



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0104838  
(43) 공개일자 2013년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 6/38 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0026729

(22) 출원일자 2012년03월15일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

(72) 발명자

서홍석

대전광역시 유성구 도룡동 다운하우스 6동 105호

박봉제

대전광역시 유성구 장대동 드림월드아파트 103동 1403호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

권혁수, 송운호, 오세준

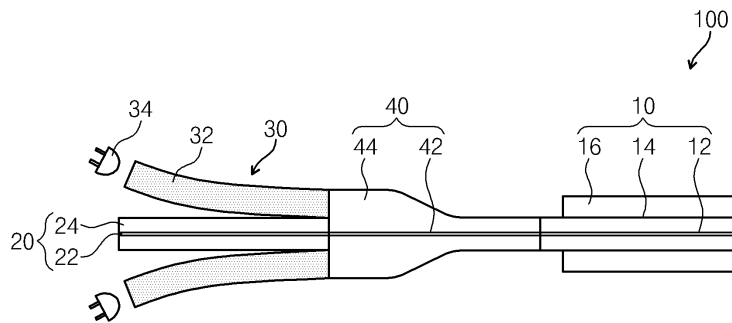
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 광 결합장치 및 그를 구비한 능동 광모듈

**(57) 요약**

본 발명은 광 결합장치 및 그를 포함하는 능동 광모듈을 개시한다. 그의 장치는, 제 1 코어와 상기 제 1 코어를 둘러싸는 제 1 클래딩을 갖는 제 1 광섬유와, 상기 제 1 광섬유에 신호 광을 전달하는 제 2 광섬유와, 상기 제 2 광섬유와 평행한 방향의 펌프 광을 상기 제 1 광섬유에 전달하는 제 3 광섬유들과, 상기 제 1 광섬유와 상기 제 2 광섬유 사이에 연결되고, 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 상기 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 연결하는 커넥터를 포함한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**안준태**

대전광역시 중구 태평2동 버드네아파트 125-2001호

**송정호**

대전 유성구 신성동 145-1 102호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KI002079

부처명 지식경제부

연구사업명 정보통신산업원천기술개발사업

연구과제명 반도체 나노구조를 이용한 펄핑용 10 W급 광원기술

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2009.03.01 ~ 2014.02.28

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

제 1 코어와 상기 제 1 코어를 둘러싸는 제 1 클래딩을 갖는 제 1 광섬유;  
 상기 제 1 광섬유에 신호 광을 전달하는 제 2 광섬유;  
 상기 제 2 광섬유와 평행한 방향의 펌프 광을 상기 제 1 광섬유에 전달하는 제 3 광섬유들; 및  
 상기 제 1 광섬유와 상기 제 2 광섬유 사이에 연결되고, 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 상기 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 연결하는 커넥터를 포함하는 광 결합장치.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,  
 제 1 광섬유는 상기 제 1 클래딩을 둘러싸는 제 2 클래딩을 갖는 이중 클래딩 광섬유를 포함하는 광 결합장치.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
 상기 제 2 광섬유는 상기 신호 광을 전달하는 제 2 코어와, 상기 제 2 코어를 둘러싸는 제 3 클래딩을 갖는 광 결합장치.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,  
 상기 제 3 광섬유들은 제 4 클래딩을 갖는 다중모드 광섬유를 포함하는 광 결합장치.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,  
 상기 커넥터는 상기 제 1 코어와 상기 제 2 코어를 연결하는 제 3 코어와, 상기 제 3 코어를 둘러싸고 상기 제 1 클래딩에 일측이 연결되고 상기 제 3 클래딩 및 상기 제 3 클래딩을 둘러싸는 제 3 광섬유들에 연결되는 제 5 클래딩을 갖는 광 결합장치.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,  
 상기 제 3 코어는 상기 제 1 코어와 상기 제 2 코어와 동일한 직경을 갖는 광 결합장치.

### 청구항 7

제 5 항에 있어서,  
 상기 제 3 코어는 상기 제 1 코어와 상기 제 2 코어 사이에서 테이퍼진 광 결합장치.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서,  
 상기 제 5 클래딩은 상기 제 3 코어와 반대방향으로 테이퍼진 광 결합장치.

### 청구항 9

제 7 항에 있어서,  
 상기 제 1 코어는 상기 제 2 코어보다 큰 직경을 갖는 광 결합 장치.

**청구항 10**

제 1 코어와 상기 제 1 코어를 둘러싸는 제 1 및 제 2 클래딩들을 갖는 제 1 광섬유;

상기 제 1 광섬유에 신호 광을 전달하는 제 2 코어와 상기 제 2 코어를 둘러싸는 제 3 클래딩을 갖는 제 2 광섬유;

상기 제 2 광섬유와 평행한 방향의 펌프 광을 상기 제 1 광섬유에 전달하고, 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 제 4 클래딩들을 갖는 제 3 광섬유들; 및

상기 제 1 광섬유의 상기 제 1 코어와 상기 제 2 광섬유의 제 2 코어 사이에 연결되고 브래그 격자를 갖는 제 3 코어와, 상기 제 3 코어를 둘러싸며 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 상기 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 연결하는 제 5 클래딩을 갖는 레이저 광섬유.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 커넥터의 상기 제 3 코어는 상기 제 1 코어가 상기 제 2 코어보다 큰 직경을 가질 때, 상기 제 2 코어의 방향으로 테이퍼진 레이저 광섬유.

**청구항 12**

제 10 항에 있어서,

상기 제 5 클래딩은 상기 제 1 클래딩과 상기 제 3 클래딩이 동일한 직경을 가질 때, 상기 제 1 클래딩의 방향으로 테이퍼진 레이저 광섬유.

**청구항 13**

펌프광을 공급하는 펌프 광원;

제 1 코어와 상기 제 1 코어를 둘러싸는 제 1 클래딩을 갖는 제 1 광섬유와, 상기 제 1 광섬유에 신호 광을 전달하는 제 2 광섬유와, 상기 펌프 광원으로부터 공급되는 상기 펌프 광을 상기 제 1 광섬유에 전달하는 제 3 광섬유들과, 상기 제 1 광섬유와 상기 제 2 광섬유 사이에 연결되고, 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 상기 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 연결하는 커넥터를 포함하는 광 결합장치;

상기 펌프광 결합장치의 상기 제 2 광섬유에 연결된 제 1 광 소자; 및

상기 제 1 광 소자에 대향되는 상기 제 1 광섬유에 연결되고, 상기 펌프 광에 의해 상기 제 1 광섬유, 상기 제 2 광섬유, 및 상기 커넥터에서 발생하는 레이저 광을 방출하는 제 2 광 소자를 포함하는 능동 광모듈.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,

상기 광 결합장치의 상기 커넥터가 상기 제 1 광 소자에서 상기 제 2 광 소자의 방향으로 배치된 순방향 펌핑 모드를 갖는 능동 광모듈.

**청구항 15**

제 13 항에 있어서,

상기 광 결합장치의 상기 커넥터가 상기 제 2 광 소자에서 상기 제 1 광 소자의 방향으로 배치된 역방향 펌핑 모드를 갖는 능동 광모듈.

**청구항 16**

제 13 항에 있어서,

상기 펌프광 결합장치는 복수개이고, 상기 복수개의 펌프광 결합장치의 상기 커넥터들이 마주보는 방향으로 배치된 양방향 펌핑 모드를 갖는 능동 광모듈.

**청구항 17**

제 13 항에 있어서,

상기 펌프광 결합장치는 복수개이고, 상기 복수개의 펌프광 결합장치의 상기 커넥터들이 상기 제 1 광 소자와 상기 제 2 광 소자의 방향으로 배치된 다중 순방향 펌핑 모드를 갖는 능동 광모듈.

**청구항 18**

제 13 항에 있어서,

상기 제 1 광 소자와 상기 제 2 광 소자는 각각 제 1 거울과 제 2 거울로 이루어진 능동 광모듈.

**청구항 19**

제 18 항에 있어서,

상기 제 1 거울과 상기 제 2 거울 사이의 상기 제 1 광섬유에 배치된 변조기를 더 포함하는 능동 광모듈.

**청구항 20**

제 13 항에 있어서,

상기 제 1 광 소자와 상기 제 2 광 소자는 각각 제 1 아이솔레이터와 제 2 아이솔레이터로 이루어진 능동 광모듈.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 광 결합장치 및 그를 구비한 능동 광모듈에 관한 것으로, 보다 구체적으로 펌프 광을 광 섬유에 전달하는 광 결합장치 및 그를 구비한 능동 광모듈에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 광통신은 대용량의 데이터 통신 및 정보 처리 속도를 개선시키고 있다. 광 통신에서 사용되는 광원은 단일 파장의 레이저 광을 주로 사용하고 있다. 레이저 광은 여러 종류의 레이저에 의해 발전될 수 있다. 광 통신에서 사용되는 레이저는 표면방출 레이저와, 광섬유 레이저를 포함할 수 있다. 광섬유 레이저는 이중 클래딩 구조를 갖는 광섬유를 포함할 수 있다. 광섬유 레이저는 능동 매질이 첨가된 코어에 펌프 광을 공급하여 레이저 광을 생성할 수 있다. 따라서, 광섬유의 코어에 펌프 광을 효율적으로 공급함으로써 고효율 광섬유 레이저를 구현할 수 있다.

[0003] 예를 들어, 이중 클래딩 광섬유 레이저 구조에서는 펌핑 광원을 광섬유의 1차 클래딩을 통해 입사 시킨다. 1차 클래딩은 코어에 비해 약 100배 이상의 단면적을 갖고 2차 클래딩보다 높은 굴절률을 갖는다. 때문에, 1차 클래딩은 다중모드 반도체 기판의 신호 광을 효율적으로 전송할 수 있다. 또한, 1차 클래딩은 외부에서 입사되는 펌프 광을 수광할 수 있다. 펌프 광은 1차 클래딩 내의 코어에서 희토류 이온에 의해 흡수되고 여기된 희토류 이온들이 상기 코어를 따라 진행하며 광섬유 내부 또는 외부의 mirror를 통해 좋은 빔질의 광섬유 레이저를 생성시킬 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 일 기술적 과제는 광섬유들의 접합 효율을 극대화할 수 있는 광 결합장치를 제공하는 데 있다.

