

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

WO 2010/143763 A1

(43) 국제공개일

2010년 12월 16일 (16.12.2010)

PCT

- (51) 국제특허분류: H01S 3/10 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2009/003184
- (22) 국제출원일: 2009년 6월 15일 (15.06.2009)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2009-0052515 2009년 6월 12일 (12.06.2009) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): (주)엠이엘 (MEL) [KR/KR]; 대전 유성구 가정동 139-9 번지 KT 위성센터 1층, 305-350 Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 김
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 김병휘 (KIM, Byoung Whi) [KR/KR]; 대전 유성구 봉산동 199-2 102 호, 305-506 Daejeon (KR). 박만용 (PARK, Mahn Yong) [KR/KR]; 대전 유성구 신성동 145 호암빌라 303, 305-804 Daejeon (KR). 정건 (JEONG, Geon) [KR/KR]; 대전 유성구 하기동 송림마을 APT 301-406, 305-759 Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 권오식 (KWON, Oh-Sig) 등; 대전 서구 둔산동 921 주온리더스텔 4F, 302-120 Daejeon (KR).

- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

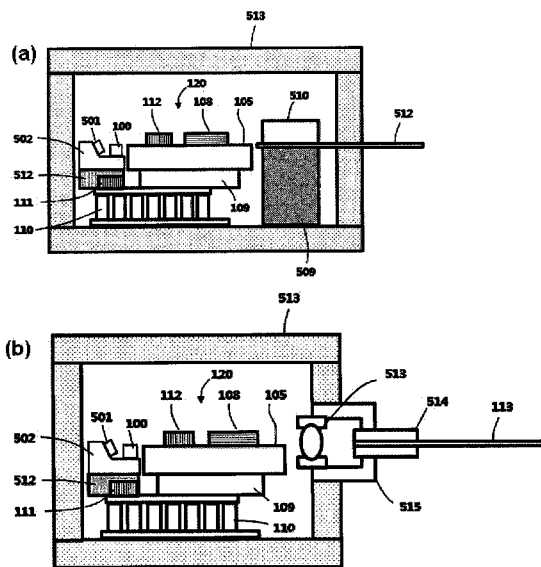
공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))
- 청구범위 보정서 및 설명서와 함께 (조약 제 19 조(1))

(54) Title: EXTERNAL CAVITY TUNABLE LASER MODULE

(54) 발명의 명칭 : 외부공진형 파장가변 레이저 모듈

도. 8



(57) Abstract: The present invention relates to an external cavity tunable laser module by the thermo-optic effect of a semiconductor optical waveguide. The tunable laser module according to the present invention comprises: a light source which generates the broadband light; a semiconductor optical waveguide of which one end is optically coupled with the light source; a Bragg grating which is formed on the optical waveguide; a thin film heater which is positioned in the upper part of the Bragg grating, and adjusts the reflection band of the Bragg grating by the thermo-optic effect; a first temperature sensor which is positioned in the upper part of the optical waveguide; a thermo-electric cooler (TEC) which is disposed in the lower part of the optical waveguide; a thermal insulating layer which is equipped between the optical waveguide and the TEC; and an optical fiber which is optically coupled with the other end of the optical waveguide.

(57) 요약서: 본 발명은 반도체 광도파로의 열광학효과에 의한 외부공진형 파장가변 레이저 모듈에 관한 것으로, 상세하게 본 발명에 따른 파장가변 레이저 모듈은 광대역 광을 발생하는 광원; 일 단이 상기 광원과 광결합된 반도체 광도파로; 상기 광도파로 상에 형성된 브래그 격자(Bragg grating); 상기 브래그 격자 상부에 구비되며 열광학 효과에 의해 상기 브래그 격자의 반사 대역을 조절하는 박막 히터; 상기 광도파로 상부에 구비된 제 1 온도센서; 상기 광도파로 하부에 구비된 열전냉각기(TEC; Thermo-Electric Cooler); 상기 광도파로

와 상기 열전냉각기 사이에 구비된 단열층; 및 상기 광도파로의 다른 일 단과 광결합된 광섬유;를 포함하여 구성된 특징이 있다.

WO 2010/143763 A1

명세서

외부공진형 파장가변 레이저 모듈

기술분야

- [1] 본 발명은 성숙한 반도체 공정 기술을 통해 제조 가능하고, 안정적이고 정확하게 파장 가변이 가능하며, 파장 가변시 발진 파장의 장기간 신뢰성 및 재현성이 우수한 외부공진형 파장가변 광모듈에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 최근 정보화의 진행과 인터넷 보급의 증가에 의한 통신 용량 수요의 증가에 따라 파장 다중분할(WDM; Wavelength Division Multiplexing, 이하 WDM) 광 시스템은 대역폭을 증가시키는 방법으로 광 신호의 전송 속도를 높일 뿐 아니라 파장 채널의 간격이 조밀해지면서 다채널화 되는 방향으로 발전하고 있는 추세이다.
- [4] 뿐만 아니라 가입자망에서의 통신 대역폭을 증가시키는 방법으로 WDM 기반의 수동형 광 네트워크(PON; Passive Optical Network)에 대한 관심이 점차 증가하고 있다.
- [5] WDM-PON은 중앙 기지국과 가입자간의 통신이 각 가입자에게 정해진 각각의 파장을 사용하여 통신이 이루어지는 방식으로 가입자별로 전용 파장이 사용되므로 보안이 우수하고, 대용량의 통신서비스가 가능하며, 가입자별 혹은 서비스별로 다른 전송기술(예를 들면, link rate, frame format 등) 적용이 가능한 장점을 갖는다.
- [6] 그러나, WDM-PON은 WDM 기술을 사용하여 단일 광 섬유에 여러 파장을 다중화하는 기술이므로 하나의 지역 기지국(RN; Remote Node)에 속하는 가입자 수만큼의 서로 다른 파장의 광원을 필요로 하게 된다.
- [7] 이러한 파장별 광원의 생산, 설치, 관리는 사용자와 사업자 모두에게 커다란 경제적 부담으로 작용하여 WDM-PON의 상용화에 걸림돌이 되고 있다.
- [8] 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 출력 광원의 파장을 선택적으로 제어할 수 있는 파장 가변형 광원의 적용방안이 활발히 연구되고 있다.
- [9] 파장 가변 반도체 레이저는 DFB(Distributed FeedBack) 레이저, DBR(distributed Bragg reflector) 레이저와 같은 단일 집적형 레이저와 외부공진 레이저(ECL; External Cavity Laser)로 구분할 수 있다.
- [10] DFB 레이저는 발진 파장이 격자의 주기와 유효 굴절률에 의해 결정되기 때문에 열에 의해 굴절률이 변하는 열광학 효과를 이용하여 발진 파장을 제어할 수 있다. 하지만 이득 열화로 인해 소자에 가할 수 있는 상대 온도는 매우 제한적이어서 10nm 이하의 파장가변 범위를 갖는다.
- [11] SG(sampled grating)-DBR 레이저의 경우 브래그 격자(Bragg Grating) 영역에

전류를 인가하여 발진 파장을 제어하기 때문에 열적으로 제어하는 DFB 레이저에 비해 파장 가변 범위가 넓고 제어 속도 또한 빠르다. 그러나 브래그 격자 영역에 인가된 자유 운반체(free carrier)에 의한 흡수 손실을 보상하기 위해 광 증폭기가 추가로 집적되어야 하고 제작 공정이 매우 복잡하기 때문에 저가형 광원으로 적합하지 않다.

- [12] 외부공진 레이저는 반사형 광 증폭기 또는 레이저 다이오드(LD)와 같은 광 이득 매질과 광섬유 브래그 격자 또는 평판 도파로 브래그 격자와 같은 파장 선택형 반사 필터의 광결합을 통해 공진기가 구성되어 반사 필터에서 이득 매질로 귀환되는 파장에 의해 발진 파장이 결정된다.
- [13] 광섬유 브래그 격자 또는 도파로 브래그 격자의 반사 파장은 격자 주기와 도파로의 유효 굴절률에 의해 결정되기 때문에 열에 의해 굴절률이 변하는 열광학 효과를 이용하여 반사 파장의 제어가 가능하다.
- [14] 광섬유 브래그 격자의 경우 광섬유의 재료인 실리카의 열광학 계수가 약 $1.1 \times 10^{-5}/K$ 로 광섬유 브래그 격자의 반사파장은 약 $0.01nm/K$ 의 매우 작은 온도 의존성을 갖는다. 따라서 광섬유 브래그 격자를 기계적으로 인장시키는 방법으로 격자 주기를 변화시키는 방법을 이용한다. 이와 같은 파장 가변 방법은 물리적 스트레스에 의해 광섬유 브래그 격자가 쉽게 손상되며 파장가변 범위 또한 크지 않다.
- [15] 반면 폴리머 기반의 도파로 브래그 격자의 경우 폴리머의 열광학 계수가 약 $-1 \times 10^{-4}/K \sim -3 \times 10^{-4}/K$ 로 실리카에 비해 10배 이상의 온도 의존성을 갖기 때문에 열광학 효과만으로 30nm 이상의 파장가변이 가능하다.
- [16] 일반적으로 폴리머 광도파로 기반의 외부공진 파장가변 레이저는 폴리머의 굴절률을 변화시켜 발진 파장을 가변하기 위해 광도파로 상단에 금속 박막 형태의 발열체를 이용하고, 외부 온도 환경과 무관한 동작을 위해 열전냉각기와 온도센서로 구성된 온도조절 장치를 이용한다.
- [17] 상기 구조에서 금속 박막 발열체의 온도가 증가할수록 발열체와 열전냉각기 사이의 온도 구배가 증가하고 발열체 영역의 도파로에 국부적인 스트레스(stress)를 가하게 된다.
- [18] 또한 열광학 효과를 이용한 폴리머 광도파로 기반의 파장가변 필터를 외부공진기형 레이저의 출력 커플러로 활용하는 기술은 장시간동안 폴리머 물질에 열이 인가됨에 따라 폴리머 물질의 변형(degradation)이 발생하며 온도 구배에 의해 국부적 응력이 발생하여 굴절률이 변화되며, 이에 따라 발진 파장의 안정성이 떨어지는 단점이 있으며, 특히, 100GHz 간격의 WDM 광통신 시스템에서 요구하는 수준의 안정성을 확보하기가 매우 어려운 단점이 있다.
- [19] 상기 원인에 의한 도파로의 유효 굴절률의 변화는 WDM 광통신 시스템에서 요구하는 수준의 파장 제어를 어렵게 할 뿐 아니라 파장가변 범위를 제한하는 원인이 된다.
- [20] 또한 금속 박막 발열체를 통해 폴리머에 장시간 국부적인 열을 가하게 될 경우

폴리머 물질의 변형을 야기하고 이는 다시 금속 박막 발열체에 스트레스를 가해 금속 박막 발열체가 열화되어 단락되는 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [21] 상술한 문제점들을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 성숙된 실리콘 반도체 공정을 근간으로 제조되어 생산 수율이 높고 단가가 낮으며 대량생산 가능한 외부공진형 파장가변 레이저 모듈을 제공하는 것이며, 파장 가변시 발진 파장의 안정성 및 재현성이 매우 높고, 열적/광학적/기계적 안정성 및 내구성이 높은 외부공진형 파장가변 레이저 모듈을 제공하는 것이며, 외부 열환경에 무관하며, 광결합 효율이 높고, 단시간 내에 안정적인 파장 가변이 가능한 외부공진형 파장가변 레이저 모듈을 제공하는 것이다.

