(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3966958号
(P3966958)
(45)発行日　平成19年8月29日(2007.8.29)　(24)登録日　平成19年6月8日(2007.6.8)

(51)Int.Cl.			F I	
H01S	3/16	(2006.01)	H01S	3/16
G02F	1/37	(2006.01)	G02F	1/37
H01S	3/108	(2006.01)	H01S	3/108

請求項の数 8　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願平9-262066
(22)出願日　平成9年9月26日(1997.9.26)
(65)公開番号　特開平11-103119
(43)公開日　平成11年4月13日(1999.4.13)
審査請求日　平成16年5月11日(2004.5.11)

前置審査

(73)特許権者　306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布２丁目２６番３０号
(74)代理人　100073184
弁理士　柳田　征史
(74)代理人　100090468
弁理士　佐久間　剛
(72)発明者　後藤　千秋
神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地
富士写真フイルム株式会社内
(72)発明者　三浦　栄朗
神奈川県足柄上郡開成町宮台７９８番地
富士写真フイルム株式会社内

審査官　傍島　正朗

最終頁に続く

(54)【発明の名称】固体レーザー

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

固体レーザー結晶と、この固体レーザー結晶を励起する励起源と、曲面のミラー面を有する共振器ミラーおよびレーザー発振の光軸に対して傾けて配置された光学素子を含む共振器と、気体が封入された内部に前記共振器を収納した密閉容器と、前記共振器の部分を所定温度に保つ温度調節手段とを備えてなる固体レーザーにおいて、

前記固体レーザー結晶、共振器ミラーおよび光学素子が１つの機械部品に固定され、

前記共振器内における気体層の光学長の、固体レーザー発振波長に対する比が１３６００以下であることを特徴とする固体レーザー。

【請求項２】

前記光学長の、固体レーザー発振波長に対する比が６８００以下であることを特徴とする請求項１記載の固体レーザー。

【請求項３】

前記光学長の、固体レーザー発振波長に対する比が３４００以下であることを特徴とする請求項２記載の固体レーザー。

【請求項４】

前記密閉容器内に、少なくとも前記共振器を内部に納め、封入された前記気体の８０％以上を包み込むカバーが設けられたことを特徴とする請求項１から３いずれか１項記載の固体レーザー。

【請求項５】

前記密閉容器内において、少なくとも前記共振器を構成する光学部品が、アルミニウムあるいはその合金からなる固定部材に固定されていることを特徴とする請求項１から３いずれか１項記載の固体レーザー。
【請求項６】
前記温度調節手段が、前記密閉容器の底板上に固定されたペルチェ素子を含むものであり、前記底板のペルチェ素子を固定する部分の厚みが３ｍｍ以下とされていることを特徴とする請求項１から３いずれか１項記載の固体レーザー。
【請求項７】
前記共振器内に、固体レーザー光を波長変換する非線形光学結晶が配設されていることを特徴とする請求項１から６いずれか１項記載の固体レーザー。
【請求項８】
前記光学素子が偏光制御素子であることを特徴とする請求項１から７いずれか１項記載の固体レーザー。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明はレーザーダイオード励起固体レーザー等の固体レーザーに関し、特に詳細には、共振器長の変化による発振波長や出力の変動を防止するようにした固体レーザーに関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
例えば特開昭６２－１８９７８３号公報に示されるように、ネオジウム等の希土類が添加された固体レーザー結晶を、レーザーダイオードから発せられた光によって励起するレーザーダイオード励起固体レーザーが公知となっている。
【０００３】
上記レーザーダイオード励起固体レーザー等の固体レーザーにおいては、環境温度が高くなると発振波長が長波長側に、反対に環境温度が低くなると発振波長が短波長側に変化し、その結果最適な駆動条件（温調温度など）が変化するため、出力変動が起きるという問題が認められる。
【０００４】
そこで本出願人は先に、固体レーザー結晶や共振器などを密閉容器内に収納し、この容器内に屈折率が空気と比べてより１に近い気体を充填する構成や、該容器内を１気圧未満に減圧する構成を提案した（特願平８－７４７９８号）。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
上記の各構成は、所期の目的を達成できるものではあるが、その半面、前者にあっては装置が高価になる、後者にあっては、容器封止時に共振器周りの状態が組立調整時とは変わることから特性が変化してしまう、といった不具合も認められる。
【０００６】
本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、環境温度変化に対する発振波長や出力の変動を確実に防止でき、そして安価に形成することができる固体レーザーを提供することを目的とする。
【０００７】
【課題を解決するための手段】
本発明による１つの固体レーザーは、固体レーザー結晶と、この固体レーザー結晶を励起する励起源と、曲面のミラー面を有する共振器ミラーおよびレーザー発振の光軸に対して傾けて配置された光学素子を含む共振器と、気体が封入された内部に前記共振器を収納した密閉容器と、前記共振器の部分を所定温度に保つ温度調節手段とを備えてなる固体レーザーにおいて、前記固体レーザー結晶、共振器ミラーおよび光学素子が１つの機械部品に固定され、前記共振器内の気体層の光学長の、固体レーザー発振波長に対する比が１３

