

(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2006-186071
(P2006-186071A)

(43) 公開日 平成18年7月13日(2006.7.13)

(51) Int. Cl. F I テーマコード(参考)
HO 1 S 3/109 (2006.01) HO 1 S 3/109 5 F 1 7 2

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-377206 (P2004-377206) (22) 出願日 平成16年12月27日 (2004.12.27)</p>	<p>(71) 出願人 000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号 (74) 代理人 100072350 弁理士 飯阪 泰雄 (72) 発明者 伊藤 富夫 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Fターム(参考) 5F172 AE03 AF02 EE16 NQ62 NR05</p>
---	--

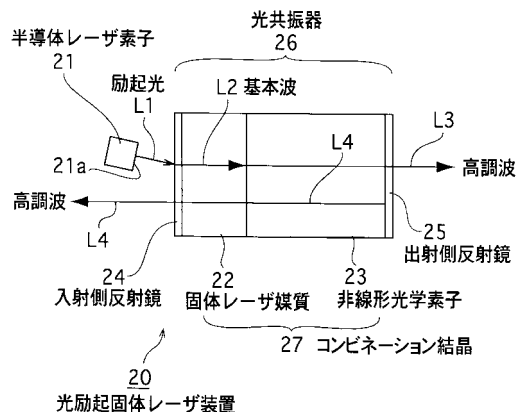
(54) 【発明の名称】 光励起固体レーザー装置

(57) 【要約】

【課題】 位相の異なる高調波成分の干渉によるビーム状態の変動を防ぎ、温度や励起パワーに影響されずに高調波出力を安定して得る。

【解決手段】 本発明の光励起固体レーザー装置 20 は、固体レーザー媒質 22 と非線形光学素子 23 とを挟装する入射側及び出射側でなる一対の反射鏡 24, 25 が、それぞれ基本波 L2 に対しては高反射であり高調波 L3, L4 に対しては反射防止とされており、これにより、光共振器内部における高調波成分同士の干渉を防ぐことができる。また、励起光源(半導体レーザー素子) 21 の発光面 21 a を入射側反射鏡 24 の鏡面に対して非平行とすることにより、入射側反射鏡 24 から外部へ出射した高調波レーザー光 L4 が励起光源 21 の発光面 21 a で反射した際、当該反射光の光軸を光共振器 26 の光軸に対して角度を持たせ、光共振器 26 内における高調波成分 L3, L4 同士の干渉を抑制する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基本波を発生させる固体レーザー媒質と、前記基本波の高調波を発生させる非線形光学素子と、これら固体レーザー媒質と非線形光学素子とを挟装して光を往復させる入射側及び出射側でなる一对の反射鏡と、前記入射側反射鏡に対向配置され前記固体レーザー媒質を励起するための光を発光する励起光源とを備えた光励起固体レーザー装置において、

前記一对の反射鏡は、それぞれ、前記基本波に対しては高反射であり前記高調波に対しては反射防止とされているとともに、

前記励起光源の発光面は、前記入射側反射鏡の鏡面に対して非平行である

ことを特徴とする光励起固体レーザー装置。

10

【請求項 2】

前記励起光源は、その出射光軸が前記入射側反射鏡の鏡面に対して非垂直方向となるように配置されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光励起固体レーザー装置。

【請求項 3】

前記励起光源は、その出射光軸が前記入射側反射鏡の鏡面に対して略垂直方向となるように配置されているとともに、

当該励起光源の発光面は、前記出射光軸に対して非垂直に形成されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光励起固体レーザー装置。

【請求項 4】

前記励起光源の発光面は、半導体レーザー素子の結晶へき開面である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光励起固体レーザー装置。

20

【請求項 5】

前記励起光源の発光面は、半導体レーザー素子を内蔵したパッケージ構造体の光出射窓である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光励起固体レーザー装置。

【請求項 6】

前記固体レーザー媒質と前記非線形光学素子とは、互いに一体化されたコンビネーション結晶でなる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光励起固体レーザー装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体レーザー媒質で発生させた基本波レーザー光を非線形光学素子に入射し、当該基本波レーザー光の通倍の波長の高調波レーザー光を発生させる光励起固体レーザー装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、固体レーザー装置は、非線形光学素子を用いて基本波長の通倍の波長のレーザー光を発生させる波長変換固体レーザー装置が各分野で利用されている。この種の固体レーザー装置には、固体レーザー媒質をポンピングする励起源に半導体レーザーを用いた光励起固体レーザー装置が広く使用されている。

40

【0003】

この種の光励起固体レーザー装置には、レーザー光の周波数変換効率を向上させるために、一对の反射鏡の間に固体レーザー媒質及び非線形光学素子を配置した内部共振型の構造が多く採用されている。固体レーザー媒質としては、例えば Nd : YAG や Nd : YVO₄ 等の結晶素子が用いられ、非線形光学素子としては、例えば KTP (KTiOPO₄) や BBO (BaB₂O₄) 等の結晶素子が用いられている。また、これら固体レーザー媒質と非

50

線形光学素子とを接着等により一体化したコンビネーション結晶も使われている（例えば下記特許文献 1 参照）。

【 0 0 0 4 】

図 1 0 は、従来の光励起固体レーザー装置 1 0 の概略構成を示している。この従来の光励起固体レーザー装置 1 0 は、励起源として波長 8 0 8 n m のレーザー光 L 1 を発生する半導体レーザー 1 と、波長 1 0 6 4 n m の基本波レーザー光 L 2 を発生する固体レーザー媒質 2 と、波長 5 3 2 n m の緑色高調波レーザー光 L 3 を発生する非線形光学素子 3 と、固体レーザー媒質 2 の光入射側端面に配置された平面状の入射側反射鏡 4 と、非線形光学素子 3 の光出射側端面に配置された平面状の出射側反射鏡 5 とを備えている。