[0005] 또한, 본 발명의 다른 기술적 과제는 광섬유의 코어에 펌프 광을 효율적으로 공급할 수 있는 펌프광 결합장치 및 그를 구비한 능동 광모듈을 제공하는 데 있다.

[0006] 본 발명의 다른 기술적 과제는, 광섬유들의 접합 효율을 증대 또는 극대화할 수 있는 펌프광 결합장치 및 그를 구비한 능동 광모듈을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 광 결합장치는 제 1 코어와 상기 제 1 코어를 둘러싸는 제 1 클래딩을 갖는 제 1 광섬유; 상기 제 1 광섬유에 신호 광을 전달하는 제 2 광섬유; 상기 제 2 광섬유와 평행한 방향의 펌프 광을 상기 제 1 광섬유에 전달하는 제 3 광섬유들; 및 상기 제 1 광섬유와 상기 제 2 광섬유 사이에 연결되고, 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 상기 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 연결하는 커넥터를 포함한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 제 1 광섬유는 상기 제 1 클래딩을 둘러싸는 제 2 클래딩을 갖는 이중 클래딩 광섬유를 포함할 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 제 2 광섬유는 상기 신호 광을 전달하는 제 2 코어와, 상기 제 2 코어를 감싸는 제 3 클래딩을 가질 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제 3 광섬유들은 제 4 클래딩을 갖는 다중모드 광섬유를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 커넥터는 상기 제 1 코어와 상기 제 2 코어를 연결하는 제 3 코어와, 상기 제 3 코어를 둘러싸고 상기 제 1 클래딩에 일측이 연결되고 상기 제 3 클래딩 및 상기 제 3 클래딩을 둘러싸는 제 3 광섬유들에 연결되는 제 5 클래딩을 포함할 수 있다. 상기 제 3 코어는 상기 제 1 코어와 상기 제 2 코어와 동일한 직경을 가질 수 있다. 상기 제 3 코어는 상기 제 1 코어와 상기 제 2 코어 사이에서 테이퍼질 수 있다. 상기 제 5 클래딩은 상기 제 3 코어와 반대방향으로 테이퍼질 수 있다. 상기 제 1 코어는 상기 제 2 코어보다 큰 직경을 가질 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 실시예에 따른 광섬유 레이저는, 제 1 코어와 상기 제 1 코어를 둘러싸는 제 1 및 제 2 클래딩을 갖는 제 1 광섬유; 상기 제 1 광섬유에 신호 광을 전달하는 제 2 코어와 상기 제 2 코어를 둘러싸는 제 3 클래딩을 갖는 제 2 광섬유; 상기 제 2 광섬유와 평행한 방향의 펌프 광을 상기 제 1 광섬유에 전달하고, 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 제 4 클래딩들을 갖는 제 3 광섬유들; 및 상기 제 1 광섬유의 상기 제 1 코어와 상기 제 2 광섬유의 제 2 코어 사이에 연결되고 브래그 격자를 갖는 제 3 코어와, 상기 제 3 코어를 둘러싸며 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 상기 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 연결하는 제 5 클래딩을 갖는 커넥터를 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 커넥터의 상기 제 3 코어는 상기 제 1 코어가 상기 제 2 코어보다 큰 직경을 가질 때, 상기 제 2 코어의 방향으로 외경이 감소하는 구조로 테이퍼질 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 제 5 클래딩은 상기 제 1 클래딩과 상기 제 3 클래딩이 동일한 직경을 가질 때, 상기 제 1 클래딩의 방향으로 테이퍼질 수 있다.

[0015] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 능동 광모듈은, 펌프광을 공급하는 펌프 광원; 제 1 코어와 상기 제 1 코어를 둘러싸는 제 1 클래딩을 갖는 제 1 광섬유와, 상기 제 1 광섬유에 신호 광을 전달하는 제 2 광섬유와, 상기 펌프 광원으로부터 공급되는 상기 펌프 광을 상기 제 1 광섬유에 전달하는 제 3 광섬유들과, 상기 제 1 광섬유와 상기 제 2 광섬유 사이에 연결되고, 상기 제 2 광섬유의 둘레에 다발로 배치된 상기 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 연결하는 커넥터를 포함하는 광 결합장치; 상기 펌프광 결합장치의 상기 제 2 광섬유에 연결된 제 1 광 소자; 및 상기 제 1 광 소자에 대향되는 상기 제 1 광섬유에 연결되고, 상기 펌프 광에 의해 상기 제 1 광섬유, 상기 제 2 광섬유, 및 상기 커넥터에서 발생하는 레이저 광을 방출하는 제 2 광 소자를 포함한다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광 결합장치의 상기 커넥터가 상기 제 1 광 소자에서 상기 제 2 광 소자의 방향으로 배치된 순방향 펌핑 모드를 가질 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 광 결합장치의 상기 커넥터가 상기 제 2 광 소자에서 상기 제 1 광 소자의 방향으로 배치된 역방향 펌핑 모드를 가질 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 펌프광 결합장치는 복수개이고, 상기 복수개의 펌프광 결합장치의 커넥터들이 마주보는 방향으로 배치된 양방향 펌핑 모드를 가질 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 펌프광 결합장치는 복수개이고, 상기 복수개의 펌프광 결합장치의 상기

커넥터들이 상기 제 1 광 소자와 상기 제 2 광 소자의 방향으로 배치된 다중 순방향 펌핑 모드를 가질 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제 1 광 소자와 상기 제 2 광 소자는 각각 제 1 거울과 제 2 거울로 이루어질 수 있다.

[0021] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 상기 제 1 광 소자와 상기 제 2 광 소자는 각각 제 1 아이솔레이터와 제 2 아이솔레이터로 이루어질 수 있다.

**발명의 효과**

[0022] 본 발명의 실시예적 구성에 따르면, 제 1 광섬유와 제 2 광섬유 사이를 연결하는 커넥터를 포함할 수 있다. 커넥터는 펌프 광을 전달하는 제 3 광섬유들을 상기 제 1 광섬유의 방향으로 집합시킬 수 있다. 커넥터는 제 1 광섬유의 방향으로 테이퍼질 수 있다. 커넥터는 펌프 광을 제 3 광섬유에서 제 1 광섬유까지 손실없이 전달할 수 있기 때문에 집합 효율을 극대화할 수 있다.

[0023] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 펌프광 결합장치는 광 집합 효율을 극대화할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0024] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광 결합장치를 나타내는 단면도이다.

도 2 내지 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광 결합장치의 제조방법을 나타내는 단면도들이다.

도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광 결합장치(100)를 나타내는 단면도이다.

도 6은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광 결합장치를 나타내는 단면도이다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 제 2 및 제 3 실시예에 따른 광 결합장치의 제조방법을 나타낸 단면도들이다.

도 9 내지 도 11은 본 발명의 제 1 내지 제 3 응용예들에 따른 광섬유 레이저를 나타내는 단면도들이다.

도 12a 내지 도 12d는 본 발명의 제 4 실시예에 따른 능동 광모듈을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

도 13a 내지 도 13d는 본 발명의 제 5 실시예에 따른 능동 광모듈을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

도 14a 내지 도 14d는 본 발명의 제 6 실시예에 따른 능동 광모듈을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

도 15a 내지 도 15d는 본 발명의 제 7 실시예에 따른 능동 광모듈을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0025] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0026] 본 명세서에서, 어떤 층이 다른 층과, 기관 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 층과, 기관 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 층 또는 막이 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한, 도면들에 있어서, 층과 어떤 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 또한, 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제 1, 제 2, 제 3 등의 용어가 다양한 영역, 층들 등을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 영역, 층들이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 소정 영역, 층을 다른 영역, 층과 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시예는 그것의 상보적인 실시예도 포함한다.

[0027] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 따른 광 결합장치들을 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광 결합장치(100)를 나타내는 단면도이다.

[0029] 도 1을 참조하면, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광 결합장치(100)는 제 1 광섬유(10)와 제 2 광섬유(20) 사이에 배치되고, 상기 제 2 광섬유(20)와 평행한 방향으로 펌프 광을 전달하는 제 3 광섬유들(30)을 연결하는 커넥터(40)를 포함할 수 있다.

[0030] 제 1 광섬유(10)는 제 1 코어(12)와, 상기 제 1 코어(12)를 둘러싸는 제 1 클래딩(14) 및 제 2 클래딩(16)을 구

비하는 이중 클래딩 광섬유(double cladding optical fiber) 또는 광자결정 광섬유(photonic crystal fiber)를 포함할 수 있다. 제 1 코어(12)는 제 3 광섬유들(30)이 커넥터(40)에 접합되는 방향으로 진행되는 펌프 광을 흡수할 수 있다. 제 1 코어(12)는 펌프 광을 흡수하여 증폭 자발 방출(Amplified Spontaneous Emission: ASE)되는 활성 물질(active material)을 포함할 수 있다. 활성 물질은 희토류 원소를 포함할 수 있다. 희토류 원소는 펌프 광을 흡수하여, 준안정 상태로 여기되는 전자가 안정화되면서 단일 파장의 레이저 광을 방출 할 수 있다. 희토류 원소는 어븀(Er)과, 이터븀(Yb), 텔루륨(Tm) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 어븀과 이터븀, 텔루륨 각각 1550nm, 1080nm, 2000nm 파장대역(wave band)의 레이저 광을 발진할 수 있다. 제 1 코어(12)는 단일모드 코어 또는 다중모드 코어를 포함할 수 있다. 제 1 코어(12)는 제 1 클래딩(14) 내에서 불연속적인 절단면이 없고 일정한 직경을 가질 수 있다. 제 1 코어(12)는 제 1 클래딩(14) 및 제 2 클래딩(16)보다 굴절률이 높을 수 있다.

