



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0037711  
(43) 공개일자 2017년04월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04B 10/50 (2013.01) H04B 10/572 (2013.01)  
(52) CPC특허분류  
H04B 10/506 (2013.01)  
H04B 10/572 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0136237  
(22) 출원일자 2015년09월25일  
심사청구일자 2016년09월26일

(71) 출원인  
**(주)엠이엘 텔레콤**  
대전광역시 유성구 테크노2로 187, 5층 502호 (미  
건테크노월드2차)  
(72) 발명자  
**김병휘**  
대전광역시 유성구 배울2로 133 208-102  
**박만용**  
서울특별시 강동구 고덕로 210 501동 209호 (명일  
동, 삼익그린아파트)  
**윤현호**  
대전광역시 유성구 가정로 65 101동 308호 (신성  
동, 대림두레아파트)  
(74) 대리인  
**장수현**

전체 청구항 수 : 총 10 항

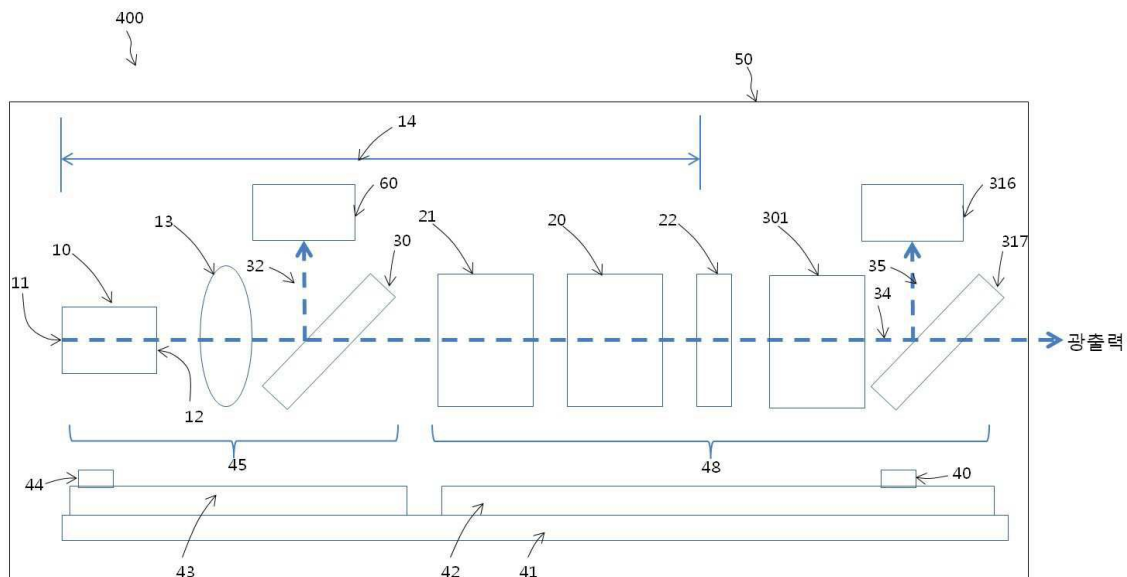
(54) 발명의 명칭 **파장가변 광송신기**

**(57) 요약**

액정 기반 파장가변필터를 사용한 파장 가변 송신기 구조가 제시된다. 반도체 레이저 다이오드, 콜리메이터 렌즈, 액정파장가변필터, 제1에탈론 필터, 부분 반사 미러로 형성된 외부 공진기 구조에서, 콜리메이터 렌즈와 액정파장가변필터 사이에 탭필터, 파장선형필터, 제1수광기, 제2수광기로 구성된 파장정보추출부가 삽입된다. 광

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도14



선로의 분산보상을 위하여 부분 반사 미러 후단에 제2에탈론 필터가 포함될 수 있다. 송신기는 2개의 독립적인 열전소자들을 포함하며, 제1 열전소자는 제2 열전소자의 상판의 일부분에 위치하는 계층구조를 이루고 있다. 제2 열전소자는 송신기 전체의 기반온도를 제어하며, 상부에 액정과장가변필터, 제1에탈론, 부분 반사 미러, 제2에탈론을 수용한다. 제1 열전소자는 외부공진기의 발진 위상을 조절하는 역할을 하며, 상부에 반도체레이저다이오드, 렌즈, 과장정보추출부를 수용한다. 제시된 구조는 외부공진기의 발진 위상을 조절하기 위해 종래와 같이 별다른 위상제어 부분을 도입하지 않고도 외부공진기를 구성하는 기본 구성부품만으로 위상을 정밀하게 조절할 수 있는 장점이 있다. 나아가, 공진기와 동일 플랫폼 내에 광대역 과장정보 추출기가 포함된 구조는 액정의 온도민감성을 궤환제어에 의해 현실적으로 제어할 수 있도록 한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 0000000

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 재단법인 대전테크노파크

연구사업명 시장진출로드맵구축사업

연구과제명 LTE 프rotocol 및 클라우드 기업망 시장진출을 위한 컬러리스 DWDM 광송수신기 사업화 개발

기여율 1/1

주관기관 (주)엠이엘텔레콤

연구기간 2015.05.01 ~ 2015.10.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광대역광원 LD칩, 콜리메이터 렌즈, 제1텡필터, 파장추출부를 포함하는 제1광학계 및 페브리페로형 액정파장가변필터, 제1에탈론필터, 부분반사미러를 포함하는 제2광학계 및 제1열전소자, 제1온도센서, 제2열전소자, 제2온도센서, 서브마운트를 포함하는 파장가변 광송신기.

#### 청구항 2

청구항 1에서,  
제1광학계는 제1열전소자 상부에 실장되고,  
제2광학계는 서브마운트 상부에 실장되고,  
제1열전소자 및 서브마운트는 제2열전소자 상부에 실장되는  
것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

#### 청구항 3

청구항2에서,  
제1열전소자에 의해 제1광학계의 굴절율을 변화시켜 외부공진기 공진파장의 위상을 가변하는  
것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

#### 청구항 4

청구항 1에서, 파장추출부는,  
통신 파장 사용 대역의 광파장에 대하여 투과값 및 반사값이 선형적인 특성을 갖는 선형파장필터, 제1수광기,  
제2수광기를 포함하고, 선형파장필터의 반사광은 제1수광기로 입력되고, 투과광은 제2수광기로 입력되는  
것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

#### 청구항 5

청구항 1에서,  
광대역광원 LD칩의 후면의 반사도는 80% 이상이고 출사면의 반사도는 0.1% 이하를 갖는 반사형 레이저 다이오드  
(RLD) 또는 반사형 반도체 증폭기 (RSOA)를 사용하고,  
부분반사미러의 반사도는 10% ~ 60% 범위를 갖고,  
제1텡필터의 반사도는 1 ~ 10% 반사도를 갖는  
것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

**청구항 6**

청구항 1에서,

제1에탈론필터의 FSR값은 0.8nm, 0.4nm, 0.2nm 값을 갖고, 3dB 투과 대역폭은 0.2nm보다 작은 에탈론필터를 사용하고,

액정파장가변필터는, 투과 파장 가변을 위한 사각파 전압 신호 크기  $V_{pp}$  값이 12V 보다 작고, 3dB 투과 대역폭은 1.6nm보다 작고, FSR값은 50nm보다 큰 값을 갖는

것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

**청구항 7**

청구항 1에서,

제2에탈론필터가 부분반사미러 후단에 삽입되어 제2광학계에 포함되고,

제2에탈론필터의 FSR값은 제1에탈론필터의 FSR값과 동일하고, Finesse값은 7 ~ 14 범위를 갖는

것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

**청구항 8**

청구항 7에서,

제2에탈론필터가 제1에탈론필터와 동일한 서브마운트 위에 실장되어 제2열전소자의 동일한 온도제어를 받는

것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

**청구항 9**

청구항 7에서,

제2택필터와 제3수광기가 제2에탈론필터 후단에 삽입되어 제2광학계에 포함되고, 제2택필터의 반사도는 1 ~ 10% 값을 갖는

것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

**청구항 10**

청구항 1에서,

파장제어 구동점을 공진기 내부에 위치한 제1에탈론필터의 투과피크로부터 1 ~ 3dB 범위의 사면에 위치시킴으로써 파장정보검출기가 제공하는 공진기 내부 광파위의 변화량으로 제1에탈론피크 대비 액정파장가변필터의 투과 피크 및 발진모드 각각의 상대적인 위치를 해석할 수 있는

것을 특징으로 하는 파장가변 광송신기.

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 파장가변 광송신기에 대한 것으로서, 더 구체적으로는, 고밀도파장분할다중(dense wavelength division multiplexing, 이하 "DWDM"라고 함) 광통신망에 적용되는 파장가변 광송신기 (Wavelength Tunable

[0001]

Transmitter) 구조 및 방식에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 현재 전개되는 광통신 상황에서, DWDM 광송수신기(optical transceiver, 이하 "OTRx")가 액세스망에 적용되기 위한 조건들로는 저가격, 파장 가변 기능, 최대 속도 10Gbps 및 최대 전송 거리 40km, 그리고 초소형 외형 사이즈인 SFP(small form factor pluggable)를 들 수 있다. 특히 컬러리스(colorless, 파장비의존) 기능의 기반이 되는 파장 가변 기능 실현을 위해서 지난 2000년 전후부터 현재까지 다양한 방식으로 연구 개발이 진행되어왔다.
- [0003] 현재까지 상용화된 파장가변 DWDM OTRx의 대표적인 방식의 일시 예로서 SG-DBR (sampled grating-distributed Bragg reflector) 레이저 구조가 존재한다. 미국 특허 (Multi-section tunable laser with differing multi-element mirrors, US4896325)를 참조하여 구조를 설명하면, SG-DBR은 front mirror 부분, gain 부분, phase control 부분, rear mirror 부분이 InP (Indium Phosphide) 단일 기판 (monolithic) 집적화된 외부 공진기 구조이다. 실제 전송을 위해서 필요한 광출력 향상 및 변조 기능을 위하여, 광증폭기(optical amplifier) 및 MZ(Mach-Zhender)변조기가 SG-DBR front mirror 후단에 직렬로 집적된다. 현재 전송 속도 10Gbps, 40nm 파장 가변 범위, 80km 광섬유 전송 거리, SFP+ 형태 상용 제품이 출시된 상태이다.
- [0004] 상기 SG-DBR과 유사하게 단일 InP 기판 위에 집적화된 형태로서, DS-DBR (digital supermode-distributed Bragg reflector) 구조, MGY (modulated grating Y-branch) 구조, SSG-DBR (super-structure-grating distributed Bragg reflector), GCSR (grating assisted codirectional coupler with sampled rear reflector) 구조 등이 존재한다.
- [0005] 그러나, 상기 InP 단일 기판 집적 파장가변 반도체 칩에서는, 출력 광파장을 설정하기 위해서 적어도 3개 이상의 입력 변수들을 제어해야 하는 제어구조의 복잡성, 단일기판에 반사미러, 증폭부, 광연결부, 변조부 등의 다양한 기능을 집적함으로 인한 구조적 복잡성에 따른 생산수율 저하 문제 등으로 가격이 상당히 고가로서, 근거리 광 가입자망 시장 보다는 전송 거리 80km 이상의 메트로 백본망에 한정적으로 적용되고 있는 실정이다.
- [0006] 파장 가변 광원을 실현하는 데 있어서, 상기 단일기판 집적화된 반도체 칩과 대별되는 대표적인 방식이 파장 가변 외부공진기 구조로서, 각 부분별로 최적화된 상용 광 부품들의 단순 조합으로 파장 가변 기능을 구현하는 방식이다. 외부공진기 구조는 기본적으로, 광증폭 역할을 수행하는 반도체 레이저 다이오드 칩, 렌즈, 파장 가변 필터, 부분 반사 미러로 형성된다. 반도체 레이저 다이오드 칩 후면은 80% 이상 반사하는 고반사 코팅(high reflective coating, 이하 "HR")되고, 광출사면 전면은 1% 이하 반사하는 저반사 코팅 (anti-reflective coating, 이하 "AR")된다. 광출사 파장은, 파장 가변 필터의 통과 대역 혹은 반사 대역 내에 존재하는 외부공진기 모드 중에서 가장 손실이 적은 모드가 선택되어 발진된다.
- [0007] 상기 파장 가변 외부공진기 구조는, 이미 상용화된 부품들을 사용함으로 저가격화를 실현할 수 있는 장점이 있어서, 열광학 효과를 이용한 도파로형 브라그 격자 필터, 열광학 효과를 이용한 에탈론 필터, 기계적 strain을 이용한 광섬유 브라그 격자 필터, 기계적 회전을 이용한 격자 필터, 전계광학 효과를 이용한 액정 필터 등 다양한 방식으로 연구되고 있다.
- [0008] 열광학 효과를 이용한 파장 가변 방식은, 온도 제어의 정밀도의 한계, 외부 환경 온도 영향 및 극부적 열에 의한 변형 등에 의하여 파장 가변 범위가 현실적으로 20nm 이하로 제약되는 문제가 있다. 기계적인 strain 인가 혹은 회전을 이용한 파장 가변 방식은, 소자 부피가 크고, 외부 환경 진동 및 기계적 충격에 취약할 뿐만 아니라 재현성 문제가 있다.
- [0009] 이에 비해서 Nematic 액정 기반의 파장 가변 필터는, 수 volt 전압 변화에 수십 nm 범위의 파장 가변이 가능하고, capacitive 소자이므로 직류 전류가 거의 흐르지 않기 때문에 전력 소모가 pW 수준으로 매우 낮고, 종래 디스플레이 소자에 적용된 액정 구동 방식과 유사한 구조로서 제작이 가능하여 대량 생산이 가능하다는 장점이 있어서 2000년대 초부터 매우 활발히 연구되고 있다.
- [0010] 현재까지 파장가변 액정을 기반으로 제안된 송신기 구조를 살펴보면 다음과 같다.
- [0011] US 6,205,159 B1, Newport Corporation, David W. Sesko et al (Filed; Jun. 23, 1998, Date of Patent: Mar. 20, 2001)에서 제시된 구조는 Gain medium, fixed etalon, electro-optically controlled LC phase modulator, tunable LC etalon, 그리고 mirror로 구성된 tunable ECL 구조이다. Phase control 을 위해 LC phase modulator 대신 piezo-electric transducer 에 의해 mirror 위치를 조정하는 방법을 제시하였다. 주목할

