(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[8]
H01S 5/30 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년01월31일
(11) 등록번호 10-0547868
(24) 등록일자 2006년01월23일

(21) 출원번호 10-2003-0037481
(22) 출원일자 2003년06월11일

(65) 공개번호 10-2004-0106676
(43) 공개일자 2004년12월18일

(73) 특허권자 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 이정석
경기도안양시동안구비산동1104은하수청구아파트106-805

황성택
경기도평택시독곡동대림아파트102-303

(74) 대리인 이건주

심사관 : 박준영

(54) 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기

요약

본 발명은 라만 증폭기와 반도체 광증폭기가 집적된 광증폭기 모듈로서 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기에 관한 것이다.

본 발명의 라만 증폭원리를 이용한 반도체 광증폭기는 라만 이득 특성을 갖는 광섬유와; 입력단과 출력단이 서로 비대칭인 DBR(Distributed Bragg Reflector) 격자를 이용한 레이저 발진으로 상기 광섬유에 펌핑광을 공급하며, 상기 광섬유에 의해 라만 증폭된 신호광을 고정된 이득을 갖도록 증폭하는 반도체 광증폭기를 포함함을 특징으로 한다.

대표도

도 4

색인어

라만 증폭, 반도체 광증폭기, 잡음 지수, 브래그 격자

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 이득 고정 반도체 광증폭기(GC-SOA)의 이득특성을 나타낸 도면,

도 2는 종래 이득 고정 반도체 광증폭기(GC-SOA)의 잡음 지수특성을 나타낸 도면,

도 3은 종래 반도체 광증폭기(SOA)와 라만 광증폭기가 결합된 광증폭기의 구성예를 나타낸 도면,

도 4는 본 발명에 따른 라만 증폭원리를 이용한 반도체 광증폭기의 구성을 나타낸 도면,

도 5는 70km 단일모드광섬유에 대한 라만 이득특성을 나타낸 도면,

도 6은 이득 고정 반도체 광증폭기의 구조를 개략적으로 나타낸 도면,

도 7은 본 발명에 따른 반도체 광증폭기 내의 DBR 격자 구조를 나타낸 도면,

도 8은 본 발명에 따른 DBR 격자 구조를 갖는 이득 고정 반도체 광증폭기에서 입력단과 출력단에서의 자연방출광 및 브래그 피크(Bragg peak)의 스펙트럼을 나타낸 도면,

도 9는 본 발명에 따른 광증폭기의 이득 스펙트럼 특성을 설명하기 위한 도면.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 광증폭기에 관한 것으로, 특히 라만 증폭기와 반도체 광증폭기가 결합된 형태의 광증폭기로서 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기에 관한 것이다.

일반적으로 광통신 시스템에 있어서, 송신기로부터 송출된 신호광은 광전송로를 통해 전송될 때에 전송 손실을 입고, 수신기에 도달할 때에는 파워가 작아지게 된다. 수신기에 도달한 신호광의 파워가 소정치 이하이면, 수신 에러에 의해 정상적으로 광통신을 행할 수 없는 경우가 생길 수 있다. 따라서, 송신기와 수신기 사이에 광 증폭기를 설치하여 신호광을 증폭함으로써 신호광이 광전송로를 통해 전송될 때에 입은 전송손실을 보상하고, 좀 더 먼 거리를 적은 오류를 가지고 전송할 수 있다.

이러한 광증폭기에는 EDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier), 라만 증폭기(Raman Amplifier), 반도체 광 증폭기(SOA)가 있다.

EDFA는 희토류 원소(예를 들면 Er)가 첨가된 증폭용 광섬유를 이용한 것으로, 높은 이득 특성과 낮은 잡음 지수(Noise Figure; NF), 큰 포화출력파워(saturation output power) 특성을 갖고 있어 기간망이나 메트로(metro)망에 폭넓게 사용되어 왔다. 그러나, 가격이 비싸고 동작파장이 1.5㎛ 대역에 국한되는 문제점이 있다.

