그래프이다.

도 3은 spatial hole burning이 발생한 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 DFB 레이저 다이오드에서 두 개의 모드가 발진한 상태를 보여주는 그래프이다.

도 4는 본 발명의 개념에 따른 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드를 보여주는 단면도이다.

도 5는 도 4의 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들의 결합 계수에 따른 레이저 광(80)의 모드 파워를 보여주는 그래프들이다.

도 6은 도 4의 위상천이 영역의 거리에 따른 내부 발진 모드의 파워를 보여주는 그래프이다.

도 7은 도 4의 위상천이 영역의 거리에 따른 발진 스펙트럼의 파워 밀도를 보여주는 그래프들이다.

도 8 및 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 $\lambda/4$ 위상 천이 DFB 레이저 다이오드를 보여주는 단면도들이다.

도 10은 도 8 및 도 9의 제 1 및 제 2 전극들에 제공되는 전류 비율에 따른 레이저 광(80)의 출력 파워의 비율을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면들과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당 업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전문에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

- [0008] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 포함한다(comprises) 및/또는 포함하는(comprising)은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 장치는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 또한, 명세서에서 단일 모드 또는 다중 모드는 레이저 분야에서 주로 사용되는 의미로 이해될 수 있을 것이다. 바람직한 실시 예에 따른 것이기 때문에, 설명의 순서에 따라 제시되는 참조 부호는 그 순서에 반드시 한정되지는 않는다.
- [0009] 도 1은 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB((Distributed Feedback) 레이저 다이오드의 발진스펙트럼의 출력 파워의 세기를 보여준다.
- [0010] 도 1을 참조하면, 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드의 결합 계수(KL)가 2.0이하로 작을 때, 레이저 광(도 4의 80)은 단일 모드(1)로 출력될 수 있다. 상기 결합 계수(KL)는 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(도 4의 32, 34)과 하부 클래드 층(20)의 굴절률의 차이(ex, 레이저 광(80)이 바라보는 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)의 굴절률의 차이)에 대응될 수 있다. 상기 레이저 광(80)은 약 400nm 파장(ex, 굴절률이 1인 공기 중의 파장)에서 약 -20dBm의 최대 피크 세기를 가질 수 있다. 상기 dBm은 dBmW 또는 데시벨-밀리와트로 표시될 수 있다. 하지만, 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드의 길이가 수 mm 내지 수십 μm 로 짧아질 경우, 상기 결합 계수(KL)는 2.0보다 증가되어야 한다(보통 400 μm 이고, 짧은 경우 150 μm 정도임, 이 경우에도 길이가 1/2 이하로 감소하므로, κ 는 2배 이상 증가하여야 함. 거의 동일한 κ 값을 갖기 위해서 κ 값 증가시키는 것임.).
- [0011] 도 2는 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드의 레이저 내부 모드세기 분포를 보여준다.
- [0012] 도 2를 참조하면, 결합 계수(KL)가 약 2.0보다 증가하면, 상기 레이저 광(80)의 모드 세기 최대값 및/또는 피크는 급격하게 증가할 수 있다. 또한, 상기 결합 계수(KL)가 증가하면, 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드의 출력은 감소할 수 있다. 즉, 레이저 광의 세기 최대값(P_{max})과 출력 값(P_{out})의 비율($P_{\text{max}}/P_{\text{out}}$)이 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 반면, 내부의 모드세기가 강하기 때문에 외부 반사에 의한 external feedback에 대해서는 둔감해지는 특성이 있다. 따라서, 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드는 주로 상기 결합 계수(κ)를 조절하여 내부 모드 세기를 제어하도록 설계되고 있다. 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드는 그의 내부에서 유도방출에 의해 소멸되는 운반자의 수가 균일하지 않고, 위상천이 영역의 유효 굴절률이 증가하는 spatial hole burning에 의해 단일 모드(1)의 특성이 저하된다.
- [0013] 도 3은 spatial hole burning이 발생한 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 DFB 레이저 다이오드에서 두 개의 모드가 발진한 상태를 보여주는 그래프이다.
- [0014] 도 3을 참조하면, spatial hole burning이 발생되면, 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 DFB 레이저 다이오드는 두 개의 모드들(2)의 레이저 광을 생성할 수 있다. 예를 들어, 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 DFB 레이저 다이오드는 약 1547nm와 약 1549nm 파장의 레이저 광(80)을 출력할 수 있다.
- [0015] 도 4는 본 발명의 개념에 따른 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)를 보여준다.
- [0016] 도 4를 참조하면, 본 발명의 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)는 기판(10), 하부 클래드 층(20), 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34), 도파로(40), 상부 클래드 층(50), 전극 층(60), 그리고 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(72, 74)을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 기판(10)은 InP를 포함할 수 있다. 일 예에 따르면, 상기 기판(10)은 제 1 분포 영역(12), 위상천이 영역(16), 및 제 2 분포 영역(14)을 가질 수 있다. 상기 기판(10)은 접지될 수 있다. 상기 위상천이 영역(16)은 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들(12, 14) 사이에 배치될 수 있다.
- [0018] 상기 하부 클래드 층(20)은 상기 기판(10) 상에 배치될 수 있다. 상기 하부 클래드 층(20)은 상기 기판(10)의 굴절률보다 높고 상기 도파로(40)의 굴절률보다 낮은 굴절률을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 하부 클래드 층(20)은 n 타입의 InP를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)은 상기 제 1 및 제 2 분포 영역들(12, 14)의 상기 하부 클래드 층(20) 내에 각각 배치될 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)은 상기 하부 클래드 층(20)과 다른 물질을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)은 의 각각은 InGaAs를 포함할 수 있다. 상기 제 1 브래그 회절 격자(32)는 상기 제 1 분포 영역(12)을 정의할 수 있고, 상기 제 2 브래그 회

절 격자(34)는 상기 제 2 분포 영역(14)을 정의할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)의 각각의 전체 길이는 서로 동일할 수 있다. 일 예에 따르면, 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)의 각각은 서로 동일한 주기(F)를 가질 수 있다. 상기 레이저 광(80)은 상기 하부 클래드 층(20), 상기 도파로(40) 및 상기 상부 클래드 층(50) 내에서 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)의 상기 주기(F)와 동일한 파장을 가질 수 있다. 상기 레이저 광(80)은 상기 하부 클래드 층(20), 상기 도파로(40) 및 상기 상부 클래드 층(50) 내에서 약 240nm의 파장을 갖고, 상기 공기 중에 약 1.55 μ m의 파장을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)은 약 240nm의 주기(F)를 가질 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)은 전자빔(e-Beam lithography)에 의해 형성될 수 있다.

[0020] 상기 도파로(40)는 상기 하부 클래드 층(20) 상에 배치될 수 있다. 상기 도파로(40)는 상기 기판(10)에 대해 수직 방향으로 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)과 이격할 수 있다. 상기 도파로(40)는 상기 기판(10)과 평행한 방향으로 연장할 수 있다. 상기 도파로(40)는 개인 미디엄을 포함할 수 있다.

[0021] 상기 상부 클래드 층(50)은 상기 도파로(40) 상에 배치될 수 있다. 상기 상부 클래드 층(50)은 n 타입의 InP를 포함할 수 있다. 상기 상부 클래드 층(50)은 상기 도파로(40)의 굴절률보다 낮은 굴절률을 가질 수 있다.

[0022] 상기 전극 층(60)은 상기 상부 클래드 층(50) 상에 배치될 수 있다. 상기 전극 층(60)은 도전성 금속을 포함할 수 있다. 상기 전극 층(60)은 상기 기판(10)으로 전류를 제공할 수 있다.

[0023] 상기 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(72, 74)은 상기 하부 클래드 층(20), 상기 도파로(40) 및 상기 상부 클래드 층(50)의 가장자리 양 측벽들 상에 배치될 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(72, 74)은 알루미늄의 금속 또는 폴리머를 포함할 수 있다. 상기 전극 층(60)에 전류가 제공되면, 상기 도파로(40)를 따라 상기 레이저 광(80)이 생성될 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(72, 74)은 상기 레이저 광(80)을 공진시킬 수 있다. 상기 레이저 광(80)은 상기 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(72, 74) 중 어느 하나를 투과하여 외부로 출력될 수 있다.

[0024] 상기 레이저 광(80)의 파장(λ)은 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)의 주기(F)와 동일할 수 있다. 일 예에 따르면, 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34) 사이의 거리(D1)는 상기 주기(F) 및/또는 파장(λ)의 $(1/2n)$ 의 정수(m) 배($(\lambda/2n)Xm$)로 설정될 수 있다. n은 자연수일 수 있다. 예를 들어, 상기 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34) 사이의 거리(D1)는 파장(λ)의 1/2, 1/4, 1/8 또는 1/16의 정수(m=100, 200, 400, 500) 배로 설정될 수 있다. 다만, 정수(m)가 1일때는 제외될 수 있다.

[0025] 도 5는 도 4의 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34)의 결합 계수(KL)에 따른 레이저 광(80)의 모드 파워를 보여준다.

[0026] 도 5를 참조하면, 결합 계수(KL)가 2보다 크게 증가하더라도, 레이저 광(80)의 모드 세기의 최대값(Pmax) 및/또는 피크는 상기 결합 계수(KL)에 일정하게 비례하여 증가할 수 있다. 도시되지는 않았지만, 레이저 광(80)의 파워의 최대값(Pmax)에 대한 출력 값(Pout)의 비율(Pmax/Pout)은 감소할 수 있다. 반면, 본 발명의 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)의 출력 값은 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 DFB 레이저 다이오드의 출력 값에 비하여 증가할 수 있다. 따라서, 본 발명의 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)는 우수한 단일 모드 발진 특성을 갖고, 고출력/높은 결합 계수(KL)에서의 spatial hole burning에 의한 단일 모드 발진 특성을 제어하는 것이 가능하다. 여기서 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)의 위상천이 영역(16)의 거리(D1) 및/또는 길이는 58.5 μ m(F/2 X m, m=500, F/2=0.117 μ m)로 설정되었다.

