

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7142227号  
(P7142227)

(45)発行日 令和4年9月27日(2022.9.27)

(24)登録日 令和4年9月15日(2022.9.15)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 1 S 3/08 (2006.01) H 0 1 S 3/08  
H 0 1 S 3/105(2006.01) H 0 1 S 3/105

請求項の数 27 (全17頁)

(21)出願番号	特願2020-565288(P2020-565288)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(86)(22)出願日	令和1年5月24日(2019.5.24)	(74)代理人	100106518 弁理士 松谷 道子
(65)公表番号	特表2021-525003(P2021-525003 A)	(74)代理人	100132241 弁理士 岡部 博史
(43)公表日	令和3年9月16日(2021.9.16)	(74)代理人	100183265 弁理士 中谷 剣一
(86)国際出願番号	PCT/IB2019/000650	(72)発明者	ブライアン・ロックマン アメリカ合衆国02143マサチューセツ州サマービル、ハーバード・ストリート9番
(87)国際公開番号	WO2019/224601	(72)発明者	マシュー・ソーター
(87)国際公開日	令和1年11月28日(2019.11.28)		
審査請求日	令和2年12月11日(2020.12.11)		
(31)優先権主張番号	62/676,041		
(32)優先日	平成30年5月24日(2018.5.24)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 角度調節を有する交換可能レーザ共振器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の入力ビームを、合成された出力ビーム内に合成するレーザシステムと共に使用するための発振器モジュールであって、

前記発振器モジュールは、前面を有し、

レーザビームソースと、

レーザビームを受けて、方向付ける屈折光学系と、

出力カプラと、

前記レーザシステムへ前記発振器モジュールを、取り外し可能に、かつ強固に連結する手段と、を備え、

前記屈折光学系または前記出力カプラの少なくとも1つは、前記前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である、発振器モジュール。

【請求項2】

前記屈折光学系及び前記出力カプラの両方が回転調節可能である、請求項1に記載の発振器モジュール。

【請求項3】

前記屈折光学系または前記出力カプラが回転調節可能である、請求項1に記載の発振器モジュール。

【請求項4】

前記出力カプラは、チップ/チルトマウント上で回転調節可能である、請求項1に記載

の発振器モジュール。

【請求項 5】

前記屈折光学系または前記出力カブラの少なくとも1つは、チップ/チルトマウント上で回転調節可能である、請求項1に記載の発振器モジュール。

【請求項 6】

前記屈折光学系は、前記直交座標軸の周りにおいて調節可能であるビームパスを形成する2つ以上のミラーを有する、請求項1に記載の発振器モジュール。

【請求項 7】

工作物上に光学照射を向けるレーザデリバリシステムであって、

前記システムは、

それぞれが前面を有し、入力ビームを発生させ、それぞれが出力カブラと、前記入力ビームを受けて、方向付ける屈折光学系とを有する複数の発振器モジュールと、  
前記複数の発振器モジュールのそれぞれを前記レーザデリバリシステムに取り外し可能に、かつ強固に連結する手段と、

発振器から前記入力ビームを受けて、そこから出力ビームを発生させるためのビーム合成光学系と、を備え、

前記複数の発振器モジュールのそれぞれ内において、前記屈折光学系または前記出力カブラの少なくとも1つは、発振器モジュールの前記前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である、レーザデリバリシステム。

【請求項 8】

それぞれの前記発振器モジュールの前記屈折光学系及び前記出力カブラの両方が回転調節可能である、請求項7に記載のシステム。

【請求項 9】

それぞれの前記発振器モジュールの前記屈折光学系または前記出力カブラが回転調節可能である、請求項7に記載のシステム。

【請求項 10】

それぞれの前記発振器モジュールの前記出力カブラは、チップ/チルトマウント上で回転調節可能である、請求項7に記載のシステム。

【請求項 11】

それぞれの前記発振器モジュールの前記屈折光学系または前記出力カブラの少なくとも1つは、チップ/チルトマウント上で回転調節可能である、請求項7に記載のシステム。

【請求項 12】

前記屈折光学系は、前記直交座標軸の周りにおいて調節可能であるビームパスを形成する2つ以上のミラーを有する、請求項7に記載のシステム。

【請求項 13】

前記屈折光学系または前記出力カブラの少なくとも1つの角度位置を調節するコントローラをさらに有する、請求項7に記載のシステム。

【請求項 14】

前記システムは、前記出力ビームのパラメータを検知するためのセンサをさらに有し、  
前記コントローラは、センサに反応し、前記センサからの信号に基づいて、前記屈折光学系または前記出力カブラの少なくとも1つの前記角度位置を調節する、請求項13に記載のシステム。

【請求項 15】

前記信号は少なくとも1つのビームパラメータを示す、請求項14に記載のシステム。

【請求項 16】

前記少なくとも1つのビームパラメータは、ビーム形状、スポット径、及び/または開口数である、請求項15に記載のシステム。

【請求項 17】

前記コントローラは、前記少なくとも1つのビームパラメータの目標値が達成されるまで、前記角度位置を調節し続けるように構成されている、請求項16に記載のシステム。

10

20

30

40

50

## 【請求項 18】

前記システムは、

分散要素上に前記入力ビームの集光させるための集光光学系と、

受けた集光されたビームを受けて、分散させる分散要素と、

分散されたビームを受けて、照射ビームとしてそこを通じて前記分散されたビームの第1部分を伝播させ、前記分散要素に戻すように前記分散されたビームの第2部分を反射させるように配置された部分的に反射性を有する出力カプラと、をさらに備え、

前記照射ビームは複数の波長から成る、請求項7に記載のシステム。

## 【請求項 19】

それぞれが前面を有し、入力ビームを形成する複数の発振器モジュールを備えるレーザーシステムを用いて、工作物を加工する方法であって、

10

前記複数の発振器モジュールのそれぞれは、出力カプラ、及び、任意に、前記入力ビームを受けて、方向付けるための屈折光学系を有し、

前記方法は、

発振器からの前記入力ビームを、出力ビーム内に合成する工程と、

前記出力ビームがビームパラメータの目標値を示すまで、発振器モジュールの前記前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて、前記複数の発振器モジュールのそれぞれの前記出力カプラを回転調節する工程と、

前記出力ビームを用いて前記工作物を加工する工程と、を有し、

前記発振器モジュールは、それぞれ、屈折光学系及び出力カプラを有する、方法。

20

## 【請求項 20】

前記ビームパラメータは、ビーム形状、スポット径、または開口数である、請求項19に記載の方法。

## 【請求項 21】

それぞれの前記発振器モジュールの前記屈折光学系及び前記出力カプラの両方が回転調節可能である、請求項19に記載の方法。

## 【請求項 22】

それぞれの前記発振器モジュールの前記屈折光学系または前記出力カプラが回転調節可能である、請求項19に記載の方法。

## 【請求項 23】

それぞれの前記発振器モジュールの前記屈折光学系または前記出力カプラの少なくとも1つが、チップ/チルトマウント上において、回転調節可能である、請求項19に記載の方法。