반도체 광증폭기(SOA)는 반도체의 이득 특성을 이용한 것으로, 반도체 밴드-갭(band-gap)에 따라 증폭대역을 조절할 수 있다. 반도체 광증폭기는 수 mm 이내로 소형이며, 특히 고가의 펌핑 광원을 필요로 하지 않는다는 장점이 있다. 또한, 도 1에 도시된 종래 이득 고정 반도체 광증폭기(Gain Clamped-Semiconductor Optical Amplifier; GC-SOA)의 이득특성을 나타낸 도면에서 알 수 있는 바와 같이 이득특성 및 포화출력파워 특성이 우수하다. 그러나, 이득 고정 반도체 광증폭기는 도 2에 도시된 바와 같이 잡음 지수가 매우 높아(~8dB) 메트로(metro)나 엑세스(access) 영역에서 적용에 한계가 있다.

라만 증폭기(Raman amplifier)는 광섬유 내에서의 라만증폭을 이용한 광증폭기이다. 라만증폭은 광섬유에 강한 광인 펌핑광(pumping light)을 입사했을 때, 유도라만산란(Raman scattering)에 의해 펌핑광 파장으로부터 약 100nm정도 장파장쪽에 이득(gain)이 나타나고, 이 여기된 상태의 광섬유에 상기 이득을 가진 파장대역의 신호광을 입사하면 그 신호광이 증폭되는 소위 라만증폭현상을 이용한 광신호의 증폭방법이다. 라만 증폭기는 라만 증폭용 펌핑광의 파장을 적절히 설정함으로써 증폭대역도 비교적 자유롭게 조절할 수 있으며, 잡음 지수가 낮은 특징을 갖고 있다. 반면, 광증폭효율이 매우 낮고, 고가의 펌핑 광원을 필요로 하므로 광증폭기 모듈의 전체 크기가 커지고, 가격을 상승시키는 문제점이 있다.

최근 이러한 광증폭기의 단점을 보완하기 위해 반도체 광증폭기와 라만 증폭기를 결합하는 기술이 제안되고 있다.

도 3은 종래 반도체 광증폭기(SOA)와 라만 광증폭기가 결합된 광증폭기의 구성예를 나타낸 도면이다.

상기 광증폭기(100)는 광아이솔레이터(111)와, 단일모드광섬유(Single Mode Fiber; SMF)(112)와, 파장분할다중(WDM)화 커플러(113)와, 펌프 레이저 다이오드(114)를 구비한 라만 증폭부(110)와 반도체 광증폭기(121)와 제2 광아이솔레이터(122)를 구비한 반도체 광증폭부(120)로 구성된다.

광증폭기의 동작원리를 설명하면 다음과 같다. 먼저 레이저 다이오드(114)에 의해 1470nm인 펌핑광이 파장분할 다중화 커플러(113)를 통해 역방향으로 주입되면 입력단으로 들어오는 1560nm 파장 대역의 광신호는 단일모드광섬유(112) 내에서의 유도라만산란(Raman scattering)현상에 의해 증폭된다. 역방향 펌핑 라만광증폭기에 의해 증폭된 광신호는 반도체 광증폭기(121)에 입사되어 충분히 증폭된 후 제2 광아이솔레이터(122)를 통해 출력된다. 이와 같이 반도체 광증폭부(120)의 앞단에 위치한 라만 증폭부(110)에 의해 라만 이득을 경험한 신호들은 그 이득만큼 반도체 광증폭기(121)의 잡음지수를 낮출 수 있게 된다.