만한 것은 Cavity 내에 fixed etalon 과 tunable LC etalon 을 배치하여 SML 안정성과 ITU-T에서 정의된 파장 선택을 용이하게 할 수 있는 구조를 제시하였다. Tunable etalon FSR 이 gain medium bandwidth 보다 크고, tunable etalon bandwidth는 fixed etalon FSR보다 좁아서 Single Longitudinal Mode Lasing이 유지되는 구조를 제시하였다. 하지만 phase control을 위해서 tunable LC etalon 외에 추가적인 LC modulator 를 채용하는 것은 LC가 온도변화에 예민하므로 현실적으로 온도제어에 부담을 줄 수 있다. Mirror 위치를 가변하여 phase를 조정하는 방법은 기계적 구동부 (mechanical moving part) 때문에 신뢰성 확보 및 저가화를 실현하는데 어려움을 줄 수 있다. 또한 현재 LC filter 생산기술로는 fixed etalon FSR (100GHz 또는 50GHz) 보다 좁은 FWHM을 갖는 (FSR은 적어도 40nm 이상) LC filter를 양산하기는 쉽지 않은 단점이 있다.

[0012] US 8,483,247 B2, Google Inc., Giacomo Antonio Rossi et al (PCT Filed: Jun. 30, 2004, Date of Patent: Jul. 9, 2013)에서 Gain medium 후면과 LC tunable reflector 사이에 ECL이 구성되는 구조를 제안하였다. 온도에 민감한 LC tunable reflector 의 온도제어를 용이하게 하기 위해서 TEC 위에 면정렬하는 구조를 제시하였다. 이를 위해 45도 미러를 사용하였고, 따라서 cavity가 folded cavity (45도 꺾인 구조) 구조를 이루고 있다. 또한 LC tunable reflector 온도제어를 효과적으로 하기 위해서 U-shaped holder 구조를 제안하였다. 온도제어의 정밀도를 높이기 위해서 실시예에서는 hermetic optical feed-through 구조의 Butterfly package를 사용하였다. 모드정렬을 위해서 물리적인 cavity 길이를 변경하는 방법을 선택하였는데, 이를 위해서 piezoelectric actuator 를 LC tunable reflector와 TEC 사이에 끼워 넣는 방법을 제시하였다.

[0013] 하지만 제시된 구조는 직선형 cavity 형태에 비해 복잡성 증가와 더불어, 향상된 온도제어 구조에도 불구하고 LUT (Look Up Table) 제작 시 온도와 사용 당시의 온도 차이가 클 경우에는 LUT 만으로는 채널선택 오류가 발생하므로, 즉, ECL 시스템의 제어 재현성(control repeatability)이 보장되지 않으므로, 공진기 외부에 별도로 Linear filter를 배치하여 이로부터 채널정보를 획득하는 방안을 제시하였다. Phase control을 위해 도입한 기계적 구동부의 존재는 신뢰성 확보와 저가화에 걸림돌이 될 수 있다.

[0014] US 2010/0111119 A1, Kenji Sato et al (PCT Filed: Feb. 6, 2008, Pub. Date: May 6, 2010)에서는 Lasing stability 향상 및 채널선택의 용이성을 위해 cavity 내에 fixed etalon을 적용하였고, 채널선택은 LC tunable filter에 의해서 수행되고, 모드정렬은 gain chip 내 phase adjuster 에 의해서 수행되는 구조를 제시하였다. 이 특허의 핵심으로서 Wavelength Locker 없이 dithering 방법 (dither control) 과 mPD 만으로 공진기 모드와 LC filter의 peak를 fixed etalon peak에 정렬함으로써 출력파장을 제어하는 방법 제시하였다. 하지만, 현실적으로는 LC etalon을 포함한 cavity는 제어 재현성 확보가 어렵기 때문에 채널정보를 직접적으로 획득할 수 있는 광대역 (예를 들어 40nm 파장범위) 파장검출기 없이는 제한적으로 사용될 수 밖에 없다. 또한 fixed etalon peak를 기준으로 환경온도변화 및 제어 전압에 따라 바뀌는 LC etalon peak의 상대적인 위치에 대한 정확한 정보를 획득하지 못하면 전압제어 방향을 결정할 수 없게 된다.

[0015] US 2010/0322269 A1, COGO OPTRONICS, INC., Jian-Yu Liu (Filed: Jun. 17, 2009, Pub. Date: Dec. 23, 2010)에서는 Gain chip, fixed etalon, tunable LC etalon, mirror 로 구성된 tunable ECL을 실현하는데 사용될 수 있는 LCOS (Liquid Crystal on Silicon) 형태와 양면이 glass형태로 되어 있는 두 가지 tunable LC etalon 구조를 제안하였다. Mode 제어를 위해서 SOA와 phase control section으로 구성된 gain chip 을 사용하였다.

[0016] US 7,940,819 B2, Fujitsu Limited, Kazumasa Takabayashi et al (Filed: Aug. 4, 2009, Date of Patent: May 10, 2011)에서는 SOA로 된 gain medium, etalon1, etalon2, WLL (2개의 beam splitter, 100GHz FSR을 갖는 etalon, 2개의 mPD로 구성) 로 구성되어, 채널이 바뀔 때 WLL 출력 신호가 불연속한 값을 보이도록 cavity etalon FSR과 WLL 내 etalon FSR이 셋팅되는 것을 특징으로 하는 구조를 제시하였다. Cavity 내에 있는 두 개의 etalon1과 etalon2 각각에 대해서 온도지도를 기준으로 독립적으로 온도를 조정하여 Vernier effect에 의해 지정된 채널로 이동한 다음, etalon1과 etalon2의 온도를 동시에 조정하여 WLL 신호를 기준으로 ITU grid에 정확하게 일치 시키는 방식을 제시하였다. Time degradation에 의해 operating point가 shift 한 경우 (즉, 온도지도가 맞지 않게 된 경우) 파장정보검출기를 사용하여 채널 불연속 점을 찾아서 보정하는 방법을 제시하였다. 하지만 좋은 SML 품질(SMSR)을 확보하고 이를 안정적으로 유지하기 위해서 Vernier 방식에 사용되는 두 etalon 각각에 대한 정밀한 온도제어가 요구되는데 현실적으로 합리적인 비용으로 이를 실현하기가 쉽지 않다.

[0017] US 7,701,984 B2, Eudyna Devices Inc., Toshio Higashi et al. (Date of Patent: Apr. 20, 2010, Filed: Jul. 26, 2007)에서는 SOA로 이루어진 gain medium에 Phase shifter section을 집적화 한 반도체칩, fixed etalon, LC tunable etalon, 그리고 wavelength selectable mirror (반사파장대역이 코팅 두께 및 layer 수에 의해 결정된다) 로 구성된 external cavity 구조를 제안하였다. 두 개의 BS (beam splitter)를 사용하여 ECL 출

력광의 일부를 획득하여 다음과 같은 3가지 모니터링 기능을 제시: 첫째는 Linear filter와 LmPD를 사용하여 채널을 선택하는 initial wavelength monitor, 둘째는 PmPD에 의해 출력광의 세기를 측정하는 power monitor, 셋째는 etalon 과 mPD로 구성되어 모드의 phase를 측정하는 파장정보검출기. 즉, 채널 정보를 획득할 수 있는 광대역 파장정보검출기와 주어진 한 채널 내에서 phase 정보를 획득할 수 있는 협대역 파장정보검출기를 동시에 갖춘 모니터링 구조를 제안하였다. 추가적으로 불안정한 출력광의 출력을 막을 수 있도록 출력구에 LC를 바탕으로 한 optical shutter 를 제안하였다.

[0019] 이하에서는, 도 1 내지 도 7을 참조하여, 액정 파장 가변 필터를 이용한 종래의 파장 가변 광원 구조를 설명한다.

[0020] 도 1의 파장가변광원(100)의 구조에서는, 반도체 레이저 다이오드칩(10, 이하 "LD"), 콜리메이터렌즈(13), 에탈론필터(20), 액정파장가변필터(21), 부분반사미러(22)로 형성되는 파장가변외부공진기(14)가 존재한다. LD칩(10)의 후면(11)은 80% 이상 반사하는 HR 코팅되고, 광출사면 전면(12)은 1% 이하 반사하는 AR 코팅된다. 부분반사미러 전면(25)의 반사도는 10 ~ 60% 반사 코팅되고, 후면(26)은 0.2% 이하 AR 코팅된다.

[0021] 도 1의 액정파장가변필터(21)를 이용한 종래 파장가변광원 구조(100)에서는 광 출사 방향이 LD칩(10)의 전면(12) 방향이고, 후면(11)에서 출사하는 광은 사용하지 않는다. 도 2의 파장가변광원 구조(101)에서는 광 출사 방향을 LD칩(10)의 후면(11) 방향이다. 이때 후면(11)의 반사 코팅은 10 ~ 60% 범위이다. 또한, 부분반사미러(22) 전면(25)의 반사도는 80% 이상의 HR 코팅을 사용한다. 그 이외 구조는 도 1과 동일하다.

