(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월14일
(11) 등록번호 10-1666408
(24) 등록일자 2016년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01S 3/16 (2006.01) *H01S 3/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01S 3/1636 (2013.01)
H01S 3/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0123842
(22) 출원일자 2015년09월01일
심사청구일자 2015년09월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR100451115 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
배성철
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
양관모
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
유미특허법인

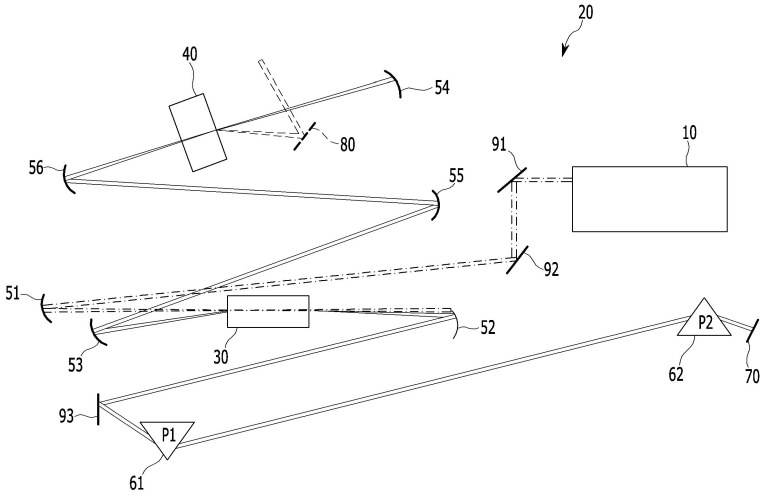
전체 청구항 수 : 총 1 항 심사관 : 조성찬

(54) 발명의 명칭 **나노초 Ti:Sapphire 레이저 장치**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는 레이저 광을 출력하는 펌프 레이저, 및 레이저 크리스탈 및 음향광변조기를 포함하고, 펌프 레이저로부터 출력된 레이저 광을 공진시키는 레이저 공진기를 포함한다. 이 때, 펌프 레이저는 Nd:YAG이고, 레이저 크리스탈은 Ti:Sapphire이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01S 3/1643 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1.120088.01
부처명 교육과학기술부
연구관리전문기관 .
연구사업명 개인연구
연구과제명 빠른 3차원 이미징을 위한 이광자 광시트 현미경 개발
기 여 율 1/2
주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
연구기간 2013.02.20 ~ 2014.02.19
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1525004406
부처명 해양수산부
연구관리전문기관 한국해양과학기술진흥원
연구사업명 해양수산생명공학기술개발
연구과제명 (핵심과제4)해양 융복합 광기반 진단치료용 바이오닉스 기기 개발
기 여 율 1/2
주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
연구기간 2015.04.21 ~ 2015.12.31

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

레이저 광을 출력하는 펌프 레이저; 및

제 1 오목 미러, 레이저 크리스탈, 제 2 오목 미러, 제 1 프리즘, 제 2 프리즘, 엔드 미러, 제 3 오목 미러, 음향광변조기, 출력 커플러 및 제 4 오목 미러를 포함하고, 상기 펌프 레이저로부터 출력된 레이저 광을 공진시키는 레이저 공진기를 포함하고,

상기 제 1 오목 미러 및 상기 제 2 오목 미러 사이와 상기 제 2 오목 미러 및 상기 제 3 오목 미러 사이에 상기 레이저 크리스탈이 설치되고,

