



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월01일

(11) 등록번호 10-2416499

(24) 등록일자 2022년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01S 5/40 (2006.01) H01S 3/08 (2006.01)
 H01S 3/081 (2006.01) H01S 5/00 (2019.01)
 H01S 5/125 (2015.01)

(52) CPC특허분류
 H01S 5/4012 (2013.01)
 H01S 3/08059 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-7000724

(22) 출원일자(국제) 2018년06월13일

심사청구일자 2020년08월04일

(85) 번역문제출일자 2020년01월09일

(65) 공개번호 10-2020-0014918

(43) 공개일자 2020년02월11일

(86) 국제출원번호 PCT/US2018/037178

(87) 국제공개번호 WO 2018/231884

국제공개일자 2018년12월20일

(30) 우선권주장

62/519,113 2017년06월13일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US06028722 A*

US20100110556 A1*

US20160336714 A1*

WO2017011706 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

누부루 인크.

미국 콜로라도 (우편번호: 80112) 센테니얼 에스
티이 130 에스. 투슨 웨이 7442

(72) 발명자

제디커, 마크

미국 콜로라도 80104, 캐슬 록, 비아 로스 피논
1896

스테지맨, 로버트

미국 콜로라도 80202, 덴버, 유닛 3805, 891 14
스트리트

(74) 대리인

김해중

전체 청구항 수 : 총 50 항

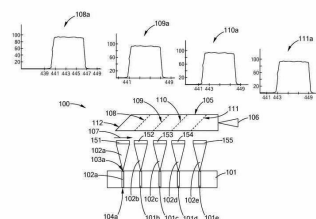
심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 매우 조밀한 파장 빔 조합 레이저 시스템

(57) 요약

스펙트럼 빔을 조사하기 위한 장치, 시스템 및 방법은 외부 공동 배열에 다이오드 레이저 그룹을 조합한다. 이 색성 빔 조합기 또는 볼륨 브래그 격자 빔 조합기는 외부 공동에 배치되어 각각의 다이오드 레이저 또는 다이오드 레이저 그룹이 빔 조합기의 통과 대역에 의해 결정된 파장에서 진동하게 한다. 실시예에서, 라만 레이저 또는 라만 증폭기를 펌핑하는 것을 포함한 많은 용례를 갖는 고휘도 레이저 소스를 생성하기 위해 충분히 좁은 대역폭에서 작동하는 다수의 레이저 다이오드의 조합을 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01S 3/0815 (2013.01)

H01S 5/0064 (2021.01)

H01S 5/0078 (2021.01)

H01S 5/125 (2013.01)

H01S 5/405 (2013.01)

H01S 5/4062 (2013.01)

H01S 5/4068 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

고출력, 고휘도 레이저 시스템으로서,

- a. 0.25 W 이상의 출력을 각각 가지며, 레이저 빔 경로를 따라서 레이저 빔을 제공하도록 각각 구성되는 복수의 레이저 다이오드;
- b. 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되는 공통 외부 공동;
- c. 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행 빔을 생성하기 위해 레이저 빔 경로에 있는 시준 광학기기; 및
- d. 각각의 레이저 다이오드의 파장을 결정하고 동일 선상에 있고 공간에서 중첩되도록 복수의 레이저 다이오드로부터 각각의 레이저 빔 경로를 정렬하여 복합 출력 레이저 빔을 제공하는, 공통 외부 공동 및 레이저 빔 경로에 있는 빔 조합 광학기기를 포함하며;
- e. 복합 출력 레이저 빔의 공간 휘도는 복수의 레이저 다이오드의 임의의 단일 레이저 다이오드의 휘도의 n 배이며, 공간 휘도는 조리개-발산 곱(aperture-divergence product)으로 나눈 조합 전력으로 정의되고,

복수의 레이저 다이오드는 N 개의 다이오드로 구성되며; N 개의 다이오드 각각은 레이징 스펙트럼의 제 1 피크를 정의하며; 빔 조합 광학기기는 $N-1$ 볼륨 브래그 격자 필터로 구성된 복수의 볼륨 브래그 격자로 구성되며; 복수의 볼륨 브래그 격자의 각각의 볼륨 브래그 격자를 통한 최대 투과 지점이 복수의 레이저 다이오드에서 $N-1$ 레이저 다이오드의 $N-1$, $N-2$ 내지 $N-(N-1)$ 1st 피크와 일치하도록 볼륨 브래그 격자 및 $N-1$ 의 레이저 다이오드가 광학적 연관성으로 구성되며; N 은 n 과 같은,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

$N-1$ 은 n 과 같은,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

레이저 다이오드(N')는 볼륨 브래그 격자와 광학적으로 연관되지 않으며 시스템은 레이저 다이오드(N')의 최대 빔 편향을 제공하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자의 TE-모드에서 작동하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자의 TE-모드에서 작동하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자의 TM-모드에서 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 22

제 16 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자의 TM-모드에서 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 23

제 17 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자의 TE-모드에서 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 24

제 18 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자의 TE-모드에서 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 25

제 16 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자의 TM-모드에서 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 26

제 16 항에 있어서,

방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 27

제 16 항에 있어서,

400 내지 500nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 28

제 16 항에 있어서,

500 내지 600nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 29

제 16 항에 있어서,

720 내지 800nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는, 고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

제 16 항에 있어서,

400 내지 500nm 범위에서 10 와트 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는,
고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 37

제 16 항에 있어서,

500 내지 600nm 범위에서 10 와트 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는,
고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 38

제 36 항 또는 제 37 항에 있어서,

레이저 빔 전력은 0.5 W 이상인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 39

제 36 항 또는 제 37 항에 있어서,

레이저 빔 전력은 1 W 이상인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 40

고출력, 고휘도 레이저 시스템으로서,

- a. 복수의 N 레이저 다이오드로서, 복수의 레이저 다이오드 각각은 레이저 빔 전력에서 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 구성되며, 레이저 빔 경로는 출력 전파 방향을 포함하는, 복수의 N 레이저 다이오드;
- b. 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되는 공통 외부 공동;
- c. 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행한 빔을 생성하기 위해 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있는 시

준 광학기기; 및

d. 공통 외부 공동 및 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있는 빔 조합 광학기기를 포함하며;

e. 빔 조합 광학기기는 N-1 광학 요소를 포함하며;

f. 광학 요소는 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소로 구성되며, 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소는 레이저 빔 경로를 따라 서로 뒤따르며, 광학 코팅으로부터의 출력 광 방향은 볼륨 브래그 격자로부터의 출력 광 방향에 대해 최대 90° 이며, 그에 의해 회도를 정의하는 조합된 출력 레이저 빔을 제공하며;

g. 볼륨 브래그 격자와 광학 코팅에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 회도는 개별 레이저 다이오드 빔의 회도보다 n 배 더 밝으며, $n = N$ 또는 $n = N-1$ 이며, N은 개별 레이저 다이오드 빔의 수, C는 광학 코팅의 수, N/C는 볼륨 브래그 격자에 의해 조합된 개별 레이저 다이오드 빔의 수인;

고출력, 고회도 레이저 시스템.

청구항 41

제 40 항에 있어서,

볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적인,

고출력, 고회도 레이저 시스템.

청구항 42

제 41 항에 있어서,

임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $M = \Delta \lambda_M$ 이고 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭이 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 되는,

고출력, 고회도 레이저 시스템.

청구항 43

제 41 항에 있어서,

임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 되는,

고출력, 고회도 레이저 시스템.

청구항 44

제 41 항에 있어서,

임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 되는,

고출력, 고회도 레이저 시스템.

청구항 45

제 40 항에 있어서,

레이저 다이오드 저속 측에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를

이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 46

제 41 항에 있어서,

레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 47

제 42 항에 있어서,

레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 48

제 43 항에 있어서,

레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 49

제 40 항에 있어서,

레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 50

고출력, 고휘도 레이저 시스템으로서,

- a. 복수의 N 레이저 다이오드로서, 복수의 레이저 다이오드 각각은 레이저 빔 전력에서 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 구성되며, 레이저 빔 경로는 출력 전파 방향을 포함하는, 복수의 N 레이저 다이오드;
- b. 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되는 공통 외부 공동;
- c. 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행한 빔을 생성하기 위해 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있는 시준 광학기기; 및
- d. 공통 외부 공동 및 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있는 빔 조합 광학기기를 포함하며;
- e. 빔 조합 광학기기는 N-1 광학 요소를 포함하며;
- f. 광학 요소는 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소로 구성되며, 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소는 레이저 빔 경로를 따라 서로 뒤따르며, 볼륨 브래그 격자로부터의 출력 광 방향은 광학 코팅 요소로부터의 출력 광 방향에 대해 최대 90° 이며, 그에 의해 휘도를 정의하는 조합된 출력 레이저 빔을 제공하며;

g. 볼륨 브래그 격자와 광학 코팅에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 n 배 더 밝으며, $n = N$ 또는 $n = N-1$ 이며, N 은 개별 레이저 다이오드 빔의 수, B 는 볼륨 브래그 격자의 수, N/B 는 광학 코팅에 의해 그룹으로 조합된 개별 레이저 다이오드 빔의 수인;

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 51

제 50 항에 있어서,

볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 52

제 51 항에 있어서,

임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $M = \Delta \lambda_M$ 이고 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭이 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 되는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 53

제 51 항에 있어서,

임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 되는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 54

제 51 항에 있어서,

임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 되는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 55

제 51 항에 있어서,

레이저 다이오드 고속 측에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 측에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 56

제 51 항에 있어서,

레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 57

제 51 항에 있어서,

레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 58

제 51 항에 있어서,

레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 59

제 51 항에 있어서,

레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 60

제 51 항에 있어서,

레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 61

고출력, 고휘도 레이저 시스템으로서,

- a. 복수의 N 레이저 다이오드로서, 복수의 레이저 다이오드 각각은 레이저 빔 전력에서 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 구성되며; 레이저 빔 경로는 출력 전파 방향을 포함하는, 복수의 N 레이저 다이오드;
- b. 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되는 공통 외부 공동;
- c. 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행 빔을 생성하기 위해 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있는 시준 광학기기; 및
- d. 공통 외부 공동 및 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있는 빔 조합 광학기기를 포함하며;
- e. 빔 조합 광학기기는 N-1 광학 요소를 포함하며;
- f. 광학 요소는:

i. 레이저 다이오드 빔의 파장을 결정하고 레이저 다이오드 빔 경로를 출력 경로로 지향시키는 제 1 수단; 및

ii. 레이저 다이오드 빔의 파장을 결정하고 레이저 다이오드 빔 경로를 출력 경로로 지향시키는 제 2 수단을 포함하며;

iii. 제 1 수단에 대한 출력 경로는 제 2 수단에 대한 출력 경로에 대해 90° 이며, 그에 의해 휘도를 정의하는 조합된 출력 레이저 빔을 제공하며;

g. 제 1 수단 및 제 2 수단에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 n 배 더 밝으며; $n = N$ 또는 $n = N-1$ 이며, N 은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며, E' 는 제 1 또는 제 2 수단의 수이며, N/E' 는 제 1 수단 또는 제 2 수단에 의해 그룹으로 조합된 개별 레이저 다이오드 빔의 수인;

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 62

제 61 항에 있어서,

제 1 수단은 1차 볼륨 브래그 격자인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 63

제 61 항에 있어서,

제 2 수단은 2차 볼륨 브래그 격자인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 64

제 62 항에 있어서,

제 2 수단은 2차 볼륨 브래그 격자인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 65

제 61 항에 있어서,

제 1 수단은 1차 코팅인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 66

제 61 항에 있어서,

제 2 수단은 2차 코팅인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 67

제 65 항에 있어서,

제 2 수단은 2차 코팅인,

고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 68

제 61 항에 있어서,
400 내지 500 nm 범위에서 작동하는,
고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 69

제 61 항에 있어서,
500 내지 600 nm 범위에서 작동하는,
고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 70

제 61 항에 있어서,
720 내지 800 nm 범위에서 작동하는,
고출력, 고휘도 레이저 시스템.

청구항 71

제 61 항에 있어서,
800 내지 900 nm 범위에서 작동하는,
고출력, 고휘도 레이저 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 35 U.S.C. § 119(e)(1) 하에서, 2017년 6월 13일자로 출원된 미국 가출원 일련번호 62/519,113호의 출원일의 이득을 주장하며, 그 전문은 원용에 의해 본 출원에 포함된다.

[0002] 본 발명은 용접, 절단, 표면 처리, 표면 클래딩(surface treating), 3-D 프린팅, 및 다른 레이저 시스템의 펌프 소스(pump source)와 같은 레이저 작업을 수행하는데 유용한 특징을 갖는 레이저 빔을 제공하기 위해 레이저 빔을 조합하기 위한 시스템, 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] IR에서 재료의 높은 반사율로 인해 오늘날의 IR 레이저로 처리될 수 없는 재료를 처리하기 위한 강력한 필요성이 존재한다. 청색 레이저 광은 IR에서 반사성이 높은 재료에 의해 강력하게 흡수될 수 있지만, 이들은 상업적인 레이저 작동에 대한 일반적인 적용성 또는 유용성은 발견되지 않았다. 현재 이용 가능한 청색 레이저 빔 및 시스템은 전력, 휘도 등과 같은 IR 레이저 빔과 동일한 품질의 청색 레이저 빔을 제공할 수 없다. 본 발명 이전에, 청색 레이저 빔 시스템은 예를 들어, IR에서 높은 반사성인 구리와 같은 두꺼운 재료를 상업적으로 용접할 수 없는 것으로 여겨진다. 따라서, 양수인인 Nuburu Inc.의 최근 발전을 제외하면, 충분한 휘도의 가시광선 파장 레이저를 구축한 것은 수년간 업계의 노력을 헛되어 했으며, 이중 결정(doubling crystal)의 한계로 인해 상업적으로 거의 성공하지 못한 채 주파수 배가법(frequency doubling)이 시도되었다. 청색 레이저 다이오드 자체는 일반적으로, IR에서 높은 반사성 재료에서의 작업을 위한, 전부는 아니지만 대부분의 넓은 범위의 상업용 레이저 적용을 수행하는데 여전히 너무 낮은 전력이다. 이들 청색 다이오드용 전력 레벨은 전형적으로 매우 낮으며, 이들 다이오드용 "고 전력"은 일반적으로 약 6 와트(W)를 지칭한다. 또한, 종래의 빔 조합 방법(공간, 편광 및 이산 파장)은 산업의 요구를 만족시키는데 충분한 휘도를 갖는 청색 레이저를 구축하는데 불충분하다. 공간 조합은 레이저 다이오드 소스를 시준하는데 사용되는 마이크로-광학의 물리적 크기에 의해 휘도가 제한된다. 편광 조합(비-간섭성)은 휘도를 2 배 정도만 증가시킬 수 있다. 파장 조합은 현재, 레이저 다이오드의 파장을 제어하기 위해 볼륨 브래그 격자(volume Bragg grating; VBG)와 같은 파장 선택 요소를 일련의 이색성 필터 이후에 결합하여 넓은 대역폭을 가진 단일 공간 빔으로 빔을 조합함으로써 수행된다. 이러한 접근법은

시스템에 비용을 추가할 뿐만 아니라 시스템 크기를 증가시키는 개별 VBG의 사용을 요구한다. 고 휘도 소스를 구축할 수 있는 간접성 조합은 일반적으로, 상용 시스템에서 구현하는데 복잡하고 너무 고가이다.

[0004] "레이저 처리", "재료의 레이저 처리" 및 그와 유사한 용어는 달리 명시적으로 제공되지 않는 한, 가능한 한 가장 넓은 의미가 주어져야 하며, 용접, 납땜, 용해, 접합, 어닐링, 연화, 점착성 부여(tackifying), 재가공(resurfacing), 피닝(peening), 열처리, 융합, 밀봉 및 적층을 포함할 수 있다.

[0005] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, "UV", "자외선", "UV 스펙트럼", "스펙트럼의 UV 부분" 및 유사한 용어는 그들의 가장 넓은 의미가 주어져야 하며, 약 10 nm 내지 약 400 nm(나노미터), 및 10 nm 내지 400 nm 파장의 광을 포함할 것이다.

[0006] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, "가시", "가시 스펙트럼", "스펙트럼의 가시 부분" 및 유사한 용어는 그들의 가장 넓은 의미가 주어져야 하고, 약 380 nm 내지 약 750 nm, 및 400 nm 내지 700 nm 파장의 광을 포함할 것이다.

[0007] 본 명세서에 사용된 바와 같이, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 용어 "청색 레이저 빔", "청색 레이저" 및 "청색"은 가장 넓은 의미가 주어져야 하며, 약 400 nm 내지 약 500 nm 및 400 nm 내지 500 nm 파장을 갖는 레이저 빔 또는 광을 제공하는, 예를 들어 전파하는 레이저 빔, 레이저 빔들, 레이저 소스, 예를 들어, 레이저 및 다이오드 레이저를 제공하는 시스템을 일반적으로 지칭한다.

[0008] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 용어 "녹색 레이저 빔(green laser beam)", "녹색 레이저" 및 "녹색"은 가장 넓은 의미가 주어져야 하며, 약 500 nm 내지 약 575 nm 및 500 nm 내지 575 nm 파장을 갖는 레이저 빔 또는 광을 제공하는 예를 들어, 전파하는 레이저 빔, 레이저 빔들, 레이저 소스, 예를 들어 레이저 및 다이오드 레이저를 제공하는 시스템을 일반적으로 지칭한다.