[22]

기술적 해결방법

- [23] 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 광대역 광을 발생하는 광원; 일 단이 상기 광원과 광결합된 반도체 광도파로; 상기 광도파로 상에 형성된 브래그 격자(Bragg grating); 상기 브래그 격자 상부에 구비되며 열광학 효과에 의해 상기 브래그 격자의 반사 대역을 조절하는 박막 히터; 상기 광도파로 상부에 구비된 제1 온도센서; 상기 광도파로 하부에 구비된 열전냉각기(TEC; Thermo-Electric Cooler); 상기 광도파로와 상기 열전냉각기 사이에 구비된 단열층; 및 상기 광도파로의 다른 일 단과 광결합된 광섬유;를 포함하여 구성되는 특징이 있다.
- [24] 상기 광원은 광을 생성하는 반도체 레이저 다이오드칩 및 생성된 광의 세기를 검출하는 포토 다이오드를 포함하는 티오-캔(TO-CAN) 패키지된 광원이며, 상기 광원과 상기 반도체 광도파로는 광학 렌즈에 의해 광결합되며, 상기 광학 렌즈는 상기 티오-캔(TO-CAN) 패키지된 광원에 일체형으로 부착 구비된 특징이 있다. 이때, 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 제 2온도센서를 더 포함하며, 상기 제 2온도센서는 상기 단열층과 상기 열전냉각기 사이에 구비된 특징이 있다.
- [25] 상기 광원은 광분포 변형기(spot size converter)가 집적(integration)된 광대역 광을 생성하는 반도체 레이저 다이오드칩 및 생성된 광의 세기를 검출하는 포토 다이오드가 서브-마운트(sub-mount)에 실장된 광원이며, 상기 광원은 상기 열전냉각기 상부에 구비되고 상기 광원과 상기 광도파로는 맞대기 결합(butt coupling)에 의해 광결합되고, 상기 광원과 상기 열전냉각기 사이에 금속층이 구비된 특징이 있다. 이때, 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 제 2온도센서를 더 포함하며, 상기 제 2온도센서는 상기 금속층과 상기 열전냉각기 사이에 구비된 특징이 있다.
- [26] 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 광섬유를 지지하는 광섬유 지지체를

더 포함하며, 상기 광원, 브래그 격자가 형성된 상기 광도파로, 상기 박막 히터, 상기 제1 온도센서, 상기 열전냉각기 및 상기 제2 온도센서가 상기 단일 하우징 내에 구비되며, 상기 광섬유는 상기 광섬유 지지체에 의해 상기 하우징에 고정된 특징이 있다.

[27] 상기 광도파로와 상기 광섬유의 광결합은 광학 렌즈에 의한 결합(lens coupling) 또는 맞대기 결합(butt coupling)에 의한 특징이 있다. 바람직하게, 상기 광도파로와 상기 광섬유는 맞대기 결합에 의해 광결합되며, 상기 광섬유는 렌즈형 광섬유(Lensed Fiber)인 특징이 있다.

[28] 상기 광도파로는 하부 실리콘층, 매립 실리콘산화물층 및 상부 실리콘층을 포함하는 실리콘 온 인슐레이터(SOI; Silicon On Insulator) 기판에 형성되어, 실리콘 코어; 상기 매립 실리콘 산화물층인 하부 크레드; 공기 또는 실리콘 산화물인 상부 크레드를 포함하여 구성된 실리콘 광도파로인 특징이 있으며, 상기 브래그 격자는 상기 실리콘 코어의 선택적 식각에 의해 형성되며, 상기 브래그 격자는 공기 또는 실리콘 산화물로 이루어진 특징이 있다.

[29] 바람직하게, 상기 광도파로는 채널(channel)형, 림(rib)형 또는 리지(ridge)형의 실리콘 광도파로이며, 상기 브래그 격자는 하나 이상의 브래그 격자가 직렬 연결된 구조로, 상기 하나 이상의 브래그 격자는 서로 독립적으로, 1차, 3차, 5차 또는 $n(n>5)$ 인 홀수차 브래그 격자이다.

[30] 특징적으로, 상기 단열층은 유리(glass)이며, 상기 금속층은 높은 열전도도를 갖는 Al 또는 Cu이다.

[31] 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 제어부를 더 포함할 수 있으며, 상기 제어부는 상기 제1 온도센서 및 상기 제2 온도센서의 출력을 각각 입력받아, 상기 열전냉각기 및 상기 박막 히터에 인가되는 전압 또는 전류를 제어할 수 있다.

[32]

[33] 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 반도체 물질 기반의 파장가변 필터를 이용하고, 온도 센서 및 열전냉각기를 이용한 파장 잠금 기능을 통해 안정되고 재현성 및 신뢰성 있는 발진 파장을 얻을 수 있는 장점이 있으며, 성숙한 반도체 공정을 이용하여 파장가변 레이저모듈의 제조가 가능하여 생산 수율이 높으며 단가가 낮은 장점이 있으며, 특징적으로 SOI기반 실리콘 광도파로의 열적/기계적 안정성에 의해 파장 가변시 파장의 안정성 및 재현성이 높고, 장시간의 사용에도 신뢰도 높게 파장을 가변 할 수 있는 장점이 있다.

[34] 또한, 제1 온도센서, 제2 온도센서, 박막 히터 및 열전냉각기에 의해 엄밀하고 안정적으로 브래그 격자 필터에 의해 반사되는 파장을 제어 및 유지할 수 있으며, 엄밀하게 제어 유지되는 열 환경 및 실리콘의 열 안정성에 의해 매우 안정적인 파장 잠금 특성을 갖는 장점이 있다.

[35] 또한, 단일한 하우징에 광원, 브래그 격자가 형성된 광도파로, 박막 히터, 제1 온도센서, 열전냉각기 및 제2 온도센서를 포함하는 광모듈의 구성요소가

구비되어 열적/기계적 안정성 및 내구성이 높은 장점이 있다.

[36]

유리한 효과

[37] 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 반도체 물질 기반의 파장가변 필터를 이용하고, 온도 센서 및 열전냉각기를 이용한 파장 잠금 기능을 통해 안정되고 재현성 및 신뢰성 있는 발진 파장을 얻을 수 있는 장점이 있으며, 성숙한 반도체 공정을 이용하여 파장가변 레이저모듈의 제조가 가능하여 생산 수율이 높으며 단가가 낮은 장점이 있으며, 특징적으로 SOI기반 실리콘 광도파로의 열적/기계적 안정성에 의해 파장 가변시 파장의 안정성 및 재현성이 높고, 장시간의 사용에도 신뢰도 높게 파장을 가변 할 수 있는 장점이 있다.

[38] 또한, 제1 온도센서, 제2 온도센서, 박막 히터 및 열전냉각기에 의해 엄밀하고 안정적으로 브래그 격자 필터에 의해 반사되는 파장을 제어 및 유지할 수 있으며, 엄밀하게 제어 유지되는 열 환경 및 실리콘의 열 안정성에 의해 매우 안정적인 파장 잠금 특성을 갖는 장점이 있다.

[39] 또한, 단일한 하우징에 광원, 브래그 격자가 형성된 광도파로, 박막 히터, 제1 온도센서, 열전냉각기 및 제2 온도센서를 포함하는 광모듈의 구성요소가 구비되어 열적/기계적 안정성 및 내구성이 높은 장점이 있다.

[40]

도면의 간단한 설명

[41] 도 1은 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈의 일 구조이며,

[42] 도 2는 본 발명의 반도체 도파로 브래그 격자의 일 예로서 SOI 기판을 이용한 실리콘 도파로 브래그 격자의 구조를 도시한 것이며,

[43] 도 3은 본 발명의 SOI 기판을 이용한 링 도파로의 단일모드 광의 세기 분포를 도시한 것이며,

[44] 도 4는 본 발명의 실리콘 도파로 브래그 격자의 식각 깊이에 대한 광의 반사도와 반사대역을 전산 모사한 결과이며,

[45] 도 5는 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈의 일 예로, 광섬유와 광도파로가 맞대기 결합(도 5(a)) 또는 렌즈에 의한 광결합(도 5(b))한 예이며,

[46] 도 6은 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈에 구비되는 단열기판의 열 특성에 따른 광 도파로 영역의 상대 온도를 전산 모사한 결과이며,

[47] 도 7은 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈의 온도 제어 알고리즘을 도시한 것이며,

[48] 도 8은 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈의 다른 예로, 광섬유와 광도파로가 맞대기 결합(도 8(a)) 또는 렌즈에 의한 광결합(도 8(b))한 예이며,

[49] 도 9는 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈의 일 예에서 광원과 광도파로 사이 맞대기 결합에 의한 광결합시 광원과 광도파로 사이의 간격에

따른 광결합 효율을 전산 모사한 결과이다.

- [50]
- [51] *도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명*
- [52] 100 : 광원 120 : 파장가변 필터
- [53] 105 : 반도체 기관 106 : 반도체 광도파로
- [54] 107 : 브래그 격자 113 : 광섬유
- [55] 110 : 열전냉각기 111 : 제2 온도센서
- [56] 112 : 제1 온도센서 511 : 하우스
- [57] 109 : 단열층 512 : 금속층
- [58] 104, 513 : 광결합 렌즈
- [59]

발명의 실시를 위한 형태

- [60] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 외부공진형 파장가변 레이저모듈을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 또한 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [61] 이때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.
- [62] 본 발명에 따른 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 넓은 대역의 다파장 광을 출력하는 광원, 반도체 광 도파로, 상기 반도체 광 도파로 상에 형성된 브래그 격자, 상기 브래그 격자가 형성된 광도파로 상부에 위치하는 박막 히터(heater), 제1 온도 센서, 열전냉각기(TEC; thermo-electric cooler) 및 광섬유를 포함하여 구성되는 특징이 있으며, 보다 특징적으로, 제2 온도센서를 더 포함하여 구성된다.
- [63] 상기 광원은 상기 브래그 격자가 형성된 반도체 광 도파로의 일 단과 광결합되어 외부공진기를 구성하며, 상기 박막 히터에 의한 열광학 효과를 이용하여 상기 브래그 격자의 반사 파장 대역이 조절되며, 상기 반도체 광 도파로의 다른 단과 광결합된 상기 광섬유를 통해 공진에 의해 발진 파장이 출력되는 특징이 있다.
- [64] 상기 제1 온도센서는 상기 반도체 광도파로 상부에 위치하며, 정밀하고 안정적인 파장 잠김(wavelength-locking) 기능 실현을 위해 상기 광 도파로의 온도를 실시간으로 측정하여, 상기 박막 히터에 인가되는 전류를 조절하기 위함이다.
- [65] 외부공진형 파장가변 레이저모듈의 외부 환경 온도에 관계없이 상기 박막

히터에 인가된 전력에 대한 발열량을 제어하여 정밀한 열광학효과를 야기하기 위해, 상기 반도체 광도파로 하부에 열전냉각기가 위치하며, 상기 열전냉각기의 흡열량을 정밀하게 제어하기 위한 제2 온도센서가 상기 열전냉각기 상부에 위치하는 것이 바람직하다.

