(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0052943
(43) 공개일자 2011년05월19일

(51) Int. Cl.
G02B 27/14 (2006.01) *G02B 5/04* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0109696
(22) 출원일자 2009년11월13일
심사청구일자 2009년11월13일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교
(72) 발명자
김칠민
서울특별시 양천구 목5동 가든스위트 1304호
(74) 대리인
특허법인충현

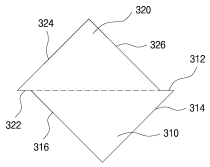
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기 및 이를 이용한 광 증폭 시스템

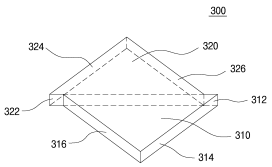
(57) 요 약

본 발명은 광 증폭 기술에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기는, 여기된 프리즘 구조의 능동 매질(active medium)을 이용하여 광을 증폭시키고, 상기 프리즘 구조의 능동 매질은, 상기 능동 매질의 내부로 상기 광이 입사되는 입사면부; 상기 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질 내부에서 순환시켜 증폭되도록 하는 반사면부; 및 상기 증폭된 광이 상기 능동 매질의 내부로부터 출사되는 출사면부를 포함하는 것을 특징으로 하여, 소형화 및 단순화된 고출력 광 증폭기의 구현을 가능하게 하고 열적 왜곡 현상을 방지함은 물론, 공간 및 자원 효율성을 개선한다.

대 표 도 - 도3



(a)



(b)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 R17-2007-032-01000-0
부처명 한국 연구재단
연구관리전문기관
연구사업명 도약연구지원사업
연구과제명 양자 혼돈 응용 연구
기여율
주관기관 서강대학교
연구기간 2007년 5월 1일 ~ 2012년 2월 29일

특허청구의 범위

청구항 1

능동 매질(active medium)의 내부로 광이 입사되는 입사면부;

상기 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질 내부에서 순환시켜 증폭되도록 하는 반사면부; 및

상기 증폭된 광이 상기 능동 매질의 내부로부터 출사되는 출사면부를 포함하는 프리즘 구조의 능동 매질을 여기시켜 광을 증폭하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 입사면부 및 상기 출사면부는, 브루스터 각(Brewster's Angle) 또는 무반사 코팅(Anti-reflective Coating)에 의해 상기 능동 매질의 내부로 상기 광이 무반사 입사되고 상기 능동 매질의 내부로부터 상기 증폭된 광이 무반사 출사되도록 하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제1 프리즘 구조 및 제2 프리즘 구조가 각각 빗변 측 밑면 일단부에 상기 입사면부 및 상기 출사면부를 포함하면서 상기 반사면부를 형성하도록 상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조의 빗변 측 밑면이 비켜서 상호 연접되어 있는 구조를 포함하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조는, 동일 크기의 직각이등변삼각형 프리즘 구조인 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 입사면부 또는 상기 출사면부는, 각각 상기 제1 프리즘 구조 또는 상기 제2 프리즘 구조의 빗변 상에서의 길이가 입사 또는 출사되는 광의 파장 길이 이상, 상기 빗변 길이의 절반 이하 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조가 상호 연접되어 있는 상기 구조를 단위 프리즘 구조로 하여 제1 단위 프리즘 구조의 출사면부를 통해 출사되는 광이 제2 단위 프리즘의 입사면부를 통해 입사되도록 하는 연속 연결(cascade connection) 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제1 프리즘 구조 및 상기 제1 프리즘 구조보다 작은 크기의 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제2 프리즘 구조가 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 측 밑면 일단부에 상기 입사면부 및 상기 출사면부를 포함하면서 상기 반사면부를 형성하도록 상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조의 빗변 측 밑면이 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 측 밑면 타단부

쪽으로 정렬되어 상호 연접되어 있는 구조를 포함하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 프리즘 구조의 빗변 길이는, 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 길이에서 입출사되는 광의 파장 길이를 뺀 길이 이하, 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 길이의 절반 이상 범위에 포함되는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 능동 매질은, 내부의 열적 왜곡 현상을 보상하는 측면 곡선 가공 처리가 수행된 프리즘 구조를 지니는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 능동 매질은, 상기 입사된 광에 대하여 이득을 나타내는 고체, 액체 또는 기체 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 11

능동 매질(active medium)의 내부로 광이 입사되고 상기 능동 매질의 내부로부터 증폭된 광이 출사되는 입출사면부; 및

상기 입출사면부로 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질 내부에서 순환시키며 증폭되도록 한 후, 상기 입출사면부로 상기 증폭된 광을 출사시키는 반사면부를 포함하는 프리즘 구조의 능동 매질을 여기시켜 광을 증폭하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 입출사면부는, 브루스터 각(Brewster's Angle) 또는 무반사 코팅(Anti-reflective Coating)에 의해 상기 능동 매질의 내부로 상기 광이 무반사 입사되고 상기 능동 매질의 내부로부터 상기 증폭된 광이 무반사 출사되도록 하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 광 증폭기는, 상기 입출사면부를 통해 입사 또는 출사되는 광의 편광을 구분하여 상기 입사 또는 출사되는 광을 분리해내는 광 분리부를 포함하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 단위 프리즘 구조를 더 포함하고,

상기 단위 프리즘 구조는,

상기 단위 프리즘 구조의 능동 매질 내부로 광이 입사되거나 상기 단위 프리즘 구조의 능동 매질 내부로부터 상기 입사된 광이 출사되는 제1 입출사면부 및 제2 입출사면부; 및

상기 제1 입출사면부 또는 상기 제2 입출사면부로 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 단위 프리즘 구조의 능동 매질 내부에서 순환시킨 후 각각 상기 제2 입출사면부 또는 상기 제1 입출사면부를 통해 출사시키는 반사면부를 포함하고, 그리고

상기 단위 프리즘 구조는, 상기 프리즘 구조의 상기 입출사면부를 통해 입사 또는 출사되는 광이 각각 상기 단위 프리즘 구조의 상기 제2 입출사면부를 통해 출사 또는 입사되도록 하는 구조인 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 상기 단위 프리즘 구조와 동일한 제1 단위 프리즘 구조의 제2 입출사면부를 통해 출사 또는 입사되는 광이 각각 상기 단위 프리즘 구조와 동일한 제2 단위 프리즘 구조의 제1 입출사면부를 통해 입사 또는 출사되도록 하는 연속 연결(cascade connection) 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 따른 광 증폭기;

상기 광 증폭기의 능동 매질을 여기시키는 매질 여기부; 및

상기 능동 매질을 냉각시키는 냉각부를 포함하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 매질 여기부는, 광, 전류, 또는 방전을 이용하여 상기 능동 매질을 여기시키는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 매질 여기부는, 상기 능동 매질을 여기시키기 위한 펌프광을 제공하는 다이오드 레이저(diode laser)를 포함하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 냉각부는, 상기 능동 매질 내부에서의 광 순환 경로 면과 평행한 상기 능동 매질의 상부면 또는 하부면 또는 상하부 양면에서 상기 능동 매질을 냉각시키는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 냉각부는, 상기 능동 매질을 여기시키기 위한 펌프광이 통과하는 홀(hole)을 구비하고,

상기 매질 여기부는, 상기 홀을 통해 상기 펌프광을 방출하여 상기 능동 매질을 여기시키는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템.

청구항 21

제16항에 있어서,

상기 광 증폭 시스템은, 광학 렌즈를 이용하여 상기 광 증폭기로 입사되는 광, 또는 상기 광 증폭기에서 출사되는 광, 또는 상기 입·출사되는 광 양자 모두의 발산각을 감소시키는 렌즈부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광 증폭 기술에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 프리즘 구조의 능동 매질을 이용하여 광을 증폭시킴으로써, 소형화 및 단순화된 고출력 광 증폭기의 구현을 가능하게 하고 열적 왜곡 현상을 방지함은 물론, 공간 및 자원 효율성을 개선하는 광 증폭기 및 이를 이용한 광 증폭 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 광 증폭기(optical amplifier)는, 광 통신망에서 광을 증폭시켜 광 전송 시 발생하는 광 손실을 보상하거나, 광 전자회로에서 광 펄스의 세기를 증폭시키거나, 또는 레이저 광을 증폭시켜 초 고출력 레이저를 만들기 위해 사용되는 등 그 적용 분야가 다양하고 광범위한 광학 소자에 해당하며, 최근 광 통신 기술, 레이저 기술 등의 급속한 발전에 따라 광 증폭기 관련 기술의 중요성이 더욱 강조되고 있는 추세이다.

[0003] 도 1에는 광 증폭기를 사용하는 광 통신 시스템이 블록도로 도시되어 있다.

[0004] 도 1에 도시된 바와 같이, 송신측(110)에서 광송신기(120)를 통해 광신호를 전송하고 광수신기(140)를 통해 수신측(150)에서 상기 전송된 광신호를 수신하는 경우, 광섬유를 통해 전송되는 광신호는 산란, 흡수 등에 의해 약 40 ~ 80km 당 약 1/10~1/100로 감쇠함은 물론 분산에 의한 파형 왜곡이 발생한다. 이와 같은 감쇠와 파형 왜곡에 따른 전송 품질의 열화를 보상하기 위해 전송 중간에 광 증폭기(130)를 통해 광신호를 증폭한다. 이러한 광 증폭기는 광 중계기와는 달리, 광신호를 전기신호로 변환하지 않고 직접 증폭한다. 더욱이 광 증폭기는 일련의 파장을 동시에 증폭할 수 있어 DWDM(Dense Wave Division Multiplexing)에 적합하다.

