

(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2012-146902  
(P2012-146902A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012. 8. 2)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
HO 1 S 3/16 (2006.01) HO 1 S 3/16 5 F 1 7 2

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-5691 (P2011-5691)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社
(22) 出願日	平成23年1月14日 (2011. 1. 14)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	100110423 弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100094695 弁理士 鈴木 憲七
		(74) 代理人	100111648 弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100122437 弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566 弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171 弁理士 吉田 潤一郎

最終頁に続く

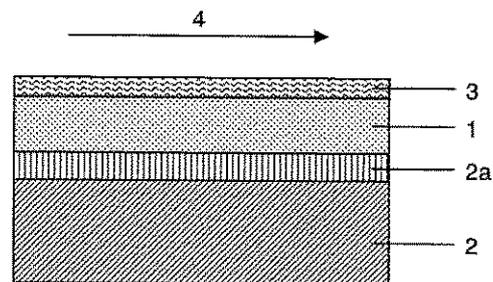
(54) 【発明の名称】 平面導波路型レーザー装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 接着剤を用いずに導波路を構成できる構造の平面導波路型レーザー装置を得る。

【解決手段】 表面に酸化膜 2 a を有する S i 基板 2 と、平板状の形状を成し、酸化膜 2 a よりも高い屈折率を有し、厚さ方向に対して垂直な面のうちの一方の面が S i 基板 2 の酸化膜 2 a を有する面に、拡散接合または表面活性化接合により直接接合された、レーザー媒質 1 と、レーザー媒質 1 の面に、直接接合または成膜されたクラッド層 3 を備え、レーザー媒質 1 を導波路のコアとして使用し、酸化膜 2 a およびクラッド層 3 を導波路のクラッドとして使用する平面導波路型レーザー装置であるので、レーザー光の照射や温度上昇により劣化してしまう接着剤を用いずに導波路を構成することができ、高信頼性が可能となる。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

表面に酸化膜を有する基板と、  
 平板状の形状を成し、上記酸化膜よりも高い屈折率を有し、厚さ方向に対して垂直な面のうちの一方の面が上記基板の酸化膜を有する面と直接接合されたレーザ媒質とを備え、  
 上記レーザ媒質を導波路のコアとして使用し、上記酸化膜を導波路のクラッドとして使用することを特徴とする平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 2】

上記基板の酸化膜を有する面と上記レーザ媒質の上記一方の面とは拡散接合により直接接合されていることを特徴とする請求項 1 に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 3】

上記基板の酸化膜を有する面と上記レーザ媒質の上記一方の面とは表面活性化接合により直接接合されていることを特徴とする請求項 1 に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 4】

上記レーザ媒質の屈折率を  $n_1$ 、上記酸化膜の屈折率を  $n_2$ 、外部の屈折率  $n_0$  をとしたとき、上記屈折率  $n_0$ 、 $n_1$  および  $n_2$  が、

$$n_1 \sin(90^\circ - \sin^{-1}(n_0/n_1)) < n_2 < n_1$$

の関係を満たす、レーザ媒質および酸化膜を用いる

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 5】

上記基板は Si 基板から構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 6】

上記レーザ媒質よりも低い屈折率を有し、上記レーザ媒質の上記一方の面に対向した他方の面に直接接合または成膜されたクラッド層

をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 7】

上記レーザ媒質の屈折率を  $n_1$ 、上記クラッド層の屈折率を  $n_3$ 、外部の屈折率  $n_0$  としたとき、上記屈折率  $n_0$ 、 $n_1$  および  $n_3$  が、

$$n_1 \sin(90^\circ - \sin^{-1}(n_0/n_1)) < n_3 < n_1$$

の関係を満たす、レーザ媒質およびクラッド膜を用いる

ことを特徴とする請求項 6 に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 8】

上記レーザ媒質は 1.45 ~ 1.76 の屈折率を有することを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 9】

上記クラッド層の上記レーザ媒質に接合されている面に対向した他方の面に成膜された、レーザ光を吸収するための吸収層

をさらに備えたことを特徴とする請求項 2 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 10】

上記吸収層は、クロム、チタン、 $Cr^{4+}$ :YAG のいずれかで構成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の平面導波路型レーザ装置。

## 【請求項 11】

基板の表面のうち一方の面を研磨するステップと、

10

20

30

40

50

上記基板の研磨した面に酸化処理を施して酸化膜を形成するステップと、  
 上記酸化膜よりも高い屈折率を有する平板状のレーザ媒質の表面のうち一方の面を研磨するステップと、  
 上記レーザ媒質の研磨した面と上記基板の酸化膜を有する面とを、拡散接合または表面活性化接合により、直接接合するステップと  
 を備えたことを特徴とする平面導波路型レーザ装置の製造方法。