６００以下とされていることを特徴とするものである。
【０００８】
なお上記光学長の固体レーザー発振波長に対する比は、好ましくは６８００以下、さらに好ましくは３４００以下とされるのが望ましい。またこの固体レーザーにおいて、共振器内には、レーザー発振の光軸に対して傾いた状態にして、偏光制御素子等の光学素子が配設されることが望ましい。
【０００９】
また本発明による固体レーザーにおいては、上記密閉容器内に、少なくとも共振器を内部に納め、封入された気体の８０％以上を包み込むカバーが設けられることが望ましい。
【００１０】
また本発明による固体レーザーにおいては、上記密閉容器内において、少なくとも共振器を構成する光学部品が、アルミニウムあるいはその合金からなる固定部材に固定されていることが望ましい。
【００１１】
また本発明による固体レーザーにおいては、温度調節手段が、上記密閉容器の底板上に固定されたペルチェ素子を含むものであり、上記底板のペルチェ素子を固定する部分の厚みが３ｍｍ以下とされていることが望ましい。
【００１２】
【発明の効果】
まず、環境温度Ｔｅに応じて固体レーザーの発振波長が変化する理由を詳しく説明する。そのために、図７に示すようなモデルを考える。図中の１は内部を外部に対して気密状態に保つ密閉容器、２は温調（温度調節）された光学部品周囲の気体である。なお、温調部近傍の封入気体の体積、粒子数をそれぞれＶ１、Ｎ１とし、それ以外の容器壁面近傍部分の気体の体積、粒子数をそれぞれＶ２、Ｎ２とし、気体圧力をＰ、気体定数をＲとする。
【００１３】
この密閉容器１の壁面の温度はほぼ環境温度Ｔｅなので、この壁面近傍の封入気体は環境温度Ｔｅに近い温度Ｔ２になる。一方、温調された部品近傍の封入気体は、温調温度Ｔｃに近い温度Ｔ１になる。例えば環境温度Ｔｅが温調温度Ｔｃよりも高いとすると、Ｔｅ　Ｔ２＞Ｔ１　Ｔｃである。
【００１４】
Ｔｅ＝Ｔｃで温度分布のないときは、封入気体は均一に存在するので、容器内の粒子密度は一定のＮ０／Ｖ０（総粒子数／容器の容積）である。Ｔｅ≠Ｔｃのとき、説明の簡単化のためにＶ２＝Ｖ１とすると、温調部近傍の封入気体の粒子密度はＮ１／Ｖ１＝Ｐ／Ｒ／Ｔ１、容器壁面近傍部分の封入気体の粒子密度はＮ２／Ｖ２＝Ｐ／Ｒ／Ｔ２であり、温度が低い部分の方が粒子数が多く、粒子密度が大となる。
【００１５】
したがって、環境温度Ｔｅの方が温調温度Ｔｃよりも高い場合には、共振器部の封入気体の粒子密度が大きくなり、そのために共振器部の気体の屈折率が高くなって、発振波長は長波長化する。
【００１６】
次に、共振器内の気体層の光学長ｌgas と発振波長との関係について説明する。ここで、共振器部分の気体の屈折率をｎgas として共振器の光学長Ｌを
Ｌ＝Σ（ｎｉ・ｌｉ）＝ｎgas ・ｌgas ＋Ｌ0
で表す。発振波長λは
λ＝２Ｌ／ｍ0　（ｍ0 は縦モードの次数）
となる。気体層の屈折率変化による発振波長変化は、
【００１７】
【数１】

$$\frac{\partial \lambda}{\partial n_{gas}} = \frac{2 \cdot l_{gas}}{m0} = \frac{l_{gas} \cdot \lambda}{L}$$