[0031] 제 1 클래딩(14) 및 제 2 클래딩(16)은 각각 실리카 유리와, 폴리머 성분을 포함할 수 있다. 이중 클래딩 광섬유의 경우, 제 1 클래딩(14) 및 제 2 클래딩(16)은 제 1 코어(12)보다 굴절률이 낮을 수 있다. 제 1 클래딩(14)은 제 2 클래딩(16)에 비해 더 높은 굴절률을 가질 수 있다. 제 1 코어(12)와 제 1 클래딩(14)은 약 0.001-0.005정도의 굴절률 차이를 가질 수 있다. 제 2 클래딩(16)은 불소계 고분자를 포함할 수 있다.

[0032] 마찬가지로, 광자결정 광섬유의 제 1 코어(12)는 희토류 원소가 첨가된 실리카 유리를 포함할 수 있다. 광자결정 광섬유의 제 1 코어(12)와 제 1 클래딩(14) 사이 경계면 영역은 다수의 미세 기공이 길이방향으로 무수히 배열되는 실리카 유리를 포함할 수 있다. 광자결정 광섬유의 제 2 클래딩(16)은 제 1 코어(12)와 동일한 굴절률의 실리카 유리를 포함할 수 있고 제 1 클래딩(14)과 제 2 클래딩(16) 사이 경계면 영역의 미세 기공은 마찬가지로 길이 방향으로 정렬되어 있고 미세 기공의 크기는 제 1 코어(12)와 제 1 클래딩(14) 사이 경계면 영역의 미세 기공보다 크다.

[0033] 제 2 광섬유(20)는 상기 제 1 광섬유(10)에 신호 광을 전달하는 단일모드 또는 퓨어 모드 광섬유를 포함할 수 있다. 여기서, 단일모드는 빛을 하나의 방향으로 전달하는 것으로 정의되고, 퓨어 모드는 2개 내지 3개의 방향으로 전달하는 것으로 정의될 수 있다. 제 2 광섬유(20)는 제 2 코어(22) 및 제 3 클래딩(24)을 가질 수 있다. 제 2 광섬유(20)의 제 2 코어(22), 제 3 클래딩(24)은 제 1 광섬유(10)의 제 1 코어(12)와 제 1 클래딩(14)과 각각 동일한 직경 및 굴절률을 가질 수 있다. 도시되지는 않았지만, 커넥터(40)에 대향되는 제 2 광섬유(20)의 타측에는 신호광을 공급하는 광학 장치가 배치될 수 있다.

[0034] 제 3 광섬유(30)는 대구경 다중모드 코어 광섬유로 제 1 광섬유(10)에 펌프 광을 전달하기 위해 코어 및 클래딩 구조를 갖거나, 이들의 구조를 갖지 않는 실리카 유리의 펌프 광섬유를 포함할 수 있다. 또한, 제 3 광섬유들(30)은 하드 폴리머 클래드(hard polymer clad) 또는 하드 실리카 클래드(hard silica clad fiber)의 형태의 제 4 코어/클래딩(32)을 갖는 다중모드 광섬유를 포함할 수 있다. 제 3 광섬유(30)들은 제 2 광섬유(20)의 제 3 클래딩(24)의 외주면을 따라 커넥터(40)에 단일 층 또는 복층으로 연결될 수 있다. 펌프 광은 제 3 광섬유들(30)을 통해 커넥터(40)와 제 1 광섬유(10)에 전달될 수 있다. 펌프 광은 제 1 광섬유(10)의 제 1 클래딩(14)으로 모두 입사될 수 있다. 이때, 제 1 클래딩(14), 제 4 코어(32) 및 제 5 클래딩(44)은 동일한 굴절률을 가질 수 있다.

[0035] 펌프 광원(34)은 펌프 광을 생성할 수 있다. 펌프 광원(34)은 외부에서 공급되는 전원에 의해 펌프 광을 발진하는 레이저 다이오드(Laser Diode: LD)를 포함할 수 있다. 레이저 다이오드는 단일소스(single emitter), 바(bar) 형태 또는 스택(stack) 형태로 제작될 수 있다. 펌프 광원(34)은 발광 물질의 종류에 따라 808nm, 915nm, 950nm, 980nm, 1480nm, 또는 그외 파장 중 적어도 하나의 파장대역을 갖는 펌프 광을 발진할 수 있다.

[0036] 커넥터(40)는 제 3 코어(42) 및 제 5 클래딩(44)을 포함할 수 있다. 제 3 코어(42)는 제 1 코어(12) 및 제 2 코어(22)를 연결할 수 있다. 제 3 코어(42)는 제 1 코어(12) 및 제 2 코어(22)와 동일한 직경과 굴절률을 가질 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 제 1 클래딩(14)과, 제 3 클래딩(24)을 일방향으로 연결할 수 있다. 또한, 제 5 클래딩(44)은 제 3 클래딩(24)의 둘레에 배치된 제 3 광섬유들(30)을 고정할 수 있다. 제 3 광섬유들(30)은 제 3 클래딩(24)의 둘레에 원형으로 한 층 또는 그 이상의 복 층으로 제 5 클래딩(44)에 고정될 수 있다. 예를 들어, 제 5 클래딩(44)은 제 3 클래딩(24)의 둘레에 약 6개의 제 3 광섬유들(30)을 고정할 수 있다. 따라서, 제 5 클래딩(44)은 제 2 광섬유(20)과 제 3 광섬유(30)를 제 1 광섬유(10)에 연결시킬 수 있다.

[0037] 제 5 클래딩(44)은 일측의 제 3 클래딩(24)과 상기 제 3 클래딩(24)의 둘레에 배치된 제 4 클래딩들(32)과 동일한 직경을 가지며, 타측의 제 1 클래딩(14)과 동일한 직경을 가질 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 일측의 제 2 광섬유(20)에서 타측의 제 1 광섬유(10)까지 테이퍼질 수 있다.

- [0038] 제 5 클래딩(44)에 접합되는 제 1 광섬유(10)와 제 3 광섬유들(30)의 광 손실은 빔 파라미터 프로덕트(Beam Parameter Product: BPP)에 의해 결정될 수 있다. 빔 파라미터 프로덕트 값은 빛이 진행되는 광섬유의 외경과, 광섬유의 개구수의 곱에 대응될 수 있다. 여기서, 개구수는 빛의 전파를 좌우하는 입사각을 결정하는 수치이다. 개구수는 광섬유 내에서 밖으로 굴절시키지 않고 전반사하여 진행되는 최대각도의 싸인(sine) 값에 대응될 수 있다. 광섬유의 외경과 개구수가 결정되면, 빔 파라미터 프로덕트 값은 일정할 수 있다. 또한, 입력단의 빔파라미터 프로덕트 값이 출력단의 빔 파라미터 프로덕트 값보다 작으면 펌프 광의 손실이 발생되지 않는다.
- [0039] 예를 들어, 제 1 광섬유(10)의 제 1 클래딩(14)은 약 125 $\mu\text{m}$  정도의 직경과, 약 0.46 정도의 개구수(NA)를 가질 수 있다. 제 1 광섬유(10)의 빔 파라미터 프로덕트는 57.5이다. 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유들(30)은 약 375 $\mu\text{m}$  정도의 직경으로 커넥터(40)에 연결될 수 있다. 보통 제 3 광섬유들(30)은 0.15 이하의 개구수를 가질 수 있고 제 4 클래딩 외경은 125  $\mu\text{m}$  이다. 따라서 입력단 광섬유 다발의 파라미터 프로덕트는 125\*3\*0.15 로 주어지며 값은 56.25로 출력단 보다 작게 된다. 이때, 제 5 클래딩(44)은 약 2cm 이상으로 테이퍼질 수 있다. 커넥터(40)는 제 1 광섬유(10)과 제 2 광섬유(20) 사이에서 제 3 광섬유(30)의 펌프광 결합 효율을 증대시킬 수 있다.
- [0040] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 광 결합장치(100)는 광 결합 효율을 극대화할 수 있다.
- [0041] 이와 같이 구성된 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광 결합장치(100)의 제조방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0042] 도 2 내지 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광 결합장치(100)의 제조방법을 나타내는 단면도들이다.
- [0043] 도 1 및 도 2를 참조하면, 제 4 광섬유(48)의 제 6 클래딩(46)을 일부 제거하여 제 5 클래딩(44)을 노출시킨다. 제 6 클래딩(46)은 제 5 클래딩(44)에서 화학적 또는 물리적으로 벗겨질 수 있다. 제 4 광섬유(48)는 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유들(30)의 전체 외경과 동일한 직경을 가질 수 있다. 예를 들어, 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유들(30)은 각각 125  $\mu\text{m}$  정도의 직경을 가질 수 있다. 또한, 제 5 클래딩(44)은 125 \*3 = 375 $\mu\text{m}$  또는 125 \*5 = 725 $\mu\text{m}$  정도의 직경을 가질 수 있다.
- [0044] 도 1 및 도 3을 참조하면, 제 5 클래딩(44)을 테이퍼지게 식각한다. 제 5 클래딩(44)은 화학적 식각 방법 또는 물리적 식각 방법으로 테이퍼지게 식각될 수 있다. 제 5 클래딩(44)의 말단은 제 1 광섬유(10)와 동일한 직경으로 식각될 수 있다. 예를 들어, 제 5 클래딩(44)은 약 125 $\mu\text{m}$ 의 직경으로 식각될 수 있다. 이후, 제 5 클래딩(44)의 식각 표면은 광 연마(optical polishing)될 수 있다.
- [0045] 도 1 및 도 4를 참조하면, 제 5 클래딩(44)을 커넥터(40)로 절단(cleaving)한다. 제 5 클래딩(44)은 톱(saw) 또는 칼(knife)과 같은 도구에 의해 절단될 수 있다. 커넥터(40)는 일측의 제 1 광섬유(10)와 동일한 외경을 갖고, 타측의 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유들(30)과 동일한 외경을 가질 수 있다. 커넥터(40)는 제 1 광섬유(10)에 접합되고, 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유(30)에 접합될 수 있다. 제 1 내지 제 3 광섬유들(10, 20, 30)은 스플라싱에 의해 커넥터(40)에 접합될 수 있다.
- [0046] 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광 결합장치(100)를 나타내는 단면도이다.
- [0047] 도 5를 참조하면, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광 결합장치(100)의 제 3 코어(42)는 서로 다른 직경의 제 1 코어(12) 및 제 2 코어(22)를 연결할 수 있다. 제 3 코어(42)는 제 1 코어(12) 및 제 2 코어(22)의 직경 불일치를 상쇄시켜 광 손실을 최소화 또는 제거할 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 제 1 광섬유(10)의 제 1 클래딩(14)과 동일한 직경을 가질 수 있다. 제 1 클래딩(14)은 제 2 광섬유(20)보다 큰 직경을 가질 수 있다. 제 2 광섬유(20)와 제 3 광섬유들(30)은 동일한 직경을 가질 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 제 2 광섬유(20)와 상기 제 2 광섬유(20)를 둘러싸는 제 3 광섬유들(30)의 전체와 동일한 직경을 가질 수 있다. 커넥터(40)의 제 3 코어(42)는 제 2 광섬유(20)의 제 2 코어(22)에서 인가되는 신호광을 손실 없이 제 1 광섬유(10)의 제 1 코어(12)에 전달할 수 있다. 또한, 커넥터(40)는 제 3 광섬유들(30)로부터 제공되는 펌프 광을 제 1 광섬유(10)의 제 1 클래딩(14)에 전달할 수 있다. 따라서, 커넥터(40) 및 제 1 광섬유(10)는 펌프 광과 신호 광을 커플링시킬 수 있다.
- [0048] 따라서, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광 결합장치(100)는 광 결합 효율을 극대화시킬 수 있다.
- [0049] 도 6은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광 결합장치(100)를 나타내는 단면도이다.
- [0050] 도 6을 참조하면, 커넥터(40)의 제 5 클래딩(44)은 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유들(30)에서 제 1 광섬유(10) 방향으로 테이퍼질 수 있다. 제 3 코어(42)는 제 1 광섬유(10)에서 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유들(30)의 방향으로 테이퍼질 수 있다. 따라서, 커넥터(40)는 서로 반대방향으로 테이퍼진 제 3 코어(42)와, 제 5 클래딩(44)을 포함할 수 있다. 제 1 광섬유(10)는 제 2 광섬유(20)의 제 2 코어(22)보다 큰 직경의 제 1 코어(12)와, 상기 제 2 광섬유(20)의 제 3 클래딩(24)과 동일한 직경의 제 1 클래딩(14)을 포함할 수 있다. 제 1 클래딩(14)