[0009] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 용어 "적색 레이저 빔", "적색 레이저" 및 "적색"은 가장 넓은 의미가 주어져야 하며, 약 600 nm 내지 약 750 nm 및 600 nm 내지 750 nm 파장을 갖는 레이저 빔 또는 광을 제공하는, 예를 들어 전파하는 레이저 빔, 레이저 빔들, 레이저 소스, 예를 들어, 레이저 및 다이오드 레이저를 제공하는 시스템을 일반적으로 지칭한다.

[0010] 일반적으로, 본 명세서에 사용된 용어 "약"은 달리 언급되지 않는 한, $\pm 10\%$ 의 편차 또는 범위, 언급된 값을 얻는 것과 관련된 실험 오차 또는 기기 오차, 및 바람직하게 이들 중 더 큰 것을 포함하는 의미이다.

[0011] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 용어 "IR", "적외선", "IR 파장" 및 "IR 스펙트럼"은 그들의 가장 넓은 의미가 주어져야 하며, 700 nm 초과 및 약 750 nm 보다 큰 파장을 갖는 레이저 빔 또는 광을 제공하는, 예를 들어 전파하는 레이저 빔, 레이저 빔들, 레이저 소스, 예를 들어 레이저 및 다이오드 레이저를 제공하는 시스템을 일반적으로 지칭한다.

[0012] 관련 기술

[0013] 레이저 공동(laser cavity)에서 레이저 빔의 스펙트럼 빔 조합은 1993년부터 공지되었다(Papen 등의, "Multiple-wavelength operation of a laser-diode array coupled to an external cavity, Optics Letters 18, 1441 (1993)). 그러나, 외부 공동에 위치한 콤 필터 요소(comb filter element)와 고효율 청색 레이저 다이오드의 스펙트럼 빔 조합은 본 발명 이전에 설명되거나 개시되지 않은 것으로 여겨진다.

[0014] 테라다이오드(TeraDiode) 방법은 당업계의 과제를 예시한다. 이러한 방법은 Hamilton 등 및 Sanchez 등의 작업을 기반으로 하고, n-레이저 다이오드의 출력을 조합하기 위해 외부 공동 배열 및 격자를 사용한다. 그러나 테라다이오드 방법은 레이저 다이오드의 면에 콤 필터를 생성하는데 사용되는 격자의 낮은 분산으로 인해 매우 긴($\sim 1\text{ m}$ 이상) 외부 공동을 요구한다.

[0015] 레이저 다이오드 어레이의 휘도를 개선하기 위해 레이저 다이오드의 스펙트럼 빔 조합에 대해 높은 전력 레벨에서 성공하지 못한 다른 개념은 각각의 개별 레이저 다이오드의 파장이 레이저 다이오드 자체의 내부에 있는 격자 구조를 통해 고정되는 방법이다. 빔 조합은 임의의 공통 레이저 공진기 공동 외부의 개별 레이저 다이오드 빔 각각과 공간적으로 중첩하는 수단을 제공한다. 공간 빔 조합 유전체 필터 어레이가 각각의 개별 레이저 다이오드의 출력 파장 특성과 일치해야 하기 때문에, 이러한 스펙트럼 빔 조합 방법은 복잡하다. 부가적으로, 레이저 다이오드 구조는 레이저 다이오드 제조 공정 동안 피드백 구조를 포함해야 할 필요성으로 인해 제조하는데 훨씬 더 복잡하다. 가시 레이저 다이오드에서 격자 구조를 제조하는 것은 아직 설명되지 않은 것으로

여겨진다.

[0016] 이러한 기술은 수많은 실패를 경험했다. 중요한 것으로 그리고 다른 실패들 중에서도, 이러한 기술은 청색, 청록색, 녹색 레이저 빔과 적색 레이저 빔의 스펙트럼 빔 조합, 또는 청색, 청록색, 녹색 레이저 다이오드와 적색 레이저 다이오드의 스펙트럼 빔 조합을 교시하거나 개시하지 않았다. 부가적으로, 공동이 크고 열적-기계적 불안정성이 있다는 정도로 외부 공동을 본 기술 분야에서 교시하거나 개시하는 것으로 여겨진다. 다른 것들 중에서도, 본 기술 분야는 작고 안정적인 시스템, 특히 청색, 청록색, 녹색 및 적색 파장을 위한 그러한 시스템을 개시하지 않는 것으로 여겨진다.

[0017] 본 발명의 이러한 배경 부분은 본 발명의 실시예와 관련될 수 있는 본 기술분야의 다양한 양태를 소개하고자 하는 것이다. 따라서, 이러한 부분에서의 위의 논의는 본 발명을 더 잘 이해하기 위한 기본틀을 제공하며, 종래 기술의 인정으로 간주되어서는 안 된다.

발명의 내용

[0018] 본 발명의 실시예는 이들 오랜 문제점을 극복하여 IR에서 반사성이 높은 재료에 대한 상업용 레이저 작업을 수행하는데 고휘도와 충분한 전력을 갖는 고휘도 가시 파장 레이저 빔, 특히 적색, 녹색 및 청색 레이저 빔, 더 구체적으로 청색 레이저 빔을 제공한다. 본 발명의 실시예는 파장 빔 조합 시스템 및 방법을 크게 단순화함으로써 이들 뿐만 아니라 다른 것들을 달성한다.

[0019] 레이저 다이오드가 현재의 섬유 레이저와 경쟁하고 있지만, 다이오드 레이저 빔의 낮은 휘도는 오랫동안 문제가 되어 왔으며, 그들의 더 넓은 수용과 활용을 방해한다. 또한, 고휘도 레이저 빔을 제공할 수 있는 콤팩트 및 소형 레이저 시스템에 대한 오래되고 해결되지 않은 요구가 존재한다. 본 발명은 다른 것들 중에서도, 본 명세서에 교시되고 개시된 제조 물품, 장치 및 공정을 제공함으로써 이들 요구를 해결한다.

[0020] 따라서, 2 개 이상의 개별 고출력 레이저 다이오드; 둘 이상의 개별 고출력 레이저 다이오드에 의해 공유되는 공통 외부 공동; 각각의 고출력 레이저 다이오드로부터 평행 빔을 생성하기 위한 시준 광학기기; 및 각각의 레이저 다이오드의 파장을 결정하고 동일 선상에 있고 공간에서 중첩되도록 각각의 레이저 다이오드를 정렬하는 공통 외부 공동 내의 빔 조합 광학기기를 포함하는 고출력, 고휘도 레이저 시스템이 제공되며; 레이저 소스의 공간 휘도는 단일 레이저 다이오드의 휘도의 n 배이며, 휘도는 조리개-발산 곱(aperture-divergence product)으로 나눈 조합 전력으로 정의된다.

[0021] 또한, 다음 특징 중 하나 이상을 갖는 이들 고출력 레이저, 시스템 및 방법이 제공되며; 여기서 빔 조합 광학기기는 대역 통과 필터 및 출력 커플러 또는 미러용 스펙트럼의 저역 통과 또는 고역 통과 단부의 에지에서 사용되는 광학 필터 세트와 형성된 광학 공동으로 이루어지며; 400 내지 500 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 500 내지 600 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 720 내지 800 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 800 내지 900 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 900 내지 1200 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 1200 내지 1120 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 1400 내지 1500 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 1500 내지 2200 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 2200 내지 3000 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하며; 3000 내지 12000 nm 범위에서 1 W 초과 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.

[0022] 또한, 약 0.1 내지 약 10 mm-mrad, 약 0.5 mm-mrad 이상, 약 0.3 mm-mrad 이상, 약 1 mm-mrad 이상, 약 2 mm-mrad 이상, 약 3 mm-mrad 이상 및 이들 범위 내의 모든 값뿐만 아니라 더 크고 작은 값의 빔 매개변수 곱을 갖는 출력 레이저 빔을 갖거나 제공하는 이들 고출력 레이저, 시스템 및 방법이 제공된다.

[0023] 또한, 다음 특징 중 하나 이상을 갖는 이들 고출력 레이저, 시스템 및 방법이 제공되며: 여기서 빔 조합 광학기기는 볼륨 브래그 격자 필터의 세트이며 하나 이상의 볼륨 브래그 격자는 어레이 내의 이전 레이저 다이오드와 동일 선상에 있는 개별 레이저 다이오드 및 광학 공동을 완료하는 출력 커플러로부터 광학 스펙트럼의 일부분을 제지향시키며; 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 지향된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝고, 여기서 N 은 조합된 레이저 다이오드의 수이며; 일련의 N 볼륨 브래그 격자

에서, 볼륨 브래그 격자(N)를 통한 최대 투과 지점은 N-1, N-2, N-3, ... 1st 레이저 다이오드의 레이징 스펙트럼의 N-1, N-2, N-3, ... 1st 피크와 일치하며, 동시에 레이저 다이오드(N)의 최대 빔 편향을 제공한다.

[0024] 또한, 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 고풍력 레이저, 시스템 및 방법이 제공된다.

[0025] 여전히 또한, 하나 이상의 광학 코팅은 공통 출력 커플러에 대한 시준 후 레이저 다이오드 출력 광 전파 방향에 대해 최대 90°의 각도로 개별 레이저 다이오드로부터의 광학 스펙트럼의 일부분을 재지향시키며; 근거리 장 및 원거리 장에서 광 전파 방향은 광학 코팅(들)에 의해 재지향된 후 둘 이상의 개별 레이저 다이오드들 사이에서 이들을 동일하게 만드는 공동 내의 왕복 이동 경로에 의해 정의되며; 광학 코팅(들)에 의해 지향된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝고, 여기서 N은 조합된 레이저 다이오드의 수이며; 일련의 N 광학 코팅에서, 광학 코팅을 통한 최대 투과 지점은 N-1, N-2, N-3, ... 1st 레이저 다이오드의 레이징 스펙트럼의 N-1, N-2, N-3, ... 1st 피크와 일치하며, 동시에 레이저 다이오드(N)의 최대 빔 편향을 제공하는 것 중 하나를 포함하는 레이저 소스가 제공된다.

[0026] 또한, 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 광학 코팅(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 광학 코팅(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 광학 코팅(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 광학 코팅(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 광학 결합 또는 다른 저손실 방법에 의해 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 광학 코팅(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 광학 결합 또는 다른 저손실 방법에 의해 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 광학 코팅(들)의 TE-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 광학 결합 또는 다른 저손실 방법에 의해 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 광학 코팅(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징; 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 광학 결합 또는 다른 저손실 방법에 의해 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 광학 코팅(들)의 TM-모드에서 작동하는 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 이들 고효율 레이저, 시스템 및 방법이 제공된다.

[0027] 또한, 하나 이상의 볼륨 브래그 격자 다음에는 하나 이상의 광학기기가 계속되며; 광학 코팅(들)으로부터의 출력 광 방향은 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향 및 광학 공동을 완성하는 출력 커플러에 대해 90° 이고 각각의 레이저 다이오드 소스의 작동 파장을 정의하며; 볼륨 브래그 격자(들), 광학 코팅(들) 및 출력 커플러에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔보다 N 배 더 밝고, 여기서 N 은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이고, C 는 광학 코팅(들)의 수이고, N/C 는 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 그룹으로서 조합되는 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며; 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어, Δ

$\lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되고, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어, $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 되고, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅(X)으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이며, 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되고, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 되고; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 되는 것을 포함한 레이저 소스가 제공된다.

[0028]

또한, 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 및 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 여기서 각각의 소스의 파장과 각각의 레이저 빔의 동일 선형 진파를 정의하는 출력 커플러와 결합하는 특징 중 하나 이상을 갖는 이들 고출력 레이저, 시스템 및 방법이 제공된다.

[0029]

또한, 하나 이상의 광학기기 다음에는 하나 이상의 볼륨 브래그 격자가 계속되며; 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향은 출력 커플러에 의해 완료된 광학 공동으로 정의되는 바와 같이 광학 코팅(들)으로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이며; 볼륨 브래그 격자(들) 및 광학 코팅(들)에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드

빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝고, 여기서 N은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이고, B는 볼륨 브래그 격자(들)의 수이고, N/B는 광학 코팅(들)에 의해 그룹으로서 조합되는 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며; 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이며; 광학 코팅(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 되며, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅(X)으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 되며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 코팅(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 광학 코팅(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 되는 것을 포함한 레이저 소스가 제공된다.

[0030]

또한, 하나 이상의 볼륨 브래그 격자(들)의 다음에는 하나 이상의 볼륨 브래그 격자(들)가 계속되며; 후속 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향은 출력 커플러에 의해 완료된 광학 공동으로 정의되는 바와 같이 이전 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이며; 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝고, 여기서 N은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이고, B는 볼륨 브래그 격자(들)의 수이고, N/B는 1차 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 그룹으로서 조합되는 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며; 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이며; 2차 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 1차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고, 1차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 1차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 되며, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 2차 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 2차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 되며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 1차 볼륨 브래그 격자의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 2차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 1차 볼륨 브래그 격자의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 되는 것을 포함한 레이저 소스가 제공된다.

[0031]

또한, 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 1차 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 반사 볼륨 브래그 격자(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 반사

[illegible]

격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 및 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 1차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들) 및 2차 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드를 이용하며, 여기서 최종 요소가 출력 커플러로부터의 피드백으로부터 각각의 레이저 소스의 파장을 정의하기 위해 각각의 브래그 격자를 통한 광학 공동을 정의하는 출력 커플러 인 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 레이저 소스 또는 방법이 제공된다.

[0032]

또한, 제 30 항에 기재된 바와 같은 하나 이상의 광학 코팅(들) 다음에는 제 30 항에 기재된 바와 같은 하나 이상의 광학 코팅(들)이 계속되며; 후속 광학 코팅(들)로부터의 출력 광 방향은 광학 공동을 완료하고 각각의 레이저 다이오드 소스의 파장을 정의하기 위한 왕복 광학 경로를 제공하기 위해 이전 광학 코팅(들) 및 출력 커플러로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이며; 광학 코팅(들)에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 이제 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝고, 여기서 N은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이고, C는 2차 광학 코팅(들)의 수이고, N/C는 1차 광학 코팅(들)에 의해 그룹으로서 조합되는 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며; 1차 광학 코팅(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이며; 2차 광학 코팅(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 1차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고, 1차 광학 코팅의 광학 대역폭은 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 1차 광학 코팅의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 되며, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 2차 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 2차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 되며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 1차 광학 코팅의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 2차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 1차 광학 코팅의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 되는 것을 포함한 레이저 소스가 제공된다.

[0033]

또한, 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 1차 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는

특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TE-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하는 특징; 레이저 다이오드 고속 축에서 작동하는 1차 광학 코팅(들) 및 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하고, 이어서 레이저 다이오드 저속 축에서 작동하는 2차 광학 코팅(들) 및 2차 광학 코팅(들)의 TM-모드를 이용하며, 여기서 시스템의 출구에 있는 출력 커플러가 설명된 필터 시스템을 통해 각각의 레이저 다이오드 소스에 광학 피드백을 제공하는 특징; 400 내지 500 nm 범위에서 1 W 초과의 출력 전력 및 5 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 500 내지 600 nm 범위에서 1 W 초과의 출력 전력 및 5 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 720 내지 800 nm 범위에서 1 W 초과의 출력 전력 및 5 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 및 800 내지 900 nm 범위에서 1 W 초과의 출력 전력 및 5 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 이들 고출력 레이저, 시스템 및 방법이 제공된다.

[0034] 또한, 0.25 W 이상의 전력을 각각 가지며, 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 각각 구성되는 복수의 레이저 다이오드; 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되는 공통 외부 공동; 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행 빔을 생성하기 위해 레이저 빔 경로에 있는 시준 광학기기; 및 공통 외부 공동 및 레이저 빔 경로에 있는 빔 조합 광학기기를 가지며; 빔 조합 광학기기가 각각의 레이저 다이오드의 파장을 결합하고 복수의 레이저 다이오드로부터의 각각의 레이저 빔 경로를 공간에서 동일 선상에 있고 중첩되도록 정렬함으로써, 조합 출력 레이저 빔이 제공되며; 조합 출력 레이저 빔의 공간 휘도가 복수의 레이저 다이오드의 임의의 단일 레이저 다이오드의 휘도의 n 배이며, 여기서 휘도가 조리개-발산 곱으로 나눈 조합 전력으로 정의되는 고출력, 고 휘도 레이저 시스템이 제공된다.

[0035] 여전히 또한, 빔 조합 광학기기가 대역 통과 필터에 대한 스펙트럼의 저역 통과 또는 고역 통과 단부의 예지에 사용되는 광학 필터 세트인 특징; 400 내지 500 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 500 내지 600 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 720 내지 800 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 800 내지 900 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 900 내지 1200 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 1200 내지 1120 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 1400 내지 1500 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 1500 내지 2200 nm 범위에서 100 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 복수의 레이저 다이오드가 대역-간 캐스케이드 레이저인 특징; 시스템에서 2200 내지 3000 nm 범위에서 100W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 빔 조합 광학기기가 복수의 볼륨 브래그 격자 필터를 포함하는 특징; 볼륨 브래그 격자가 복수의 레이저 다이오드의 제 1 레이저 다이오드로부터의 제 1 레이저 빔의 광학 스펙트럼의 일부분을 복수의 레이저 다이오드의 제 2 레이저 다이오드로부터의 레이저 빔과 동일 선상에 있게 재지향시키도록 구성되는 특징; 및 복수의 레이저 다이오드가 양자 캐스케이드 레이저이고 시스템이 3000 nm 내지 12000 nm 범위에서 100 와트 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 이들 레이저 시스템 및 방법이 제공된다.