【００１８】
であり、その縦モード間隔：ΔλＬＭ＝λ^2／（２Ｌ）に対する割合は
２ｌgas ／λ
となり、気体層の光学長ｌgas に比例する。
【００１９】
次に、共振器を固定している部分の温度分布による共振器長の変化について、図８を参照して説明する。この図８の（１）において、３は共振器部分、４はこの共振器部分を温調する例えばペルチェ素子である。
【００２０】
一般に、共振器部分３を固定しているペルチェ素子４の上端部４ａは温調温度Ｔｃに維持され、それに対してペルチェ素子４の下端部４ｂは環境温度Ｔｅとなっている。ここで例えばＴｅ＞Ｔｃであると、極端に示せば同図（２）のようにペルチェ素子４の上端部４ａが縮み、下端部４ｂが伸びるような変形が起きる。このような変形が起きると共振器長が短くなって発振波長は短波長化し、反対にＴｅ＜Ｔｃであれば共振器長は長くなって発振波長は長短波長化する。この変形による波長変化は、前述の封入気体によるものと反対なので、変形量を制御することで波長変化を小さくすることができる。
【００２１】
次に、共振器長変化の発振波長への影響について説明する。ここでは一例として、エタロンによって発振モードが単一縦モード化される場合について説明する。図９の（１）は、エタロンの透過率曲線を示すものである。縦モード間隔は前述した通り、λを概略の発振波長としてΔλＬＭ＝λ^2／（２Ｌ）であり、そして同図中にＡで示すエタロンの透過率のピーク波長に近い縦モードが選択的に発振する。
【００２２】
気体層の屈折率が大きくなったり、あるいはペルチェ素子の変形等によって共振器長が長くなると、同図（２）に示すように各縦モードの波長も大きくなる。その結果、エタロンの透過率のピーク波長に最も近くなった縦モード、つまり同図中のＢで示す縦モードに発振が移るようになる。そこで、初期状態において波長が最適波長であったとしても、縦モード間隔の５０％以上の発振波長変化を引き起こす共振器長変化があると、発振波長のホップが起きることとなる。
【００２３】
以上、説明を簡単にするために、エタロンによって発振モードが単一縦モード化される場合について説明したが、その他の複屈折結晶や偏光を利用したモード制御方法でも、またレーザー結晶のゲイン幅と吸収厚みとを利用したモード制御方法でも、共振器のロスやゲインの波長依存性を上記エタロンの透過率曲線と置き換えれば、同様のことが言える。マルチモード発振の場合も、より複雑にはなるものの、縦モード間隔の５０％以上の発振波長変化を引き起こす共振器長変化は許されないという点では同様である。
【００２４】
以上の点から、環境温度変化による発振波長変化を縦モード間隔の±５０％以下に抑えることが最低限必要であるが、元々の設定駆動条件が２つの縦モードの中央になっているとは限らないので、本発明においては余裕をみて、発振波長変化を縦モード間隔の±２５％以下に抑えることを目標としている。環境温度範囲としては、大まかに言って、室内使用時で４０℃ｐｐ、室外使用時で８０℃ｐｐの２通りが想定される。
【００２５】
さらに、光学部品の緩み等の共振器の径年変化まで考慮し、径年変化と環境温度変化それぞれに１：１でマージンを振り分けると、発振波長変化を縦モード間隔の±１２．５％以

下まで抑えるのが望ましい。

【００２６】

本発明の１つの固体レーザーにおいては、共振器内における気体層の光学長の、固体レーザー発振波長に対する比を１３６００以下としたことにより、４０℃ｐｐの環境温度変化による発振波長変化を縦モード間隔の±２５％以下に抑えることができる。

【００２７】

前述した通り、環境温度変化による発振波長変化は共振器内における気体層の光学長に比例するから、上記比を６８００以下とすれば発振波長変化を縦モード間隔の±１２．５％以下、３４００以下とすれば発振波長変化をさらにその半分まで抑えることができる。

【００２８】

上述のように共振器内における気体層の光学長を設定することは、容器内に特殊な気体を充填する場合のように特別のコストを要するものではないから、上記構成の本発明の固体レーザーは比較的安価に形成できるものとなる。

【００２９】

また、本発明の別の固体レーザーにおいては、密閉容器内に、少なくとも共振器を内部に納め、封入された気体の８０％以上を包み込むカバーを設けたことにより、カバー内側の封入気体の温度が均熱効果で温調温度に近付く。そこで、密閉容器内で環境温度によって温度変化する封入気体の比率が低下し、それにより、発振波長の変化を小さく抑えることができる。

【００３０】

また、本発明のさらに異なる固体レーザーにおいては、共振器を構成する光学部品を、アルミニウムあるいはその合金からなる固定部材に固定したことにより、環境温度変化による該固定部材の撓みが、従来の銅からなる固定部材を用いる場合と比べてより大きくなる。そこで、この固定部材の撓みに起因する発振波長の変化により、封入気体に起因する発振波長変化を打ち消して、結果的に環境温度変化による発振波長変化を小さく抑えることができる。

