

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4886686号

(P4886686)

(45) 発行日 平成24年2月29日(2012.2.29)

(24) 登録日 平成23年12月16日(2011.12.16)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 S 5/14 (2006.01)

H O 1 S 5/14

請求項の数 29 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2007-522906 (P2007-522906)	(73) 特許権者	599133716
(86) (22) 出願日	平成17年6月24日 (2005.6.24)		オスラム オプト セミコンダクターズ
(65) 公表番号	特表2008-508698 (P2008-508698A)		ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ
(43) 公表日	平成20年3月21日 (2008.3.21)		ル ハフツング
(86) 国際出願番号	PCT/DE2005/001122		Osram Opto Semicond
(87) 国際公開番号	W02006/012819		uctors GmbH
(87) 国際公開日	平成18年2月9日 (2006.2.9)		ドイツ連邦共和国、93055 レーゲン
審査請求日	平成20年1月17日 (2008.1.17)		スブルグ、ライプニッツシュトラッセ 4
(31) 優先権主張番号	102004037019.2		Leibnizstrasse 4, D
(32) 優先日	平成16年7月30日 (2004.7.30)		-93055 Regensburg,
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		Germany
(31) 優先権主張番号	102004050118.1	(74) 代理人	100099483
(32) 優先日	平成16年10月14日 (2004.10.14)		弁理士 久野 琢也
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100061815
前置審査			弁理士 矢野 敏雄
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザモジュール、半導体レーザモジュールのための光学装置および光学装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ビーム形成のために設けられている半導体レーザチップ(1)と、支持体(7)、該支持体(7)に配置されているビーム偏向素子(8)、該支持体(7)に配置されているミラーを有する光学装置とを包含する、半導体レーザモジュールにおいて、

- 前記ミラーは前記半導体レーザチップ(1)のための外部光学共振器の外部ミラー(9)として構成されており、
- 前記ビーム偏向素子は前記共振器内に配置されており、
- 前記ミラーおよび前記ビーム偏向素子は前記支持体(7)に固定されており、
- 前記ビーム偏向素子は、前記半導体レーザチップ(1)によって形成され、前記外部ミラーによって反射されるビームの少なくとも一部を偏向するために構成されており、
- 前記支持体は横方向の主延在方向を有し、
- 前記横方向の主延在方向に対して垂直な方向において、前記半導体レーザチップ(1)のビームの出射側には前記支持体が配置されており、前記支持体(7)は少なくとも1つのスペーサ(6)を用いて前記半導体レーザチップ(1)から間隔を空けており、
- 前記半導体レーザチップ(1)はチップ支持体(2,3)に予め実装されており、
- 前記光学装置は共振器載置部として、前記半導体レーザチップの上に設けられており、
- 前記光学装置は前記スペーサを用いて前記チップ支持体に固定されており、

前記半導体レーザチップ(1)は活性領域において、ビーム形成のために1つまたは複数のポンプビーム源を用いて光学的にポンピングされることを特徴とする、半導体レーザ

10

20

モジュール。

【請求項 2】

前記ビーム偏向素子は光学的にポンピングされたビーム(13, 160)を前記共振器内で、前記支持体(7)の前記横方向の主延在方向に対して実質的に平行に延びる方向に偏向させる、請求項1記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 3】

前記外部ミラー(9)は共振器ミラーを形成する、請求項1または2記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 4】

前記ビーム偏向素子(8)および/または前記外部ミラー(9)は前記支持体(7)に固定されている、請求項1から3までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

10

【請求項 5】

前記ビーム偏向素子(8)は前記支持体(7)と前記外部ミラー(9)との間に配置されている、請求項1から4までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 6】

前記ビーム偏向素子(8)および前記外部ミラー(9)は横方向において並んで配置されている、請求項1から4までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 7】

前記半導体レーザーチップ(1)は表面発光型の半導体レーザーチップである、請求項1から6までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