30

## 【請求項 24】

前記屈折光学系は、前記直交座標軸の周りにおいて調節可能であるビームパスを形成する2つ以上のミラーを有する、請求項19に記載の方法。

## 【請求項 25】

それぞれが前面を有し、入力ビームを形成する複数の発振器モジュールを備えるレーザーシステムを用いて、工作物を加工する方法であって、

前記複数の発振器モジュールのそれぞれは、出力カプラ、及び、任意に、前記入力ビームを受けて、方向付けるための屈折光学系を有し、

40

前記方法は、

発振器からの前記入力ビームを、出力ビーム内に合成する工程と、

前記出力ビームがビームパラメータの目標値を示すまで、発振器モジュールの前記前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて、前記複数の発振器モジュールのそれぞれの前記出力カプラを回転調節する工程と、

前記ビームパラメータは、ビーム形状、スポット径、または開口数であって、

前記出力ビームを用いて前記工作物を加工する工程と、を有する、方法。

## 【請求項 26】

工作物上に光学照射を向けるレーザーデリバリシステムであって、

50

前記システムは、

それぞれが前面を有し、複数の波長から成る入力ビームを発生させ、それぞれが、( i )それぞれがビームを照射する複数のレーザ発振器と、( i i )分散要素上に前記ビームの集光させるための集光光学系と、( i i i )受けた集光されたビームを受けて、分散させる分散要素と、( i v )分散されたビームを受けて、入力ビームとしてそこを通じて前記分散されたビームの第 1 部分を伝播させ、前記分散要素に戻すように前記分散されたビームの第 2 部分を反射させるように配置された部分的に反射性を有する出力カプラと、を備える複数の発振器モジュールと、

前記複数の発振器モジュールのそれぞれを前記レーザデリバリシステムに取り外し可能に、かつ強固に連結する手段と、

発振器から前記入力ビームを受けて、そこから出力ビームを発生させるためのビーム合成光学系と、を備え、

前記複数の発振器モジュールのそれぞれ内において、前記出力カプラは、発振器モジュールの前記前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である、レーザデリバリシステム。

#### 【請求項 27】

工作物上に光学照射を向けるレーザデリバリシステムであって、

前記システムは、

それぞれが前面を有し、入力ビームを発生させ、それぞれが出力カプラを有する複数の発振器モジュールと、

前記複数の発振器モジュールのそれぞれを前記レーザデリバリシステムに取り外し可能に、かつ強固に連結する手段と、

発振器から前記入力ビームを受けて、そこから出力ビームを発生させるためのビーム合成光学系と、を備え、

前記複数の発振器モジュールのそれぞれ内において、前記出力カプラは、発振器モジュールの前記前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能であり、

前記ビーム合成光学系は、

分散要素上に前記入力ビームの集光させるための集光光学系と、

受けた集光されたビームを受けて、分散させる分散要素と、

分散されたビームを受けて、出力ビームとしてそこを通じて前記分散されたビームの第 1 部分を伝播させ、前記分散要素に戻すように前記分散されたビームの第 2 部分を反射させるように配置された部分的に反射性を有する出力カプラと、をさらに備え、

前記出力ビームは複数の波長から成る、レーザデリバリシステム。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

( 関連出願 )

本出願は、2018年5月24日に出願された、米国仮特許出願第62/676,041号に基づく利益及び優先権を主張し、その開示の全体は、参照によって本明細書に組み込まれる。

#### 【0002】

様々な実施の形態において、本発明はレーザシステムに関し、特に、交換可能な共振器を有する高パワーレーザシステムに関する。

#### 【背景技術】

#### 【0003】

高パワーレーザシステムは、溶接、切断、穴あけ加工及び材料加工等、様々な工業的用途において使用されている。このようなレーザシステムは、一般的に、レーザ発振器と、光学システムとを含み、レーザ発振器からのレーザ光は光ファイバ(または、単に「ファイバ」)内に結合され、光学システムは加工される工作物上にファイバからのレーザ光を集光させる。波長合成技術(WBC)は、レーザダイオード、レーザダイオードバー、ダ

10

20

30

40

50

イオードバーのスタック、または1または2次元アレーに配置された他のレーザからの出力パワー及び輝度を調節するための技術である。発振器のアレーの1または両方の次元に沿ってビームを合成するWBC方法が開発された。一般的なWBCシステムは、マルチ波長ビームを形成するため分散要素を用いて合成される1つまたは複数のダイオードバー等、複数の発振器を含む。WBCシステム内の各発振器は個別に共振し、ビーム合成の次元に沿って分散要素によりフィルタされ、共通的部分的に反射性を有する出力カブラからの波長特性を有するフィードバックを通じて安定化される。例示的なWBCシステムは、米国特許第6,192,062号と、米国特許第6,208,679号と、米国特許第8,670,180号と、及び米国特許第8,559,107号と、において説明され、各出願の開示の全体は、参照によって本明細書に組み込まれる。

10

#### 【0004】

あるマルチ発振器構成において、個別の発振器は、別々に取り外され、交換されてもよい。例えば、高パワーレーザシステムは、それぞれ少なくとも1つのレーザソース、例えば、1つまたは複数のダイオードに基づいたソースを含む、複数の個別に交換可能な発振器モジュールを特徴としてもよい。発振器モジュールは、エンドユーザによって、「現場にて」、システムから取り外され、交換されてもよい。しかし、発振器モジュールの交換は、新しいモジュールの正しい位置合わせを要する。多くの高パワーレーザシステムは、レーザ位置合わせに適していない清潔でない環境において使用される。よって、現場での位置合わせが実用的でない場合、発振器モジュールの製造の際に、許容範囲内で位置合わせが保証されている必要がある。それは難しいことだが、レーザ共振器の間のビームポインティング (pointing) 及びビーム位置の変動をある臨界レベル以下に低減させることができる場合、さらなる調節を伴わずに、合成システム内で発振器モジュールは交換可能となる。

20

#### 【発明の概要】

#### 【0005】

発振器モジュールは、レーザソースまたは共振器モジュールとも呼ばれ、本発明の実施の形態に基づいて、電氣的及び光学的界面を含んでもよい。電氣的及び光学的界面は、モジュールからの個別のビームが単一出力ビームに合成される(及び、ある実施の形態において、光ファイバ内に結合される)ビーム合成エンクロージャ上の補完的な特徴と係合する。これらの光学的及び電氣的界面は、もし必要であるとすれば最小量のソース位置合わせを伴った、入力レーザソースの簡単な交換を容易にする。発振器モジュールは、出力ビームを形成するために入力ビームが合成されるエンクロージャ内またはその上に配置された入力容器内に挿入可能であっても、及び入力容器と係合してもよい。