【００３１】

また、本発明のさらに異なる固体レーザーにおいては、密閉容器底板のペルチェ素子を固定する部分の厚みを３ｍｍ以下としたことにより、この部分の厚みが通常５ｍｍ以上である従来装置と比べると、環境温度変化によるこの部分の撓みがより大きくなる。そこで、この固定部分の撓みに起因する発振波長の変化により、封入気体に起因する発振波長変化を打ち消して、結果的に環境温度変化による発振波長変化を小さく抑えることができる。

【００３２】

本発明による各固体レーザーにおいては、それぞれ以上のようにして発振波長変化を抑制できるから、この発振波長変化による出力変動も確実に防止することができる。

【００３３】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図１は、本発明の１つの実施形態であるレーザーダイオード励起固体レーザーの側面形状を示すものである。

【００３４】

このレーザーダイオードポンピング固体レーザーは、励起光としてのレーザービーム10を発する半導体レーザー11と、発散光であるレーザービーム10を集光する集光レンズ12と、ネオジウム（Ｎｄ）がドープされた固体レーザー媒質であるＹＡＧ結晶（Ｎｄ：ＹＡＧ結晶）13と、このＮｄ：ＹＡＧ結晶13の前方側（半導体レーザー11と反対側）に配された共振器ミラー14とを有している。

【００３５】

またＮｄ：ＹＡＧ結晶13と共振器ミラー14との間には、Ｎｄ：ＹＡＧ結晶13側から順に、ブリュースタ板17、周期ドメイン反転構造が形成された非線形光学材料であるＭｇＯ：ＬｉＮｂＯ$_3$（ＭｇＯがドープされたＬｉＮｂＯ$_3$）結晶15、エタロン16が配設されている。

【００３６】
Ｎｄ：ＹＡＧ結晶13、ＭｇＯ：ＬｉＮｂO_3 結晶15、エタロン16、ブリュースタ板17および共振器ミラー14は、銅製のブロック21に接着固定され、板状のベースプレート30およびペルチェ素子31を介して密閉容器32の底板（パッケージベース）32ａ上に固定されている。なお、上記ブロック21に固定された光学部品からなる部分を、以下、共振器部と称する。
【００３７】
半導体レーザー11は活性層幅が約50μｍのブロードエリアレーザーで、中心波長809 ｎｍのレーザービーム10を発するものが用いられている。集光レンズ12は、レーザービーム10をＮｄ：ＹＡＧ結晶13の内部において収束させる。
【００３８】
Ｎｄ：ＹＡＧ結晶13は、入射したレーザービーム10によってネオジウムイオンが励起されることにより、波長1064ｎｍの光を発する。Ｎｄ：ＹＡＧ結晶13の入射端面13ａには、波長1064ｎｍの光は良好に反射させ（反射率99.9％以上）、波長809 ｎｍの励起用レーザービーム10は良好に透過させる（透過率93％以上）コーティングが施されている。
【００３９】
一方共振器ミラー14のミラー面14ａには、波長1064ｎｍの光は良好に反射させ（反射率99.9％以上）、下記の波長532 ｎｍの光は透過させる（透過率90％以上）コーティングが施されている。
【００４０】
したがって、上記波長1064ｎｍの光はそれに対する高反射面となっているＮｄ：ＹＡＧ結晶端面13ａとミラー面14ａとの間に閉じ込められてレーザー発振を引き起こし、波長1064ｎｍのレーザービーム18が発生する。このレーザービーム18はＭｇＯ：ＬｉＮｂO_3 結晶15により、波長が１／２すなわち532 ｎｍの第２高調波19に変換され、共振器ミラー14からは主にこの第２高調波19が出射する。
【００４１】
なお本例において、Ｎｄ：ＹＡＧ結晶13の厚み は１ｍｍである。またＭｇＯ：ＬｉＮｂO_3 結晶15の長さは２ｍｍ、凹面鏡である共振器ミラー14の曲率半径は100ｍｍ、共振器を構成するＮｄ：ＹＡＧ結晶端面13ａとミラー面14ａとの間の距離は約11ｍｍである。
【００４２】
またエタロン16は厚み 0.3 ｍｍの合成石英板からなり、レーザー発振の光軸に対して0.3～１°の適当な角度に傾けて配置されている。このエタロン16は、レーザービーム18を単一縦モード化する。ブリュースタ板17は、光軸に対してブリュースタ角に傾けた厚み 0.38ｍｍの合成石英板からなり、レーザービーム18の偏光方向を規定する偏光制御素子として作用する。
【００４３】
なお、共振器部に取り付けられたサーミスタ33により共振器内の温度が検出され、温度制御回路（図示せず）によりこの検出温度が所定の温度となるようにペルチェ素子31の電流が調節されて、共振器内の温度が所定温度に維持される。
【００４４】
また、密閉容器32の材料としてはコバール（Ｆｅ－Ｎｉ－Ｃｏ合金）が用いられ、そのパッケージベース32ａの厚みは６ｍｍとされている。なお、このパッケージベース32ａおよび容器側板32ｂの部分はパッケージケースとして一体的に形成されており、そこへの部品の取付けおよび電気配線が終わると、該パッケージケース上にキャップ34が被着され、乾燥窒素中でシーム溶接がなされて密閉容器32が完成する。
【００４５】
上記の基本構成を有するレーザーダイオード励起固体レーザーに対して、以下の各実験を行なって、発振波長の変化を調べた。
【００４６】
〔第１の実験〕