[0027] 도 6은 도 4의 위상천이 영역(16)의 거리(D1)에 따른 내부 발진 모드의 파워를 보여준다. 도 7은 도 4의 위상천이 영역(16)의 거리(D1)에 따른 발진 스펙트럼의 파워 밀도를 보여준다.

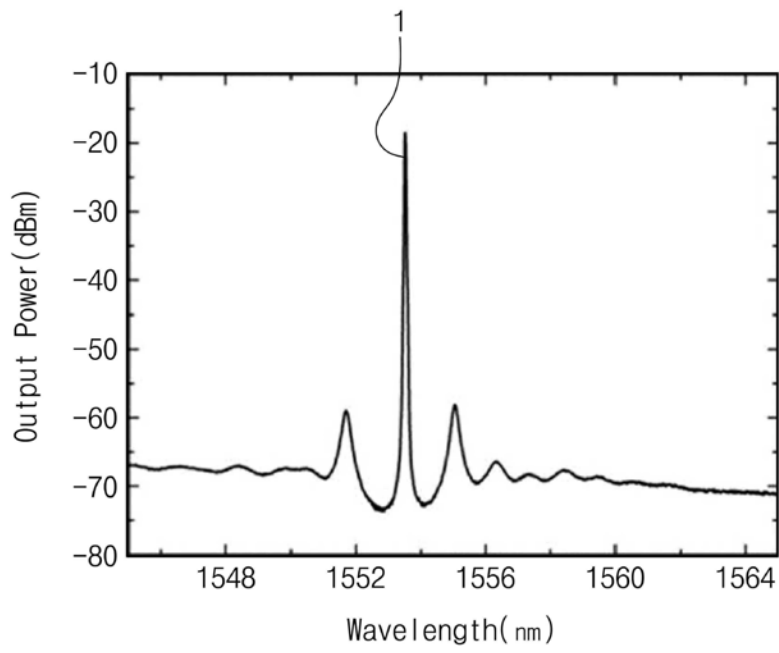
[0028] 도 6 및 도 7을 참조하면, 상기 위상 천이 영역(P)의 거리(D1)가 약 11.7 μ m (F/2 X m, m=100, F/2=0.117 μ m), 23.4 μ m (F/2 X m, m=200, F/2=0.117 μ m), 45.8 μ m (F/2 X m, m=400, F/2=0.117 μ m), 또는 58.5 μ m (F/2 X m, m=500, F/2=0.117 μ m) 일 때, 상기 레이저 광(80)은 단일 모드(1)로 출력될 수 있다.

[0029] 반면, 상기 위상 천이 영역(P)의 거리(D1)가 35.1 μ m(F/2 X m, m=300, F/2=0.117 μ m)일 때, 상기 레이저 광(80)은 두 개의 모드(2)로 출력될 수 있다. 즉, 상기 위상 천이 영역(P)의 거리(D1)가 주기(F) 또는 파장(λ)의 3/4의 배수에 대응될 경우 단일 모드 발진 특성이 크게 저하되어 2개의 모드(2)로 출력될 수 있다.. 따라서, 위상천이 영역(16)의 거리(D1)가 길어지면, 상기 위상천이 영역(16)의 모드세기의 파워가 증가할 수 있다. (이득 영역의 길이가 증가하는 것과 동일 현상으로 설명할 수 있다.)

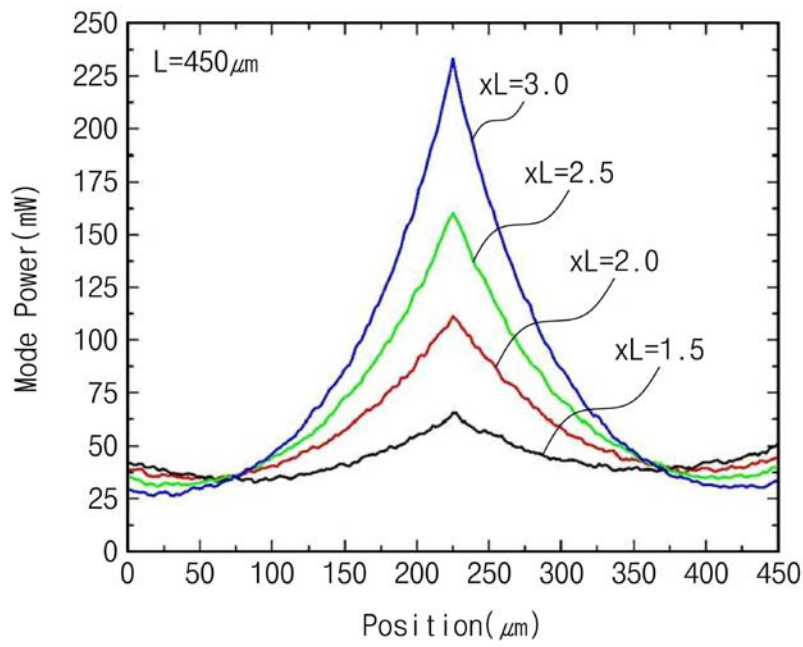
- [0030] 전체 공진기 내의 균일한 전류 주입 상황에서도 위상천이 영역의 폭에 따라서 최대치를 갖는 영역의 폭과 모드 세기 최대값이 결정되는 것을 확인할 수 있다. 그러므로, 위상천이 영역의 폭과 양단에 위치한 회절격자 영역의 결합 계수에 따라 내부 발진 모드의 세기 분포와 최대 값(P_{max}), 출력 값 (P_{out}) 및 이들의 비율(P_{max}/P_{out})을 결정하는 것이 가능하다. 또한 낮아진 spatial hole burning 발생 확률에 의해서 높은 전류 밀도까지 단일 모드 발진 특성을 유지할 수 있으므로, 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)의 최대 출력이 향상되는 특성을 갖는다.
- [0031] 상술한 바와 같이, 일반적인 $\lambda/4$ 위상천이 DFB 레이저 다이오드는 출력의 비대칭성을 갖기 위해 HR/AR 코팅을 적용하는 경우 낮은 단일모드(1)의 발진 수율을 가질 수 있다. 때문에, 레이저 광(80)의 출력 비대칭성을 확보하기 위해 다양한 연구가 진행되었다.
- [0032] 반면, 본 발명에서는 상대적으로 길이가 길어진 위상천이 영역을 사용하므로 양단 회절격자 영역에 서로 다른 크기의 전류 주입이 상대적으로 용이하다. 위상천이 영역의 폭을 제어할 수 있는 것은 회절격자 사이의 거리를 정밀 제어하는 것과 같다. 그러므로 공정 또는 패키지 과정에서 양단 회절격자 영역의 동작 전류 밀도를 조절하는 것이 용이해 진다.
- [0033] 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일 모드 DFB 레이저 다이오드(100)를 보여준다.
- [0034] 도 8 및 도 9를 참조하면, 본 발명의 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)의 전극 층(60)은 제 1 전극(62)과 제 2 전극(64)을 포함할 수 있다. 기판(10), 하부 클래드 층(20), 제 1 및 제 2 브래그 회절 격자들(32, 34), 도파로(40) 및 상부 클래드 층(50)은 도 1과 동일하게 구성될 수 있다. 상기 제 1 전극(62)은 상기 기판(10)의 상기 제 1 분포 영역(12)과 상기 위상천이 영역(16) 상에 배치될 수 있다. 상기 제 2 전극(64)은 상기 제 2 분포 영역(14) 상에 배치될 수 있다. 상기 제 1 전극(62)과 상기 제 2 전극(64) 내에 서로 다른 크기의 전류가 인가되면, 단일 모드(1)의 상기 레이저 광(80)은 상기 제 1 전극(62)과 상기 제 2 전극(64)의 전류 비율에 대응되는 비율의 출력 파워를 가질 수 있다. 상기 제 1 분포 영역(12) 및 상기 위상천이 영역(16)의 전류 밀도와 상기 제 2 분포 영역(14)의 전류 밀도는 서로 다를 수 있다.
- [0035] 도 8을 참조하면, 상기 제 1 및 제 2 전극들은 단일 전류 원(I, single current source)로부터 분기된 (branched) 제 1 및 제 2 저항들(R1, R2)에 연결될 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 저항들(R1, R2)은 상기 제 1 및 제 2 전극들(62, 64)로 제공되는 전류 밀도 차이를 생성 및/또는 제공할 수 있다.
- [0036] 도 9를 참조하면, 본 발명의 확장형 $\lambda/4$ 위상천이 단일모드 DFB 레이저 다이오드(100)의 상기 제 1 및 제 2 전극들(62, 64)은 제 1 및 제 2 전류 원들(I1, I2)에 연결될 수 있다. 제 1 및 제 2 전류 원들(I1, I2)은 상기 제 1 및 제 2 전극들(62, 64)에 서로 다른 전류 밀도의 전류들을 제공할 수 있다.
- [0037] 도 10은 도 8 및 도 9의 제 1 및 제 2 전극들(62, 64)에 제공되는 전류 비율에 따른 레이저 광(80)의 출력 파워의 비율을 보여준다.
- [0038] 도 10을 참조하면, 전류 밀도 비율(current ratio)이 증가하면, 레이저 광(80)의 출력 비율은 상기 전류 밀도 비율에 비례하여 증가할 수 있다. 상기 전류 밀도 비율은 상기 제 1 전극(62)의 전류에 대한 상기 제 2 전극(64)의 전류의 비율일 수 있다. 상기 레이저 광(80)의 출력 비율은 상기 제 1 분할 영역(12) 내의 상기 레이저 광(80)의 파워에 대한 상기 제 2 분할 영역(14) 내의 상기 레이저 광(80)의 파워의 비율일 수 있다. 예를 들어, 전류 밀도 비율이 2까지 증가하면, 상기 제 1 분할 영역(12) 대비 상기 제 2 분할 영역(14)에서의 레이저 광(80)의 출력 비율은 2.5배로 증가할 수 있다.
- [0039] 위에서 설명한 내용은 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 예들이다. 본 발명에는 위에서 설명한 실시 예들뿐만 아니라, 단순히 설계 변경하거나 용이하게 변경할 수 있는 실시 예들도 포함될 것이다. 또한, 본 발명에는 위에서 설명한 실시 예들을 이용하여 앞으로 용이하게 변형하여 실시할 수 있는 기술들도 포함될 것이다.
- [0040]

