



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0032055
(43) 공개일자 2010년03월25일

(51) Int. Cl.

H01S 3/05 (2006.01) H01S 3/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0091012

(22) 출원일자 2008년09월17일

심사청구일자 2008년09월17일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 공동 220번지 충남대학교

(72) 발명자

이기주

대전시 유성구 도룡동 391 주공타운하우스 7동 106호

한강전

대전 서구 관저동 계룡리슈빌아파트 113동 1501호

장동욱

대전 중구 목동 금호한사랑아파트 109동 1009호

(74) 대리인

권오식, 박창희, 김종관

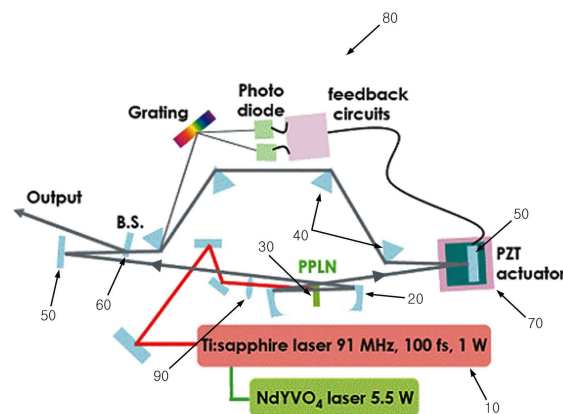
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 광매개 공진기

(57) 요약

본 발명은 레이저 광원에서 생성된 레이저 빔으로부터 넓은 파장범위의 레이저 빔이 발진되도록 하는 광매개 공진기에 관한 것으로, 본 발명의 광매개 공진기는 좌우 양측에 이격 설치되어 레이저 광원(10)에서 생성된 레이저 빔이 적어도 한번 왕복되도록 하여 외부로 반사되도록 하는 폴딩미러(20); 상기 폴딩미러(20) 사이에 설치되어 레이저 빔의 이득매질로 사용되는 크리스탈(30); 하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사되고 크리스탈(30)을 통과하여 다른 하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 링형태의 페루프를 이루도록 레이저 빔을 굴절시키는 다수개의 프리즘(40); 상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 상기 프리즘(40)과 함께 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 페루프를 이루도록 레이저 빔을 반사하는 적어도 2개의 전반사미러(50); 상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 하나의 상기 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 일부를 상기 페루프 외부로 발진되도록 하며 나머지 레이저 빔을 상기 페루프로 통과되도록 하는 부분반사미러(60); 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

좌우 양측에 이격 설치되어 레이저 광원(10)으로부터 펌핑된 레이저 빔이 적어도 한번 왕복되도록 하여 외부로 반사되도록 하는 폴딩미러(20);

상기 폴딩미러(20) 사이에 설치되어 레이저 빔의 이득매질로 사용되는 크리스탈(30);

하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사되고 크리스탈(30)을 통과하여 다른 하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 링형태의 폐루프를 이루도록 레이저 빔을 굴절시키는 다수개의 프리즘(40);

상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 상기 프리즘(40)과 함께 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 폐루프를 이루도록 레이저 빔을 반사하는 적어도 2개의 전반사미러(50);

상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 하나의 상기 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 일부를 상기 폐루프 외부로 발진되도록 하며 나머지 레이저 빔을 상기 폐루프로 통과되도록 하는 부분반사미러(60);

를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 광매개 공진기.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 크리스탈(30)은 MgO 가 도핑된 PPLN(Periodically poled Lithium Niobate) 크리스탈인 것을 특징으로 하는 광매개 공진기.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 부분반사미러(60)는 각도조절기에 의해 하나의 상기 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 입사각 조절이 가능한 것을 특징으로 하는 광매개 공진기.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광원의 공진기 길이와 레이저 빔의 상기 폐루프 길이를 동일하게 조절할 수 있도록 다른 하나의 상기 전반사미러(50)를 이동되도록 하여 레이저 빔의 상기 폐루프 길이 조절이 가능하도록 하며 전압에 의해 다른 하나의 상기 전반사미러(50)의 위치조절이 가능한 피에조 액츄에이터(70)가 더 구비된 것을 특징으로 하는 광매개 공진기.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 피에조 액츄에이터(70)는 상기 부분반사미러(60)에 의해 발진되는 레이저 빔의 파장이 일정하게 되도록 제어하는 피드백 제어기(80)에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 광매개 공진기.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 광원(10)으로부터 펌핑된 레이저 빔을 하나의 상기 폴딩미러(20)로 집속되도록 하는 집속렌즈(90)가 더 구비된 것을 특징으로 하는 광매개 공진기.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 레이저 광원에서 생성된 레이저 빔을 넓은 파장범위의 레이저 빔을 발진되도록 하는 광매개 공진기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광매개 공진기는 레이저 광원에서 생성된 레이저 빔을 다른 파장에서 발진되도록 하는 장치로서 링형 공진기와 선형 공진기가 있다.

