

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-80006

(P2019-80006A)

(43) 公開日 令和1年5月23日(2019.5.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 S 3/093 (2006.01)	HO 1 S 3/093	5 F 1 7 2
HO 1 S 3/10 (2006.01)	HO 1 S 3/10 D	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2017-207544 (P2017-207544)
 (22) 出願日 平成29年10月26日 (2017.10.26)

(出願人による申告)平成28年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、戦略的イノベーション創造プログラム事業「レーザー誘起振動波診断技術の開発」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 301032942
 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
 (74) 代理人 100113608
 弁理士 平川 明
 (74) 代理人 100126505
 弁理士 佐貫 伸一
 (74) 代理人 100131392
 弁理士 丹羽 武司
 (74) 代理人 100175190
 弁理士 大竹 裕明

最終頁に続く

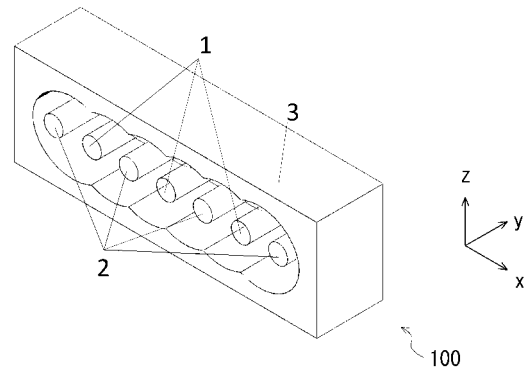
(54) 【発明の名称】 レーザー増幅装置

(57) 【要約】

【課題】レーザー光の増幅率を高い水準で維持する固体レーザー装置を提供する。

【解決手段】少なくとも1つの焦点を少なくとも1つ他の楕円形と共有する部分的に重複する3以上の楕円形による形状を底面とする柱状空間を内部に有する反射筐体と、 N (N は2以上の整数)本の円柱形状の固体レーザー媒質と、 M (M は整数、 $N + M \geq 4$ 、かつ、 $M \leq N$)本の円柱形状の放射励起光源とを備え、前記反射筐体の前記柱状空間の各楕円形の一方の焦点の位置に前記固体レーザー媒質が配置され、他方の焦点の位置に前記放射励起光源が配置される、レーザー増幅装置とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも 1 つの焦点を少なくとも 1 つの他の楕円形と共有する部分的に重複する 3 以上の楕円形による形状を底面とする柱状空間を内部に有する反射筐体と、

N (N は 2 以上の整数) 本の円柱形状の固体レーザー媒質と、

M (M は整数、 $N+M \geq 4$ 、かつ、 $M \leq N$) 本の円柱形状の放射励起光源とを備え、

前記反射筐体の前記柱状空間の各楕円形の一方の焦点の位置に前記固体レーザー媒質が配置され、他方の焦点の位置に前記放射励起光源が配置される、
レーザー増幅装置。

【請求項 2】

前記円柱形状の固体レーザー媒質の本数は、 $N \geq 2$ 本であり、

前記円柱形状の放射励起光源の本数は、 $M \geq 2$ 、かつ、 $N - 1 \leq M \leq N + 1$ 本である、

請求項 1 に記載のレーザー増幅装置。

【請求項 3】

前記 3 以上の楕円形のうちの少なくとも 3 つの楕円形は、少なくとも 1 つの焦点を少なくとも 2 つの他の楕円形と共有する楕円形である、

請求項 1 に記載のレーザー増幅装置。

【請求項 4】

前記固体レーザー媒質の性能に基づいて、前記固体レーザー媒質の本数と前記放射励起光源の本数とが決定される、

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のレーザー増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザー増幅装置に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザー光を増大させるためのレーザー増幅器として、イットリウム・アルミニウム・ガーネット (Y A G) などを用いた固体レーザー媒質とフラッシュランプなどの励起用放射光源が配置されたレーザー装置がある。一般的に、レーザー装置では、励起光源の光エネルギーをレーザー媒質に吸収させた後に、種となるレーザー光を通すことでレーザー光を発振・出力増大をさせている。

【0003】

レーザー増幅器は、フラッシュランプなど放射光源を用いたものと、レーザーダイオード等を使用した指向性光源を用いたものの 2 種類に大別できる。放射光源を用いたレーザー増幅器でロッド状の固体レーザー媒質を用いる場合、固体レーザー媒質に光エネルギーを与え励起する放射光源 (放射励起光源) を固体レーザー媒質の周辺に配置する。放射光源を用いた場合、直接固体レーザー媒質に放射する部分と、固体レーザー媒質以外の部分に放射する部分が発生する。この固体レーザー媒質以外の部分に放射された放射光を、反射筐体を用いて、固体レーザー媒質に集光させる技術がある。

【0004】

例えば、1 本のロッド状固体レーザー媒質に対し、1 から 2 本の放射励起光源を反射筐体内に設置したレーザー増幅器がある (特許文献 1 - 5) 。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開昭 60 - 89989 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】特開平6 - 268298号公報
 【特許文献3】特開平8 - 162694号公報
 【特許文献4】特開2008 - 294145号公報
 【特許文献5】特開2013 - 179108号公報
 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