- [66] 상세하게, 상기 광원에서 출사된 광대역 광은 광결합에 의해 상기 반도체 광도파로의 코어에 입력되고, 상기 반도체 광도파로에 형성된 브래그 격자에서 반사되는 파장의 광이 상기 광원의 출사면으로 재입력되는 공진에 의해 상기 브래그 격자의 반사 대역의 중심파장을 갖는 발진 파장을 얻게 된다.
- [67] 상기 제2온도센서는 상기 반도체 광도파로와 상기 열전냉각기 사이에 구비되거나, 상기 광원이 상기 열전냉각기 상부에 위치하며 상기 제2온도센서가 상기 광원과 상기 열전냉각기 사이에 위치하는 특징이 있다.
- [68] 상기 광원과 상기 반도체 광도파로의 광결합은 광학렌즈(광결합 렌즈)에 의한 결합 또는 맞대기 결합(butt coupling)에 의한 것이며, 상기 반도체 광도파로와 상기 광섬유의 광결합은 상기 광원과 상기 반도체 광도파로의 광결합 형태와는 독립적으로 광학렌즈(광결합 렌즈)에 의한 결합 또는 맞대기 결합(butt coupling)에 의한 특징이 있다.
- [69] 상기 박막 히터는 금속 박막에 소정의 전기적 신호가 인가됨에 따라 줄열(Joule heat)을 생성하여 브래그 격자가 형성된 반도체 광도파로의 온도를 가변하고, 반도체 광도파로의 열광학 효과(열광학계수 $\sim 1 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$)에 의해 브래그 격자에서 반사되는 반사 파장 대역을 조절한다.
- [70] 상기 제1 온도센서 또는 상기 제2 온도센서는 열에 의해 전압, 저항 또는 전류량이 바뀌는 통상적인 온도 센서에 사용되는 소자를 포함하여 구성될 수 있으며, 일 예로 써미스터(thermistor)를 포함하여 구성될 수 있다.
- [71] 상기 열전냉각기는 소정의 전기적 신호에 의해 흡열이 발생하는 통상의 열전소자를 포함하여 구성될 수 있다.
- [72] 상기 광원은 반도체 광 증폭기 또는 반도체 레이저 다이오드 칩으로, 광의 출사면은 1% 이하의 AR(anti-reflection, 이하 AR) 코팅이 되어 있으며, 출사면의 반대면은 반사율이 80% 이상인 HR(high-reflection, 이하 HR) 코팅이 되어 있는 특징을 갖는다.
- [73] 바람직하게, 상기 광원은 광대역 파장 발진용 반도체 레이저 다이오드 칩으로, 광이 발생하는 활성층, 전류방지층, p-메탈(p-metal)층 및 n-메탈(n-metal)층을 포함하는 구조로, InP 기반상 InGaAsP, InGaAlAs, InAlAs 등의 3-5족 원소의 조합 또는 2-4족 원소의 조합으로 형성되며, 활성층은 다층 양자우물(multi-quantum-well) 또는 벌크 액티브(bulk active) 구조일 수 있다.
- [74] 상기 브래그 격자가 형성된 상기 광도파로는 하부 실리콘층, 매립 실리콘산화물층 및 상부 실리콘층을 포함하는 실리콘 온 인슐레이터(SOI; Silicon On Insulator) 기판을 이용한 실리콘 또는 인듐포스파이드(InP)와 같은 III-V족 원소의 조합의 반도체 물질인 특징이 있으며, 광도파로 코어는

- 기하학적으로 채널 구조, 림(rib) 또는 리지(ridge) 구조인 것이 바람직하다.
- [75] 상기 브래그 격자는 반도체 광 도파로에 광의 진행방향에 대해 일정한 주기를 갖는 홈을 형성하여 제작되며, 홈의 빈 공간(공기)이 브래그 격자를 형성하거나, 상기 홈에 실리콘산화물, 폴리 실리콘과 같은 도파로 코어 물질에 비해 굴절률이 작은 이종의 물질이 채워져 브래그 격자를 형성할 수 있다. 상기 브래그 격자의 격자 차수는 1차 이상의 홀수 차수를 갖는 것이 바람직하다.
- [76] 상기 광원은 광결합 렌즈가 일체형으로 부착 구비된 TO-CAN 패키지된 형태로 상기 반도체 광 도파로와 능동정렬을 통해 광 결합될 수 있으며, 단일 광 벤치(optical bench)상에 상기 광원과 상기 반도체 광 도파로가 광결합 렌즈 또는 butt 광 결합을 통해 광 결합되어 패키징될 수 있다.
- [77] 상기 광결합 렌즈는 광원 측과 반도체 광 도파로 측의 NA(numerical aperture)값이 각각 광원과 광 도파로의 NA 값과 같은 값을 갖는 것이 바람직하며, 각 면에 AR 코팅이 되어 있는 것이 바람직하다.
- [78] 상기 광원과 상기 반도체 광도파로의 광결합시, 결합 효율을 높이기 위해, 상기 반도체 광도파로는 상기 광원과 상기 반도체 광 도파로 사이의 프리 스페이스(free space)를 진행하는 광의 진행 방향과 스넬의 법칙을 만족하는 각도로 틸트(tilt)되어 있는 것이 바람직하다. 상기 틸트는 상기 반도체 광도파로의 광 입사면을 포함한 일부 영역의 틸트 및 상기 반도체 광도파로 전체의 틸트를 포함한다.
- [79] 상세하게, 상기 반도체 광 도파로의 광 입사면에 1% 이하의 반사도를 갖는 AR 코팅 되어 광 도파로 입사면에서의 반사를 최소화 하는 것이 바람직하며, 광의 진행방향에 대해 광 입사면이 4° 이상의 경사면을 가지며, 광 입사면에 대한 광의 입사 각도에 대해 스넬의 법칙을 만족하는 각도로 상기 광 도파로의 코어를 형성하는 것이 바람직하다.
- [80] 도 1은 본 발명의 외부공진형 파장가변 레이저 모듈의 일 구성도이다. 넓은 대역에서 다파장의 광을 생성하는 광원(100)과 파장가변 필터(120)가 광결합 렌즈(104)에 의해 광결합되어 상기 광원(100)의 후사면(103)과 상기 파장가변 필터(120)의 반도체 광도파로(106)상에 형성된 브래그 격자(107)가 공진기를 형성하여 상기 브래그 격자(113)에 의한 반사 파장에 해당하는 광이 공진되어 발진하고, 이와 같이 발진된 광이 광섬유(113)와 광 결합되어 출력되는 구조이다.
- [81] 상기 광원(100)의 출사면(102)은 출사면(102)에서의 반사에 의한 FP(Fabry-Perot) 모드 발진을 억제하기 위해 1% 이하의 AR 코팅이 되어 있으며, 후사면(103)은 외부 공진기의 Q-팩터(Q-factor) 향상을 위해 반사율이 80% 이상인 HR 코팅이 되어 있는 것이 바람직하다. 또한 상기 광원(100)의 광 도파로 영역(101)은 광 활성층 또는 광 활성층과 광결합된 수동 광 도파로로 구성되어 출사면(102)에서의 반사를 줄이기 위해 출사면(102)과 4도에서 8도의 각도를 갖도록 형성되고, 후사면(103)과는 수직이 되게 형성되어 큰 반사도를 얻도록 하는 것이 바람직하다.

- [82] 상기 광결합 렌즈(104)의 양면에 반사율이 1% 이하인 AR 코팅이 형성되어 상기 광원(100)에서 출력된 광 또는 상기 브래그 격자(113)에서 반사된 광이 렌즈 표면에서 반사되는 것을 방지하는 것이 바람직하다. 또한 최대의 결합 효율을 얻기 위해 상기 광결합 렌즈(104)는 비구면 렌즈로 광원 측의 NA(numerical aperture) 값은 광원(100)의 NA 값과 유사한 값을 갖고, 광 도파로(106) 측의 NA 값은 광 도파로의 NA 값과 유사한 값을 갖는 것이 바람직하다. 상기 광섬유(113)는 종단면은 렌즈형 광섬유이거나 단면이 4도 이상의 경사면을 갖고 스넬의 법칙을 만족하도록 틸트되어 있으며 1% 이하의 AR 코팅이 되어 있는 것이 바람직하다.
- [83] 상기 파장가변 필터(120)는 반도체 기관(105) 상에 내부 전반사를 통해 광이 진행되는 도파로 코어(106)를 형성하고 상기 코어상에 광이 진행하는 방향에 대해 일정한 주기를 갖는 홈을 형성하여 브래그 격자(107)를 제조한다. 상기 주기적인 홈은 광이 진행하는 도파로의 굴절률에 주기적인 섭동을 가하게 된다. 이때 상기 브래그 격자에 의해 반사되는 파장(λ_B)는 격자 방정식(식 1)에 의해 결정된다.
- [84] (식 1)
- [85] $m\lambda_B = 2 n_{\text{eff}} \Lambda$
- [86] 상기 식 1에서 m 은 격자 차수, n_{eff} 는 광도파로의 유효 굴절률, Λ 는 브래그 격자의 주기이다.
- [87] 상기 격자 방정식으로부터, 온도에 따른 브래그 반사 파장의 변화는 식 2와 같이 유도된다.
- [88] (식 2)
- [89] $m \frac{d\lambda_B}{dT} = 2 \frac{d(n_{\text{eff}} \Lambda)}{dT} = \lambda_0 \left(\frac{1}{n_{\text{eff}}} \frac{dn_{\text{eff}}}{dT} + \frac{1}{\Lambda} \frac{d\Lambda}{dT} \right)$
- [90] 상기 식 2의 상기 m , n_{eff} 및 Λ 는 상기 식1과 동일하며, 상기 λ_0 는 초기반사파장이다. 즉 온도에 대한 반사파장의 변화량은 온도에 대한 유효굴절률의 변화량과 격자 주기의 변화량의 합에 비례한다. 예를 들어 격자 차수, m 이 1이고, 초기 파장, λ_0 가 1550nm 인 실리콘 도파로 브래그 격자를 가정하면, 온도에 대한 반사 파장의 변화는 0.085 nm/K로 100GHz 간격의 16채널에 해당하는 12nm 가변을 위한 온도는 약 142K 임을 알 수 있다. 상기 예에서 실리콘의 열광학 계수, $\Delta n_{\text{eff}}/\Delta T$ 는 $1.9 \times 10^{-4}/K$ 이고 온도에 의한 주기의 변화는 무시했다.
- [91] 이와 같이 열광학 효과를 이용하여 상기 브래그 격자(107)의 반사파장을 조절하기 위해 상기 반도체 기관(105)상에 금속 박막 형태의 발열체를 포함한 박막히터(108)가 구비되는 것이 바람직하다. 상기 발열체는 Cr, Au, Ni, Ni/Cr, TiW 등의 금속 물질을 적절한 두께로 증착시켜서 형성한다.
- [92] 외부 환경온도에 관계없이 발열체에 인가된 전력에 대한 발열량을 일정하게 하기 위해 상기 반도체 기관(105) 하부에 열전냉각기(110)와 써미스터(thermistor)를 포함하는 제2 온도센서(111)로 구성된 온도 조절장치가

구비되는 것이 바람직하다.

- [93] 이때 상기 발열체의 소모전력을 최소화하기 위해 상기 반도체 기판(105)과 상기 열전냉각기(110) 사이에 단열층(109)을 구비하는 것이 바람직하다. 또한 상기 브래그 격자(107)에 인가되는 온도를 실시간으로 감시하여 다시 상기 발열체에 인가되는 전류를 조절하기 위한 제1 온도 센서(112)를 상기 반도체 기판(105) 상에 실장하는 것을 특징으로 한다.
- [94] 도 2는 상기 파장가변 필터(120)의 일 실시 예로 SOI(silicon-on-insulator) 기판(201)을 이용한 실리콘 도파로 브래그 격자의 구조도이다. 도 2의 일 예에서, 광 도파로의 기하학적 구조는 립 도파로 구조로 립 영역(203)과 슬랩 영역(204)으로 구성된다. 상기 립 도파로(202)는 SOI 기판(201)의 상부 실리콘 영역에 형성된다. 이때 상기 립 도파로(202)의 단면에 대해서 수직 방향으로는 립 도파로(202) 하부에 형성된 매립 실리콘 산화물층인 절연층(205)과 상부의 공기층 또는 실리콘 산화물과 같은 실리콘에 비해 굴절률이 낮은 덮개층(미도시)에 의해 광이 갇히게 되고, 수평방향으로는 립 영역(203)에 의한 유효 굴절률 차이로 광 가둠 및 손실 없는 전파가 가능하다. 이때 상기 립 도파로(202)는 립 영역(203)의 폭(W)와 높이(H) 및 슬랩 영역(203)의 높이(h) 사이의 관계가 하기의 식 3을 만족할 때 단일 모드 조건이 된다.
- [95] (식 3)
- [96] $W/H < r/\sqrt{1-r^2}$
- [97] 여기서 r은 립 영역(202)에 대한 슬랩 영역(203)의 비(h/H)로 0.5보다 크고 1보다 작은 값이며, 립 영역의 높이 H는 식 4와 같은 제한 조건을 만족해야 한다.
- [98] (식 4)
- [99] $H \geq \lambda/\sqrt{n_{Si}^2 - n_{SiO_2}^2}$
- [100] 식 4에서 λ 는 자유 공간에서의 빛의 파장, n_{Si} 와 n_{SiO_2} 는 각각 Si와 SiO₂의 굴절률을 의미한다.
- [101] 예를 들어 W=4 μ m, H=5 μ m 그리고 h=2.5 μ m인 립 도파로의 단일 모드 광세기 분포를 도 3에 도시하였다.
- [102] 도 2에 도시한 것과 같이 브래그 격자(107)는 립 도파로(202)의 상부에 일정한 주기를 갖는 홈을 형성하여 제작된다. 본 발명에서 식각 방법을 이용하여 홈을 형성하며 일반적으로 반응성 이온 식각(RIE; reactive ion etching)을 이용한 건식 식각 방법이 바람직하다.
- [103] 상기 브래그 격자(107)를 제작함에 있어 브래그 격자에 의한 반사 광의 파장은 앞에서 설명한 것과 같이 격자의 주기(Λ)에 비례하고, 반사도와 반사대역은 홈의 깊이(d)와 격자 길이(L)에 의존한다. 상기 예를 통한 립 도파로 구조에서 격자 차수가 1이고 격자 길이, L=300 μ m 인 경우 홈의 깊이(d)에 따른 반사 광의 반사도와 FWHM(full width half maximum)의 전산 모사 결과를 도 4에 나타내었다.
- [104] 도 4에서 알 수 있듯이, 홈의 깊이(d, 도 4에서는 etch depth로 표시)가