[0036] 부가적으로, n 이 25 이상인 특징; 빔 조합 광학기기가 복수의 볼륨 브래그 격자 필터를 포함하는 특징; 제 1 볼륨 브래그 격자가 복수의 레이저 다이오드의 제 1 레이저 다이오드로부터의 제 1 레이저 빔의 광학 스펙트럼의 일부분을 복수의 레이저 다이오드의 제 2 레이저 다이오드로부터의 레이저 빔과 동일 선상에 있게 재지향시키도록 구성되는 특징; n 이 25 이상인 특징; 복수의 레이저 다이오드가 N 개의 다이오드로 구성되는 특징; N 개의 다이오드 각각이 레이징 스펙트럼의 제 1 피크를 정의하는 특징; 빔 조합 광학기기가 $N-1$ 볼륨 브래그 격자 필터 및 출력 커플러로 구성된 복수의 볼륨 브래그 격자로 구성되는 특징; 복수의 볼륨 브래그 격자의 각각의 볼륨 브래그 격자를 통한 최대 투과 지점이 $N-1$, $N-2$ 내지 $N-(N-1)$ 제 1 피크와 일치하도록 볼륨 브래그 격자 및 $N-1$ 개의 레이저 다이오드가 광학적 연관성으로 구성되는 특징; 그에 따라 N 이 n 과 같은 특징; $N-1$ 이 n 과 같은 특징; 및 레이저 다이오드(N')가 볼륨 브래그 격자와 광학적으로 관련되지 않고 시스템이 레이저 다이오드(N')의 최대 빔 편향을 제공하는 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 이들 레이저 시스템 및 방법이 제공된다.

[0037] 또한 부가적으로, 복수의 N 개의 레이저 다이오드로서, 복수의 레이저 다이오드 각각이 레이저 빔 전력에서 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 구성되고; 레이저 빔 경로가 출력 전과 방향을 포함하고; 공통 외

부 공동이 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되고; 시준 광학기기가 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행한 빔을 생성하기 위해 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 공통 외부 공동 및 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 광학 코팅을 갖는 N-1 광학 요소를 포함하여, 광학 요소가 복수의 레이저 다이오드의 레이저 다이오드로부터의 레이저 빔의 광학 스펙트럼의 일부분을 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 대해 90° 이하의 각도로 재지향시킴으로써, 회도를 정의하는 조합 출력 레이저 빔을 제공하고; 조합 출력 레이저 빔의 회도가 복수의 레이저 다이오드의 임의의 단일 레이저 다이오드의 회도의 n 배이고, 여기서 회도가 조리개-발산 곱으로 나눈 조합된 전력으로 정의되는 고전력, 고회도 레이저 시스템이 제공된다.

[0038] 여전히 또한, $N = n$ 인 특징; 및 $N-1$ 이 n 인 특징 중 하나 이상을 갖는 이들 레이저 시스템 및 방법이 제공된다.

[0039] 여전히 또한, 400 내지 500 nm 범위에서 10 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 500 내지 600 nm 범위에서 10 W 이상의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동하는 특징; 레이저 빔 출력이 0.5 W 이상인 특징; 및 레이저 빔 출력이 1 W 이상인 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 이들 레이저 시스템 및 방법이 제공된다.

[0040] 또한, 복수의 N 개의 레이저 다이오드로서, 복수의 레이저 다이오드 각각이 레이저 빔 전력에서 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 구성되고; 레이저 빔 경로가 출력 전파 방향을 포함하고; 공통 외부 공동이 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되고; 시준 광학기기가 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행한 빔을 생성하기 위해 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 공통 외부 공동 및 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 N-1 광학 요소를 포함하고; 광학 요소가 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소로 구성되고; 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소가 레이저 빔 경로를 따라 서로 계속되고; 광학 코팅으로부터의 출력 광 방향이 볼륨 브래그 격자로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이고, 따라서 회도를 정의하는 조합 출력 레이저 빔을 제공하고; 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅들에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 회도가 개별 레이저 다이오드 빔의 회도보다 n 배 더 밝고; $n = N$ 또는 $n = N-1$ 이고, N이 개별 레이저 다이오드 빔의 수이고, C가 광학 코팅의 수이고, N/C 가 볼륨 브래그 격자 및 출력 커플러에 의해 조합되는 개별 레이저 다이오드 빔의 수인 곱출력, 고회도 레이저 시스템이 제공된다.

[0041] 또한, 복수의 N 개의 레이저 다이오드로서, 복수의 레이저 다이오드 각각이 레이저 빔 전력에서 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 구성되고; 레이저 빔 경로가 출력 전파 방향을 포함하고; 공통 외부 공동이 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되고; 시준 광학기기가 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행한 빔을 생성하기 위해 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 공통 외부 공동 및 출력 전파 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 N-1 광학 요소를 포함하고; 광학 요소가 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소로 구성되고; 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅 요소가 레이저 빔 경로를 따라 서로 계속되고; 광학 코팅으로부터의 출력 광 방향이 광학 코팅 요소로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이고, 따라서 회도를 정의하는 조합 출력 레이저 빔을 제공하고; 볼륨 브래그 격자 및 광학 코팅들에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 회도가 개별 레이저 다이오드 빔의 회도보다 n 배 더 밝고; $n = N$ 또는 $n = N-1$ 이고, N이 개별 레이저 다이오드 빔의 수이고, B가 볼륨 브래그 격자의 수이고, N/B 가 그룹으로 광학 코팅에 의해 조합되는 개별 레이저 다이오드 빔의 수인 곱출력, 고회도 레이저 시스템이 제공된다.

[0042] 부가적으로, 외부 공동에서 볼륨 브래그 격자(들) 및 출력 커플러에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭이 상호 배타적이며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 되며, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 되며; 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 볼륨 브래그 격자(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 되는

특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 이들 레이저 시스템 및 방법이 제공된다.

[0043]

또한, 복수의 N 개의 레이저 다이오드로서, 복수의 레이저 다이오드 각각이 레이저 빔 전력에서 레이저 빔 경로를 따라 레이저 빔을 제공하도록 구성되고; 레이저 빔 경로가 출력 전과 방향을 포함하고; 공통 외부 공동이 복수의 레이저 다이오드 각각에 의해 공유되고; 시준 광학기기가 복수의 레이저 다이오드 각각으로부터 평행한 빔을 생성하기 위해 출력 전과 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 공통 외부 공동 및 출력 전과 방향 레이저 빔 경로에 있고; 빔 조합 광학기기가 $N-1$ 광학 요소를 포함하고; 광학 요소가 레이저 다이오드 빔의 파장을 결정하고 레이저 다이오드 빔 경로를 출력 경로로 지향시키는 제 1 수단, 및 레이저 다이오드 빔의 파장을 결정하고 레이저 다이오드 빔 경로를 출력 경로로 지향시키는 제 2 수단을 포함하고; 제 1 수단용 출력 경로가 제 2 수단용 출력 경로에 대해 90° 이고, 따라서 휘도를 정의하는 조합 출력 레이저 빔을 제공하고; 제 1 수단 및 제 2 수단에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도가 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 n 배 더 밝고; $n = N$ 또는 $n = N-1$ 이고, N 이 개별 레이저 다이오드 빔의 수이고, E' 가 제 1 또는 제 2 수단의 수이고, N/E' 가 그룹으로 제 1 수단 또는 제 2 수단에 의해 조합되는 개별 레이저 다이오드 빔의 수인 고출력, 고휘도 레이저 시스템이 제공된다.

[0044]

부가적으로, 제 1 수단이 1차 볼륨 브래그 격자이고; 제 2 수단이 2차 볼륨 브래그 격자이고; 제 1 수단이 1차 코팅이고; 제 2 수단이 2 차 코팅이고 출력 커플러가 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자일 수 있는 부분 반사 요소이고; 시스템이 400 내지 500 nm 파장 범위에서 작동하고; 시스템이 500 내지 600 nm 파장 범위에서 작동하고; 시스템이 720 내지 800 nm 파장 범위에서 작동하고; 시스템이 800 내지 900 nm 파장 범위에서 작동하는 특징 중 하나 이상의 특징을 갖는 이들 레이저 시스템 및 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0045]

도 1 및 도 1a는 각각의 레이저 다이오드가 특정 파장에서 작동하게 하는 본 발명에 따른 외부 공동 레이저 시스템의 실시예의 개략도로서, 조합기 블록에 통합된 출력 커플러로부터의 피드백 신호에 의해 조합된 다중 레이저 다이오드를 도시한다.

도 2는 출력 커플러가 조합기 외부에 있는 본 발명에 따른 외부 공동 레이저 시스템의 실시예의 개략도이다.

도 3은 2차원 어레이에서 레이저 다이오드를 고정하도록 연장된 본 발명에 따른 외부 공동 레이저 시스템의 실시예의 개략도이다.

도 4는 본 발명에 따라 사용되는 대역 통과 필터의 실시예의 각각의 투과 함수 사이의 관련성을 나타내는 그래프이다.

도 5는 본 발명에 따른 대역 통과 투과 함수의 높은 파장 측을 사용할 때 외부 공동에서 최소 손실을 가져 적절한 투과 피크에 대한 각각의 레이저 다이오드의 수동 고정을 초래할 각각의 레이저 다이오드에 대한 최대 투과 피크를 도시하는 조합기 블록의 실시예에 대한 투과 함수이다.

도 6은 본 발명에 따른 대역 통과 투과 함수의 저 파장 측을 사용할 때에 기초한 조합기 블록의 실시예에 대한 투과 함수이다.

도 7은 본 발명에 따른 대역 통과 필터 투과 함수의 고 파장 에지를 사용하는 레이저 다이오드로부터 0.25 도의 빔 발산에 기초한 레이저 다이오드 빔 조합기 블록의 실시예에 대한 투과 함수이다.

도 8은 본 발명에 따라 레이저 다이오드 광을 발산하기 위한 대역 통과 필터 투과 함수의 낮은 파장 에지를 사용하는 조합기 블록의 실시예에 대한 투과 함수이다.

도 9는 레이저 다이오드 어레이용 발진 대역폭을 정의하는, 본 발명에 따른 조합기 블록 투과 함수의 실시예의 중첩 및 외부 공동 대역 통과 투과 필터 함수의 실시예로부터의 피드백을 도시하는 그래프이다.

도 10은 본 발명에 따라 하나의 행으로부터의 조합기 블록 투과 함수의 실시예 및 2 개의 축에서 레이저 다이오드로의 피드백을 허용하는 넓은 대역 통과 투과 함수인 2 개의 행에서 사용되는 조합기 블록 투과 함수의 실시예의 중첩을 도시하는 그래프이다.

도 11은 본 발명에 따라 광대역 출력 커플러 반사 함수의 경우에 대한 조합기 블록의 실시예에 대한 응답 함수의 중첩 및 협대역 출력 커플러 반사 함수를 사용함으로써 진동 대역폭이 한 축에 대해 어떻게 감소될 수 있는지를 도시하는 그래프이다.

도 12는 도 3에 도시된 바와 같이 그리고 본 발명에 따라, 광대역 출력 커플러 반사 함수의 경우에 대한 조합기 블록을 위한 응답 함수의 중첩에 대한 응답 함수의 실시예 및 협대역 출력 커플러 반사 함수를 사용함으로써 진동 대역폭이 2-축 시스템에 대해 어떻게 감소될 수 있는지를 도시하는 그래프이다.

도 13은 본 발명에 따른 레이저 시스템의 실시예의 개략적인 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0046] 일반적으로, 본 발명은 고휘도 레이저 빔을 제공하기 위해 레이저 빔을 스펙트럼 빔에 조합하기 위한 방법, 시스템 및 장치에 관한 것이다. 특히, 본 발명의 실시예는 레이저 다이오드로부터의 빔과 같은 저휘도 레이저 빔을 섬유 레이저로부터 얻은 레이저 빔과 비교할 수 있는 고휘도 레이저 빔으로 조합하는 것에 관한 것이다.
- [0047] 일반적으로, 본 발명의 실시예는 공통 외부 공동에 둘 이상의 개별 레이저 다이오드를 사용하여 고출력 및 고휘도 작동이 가능한 고휘도 레이저 다이오드 레이저 시스템이다. 레이저는 재료 처리, 레이저 보조 증착 제조 및 기타 레이저 이득 매체의 펄핑과 같은 다양한 용례에 사용될 수 있다. 레이저의 공통 외부 공동으로부터의 출력은 고속 축, 저속 축 또는 동시에 두 축에서 스펙트럼 빔 조합으로 회도를 증가시킨다. 이러한 스펙트럼 빔 조합 방법은 레이저 다이오드 어레이에 대해 계획된 모든 다른 이전 빔 조합 방법보다 더 명료하고 덜 복잡하다.
- [0048] 본 발명의 실시예는 좁은 스펙트럼 대역폭을 갖는 고휘도 레이저 빔을 제공한다. 이러한 좁은 스펙트럼 대역폭은 희토류 섬유 레이저, 희토류 레이저, 라만 레이저(Raman laser) 및 라만 섬유 레이저를 펄핑하는데 유리할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 실시예는 예를 들어, 용접, 절단, 표면 클래딩 및 3-D 프린팅뿐만 아니라 다른 레이저 시스템 및 다른 용례를 위한 펄프 소스에 유용하다. 본 발명의 실시예는 현재의 섬유 레이저, 예를 들어 약 1 kW 내지 약 10 kW, 2 kW 내지 8 kW, 약 5W 내지 약 20 kW 및 이들 범위 내의 모든 전력뿐만 아니라 이보다 더 크고 이보다 더 작은 전력, 및 이들 전력에 대해서 약 1 mm-mrad 내지 약 40 mm-mrad, 약 30 mm-mrad 내지 약 35 mm-mrad 및 이들 범위 내의 모든 값뿐만 아니라 이보다 더 크고 이보다 더 작은 값의 BPP(빔 매개변수 곱; Beam Parameter Product)를 갖는 본 발명의 레이저 빔과 동일하고 그에 필적하는 레이저 빔 회도를 제공한다. 본 발명의 실시예는 레이저 다이오드 어레이의 공간 회도를 증가시키는 신규한 방법이며, 매우 콤팩트한 시스템, 예를 들어, 약 100 cm 미만, 약 5 cm 미만, 약 5 cm 내지 약 200 cm, 이들 범위 내의 모든 크기 및 이보다 더 크고 이보다 더 작은 최대 치수, 길이, 폭 또는 횡단면, 크기를 가지며 특히, 스펙트럼 빔 조합된 레이저 다이오드 어레이의 제조 가능성을 크게 단순화시킨 시스템으로부터 고휘도 레이저 빔을 제공한다.
- [0050] 본 발명은 모든 파장의 레이저 다이오드에 적용된다. 따라서, 본 명세서가 고휘도 가시 청색 레이저 다이오드를 사용하여 가시 스펙트럼에서 고휘도, 고휘도 레이저 소스를 생성하기 위한 실시예 및 예에 초점을 둔 범위에서, 본 발명의 용례 및 그 범주는 제한되지 않아야 한다.
- [0051] 본 발명의 실시예는 IR 레이저로 처리하는 것이 불가능하지는 않지만 매우 어려운 고 반사성 재료를 레이저 처리하는 능력에 대한 요구에 응답한다. 가시 레이저 광, 바람직하게는 녹색 및 청색 레이저 광, 더 바람직하게는 청색 레이저 광은 전형적으로 IR에서 반사성이 높은 재료에 의해 강력하게 흡수된다. 따라서, 스펙트럼 빔 조합 시스템의 본 실시예를 통해 얻어진 증가된 회도를 갖는 청색 레이저 광은 구리, 금, 알루미늄, 구리 대 알루미늄, 구리 대 스텔, 금 대 알루미늄, 금 대 스텔, 구리 대 니켈 구리 분말, 알루미늄 분말, 구리 합금, 알루미늄 합금, 티타늄 합금, 니켈 합금 등과 같은 재료를 처리하는데 이상적이다.
- [0052] 본 발명의 실시예는 외부 공동에서 이색성 필터 또는 볼륨 브래그 격자를 사용하여 N-레이저 다이오드의 출력을 조합함으로써, 바람직하게는 각각의 레이저 다이오드에서 별도의 파장 제어 요소에 대한 필요성을 제거하여 파장 빔 조합 방법을 크게 단순화한다. 레이저 다이오드는 전면에서 먼저 반사 방지(AR) 코팅되거나 저-반사 코팅되어 레이저 다이오드를 이득 요소로 만들며, 이는 외부 공동에의 통합에 이상적이다. 레이저 다이오드 후면에 있는 고 반사율(HR) 코팅은 광대역(> 20 nm)이며 일반적으로 수정될 필요가 없다. 외부 공동 내의 각각의 필터는 중첩 투과 함수가 미리 결정된 양만큼 통과 대역의 분리를 초래하는 한 저역 통과, 고역 통과 또는 대역 통과 필터일 수 있다. 이러한 필터는 N 값이 레이저 소스에 필요한 최종 대역폭 및 채널 간격을 설정하는 각각의 필터의 중첩 통과 대역에 의해 결정되는 n-레이저의 시준 출력에 배치된다.
- [0053] 단일 모드 다이오드를 사용하는 실시예에서, 발산은 0.1 mm-mrad일 수 있다. 실시예에서, 빔 조합 광학기기는 광학 공동 내의 광학 필터로 구성되며, 여기서 필터를 통한 다이오드로부터 출력 커플러로의 왕복 이동은 각각의 다이오드 요소의 발진 파장을 정의한다. 실시예에서, 대역 통과 필터는 각각의 필터 사이에 공기를 갖는 개

별 요소이다. 실시예에서, 대역 통과 필터는 예를 들어, 광학 결합 또는 투명 접착제로 조립된 단일 광학 요소로 조립된다.