[0022] 도 1과 도 2의 종래 파장가변광원은, 외부 환경 온도 변화에 대한 발진 파장 및 광출력 파워의 열적 안정성을 위하여 한 개의 열전소자(41)와 온도센서(40)를 사용한다. 모든 광학 부품은 열전소자(41) 상부에 실장 되고 온도센서(40)를 이용한 closed-loop 제어를 통하여 일정한 온도로 유지된다. 열전소자(41)는 방열을 위하여 TOSA하우징(50)에 고정되어 열 접촉된다.

[0023] 도 1 및 도 2의 액정파장가변필터(21)는 전기 사각파(square wave) 신호가 입력되는 전기배선(22) 및 외부 사각파 생성 전원(23)이 연결된다. 외부에서 인가되는 전기 사각파 전압신호의 크기 ( $V_{peak-to-peak}$ , 이하 " $V_{pp}$ ") 및 주파수에 따라서 액정파장가변필터(21)를 투과하는 파장 대역이 가변되고, 외부 공진 모드 중에서 액정파장가변필터(21) 투과 대역에 존재하는 모드가 선택적으로 발진함으로써 파장 가변 특성을 얻을 수 있는 구조이다. 액정파장가변필터(21)의 파장가변특성의 일시 예를 도 4에 도시하였다. 인가되는 주파수 2kHz 사각파 전압 신호의 크기  $V_{pp}$ 를 1V에서 12V까지 증가하면서, 액정파장가변필터를 통과하는 투과 스펙트럼 그래프이다.  $V_{pp}$ 를 증가시키에 따라서 투과 파장 대역이 점진적으로 단파장 대역으로 파장 가변 된다. 도 4의 그래프에서 알 수 있듯이, 액정파장가변필터(21)의 3dB 투과 대역폭은 현실적으로 0.8nm 이하로 얻기가 쉽지 않고, 외부 공진 모드 간격은 통상 0.05 ~ 0.3nm 범위 좁기 때문에, 3dB 투과 대역폭에 최소 3개 이상의 외부 공진 모드가 발진 경쟁(competition)으로 인하여 단일 모드 발진이 어려울 뿐만 아니라, 단일 모드 발진이 되더라도 SMSR(side mode suppression ratio) 50dB 이상 얻기가 쉽지 않다. 상기 문제를 해결하기 위하여 투과 선평이 협소한 주기적 투과 특성을 갖는 에탈론필터(20)이 삽입된다. 도 3을 참조하여 발진 모드 선택 원리를 설명한다. 파장 가변 외부공진기(14)의 모드(200) 중에서 에탈론필터(20)의 투과스펙트럼(203) 대역폭에 존재하는 일부 모드가 선택되고, 다시 액정파장가변필터(21)의 투과스펙트럼(204)내에 존재하는 모드(201)가 최종 선택됨으로써 단일 모드 발진 특성을 향상시킬 수 있다. 이때 액정파장가변필터(21)에 인가되는  $V_{pp}$  신호를 증가하면 투과파장대역(204)에서 새로운 투과파장대역(205)으로 가변 되어 새로운 모드(202)가 선택된다. 에탈론필터(20)는 페브리페로 형태로써 FSR(free spectral range)은 0.8nm (100GHz 간격), 0.4nm (50GHz 간격), 0.2nm (25GHz 간격)을 사용한다. 이는, ITU(International Telecommunication Union, 국제전기협회)에서 규정한 파장 그리드(grid)에 맞는 파장만이 DWDM 전송망에 적용할 수 있기 때문이다. 또한, 에탈론필터(20)의 3dB 투과 대역폭은 0.2nm보다 작게 설계함으로써, 3dB 투과 대역폭 내에 존재하는 외부 공진 모드의 숫자가 3개를 넘지 않도록 하여 단일 모드 발진 특성을 얻을 수 있다.

[0024] 통신용 파장 가변 광원의 파장 안정성 혹은 파장 오차는 파장 그리드 간격의 1/20보다 작아야 한다. 일시 예로서, 100GHz DWDM 광통신망에 적용되는 상용 파장 가변 광원의 파장 안정성은  $\pm 20\text{pm}$  이하이다. 외부 환경 온도 변화, aging 효과 (열화), 기계적 충격, 기계적 변형 등을 고려하면 매우 까다로운 규격이다. 이 문제를 해결하기 위하여 파장 가변 광원 TOSA 내부에는 파장 정보를 추출하는 기능이 포함되어, closed loop 제어를 통하여 파장 정보를 실시간으로 모니터링하고 파장을 미세하게 제어함으로써, 통신망에서 요구하는 파장 정밀도를 충족시킨다.

[0025] 도 1의 실시 예를 참조하면, 파장가변외부공진기(14)에서 출사되는 출사광(33) 파위의 일부분을 분할하는 탭필터(30)가 포함되어 모니터링광(32)이 생성된다. 모니터링광(32)은 파장추출부(31)로 입력되어 출사광 파장 정보를 추출하는데 사용하고, 나머지 광은 최종 광출력으로 출사된다. 도 4를 참조하여 종래의 파장추출부(31) 구조를 설명한다. 입력되는 모니터링광(32)은 탭필터(311)에 의하여 제1분할광(315) 및 제2분할광(316)으로 분할된다. 제1분할광은 에탈론필터(313)를 통과한 후 제1수광기(314)로 입력되고, 제2분할광은 제2수광기(312)에 입력된다. 제1수광기 및 제2수광기는 입력되는 광파위의 크기에 비례하여 전류 신호를 생성한다. 제2수광기에서 출력되는 전류 신호 크기는, 모니터링광(32)의 파장과 광파위에 비례한다. 제1수광기에서 출력되는 전류 신호 크기는, 모니터링광(32)의 광파위에 비례한다. 따라서, 제1수광기에서 출력되는 전류 신호를 reference로 하여 제2수광기에서 출력되는 전류 신호를 나누어주면 파장 정보만을 추출할 수 있다. 에탈론필터(311)는 주기적 투과 특성을 갖고 있기 때문에 통신용 파장 대역내의 파장 그리드에 대해서 파장 정보 추출이 가능하다. 통상 파장추출부(31)의 에탈론필터(311)의 FSR은 1.6nm, 0.8nm, 0.4nm, 0.2nm 등을 사용하고, Finesse는 2 ~ 7 범위를 사용한다.

[0026] 도 1과 도 2의 종래 파장가변광원 구조에서는, 상기 파장추출부(31)에서 출력되는 파장 정보 신호를 이용하여 발진 파장을 미세하게 제어하는 수단이 필요하다. 미국 특허(External resonator type wavelength variable semiconductor laser, US2010/0111119) 및 미국 특허(Laser module and method of controlling wavelength of external cavity laser, US7701984 B2)에 도시된 종래의 발진 파장 미세 제어 수단의 실시 예를 [도 6]을 참조하여 설명한다. LD칩(10)은 광증폭부(15)와 위상제어부(16)로 구성된다. 광증폭부(15)는 외부에서 전류가 제1금속패드(18)에 인가되면 광이 생성되는 영역이다. 위상제어부(16)는 외부에서 전류가 제2금속패드(19)에 인가되면 위상제어부(16)의 광도파로(17) 유효굴절률이 변화하게 되어 외부 공진기의 미세 파장 제어가 가능하다. 도 6의 예시와 같이 LD칩(10)이 능동영역과 수동영역으로 구분된 구조는, 첫째 반도체 공정의 복잡도가 증가하여 소자의 수율 저하로 인한 가격이 상승되고, 위상제어부(16)에 전류가 주입되면서 유효굴절률 변화 뿐만 아니라 광손실이 증가하는 문제가 발생되어 파장 가변 제어 및 광파위 제어의 추가적인 어려움이 뒤따르는 문제가 수반된다.

[0027] 상기 도 5에 도시된 에탈론필터(313) 기반의 파장추출부(31)는, 입력 파장에 대한 절대값을 제공하지 않고, DWDM ITU 목표 파장 grid 대비 파장 오차 정보만을 제공한다. 만약, 입력 광 파장이 외부 환경 온도 변화 등에 의해서 파장 그리드 간격 (예로서 0.8nm) 이상 변하는 경우에는 파장 정보 추출 기능을 수행할 수 없는 단점이 있다. 도 1의 액정파장가변필터(21)의 투과 파장은 외부 인가 전압 신호 크기 뿐 만 아니라 환경 온도에 의해 크게 영향을 받는다. 실시 예로서, 환경 온도 대비 액정파장가변필터의 투과 중심 파장 값 변화를 도 7에 도시하였다. 환경 온도 20 ~ 60도 범위에서는 -470pm/deg ~ -420pm/deg로 변하지만, 저온에서는 급격하게 파장 변화율이 커져서 0도 근처에서는 -1400pm/deg가 된다. 도 1에서 액정파장가변필터(21)가 비교적 온도가 일정하게 유지되는 열전소자(41) 상부에 실장 되었지만, 실제 환경 온도 0 ~ 70도 가변 시 TOSA 내부 분위기 온도 변화 및 불안정한 열 접촉에 의한 온도 구배 등에 의해서 실질적으로는 약 5도 정도까지 변할 수 있다. 동작 온도가 40도이고, 액정파장가변필터(21)의 온도에 의한 투과 파장 변화율을 -420pm/deg라고 가정하면, 액정파장가변필터(21)의 온도 변화 크기 5도는 파장 변화 약 -2nm를 의미한다. 이는 100GHz DWDM 채널에서 2채널 이상 변하는 것을 의미한다. 따라서, 액정파장가변필터(21)와 같이 환경 온도에 대해서 파장이 매우 크게 변하는 필터를 사용하는 경우에는 종래의 에탈론 기반 파장추출부(31)를 사용할 수 없다. 만약 사용하는 경우, 환경 온도 0 ~ 70도 변화 시 액정파장가변필터(21)의 온도 변화 크기가 0.5도 이하가 되는 구조를 적용해야 한다. 그러나, 액정파장가변필터(21)의 구조 자체가 두 개의 유리 기반 사이에 액정이 주입된 구조로서 열 전달 측면으로는 매우 취약한 구조임을 감안할 때, 환경 온도 70도 변화 시 액정파장가변필터(21)의 온도 변화 크기가 0.5도 이하로 유지하는 것은 현실적으로 어렵다.