[0003] 선형 공진기는 레이저 광원으로부터 펌핑된 레이저 빔을 발진되도록 하기 위해 전반사미러와 부분반사미러를 선형으로 배치하여 이들 사이의 레이저 빔 왕복경로를 통해 일정파장의 레이저빔을 발진하도록 하는 장치이다.

[0004] 링형 공진기는 레이저 광원으로부터 펌핑된 레이저 빔을 발진되도록 하기 위해 전반사미러와 부분반사미러를 사용하되 링형태의 폐루프로 레이저 빔의 경로를 유도하여 일정파장의 레이저빔을 발진하도록 하는 장치이다.

[0005] 선형 공진기는 링형 공진기에 비해 레이저 빔의 손실이 많아 공진기의 효율이 낮다.

[0006] 종래의 링형 공진기에 구비된 부분반사미러는 고정형으로 되어 있어 넓은 파장 영역에서 일정비율이하의 투과율을 가지기 위해서는 다이일렉트릭(dielectric) 코팅된 미러를 사용하게 되는데, 이러한 넓은 파장 영역에서의 일정한 투과율을 가지도록 하는 다이일렉트릭 코팅은 코팅이 용이하지 않고 고가이며 파장 영역이 그다지 넓지 않은 문제점이 있다. 또한, 종래의 링형 공진기는 넓은 파장 영역에서의 레이저 빔의 발진을 하기 위해서는 다수개의 반사율을 갖도록 하는 다수개의 미러셋(mirror set)을 필요로 하므로 구조가 복잡하고 고가인 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명은 저가의 코팅 또는 코팅하지 않은 부분반사미러를 사용하여 넓은 파장영역의 레이저 빔 발진이 가능하도록 하는 광매개 공진기를 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명의 다른 목적은 하나의 미러셋으로 넓은 파장영역의 레이저 빔 발진이 가능하도록 하여 구조가 간단하고 저렴한 광매개 공진기를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0009] 본 발명의 광매개 공진기는 좌우 양측에 이격 설치되어 레이저 광원(10)으로부터 펌핑된 레이저 빔이 적어도 한번 왕복되도록 하여 외부로 반사되도록 하는 폴딩미러(20); 상기 폴딩미러(20) 사이에 설치되어 레이저 빔의 이득매질로 사용되는 크리스탈(30); 하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사되고 상기 크리스탈(30)을 통과하여 다른 하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 링형태의 폐루프를 이루도록 레이저 빔을 굴절시키는 다수개의 프리즘(40); 상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 상기 프리즘(40)과 함께 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 폐루프를 이루도록 레이저 빔을 반사하는 적어도 2개의 전반사미러(50); 상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 하나의 상기 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 일부를 상기 폐루프 외부로 발진되도록 하며 나머지 레이저 빔을 상기 폐루프로 통과되도록 하는 부분반사미러(60); 를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 크리스탈(30)은 MgO 가 도핑된 PPLN(Periodically poled Lithium Niobate) 크리스탈인 것을 특징으로 한다.

[0011] 또, 상기 부분반사미러(60)는 각도조절기에 의해 하나의 상기 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 입사각 조절이 가능한 것을 특징으로 한다.

[0012] 아울러, 상기 레이저 광원의 공진기 길이와 레이저 빔의 상기 폐루프 길이를 동일하게 조절할 수 있도록 다른 하나의 상기 전반사미러(50)를 이동되도록 하여 레이저 빔의 상기 폐루프 길이 조절이 가능하도록 하며 전압에 의해 다른 하나의 상기 전반사미러(50)의 위치조절이 가능한 피에조 액츄에이터(70)가 더 구비된 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 상기 피에조 액츄에이터(70)는 상기 부분반사미러(60)에 의해 발진되는 레이저 빔의 파장이 일정하게 되도록 제어하는 피드백 제어기(80)에 의해 제어되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 또, 레이저 광원(10)으로부터 펌핑된 레이저 빔을 하나의 상기 폴딩미러(20)로 집속되도록 하는 집속렌즈(90)가 더 구비된 것을 특징으로 한다.