도면

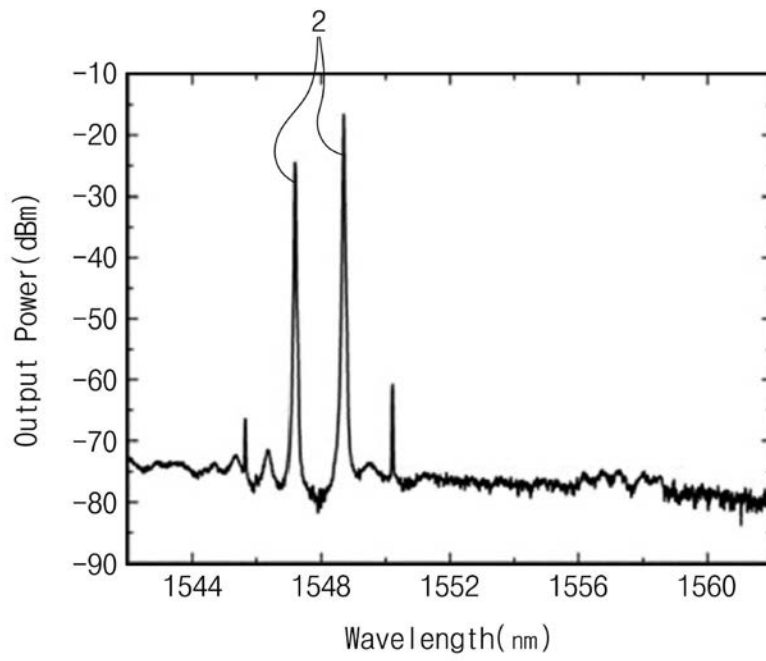
도면1



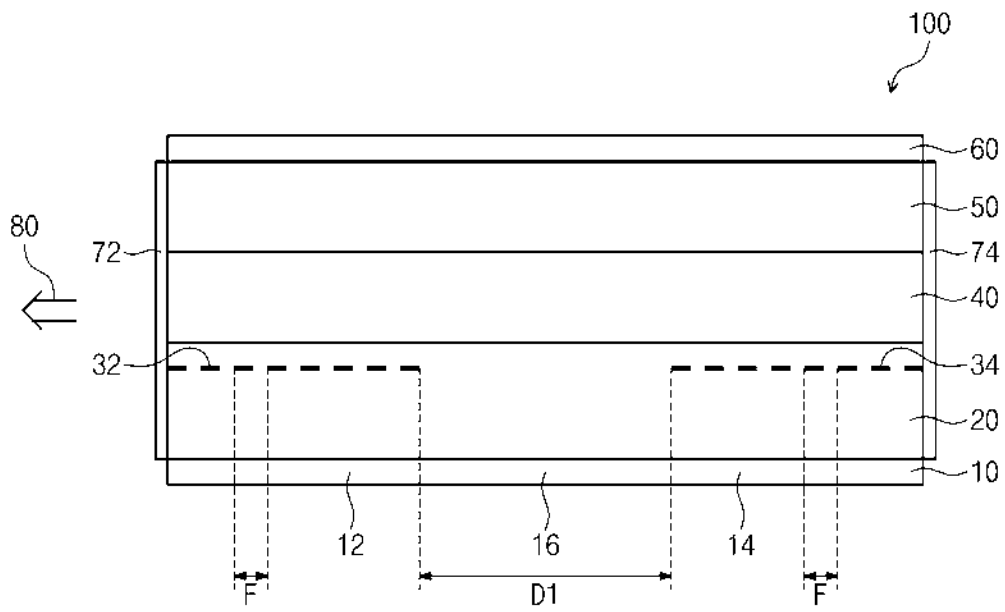
도면2



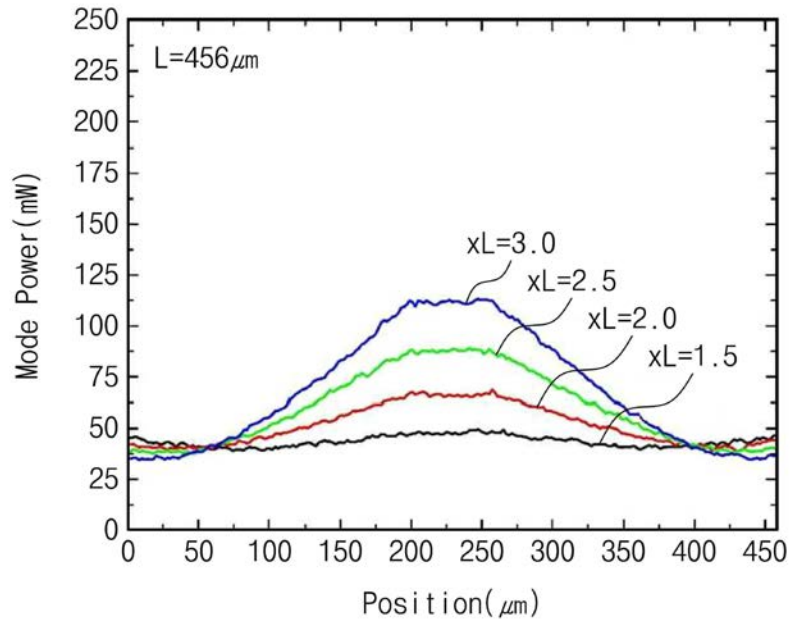
도면3



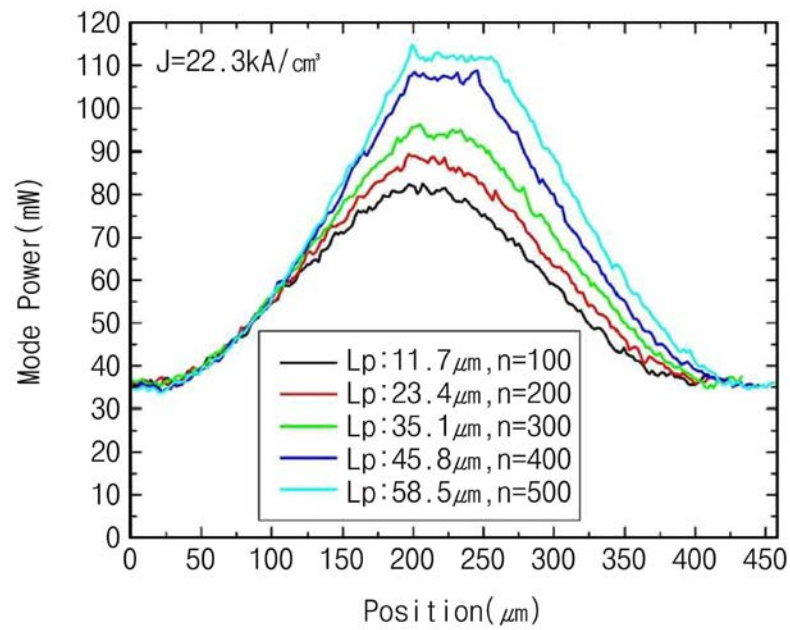
도면4



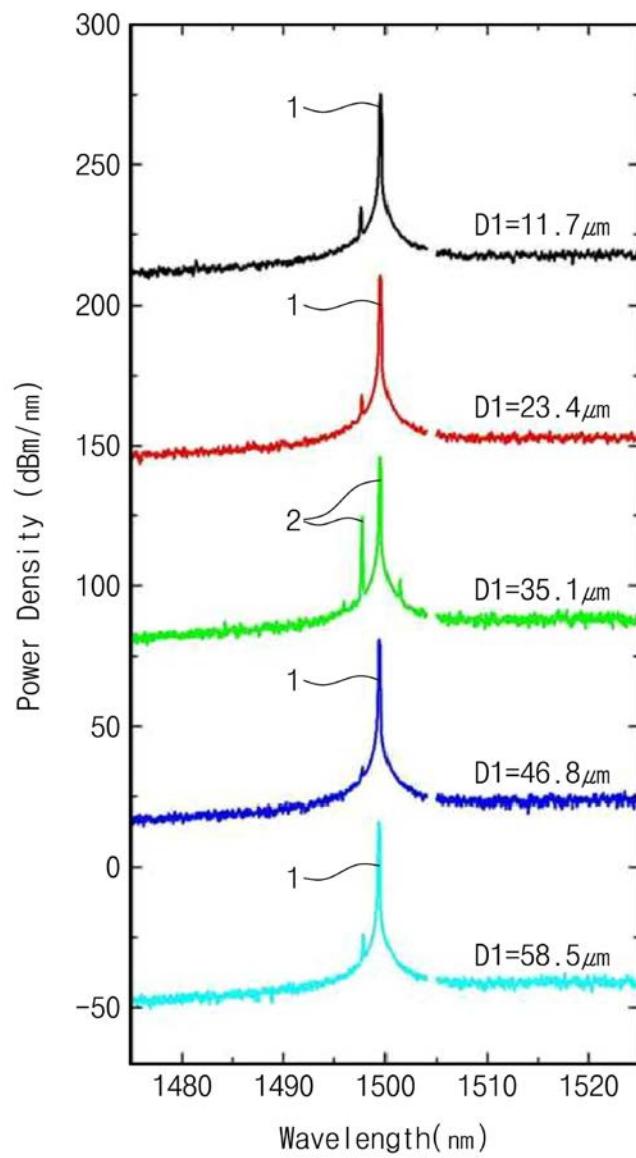
도면5



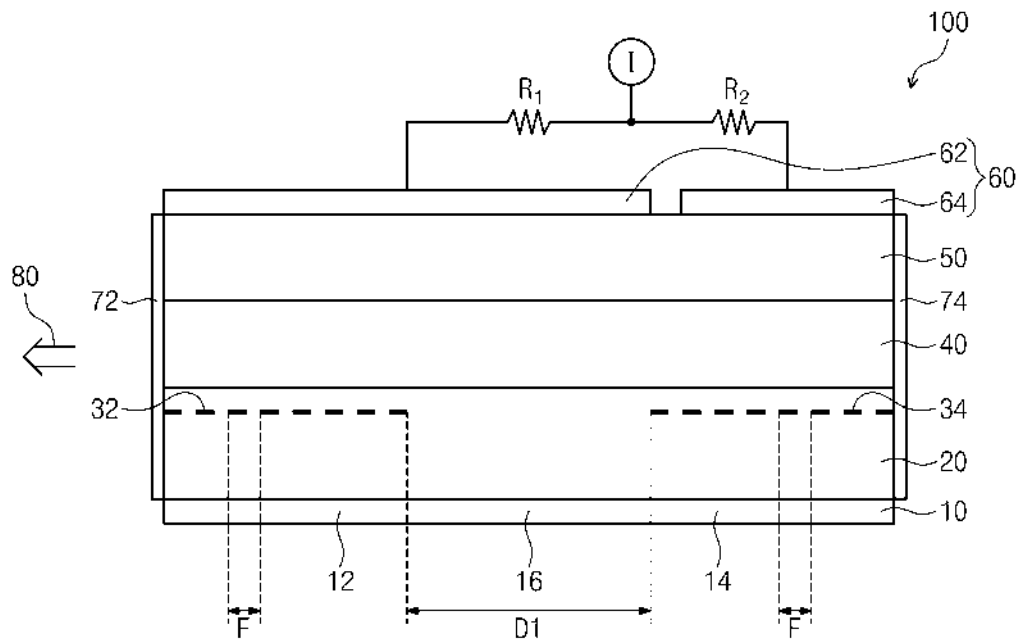
도면6



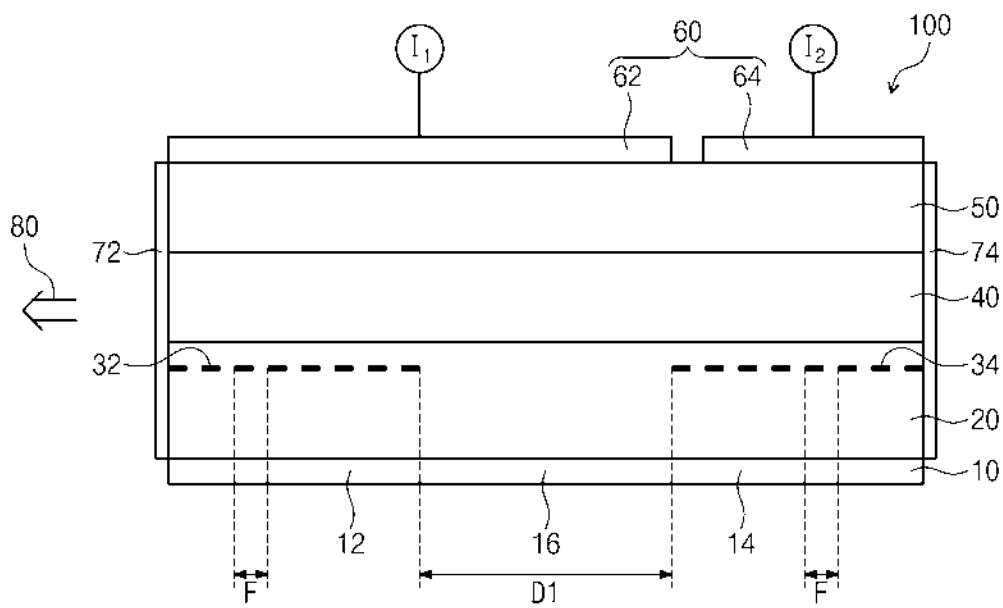
도면7



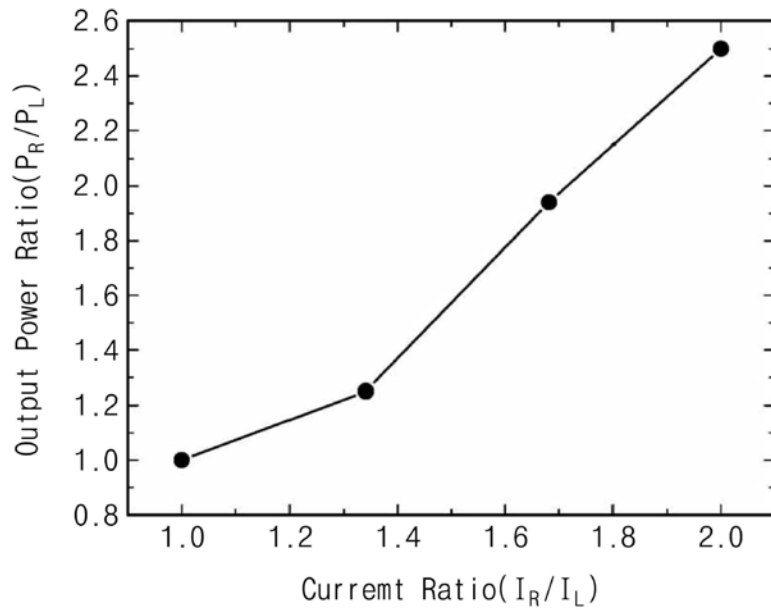
도면8



도면9



도면10



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

제 1 항에 있어서,

상기 하부 클래드 층, 상기 도파로, 및 상기 상부 클래드의 가장자리 양측벽들 상에 배치된 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들을 더 포함하는 단일 분포 궤환 레이저 다이오드.

【변경후】

제 1 항에 있어서,

상기 하부 클래드 층, 상기 도파로, 및 상기 상부 클래드의 가장자리 양측벽들 상에 배치된 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들을 더 포함하는 단일 모드 분포 궤환 레이저 다이오드.



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0074148
(43) 공개일자 2019년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 5/10 (2006.01) H01S 5/026 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01S 5/1092 (2013.01)