ここでは、共振器を構成する高反射面間の距離が異なるものを複数用意して、それぞれの環境温度変化（４０℃ｐｐ）に対する発振波長変化を測定、比較した。共振器内の気体層の光学長を横軸に、環境温度変化による発振波長変化の縦モード間隔に対する割合（以下、これを波長変化率という）を縦軸に取ったグラフを図２に示す。

【００４７】

この図２に示されるように、波長変化率は本質的に気体層の光学長に比例し、気体層の光学長が６．８ｍｍのとき±１２．５％であり、外挿すると気体層の光学長１３．６ｍｍで±２５％となる。この気体層の光学長１３．６ｍｍの固体レーザー発振波長１０６４ｎｍに対する比は約１３６００であり、この比をそれ以下にすれば、４０℃ｐｐの環境温度変化に対して、発振波長変化を縦モード間隔の±２５％以下に抑えることができる。

【００４８】

発振波長変化の縦モード間隔に対する割合を±２５％以下に抑えることができる。

【００４９】

環境温度が上記の倍の８０℃ｐｐ変化する場合、波長変化率は、気体層の光学長６．８ｍｍで±２５％、気体層の光学長３．４ｍｍで±１２．５％となる。

【００５０】

この実験において固体レーザー発振波長は１０６４ｎｍであるので、その他の発振波長λでの気体層の光学長（λ）は、発振波長１０６４ｎｍのときの気体層の光学長をＬ（λ）として、

気体層の光学長（λ）＝Ｌ（λ）×（λ／１０６４）

で換算することができる。以下、同様である。

【００５１】

〔第２の実験〕

図１に示した基本構成のレーザーダイオード励起固体レーザーに対して、密閉容器32内の封入気体（窒素）の８０％以上を包み込むカバーを取り付けた。その場合と、カバー無しの場合それぞれで、環境温度を４０℃ｐｐ変化させたときの気体層の光学長と波長変化率との関係を調べた。その結果を図３に示す。

【００５２】

上記カバーを取り付けた場合は、カバー内側の封入気体の温度が均熱効果で温調温度に近付くため、密閉容器32内で環境温度によって温度変化する封入気体の比率が低下する。それにより、図３に示されている通り、発振波長の変化をカバー無しの場合の約５０％に低減することができる。

【００５３】

〔第３の実験〕

図１に示した基本構成のレーザーダイオード励起固体レーザーにおいて、パッケージベース32ａの厚みｔを６ｍｍ、３ｍｍ、２ｍｍとしたものを作成し、それぞれに対して環境温度を４０℃ｐｐ変化させたときの気体層の光学長と波長変化率との関係を調べた。その結果を図４に示す。

【００５４】

この図４に示される通り、パッケージベース厚ｔを６ｍｍとした場合と比べて、３ｍｍとしたときの波長変化率は約５５％、２ｍｍとしたときの波長変化率は約４０％まで低減する。

【００５５】

〔第４の実験〕

図１に示した基本構成のレーザーダイオード励起固体レーザーにおいて、共振器部品を固定するブロック21およびその他の機械部品を、銅製のものからアルミニウム製のものに置き換えて、環境温度を４０℃ｐｐ変化させたときの気体層の光学長と波長変化率との関係を調べた。その結果を図５に示す。

【００５６】

この図５と図４とを比較して分かる通り、パッケージベース厚ｔが６ｍｍの場合は、固定

部品材料を銅からアルミニウムに代えた効果は低い。しかし、パッケージベース厚ｔが３ｍｍの場合は、固定部品材料が銅であるときと比べて波長変化率は約２／３に、パッケージベース厚ｔが２ｍｍの場合は約１／３にまで低減する。

【００５７】

次に図６を参照して、本発明の別の実施形態によるレーザーダイオードポンピング固体レーザーについて説明する。なおこの図６において、図１中の要素と同等の要素には同番号を付し、それらについての説明は特に必要のない限り省略する。