[0054] 도 1을 참조하면 외부 공동 빔 조합 조립체(100)가 도시된다. 조립체(100)는 레이저 다이오드 소스(101), 예를 들어 레이저 다이오드 어레이, 레이저 다이오드 바 또는 개별 칩(chip)의 집합체를 가진다. 조립체는 (바람직하게, 저속 축, 고속 축 또는 둘 다에서 시준된 레이저 빔을 제공하는)시준 광학기기(151, 152, 153, 154, 155)를 가진다. 레이저 다이오드 소스는 개별 레이저 다이오드(101a, 101b, 101c, 101d, 101e)를 가진다. 레이저 다이오드 소스(101)는 평행한 레이저 빔 경로를 따라 이동하는 레이저 빔(102a, 102b, 102c, 102d, 102e)을 제공한다. 레이저 빔은 화살표(107)(다이오드 레이저에 대해서 TE, 코팅에 대해서 TM)로 나타낸 바와 같이 편광 방향을 가진다. 레이저 다이오드, 예를 들어, 101a는 각각 AR(반사 방지) 코팅 또는 저-반사 코팅을 갖는 표면 또는 면, 예를 들어, 103a를 가진다. 레이저 다이오드, 예를 들어 101a는 각각 HR(고-반사) 코팅을 갖는 표면 또는 면, 예를 들어 104a를 가진다. 레이저 빔, 예를 들어 102a는 빔 경로를 따라 일체형 스택(stack) 및 광 커플러(105)로 이동한다. 스택 및 광 커플러(105)는 TIR(내부 전반사) 표면(112)을 가지므로, 레이저 빔(102a)은 스택의 길이를 따라 지향되고 레이저 빔(106)을 제공하기 위해 필터(108, 109, 110, 111)에 의해 지향되고 필터링되는 레이저 빔(102b, 102b, 102c, 102d 및 102e)과 조합된다. 일체형 스택은 유리 조립체 내에 침지된 코팅을 가질 수 있거나, 훨씬 더 가파른 밴드 에지를 가능하게 하기 위해 광학 코팅의 일 측면에 에어 갭을 갖는 개별 유리 부품일 수 있고, 광학 커플러(105)는 제 1 투과 필터(108), 제 2 투과 필터(109), 제 3 투과 필터(110) 및 제 4 투과 필터(111)를 가진다. 제 1 투과 필터(108)는 446.25 nm 대역 에지 및 6 nm 대역 통과를 가지며, 이는 투과 프로파일(108a)에 의해 도시된다(이들 프로파일 각각에 대해서, y 축은 % 투과율이고 x 축은 파장(nm)이다). 제 2 투과 필터(109)는 447 nm 대역 에지 및 6 nm 대역 통과를 가지며, 이는 투과 프로파일(109a)에 의해 도시된다. 제 3 투과 필터(110)는 447.75 nm 대역 에지 및 6nm 대역 통과를 가지며, 이는 투과 프로파일(110a)에 의해 도시된다. 제 4 투과 필터(111)는 448.5 nm 대역 에지 및 6 nm 대역 통과를 가지며, 이는 투과 프로파일(110a)에 의해 도시된다.

[0055] 실시예에서, 시준된 레이저 다이오드 장치를 떠나는 레이저 빔은 저속 축에서 4.5 mrad의 발산을 가진다. 이 경우에 레이저 빔이 약 0.1 mrad 내지 약 5 mrad의 발산, 이러한 범위 내의 모든 발산뿐만 아니라 이보다 더 크고 더 작은 발산 축을 가질 수 있는데, 이는 레이저 빔 발산이 필터 밴드 엣지의 가파름을 결정하고, 발산이 클수록 밴드 엣지는 덜 선명하고, 따라서 더 넓은 간격이 각각의 필터에 대해 요구되기 때문이다.

[0056] 실시예에서, 외부 공동 빔 조합 조립체는 1, 2, 10, 20, 십여 개, 수십여 개 및 수백 개의 레이저 다이오드 및 대응하는 필터를 가질 수 있다. 조립체는 1, 2, 10, 20 개 이상의 레이저 다이오드 바(bar) 및 바 내의 각각의 레이저 다이오드용 대응 필터를 가질 수 있다. 바람직하게, 각각의 다이오드 레이저는 그 자신의 필터와 광학적으로 연관되나(즉, 그들은 그 다이오드 레이저용 레이저 빔 경로에 있다); 실시예에서, 1, 2, 3 개 이상의 레이저 다이오드는 단일 필터와 광학적으로 연관될 수 있다.

[0057] 도 1a를 참조하면 외부 공동 빔 조합 조립체(200)가 도시된다. 조립체(200)는 레이저 다이오드 소스(201)(바람직하게, 저속 축, 고속 축 또는 둘 다에서 시준된 레이저 빔을 제공함), 예를 들어 레이저 다이오드 어레이, 레이저 다이오드 바, 또는 개별 칩 집합체를 가진다. 레이저 다이오드 소스는 개별 레이저 다이오드(201a, 201b, 201c, 201d, 201e)를 가진다. 레이저 다이오드 소스(201)는 레이저 빔과 일치하는 레이저 빔 경로를 따라 이동하는 레이저 빔(202a, 202b, 202c, 202d, 202e)을 제공한다. 레이저 빔은 화살표(207)로 도시된 바와 같은 편광 방향을 가진다. 레이저 다이오드, 예를 들어 201a는 각각 AR(반사 방지) 코팅을 갖는 표면 또는 면, 예를 들어 203a를 가진다. 레이저 다이오드, 예를 들어, 201a는 각각 HR(고 반사) 코팅을 갖는 표면 또는 면, 예를 들어 204a를 가진다. 레이저 빔, 예를 들어, 202a는 그들의 빔 경로를 따라, 일 측면 및 광학 커플러(205)에 일치하거나 에어 갭만큼 분리될 수 있는 광학 필터 스택으로 이동한다. 일체형 스택 및 광 커플러(205)는 레이저 빔 (202a)이 스택의 길이를 따라 지향되고 레이저 빔(202b, 202b, 202c, 202d 및 202e)과 조합되도록 TIR (내부 전반사) 표면(212)을 가지며, 이는 레이저 빔(206)을 제공하기 위해 VBG 노치 필터(208, 209, 210, 211)에 의해 지향되고 필터링된다. 일체형 광 커플러(205)는 제 1 VBG 노치 필터(208), 제 2 VBG 노치 필터(209), 제 3 VBG 노치 필터(210), 제 4 VBG 노치 필터(211)를 가진다. 조합된 VBG 상의 반사 스펙트럼은 그래프(213)(y 축은 % 투과율이고 x 축은 파장(nm)임)에 의해 도시되며; 그 그래프는 제 1 VBG 노치 필터(208a), 제 2 VBG 노치 필터(209a), 제 3 VBG 노치 필터(210a) 및 제 4 VBG 노치 필터(211a)용 반사 스펙트럼을 도시한다. VBG는 채널 간격이 대역 통과 필터 요소와 실질적으로 더 가깝게 되게 할 수 있다.

[0058] 본 명세서에 사용된 바와 같이, "외부 공동"은 레이저 다이오드 소스의 외부 또는 그 소스로부터 이격된 공간 또는 구역을 지칭하며, 일반적으로 광학 블록, 광학 블록들 또는 광학 구성요소 또는 유사한 유형 구조물로 형

성되거나 이를 포함한다. 예를 들어, 외부 공동은 일체형 광학 커플러, 또는 필터 스택 및 커플러에 의해 형성된다. 외부 공동은 광학적으로 투과성인 고체 재료(예를 들어, 실리카, 사파이어 등), 자유 공간(예를 들어, 고체 재료가 존재하지 않음), 또는 둘 다일 수 있거나 이를 포함할 수 있다. 외부 공동은 하우징 내에 있거나 하우징에 의해 한정될 수 있으며, 하우징은 예를 들어, 레이저 조립체, 레이저 튜 또는 레이저 장치를 구성하거나 이를 포함할 수 있다. 따라서, 예를 들어 하우징은 일체형 광학 커플러의 일부 또는 전부를 포함할 수 있거나, 일체형 광학 커플러 및 레이저 다이오드 소스 모두의 일부 또는 전부를 포함할 수 있다.

[0059] 따라서, 도 13을 참조하면 레이저 조립체(1300)의 실시예의 개략적인 블록도가 도시된다. 조립체(1300)는 각각 레이저 빔 경로(1303a, 1304a, 1305a, 1306a)를 따라 레이저 빔(1303, 1304, 1305, 1306)을 생성하는 다이오드 어레이(1301)를 가진다. 레이저 빔은 다이오드(1370, 1371, 1372, 1373)와 광학적으로 관련되는 시준 광학기기를 갖는 다이오드에 의해 생성된다. 시준 광학기기는 레이저 다이오드 소스의 고속 축을 시준하는데 사용되는 단일 비구면 광학기기일 수 있지만, 저속 축을 약간 시준되지 않은 채로 두거나, 시준 광학기기는 두 개의 광학 요소, 즉 레이저 다이오드의 고속 축을 시준하기 위한 고속 비-원통형 광학기기 및 레이저 다이오드의 저속 축을 시준하기 위한 저속 비-원통형 광학기기로 구성될 수 있다. 고속 비-원통형 광학기기는 전형적으로 짧은 초점 거리를 가지며 다이오드 레이저 자체에 또는 그 근처에 장착되는 반면에, 저속 비-원통형 광학기기는 레이저 소스의 발산을 원형화하거나 또는 조립체에 사용되는 필터 또는 VBG의 수용 각도 요건을 만족하는데 충분히 긴 초점 거리를 가진다. 레이저 빔 경로는 다이오드 어레이(1301)의 다이오드로부터 광학 조립체(1320)까지 연장되며, 광학 조립체는 예를 들어, 도 3의 필터 블록, 도 3의 필터 스택 또는 도 1 또는 도 1a의 일체형 커플러일 수 있다. 광학 조립체(1320)는 레이저 빔을 레이저 빔 경로(1307a)를 따라 이동하는 레이저 빔(1307)에 조합한다. 외부 공동(1302)은 다이오드 어레이(1301)의 외부에 있다. 외부 공동(1302)은 블록(1320), 및 레이저 빔과 빔 경로를 포함한다. 외부 공동은 빔 경로(1307a)에 따라서 레이저 빔(1307)의 투과를 위한 윈도우를 갖는 하우징(1350)에 의해 포함된다.

[0060] 다이오드 레이저는 임의의 유형의 다이오드 레이저일 수 있으며 소형 반도체 레이저뿐만 아니라 대역-간 캐스케이드 레이저(ICL); 양자 캐스케이드 레이저(QCL)를 포함할 수 있다.

[0061] 도 1 및 도 1a의 실시예에서, 광학 커플러는 필터 스택과 일체이다. 도 2의 실시예에서, 광학 커플러는 필터 스택으로부터 분리된다.

[0062] 도 2를 참조하면 빔 조합 조립체(220)가 도시된다. 조립체(220)는 레이저 다이오드 소스(201)(바람직하게, 저속 축, 고속 축 또는 둘 다에서 시준된 레이저 빔을 제공함), 예를 들어 레이저 다이오드 어레이, 레이저 다이오드 바, 또는 개별 칩 집합체를 가진다. 레이저 다이오드 소스는 개별 레이저 다이오드(221a, 221b, 221c, 221d, 221e)를 가진다. 레이저 다이오드 소스(221)는 레이저 빔과 일치하는 레이저 빔 경로를 따라 이동하는 레이저 빔(222a, 222b, 222c, 222d, 222e)을 제공한다. 레이저 빔은 화살표(227)로 도시된 바와 같은 편광 방향을 가진다. 레이저 다이오드, 예를 들어 221a는 각각 AR(반사 방지) 코팅을 갖는 표면 또는 면, 예를 들어 223a를 가진다. 레이저 다이오드, 예를 들어 221a는 각각 HR(고 반사) 코팅을 갖는 표면 또는 면, 예를 들어 224a를 가진다. 레이저 빔, 예를 들어 222a는 빔 경로를 따라 필터 스택(225)으로 이동한다. 필터 스택(225)은 레이저 빔(222a)이 스택의 길이를 따라 지향되고 레이저 빔(226)을 제공하기 위해 파장 특정 필터(228, 229, 230, 231)로 지향되고 필터링되는 레이저 빔(222b, 222b, 222c, 222d, 222e)과 조합되도록 TIR(내부 전반사) 표면(232)을 가진다. 각각의 필터는 다른 파장, 바람직하게 다른 것들에 대한 고유 파장을 가지며, 예를 들어 대역 통과, 고 대역 통과, 저 대역 통과 및 이들의 조합 필터일 수 있다. 레이저 빔(226)은 레이저 빔 경로를 따라 스택(225)의 외부에 있는 출력 커플러(233)($R \leq \infty$)로 이동하고, 레이저 다이오드(221a, b, c, d, e)로부터 조합기 조립체(220)를 통해 미러(223)로, 다시 조합기 조립체를 통해 그리고 마지막으로 레이저 다이오드(221a, b, c, d, e)를 통해 미러로 왕복 이동 광학 경로에 의해 정의된 대로 레이저 소스에 피드백을 제공하고 레이저 빔(235)을 제공한다.

[0063] 부가적으로, 스펙트럼 빔 조합은 넓은 대역폭 범위에 걸쳐서 도 3에 도시된 바와 같이 외부 공동 내의 고속 및 저속 축에서 동시에 일어날 수 있다. 따라서, 레이저 다이오드의 5 개의 행(301, 302, 303, 304, 305)의 구성을 갖는 레이저 조립체(300)가 있으며, 각각의 행은 개별 레이저 빔, 예를 들어 340b를 생성하는 5 개의 레이저 다이오드, 예를 들어 340a를 가진다. 레이저 빔은 레이저 빔 경로를 따라 각각의 열로부터의 레이저 빔이 단일 빔(311, 312, 313, 314, 315)으로 조합되는 제 1 광학 블록(320)으로 이동한다. 조합된 레이저 빔은 레이저 빔 경로를 따라 제 2 광학 블록(330)으로 이동하고, 레이저 빔은 단일 레이저 빔(316)으로 조합되고, 이는 레이저 빔 경로를 따라 광학기기(340)(적절한 반사율(> 30 내지 40 %))을 갖는 광대역 미러 또는 협대역 미러와 같은 파장 선택 장치일 수 있음)으로 이동한다. 행에 대한 투과 함수는 3 nm 폭일 수 있지만, 레이저 다이오드의 전체

이득 함수 성능이 20 nm이므로, 레이저 시스템의 휘도를 추가로 증가시키기 위해 최대 6 개의 행이 조합되게 한다. 이러한 공동 투과 함수는 도 10에 더 상세히 예시된다.

[0064] 도 4를 참조하면 마지막 반사기가 내부 전반사 표면인 스펙트럼 빔 결합 공동에 대한 복합 투과 함수를 정의하기 위해 조합기 블록에서 사용되는 4 개의 대역 통과 필터에 대한 투과 함수의 실시예를 도시한다. 4 개의 대역 통과 필터는 조합 함수(410)를 제공하기 위해 조합되는 투과 함수(401, 402, 403, 404)(각각 시리즈 1, 시리즈 2, 시리즈 3, 시리즈 4)에 의해 도시된다. 도 4 내지 도 8에서, y 축은 투과율(%)이고 x 축은 파장(nm)이다.

[0065] 외부 공동 내의 각각의 레이저 다이오드에 대한 중첩 복합 투과 함수가 도 5에 도시되며 도 6은 1 mrad 이하 정도로 시준된 고도의 시준 레이저 소스에 대한 중첩 복합 투과 함수가 도시된다. 도 5는 각각의 레이저 다이오드 소스에 대한 통과 대역을 생성하기 위해 투과 함수의 장파장 에지를 사용하는 경우에 대한 저역 통과 구성이다. 452.75 nm에 대한 것은 505 라인, 453.40 nm에 대한 것은 504 라인, 454.00 nm에 대한 것은 503 라인, 454.60 nm에 대한 것은 502 라인, 및 455.00 nm에 대한 것은 501 라인이다. 빔 조합기에 대한 왕복 이동 투과 스펙트럼은 도 1을 사용하여 가장 잘 설명될 수 있다. 제 1 라인(505)에 대한 왕복 이동 투과 함수는 도 1에 112로 나타낸 TIR 표면의 광대역 반사 특성과 다음 필터(401, 402, 403, 404) 각각의 투과 함수의 곱이기 때문에 광범위하다. 필터가 도 4에 도시된 대로 중첩되도록 선택되기 때문에, 레이저 빔은 상단 파장 대역보다 더 짧은 파장의 빛을 통과시키는 왕복 이동 투과 함수를 보인다. 피크(504)는 필터(108)(필터 401(1-투과))의 반사 특성과 필터(402, 403 및 404)의 투과 특성의 곱으로 453.4nm에서 단지 0.75 nm의 폭인 통과 대역을 초래하기 때문에 피크(505)보다 더 좁다. 피크(503)는 필터(109)(필터(402))의 반사 특성과 필터(403 및 404)의 투과 특성의 곱이다. 이는 454 nm에서 0.75 nm 폭인 통과 대역을 초래한다. 피크(503)는 필터(110)(필터(403))의 반사 특성과 필터(404)의 투과 특성의 곱이다. 이는 454.6에서 통과 대역이다. 피크(502)는 필터(111)(필터(404))의 반사 특성이고 대역폭은 출력 커플러의 대역폭에 의해 정의된다. 출력 커플러의 반사 대역폭이 좁을수록 피크(505, 501)는 더 좁아질 것이다. 505 및 501에 대한 이러한 파장 피크는 출력 커플러가 2.25 nm 폭인 대역 반사 필터인 것으로 추정한다. 도 6은 외부 공동 내의 각각의 레이저 다이오드에 대한 일련의 통과 대역을 생성하기 위해 투과 함수의 단파장 에지를 사용하는 경우의 고역 통과 구성이다. 446.00 nm에 대한 것은 601 라인, 447.14 nm에 대한 것은 602 라인, 447.73 nm에 대한 것은 603 라인, 448.33 nm에 대한 것은 604 라인, 그리고 448.94 nm에 대한 것은 604 라인이다. 각각의 조합기 필터는 10 개의 마이크로-라디안(micro-radian) 내에서 45도 각도로 배열되어 각각의 레이저 다이오드 빔 중첩을 초래함으로써 원래 레이저 다이오드에 대해 Nx의 휘도를 갖는 단일 레이저 빔을 형성한다. 결과적인 투과 함수가 레이저 다이오드의 파장, 대역폭 및 공간 휘도를 결정한다. 투과 함수는 위와 동일한 방식으로 계산되지만 이제는 필터의 더 짧은 파장 에지를 사용하고 더 긴 파장의 광이 통과하게 한다. 또한, 601 및 605 대역폭은 폭이 단지 2.25 nm인 협대역 출력 커플러에 의해 제한된다. 10 마이크로-라디안 정렬은 빔을 하나의 축에서 1.05 mrad로 또는 M^2 의 값을 1.1로 만드는 복합 빔의 1 mrad 발산으로부터의 작은 편차이다.