그러나, 상기 종래 라만증폭기와 반도체 광증폭기가 결합된 광증폭기는 단일 라만 광증폭기와 마찬가지로 고출력 펌프 레이저 다이오드를 사용해야 하므로 광증폭기의 크기를 줄이거나 저가화가 어렵다. 또한 두 개의 능동소자를 구동함으로 인해 전력 소모 또한 크게 되는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 라만 증폭기용 펌핑 광원을 사용하지 않고 높은 이득 특성, 낮은 잡음 지수를 갖는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기를 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 이득 고정 반도체 광 증폭기에 있어서, 라만 이득 특성을 갖고, 일단으로 입력된 신호광을 타단으로 입력되는 펌핑광을 통해 라만 증폭하여 상기 타단으로 출력하는 광섬유와; 상기 광섬유의 타단에 연결되어 상기 라만 증폭된 신호광을 입력받고 상기 입력된 신호광에 대해 입력단과 출력단이 서로 비대칭인 DBR(Distributed Bragg Reflector) 격자를 이용한 레이저 발진을 수행함으로써, 상기 입력단을 통해 상기 광섬유에 제공되는 상기 펌핑광과 상기 출력단을 통해 출력되는 상기 입력 신호광의 증폭 광신호를 생성하여 출력하는 이득 고정 반도체 광증폭기를 포함함을 특징으로 한다.

바람직하게는, 상기 DBR(Distributed Bragg Reflector) 격자는, 상기 입력단을 통한 광출력이 상기 출력단을 통한 광출력보다 적어도 10:1의 파워(power) 비를 갖도록 비대칭 형성됨을 특징으로 한다.

더욱 바람직하게는, 상기 광섬유에 공급되는 펌핑광은 전송 신호광의 파장대역보다 적어도 70nm이상 짧은 파장대역을 가짐을 특징으로 한다.

이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도면에서 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호 및 부호로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

삭제

도 4는 본 발명에 따른 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기의 구성을 나타낸 도면으로, 상기 광증폭기(200)는 라만 증폭원리에 따라 입력 광신호를 증폭하는 단일모드광섬유(201)와, 상기 단일모드광섬유(201)와 연결되어 상기 단일모드광섬유(201)를 통해 라만 증폭된 광 신호를 입력받아 이를 증폭하고 증폭된 신호 중의 일부를 펌핑광으로 하여 상기 단일모드광섬유(201)에 전달하는 반도체광증폭기(202)와, 광아이솔레이터(203)을 포함하여 구성된다.

상기 단일모드광섬유(201)은 반도체광증폭기(202)를 통해 펌핑광이 공급될 경우, 유도라만산란(Raman scattering)에 의해 펌핑광 파장으로부터 약 100nm정도 장파장쪽에 이득(gain)이 나타나며, 상기 이득을 가진 파장대역의 입력 신호광을 증폭하는 역할을 한다.

그리고 이와 같은 단일모드광섬유(201)의 라만 증폭을 위해서, 반도체광증폭기(202)는 입력받은 신호를 증폭하는 중 소정의 신호를 역으로 단일모드광섬유(201)에 입력함으로써 해당 소정의 신호를 펌핑광으로 제공한다.

도 5는 70km 단일모드광섬유에 대한 라만 이득특성을 나타낸 것으로, 단일모드광섬유에 공급되는 펌핑 파워에 따른 이득, 펌핑 파장에 따른 이득 스펙트럼 관계를 알 수 있다. 이를 이용하여 이득고정 반도체 광증폭기(GC-SOA)가 낮은 잡음 지수 및 이득 평탄화(flatness) 특성을 갖도록 이득 고정 파장(gain clamping wavelength) 및 파워(power) 값을 구할 수 있다. 도 5에서 보여주는 결과는 본 발명을 설명하기 위한 실시예이며 광섬유의 종류나 길이를 실시예와 같이 한정하는 것은 아니다.

상기 이득 고정 반도체 광증폭기(202)는 일반적인 이득 고정 반도체 광증폭기와 동일한 구조를가지며, DBR(Distributed Bragg Reflector) 격자를 이용한 레이저 발진으로 공진기 내의 캐리어 밀도를 고정시킴으로써 광이득을 구동 전류가 증가하더라도 일정하게 유지한다.

도 6은 반도체 광증폭기의 구조를 개략적으로 나타낸 것으로, 본 발명의 이해를 돕기 위해 간단히 설명하면 다음과 같다.