[0028] 도 1과 도 2에 도시된 종래의 파장 가변 광원 구조에서 고속 전송을 위해서는 외부변조기(external modulator)를 사용한다. DWDM 광통신망의 사용 파장 대역인 C-band, L-band 대역은 광섬유의 분산에 의해서 10Gbps 직접 변조 (LD칩(10)을 직접 변조하는 방식) 광신호는 5km 이상 전송이 불가하다. 직접 변조시 발생하는 LD칩(10)의 chirp에 의한 넓어진 발진 스펙트럼 때문이다. 종래의 10Gbps 전송을 위해서는, 직접 변조 방식 대신에, InP 기반의 MZ 변조기 혹은 electro-absorption 변조기를 LD칩(10)에 집적하거나, 별도로 사용하는 구조를 사용한다. 그러나, 외부 변조기를 사용함에 따른 소자의 가격 상승으로, 저가의 광액세스망 대신에 80km 이상의 장거리 메트로 백본망에 적용되는 실정이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0031] (특허문헌 0001) US 6205159 B1
- (특허문헌 0002) US 8483247 B2
- (특허문헌 0003) US 2010-0111119 A1
- (특허문헌 0004) US 2010-0322269 A1
- (특허문헌 0005) US 7940819 B2
- (특허문헌 0006) US 7701984 B2

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0032] 현재까지 LC tunable etalon을 바탕으로 제안된 종래 기술들의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.
- [0033] 1) 발진모드의 위상을 제어하기 위해서 반도체 레이저에 phase control section을 집적화하거나, 또 다른 LC modulator, 또는 기계적인 구동부를 사용하는 방식이 제안되었고, 이들 모두 범용소자가 아닌 전용소자로 실현하였으며, 구조 및 동작 측면에서 복잡도가 증가하므로 저가화, 소형화, 신뢰도 측면에서 제품화에 문제점을 내포하고 있다.
- [0034] 2) 단일기판 직접 반도체 광칩(monolithically integrated opto-electronic semiconductor)은 입력제어변수(일반적으로 전류)에 대한 출력값(출력 파장) 재현성이 일정수준 보장되는데 반해, Tunable LC filter 기반 ECL 방식에서는 LC filter가 주변온도에 극히 민감하다. 이에 따라 현실적인 온도제어 구조에서는 ECL system의 제어 재현성(control repeatability)을 확보하기 어렵다. 즉, 동일한 제어온도(TEC 제어 온도) 및 전압에 대해 레이저 출력파장이 환경온도에 따라 차이를 보일 수 있다. 이를 극복하기 위한 한 방법으로서 광대역(40nm) 파장범위에 걸쳐 lasing 파장정보를 추출할 수 있는 파장정보검출기(WLL)를 구비하는 것이다. 하지만, 일반적으로 ECL은 다수의 소자를 포함하므로 cavity 내에 광잡음(optical noise) 크기가 구동조건 및 온도환경에 따라 크게 달라질 수 있는데, WLL의 적용 대역폭에 비례하여 파장정보에 대한 resolution이 커지므로 광잡음에 취약하게 된다. 이러한 제약을 극복하여 40nm 파장대역폭에 걸쳐 파장정보를 추출할 수 있는 WLL을 포함한 ECL이 상용화되었다는 보고가 아직 없는 실정이다.
- [0035] 3) 전송속도가 높아질수록 cavity 길이가 짧아져야 하므로 cavity 구조의 단순화가 요구된다. 뿐만 아니라 구조적 간결성과 저가가격화를 위해서 DML이 요구된다. 하지만 DWDM 전송대역인 C-band 및 L-band 에서 DML에 의한 전송은 분산의 영향을 많이 받는데 특히 10Gbps 수준의 고속에서는 전송거리가 수 km이하로 제한된다. 이를 해결하기 위한 방법으로 CML이 제안되었고, 이를 적용하여 상용화된 제품이 출시되었다. 하지만 CML 기술은 환경온도 변화에 대해 투과필터의 온도 변화 및 출력파장의 변화가 최소화 되도록 제어되어야 하므로 구조 및 제어 비용이 상승하여 저가화 되지 못하고 있다. 더구나 파장가변 ECL 구조와 기능과 연계되어 DML의 단점을 보완하는 방법이 제시되지 않았다.
- [0036] 이와 같은 기술적인 장벽으로 인해서, 현재까지 상용화된 Tunable ECL 제품은 전무한 실정이다.

**과제의 해결 수단**

- [0037] 전술한 종래의 액정파장가변필터 기반의 파장 가변 외부 공진기 구조의 문제점을 해결하기 위한 수단으로서 다음과 같은 해결수단을 제시한다.
- [0038] 1) 직접변조에 의해 고속 장거리 DWDM 전송을 위해 분산 효과를 사전에 완화시키는 구조 제시한다. 동일한 FSR

을 갖는 두개의 Etalon을 동일한 TEC 위에 부착하여 동일한 온도조건을 부여하고, 첫번째 etalon은 cavity 내에 그리고 두번째 etalon은 cavity 밖 광신호 출력단에 위치시키고, 두 etalon 의 transmittance peak wavelength 들은 미리 정해진 offset을 갖도록 한다.

- [0039] 이러한 구조는 cavity 밖에 있는 두번째 etalon의 negative dispersion 특성을 활용하여 직접변조에 의해 발생한 광신호 chirp을 사전보상 함으로써 광섬유 전송에 따라 발생하는 분산 효과를 완화한다. 이러한 온도제어 구조는 두번째 etalon의 peak wavelength 위치를 제어하는데 있어서 first etalon과 동일한 온도환경을 부여하므로 두개의 peak 파장들이 온도변화에 따라 동시에 천이하므로 이들 사이의 offset이 일정하게 유지된다. 따라서 두 번째 etalon에 대한 별도의 복잡한 온도제어 설비 없이 환경온도 변화에 대한 안정적으로 전송품질을 유지할 수 있게 된다. 두 에탈론의 peak wavelength 사이의 offset은, 첫번째 에탈론의 peak가 ITU-T grid에 정렬된 상태에서, 두번째 에탈론의 입사각도를 변화함으로써 조정할 수 있다.
- [0040] 2) 위에서 기술된 분산 완화 기능을 갖춘 ECL구조에서 파장가변 범위 전체에 대해 출력파장 정보를 추출할 수 있는 광대역 WLL 구조 제시한다.
- [0041] 단일기판 파장가변 반도체칩 구조에 비해서 일반적으로 tunable ECL은 공간적인 부피가 크므로 TEC에 의해 온도를 정밀하게 유지시키기가 현실적으로 어렵다. 특히 tunable LC filter는 cavity 내에 있는 다른 소자들에 비해 상대적으로 부피가 크고 일반적으로 열접촉 효율이 낮으므로 환경온도변화에 대해 완벽하게 정해진 온도를 정밀하게 유지하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 tunable ECL 시스템은 재연 시스템(repeatable system)에서 벗어나게 되어 구동 시 환경온도에 따라 입력 제어값들에 대한 출력파장이 달라지게 된다. 제어반복성이 보장되지 않으면 파장가변을 위한 입력제어변수들의 값들 만으로는 정확한 출력파장을 획득할 수 없게 된다. 이를 극복하기 위해서는 파장가변 범위 전체에 대해서 출력파장 정보를 추출할 수 있는 광대역 WLL 기능이 필수적으로 요구된다.
- [0042] 일반적으로 기존의 WLL은 etalon을 기반으로 하며, 파장변화 감지 대역이 수십 GHz 정도로 대단히 협대역이므로 기존과는 차별되는 WLL 구조가 요구된다. 주어진 광파워 변화량에 대해 파장정보 추출 대역이 좁을수록 파장정보의 분해도(resolution)이 향상된다. 광대역(40nm 범위) WLL은 협대역(0.4nm 이하) WLL에 비해서 파장 분해도가 대단히 나빠지므로 광잡음을 현격히 낮추어야 안정된 채널정보를 획득할 수 있다.
- [0043] 지금까지 구현된 WLL은 cavity 밖에 위치하여 cavity에서 최종 출력된 출력광의 파장을 모니터링 한다. Cavity 안과 밖이 선형적으로 커플링 (linear coupling) 되는 구조를 갖는 종래 구조에서는 WLL을 cavity 밖에 두어도 무방하다. 반면에 본 발명과 같이 cavity 밖에 있는 두번째 etalon에 의해서 cavity 안과 최종 출력단이 비선형적으로 커플링되어 있는 구조에서는 종래와 같은 방식을 취할 경우 비선형 커플링에 의한 왜곡으로 인해 정확한 파장정보를 획득하기가 어려워진다.
- [0044] 본 발명에서 cavity 내와 광출력단이 비선형적으로 커플링 되는 파장가변 시스템에서 환경온도 변화에도 불구하고 SML phase 및 품질(SMSR)을 지속적으로 유지할 수 있도록 cavity 내의 미세한 모드 변화의 감지가 가능하면서 동시에 40nm 광대역 파장정보 추출이 가능하도록, cavity 내에 위치하면서 광잡음의 영향이 최소화 되는 WLL구조를 제시한다.
- [0045] 3) 적층형 Dual TEC 구조를 기반으로 한 비용효과적인 위상제어 방식을 제시한다.
- [0046] 좋은 품질의 SML을 생산하고 유지하기 위해서는 ECL 모드의 파장을 cavity 내에 있는 필터(들)의 peak(s)와 일정하게 정렬할 필요가 있는데, 이를 위해서 모드의 phase를 모니터링 할 수 있는 설비와 모드의 phase를 조정할 수 있는 설비가 반드시 구축되어야 한다. 이와 같은 추가적인 설비는 말할 것도 없이 장치의 복잡도가 최소로 증가되도록 설계되어야 실현성이 높아진다.
- [0047] 일반적으로 LC filter를 사용한 tunable ECL은 gain medium, fixed etalon, tunable LC filter (or reflector), 그리고 mirror를 포함하는 것이 일반적이다. 광특성을 극대화 하기 위해서는 Lasing mode를 cavity 내에 있는 필터들의 peak 근처에 정렬하는 것이 요구된다. 기존에는 이러한 mode의 phase matching 을 위해서 gain medium에 phase control section을 추가하거나 또는 mirror의 위치를 기계적인 구동체를 사용하여 물리적으로 가변 하는 방법이 제안되었다.
- [0048] FP-LD 에 phase control section이 추가되는 방법은 phase control section에 인가되는 전류를 가변하여 ECL 모드의 파장을 변화시킨다. 이 방법은 기계적인 구동체에 의해서 cavity의 물리적인 길이를 변화시켜서 모드를 정렬하는 방법에 비해서 가격, 신뢰성, 그리고 부피 측면에서 좀 더 유리하다. 하지만 기존 FP-LD에 phase

control section을 추가해야 하므로 범용성이 떨어지고 단순 FP-LD대비 가격상승이 뒤따르는 문제를 갖고 있다.