상기 제 2 오목 미러 및 상기 엔드 미러 사이에 상기 제 1 프리즘 및 상기 제 2 프리즘이 설치되고,

상기 제 3 오목 미러 및 상기 제 4 오목 미러 사이와 상기 제 3 오목 미러 및 상기 출력 커플러 사이에 상기 음향광변조기가 설치되고,

상기 펌프 레이저는 Nd:YAG이고, 상기 레이저 크리스탈은 Ti:Sapphire이고,

5ns 내지 15ns의 펄스 길이, 650nm 내지 1180nm의 파장, 100kHz 내지 1MHz의 반복도 및 펄스당 에너지가 30nJ 내지 50nJ을 갖는 레이저 광을 조사하는 레이저 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 나노초 Ti:Sapphire 레이저 장치에 관한 것이다. 구체적으로는 광음향현미경을 위한 고반복 나노초 Ti:Sapphire 레이저 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 광결합단층현미경(OCT)이나 다광자현미경(MPM)과 같은 고해상도의 광학 현미경들은, 수술과정 없이 in vivo 이미지를 얻을 수 있도록 도와준다. 하지만, 빛은 세포조직에서 산란이 크기 때문에 깊은 곳의 이미지는 얻지 못한다. 광음향현미경(PAM)은 이 단점을 극복하면서 높은 분해능과 대비를 갖는다. 과거에는 광음향현미경을 Nd:YAG (532nm) 레이저을 주로 사용했었다. 532 nm 파장외의 파장을 사용하기 위해서는 광 파라메트릭 발진기(optical parametric oscillator, OPO)를 사용해야 한다. 그러나, 광 파라메트릭 발진기는 사용하기 번거롭고 부피가 큰 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 나노초 Ti:Sapphire 레이저 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저는 레이저 광을 출력하는 펌프 레이저, 및 레이저 크리스탈 및 음향광변조기를 포함하고, 상기 펌프 레이저로부터 출력된 레이저 광을 공진시키는 레이저 공진기를 포함한다. 펌프 레이저는 Nd:YAG이고, 레이저 크리스탈은 Ti:Sapphire이다.

[0005] 레이저 공진기는 제 1 오목 미러, 레이저 크리스탈, 제 2 오목 미러, 제 1 프리즘, 제 2 프리즘, 엔드 미러, 제 3 오목 미러, 음향광변조기, 출력 커플러 및 제 4 오목 미러를 포함할 수 있다.

[0006] 제 1 오목 미러 및 제 2 오목 미러 사이와 제 2 오목 미러 및 제 3 오목 미러 사이에 레이저 크리스탈이 설치되고, 제 2 오목 미러 및 엔드 미러 사이에 제 1 프리즘 및 제 2 프리즘이 설치되고, 제 3 오목 미러 및 제 4 오목 미러 사이와 제 3 오목 미러 및 출력 커플러 사이에 음향광변조기가 설치될 수 있다.

[0007] 레이저 장치는 5ns 내지 15ns의 펄스 길이, 650nm 내지 1180nm의 파장, 100kHz 내지 1MHz의 반복도 및 펄스당 에너지가 30nJ 내지 50nJ을 갖는 레이저 광을 조사할 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는 광 파라메트릭 발진기 없이, 660nm 내지 1180nm의 범위로 파장을 조절하는 것이 가능하다.

[0009] 이 파장 영역대는 생물학샘플에서 산란이 적은 파장 영역에 포함되기 때문에 깊은 영역까지 이미징 하기에 적합하다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는 높은 반복도로 이미징이 가능하여, 평균화를 통해 더 높은 대조도(contrast to noise ratio, CNR)을 얻을 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치의 개략적인 도면이다.

도 2는 레이저 광의 스펙을 측정하기 위해 실시예에서 일부 변형한 레이저 장치의 개략적인 도면이다.

도 3은 레이저 광의 파장을 735nm로 조절하여 강도를 측정한 그래프이다.

도 4는 레이저 광의 파장을 760nm로 조절하여 강도를 측정한 그래프이다.

도 5는 레이저 광의 파장을 805nm로 조절하여 강도를 측정한 그래프이다.

도 6은 레이저 광의 파장을 840nm로 조절하여 강도를 측정한 그래프이다.

도 7은 파장의 변화를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 제1, 제2 및 제3 등의 용어들은 다양한 부분, 성분, 영역, 층 및/또는 섹션들을 설명하기 위해 사용되나 이들에 한정되지 않는다. 이들 용어들은 어느 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션을 다른 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션과 구별하기 위해서만 사용된다. 따라서, 이하에서 서술하는 제1 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션은 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 제2 부분, 성분, 영역, 층 또는 섹션으로 언급될 수 있다.