증가할수록 반사도가 증가하며 FWHM 또한 증가한다. 일반적으로 격자 길이(L)이 증가하면 반사도가 증가하고 FWHM이 감소하는 경향이 있다. 따라서 식각 깊이와 격자 길이의 제어를 통해 원하는 반사도와 FWHM을 갖는 브래그 격자의 제작이 가능하다.

- [105] 상기 브래그 격자(107)는 덮개층으로 채워지는 질 수 있다. 이때 상기 덮개층은 열적 산화막 혹은 화학 기상 증착법으로 증착된 실리콘 산화물로 형성되는 것이 바람직하다.
- [106] 상기 브래그 격자(113)는 1차 또는 3차 이상의 홀수의 고차 차수를 이용하는 것이 바람직하다.
- [107] 도 5(a) 와 도 5(b)는 도 1을 통해 설명한 본 발명의 외부공진형 파장가변 레이저 모듈의 구조를 실현하기 위한 일 실시 예이다. 광원(100)은 광결합 렌즈(104)를 포함하는 티오-캔(TO-CAN) 형태로 패키징되고, 단일한 하우징(511)에 패키징된 파장가변 필터(120)와 상기 광결합 렌즈(104)를 통해 광 결합된 구조이다.
- [108] 보다 상세하게 설명하면, 상기 광원(100)은 광 출력 세기 변화를 감시하기 위한 포토다이오드(501)를 포함하며, 'L'자 형태의 서브-마운트(sub-mount, 502)에 실장되고, 상기 서브-마운트(502)는 스템(504) 상부에 위치하게 된다. 이때 상기 스템(504) 상부, 서브-마운트(502) 하부에는 광원(100)의 광 이득이 외부 환경 온도에 관계 없이 일정하게 유지될 수 있도록 열전냉각기와 써미스터를 포함하는 제2 온도센서를 포함하는 온도조절 장치(503)가 위치한다. 또한 상기 광원(100)과 포토다이오드(501) 또는 상기 온도조절장치(503)를 구동시키기 위한 리드-프레임(lead-frame, 505)이 상기 스템(504)에 구비되어 상기 광원(100), 포토다이오드(501), 온도조절장치(503) 등과 와이어 본딩(wire-bonding)된다. 광결합 렌즈(104)는 기밀 실링(hermetic-sealing)을 위한 캡(cap, 506)의 윈도우(window) 상부에 상기 광원(100)에서 출력되는 광축에 윈도우-글래스(window-glass, 507)와 함께 정렬되어 실장된다.
- [109] 파장가변 필터(120)는 도 1 및 도 2를 통해 상술한 바와 같이 브래그 격자가 형성된 광도파로가 구비된 기판(105)상에 금속 박막 발열체를 포함한 박막 히터(108)와 제1 온도 센서(112)가 위치한다. 열전냉각기(110)와 써미스터를 포함한 제2 온도센서(111)로 구성된 온도조절장치를 하우징(511)의 내부 바닥면에 부착하고 상기 열전냉각기(110)의 상부에 단열층(109)을 실장한 후 상기 단열층(109)의 상부에 상기 반도체 기판(105)을 실장한다. 이때 상기 하우징(511)의 내부 바닥면에 부착되는 열전냉각기(110)의 면은 히팅(heating) 면으로 방열 효율을 높이기 위해 상기 하우징(511)은 Al과 같은 열전도도가 큰 금속 물질로 제작되는 것이 바람직하고 상기 열전냉각기(110)의 접착시 열전도도가 큰 열경화 수지를 사용하여 접착하는 것이 바람직하다.
- [110] 상기 하우징(511)은 상기 온도조절장치, 발열체 및 온도센서 등의 구동을 위한 리드-프레임(lead-frame, 미도시)을 측면 또는 하면에 구비하고 기밀-실링(hermetic-sealing) 되는 것이 바람직하다.

[111] 상기 광원(100)과 파장가변 필터(120)에 의해 형성된 공진기 구조에서 발진된 단일 파장 광은 광섬유(113)를 통해 출력되는데 상기 광섬유(113)와 반도체 광도파로(106)의 광결합 효율을 높이기 위한 구조로 렌즈형 광섬유(512)를 사용하거나 광결합 렌즈를 사용하는 것이 바람직하다. 렌즈형 광섬유(512)를 사용하는 경우도 5a와 같이 상기 렌즈형 광섬유(512)를 고정시키기 위해 V-그루브(groove)를 포함하는 광섬유 지지체(509)를 이용하여 상기 단열층(109) 상에 실장하는 것이 바람직하다. 상기 렌즈형 광섬유(113)와 상기 지지체(509)는 금속 패를 이용하여 레이저 웰딩(laser-welding)을 통해 고정하거나 열경화 또는 자외선 경화 수지를 이용하여 고정하고 추가의 덮개 지지체(510)를 이용하여 접착 강도를 높일 수 있다. 광결합 렌즈를 사용하는 경우도 5 (b)와 같이 광섬유(113)는 금속 패(514)에 고정되어 광결합 렌즈(513)와 함께 상기 광결합 렌즈(513)의 초점거리만큼의 간격을 갖도록 금속 슬리브(515)에 고정되는 것이 바람직하다. 이때 상기 광결합 렌즈(513)는 비구면 렌즈로 광섬유(113) 측과 광도파로(106) 측의 NA 값이 각각 광섬유(113)와 광도파로(106)의 NA 값과 유사한 값을 갖고, 양면에 반사율이 1% 이하인 AR 코팅이 형성되어 렌즈 표면에서 반사되는 것을 방지하는 것이 바람직하다.

[112] 상기 단열층(109)은 열 전도도가 큰 경우 파장가변을 위한 상기 발열체(108)에 인가되는 전류에 따른 온도 제어가 빠른 반면 상기 열전냉각기(110)를 통한 방열 효율이 매우 크기 때문에 소모전력이 크고, 반대로 상기 단열층(109)의 열 전도도가 작은 경우 소모전력이 감소하지만 온도 제어 속도가 느려진다. 단열층(109)의 종류에 따른 광도파로 영역의 상대온도를 전산 모사한 결과를 도 6에 나타내었다. 전산모사에서 반도체 기판(105)은 100 μ m 두께의 SOI 기판을 가정하였고, 단열층(109)의 두께는 50 μ m로 가정하였으며, 전산모사에 사용된 단열층(109) 물질은 실리콘, 퀴츠(Quartz) 또는 유리이다. 상기 물질들의 열 용량과 열전도도를 아래의 표 1에 정리하였다.

[113] (표 1)

[114]

	Heat capacity [x 10 ⁶ J/K/m ³]	Thermal conductivity [W/m/K]
<i>Silicon</i>	<i>1.66</i>	<i>149</i>
<i>Quartz</i>	<i>3.0</i>	<i>2.13</i>
<i>Glass</i>	<i>2.18</i>	<i>0.93</i>

[115] 도 6의 전산모사는 발열체(108)가 실장된 반도체 기판(105)의 횡단면으로 2차원 근사를 하였으며, 경계조건으로는 상기 단열층(109)의 하부는 히트-싱크(heat-sink)에 접촉되고 계산 영역의 나머지 상부 및 좌, 우면은 완전한 단열면으로 간주하였다. 상기와 같은 조건에서 발열체에 300mW의 전력을 인가했을 때의 전산모사 결과는 광도파로 영역(Y축 위치로 54 μ m에서 59 μ m까지이다.)의 상대 온도가 실리콘 기판의 경우 약 17K, 퀴츠의 경우 약

49K이고 유리의 경우 약 120K이다. 앞에서 언급한 것과 같이 단열층(109)의 열전도도가 작을수록 발열체에 인가된 전력에 대한 발열량이 증가함을 알 수 있다.

[116] 본 발명의 단열층(109)은 열전도도가 작은 유리인 특징이 있으며, 상기 단열층(109)의 두께를 증가시키고 파장가변 필터의 반도체 기관과의 접촉 면적을 감소시켜서 파장가변을 위한 발열체(108)의 전력소모를 최소화 한다.

[117] 그러나 상술한 바와 같이 위와 같은 구조에서 온도 제어 속도가 감소하여 파장가변시 긴 안정화 시간이 요구된다. 이와 같은 문제를 위해 본 발명에서는 도 1 및 도 5에 명시한 것과 같이 광도파로가 형성된 반도체 기관(105)상에 제 1온도센서(112)를 구비하여 박막 히터(108)에 의한 상기 광도파로가 형성된 반도체 기관(105)의 온도를 실시간 감시 및 제어하여 파장가변시 온도 안정화에 따른 파장 안정화 시간을 감소시킬 수 있다.

[118] 본 발명의 파장가변 외부공진 레이저는 제어부를 더 포함하여 구성될 수 있으며, 본 발명의 파장가변 외부공진 레이저를 적용한 광트랜시버를 WDM-PON 광 링크에서 운용할 경우 외부에서 채널 설정 신호가 입력되는 경우를 가정하여 온도 제어 알고리즘을 도 7에 도시하였다. 외부에서 채널 설정 신호가 입력되면 먼저 온도조절장치의 열전냉각기(110) 인가 전류를 광트랜시버의 EPROM에 저장된 채널별 제어 값을 참조하여 조절하여 안정화 되면 발열체(108) 인가 전류를 제어하고, 동시에 제1 온도센서(112)의 저항 값 감시를 통해 상기 EPROM에 저장된 채널별 온도센서(112)의 저항 참조 값과 비교하여 박막 히터(108) 인가 전류를 제어하여 온도 센서의 저항 값이 참조 값에 수렴되도록 한다. 이와 같은 온도의 실시간 감시 및 피드백을 통한 제어를 통해 보다 빠른 온도 안정화 및 이에 따른 빠른 파장 안정화가 가능하다.

[119] 도 8a와 도 8b는 본 발명에서 제시하는 외부공진형 파장가변 레이저 모듈의 다른 일 실시 예로도 5의 실시예와는 달리 광원(100)과 파장가변 필터(120)가 동일 하우징(513) 내에 패키징 되는 구조이다. 상기 광원(100)은 발진 광의 세기 변화를 감시하기 위한 포토다이오드(501)와 함께 'L'자형 서브-마운트(502)에 실장되고, 상기 서브-마운트(502)의 하부에는 열 전도도가 우수한 Cu 또는 Al의 금속층(512)이 위치하며, 상기 금속층(512)에 상기 서브-마운트가 고정되어 온도조절장치를 구성하는 열전냉각기(110)의 상부에 실장된다.