- [0049] 본 발명에서는 저가형 tunable ECL 의 실현을 위해서 기존의 단순한 FP-LD 상용소자를 사용하면서 모드를 제어할 수 있는 온도제어 구조를 제시한다. 제시된 구조는 두개의 TEC들(TEC1, TEC2)을 사용한다. TEC2는 TOSA housing 바닥면에 부착되고 상판에 fixed etalon, LCF, 그리고 mirror를 수용하여 이들의 온도를 일정하게 유지하는 역할을 한다. TEC1은 TEC2 상판에 위치하며 FP-LD, collimating lens, 그리고 WLL을 수용하여 이들의 온도를 제어한다. 특히 TEC1은 FP-LD의 온도를 가변 함으로써 ECL 모드가 cavity 내의 etalon peak에 정렬되도록 한다. 즉, TEC1은 WLL 출력정보를 바탕으로 FP-LD의 온도를 가변 시켜서 모드의 위치를 조정한다.
- [0050] 적은 크기의 TEC1이 상대적으로 큰 크기의 TEC2 위에 적층되어 있는 구조는 두개의 TEC 온도가 독립적으로 각각 제어 되므로 온도제어에 대한 flexibility를 확장하며, TEC1에 대한 보다 정밀한 온도제어 능력을 가져다 준다. 뿐만 아니라 TEC2 위에 ECL 전체 시스템이 수용되므로 환경온도 변화에 따른 TOSA housing의 온도변화에 대응하여 cavity의 물리적인 변형이 최소화 되어 일정한 SML 품질이 유지된다.
- [0051] 4) LCF peak 위치 및 mode 위치에 대한 실시간 정보를 바탕으로 closed loop 제어에 의해 출력광의 모드 및 품질을 유지하는 구조 제시한다.
- [0052] 일반적으로 파장가변 레이저는 LUT를 기반으로 제어된다. LUT에는 각각의 지정된 파장들에 대해서 파장을 결정하는 입력변수들의 값이 기록되어 있다. 이들 입력변수와 출력 파장이 안정적인 1:1 대응관계가 유지되기 위해서는 (즉, repeatable system이 되기 위해서는) cavity를 구성하고 있는 모든 소자들의 온도가 정밀하게 제어되어야 한다. 뿐만 아니라 환경온도에 따라서 cavity에게 물리적인 스트레스가 인가되고 이로 인해서 광학적 특성이 변하게 되므로 이 또한 재현성을 방해하는 요소가 된다. 현실적인 가격 및 부피를 고려하면 완벽한 repeatable system을 구현하는 것은 거의 불가능하다.
- [0053] Tunable LC filter와 TEC 상판 사이에는 좋은 열적접촉(thermal contact)이 요구되며, 이 경우에도 Tunable LC filter의 TEC 열접촉 부분과 이 부분의 반대편 사이에는 온도차 (thermal gradient)가 발생한다. Tunable LC filter의 TEC 열접촉 반대편 온도는 TOSA 내부가 진공이 아니라면 환경온도 변화에 따라 변하는 것이 일반적이므로 (TOSA 내부에 peripheral heat 유입) 가격을 고려하면 Tunable LC filter의 온도를 완벽히 제어하는 것은 현실적으로 어렵다.
- [0054] 따라서 현실적으로 환경온도 변화에 대응하여 ECL system의 온도를 제어-재연성이 보장될 정도로 정밀하게 유지하기 보다는, 환경온도 변화에 따라 전압을 조절하여 tunable LCF의 peak를 제어할 필요가 있다.
- [0055] 선택된 채널의 fixed etalon peak 를 기준으로 tunable LCF peak의 현재 위치를 파악해야만 LCF 에 대한 전압 제어방향(단파장 또는 장파장 방향)을 결정할 수 있다. 이와 더불어, fixed etalon peak 를 기준으로 현재 모드의 위치를 확보함으로써 TEC1 구동에 의해 모드 위치를 제어할 수 있다. 즉, 현재 선택된 채널의 fixed etalon peak를 기준으로 LCF peak의 상대적 위치 및 모드의 상대적 위치 정보를 획득하는 것이 요구된다.
- [0056] 본 발명에서는 파장제어 구동점을 외부공진기 내에 위치한 etalon의 사면에 위치시킴으로써 파장정보검출기가 제공하는 cavity 내부 광파위의 변화량으로 선택된 채널의 fixed etalon peak를 기준으로 LCF peak의 상대적 위치 및 모드의 상대적 위치 정보를 획득하는 방법을 제시한다.
- [0057] 본 발명의 일 형태에 따르면, 광대역광원 LD칩, 콜리메이터 렌즈, 제1탭필터, 파장추출부를 포함하는 제1광학계 및 페브리페로형 액정파장가변필터, 제1에탈론필터, 부분반사미러를 포함하는 제2광학계 및 제1열전소자, 제1온도센서, 제2열전소자, 제2온도센서, 서브마운트를 포함하는 파장가변 광송신기가 제공된다.
- [0058] 본 발명에 따른 파장가변 광송신기에서, 제1광학계는 제1열전소자 상부에 실장되고, 제2광학계는 서브마운트 상부에 실장되고, 제1열전소자 및 서브마운트는 제2열전소자 상부에 실장되는 것이 좋다.
- [0059] 본 발명에 따른 파장가변 광송신기에서, 제1열전소자에 의해 제1광학계의 굴절율을 변화시켜 외부공진기 공진파장의 위상을 가변한다.
- [0060] 본 발명에 따른 파장가변 광송신기에서, 파장추출부는, 통신 파장 사용 대역의 광파장에 대하여 투과값 및 반사값이 선형적인 특성을 갖는 선형파장필터, 제1수광기, 제2수광기를 포함하고, 선형파장필터의 반사광은 제1수광기로 입력되고, 투과광은 제2수광기로 입력된다.
- [0061] 본 발명에 따른 파장가변 광송신기에서, 광대역광원 LD칩의 후면의 반사도는 80% 이상이고 출사면의 반사도는 0.1% 이하를 갖는 반사형 레이저 다이오드 (RLD) 또는 반사형 반도체 증폭기 (RSOA)를 사용하고, 부분반사미러

의 반사도는 10% ~ 60% 범위를 갖고, 제1태플터의 반사도는 1 ~ 10% 반사도를 갖는다.

- [0062] 본 발명에 따른 과장가변 광송신기에서, 제1에탈론필터의 FSR값은 0.8nm, 0.4nm, 0.2nm 값을 갖고, 3dB 투과 대역폭은 0.2nm보다 작은 에탈론필터를 사용하고, 액정과장가변필터는, 투과 과장 가변을 위한 사각파 전압 신호 크기  $V_{pp}$  값이 12V 보다 작고, 3dB 투과 대역폭은 1.6nm보다 작고, FSR값은 50nm보다 큰 값을 갖는다.
- [0063] 본 발명에 따른 과장가변 광송신기에서, 제2에탈론필터가 부분반사미러 후단에 삽입되어 제2광학계에 포함되고, 제2에탈론필터의 FSR값은 제1에탈론필터의 FSR값과 동일하고, Finesse값은 7 ~ 14 범위를 갖는다.
- [0064] 본 발명에 따른 과장가변 광송신기에서, 제2에탈론필터가 제1에탈론필터와 동일한 서브마운트 위에 실장되어 제2열전소자의 동일한 온도제어를 받는다.
- [0065] 본 발명에 따른 과장가변 광송신기에서, 제2태플터와 제3수광기가 제2에탈론필터 후단에 삽입되어 제2광학계에 포함되고, 제2태플터의 반사도는 1 ~ 10% 값을 갖는다.
- [0066] 본 발명에 따른 과장가변 광송신기에서, 과장제어 구동점을 공진기 내부에 위치한 제1에탈론필터의 투과피크로부터 1 ~ 3dB 범위의 사면에 위치시킴으로써 과장정보검출기가 제공하는 공진기 내부 광파위의 변화량으로 제1에탈론피크 대비 액정과장가변필터의 투과피크 및 발진모드 각각의 상대적인 위치를 해석할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0067] 본 발명에 따르면, 두번째 etalon에 대한 별도의 복잡한 온도제어 설비 없이 환경온도 변화에 대한 안정적으로 전송품질을 유지할 수 있게 된다.
- [0068] 본 발명에 따르면, cavity 내와 광출력단이 비선형적으로 커플링 되는 과장가변 시스템에서 환경온도 변화에도 불구하고 SML phase 및 품질(SMSR)을 지속적으로 유지할 수 있도록 cavity 내의 미세한 모드 변화의 감지가 가능하면서 동시에 40nm 광대역 과장정보 추출이 가능하도록, cavity 내에 위치하면서 광잡음의 영향이 최소화 되는 WLL구조가 제공된다.
- [0069] 본 발명에 따르면, 두개의 TEC 온도가 독립적으로 각각 제어 되므로 온도제어에 대한 flexibility를 확장하며, TEC1에 대한 보다 정밀한 온도제어 능력을 가져다 준다. 뿐만 아니라 TEC2 위에 ECL 전체 시스템이 수용되므로 환경온도 변화에 따른 TOSA housing의 온도변화에 대응하여 cavity의 물리적인 변형이 최소화 되어 일정한 SML 품질이 유지된다.
- [0070] 본 발명에 따르면, 과장제어 구동점을 외부공진기 내에 위치한 etalon의 사면에 위치시킴으로써 과장정보검출기가 제공하는 cavity 내부 광파위의 변화량으로 선택된 채널의 fixed etalon peak를 기준으로 LCF peak의 상대적 위치 및 모드의 상대적 위치 정보를 획득하는 방법이 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0071] 도 1은 액정과장가변필터를 사용하는 종래의 과장가변 외부 공진기 광원 구조를 개략적으로 도시한 도면,
- 도 2는 액정과장가변필터를 사용하는 종래의 과장가변 외부 공진기 광원 구조의 다른 형태를 개략적으로 도시한 도면,
- 도 3은 액정과장가변필터를 사용하는 종래의 과장가변 외부 공진기 광원 구조의 발진 과장 선택 원리를 설명하는 도면,
- 도 4는 외부 사각파 전압 신호 크기에 따른 액정과장가변필터의 투과 스펙트럼을 나타내는 그래프,
- 도 5는 종래의 과장추출부 구조를 개략적으로 나타내는 도면,
- 도 6은 위상제어부가 집적된 LD칩 구조를 개략적으로 나타내는 도면,
- 도 7은 액정과장가변필터의 환경 온도에 따른 투과 중심 과장 변화를 나타내는 그래프,
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 과장 가변 송신기의 구조를 개략적으로 도시한 도면,
- 도 9는 선형 투과 필터의 투과 및 반사 특성을 나타내는 그래프,
- 도 10은 선형 투과 필터를 이용한 과장추출부 구조를 개략적으로 도시한 도면,
- 도 11은 액정과장가변필터 기반 과장 가변 외부공진기 광원에서 선형투과필터를 사용하여 추출한 과장 정보 특

성을 나타내는 그래프,

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 파장 가변 송신기의 구조를 개략적으로 도시한 도면,

도 13은 에탈론필터의 Finesse에 따른 분산 특성을 나타내는 그래프,

도 14는 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 파장 가변 송신기의 구조를 개략적으로 도시한 도면.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0072] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 이하의 설명에서 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0074] 도 8을 참고하여, 본 발명에서 제안하는 액정파장가변필터 외부공진형 TOSA(200) 구조를 설명한다.
- [0075] TOSA 하우징(50) 내부에는, 광대역 광원 LD칩(10), 콜리메이터렌즈(13), 제1탭필터(30), 파장추출부(60)를 포함하는 제1광학계(45)와 액정파장가변필터(21), 제1에탈론필터(20), 부분반사미러(22)를 포함하는 제2광학계(46)와 제1열전소자(43), 제1온도센서(44), 제2열전소자(41), 제2온도센서(40), 서브마운트(42)를 포함한다. 제1광학계(45)는 제1열전소자(43) 상부에 실장 되어 열 접촉된다. 제2광학계는 서브마운트(42) 상부에 실장 된다. 상기 제1열전소자(43)와 서브마운트(42)는 제2열전소자(41) 상부에 실장 되어 열 접촉된다. 서브마운트(42)는 열전달 효율이 우수한 WCu (tungsten copper), AlN (aluminum nitride) 재질로 가공되고, 제2광학계 부품 배치의 용이성을 위하여 금속 패턴 형상이 존재할 수 있다.
- [0076] 광대역광원 LD칩(10) 전면(12)은 1% 이하의 무반사 코팅되고, 후면(11)은 80% 이상의 고반사 코팅된다. 광대역 광원 LD칩(10)은, InP 기판 상부에 InGaAsP, InGaAlAs, InAlAs 등의 III-V 혹은 II-VI 족 원소의 조합으로 제작되고, 활성층은 multi-quantum-well (MQW) 혹은 bulk active 구조이다. 통상, 이러한 광대역광원 LD칩(10)은 반사형 레이저 다이오드 (Reflective laser diode, "R-LD") 혹은 반사형 광증폭기 (Reflective semiconductor optical amplifier, "R-SOA")로 불리운다.
- [0077] 제1탭필터(30)은 콜리메이터렌즈(13)에서 출사되는 광신호(33)의 일부분을 파장추출부(60)로 입력시키고, 나머지는 투과시킨다. 제1탭필터(30)의 반사도는 1 ~ 10% 범위가 바람직하다.
- [0078] 액정파장가변필터(21)의 투과 파장을 가변하기 위하여 외부 사각파 전압원(23)과 전기배선(22)을 통하여 전기적으로 접속된다. 액정파장가변필터의 외부 사각파 전압원(23)의 전압신호 크기에 따른 투과 파장 변화 그래프는 [도 4]에 도시되었다. 페브리페로형 액정파장가변필터(21)의 FSR값은, LD칩(10)의 이득파장대역보다 크게 설계됨으로써, 다른 차수의 투과 파장 대역에서 발진되는 것을 방지할 수 있다. 통상 LD칩(10)의 이득 파장 대역폭은 40 ~ 50nm 이므로, 액정파장가변필터(21)의 FSR값은 50nm 이상이 바람직하다. 또한, 페브리페로형 액정파장가변필터(21)의 3dB 투과대역폭은 현실적으로 인접채널과의 isolation을 위해서 1.6nm보다 작게 제작함이 바람직하다.
- [0079] 제1에탈론필터(20)의 FSR값은, 적용되는 DWDM 광통신망의 파장 그리드 간격과 동일하게 0.8nm (100GHz 파장 grid 간격), 0.4nm (50GHz 파장 grid 간격), 0.2nm (25GHz 파장 grid 간격) 등의 값을 갖는다. 또한, 안정적인 단일 모드 발진을 위하여 제1에탈론필터(20)의 3dB 투과대역폭 내부에 외부 공진 모드가 3개 이하가 되도록 설계된다. 통상 외부 공진 모드 간격이 0.05nm ~ 0.2nm 범위를 고려하면, 3dB 투과대역폭은 0.2nm 이하가 바람직하다. 에탈론 필터의 재질은 실리콘, 유리, LiNbO3, KTP 등이 가능하다.
- [0080] 부분반사미러(22)의 전면(25) 반사도는 10 ~ 60% 반사 코팅되고, 후면(26)은 0.2% 이하 AR 코팅된다. 파장가변 외부공진기(14)는 LD칩(10)의 후면(11)에서부터 부분반사미러(22)의 전면(25)까지이다.
- [0081] 도 10을 참조하여 파장추출부(60)의 구조를 설명한다. 선형파장필터칩(63), 제1수광기(314), 제2수광기(312)를 포함한다. 선형파장필터칩(63)의 전면(64)은 선형파장필터 코팅되어 있고, 후면(65)은 0.2% 이하 AR 코팅되어