固体レーザー媒質を用いて、効率良く高強度のレーザー光を得るためには、レーザー増幅器内に設置した放射励起光源に入力する電気エネルギーに対して固体レーザー媒質に蓄積されるエネルギー（蓄積エネルギー）の割合を高い水準で維持しなければならない。しかしながら、高強度のレーザー光を得るために、ある一定以上の電気エネルギーを放射励起光源に投入して固体レーザー媒質の励起を行うと、蓄積エネルギーが飽和してしまい増幅率が低下するため、レーザー増幅器の高効率化の障害要因となっている。

なお、本明細書において「増幅率」とは、レーザー増幅器内の全放射励起光源に入力される全電気エネルギーに対するレーザー増幅器内の全固体レーザー媒質に蓄積される全エネルギーの割合をいう。

【0007】

本発明は、レーザー光の増幅率を高い水準で維持する固体レーザー装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、以下の手段を採用する。

即ち、第1の態様は、

少なくとも1つの焦点を少なくとも1つの他の楕円形と共有する部分的に重複する3以上の楕円形による形状を底面とする柱状空間を内部に有する反射筐体と、

N (N は2以上の整数)本の円柱形状の固体レーザー媒質と、

M (M は整数、 $N+M \geq 4$ 、かつ、 $M \leq N$)本の円柱形状の放射励起光源とを備え、

前記反射筐体の前記柱状空間の各楕円形の一方の焦点の位置に前記固体レーザー媒質が配置され、他方の焦点の位置に前記放射励起光源が配置される、レーザー増幅装置とする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、レーザー光の増幅率を高い水準で維持する固体レーザー装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、レーザー増幅装置の主要部分の構成例1を示す図である。

【図2】図2は、レーザー増幅装置の主要部分の構成例2を示す図である。

【図3】図3は、レーザー増幅装置の詳細な構成例1を示す図である。

【図4】図4は、レーザー増幅装置の詳細な構成例2を示す図である。

【図5】図5は、本実施形態のレーザー増幅装置と従来方式のレーザー増幅装置との入力電気エネルギーに対する固体レーザー媒質の蓄積エネルギーの関係の例を示す図である。横軸は、放射励起光源に入力する電気エネルギーの総量 (J) を示す。縦軸は、固体レーザー媒質に蓄積されるエネルギーの総量 (J) を示す。

【図6】図6は、図5における従来方式のレーザー増幅装置の構成例を示す図である。

【図7】図7は、レーザー増幅装置の主要部分の構成の他の例を示す図である。

【図8】図8は、レーザー増幅装置の主要部分の構成の他の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して実施形態について説明する。実施形態の構成は例示であり、発明

10

20

30

40

50

の構成は、開示の実施形態の具体的構成に限定されない。発明の実施にあたって、実施形態に応じた具体的構成が適宜採用されてもよい。

【0012】

〔実施形態〕

本実施形態では、複数の固体レーザー媒質と放射励起光源とを反射筐体内の同一の空間に配置したレーザー増幅装置について説明する。本実施形態のレーザー増幅装置では、1本または2本以上のロッド状の放射励起光源と、2本または3本以上のロッド状固体レーザー媒質とが、同一空間の楕円形状構造を有する反射筐体内に設置される。これにより、放射励起光源の励起光を複数のロッド状固体レーザー媒質に分配させ、レーザー増幅の効率化を図る。即ち、かかる構成のレーザー増幅装置によると、当該レーザー増幅装置（即ち、レーザー増幅装置が備える放射励起光源）に高いエネルギーを入力した場合であっても、レーザー媒質に蓄積される蓄積エネルギーが飽和することを抑制することができ、高い増幅率を維持することが可能である。

10

【0013】

（構成例）

図1及び図2は、レーザー増幅装置の主要部分の構成例を示す図である。図1は、レーザー増幅装置100を斜め上方から見た図、図2は、レーザー増幅装置100を正面から（固体レーザー媒質の光軸方向に）見た図である。光軸方向は、図1、図2におけるy方向である。図1及び図2のレーザー増幅装置100は、3本の固体レーザー媒質1、4本の放射励起光源2、反射筐体3を含む。

20

【0014】

固体レーザー媒質1は、ロッド形状（円柱形状）を有する。固体レーザー媒質1は、例えば、YAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）である。固体レーザー媒質1は、YAGに限定されるものではない。固体レーザー媒質1として、YVO（オルオバナジン酸イットリウム）、ルビー、サファイア等が使用されてもよい。固体レーザー媒質1は、これらに限定されない。また、固体レーザー媒質1の活性元素として、Nd（ネオジウム）が使用される。固体レーザー媒質1の活性元素として、Nd以外に、Yb（イットリウム）、Sm（サマリウム）、Ho（ホルミウム）等が使用されてもよい。ここで使用される固体レーザー媒質1は、例えば、直径15mm、長尺方向の長さ20cmの円柱形状である。当該固体レーザー媒質1のサイズは特に限定されない。例えば、直径は1mm以上50mm以下（典型的には10mm以上30mm以下）の範囲内で適宜設定すればよい。本実施形態において、円柱形状は、直径よりも長さの方が長い形状であるとする。