30

#### 【0006】

発振器モジュールは、レーザソースと、(a)屈折光学系、(b)出力カブラ、または(c)屈折光学系及び出力カブラの両方を含む。このいずれかまたはこの両方は、2軸回転を容易にするマウント上に配置されてもよい。マウントは、例えば、従来の回転調節可能な「チップ/チルト」マウント、またはジンバル (gimbal) 配置であってもよい。屈折光学系の場合、光学系自体または光路が調節されてもよく、即ち、光学系はチップ/チルトマウント上にあってもよいし、または光学系はそれぞれチップ/チルトマウント上のミラーのペアと交換されてもよい。様々な実施の形態において、出力カブラは、部分的に反射性を有し、発振器モジュールからの出力ビームのある部分の照射、及び元のビーム発振器へ戻す出力ビームの他の部分の反射を容易にし、よって、発振器モジュール内において外部キャビティ照射を発生させる。

40

#### 【0007】

本発明の実施の形態に基づいて形成された出力ビームは、工作物を加工するために使用されてもよく、よって、単に表面を光でプローブ (probe) する光学技術 (例えば、反射率測定) とは対照的に、工作物の表面は物理的に変更され、及び/または表面上または表面内にある特徴が形成される。本発明の実施の形態に基づいた例示的加工は、切断、溶接、穴あけ加工、及びはんだ付けを含む。本発明の様々な実施の形態は、レーザビームから

50

の照射で工作物の表面の全体または実質的に全体を照らさず、1つまたは複数の点において、または1次元の直線または曲線の加工パスに沿って、工作物を加工してもよい。このような1次元のパスは、複数のセグメントによって構成されてもよく、それぞれは直線または曲線であってもよい。

**【0008】**

よって、第1態様において、本発明は、複数の入力ビームを、合成された出力ビームに合成するため、レーザシステムと共に使用するための発振器モジュールに係る。様々な実施の形態において、発振器モジュールは、前面を有し、レーザビームソースと、出力カブラと、発振器モジュールをレーザシステムに取り外し可能かつ強固に連結する手段と、を有し、出力カブラは、前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である。ある実施の形態においては、発振器モジュールは、レーザビームを受けて方向付けるための屈折光学系をさらに含み、屈折光学系及び/または出力カブラは、前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である。例えば、屈折光学系及び/または出力カブラはチップ/チルトマウント上で回転調節可能であってもよい。あるいは、レーザビームは、ビームパスに沿った屈折光学系を通じて透過してもよく、ビームパスは、ミラーのペアによって、直交座標軸の周りにおいて調節可能であってもよい。

10

**【0009】**

他の態様において、本発明は、複数の入力ビームを、合成された出力ビームに合成するため、レーザシステムと共に使用するための発振器モジュールに関する。様々な実施の形態において、発振器モジュールは前面を有し、レーザビームソースと、レーザビームを受けて方向付けるための屈折光学系と、出力カブラと、発振器モジュールをレーザシステムに取り外し可能かつ強固に連結する手段と、を有し、屈折光学系及び/または出力カブラは、前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である。

20

**【0010】**

さらに他の態様において、本発明は、工作物上に光学照射を向けるためのレーザデリバリシステムに関する。様々な実施の形態において、システムは、それぞれ前面を有し、入力ビームを発生させる複数の発振器モジュールを有し、それぞれの発振器モジュールは出力カブラを有し、さらに、システムは、レーザデリバリシステムにそれぞれの発振器モジュールを取り外し可能にかつ強固に連結させる手段と、発振器からの入力ビームを受けて、そこから出力ビームを発生させるビーム合成光学系と、を有する。それぞれの発振器モジュール内において、出力カブラは、発振器モジュールの前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である。

30

**【0011】**

様々な実施の形態において、それぞれの発振器モジュールは、入力ビームを受けて方向付けるための屈折光学系をさらに有し、屈折光学系及び/または出力カブラは、関連した発振器モジュールの前面と平行な直交座標軸のペアの周りにおいて回転調節可能である。例えば、屈折光学系及び/または出力カブラは、チップ/チルトマウント上で回転調節可能であってもよい。あるいは、それぞれの発振器モジュールの入力ビームは、ミラーのペアによって直交座標軸の周りにおいて調節可能なビームパスに沿った関連した屈折光学系を透過してもよい。

40

**【0012】**

ある実施の形態においては、レーザデリバリシステムは、屈折光学系または出力カブラの少なくとも1つの角度位置を調節するためのコントローラをさらに有する。システムは、出力ビームのパラメータを検知するためのセンサをさらに含んでもよく、コントローラはセンサに反応して、そこからの信号に基づいて、屈折光学系または出力カブラの少なくとも1つの角度位置を調節する。信号は、少なくとも1つのビームパラメータ、例えば、ビーム形状、スポット径及び/または開口数を示してもよい。コントローラは、少なくとも1つのビームパラメータの目標値が達成されるまで、角度位置を調節し続けるように構成されてもよい。

**【0013】**

50

様々な実施の形態において、レーザデリバリシステムは、分散要素上に入力ビームを集光させるための集光光学系と、受けた集光ビームを受けて分散させる分散要素と、分散されたビームを受けて、照射ビームとしてそこを通じて分散ビームの第1部分を透過させて、分散要素に向かって分散ビームの第2部分を戻すように反射させるように配置された部分的に反射性を有する出力カブラと、をさらに有する。照射ビームは、複数の波長から構成されている。

**【0014】**

本発明のさらなる他の態様は、それぞれ前面を有し、入力ビームを発生させる複数の発振器モジュールを有するレーザシステムを用いて工作物を加工する方法に関する。それぞれの発振器モジュールは、出力カブラを有し、選択的に、入力ビームを受けて方向付けるための屈折光学系を有する。様々な実施の形態において、方法は、発振器からの入力ビームを、出力ビームに合成する工程と、出力ビームがビームパラメータの目標値を表示するまで発振器モジュールの前面と平行な直交座標軸のペアの周りで、それぞれの発振器モジュールの出力カブラを回転調節する工程と、出力ビームを用いて工作物を加工する工程と、を有する。

10

**【0015】**

様々な実施の形態において、発振器モジュールは、それぞれ屈折光学系及び出力カブラを有する。ビームパラメータは、ビーム形状、スポット径または開口数であってもよい。それぞれの発振器モジュールの屈折光学系及び/または出力カブラは、例えば、チップ/チルトマウント上で、回転調節可能であってもよい。ある実施の形態においては、それぞれの発振器モジュールの入力ビームは、ミラーのペアによって直交座標軸の周りにおいて調節可能なビームパスに沿って、関連した屈折光学系を透過する。