【請求項 12】

上記レーザ媒質、上記基板、および、上記酸化膜からなる積層体を、積層方向に垂直な方向に切断するステップをさらに備え、  
 上記積層体作成後に当該切断を行うことにより、複数個の平面導波路型レーザ装置を同時に作成すること特徴とする請求項 11 に記載の平面導波路型レーザ装置の製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は平面導波路型レーザ装置およびその製造方法に関し、特に、プリンタやプロジェクションテレビなどの光源に好適な平面導波路構造を有する平面導波路型レーザ装置およびその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

平面導波路型レーザはレーザ光の進行方向に伸長した薄い平板状のレーザ媒質の上下両面をレーザ媒質より屈折率の低いクラッドで挟み込んだ構造を有し、レーザ媒質を導波路としても機能させる構造を有する。

20

【0003】

従来の平面導波路型レーザの構造を図 6 に示す。レーザ媒質 101 の上下面にレーザ媒質より屈折率の低い物質であるクラッド 102 a, 102 b を有する。レーザ媒質 101 とクラッド 102 a, 102 b とからなる導波路を製造する上で剛性を高め、取り扱いを容易にするために、基板 103 が接着剤 104 によってクラッド 102 a と接合されている。ここで従来の平面型導波路レーザの製造方法の手順の一例を説明する。まず平板状をなしたレーザ媒質 101 の最も面積の広い面の一方を研磨し、その研磨面にレーザ媒質 101 より屈折率の低い材料からなるクラッド 102 a を接合する。この接合には主にスパッタや蒸着法、拡散接合などが用いられる。ついで、レーザ媒質 101 のクラッド 102 a を形成した面と基板 103 とを接着剤 104 を用いて接合する。その後、レーザ媒質 101 が所望の厚さになるよう、レーザ媒質 101 の基板 103 で保持されていないほうの面を研磨し、その研磨面にクラッド 102 b を接合する（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】国際公開第 2009/016703 号パンフレット

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

以上のような製造方法で作られるため、従来の平面導波路型レーザの構造では、クラッド 102 a と基板 103 との間に接着剤 104 が存在し、レーザ光の照射や温度上昇により、その接着剤 104 が劣化し、平面導波路型レーザとしての信頼性を低下させるという問題点があった。

【0006】

この発明は上記の問題点を解決するためになされたものであり、接着剤を用いずに導波路を構成できる構造の平面導波路型レーザおよびその製造方法を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

50

## 【 0 0 0 7 】

この発明は、表面に酸化膜を有する基板と、平板状の形状を成し、上記酸化膜よりも高い屈折率を有し、厚さ方向に対して垂直な面のうちの一方の面が上記基板の酸化膜を有する面と直接接合されたレーザ媒質とを備え、上記レーザ媒質を導波路のコアとして使用し、上記酸化膜を導波路のクラッドとして使用することを特徴とする平面導波路型レーザ装置である。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 0 8 】

この発明は、表面に酸化膜を有する基板と、平板状の形状を成し、上記酸化膜よりも高い屈折率を有し、厚さ方向に対して垂直な面のうちの一方の面が上記基板の酸化膜を有する面と直接接合されたレーザ媒質とを備え、上記レーザ媒質を導波路のコアとして使用し、上記酸化膜を導波路のクラッドとして使用することを特徴とする平面導波路型レーザ装置であるので、レーザ光の照射や温度上昇により劣化してしまう接着剤を用いずに導波路を構成でき、高信頼性が可能となる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の構成図である。

【 図 2 - 1 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。(その 1)

【 図 2 - 2 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。(その 2)

【 図 2 - 3 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。(その 3)

【 図 2 - 4 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。(その 4)

【 図 2 - 5 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。(その 5)

【 図 2 - 6 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。(その 6)

【 図 2 - 7 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。(その 7)

【 図 3 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置における、周回モードの一例の構成図である。

【 図 4 】 この発明の実施の形態 1 にかかわる平面導波路型レーザ装置におけるレーザ光の光路の一例を示す図である。

【 図 5 】 この発明の実施の形態 2 にかかわる平面導波路型レーザ装置の構成図である。

【 図 6 】 従来の平面導波路型レーザ装置の構成図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 0 】

実施の形態 1 .