도 6에서, 반도체 광증폭기(202)는 n-InP 기판(301), InGaAsP 패시브도파로층(302), InP 스페이서(303), DBR 격자패턴(304), 활성층도파로(305), 전류차단층(306), p-InP 버퍼층(307), 오믹접촉저항을 줄이기 위한 p-InGaAsP층(308), 산화물층(309), 상부전극(310), 하부전극(311)을 포함하여 구성된다.

본 발명은 반도체광증폭기(202)를 이용하여 라만 증폭을 위한 펌핑광을 제공하는데 특징이 있는데, 이는 상기 DBR 격자패턴에 의해 이루어진다. 본 발명의 DBR 격자패턴은 도 7에 도시된 바와 같이 반도체 광증폭기의 입력(input)단과 출력(output)단이 비대칭인 구조를 갖는다. 이와 같은 비대칭 구조를 통해, 본 발명에 따른 반도체광증폭기(202)는 입력받은 신호를 증폭하여 출력으로 제공함과 동시에 소정의 증폭 신호를 반도체광증폭기(202)의 입력단을 통해 단일모드광섬유(201)로 제공하여 라만 증폭을 위한 펌핑광으로 동작하도록 한다.
이 경우 도 8의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이 광증폭기에서 입력부분으로 사용하는 단면에서의 이득 고정용 레이징 파장의 파워에 대한 출력부분으로 사용하는 단면에서의 파워가 적어도 10:1의 파워(power) 비를 갖도록 한다. 여기서, 입력 단면과 출력 단면에서의 레이징 파장의 출력 파워는 비대칭적으로 형성된 격자의 수, 주기, 길이 등을 변화시키면서 조절할 수 있다. 참고로, 도 7은 본 발명에 따른 반도체 광증폭기 내의 DBR 격자 구조를 나타낸 것이다. 도 8은 도 7의 DBR 격자 구조에 따른 자연방출광 및 브래그 피크(Bragg peak)의 파워 비를 나타낸 것으로, (a)는 입력단, (b)는 출력단에서의 레이징 파장에 대한 파워를 나타내고 있다.

또한, 본 발명에서는 DBR 격자의 브래그 파장을 원하는 라만 이득 스펙트럼 피크 보다 약 80 내지 100nm 정도 단파장에 위치하도록 한다. 이는 광섬유의 라만 이득 특성을 이용한 것으로, 라만 증폭의 경우 펌핑광 파장으로부터 약 100nm정도 장파장쪽에 이득(gain)이 나타나기 때문이다.

다시 도 4를 참조하면, 상기 광아이솔레이터(203)는 신호 출력 커넥터와 같은 광소자로부터 반사되어 반도체 광증폭기(202)에 재입사된 자연방출광(ASE)과 증폭된 신호광으로 인한 증폭기의 증폭효율을 저하시키는 것을 방지한다.

도 9는 본 발명에 따른 광증폭기의 이득 스펙트럼 특성을 설명하기 위한 도면이다. 도 9에서, A는 이득 고정 반도체 광증폭기의 이득 특성을, B는 이득 고정용 레이징 파장에 의해 형성되는 라만 이득 특성을, C는 본 발명에 따른 이득 고정 반도체 광증폭기에서 브래그 파장을 조절하였을 경우의 이득 특성을 나타낸 것이다. 도 9에 구체적인 수치를 기입하지는 않았으나, C-밴드에서 이득 평탄도(gain flatness)는 0.5dB보다 작은 결과를 나타낸다. 또한, DBR 레이저의 입력단에서의 파워는 100mW보다 크며, 단일 모드 광섬유의 경우 0.02dB/mW의 효율로 라만 이득을 얻을 수 있으며 라만 이득만큼 잡음 지수를 줄일 수 있다. 즉, 라만 증폭기의 경우 잡음 지수가 이득 값에 반비례해 줄어들기 때문에 앞단에서 라만 증폭을 경험한 후 반도체 광증폭기에 입력되는 신호광의 잡음 지수는 그만큼 줄어들게 된다.

한편, 본 발명의 광증폭기는 단일모드 광섬유의 입력단과 출력단에 서로 비대칭 구조를 갖는 격자패턴을 형성함으로써 구현할 수도 있다.