4)은 제 3 광섬유(30)의 제 4 클래딩과 동일한 직경을 가질 수 있다. 커넥터(40)는 일측의 제 1 클래딩(14)과, 타측의 제 2 광섬유(20) 및 상기 제 2 광섬유(20)를 둘러싸는 제 3 광섬유들(30)을 연결할 수 있다. 커넥터(40)의 제 3 코어(42)는 제 1 코어(12)와 제 2 코어(22)의 직경 차이의 발생에 의해 테이퍼질 수 있다. 커넥터(40)는 제 3 광섬유들(30)의 접합 효율을 증대시킬 수 있다.

- [0051] 따라서, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광 결합 장치는 광 결합 효율을 극대화할 수 있다.
- [0052] 이와 같이 구성된 본 발명의 제 2 및 제 3 실시예에 따른 광 결합장치(100)의 제조방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0053] 도 7 및 도 8은 본 발명의 제 2 및 제 3 실시예에 따른 광 결합장치(100)의 제조방법을 나타낸 단면도들이다.
- [0054] 도 2 내지 도 4를 참조하면, 먼저, 제 4 광섬유(48)의 제 5 클래딩(44)을 테이퍼지게 식각한 후, 절단한다. 여기서, 제 4 광섬유(48)의 제 3 코어(42)는 제 1 코어(12)와 동일한 직경을 가질 수 있다. 제 3 코어(42)는 제 2 코어(22)보다 큰 직경을 가질 수 있다.
- [0055] 도 7을 참조하면, 제 4 광섬유(48)를 길이 방향으로 늘려서 테이퍼진 제 3 코어(42)를 형성한다. 제 5 클래딩(44) 및 제 3 코어(42)는 열처리에 의해 길어질 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 동일한 직경으로 연장될 수 있다. 제 3 코어(42)는 테이퍼지게 연장될 수 있다. 제 3 코어(42)의 일측은 제 3 클래딩(24)과 동일한 직경을 갖고, 타측은 제 1 코어(12)와 동일한 직경을 가질 수 있다.
- [0056] 도 8을 참조하면, 제 5 클래딩(44)의 일부를 테이퍼지게 식각한다. 제 5 클래딩(44)은 화학적 또는 물리적 식각에 의해 테이퍼질 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 제 3 코어(42)와 서로 반대되는 방향으로 테이퍼질 수 있다. 테이퍼진 제 5 클래딩(44)은 제 1 클래딩(14)과 동일한 직경을 가질 수 있다.
- [0057] 도 5 및 도 6을 참조하면, 커넥터(40)의 일측에 제 2 광섬유(20) 및 제 3 광섬유들(30)을 접합하고, 타측에 제 1 광섬유(10)를 접합한다. 제 1 내지 제 3 광섬유들(10, 20, 30)은 스플라싱에 의해 커넥터(40)에 접합될 수 있다.
- [0058] 도 9 내지 도 11은 본 발명의 제 1 내지 제 3 응용예들에 따른 광섬유 레이저(200)를 나타내는 단면도들이다.
- [0059] 도 9 내지 도 11을 참조하면, 본 발명의 제 1 내지 제 3 응용예에 따른 광섬유 레이저(200)는 제 1 광섬유(10)와 제 2 광섬유(20) 사이에서 제 3 광섬유들(30)을 연결하는 커넥터(40)의 제 3 코어(42)에 형성된 브래그 격자(grating, 50)를 가질 수 있다. 제 3 코어(42)는 실리카 유리 내에 소량의 게르마늄으로 도핑될 수 있다. 브래그 격자(50)는 자외선(UV) 펄스에 의해 일정 간격으로 형성될 수 있다. 브래그 격자(50)는 펌프 광으로부터 단일 파장의 레이저 광을 생성시킬 수 있다. 또한, 브래그 격자(50)는 제 1 광섬유(10)의 제 1 코어(12)에서 도파되는 레이저 광의 출력을 향상시킬 수 있다. 커넥터(40)의 제 3 코어(42)는 제 1 코어(12) 및 제 2 코어(22)와 동일한 직경을 가질 수 있다. 또한, 제 3 코어(42)는 제 1 코어(12)가 제 2 코어(22)보다 큰 직경을 가질 때, 상기 제 2 코어(22)의 방향으로 다운 테이퍼질 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 제 1 클래딩(14)과 동일한 직경을 가질 수 있다. 제 5 클래딩(44)은 상기 제 1 클래딩(14)과 상기 제 3 클래딩(24)이 동일한 직경을 가질 때, 제 1 클래딩(14)의 방향으로 테이퍼질 수 있다. 펌프 광은 제 5 클래딩(44)을 통해 제 3 광섬유들(30)에서 제 1 클래딩(14)으로 전달될 수 있다.
- [0060] 따라서, 본 발명의 제 1 내지 제 3 응용예에 따른 광섬유 레이저(200)는 출력을 극대화할 수 있다. 여기서, 제 1 내지 제 3 응용예에 따른 광섬유 레이저(200)는 제 1 내지 제 3 실시예에 따른 광 결합장치(100)에서의 제 3 코어(42)에 형성된 격자(50)를 더 가질 수 있다. 도시 되지는 않았지만, 제 2 광섬유(20)의 제 2 코어(22)는 생략될 수 있다.
- [0061] 한편, 본 발명의 제 1 내지 제 3 실시예에 따른 광 결합장치(100)는 레이저 광이 출력되는 방향에 따라, 순방향 펌핑 모드 및 역방향 펌핑 모드를 갖는 광섬유 레이저 및 광섬유 증폭기를 구현할 수 있다. 광섬유 레이저 및 광섬유 증폭기는 순방향 및 역방향 펌핑 모드가 혼합된 양방향 펌핑 모드와, 다중 순방향 펌핑 모드를 가질 수 있다. 여기서, 커넥터(40)의 방향은 펌프 광의 입사방향으로 정의되고, 다시 펌프 광의 입사 방향은 커넥터(40)에 접합되는 제 3 광섬유들(30)의 연결방향으로 정의될 수 있다.
- [0062] 순방향 펌핑 모드는 펌프 광의 입사방향과, 상기 펌프 광으로부터 발진된 레이저 광의 출력 방향이 동일할 수 있다. 역방향 펌핑 모드는 펌프 광의 입사방향과, 상기 펌프 광으로부터 발진된 레이저 광의 출력 방향이 서로 반대될 수 있다.