[0013] 여기서 사용되는 전문 용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0014] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0015] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1의 레이저 장치는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다. 따라서 레이저 장치를 다양하게 변형할 수 있다.

[0017] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치는 레이저 광을 출력하는 펌프 레이저(10), 및 레이저 크리스탈(30) 및 음향광변조기(40)를 포함하고, 펌프 레이저(10)로부터 출력된 레이저 광을 공진시키는 레이저 공진기(20)를 포함한다. 이 때, 펌프 레이저(10)는 Nd:YAG이고, 레이저 크리스탈(30)은 Ti:Sapphire이다.

[0018] 펌프 레이저(10)는 Ti:Sapphire 크리스탈을 여기(excite) 시켜 형광을 내게 해주는 역할이며, 펌프 레이저(10)로는 Nd:YAG를 사용한다. 이 펌프 레이저(10)는 532nm 파장을 갖고, Ti:Sapphire 크리스탈에서 650 내지 1180nm에 속한 파장들이 형광으로 출력된다.

[0019] 펌프 레이저(10)로부터 출력된 레이저 광은 레이저 공진기(20)에 입사된다. 도 1에서 예시되어 있듯이, 펌프 레이저(10)로부터 출력된 레이저 광을 제 1 미러(91) 및 제 2 미러(92)를 통해 광로를 변경하여 레이저 공진기(20)에 입사시킨다.

[0020] 레이저 공진기(20)에서는 레이저 크리스탈(30) 및 음향광변조기(40)를 포함하며, 펌프 레이저(10)로부터 출력된 레이저 광을 공진시킨다.

[0021] 레이저 크리스탈(30)은 이득 물질(gain medium : 레이저를 만들기 위해 사용하는 에너지 축적 물질)의 역할을 한다. 이 크리스탈에서 나온 형광이 계속 크리스탈을 지남으로써 공진기(20) 안의 에너지가 증폭되는 현상이 일어난다. 본 발명의 일 실시예에서는 레이저 크리스탈(30)로서 Ti:Sapphire 크리스탈을 사용한다. 더욱 구체적으로 레이저 크리스탈(30)로서, 6 내지 10mm의 브루스터 각도로 잘려진 Ti:Sapphire 크리스탈을 사용할 수 있다.

[0022] 음향광변조기(40)는 일반적인 음향광변조기를 사용할 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에서는 음향광변조기(40)의 무선 주파수를 조절함으로써, 레이저 광의 펄스 길이를 5ns 내지 15ns로 조절가능하며, 반복도는 100kHz 내지 1MHz까지 조절이 가능하다. 음향광변조기(40)가 작동할 때는, 공진기(20) 안에 쌓인 에너지를 회절시켜 공진기(20) 밖으로 레이저를 출력 할 수 있다. 또한 음향광변조기(40)가 작동하지 않을 때는, 쌓인 에너지를 회절시키지 않아, 돌아온 길로 되돌아가면서 에너지를 더욱 더 축적시킨다.

[0023] 예컨데, 레이저 밖에 위치한 지연 발생기와 DAQ를 이용하여, 레이저 광의 펄스 길이를 5ns 내지 15ns로, 반복도를 100kHz 에서 1MHz로 조절할 수 있다.

[0024] 구체적으로, 레이저 공진기(20)는 레이저 크리스탈(30), 제 2 오목 미러(52), 제 1 프리즘(61), 제 2 프리즘(62), 엔드 미러(70), 제 3 오목 미러(53), 음향광변조기(40), 출력 커플러(80), 제 4 오목 미러(54), 제 5 오목 미러(55) 및 제 6 오목 미러(56) 를 포함할 수 있다.

[0025] 제 1 오목 미러(51) 내지 제 4 오목 미러(54), 엔드 미러(70) 및 출력 커플러(80) 등은 레이저 장치에서 일반적으로 사용되는 미러를 사용할 수 있으며, 레이저 공진기(20) 내에서 레이저 광의 광로 방향을 회절을 통해 적절히 조절하는 역할을 한다.