이 경우도 상기 비대칭적으로 형성되는 DBR 격자 패턴과 마찬가지로 단일모드 광섬유의 입력 파워에 대한 출력 파워가 적어도 10:1의 파워(power) 비를 갖도록 입력(input)단과 출력(output)단이 비대칭인 격자구조를 갖는다. 마찬가지로, 광출력의 비대칭성 및 브래그 파장은 비대칭적으로 형성된 격자의 수, 주기, 길이 등을 변화시키면서 조절할 수 있다.

또한, 단일모드 광섬유 격자의 브래그 파장을 원하는 라만 이득 스펙트럼 피크 보다 약 80 내지 100nm 정도 단파장에 위치하도록 한다. 이는 광섬유의 라만 이득 특성을 이용한 것으로, 라만 증폭의 경우 펌핑광 파장으로부터 약 100nm정도 장파장쪽에 이득(gain)이 나타나기 때문이다.

한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명의 광증폭기는 라만 증폭을 위한 고가의 펌핑용 레이저다이오드를 사용하지 않고 이득 고정 반도체 광증폭기의 DBR 격자구조 또는 광섬유의 격자구조를 변경함으로써 기존의 이득 고정 반도체 광증폭기에 라만 증폭 원리를 부가하여 적용할 수 있다.

따라서, 라만 증폭기와 반도체 광증폭기가 결합된 광증폭기 모듈이 갖는 장점인 높은 이득, 낮은 잡음 지수 특성을 가지면서, 기존의 광증폭기 모듈에 비해 크기 및 비용을 크게 줄일 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

이득 고정 반도체 광 증폭기에 있어서,

라만 이득 특성을 갖고, 일단으로 입력된 신호광을 타단으로 입력되는 펌핑광을 통해 라만 증폭하여 상기 타단으로 출력하는 광섬유와;

상기 광섬유의 타단에 연결되어 상기 라만 증폭된 신호광을 입력받고 상기 입력된 신호광에 대해 입력단과 출력단이 서로 비대칭인 DBR(Distributed Bragg Reflector) 격자를 이용한 레이저 발진을 수행함으로써, 상기 입력단을 통해 상기 광섬유에 제공되는 상기 펌핑광과 상기 출력단을 통해 출력되는 상기 입력 신호광의 증폭 광신호를 생성하여 출력하는 이득 고정 반도체 광증폭기를 포함함을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 DBR(Distributed Bragg Reflector) 격자는

상기 입력단을 통한 광출력이 상기 출력단을 통한 광출력보다 적어도 10:1의 파워(power) 비를 갖도록 비대칭 형성됨을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 입력단에서의 광파워는

100mW 이상임을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 광섬유에 공급되는 펌핑광은

상기 신호광의 파장대역보다 적어도 70nm이상 짧은 파장대역을 가짐을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 광섬유는

라만이득을 얻을 수 있는 광섬유임을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

청구항 6.

제 5 항에 있어서, 상기 광섬유는

단일모드 광섬유임을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

청구항 7.
삭제

청구항 8.
삭제

청구항 9.
삭제

청구항 10.
삭제

청구항 11.
삭제

청구항 12.
삭제

청구항 13.

제 1 항에 있어서,

상기 출력단과 연결되는 광소자로부터 출력 광 신호가 반사되어 상기 이득 고정 반도체 광증폭기의 증폭효율을 저하시키는 것을 방지하기 위하여,

상기 이득 고정 반도체 광증폭기의 출력단에 연결되어 상기 이득 고정 반도체 광증폭기의 출력단으로 유입되는 반사파를 방지하기 위한 광 아이솔레이터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

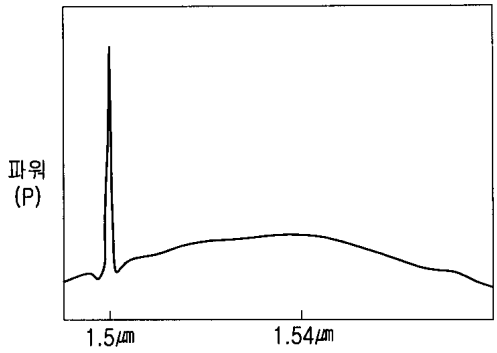
청구항 14.