20

**【0016】**

本明細書にて使用されるように、用語「略」、「約」、「おおよそ」及び「実質的に」は、 $\pm 10\%$ を意味し、ある実施の形態では $\pm 5\%$ を意味する。本明細書における「1つの例示」、「ある例示」、「1つの実施の形態」または「ある実施の形態」に対する参照は、その例示に関連して説明されるある特徴、構造または性質は、当該技術の少なくとも1つの例に含まれていることを意味する。よって、本明細書の様々な箇所における、文言「1つの例示において」、「ある例示において」、「1つの実施の形態」または「ある実施の形態」の記載は、必ずしも同じ例示を示すものでない。さらに、特定の特徴、構造、規則、工程または性質は、当該技術の1つまたは複数の例示において、いずれかの適切な方法で組み合わせられてもよい。本明細書にて設けられている題目は、便宜上に設けたものであり、特許請求の範囲に記載した技術の範囲または意味を限定または解釈することは意図されたものではない。用語「実質的に構成する」は、本明細書にて特に定義されない限り、機能に貢献する他の材料を排除することを意味する。しかしながら、このような他の材料は、併せてまたは個別に、微量で存在してもよい。本明細書にて、用語「放射線」及び「光」は、特に断りのない限り、置換可能に使用されている。本明細書にて、「下流」または「光学的に下流」は、光ビームが第1要素に当たった後に当たる第2要素の相対的位置を示すように使用され、第1要素は第2要素に対して「上流」または「光学的に上流」である。本明細書にて、2つの要素の間の「光学的距離」は光ビームが実際に移動する2つの要素の間の距離であり、光学的距離は、2つの要素の間の物理的距離であってもよいが、例えば、ミラーからの反射、または1つの要素から他の要素に移動する光が経験する伝播方向における他の変更によって、必ずしもそうでない。本明細書にて使用される「距離」は、特に記載がない限り、「光学的距離」であるとみなされてもよい。

30

40

**【0017】**

図面において、類似の参照記号は、一般的に、異なる図面を通じて同一の部品を示す。さらに、図面は必ずしも縮尺があっているものでなく、一般的に、本発明の原理を示すことが強調されている。後続の説明において、本発明の様々な実施の形態は、後続の図面に対する参照と共に説明される。

**【図面の簡単な説明】**

50

## 【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 図 1 A はレーザ共振器及び関連した光学系の従来のアレーの概略図、図 1 B は本発明の実施の形態に関連する特定のビーム角度を示し、図 1 A に示すファイバ光学モジュールの拡大概略図

【 図 2 】 本発明の実施の形態に係るレーザ共振器ユニットの概略図

【 図 3 】 本発明の実施の形態に係るレーザ共振器ユニット内及び／またはレーザ共振器ユニットを用いてレーザビームを形成するように使用可能な波長合成技術の概略図

【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 9 】

本発明の実施の形態に係るレーザデバイスは、高輝度、低ビームパラメータ積 ( B P P ) レーザシステムを形成するために W B C システム内で使用されてもよい。 B P P は、レーザビームの発散角 ( 半角 ) と最も狭い点におけるビームの半径 ( 即ち、ビームウェスト、最小スポット径 ) との積である。 B P P はレーザビームの品質、及びどの程度小さいスポットに集光できるかを定量化し、一般的にミリメートル - ミリラジアン ( m m - m r a d ) の単位で表記される。ガウスビームは、レーザ光の波長を で割ることで得られる、取り得る最も低い B P P を有する。同じ波長における理想的なガウスビームに対する実際のビームの B P P の比は、 $M^2$  または「ビーム品質因子」と示され、波長から独立したビーム品質の基準であり、「最高」の品質は「最小」のビーム品質因子である 1 に対応する。

10

## 【 0 0 2 0 】

本明細書にて、高い熱伝導率を示すと特徴付けられた材料、または「熱伝導性材料」と特徴付けられた材料は、少なくとも 1 メートル当たり、1 ケルビン当たり 1 0 0 ワット (  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  )、少なくとも 1 7 0  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ 、または少なくとも 3 0 0  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$  の熱伝導率を有する。本明細書にて、高い電気伝導率を示すと特徴付けられた材料、または「電気伝導性材料」と特徴付けられた材料は、例えば、2 0 ° C において、少なくとも 1 メートル当たり  $1 \times 1 0^5$  ジーメン (  $S / m$  )、少なくとも  $1 \times 1 0^6$   $S / m$ 、または少なくとも  $1 \times 1 0^7$   $S / m$  の電気伝導性を有する。本明細書にて、高い電気抵抗率を示すと特徴付けられた材料、または「電気絶縁性材料」と特徴付けられた材料は、少なくとも  $1 \times 1 0^8$  オームメートル (  $\cdot m$  )、少なくとも  $1 \times 1 0^{10}$   $\cdot m$ 、または少なくとも  $1 \times 1 0^{12}$   $\cdot m$  の電気抵抗率を有する。

20

## 【 0 0 2 1 】

当業者に知られているように、レーザは、誘導放出によって可視光または可視光以外の光を発生させる装置として一般的に定義される。レーザは、上述したような様々な用途において、便利になるような性質を一般的に有する。一般的なレーザの種類は半導体レーザ ( 例えば、レーザダイオード及びダイオードバー )、固体レーザ、ファイバレーザ、及びガスレーザを含む。レーザダイオードは、フォトン ( 光 ) の放出を促進する簡易なダイオード構造に、一般的に基づいている。しかしながら、効率、パワー、ビーム品質、輝度、同調性等を向上させるためには、この簡単な構造が、多くの実用的な種類のレーザダイオードを提供するために、一般的に改造される。レーザダイオードの種類は、高いビーム品質を有するビームで、数ミリワットから約半ワットの出力パワーを発生させる小さいエッジ発光の種類を含む。ダイオードレーザの構造的種類は、高いバンドギャップを有する 2 つの層の間に低いバンドギャップの材料を有する層が挟まれている、二重のヘテロ構造レーザ；レーザのエネルギーの高効率及び量子化をもたらし極めて薄い中間 ( 量子井戸 ) 層を含む量子井戸レーザ；利得性質を向上させるために 1 つより多くの量子井戸層を含む複数量子井戸レーザ；より高い効率を有する量子井戸レーザを形成するために中間層をワイヤまたはドットで交換する量子ワイヤまたは量子シー ( sea ) ( ドット ) レーザ；量子層の厚みを変更することで同調することができる比較的長い波長におけるレーザ動作を可能とする量子カスケードレーザ；最も一般的な商業的レーザダイオードであって、発生させた光を効率よく閉じ込めるために、量子井戸層の上下において他の 2 つの層を含む、分離閉じ込めヘテロ構造レーザ；過酷な光学通信用途で一般的に使用され、利得領域に単一の波

30

40

50

長を戻すように反射させることで、製造中に規定された安定した波長を発生させることを容易にする統合された回折格子を含む、分布帰還型レーザ；そのエッジではなくその表面から光が照射されるという点において他のレーザダイオードとは異なる構造を有する垂直共振器面発光レーザ（VCSELs）；主に二重ヘテロ構造ダイオードを使用する同調可能レーザであり、回折格子または複数プリズム回折格子配置を含む、外部垂直共振器面発光レーザ（VECSELs）及び外部共振器ダイオードレーザ；を含む。外部共振器ダイオードレーザは、多くの場合において、波長同調可能であり、小さい放出幅（emission linewidth）を示す。レーザダイオード種類は、様々な高パワーダイオードに基づくレーザも含み、横長出力面を有し得るマルチモードダイオードに特徴付けられ、一般的に低いビーム品質を有するが数ワットのパワーを発生させるブロードエリア型レーザ；ブロードエリア型レーザと比較すると、向上したビーム品質及び輝度を示す傾斜された出力面を有する乱視モードダイオードに特徴付けられたテーパレーザ；楕円形の出力面を有する楕円モードダイオードに特徴付けられたリッジ導波路レーザ；出力面を有する円形モードダイオードに特徴付けられ、略円形のプロファイルを有する回折限定ビームにおいてワットレベルの出力を発生させることができるスラブ結光導波路レーザ（SCOWL）を含む。