30

【0015】

放射励起光源2は、ロッド形状（円柱形状）を有する。放射励起光源2は、例えば、フラッシュランプである。放射励起光源2に適用可能なフラッシュランプの種類は特に限定されず、Xeフラッシュランプ、Krフラッシュランプ、Arフラッシュランプ等が例示される。一般的に、Nd：YAGの励起にはXeフラッシュランプが好適であることが知られているため、固体レーザー媒質1としてNd：YAGを採用する場合には、放射励起光源2としてXeフラッシュランプを組み合わせたことが好ましい。放射励起光源2は、フラッシュランプに限定されるものではない。放射励起光源2として、他の光源が使用されてもよい。ここで使用される放射励起光源2のサイズは特に限定されない。例えば、直径15mm、長さ20cmの円柱形状である。特に限定するものではないが、放射励起光源2の長尺方向の長さとレーザー媒質1の長尺方向の長さとの差がレーザー媒質1の長尺方向長さの±5%以内となるように設定してもよい。固体レーザー媒質1と放射励起光源2のサイズをこのように設定することで、反射筐体内に効率よく格納することができる。また、例えばレーザー媒質1の長尺方向の長さを放射励起光源の長尺方向の長さよりも大きくなるように設定することで、レーザー媒質1を効率よく励起することができる。

40

【0016】

固体レーザー媒質1及び放射励起光源2は、互いの光軸方向が略平行（好ましくは平行）となるように配置される。

50

【 0 0 1 7 】

反射筐体 3 の内側（即ち、固体レーザー媒質 1 および放射励起光源に対向する面）は、光軸方向（y 方向）に直交する面（xz 平面）の断面において楕円形が連なった形状の空間を有している。また、隣接する 2 つの楕円形は、焦点を 1 つ共有している。即ち、反射筐体 3 の内側は、1 以上の焦点を他の楕円形と共有する複数の楕円形による形状を底面とする柱状の空間を有している。換言すると、反射筐体 3 は、少なくとも 1 つの焦点を少なくとも 1 つの他の楕円形と共有する部分的に重複する複数（典型的には 3 以上、例えば 4 以上）の楕円形による形状を底面とする柱状空間を内部に有する。連なる楕円形を構成する各楕円形は、すべてが同一形状である楕円形であっても、一部又は全部が異なる形状である楕円形であってもよい。楕円形の焦点の位置には、固体レーザー媒質 1 または放射励起光源 2 が配置される。また、図 1 及び図 2 に示すように、固体レーザー媒質 1 及び放射励起光源 2 は、光軸方向が平行となるように配置される。1 つの楕円形の一方の焦点に固体レーザー媒質 1 が配置されると、他方の焦点には放射励起光源 2 が配置される。1 つの固体レーザー媒質 1 に 1 つ以上の放射励起光源 2 が対向するように固体レーザー媒質 1 と放射励起光源 2 とを配置するのが好ましく、固体レーザー媒質 1 と放射励起光源 2 とを交互に配置するのがより好ましい。例えば、レーザー増幅装置 100 は、N（N は 2 以上の整数）本の固体レーザー媒質 1 と、M（M は整数、 $N + M \geq 4$ 、かつ、 $M \leq N$ ）本の放射励起光源 2 とを備える。固体レーザー媒質 1 の本数を N（ $N \geq 2$ ）本とし、かつ、放射励起光源 2 の本数を M（ $M \geq 2$ 、かつ、 $N - 1 \leq M \leq N + 1$ ）本とするのが好ましい。より好ましくは、N と M とは $|M - N| = 1$ を満たす。或いはまた、 $N + M \geq 5$ とするのがより好ましい。このとき、反射筐体 3 の内側に配置される楕円形の数 L は、 $L = M + N - 1$ を満たすように設定されるのが好ましく、L を偶数とするのがより好ましい。反射筐体 3 の内側は、励起光を反射できるように、研磨処理を施される。より好ましくは、反射筐体 3 の内側は、反射率を高めるためにコーティング（例えば、金メッキ）を施される。これにより、楕円形的一方の焦点位置に配置される放射励起光源 2 から照射される光が反射筐体 3 の内側（楕円形鏡）で反射すると、楕円形他方の焦点位置に配置される固体レーザー媒質 1 に達する。また、放射励起光源 2 から照射される光が直接固体レーザー媒質 1 に達することもある。

10

20

【 0 0 1 8 】

図 2 の例では、反射筐体 3 の内側の各楕円形の各焦点は、x 軸に平行な一直線上に存在している。各楕円形の各焦点は、一直線上に存在しなくてもよい。隣接する焦点を直線で結んだときに、結んだ線が、波型形状であったり、V 字型形状であったりしてもよい。

30

【 0 0 1 9 】

図 3 及び図 4 は、レーザー増幅装置の詳細な構成例を示す図である。図 3 は、レーザー増幅装置 100 を正面（固体レーザー媒質の光軸方向、即ち、図中の y 軸方向）から見た図である。図 4 は、図 3 の A - A' 断面図である。図 4 は、固体レーザー媒質 1 の設置位置における側面断面図である。図 3 及び図 4 のレーザー増幅装置 100 は、固体レーザー媒質 1、放射励起光源 2、反射筐体 3、冷却水入口 4 a、冷却水出口 4 b、固体レーザー媒質固定用治具 5、サイドプレート 6、光源固定用治具 7、反射筐体用冷却水入口 8 a、反射筐体用冷却水出口、冷却管 9、リング 10、冷却管固定用治具 11、冷却水路 12、反射筐体用冷却水路 13 を有する。