【００５８】

この構成においてＮｄ：ＹＡＧ結晶13は、入射した中心波長809 ｎｍのレーザービーム10によってネオジウムイオンが励起されることにより、波長946 ｎｍの光を発する。Ｎｄ：ＹＡＧ結晶13の入射端面13ａには、波長946 ｎｍの光は良好に反射させ（反射率99.9％以上）、波長809 ｎｍの励起用レーザービーム10は良好に透過させる（透過率93％以上）コーティングが施されている。

【００５９】

一方共振器ミラー14のミラー面14ａには、波長946 ｎｍの光は良好に反射させ（反射率99.9％以上）、下記の波長473 ｎｍの光は透過させる（透過率90％以上）コーティングが施されている。

【００６０】

したがって、上記波長946 ｎｍの光はそれに対する高反射面となっているＮｄ：ＹＡＧ結晶端面13ａとミラー面14ａとの間に閉じ込められてレーザー発振を引き起こし、波長946 ｎｍのレーザービーム18が発生する。このレーザービーム18は$MgO:LiNbO_3$ 結晶15により、波長が１／２すなわち473 ｎｍの第２高調波19に変換され、共振器ミラー14からは主にこの第２高調波19が出射する。

【００６１】

以上のようにして共振器部から出射した第２高調波19は、ＡＰＣ部に入射する。ＡＰＣ部は、レーザービーム10および18を吸収するフィルター41と、第２高調波19の一部を紙面に直角な方向に反射させる部分反射ミラー（図示せず）と、反射した第２高調波19の光量を測定するフォトダイオード42とを有し、それらは１つのホルダー40に固定されている。

【００６２】

上記ＡＰＣ部を透過した第２高調波19は、アパーチャ45を通過した後、密閉容器32の窓46から出射する。

【００６３】

本例において、Ｎｄ：ＹＡＧ結晶13の厚みは１ｍｍである。また$MgO:LiNbO_3$ 結晶15の長さは２ｍｍ、凹面鏡である共振器ミラー14の曲率半径は20ｍｍ、共振器を構成するＮｄ：ＹＡＧ結晶端面13ａとミラー面14ａとの間の距離は約９ｍｍである。

【００６４】

上記の共振器実距離のうち気体層の光学長は5.4ｍｍであり、光学長（〔気体部分を含む共振器構成部材の厚み×屈折率〕の総和）は12.8ｍｍ、縦モード間隔は0.035ｎｍである。この場合、固体レーザー発振波長は946 ｎｍであるから、共振器内気体層の光学長の、固体レーザー発振波長に対する比は約５７００で、１３６００以下となっている。

【００６５】

共振器内気体層の光学長を小さくするには、共振器内の光学部品どうしを直接接着する等の手法も考えられるが、本例のように発振光軸に対して傾けて使用するブリュースタ板、エタロン等の光学部品があると、その手法は適用困難である。そこで本例では、共振器内気体層の光学長を小さくするために、１つの機械部品つまりブロック21に全ての光学部品を取り付けている。

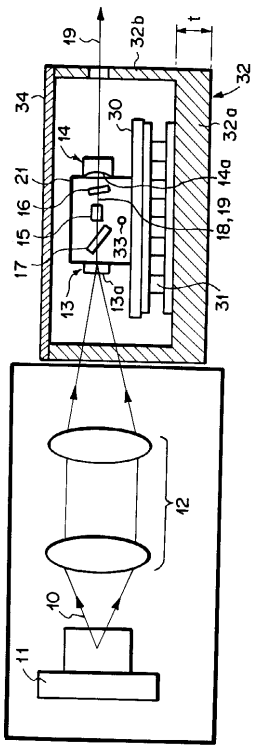
【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施形態による波長変換レーザーを示す概略側面図

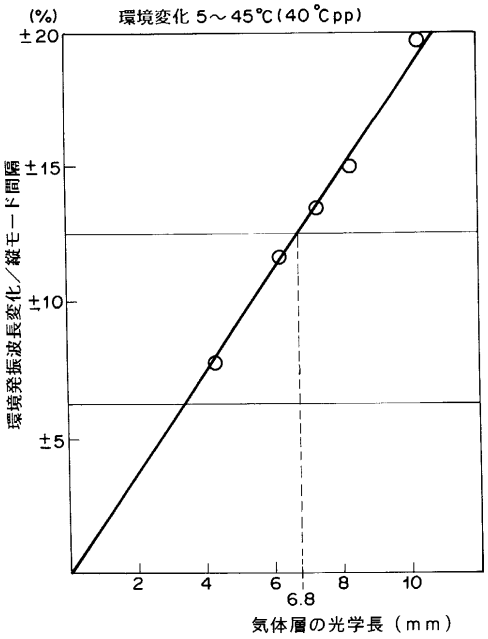
【図２】共振器内の気体層の光学長と、環境温度変化による発振波長変化の縦モード間隔に対する割合との関係を示すグラフ