#### 【0022】

ダイオードレーザバーは、半導体レーザの種類であり、ブロードエリア型発振器の1次元アレーを含む、または、代替的に、例えば、10 - 20個の細いストライプ発振器を含むサブアレーを含む。ブロードエリア型ダイオードバーは、一般的に、例えば、19 - 49個の発振器を含み、それぞれ、例えば、 $1\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ の桁の寸法を有する。 $1\ \mu\text{m}$ の寸法、またはファスト軸（fast-axis）に沿ったビーム品質は、一般的に、回折限界を有する。 $100\ \mu\text{m}$ の寸法、またはスロー軸（slow-axis）に沿ったビーム品質は、一般的に、複数回の回折限界を有する。一般的に、商業的用途のためのダイオードバーは、1から4mmの桁のレーザ共振器長さを有し、幅方向に約10mmであり、数十ワットの出力パワーを発生させる。多くのダイオードバーは780から1070nmの波長範囲内で操作され、808nmの波長（ポンピングされたネオジウムレーザ）および940nm（ポンピングされたYb:YAG）が最も顕著である。915 - 976nmの波長範囲は、エルビウムドープ、イッテルビウムドープの高出力ファイバレーザと増幅器のポンピングに使用される。

#### 【0023】

本発明の実施の形態は、（マルチ波長出力ビームであってもよい）出力ビームを光ファイバ内に結合する。様々な実施の形態において、光ファイバは、単一のコアを囲む複数のクラッド層、1つのクラッド層内に複数の離散的なコア領域（または「コア」）、または複数のクラッド層に囲まれた複数のコアを有する。様々な実施の形態において、出力ビームは、切断、溶接等の用途のために、工作物に照射されてもよい。

#### 【0024】

本明細書にて、「光学要素」は、電磁気放射を方向転換させる、反射させる、曲げる、または他のいずれかの方法で光学的に操作する、レンズ、鏡、プリズム、回折格子等のいずれかを指してもよい。本明細書にて、ビーム発振器、発振器、またはレーザ発振器、またはレーザは、電磁気ビームを発生させるが、自己共振するまたはしない半導体要素等のいずれかの電磁気ビーム発振器装置を含む。これらは、ファイバレーザ、ディスクレーザ、非個体レーザ等を含む。一般的に、各発振器は、背面反射面、少なくとも1つの光学利得媒体、及び正面反射面を含む。光学利得媒体は、電磁気放射の振幅を増加させる。電磁気放射は、電磁気スペクトラムのいずれかの特定部分に限定されておらず、可視光、赤外線及び/または紫外線であってもよい。発振器は、複数のビームを照射するように構成されたダイオードバー等、複数のビーム発振器を含んでもよく、またはそれから実質的に構成されてもよい。本明細書における実施の形態において使用されるビームは、当該分野において知られた様々な技術を使用して結合された、単波長またはマルチ波長ビームであってもよい。加えて、本明細書における「レーザ」、「レーザ発振器」、「ビーム発振器」は、単一ダイオードレーザを含むだけでなく、ダイオードバー、レーザアレー、ダイオ

10

20

30

40

50

ードバーアレー、及び単一垂直共振器面発光レーザ（V C S E L s）またはそのアレーを含む。

【0025】

本発明の環境は図1A及び1Bに示されている。高パワーレーザデリバリシステム100は、複数のレーザ共振器（発振器）モジュール $N_1 - N_4$ を含み、合成光学系110によって単一の（例えば、マルチ波長）出力ビームまたは複数のビームに合成される。（商業的システムはいずれかの個数の共振器を有してもよいと理解されよう、例示として4つが図示されている。）各発振器 $N_1 - N_4$ の出力は、発振器の出力面と望ましくは実質的に直交する角度 $N_1 \dots N_4$ で発振器から離れる。複数のビームは空間的にスタックされ、フィルファクター（fill factor）を有する単一ビームを効果的に形成して、合成光学系110は、偏光、波長（粗いダイクロイック）、または空間スタックにおいて、合成することができる。出力ビーム115は、集光レンズまたはレンズアセンブリ（「FOMレンズ」）125によって、ファイバ光学モジュール（FOM）内の光ファイバ120内に結合されてもよい。一度光ファイバ120内に結合されると、出力ビーム115は、工作物を加工（例えば、切断、溶接、アニール、穴あけ等）するために使用されてもよい。図1Bは、FOMレンズ125に当たる空間的に離れたビームを示す。 $N_1 \dots N_4$ が発振器出力面と直交し、発振器 $N_1 - N_4$ が完全に平行である場合、全ビームは、一定の角度 $FOM$ でFOMレンズ125に当たる。

10

【0026】

結合光学系110は、選択的に、1つまたは複数の屈折光学要素を含んでもよい。含まれる場合、屈折光学要素（本明細書にて、総称的に「屈折光学系」として参照される）は、1つまたは複数の円柱または球状のレンズ、平坦な光学系、ウェッジ、及び/またはミラーを含んでもよく、それから実質的に構成されてもよく、またはそれから構成されてもよい。屈折光学要素は、波長合成技術（WBC）方向に沿って、それぞれのビームを合成する。システムの正しい操作は、レーザ発振器 $N_1 - N_4$ からのビームが合成光学系110に入るときにおける、ビームの光学的位置合わせを必要とする。

20

【0027】

ビーム合成光学系110は、発振器モジュール $N_1 \dots N_4$ から照射されたそれぞれのビームのための光学利得の形成及び/または向上のための利得媒体を含んでもよい。利得媒体は、発振器モジュールからのビームによって励起されると、誘導放出を行う1つまたは複数の材料を含んでもよく、それから実質的に構成されてもよく、またはそれから構成されてもよい。例えば、利得媒体は、1つまたは複数のイオン（例えば、ネオジム、イットルビウム、またはエルビウム等のレアアースイオン、またはチタンまたはクロム等の遷移金属イオン）でドーブされた1つまたは複数の結晶及び/またはガラス、例えば、イットリウムアルミニウムガーネット（ $Y_3Al_5O_{12}$ ）、オルトバナジン酸イットリウム（ $YVO_4$ ）、サファイア（ $Al_2O_3$ ）、またはセシウム臭化カドミウム（ $CsCdBr_3$ ）を含んでもよく、それから実質的に構成されてもよく、またはそれから構成されてもよい。例示的な利得媒体は、固体の物体または光学ガラスファイバの形態として、Nd：YAG（ネオジムドーブイットリウムアルミニウムガーネット）、Yb：YAG（イットルビウムドーブYAG）、Yb：ガラス、Er：YAG（エルビウムドーブYAG）、またはTi：サファイアを含む。