[0066] 도 5 및 도 6은 M^2 값 접근법 1로 형성되도록 조사하는 단일 모드 레이저 다이오드 소스를 사용하는 것에 대응한다. 그러나, 다중 모드 레이저 다이오드는 저속 축에서 0.25도 이하일 수 있는 더 높은 발산을 가지며, 이는 더 높은 발산 각도에서 필터에 대해 상이한 투과 함수를 초래한다. 도 7 및 도 8은 0.25 도의 발산을 가지는 레이저 소스에 대해 더 넓은 투과 함수를 사용할 때 외부 공동 조합기에 대한 복합 투과 함수를 도시한다. 이 필터 모두는 중첩 지점에서 투과 함수의 10 dB 감소를 제공하도록 설계되었으며, 이는 통과 대역 영역 외부에서 기생적 레이징(lasing)을 억제하는데 충분하다. 도 7에서 라인(705)은 452.75 nm, 라인(704)은 453.40 nm, 라인(703)은 454.00 nm, 라인(702)은 454.60 nm, 라인(701)은 455.00 nm에 대한 것이다. 도 8에서, 라인(801)은 446.00 nm, 라인(802)은 447.14 nm, 라인(803)은 447.73 nm, 라인(804)은 448.33 nm, 라인(805)은 448.94 nm에 대한 것이다. 도 5에 대한 위의 설명과 비슷하게, 외부 밴드는 사용된 출력 커플러에 의해 정의되며, 따라서 도 7에 대해서 2.25 nm 폭인 출력 커플러는 라인(705 및 701)의 대역폭을 정의할 것이다. 라인(705)은 TIR 표면과 필터(401, 402, 403, 404)에 대한 반사 곡선의 곱이다. 라인(704)은 필터(401)(1-투과)에 대한 반사 곡선과 필터(402, 403 및 404)에 대한 투과 함수의 곱이다. 라인(703)은 필터(402)에 대한 반사 곡선과 필터(403 및 404)에 대한 투과 함수의 곱이다. 라인(702)은 필터(403)에 대한 반사 곡선과 필터(404)에 대한 투과 함수의 곱이다. 라인(701)은 필터(404)에 대한 반사 곡선과 도 4에 도시되지 않은 출력 커플러의 투과 함수의 곱이다. 도 8에서, 더 짧은 파장 에지가 사용되며 도 6에 대한 위의 설명과 유사하게, 외부 대역은 사용된 출력 커플러에 의해 정의되며, 따라서 도 8에 대해서 폭이 2.25 nm인 출력 커플러는 라인(805 및 801)의 대역폭을 정의할 것이다. 라인(805)은 TIR 표면 및 필터(401, 402, 403, 404)에 대한 반사 곡선의 곱이다. 라인(804)은 필

터(404)(1-투과)에 대한 반사 곡선과 필터(401, 402 및 403)에 대한 투과 함수의 곱이다. 라인(803)은 필터(403)에 대한 반사 곡선과 필터(401 및 402)에 대한 투과 함수의 곱이다. 라인(802)은 필터(402)에 대한 반사 곡선과 필터(401)에 대한 투과 함수의 곱이다. 라인(801)은 필터(401)에 대한 반사 곡선과 도 4에 도시되지 않은 출력 커플러의 투과 함수의 곱이다.

[0067] 이제 본 발명의 실시예에 대한 추가의 상세한 설명으로 넘어간다. 도 1 및 도 1a에 도시된 바와 같이, 2 개 이상의 레이저 다이오드는 레이저 다이오드 면의 후면에 높은 반사 코팅을 그리고 레이저 다이오드 면의 전면에 반사 방지 코팅을 가진다. 광학기기는 레이저 다이오드의 고속 및 저속 축에서 빛을 시준하는데 사용된다. 일단 레이저 다이오드 광이 시준되면, 일련의 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자(스펙트럼 빔 조합기)는 발광 방향에 대해 최대 90°의 각도로 광을 편향시킨다. 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자는 각각의 레이저 다이오드로부터 방출된 광이 근거리 및 원거리 장에서 동시에 공간적으로 중첩되도록 배치된다. 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자의 설계는 외부 공동에 대한 최저 손실 경로를 결정하는 시스템을 통과하는 통과 대역을 초래하며, 이러한 정의에 의해 각각의 레이저 다이오드가 진동할 과장뿐만 아니라 각각의 개별 레이저 다이오드의 대역폭을 정의하는 결과를 초래한다. 중심 파장 및 대응하는 광학 대역폭의 각각의 그룹은 광학 스펙트럼에서 상호 배타적이다. 외부 레이저 공동은 출력 커플러 미러, 대역폭 제한 반사 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자에 의해 형성되며, 대역폭 제한 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자는 외부 레이저 공동의 전체 광학 대역폭을 정의한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 출력 커플러 미러, 대역폭 제한 레이저 공동 출력 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자는 개별 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자를 포함하는 모놀리식 광학기기의 표면/하위-표면 상에 있을 수 있다. 도 2는 출력 커플러 미러, 대역폭 제한 레이저 공동 출력 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자가 별도의 광학기기인 것을 제외하면 도 1과 동일하다.

[0068] 레이저 공동은 하나 또는 두 개의 스펙트럼 빔 조합기를 포함할 수 있다. 두 개의 스펙트럼 빔 조합기의 경우에, 각각의 특정 스펙트럼 빔 조합기는 레이저 다이오드 광의 고속 또는 저속 축에서 작동하며, 두 스펙트럼 빔 조합기는 서로 (레이저 다이오드 방출 면에 대해)직교 축에서 작동해야 한다. 별도의 스펙트럼 빔 조합기는 직렬 방식으로 작동하여, 스펙트럼 빔 조합이 하나의 축에서 먼저 수행된 후에 직교 축에서 나중에 수행된다.

[0069] 외부 공동의 출력은 단일 레이저 다이오드와 비교하여 N의 휘도 향상을 나타내며, 여기서 N은 외부 레이저 공동 내의 레이저 다이오드의 수이다.

[0070] 개별 레이저 다이오드의 이득 대역폭이 외부 레이저 공동 내의 광학 피드백으로 인해 복합 광학 조합기의 투과 함수 내에 있는 한, 각각의 개별 레이저 다이오드는 외부 레이저 공동 내의 광학 피드백으로 인해 복합 광학기기의 투과 함수 내에서 최저 손실의 과장에서 레이징될 것이다.

[0071] 외부 공동 레이저의 진동 대역폭은 최저 손실 과장 대역만이 진동하도록 공동의 손실을 제어하기 위해 외부 공동 내에서 상이한 유형의 필터로 수정 또는 변경될 수 있다.

[0072] 단일 축 스펙트럼 빔 조합 외부 공동에 대한 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자(대역 통과 필터)의 설계가 도 4에 도시된다. 외부 레이저 공동은 도 5에 도시된 바와 같이 저역 통과 구성 또는 도 6에 도시된 바와 같이 고역 통과 구성으로 작동하도록 배열될 수 있다. 도 5 및 도 6 모두는 양 축에서 단일 모드인 레이저 다이오드 광 또는 다이오드 레이저의 고속 축에 대한 필터 투과 함수를 도시한다. 0.25 도의 적당한 발산을 갖는 다중 모드 레이저 다이오드의 경우에, 도 7은 저역 통과 구성을 위한 투과 함수를 도시하며, 도 8은 고역 통과 구성을 도시한다. 여기서 다중 모드 레이저 다이오드의 발산 각도로 인해 투과 손실이 약간 더 높다. 조합될 수 있는 빔 발산의 많은 다른 조합이 있으며, 조합기 블록은 일반적으로 소스의 발산 및 사용되는 소스의 유형(예를 들어, 개별 레이저 다이오드 또는 레이저 다이오드 바)에 따라 자유 조리개 크기 및 채널 간격의 측면에서 구성된다.

[0073] 도 9는 예를 들어, 도 4의 실시예의 개별 대역 통과 필터가, 그들의 투과 함수의 곱이 $\sum \Delta \lambda_{BPF} \leq \Delta \lambda_{OC}$ 인 콤팩트 필터 유형 함수를 생성하도록 중첩되게 설계되는 예를 도시하며, 여기서 $\sum \Delta \lambda_{BPF}$ (901)는 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자의 투과 함수의 곱이며, $\Delta \lambda_{OC}$ (902)는 출력 커플러의 대역폭이다. 개별 레이저 다이오드 이미터의 수로 N을 정의하면, 각각의 개별 대역 통과 필터의 대역폭은 $\sum \Delta \lambda_{BPF} = \Delta \lambda_{OC}/N$ (903)이 되도록 정의된다. λ_c 의 중심 파장에 대해서, $\lambda_c^N (\Delta \lambda_{BPF}^N) - \lambda_c^{N-1} (\Delta \lambda_{BPF}^{N-1}) \geq \Delta \lambda_{BPF}^{N-1}$ 이며, 여기서 $\lambda_c^N (\Delta \lambda_{BPF}^N)$ 은 대역 통과 필터 N(904)의 중심 파장이며, $\lambda_c^{N-1} (\Delta \lambda_{BPF}^{N-1})$ 은 필터 N-1(905)의 중심 파장이며, $\Delta \lambda_{BPF}^{N-1}$ 은 대역 통과 필터 N-

1(906)의 중심 파장이다. 또한, $\lambda_c^{N-1}(\Delta \lambda_{BPF}^{N-1}) - \lambda_c^{N-2}(\Delta \lambda_{BPF}^{N-2}) \geq \Delta \lambda_{BPF}^{N-2}$ 등도 각각의 개별 레이저 다이오드에 대해 고유 레이징 파장을 보장하기 위해 유지된다.

[0074]

4 개의 레이저 다이오드를 갖는 단일 축 스펙트럼 빔 조합된 외부 공동은 도 10에 도시된 바와 같이 하나의 축의 투과 함수를 수직 축의 투과 함수와 중첩시킴으로써 도 3에 도시된 바와 같이 두 축에서 스펙트럼 빔 조합으로 확장될 수 있다. 이러한 예에서, 개별 레이저 다이오드로부터의 광은 별도의 광학기기에 의해 고속 축과 저속 축에서 수집된다. 레이저 다이오드의 각각의 행(X)은 도 1과 유사하지만 개별 행보다 더 넓은 콦 필터 함수(예를 들어, 도 10의 1050은 도 3의 행(301)에 대응하고, 도 10의 1051은 도 3의 행(302)에 대응)을 갖는 빔 조합기에 의해 고속 축에서 조합되는 스펙트럼 빔이다. 이전 경우와 유사하게, 저속 축에 대한 개별 대역 통과 필터는 투과 함수의 곱이 $\sum \Delta \lambda_{BPF,S}^X = \Delta \lambda_{BPF,F}^X$ 가 되도록 스펙트럼 대역폭으로 설계되며, 여기서 $\sum \Delta \lambda_{BPF,S}^X$ (1001)는 행(X)의 대역 통과 필터의 투과 함수의 곱이며, $\Delta \lambda_{BPF,F}^X$ (1002)는 행(X)에서 스펙트럼 결합된 레이저 다이오드에 대응하는 고속 축에서 다음 대역 통과 필터의 대역폭이다. 고속 축에서 행(X)을 조합하기 위해서, $\Delta \lambda_{BPF,F}^X = \Delta \lambda_{OC}/X$ 및 $\Delta \lambda_{BPF,F} = \Delta \lambda_{OC}$ 인 기준을 따르며, 여기서 $\Delta \lambda_{BPF,F}$ (1003)는 고속 축 대역 통과 필터에 대한 투과 함수의 곱이다. 각각의 개별 레이저 다이오드에 대해 고유 레이저 파장을 보장하기 위해서, 각각의 행(X)에서 M 개의 개별 레이저 다이오드를 고려하고 추가 제한 사항은 $\lambda_c^{X*M}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M}) - \lambda_c^{X*M-1}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1}) \geq \Delta \lambda_{BPF,S}^{X*(M-1)}$ 이며, 여기서 $\lambda_c^{X*M}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M})$ (1004)는 행(X)에서 레이저 다이오드 M의 중심 파장이며, $\lambda_c^{X*M-1}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1})$ (1005)는 행(X)에서 레이저 다이오드 M-1의 중심 파장이며, $\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*(M-1)}$ (1006)는 행(X)에서 레이저 다이오드 M-1에 대해 인접 대역 통과 필터에 의해 정의된 콦 필터의 대역폭이다. 또한, $\lambda_c^{X*M-1}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1}) - \lambda_c^{X*M-2}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-2}) \geq \Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-2}$ 등이 유지되며; $\lambda_c^{X*M-(M-1)}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-(M-1)}) > \lambda_c^{(X-1)*M}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{(X-1)*M})$, $\lambda_c^{(X-1)*M-(M-1)}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{(X-1)*M-(M-1)}) > \lambda_c^{(X-2)*M}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{(X-2)*M})$ 등 또한 유지되어야 하며, 여기서 $\lambda_c^{X*M-1}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1})$ 는 행(X)(1007)에서 최저 파장 대역 통과 필터의 중심 파장이며, $\lambda_c^{(X-1)*M}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{(X-1)*M})$ 는 행(X-1)(1008)에서 최고 파장 대역 통과 필터의 중심 파장이다. 부가적으로, $\lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-1}) \geq \Delta \lambda_{BPF,F}^{X-1}$ 이며, 여기서 $\lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^X)$ (1009)는 행(X)에 대한 고속 축 대역 통과 필터의 중심 파장이며, $\lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-1})$ (1010)는 행(X-1)에 대한 고속 축 대역 통과 필터의 중심 파장이며, $\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-1}$ (1011)는 행(X-1)에 대한 고속 축 대역 통과 필터의 대역폭이다. 또한, $\lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-2}) \geq \Delta \lambda_{BPF,F}^{X-2}$ 등이 유지된다. 마지막으로, $\sum \Delta \lambda_{BPF,F} = \Delta \lambda_{OC}$ 이며, 여기서 $\Delta \lambda_{OC}$ (1012)는 외부 레이저 공동에 대한 출력 커플러의 대역폭이다. 이러한 설계의 다른 반복은 고속 축이 먼저 조합된 스펙트럼 빔이고, 저속 축에서 조합된 스펙트럼 빔이 뒤따르게 하는 것이다.

[0075]

$\sum \Delta \lambda_{BPF} > \Delta \lambda_{OC}$ 인 경우에 대해서, 고속 축, 저속 축 또는 두 축 모두에서 투과 함수는 외부 레이저 공동 출력 커플러로서 역할을 하는 대역폭 제한 광학 코팅 또는 볼륨 브래그 격자를 갖는 외부 공동 구성에서 작동할 때 예지 필터와 같은 역할을 한다. 고속 또는 저속 축, 또는 두 축 모두에서 N 개의 개별 이미터를 고유 파장에서 작동시키는 것에 대한 제한이 본 명세서에 요약된다.