효 과

[0015] 본 발명은 부분반사거울이 일정 투과율을 가지도록 코팅이 복잡하고 코팅비용이 많이 소요되는 종래의 다이일렉트릭(dielectric) 코팅을 할 필요가 없고, 발진되는 레이저빔의 파장을 변경할 경우에 반사율을 다르게 하여 코팅된 커플러를 사용하는 종래의 방법과는 달리, 부분반사거울의 굴절률과 각도조절에 의해 레이저 빔을 발진하게 되므로 부분반사거울의 코팅이 복잡하지 않고 코팅비용이 적게 소요되거나 코팅을 하지 않아도 되며, 하나의 미러셋으로 구현이 가능하여 구조가 간단한 좁은 범위의 레이저 빔이 발진되는 종래의 방법과는 달리 넓은 범위의 레이저 빔 발진이 가능한 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 광매개 공진기를 설명한다.

[0017] 본 발명에 의한 광매개 공진기는 레이저 광원(10)으로부터 펌핑된 레이저 빔이 적어도 한번 왕복되도록 하여 외부로 반사되도록 하는 폴딩미러(20); 레이저 빔의 이득매질로 사용되는 크리스탈(30); 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 링형태의 페루프를 이루도록 레이저 빔을 굴절시키는 다수개의 프리즘(40); 반사된 레이저 빔의 경로가 페루프를 이루도록 레이저 빔을 반사하는 적어도 2개의 전반사미러(50); 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 일부를 상기 페루프 외부로 발진되도록 하는 부분반사미러(60); 를 포함하여 이루어진다.

[0018] 도 1은 PPLN 크리스탈을 매질로 이용하여 펄스초 Ti:sapphire 레이저에 의해 펌핑되는 광매개 공진기의 개략적인 구조를 나타낸 도면이다.

[0019] 본 발명의 광매개 공진기(Optical Parametric Oscillator; OPO)는 MgO 가 도핑된 PPLN(Periodically poled Lithium Niobate) 크리스탈(30)을 레이저 빔의 이득매질로 사용하고 Ti:sapphire 레이저에 의해서 펌핑되는 0.95 - 1.5 mm에서 발진하는 펄스초 펄스폭의 광매개 공진기를 이용한다. 이때, 상기 PPLN 크리스탈(30)은 상기 폴딩미러(20) 사이에 설치된다.

[0020] 펌핑레이저로는 평균 출력이 1 W이고 반복률이 90 MHz이며 펄스폭이 100 펄스초 내외이고 중심 파장을 800 nm 영역에서 가변할 수 있는 Ti:sapphire 레이저를 이용하였다. 펌핑 빔은 150 mm의 초점거리를 가지는 집속렌즈(90)에 의해 PPLN 크리스탈(30)에 집속된다. 광매개 공진기의 효율을 높이기 위하여 선형 공진기 (linear cavity) 대신 원형 공진기 (ring-cavity)를 채택하였고 PPLN 크리스탈(30)을 양측에 위치하는 폴딩미러(folding mirror)(20)는 곡률반경이 150 mm인 것을 사용하였다. 이때, 상기 폴딩미러(20)는 좌우 양측에 이격 설치되어 레이저 광원(10)으로부터 펌핑된 레이저 빔이 적어도 한번 왕복되도록 하여 외부로 반사되도록 한다.

[0021] 상기 PPLN 크리스탈(30)에서 생기는 분산을 보정하고 광매개 공진 펄스폭을 최적으로 만들기 위하여 4개의 SF14 재질 프리즘(40)을 링형태로 배열한다. 상기 프리즘(40)은 하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사되고 상기 크리스탈(30)을 통과하여 다른 하나의 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 링형태의 페루프를 이루도록 레이저 빔을 굴절시키게 된다.

[0022] 레이저 광원으로부터 펌핑된 레이저 빔은 상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 상기 프리즘(40)과 함께 상기 폴딩미러(20)에 의해 반사된 레이저 빔의 경로가 페루프를 이루도록 레이저 빔을 반사하는 적어도 2개의 전반사미러(50)가 구비된다.