[0005] 이러한 광 증폭기는 증폭 원리에 따라 광섬유 증폭기와 반도체 광증폭기(Semiconductor Optical Amplifier: SOA)로 구분할 수 있다.

[0006] 광섬유 증폭기는 일반적으로 어븀(Erbium; Er)과 같은 희토류 원소가 포함된 광섬유에 펌프(pump) 광을 전송하여 광섬유를 여기시키고, 상기 여기된 광섬유를 통해 광신호 통과시켜 상기 광신호를 증폭한다. 광섬유 증폭기는 다시 EDFA(Erbium-Doped Fiber Amplifier), EDWA(Erbium-Doped Waveguide Amplifier), PDFFA(Praseodymium-Doped Fluoride Fiber Amplifier) 그리고 라만 증폭기(RAMAN Amplifier) 등으로 구분할 수 있다. 이러한 광섬유 증폭기는 여기 출력을 높이면 높은 증폭도를 얻을 수 있어 대용량 통신에 적합하다. 그러나, 광섬유 증폭기는 소형화가 곤란하고 구현이 복잡하며, 제조, 배치, 유지 및 보수에 많은 비용과 노력을 요하는 문제점이 있다.

[0007] 반도체 광증폭기(SOA)는 일반적으로 반도체 레이저와 같은 형태의 이중 이종접합 구조(double hetero-structure)를 가지고 있으며, 광섬유 증폭기와는 달리 여기 레이저를 사용하지 않고 도파로 양측에 전계를 인가함으로써 광신호를 증폭한다. 즉, 전계가 인가되면 광자(photon)의 흡수와 유도 방출(stimulated emission)이 일어나는데, 광자가 흡수되면 전자-정공 쌍이 생기고, 전자-정공 쌍이 결합되면 광자의 유도방출이 일어난다. 이때, 광신호를 증폭하기 위해서는 광자의 유도방출이 흡수를 상회해야 한다. 한편, 이득, 중심파장, 이득의 대역폭 등 SOA의 특성은 반도체 재료의 종류와 구조에 따라 결정된다. 이러한 반도체 광증폭기는 소형화가 가능하고 구현이 용이하다. 그러나, 반도체 광증폭기는 이득이 작고, 광 입력부터 출력까지의 시간이 짧기 때문에 데이터 전송 속도가 빠른 DWDM 전송신호 증폭 등에 적용하기 곤란한 문제점이 있다.

[0008] 한편, 광 증폭기는 레이저 광을 증폭시키는 장치로도 사용되며, 특히 고출력 레이저 광을 만들기 위하여 사용된다. 극 고출력 레이저의 발진을 위해서는 광 증폭기의 개발이 필수적이며, 현재 레이저 광을 증폭하기 위해 다수의 거울을 이용하여 레이저 광을 여러 번 광 증폭기로 통과시키는 방법이 일반적으로 사용되고 있다. 예컨대, Ti:Sapphire 증폭기 등이 있다.

[0009] 도 2에는 기존의 Ti:Sapphire 증폭기가 도시되어 있다.

[0010] 도 2에 도시된 바와 같이, Ti:Sapphire 레이저를 모드락킹 시킨 후 수 펨토초[fs]에 이르는 시간 폭을 지닌 극초단 광 펄스들이 나오면, 상기 광 펄스들 중 하나를 추출하고 회절격자를 이용하여 상기 추출된 광 펄스의 펄스 폭을 증가시킨다. 그 다음, Ti:Sapphire 증폭기의 Ti:Sapphire rod(200)에 복합적인 거울들(210, 220)을 이용하여 상기 펄스 폭이 증가된 광 펄스를 통과시켜 상기 추출된 광 펄스의 첨두 출력을 증가시킨다. 그 다음, 회절격자를 이용하여 다시 상기 펄스 폭이 증가된 광 펄스의 펄스 폭을 줄이면 극초단의 고출력 광 펄스가 얻어진다. 이때, Ti:Sapphire 증폭기는 녹색 레이저 광으로 여기시킨다. 이와 같은 방식으로 극초단 레이저 광을 증폭시킨다. 상기 증폭된 레이저 광은 초미세구조의 측정, 테라 헤르쯔 범위의 주파수 발진, 초고속 현상

(ultrafast event)의 측정 등 여러 가지 과학적 용도로 사용될 뿐 아니라 산업용으로 가공용으로 혹은 의료용으로 사용되며, 최근에는 극 고출력 레이저를 이용한 핵융합 발전의 광원으로도 개발되고 있다. 그러나, 도 2와 같이 기존 기술은 다수의 거울을 사용하므로 구조가 복잡하고, 거울들의 섬세한 정열을 요하므로 설계 및 제조 시 비용이 증가하는 문제점이 있다. 또한, 거울들의 정열이 쉽게 흩뜨려져 유지 및 보수에 많은 비용을 초래하는 문제점이 있다. 이러한 문제점들은 상기 증폭 과정을 반복 수행해야 하는 초고출력 레이저들의 경우 더욱 심각하게 나타난다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0011] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 기술적 과제는, 프리즘 구조의 능동 매질을 이용하여 광을 증폭시킴으로써, 소형화 및 단순화된 고출력 광 증폭기의 구현을 가능하게 하고 열적 왜곡 현상을 방지함은 물론, 공간 및 자원 효율성을 개선하는 광 증폭기를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 기술적 과제는, 프리즘 구조의 능동 매질을 이용하여 광을 증폭시킴으로써, 소형화 및 단순화된 고출력 광 증폭기의 구현을 가능하게 하고 열적 왜곡 현상을 방지함은 물론, 공간 및 자원 효율성을 개선하는 광 증폭 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0013] 상기와 같은 첫 번째 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명은, 능동 매질(active medium)의 내부로 광이 입사되는 입사면부; 상기 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질 내부에서 순환시켜 증폭되도록 하는 반사면부; 및 상기 증폭된 광이 상기 능동 매질의 내부로부터 출사되는 출사면부를 포함하는 프리즘 구조의 능동 매질을 여기시켜 광을 증폭하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기를 제공한다.

[0014] 일 실시예에 있어서, 상기 입사면부 및 상기 출사면부는, 브루스터 각(Brewster's Angle) 또는 무반사 코팅(Anti-reflective Coating)에 의해 상기 능동 매질의 내부로 상기 광이 무반사 입사되고 상기 능동 매질의 내부로부터 상기 증폭된 광이 무반사 출사되도록 한다.

[0015] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제1 프리즘 구조 및 제2 프리즘 구조가 각각 빗변 측 밑면 일단부에 상기 입사면부 및 상기 출사면부를 포함하면서 상기 반사면부를 형성하도록 상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조의 빗변 측 밑면이 비켜서 상호 연접되어 있는 구조를 포함한다.

[0016] 일 실시예에 있어서, 상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조는, 동일 크기의 직각이등변삼각형 프리즘 구조이다.

[0017] 일 실시예에 있어서, 상기 입사면부 또는 상기 출사면부는, 각각 상기 제1 프리즘 구조 또는 상기 제2 프리즘 구조의 빗변 상에서의 길이가 입사 또는 출사되는 광의 파장 길이 이상, 상기 빗변 길이의 절반 이하 범위에 포함된다.

[0018] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조가 상호 연접되어 있는 상기 구조를 단위 프리즘 구조로 하여 제1 단위 프리즘 구조의 출사면부를 통해 출사되는 광이 제2 단위 프리즘의 입사면부를 통해 입사되도록 하는 연속 연결(cascade connection) 구조를 포함한다.

[0019] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제1 프리즘 구조 및 상기 제1 프리즘 구조보다 작은 크기의 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제2 프리즘 구조가 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 측 밑면 일단부에 상기 입사면부 및 상기 출사면부를 포함하면서 상기 반사면부를 형성하도록 상기 제1 프리즘 구조 및 상기 제2 프리즘 구조의 빗변 측 밑면이 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 측 밑면 타단부 쪽으로 정렬되어 상호 연접되어 있는 구조를 포함한다.

[0020] 일 실시예에 있어서, 상기 제2 프리즘 구조의 빗변 길이는, 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 길이에서 입출사되는 광의 파장 길이를 뺀 길이 이하, 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 길이의 절반 이상 범위에 포함된다.

[0021] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질은, 내부의 열적 왜곡 현상을 보상하는 측면 곡선 가공 처리가 수행된 프리즘 구조를 지닌다.

[0022] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질은, 상기 입사된 광에 대하여 이득을 나타내는 고체, 액체 또는 기체 물질을 포함한다.

[0023] 일 실시예에 있어서, 상기 광 증폭기는, 능동 매질의 내부로 광이 입사되고 상기 능동 매질의 내부로부터 증폭된 광이 출사되는 입출사면부; 및 상기 입출사면부로 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질 내부에서 순환시키며 증폭되도록 한 후, 상기 입출사면부로 상기 증폭된 광을 출사시키는 반사면부를 포함하는 프리즘 구조의 능동 매질을 여기시켜 광을 증폭한다.