제 1 항에 있어서, 상기 이득 고정 반도체 광증폭기는,

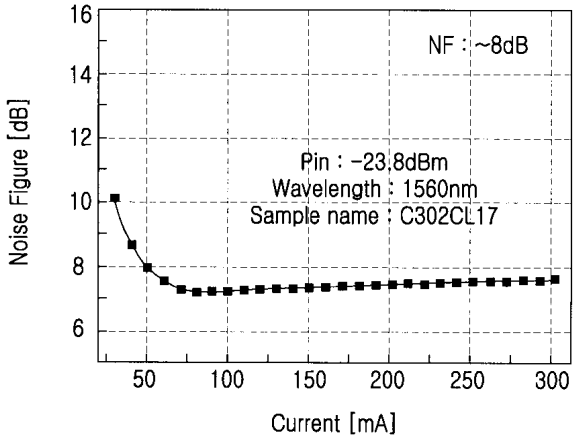
입력단과 출력단이 서로 비대칭인 격자구조를 가지는 단일모드 광섬유로 구현되는 것을 특징으로 하는 라만 증폭원리를 이용한 이득 고정 반도체 광증폭기.

도면

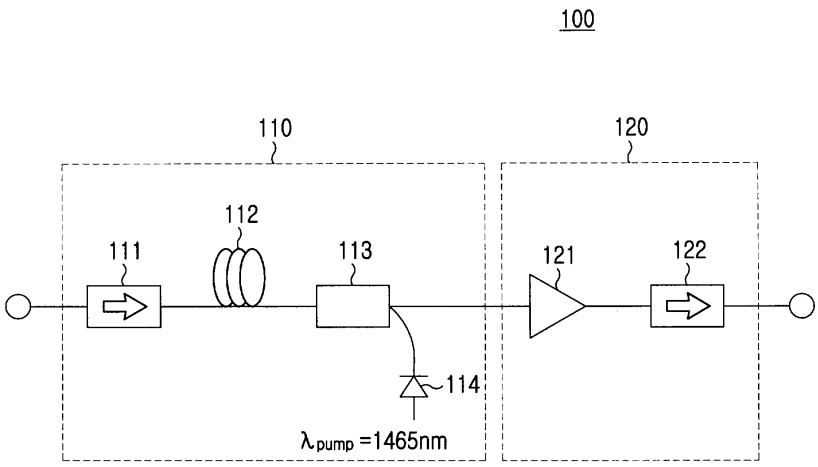
도면1



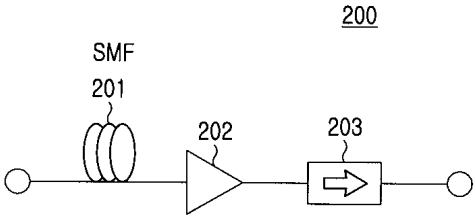
도면2



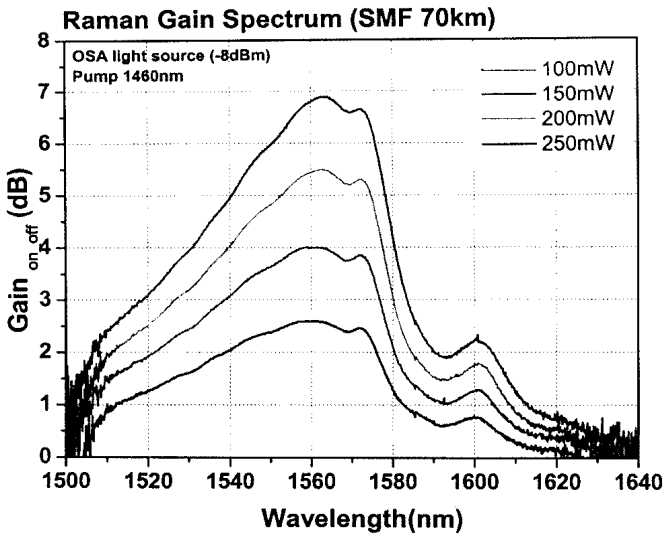
도면3



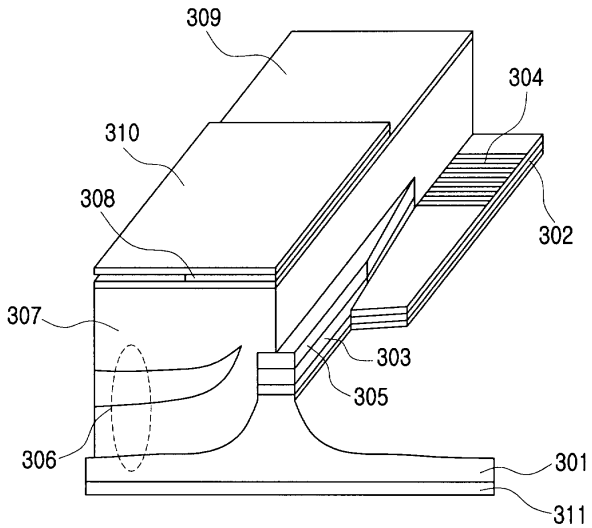
도면4


200
SMF
201
202
203

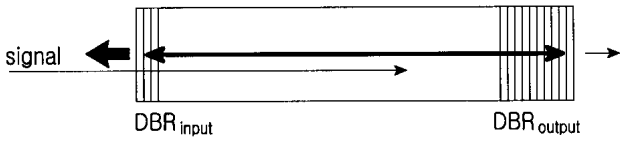
도면5


Raman Gain Spectrum (SMF 70km)
OSA light source (-8dBm)