40

【 0 0 2 0 】

各固体レーザー媒質 1 は、動作時の熱を除去するために冷却水入口 4 a、冷却水出口 4 b に設置されたボルトにより取り付けられる固体レーザー媒質固定用治具 5 及びサイドプレート 6 により、気密性の担保及び設置位置の固定をされる。同様に、各放射励起光源 2 は、動作時の熱を除去するために冷却水入口 4 a、冷却水出口 4 b に設置されたボルトにより取り付けられる光源固定用治具 7 により、気密性の担保及び設置位置の固定をされる。また、反射筐体 3 については、反射筐体用冷却水路 13 につながる反射筐体用冷却水入口 8 a、反射筐体用冷却水出口が設置され、冷却水を反射筐体用冷却水入口 8 a から導入して反射筐体用冷却水路 13 を通って反射筐体用冷却水出口から排出することにより反射

50

筐体 3 全体の冷却がされる。

【 0 0 2 1 】

図 4 に示すように、反射筐体 3 の外側においては、固体レーザー媒質 1 にリング 1 0 が取り付けられ、固体レーザー媒質固定用治具 5 をボルトにより設置することで冷却水の漏洩が抑止される。反射筐体 3 の内側においては、固体レーザー媒質 1 を囲う冷却管 9 にリング 1 0 が取り付けられ、冷却管固定用治具 1 1 をボルトにより設置することで冷却水の漏洩が抑止される。冷却水路 1 2 は、冷却水入口 4 a 及び冷却管 9 を、または、冷却管 9 及び冷却水出口 4 b を接続する。冷却水入口 4 a から冷却水が導入されることで、固体レーザー媒質 1 が冷却される。放射励起光源 2 についても、固体レーザー媒質 1 と同様にして、冷却される。反射筐体用冷却水路 1 3 は、反射筐体用冷却水入口 8 a 及び反射筐体用冷却水出口に接続され、反射筐体 3 全体に設けられる水路である。反射筐体用冷却水路 1 3 は、冷却水が導入されることにより、反射筐体 3 を冷却する。反射筐体用冷却水出口は、例えば、図 3 のレーザー増幅装置 1 0 0 の左上の裏側に設けられる。

10

【 0 0 2 2 】

図 5 は、本実施形態のレーザー増幅装置と従来方式のレーザー増幅装置との入力電気エネルギーに対する固体レーザー媒質の蓄積エネルギーの関係の例を示す図である。図 5 のグラフの横軸は、レーザー増幅装置が備える放射励起光源全体へ入力される入力電気エネルギーの総和であり、縦軸は、レーザー増幅装置が備える固体レーザー媒質全体に蓄積される蓄積エネルギーの総和である。従来方式のレーザー増幅装置 2 0 0 は、図 6 に示される。本実施形態のレーザー増幅装置 1 0 0 では、固体レーザー媒質 1 として Nd : Y A G (Nd 添加濃度 1 . 1 a t %) または Nd : Y A G (Nd 添加濃度 1 . 3 a t %) が使用される。

20

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、Nd (活性元素) の添加量が 1 . 1 a t % 、 1 . 3 a t % のものを使用した。活性元素の添加量は特に限定されないが、例えば、0 . 5 a t % 以上 2 . 0 a t % 以下の範囲で設定すればよく、典型的には 0 . 7 a t % 以上 1 . 5 a t % 以下の範囲で設定すればよい。

【 0 0 2 4 】

図 6 は、図 5 における従来方式のレーザー増幅装置の構成例を示す図である。図 5 の構成例は、本実施形態のレーザー増幅装置の図 2 に対応する。従来方式のレーザー増幅装置 2 0 0 は、2 つの反射筐体 3 を含み、各反射筐体 3 は、1 本の固体レーザー媒質 1 と 2 本の放射励起光源 2 を含む。各反射筐体 3 の内側は、2 つの楕円形が重なった形状を有している。また、当該 2 つの楕円形は、焦点を 1 つ共有している。2 つの楕円形の共焦点の位置には、固体レーザー媒質 1 が設置される。2 つの楕円形の残りの焦点には、放射励起光源 2 が設置される。ここでは、上記の本実施形態の例と同様に 4 本の放射励起光源 2 が使用されている。また、固体レーザー媒質 1 は 2 本使用されている。ここでは、固体レーザー媒質 1 として Nd : Y A G (Nd 添加濃度 1 . 1 a t %) が使用される。

30

【 0 0 2 5 】

図 5 のグラフにおいて、従来方式の Nd : Y A G (Nd 添加濃度 1 . 1 a t %) を用いた例では、レーザー増幅装置が備える放射励起光源全体に入力する入力電気エネルギーの総和が 1 0 0 J 程度までは、レーザー増幅装置が備える固体レーザー媒質全体に蓄積される蓄積エネルギーの総和は入力電気エネルギーに比例する。しかし、入力電気エネルギーが 1 0 0 J を超えると、蓄積エネルギーは入力電気エネルギーに比例しなくなり、4 J 程度で飽和する。これに基づく、従来方式の Nd : Y A G (Nd 添加濃度 1 . 3 a t %) を用いた場合の予測値では、入力電気エネルギーが 1 0 0 J 程度までは、蓄積エネルギーは入力電気エネルギーに比例する。この時の比例係数は、従来方式の Nd : Y A G (Nd 添加濃度 1 . 1 a t %) の場合よりも大きい。しかし、入力電気エネルギーが 1 0 0 J を超えると、蓄積エネルギーは入力電気エネルギーに比例しなくなり、従来方式の Nd : Y A G (Nd 添加濃度 1 . 1 a t %) の場合と同様に、4 J 程度で飽和する。従来方式では、放射励起光源 2 に投入する入力電気エネルギーを増加させると、レーザー光を増幅させる