[120] 상기 광원(100)과 상기 파장가변 필터(120)의 광도파로는 맞대기-결합(butt-coupling)을 통해 광결합되어 공진기를 형성하게 된다. 이때 광원(100)의 출사면과 광도파로의 단면 사이의 간격에 따라 광결합 효율이 달라지게 된다.

[121] 상기 광원(100)으로부터 출력되는 광이 퍼지는 각도(beam divergence angle)를 22.8°로 가정하고 광도파로는 실리콘 립 도파로 구조로, 립 도파로의 폭과 높이가 각각 4 μ m와 5 μ m이고, 슬랩 도파로의 높이가 2.5 μ m인 경우에 대하여 광원의 출사면과 광도파로의 단면 사이의 간격에 따른 광결합 효율을 전산 모사한

결과를 도 9에 도시하였다. 간격이 10 μm 인 경우 최대 광결합 효율은 약 70%이고, 1dB 손실 허용 가능한 정렬 오차 범위는 수평, 수직방향에 대해 각각 2.5 μm 와 3.5 μm 이다. 반면 간격이 20 μm 인 경우 최대 광결합 효율은 약 45%로 약 40% 감소한 반면 1dB 손실 허용 가능한 정렬 오차 범위는 수평, 수직 방향에 대해 각각 6 μm 이상으로 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 간격이 작을수록 광결합효율은 증가하는 반면 정렬오차 허용범위가 감소하고 반대로 간격이 클수록 광결합효율은 감소하는 반면 정렬오차 허용범위가 커지는 것을 알 수 있다.

- [122] 따라서 광결합 렌즈를 사용하지 않고 맞대기 결합(butt-coupling)을 통해 광결합하는 경우에 높은 광결합 효율을 얻기 위해서는 광원(100)에서 출사되는 광의 퍼짐 각도를 줄이기 위한 광분포 변형기(SSC; Spot Size Converter)가 상기 광원(100)에 집적되는 것이 바람직하다. 또한 광원(100)의 출사면과 광도파로의 입사면 사이의 간격이 30 μm 이내가 되는 것이 바람직하다. 광 출력단은 도 5a와 도 5b의 일 실시 예를 통해 설명한 것과 같이 렌즈형 광섬유(512)를 이용하거나 광결합 렌즈(513)를 이용하는 것이 바람직하다.
- [123] 이상, 본 발명의 바람직한 실시형태를 도면 및 예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시 형태에 한정되지 않고, 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있다.

청구범위

- [1] 외부공진형 파장가변 레이저모듈로,
 광대역 광을 발생하는 광원;
 일 단이 상기 광원과 광결합된 반도체 광도파로;
 상기 광도파로 상에 형성된 브래그 격자(Bragg grating);
 상기 브래그 격자 상부에 구비되며 열광학 효과에 의해 상기 브래그 격자의
 반사 대역을 조절하는 박막 히터;
 상기 광도파로 상부에 구비된 제1 온도센서;
 상기 광도파로 하부에 구비된 열전냉각기(TEC; Thermo-Electric Cooler);
 상기 광도파로와 상기 열전냉각기 사이에 구비된 단열층; 및
 상기 광도파로의 다른 일 단과 광결합된 광섬유;
 를 포함하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [2] 제 1항에 있어서,
 상기 광원은 광을 생성하는 반도체 레이저 다이오드칩 및 생성된 광의
 세기를 검출하는 포토 다이오드를 포함하는 티오-캔(TO-CAN) 패키지된
 광원이며,
 상기 광원과 상기 반도체 광도파로는 광학 렌즈에 의해 광결합되며,
 상기 광학 렌즈는 상기 티오-캔(TO-CAN) 패키지된 광원에 일체형으로
 부착 구비된 것을 특징으로 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [3] 제 2항에 있어서,
 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 제 2온도센서를 더 포함하며,
 상기 제 2온도센서는 상기 단열층과 상기 열전냉각기 사이에 구비된 것을
 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [4] 제 1항에 있어서,
 상기 광원은 광분포 변형기(spot size converter)가 집적(integration)된 광대역
 광을 생성하는 반도체 레이저 다이오드칩 및 생성된 광의 세기를 검출하는
 포토 다이오드가 서브-마운트(sub-mount)에 실장된 광원이며,
 상기 광원은 상기 열전냉각기 상부에 구비되고 상기 광원과 상기
 광도파로는 맞대기 결합(butt coupling)에 의해 광결합되고,
 상기 광원과 상기 열전냉각기 사이에 금속층이 구비된 것을 특징으로
 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [5] 제 4항에 있어서,
 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 제 2온도센서를 더 포함하며,
 상기 제 2온도센서는 상기 금속층과 상기 열전냉각기 사이에 구비된 것을
 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [6] 제 3항 또는 제 5항에 있어서,
 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 광섬유를 지지하는 광섬유

지지체를 더 포함하며, 상기 광원, 브래그 격자가 형성된 상기 광도파로, 상기 박막 히터, 상기 제1 온도센서, 상기 열전냉각기 및 상기 제2 온도센서가 상기 단일 하우징 내에 구비되며, 상기 광섬유는 상기 광섬유 지지체에 의해 상기 하우징에 고정된 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.

- [7] 제 6항에 있어서,
상기 광도파로와 상기 광섬유의 광결합은 광학 렌즈에 의한 결합(lens coupling) 또는 맞대기 결합(butt coupling)에 의한 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [8] 제 1항에 있어서,
상기 광도파로는 하부 실리콘층, 매립 실리콘산화물층 및 상부 실리콘층을 포함하는 실리콘 온 인슐레이터(SOI; Silicon On Insulator) 기판에 형성되어, 실리콘 코어; 상기 매립 실리콘산화물층인 하부 크래드; 공기 또는 실리콘 산화물인 상부 크래드를 포함하여 구성된 실리콘 광도파로인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [9] 제 8항에 있어서,
상기 브래그 격자는 상기 실리콘 코어의 선택적 식각에 의해 형성되며, 상기 브래그 격자는 공기 또는 실리콘 산화물인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [10] 제 9항에 있어서,
상기 광도파로는 채널(channel)형, 릿(rib)형 또는 리지(ridge)형의 실리콘 광도파로인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [11] 제 9항에 있어서,
상기 브래그 격자는 하나 이상의 브래그 격자가 직렬 연결된 구조이며, 상기 하나 이상의 브래그 격자는 서로 독립적으로, 1차, 3차, 5차 또는 $n(n>5$ 인 홀수)차 브래그 격자인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [12] 제 1항에 있어서,
상기 단열층은 유리(glass)인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [13] 제 6항에 있어서,
상기 광원과 상기 광도파로의 광결합시, 상기 광도파로는 스넬의 법칙을 만족하도록 틸트(tilt)되어 있는 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.

청구범위 보정서

국제사무국 접수일: 2010년 10월 12일 (12.10.2010)

- [1] 외부공진형 파장가변 레이저모듈로,
 광대역 광을 발생하는 광원;
 일 단이 상기 광원과 광결합된 반도체 광도파로;
 상기 광도파로 상에 형성된 브래그 격자(Bragg grating);
 상기 브래그 격자 상부에 구비되며 열광학 효과에 의해 상기 브래그 격자의 반사 대역을 조절하는 박막 히터;
 상기 광도파로 상부에 구비된 제1 온도센서;
 상기 광도파로 하부에 구비된 열전냉각기(TEC; Thermo-Electric Cooler);
 상기 광도파로와 상기 열전냉각기 사이에 구비된 단열층; 및
 상기 광도파로의 다른 일 단과 광결합된 광섬유;
 를 포함하며, 상기 광도파로 및 상기 브래그격자 부분이 SOI(Silicon On Insulator)로 형성되는 것을 특징으로 하는 외부 공진형 파장가변 레이저 모듈.
- [2] 제 1항에 있어서,
 상기 광원은 광을 생성하는 반도체 레이저 다이오드칩 및 생성된 광의 세기를 검출하는 포토 다이오드를 포함하는 티오-캔(TO CAN) 패키징된 광원이며,
 상기 광원과 상기 반도체 광도파로는 광학 렌즈에 의해 광결합되며,
 상기 광학 렌즈는 상기 티오 캔(TO CAN) 패키징된 광원에 일체형으로 부착 구비된 것을 특징으로 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [3] 제 2항에 있어서,
 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 제 2온도센서를 더 포함하며,
 상기 제 2온도센서는 상기 단열층과 상기 열전냉각기 사이에 구비된 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [4] 제 1항에 있어서,
 상기 광원은 광분포 변형기(spot size converter)가 집적(integration)된 광대역 광을 생성하는 반도체 레이저 다이오드칩 및 생성된 광의 세기를 검출하는 포토 다이오드가 서브 마운트(sub mount)에 실장된 광원이며,
 상기 광원은 상기 열전냉각기 상부에 구비되고 상기 광원과 상기 광도파로는 맞대기 결합(butt coupling)에 의해 광결합되고,
 상기 광원과 상기 열전냉각기 사이에 급속층이 구비된 것은 특징으로 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [5] 제 4항에 있어서,
 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 제 2온도센서를 더 포함하며,
 상기 제 2온도센서는 상기 급속층과 상기 열전냉각기 사이에 구비된 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [6] 제 3항 또는 제 5항에 있어서,
 상기 외부공진형 파장가변 레이저모듈은 광섬유를 지지하는 광섬유

- 지지체를 더 포함하며, 상기 광원, 브래그 격자가 형성된 상기 광도파로, 상기 박막 히터, 상기 제1 온도센서, 상기 열신냉각기 및 상기 제2 온도센서가 상기 단일 하우징 내에 구비되며, 상기 광섬유는 상기 광섬유 지지체에 의해 상기 하우징에 고정된 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [7] 제 6항에 있어서,
상기 광도파로와 상기 광섬유의 광결합은 광학 렌즈에 의한 결합(lens coupling) 또는 빛대기 결합(butt coupling)에 의한 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [8] 제 1항에 있어서,
상기 광도파로는 하부 실리콘층, 매립 실리콘산화물층 및 상부 실리콘층을 포함하는 실리콘 온 인슐레이터(SOI; Silicon On Insulator) 기판에 형성되어, 실리콘 코어; 상기 매립 실리콘산화물층인 하부 클래드; 공기 또는 실리콘 산화물인 상부 클래드를 포함하여 구성된 실리콘 광도파로인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [9] 제 8항에 있어서,
상기 브래그 격자는 상기 실리콘 코어의 선택적 식각에 의해 형성되며, 상기 브래그 격자는 공기 또는 실리콘 산화물인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [10] 제 9항에 있어서,
상기 광도파로는 채널(channel)형, 릿(rib)형 또는 리지(ridge)형의 실리콘 광도파로인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [11] 제 9항에 있어서,
상기 브래그 격자는 하나 이상의 브래그 격자가 직렬 연결된 구조이며, 상기 하나 이상의 브래그 격자는 서로 독립적으로, 1차, 3차, 5차 또는 $n(n>5$ 인 홀수)차 브래그 격자인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [12] 제 1항에 있어서,
상기 단일층은 유리(glass)인 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.
- [13] 제 6항에 있어서,
상기 광원과 상기 광도파로의 광결합시, 상기 광도파로는 스넬의 법칙을 만족하도록 틸트(tilt)되어 있는 것을 특징으로 하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.