図 1 に、本発明の実施の形態 1 に係わる平面導波路型レーザ装置の構成図を示す。本実施の形態 1 に係わる平面導波路型レーザ装置は、平板状の外形形状をなしたレーザ媒質 1 の主面の一方と、 $\text{SiO}_2$ 酸化膜 2 a を有する Si 基板 2 の  $\text{SiO}_2$ 酸化膜 2 a が設けられている面とが接合されている。さらに、レーザ媒質 1 の Si 基板 2 と接合された主面に対向した反対側の面にはクラッド層 3 が形成されている。レーザ媒質 1、Si 基板 2、 $\text{SiO}_2$ 酸化膜 2 a、および、クラッド層 3 は、このように、レーザ発振方向を表す光軸 4 に垂直な断面の厚さ方向に積層されて、平面導波路構造を構成する。なお、ここで、レーザ媒質 1 の主面とは、レーザ媒質 1 の厚さ方向に対して垂直な面のことである。従って、以下の説明において、レーザ媒質 1 の主面と記載した場合は、レーザ媒質 1 の上面と下面の、互いに対向する 1 対の面の、両方または片方を意味する。また、Si 基板 2 の主面と

10

20

30

40

50

記載した場合も、同様の意味となる。

【0011】

レーザ媒質1の外形形状は典型的に導波路厚さ方向に数～数十 $\mu\text{m}$ (厚さ)、光軸4方向に数百 $\mu\text{m}$ ～数 $\text{mm}$ (長さ)、導波路厚さ方向および光軸4方向に垂直な方向に数百 $\mu\text{m}$ ～数 $\text{mm}$ (幅)の直方体である。従って、通常、レーザ媒質1の主面は、最も面積の大きい面となる。

【0012】

レーザ媒質1としては、 $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aを構成する $\text{SiO}_2$ より屈折率の高い固体レーザ材料を用いる。例えば、 $\text{Nd}:\text{YAG}$ 、 $\text{Nd}:\text{YLF}$ 、 $\text{Nd}:\text{Glass}$ 、 $\text{Nd}:\text{YVO}_4$ 、 $\text{Nd}:\text{GdVO}_4$ 、 $\text{Yb}:\text{YAG}$ 、 $\text{Yb}:\text{YLF}$ 、 $\text{Yb}:\text{KGW}$ 、 $\text{Er}:\text{Glass}$ 、 $\text{Er}:\text{YAG}$ 、 $\text{Tm}:\text{YAG}$ 、 $\text{Tm}:\text{YLF}$ 、 $\text{Ho}:\text{YAG}$ 、 $\text{Ho}:\text{YLF}$ 、 $\text{Ti}:\text{Sapphire}$ などを用いる。

10

【0013】

$\text{Si}$ 基板2は、レーザ媒質1と接合される面を酸化処理することにより、レーザ媒質1と接合される面の表面に $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aが形成されている。 $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aは、レーザ媒質1より屈折率が小さく、クラッドとしての役目を果たすものであるが、酸化処理することにより $\text{Si}$ 基板2の表面に形成されるものであるため、従来のように接着剤を用いて接続されるものではないため、製造工程も容易で、かつ、劣化の問題もない。

【0014】

クラッド層3は、レーザ媒質1より屈折率の小さい材料を用いる。クラッド層3は、レーザ媒質1の $\text{Si}$ 基板2によって支持されている主面に対向するもう一方の主面に設けられている。クラッド層3も、接着剤を用いて接続されるものではなく、レーザ媒質1に直接接合されるか、あるいは、レーザ媒質1上に成膜されるものであるため、製造工程も容易で、かつ、劣化の問題もない。なお、直接接合または成膜の方法については後述する。

20

【0015】

平板状をなしたレーザ媒質1の上下の主面から、レーザ媒質1を、レーザ媒質1より低い屈折率を持つ $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aおよびクラッド層3で挟み込む構造をとることにより、 $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aおよびクラッド層3がクラッドとなり、レーザ媒質1内の光は、レーザ媒質1と $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aとの界面、および、レーザ媒質1とクラッド層3との界面で、全反射条件を満たす成分がレーザ媒質1内に閉じ込められて、導波モードとして伝搬する。なお、クラッド層3は無くてもよい。その場合は空気がクラッドの役割を担い、レーザ媒質1内に光を閉じ込める。

30

【0016】

次に、このような構成を有する平面導波路型レーザ装置の製造方法について説明する。図2-1～2-7は本実施の形態1に係る平面導波路型レーザ装置の製造方法の手順の一例を模式的に示す図である。