20

【請求項 8】

前記ビーム偏向素子(8)は前記半導体レーザーチップ(1)から放射されたビームを前記支持体(7)の前記横方向の主延在方向に対して実質的に平行に前記外部ミラー(9)に向かって偏向させる、請求項7記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 9】

前記ポンプビーム源および前記半導体レーザーチップ(1)のポンピングすべき活性領域はモノリシックに前記半導体レーザーチップ(1)に集積されている、請求項1から8までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 10】

前記支持体(7)は複数のスペーサ(6)を用いて前記半導体レーザーチップ(1)から間隔を空けている、請求項1から9までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

30

【請求項 11】

前記支持体(7)はガラスまたは半導体材料、有利にはSiを含有する、請求項1から10までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 12】

前記光学装置が半導体レーザーモジュールのケーシングのためのケーシング部分として構成されている、請求項1から11までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 13】

前記半導体レーザーチップ(1)のビームの出射側には前記光学装置が配置されている、請求項1から12までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

40

【請求項 14】

前記ビーム偏向素子(8)および前記外部ミラー(9)は前記支持体(7)の前記半導体レーザーチップ(1)側に配置されている、請求項1から13までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 15】

前記ビーム偏向素子(8)および前記外部ミラー(9)は前記支持体(7)の前記半導体レーザーチップ(1)側とは反対側に配置されている、請求項1から14までのいずれか1項記載の半導体レーザーモジュール。

【請求項 16】

前記共振器内に周波数変換、有利には周波数倍化のための非線形光学素子(16)が配

50

置されている、請求項 1 から 1 5 までのいずれか 1 項記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 1 7】

前記非線形光学素子 (1 6) は前記支持体 (7) に配置および / または固定されている、請求項 1 6 記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 1 8】

前記非線形光学素子 (1 6) は前記外部ミラー (9) と前記支持体 (7) との間に配置されている、請求項 1 6 または 1 7 記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 1 9】

前記非線形光学素子 (1 6) は前記外部ミラー (9) と前記ビーム偏向素子 (8) との間に配置されている、請求項 1 6 から 1 8 までのいずれか 1 項記載の半導体レーザモジュール。 10

【請求項 2 0】

前記非線形光学素子 (1 6) は温度調整素子 (1 9) を介して温度調整される、請求項 1 6 から 1 9 までのいずれか 1 項記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 2 1】

前記温度調整素子 (1 9) は有利には加熱抵抗として、前記支持体 (7) 内に集積されている、請求項 2 0 記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 2 2】

前記ビーム偏向素子 (8) は前記共振器からの周波数変換されたビームを出力するように構成されている、請求項 1 から 2 1 までのいずれか 1 項記載の半導体レーザモジュール 20

【請求項 2 3】

前記ビーム偏向素子 (8) を介する前記共振器からのビームの出力は前記ビーム偏向素子内での全反射のもとで行われる、請求項 2 2 記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 2 4】

前記ビーム偏向素子 (8) はプリズムである、請求項 1 から 2 3 までのいずれか 1 項記載の半導体レーザモジュール。

【請求項 2 5】

前記ビーム偏向素子 (8) はビームスプリッタである、請求項 1 から 2 4 までのいずれか 1 項記載の半導体レーザモジュール。 30

【請求項 2 6】

請求項 1 から 2 5 までのいずれか 1 項記載の半導体レーザモジュールのための共振器載置部として設けられている光学装置の製造方法において、

- 支持体 (7) を準備するステップと、
- 前記支持体にビーム偏向素子 (8) を配置するステップと、
- 前記支持体に外部ミラー (9) を配置するステップと、
- 前記ビーム偏向素子 (8) および前記外部ミラー (9) を光学的な共振器に応じて相互に調整するステップと、
- 前記ビーム偏向素子 (8) および前記外部ミラー (9) を前記支持体に固定するステップと、 40
- 光学装置を完成させるステップとを有することを特徴とする、光学装置の製造方法。