[0023] 펄스초 광매개 공진기 레이저 발진의 가장 중요한 조건 중 하나는 펌핑되는 레이저 광원의 공진기 길이와 광매개 공진기(OPO)의 길이가 정확하게 일치해야 한다는 것이고 광매개 공진기가 발진이 된다 하더라도 하나의 공진기 길이가 멀게 되면 발진하는 파장이 따라서 변하게 된다. 따라서, 광매개 공진기 길이를 일정하게 만들기 위하여 공진 미러 중의 하나를 전압에 의해서 위치를 조절할 수 있는 피에조 액츄에이터(PZT actuator)(70)를 레이저 빔 경로, 즉 링형상의 페루프 경로에 구비하고 발진되는 파장이 일정하게 되게 상기 피에조 액츄에이터(70)를 작동시켜 피드백되도록 하는 피드백 제어기(80)를 설치하여 광매개 공진기(OPO)의 길이가 일정하게 유지하도록 한다. 이에 따라 공진 파장이 안정화되게 된다.

[0024] 상기 피에조 액츄에이터(70)는 상기 레이저 광원의 공진기 길이와 레이저 빔의 상기 페루프 길이를 동일하게 조절할 수 있도록 다른 하나의 상기 전반사미러(50)를 이동되도록 하여 레이저 빔의 상기 페루프 길이 조절이 가

능하도록 하며 전압에 의해 다른 하나의 상기 전반사미러(50)의 위치조절이 가능하다.

[0025] 광매개 공진기(OPO) 레이저의 필수 부품 중 하나는 공진되는 레이저 빔을 추출해서 사용할 수 있는 아웃풋 커플러(output coupler) 즉, 부분반사미러(60)이다. 상기 부분반사미러(60)는 상기 레이저 빔의 경로에 설치되어 하나의 상기 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 일부를 상기 페루프 외부로 발진되도록 하며 나머지 레이저 빔을 상기 페루프로 통과되도록 하는 역할을 한다. 이러한 부분반사미러는 1.0 - 1.5 mm의 넓은 파장 영역에서 4% 내외의 투과율을 가지도록 다이일렉트릭(dielectric) 코팅된 거울이 적당헌데, 넓은 영역에서 일정한 투과율을 가지는 거울의 코팅을 쉽지가 않으며 가격이 매우 높다. 따라서, 본 발명은 다이일렉트릭(dielectric) 코팅된 종래 부분반사미러의 대안으로서 BK7 재질로 이루어진 윈도우(window)를 공진기 내에 삽입하고 윈도우에서 일부 반사되는 빔을 외부에서 이용하는 방법을 새롭게 채택한다. 이렇게 BK7 윈도우에서의 반사를 아웃커플링(outcoupling)으로 이용하는 것은 1.0 - 1.5 mm 이상의 넓은 영역에서 일정한 아웃커플링 효율을 가짐과 함께 윈도우의 각도를 각도조절기(미도시됨)에 의해 조절함으로써 하나의 상기 전반사미러(50)로부터 반사된 레이저 빔의 입사각 조절이 가능하게 되어 아웃커플링 효율을 변화시킬 수가 있으며 상대적으로 저렴한 가격에 제작할 수 있다.

[0026] 이와 같이 본 발명은 부분반사미러를 단일 미러 세트(set)로 구성함으로써 구조가 간단하고 넓은 파장 영역에서 펄스 초 펄스를 얻을 수 있게 된다.

[0027] 상기 부분반사미러는 BK7 재질 이외에도 다양한 재질을 사용할 수 있다. 아래 [표 1]은 재질에 따른 부분반사미러의 굴절률과 반사율을 나타낸다.