【0017】

まず、 $\text{Si}$ 基板2のレーザ媒質1と接合する面を研磨する(図2-1)。

【0018】

ついで、 $\text{Si}$ 基板2の研磨した面に酸化処理を施し、 $\text{Si}$ 基板2の表面に $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aを形成する(図2-2)。

40

【0019】

ついで、 $\text{SiO}_2$ より高い屈折率を有するレーザ媒質1を平板上となるように切断し、面積の最も広い面(主面)のうち一方の面を研磨する(図2-3)。

【0020】

ついで、レーザ媒質1の研磨した面と $\text{Si}$ 基板2の $\text{SiO}_2$ 酸化膜2aを有する面とを接合する(図2-4)。ここで接合の方法として、例えば拡散接合や表面活性化接合(接合する2つの物質の両方の接合面にプラズマまたはイオンビームなどを照射して接合面表面を活性化した後に、接合同士を貼り合わせ接合する接合方法)などを用いる。

【0021】

50

その後、レーザ媒質 1 の Si 基板 2 で保持されていない方の面を、レーザ媒質 1 が所定の厚さとなるように、研磨する (図 2 - 5)。

【 0 0 2 2 】

そして、研磨したレーザ媒質 1 の面にレーザ媒質より低い屈折率を有するクラッド層 3 を接合する (図 2 - 6)。このクラッド層 3 は、オプティカルコンタクトや拡散接合などの方法でレーザ媒質 1 に直接接合しても良いし、クラッド層 3 の薄膜をスパッタ法や蒸着法、CVD (Chemical Vacuum Deposition) 法などを用いて成膜しても良い。

【 0 0 2 3 】

その後、レーザ媒質 1、Si 基板 2、SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a、クラッド層 3 からなる積層体を基板面に垂直の方向から切断し、これにより、所望の大きさの平面導波路型レーザ装置が製造される (図 2 - 7)。このように、積層体を作成した後に、所望の大きさに切断することにより、一度に、多数個の平面導波路型レーザ装置を製造することができる。しかしながら、必ずしもそのようにする必要はなく、所望の大きさに初めから切断してある Si 基板 2 やレーザ媒質 1 を用いて 1 つずつ平面導波路型レーザ装置を構成するようにしてもよい。

【 0 0 2 4 】

ここで、このような構成を有する平面導波路型レーザの動作について説明する。まず、図 1 の光軸 4 の方向に沿って、励起光をレーザ媒質 1 へ入射する。レーザ媒質 1 は入射してきた励起光を吸収して利得を発生する。光軸 4 に沿って進行する自然放出光を種として、誘導放出によってレーザ光が発生する。ここで、コアとなるレーザ媒質 1 の屈折率が、クラッドとなる SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a およびクラッド層 3 (クラッド層 3 がない場合は空気) の屈折率より大きいため、コア (レーザ媒質 1) とクラッド (SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a、クラッド層 3) との界面で全反射条件を満たす成分がコア内に閉じ込められて、導波モードとして伝搬する。レーザ媒質 1 の光軸 4 に垂直な面のうちの一方に全反射鏡 (励起光側) を設置し、もう一方の面に部分反射鏡を設置すると、全反射鏡と部分反射鏡の間でレーザ発振し、部分反射鏡からレーザ光の一部が出力される。また、この全反射鏡および部分反射鏡はレーザ媒質 1 の光軸 4 に垂直な面に、誘電体膜または金属膜を直接成膜することによって実現しても良い。

【 0 0 2 5 】

このとき、コア (レーザ媒質 1) とクラッド (SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a、クラッド層 3) との界面で全反射を繰返し伝搬する光のうち、レーザ媒質 1 の光軸 4 に垂直な面に、レーザ媒質 1 と外部 (空気など) との界面での全反射条件を満たして入射する光はレーザ媒質 1 内に閉じ込められて周回する。このようなレーザ媒質 1 内を周回する光が存在すると、当該レーザ媒質 1 内を周回する光がレーザ媒質 1 内の利得を奪い増幅されるため、所望のレーザ光の出力が低下する。