40

50

固体レーザー媒質 1 に蓄積するエネルギーが飽和し、入力電気エネルギーに対する蓄積エネルギーの比である増幅率が低下する。これは、固体レーザー媒質 1 の 1 本あたりの蓄積エネルギーに限界があるからである。

【 0 0 2 6 】

これに対し、本実施形態のレーザー増幅装置 1 0 0 では、Nd : YAG (Nd 添加濃度 1 . 1 a t %) を使用した場合でも、Nd : YAG (Nd 添加濃度 1 . 3 a t %) を使用した場合でも、蓄積エネルギーは、入力電気エネルギーに比例し、飽和しない。従来方式に比べて、1 本の放射励起光源 2 に対して配置される固体レーザー媒質 1 の数が多いため、入力電気エネルギーが大きくなっても、固体レーザー媒質 1 の 1 本あたりの入力電気エネルギーが小さくなり、蓄積エネルギーが小さいため、全体の蓄積エネルギーが飽和しにくい。即ち、本実施形態のレーザー増幅装置 1 0 0 では、放射励起光源 2 への入力電気エネルギーを増加させても蓄積エネルギーが飽和しにくく、増幅率が維持される。例えば、放射励起光源 2 の光の吸収効率を高めた高い添加濃度の Nd : YAG (Nd 添加濃度 1 . 3 a t %) を使用した場合に、入力電気エネルギーが 2 2 0 J であるときで従来方式と本実施形態とを比較すると、1 . 5 倍の蓄積エネルギーが得られる。

10

【 0 0 2 7 】

従来方式のレーザー増幅装置 2 0 0 (Nd 1 . 3 a t % 添加) であっても、入力電気エネルギーが 1 0 0 J 程度であれば、高い増幅率 (入力電気エネルギーに対する蓄積エネルギーが比例する範囲での増幅率) で、蓄積エネルギーが得られる。このとき、得られる蓄積エネルギーは 3 J 程度である。ここで、高い増幅率で、6 J 程度の蓄積エネルギーを得ようとする場合、レーザー増幅装置 2 0 0 (Nd 1 . 3 a t % 添加) が 2 つ必要となる。即ち、8 本の放射励起光源 2 が必要となる。これに対し、本実施形態のレーザー増幅装置 1 0 0 (Nd 1 . 3 a t % 添加) で、6 J 程度の蓄積エネルギーを得ようとする場合、1 つのレーザー増幅装置 1 0 0 (Nd 1 . 3 a t % 添加) で、入力電気エネルギーを 2 0 0 J とすればよい。このとき、4 本の放射励起光源 2 があればよい。よって、より少ない数の放射励起光源 2 で、所望の蓄積エネルギーが得られる。

20

【 0 0 2 8 】

上記のレーザー増幅装置 1 0 0 のように、1 つの反射筐体 3 に 3 本の固体レーザー媒質 1 と 4 本の放射励起光源 2 とを設置することにより、高い増幅率を維持して、所望の蓄積エネルギーを得ることができる。高い増幅率を維持したまま、より高い蓄積エネルギーを得るには、例えば、このような構成の反射筐体 3、固体レーザー媒質 1、放射励起光源 2 の組み合わせを複数使用すればよい。

30

【 0 0 2 9 】

図 7 は、レーザー増幅装置の主要部分の構成の他の例を示す図である。図 7 は、レーザー増幅装置 3 0 0 を正面 (固体レーザー媒質の光軸方向) から見た図である。図 7 のレーザー増幅装置 3 0 0 は、5 本の固体レーザー媒質 1、6 本の放射励起光源 2、反射筐体 3 を含む。このように、反射筐体 3 内に設けられる 1 の空間に配置される固体レーザー媒質 1 の個数は 2 本以上であれば特に限定されず、例えば 3 本以上、典型的には 4 本以上の任意の本数とすることができる。反射筐体 3 内に設けられる 1 の空間に配置される固体レーザー媒質 1 の個数の上限は特に限定されないが、例えば 1 0 本以下、典型的には 9 本以下とすればよい。反射筐体 3 内に設けられる 1 の空間に配置される固体レーザー媒質 1 の個数にかかる範囲とすることで、レーザー増幅装置の小型化と増幅効率増大の両方を実現することができる。また、固体レーザー媒質 1 の本数と放射励起光源 2 の本数は、それぞれ、N 本と M 本のように自由に決められる (ただし、N、M は整数、 $N \geq 2$ 、 $M \geq 2$ 、 $N - 1 \leq M \leq N + 1$)。このとき、 $2 / 3 \leq N / M \leq 3 / 2$ となる。固体レーザー媒質 1 の本数と放射励起光源 2 の本数との差が 1 または 0 であるのは、反射筐体 3 の内側の連なる楕円形のいずれの楕円形の 2 つの焦点のうち、一方の焦点に固体レーザー媒質 1、他方の焦点に放射励起光源 2 が配置されるからである。1 つの反射筐体内に複数の固体レーザー媒質 1 を設置することで、放射励起光源 2 の数に対する固体レーザー媒質 1 の数 (固体レーザー媒質 1 の割合) をより詳細に調整することができる。即ち、1 本あたりの固体レーザ