H01S 5/0268 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0175558
(22) 출원일자 2017년12월19일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)
(72) 발명자
김남제
대전광역시 유성구 노은동559-12 304
권오균
대전광역시 유성구 지족로 92영무 예다음 아파트
171-401
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 고려

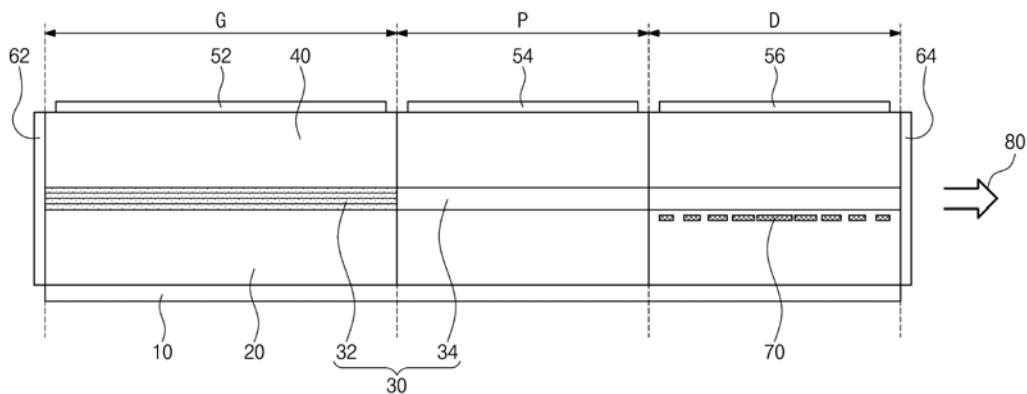
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 파장 가변 레이저 소자

(57) 요약

이득 영역, 위상 조절 영역, 분포 영역을 갖는 기관, 상기 기관 상에 배치된 하부 클래드 층, 상기 분포 영역 상의 상기 하부 클래드 층 내에 배치된 회절 격자들, 상기 하부 클래드 층 상에 배치되고, 상기 분포 영역에서 상기 이득 영역까지 연장하는 광 도파로, 상기 광 도파로 상에 배치된 상부 클래드 층, 및 상기 분포 영역, 상기 위상 조절 영역 및 상기 이득 영역의 상기 상부 클래드 층 상에 각각 배치된 제 1 내지 제 3 전극들을 포함하는 파장 가변 레이저 소자를 제공하되, 상기 회절 격자들은 상기 기관 및 상기 광 도파로와 평행한 방향으로 분포하고, 상기 회절 격자들의 배열 패턴은 상기 제 1 방향으로 제 1 길이 및 제 1 간격을 갖는 제 1 격자 패턴과 상기 제 1 방향으로 제 2 길이 및 제 2 간격을 갖는 제 2 격자 패턴을 중첩시킨 것과 동일할 수 있다.