【 0 0 0 5 】

固体レーザー媒質 2 と非線形光学素子 3 とは、接着等により互いに一体化されたコンビネーション結晶 7 として形成され、このコンビネーション結晶 7 と一対の反射鏡 4 , 5 とにより、光共振器 6 が構成されている。半導体レーザー 1 と光共振器 6 の各々の光軸は、互いに同軸上に配置されている。

【 0 0 0 6 】

入射側反射鏡 4 の鏡面（反射面）には、半導体レーザー 1 から出射したレーザー光すなわち励起光（ポンピング光）に対しては反射防止となり、固体レーザー媒質 2 で発生した基本波レーザー光及び非線形光学素子 3 で発生した高調波レーザー光に対しては各々高反射となるコーティング膜が形成されている。

一方、出射側反射鏡 5 の鏡面には、基本波レーザー光に対しては高反射であり、高調波レーザー光に対しては反射防止となるコーティング膜が形成されている。

【 0 0 0 7 】

図 1 1 は、以上のように構成される従来の光励起固体レーザー装置 1 0 の光共振器 6 内部における光の波長変化を模式的に説明する図である。半導体レーザー 1 から出射された励起光 L 1 が固体レーザー媒質 2 に入射することにより、固体レーザー媒質 2 において基本波が発生し、この基本波が入射側反射鏡 4 と出射側反射鏡 5 との間において発振することにより、光共振器 6 の内部において基本波の発振レーザー光 L 2 が得られる。そして、この基本波の発振レーザー光 L 2 は、非線形光学素子 3 を通過することにより一部の成分が波長変換されて高調波レーザー光 L 3 とされた後、出射側反射鏡 5 を介して光共振器 6 外部へ出射されるようになっている。

【 0 0 0 8 】

一方、固体レーザー媒質 2 側から非線形光学素子 3 へ入射した基本波レーザー光 L 2 のうち非線形光学素子 3 において波長変換されなかった成分は、出射側反射鏡 5 で反射した後、再び非線形光学素子 3 を通過する。このとき、一部の基本波レーザー光は、非線形光学素子 3 において波長変換されて高調波レーザー光成分 L 4 とされる。この高調波レーザー光成分 L 4 は、固体レーザー媒質 2 を通って入射側反射鏡 4 で反射し、この反射した高調波成分 L 5 が固体レーザー媒質 2 、非線形光学素子 3 及び出射側反射鏡 5 を介して光共振器 6 外部へ出射される。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 2 8 1 9 3 2 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 1 0 6 6 8 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

さて、従来の光励起固体レーザー装置 1 0 においては、上述したように、出射側反射鏡 5 側から入射側反射鏡 4 側へ向かう基本波レーザー光 L 2 のうち、非線形光学素子 3 において波長変換された高調波成分 L 4 を入射側反射鏡 4 において反射させ、その反射光 L 5 を出射側反射鏡 5 を介して光共振器 6 外部へ出射させるようにしている。これは、光共振器 6 内部で発生した高調波レーザー光の L 2 成分と L 5 成分とを合波して出射することにより、高調波レーザー光を高出力で得ることを目的としているからである。

10

20

30

40

50

【0011】

ところが、高調波成分L5は、複屈折材である固体レーザー媒質2を通過する際に位相が変化するため、両者間で位相を完全に一致させるのは容易ではない。また、温度の変化や励起パワーによる固体レーザー媒質2の屈折率の変動で位相が一致しなくなり、高調波レーザー光の出力が変動し易くなる。更に、位相の異なる光が干渉し合うことで偏光状態が変化するとともに、ビーム横モード（レーザービームの空間的な強度分布あるいは位相分布）が不安定となり、マルチビームの発生やビームサイズの変化が起きるといった問題がある。

【0012】

一方、上記特許文献2には、互いに同軸上に配置された半導体レーザー、固体レーザー媒質及び非線形光学素子を有する光励起固体レーザー装置において、入射側反射鏡を高調波に対して反射防止とすることにより、上記問題の解消を図る構成が開示されている。

10

【0013】

しかしながら、上記特許文献2の構成によっても、以下のように、上述した問題点の根本的解決には至り難い。

【0014】

すなわち、一般に半導体レーザー（レーザーダイオード）が発光した光は拡がり角度が大きいため、半導体レーザーから出射された波長808nmの光は、固体レーザー媒質に到達するまでに光径が拡大し、単位面積当たりのエネルギー密度が低下してしまう。このため、半導体レーザーの発光面と光共振器の入射側反射鏡とは可能な限り接近させて、固体レーザー媒質での波長1064nmの光を励起する効率を向上させることが重要となる。

20

【0015】

ところが、半導体レーザーの発光面を光共振器の入射側反射鏡に近接対向させると、入射側反射鏡を透過した高調波が当該半導体レーザーの発光面で反射し、この反射した高調波が入射側反射鏡を介して光共振器内に入射する。その結果、光共振器内部に位相の異なる高調波成分を存在させることになり、上述と同様な問題が発生することになる。