40

50

— 媒質 1 の蓄積エネルギーが限界に達しないように（飽和しないように）放射励起光源 2 の数と固体レーザー媒質 1 の数とを調整することで、高い増幅率で、所望の蓄積エネルギーを得ることができる。例えば、より低い入力電気エネルギーで飽和する固体レーザー媒質 1 の場合、より固体レーザー媒質 1 の割合を高くすればよい。即ち、固体レーザー媒質 1 の性能（高い増幅率を維持できる入力電気エネルギー、蓄積エネルギーが飽和しない入力電気エネルギー）に基づいて、固体レーザー媒質 1 の本数と放射励起光源 2 の本数とを決定することで、効率よく蓄積エネルギーを得ることができる。

【 0 0 3 0 】

入力電気エネルギー（励起エネルギー）の増加に伴う蓄積エネルギーの飽和は、励起光源の放射性及び指向性を問わず生じる現象である。よって、本実施形態で提供する固体レーザー媒質への適切な励起光源の光エネルギーを分配する方法は、部分透過鏡などを用いることでレーザーダイオード等の指向性を有する励起光源においても適用可能である。

10

【 0 0 3 1 】

ここでは、反射筐体 3 の内側の断面の楕円形の 1 つの焦点を 2 つの楕円形で共有する例が記載されているが、1 つの焦点を 3 つ以上の楕円形で共有するような形状であってもよい。このように反射筐体 3 内の空間が、楕円形の 1 つの焦点を 3 つ以上の楕円形で共有するように楕円形を重ね合わせた柱状である場合、反射筐体 3 内に設けられる 1 の空間に配置される固体レーザー媒質 1 の本数（ N 本）と放射励起光源 2 の本数（ M 本）は、上記の $N - 1 \quad M \quad N + 1$ の関係に限定されない。固体レーザー媒質 1 の性能（高い増幅率を維持できる入力電気エネルギー、蓄積エネルギーが飽和しない入力電気エネルギー）に基づいて、固体レーザー媒質 1 の本数と放射励起光源 2 の本数とを決定すればよい。

20

【 0 0 3 2 】

図 8 は、レーザー増幅装置の主要部分の構成の他の例を示す図である。図 8 は、レーザー増幅装置 400 を正面（固体レーザー媒質の光軸方向）から見た図である。図 8 のレーザー増幅装置 400 は、3 本の固体レーザー媒質 1、1 本の放射励起光源 2、反射筐体 3 を含む。反射筐体 3 の内側の空間の楕円形の 1 つの焦点を 3 つの楕円形で共有している。共焦点には、放射励起光源 2 が配置され、残りの焦点には、固体レーザー媒質 1 が配置されている。1 つの楕円形の一方の焦点に固体レーザー媒質 1 が配置されると、他方の焦点には放射励起光源 2 が配置される。ここでは、固体レーザー媒質 1 が配置される焦点を有する楕円形は、他の楕円形と当該焦点を共有していないが、1 以上の他の楕円形と当該焦点を共有してもよい。即ち、1 以上の他の楕円形と焦点を共有する楕円形が、2 以上存在してもよい。反射筐体 3 の内側の空間の楕円形の数は、ここに記載されたものに限定されない。3 以上の楕円形が 1 つの焦点を共有してもよい。レーザー増幅装置 400 は、 N （ N は 2 以上の整数）本の固体レーザー媒質 1 と、 M （ M は整数、 $N + M = 4$ 、かつ、 $M \leq N$ ）本の放射励起光源 2 とを有する。反射筐体 3 の内側の空間のすべての楕円形は、1 以上の他の楕円形と焦点を共有する。1 つの焦点を共有する楕円形の数を調整することで、固体レーザー媒質 1 の数と、放射励起光源 2 の数との比を柔軟に調整することができる。

30

【 0 0 3 3 】

（実施形態の作用、効果）

従来の放射光源を用いたレーザー増幅装置では、1 つの固体レーザー媒質に対して 1 つ以上の放射光源を閉じた反射筐体内に設置するため、放射励起光源の数は固体レーザー媒質の整数倍に制限され、複数の固体レーザー媒質への励起光の分配は難しかった。本実施形態のレーザー増幅装置 100 等によれば、励起光を固体レーザー媒質 1 に分配することができ、固体レーザー媒質 1 に最適な励起光強度を与えることができる。これにより、レーザー増幅装置 100 等に高いエネルギーを入力し、固体レーザー媒質 1 内へ高効率にエネルギーを蓄積することができるため、高い増幅率を維持することができる。

40

【 0 0 3 4 】

レーザー増幅装置 100 等によれば、レーザー光を効率的に増幅できることで、現在普及している高出力レーザー装置をより小型で高効率に動作させることが可能となる。レーザー増幅装置 100 等によれば、消費電力量の抑制やレーザー光高出力化による作業効率

50

の向上が期待できる。

【0035】

以上の実施形態の構成は、可能な限りこれらを組み合わせて実施され得る。また、以上の実施形態の各構成要素として、本実施形態の趣旨を逸脱しない範囲で、他の構成要素が採用され得る。