[0024] 일 실시예에 있어서, 상기 입출사면부는, 브루스터 각 또는 무반사 코팅에 의해 상기 능동 매질의 내부로 상기 광이 무반사 입사되고 상기 능동 매질의 내부로부터 상기 증폭된 광이 무반사 출사되도록 한다.

[0025] 일 실시예에 있어서, 상기 광 증폭기는, 상기 입출사면부를 통해 입사 또는 출사되는 광의 편광을 구분하여 상기 입사 또는 출사되는 광을 분리해내는 광 분리부를 포함한다.

[0026] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 단위 프리즘 구조를 더 포함하고, 상기 단위 프리즘 구조는, 상기 단위 프리즘 구조의 능동 매질 내부로 광이 입사되거나 상기 단위 프리즘 구조의 능동 매질 내부로부터 상기 입사된 광이 출사되는 제1 입출사면부 및 제2 입출사면부; 및 상기 제1 입출사면부 또는 상기 제2 입출사면부로 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 단위 프리즘 구조의 능동 매질 내부에서 순환시킨 후 각각 상기 제2 입출사면부 또는 상기 제1 입출사면부를 통해 출사시키는 반사면부를 포함하고, 그리고 상기 단위 프리즘 구조는, 상기 프리즘 구조의 상기 입출사면부를 통해 입사 또는 출사되는 광이 각각 상기 단위 프리즘 구조의 상기 제2 입출사면부를 통해 출사 또는 입사되도록 하는 구조이다.

[0027] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조는, 상기 단위 프리즘 구조와 동일한 제1 단위 프리즘 구조의 제2 입출사면부를 통해 출사 또는 입사되는 광이 각각 상기 단위 프리즘 구조와 동일한 제2 단위 프리즘 구조의 제1 입출사면부를 통해 입사 또는 출사되도록 하는 연속 연결 구조를 포함한다.

[0028] 상기와 같은 두 번째 기술적 과제를 해결하기 위하여 본 발명은, 상기 실시예들에 따른 광 증폭기; 상기 광 증폭기의 능동 매질을 여기시키는 매질 여기부; 및 상기 능동 매질을 냉각시키는 냉각부를 포함하는 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템을 제공한다.

[0029] 일 실시예에 있어서, 상기 매질 여기부는, 광, 전류, 또는 방전을 이용하여 상기 능동 매질을 여기시킨다.

[0030] 일 실시예에 있어서, 상기 매질 여기부는, 상기 능동 매질을 여기시키기 위한 펌프광을 제공하는 다이오드 레이저(diode laser)를 포함한다.

[0031] 일 실시예에 있어서, 상기 냉각부는, 상기 능동 매질 내부에서의 광 순환 경로 면과 평행한 상기 능동 매질의 상부면 또는 하부면 또는 상하부 양면에서 상기 능동 매질을 냉각시킨다.

[0032] 일 실시예에 있어서, 상기 냉각부는, 상기 능동 매질을 여기시키기 위한 펌프광이 통과하는 홀(hole)을 구비하고, 상기 매질 여기부는, 상기 홀을 통해 상기 펌프광을 방출하여 상기 능동 매질을 여기시킨다.

[0033] 일 실시예에 있어서, 상기 광 증폭 시스템은, 광학 렌즈를 이용하여 상기 광 증폭기로 입사되는 광, 또는 상기 광 증폭기에서 출사되는 광, 또는 상기 입·출사되는 광 양자 모두의 발산각을 감소시키는 렌즈부를 더 포함한다.

효 과

[0034] 본 발명은, 프리즘 구조의 능동 매질로 입사된 광을 전반사를 이용하여 진행시킴으로써, 반사 거울 등을 포함하지 않는 단순한 구조의 광 증폭기 구현을 가능하게 하고 열적 왜곡을 방지하는 이점을 제공한다.

[0035] 또한, 상기 입사된 광이 상기 프리즘 구조의 능동 매질 영역을 전체적으로 순환하도록 하여 충분히 긴 광 경로를 확보함으로써, 고출력 광 증폭을 가능하게 하고 공간 및 자원 효율성을 개선하는 이점을 제공한다.

[0036] 나아가, 얇은 평면 형태로 광 증폭기를 구현할 수 있도록 함으로써, 능동 매질의 상하 양면에서 효율적 냉각 내지 온도 조절을 가능하게 하는 이점을 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 본 발명의 기술적 과제의 해결 방안을 명확화하기 위해 첨부도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어서 관련 공지기술에 관한 설명이 오히려 본 발명의 요지

를 불명료하게 할 수 있다고 판단되는 경우 그에 관한 설명을 생략하기로 한다. 또한, 후술하는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자 등의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있을 것이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0038] 도 3에는 본 발명의 제1 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기가 도시되어 있다.

[0039] 도 3의 (a)에는 상기 광 증폭기(300)가 평면도로 도시되어 있으며, (b)에는 상기 광 증폭기(300)의 능동 매질(active medium)이 사시도로 도시되어 있다. 도 3의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 광 증폭기(300)는, 프리즘 구조의 능동 매질(310, 320)을 포함한다.

[0040] 상기 광 증폭기(300)는, 여기된 상기 프리즘 구조의 능동 매질(310, 320)을 이용하여 광을 증폭시킨다. 이를 위해, 상기 프리즘 구조의 능동 매질(310, 320)은, 입사면부(312), 출사면부(322) 및 반사면부(314, 316, 324, 326)를 포함한다.

[0041] 상기 광 증폭기(300)는, 상기 입사면부(312)를 통해 상기 능동 매질(310, 320)의 내부로 상기 광이 입사되고, 상기 출사면부(322)를 통해 증폭된 광이 상기 능동 매질(310, 320)의 내부로부터 출사된다.

[0042] 상기 입사면부(312)는, 브루스터 각(Brewster's Angle) 또는 무반사 코팅(Anti-reflective Coating)에 의해 상기 광이 무반사 입사되도록 할 수 있으며, 상기 출사면부(322)도, 브루스터 각 또는 무반사 코팅에 의해 상기 증폭된 광이 무반사 출사되도록 할 수 있다. 상기 무반사 코팅을 위한 재료로는 유기-무기 복합구조나 최근 소개된 폴리스티렌-폴리메틸메타아크릴레이트(PS-PMMA) 블록공중합체 등이 사용될 수 있다.

[0043] 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)는, 상기 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질(310, 320) 내부에서 순환시켜 증폭되도록 한 후, 상기 출사면부(322)를 통해 상기 증폭된 광을 출사시킨다. 이때, 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)는 상기 능동 매질(310, 320)의 굴절률로 인하여 발생하는 광의 전반사를 이용한다. 예컨대, 입사된 광이 상기 능동 매질(310, 320) 내부에서 진행 중 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)와 전반사 임계각을 유지하도록 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)을 구성하거나, 전반사 코팅을 이용할 수 있다.

[0044] 상기 프리즘 구조의 능동 매질(310, 320)은, 하나의 단일한 프리즘으로 구성될 수 있으며, 또한 복수 개의 프리즘으로 구성될 수도 있다. 예컨대, 상기 능동 매질(310, 320)은, 상기 입사면부(312)를 지니는 제1 프리즘 구조(310), 및 제1 프리즘 구조(310)와 연접하고 상기 출사면부(322)를 지니는 제2 프리즘 구조(320)를 포함할 수 있다. 이때, 상기 제1 프리즘 구조(310) 및 상기 제2 프리즘 구조(320)는 상호 결합을 통해 상기 입사된 광을 상기 제1 프리즘 구조(310) 및 상기 제2 프리즘 구조(320)의 내부 경로로 순환시키는 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)를 형성한다. 이때, 상기 제1 프리즘 구조(310) 및 상기 제2 프리즘 구조(320)는, 각각 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지닐 수 있으며, 특히 동일한 크기일 수 있다.

[0045] 이와 관련하여, 도 3에는 두 개의 동일한 직각이등변삼각형 프리즘 구조들(310, 320) 간에 상호 빗변 측 밑면이 약간 비켜서 연접되어 있는 형태로 도시되어 있다.

[0046] 아래에서 다시 설명하겠지만, 본 발명을 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 이용하여 구현하는 경우, 설계가 단순화되고 제작이 용이한 이점이 있다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니며, 본 발명은 다양한 형태의 프리즘 구조로 구현될 수 있음을 미리 밝혀둔다.

[0047] 상기 제1 실시예에 있어서, 상기 능동 매질이 지니는 프리즘 구조(310, 320)는, 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제1 프리즘 구조(310) 및 제2 프리즘 구조(320)가 각각 빗변 측 밑면 일단부에 상기 입사면부(312) 및 상기 출사면부(322)를 포함하면서 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)를 형성하도록 상기 제1 프리즘 구조(310) 및 상기 제2 프리즘 구조(320)의 빗변 측 밑면이 비켜서 상호 연접되어 있는 구조를 지니고 있다. 따라서, 상기 제1 프리즘 구조(310) 및 상기 제2 프리즘 구조(320)는, 각각 직각이등변삼각형의 빗변 측 밑면에 상호 접촉하는 접촉면을 포함하게 된다. 그리고, 상기 입사면부(312) 및 상기 출사면부(322)는, 각각 상기 제1 프리즘 구조(310) 및 상기 제2 프리즘 구조(320)의 빗변 측 밑면 중 상기 접촉면 이외의 면(312, 322)에 형성된다. 이와 같이 형성된 상기 입사면부(312) 또는 상기 출사면부(322)는, 각각 상기 제1 프리즘 구조(310) 또는 상기 제2 프리즘 구조(320)의 빗변 상에서의 길이가 입사 또는 출사되는 광의 파장 길이 이상, 상기 제1 프리즘 구조(310) 또는 상기 제2 프리즘 구조(320)의 빗변 길이의 절반 이하 범위에 포함된다.