【0016】

本発明は上述の問題に鑑みてなされ、位相の異なる高調波成分の干渉によるビーム状態の変動を防ぎ、温度や励起パワーに影響されずに高調波出力を安定して得ることができる光励起固体レーザー装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

30

【0017】

以上の課題を解決するに当たり、本発明の光励起固体レーザー装置は、固体レーザー媒質と非線形光学素子とを挟装する入射側及び出射側でなる一对の反射鏡が、それぞれ基本波に対しては高反射であり高調波に対しては反射防止とされているとともに、励起光源の発光面が、上記入射側反射鏡の鏡面に対して非平行とされている。

【0018】

このような構成の本発明の光励起固体レーザー装置においては、固体レーザー媒質と非線形光学素子と一对の反射鏡とで、光共振器を構成している。そして、励起光源から出射された励起光が固体レーザー媒質に入射すると、固体レーザー媒質において基本波が発生し、この基本波が光共振器内部で発振することにより基本波レーザー光が得られる。この基本波レーザー光は、非線形光学素子を通過することにより、一部が波長変換されて高調波レーザー光となり、反射鏡を介して光共振器外部へ射出される。

40

【0019】

本発明では、上記一对の反射鏡を高調波に対して反射防止としているので、光共振器内部で発生した高調波レーザー光をこれら反射鏡を介して光共振器外部へ出射させるようにしている。これにより、光共振器内部における高調波成分同士の干渉を防ぐことができるので、温度や励起パワーに影響されないビーム横モードの安定した高調波レーザー光を得ることができる。

【0020】

また、本発明では、励起光源の発光面を入射側反射鏡の鏡面に対して非平行としている

50

ので、この入射側反射鏡から外部へ出射した高調波レーザー光を励起光源の発光面で反射した際、当該反射光の光軸が光共振器の光軸に対して角度を持つようになる。これにより、励起光源の発光面で反射した高調波成分の光共振器内部への入射が抑えられ、又は、入射したとしても反射光の光軸を光共振器の光軸と異ならせることができるので、光共振器内部における高調波成分との干渉が抑えられ、安定した高調波出力を維持することが可能となる。

【0021】

励起光源の発光面を入射側反射鏡の鏡面に対して非平行とする構成例としては、励起光源の出射光軸が入射側反射鏡の鏡面に対して非垂直方向となるように励起光源の発光面を配置する、又は、励起光源の出射光軸が入射側反射鏡の鏡面に対して略垂直方向となるように励起光源を配置し、かつ当該励起光源の発光面を出射光軸に対して非垂直となるように形成する。

10

【0022】

なお、励起光源には、レーザダイオードチップ等の半導体レーザ素子又はこれを内蔵したパッケージ構造体等が含まれ、半導体レーザの発光面としては、素子の結晶へき開面やパッケージ構造体の光出射窓等が該当する。

【発明の効果】

【0023】

以上述べたように、本発明の光励起固体レーザ装置によれば、光共振器内部における高調波成分同士の干渉を防ぐことができるので、温度や励起パワーに影響されないビーム横モードの安定した高調波レーザー光を得ることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明の各実施の形態について図面を参照して説明する。

【0025】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態による光励起固体レーザ装置20の概略構成図である。図示する光励起固体レーザ装置20は、励起光源としての半導体レーザ素子21と、固体レーザ媒質22と、非線形光学素子23と、固体レーザ媒質22の光入射側端面に配置された平面状の入射側反射鏡24と、非線形光学素子23の光出射側端面に配置された平面状の出射側反射鏡25とを備えている。

30

【0026】

半導体レーザ素子21は、電圧を印加すると所定の波長のレーザー光を発振する素子、例えばガリウム・アルミニウム砒素(GaAlAs)レーザダイオード素子(チップ)で構成されている。本実施の形態では、励起光として波長808nmのレーザー光L1を発振するレーザ素子が用いられている。なお、発振レーザー光L1は、連続光でもよいしパルス光でもよい。

【0027】

固体レーザ媒質22と非線形光学素子23とは、接着等により互いに一体化されたコンビネーション結晶27として形成され、このコンビネーション結晶27と一対の反射鏡24, 25とにより、光共振器26が構成されている。

40

【0028】

入射側反射鏡24及び出射側反射鏡25は、固体レーザ媒質22の入射側端面及び非線形光学結晶素子23の出射側端面にそれぞれ設けられている。これら反射鏡24, 25、固体レーザ媒質22の入射側端面、及び非線形光学結晶素子23の出射側端面は、光共振器26の光軸(軸心)方向に対してそれぞれ直交している。

【0029】

光共振器26は、半導体レーザ素子21が発光したレーザー光が入射されることにより、後述するように、固体レーザ媒質22で波長1064nmの基本波レーザー光L2を発生させ、更に、非線形光学素子23で当該基本波の第2高調波(波長532nm)の緑色レー

50

ザ光 L 3 , L 4 を発生させて外部へ出射する。

【 0 0 3 0 】

本実施の形態では、固体レーザ媒質 2 2 として Nd : Y V O ₄ が用いられ、非線形光学素子 2 3 としてリンチタン酸カリウム (K T i O P O ₄ ; K T P 結晶) が用いられるが、これ以外にも、固体レーザ媒質 2 2 として Nd : Y A G 、非線形光学素子 2 3 として B B O (- B a B ₂ O ₄) 等の他の材質が用いることができる。