【符号の説明】

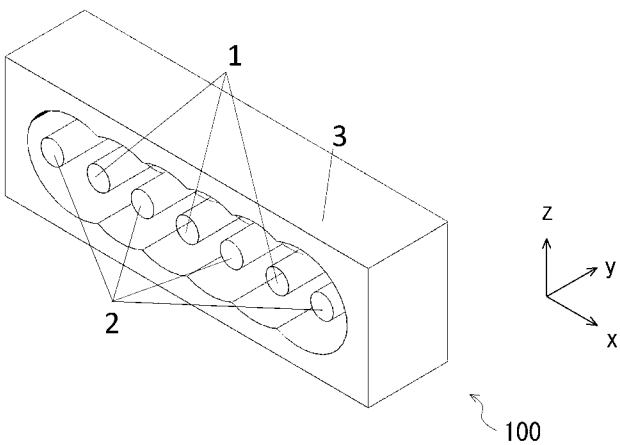
【0036】

- 1 : 固体レーザー媒質
- 2 : 放射励起光源
- 3 : 反射筐体
- 4 a : 冷却水入口
- 4 b : 冷却水出口
- 5 : 固体レーザー媒質固定用治具
- 6 : サイドプレート
- 7 : 光源固定用治具
- 8 a : 反射筐体用冷却水入口
- 9 : 冷却管
- 10 : オリング
- 11 : 冷却管固定用治具
- 12 : 冷却水路
- 13 : 反射筐体用冷却水路
- 100 : レーザー増幅装置
- 200 : レーザー増幅装置
- 300 : レーザー増幅装置