【 0 0 2 6 】

従って、本実施の形態では、このように、レーザ媒質 1 内を周回する光を抑制する方法について説明する。図 3 に、この周回モードの一例の模式図を示す。レーザ媒質 1 と SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a との界面での入射角を  $\theta_1$ 、レーザ媒質 1 と SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a との界面で反射した光の、レーザ媒質 1 と外部 (空気など) との界面への入射角を  $\theta_2$  とする。また、周回モードの光路を  $L_0$  とする。周回モード  $L_0$  を抑制するためには  $\theta_2$  がレーザ媒質 1 と外部との界面での臨界角以下であれば全反射は起こらない。 $\theta_2$  が最大となるのは  $\theta_1$  がレーザ媒質 1 と SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a との界面での臨界角となるときである。ここで、レーザ媒質 1 の外部の屈折率を  $n_0$ 、レーザ媒質 1 の屈折率を  $n_1$ 、SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a の屈折率を  $n_2$  とする。ただし  $n_1 > n_2$ ,  $n_1 > n_0$  である。レーザ媒質 1 と SiO<sub>2</sub>酸化膜 2 a との界面での臨界角を  $\theta_{1c} (= \sin^{-1}(n_2/n_1))$ 、レーザ媒質 1 と外部との界面での臨界角を  $\theta_{2c} (= \sin^{-1}(n_0/n_1))$  とすると、周回モードを抑制するためには、 $90^\circ - \theta_{1c} < \theta_{2c}$  であればよい。すなわち屈折率が  $n_1 \sin(90^\circ - \sin^{-1}(n_0/n_1)) < n_2$  の関係を満たせばよい。ただし  $n_2 < n_1$  であるため、周回モードを抑制する屈折率の関係は  $n_1 \sin(90^\circ - \sin^{-1}(n_0/n_1)) < n_2$  である。

$^1 (n_0 / n_1) < n_2 < n_1$ となる。

【0027】

クラッドとしてのSiO<sub>2</sub>酸化膜2aにSiO<sub>2</sub>を用い、レーザ媒質外部を空気とした場合、 $n_2 = 1.45$ 、 $n_0 = 1$ となるので、コアであるレーザ媒質1の屈折率は $1.45 \sim 1.76$ にすれば周回モードは抑制できる。

【0028】

また、上記の周回モードの抑制条件を、SiO<sub>2</sub>酸化膜2aまたはクラッド層3のどちらかが満たせば周回モードは抑制できる。すなわち、クラッド層3の屈折率を $n_3$ とした場合、この屈折率 $n_3$ が $n_1 \sin(90^\circ - \sin^{-1}(n_0 / n_1)) < n_3 < n_1$ の関係を満たせば周回モードは抑制される。従って、例えば、クラッドとしてのSiO<sub>2</sub>酸化膜2aにSiO<sub>2</sub>を用いた場合に、コアであるレーザ媒質1に屈折率が上記 $1.45 \sim 1.76$ 以外の材料を用いても、クラッド層3に上記の周回モードを抑制する条件を満たす屈折率を持つ材料を選定すれば、周回モードを抑制することができる。

【0029】

以上のように、本実施の形態1によれば、レーザ媒質1、SiO<sub>2</sub>酸化膜2、クラッド層3、Si基板2がすべて直接接合される構成となり、接着剤などのレーザ光によって劣化する部材を使わずに平面導波路型レーザ装置を構成できるため、信頼性を低下させることなく、レーザ装置としての高信頼性が可能となる。また、クラッド作成のための数工程が削減されるため、低コスト化が可能となる。さらに、基板をSiから構成し、Siの酸化によりクラッド膜(SiO<sub>2</sub>酸化膜2)を生成するため、損失の少ないクラッド膜を作成することができる。また、高温時や光の照射時に劣化しやすい接着剤を用いない構成にしたので、平面導波路型レーザの製造プロセスに、(接着剤が劣化するような)高温や光照射のプロセスを用いることも可能となり、製造プロセスの選択肢が広がり、製造プロセス選択の自由度が向上する。さらに、レーザ媒質1、SiO<sub>2</sub>酸化膜2、クラッド層3、Si基板2を積層して積層体を構成した後に、積層方向に垂直な方向に切断して、同時に複数個の平面導波路型レーザ装置を製造するようにしたので、一度に多数個の製造も可能となり、効率よく製造でき、製造コストも低く抑えることができる。また、レーザ媒質1の外部の屈折率を $n_0$ 、レーザ媒質1の屈折率を $n_1$ 、SiO<sub>2</sub>酸化膜2aの屈折率を $n_2$ 、クラッド層3の屈折率を $n_3$ としたときに、それらの屈折率が、 $n_1 \sin(90^\circ - \sin^{-1}(n_0 / n_1)) < n_2 < n_1$ または $n_1 \sin(90^\circ - \sin^{-1}(n_0 / n_1)) < n_3 < n_1$ の関係を満たすレーザ媒質1またはクラッド層3を用いることにより、レーザ媒質1内の周回モードを抑制でき、効率よく所望のレーザ光を増幅させることができる。

【0030】

実施の形態2.