【 0 0 3 1 】

入射側反射鏡 2 4 の鏡面 (反射面) には、基本波 L 2 に対しては高反射 (H R) で、励起光 L 1 及び高調波 L 4 に対しては反射防止 (A R) とされるコーティング膜が形成されている。このような光学特性を有する光学膜として、例えば、T a ₂ O ₅ と S i O ₂ とを交互に複数形成した多層膜を用いることができる。 10

【 0 0 3 2 】

一方、出射側反射鏡 2 5 の鏡面には、基本波 L 2 に対しては高反射で、高調波 L 3 に対しては反射防止とされるコーティング膜が形成されている。このような光学特性を有する光学膜として、例えば、T a ₂ O ₅ と S i O ₂ とを交互に複数形成した多層膜を用いることができる。

【 0 0 3 3 】

図 2 は、本実施の形態の光励起固体レーザ装置 2 0 の光共振器 2 6 内部における光の波長変化を模式的に説明する図である。

【 0 0 3 4 】

半導体レーザ素子 2 1 から出射された励起光 L 1 が固体レーザ媒質 2 2 に入射すると、固体レーザ媒質 2 2 において基本波が発生し、この基本波が入射側反射鏡 2 4 と出射側反射鏡 2 5 との間において発振することにより、光共振器 6 の内部において基本波の発振レーザ光 L 2 が得られる。そして、この基本波の発振レーザ光 L 2 は、非線形光学素子 2 3 を通過することにより一部の成分が波長変換されて高調波レーザ光 L 3 とされた後、出射側反射鏡 2 5 を介して光共振器 2 6 外部へ出射される。 20

【 0 0 3 5 】

一方、固体レーザ媒質 2 2 側から非線形光学素子 3 へ入射した基本波レーザ光 L 2 のうち、非線形光学素子 2 3 において波長変換されなかった成分は、出射側反射鏡 2 5 で反射した後、再び非線形光学素子 2 3 を通過する。このとき、一部の基本波レーザ光は、非線形光学結晶素子 2 3 において波長変換されて高調波レーザ光成分 L 4 とされる。この高調波レーザ光成分 L 4 は、固体レーザ媒質 2 2 及び入射側反射鏡 2 4 を介して光共振器 2 6 外部へ出射される。 30

【 0 0 3 6 】

本実施の形態においては、上述のように、入射側及び出射側の各々の反射鏡 2 4 , 2 5 を高調波 L 3 , L 4 に対して反射防止構造としているので、光共振器 2 6 内部で発生した高調波レーザ光 L 3 , L 4 をこれら反射鏡 2 4 , 2 5 を介して光共振器 2 6 の外部へ出射させるようにしている。これにより、光共振器 2 6 内部における高調波成分同士の干渉を防ぐことができるので、温度や励起パワーに影響されないビーム横モードの安定した高調波レーザ光を得ることが可能となる。 40

【 0 0 3 7 】

ここで、半導体レーザ素子 2 1 が発光した光は拡がり角度が大きいいため、半導体レーザ素子 2 1 から出射された波長 8 0 8 n m の光は、固体レーザ媒質 2 2 に到達するまでに光径が拡大し、単位面積当たりのエネルギー密度が低下してしまう。このため、半導体レーザ素子 2 1 の発光面と入射側反射鏡 2 4 とは可能な限り接近させて、固体レーザ媒質 2 2 での波長 1 0 6 4 n m の光を励起する効率を向上させることが重要となる。

【 0 0 3 8 】

ところが、半導体レーザ素子 2 1 の発光面を入射側反射鏡 2 4 に近接対向させると、入射側反射鏡 2 4 を透過した高調波 L 4 が当該半導体レーザ素子 2 1 の発光面で反射し、この反射した高調波が入射側反射鏡 2 4 を介して光共振器 2 6 内に入射する。この入射した 50

高調波の光軸が、光共振器 26 の光軸方向に一致していると、光共振器 26 内部において位相の異なる高調波成分 (L3, L4) 同士が互いに干渉することにより、出力高調波のビーム横モードが不安定となる。

【0039】

そこで、本実施の形態の光励起固体レーザー装置 20 においては、光共振器 26 の入射側反射鏡 24 の鏡面に対して、半導体レーザー素子 21 の発光面 21a を非平行とすることにより、上記問題を回避するようにしている。

【0040】

図 3 及び図 4 は、本実施の形態の光励起固体レーザー装置 20 における半導体レーザー素子 21 と光共振器 26 との相対位置関係を模式的に示す図であり、A は側面側から見た図、B は上面側から見た図である。なお図 1 に対応する部分については同一の符号を付している。また図中 28 は、半導体レーザー素子 (レーザーダイオード) 21 を上面で支持するとともに、半導体レーザー 21 から発生した熱を外部へ放熱するヒートシンクである。

10

【0041】

図 3 に示した構成例において、半導体レーザー素子 21 は、その出射光軸が発光面 21a に対して垂直なものが用いられている。そして、半導体レーザー素子 21 の出射光軸が入射側反射鏡 24 の鏡面に対して非垂直方向となるように、発光面 (結晶へき開面) 21a を入射側反射鏡 24 の鏡面に対して仰角方向 (図において上下 (z) 方向) に角度 1 だけ傾斜配置させている。この場合、半導体レーザー素子 21 の傾斜配置は、ヒートシンク 28 と一体的に行うことができる。