- [0063] 때문에, 본 발명의 제 1 내지 제 3 실시예들에 따른 펌프광 결합장치(100)의 제 1 광섬유(10)와 제 2 광섬유(20)의 양단에 형성되는 광소자들의 종류에 따라 동작 가능한 능동 광모듈(active optical module)의 종류가 달라질 수 있다.
- [0064] 이하, 광 결합장치(100)가 형성된 제 1 광섬유(10)와 제 2 광섬유(20)에 연결되는 광 소자들의 종류에 따라 다양한 종류의 펌핑 모드를 갖는 능동 광모듈에 대해 실시예들을 들어 설명한다.
- [0065] 도 12a 내지 도 12d는 본 발명의 제 4 실시예에 따른 능동 광모듈(60)을 개략적으로 보여주는 도면들이다.
- [0066] 도 12a 내지 도 12d를 참조하면, 본 발명의 제 4 실시예에 따른 능동 광모듈(60)은 제 1 광섬유(10)와 제 2 광섬유(20) 각각의 양측 말단에 제 1 및 제 2 거울(62, 64)이 형성된 연속 출력 레이저일 수 있다. 연속 출력 레이저(60)는 단일 파장대역을 갖는 레이저 광을 발진시킬 수 있다. 구체적으로, 펌프 광원(34)에서 제 3 광섬유들(30)에 펌프 광이 입사되면, 제 1 및 제 2 거울(62, 64)사이의 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유(20), 및 커넥터(40) 각각의 제 1 내지 제 3 코어들에서 레이저 광이 발진될 수 있다. 여기서, 제 1 광섬유(10)와 제 2 광섬유(20)는 동일한 이중 클래드 광섬유를 포함할 수 있다.
- [0067] 제 1 및 제 2 거울(62, 64)은 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유(20) 및 커넥터(40)에서 발진된 레이저 광을 공진시킬 수 있다. 제 1 거울(62)은 약 100%의 레이저 광을 반사시키고, 제 2 거울(64)은 약 5% 내지 20%의 레이저 광을 반사시킬 수 있다. 제 1 거울(62)은 레이저 광을 완전 반사시키는 풀 미러 또는 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating: FBG)를 포함할 수 있다. 제 2 거울(64)은 레이저 광을 반투과시키는 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating: FBG), 또는 출력 커플러(output coupler)를 포함할 수 있다. 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이에서 발진되는 레이저 광은 제 2 거울(64)에서 연장되는 피그테일 광섬유(29)를 통해 엔드 캡(68) 또는 시준기로 출력될 수 있다.
- [0068] 도 12a를 참조 하여, 본 발명의 제 4 실시예에 따른 능동 광모듈(60)은 광 결합장치(100)가 제 1 거울(62)에서 제 2 거울(64)방향으로 배치된 순방향(forward) 펌핑 모드를 가질 수 있다. 여기서, 커넥터(40)은 제 1 거울(62)에서 제 2 거울(64) 방향으로 배치될 수 있다. 레이저 광은 제 2 거울(64)에서 제 2 광섬유(20)의 피그테일 광섬유(29)를 통해 엔드 캡(68)으로 출력될 수 있다. 광 결합장치(100)는 제 1 거울(62)에 근접하여 배치될 수 있다. 펌프 광은 제 1 거울(62)에서 제 2 거울(64)까지 연장되는 제 2 광섬유(20)를 따라 진행되면서 충분히 흡수될 수 있다. 따라서, 순방향 펌핑 모드는 펌프 광의 진행 방향과, 레이저 광의 출력 방향이 동일할 수 있다. 또한, 순방향 펌핑 모드는 커넥터(40)에 의해 접합되는 제 3 광섬유들(30)의 연결 방향과 레이저 광의 출력 방향이 동일할 수 있다.
- [0069] 도 12b를 참조 하여, 본 발명의 제 4 실시예에 따른 능동 광모듈(60)은 제 2 거울(64)에서 제 1 거울(62) 방향으로 펌프광 결합장치(100)가 배치된 역방향(backward) 펌핑 모드를 가질 수 있다. 커넥터(40)는 제 2 거울(64)에서 제 1 거울(62) 방향으로 배치될 수 있다. 광 결합장치(100)는 제 2 거울(64)에 근접하는 제 2 광섬유(20)에 배치될 수 있다. 제 3 광섬유들(30)을 통해 전달되는 펌프 광은 제 2 거울(64)에서 제 1 거울(62)까지 연결되는 제 1 광섬유(10)를 따라 진행되면서 충분히 흡수될 수 있다. 따라서, 역방향 펌핑 모드는 펌프 광의 진행 방향과 레이저 광의 출력 방향이 서로 반대될 수 있다.
- [0070] 도 12c를 참조 하여, 본 발명의 제 4 실시예에 따른 능동 광모듈(60)은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 각각에 근접되는 제 1 광섬유(10) 제 2 광섬유(20)에 복수개의 광 결합장치들(100)이 서로 마주보게 배치된 양방향 펌핑 모드를 가질 수 있다. 여기서, 커넥터(40)는 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64)사이에서 서로 마주보게 배치될 수 있다. 복수개의 광 결합장치들(100)은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이의 제 2 광섬유(20)에 서로 반대되는 방향으로 펌프 광을 전달할 수 있다. 복수개의 광 결합장치들(100)은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64)에 각각 인접한 제 2 광섬유(20)에서 순방향으로 배치되고, 제 1 광섬유(10) 양측의 커넥터들(40)은 서로 마주 보며 배치될 수 있다. 펌프 광은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이의 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유들(20), 및 커넥터들(40)을 따라 진행되면서 제 1 내지 제 3 코어(12, 22, 42)에 충분히 흡수될 수 있다. 따라서, 양방향 펌핑 모드는 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이의 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유(20), 및 커넥터들(40)에서 서로 반대되는 방향으로 전달되는 펌프 광에 의해 레이저 광이 발진될 수 있다.
- [0071] 도 12d를 참조 하여, 본 발명의 제 4 실시예에 따른 능동 광모듈(60)은 복수개의 광 결합장치들(100)이 동일한 방향으로 배치된 다중 순방향 펌핑 모드를 가질 수 있다. 복수개의 광 결합장치들(100)은 제 1 거울(62)에서 제 2 거울(64)의 방향으로 제 1 광섬유(10)에 동일한 방향의 펌프 광을 전달할 수 있다. 복수개의 광 결합장치들(100)은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이에서 순방향으로 배치될 수 있다. 첫번째 광 결합장치(100)로부터

공급되는 펌프 광이 제 1 광섬유(10)에서 고갈되면, 두번째 광 결합장치(100)로부터 펌프 광이 공급되어 순차적으로 레이저 광의 출력을 증가시킬 수 있다. 두번째 광 결합장치(100)를 통해 공급되는 펌프 광의 세기는 첫번째 펌프 광의 세기보다 더 클 수 있다.

- [0072] 도 13a 내지 도 13d는 본 발명의 제 5 실시예에 따른 능동 광모듈(70)을 개략적으로 보여주는 도면들이다.
- [0073] 도 13a 내지 도 13d를 참조하면, 본 발명의 제 5 실시예에 따른 능동 광모듈(70)은 광 결합장치(100)의 일측 제 2 광섬유(20)에 제 1 거울(62)과 변조기(76)가 형성되고, 타측 상기 제 1 광섬유(10)에 제 2 거울(64)이 형성된 Q 스위칭 레이저(70) 또는 모드 록킹(mode locking) 레이저일 수 있다. Q 스위칭 레이저(70) 또는 모드 록킹 레이저는 펄스 레이저 광을 발진시킬 수 있다. 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64)사이의 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유(20) 및 커넥터(40) 에서 레이저 광이 발진될 수 있다. 제 1 및 제 2 거울(62, 64)은 레이저 광을 공진시킬 수 있다.
- [0074] 변조기(76)는 아날로그 또는 디지털 전기 신호를 가지고 레이저 광을 변조시킬 수 있다. 변조기(76)는 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이에서 발진되는 레이저 광을 스위칭하여 펄스 레이저 광으로 만들 수 있다. 변조기(76)의 주기적인 온오프 동작에 따라 펄스 레이저 광이 생성될 수 있다. 예를 들어, 펄스 레이저 광은 변조기(76)가 턴오프될 때 발진되고, 변조기(76)가 턴오프될 때 생성되지 않을 수 있다.
- [0075] 제 1 거울(62)은 약 100%의 레이저 광을 반사시키고, 제 2 거울(64)은 약 5% 내지 20%의 레이저 광을 반사시킬 수 있다. 제 1 거울(62)은 레이저 광을 완전 반사시키는 풀 미러 또는 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating: FBG)를 포함할 수 있다. 제 2 거울(64)은 레이저 광을 반투과시키는 광섬유 브래그 격자(Fiber Bragg Grating: FBG), 또는 출력 커플러(output coupler)를 포함할 수 있다. 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이에서 발진되는 레이저 광은 제 2 거울(64)에서 연장되는 피그테일 광섬유(29)를 통해 엔드 캡(68) 또는 시준기로 출력될 수 있다.
- [0076] 도 13a를 참조 하여, 본 발명의 제 5 실시예에 따른 능동 광모듈(70)은 제 1 거울(62)에서 제 2 거울(64) 방향으로 광 결합장치(100)가 배치된 순방향(forward) 펌핑 모드를 가질 수 있다. 여기서, 펄스 레이저 광은 제 2 거울(64)에서 피그테일 광섬유(29)를 통해 엔드 캡(68)으로 출력될 수 있다. 광 결합장치(100)는 제 1 거울(62)에 근접하여 배치될 수 있다. 커넥터(40)는 제 1 거울(62)에서 제 2 거울(64) 방향으로 배치될 수 있다. 펌프 광은 제 1 거울(62)에서 제 2 거울(64)까지 연결되는 제 1 광섬유(10)를 따라 진행되면서 충분히 흡수될 수 있다. 따라서, 순방향 펌핑 모드는 펌프 광의 진행 방향과 펄스 레이저 광의 출력 진행 방향이 동일할 수 있다.
- [0077] 도 13b를 참조 하여, 본 발명의 제 5 실시예에 따른 능동 광모듈(70)은 제 2 거울(64)에서 제 1 거울(62)방향으로 광 결합장치(100)가 배치된 역방향(backward) 펌핑 모드를 가질 수 있다. 광 결합장치(100)는 제 2 거울(64)에 근접하여 배치될 수 있다. 커넥터(40)는 제 2 거울(64)에서 제 1 거울(62) 방향으로 배치될 수 있다. 펌프 광은 제 2 거울(64)에서 제 1 거울(62)까지 연결되는 제 1 광섬유(10)를 따라 진행되면서 충분히 흡수될 수 있다. 펄스 레이저 광은 제 1 광섬유(10), 커넥터(40), 및 제 2 광섬유(20)를 따라 진행될 수 있다. 따라서, 역방향 펌핑 모드는 펌프 광의 진행 방향과 펄스 레이저 광의 출력 진행 방향이 서로 반대될 수 있다.
- [0078] 도 13c를 참조 하여, 본 발명의 제 5 실시예에 따른 능동 광모듈(70)은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이에 복수개의 광 결합장치들(100)이 서로 마주보게 배치된 양방향 펌핑 모드를 가질 수 있다. 복수개의 광 결합장치들(100)은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64)사이의 제 1 광섬유(10)에 서로 반대되는 방향으로 펌프 광을 공급할 수 있다. 펌프 광은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이의 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유들(20), 및 커넥터들(40)를 따라 진행되면서 제 1 내지 제 3 코어들(12, 22, 42)에 흡수될 수 있다. 따라서, 양방향 펌핑 모드는 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64) 사이의 제 2 광섬유(20)에서 서로 반대되는 방향으로 전달되는 펌프 광에 의해 펄스 레이저 광이 발진될 수 있다.
- [0079] 도 13d를 참조 하여, 본 발명의 제 5 실시예에 따른 능동 광모듈(70)은 제 1 거울(62)과 제 2 거울(64)사이에 복수개의 광 결합장치들(100)이 동일한 방향으로 배치된 다중 순방향 펌핑 모드를 가질 수 있다. 복수개의 광 결합장치들(100)은 제 1 광섬유(10)에서 동일한 방향의 펌프 광을 전달할 수 있다. 첫번째 광 결합장치(100)로부터 공급되는 펌프 광이 제 1 광섬유(10)에서 고갈되면 두번째 광 결합장치(100)로부터 펌프 광이 공급되어 순차적으로 레이저 광의 출력을 늘릴 수 있다. 두 번째 광 결합장치(100)를 통해 공급되는 펌프 광의 세기는 첫번째 광 결합장치(100)으로부터 공급되는 펌프 광의 세기보다 더 클 수 있다.
- [0080] 도 14a 내지 도 14d는 본 발명의 제 6 실시예에 따른 능동 광모듈(80)을 개략적으로 보여주는 도면들이다.
- [0081] 도 14a 내지 도 14d를 참조하면, 본 발명의 제 6 실시예에 따른 능동 광모듈(80)은 광 결합장치(100)의 일측에

