



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월03일
 (11) 등록번호 10-1357719
 (24) 등록일자 2014년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01S 3/067 (2006.01) H01S 5/10 (2006.01)
 H01S 3/0941 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-7028055
 (22) 출원일자(국제) 2007년05월15일
 심사청구일자 2012년04월27일
 (85) 번역문제출일자 2008년11월17일
 (65) 공개번호 10-2009-0007756
 (43) 공개일자 2009년01월20일
 (86) 국제출원번호 PCT/FR2007/051272
 (87) 국제공개번호 WO 2007/132124
 국제공개일자 2007년11월22일
 (30) 우선권주장
 0651797 2006년05월17일 프랑스(FR)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2005260925 A*
 US05909306 A*
 J. Limpert et. al., Appl. Phys. B, 18 May
 2005, Vol. 81, Issue. 1 pages 19-21.
 US5867305 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 에올라이트 시스템스
 프랑스, 에프-33600 페삭, 애비뉴 칸테란네, 11
 (72) 발명자
 사린 프란코이스
 프랑스, 에프-33170 그라디간, 뤼 두 초우이니 50
 메티비에 필리페
 프랑스, 에프-38700 코렌크, 체민 데스 아이구이
 나즈 21
 (74) 대리인
 김학수, 문경진

전체 청구항 수 : 총 11 항

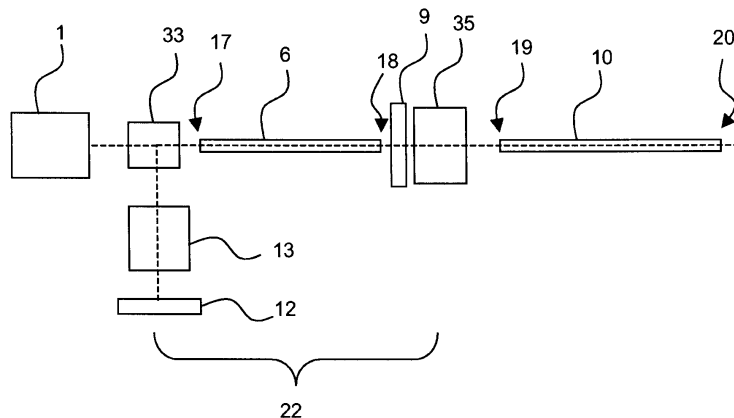
심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 **고출력 광섬유 펄스 레이저 장치**

(57) 요약

본 발명은 펌프파를 전달할 수 있는 적어도 하나의 레이저 다이오드(1), 제1 이중 외피 광섬유(6)로 이루어진 트리거 광 공진기(22), 제2 이중 외피 광섬유(10)로 이루어진 광 증폭기, 상기 펌프파를 두 광섬유들(6,10) 중 적어도 하나에 결합할 수 있는 제1(33) 및 제2(35) 광 결합수단을 포함하는 고출력 광섬유 펄스 레이저 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 두 광섬유들 중 적어도 하나는 광섬유(6 또는 10)에 결합된 펌프파가 부분적으로 흡수되고, 제2 광 결합 수단에 의해 나머지 하나의 광섬유(6 또는 10)에 결합된 잔여 펌프파를 생성하는 구성을 가지며, 상기 제2 광섬유(10)는 제1 광섬유(6)보다 긴 길이를 갖는다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

펌프파를 방출하는 적어도 하나의 레이저 다이오드(1),

레이저파를 발생하기 위한 트리거 광 공진기(22)로서, 강한 반사단(12)과, 상기 트리거 광 공진기(22)의 외부로 펌프파와 레이저파를 부분적으로 전달하는 부분 반사단(9)과, 상기 두 반사단(9,12) 사이에 배치되어 있으며, 펌프파를 흡수하고 레이저파를 증폭하는 제1 광섬유(6)로 이루어진 증폭 매체, 및 오프 상태에서 온 상태로 전환하는 광 변조기(13)를 구비한 트리거 광 공진기(22),

제2 광섬유(10)로 이루어진 광 증폭기로서, 상기 광 증폭기는 상기 트리거 광 공진기(22)의 상기 부분 반사단(9)이 상기 두 광섬유(6,10) 사이에 위치하도록 배치되고, 상기 제1 광섬유(6) 및 상기 제2 광섬유(10)는 도핑 코어(30), 펌핑 외피(31), 및 구속 외피(32)를 갖는 이중 외피 광섬유 타입이고, 각각 내단부(18,19)와 외단부(17,20)를 갖는 광 증폭기,

펌프파를 상기 외단부(17,20)를 통해 상기 두 광섬유(6,10) 중 하나에 결합하는 제1 광 결합수단(33,34), 및 상기 두 광섬유(6,10) 사이에 배치된 제2 광 결합수단(35)을 포함하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치에 있어서,

상기 광 변조기(13)는 음향-광 변조기 또는 전자-광 변조기이고,

상기 광섬유(6,10)의 도핑 코어(30)는 펌프파가 결합된 상기 외단부(17,20)를 통해 펌프파를 부분적으로 흡수하고, 상기 광섬유(6,10)의 상기 내단부(18,19)에 잔여 펌프파를 남기며,

상기 제2 광 결합수단(35)은 상기 두 광섬유(6,10)의 나머지의 상기 내단부(18,19)에서 잔여 펌프파와 상기 트리거 광 공진기(22)로부터 발생하는 레이저파를 결합하고,

상기 제2 광섬유(10)는 제1 광섬유(6)보다 긴 길이를 가져 상기 트리거 광 공진기(22)로부터 발생하는 레이저파를 증폭하는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 광섬유(6) 및 제2 광섬유(10)의 내단부(18,19), 상기 부분 반사단(9), 및 상기 제2 광 결합수단(35)은 함께 조립되어 모노리식 조립체를 형성하는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 광섬유(6) 및 상기 제2 광섬유(10)는 상기 부분 반사단(9)과 상기 제2 광 결합수단(35)이 에칭 또는 사진제판된 단일 광섬유로 이루어지고, 서로 다른 길이를 갖는 두개의 구별된 광섬유(6,10)를 형성하는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 부분 반사단(9)과 상기 광 변조기(13)는 반사율을 제어하기 위해 전기 제어를 포함하는 집적 변조기(16)를 광섬유(6,10)내에 형성하고, 상기 집적 변조기(16)는 상기 제1 광섬유(6) 및 제2 광섬유(10) 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 부분 반사단(9)은 브래그 격자를 포함하는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 강한 반사단(21)과 상기 제1 광 결합수단(33,34)은 상기 제1 광섬유(6)의 상기 외단부(17)에 집적된 전반사기(15)를 형성하며, 상기 전반사기(15)는 브래그 격자를 포함하는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2 광 결합수단(35)은 상기 두 광섬유(6,10)의 대향하는 상기 내단부(18,19)를 근접시킬 수 있는 기계적인 광-섬유-단부 고정수단인 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 8