20

【0042】

また、当該半導体レーザー素子 21 は、図 4 に示したように、入射側反射鏡 24 の鏡面に対し、半導体レーザー素子 21 の発光面 21a を左右方向 (図において上下 (y) 方向) に角度 2 だけ傾斜配置させてもよい。この場合、半導体レーザー素子 21 の傾斜配置は、ヒートシンク 28 に対して相対的に行うことができる。

【0043】

このような構成とすることにより、入射側反射鏡 24 を透過し半導体レーザー素子 21 の発光面 21a で反射した高調波の光軸 Lb は、光共振器 26 の軸心 La に対して z 方向に角度 1 又は y 方向に角度 2 傾斜させることができるので、当該高調波の反射光が光共振器 26 に入射したとしても、共振器 26 内部の高調波成分との干渉が抑えられ、出射側反射鏡 25 から出射される高調波レーザー光 L3 のビーム横モードを安定に維持することができるようになる。

30

【0044】

角度 1, 2 の大きさは、光共振器 26 内部の高調波成分との干渉を抑えられる範囲で適宜設定可能である。また、図 3 及び図 4 に示した構成例は、それぞれ単独で適用されてもよいし、両者を組み合わせて適用してもよい。

【0045】

以上のように構成される本実施の形態の光励起固体レーザー装置 20 によれば、半導体レーザー素子 21 の発光面 21a を入射側反射鏡 24 の鏡面に対して非平行としたので、当該半導体レーザー素子 21 の発光面 21a を光共振器 26 に近接配置させても、入射側反射鏡 24 から出射した高調波成分の発光面 21a における反射光と、光共振器 26 内の高調波成分との間の干渉を効果的に抑えることができ、固体レーザー媒質 22 の励起効率を高めて、高調波レーザー光の高出力化を図ることができる。

40

【0046】

また、本実施の形態においては、固体レーザー媒質 22 と非線形光学素子 23 とを一体結合したコンプレッション結晶 27 で形成し、更にこれら固体レーザー媒質 22 の入射側端面及び非線形光学素子 23 の出射側端面にそれぞれ入射側反射鏡 24 及び出射側反射鏡 25 を一体形成することにより光共振器 26 を構成しているため、共振器長が短くなり装置のコンパクト化が図れるとともに、共振器全体を装置固定部に一体的に固定できるので温度変化等による共振器長の変動が抑えられ、レーザー光の安定した発振作用を維持することが

50

できる。

【0047】

次に、図5Aは、図10及び図11を参照して説明した従来の光励起固体レーザ装置10の駆動電流 - 高調波出力 (I - L特性) の一例を示すグラフである。図示するように、駆動電流に対する出力の増加は一定せず、キックが発生するなど直線性が著しく悪い。これは、半導体レーザ素子1から出射した励起光L1が固体レーザ媒質2へ入射する際、そのパワーにより固体レーザ媒質2の温度が上昇し屈折率が変化したため、高調波成分のL3と入射側反射鏡4で反射した高調波成分L5との間の位相が激しく変動した状態で干渉し、光波の強め合う部分と弱め合う部分が発生したことによる。

【0048】

これに対して、図5Bは、本実施の形態の光励起固体レーザ装置20の駆動電流 - 高調波出力の一例を示すグラフである。図示するように、駆動電流に対する出力の増加はほぼ一定している。これは、高調波成分L3が他の位相の異なる高周波成分との干渉による影響を受けずにそのまま出射されることで、出力の変動が抑えられたことによる。

【0049】

図6A, Bは、図10及び図11を参照して説明した従来の光励起固体レーザ装置10の温度(18、25)によるビーム状態の変化をビームプロファイラで観察したときの結果である。温度18と温度25と比較すると、プロファイルに明らかな違いが認められる。中央の濃い所は、より出力の大きい部分であるが、高調波出力は同一であるにもかかわらず、温度18と温度25とではその割合が変化している。また、ビームサイズも変化している。これは、高調波成分L3と、入射側反射鏡24で反射した高調波成分L5との間の位相が温度の影響で変化し、その干渉状態がビーム横モードの変動として現れたものである。

【0050】

これに対して、図7A, Bは、本実施の形態の光励起固体レーザ装置20の温度(18、25)によるビーム状態の変化をビームプロファイラで観察したときの結果である。図示するように、温度18と温度25と比較すると、プロファイルに差は見られない。これは、高周波成分L3が他の位相の異なる高周波成分との干渉による影響を受けずにそのまま出射されることで、ビーム横モードが安定したものである。

【0051】

(第2の実施の形態)

続いて、本発明の第2の実施の形態について説明する。図8は本発明の第2の実施の形態による光励起固体レーザ装置30の概略構成図である。なお、図において上述の第1の実施の形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略するものとする。

【0052】

本実施の形態の光励起固体レーザ装置30は、励起光源として、半導体レーザ素子21を筐体32に内蔵したパッケージ構造体となる半導体レーザ31が用いられている。この種の半導体レーザ31は、筐体の一部に形成した出射窓33を発光面として光共振器26の入射側反射鏡24に対向配置されている。

【0053】

この場合、半導体レーザ素子21から光共振器26までの距離が上述の第1の実施の形態に比べて大きくなるので、出射窓33と光共振器26との間に集光レンズ34を介装することにより、拡散したレーザ出射光を集光して励起光L1を固体レーザ媒質22へ入射させ、固体レーザ媒質22の励起効率を高めるようにしている。

【0054】

本実施の形態においても、光共振器26の入射側反射鏡24が高調波に対して反射防止構造とされているので、当該入射側反射鏡24から外部へ出射した高調波成分L4が半導体レーザ31の発光面(出射窓)33で反射し、その反射光が光共振器26に再入射する場合がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