[0026] 제 1 프리즘(61) 및 제 2 프리즘(62)은 레이저 장치에서 일반적으로 사용되는 분산 교정 프리즘을 사용할 수 있으며, Ti:Sapphire에서 나온 650nm 내지 1180nm의 형광을 분산시켜주는 역할을 한다.

[0027] 더욱 구체적으로, 제 1 오목 미러(51) 및 제 2 오목 미러(52) 사이와 제 2 오목 미러(52) 및 제 3 오목 미러(53) 사이에 레이저 크리스탈(30)이 설치되고, 제 2 오목 미러(52) 및 엔드 미러(70) 사이에 제 1 프리즘(61) 및 제 2 프리즘(62)이 설치되고, 제 3 오목 미러(53) 및 제 4 오목 미러(54) 사이와 제 3 오목 미러(53) 및 출력 커플러(80) 사이에 음향광변조기(40)가 설치된다. 광경로를 조절하기 위해, 펌프 레이저(10)와 제 1 오목 미러(51) 사이에 제 1 미러(91) 및 제 2 미러(92)가 더 설치될 수 있다. 제 2 오목 미러(52)와 제 1 프리즘(61) 사이에 제 3 미러(93)이 더 설치될 수 있다. 또한, 음향광변조기(40) 및 제 3 오목 미러(53) 사이에 제 5 오목 미러(55) 및 제 6 오목 미러(56)가 더 설치될 수 있다.

[0028] 구체적으로 레이저 공진기(20)의 작동 원리를 설명하면, 펌프 레이저(10)로부터 출력된 레이저 광은 제 1 오목

미러(51)에 반사되어, 레이저 크리스탈(30)에 들어간다. 제 1 오목 미러(51)로부터 레이저 크리스탈(30)로 입사된 레이저 광에 의해 Ti:Sapphire의 형광이 나오게 된다. 레이저 크리스탈(30)로부터 출사된 형광은 퍼지기 때문에 이를 다시 집중시켜주기 위해 제 2 오목 미러(52)에서 모아주고 제 1 프리즘(61)을 지나면서 파장별로 퍼진 광을 제 2 프리즘(62)이 다시 모아주며 엔드 미러(70)에서 반사되고, 동시에 Ti:Sapphire에서 나온 형광이 제 3 오목 미러(53)에서 반사되어 제 5 오목 미러(55)로 가고, 음향광변조기(40)를 통과해 제 4 오목 미러(54)까지 갔다가 다시 반사되어 레이저 크리스탈(30)까지 돌아간다. 위쪽 음향광변조기(40)를 통과한 루트로 간 형광과, 아래쪽 프리즘(61, 62)을 통과한 루트로 간 형광은 다시 레이저 크리스탈(30)을 통과하며 에너지는 증폭된다. 즉, 제 4 오목 미러(54)와 엔드 미러(70) 사이에서 왕복 운동하며 형광이 계속 증폭되는 과정을 거친다. 제 1 프리즘(61)을 통과 할때 파장별로 형광이 퍼지는데 이 퍼진 형광이 제 2 프리즘(62)을 들어가기 전에 제 2 프리즘(62) 앞의 슬릿 (slit)에 의해, 특정한 파장을 제외한 나머지 파장을 막아준다. 이렇게 됨으로써 원하는 특정한 파장만이 제 4 오목 미러(54)와 엔드 미러(70) 사이에서 증폭된다.

[0029] 이처럼 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 장치를 통해 5ns 내지 15ns의 펄스 길이, 650nm 내지 1180nm의 파장, 100kHz 내지 1MHz의 반복도 및 펄스당 에너지가 30nJ 내지 50nJ을 갖는 레이저 광을 얻을 수 있다. 특히, 700nm 내지 900nm의 파장을 갖는 레이저 광은 혈관 생성과 흑색종 분석에 유용하여 중요한 파장대이다.