【図３】共振器内の気体層の光学長と、環境温度変化による発振波長変化の縦モード間隔に対する割合との関係を、密閉容器内のカバーの有無毎に示すグラフ
【図４】共振器内の気体層の光学長と、環境温度変化による発振波長変化の縦モード間隔に対する割合との関係を、密閉容器底板の厚み毎に示すグラフ
【図５】共振器内の気体層の光学長と、環境温度変化による発振波長変化の縦モード間隔に対する割合との関係を、密閉容器底板の厚みと、共振器の光学部品固定部材の材料との組み合わせ毎に示すグラフ
【図６】本発明の別の実施形態による波長変換レーザーを示す概略側面図
【図７】密閉容器内の気体状態モデルを示す概略図
【図８】共振器固定部分の温度分布による共振器長の変化を説明する概略図
【図９】共振器長変化の発振波長への影響を説明する概略図
【符号の説明】
10　レーザービーム（ポンピング光）
11　半導体レーザー
12　集光レンズ
13　Ｎｄ：ＹＡＧ結晶
14　共振器ミラー
15　$MgO:LiNbO_3$ 結晶
16　エタロン
17　ブリュースタ板
18　固体レーザービーム（基本波）
19　第２高調波
21　ブロック
30　ベースプレート
31　ペルチェ素子
33　サーミスタ
40　ホルダー
41　フィルター
42　フォトダイオード