조약 제19조(1) 규정의 설명서

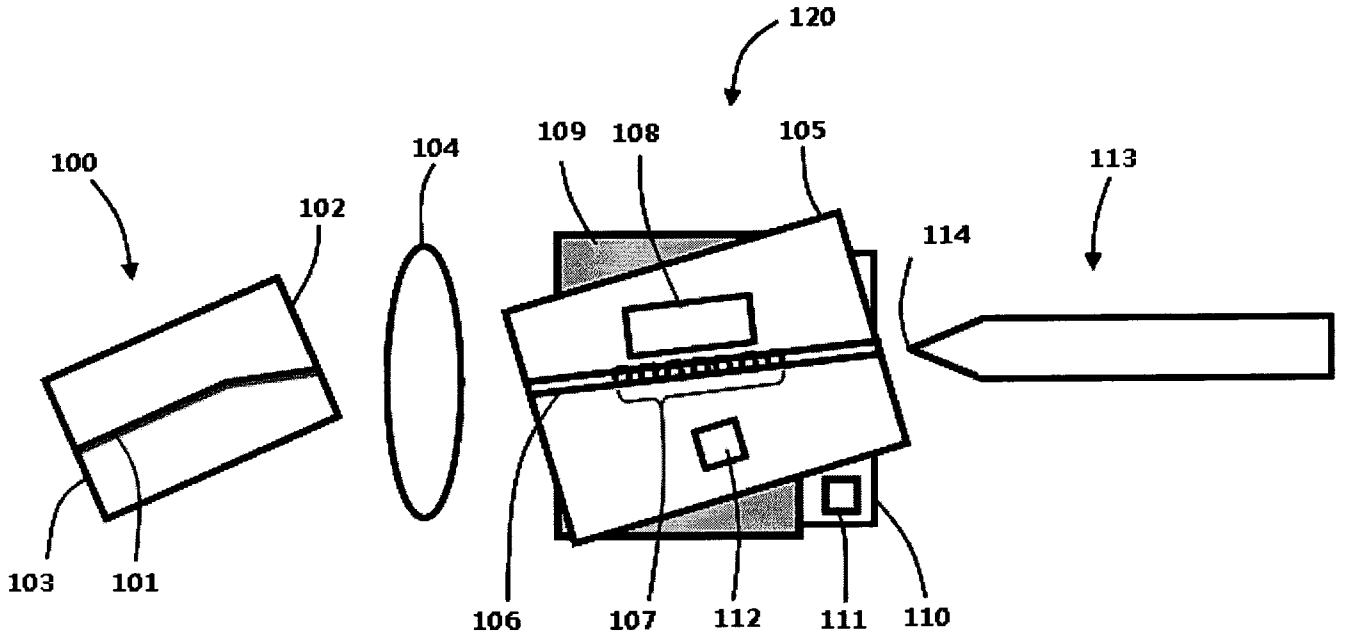
Originally filed

- [1] 외부공진형 파장가변 레이저모듈로,
 광대역 광을 발생하는 광원;
 일 단이 상기 광원과 광결합된 반도체 광도파로;
 상기 광도파로 상에 형성된 브래그 격자(Bragg grating);
 상기 브래그 격자 상부에 구비되며 열광학 효과에 의해 상기 브래그 격자의
 반사 대역을 조절하는 박막 히터;
 상기 광도파로 상부에 구비된 제1 온도센서;
 상기 광도파로 하부에 구비된 열전냉각기(TEC; Thermo-Electric Cooler);
 상기 광도파로와 상기 열전냉각기 사이에 구비된 단열층; 및
 상기 광도파로의 다른 일 단과 광결합된 광섬유;
 를 포함하는 외부공진형 파장가변 레이저모듈.

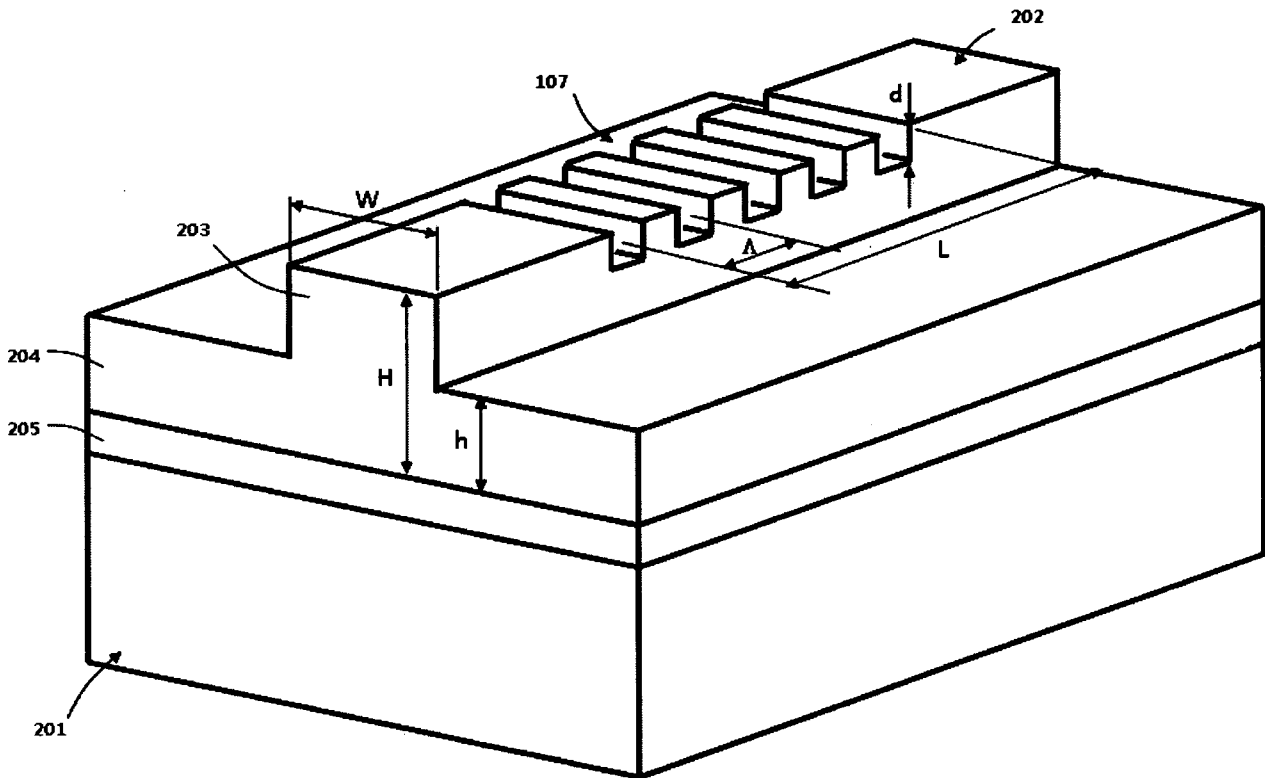
Amended

- [1] 외부공진형 파장가변 레이저모듈로,
 광대역 광을 발생하는 광원;
 일 단이 상기 광원과 광결합된 반도체 광도파로;
 상기 광도파로 상에 형성된 브래그 격자(Bragg grating);
 상기 브래그 격자 상부에 구비되며 열광학 효과에 의해 상기 브래그 격자의
 반사 대역을 조절하는 박막 히터;
 상기 광도파로 상부에 구비된 제1 온도센서;
 상기 광도파로 하부에 구비된 열전냉각기(TEC; Thermo-Electric Cooler);
 상기 광도파로와 상기 열전냉각기 사이에 구비된 단열층; 및
 상기 광도파로의 다른 일 단과 광결합된 광섬유;
 를 포함하며, 상기 광도파로 및 상기 브래그격자 부분이 SOI(Silicon On Insulator)로 형
 성되는 것을 특징으로 하는 외부 공진형 파장가변 레이저 모듈.