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

각각 펌프파를 방출하는 두개의 레이저 다이오드(1); 및

두개의 제1광결합수단(33, 34)으로서, 제1 광 결합수단(33,34) 중 하나(33)는 상기 제1 광섬유(6)의 외단부(17)에 펌프파들 중 하나를 결합하고, 제1 광 결합수단(33,34) 중 나머지 하나(34)는 상기 제2 광섬유(10)의 외단부(20)에 나머지 펌프파를 결합하는 두개의 제1 광 결합수단(33,34)을 포함하는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 9

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 두개의 광섬유(6,10) 중 적어도 하나는 광자섬유 타입인 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 10

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 광섬유(6) 및 상기 제2 광섬유(10)의 상기 도핑 코어(30)는 30 μ m 보다 큰 직경을 갖는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

청구항 11

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

편광 레이저 펄스를 얻기 위해 상기 광섬유(6,10)를 경화시키기 위한 편광 수단 및 안정화 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 연속적인 펌프 레이저를 트리거함으로써 단 레이저 펄스를 얻는 원리는 오랫동안 알려져 있으며, 오프 상태로 유지된 광 공진기에 배치된 레이저 매체에 에너지를 저장하는 것으로 이루어져 있다.

[0003] 최고 효율(펌프 출력과 레이저에 의해 방출된 출력 간의 비율)을 얻기 위해, 펌프 출력의 대부분을 흡수할 수 있는 길이의 레이저 매체를 이용할 필요가 있다.

[0004] 두개의 연속적인 레이저 펄스 방출 사이의 지속시간에 대응하는 펌핑 지속시간 후에, 공진기 상태가 갑자기 온 상태로 전환되어 레이저 흐름이 캐비티내에 확립될 수 있다.

[0005] 통과당 이득이 높기 때문에, 강도가 급격히 증가할 수 있다. 소수의 라운드 트립후에, 방사선은 최대값에 도달

하고 나서 점진적으로 감소한다. 그리고, 레이저 방출은 수많은 파라미터들에 의존하는 지속시간을 갖는 펄스 형태를 취한다.

- [0006] 특히, 레이저 펄스 지속시간은 캐비티 길이와 통과 당 이득에 직접적으로 의존한다는 것이 공지되어 있다(A.E. Seigma: Lasers(University Science Books, Sausalito, CA, 1986).
- [0007] 서브-나노세컨드 지속시간의 레이저 펄스는 1mm 보다 작은 길이의 수정 레이저 매체로 얻어진다. 그리고, 매우 강하게 도핑된 수정은 레이저 다이오드에 의해 방출된 펌프파의 대부분을 흡수하고 무시할 수 없는 효율 및 펄스당 적절한 에너지를 얻는데 사용될 수 있다.
- [0008] 그럼에도 불구하고, 이러한 레이저 장치로 얻을 수 있는 평균 출력은 레이저 매체에서 유도되는 열적 효과에 의해 제한된다.
- [0009] 고전적인 해결책은 펄스 발생 레이저 장치 뒤에 동일한 길이의 구속을 갖지 않고 길이가 길더라도 단 펄스를 증폭할 수 있는 증폭기를 추가하여 이루어진다. MOPA("Master Oscillator Power Amplifier")로 불리는 이 해결책은 불가피하게도 매우 복잡하고 두개의 구별된 펌핑원을 필요로 한다.
- [0010] 이 해결책은 효과적인 이득 및 높은 평균 출력을 제공하는 섬유 증폭기로 저출력 레이저 펄스를 생성하는 특히 고상의 마이크로레이저와 관련하여 많은 저자에 의해 사용되고 있다.
- [0011] 그럼에도 불구하고, 이 해결책은 산업 제품들과 호환가능한 출력에 도달하기 위해 수개의 증폭단이 필요하기 때문에 복잡하다는 단점을 갖는다.
- [0012] 또한, 마이크로레이저가 증폭기의 나머지에 접합될 수 없기 때문에 이 시스템을 집적하는 것이 불가능하다.
- [0013] 동일한 방식으로, 발진기는 펄스 레이저 다이오드일 수 있지만 증폭단의 개수는 여전히 증가한다.
- [0014] 다른 방법으로, 이들 증폭단을 서로 분리시키거나, 그렇지 않으면 출력의 대부분은 연속적인 방사선 형태로 출력될 수 있다.
- [0015] 최근, 독특하게 이테르븀 이온(Ytterbium ions)으로 도핑된 광섬유를 기반으로 나노세컨드 펄스를 생성하는 새로운 기술이 림퍼트 등(Advanced Solid State Photonics Conference, Vienna, February 2005)에 제공되었다. 이 기술은 증폭 매체로서 매우 강하게 도핑된 단 광섬유를 이용하는 것에 기초한다.
- [0016] 10ns 보다 훨씬 긴 라이징 시간을 갖는 가변 감쇠기(또는 광 변조기(Q-스위치))를 포함하는 이러한 시스템이 10 ns 정도의 지속시간을 갖는 펄스를 만들 수 있다는 것도 보여주고 있다.
- [0017] 펄스 지속시간은 펄스를 생성하는 광 공진기의 길이에 비례하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 단 펄스를 얻기 위해, 단 공진기가 사용되어야 한다. 이는 공진기내에서 단 광섬유 길이, 즉 낮은 펌프 출력 흡수, 및 부족한 효율을 강요한다.
- [0018] 단 섬유 길이를 유지하면서 효율을 증대시키기 위해, 구조물내의 펌프의 흡수 계수는 일반적으로 증가하고, 이에 따라 매우 높은 여기 집단 밀도를 만들어 광섬유 서비스 수명을 감소시킨다.
- [0019] 따라서, 전통적인 해결책은 단 섬유(단 펄스 지속시간)와 수명 간의 절충을 강요한다(너무 높은 여기 이온 밀도는 섬유의 노화를 촉진하기 쉽다).
- [0020] 따라서, 고효율, 단 펄스 지속시간, 및 섬유의 장수명을 동시에 얻기가 어렵다.