【請求項 2 7】

前記ビーム偏向素子 (8) および / または前記外部ミラー (9) を陽極接合により前記支持体 (7) に固定する、請求項 2 6 記載の方法。

【請求項 2 8】

前記ビーム偏向素子 (8) と前記外部ミラー (9) との間において非線形光学素子 (1 6) を前記支持体 (7) に配置および / または固定する、請求項 2 6 または 2 7 記載の方法。

【請求項 2 9】

複数の光学装置を製造するために構成されている、請求項 2 6 から 2 8 までのいずれか 50

1 項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ビーム形成のために設けられている半導体レーザチップと、この半導体レーザチップのための外部光学共振器の外部ミラーとを備えた半導体レーザモジュールに関する。

【0002】

外部共振器を備えた半導体レーザモジュールの動作時にレーザを効率的に機能させるために、外部ミラーの半導体レーザチップに関する煩雑で立体的な位置調整を実施することがしばしば必要とされる。

10

【0003】

本発明の課題は、外部ミラーを半導体レーザチップに関して容易に位置調整することができる、半導体レーザチップと外部光学共振器のための外部ミラーとを備えた半導体レーザモジュールを提供することである。さらに本発明の課題は、半導体レーザモジュールの殊に小型でコンパクトな構造形状の構成を容易にする、この種の半導体レーザモジュールのための光学装置を提供することである。さらに本発明の課題は光学装置の製造方法を提供することである。

【0004】

この課題は請求項1の特徴を有する半導体レーザモジュール、請求項28に記載されている光学装置の製造方法、および請求項32に記載されている光学装置によって解決される。本発明の有利な実施形態および発展形態は従属請求項に記載されている。

20

【0005】

本発明による半導体レーザモジュールはビーム形成のために設けられている半導体レーザチップと、支持体、この支持体に配置されているビーム偏向素子また同様にこの支持体に配置されているミラーを有する光学装置とを包含し、ここでミラーは半導体レーザチップのための外部光学共振器の外部ミラーとして構成されており、ビーム偏向素子は共振器内に配置されており、ビーム偏向素子は半導体レーザチップによって形成され、外部ミラーによって反射されるビームの少なくとも一部を偏向するために構成されており、支持体は横方向の主延在方向を有し、支持体は横方向の主延在方向に対して垂直な方向において半導体レーザチップの出射側に配置されている。

30

【0006】

共振器に関する外部ミラーの位置調整を有利には、少なくとも部分的に光学装置の製造に移行することができる。殊にビーム偏向素子および外部ミラーを既に共振器に応じて相互に事前に位置調整することができる。半導体レーザチップに関する外部ミラーの煩雑で三次元的な位置調整を、光学装置の素子を適切に事前に位置調整することによって、光学装置と半導体レーザチップとの間の有利には簡単に二次元的な位置調整に変えることができる。

【0007】

有利には、ビーム偏向素子がビームを共振器内で、支持体の横方向の主延在方向に対して実質的に平行に延びる方向に偏向させる。殊に有利には、ビーム偏向素子が外部ミラーから反射されたビームを少なくとも部分的に半導体レーザチップへと偏向させる。この半導体レーザチップはビームを形成し、共振器においてレーザビームへと増幅させることができる。

40

【0008】

ビーム偏向素子を用いて共振器を折り畳むことができ、この際外部ミラーが有利には共振器端部ミラーを形成する。これにより有利には、半導体レーザモジュールの小型でコンパクトな構造形状の構成が容易になる。

【0009】

本発明の有利な実施形態においては、ビーム偏向素子および/または外部ミラーが支持

50

体に例えば陽極接合、接着またははんだ付けによってそれぞれ形成される結合部を用いて固定されている。

【 0 0 1 0 】

本発明の別の有利な実施形態によれば、ビーム偏向素子および外部ミラーが横方向に並んで配置されている。この種の配置構成を以下では「横方向配置」とも称する。有利にはビーム偏向素子は、半導体レーザチップにおいて形成されたビームを外部ミラーの方向に偏向させるように構成されている。