[0048] 한편, 실시예에 따라, 상기 능동 매질은, 상기 제1 또는 제2 입출사면부(312 또는 322)를 통해 출사되는 광이 각각 상기 제1 또는 제2 입출사면부(312 또는 322)에서 반사되어 상기 능동 매질 내부로 입사되도록 하는 전반사 코팅층(미도시)을 더 포함함으로써 전반사 거울을 상기 제1 또는 제2 입출사면부(312 또는 322)에 형성할 수

있다.

[0049] 도 4a 및 도 4b에는 도 3의 능동 매질 내에서의 광 진행 경로가 도시되어 있다.

[0050] 도 4a에 도시된 바와 같이, 상기 광 버퍼의 상기 입사면부(312)로 광 펄스가 입사되면 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)에 의해 내부 경로를 따라 시계 방향으로 순환하면서 직선 운동을 하게 된다. 이 경우, 상기 반사면부(314, 316, 324, 326)에 부딪치는 광은 그 입사각이 임계각보다 크기 때문에 전반사가 일어나 광 손실 없이 상기 능동 매질(300)의 내부 경로를 계속 진행할 수 있다.

[0051] 그 다음, 도 4b에 도시된 바와 같이, 상기 입사된 광은 상기 능동 매질(300)의 내부 경로를 진행하던 중 꼭지점(410, 420) 부근에 도달하게 되면 시계 방향에서 반시계 방향으로 회전 방향의 변경이 발생하게 된다. 상기 회전 방향 변경은 상·하부 프리즘의 꼭지점이 서로 약간 어긋나 있음에 기인한다. 그리고, 상기 입사된 광은 반시계 방향으로 회전을 시작하여 결국 상기 출사면부(322)를 통해 상기 능동 매질(300)의 외부로 출사하게 된다. 이 경우, 상기 광이 상기 능동 매질(300) 내에서 진행한 경로(D)는 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0052] $D \fallingdotseq 4L^2/d$

[0053] 상기 수학식 1에서, L은 직각이등변삼각형 빗변 길이의 절반, d는 상기 제1 프리즘 구조(310) 및 상기 제2 프리즘 구조(320)를 비켜 맞춘 길이, 즉 상기 제1 입출사면부(312) 또는 상기 제2 입출사면부(322)의 빗변 상의 길이를 나타낸다. 예컨대, L이 1cm, d가 2mm이면, 상기 능동 매질 내에서 입사된 광이 진행하는 경로의 길이 D는 20cm가 된다. 이러한 결과는, 2mm 반경의 고체 레이저를 40cm 길이로 만들어 광을 증폭하는 효과에 해당한다. 이와 같이, 본 발명의 실시예들은 긴 광 경로를 지니는 프리즘 구조를 이용함으로써 광 증폭기로 입사되는 광을 효율적으로 증폭시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 상기 능동 매질(310, 320) 내부의 전체 영역을 활용하여 광 경로를 확보함으로써 공간 및 자원 효율성을 개선할 수 있다.

[0054] 도 5에는 본 발명의 제2 실시예 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기가 도시되어 있다.

[0055] 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 광 증폭기(500)는, 프리즘 구조의 능동 매질(510, 520, 530)을 포함한다.

[0056] 상기 프리즘 구조의 능동 매질(510, 520, 530)은, 도 3과 같은 프리즘 구조, 즉 제1 프리즘 구조(310) 및 제2 프리즘 구조(320)가 상호 연접되어 있는 프리즘 구조를 단위 프리즘 구조로 하여 제1 단위 프리즘 구조(510)의 출사면부(514)로 출사되는 광이 제2 단위 프리즘 구조(520)의 입사면부(522)로 입사되도록 하는 연속 연결(cascade connection) 구조를 포함하여 능동 매질 내에서의 광 경로를 연장할 수 있다. 도 5의 경우, 세 개의 단위 프리즘 구조(510, 520, 530)를 연속 연결한 경우이다. 따라서, 제1 단위 프리즘 구조(510)의 입사면부(512)로 입사된 광은, 상술한 바와 같이 제2 단위 프리즘 구조(520)의 내부로 입사되고 상기 제2 단위 프리즘 구조(520)의 내부 경로를 순환하면서 진행한 후, 상기 제2 단위 프리즘 구조(520)의 출사면부(524) 및 제3 단위 프리즘 구조의 입사면부(532)를 통해 상기 제3 단위 프리즘 구조(530)의 내부로 입사된다. 결국, 상기 입사된 광은 전체 프리즘 구조(510, 520, 530)의 내부 경로를 순환하며 진행한 후, 상기 제3 단위 프리즘 구조(530)의 출사면부(534)를 통해 출력된다. 따라서, 단위 프리즘 구조를 연속 연결하여 조합된 프리즘 구조의 능동 매질은, 도 3의 능동 매질에 비해 조합에 사용된 단위 프리즘의 개수만큼 광 진행 경로를 연장할 수 있게 된다. 또한, 도 5에는 2차원 평면상에서 연속 연결된 프리즘 구조가 도시되어 있으나, 상기 연속 연결 방식을 적용함에 있어서, 2차원 평면상에서뿐만 아니라, 본 발명의 실시예들이 적용되는 시스템 환경, 설계자 또는 제조자의 의도 등에 따라, 3차원적으로 연결될 수 있다. 예컨대, n 번째 단위 프리즘 구조와 n+1 번째 단위 프리즘 구조가 연속 연결되는 경우, 수직 방향으로 연결되도록 구현할 수 있다. 또한, 실시예에 따라, 연속 연결 상태의 프리즘 구조는 복수 개의 개별 단위 프리즘 구조들을 연결하여 구현할 수 있으며, 하나의 단일한 프리즘 구조로도 구현할 수 있다.

[0057] 또한, 일 실시예에 있어서, 상기 광 증폭기(500)는, 1 또는 2 이상의 광학 렌즈를 이용하여 상기 제1 단위 프리즘 구조(510)의 출사면부(514)로 출사되는 광의 발산각을 감소시키고, 상기 발산각이 감소된 광이 상기 제2 단위 프리즘(520)의 입사면부(522)로 입사되도록 하는 렌즈 모듈을 더 포함하여, 상기 제1 단위 프리즘(510)에서 상기 제2 단위 프리즘(520)으로 전달되는 광의 발산각을 감소시킬 수 있다. 물론, 상기 제2 단위 프리즘(520)의 출사면부(524) 측에도 상기 렌즈 모듈을 포함할 수 있다.

[0058] 도 6에는 본 발명의 제3 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기가 도시되어 있다.

[0059] 도 6의 (a)에는 상기 광 증폭기(600)가 평면도로 도시되어 있으며, (b)에는 상기 광 증폭기(600)의 능동 매질(610, 620)이 사시도로 도시되어 있다. 도 6의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 상기 광 증폭기(600)는, 프리즘 구조의 능동 매질(610, 620)를 포함하며, 광 분리부(630)를 더 포함할 수 있다.

[0060] 상기 광 증폭기(600)는, 여기된 상기 프리즘 구조의 능동 매질(610, 620)을 이용하여 입사되는 광을 증폭시킨다. 이를 위해, 상기 프리즘 구조의 능동 매질(610, 620)은, 입출사면부(612), 및 반사면부(614, 616, 622, 624)를 포함할 수 있다.

[0061] 상기 광 증폭기(600)는, 상기 입출사면부(612)를 통해 상기 능동 매질(610, 620)의 내부로 광이 입사되고, 상기 능동 매질(610, 620) 내부로부터 증폭된 광이 출사된다. 즉, 상기 입출사면부(612)는, 상기 입사면부 및 상기 출사면부를 포함하는 것이다. 이때, 상기 입출사면부(612)는, 브루스터 각 또는 무반사 코팅에 의해 상기 광이 무반사 입사되고 상기 증폭된 광이 무반사 출사되도록 할 수 있다.

[0062] 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)는, 상기 입출사면부(612)로 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질(610, 620) 내부에서 순환시켜 증폭되도록 한 후, 상기 입출사면부(612)를 통해 상기 증폭된 광을 출사시킨다. 이때, 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)는 상기 능동 매질(610, 620)의 굴절률로 인하여 발생하는 광의 전반사를 이용할 수 있다. 예컨대, 입사된 광이 상기 능동 매질(610, 620) 내부에서 진행 중 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)와 전반사 임계각을 유지하도록 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)을 구성하거나, 전반사 코팅을 이용할 수 있다. 이와 같이, 여기된 능동 매질(610, 620)을 통해 광을 증폭시킨다.

[0063] 상기 능동 매질이 지니는 상기 프리즘 구조(610, 620)는, 하나의 단일한 프리즘 구조로 구성될 수 있으며, 또한 복수 개의 프리즘 구조로 구성될 수도 있다. 예컨대, 상기 프리즘 구조(610, 620)는, 상기 입출사면부(612)를 지니는 제1 프리즘 구조(610), 및 상기 제1 프리즘 구조(610)와 연접하는 제2 프리즘 구조(620)를 포함할 수 있다. 상기 제1 프리즘 구조(610) 및 상기 제2 프리즘 구조(620)는 상호 접촉을 통해 입사된 광을 상기 제1 프리즘 구조(610) 및 상기 제2 프리즘 구조(620)의 내부 경로로 진행시키는 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)를 형성한다. 이때, 상기 제1 프리즘 구조(610) 및 상기 제2 프리즘 구조(620)는, 각각 직각이등변삼각형 프리즘 구조일 수 있으며, 특히 크기가 다를 수 있다.