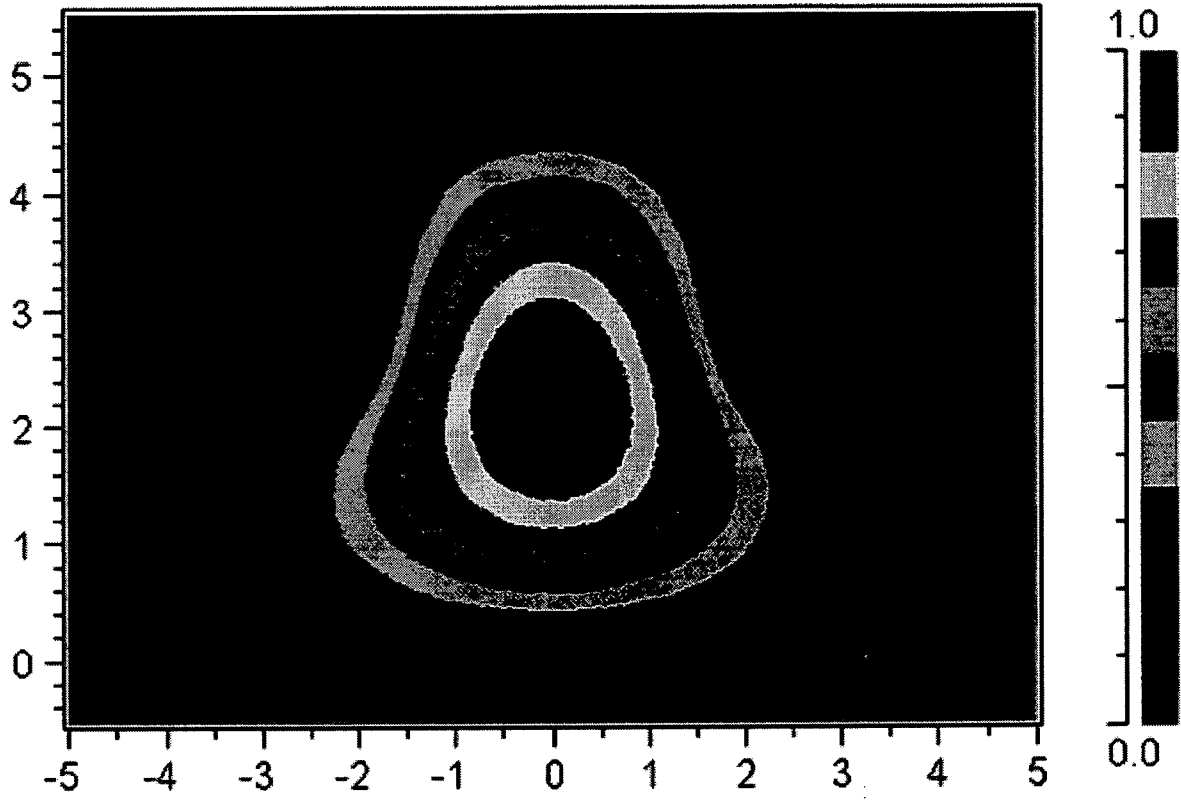
도면
도. 1



도. 2

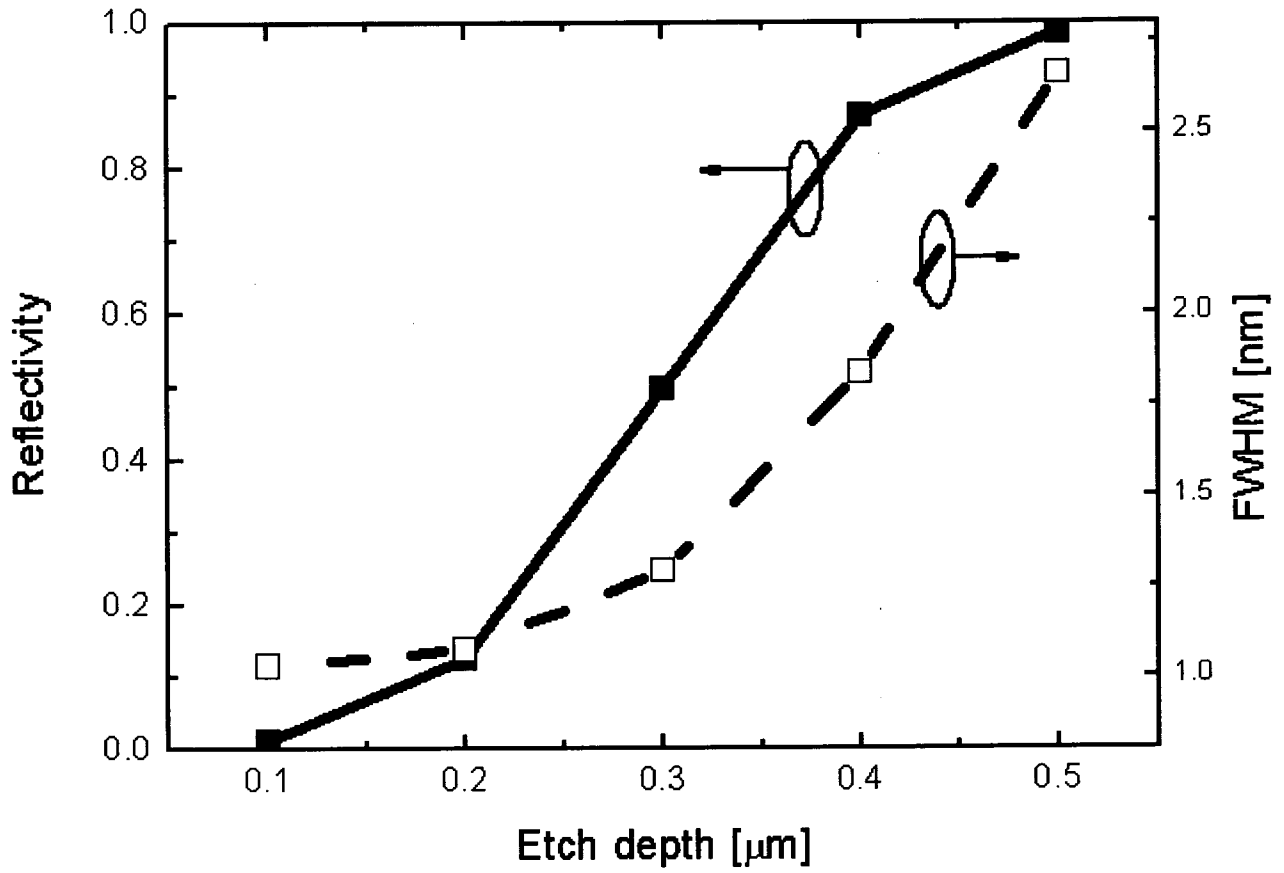


도. 3



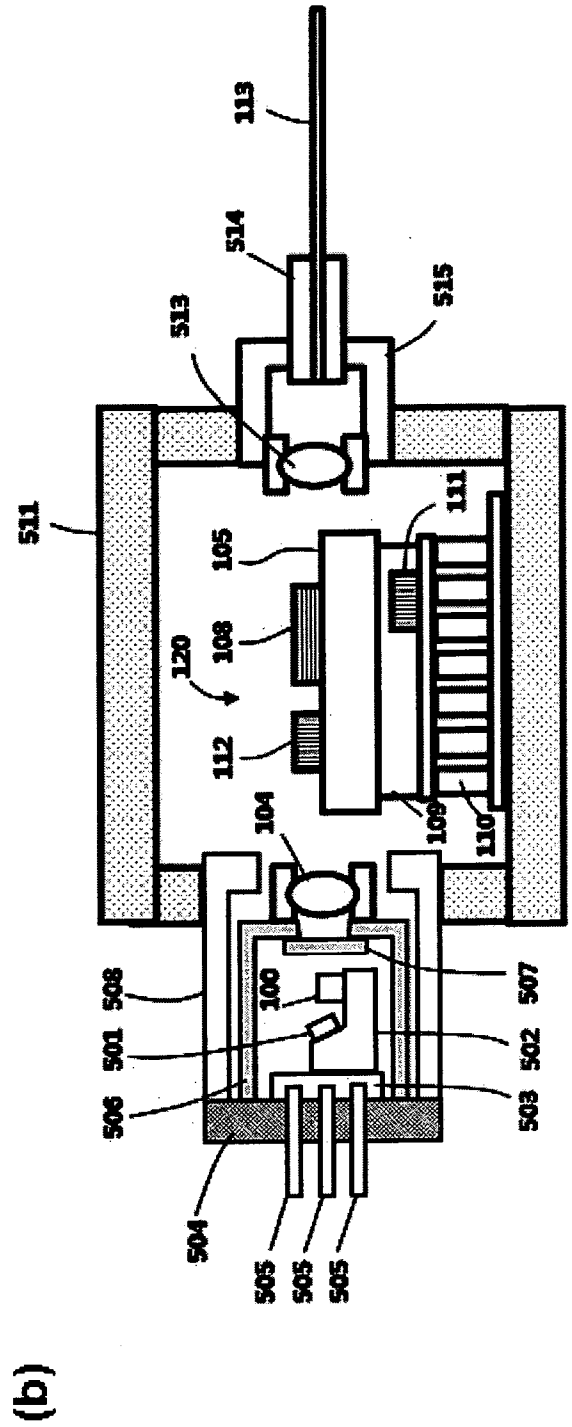
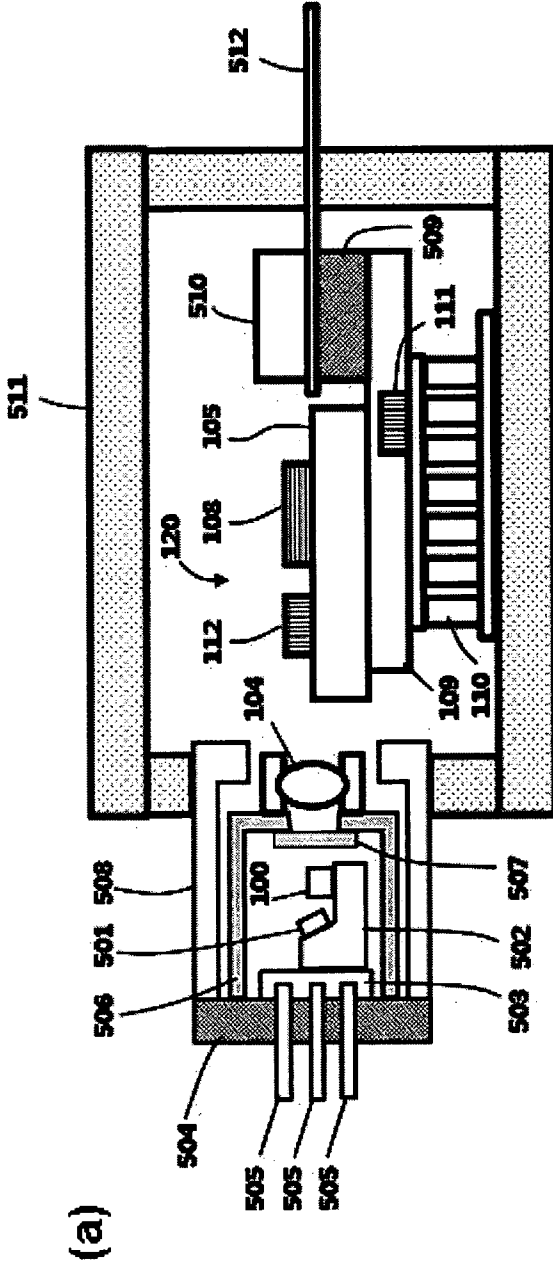
$W = 4 \text{ } \mu\text{m}, H = 5 \text{ } \mu\text{m}, h = 2.5 \text{ } \mu\text{m}$