대표도



(72) 발명자

박미란

대전시 유성구 도안동로 523 호반2블럭 아파트 21
6동1101호

안신모

대전광역시 유성구 신성동121-2 30호

한원석

대전광역시 유성구 가정로 43삼성한울아파트 107동
1001호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GK17N0400

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)기가코리아사업단

연구사업명 범부처 Giga KOREA사업

연구과제명 5G 이동통신 기지국용 디지털기반 프론트홀 광링크기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)한위드정보기술

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

이득 영역, 위상 조절 영역, 분포 영역을 갖는 기관;

상기 기관 상에 배치된 하부 클래드 층;

상기 분포 영역 상의 상기 하부 클래드 층 내에 배치된 회절 격자들;

상기 하부 클래드 층 상에 배치되고, 상기 분포 영역에서 상기 이득 영역까지 연장하는 광 도파로;

상기 광 도파로 상에 배치된 상부 클래드 층; 및

상기 분포 영역, 상기 위상 조절 영역 및 상기 이득 영역의 상기 상부 클래드 층 상에 각각 배치된 제 1 내지 제 3 전극들을 포함하되,

상기 회절 격자들은 상기 기관 및 상기 광 도파로와 평행한 제 1 방향으로 배열하고,

상기 회절 격자들의 배열 패턴은 상기 제 1 방향으로 제 1 길이 및 제 1 간격을 갖는 제 1 격자 패턴과 상기 제 1 방향으로 제 2 길이 및 제 2 간격을 갖는 제 2 격자 패턴을 중첩시킨 것과 동일한 파장 가변 레이저 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 파장 가변 레이저 소자에 관한 것으로, 상세하게는 분포귀환 레이저 다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 반도체 기반의 광 소자들 중에서, 분포귀환(Distributed FeedBack) 레이저 다이오드 및/또는 분포 브래그 반사형(Distributed Bragg Reflector) 레이저 다이오드 등의 특정 파장을 선택하는 기능성 레이저 소자들이 개발되고 있다. 이러한 기능성 레이저 소자들은 회절 격자를 이용하여 파장 필터링을 수행할 수 있다. 예컨대, 광 파가 주기적인 굴절률 변화에 의한 브래그 파장에 해당하는 특정 파장을 갖는 광파만이 반사될 수 있다. 이로써, 파장 필터링이 이루어질 수 있다. 반사된 특정 파장의 광파는 계인 영역으로 피드백(feedback)되어 발진될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 짧은 길이의 파장 가변 레이저 소자를 제공하는데 있다.

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 낮은 문턱전류의 파장 가변 레이저 소자를 제공하는데 있다.

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상술한 기술적 과제들을 해결하기 위한 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자는 이득 영역, 위상 조절 영역, 분포 영역을 갖는 기관, 상기 기관 상에 배치된 하부 클래드 층, 상기 분포 영역 상의 상기 하부 클래드 층 내에 배치된 회절 격자들, 상기 하부 클래드 층 상에 배치되고, 상기 분포 영역에서 상기 이득 영역까지 연장하는 광 도파로, 상기 광 도파로 상에 배치된 상부 클래드 층, 및 상기 분포 영역, 상기 위상 조절 영역 및 상기 이득 영역의 상기 상부 클래드 층 상에 각각 배치된 제 1 내지 제 3 전극들을 포함할 수 있다. 상기 회절 격자들은 상기 기관 및 상기 광 도파로와 평행한 방향으로 분포할 수 있다. 상기 회절 격자들의 배열 패턴은 상기 제 1 방향으로 제 1 길이 및 제 1 간격을 갖는 제 1 격자 패턴과 상기 제 1 방향으로 제 2 길이 및 제 2

간격을 갖는 제 2 격자 패턴을 중첩시킨 것과 동일할 수 있다.

[0007] 상술한 기술적 과제들을 해결하기 위한 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자는 이득 영역, 위상 조절 영역, 분포 영역을 갖는 기관, 상기 기관 상에 배치된 하부 클래드 층, 상기 분포 영역 상의 상기 하부 클래드 층 내에 배치된 제 1 회절 격자들, 상기 하부 클래드 층 상에 배치되고, 상기 분포 영역에서 상기 이득 영역까지 연장하는 광 도파로, 상기 광 도파로 상에 배치된 상부 클래드 층, 기 분포 영역 상의 상기 상부 클래드 층 내에 배치된 제 2 회절 격자들, 및 상기 분포 영역, 상기 위상 조절 영역 및 상기 이득 영역의 상기 상부 클래드 층 상에 각각 배치된 제 1 내지 제 3 전극들을 포함할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 회절 격자들은 상기 기관 및 상기 광 도파로와 평행한 방향으로 분포할 수 있다. 상기 제 1 회절 격자들의 주기 및 상기 제 2 회절 격자들의 주기는 서로 다를 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자는 회절 격자들이 반사율이 높고, 좁은 대역폭(bandwidth)을 가질 수 있다. 또한, 레이저 광에 따라 회절 격자들이 최적화된 반사율을 갖도록 설정될 수 있다. 더하여, 파장 가변 레이저 소자는 높은 부모드 억제율을 나타내며, 단일 모드 발진 특성이 안정적으로 나타낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자를 설명하기 위한 단면도들이다.

도 3은 회절 격자를 설명하기 위한 도면이다.

도 4 및 5는 회절 격자들의 반사 스펙트럼을 설명하기 위한 도면들이다.

도 6은 파장 가변 레이저 소자의 발진 스펙트럼을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 파장 가변 레이저 소자의 튜닝 스펙트럼을 설명하기 위한 도면이다.

도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자를 설명하기 위한 단면도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 본 발명의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 설명한다. 그러나 본 발명은, 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 여러 가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시예들의 설명을 통해 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다. 당해 기술분야에서 통상의 기술을 가진 자는 본 발명의 개념이 어떤 적합한 환경에서 수행될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0011] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 ‘포함한다(comprises)’ 및/또는 ‘포함하는(comprising)’은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0012] 본 명세서에서 어떤 막(또는 층)이 다른 막(또는 층) 또는 기관상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 막(또는 층) 또는 기관상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 막(또는 층)이 개재될 수도 있다.

[0013] 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제 1, 제 2, 제 3 등의 용어가 다양한 영역, 막들(또는 층들) 등을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 영역, 막들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 소정 영역 또는 막(또는 층)을 다른 영역 또는 막(또는 층)과 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시 예에의 제 1 막질로 언급된 막질이 다른 실시 예에서는 제 2 막질로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시예도 포함한다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0014] 본 발명의 실시예들에서 사용되는 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 통상적으로 알려진 의미로 해석될 수 있다.

- [0016] 이하, 도면들 참조하여 본 발명의 개념에 따른 파장 가변 레이저 소자를 설명한다.
- [0017] 도 1 및 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자를 설명하기 위한 단면도들이다. 도 3은 회절 격자를 설명하기 위한 도면이다.
- [0018] 도 1을 참조하여, 본 발명의 개념에 따른 파장 가변 레이저 소자가 제공될 수 있다. 파장 가변 레이저 소자는 DBR(Distributed Bragg Reflector) 레이저 다이오드일 수 있다. 파장 가변 레이저 소자는 기판(10), 하부 클래드 층(20), 광 도파로(30), 상부 클래드층(40), 회절 격자들(70) 및 전극들(52, 54, 56)을 포함할 수 있다.
- [0019] 기판(10)은 인듐 인(InP)을 포함할 수 있다. 기판(10)은 이득 영역(G), 위상 조절 영역(P), 및 분포 영역(D)을 가질 수 있다. 기판(10)은 접지될 수 있다. 다른 실시예들에 따르면, 기판(10)은 위상 조절 영역(P)을 포함하지 않을 수 있다. 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 기판(10)은 서로 인접한 이득 영역(G) 및 분포 영역(D)을 포함할 수 있다.
- [0020] 기판(10) 상에 하부 클래드 층(20)이 배치될 수 있다. 하부 클래드 층(20)의 굴절률은 기판(10)의 굴절률보다 높고, 후술되는 광 도파로(30)의 굴절률보다 낮을 수 있다. 하부 클래드 층(20)은 n 타입의 인듐 인(InP)을 포함할 수 있다.
- [0021] 하부 클래드 층(20) 상에 광 도파로(30)가 배치될 수 있다. 광 도파로(30)는 기판(10)과 평행한 방향으로 연장될 수 있다. 광 도파로(30)는 진성 인듐 인(intrinsic InP)을 포함할 수 있다. 광 도파로(30)는 활성 광 도파로(32)와 수동 광 도파로(34)를 포함할 수 있다. 활성 광 도파로(32)는 이득 영역(G) 상에 배치될 수 있다. 수동 광 도파로(34)는 활성 광 도파로(32)와 연결될 수 있다. 수동 광 도파로(34)는 위상 조절 영역(P) 및 분포 영역(D) 상에 배치될 수 있다. 이와는 다르게, 기판(10)이 위상 조절 영역(P)을 갖지 않는 도 2의 실시예의 경우, 광 도파로(30)는 이득 영역(G) 상의 활성 광 도파로(32) 및 분포 영역(D) 상의 수동 광 도파로(34)를 포함할 수 있다.
- [0022] 광 도파로(30) 상에 상부 클래드 층(40)이 배치될 수 있다. 상부 클래드 층(40)은 n 타입의 인듐 인(InP)을 포함할 수 있다. 상부 클래드 층(40)은 광 도파로(30)의 굴절률보다 낮은 굴절률을 가질 수 있다.
- [0023] 상부 클래드 층(40) 상에 제 1 내지 제 3 전극들(52, 54, 56)이 배치될 수 있다. 제 1 내지 제 3 전극들(52, 54, 56)은 각각 이득 영역(G), 위상 조절 영역(P), 및 분포 영역(D) 상에 배치될 수 있다. 제 1 내지 제 3 전극들(52, 54, 56)은 기판(10)으로 전류를 제공할 수 있다. 상기 전류는 하부 클래드 층(20), 광 도파로(30), 및 상부 클래드 층(40)의 굴절률을 전기적으로 변화시킬 수 있다. 이와는 다르게, 기판(10)이 위상 조절 영역(P)을 갖지 않는 도 2의 실시예의 경우, 제 2 전극(54)은 제공되지 않을 수 있다.
- [0024] 제 1 내지 제 3 전극들(52, 54, 56) 중 적어도 하나에 전류가 제공되면, 광 도파로(30)를 따라 레이저 광(80)이 생성될 수 있다.
- [0025] 제 1 전극(52)에 전류가 인가되면, 이득 영역(G) 내의 활성 광 도파로(32)는 레이저 광(80)의 게인(Gain)을 얻을 수 있다. 레이저 광(80)의 세기는 상기 제 1 전극(52)에 인가되는 전류에 비례할 수 있다.
- [0026] 제 2 전극(54)에 전류가 인가되면, 레이저 광(80)의 위상이 변조될 수 있다. 상기 제 2 전극(54)에 인가되는 전류는 위상 조절 영역(P) 내의 수동 광 도파로(34)의 굴절률을 전기적으로 변화시켜, 레이저 광(80)의 파장을 가변(tune)할 수 있다.
- [0027] 광 도파로(30)의 양측에 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(62, 64)이 배치될 수 있다. 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(62, 64)은 하부 클래드 층(20), 광 도파로(30), 및 상부 클래드 층(40)의 가장자리 양 측벽들 상에 배치될 수 있다. 제 1 및 제 2 무반사 코팅 층들(62, 64)은 광 도파로(30)를 진행하는 레이저 광(80)을 공진시킬 수 있다. 레이저 광(80)은 제 2 무반사 코팅 층(64)을 투과하여 외부로 출력될 수 있다.
- [0028] 하부 클래드 층(20) 내에 회절 격자들(70)이 배치될 수 있다. 회절 격자들(70)은 분포 영역(D)의 하부 클래드 층(20) 내에 배치될 수 있다. 회절 격자들(70)은 기판(10)에 대해 수직 방향으로 광 도파로(30)와 이격될 수 있다. 회절 격자들(70)은 P 타입 인듐 인(InP), 인듐 갈륨 비소(InGaAs), 또는 캐비티를 포함할 수 있다. 회절 격자들(70)의 패턴들은 광 도파로(30)가 연장되는 방향과 동일한 방향으로 배열될 수 있다. 회절 격자들(70)의 패턴들은 0.1 μm 의 폭 또는 길이를 가질 수 있다. 회절 격자들(70)의 패턴들은 0.1 μm 의 간격을 가질 수 있다. 이하, 도 3을 참조하여, 회절 격자들(70)의 패턴들을 상세히 설명한다.
- [0029] 도 3을 참조하여, 회절 격자들(70)의 패턴들 각각은 서로 다른 길이(L) 및 간격(S)을 갖고 배치될 수 있다. 회