そこで、半導体レーザ 3 1 の発光面 3 3 を入射側反射鏡 2 4 の鏡面に対して非平行とすることにより、当該発光面 3 3 で反射した高調波成分の光軸 L b を光共振器 2 6 の光軸 L a に対して所定の角度を持たせ、共振器内での位相の異なる高調波同士の干渉を抑制し、ビーム横モードの安定した高調波レーザ光 L 3 を得るようにしている。これにより、上述の第 1 の実施の形態と同様な効果を得ることができる。なお、入射側反射鏡 2 4 に対する発光面 3 3 の傾斜角は、上述の第 1 の実施の形態と同様、水平方向及び垂直方向のいずれでもよい。

【 0 0 5 6 】

(第 3 の実施の形態)

図 9 は本発明の第 3 の実施の形態による光励起固体レーザ装置 4 0 の概略構成を示している。なお、図において上述の第 1 の実施の形態と対応する部分については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

10

【 0 0 5 7 】

本実施の形態において、半導体レーザ素子 2 1 は、発光面 (結晶へき開面) 2 1 a が出射光軸に対して非垂直な面となるようにテーパ状に形成されている。そして、この半導体レーザ素子 2 1 の出射光軸が入射側反射鏡 2 4 の鏡面に対して略垂直方向となるように、発光面 2 1 a を入射側反射鏡 2 4 に対向配置させている。

【 0 0 5 8 】

このような構成でも、入射側反射鏡 2 4 から出射し発光面 2 1 a で反射した高調波成分の光軸 L b を光共振器 2 6 の光軸 L a に対して所定の角度を持たせることができるので、共振器内での位相の異なる高調波同士の干渉を抑制して、ビーム横モードの安定した高調波レーザ光 L 3 を得ることができる。

20

【 0 0 5 9 】

以上、本発明の各実施の形態について説明したが、勿論、本発明はこれらに限定されることなく、本発明の技術的思想に基づいて種々の変形が可能である。

【 0 0 6 0 】

例えば以上の各実施の形態では、入射側及び出射側でなる一对の反射鏡 2 4 , 2 5 で挟装される固体レーザ媒質 2 2 と非線形光学素子 2 3 とを、互いに一体接合したコンビネーション結晶 2 7 で構成したが、勿論これに限らず、これら固体レーザ媒質 2 2 と非線形光学素子 2 3 とを空間的に分離した構成の光共振器にも、本発明は適用可能である。

30

【 0 0 6 1 】

また、本発明は、光共振器から出射した高調波レーザ光の出力強度に基づいて励起光源 (半導体レーザ素子) の励起パワーを調整する、いわゆる APC (オートパワーコントロール) 機能を備えた光励起固体レーザ装置にも、当然に適用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 2 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態による光励起固体レーザ装置 2 0 の概略構成図である。

【 図 2 】 光励起固体レーザ装置 2 0 の光共振器 2 6 内部における光の波長変化を説明する図である。

40

【 図 3 】 光励起固体レーザ装置 2 0 における半導体レーザ素子 2 1 と光共振器 2 6 との相対位置関係を説明する模式図である。

【 図 4 】 光励起固体レーザ装置 2 0 における半導体レーザ素子 2 1 と光共振器 2 6 との相対位置関係を説明する模式図である。

【 図 5 】 駆動電流 - 高調波出力の一例を示すグラフであり、A は図 1 0 及び図 1 1 に示した構造の従来光励起固体レーザ装置 1 0 について、B は本発明の光励起固体レーザ装置 2 0 について、それぞれ示している。

【 図 6 】 図 1 0 及び図 1 1 に示した構造の従来光励起固体レーザ装置 1 0 の温度 (1 8 、 2 5) によるビーム状態の変化をビームプロファイラで観察したときの結果を示す

50

図である。

【図7】本発明の光励起固体レーザー装置20の温度(18、25)によるビーム状態の変化をビームプロファイラで観察したときの結果を示す図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態による光励起固体レーザー装置30の概略構成図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態による光励起固体レーザー装置30の概略構成図である。

【図10】従来の光励起固体レーザー装置10の概略構成図である。

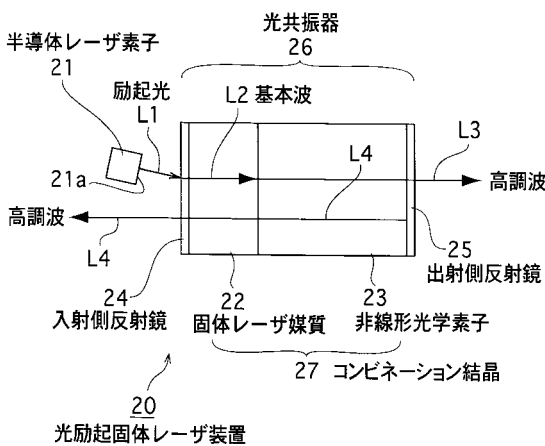
【図11】従来の光励起固体レーザー装置10の光共振器6内部における光の波長変化を説明する図である。