30

40

【0028】

図2は、代表的なレーザ共振器（発振器）モジュールNの構造を示す。レーザソース210は、従来のレーザ利得媒体及び出力光学系（例えば、1つまたは複数のコリメータ）を含む。出力ビームは、任意の屈折光学系215、及び合成された出力ビームを伝播させる出力カプラ220を透過する。出力カプラ220は、一般的に部分的に反射的であり、共振器パッケージN内に含まれていない場合、全ての共振器要素の共通の前面として作用してもよい。出力ビームは、出力カプラ220から、出力カプラ220に対して角度 $\theta_c$ で出現し、共振器Nから、共振器自体の機械的な参照面に対して角度 $N$ で出現する。即ち、共振器と合成光学系との間の機械的位置合わせが厳密に順守された場合においても、

50

ビーム自体は、機械的参照面と完全に直交していないパスに沿うことができる。したがって、 $N$ はある許容範囲内において垂直である必要があり、よって、FOMレンズ125に入るビームの角度( $\theta_{FOM}$ )は、ビームがファイバ120から外れることをもたらしることがなく、よって、許容できない程度に結合効率を低減させることがない。

#### 【0029】

図示された実施の形態においては、屈折光学系215及び出力カプラ220の両方は、図示された $x$ 軸の周りの回転 $\theta_x$ 及び $y$ 軸の周りの回転 $\theta_y$ を容易にするそれぞれのマウント225、230上に配置される。マウント225、230は、例えば、従来の回転調節可能な「チップ/チルト」マウント及び/または従来のジンバル配置であってもよい。屈折光学系215の場合、光学系自体またはビームパスのいずれかが調節されてもよく、即ち、光学系215はチップ/チルトマウント上にあってもよく、または光学系は、それぞれチップ/チルトマウント上にあるミラーのペア(またはそれ以上の個数)と交換されてもよい。ある実施の形態においては、屈折光学系215または出力カプラ220の一方のみが回転調節可能であり、他方は固定的に取り付けられている。

10

#### 【0030】

他の共振器に対するビーム角度及び位置におけるある許容範囲内に共振器 $N$ を予め設定するため、マウント225、230の調節は、工場内で行われてもよい。下記においてより詳細に説明されるように、様々な実施の形態において、共振器モジュールは、角度及び位置におけるある許容範囲内で、合成モジュール内にピン止めされて(機械的に固定されて)もよい。この許容範囲が満たされる限り、古いレーザ共振器モジュールを取り外して新しいものを設置した後、現場において光学調節の必要がない。即ち、本発明の実施の形態に基づいて、出力ビーム角度及び位置の調節は、共振器 $N$ 自体の位置または角度の調節ではなく、屈折光学系215及び/または出力カプラ220の調節のみによって達成されてもよい。

20

#### 【0031】

これらの調節は、 $\theta_c = 90^\circ$ のときにビームは常に最適のレーザ共振器キャビティを形成するため、出力カプラ220に対する出力ビーム角度 $\theta_c$ を制御し、 $x$ および $y$ 軸に対する(即ち、共振器モジュール $N$ の機械的参照平面に対する)ビームの垂直方向からの偏差 $\theta_N$ が許容範囲内にあることを保証する。FOMレンズに対するビーム位置は、ビームの開口数 $NA$ (図1B参照)及びファイバ120内への結合効率の両方を規定し、よって、許容レベルまたは範囲は、ある用途における商業的に許容できる偏差に対応する。図示された配置は、過剰な実験無しで、回転可能なマウントが十分に細かい調節をできる限り、実質的にいずれかの望ましい範囲を達成することができる。屈折光学系215の省略は、出力ビームの開口数の劣化をもたらすと認めるが、 $\theta_c$ はFOMレンズのために正しい角度を設定するため、結合効率は高いまま維持される。これは、厳密なビームの位置がより重要でない、高パワー共振器の場合において特に正しい。

30

#### 【0032】

交換可能な共振器モジュール $N$ と保持されるエンクロージャまたは支持との間の機械的界面は、重要でない; 2017年7月26日に出願された米国特許出願第15/660,134号に1つの配置は説明され、当該出願の開示の全体は、参照によって本明細書に組み込まれる。例えば、当該出願にて説明されるように、それぞれの共振器モジュール $N$ は、ビーム合成光学系110のためのエンクロージャ内またはその上に配置される(またはその一部を形成している)複数の入力容器の1つと、機械的に、電氣的に、及び光学的に接続してもよい。共振器モジュール $N$ とビーム合成エンクロージャとの間の電氣的接続は、共振器ハウジング上に配置される電氣的界面によって、促進されてもよい。共振器ハウジングは、共振器モジュールがエンクロージャ内に受けられたとき、ビーム合成光学系エンクロージャ上の入力容器内の補完的電氣的出力に電氣的に接続する。例えば、共振器モジュールの電氣的界面と電氣的出力は、ワイヤ、逆の極性(例えば、オス及びメス)を有する電氣的コネクタ、バンプボンド(bump bond)、または他の電氣的伝導性構造を含んでもよく、それから実質的に構成してもよく、またはそれから構成してもよい。それぞ

40

50

れの発振器モジュールNは、光学界面（例えば、1つまたは複数の光学要素、レンズ、プリズム、及び/または窓）を含んでもよく、それを通じて、集光された入力ビームはビーム合成光学系110に伝播される。ビーム合成エンクロージャの入力容器に対する、それぞれの発振器モジュールNの機械的位置合わせは、位置合わせ特徴（例えば、ソケット、突出部、ファスナー、クランプ等）によって、容易にされてもよい。位置合わせ特徴は、発振器モジュールNとビーム合成光学系エンクロージャとの光学的及び電氣的接続をもたらす配置において、発振器モジュールを受けて固定するような（例えば、ラッチまたは圧縮的に保持するような）形状を有する。それぞれの入力容器は、発振器モジュールが入力容器に接続されているとき、発振器モジュールからの入力ビームを受ける光学受容要素（例えば、1つまたは複数の光学要素、レンズ、プリズム及び/または窓）を含んでもよい。様々な実施の形態において、入力容器の使用は、発振器モジュール（及び/またはその中のビームソース）とビーム合成光学系エンクロージャとの間において光ファイバまたは他の個別のコネクタを使用する必要がなくなる。