있다. 정렬의 단순함을 위하여 선형과장필터칩(63)에 입사되는 광의 각도(66)  $\theta$ 는 43 ~ 47도 범위를 갖는다. 선형과장필터칩(63)의 전면(64)에서 반사되는 광(316)은 제1수광기(314)에 의해 검출되고, 투과되는 광(315)은 제2수광기(312)에 의해서 검출된다. 선형과장필터칩(63)의 투과특성그래프(61) 및 반사특성그래프(62)는 도 9에 도시하였다. C-band 과장 대역 (1528 ~ 1562nm)에서 사용하기 위하여, 1520 ~ 1570nm 범위에서 선형적인 투과 특성이 갖도록 제작된다. 도 9의 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 1520nm에서 투과값이 83% 및 반사값이 17%이고, 1570nm에서 투과값이 3% 및 반사값이 97%을 갖는다.

[0082] 광통신용 C-band 대역에서의 과장 정보 추출로서, 도 9의 과장선형필터의 투과(T) 및 반사(R) 특성 식은 아래 식(1)과 식(2)로 근사할 수 있다.

[0083] 식(1)  $T(\lambda) = 0.9 - 0.8 \times (\lambda - 1530) / 50,$

[0084] 식(2)  $R(\lambda) = 1 - T(\lambda).$

[0085] 상기 식(1)와 식(2)에서의  $\lambda$ 은 nm 단위의 과장 값이다. 상기 식(1)은 일시 예로서, 다양한 선형적인 식 및 과장 범위가 가능함을 주지의 사실이다. 또한, 아래 2가지 현실적인 가정을 사용하면

[0086] 가정(1): 외부공진광원이 형성되면, SMSR(side-mode suppression ratio) > 50dB 이상으로, 외부공진기 내부에 존재하는 광은 단일 과장으로 근사화 가능하다.

[0087] 가정(2): 선형과장필터(63)의 반사광(316)의 제1수광기 광결합효율과 투과광(315)의 제2수광기 광결합효율은 동일하다.

[0088] 과장 정보 추출 공식은, 식(1)와 식(2)을 이용하면 아래 식(3)과 같다.

[0089] 식(3)  $L(\lambda) = (L(2) - L(1)) / (L(2) + L(1)) \sim 2T(\lambda) - 1$

[0090]  $L(1) =$  제1수광기 전기신호

[0091]  $L(2) =$  제2수광기 전기신호

[0092] 식(1)에서  $T(\lambda)$ 가 과장에 대하여 선형적인 특성을 보이므로, 식(3)에 의한 과장 정보 신호  $L(\lambda)$  역시 과장에 대하여 선형적으로 변환다. 상기 식(3)의 과장 정보 추출 공식은 다양한 형태가 가능하다. 일 예로서, 아래 식(4), 식(5), 식(6)이 가능하다.

[0093] 식(4)  $L(\lambda) = L(1) / L(2) \sim 1 / T(\lambda) - 1$

[0094] 식(5)  $L(\lambda) = L(1) / (L(1) + L(2)) \sim T(\lambda)$

[0095] 식(6)  $L(\lambda) = L(2) / (L(1) + L(2)) \sim 1 - T(\lambda)$

[0097] 도 8의 과장가변외부공진기(14)에 과장추출부(60)을 적용하여 얻은 발진 과장 대비 과장 정보값의 일 예를 도 11에 도시하였다. 도 8의 과장가변외부공진기(14)에서 출력되는 발진 과장이 1532nm ~ 1562nm로 가변됨에 따라서 과장추출부(60)에서 출력되는 신호는 계단형태를 보인다. 이는 도 8의 과장가변외부공진기(14)의 액정과장가변필터(21)의 투과 과장 대역을 가변 시키면 제1에탈론필터(20)에 의하여 발진 과장이 불연속적으로 인접 DWDM 과장 채널로 모드 점프가 발생하기 때문이다. 도 11의 과장추출부(60)의 특성 일 예로부터, 사용 과장 전 대역에 걸쳐서, 현재 발진하고 있는 과장의 채널 정보를 추출할 수 있다.

[0098] 도 12를 참고하여, 본 발명에서 제안하는 액정과장가변필터 과장가변TOSA(300)의 다른 구조를 설명한다. 기본적인 구조는 도 8의 과장가변TOSA(200) 구조와 동일하나, 제2에탈론필터(301)가 부분반사미러(22) 후단에 추가되어 제2광학계(47)을 구성한다. 제2광학계(47)은 서브마운트(42)위에 실장되어 제2열전소자(41)와 열접촉된다.

[0099] 제2에탈론필터(301)의 FSR값은 제1에탈론필터(20)의 FSR값과 동일하고, Finesse값은 광섬유 전송 거리에 의한 분산을 사전에 보상하도록 설계된다. FSR 0.8nm를 갖는 제2에탈론필터(301)의 Finesse값에 따른 분산 특성 그래프가 도 13에 도시되었다. 제2에탈론필터(301)의 투과 과장 peak값( $\lambda_{peak}$ )과 과장가변외부공진기(14)에서 출사되는 광과장값( $\lambda$ )과의 offset값( $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_{peak}$ )이 x 축이고, y 축 값은 계산된 분산값이다. 광섬유는 C-band 과장 대역에서는 통상 +17ps/nm/km의 양의 값을 갖기 때문에 제2에탈론필터(301)을 이용하여 분산 보상하기 위해서는  $\Delta\lambda$ 값이 양의 영역을 사용한다. 일 예로서, Finesse가 7인 경우 최대 분산 보상 가능 값은

-250ps/nm로서 약 15km 광섬유 분산 보상이 가능하다. Finesse가 10인 경우, 최대 분산 보상 가능 값은 -510ps/nm로서 약 30km 광섬유 분산 보상이 가능하고, Finesse가 14인 경우, 최대 분산 보상 가능 값은 -1000ps/nm로서 약 59km 광섬유 분산 보상이 가능하다. 그리고, 발진 파장 값은  $\lambda_{peak}$ 값에서 약 10 ~ 40 pm offset이 있도록 제2에탈론필터(301)를 정렬한다.

[0100] 도 14를 참고하여, 본 발명에서 제안하는 액정파장가변필터 파장가변TOSA(400)의 또 다른 구조를 설명한다. 기본적인 구조는 도 12의 파장가변TOSA(300) 구조와 동일하나, 제2에탈론필터(301) 후단에 제2탭필터(317) 및 제3수광기(316)가 추가되어 제2광학계(48)을 구성한다. 제2광학계(48)은 서브마운트(42)위에 실장되어 제2열전소자(41)와 열접촉된다. 제2에탈론필터(301)에서 출사되는 광신호(34)는 제2탭필터(317)에 의해서 일부분 반사되어 제3수광기(316)으로 입사되고, 나머지는 광출력된다. 제2탭필터(317)의 반사도는 1 ~ 10% 범위가 바람직하다. 제3수광기(316)은 최종 출사되는 광파워를 측정하여 사용자에게 출력 광파워 정보를 제공한다. 파장추출부(60)에서 얻는 광파워 정보는 공진기(14) 내부의 광파워 정보로서 실제 부분반사미러(22)를 통과하여 출력되는 광파워와 선형적인 관계가 성립되지 않는다.

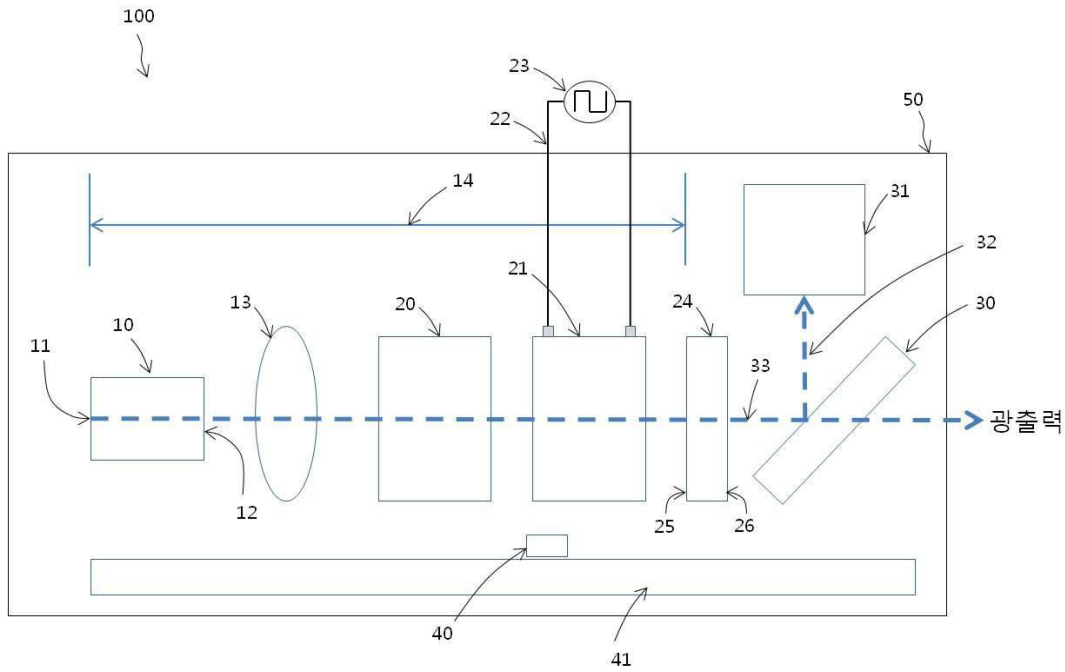
[0102] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시 예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