발명의 상세한 설명

- [0021] 따라서, 본 발명은 고효율, 나노세컨드 또는 수 나노세컨드(<10ns) 정도의 단 펄스 지속시간, 우수한 광섬유 수명을 가지며, 디자인이 단순하고 부분적으로 또는 완전히 집적된 형태일 수 있는 고풍출력 광섬유 레이저 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0022] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 고풍출력 광섬유 펄스 레이저 장치는,
- [0023] 펌프파를 방출하는 적어도 하나의 레이저 다이오드,
- [0024] 레이저파를 발생하기 위한 트리거 광 공진기로서, 강한 반사단과, 상기 트리거 광 공진기의 외부로 펌프파와 레이저파를 부분적으로 전달하는 부분 반사단과, 상기 두 반사단 사이에 배치되어 있으며, 펌프파를 흡수하고 레이저파를 증폭하는 제1 광섬유로 이루어진 증폭 매체, 및 오프 상태에서 온 상태로 전환하는 광 변조기를 구비

한 트리거 광 공진기,

- [0025] 제2 광섬유로 이루어진 광 증폭기로서, 상기 광 증폭기는 상기 트리거 광 공진기의 상기 부분 반사단이 상기 두 광섬유 사이에 위치하도록 배치되고, 상기 제1 광섬유 및 상기 제2 광섬유는 도핑 코어, 펌프 외피, 및 구속 외피를 갖는 이중 외피 광섬유 타입이고, 각각 내단부와 외단부를 갖는 광 증폭기,
- [0026] 펌프파를 상기 외단부를 통해 상기 두 광섬유 중 하나에 결합하는 제1 광 결합수단, 및
- [0027] 상기 두 광섬유 사이에 배치되고, 내단부를 통해 상기 펌프파를 상기 두 광섬유 중 하나에 결합하는 제2 광 결합수단을 포함하는 고효율 광섬유 펄스 레이저 장치에 있어서,
- [0028] 상기 광 변조기는 음향-광 변조기 또는 전자-광 변조기이고,
- [0029] 상기 광섬유의 도핑 코어는 펌프파가 결합된 상기 외단부를 통해 펌프파를 부분적으로 흡수하고, 상기 광섬유의 상기 내단부에 잔여 펌프파를 남기며,
- [0030] 상기 제2 광 결합수단은 상기 두 광섬유의 나머지의 상기 내단부에서 잔여 펌프파와 상기 트리거 광 공진기로부터 발생하는 레이저파를 결합하고,
- [0031] 상기 제2 광섬유는 제1 광섬유보다 긴 길이를 가져 상기 트리거 광 공진기로부터 발생하는 레이저 파를 증폭하는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 다른 가능한 실시예에 있어서, 본 발명은 개별적으로 또는 다른 기술적인 결합에 따라 얻을 수 있는 다음의 특징이 제공되며, 각각 다음과 같은 장점을 제공한다.
- [0033] 상기 제1 광섬유 및 상기 제2 광섬유의 상기 내단부, 상기 부분 반사단, 및 상기 제2 광 결합수단은 함께 조립되어 모노리식 조립체를 형성한다.
- [0034] 상기 제1 광섬유 및 상기 제2 광섬유는 상기 부분 반사단과 상기 제2 광 결합수단이 에칭 또는 사진제판된 단일 광섬유로 이루어지고 서로 다른 길이를 갖는 두개의 광섬유를 형성한다.
- [0035] 상기 부분 반사단과 상기 광 변조기는 반사율을 제어하기 위해 전기 제어를 포함하는 집적 변조기를 광섬유내에 형성하고, 상기 집적 변조기는 상기 제1 광섬유 및 제2 광섬유 사이에 배치된다.
- [0036] 상기 부분 반사단은 브래그 격자를 포함한다.
- [0037] 상기 강한 반사단과 상기 제1 광 결합수단은 상기 제1 광섬유의 상기 외단부에 집적된 전반사기를 형성하며, 상기 전반사기는 브래그 격자를 포함한다.
- [0038] 상기 제2 광 결합수단은 상기 두 광섬유의 대향하는 상기 내단부를 근접시킬 수 있는 기계적인 광-섬유-단부 고정수단이다.
- [0039] 광섬유 펄스 레이저 장치는 각각 펌프파를 방출하는 두개의 레이저 다이오드, 및 상기 제1 광 결합수단 중 하나는 상기 제1 광섬유의 외단부에 펌프파들 중 하나를 결합하고, 제1 광 결합수단 중 나머지 하나는 상기 제2 광섬유의 상기 외단부에 나머지 펌프파를 결합하는 두개의 제1 광 결합수단을 포함한다.
- [0040] 상기 두개의 광섬유 중 적어도 하나는 광자섬유 타입이다.
- [0041] 상기 제1 광섬유 및 상기 제2 광섬유의 상기 도핑 코어는 30 μ m 보다 큰 직경을 갖는다.
- [0042] 광섬유 펄스 레이저 장치는 편광 레이저 펄스를 얻기 위해 상기 광섬유를 경화시키기 위한 편광 수단 및 안정화 수단을 포함한다.

실시예

- [0051] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 고효율 광섬유 레이저 장치를 나타낸다.
- [0052] 이 장치는 펌프파를 방출하기에 적합한 레이저 다이오드(1)를 포함한다. 또한, 이 장치는 수개의 레이저 다이오드(1)를 포함할 수 있다.
- [0053] 펌프파는 레이저파를 발생하기에 적합한 트리거 광 공진기(22)로 주입된다.
- [0054] 트리거 광 공진기(22)는 완전 또는 의사 완전 반사하는 매우 강한 반사단(12)과, 펌프파와 레이저파를 트리거

광 공진기(22)의 외부로 부분적으로 전달하기에 적합한 부분 반사단(9)을 포함한다.