【 0 0 1 1 】

本発明の別の有利な実施形態においては、外部ミラーが横方向の主延在方向に対して垂直な方向において支持体から間隔を空けている。このために有利にはビーム偏向素子が支持体と外部ミラーとの間に配置されている。この種の配置構成を以下では「垂直方向配置」とも称する。

【 0 0 1 2 】

本発明の別の有利な実施形態によれば、半導体レーザチップは表面発光型の半導体レーザチップであり、この半導体レーザチップは有利には端面発光型レーザとは異なり、半導体レーザチップの表面に対して実質的に垂直な放射方向を有する。例えば半導体レーザチップは V E C S E L (Vertical External Cavity Surface Emitting Lase) または表面発光型半導体レーザとして構成されている。有利には、ビーム偏向素子が半導体レーザチップから殊に垂直に放射されたビームを支持体の横方向の主延在方向に対して実質的に平行な方向において外部ミラーに偏向させるよう光学装置が構成されている。

【 0 0 1 3 】

半導体レーザチップを活性領域におけるビーム形成のために 1 つまたは複数のポンピングビーム源を用いて光学的にポンピングすることができる。ポンプビームの波長は好適には半導体レーザチップから放射されるビームよりも短い。有利には半導体レーザチップが横方向、実質的に半導体レーザチップの放射表面に対して平行に光学的にポンピングされる。端面発光型半導体レーザとして構成されているポンプビーム源は半導体レーザチップの光学的なポンピングのために殊に適している。

【 0 0 1 4 】

本発明の有利な実施形態においては、ポンプビーム源および半導体レーザチップのポンピングすべき活性領域がモノリシックに半導体レーザチップに集積されている。この場合、半導体レーザチップおよびポンプビーム源を規定する構造が共通の成長基板上にエピタキシャルに形成される。例えば先ず、ポンピングすべき活性領域を有する層構造を成長基板上に成長させ、続けて領域選択的に成長基板を除去し、除去された領域においてポンプビーム源を成長基板上に成長させることができる。半導体レーザチップの活性領域を例えばポンプビーム源の共振器の内側または外側に配置することができる。

【 0 0 1 5 】

必要に応じて、半導体レーザチップをこの半導体レーザチップに集積されていない外部のポンプビーム源、例えば外部のレーザを用いて光学的にポンピングすることもできる。半導体レーザチップの放射表面に対して約 4 5 ° の角度で入射するポンプビームが殊に適していることが分かった。

【 0 0 1 6 】

本発明の別の有利な実施形態においては、支持体が少なくとも 1 つのスペーサ、有利には複数のスペーサを用いて半導体レーザチップから間隔を空けている。スペーサを有利には光学装置の実装ないし位置調整の前に支持体に固定することができるか、支持体内に構成することができる。スペーサは例えばガラス、シリコンまたはセラミックを含有することができる。

【 0 0 1 7 】

スペーサの支持体への固定には例えば陽極結合、接着またははんだ付けが適している。スペーサを支持体内に構成する場合には、これを支持体の相応の構造化によって行うことができる。例えば支持体はガラスまたは半導体材料、例えば S i または G a A s も含有す

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 1 8 】

スペースの構造化のために例えばサンドビーム法、殊にガラス用のサンドビーム法、またはエッチング法、殊にSiのような半導体材料用のエッチング法が特に適している。さらにスペースを鋸引きにより支持体から構造化することができる。必要に応じてスペースは構造化工程の後にさらに研磨および/またはポリシングにより処理される。この種の方法により支持体内に半導体レーザチップのためのキャビティを構成することができ、この際キャビティの壁がスペースを形成する。

【 0 0 1 9 】

本発明の有利な実施形態においては、光学装置が半導体レーザモジュールのケーシングのためのケーシング部分として構成されている。半導体レーザチップはケーシングにより有利には有害な外部の影響から保護される。

10

【 0 0 2 0 】

本発明の別の有利な実施形態においては、半導体レーザチップが、ヒートシンクおよび/または半導体レーザチップないしポンプビーム源との電気的な接触のための端子を包含するチップ支持体に予め実装されており、また光学装置がこの実装の後に半導体レーザチップの出射側に配置される。有利には光学装置がチップ支持体にボンディング、接着またははんだ付けにより固定されている。殊に有利には光学装置が1つまたは複数のスペースを介してチップ支持体に固定されている。DBC基板(Direct Bond Copper)がチップ支持体として殊に適している。