**부호의 설명**

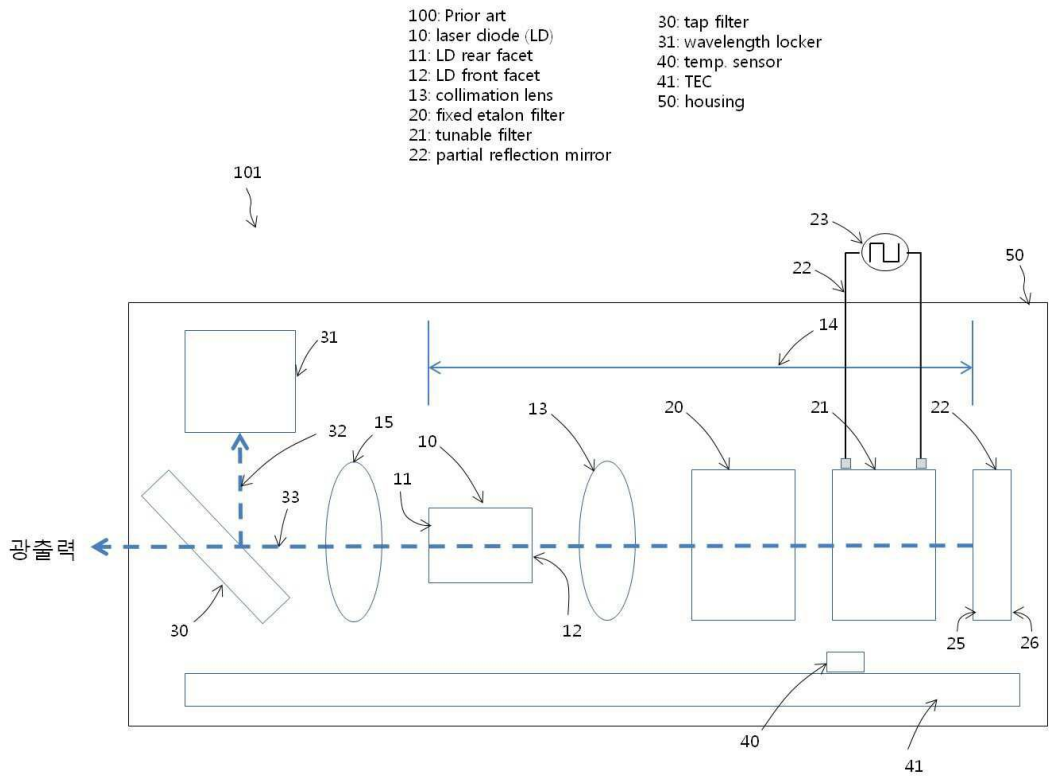
- [0103] 100, 101: 종래 파장 가변 광원 구조
- 10: 반도체 레이저 다이오드 칩
- 13: 렌즈
- 20, 301: 에탈론 필터
- 21: 액정파장가변필터
- 24: 부분반사미러
- 31, 60: 파장추출부
- 41, 43: 열전소자
- 30, 317: 탭필터
- 63: 선형파장필터
- 312, 314: 수광기