10

### 【0033】

回転可能なマウント225及び/または230は、手動で調節されてもよく、または、ある実施の形態においては、（図示していない）関連したステッパモータ等を通じてコントローラ250に対して反応を示してもよい。コントローラ250は、ソフトウェア、ハードウェアまたはそれらの組み合わせのいずれかとして設けられてもよい。例えば、システムは、カリフォルニア州、サンタクララのインテルコーポレーションによって製造されるPentium（登録商標）またはCeleron（登録商標）の系列のプロセッサ、イリノイ州、シャンバーグのモトローラコーポレーションによって製造される680x0及びPOWER PC（登録商標）の系列のプロセッサ、及び/またはカリフォルニア州、サニーベールのアドバンスドマイクロデバイス株式会社によって製造されるATHLON（登録商標）の系列のプロセッサ等の1つまたは複数のプロセッサを有するCPUボードを有するPC等、1つまたは複数の従来のサーバクラスのコンピュータ上で実施されてもよい。プロセッサは、本明細書にて説明する方法に関連するプログラム及び/またはデータを記憶するためのメインメモリユニットをさらに含んでもよい。メモリは、1つまたは複数の特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、電氣的消去可能プログラマブルリードオンリーメモリ（EEPROM）、プログラマブルリードオンリーメモリ（PROM）、プログラマブルロジックデバイス（PLD）、リードオンリーメモリデバイス（ROM）等の一般的に入手可能なハードウェアに設置されているランダムアクセスメモリ（RAM）、リードオンリーメモリ（ROM）及び/またはFLASH（登録商標）メモリを含んでもよい。ある実施の形態において、プログラムは、光学ディスク、磁気ディスク、及びその他一般的に使用されている記憶デバイス等、外部RAM及び/またはROMを使用して提供してもよい。1つまたは複数のソフトウェアプログラムとして機能が提供される実施の形態において、プログラムは、PYTHON、FORTRAN、PASCAL、JAVA（登録商標）、C、C++、C#、BASIC、様々なスクリプト言語、及び/またはHTML等のいずれかの数の高度な言語で記載されてもよい。加えて、ソフトウェアは、ターゲット（target）コンピュータに設置されたマイクロプロセッサに向けたアセンブリ言語として実施されてもよい；例えば、ソフトウェアがIBM PCまたはPCクローン上で実行されるように構成されている場合、ソフトウェアはインテル80x86アセンブリ言語において実施されてもよい。ソフトウェアは、これらに限定されず、フロッピーディスク、ジャンプドライブ、ハードディスク、光学ディスク、磁気テープ、PROM、EPROM、EEPROM、フィールドプログラマブルゲートアレイ、またはCD-ROMを含む、製造された物品上で具現化されてもよい。

20

30

40

### 【0034】

様々な実施の形態において、コントローラ250は、マウント225、230の1つまたは両方の移動をもたらし、出力ビームの1つまたは複数のパラメータは、連続的に検知されてもよく、測定はフィードバックとして使用され、よって、マウント225、230

50

の最適な回転的位置が徐々に達成される。例えば、フォト検出器または他の光センサ 260 は、ビーム形状、ビーム直径、NA、及び/または工作物表面における束密度を（例えば、ビーム自体のビーム性質、または工作物表面からの反射の測定を通じて）モニタリングするために使用されてもよく、コントローラ 250 は、マウント 225、230 の位置を調節するために測定された値を使用してもよい。例えば、測定されたビーム性質は、望ましいビーム性質（例えば、1つの入力または他の方法で使用に決定された、及び/または工作物の1またはそれより多くの性質に決定された及び/またはレーザな使用される加工方法の種類）に繰り返し比較されてもよく、コントローラ 250 は、その間の差を減少または最小化させること、例えば、エラー機能の最小化ができる。他のセンサ、例えば、熱センサ及び/または工作物表面上のビームの効果を測定するセンサ（深さまたはプロファイルセンサ等）は、本発明の他の実施の形態の光センサに加えてまたはそれに替えて使用されてもよい。

10

#### 【0035】

様々な実施の形態において、コントローラ 250 は、マウント 225、230 の様々な回転的角度によって生じるビーム形状、NA、スポット径（または他のビーム性質）を検出してもよく、結果を記憶してもよく、ビーム形状、スポット径、またはNA等の望ましいビーム性質に応じて、1つまたは複数の適した設定を決定するために結果を使用してもよい。結果は、マウント 225、230 の回転的位置によって生じる1つまたは複数のビーム性質を予測するために構成された機械学習モデルに使用されてもよい。様々な実施の形態において、物理的/光学的モデリングは、マウント 225、230 の様々な回転的位置によって生じる1つまたは複数のビーム性質（例えば、ビーム形状、スポット径、及び/またはNA）を予測するために使用されてもよく、その結果は、これらの位置を選択するために、コントローラ 250 に少なくとも部分的に使用されてもよい。

20

#### 【0036】

コントローラ 250 は、本発明の実施の形態に基づいて、望ましい加工（例えば、切断、溶等）の種類、及び/または加工される工作物の1つまたは複数の性質（例えば、材料パラメータ、厚み、材料の種類等）、及び/または出力ビームのために設計された望ましい加工パスに基づいて、出力ビームのNA、スポット径、及び/またはビーム形状を制御してもよい。このような工程及び/または材料パラメータは、使用者によって、コントローラ 250 に関連したメモリ内に記憶されたデータベースから選択されてもよく、または入力デバイス（例えば、タッチスクリーン、キーボード、コンピュータマウス等のポインティングデバイス）によって入力されてもよい。1つまたは複数の加工パスは、使用者によって提供されてもよく、コントローラ 250 に関連したオンボードまたはリモートのメモリに記憶されてもよい。工作物及び/または加工パスの選択の後、コントローラ 250 は、対応するパラメータ値を取得するためにデータベースに問い合わせる。記憶された値は、材料に適した出力パワーまたは出力ビームスペクトラム、及び/または材料上の1つまたは複数の加工パスまたは加工場所を含んでもよい。本発明の実施の形態は、2015年3月5日出願された米国特許出願第14/639,401号、2016年9月9日出願された米国特許出願第15/261,096号、及び2017年7月14日出願された米国特許出願第15/649,841号に開示される装置及び技術の態様を含んでもよく、それぞれの開示の全体は、参照によって本明細書に組み込まれる。

30

40

#### 【0037】

本発明の実施の形態に基づき、本明細書にて説明されるレーザシステム及びレーザデリバリシステムは、WBCレーザシステム内及び/またはそれと共に使用されてもよい。特に、本発明の様々な実施の形態において、WBCレーザシステムのマルチ波長出力ビームは、本明細書にて説明されるように、レーザビームデリバリシステムのための入力ビーム（例えば、発振器モジュールNからの出力ビーム）として使用されてもよい。図3は、1つまたは複数のレーザ305を使用する例示的なWBCレーザシステム300を示す。図3の例示において、レーザ305は、ビーム310を照射する4つのビーム発振器を有するダイオードバーを特徴としている（拡大入力図315を参照）が、本発明の実施の形態