Fig. 4

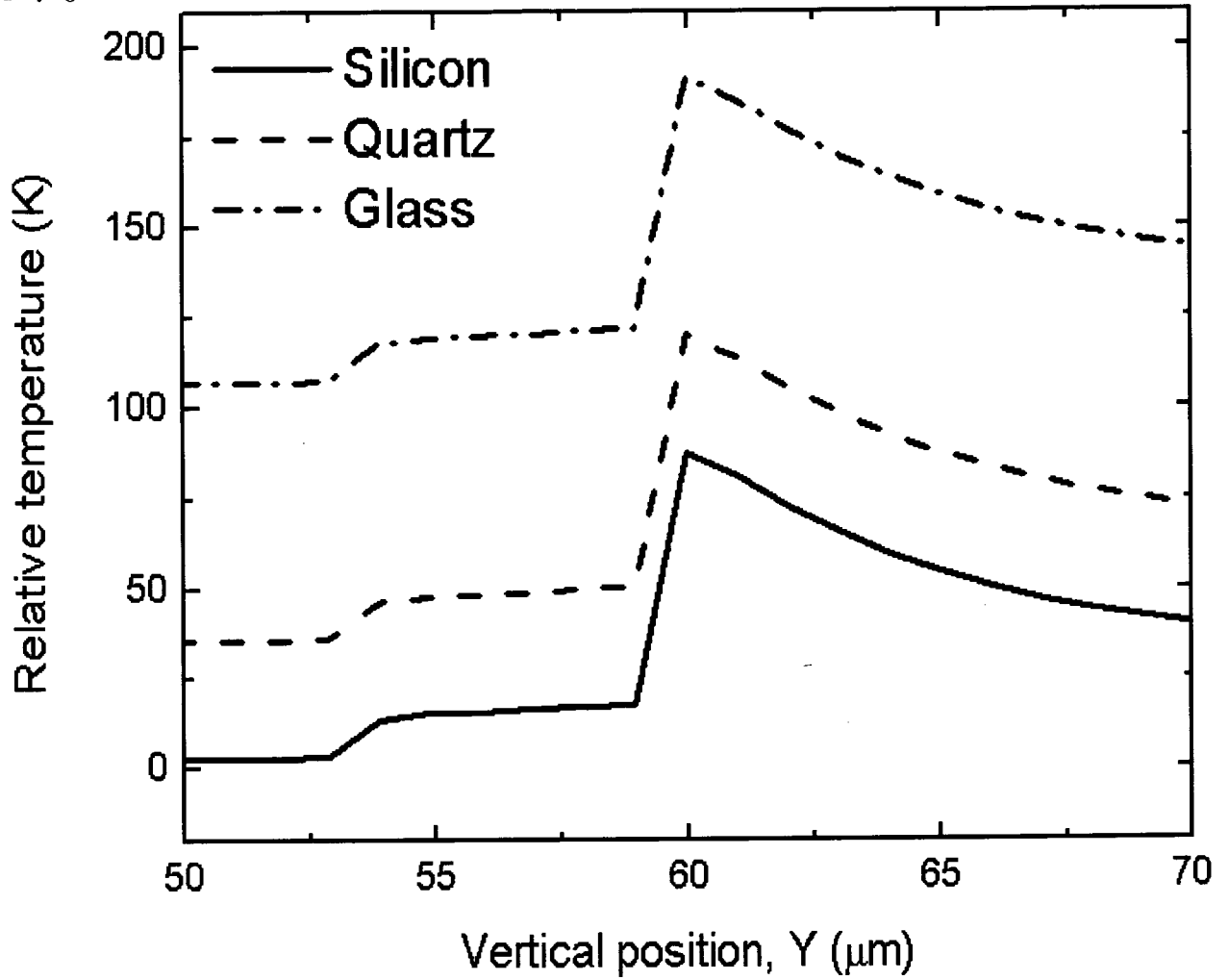


Grating length = 300 μm

도 5



도. 6



Applied electric power = 300 mW

도. 7

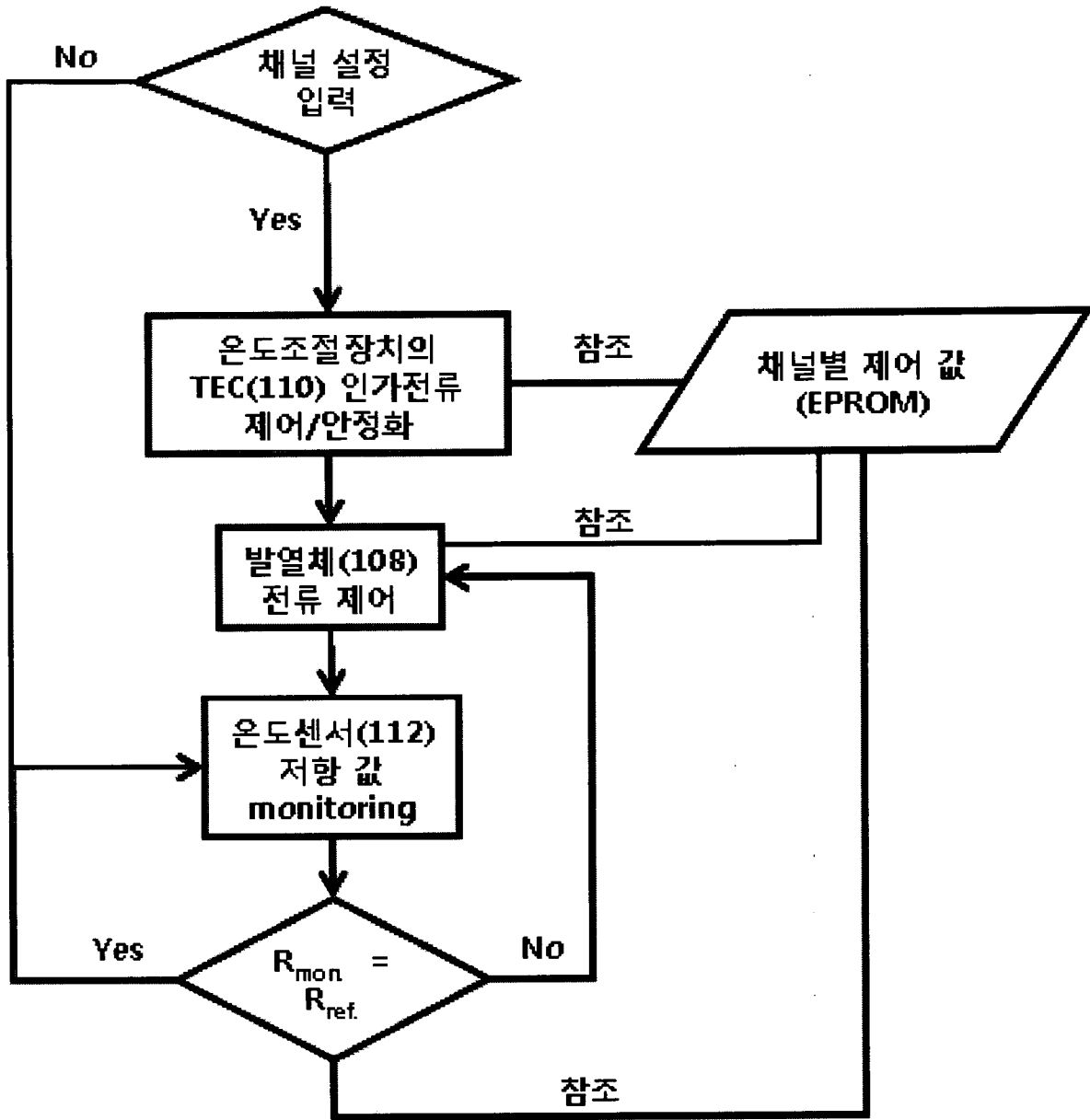
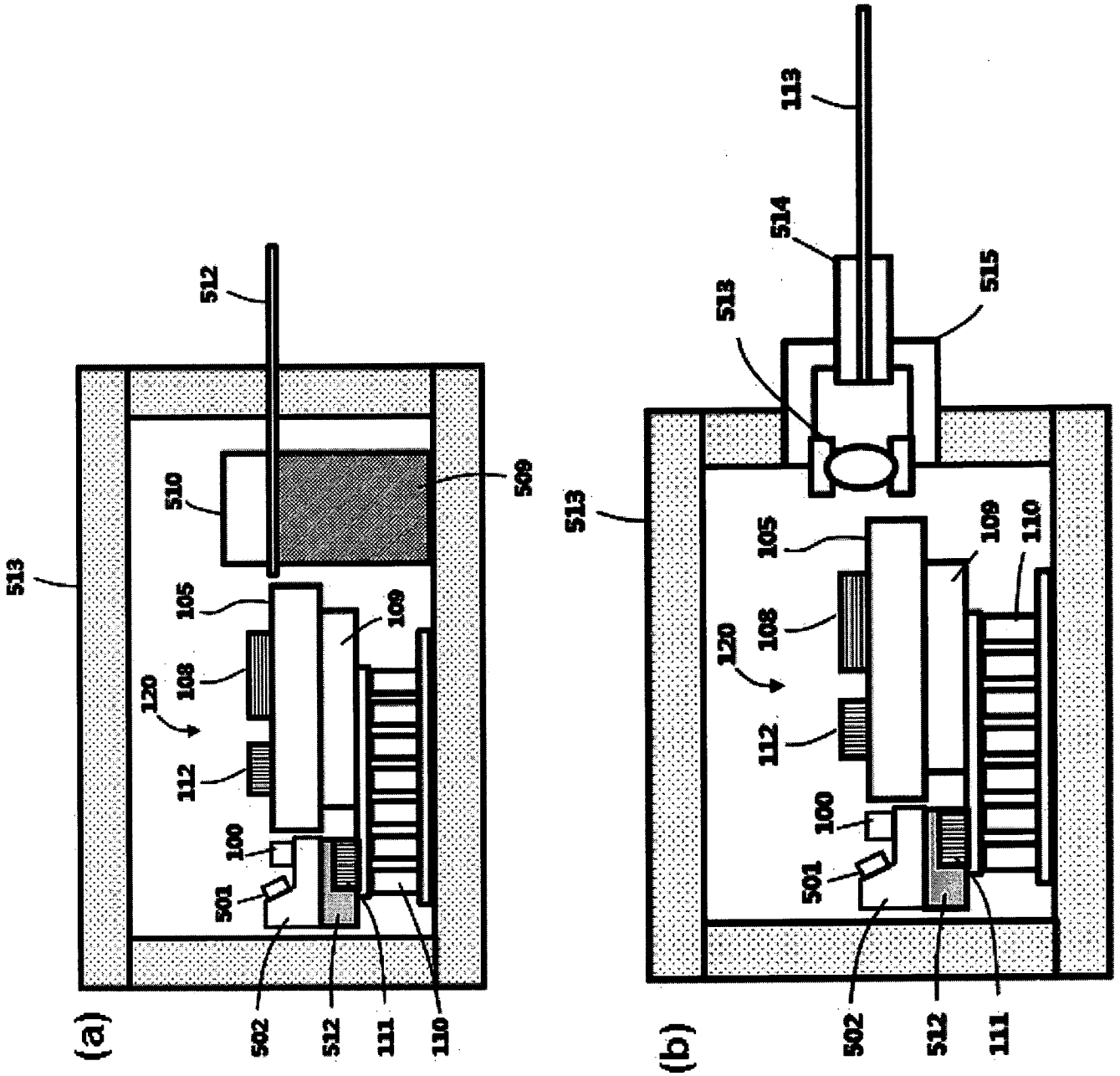
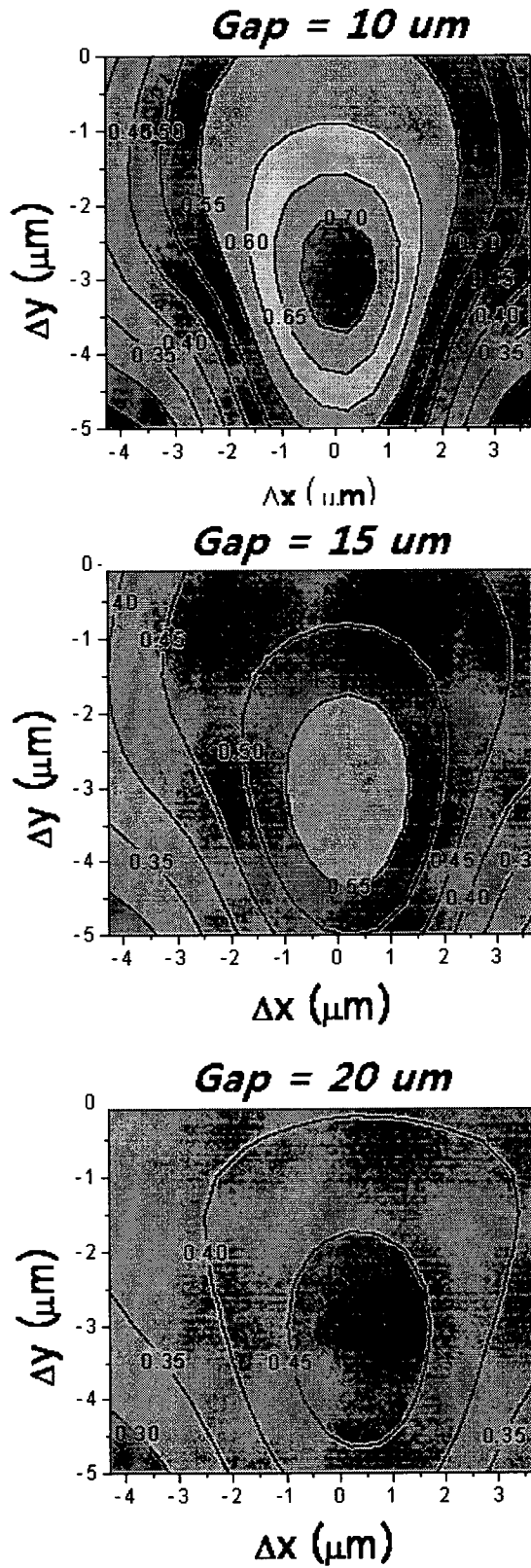


Fig. 8



도. 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2009/003184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S 3/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01S 3/10; G02B 6/10; G02B 6/13; H04B 10/12; H04B 10/13

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as aboveElectronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: laser, waveguide, bragg, heater, temperature, cooler

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2009-0011837 A (CHEM OPTICS INC.) 02 February 2009 Abstract, claims 1 to 22, figure 1 - figure 5.	1-13
Y	KR 10-2008-0052319 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 11 June 2008 Abstract, claim 1.	1-13
Y	KR 10-0413527 B1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 03 January 2004 Claim 1.	4, 7

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family


Date of the actual completion of the international search

28 JUNE 2010 (28.06.2010)

Date of mailing of the international search report

01 JULY 2010 (01.07.2010)

Name and mailing address of the ISA/


 Korean Intellectual Property Office
 Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
 Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2009/003184

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 10-2009-0011837 A	02.02.2009	WO 2009-017335 A1	05.02.2009
KR 10-2008-0052319 A	11.06.2008	KR 10-2009-0106382 A WO 2008-069456 A1	08.10.2009 12.06.2008
KR 10-0413527 B1	03.01.2004	US 2003-0143769 A1 US 6692980 B2	31.07.2003 17.02.2004

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01S 3/10(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
H01S 3/10; G02B 6/10; G02B 6/13; H04B 10/12; H04B 10/13

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: laser, waveguide, bragg, heater, temperature, cooler

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2009-0011837 A ((주)캠옵틱스) 2009.02.02 요약, 청구항 제1항 내지 제22항, 제1도-제5도.	1-13
Y	KR 10-2008-0052319 A (한국전자통신연구원) 2008.06.11 요약, 청구항 제1항.	1-13
Y	KR 10-0413527 B1 (한국전자통신연구원) 2004.01.03 청구항 제1항.	4,7

추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌



“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일 2010년 06월 28일 (28.06.2010)	국제조사보고서 발송일 2010년 07월 01일 (01.07.2010)
--	--

ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 선사로 139, 정부대전청사 팩스 번호 82-42-472-7140	심사관 정진수 전화번호 82-42-481-5982	
--	-----------------------------------	---

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2009-0011837 A	2009.02.02	WO 2009-017335 A1	2009.02.05
KR 10-2008-0052319 A	2008.06.11	KR 10-2009-0106382 A WO 2008-069456 A1	2009.10.08 2008.06.12
KR 10-0413527 B1	2004.01.03	US 2003-0143769 A1 US 6692980 B2	2003.07.31 2004.02.17