도면

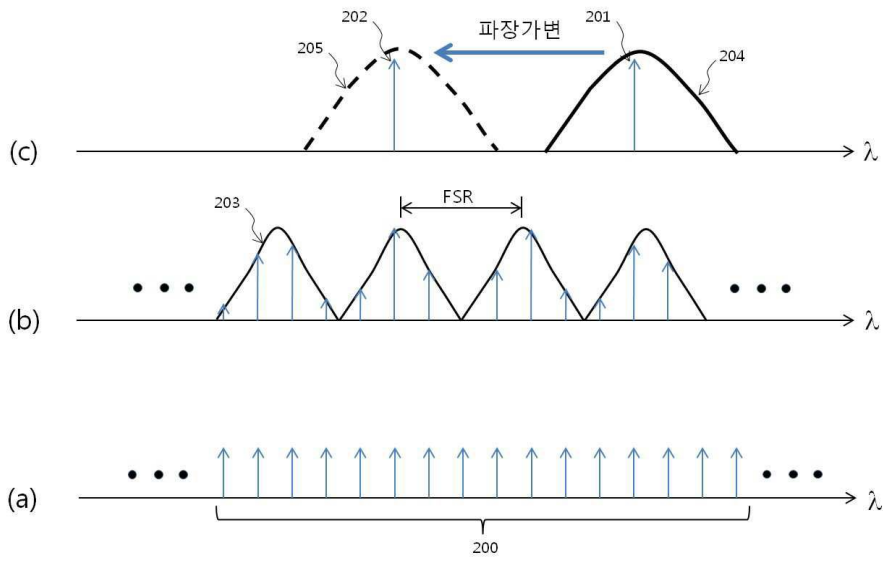
도면1



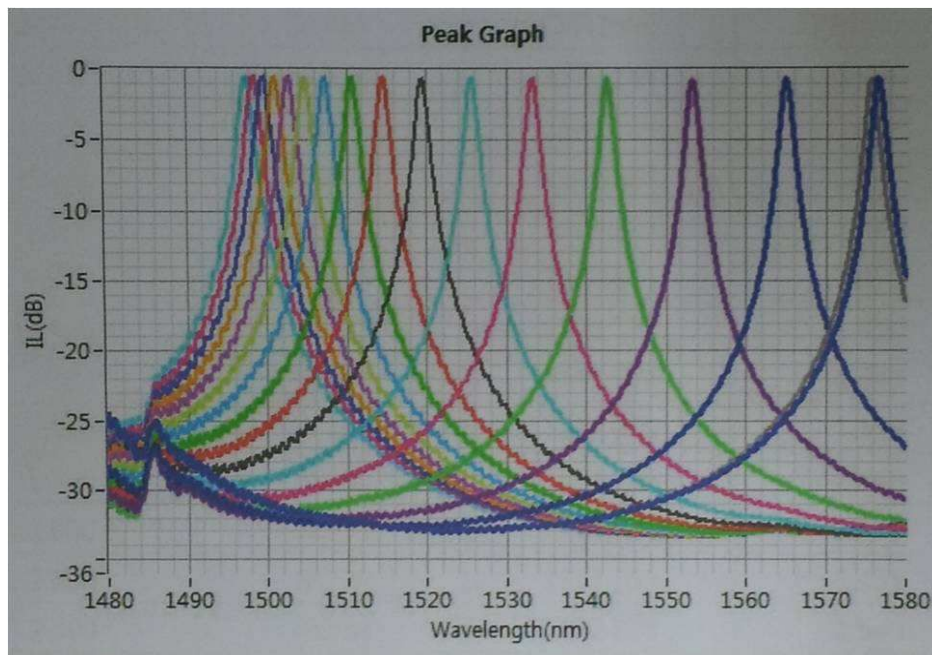
도면2



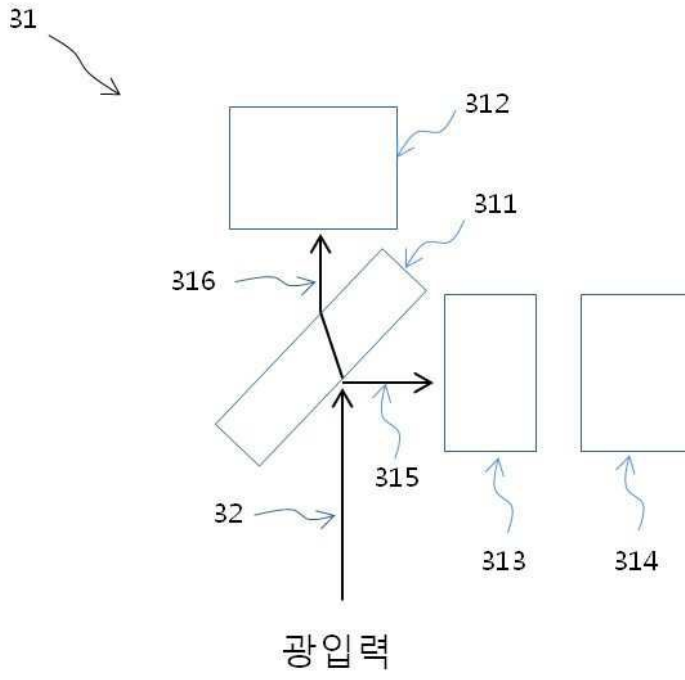
도면3



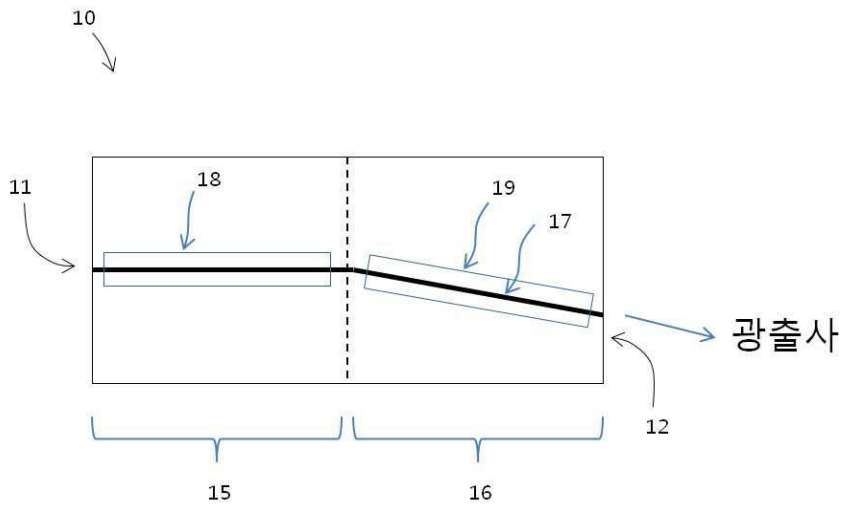
도면4



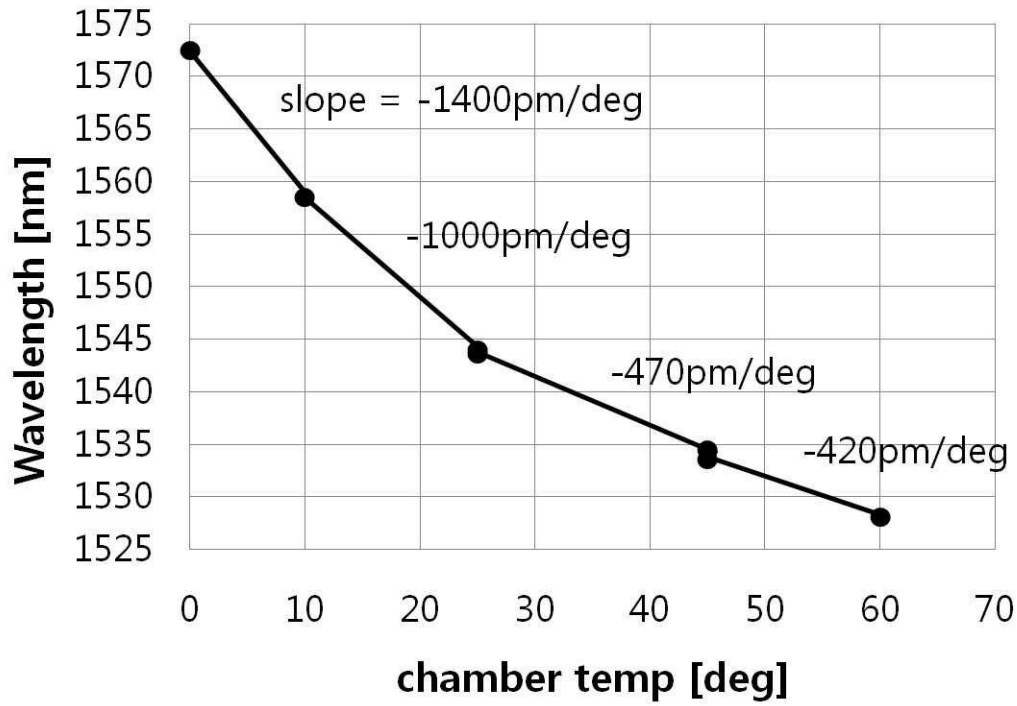
도면5



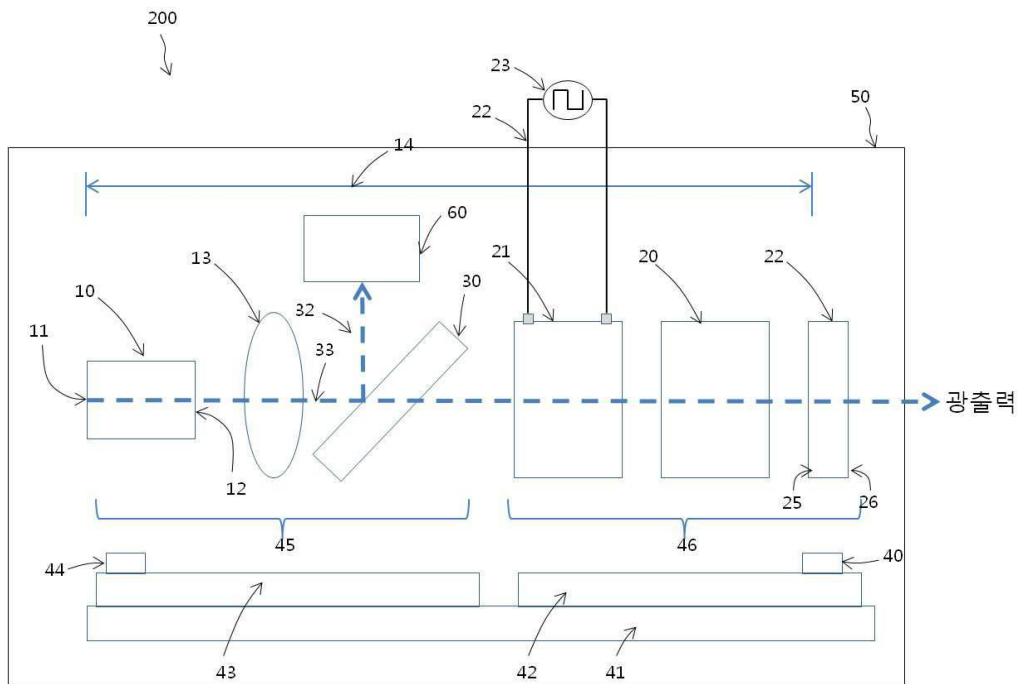
도면6



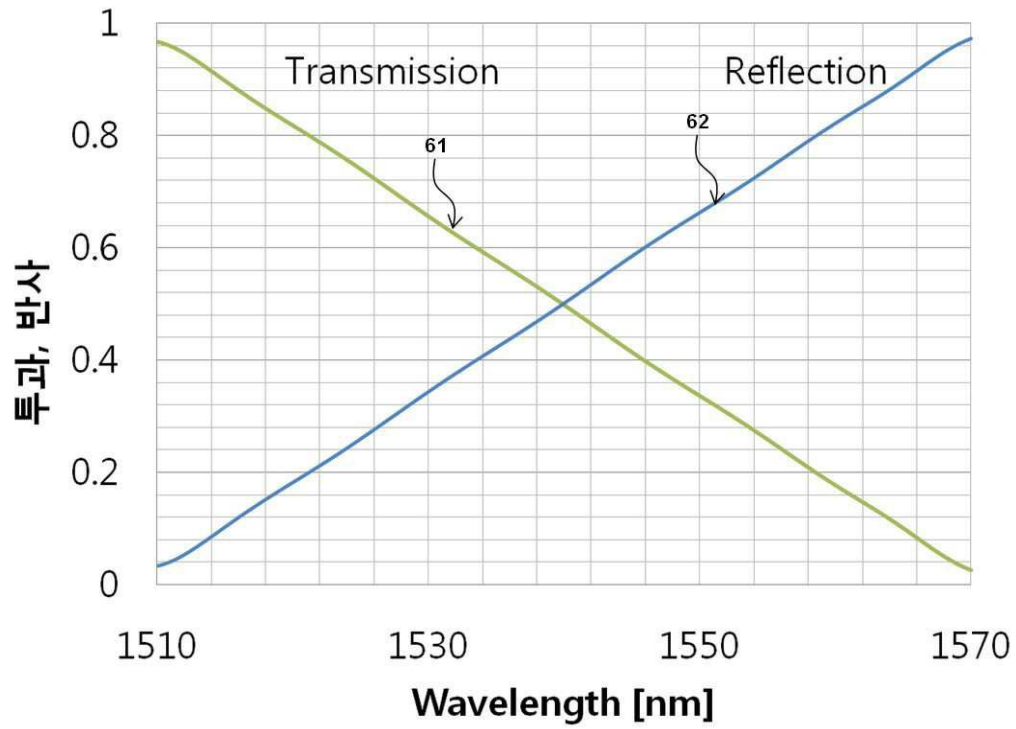
도면7



도면8

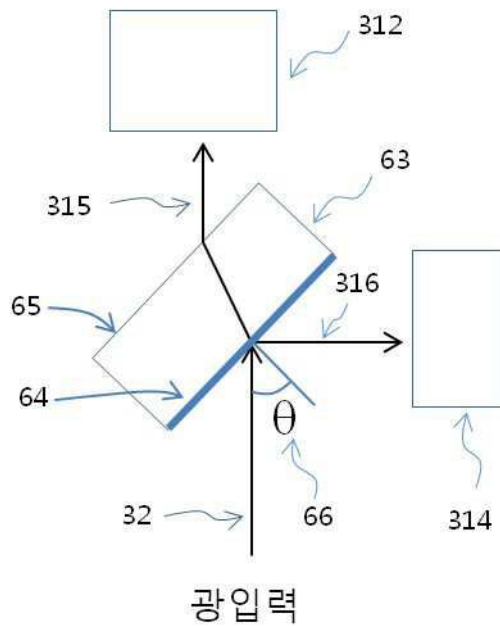


도면9

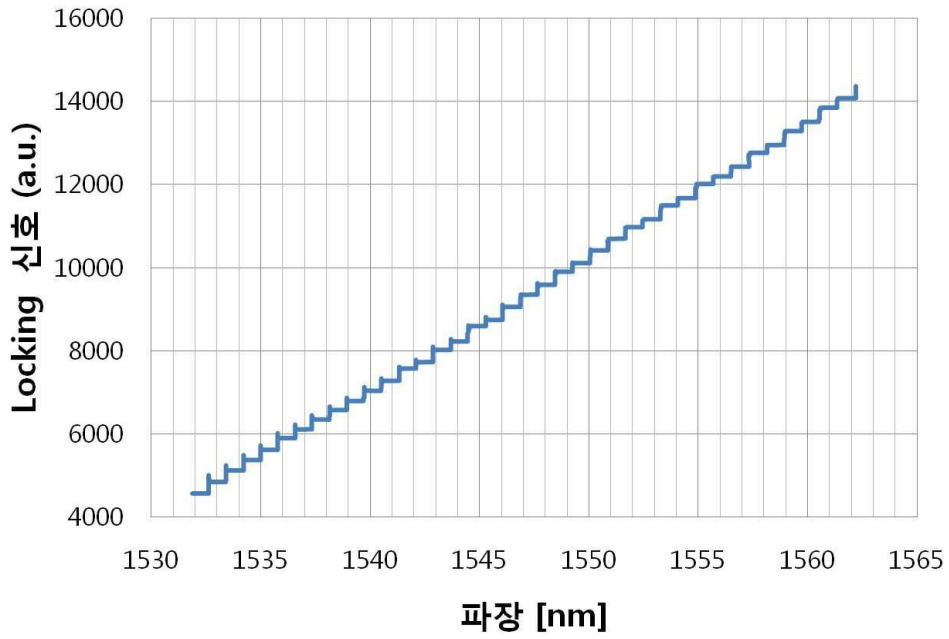


도면10

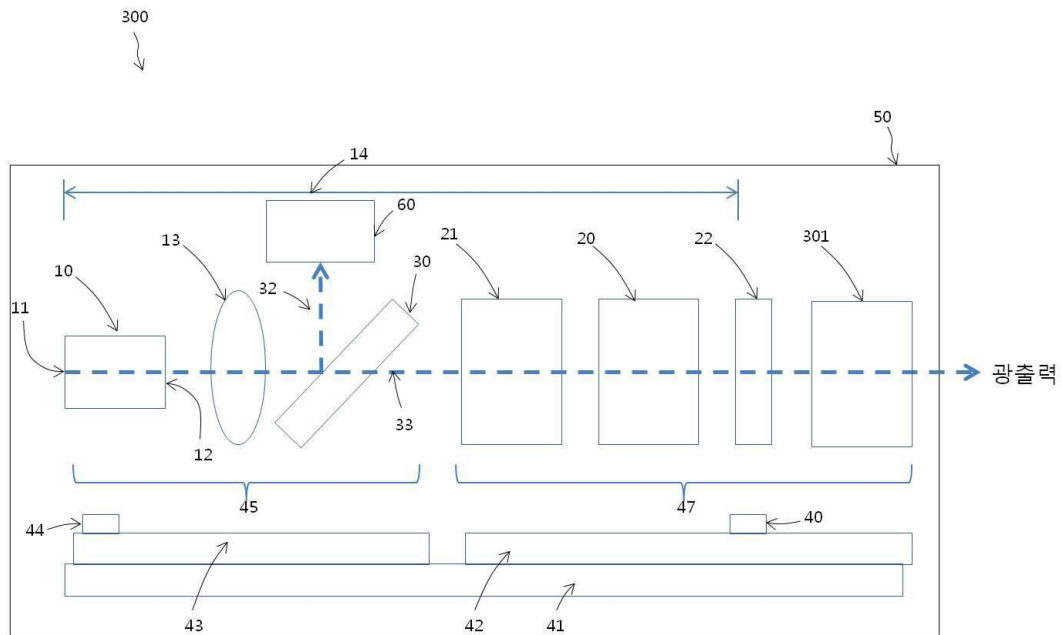
60



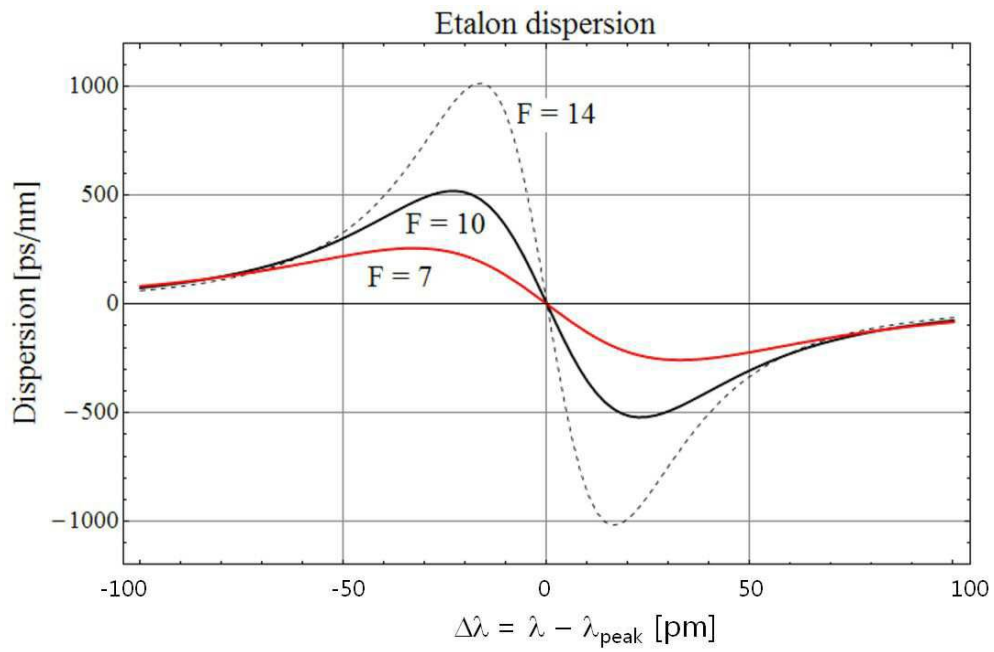
도면11



도면12



도면13



도면14