50

は、いずれかの個数の個別ビームを照射するダイオードバーまたは2次元アレーまたはダイオードのスタックまたはダイオードバーを使用してもよい。拡大入力図315において、各ビーム310は線によって示され、線の長さまたは長手方向の寸法が、ビームをゆっくり発散させる寸法を示し、線の高さまたは短手方向の寸法が、ビームを速く発散させる寸法を示す。コリメーション光学系320は、ビームを速く発散させる寸法に沿ってそれぞれのビーム310をコリメートするために使用されてもよい。変換光学系325は、WBC方向330に沿ってそれぞれのビーム310を合成するために使用され、1つまたは複数の円柱状または球状のレンズ及び/またはミラーを含んでもよく、実質的に構成してもよく、または構成してもよい。変換光学系325は、合成されたビームを分散要素335（例えば、反射的または透過的回折格子、分散的プリズム、グリズム（プリズム/回折格子））、透過性回折格子、またはエシェル回折格子）上に重ねて、合成されたビームは単一出力プロファイルとして出力カブラ340上に伝播される。出力前面図350に示すように、出力カブラ340は、合成されたビーム345を透過させる。出力カブラ340は、一般的に部分的に反射性を有し、この外部キャビティシステム300内の全レーザ要素のための共通の前面として機能する。外部キャビティは、第2ミラーが、それぞれのレーザ発振器の照射開口または面からある距離離れて配置されるレーザシステムである。ある実施の形態においては、追加の光学系が、照射開口または面と、出力カブラまたは部分的に反射性を有する表面との間に配置される。したがって、出力ビーム345は、（個別ビーム310の波長を合成した）マルチ波長ビームであり、本明細書にて説明されるレーザビームデリバリシステム内の入力ビームとして使用されてもよい、及び/または光ファイバ内に結合されてもよい。様々な実施の形態において、図3に基づくWBC技術は、1つまたは複数の発振器モジュールN自体内で実施されてもよく、よって、出力カブラ320は、図2に示す出力カブラ220に相当してもよい。図3に示される他の様々な要素は、本発明の実施の形態に基づいて、発振器モジュールN内で存在してもよい。

#### 【0038】

本明細書にて使用される用語及び表現は、限定ではなく、説明の用語として使用され、このような用語及び表現の使用において、示された及び説明された特徴と同等なものを除外する意図はなく、様々な改造は請求項に記載されている発明の範囲内で可能であると認められている。

10

20

30

40

50

【図面】  
【図 1】

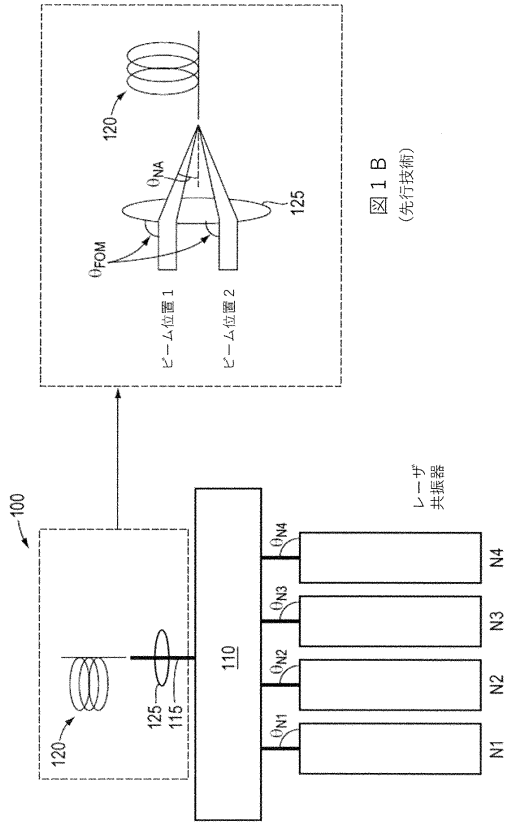
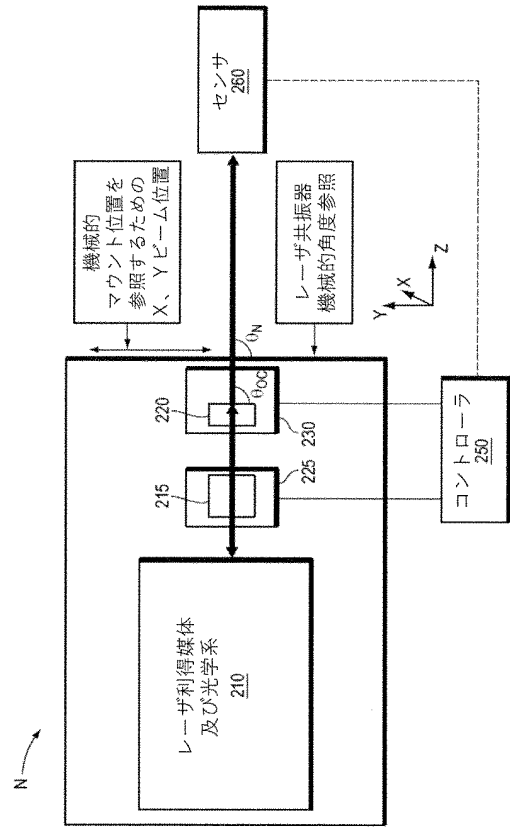


図 1 B  
(先行技術)

図 1 A  
(先行技術)

【図 2】



10

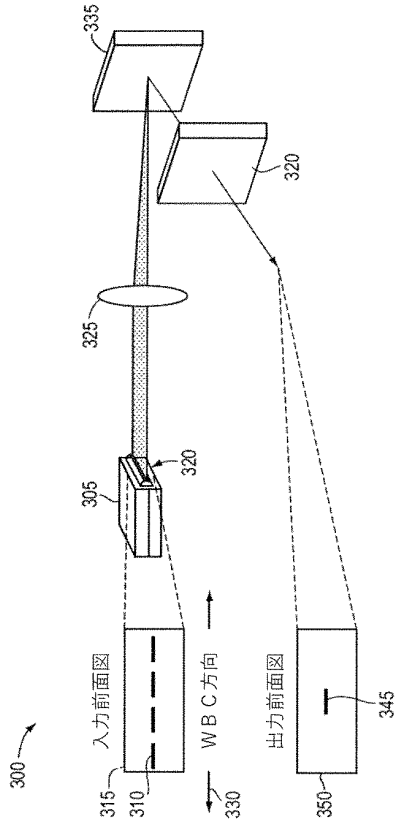
20

30

40

50

【図 3】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

アメリカ合衆国 0 2 1 3 4 マサチューセッツ州ボストン、ノース・ビーコン・ストリート 1 5 番、  
ユニット 3 1 5

(72)発明者 ビエン・チャン

アメリカ合衆国 0 3 0 5 4 ニューハンプシャー州メリマック、ウッドワード・ロード 7 2 番

(72)発明者 ワン・ロン・ジョウ

アメリカ合衆国 0 1 8 1 0 マサチューセッツ州アンドーバー、ファーウッド・ドライブ 2 1 番

審査官 村井 友和

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 6 / 0 6 0 1 0 3 ( W O , A 1 )

米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 1 7 1 4 2 8 ( U S , A 1 )

特開平 1 1 - 2 5 1 6 6 1 ( J P , A )

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

H 0 1 S 3 / 0 0 - 3 / 3 0

H 0 1 S 5 / 0 0 - 5 / 5 0