[0028] [표 1] 재질에 따른 부분반사미러의 굴절률과 반사율

재질	굴절률 (1000 nm)	입사각에 따른 반사율 (1000 nm)			
		15°	30°	45°	60°
BK7	1.5073	4.45%	3.19%	1.18%	0.09%
Fused silica	1.4502	3.06%	2.09%	0.64%	0.25%
SF11	1.7557	6.93%	5.14%	2.29%	0.002%
Sapphire	1.7570	6.95%	5.15%	2.30%	0.002%

[0029] 도 2는 펌핑 파장을 773 nm에서 800 nm영역에서 변화시켜 주었을 때 발진하는 광매개 공진기 광원의 스펙트럼 특성을 보여준다. 도 2의 (a)는 특정 펌핑 파장에서 공진기 길이 조절에 따른 신호빔의 파장과 신호 빔 세기의 관계를 나타내고, (b)는 787.5 nm의 여기광원 파장과 1200 nm의 신호빔 파장에서 펌핑 빔의 세기에 따른 신호 빔 세기의 관계를 나타낸다.

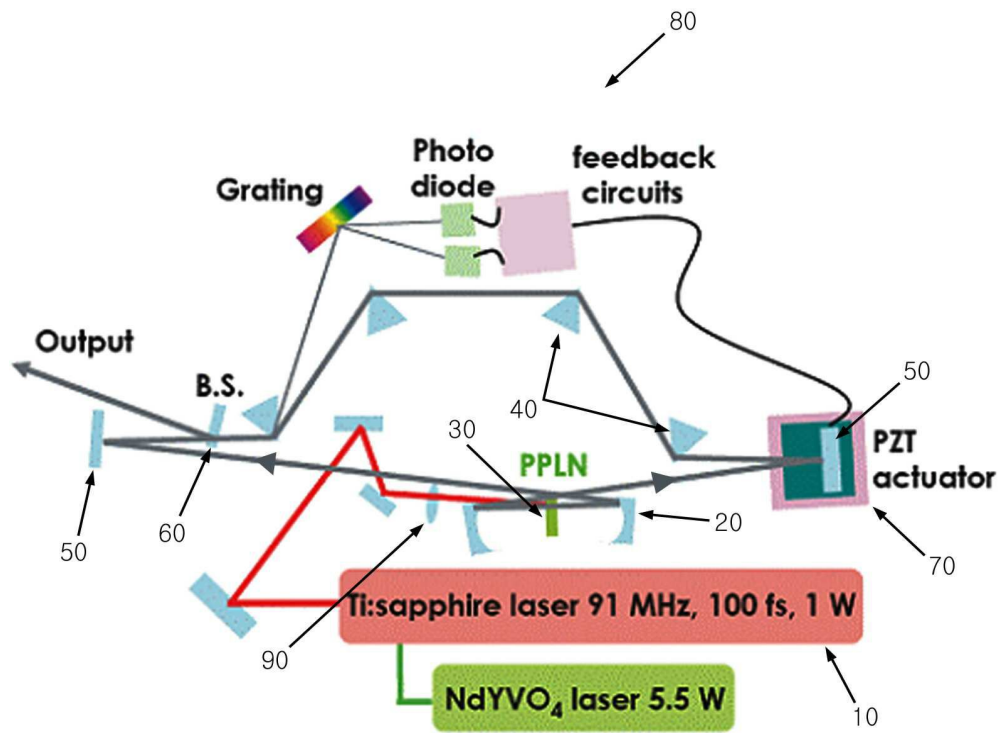
[0031] 사용된 PPLN의 분극 주기는 20.7 μm 이고 펌핑빔의 세기는 1W 정도이며, BK7 윈도우에 의한 아웃커플링 효율은 4%내외의 조건이다. 도 2에서 보는 것과 같이 펌핑파장 가변에 따라 출력 파장이 1 - 1.5 μm 영역에서 가변되는 것을 알 수 있고, 펌핑 파장에 따른 광매개 공진 파장 결과는 PPLN에서의 펌핑빔이 시그널(signal) 빔과 아이들러(idler) 빔으로 다운 컨버전(down conversion)하는 quasi-phase-matching(준위상정합) 조건과 잘 일치하는 것을 계산 결과와 비교하여 확인할 수 있다.