20

【 0 0 2 1 】

本発明の別の有利な実施形態においては、ビーム偏向素子および外部ミラーが支持体の半導体レーザチップと対向する側に配置されている。これによって半導体レーザチップとビーム偏向素子の間隔が有利には小さく保たれ、したがって半導体レーザモジュールの有利にはコンパクト且つ小型の構造形状の構成が容易になる。

【 0 0 2 2 】

本発明の別の有利な実施形態によれば、ビーム偏向素子および外部ミラーが支持体の半導体レーザチップ側とは反対側に配置されている。この場合有利には半導体レーザチップにおいて形成されたビームが支持体を通過して放射される。このために支持体は例えば半導体レーザチップの上方に配置されている相応の切欠部、例えば孔またはスリットを有し、この切欠部を例えばエッチング、ウォータービームカットまたは穿孔によって支持体に設けることができる。外部から共振器への到達は外部ミラーおよびビーム偏向素子のこの種の配置構成により容易になる。

30

【 0 0 2 3 】

本発明の別の有利な実施形態においては、共振器内に周波数変換、有利には周波数倍化のための非線形光学素子が配置されている。有利には非線形光学素子が支持体に配置されているか、例えばはんだ付けまたは接着により支持体に固定されている。共振器内および/または支持体に非線形光学素子を配置することによって、非線形光学素子を有する半導体レーザモジュールの小型且つコンパクトな構造形状の構成が非常に容易になる。

【 0 0 2 4 】

非線形光学素子は有利には共振器内でのビームの周波数変換のために構成されている。例えば、非線形光学素子を周波数の2倍化(SHG: Second Harmonic Generation)のために構成することができる。有利には非線形光学素子は、不可視のビーム、例えば赤外線ビームの可視ビームへの周波数変換のために使用される。不可視のビーム、殊に赤外線ビームを、外部共振器を備えたAlGaAsまたはGaAsを基礎とする半導体レーザモジュールを用いて殊に効率的に形成することができる。

40

【 0 0 2 5 】

本発明の有利な実施形態においては、非線形光学素子が外部ミラーと支持体との間に配置されている。この配置構成は垂直方向配置にとって殊に好適である。この場合、非線形光学素子は有利には外部ミラーとビーム偏向素子との間に配置されている、および/また

50

は、外部ミラーは非線形光学素子を用いて支持体から間隔を空けている。

【0026】

本発明のさらに有利な実施形態においては、非線形光学素子が外部ミラーとビーム偏向素子との間に配置されている。したがってビーム偏向素子から外部ミラーに向って偏向されたビームを非線形光学素子において、外部ミラーから反射されたビームと同様に周波数変換することができる。横方向配置に関しては非線形光学素子が好適には横方向においてビーム偏向素子から間隔を空けている。

【0027】

本発明の有利な実施形態においては非線形光学素子を、有利には加熱抵抗として構成されている温度調整素子を介して加熱および／または温度調整することができる。有利には温度調整素子は支持体内に集積されている。支持体が半導体材料を含有する場合、加熱抵抗を半導体材料に組み込まれたpn接合部として構成することができる。温度調整素子により非線形光学素子の屈折率が温度に起因して変動する危険を低減することができる。したがって有利には周波数変換されたビームの周波数を安定させることができる。

【0028】

本発明の別の有利な実施形態においては、ビーム偏向素子または外部ミラーがビーム、有利には周波数変換されたビームを共振器から出力するために構成されている。このためにビーム偏向素子または外部ミラーを出力すべきビームに対して高反射性または高透過性に相応に構成することができる。例えばこの構成を、外部ミラーまたはビーム偏向素子の表面の相応のコーティング、例えば金属含有性および／または誘電性コーティングによって達成することができる。