절 격자들(70)의 배열 패턴은 서로 다른 주기를 갖는 두 가지의 패턴이 중첩된 것과 동일할 수 있다. 상세하게는, 회절 격자들(70)의 배열 패턴은 가상의 제 1 격자 패턴들(72) 및 제 2 격자 패턴들(74)을 중첩시킨 것과 동일할 수 있다. 제 1 격자 패턴들(72)의 주기($\Delta 1$)와 제 2 격자 패턴들(74)의 주기($\Delta 2$)는 서로 다를 수 있다. 예를 들어, 제 1 격자 패턴들(72)은 제 1 길이($L1$)를 갖고, 제 1 간격($S1$)으로 배열될 수 있다. 제 2 격자 패턴들(74)은 제 2 길이($L2$)를 갖고, 제 2 간격($S2$)으로 배열될 수 있다. 이때, 제 2 길이($L2$)는 제 1 길이($L1$)보다 길 수 있고, 제 2 간격($S2$)은 제 1 간격($S1$)보다 길 수 있다. 도 2에 도시된 바와 같이, 제 1 격자 패턴들(72) 및 제 2 격자 패턴들(74)을 중첩시킬 경우, 회절 격자들(70)의 배열 패턴의 길이(L)는 제 2 길이($L2$)보다 길고, 제 1 길이($L1$)의 두 배와 제 2 길이($L2$)의 합($2 \times L1 + L2$)보다 짧은 범위 내에서 주기적으로 변화할 수 있다. 회절 격자들(70)의 간격(S)은 제 2 간격($S2$)과 제 1 간격($S1$)의 차이($S2 - S1$)보다 길고, 제 2 간격($S2$)보다 짧은 범위 내에서 주기적으로 변화할 수 있다.

[0030] 상기와 같은 배열 패턴에 따라 회절 격자들(70)의 반사 스펙트럼이 조절될 수 있다. 예를 들어, 회절 격자들(70)의 반사 스펙트럼은 제 1 격자 패턴들(72)의 반사 스펙트럼 및 제 2 격자 패턴들(74)의 반사 스펙트럼의 교집합 영역에 해당할 수 있다. 레이저 광(80)의 대역폭은 회절 격자들(70)의 배열 패턴에 따라 변화될 수 있다.

[0031] 도 4 및 5는 회절 격자들의 반사 스펙트럼을 설명하기 위한 도면들이다.

[0032] 도 4를 참조하여, 일정한 주기(길이 및 간격)를 갖는 비교예와 본원 발명의 회절 격자들(70)을 갖는 실시예의 반사 스펙트럼을 비교하여 보았다. 도 4에 도시된 바와 같이, 비교예의 반사 스펙트럼에 비하여, 아래의 실시예의 반사 스펙트럼은 레이저의 동작을 위한 적정 반사율을 제공하면서 대역폭(bandwidth)이 동시에 감소한 것을 확인할 수 있다.

[0033] 한편, 회절 격자들(70)의 반사 스펙트럼은 제 1 격자 패턴들(72)의 주기($\Delta 1$)와 제 2 격자 패턴들(74)의 주기($\Delta 2$)에 따라 변화될 수 있다. 도 5를 참조하여, 제 1 격자 패턴들(72)의 주기($\Delta 1$)와 제 2 격자 패턴들(74)의 주기($\Delta 2$)의 차이(Δ)를 변화시켜 가며, 회절 격자들(70)의 반사 스펙트럼을 계산하였다. 도 5에 도시된 바와 같이, 제 1 격자 패턴들(72)의 주기($\Delta 1$)와 제 2 격자 패턴들(74)의 주기($\Delta 2$)의 차이(Δ)에 따라, 회절 격자들(70)의 반사 스펙트럼 피크의 최대치 및 폭이 달라질 수 있다. 이에 따라, 레이저 광(80)에 따라 회절 격자들(70)이 최적화된 반사율을 갖도록, 제 1 격자 패턴들(72)의 주기($\Delta 1$)와 제 2 격자 패턴들(74)의 주기($\Delta 2$)가 설정될 수 있다.

[0034] 도 6은 파장 가변 레이저 소자의 발진 스펙트럼을 설명하기 위한 도면이다.

[0035] 도 6을 참조하여, 일정한 주기(길이 및 간격)를 갖는 비교예의 레이저 발진 특성과 본원 발명의 회절 격자들(70)을 갖는 실시예의 레이저 발진 특성을 비교하여 보았다. 비교예의 경우, 주 피크의 주변에 다른 피크들이 함께 발견되며, 실시예는 비교예에 비하여 부모드 억제율(side-mode suppression ratio)이 높은 것을 확인할 수 있다. 또한, 실시예의 경우, 문턱 전류(I_{th})가 약 12.4 mA로 직접변조에 적합한 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0036] 도 7은 파장 가변 레이저 소자의 튜닝 스펙트럼을 설명하기 위한 도면이다. 파장 가변 레이저 소자의 파장 가변은 분포 영역(D)에 전류 주입을 하여, 광 도파로의 유효 굴절률을 변화시켜 얻어진다. 도 7은 전류 주입에 따른 발진 모드의 파장 이동성을 측정한 그래프로, 분포 영역(D)에 서로 다른 전류를 주입하여 파장 가변 레이저 소자에서 발진 모드가 나타나는 파장을 측정하였다. 도 7에 도시된 바와 같이, 파장 가변 레이저 소자는 인가된 전류가 인가되었을 때 높은 부모드 억제율을 나타내며, 단일 모드 발진 특성이 안정적으로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0037] 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자는 회절 격자들이 적정 반사율을 유지하며 좁은 대역폭(bandwidth)을 가질 수 있다. 또한, 레이저 광에 따라 회절 격자들이 최적화된 반사율을 갖도록 설정될 수 있다. 더하여, 파장 가변 레이저 소자는 높은 부모드 억제율을 나타내며, 단일 모드 발진 특성이 안정적으로 나타낼 수 있다.

[0039] 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예들에 따른 파장 가변 레이저 소자를 설명하기 위한 단면도들이다. 여기서, 설명의 편의를 위해, 상술한 내용과 다르거나, 설명되지 않은 점을 위주로 설명하며, 생략된 부분은 본 발명의 상술한 내용의 실시예에 따른다.

[0040] 도 8을 참조하여, 파장 가변 레이저 소자가 제공될 수 있다. 파장 가변 레이저 소자는 DBR(Distributed Bragg

Reflector) 레이저 다이오드일 수 있다. 파장 가변 레이저 소자는 기관(10), 하부 클래드 층(20), 광 도파로(30), 상부 클래드 층(40), 회절 격자들(76, 78) 및 전극들(52, 54, 56)을 포함할 수 있다.