[0030] 이하 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기 실시예는 본 발명의 바람직한 일 실시예일 뿐 본 발명이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0031] **실시예**

[0032] 펌프 레이저(10)로서 Nd:YAG(Opus, MPC6000)을 사용하였고, 레이저 크리스탈(30)로서, 8mm의 브루스터 각도로 잘려진 Ti:Sapphire 크리스탈을 사용였고, 음향광변조기(40)는 NeosTech사의 R31389.5-10AS를 사용하였다.

[0033] 본 발명의 일 실시예인 도 1과 같이 음향광변조기(40)를 레이저 공진기(20) 내에 설치할 경우, 레이저 장치로부터 조사된 레이저 광의 스펙을 측정하기 어렵기 때문에, 도 2와 같이, 음향광변조기(40)를 출력 커플러(80) 밖에 설치하였다.

[0034] 음향광변조기(40)가 레이저 공진기(20) 밖에 설치되는 경우, 레이저 광의 펄스당 에너지가 변화될 뿐이고, 나머지 펄스 길이, 파장, 반복도 등의 스펙은 변동이 없는 것이며, 펄스당 에너지도 간단한 계산을 통해 예측이 가능하며, 실시예의 경우, 출력 커플러가 95%이므로, 측정되는 펄스당 에너지의 20배를 곱하여 예측이 가능하다.

[0035] 도 2의 배치에 대해 간단히 설명하면, 광음향 변조기가 레이저 공진기(20) 밖으로 빠져있는 상태이다. 에너지가 95% 줄어든 레이저가 나오는데 이 레이저를 광음향 변조기를 통해 회절된 레이저의 에너지를 측정한 도이다.

[0036] 제 1 프리즘(61)에서 분산된 파장을 제 2 프리즘(62) 앞에 위치한 slit의 위치를 옮겨가며, 735nm, 760nm, 805nm, 840nm에서의 강도를 측정하여 각각 도 3 내지 도 6에 나타내었다.

[0037] 도 7은 도 3 에서 도 6에 나타난 파장을 합쳐 보기 쉽게 표현해 놓은 도이다.

[0038] 도 2의 레이저 장치에 의해 조사된 레이저 광의 스펙을 분석한 결과 반복도는 1MHz인 상태로 펄스당 2.2nJ의 에너지를 측정하게 되었다. 펄스당 에너지는 약 40nJ, 펄스 길이는 10ns, 파장은 720nm 내지 850nm로 분석되었다. 프리즘을 더 큰 것을 활용하면 더 넓은 파장 영역대까지도 얻어낼 수 있다.

[0039] 도 1과 같이, 음향광변조기(40)를 레이저 공진기(20)내에 설치할 경우, 펄스당 에너지가 20배 증가하므로, 펄스당 에너지를 약 40nJ로 예상할 수 있고, 나머지 스펙인 레이저 광의 반복도, 펄스 길이, 파장은 동일하다.

[0040] 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0041]