- [0055] 트리거 광 공진기(22)는 펄프파를 부분적으로 흡수하고 레이저파를 증폭하기에 적합한 제1 광섬유(6)로 이루어진 증폭매체를 포함하며, 이는 두 반사단(9 및 12) 사이에 배치되어 있다.
- [0056] 바람직하게는, 트리거 광 공진기(22)는 레이저 펄스를 얻기 위해 오프 상태에서 온 상태로 전환하기에 적합한 광 변조기(13)를 포함할 수 있다.
- [0057] 고전적인 방식에 있어서, 광 변조기(13)는 예를 들면 음향-광 또는 전자-광 변조기일 수 있다.
- [0058] 이 장치는 트리거 광 공진기(22)의 외부에 배치된, 제2 광섬유(10)로 이루어진 광 증폭기를 포함한다.
- [0059] 부분 반사단(9)은 각각 내단부(18,19)와 외단부(17,20)를 갖는 제1 광섬유(6) 및 제2 광섬유(10) 사이에 배치된다. 두 내단부(18,19)는 서로 대향하게 배치되어 있다.
- [0060] 제1 광섬유(6)의 외단부(17)는 제1 광 결합수단(33)을 통해 레이저 다이오드(1)에 의해 방출되는 펄프파를 수신하기에 적합하다. 제1 광섬유(6)의 외단부(17)와 제2 광섬유(10)의 외단부(20)는 두개의 광섬유(6 및 10)에 의해 분리된다.
- [0061] 도 2에 도시한 바와 같이, 제1 광 결합수단(33)은 제1 렌즈(3), 다이크로익 미러(5), 및 제2 렌즈(4)를 포함할 수 있다.
- [0062] 부분 반사단(9)은 레이저 파장에서 부분적으로 반사한다.
- [0063] 부분 반사단(9)은 이를 통해 지나는 레이저 및 펄프파를 전달하기에 적합하여야 한다.
- [0064] 부분 반사단(9)은 간단한 에어, 글라스 또는 실리카 플레이트 또는 글라스 에 인쇄된 유전체층 또는 반반사 미러 또는 벌크 브래그 격자로 처리된 플레이트 또는 다른 어떠한 반사 시스템으로 이루어질 수 있다.
- [0065] 부분 반사단(9)은 레이저파가 빌드업될 제1 "발전기" 영역을 제1 광섬유(6)측으로 제한한다.
- [0066] 부분 반사단(9)이 레이저파가 증폭될 "증폭" 영역을 제2 광섬유(10)측으로 제한한다.
- [0067] 섬유 레이저 장치는 두개의 광섬유(6 및 10) 사이에 배치된 제2 광 결합수단(35)을 포함할 수 있다.
- [0068] 도 2에 도시한 바와 같이, 제1 광섬유(6) 및 제2 광섬유(10)는 코어(30), 펌핑 외피(31), 및 구속 외피(32)를 갖는 이중 외피 광섬유 타입이다.
- [0069] 펄프파가 결합된 외단부(17)를 통한 광섬유(6)의 도핑 코어(30)는 펄프파를 부분적으로 흡수하고 잔여 펄프파를 광섬유(6)의 내단부(18)에 남기기에 적합하다.
- [0070] 제1 광섬유(6)의 내단부(18)와 제2 광섬유(10)의 내단부(19)는 제2 광 결합수단(35)을 통해 공진기(22)로부터 나오는 잔여 펄프파와 레이저파를 동시에 서로 전달하기에 적합하다.
- [0071] 제2 광 결합수단(35)은 광섬유(6)의 펌핑 외피(31)로부터 다른 광섬유(10)의 펌핑 외피를 향해 나오는 잔여 펄프파와 광섬유(6)의 코어(30)로부터 다른 광섬유(10)의 도핑 코어(30)내로 나오는 레이저파를 동시에 결합하기 적합하다.
- [0072] 제2 광 결합수단(35)은 제1 광섬유(6)와 부분 반사단(9) 사이에 배치된 제1 콜리메이트 렌즈(7)와 부분 반사단(9)과 제2 광섬유(10) 사이에 배치된 제2 콜리메이트 렌즈(8)를 포함할 수 있다.
- [0073] 부분 반사단(9)은 제1 콜리메이트 렌즈(7)와 제2 콜리메이트 렌즈(8) 사이 또는 섬유(6,10)의 내단부(18,19)중 하나와 이들 두 광소자(7,8)중 하나 사이에 위치될 수 있다.
- [0074] 광섬유(6 및 10)는 관심 있는 레이저 파장으로 이득을 만들기 적합한 합성 레이저 섬유이다.
- [0075] 이들 광섬유(6 및 10)의 코어(30)는 5 내지 200 마이크로미터의 직경을 갖는다. 코어(30)는 희토류군(이테르븀, 네오디뮴, 에르븀, 툴륨, 홀름...)에서 선택된 이온으로 도핑된다. 바람직하게는, 코어(30)는 이테르븀 이온으로 도핑된다. 코어(30)는 파가 레이저 파장으로 안내될 수 있도록 한다.
- [0076] 이 도파로는 바람직하게는 단일 모드이지만 멀티모드일 수도 있다.
- [0077] 광섬유(6 및 10)의 코어(30)는 그 직경이 코어(30) 직경의 1 내지 10배인 펌핑 외피(31)로 둘러싸여 있다.
- [0078] 펌핑 외피(31)는 코어(30)내에서 레이저파의 안내를 확보하기 위해 동일 조직 또는 일정한 마이크로-구조일 수

있다. 그리고, 광섬유(6 및 10)는 광전 섬유 타입이다.