[0076]

4 개의 레이저 다이오드를 갖는 가상의 단일 축 스펙트럼 빔 조합된 외부 공동에 대해서, 대역 통과 필터의 구현이 도 11에 도시된다. 개별 대역 통과 필터의 투과 함수는 연속 필터의 선행(또는 하강) 에지의 중심 파장과 중첩하도록, 즉 $\lambda_c^{RE}(BPF^N) - \lambda_c^{RE}(BPF^{N-1}) = (1-1/N)*\Delta \lambda_{OC}$ 로 설계되며, $\lambda_c^{RE}(BPF^N)$ (1101)는 대역 통과 필터(N1)의 선행(또는 하강) 에지의 중심 파장이며, $\lambda_c^{RE}(BPF^{N-1})$ (1102)는 대역 통과 필터(N-1)의 선행(또는 하강) 에지의 중심 파장이며, N은 레이저 다이오드 공동의 개별 이미터의 수이며, $\Delta \lambda_{OC}$ (1103)는 출력 커플러의 대역폭이다. 부가적으로, $\Delta \lambda_{BPF}^N > \Delta \lambda(N)$, $\Delta \lambda_{BPF}^{N-1} > \Delta \lambda(N-1)$ 등이 유지되며, 여기서 $\Delta \lambda_{BPF}^N$ (1104)는 N 번째

대역 통과 필터의 대역폭이며, $\Delta \lambda(N)(1105)$ 는 N 번째 레이저 다이오드의 대역폭이다. 이전에 언급한 바와 같이, $\lambda_c^{RE}(BPFN) > \lambda_c^{RE}(BPF^{N-1})$, $\lambda_c^{RE}(BPF^{N-1}) > \lambda_c^{RE}(BPF^{N-2})$ 등의 기준은 각각의 개별 레이저 다이오드에 대한 고유 레이저 파장을 보장한다. 도 11의 저역 통과 구성에서, $\lambda_c^N > \lambda_c^{N-1}$ 을 갖는 일련의 N 레이저 다이오드에 대해서, $\lambda_c^N(1106)$ 은 $\Delta \lambda_{OC}(1107)$ 의 최고 파장 에지와 $\Delta \lambda_{BPF}^N(1108)$ 의 최저 파장 에지 사이에서 레이징될 것이며, $\lambda_c^{N-1}(1109)$ 은 $\Delta \lambda_{BPF}^N(1108)$ 의 최저 파장 에지와 $\Delta \lambda_{BPF}^{N-1}(1110)$ 의 최저 파장 에지 사이에서 레이징될 것이다.

[0077] 4 개의 레이저 다이오드(도 1 및 도 2)를 갖는 단일 축 스펙트럼 빔 조합된 외부 공동은 도 3에 도시된 어레이 구성, 그러나 도 12에 도시된 바와 같이 행을 조합할 때 대역 통과 필터들에 대해 더 넓은 투과 함수를 갖는 구성을 사용하여 두 축에서 스펙트럼 빔 조합으로 확장될 수 있다. 이러한 예에서, 개별 레이저 다이오드의 광은 별도의 광학기기에 의해 고속 축과 저속 축에서 수집된다. 레이저 다이오드의 각각의 행(X)은 도 3에 도시된 조합기에 의해 고속 축에서 조합된 스펙트럼 빔이다. 이전의 경우와 유사하게, 저속 축에 대한 개별 대역 통과 필터는 그들의 스펙트럼 대역폭의 합이 $\Sigma \Delta \lambda_{BPF,S}^X > \Delta \lambda_{BPF,F}^X$ 가 되도록 스펙트럼 대역폭으로 설계되며, 여기서 $\Sigma \Delta \lambda_{BPF,S}^X(1201)$ 는 행(X)에 대한 대역 통과 필터의 스펙트럼 대역폭의 합이며, $\Delta \lambda_{BPF,F}^X(1202)$ 는 행(X)에서 스펙트럼 조합된 레이저 다이오드에 대응하는 고속 축에서 다음 대역 통과 필터의 대역폭이다. 고속 축에서 행(X)을 조합하기 위해서, $\Delta \lambda_{BPF,F}^X \geq \Delta \lambda_{OC}/X$ 및 $\Sigma \Delta \lambda_{BPF,F}^X \geq \Sigma \lambda_{OC}$ 기준을 따르며, $\Delta \lambda_{BPF,F}^X(1203)$ 은 고속 축 대역 통과 필터의 대역폭의 합이며, $\Delta \lambda_{OC}(1204)$ 는 출력 커플러의 대역폭이다. 각각의 개별 레이저 다이오드에 대한 고유 레이저 파장을 보장하기 위해서, 각각의 행(X)에서 M 개의 개별 레이저 다이오드를 고려하고 $\lambda_c^{RE}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M}) > \lambda_c^{RE}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1})$, $\lambda_c^{RE}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1}) > \lambda_c^{RE}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-2})$ 등의 추가 제한사항을 따르며, 여기서 $\lambda_c^{RE}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M})(1205)$ 는 행(X)에서 저속 축 대역 통과 필터(M)의 상승 에지의 중심 파장이며, $\lambda_c^{RE}(\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1})(1206)$ 은 행(X)에서 저속 축 대역 통과 필터(M-1)의 상승 에지의 중심 파장 등이다. 또한 $\lambda_c(X*M) > \lambda_c(X*M-1) > \lambda_c(X*M-2)$ 등이 유지되며, 여기서 $\lambda_c(X*M)$ 은 레이저 다이오드(X*M)의 중심 파장이며, $\lambda_c(X*M-1)(1208)$ 은 레이저 다이오드(X * M-1)의 중심 파장 등이다. 추가 기준인 $\lambda_c(X*M-(M-1)) > \lambda_c((X-1)*M)$, $\lambda_c((X-1)*M-(M-1)) > \lambda_c((X-2)*M)$ 등이 또한 유지되어야 하며, 여기서 $\lambda_c(X*M-(M-1))$ 은 행(X)(1209)에서 최저 파장 레이저 다이오드의 중심 파장이며, $\lambda_c((X-1)*M)$ 은 행(X-1)(1210)에서 최저 파장 레이저 다이오드의 중심 파장이다.

[0078] 부가적으로, $\lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^X) > \lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-1}) > \lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-2})$ 등이 유지되며, 여기서 $\lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^X)(1211)$ 은 행(X)에 대한 고속 축 대역 통과 필터의 중심 파장이며, $\lambda_c(\Delta \lambda_{BPF,F}^{X-1})(1212)$ 는 행(X-1)에 대한 고속 축 대역 통과 필터의 중심 파장이다. 마지막으로, $\Sigma \Delta \lambda_{BPF,F} \geq \Delta \lambda_{OC}$ 이며, 여기서 $\Delta \lambda_{OC}(1204)$ 는 외부 레이저 공동에 대한 출력 커플러의 대역폭이다. 도 12에 도시된 바와 같이, $\lambda_c(X*M) > \lambda_c(X*M-1)$ 을 갖는 일련의 X*M 레이저 다이오드에 대해서, $\lambda_c(X*M)(1207)$ 은 $\Delta \lambda_{OC}(1213)$ 의 최고 파장 에지와 $\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M}(1214)$ 의 최저 파장 에지 사이에서 레이징될 것이며, $\lambda_c(X*M-1)(1208)$ 은 $\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M}(1214)$ 의 최저 파장 에지와 $\Delta \lambda_{BPF,S}^{X*M-1}(1215)$ 의 최저 파장 에지 사이 등에서 레이징될 것이다. 최종 매개변수는 $\lambda_c(1)(1216)$ 이 $\Delta \lambda_{BPF,S}^1(1217)$ 의 최고 파장 에지와 출력 커플러(1218)의 최저 파장 사이에서 레이징되는 것이다. 이러한 설계의 다른 반복은 고속 축이 먼저 조합된 스펙트럼 빔이이고 저속 축의 스펙트럼 빔 조합이 계속되게 하는 것이다.

[0079] 실시예에서, 조합된 레이저 빔의 휘도, 예를 들어 1307(여기서, 휘도는 조리개-발산 곱으로 나눈 조합된 전력으로 정의됨)은 레이저 조립체용 다이오드의 수집체, 예를 들어, 다이오드 어레이, 레이저 다이오드의 어레이, 레이저 다이오드 바, 또는 개별 칩의 수집체에 사용된 임의의 단일 다이오드보다 n 배("n" x) 더 밝다. 따라서, 조합된 빔은 약 1.5x, 약 10x, 약 25x, 약 50x, 약 150x, 약 300x, 약 1.5x 내지 약 300x, 약 100x 내지 약

150x 및 이들 범위 내의 모든 값일 뿐만 아니라, 레이저 다이오드 수집체에 사용되는 임의의 단일 레이저 다이오드보다 5 배 초과, 50 배 초과, 100 배 초과로 더 밝을 수 있다. 특히, 청색, 녹색, 청-녹색 및 가시 파장의 레이저 빔의 실시예에서는 이러한 n 배로 휘도가 증가한다.

[0080] 표 1은 2 차원 스펙트럼 빔 조합 구성에서 140 내지 2.5 W 레이저 다이오드로 달성될 수 있는 전력, 휘도 및 성능을 도시한다. 이러한 표는 빌딩 블록 350-와트 모듈을 기반으로 한 레이저 시스템의 전력 및 휘도가 섬유 조합기를 사용하여 멀티-kW 전력 레벨로 확장되어 공정 섬유로 시작되는 방법을 예시한다.

표 1

모듈	출력 전력	BPP (mm-mrad)
1	350	5
2	700	13
3	1050	14
4	1400	15
5	1750	17
6	2100	19
7	2450	19
8	2800	21
9	3150	23
10	3500	24
11	3850	25
12	4200	27
13	4550	27
14	4900	28
15	5250	29
16	5600	30
17	5950	31
18	6300	32

[0081]

[0082] 동일한 모듈은 또한, 휘도를 유지하지만 모듈 교체를 약간 더 복잡하게 하는 자유 공간에서 조합될 수 있다. 자유 공간 조합으로 달성될 수 있는 전력 및 빔 매개변수 값이 표 2에 나타나 있다.

표 2

출력 전력	공정 섬유 (마이크론)	BPP (mm-mrad)
350	45	5
700	90	9
1050	97	10
1400	109	11
1750	122	13
2100	135	14
2450	135	14
2800	149	16
3150	163	17
3500	172	18
3850	181	19
4200	191	20
4550	195	20
4900	203	21
5250	208	22
5600	216	23
5950	219	23
6300	230	24

[0083]

[0084] 다음 표는 각각의 장치가 대략 6.5 와트인 고전력 청색 레이저 다이오드를 사용하는 효과를 예시한다. 140 개 레이저 다이오드의 기본 모듈은 이제 약 900 W이며 이들 모듈은 섬유 조합기를 통해 조합되어 표 3에 나타난 바와 같이 고효율, 고회도 청색 레이저 다이오드 시스템을 구축한다.

표 3

모듈의 수	출력 전력	BPP (mm-mrad)
1	882	5
2	1,764	13
3	2,646	14
4	3,528	15
5	4,410	17
6	5,292	19
7	6,174	19
8	7,056	21
9	7,938	23
10	8,820	24
11	9,702	25
12	10,584	27
13	11,466	27
14	12,348	28
15	13,230	29
16	14,112	30
17	14,994	31
18	15,876	32

[0085]

[0086]

예

[0087]

다음의 예는 전자 저장 장치의 구성요소를 포함한 구성요소를 용접하기 위한 레이저 시스템을 포함하는 본 발명의 레이저 시스템 및 작동의 다양한 실시예를 예시하기 위해 제공된다. 이들 예는 예시를 위한 것이며, 예언적일 수 있으며, 본 발명의 범주를 제한하는 것으로 간주되지 않아야 하고 본 발명의 범주를 달리 제한하지도 않는다.

[0088]

예 1

[0089]

고출력, 고휘도 레이저 시스템의 실시예는 2 개의 개별적인 고출력 레이저 다이오드를 가진다. 다이오드는 약 2 W 내지 10 W일 수 있다. 바람직한 다이오드 레이저는 적외선에서 달성될 수 있는 < 100 마이크로미터의 스트라이프 폭을 갖는 10 와트이다. 청색 파장 범위의 다이오드는 40 마이크로미터의 스트라이프 폭을 갖는 약 2.5 W 내지 6.5 와트일 수 있다. 시스템은 개별 고출력 레이저 다이오드에 의해 공유되는 공통 외부 공동을 가진다. 시스템은 3 개, 4 개, 10 개, 12 개 이상의 레이저 다이오드를 갖도록 스케일링될 수 있다(예를 들어, 도 3). 각각의 고출력 레이저 다이오드로부터 평행 빔을 생성하기 위한 추가의 시준 광학기기가 있다. 시스템은 공통 외부 공동 내에 빔 조합 광학기기를 가지며, 이는 각각의 레이저 다이오드의 파장을 결정하고 각각의 레이저 다이오드는 공간에서 동일 선상에 있고 중첩되도록 정렬된다. 시스템은 시스템으로부터 레이저 소스의 공간 휘도를 제공하는데, 이는 휘도가 조리개-발산 곱으로 나눈 조합된 전력으로 정의되는 단일 레이저 다이오드의 휘도의 n 배이다. 레이저 다이오드에 대한 이용 가능한 이득 곡선을 완전히 채우는 2 차원 어레이는 단일 레이저 다이오드(예를 들어, 도 3)의 휘도의 30 배인 소스를 생성할 수 있다. 최초 30 개의 레이저 다이오드의 이득 스펙트럼 외부에서 다른 이득 스펙트럼을 갖는 레이저 다이오드를 선택함으로써 훨씬 더 높은 공간 휘도를 실현할 수 있으므로, 단일 장치의 공간 휘도의 2 내지 60 배 정도까지 레이저 다이오드 소스의 공간 휘도를 증가시킬 수 있다. 이는 원하는 레이저 소스의 최종 대역폭에 따라 넓은 범위로 확장될 수 있다. 실제 범위는 150x에 근접한 전체 공간 휘도 증가를 위해서 ~ 100 nm, 예를 들어 405 내지 505 nm이다.

[0090]

예 2

[0091]

외부 공동의 실시예에서, 빔 조합 광학기기는 대역 통과 필터에 대한 스펙트럼의 저역 통과 또는 고역 통과 단부의 에지에서 사용되는 한 세트의 광학 필터이다.

[0092]

예 3

[0093]

실시예 1의 시스템의 실시예에서, 외부 공동 레이저는 400 내지 500 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수의 곱으로 작동한다.

[0094]

예 4

- [0095] 실시예에서, 외부 공동 레이저는 500 내지 600 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1mm-mrad 이상의 빔 매개변수의 곱으로 작동한다.
- [0096] **예 5**
- [0097] 실시예에서, 외부 공동 레이저는 720 내지 800 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0098] **예 6**
- [0099] 실시예에서, 외부 공동 레이저는 800 내지 900 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0100] **예 7**
- [0101] 실시예에서, 외부 공동 레이저는 900 내지 1200 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0102] **예 8**
- [0103] 실시예에서, 외부 공동 레이저는 1200 내지 1120 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0104] **예 9**
- [0105] 실시예에서, 외부 공동 레이저는 1400 내지 1500 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0106] **예 10**
- [0107] 실시예에서, 외부 공동 레이저는 1500 내지 2200 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0108] **예 11**
- [0109] 실시예에서, (1)에 설명된 대역-간 캐스케이드 레이저에 기초한 외부 공동 레이저는 2200 내지 3000 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0110] **예 12**
- [0111] 실시예에서, (1)에 설명된 대역-간 캐스케이드 레이저에 기초한 외부 공동 레이저는 3000 내지 4000 nm 범위에서 > 1 와트의 출력 전력 및 0.1 mm-mrad 이상의 빔 매개변수 곱으로 작동한다.
- [0112] **예 13**
- [0113] 실시예에서, 시스템의 외부 공동은 한 세트의 볼륨 브래그 격자 필터인 빔 조합 광학기기를 가진다. 이들 필터는 매우 좁은 반사 스펙트럼을 가질 수 있고 동일한 성능을 달성하기 위해 이색성 조합기 접근법과 같은 두 개의 필터들 사이의 차이에 의존하지 않는다. 또한, 이들 브래그 격자는 단일 조각의 감광성 유리에 직접 기록될 수 있으며 개별 블록의 사후 연마 및 정렬의 필요성을 제거한다. 하나 이상의 볼륨 브래그 격자는 개별 레이저 다이오드로부터의 광학 스펙트럼의 일부분을 어레이의 이전 레이저 다이오드와 동일 선상에 있도록 재지향시킨다. 이러한 방식으로, 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 지향된 후의 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝으며, 여기서 N은 조합된 레이저 다이오드의 수이다. 이러한 방식으로 일련의 N 볼륨 브래그 격자에서, 볼륨 브래그 격자 N을 통한 최대 투과 지점은 레이저 다이오드 N의 최대 빔 편향을 동시에 제공하면서 N-1, N-2, N-3, ... 1st 레이저 다이오드의 레이징 스펙트럼의 N-1, N-2, N-3, ... 1st 피크와 일치한다. 본 실시예는 예 1 및 다른 예의 실시예에서 이용될 수 있다. 그 실시예가 도 1a에 도시된다.
- [0114] **예 14**
- [0115] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0116] **예 15**

- [0117] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0118] **예 16**
- [0119] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동한다.
- [0120] **예 17**
- [0121] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동한다.
- [0122] **예 18**
- [0123] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0124] **예 19**
- [0125] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0126] **예 20**
- [0127] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동한다.
- [0128] **예 21**
- [0129] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동한다.
- [0130] **예 22**
- [0131] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0132] **예 23**
- [0133] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0134] **예 24**
- [0135] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동한다.
- [0136] **예 25**
- [0137] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 반사 볼륨 브래그 격자(들)의 TM-모드에서 작동한다.
- [0138] **예 26**
- [0139] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 저속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0140] **예 27**
- [0141] 레이저 시스템, 예를 들어 예 13의 시스템의 실시예에서, 레이저 시스템은 방출된 레이저 다이오드 광의 고속 축 및 단일 조각 재료로 제조된 개별 투과 볼륨 브래그 격자(들)의 TE-모드에서 작동한다.
- [0142] **예 28**
- [0143] 시스템의 실시예에서, 시스템은 시준 후 레이저 다이오드 출력 광 전파 방향에 대해 최대 90°의 각도로 개별

레이저 다이오드로부터의 전력의 일부분을 재지향시키는 하나 이상의 광학 코팅을 가진다. 이러한 시스템에서, 근거리 장 및 원거리 장에서의 광 전파 방향은 광학 코팅(들)에 의해 재지향된 후 둘 이상의 개별 레이저 다이오드 사이에서 동일하다. 이러한 방식으로, 광학 코팅(들)에 의해 지향된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝으며, 여기서 N 은 조합된 레이저 다이오드의 수이다. 따라서 일련의 N 볼륨 브래그 격자에서, 광학 코팅 N 을 통한 최대 투과 지점은 레이저 다이오드 N 의 최대 빔 편향을 동시에 제공하면서 $N-1$, $N-2$, $N-3$, ... 1^{st} 레이저 다이오드의 레이징 스펙트럼의 $N-1$, $N-2$, $N-3$, ... 1^{st} 피크와 일치한다. 본 실시예는 도 1의 실시예를 포함한, 예 1 및 다른 예의 실시예에서 이용될 수 있다.