10 : 펌프 레이저	20: 레이저 공진기
30 : 레이저 크리스탈	40 : 음향광변조기
51 : 제 1 오목 미러	52 : 제 2 오목 미러

53 : 제 3 오목 미러　　54 : 제 4 오목 미러

55 : 제 5 오목 미러　　56 : 제 6 오목 미러

61 : 제 1 프리즘　　62 : 제 2 프리즘

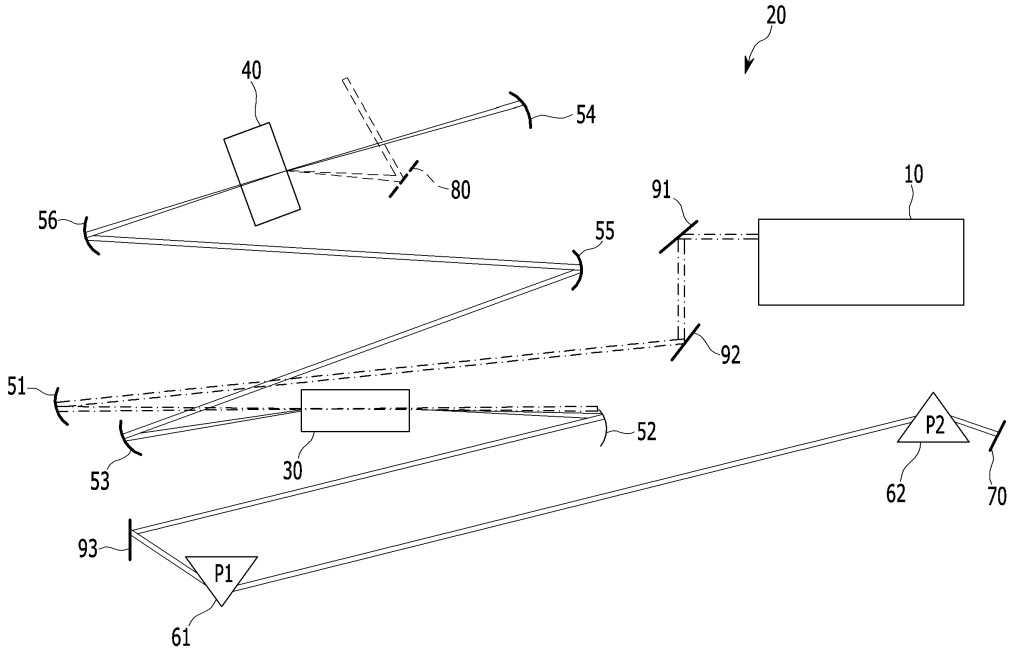
70 : 엔드 미러　　80 ; 출력 커플러

81 : 렌즈　　91 : 제 1 미러

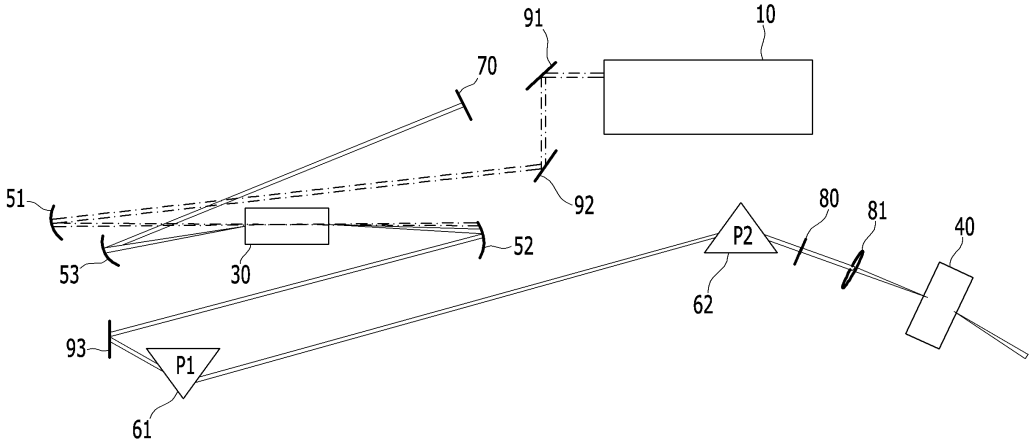
92 : 제 2 미러　　93 : 제 3 미러

도면

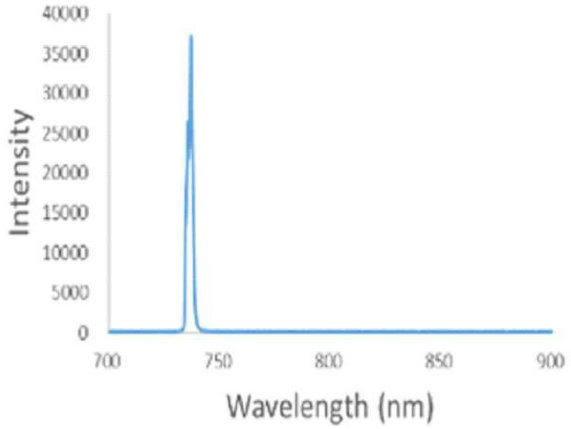
도면1



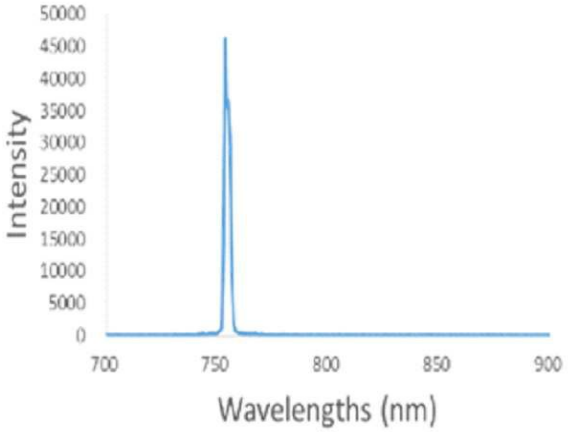
도면2



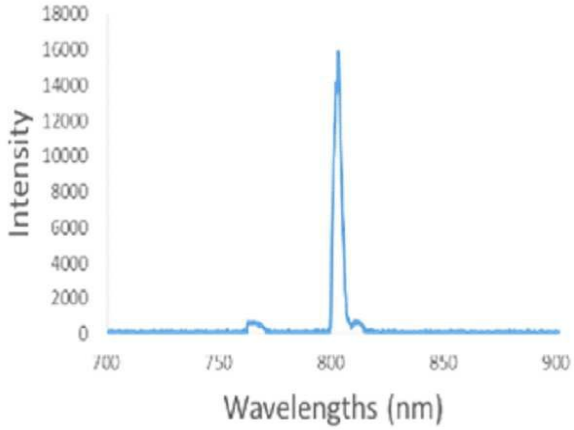
도면3


Intensity
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
700
750
800
850
900