- [0079] 펌핑 외피(31)는 저 굴절재 또는 "에어-클래드" 타입의 구조로 이루어진 구속 외피(32)로 둘러싸여 있다. 펌핑 외피(31)는 코어(30)를 도핑하는 이온의 흡수에 대응하는 펌프 파장의 도파로를 제공하여야 한다.
- [0080] 이 펌핑 외피(31)의 개구수는 가능한 최대값이어야 한다.
- [0081] 조립체는 섬유를 기계적으로 유지하는 것이 그 기능인 기계적인 외피로 둘러싸일 수 있다.
- [0082] 광섬유(6 및 10)는 바람직하게는 글라스 또는 실리카 및 에어로 이루어진다.
- [0083] 광섬유(6 및 10)는 다른 코어 및 외피 직경을 가질 수 있지만 바람직하게는 제1 광섬유(6)와 제2 광섬유(10)내에서 코어 직경과 외피 직경 사이의 비율이 매우 근접하면 이 시스템은 기능할 것이다.
- [0084] 펌프파는 제1 광섬유(6)의 외단부(17)에 입사된다. 또한, 펌프파는 이 제1 광섬유(6)를 따라 펌핑 외피(31)로 제1 광 결합수단(33)을 통해 주입될 수 있다.
- [0085] 도 2는 장치 동작을 보다 이해할 수 있는 섬유 레이저 장치의 일예를 보다 상세히 나타낸다.
- [0086] 펌프파는 레이저 다이오드(1)에 의해 방출된다. 펌프파는 제1 광 결합수단(33)에 의해 제1 광섬유(6)로 주입된다.
- [0087] 펌프파는 레이저 다이오드(1)와 제1 광 결합수단(33) 사이에 배치된 안내 섬유(2)로 미리 방출될 수 있다.
- [0088] 보다 구체적으로는, 펌프파는 제1 렌즈(3)에 의해 콜리메이트된다. 펌프파는 다이크로익 미러(5)를 통해 지나고 제2 렌즈(4)에 의해 제1 광섬유(6)의 외단부(17)에 집속된다.
- [0089] 펌프파의 일부는 제1 광섬유(6)내에서의 전파동안 흡수된다. 펌프파가 결합된 외단부(17)를 통해 광섬유(6)의 도핑 코어(30)는 펌프파를 부분적으로 흡수하고 이 광섬유(6)의 내단부(18)에서 나오는 잔여 펌프파를 남기기에 적합하다.
- [0090] 제1 광섬유(6)의 이중 외피 구조에 의해 펌프파가 안내될 수 있다.
- [0091] 제1 광섬유(6)의 외부, 즉 제1 광섬유(6)의 내단부(18)에서, 잔여 펌프파와 레이저파는 부분 반사 미러일 수 있는 부분 반사단(9)을 통해 지나기 위해 제1 콜리메이션 렌즈(7)에 의해 다시 콜리메이트된다. 그리고, 잔여 펌프파와 레이저파는 제2 콜리메이션 렌즈(8)를 통해 증폭 제2 광섬유(10)의 내단부(19)에 결합된다.
- [0092] 제2 광섬유(10)의 길이는 내단부(19)에 입사되는 펌프파의 대부분을 흡수하도록 선택된다.
- [0093] 트리거 광 공진기(22)의 레이저 캐비티의 매우 강한 반사단(12)은 제1 광섬유(6)에 의해 방출된 방사선의 전부 또는 일부를 제1 광섬유(6)를 향해 다시 전달한다. 매우 강한 반사단(12)은 미러일 수 있다.
- [0094] 다이크로익 미러(5)는 바람직하게는 레이저 파장에서 완전히 반사시키고 펌프파 파장에서 통과시킨다.
- [0095] 펌프 파장은 광섬유(6 및 10)에 의해 흡수된 파장에서 선택된다.
- [0096] 제2 렌즈(4), 제1 콜리메이션 렌즈(7), 및 제2 콜리메이션 렌즈(8)는 적어도 광섬유(6 및 10)의 펌핑 외피(31)만큼 큰 개구수를 갖도록 선택된다.
- [0097] 레이저 다이오드(1)에 의해 생성된 펌프파가 광섬유(6 및 10)로 흡수되면, 펌프파는 집단 역전을 만든다.
- [0098] 매우 강한 반사단(12)과 부분 반사단(9)이 올바르게 배치되면, 공진기 캐비티내에서 레이저 효과가 일어난다.
- [0099] 잔여 펌프파는 부분 반사단(9)에 의해 부분적으로 전달되고 제2 콜리메이션 렌즈(8)를 통해 제2 광섬유(10)로 주입된다.
- [0100] 부분 반사단(9)과 제2 콜리메이션 렌즈(8)는 제2 광섬유(10)의 코어(30)로 제1 광섬유(6)의 코어(30)로부터 나오는 모드 뿐만 아니라 제2 광섬유(10)의 펌핑 외피(31)를 향해 제1 광섬유(6)의 펌핑 외피(31)로부터 나오는 레이저 방사선을 동시에 결합하도록 선택되어 치수와 개구수에 대한 매칭을 확보한다.
- [0101] 그리고, 레이저파는 제1 광섬유(6)내에 흡수되지 않은 잔여 펌프파에 의해 펌핑되는 제2 광섬유(10)에 의해 증폭된다.
- [0102] 펌프파는 제1 광섬유(6)내에 매우 부분적으로 흡수된다(5 내지 50%, 바람직하게는 20% 이하). 나머지 펌프파는

제2 광섬유(10)내에 흡수되어 펌프파는 완전 또는 의사 완전 흡수된다.