[0064] 이와 관련하여, 도 6에는 크기가 다른 두 개의 직각이등변삼각형 프리즘 구조들(610, 620)이 한쪽으로 정렬되어 상호 빗변 측 밑면이 연접되어 있는 형태로 도시되어 있다.

[0065] 본 발명을 직각이등변삼각형 프리즘 구조로 구현하는 경우, 설계가 단순화되고 제작이 용이한 이점이 있다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니며, 본 발명은 다양한 형태의 프리즘으로 구현될 수 있다.

[0066] 상기 제3 실시예에 있어서, 상기 프리즘 구조(610, 620)는, 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제1 프리즘 구조(610) 및 상기 제1 프리즘 구조보다 작은 크기의 직각이등변삼각형 프리즘 구조를 지니는 제2 프리즘 구조(620)가 상기 제1 프리즘 구조의 빗변 측 밑면 일단부에 상기 입출사면부(612)를 포함하면서 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)를 형성하도록 상기 제1 프리즘 구조(610) 및 상기 제2 프리즘 구조(620)의 빗변 측 밑면이 상기 제1 프리즘 구조(610)의 빗변 측 밑면 타단부 쪽으로 정렬되어 상호 연접되어 있는 구조를 지니고 있다. 따라서, 상기 제1 프리즘 구조(610) 및 상기 제2 프리즘구조(620)는, 각각 직각이등변삼각형의 빗변 측 밑면에 상호 접촉하는 접촉면을 포함하게 된다. 그리고, 상기 입출사면부(612)는, 상기 제1 프리즘 구조(610)의 빗변 측 밑면 중 상기 접촉면 이외의 면에 형성된다. 이와 같이 형성된 상기 입출사면부(612)는, 상기 제1 프리즘 구조(610)의 빗변 상에서의 길이가 입출사되는 광의 파장 길이 이상, 상기 제1 프리즘 구조(610)의 빗변 길이의 절반 이하 범위에 포함된다. 환언하면, 상기 제2 프리즘 구조(620)는, 그 빗변 길이가 상기 제1 프리즘 구조(610)의 빗변 길이에서 입출사되는 광의 파장 길이를 뺀 길이 이하, 상기 제1 프리즘 구조(610)의 빗변 길이의 절반 이상 범위에 포함된다.

[0067] 도 7에는 도 6의 레이저 매질 내에서의 광 진행 경로가 도시되어 있다.

[0068] 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 광 증폭기(600)의 상기 입출사면부(612)를 통해 능동 매질 내부로 광이 입사되면 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)에 의해 내부 경로를 따라 반시계 방향으로 순환하면서 직선 운동을 하게 된다. 이 경우, 상기 반사면부(614, 616, 622, 624)에 부딪치는 광은 그 입사각이 전반사 임계각보다 크기 때문에 전반사가 일어나 광 손실 없이 상기 능동 매질의 내부 경로를 계속 순환하면서 진행할 수 있다. 상기 입사된 광은 상기 능동 매질의 내부 경로를 진행하던 중 꼭지점(710, 720) 부근에 도달하게 되면 반시계 방향에서 시계 방향으로 회전 방향의 변경이 발생하게 된다. 상기 회전 방향 변경은 상·하부 프리즘 구조의 꼭지점이 서로 약간 어긋나 있음에 기인한다. 그리고, 상기 입사된 광은 시계 방향으로 회전을 시작하여 결국 상기 입출사면부

(612)를 통해 상기 능동 매질의 외부로 출사하게 된다.

[0069] 상기 제3 실시예에 있어서, 상기 능동 매질에서의 광 진행 경로는, 수학식 2와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

[0070] $D \fallingdotseq 4L^2/d$

[0071] 상기 수학식 2에서, L은 직각이등변삼각형 빗변 길이의 절반, 상기 입출사면부(612)의 빗변 상의 길이를 나타낸다. 예컨대, L이 1cm, d가 2mm이면, 상기 능동 매질 내에서 입사된 광이 진행하는 경로의 길이 D는 40cm가 된다. 이러한 결과는, 2mm 반경의 고체 레이저를 40cm 길이로 만들어 광을 증폭하는 효과에 해당한다. 이와 같이, 본 발명의 실시예들은 긴 광 경로를 지니는 프리즘 구조를 이용함으로써 광 증폭기로 입사되는 광을 효율적으로 증폭시킬 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 상기 능동 매질(610, 620) 내부의 전체 영역을 활용하여 광 경로를 확보함으로써 공간 및 자원 효율성을 개선할 수 있다.

[0072] 상기 광 분리부(630)는, 상기 입출사면부(612)를 통해 입사 또는 출사되는 광의 편광을 구분하여 상기 입사 또는 출사되는 광을 분리해 낸다. 즉, 상기 광 분리부(630)는, 프리즘 구조의 능동 매질에서 입사면과 출사면이 동일 지점에 형성되는 경우, 1/4파장 편광판(quarter wave plate), 1/2파장 편광기, 반반사 거울, Glan-Thompson 프리즘, Glan 편광 프리즘, Nicol 프리즘, Rochon 프리즘, Wallston 프리즘, Senarment 프리즘 등, 또는 이들의 조합을 통해 상기 능동 매질(610, 620)로 입출사되는 광의 편광을 구분하여 상기 능동 매질(610, 620)에서 입사 또는 출사되는 광을 분리할 수 있다.

[0073] 도 8에는 본 발명의 제4 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기가 도시되어 있다.

[0074] 도 8에 도시된 바와 같이, 상기 광 증폭기(800)는, 프리즘 구조의 능동 매질(810, 820, 830)을 포함하며, 광 분리부(840)를 더 포함할 수 있다.

[0075] 상기 프리즘 구조의 능동 매질은, 도 6과 같은 프리즘 구조(830)와 단위 프리즘 구조로서 도 3과 같은 프리즘 구조(810, 820)를 1 또는 2 이상 포함할 수 있다.

[0076] 상기 단위 프리즘 구조(820)는, 제1 입출사면부(822), 제2 입출사면부(824) 및 반사면부(820)를 포함할 수 있다.

[0077] 상기 단위 프리즘 구조(820)는, 상기 제1 입출사면부(822)부 및 제2 입출사면부(824)를 통해 능동 매질 내부로 광이 입사되고, 상기 능동 매질 내부에서 외부로 광이 출사된다.

[0078] 상기 반사면부(820)는, 상기 제1 입출사면부(822)를 통해 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 능동 매질 내에서 순환시킨 후 상기 제2 입출사면부(824)를 통해 출사시키고, 상기 제2 입출사면부(824)를 통해 입사된 광을 임계각에 의한 전반사를 통해 상기 능동 매질 내에서 순환시킨 후 상기 제1 입출사면부(822)을 통해 출사시킨다.

[0079] 상기 능동 매질이 지니는 프리즘 구조(810, 820, 830)는, 도 6과 같은 프리즘 구조(830)의 입출사면부(832)를 통해 입사 또는 출사되는 광이, 상기 단위 프리즘 구조(820)의 제2 입출사면부(824)를 통해 출사 또는 입사되도록 하는 구조를 포함하여 능동 매질 내에서의 광 진행 경로를 추가적으로 연장할 수 있다.

[0080] 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질이 지니는 프리즘 구조(810 내지 830)는, 상기 단위 프리즘 구조(810 또는 820)를 이용하여 제1 단위 프리즘 구조(810)의 제1 입출사면부(812)를 통해 입사되어 상기 제1 단위 프리즘 구조(810)의 제2 입출사면부(814)를 통해 출사되는 광이, 제2 단위 프리즘 구조(820)의 제1 입출사면부(822)를 통해 입사되도록 하는 연속 연결(cascade connection) 구조를 포함하여, 최종 단위 프리즘 구조(820)의 제2 입출사면부(824)를 통해 출사되는 광이 도 6의 프리즘 구조(830)의 입출사면부(832)를 통해 입사되도록 할 수 있다.

[0081] 한편, 도 8에는 2차원 평면상에서 연속 연결된 프리즘 구조가 도시되어 있으나, 상기 연속 연결 방식을 적용함에 있어서, 2차원 평면상에서뿐만 아니라, 본 발명이 적용되는 시스템 환경, 설계자 또는 제조자의 의도 등에 따라, 3차원적으로 연결될 수 있다. 예컨대, n 번째 단위 프리즘 구조와 n+1 번째 단위 프리즘이 연속 연결되는 경우, 수직 방향으로 연결되도록 구현할 수 있다. 또한, 실시예에 따라, 연속 연결 상태의 프리즘 구조는 복수개의 개별 단위 프리즘 구조들을 연결하여 구현할 수 있으며, 하나의 단일한 프리즘 구조로도 구현할 수 있다.