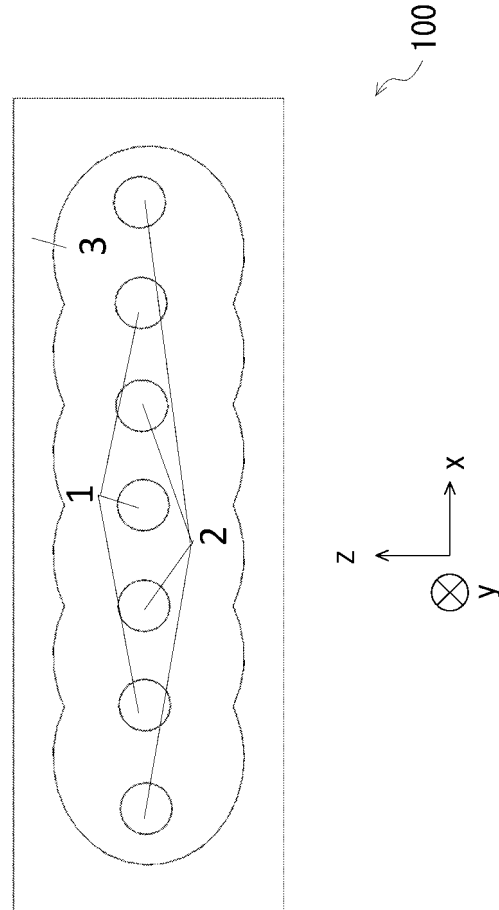
10

20

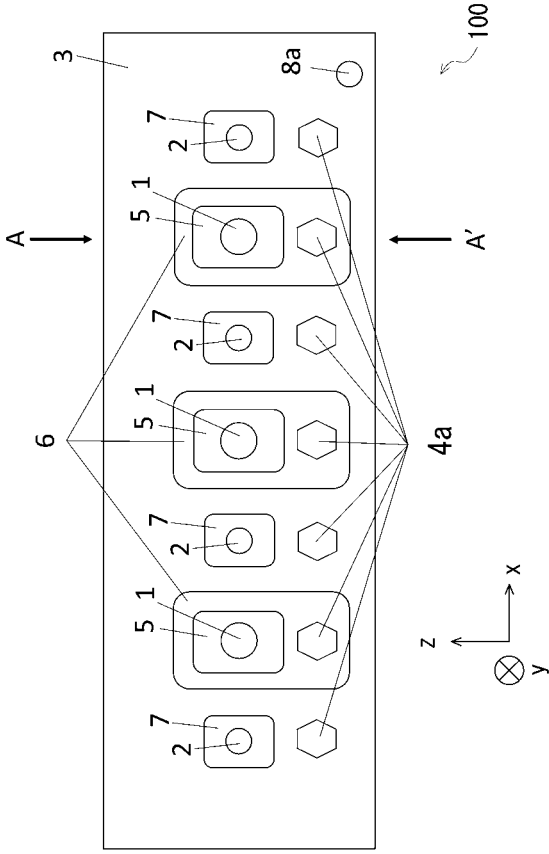
【図1】



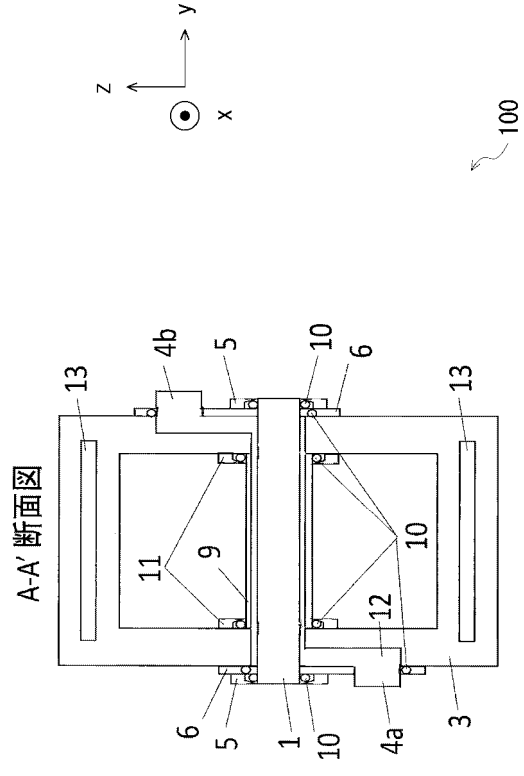
【図2】



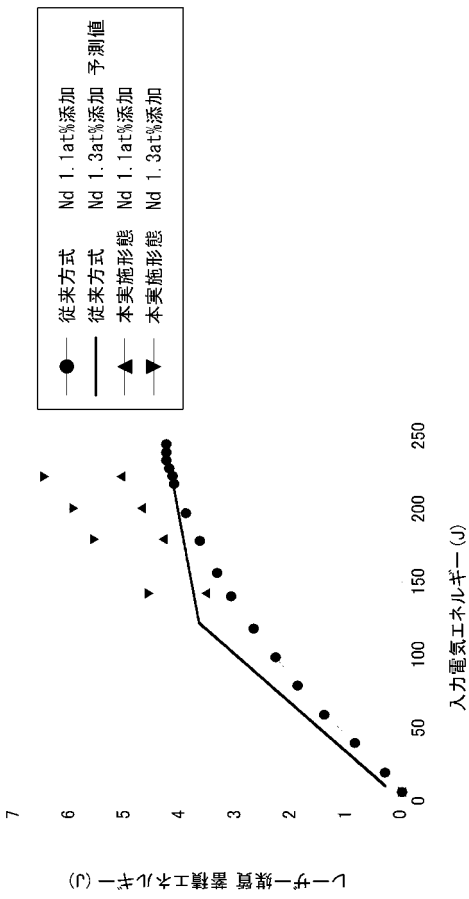
【図3】



【図4】

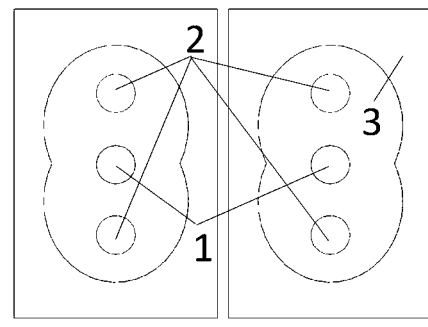


【図5】



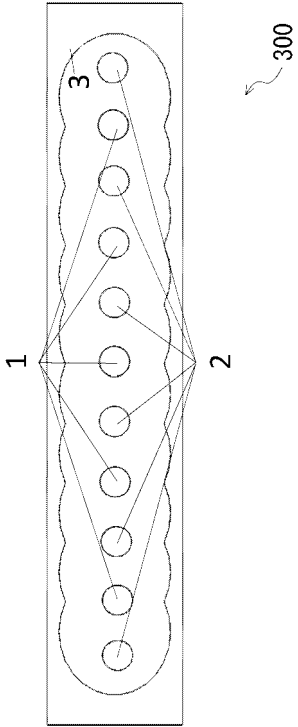
(F) 一ノ一線電機株式会社

【図6】

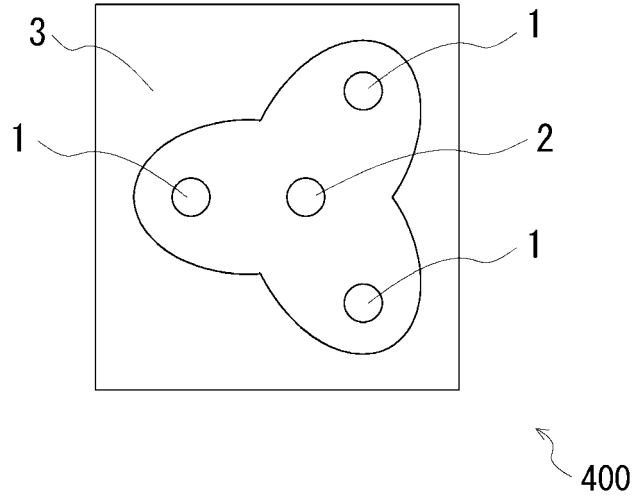


200

【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

- (72)発明者 錦野 将元
京都府木津川市梅美台八丁目1番地7 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 関西光科学
研究所内
- (72)発明者 長谷川 登
京都府木津川市梅美台八丁目1番地7 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 関西光科学
研究所内
- (72)発明者 三上 勝大
京都府木津川市梅美台八丁目1番地7 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 関西光科学
研究所内
- (72)発明者 近藤 修司
京都府木津川市梅美台八丁目1番地7 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 関西光科学
研究所内
- (72)発明者 岡田 大
京都府木津川市梅美台八丁目1番地7 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 関西光科学
研究所内
- (72)発明者 河内 哲哉
京都府木津川市梅美台八丁目1番地7 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 関西光科学
研究所内

Fターム(参考) 5F172 AE03 AE04 AE06 AF01 AF02 AF06 AL01 DD06 EE03 EE04
EE05 NS01 NS09 NS18 NS19 WW18