- [0103] 코어(30)에 의한 펌프파 흡수의 전형적인 값은 30 dB/m 보다 작아야 하며, 상기 값은 코어(30)와 외피(31) 표면 사이의 비율을 고려한다.
- [0104] 마찬가지로, 코어(30)내의 희토류 이온의 국부적인 농도는 가능한 최대로 일정하여야 한다.
- [0105] 섬유(6 및 10)의 길이는 펌프파의 의사 완전 흡수를 제공하고 나노세컨드 또는 수 나노세컨드(<10ns) 정도의 지속시간을 갖는 고효율 단 펄스의 생성을 가능하게 하도록 선택된다.
- [0106] 제2 광섬유(10)는 제1 광섬유(6)보다 긴 길이를 갖는다. 이 길이는 제2 광섬유(10)가 제1 광섬유(6)보다 큰 펌프파를 흡수하도록 적용된다.
- [0107] 섬유 레이저 장치는 제1 광섬유(6)내에서 저흡수가 유지되도록 하면서, 제1 광섬유(6)에 의해 흡수되지 않은 모든 펌프 출력을 흡수하는 증폭 제2 광섬유(10) 때문에 최대 펌프 출력을 전달할 수 있다.
- [0108] 따라서, 제1 광섬유(6)는 제2 광섬유(10)보다 작은 길이를 가질 수 있으며 단 펄스를 생성할 수 있어야 한다. 이들 펄스는 제2 광섬유(10)내에서 증폭된다. 제2 광섬유(10)는 트리거 광 공진기(22)에 집적되기 때문에 더 이상 길이 제한을 갖지 않아 낮은 선형 흡수를 가짐으로써, 결국 노화 문제로부터 자유롭다. 따라서, 단 펄스의 생성, 고효율(레이저 출력/펌프 출력), 및 섬유의 장수명이 모두 유지된다. 펌프파 흡수는 두 광섬유(6 및 10) 사이에서 잘 분배되어 열적 효과와 섬유의 노화를 회피한다.
- [0109] 함께 결합된 광섬유(6 및 10)의 총 길이는 50cm 내지 5m 이다.
- [0110] 따라서, 제1 광섬유(6)의 길이가 어떻더라도 전체 펌프 출력이 광섬유(6 및 10)의 조립체에 의해 흡수될 수 있다는 것을 알 수 있다. 이 때문에, 필요한 만큼 흡수 길이 보다 길도록 결합된 길이를 선택할 수 있다.
- [0111] 제1 광섬유(6)의 길이는 바람직하게는 3cm 내지 30cm 이다.
- [0112] 제1 광섬유(6)는 10 마이크로미터 내지 100 마이크로미터의 대직경을 갖는 코어(30)를 갖는다. 따라서 한편으로는 여기 이온은 많지 않고(낮은 흡수), 다른 한편으로는 여기 이온은 큰 볼륨(넓은 코어)내에서 분산된다. 이에 의해, 그 밀도는 비교적 낮다. 이 단 섬유내의 이득은 펄스 레이저에서 일반적으로 이용되는 것보다 낮다. 비교적 낮은 이득은 짧은 광-길이 트리거 광 공진기(22)에 의해 보상된다. 그리고, 단 펄스가 생성된다.
- [0113] 진술한 바와 같이, 제1 광섬유(6)에 의해 흡수되지 않은 펌프 출력은 제1 콜리메이션 렌즈(7)와 제2 콜리메이션 렌즈(8)에 의해 제2 광섬유(10)를 향해 재집속된다.
- [0114] 제1 콜리메이션 렌즈(7)와 제2 콜리메이션 렌즈(8)의 특성은 한편으로는 각각의 개구수를 고려하면서 제2 광섬유(10)의 구속 외피(31)를 향해 제1 광섬유(6)의 구속 외피(31)로부터 나오는 모든 광선과, 한편으로는 제2 광섬유(10)의 코어(30)의 자연 전파 모드를 향해 제1 광섬유(6)의 코어(30)로부터 나오는 자연 전파 모드를 최소 손실로 표현하기 위해 계산된다.
- [0115] 광섬유(6 및 10)의 코어(30)의 도핑율은 강한 펌핑 흐름하에서도 섬유 노화의 모든 문제를 회피하기 위해 산출된다.
- [0116] 도 3에 도시한 바와 같이, 다른 예가 가능하다.
- [0117] 펌프파는 앞선 예에서와 같은 특성을 갖는 제1 광 결합수단(34)을 통해 제2 광섬유(10)의 외단부(20)를 향하여 레이저 다이오드(1)에 의해 주입될 수 있다.
- [0118] 그리고, 펌프파는 제2 광섬유(10)에 의해 부분적으로 흡수되어 뒤쪽의 내부단(19)을 통해 나가는 잔여 펌프파를 생성한다. 그리고, 잔여 펌프파는 제2 광 결합수단(35)을 통해 제1 광섬유(6)의 내부단(18)에 결합된다.
- [0119] 이 예에서, 광 변조기(13), 매우 강한 반사단(12), 및 제1 광 결합수단(34)은 두개의 광섬유(6 및 10)로 정렬된다. 광 변조기(13)는 제1 광섬유(6)의 외단부(17)와 대향하고 제1 광섬유(6)와 매우 강하게 반사하는 단부(12) 사이에 배치된다.
- [0120] 레이저 펄스는 제1 광 결합수단(34)을 통해 레이저 장치 외부로 나간다.
- [0121] 도 4는 레이저 장치가 두개의 제1 광 결합수단(33,34)과 각각 펌프파를 방출하는 두개의 레이저 다이오드(1)를 포함하는 다른 예가 도시되어 있다.