신호원(signal source, 86)과 제 1 아이솔레이터(82)가 형성되고, 타측에 제 2 아이솔레이터(84)가 형성된 레이저 광 증폭기일 수 있다. 레이저 광 증폭기(80)는 광 결합장치(100)에서 전달되는 펌프 광으로 레이저 광(86)을 증폭시킬 수 있다. 신호원(86)은 반도체 광원, 또 다른 레이저 광섬유 증폭기(80)의 출력단, 광섬유 레이저를 포함할 수 있다. 펌프 광원(34)은 제 1 광섬유(10)에 펌프 광을 공급할 수 있다. 출력 레이저 광은 신호원(86)에서 입력되는 신호가 증폭되어 출력될 수 있다. 따라서, 레이저 광 증폭기(80)는 신호원(86)의 신호에 따라 증폭되는 레이저 광을 출력시킬 수 있다.

[0082] 제 1 아이솔레이터(82)와 제 2 아이솔레이터(84)는 레이저 광을 제 2 광섬유(20)을 따라 엔드 캡(68)으로 전달할 수 있다. 제 1 아이솔레이터(82)는 신호원(92)에서 출력되는 신호를 통과시킬 수 있다. 반면, 제 1 아이솔레이터(82)는 신호원(86)으로 되돌아오는 레이저 광을 차단할 수 있다. 제 2 아이솔레이터(82)는 피그테일 광섬유(29)를 통해 엔드 캡(68)으로 진행되는 레이저 광을 통과시킬 수 있다. 반면, 제 2 아이솔레이터(82)는 엔드 캡(68)에서 피그테일 광섬유(29)를 통해 제 2 광섬유(20)로 되돌아오는 레이저 광을 차단할 수 있다. 제 2 아이솔레이터(82)는 생략될 수 있다.

[0083] 도 14a를 참조 하여, 본 발명의 제 6 실시예에 따른 능동 광모듈(80)은 제 1 아이솔레이터(82)에서 제 2 아이솔레이터(84) 방향으로 광 결합장치(100)가 배치된 순방향(forward) 펌핑 모드를 가질 수 있다. 여기서, 커넥터(40)는 제 1 아이솔레이터(82)에서 제 2 아이솔레이터(84) 방향으로 배치될 수 있다. 출력 레이저 광은 제 2 아이솔레이터(84)에서 피그테일 광섬유(29)를 통해 엔드 캡(68)으로 출력될 수 있다. 광 결합장치(100)는 제 1 아이솔레이터(82)에 근접하여 배치될 수 있다. 펌프 광은 제 1 아이솔레이터(82)에서 제 2 아이솔레이터(84)까지 연결되는 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유(20), 및 커넥터(40)를 따라 진행되면서 충분히 흡수될 수 있다. 따라서, 순방향 펌핑 모드는 펌프 광의 진행 방향과 증폭된 출력 레이저 광의 진행 방향이 동일할 수 있다.

[0084] 도 14b를 참조 하여, 본 발명의 제 6 실시예에 따른 능동 광모듈(80)은 제 2 아이솔레이터(84)에서 제 1 아이솔레이터(82) 방향으로 광 결합장치(100)가 배치된 역방향(backward) 펌핑 모드를 가질 수 있다. 광 결합장치(100)는 제 2 아이솔레이터(84)에 근접하여 배치될 수 있다. 커넥터(40)는 제 2 아이솔레이터(84)에서 제 1 아이솔레이터(82) 방향으로 배치될 수 있다. 펌프 광은 제 2 아이솔레이터(84)에서 제 1 아이솔레이터(82)까지 연결되는 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유(20), 및 커넥터(40)에서 충분히 흡수될 수 있다. 따라서, 역방향 펌핑 모드는 펌프 광의 진행 방향과 증폭된 출력 레이저 광의 진행 방향이 서로 반대될 수 있다.

[0085] 도 14c를 참조 하여, 본 발명의 제 6 실시예에 따른 능동 광모듈(80)은 복수개의 광 결합장치들(100)이 서로 마주보게 배치된 양방향 펌핑 모드를 가질 수 있다. 여기서, 제 1 아이솔레이터(82)와 제 2 아이솔레이터(84)는 역방향으로 진행되는 레이저 광을 차단할 수 있다. 복수개의 광 결합장치들(100)은 각각 제 1 아이솔레이터(82)와 제 2 아이솔레이터(84)에 인접하여 배치되고, 서로 마주보게 배치될 수 있다. 펌프 광은 제 1 아이솔레이터(82)와 제 2 아이솔레이터(84)사이의 제 1 광섬유(10), 제 2 광섬유(20), 및 커넥터(40)에 흡수될 수 있다. 따라서, 양방향 펌핑 모드는 제 1 아이솔레이터(82)와 제 2 아이솔레이터(84) 사이에 서로 반대되는 방향으로 전달되는 펌프 광에 의해 증폭된 레이저 광이 발진될 수 있다.

[0086] 도 14d를 참조 하여, 본 발명의 제 6 실시예에 따른 능동 광모듈(80)은 복수개의 광 결합장치들(100)이 제 1 아이솔레이터(82)와 제 2 아이솔레이터(84) 사이에 동일한 방향으로 배치된 다중 순방향 펌핑 모드를 가질 수 있다. 첫번째 광 결합장치(100)로부터 공급되는 펌프광이 제 2 광섬유(20)에서 고갈되면 두번째 광 결합장치(100)로부터 펌프 광이 공급되어 순차적으로 레이저 광의 증폭을 키울 수 있다. 두번째 광 커플러를 통해 공급되는 펌프 광의 세기는 첫번째 펌프 광의 세기보다 더 클 수 있다.

[0087] 도 15a 내지 도 15d는 본 발명의 제 7 실시예에 따른 능동 광모듈(90)을 개략적으로 보여주는 도면들이다.

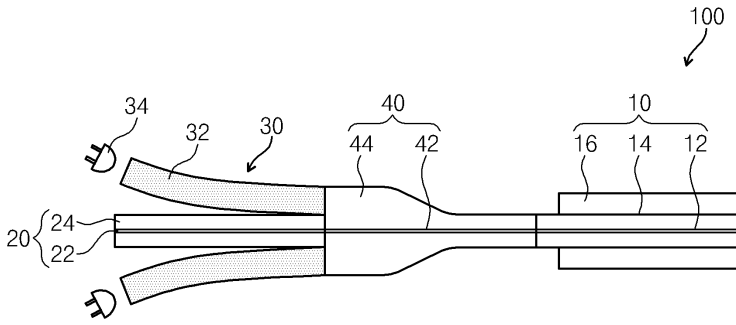
[0088] 도 15a 내지 도 15d를 참조하면, 본 발명의 제 7 실시예에 따른 능동 광모듈(90)은 광 결합장치(100) 일측에 마스터 오실레이터(96)와 제 1 아이솔레이터(82)가 형성되고, 타측에 제 2 아이솔레이터(84)가 형성된 MOPA(Master Oscillator-Power-Amplifier) 광섬유 증폭기일 수 있다. MOPA 광섬유 증폭기(90)는 광 결합장치(100)에서 전달되는 펌프 광으로 레이저 광을 증강시킬 수 있다. 레이저 광은 마스터 오실레이터(96)에서 입력되는 펄스 신호에 따라 펄스 레이저 광으로 출력될 수 있다. 마스터 오실레이터(96)는 펄스 신호를 생성하는 주파수 발진기를 포함할 수 있다.