[0082] 상기 광 분리부(840)는, 도 6의 광 분리부(630)와 같이, 프리즘 구조의 능동 매질에서 입사면과 출사면이 동일 지점에 형성되는 경우, 1/4파장 편광판(quarter wave plate), 1/2파장 편광기, 반반사 거울, Glan-Thompson 프

리즘, Glan 편광 프리즘, Nicol 프리즘, Rochon 프리즘, Wallston 프리즘, Senarment 프리즘 등, 또는 이들의 조합을 통해 상기 능동 매질(610, 620)로 입출사되는 광의 편광을 구분하여 상기 능동 매질(610, 620)에서 입사 또는 출사되는 광을 분리할 수 있다.

[0083] 또한, 앞서 언급한 바와 같이 본 발명에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기를 구현함에 있어서, 상술한 직각 이등변삼각형 프리즘 구조뿐만 아니라, 능동 매질 내부에서 충분한 광 진행 경로를 확보할 수 있는 한, 일반 삼각형, 직각삼각형. 다각형, 반원형, 삼각형의 꼭지점을 곡선 처리한 삼각형, 다각형에서 꼭지점들을 곡선 처리한 다각형 등, 다양한 형태의 프리즘 구조들이 사용될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 광 증폭기를 구현하기 위해서는, 2차원적 광 경로를 지니는 일반 프리즘 구조뿐만 아니라, 프리즘 내부에서 충분한 광 진행 경로를 확보할 수 있는 한, coner cube 등 3차원적 광 경로를 지니는 프리즘 구조 등 다양한 프리즘 구조가 사용될 수 있다. 또한, 레이저 광의 직경에 따른 입사면부, 출사면부, 입출사면부의 길이, 구조 등과, 프리즘 구조의 두께 등을 상황에 따라 변형하여 사용할 수 있다.

[0084] 또한, 본 발명에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기는, 능동 매질 내부에서 발생하는 열적 왜곡 현상을 보상하기 위해 측면 곡선 가공 처리가 수행된 프리즘 구조를 이용할 수 있다. 즉, 프리즘 구조의 측면을 원형, 타원형, 포물선 등의 형태로 곡선 가공 처리하여 이용할 수 있다.

[0085] 또한, 본 발명에 사용되는 프리즘 구조의 능동 매질은, 반전 분포를 하는 매질처럼 상기 능동 매질로 입사되는 광에 대하여 이득을 나타내는 매질로서 고체, 액체 또는 기체 물질을 포함할 수 있다. 즉, 본 발명은 다양한 고체 물질뿐만 아니라, 액체 물질 또는 기체 물질 등을 이용하여 구현할 수 있다. 예컨대, Nd:YAG, Nd:Glass, Ti:Sapphire, Ruby 등 다양한 고체 물질, GaAs계열, GaN계열 등 다양한 계열의 반도체 등으로 용이하게 제작할 수 있다. 그 이유는, 상기 고체 물질이나 및 반도체는 매질의 굴절률을 알 수 있어 매질 내에서 전반사가 일어나는 각도를 계산함으로써 다양한 프리즘 구조의 광 증폭기를 설계할 수 있도록 하기 때문이다. 또한, 일 실시예에 있어서, 입사되는 광에 대하여 이득을 나타내는 다양한 액체 물질 또는 기체 물질을 프리즘 구조의 용기에 충전하는 경우, 상기 용기의 굴절률 내지 상기 용기와 충전 물질 간의 굴절률 차를 이용하여 전반사가 발생하도록 설계할 수 있다. 또한, 거울을 이용하여 같은 구조를 만들 수도 있다. 따라서, 다양한 액체 물질나 기체 물질을 이용하는 광 증폭기를 용이하게 제작할 수 있다.

[0086] 도 9에는 본 발명의 일 실시예에 따른 프리즘을 이용한 광 증폭 시스템이 블록도로 도시되어 있다.

[0087] 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 광 증폭 시스템은, 광 증폭기(900), 매질 여기부(910) 및 냉각부(920)를 포함하며, 렌즈부(930, 932) 및 광 분리부(940)를 더 포함할 수 있다.

[0088] 상기 광 증폭기(900)는, 상술한 바와 같이 여기된 프리즘 구조의 능동 매질을 이용하여 입사된 광을 증폭시킨다.

[0089] 상기 매질 여기부(910)는, 상기 광 증폭기(900)의 능동 매질을 여기(excite)시켜 입사된 광이 상기 프리즘 구조의 능동 매질 내부에서 순환하는 동안 증폭되도록 한다. 이 경우, 상기 매질 여기부(910)는, 상기 광 증폭기(900)의 능동 매질을 여기시키기 위해 램프 광, 레이저 광, 반도체 레이저 광이나, 전류 또는 방전을 이용할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 상기 매질 여기부(910)는, 상기 광 증폭기(900)의 능동 매질을 여기시키기 위한 펌프광을 제공하는 다이오드 레이저(diode laser)를 포함할 수 있다. 예컨대, 다이오드 레이저를 1 또는 2 이상 포함하여 다이오드 레이저 광을 사용하거나, 또는 다이오드 레이저 어레이를 1 또는 2 이상 이용할 수 있다. 또한, 상기 매질 여기부(910)는, 광에 의해 상기 광 증폭기(900)의 능동 매질을 여기시키는 경우, 광섬유를 통한 광섬유 전송 방식을 이용할 수 있다.

[0090] 상기 냉각부(920)는, 상기 광 증폭기(900)의 능동 매질 내부에서의 광 순환 경로 면과 평행한 상기 능동 매질의 상부면 또는 하부면 또는 상하부 양면에서 상기 능동 매질을 냉각시킨다.

[0091] 상기 렌즈부(930, 932)는, 1 또는 2 이상의 광학 렌즈를 이용하여 상기 광 증폭기(900)로 입사되는 광, 또는 상기 광 증폭기(900)에서 출사되는 광, 또는 상기 입·출사되는 광 양자 모두의 발산각을 감소시킨다. 즉, 상기 렌즈부(930, 932)는, 제1 렌즈부(930) 및 제2 렌즈부(932)를 포함하여, 상기 제1 렌즈부(920)를 통해 상기 광 증폭기(900)로 입사되는 광의 발산각을 감소시키거나, 상기 제2 렌즈부(932)를 통해 상기 광 증폭기(900)에서 출사되는 광의 발산각을 감소시키거나, 또는 상기 제1 렌즈부(930) 및 상기 제2 렌즈부(932)를 통해 상기 입·출사되는 광 양자 모두의 발산각을 감소킬 수 있다.

[0092] 상기 광 증폭 시스템은, 본 발명의 실시예들에 따른 광 증폭기들 중 입사면과 출사면이 동일 지점에 형성되는 광 증폭기를 사용하는 경우, 상기 광 증폭기(900)로 입사되는 광 또는 상기 광 증폭기(900)에서 출사되는 광의

편광을 구분하여 상기 입사 또는 출사되는 광을 분리해내는 광 분리부(940)를 더 포함할 수 있다. 이 경우 상기 광 분리부(940)는, 1/4파장 편광판(quarter wave plate), 1/2파장 편광기, 반반사 거울, Glan-Thompson 프리즘, Glan 편광 프리즘, Nicol 프리즘, Rochon 프리즘, Wallston 프리즘, Senarment 프리즘 등을 이용할 수 있다.

[0093] 도 10a 및 도 10b에는 본 발명의 일 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템의 구현 예가 도시되어 있다.

[0094] 도 10a에는 상기 광 증폭 시스템이 정면도로 도시되어 있으며, 도 10b에는 상기 광 증폭 시스템이 사시도로 도시되어 있다. 도 10a 및 도 10b에 도시된 바와 같이, 상기 광 증폭 시스템은, 프리즘 구조의 능동 매질(900), 상기 능동 매질(900)을 여기시키는 매질 여기부(910), 및 상기 능동 매질(900)을 냉각시키는 냉각부(920)를 포함할 수 있다.

[0095] 상기 프리즘 구조의 능동 매질(910)에 관해서는 상술한 설명들을 참조한다.

[0096] 상기 매질 여기부(910)는, 상기 능동 매질(900)을 여기시키기 위한 펌프광을 제공하는 다이오드 레이저(diode laser)를 포함할 수 있다. 예컨대, 다이오드 레이저를 1 또는 2 이상 포함하여 다이오드 레이저 광을 사용하거나, 또는 다이오드 레이저 어레이를 1 또는 2 이상 이용할 수 있다.

[0097] 상기 냉각부(920)는, 상기 능동 매질(900) 내부에서의 광 순환 경로 면과 평행한 상기 능동 매질(900)의 상부면 또는 하부면 또는 상하부 양면에서 상기 레이저 매질을 냉각시킬 수 있다. 본 발명에 따르면, 상기 능동 매질(910)을 얇은 평면 형태로 제작할 수 있으며, 상기 냉각부(920)는 상기 얇은 평면의 상하부에서 넓은 면적에 걸쳐 냉각을 수행할 수 있으므로 냉각 효율을 개선한다. 이때, 상기 매질 여기부(910)는, 상기 능동 매질(900)의 측면에서 상기 능동 매질(900)을 여기시킬 수 있다. 일 실시예에 있어서, 상기 냉각부(920)는, 펠티어 쿨러(peltier cooler) 또는 수랭식 쿨러(water cooler)를 사용하여 상기 능동 매질(900)을 냉각시킬 수 있다. 예컨대, 상기 능동 매질(900)의 상하부 면에 금속판을 붙인 후, 금속판을 물로 냉각시키거나 혹은 펠티어 쿨러를 함께 사용하여 냉각시킬 수 있다.