- [0122] 제1 광 결합수단중 하나(33)는 제1 광섬유(6)의 외단부(17)에 펌프파중 하나를 결합하기에 적합하고 제1 광 결합수단의 나머지(34)는 제2 광섬유(10)의 외단부(20)에 나머지 펌프파를 결합하기에 적합하다.
- [0123] 레이저 펄스는 제2 광섬유(10)의 외단부(20)와 대향하게 배치된 제1 광 결합수단(34)을 통해 레이저 디바이스로부터 외부로 나간다.
- [0124] 도 5 및 7은 레이저 장치가 부분적으로 집적된 두개의 다른 예를 나타낸다.
- [0125] 도 5에서, 제1 광섬유(6) 및 제2 광섬유(10)의 내단부(18,19), 부분 반사단(9), 및 제2 광 결합수단(35)은 모노리식 조립체, 즉 단일 블록을 형성하기 위해 함께 조립될 수 있다.
- [0126] 도 7에 도시한 예에서, 제2 광 결합수단(35)은 두 광섬유(6,10)의 대향하는 내단부(18,19)를 근접시키는데 적합한 기계적인 광-섬유-단부 고정수단일 수 있다. 광섬유(6 및 10)는 100 마이크로미터보다 작은 거리로 근접할 수 있다. 얇은 에어 플레이트 또는 저굴절 재료(100 μ m 보다 작은 두께) 만이 두 광섬유(6,10)의 내단부(18,19) 사이에 세워진다. 두 광섬유(6,10)의 단부(18 및 19)는 상술한 기계적인 수단을 통해 정렬 유지된다.
- [0127] 부분 반사단(9)은 광섬유(6,10)의 두 내단부(18,19)중 적어도 하나로 만들어 질 수 있다. 내단부(18,19)는 레이저 파를 부분적으로 반사하는 광학 처리로 피복된다.
- [0128] 기능의 최대를 광섬유(6 또는 10)에 집적하는 것은 신뢰성과 제조 비용을 위하여 특히 바람직하다.
- [0129] 부분 반사단(9)은 그 반사 계수가 레이저 펄스 파장에서 전형적으로 10 내지 50%인 브래그 격자를 포함하는 브래그 반사기(9')일 수 있다.
- [0130] 이 브래그 반사기(9')는 광섬유(6 또는 10)의 코어(30)에 인쇄된다. 펌프파 뿐만 아니라 레이저 펄스를 위하여 도파로 연속성이 제공된다.
- [0131] 광섬유(6 및 10)와 브래그 반사기(9')는 함께 접합되어 모노리식 조립체를 형성할 수 있다.
- [0132] 다른 예에 따르면, 제1(6) 및 제2(10) 광섬유는 두 영역(6 및 10)을 제한하는 브래그 반사기(9')가 에칭 또는 광 인쇄되는 단일 광섬유(6,10)로 이루어지며, 여기서 짧은 것은 제1 광섬유(6)와 같고 긴 것은 제2 광섬유(10)와 같다.
- [0133] 도 6에 도시한 다른 예에 따르면, 부분 반사단(9)과 광 변조기(13)가 함께 결합되어 광섬유(6 및 10)내에 집적된 변조기(16)를 형성한다. 완전히 집적된 모노리식 레이저 장치가 얻어진다.
- [0134] 집적된 변조기(16)는 반사율을 제어하기 위해 브래그 격자와 전기 제어를 포함할 수 있다. 이 반사율은 외부 신호에 의해 변할 수 있다.
- [0135] 집적된 변조기(16)는 제1(6) 및 제2(10) 광섬유 사이에 배치된다.
- [0136] 집적된 변조기(16)는 한 섬유에서 다른 섬유로 펌프파를 안내한다.
- [0137] 이 구성에서, 펌프파는 커플링 광학기기(14) 또는 "테이퍼"를 통해 제1 광섬유(6)내에 결합된다.
- [0138] 단열적으로, 커플링 광학기기(14)는 제1 광섬유(6) 펌핑 외피(31)의 직경을 향해 레이저 다이오드(1)에 의해 방출된 펌프파를 운반하는 안내 섬유(2)의 직경을 적용한다.
- [0139] 매우 강한 반사단(12)과 제1 광 결합수단(33)은 함께 결합되어 제1 광섬유(6)의 외단부(17)에 집적된 종합적인 반사기(15)를 형성한다.
- [0140] 제1 광섬유(6)에 인쇄된 브래그 격자에 의해 형성된 종합적인 반사기(15)는 공진 캐비티의 하부 미러를 형성하고 펌프파를 전달한다.
- [0141] 한 세트의 레이저 디바이스 광학 소자(2,14,15,6,16,10)가 조립되어 모노리식 계통을 형성한다. 이들 소자는 집합될 수 있다.
- [0142] 수 개의 레이저 다이오드(1)는 "테이퍼 옥토퍼스" 시스템을 통해 섬유내에 함께 결합될 수 있다.
- [0143] 집적된 변조기(16)는 제1 광섬유(6)의 외단부(17)와 커플링 광학기기(14) 사이에 위치될 수 있다.
- [0144] 레이저 장치는 편광된 레이저 펄스를 얻기 위해 광섬유(6,10)를 경화시키기 위한 편광 수단과 안정화 수단을 포함할 수 있다. 변조기(13)는 이 편광수단일 수 있다.

[0145] 광섬유(6,10)는 "로드 타입 섬유"의 이용 또는 섬유 외부의 기계적인 수단(예를 들면 기계적인 지지물 또는 외피)을 통해 본질적으로 경화될 수 있다. 이들 기계적인 수단은 선형이거나 광섬유 홀딩(원형부, 나선부, 곡선부...)과 호환가능한 정해진 형태를 가질 수 있다.

산업상 이용 가능성

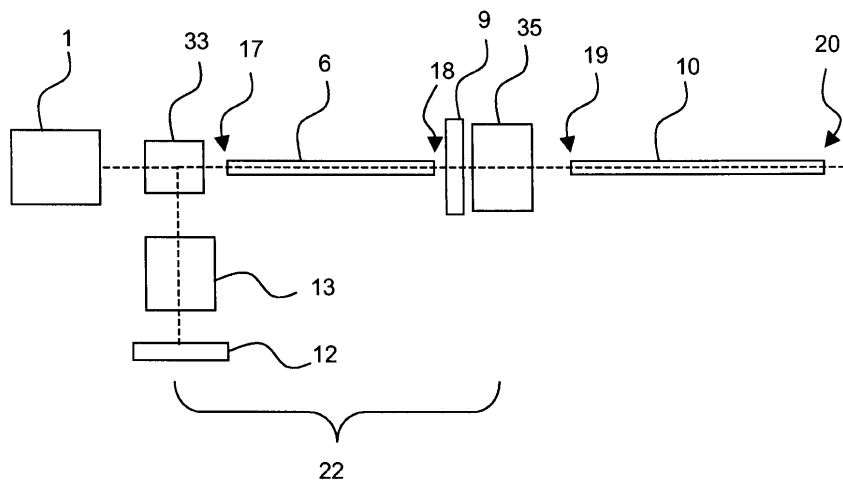
[0146] 따라서, 고효율, 나노초컨드 정도의 단 펄스 지속시간, 우수한 광섬유 수명을 가지며, 디자인이 단순하고 부분적으로 또는 완전히 집적된 형태일 수 있는 고효율 섬유 레이저 장치가 얻어진다.

도면의 간단한 설명

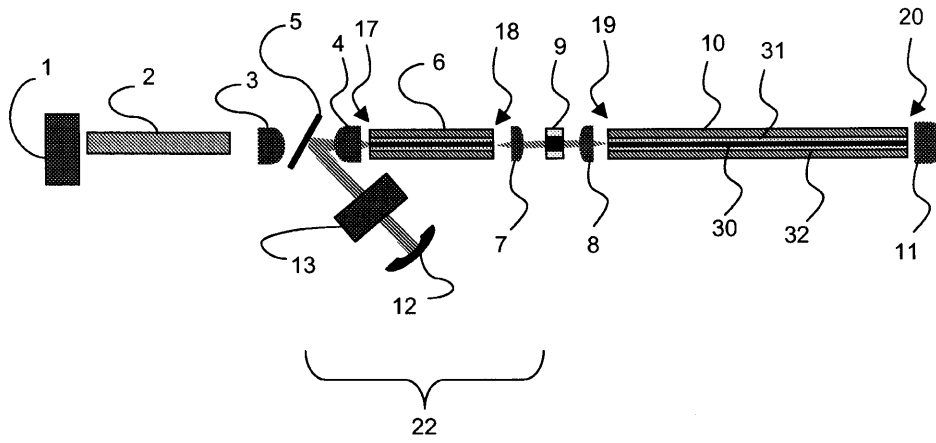
- [0043] 본 발명을 첨부한 도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.
- [0044] 도 1은 본 발명의 일실시에 따른 고효율 광섬유 레이저 장치를 도시한 도면.
- [0045] 도 2는 상기 광섬유 레이저 장치를 보다 상세히 도시한 도면.
- [0046] 도 3은 레이저 장치의 증폭 영역으로 펌프파를 주입하는 레이저 다이오드를 갖는 섬유 레이저 장치의 일예를 도시한 도면.
- [0047] 도 4는 두개의 레이저 다이오드를 포함하는 섬유 레이저 장치의 일예를 도시한 도면.
- [0048] 도 5는 레이저 장치가 부분적으로 집적된 다른 예를 도시한 도면.
- [0049] 도 6은 레이저 장치가 전체적으로 집적된 다른 예를 도시한 도면.
- [0050] 도 7은 광섬유가 얇은 에어막으로 분리된 다른 예를 도시한 도면.