[0089] 제 1 아이솔레이터(82)와 제 2 아이솔레이터(84)는 레이저 광을 엔드 캡(68)으로 전달할 수 있다. 제 1 아이솔레이터(82)는 신호원(92)에서 출력되는 신호를 통과시킬 수 있다. 또한, 제 1 아이솔레이터(82)는 신호원(86)으로 되돌아오는 레이저 광을 차단할 수 있다. 제 2 아이솔레이터(82)는 피그테일 광섬유(29)를 통해 엔드 캡(6

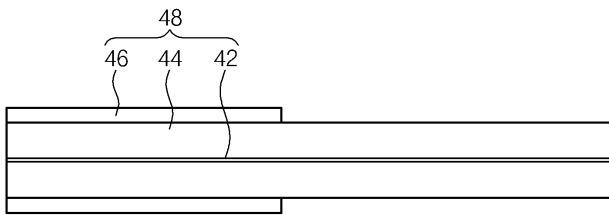


도면

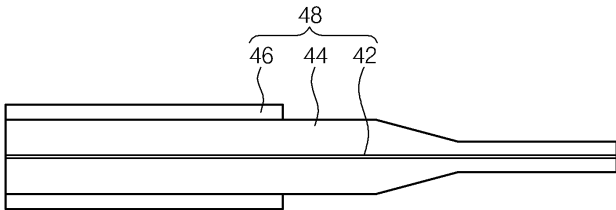
도면1



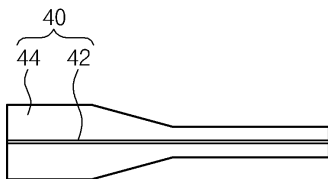
도면2



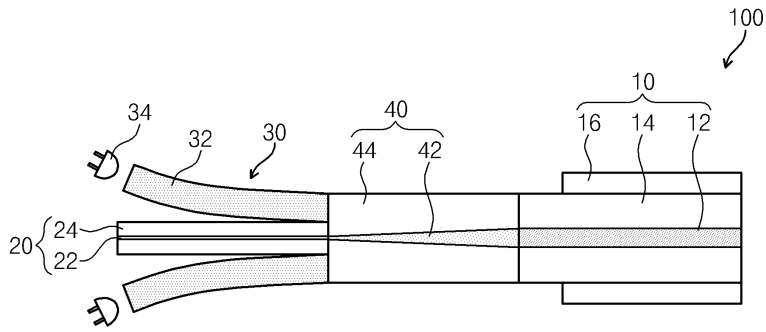
도면3



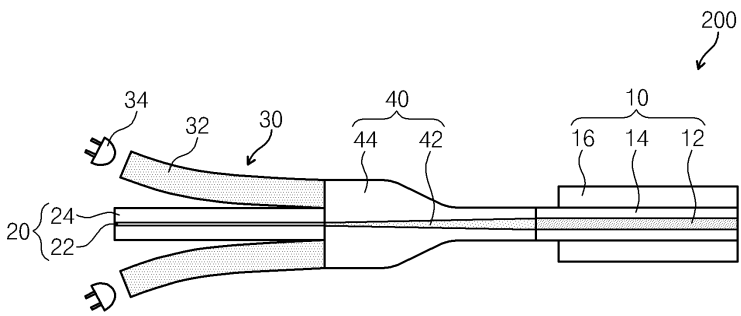
도면4



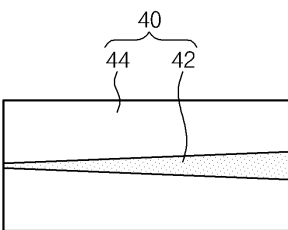
도면5



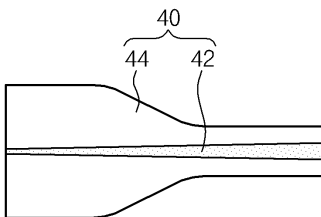
도면6



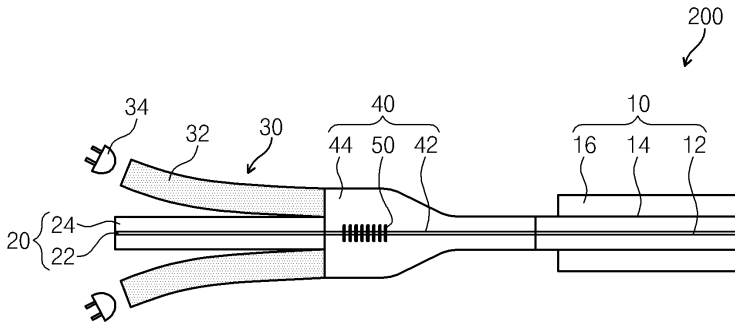
도면7



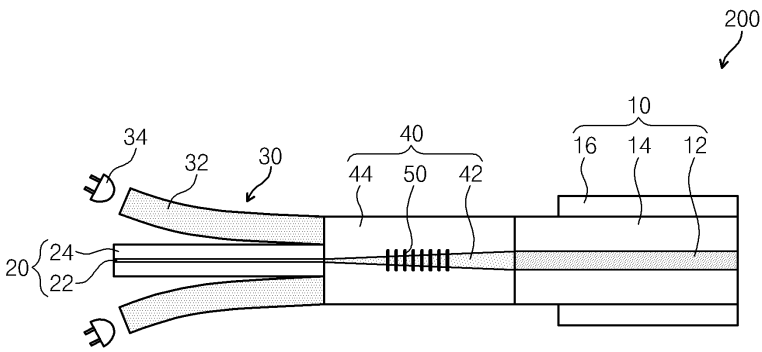
도면8



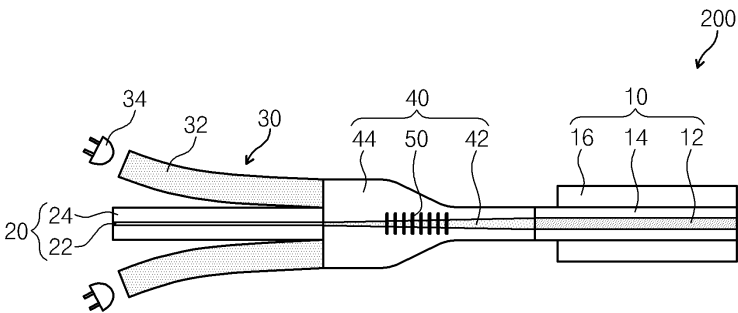
도면9



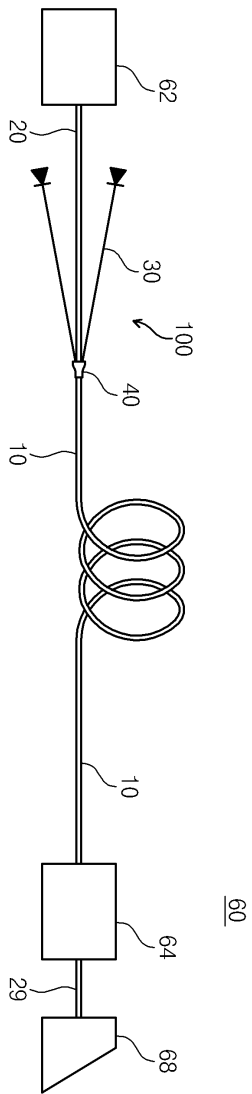
도면10