【符号の説明】

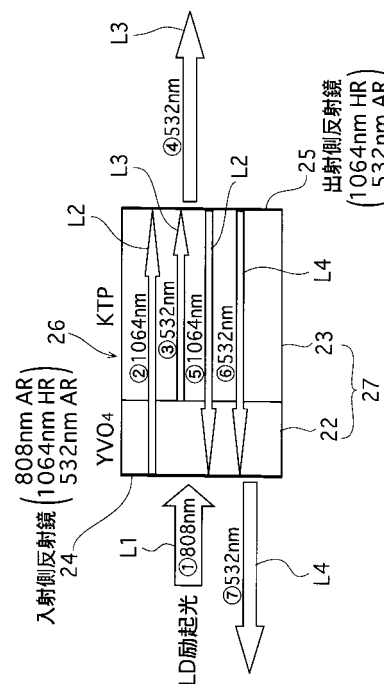
【0063】

20, 30, 40...光励起固体レーザー装置、21...半導体レーザー素子(励起光源)、21a...発光面、22...固体レーザー媒質、23...非線形光学素子、24...入射側反射鏡、25...出射側反射鏡、26...光共振器、27...コンビネーション結晶、28...ヒートシンク、31...半導体レーザー(励起光源)、33...出射窓(発光面)、34...集光レンズ。

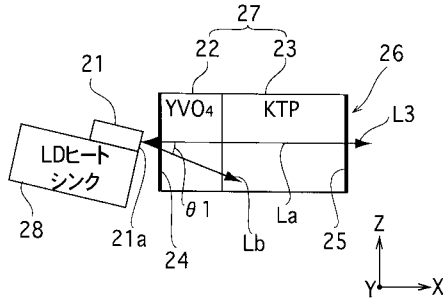
【図1】



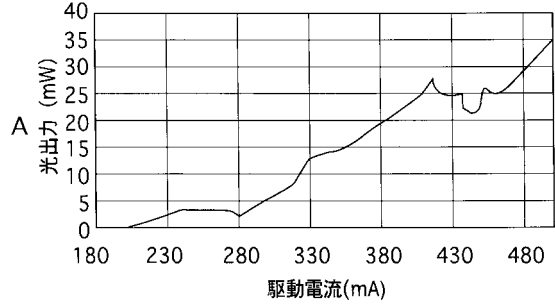
【図2】



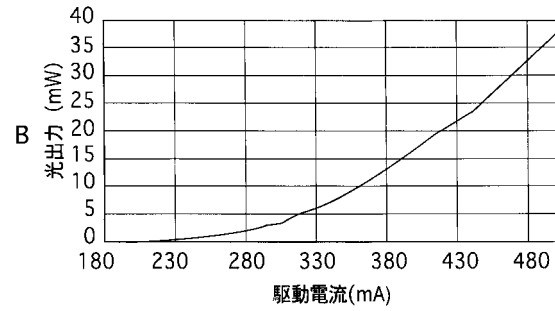
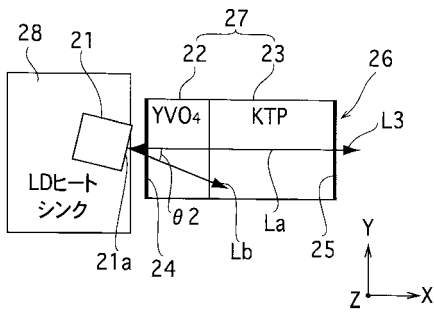
【 図 3 】