図4は、実施の形態1の平面導波路型レーザ装置におけるレーザ光の光路の一例を示す図である。実施の形態1で、SiO<sub>2</sub>酸化膜2aより屈折率の大きい材料をクラッド層3として用いる場合、レーザ媒質1とSiO<sub>2</sub>酸化膜2aとの界面での臨界角より、レーザ媒質1とクラッド膜3との界面での臨界角が大きくなる。そのためレーザ媒質1とSiO<sub>2</sub>酸化膜2aとの界面で全反射した光のうち、クラッド層3へ漏れ出したレーザ光がクラッド層3外部との境界において反射し、再度レーザ媒質1に入射して増幅され、レーザ媒質内の利得を消費してしまう現象が生じる。このような場合として、クラッド層3の外部の境界で反射したレーザ光がそのまま出力端面から外部に出力されるクラッド外部伝搬光L2と、クラッド層3の外部の境界で反射したレーザ光がさらにレーザ媒質1の出力端面でも全反射し、レーザ媒質1とクラッド層3内に閉じ込められる周回モードL3がある。本実施の形態2では、上記L2、L3のように、所望のレーザ光の光路とは異なる光路をとり、レーザ媒質1内の利得を消費してしまう光を抑制するための平面導波路型レーザ装置について説明する。

【0031】

図5は、本実施の形態2にかかる平面導波路型レーザ装置の構成を模式的に示す図であ

る。レーザ媒質 1、Si 基板 2、SiO<sub>2</sub>酸化膜 2a、クラッド層 3 は実施の形態 1 と同様の構成であり、平板状をなしたレーザ媒質 1 の厚さ方向に垂直な面と SiO<sub>2</sub>酸化膜 2a を有する Si 基板 2 の SiO<sub>2</sub>酸化膜 2a を有する面とが接合されている。また、レーザ媒質 1 の Si 基板と接合された反対側の面にはクラッド層 3 が形成されている。なお、レーザ媒質 1 と SiO<sub>2</sub>酸化膜 2a またはクラッド層 3 との屈折率の関係が、実施の形態 1 で示したレーザ媒質内部での周回モードを抑制する条件を満たすような材料をレーザ媒質 1、クラッド層 3 として選定する。本実施の形態 2 では、クラッド層 3 の外部と接触している面、すなわち、クラッド層 3 のレーザ媒質 1 と接触している面と反対側の面に、レーザ光を吸収する吸収層 5 を有する。吸収層 5 はレーザ光を吸収できる材料であれば良く、クロム (Cr) やチタン (Ti) などを用いることができる。

10

**【0032】**

ここで、このような構成を有する平面導波路型レーザ装置の動作について説明する。吸収層 5 を設けない場合は、図 4 で示したように、導波路モード L1 として発振するレーザ光のほかに、クラッド外部伝搬光 L2 および周回モード L3 が存在する。導波モード L1 以外 (すなわち、L2, L3) は、クラッド層 3 と外部との境界において全反射する。ここで、クラッド層 3 の外部に吸収層 5 を設けることにより、界面で反射する光を吸収させることによって、クラッド外部伝搬光 L2 および周回モード L3 を抑制する。

**【0033】**

このような吸収層 5 を有する平面導波路型レーザ装置の製造方法は、実施の形態 1 の図 2-1 ~ 2-6 と同様にしてクラッド層 3 まで形成した後に、スパッタ法や蒸着法などによってクロムやチタンなどからなる吸収層 5 を、クラッド層 3 のレーザ媒質 1 と接合している面と反対側の面に成膜することによって形成することができる。その後、図 2-7 と同様に、レーザ媒質 1、Si 基板 2、SiO<sub>2</sub>酸化膜 2a、クラッド層 3、吸収層 5 からなる積層体を基板面に垂直の方向から切断し、所望の大きさの平面導波路型レーザ装置が製造される。

20

**【0034】**

なお、クロムやチタンの金属膜は吸収率の波長依存性が小さいため、広い波長帯域のレーザ光を吸収することができる。例えばレーザ媒質 1 として Nd:YVO<sub>4</sub> を用いて 914 nm のレーザ光を増幅する場合、Nd:YVO<sub>4</sub> が利得を持つ 914 nm、1064 nm、1342 nm のクラッド外部伝搬光 L2 および周回モード L3 を抑制することができる。