【0029】

本発明の有利な実施形態においては、ビーム偏向素子を介する共振器からのビームの出力はビーム偏向素子内での全反射のもとで行われる。

【0030】

ビーム偏向素子をプリズムまたはビームスプリッタ、有利にはダイクロニックビームスプリッタとして構成することができる。例えばビーム偏向素子はガラスを含有する。

【0031】

必要に応じて、レンズのようなビーム成形のための光学素子、ブルースター素子のような分極選択のための素子または波長フィルタ、波長選択性コーティングまたは分散性の素子のような波長選択のための素子などの別の素子を共振器内に配置することもできる。

【0032】

レンズを用いるか、有利には湾曲した折り畳みミラーを有する共振器のさらなる折り畳みにより、ビームの有利には僅かなビーム割合を共振器において達成することができる。

【0033】

有利にはこの種の素子を支持体に配置および／または固定することができる。ビーム偏向素子における折り畳みに付加的に、共振器のさらなる折り畳みが支持体の横方向の主延在方向に実質的に平行に行われる。

【0034】

冒頭で述べたような半導体レーザモジュールのための共振器載置部として設けられている光学装置の本発明による製造方法においては先ず支持体が準備される。続けてビーム偏向素子および外部ミラーが支持体に配置され、有利には相互に位置調整される。これにより光学装置が完成される。

【0035】

ビーム偏向素子および外部ミラーは有利には陽極接合により支持体に固定される。

【0036】

ビーム偏向素子と外部ミラーとの間において非線形光学素子を支持体に配置および／または固定することができる。例えば、非線形光学素子が支持体に接着またははんだ付けされる。

【0037】

10

20

30

40

50

本方法の有利な実施形態においては、本方法は複数の光学装置を同時に製造するために構成されている。

【0038】

このために本発明の有利な実施形態によれば、先ず例えばディスク状の支持体層が準備され、この支持体層に複数のビーム偏向素子を形成するために設けられているビーム偏向素子帯および複数の外部ミラーを形成するために設けられているミラー帯が配置され、有利には固定される。ビーム偏向素子帯およびミラー帯は有利には固定の前に支持体層において光学装置に応じて相互に位置調整される。続けて支持体層、ビーム偏向素子帯およびミラー帯を有する結合体を、それぞれが1つのビーム偏向素子および1つの外部ミラーを備えた複数の光学装置に個別化することができる。個別化の際に光学装置の支持体は支持体層から形成され、ビーム偏向素子はビーム偏向素子帯から形成され、外部ミラーはミラー帯から形成される。

10

【0039】

非線形光学素子を同様に帯または個々の素子として結合体内の支持体層に配置および/または固定することができるか、個別化の後に個々の素子として支持体に配置および/または固定することができる。

【0040】

本発明による光学装置は支持体と、この支持体に配置されているビーム偏向素子と、この支持体に配置されている外部ミラーとを包含し、光学装置は半導体レーザモジュール、殊に前述の半導体レーザモジュールのための共振器載置部として設けられている。

20

【0041】

有利にはチップ支持体に予め実装されている半導体レーザチップのための載置部として設けられているこの種の光学装置は、有利には同種の半導体レーザチップにおける共振器の構成ないし周波数変換に関する多数のバリエーションの可能性を高める。半導体レーザチップを効率的な自動化プロセスにおいてチップ支持体に予め実装することができ、これに基づき個々の光学装置を共振器載置部としてチップ支持体に配置および/または固定することができる。殊に、同種の半導体レーザチップを用いることにより、それぞれの非線形光学素子に応じて、放射されるビームの波長が異なる半導体レーザモジュールを構成することができる。

【0042】

30

上記において本発明による半導体レーザモジュールに関連させて説明した特徴は本発明による方法または本発明による光学装置に関連している。もしくは本発明による方法または本発明による光学装置に関連させて説明した特徴は本発明による半導体レーザモジュールに関連している。何故ならば、光学装置は有利にはこの種の半導体レーザモジュールのために設けられているか、本方法により製造されるからである。