[0144] 예 29

실시예에서, 레이저 소스는 하나 이상의 볼륨 브래그 격자를 가진다. 광학 코팅(들)으로부터의 출력 광 방향은 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이다. 볼륨 브래그 격자(들) 및 광학 코팅(들)에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝으며, 여기서 N 은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며, C 는 광학 코팅(들)의 수이며, N/C 는 볼륨 브래그 격자에 의해 그룹으로 조합되는 개별 레이저 다이오드의 수이다. 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이다.

따라서, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭이 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 된다.

또한, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 된다.

[0148] 예 30

실시예에서, 시스템은 하나 이상의 광학 코팅을 가진다. 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향은 광학 코팅(들)으로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이다. 볼륨 브래그 격자(들) 및 광학 코팅(들)에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝으며, 여기서 N 은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며, B 는 볼륨 브래그 격자(들)의 수이며, N/B 는 광학 코팅에 의해 그룹으로 조합되는 개별 레이저 다이오드의 수이다. 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이다.

광학 코팅(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이다.

따라서, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭이 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 된다.

또한, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 된다.

또한, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 광학 코팅(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 광학 코팅(들)의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1}$

$\lambda_1 \geq \sum \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\sum \Delta \lambda_{M2})$ 등이 된다.

[0154] **예 30A**

[0155] 예 30의 실시예가 다른 예의 실시예에 이용된다.

[0156] **예 31**

[0157] 레이저 시스템의 실시예에서, 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향은 이전 볼륨 브래그 격자(들)로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이다. 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝으며, 여기서 N은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며, B는 볼륨 브래그 격자(들)의 수이며, N/B는 광학 1차 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 그룹으로 조합되는 개별 레이저 빔의 수이다.

[0158] 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이다. 2차 볼륨 브래그 격자(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이다.

[0159] 따라서, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 1차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고 1차 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭이 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 1차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 된다.

[0160] 또한, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 2차 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 2차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 된다.

[0161] 또한, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 볼륨 브래그 격자의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 1차 볼륨 브래그 격자의 전체 광학 대역폭이 $\sum \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \sum \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\sum \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 2차 볼륨 브래그 격자로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 1차 볼륨 브래그 격자의 전체 광학 대역폭이 $\sum \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \sum \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\sum \Delta \lambda_{M2})$ 등이 된다.

[0162] **예 31A**

[0163] 예 31의 실시예가 다른 예의 실시예에 이용된다.

[0164] **예 32**

[0165] 실시예에서, 레이저 시스템은 하나 이상의 광학 코팅(들)을 가진다. 광학 코팅(들)으로부터의 출력 광 방향은 이전 광학 코팅(들)로부터의 출력 광 방향에 대해 90° 이다. 광학 코팅(들)에 의해 조합된 후 개별 레이저 다이오드 빔의 전체 휘도는 개별 레이저 다이오드 빔의 휘도보다 N 배 더 밝으며, 여기서 N은 개별 레이저 다이오드 빔의 수이며, C는 광학 코팅(들)의 수이며, N/C는 광학 1차 광학 코팅(들)에 의해 그룹으로 조합되는 개별 레이저 빔의 수이다.

[0166] 1차 광학 코팅(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이다. 2차 광학 코팅(들)에 의해 조합된 레이저 다이오드의 각각의 개별 조합의 광학 대역폭은 상호 배타적이다.

[0167] 따라서, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 1차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $M = \Delta \lambda_M$ 이고 1차 광학 코팅의 광학 대역폭이 $M-1 = \Delta \lambda_{M-1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-1} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_M) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) \geq \Delta \lambda_{M-1}$ 이 되며, 1차 광학 코팅의 광학 대역폭은 $M-2 = \Delta \lambda_{M-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{M-2} = \Delta \lambda_M$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{M-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{M-2}) \geq \Delta \lambda_{M-2}$ 등이 된다.

[0168] 또한, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X = \Delta \lambda_X$ 이고, 2차 광학 코팅의 광학 대역폭은 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 로 되어, $\Delta \lambda_{X-1} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) \geq \Delta \lambda_{X-1}$ 이 되며, 2

차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭은 $X-2 = \Delta \lambda_{X-2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-2} = \Delta \lambda_X$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) - \lambda_c(\Delta \lambda_{X-2}) \geq \Delta \lambda_{X-2}$ 등이 된다.

[0169] 또한, 임의의 중심 청색 파장(λ_c)이 주어지면, 2차 광학 코팅의 광학 대역폭이 $X = \Delta \lambda_X$ 이고 1차 광학 코팅의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 로 되어 $\Delta \lambda_X \geq \Sigma \Delta \lambda_{M1}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_X) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M1})$ 이고, 2차 광학 코팅으로부터의 광학 대역폭이 $X-1 = \Delta \lambda_{X-1}$ 이고 1차 광학 코팅의 전체 광학 대역폭이 $\Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 로 되어 $\Delta \lambda_{X-1} \geq \Sigma \Delta \lambda_{M2}$ 및 $\lambda_c(\Delta \lambda_{X-1}) = \lambda_c(\Sigma \Delta \lambda_{M2})$ 등이 된다.

[0170] 예 32A

[0171] 예 32의 실시예가 다른 예의 실시예에 이용된다.

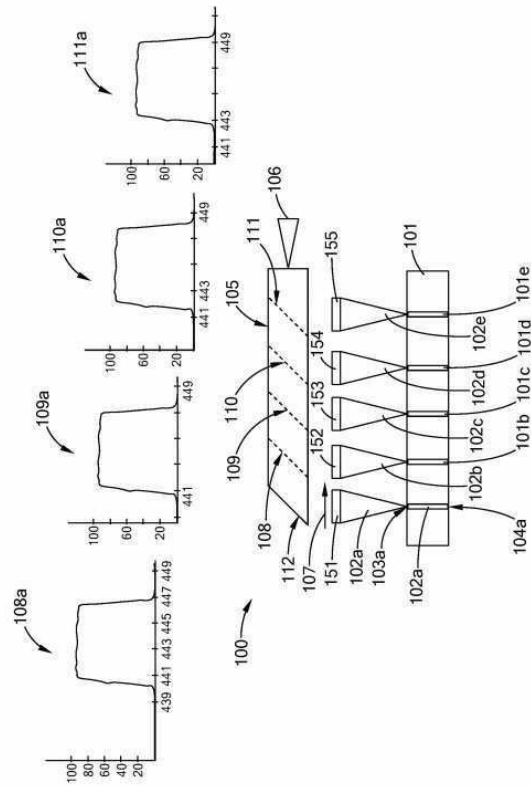
[0172] 본 발명의 실시예의 요지이거나 그와 관련된 신규하고 획기적인 공정, 시스템, 재료, 성능 또는 다른 유리한 특징 및 특성을 기초로 하는 이론을 제공하거나 다룰 필요는 없음에 유의한다. 그럼에도 불구하고, 본 기술분야의 기술을 더욱 발전시키기 위해 본 명세서에서 다양한 이론이 제공된다. 본 명세서에 제시된 이론은 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 청구된 발명에 제공되는 보호 범주를 어떤 식으로든 한정하거나 제한하거나 좁히지 않는다. 이들 이론은 본 발명을 활용하는데 요구되거나 실시되지 않는다. 본 발명은 본 발명의 방법, 물품, 재료, 장치 및 시스템의 실시예의 함수-특징을 설명하기 위한 신규한, 그리고 지금까지 공지되지 않은 이론으로 이어질 수 있으며; 나중에 개발된 그러한 이론은 본 발명에 제공된 보호 범주를 제한하지 않아야 함을 추가로 이해해야 한다.

[0173] 본 명세서에 기재된 시스템, 장비, 기술, 방법, 활동 및 작동의 다양한 실시예는 본 명세서에서 기재된 것에 추가하여 다양한 다른 활동 및 다른 분야에서 사용될 수 있다. 부가적으로, 이들 실시예는 예를 들어, 미래에 개발될 수 있는 다른 장비 또는 활동; 및 본 명세서의 교시에 기초하여 부분적으로 수정될 수 있는 기존의 장비 또는 활동과 함께 사용될 수 있다. 또한, 본 명세서에 기재된 다양한 실시예는 서로 상이하고 다양한 조합으로 사용될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 본 명세서의 다양한 실시예에서 제공된 구성은 서로 사용될 수 있으며; 본 발명에 제공된 보호 범주는 특정 실시예, 예, 또는 특정 도면의 실시예에 기재된 특정 실시예, 구성 또는 배열로 제한되지 않아야 한다.

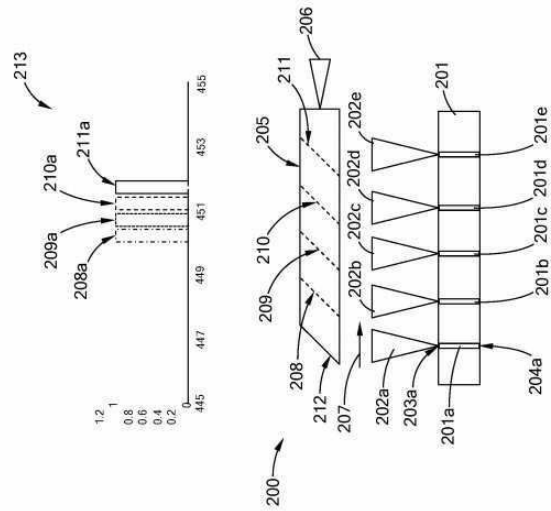
[0174] 본 발명은 본 발명의 사상 또는 본질적인 특징을 벗어나지 않고 본 명세서에 구체적으로 개시된 것과 다른 형태로 구현될 수 있다. 설명된 실시예는 모든 면에서 단지 예시적인 것이고 제한적이지 아닌 것으로 간주되어야 한다.