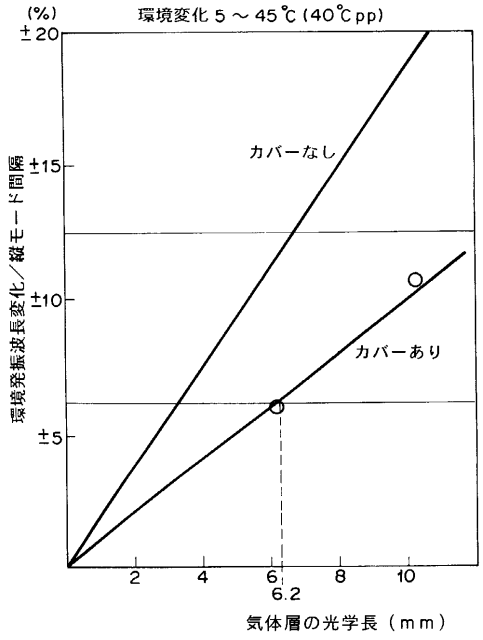
【図１】


19
32b
t
32
34
30
14
32a
21
14a
16
18,19
15
33
17
13
13a
31
12
10
11

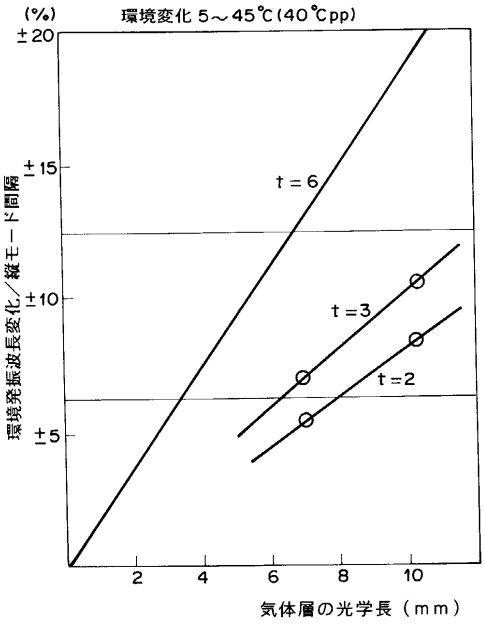
【図２】


(%)
環境変化 5～45℃(40℃pp)
±20
±15
±10
±5
環境発振波長変化／縦モード間隔
2
4
6
6.8
8
10
気体層の光学長（mm）

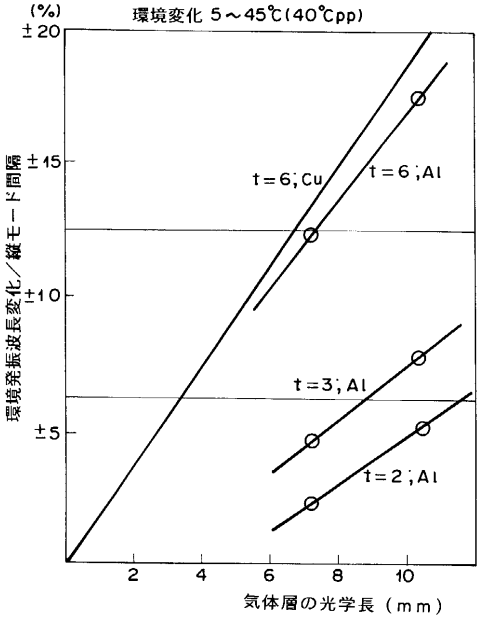
【図３】


(%)
環境変化 5 ～ 45℃(40℃pp)
±20
±15
±10
±5
環境発振波長変化／縦モード間隔
カバーなし
カバーあり
2
4
6
6.2
8
10
気体層の光学長（mm）

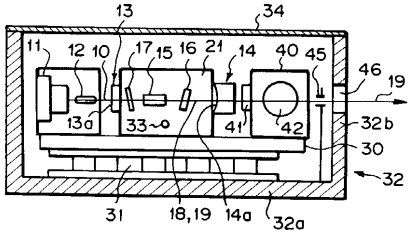
【図４】


(%)
環境変化 5～45℃(40℃pp)
±20
±15
±10
±5
環境発振波長変化／縦モード間隔
t＝6
t＝3
t＝2
2
4
6
8
10
気体層の光学長（mm）

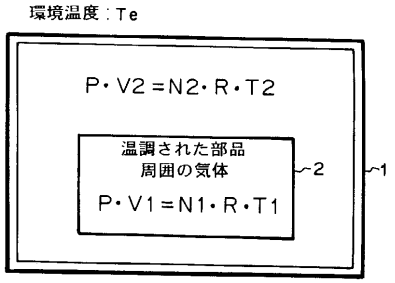
【図５】


(%)
環境変化 5～45℃(40℃pp)
±20
±15
±10
±5
環境発振波長変化／縦モード間隔
t=6;Cu
t=6;Al
t=3;Al
t=2;Al
2
4
6
8
10
気体層の光学長（mm）

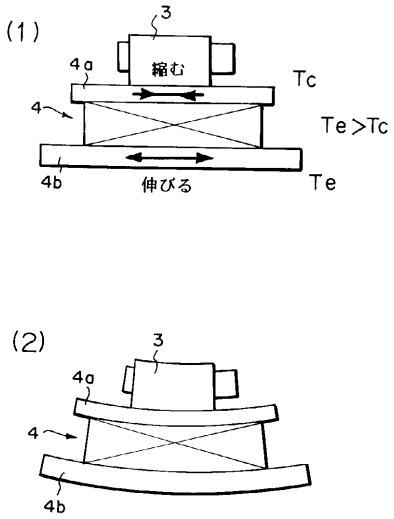
【図６】


13
34
11
12
10
17
15
16
21
14
40
45
46
19
13a
33
41
42
32b
30
32
31
18,19
14a
32a

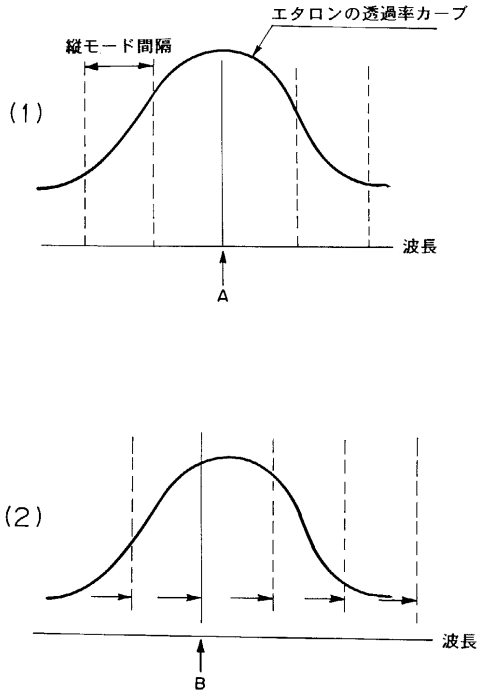
【図７】


環境温度：Te
P・V2=N2・R・T2
温調された部品
周囲の気体
P・V1=N1・R・T1
2
1

【図８】


(1)
3
4a
縮む
Tc
4
Te>Tc
4b
伸びる
Te
(2)
3
4a
4
4b

【図９】


エタロンの透過率カーブ
縦モード間隔
(1)
波長
A
(2)
波長
B

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－００８４８０（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１５５９７８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１４２８０３（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３０８５５７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S 3/00- 3/30
G02F 1/37