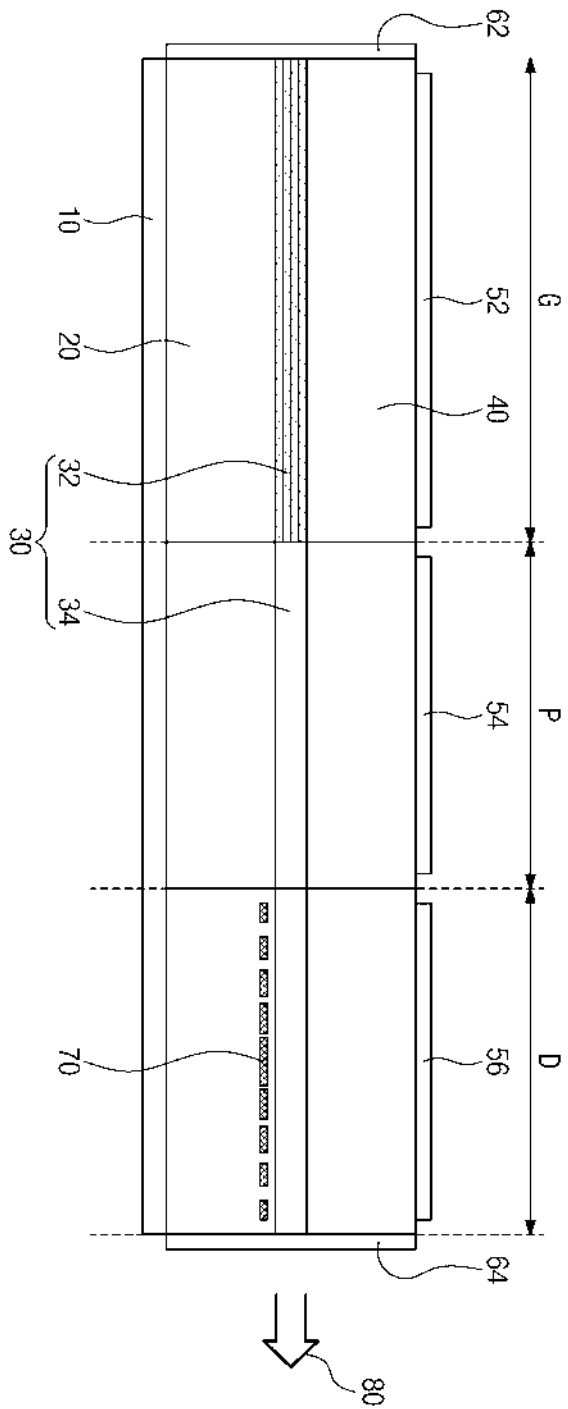
- [0041] 파장 가변 레이저 소자의 기관(10), 하부 클래드 층(20), 광 도파로(30), 상부 클래드 층(40) 및 전극들(52, 54, 56)은 도 1 및 도 2를 참조하여 설명한 바와 동일/유사할 수 있다.
- [0042] 회절 격자들(76, 78)은 제 1 회절 격자(76) 및 제 2 회절 격자(78)를 포함할 수 있다.
- [0043] 제 1 회절 격자들(76)은 상부 클래드 층(40) 내에 배치될 수 있다. 제 1 회절 격자들(76)은 분포 영역(D)의 상부 클래드 층(40) 내에 배치될 수 있다. 제 1 회절 격자들(76)은 기관(10)에 대해 수직 방향으로 광 도파로(30)와 이격될 수 있다. 제 1 회절 격자들(76)은 P 타입 인듐 인(InP), 인듐 갈륨 비소(InGaAs), 또는 캐비티를 포함할 수 있다. 제 1 회절 격자들(76)의 패턴들은 광 도파로(30)가 연장되는 방향과 동일한 방향으로 배열될 수 있다.
- [0044] 제 2 회절 격자들(78)은 하부 클래드 층(20) 내에 배치될 수 있다. 제 2 회절 격자들(78)은 분포 영역(D)의 하부 클래드 층(20) 내에 배치될 수 있다. 제 2 회절 격자들(78)은 기관(10)에 대해 수직 방향으로 광 도파로(30)와 이격될 수 있다. 제 2 회절 격자들(78)은 P 타입 인듐 인(InP), 인듐 갈륨 비소(InGaAs), 또는 캐비티를 포함할 수 있다. 제 2 회절 격자들(78)의 패턴들은 광 도파로(30)가 연장되는 방향과 동일한 방향으로 배열될 수 있다.
- [0045] 제 1 회절 격자들(76)의 주기와 제 2 회절 격자들(78)의 주기는 서로 다를 수 있다. 예를 들어, 도 3을 이용하여 설명한 제 1 격자 패턴들(72) 및 제 2 격자 패턴들(74)과 동일하게, 제 1 회절 격자들(76)은 제 1 길이(L1)를 갖고, 제 1 간격(S1)으로 배열될 수 있다. 제 2 회절 격자들(78)은 제 2 길이(L2)를 갖고, 제 2 간격(S2)으로 배열될 수 있다. 이때, 제 2 길이(L2)는 제 1 길이(L1)보다 길 수 있고, 제 2 간격(S2)은 제 1 간격(S1)보다 길 수 있다.
- [0046] 제 1 및 제 2 회절 격자들(76, 78)의 주기에 따라, 광 도파로(30)에 반영되는 총 반사 스펙트럼이 조절될 수 있다. 광 도파로(30)의 상하에 서로 다른 주기를 갖는 제 1 및 제 2 회절 격자들(76, 78)이 배치됨에 따라, 광 도파로(30)에 반영되는 총 반사 스펙트럼은 도 1 내지 도 3을 참조하여 설명한 회절 격자들(70)과 동일/유사할 수 있다.
- [0048] 이상, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

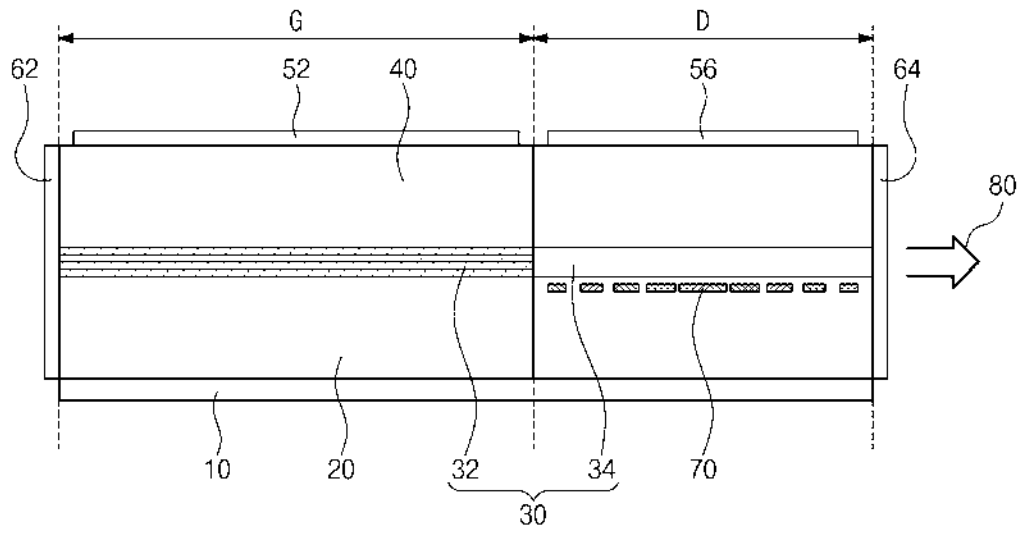
- [0049] 10: 기관 20: 하부 클래드 층
30: 광 도파로 40: 상부 클래드 층
52, 54, 56: 전극 62, 64: 무반사 코팅 층
70, 76, 78: 회절 격자