[0098] 도 9a 및 도 9b에서, 상기 매질 여기부(910)는 상기 능동 매질(900)의 측면에서 상기 능동 매질(900)을 여기시키고 있으나, 실시예에 따라 상부 또는 하부, 또는 상하부, 또는 상, 하부 및 측면의 조합으로 여기시킬 수 있다. 일 실시예에 있어서, 상기 매질 여기부(910)가 상기 레이저 매질(910)의 상부 또는 하부에서 여기시키는 경우, 상기 냉각부(930, 932)는 펌프광이 통과할 수 있는 홀(hole)을 구비하고, 상기 매질 여기부(910)는, 상기 홀을 통해 상기 펌프광을 방출하여 상기 능동 매질(900)을 여기시킬 수 있다. 또한, 일 실시예에 있어서, 상기 능동 매질(900)의 입·출사면부로 펌프광을 입사시켜 상기 능동 매질(900)을 여기시킬 수 있다. 이때, 상기 광 증폭 시스템은, 다중 코팅된 거울을 이용하거나, Glan 프리즘 등 광의 편광을 이용하여 상기 능동 매질(900)을 통해 증폭된 광과 상기 펌프광을 분리할 수 있다.

[0099] 앞서 언급한 바와 같이, 기존 기술의 경우 열적 문제로 인한 공간 왜곡이 발생하여 광축이 달라지게 되는 문제점이 있다. 즉, 다수의 반사 거울의 정열 상태와 광 진행 경로 간에 차이가 발생함으로써 설계 및 제작은 물론, 그 유지 및 보수가 어려운 문제점이 있다.

[0100] 그러나, 본 발명의 경우, 프리즘 구조의 능동 매질 내부에서 광이 순환하며 증폭되기 때문에 광 경로가 그대로 유지되고, 다수의 거울을 정열하여 배치할 필요가 없어 열적 왜곡으로 인한 문제를 최소화시킬 수 있는 이점을 제공한다.

[0101] 상술한 바와 같이, 본 발명은, 프리즘 구조의 능동 매질로 입사된 광을 전반사를 이용하여 진행시킴으로써, 반사 거울 등을 포함하지 않는 단순한 구조의 광 증폭기 구현을 가능하게 하고 열적 왜곡을 방지하는 이점을 제공한다. 또한, 상기 입사된 광이 상기 프리즘 구조의 능동 매질 영역을 전체적으로 순환하도록 하여 충분히 긴 광 경로를 확보함으로써, 고출력 광 증폭을 가능하게 하고 공간 및 자원 효율성을 개선하는 이점을 제공한다. 나아가, 얇은 평면 형태로 광 증폭기를 구현할 수 있도록 함으로써, 능동 매질의 상하 양면에서 효율적 냉각 내지 온도 조절을 가능하게 하는 이점을 제공한다.

[0102] 지금까지 본 발명에 대해 실시예들을 참고하여 설명하였다. 그러나 당업자라면 본 발명의 본질적인 기술적 사상으로부터 벗어나지 않는 범위에서 본 발명이 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 상술한 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 즉, 본 발명의 진정한 기술적 범위는 첨부된 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 균등범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함되는 것

으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0103] 도 1은 광 증폭기를 사용하는 광 통신 시스템을 나타낸 블록도.

[0104] 도 2는 기존의 Ti:Sapphire 증폭기를 나타낸 도면.

[0105] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기를 나타낸 도면.

[0106] 도 4a 및 도 4b는 도 3의 능동 매질 내에서의 광 진행 경로를 나타낸 도면.

[0107] 도 5는 본 발명의 제2 실시예 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기를 나타낸 도면.

[0108] 도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기가 도시되어 있다.

[0109] 도 7은 도 6의 레이저 매질 내에서의 광 진행 경로를 나타낸 도면.

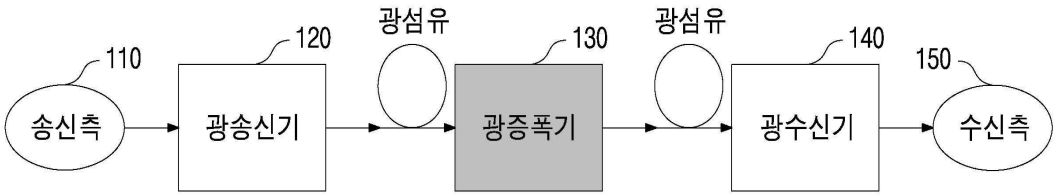
[0110] 도 8은 본 발명의 제4 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭기를 나타낸 도면.

[0111] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 프리즘을 이용한 광 증폭 시스템을 나타낸 블록도.

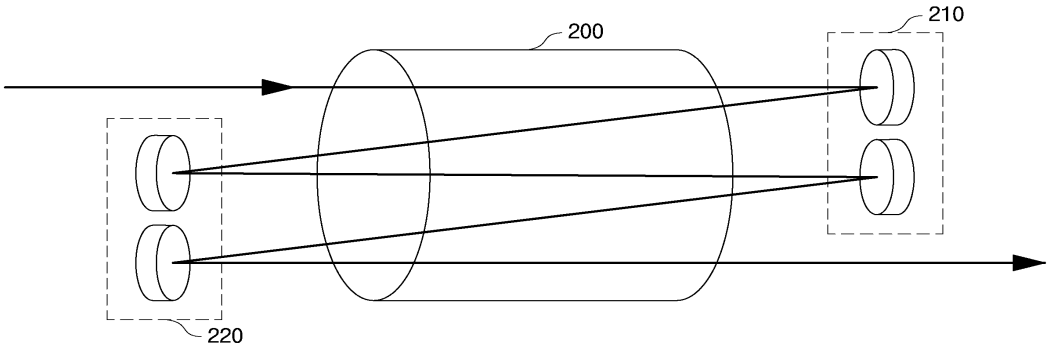
[0112] 도 10a 및 도 10b는 본 발명의 일 실시예에 따른 프리즘 구조를 이용한 광 증폭 시스템의 구현 예를 나타낸 도면.

도면

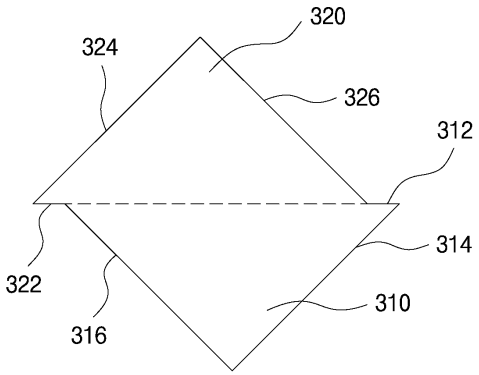
도면1



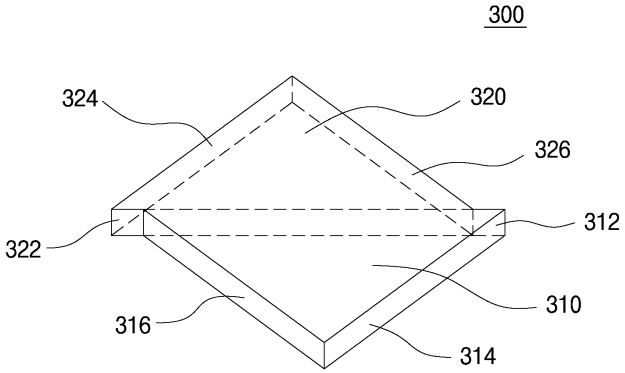
도면2



도면3

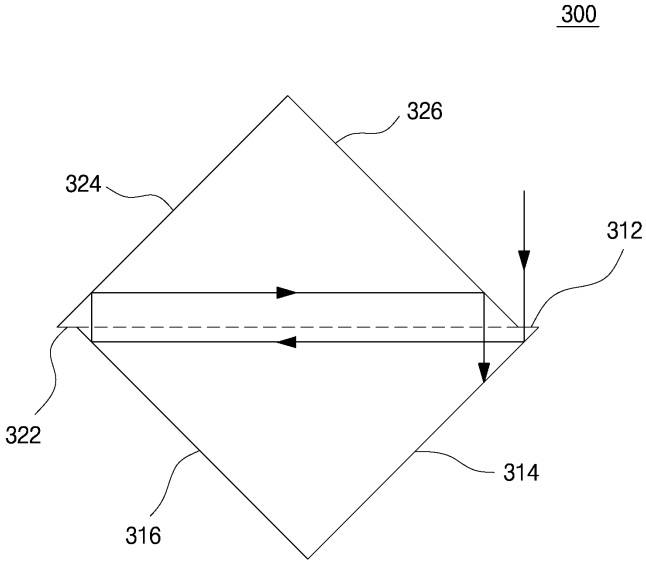

320
324
326
312
314
322
310
316

(a)