도면

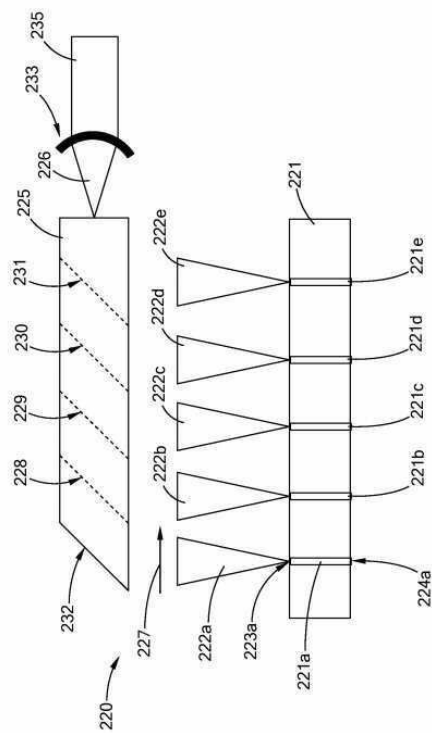
도면1



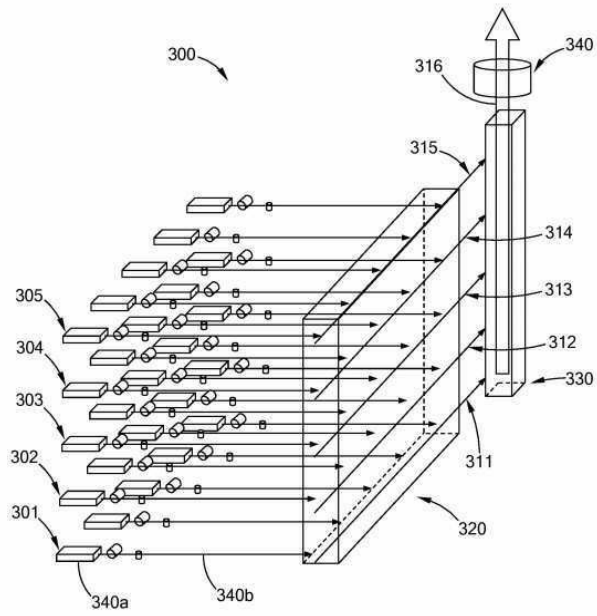
도면 1a



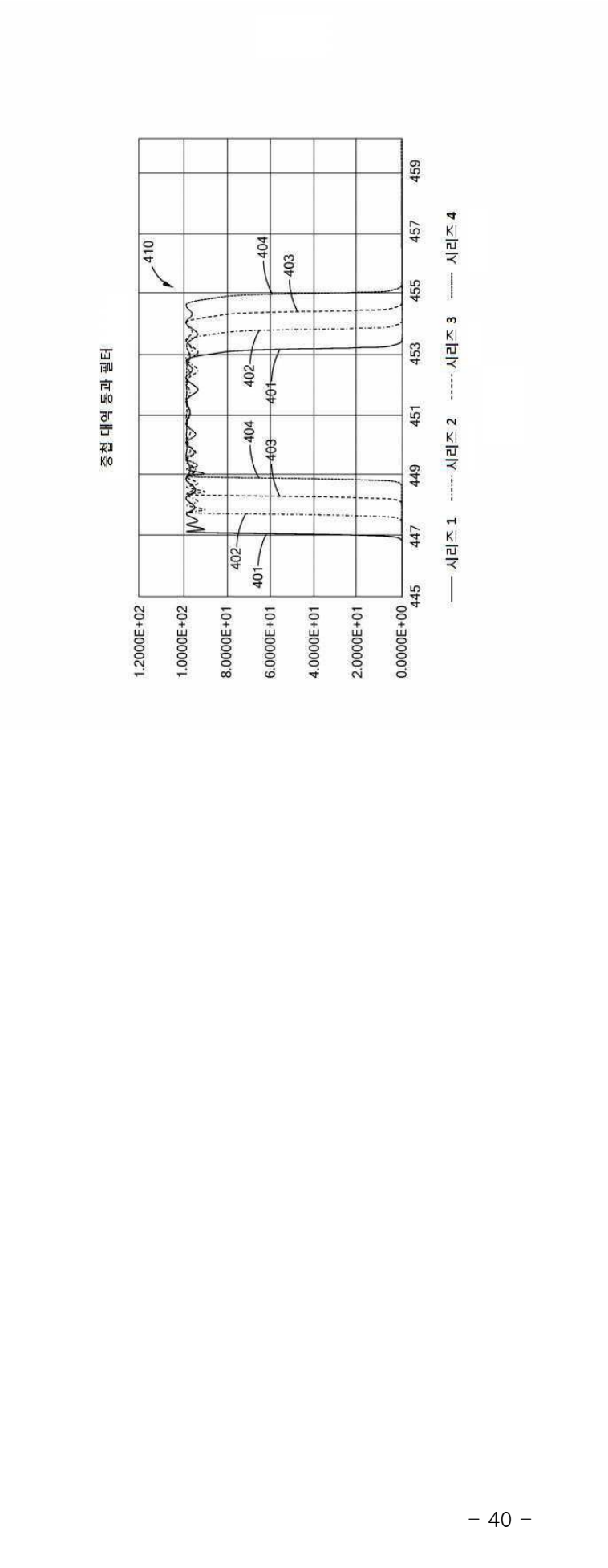
도면2



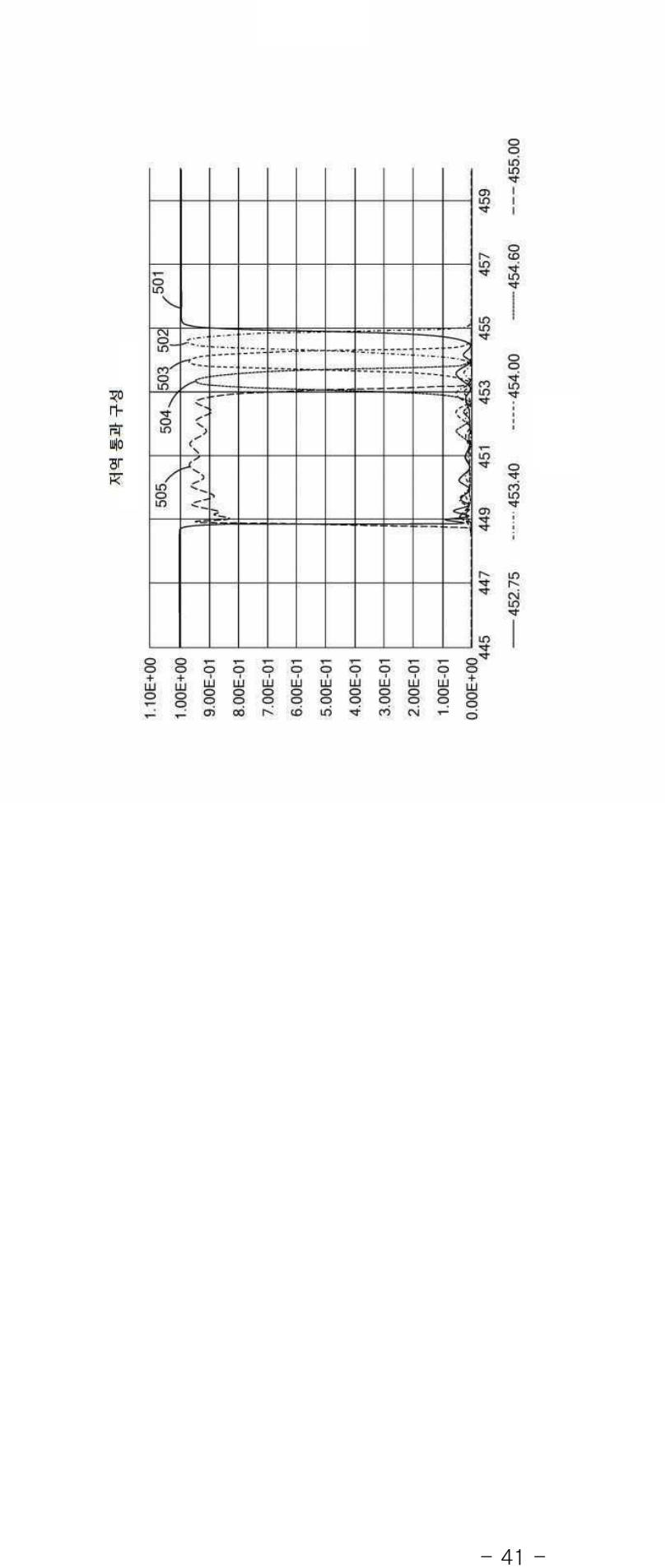
도면3



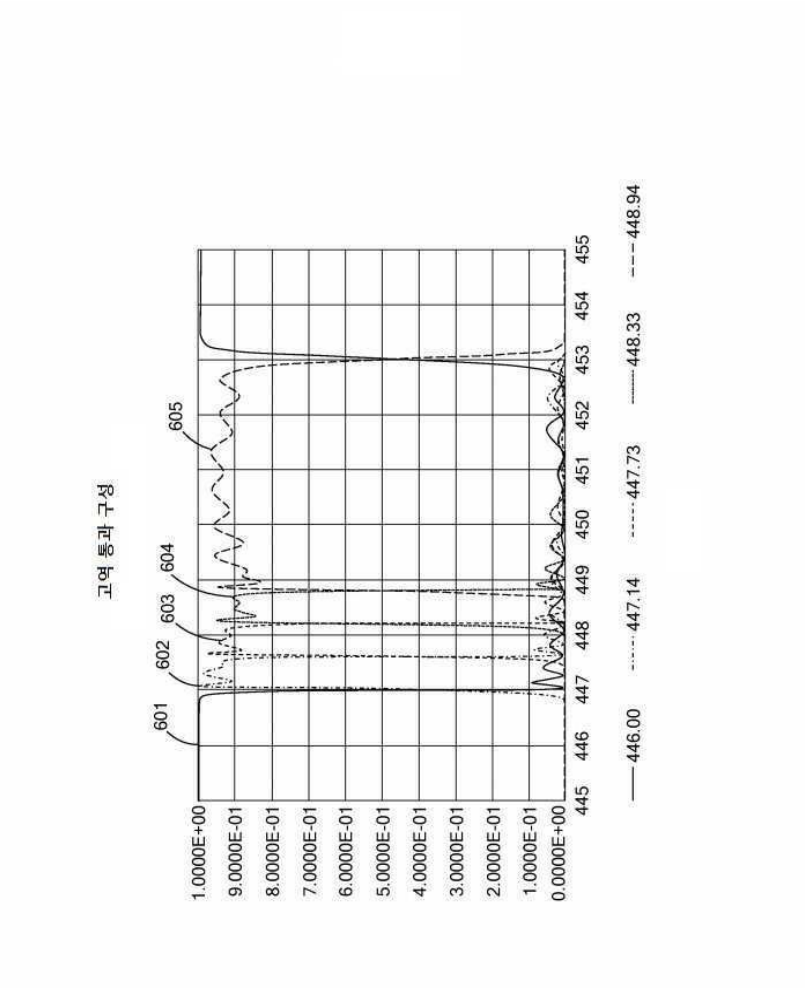
도면4



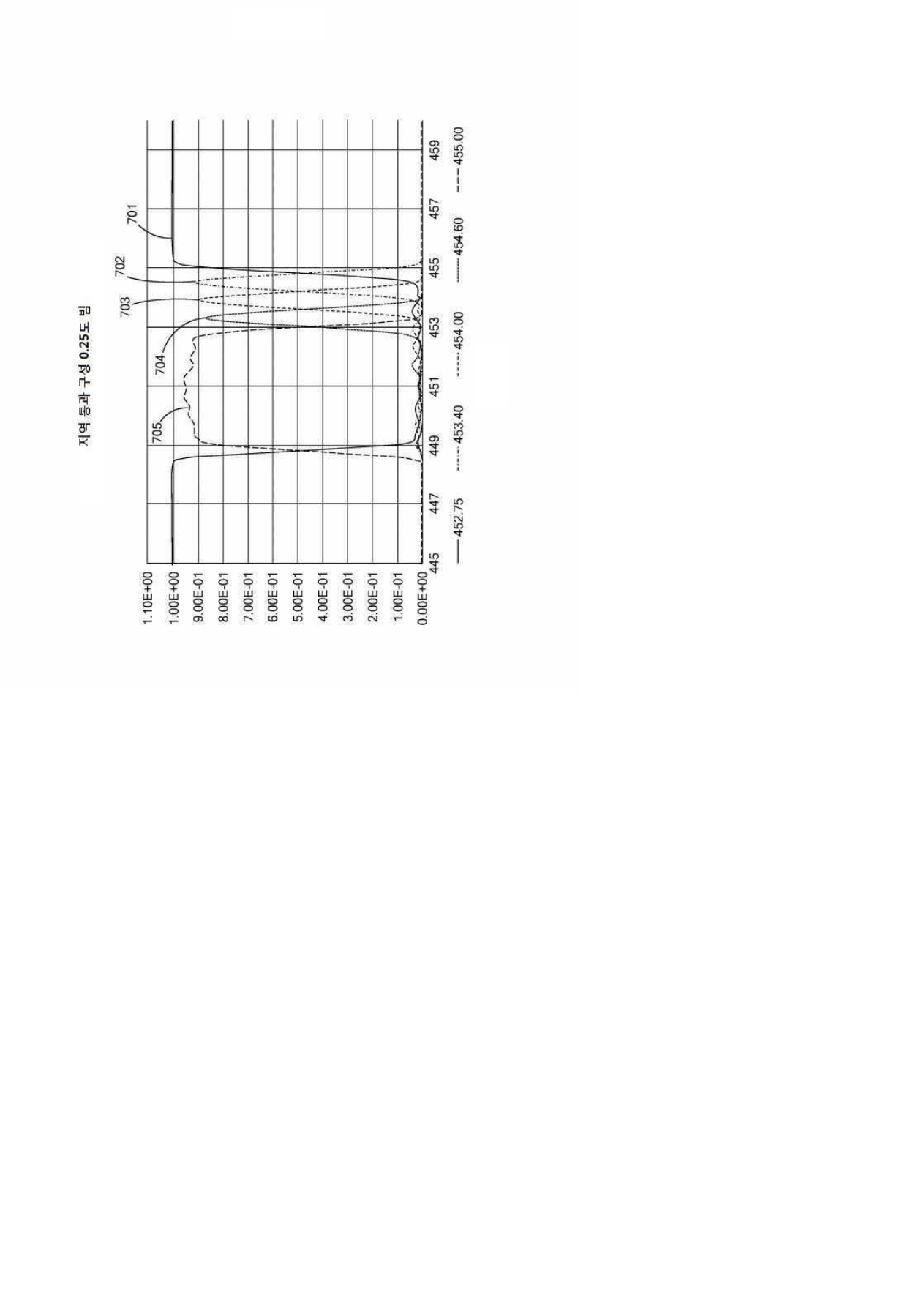
도면5



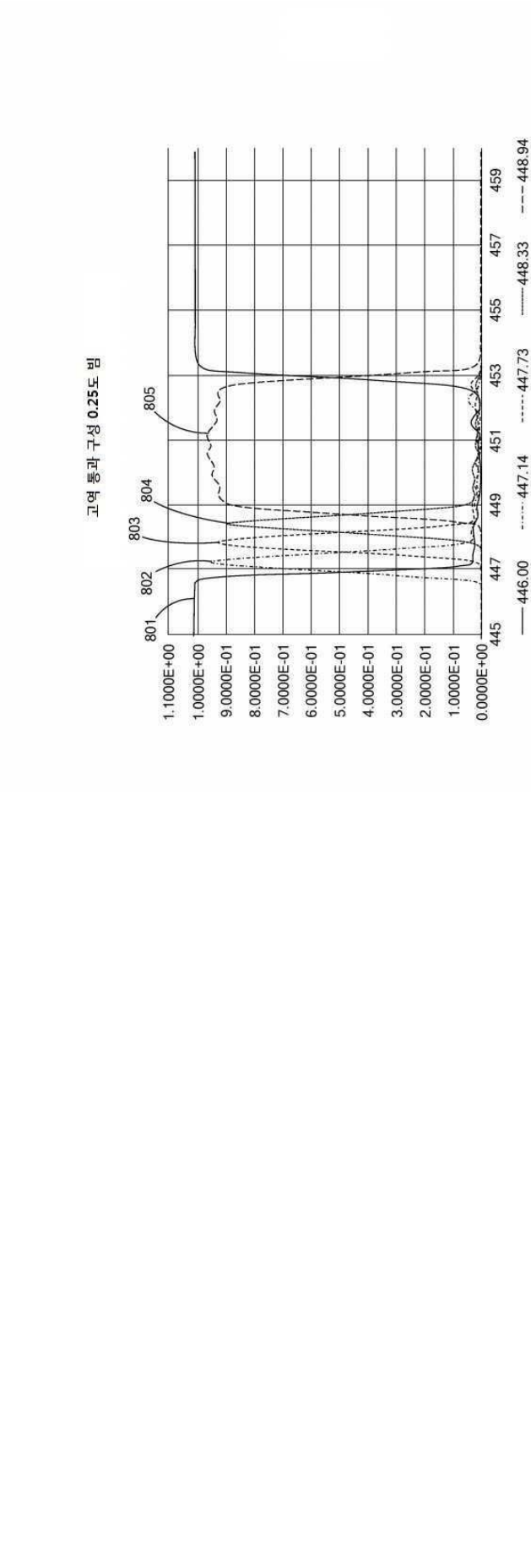
도면6



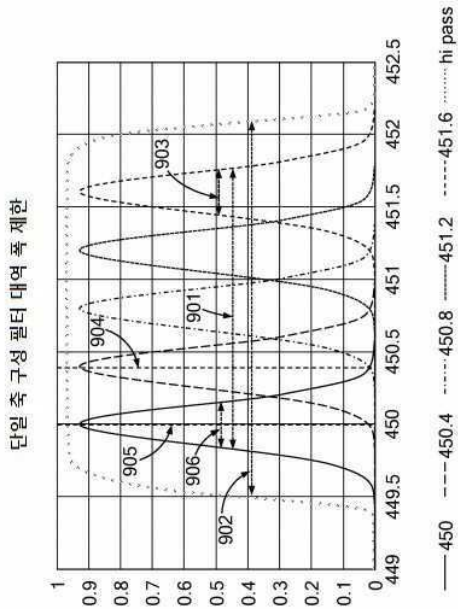
도면7



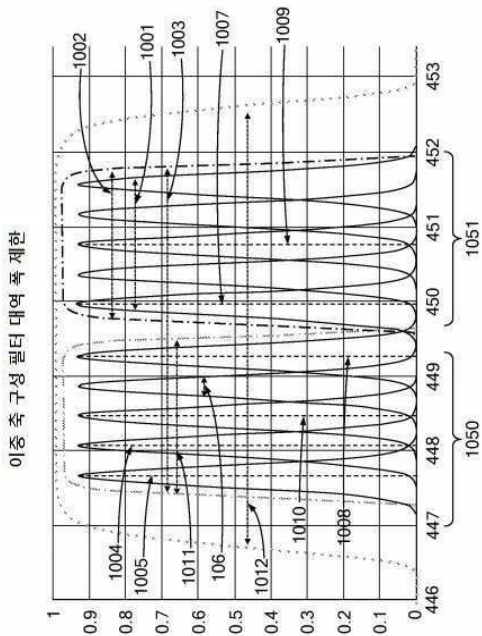
도면8



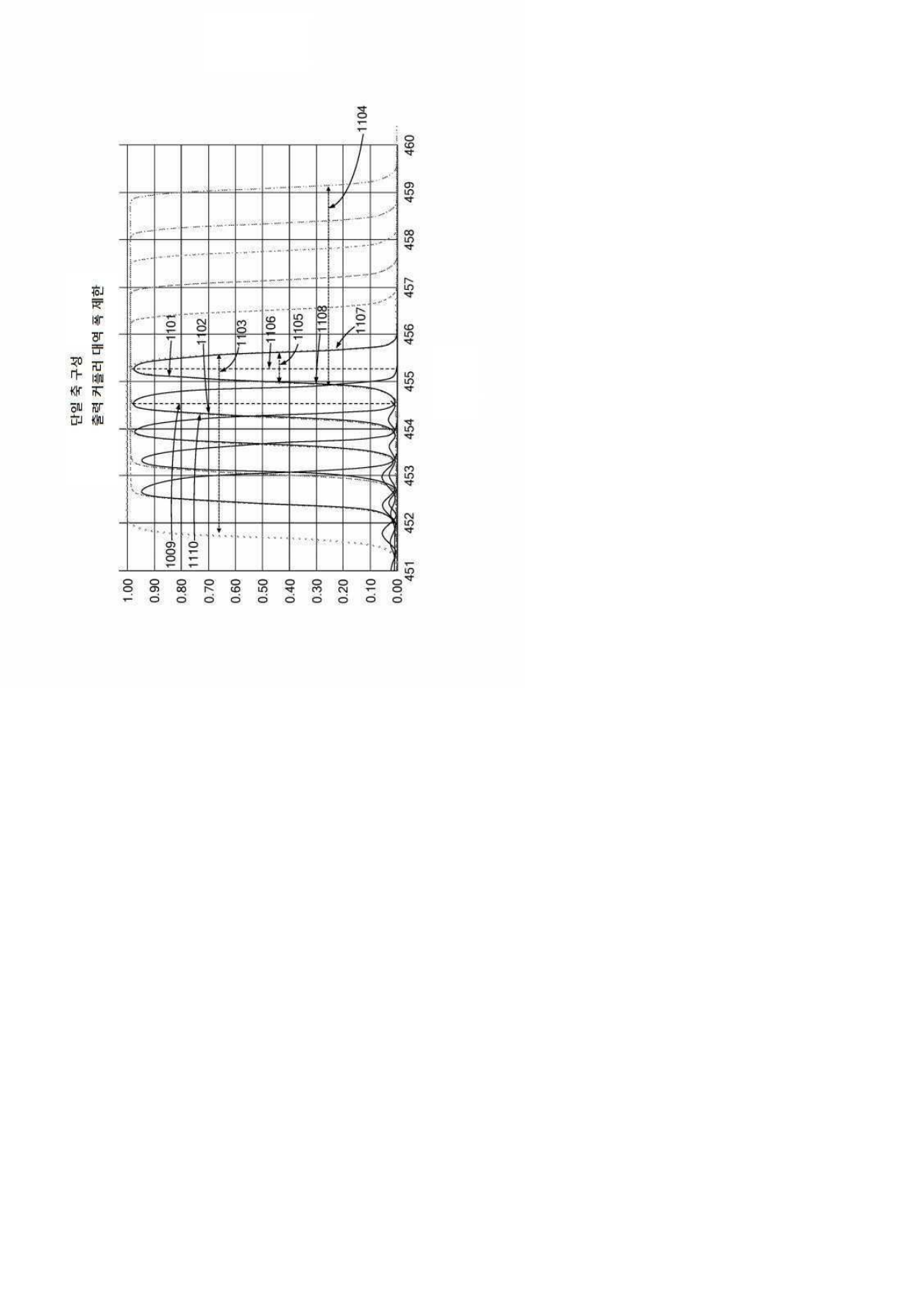
도면9



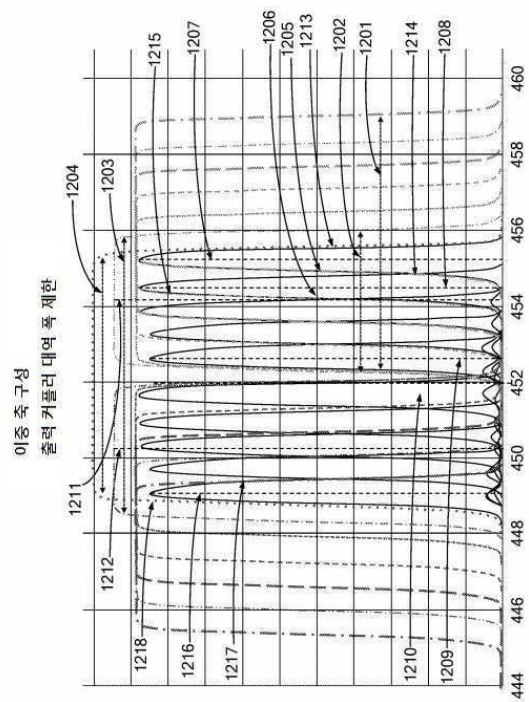
도면10



도면11



도면12



도면13