도면

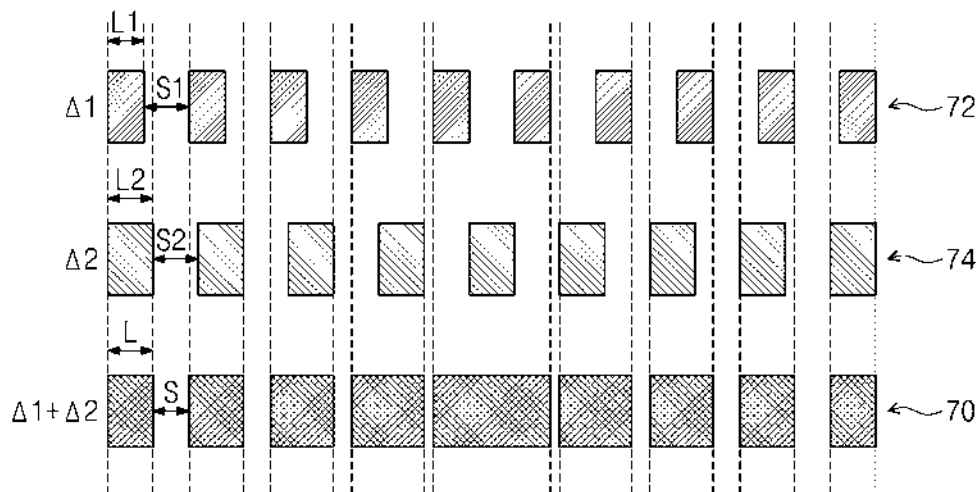
도면1



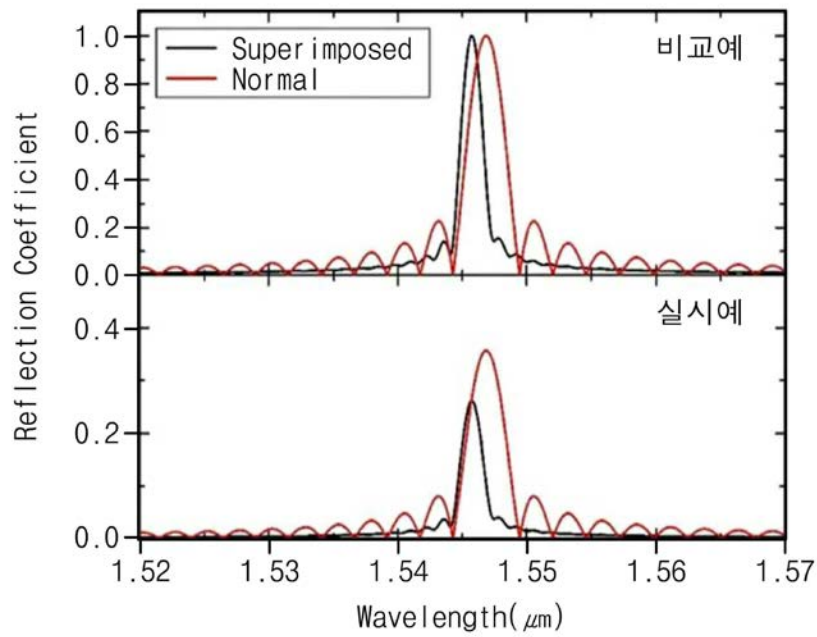
도면2



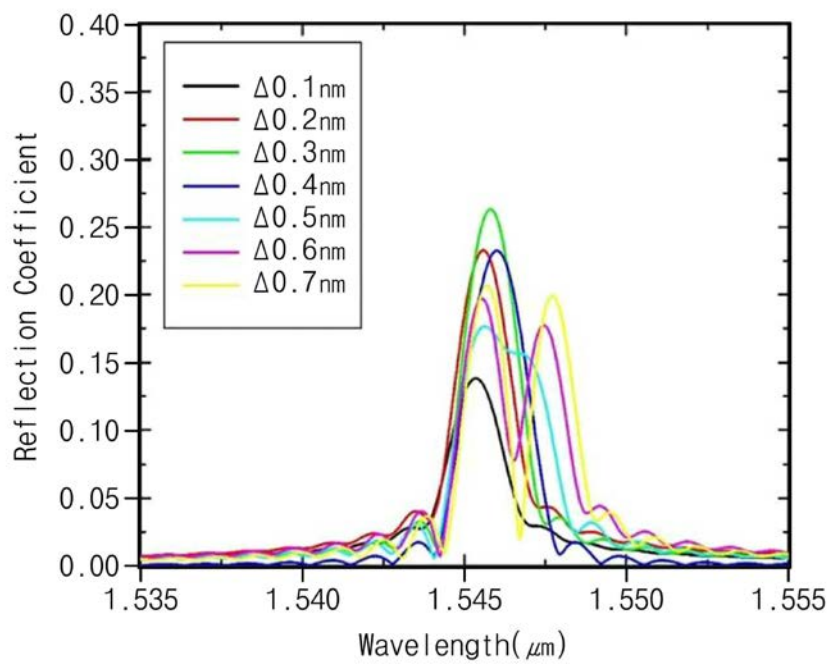
도면3



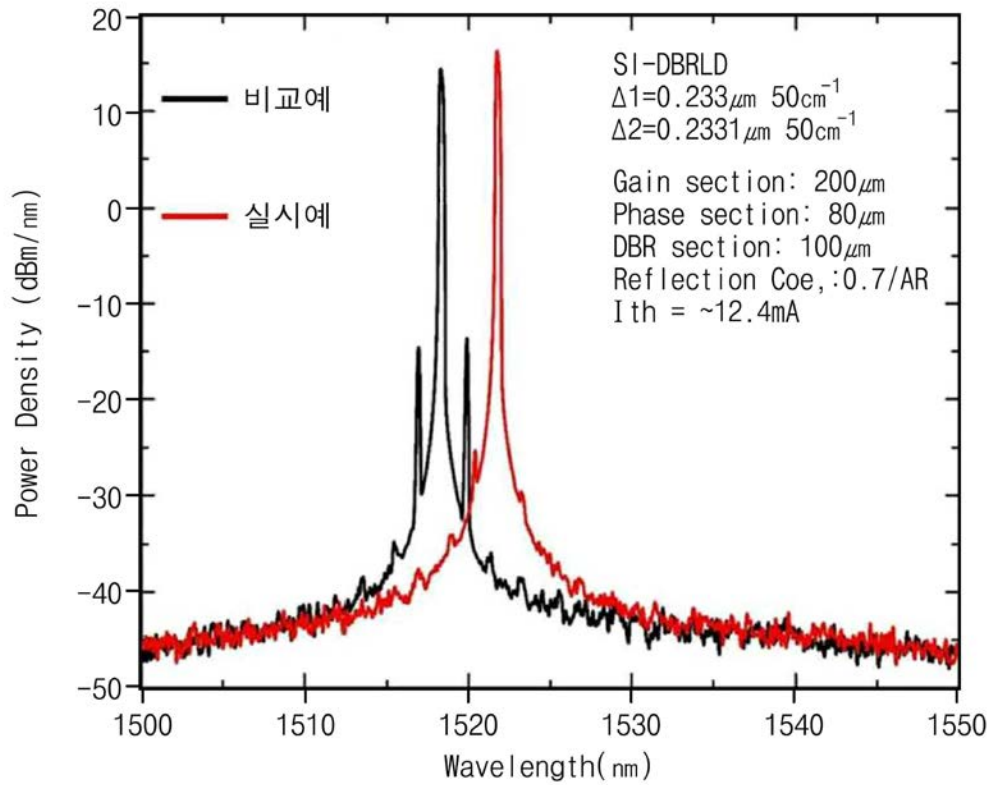
도면4



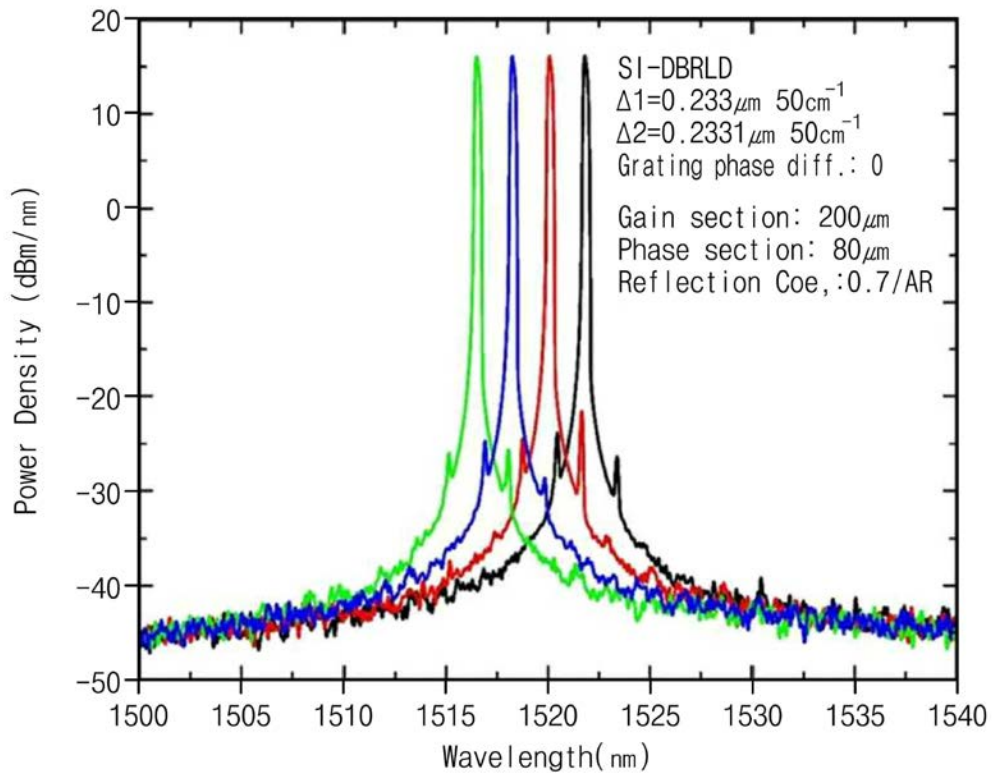
도면5



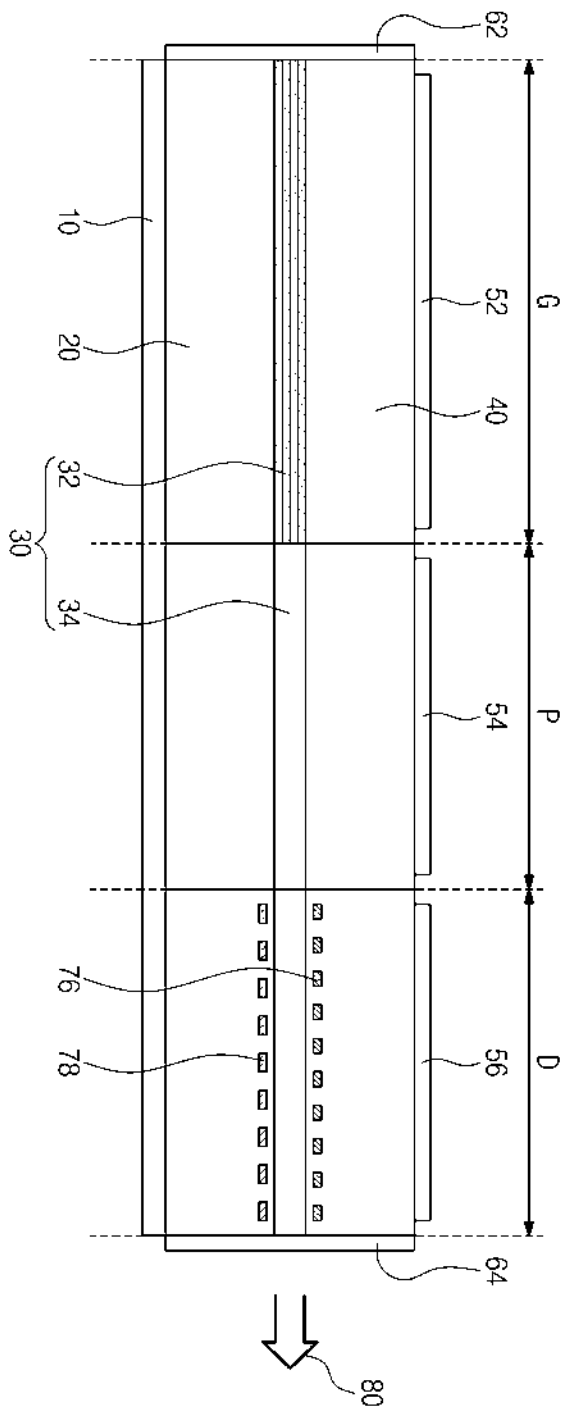
도면6



도면7



도면8



도면9