도면

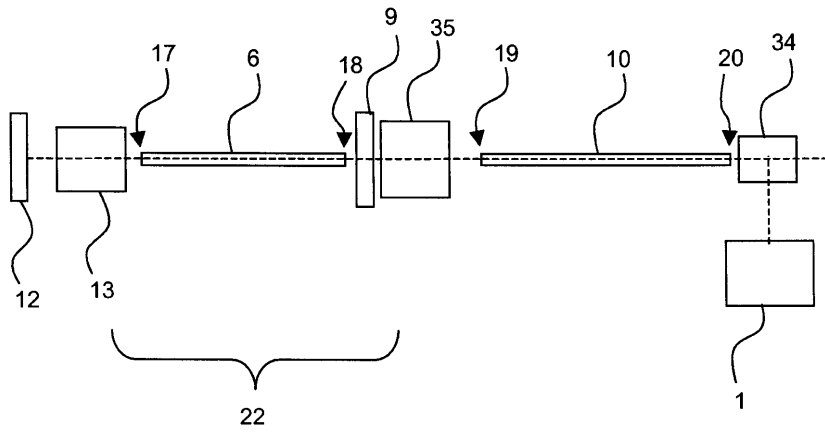
도면1



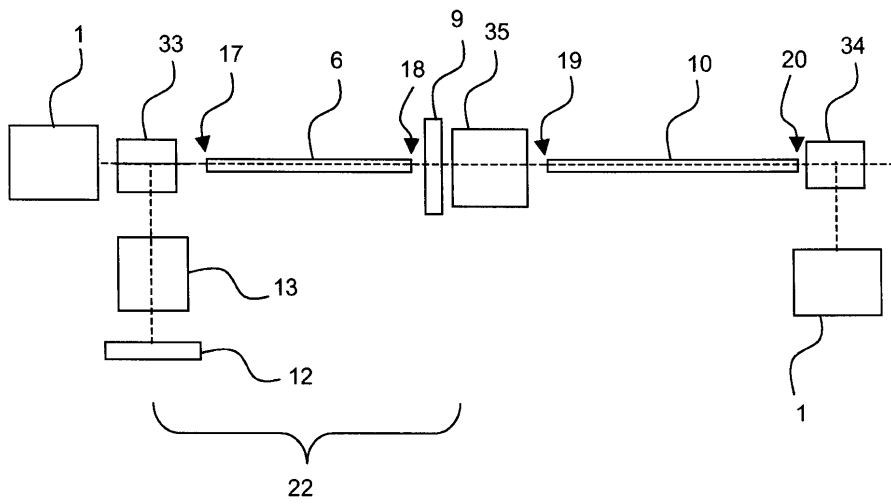
도면2



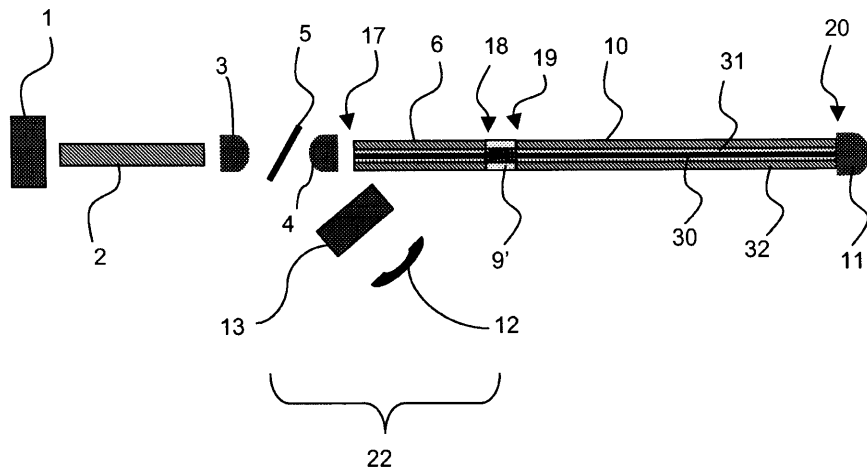
도면3



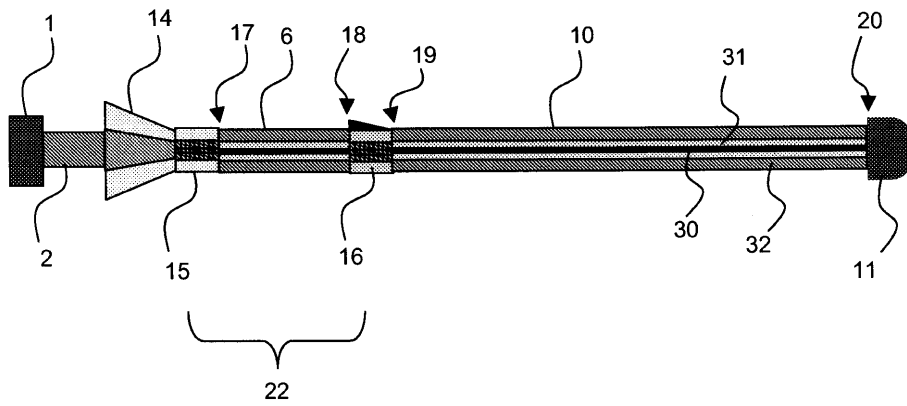
도면4



도면5



도면6



도면7