【0043】

本発明の別の実施形態、利点および有効性は図面と関連させた以下の実施例の説明から明らかになる。

【0044】

ここで、

40

図1は本発明による半導体レーザモジュールの第1の実施例を図1Aの概略的な断面図および図1Bの概略的な俯瞰図に基づき示したものであり、

図2は本発明による半導体レーザモジュールの第2の実施例を図2Aの概略的な断面図および図2Bの概略的な俯瞰図に基づき示したものであり、

図3は本発明による半導体レーザモジュールの第3の実施例を図3Aの概略的な断面図および図3Bの概略的な俯瞰図に基づき示したものであり、

図4は本発明による半導体レーザモジュールの第4の実施例を図4Aの概略的な断面図および図4Bの概略的な俯瞰図に基づき示したものであり、

図5は本発明による半導体レーザモジュールの第5の実施例を図5Aの概略的な断面図および図5Bの概略的な俯瞰図に基づき示したものであり、

50

図 6 は本発明による半導体レーザモジュールの第 6 の実施例を図 6 A の概略的な断面図および図 6 B の概略的な俯瞰図に基づき示したものであり、

図 7 は、本発明による半導体レーザモジュールの第 7 の実施例の概略的な断面図を示し、

図 8 は、本発明による半導体レーザモジュールの第 8 の実施例の概略的な断面図を示し、

図 9 は本発明による半導体レーザモジュールの第 9 の実施例を図 9 A の概略的な断面図および図 9 B の概略的な俯瞰図に基づき示したものであり、

図 10 は、本発明による半導体レーザモジュールの第 10 の実施例の概略的な断面図を示し、

10

図 11 は、本発明による半導体レーザモジュールの第 11 の実施例の概略的な断面図を示し、

図 12 は、本発明による半導体レーザモジュールの第 12 の実施例の概略的な断面図を示し、

図 13 は、本発明による半導体レーザモジュールの第 13 の実施例の一部の概略的な断面図を図 13 A のバリエーションおよび図 13 B のバリエーションの概略的な部分拡大図に基づき示したものであり、

図 14 は、本発明による半導体レーザモジュールの第 14 の実施例の概略的な断面図を示し、

図 15 は、本発明による光学装置の製造方法の実施例を図 15 A の概略的な断面図と図 15 B の概略的な俯瞰図に基づき示したものである。

20

【0045】

図面において同一、同種および同様に作用する要素には、同一の参照番号が付されている。

【0046】

図 1 には本発明による半導体レーザモジュールの第 1 の実施例が図 1 A の概略的な断面図および図 1 B の概略的な俯瞰図に基づき示されている。

【0047】

半導体レーザチップ 1 はチップ支持体に配置されており、このチップ支持体はヒートシンク 2、電気的な絶縁層 3、第 1 の端子 4 および第 2 の端子 5 を有する。

30

【0048】

光学装置が垂直方向において半導体レーザチップ 1 の出射側に配置されており、且つスパーサ 6 を用いて半導体レーザチップから間隔を空けており、またこの光学装置は支持体 7 と、支持体の半導体レーザチップ 1 側とは反対側に配置されているビーム偏向素子 8 と、支持体のビーム偏向素子側と同じ側に配置されている外部ミラー 9 とを有する。

【0049】

半導体レーザチップ 1 には 1 つまたは複数のポンプビーム源、例えば半導体レーザチップ 1 を横方向において光学的にポンピングする端面発光型レーザと共に、ポンピングされる活性領域がモノリシックに集積されている。ポンプビーム源との電気的な接触接続のためにボンディングワイヤ 11 が第 2 の端子 5 と導電的に接続されており、また半導体レーザチップが例えば硬質のはんだを用いるのはんだ結合部を介して第 1 の端子 4 上に固定され、この第 1 の端子 4 と導電的に接続されている。はんだ結合部は固定のためにも導電的な接続のためにも使用される。半導体レーザチップ 1 はチップ支持体に予め実装されている。