30

**【0035】**

また、吸収層 5 としてレーザ媒質 1 が最も大きな利得を持つ波長を選択的に吸収する材料を用いてもよい。例えばレーザ媒質 1 として Nd:YVO<sub>4</sub> を用いて 914 nm のレーザ光を増幅する場合、Nd:YVO<sub>4</sub> は 1064 nm に大きな利得を持つため、1064 nm 付近の光に対して高い吸収率を持つ材料を、吸収層 5 として用いてもよい。このような材料として例えば Cr<sup>4+</sup>:YAG などがある。このように Cr<sup>4+</sup>:YAG を吸収層 5 として使えば、1064 nm 付近の光を選択的に吸収して、1064 nm のクラッド外部伝搬光 L2 および周回モード L3 を抑制することができる。

**【0036】**

上述した説明ではクラッド層 3 の外部に吸収層 5 を設ける方法を説明したが、上記のクラッド外部伝搬光 L2 および周回モード L3 を抑制することができればどのようなものであっても良い。例えば吸収層 5 の代わりにクラッド層 3 の外部の面を荒らし面としても良い。この場合、クラッド層 3 の外部の境界で反射する光を荒らし面によって散乱させ、クラッド外部伝搬光 L2 および周回モード L3 の成分に損失を与えることができる。またクラッド層 3 の荒らし面に吸収層 5 を付着させてもよい。この構成にすれば、荒らし面による散乱と、吸収層 5 による吸収によってクラッド外部伝搬光 L2 および周回モード L3 を抑制し、効率よく所望のレーザ光を増幅させることができる。

40

**【0037】**

以上のように、本実施の形態 2 によれば、上述の実施の形態 1 と同様の効果が得られる

50

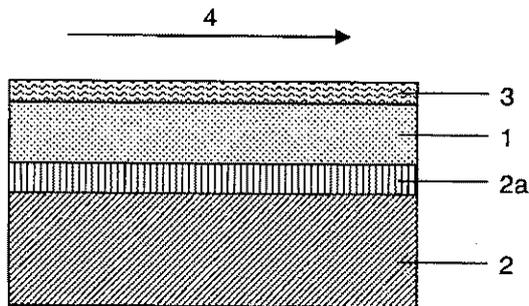
とともに、さらに、本実施の形態 2 においては、クラッド層 3 外部に吸収層 5 を設けること  
によって、クラッド外部伝搬光 L 2 および周回モード L 3 を抑制することができ、より  
効率よく所望のレーザー光を増幅させることができる。

【符号の説明】

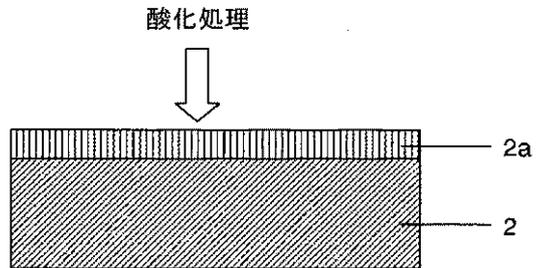
【0038】

1 レーザ媒質、2 Si 基板、2a SiO<sub>2</sub>酸化膜、3 クラッド層、4 光軸、  
5 吸収層、101 レーザ媒質、102a, 102b クラッド、103 基板、104 接着剤。