Wavelength (nm)

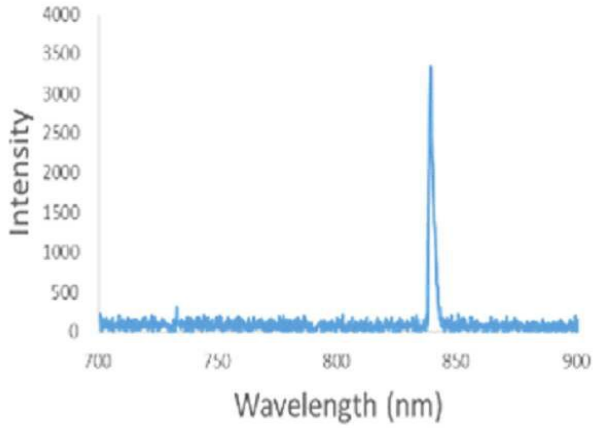
도면4


Intensity
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
700
750
800
850
900
Wavelengths (nm)

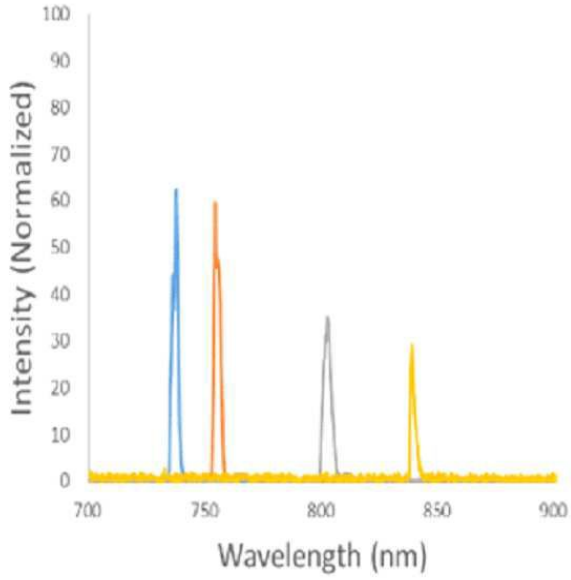
도면5


Intensity
18000
16000
14000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
0
700
750
800
850
900
Wavelengths (nm)

도면6


Intensity
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
700
750
800
850
900
Wavelength (nm)

도면7


Intensity (Normalized)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
700
750
800
850
900
Wavelength (nm)