[0032] 특정 펌핑 파장에서 공진기 길이를 조절하게 되면 공진되는 시그널(signal) 빔의 파장이 이에 따라 변화한다. 도 3의 (a)는 특정 펌핑 파장에서 공진기 길이 조절에 따른 신호빔의 파장과 신호 빔 세기의 관계를 보여준다. 펌핑파장 가변에 따라 출력 파장이 1 - 1.5 μm 영역에서 가변되는 것을 알 수 있고, 신호 빔의 세기가 평균 200 - 250 mW 사이의 값을 가짐을 알 수 있다. 1350 - 1400 nm 영역에서는 상대적으로 출력 signal 세기가 작았는데 이는 이 대역에서 수증기 흡수에 의한 손실이 존재하기 때문이다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 레이저 장치를 설계할 때부터 공진기 전체를 덮개로 씌우고 그 안에 질소를 주입하여 공진기 내의 습도가 10% 이하로 유지되도록 하는 시스템을 구성하여 물 흡수로 인한 장애요인을 제거하게 되면, 물 흡수 대역에서도 강한 세기의 발진이 가능하게 될 것이다. 도 3의 (b)는 787.5 nm의 펌핑파장과 1200 nm의 시그널(signal) 신호 파장의 조건에서 펌핑 빔의 세기에 따른 시그널(signal) 신호의 세기를 보여준다. 도시된 바와 같이 광매개 공진기 발진 광원의 문턱 펌핑세기가 480 mW 내외이고 약 50%내외의 기울기 효율을 가짐을 알 수 있다.

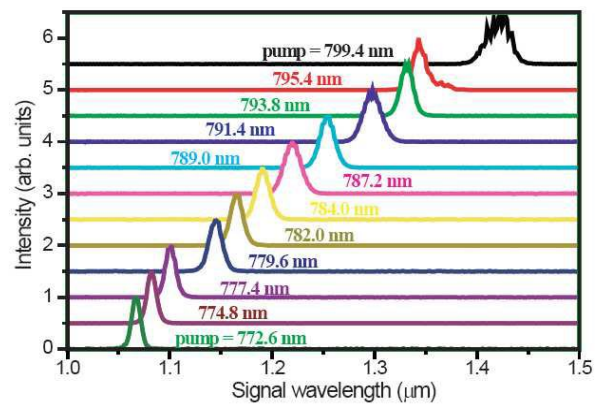
[0033] 펄스 초 펄스 레이저의 파장 출력 특성은 공진기 내부의 분산 조건에 의해서 크게 좌우된다. 본 발명은 광매개 공진기 내부에 4개의 SF14 프리즘을 차례로 배열하여 분산 값을 조절할 수 있도록 구성한다. 도 4는 프리즘을 조절하여 공진기 내부의 분산 조건이 분산보정(transform-limited), 음분산(negative dispersion), 양분산(positive dispersion)인 경우의 시그널(signal) 빔의 스펙트럼 특성과 각각의 경우에 상호상관신호(cross correlation)를 측정하여 얻은 펄스 폭을 보여준다. 분산 조건의 확인은 도 4의 강도(intensity)에서 보는 것과

도면

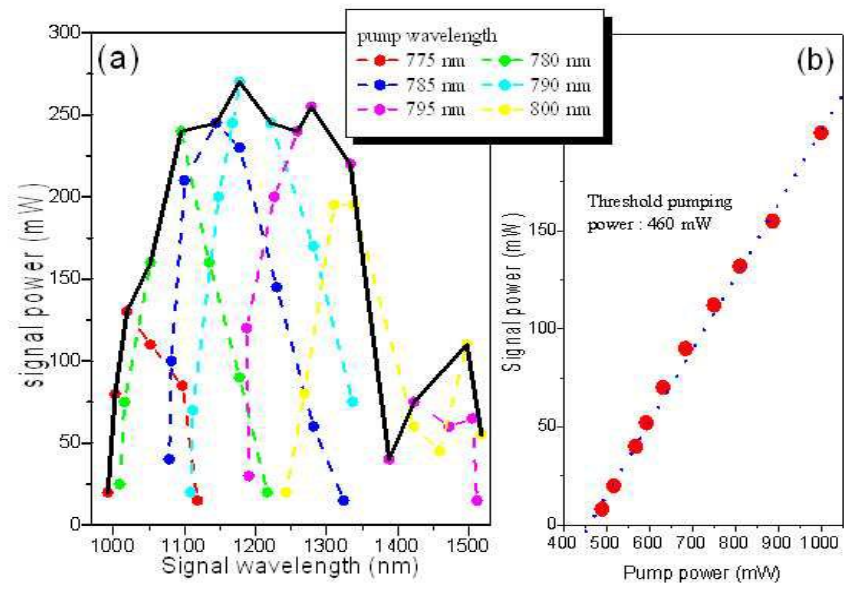
도면1



도면2



도면3



도면4