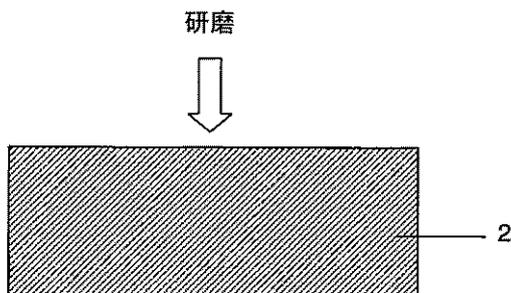
【図 1】



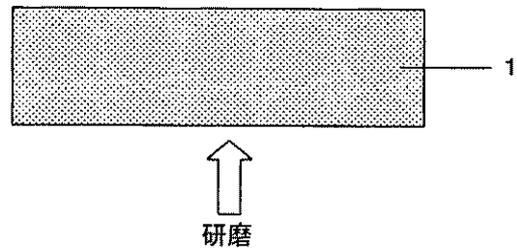
【図 2-2】



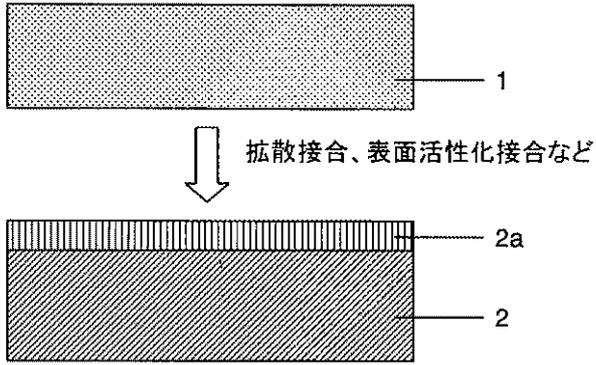
【図 2-1】



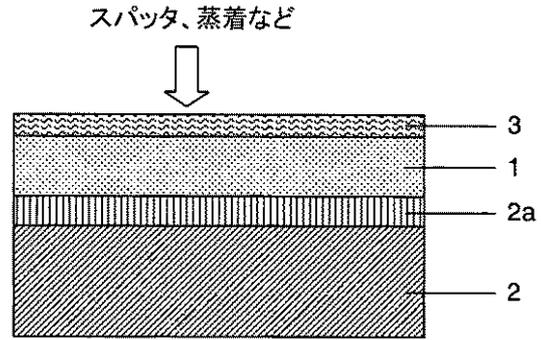
【図 2-3】



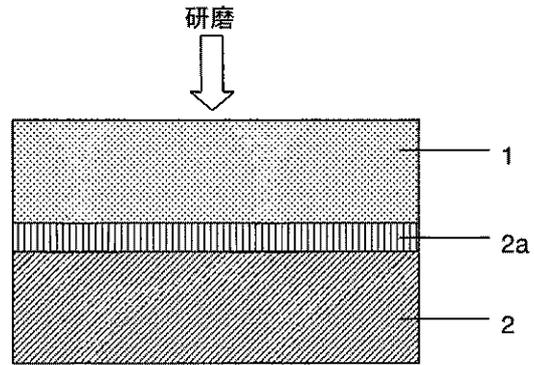
【図 2 - 4】



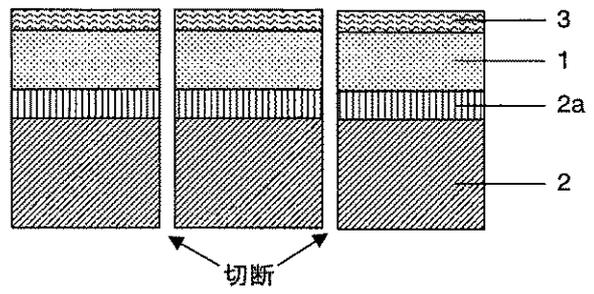
【図 2 - 6】



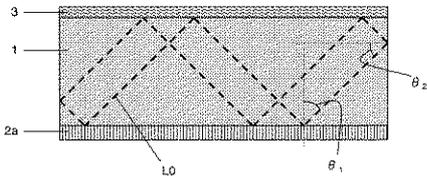
【図 2 - 5】



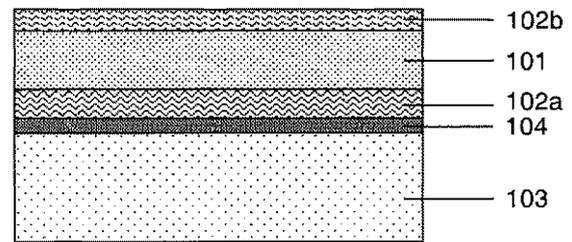
【図 2 - 7】



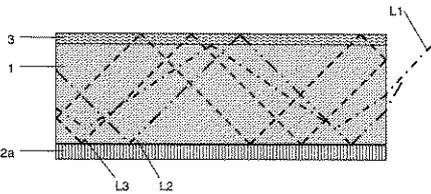
【図 3】



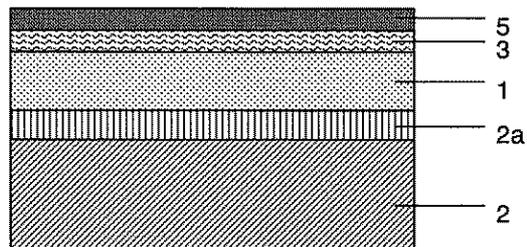
【図 6】



【図 4】



【図 5】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100161115

弁理士 飯野 智史

(72)発明者 深堀 秀則

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 平野 嘉仁

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 柳澤 隆行

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 曾田 真之介

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 山本 修平

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5F172 AE03 AE06 AE08 AE09 AE12 AF02 AF03 AF05 AF06 AF07

AM03 AM09