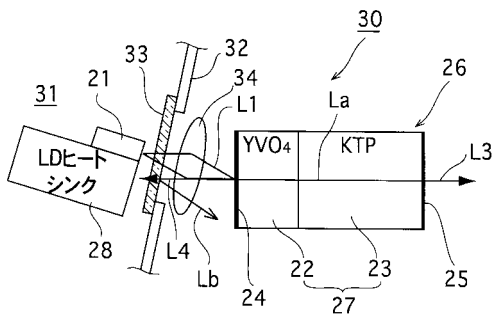
【 図 5 】



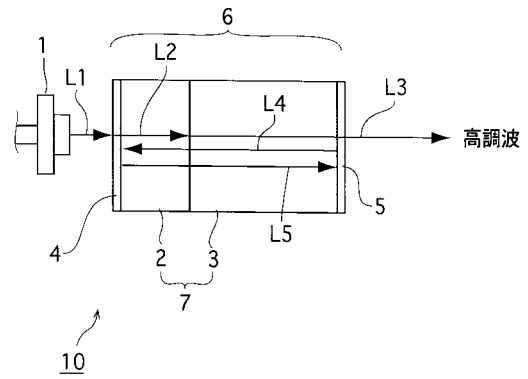
【 図 4 】



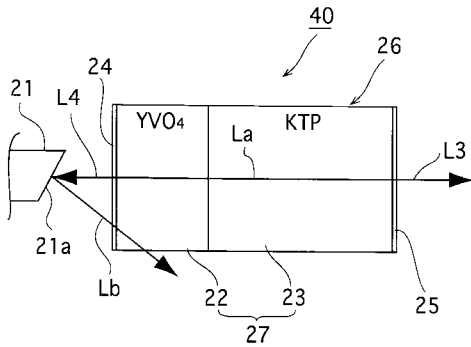
【 図 8 】



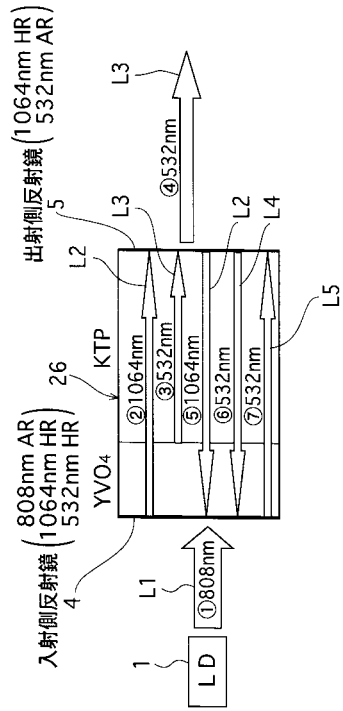
【 図 10 】



【 図 9 】

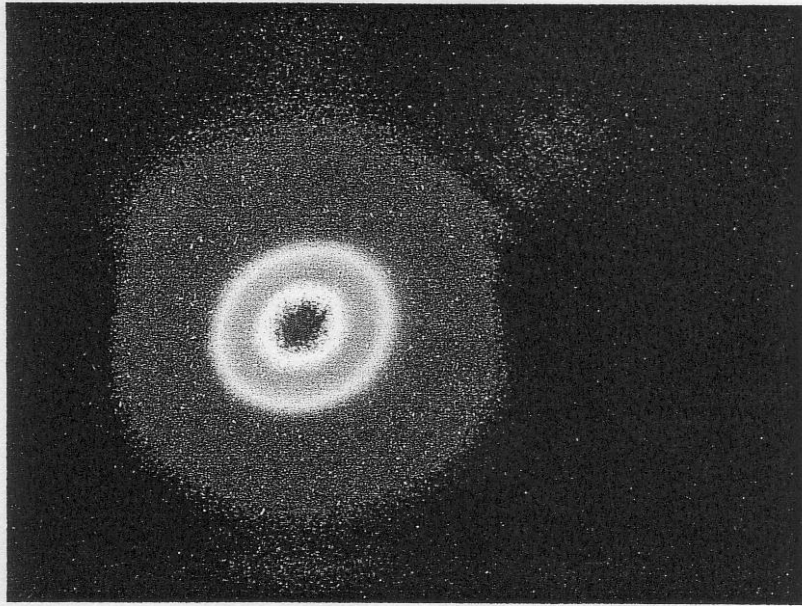


【 図 1 1 】

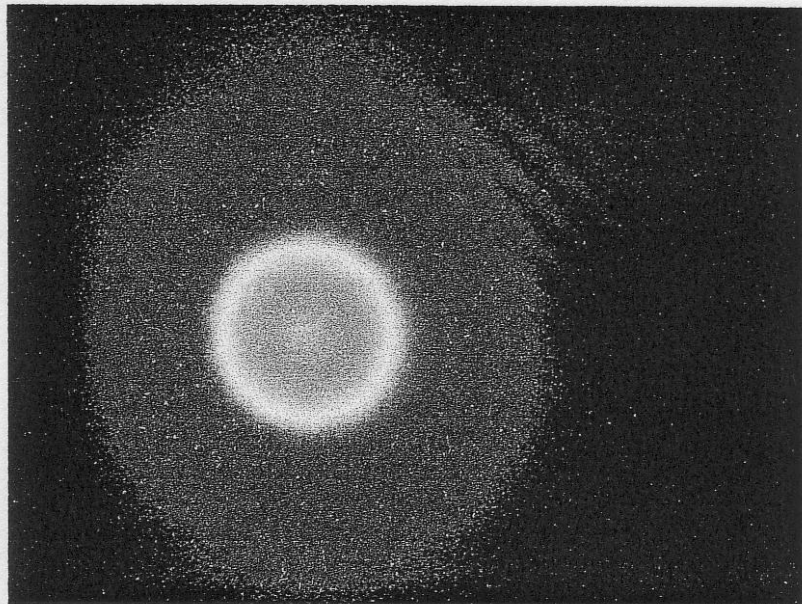


【図6】

A 従来品25°C

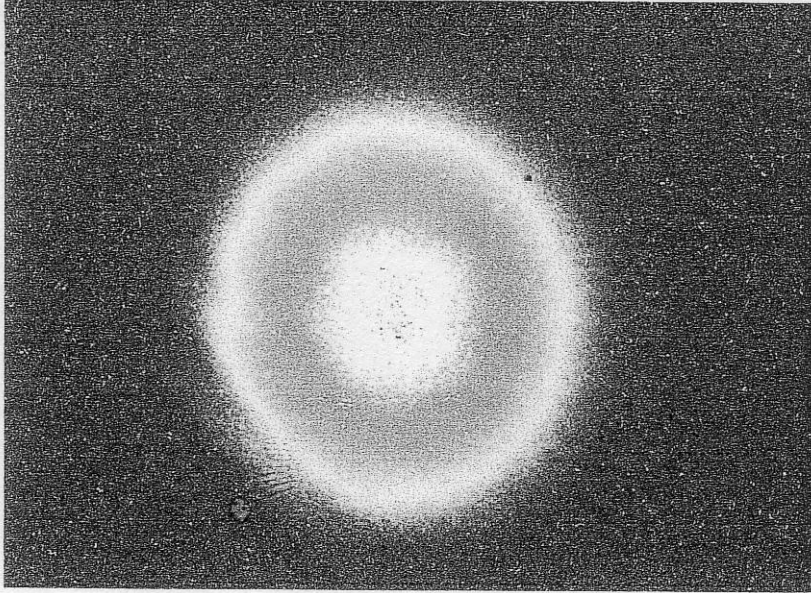


B 従来品18°C



【図7】

A 本発明品25°C



B 本発明品18°C