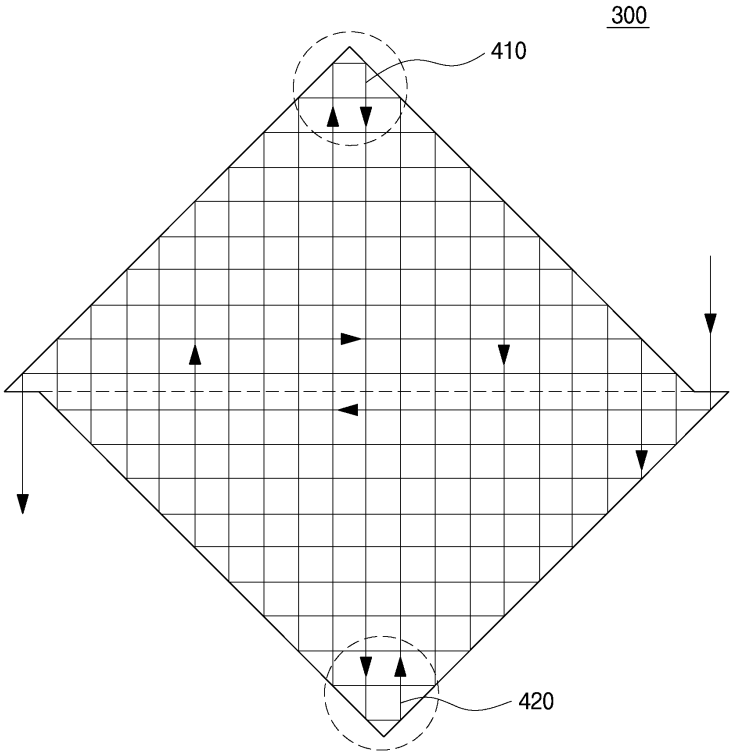

300
324
320
326
312
322
310
316
314

(b)

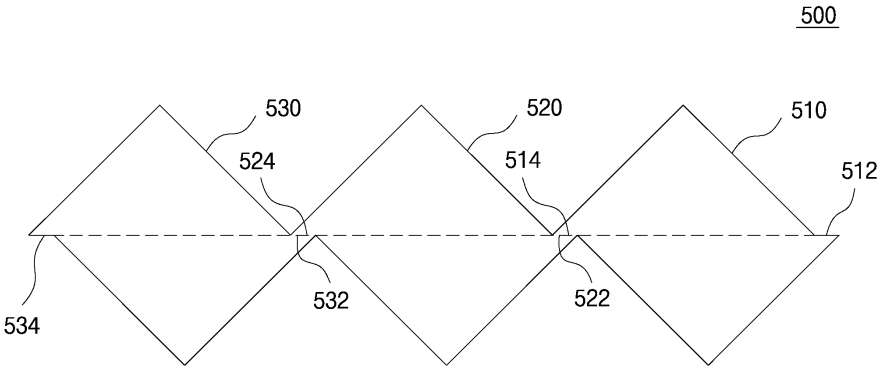
도면4a


300
326
324
312
322
314
316

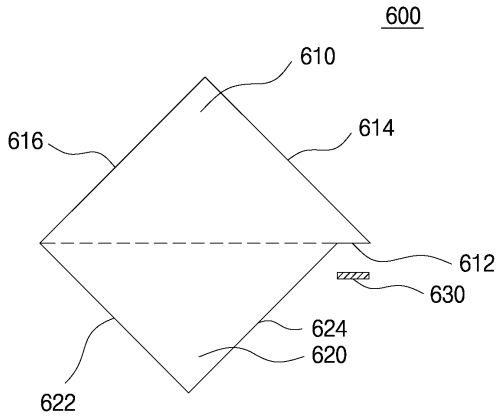
도면4b



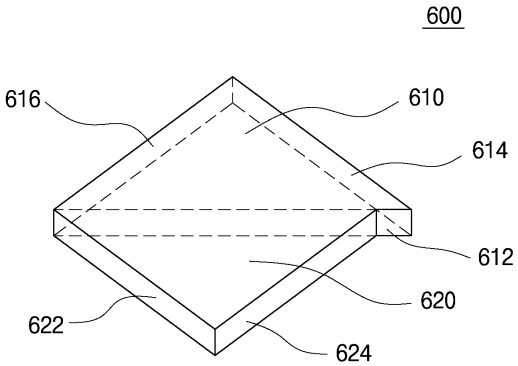
도면5



도면6

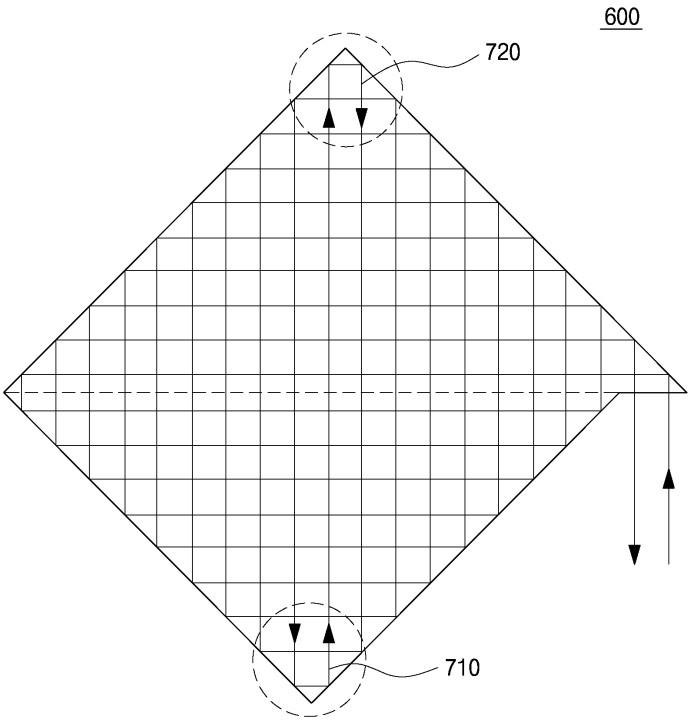

600
610
614
616
612
630
624
620
622

(a)

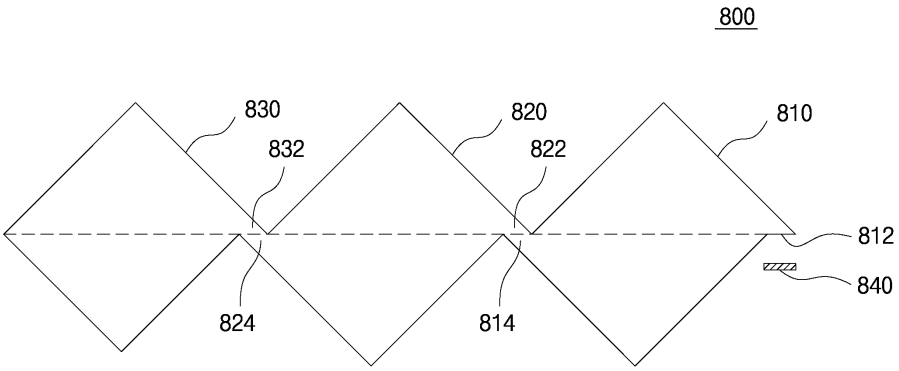

600
616
610
614
612
620
622
624

(b)

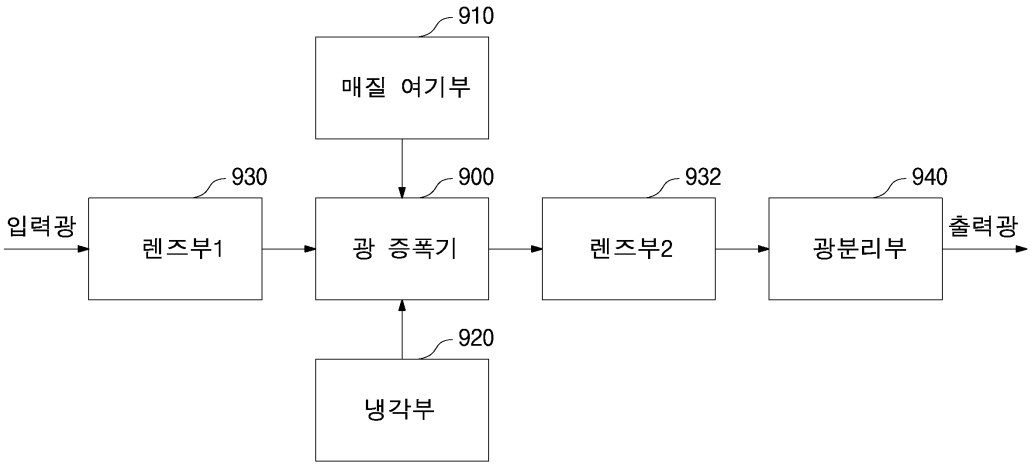
도면7



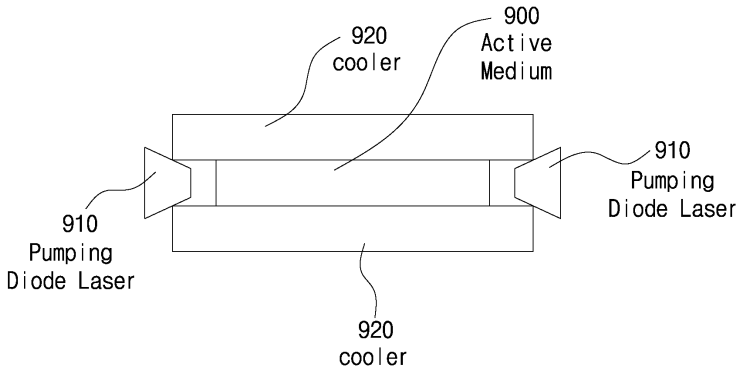
도면8



도면9



도면10a



도면10b