Pump 1460nm
100mW
150mW
200mW
250mW
Gain on_off (dB)
Wavelength(nm)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
1500
1520
1540
1560
1580
1600
1620
1640

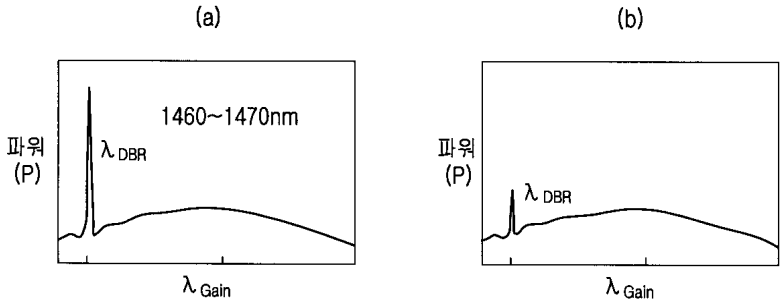
도면6


309
304
310
308
302
307
303
305
306
301
311

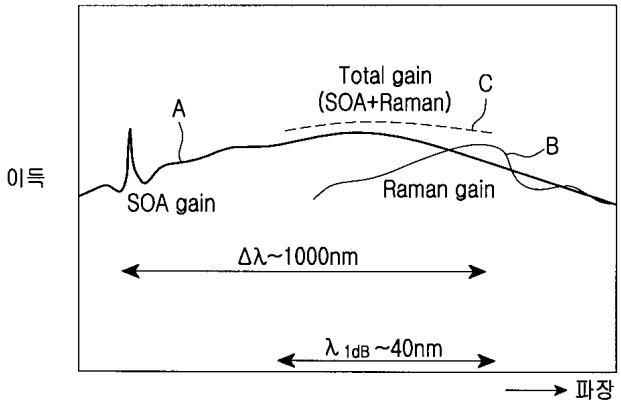
도면7


signal
DBR input
DBR output

도면8


(a)
(b)
파워
(P)
1460~1470nm
λ DBR
λ Gain
파워
(P)
λ DBR
λ Gain

도면9


이득
A
Total gain
(SOA+Raman)
C
B
SOA gain
Raman gain
Δλ~1000nm
λ 1dB ~40nm
파장