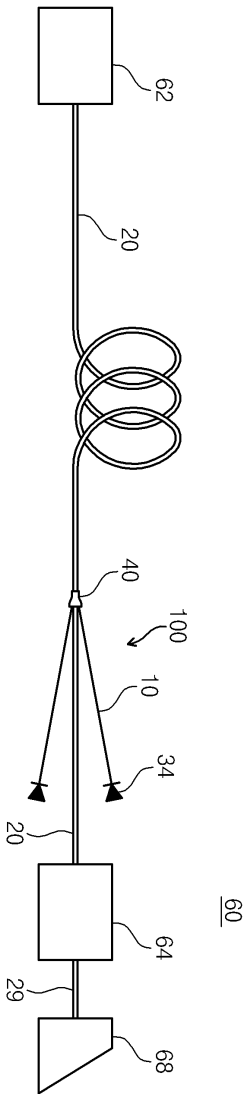
도면11



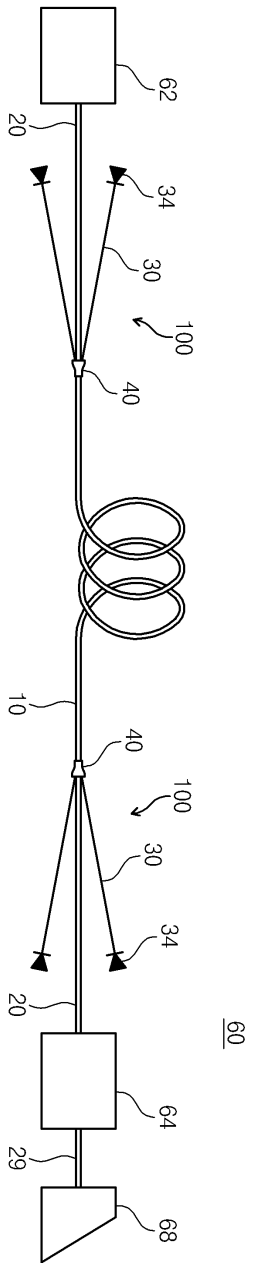
도면12a



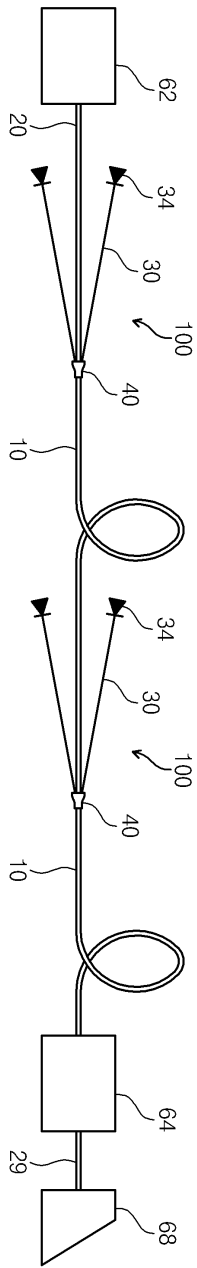
도면12b



도면12c

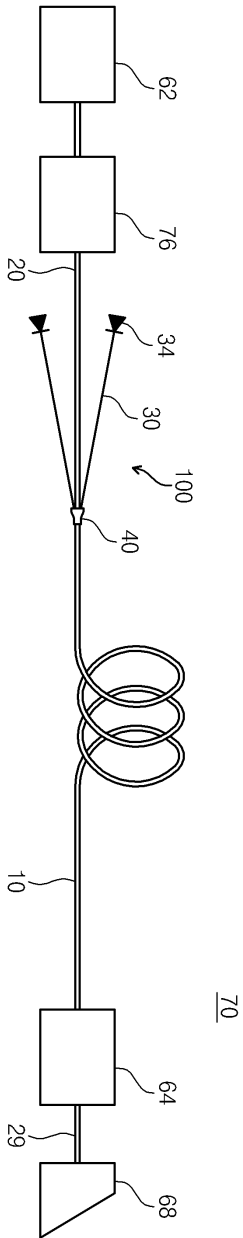


도면12d

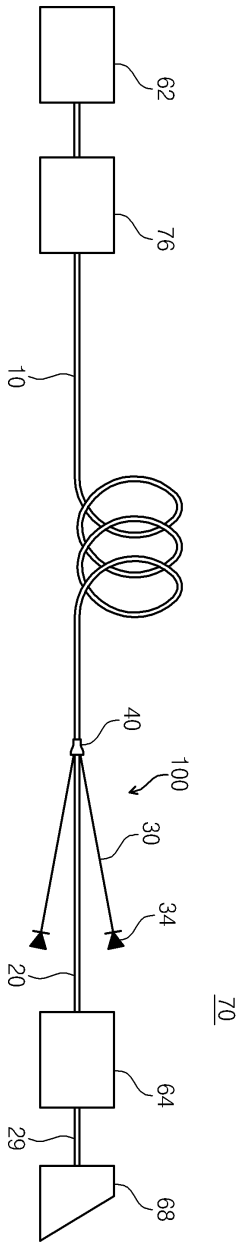


60

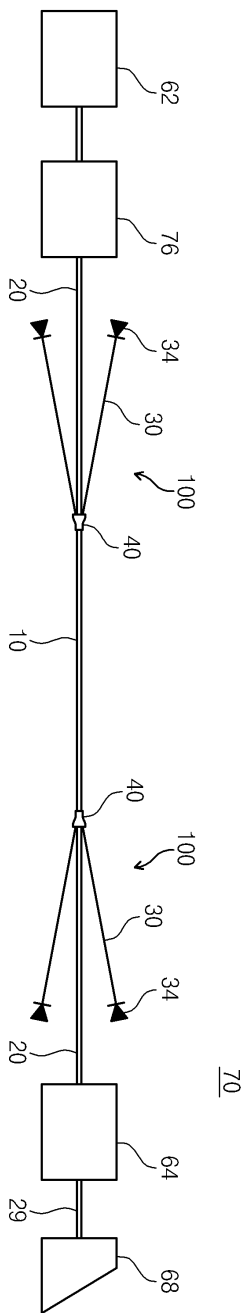
도면13a



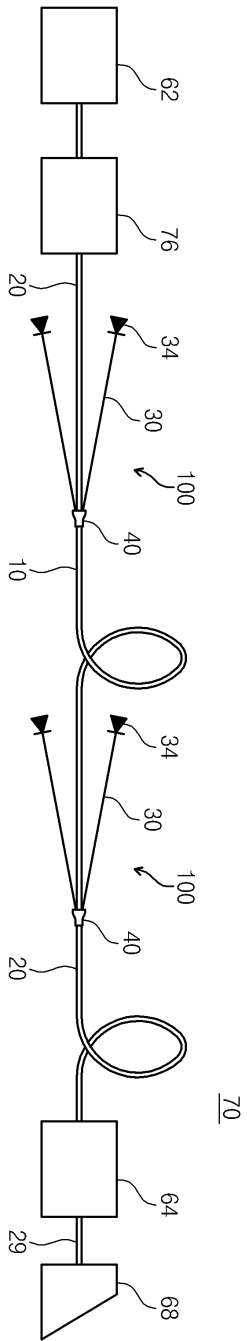
도면13b



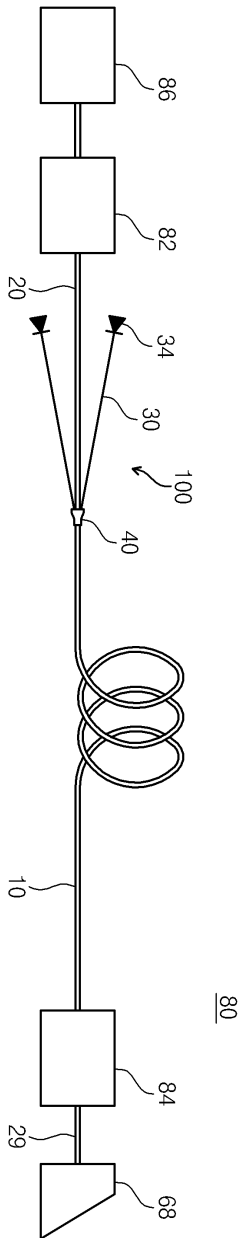
도면13c



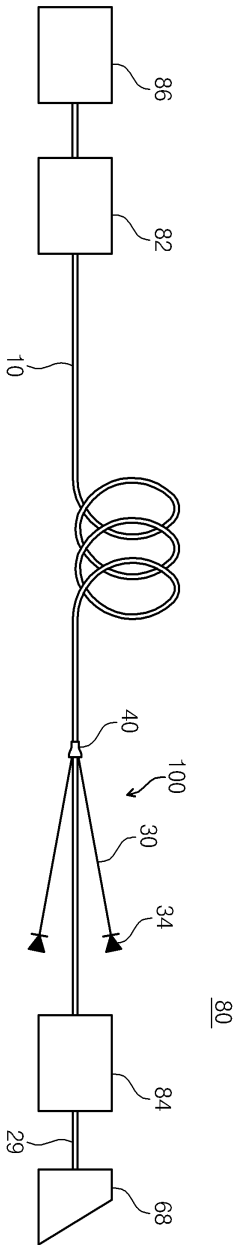
도면13d



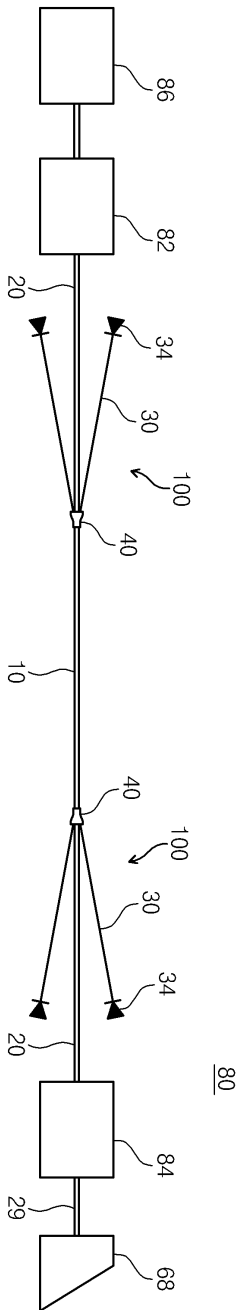
도면14a



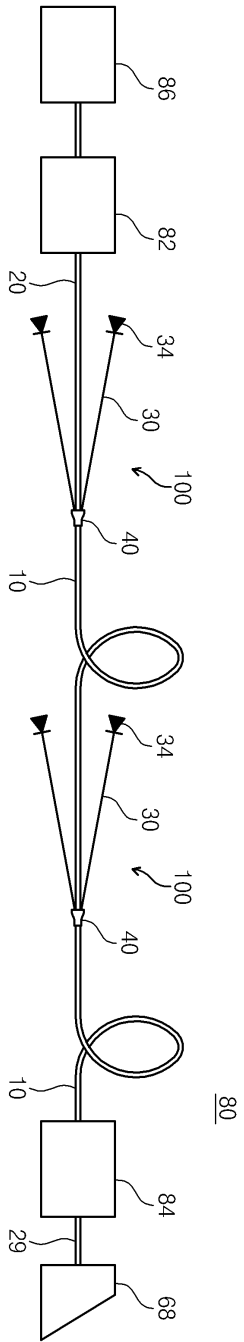
도면14b



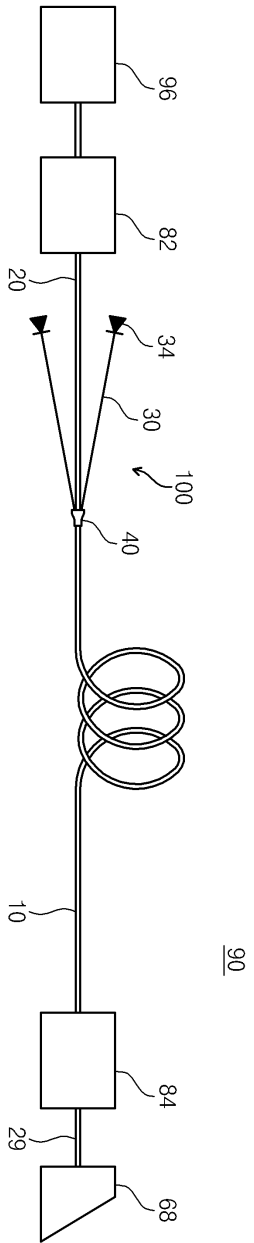
도면14c



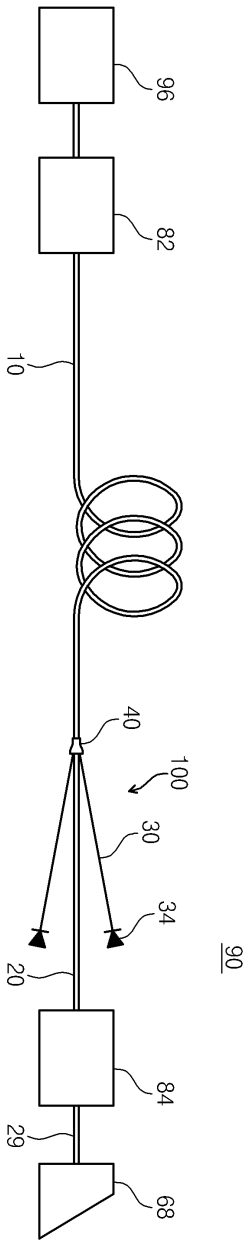
도면14d



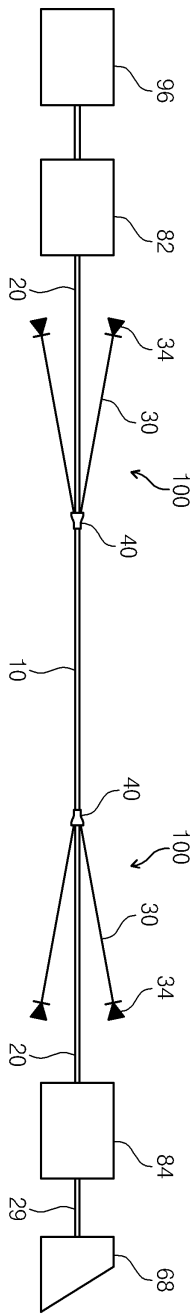
도면15a



도면15b



도면15c



90

도면15d