40

【0050】

端子 4、5 は例えば銅を含有する、および/または、半導体レーザチップにおいて動作時に生じる熱を、例えば窒化アルミニウムのようなセラミックを含有する絶縁層を介してヒートシンク 2 へと十分に導出することを保証する。窒化アルミニウムは有利には熱伝性が高いという点で傑出している。ヒートシンク 2 は例えば銅を含有する。したがってチップ支持体は DBC 基板 (DBC: Direct Bond Copper) として構成されている。

50

【 0 0 5 1 】

スペーサ 6 は例えば、支持体 7 と同様に、ガラスまたはシリコンを含有することができるか、ガラスまたはシリコンから構成することができる。スペーサは有利には、チップ支持体への光学装置の配置の前に支持体に予め実装されているか、支持体の構造化によって形成されている。予め実装するために例えばガラスから成るスペーサが適しており、このスペーサは陽極接合、接着、またははんだ付けにより支持体に固定されている。支持体からスペーサを構造化するためには、殊にスペーサの鋸引き、それに続く相応の表面の研磨およびポリシングが適している。

【 0 0 5 2 】

ビーム偏向素子および / または外部ミラーは支持体に陽極接合、接着またははんだ付けされている。光学装置は有利にはスペーサを介してチップ支持体に固定されている。この固定には例えば接着またははんだ付けが適している。

10

【 0 0 5 3 】

半導体レーザチップの活性領域の光学的なポンピングにより半導体レーザチップ 1 内において形成され、半導体レーザチップの表面 1 2 に対して垂直方向に放射されるビーム 1 3 は支持体 7 の切欠部 1 4 を通過した後にビーム偏向素子 8 を介して外部ミラー 9 に向って偏向される。切欠部をエッチングまたは穿孔により支持体に設けることができ、またこの切欠部は有利にはスリットとして、または図 1 B に俯瞰的に示されているように実質的に円形に構成されている。

【 0 0 5 4 】

20

ビーム偏向素子 8 はここではガラスプリズムとして構成されており、このビーム偏向素子 8 の反射面 8 0 には半導体レーザチップから放射されるビームに対して高反射性のコーティング部、例えば金属性または誘電性のコーティング部が設けられている。

【 0 0 5 5 】

本発明の有利な実施形態においては外部ミラーが、有利には半導体レーザチップ内に集積されているブラッグミラーとして構成されている別のミラーと共に、半導体レーザモジュールの光学共振器の境界をなしている。有利にはブラッグミラーは 99.9% の反射率を有する。

【 0 0 5 6 】

図 1 による実施例においては、外部ミラーが共振器からのレーザビームの出力ミラーとして構成されており、またこのために 96% 以上の反射率を有する。有利にはミラーは凹面状に湾曲して構成されている。有利には、球面状に湾曲している場合、ミラーの湾曲半径は 20 mm、殊に有利には 10 mm またはそれ以下であり、これによって共振器内のビームのビーム半径を有利には小さく維持することができる。

30

【 0 0 5 7 】

半導体レーザチップにおいて形成されるビームは、半導体レーザチップの活性領域における誘導放出により増幅され、部分的に外部ミラー 9 を介して出力される。外部ミラーの湾曲半径および共振器内の光路長を介して、共振器内のビーム半径を活性領域の大きさに整合させることができる。ビーム半径の適切な整合により、例えばビームの横断面積が活性領域よりも大きくなるよう調節されることによって、必要に応じて半導体レーザモジュールの基本モードが強制的に得られる。ビームは活性領域外では増幅されないため、高次モードを相応に僅かに低減させるだけで励起させることができる。

40

【 0 0 5 8 】

ビーム偏向素子 8 は半導体レーザチップからこのビーム偏向素子に入射するビームを有利には支持体の主面 1 5 に対して平行な方向において外部ミラー 9 の方向に向って偏向させる。

【 0 0 5 9 】

本発明の有利な実施形態において支持体および半導体レーザチップは、半導体レーザチップから垂直方向に放射されるビームが横方向の主延在方向ないし支持体の主面に対して実質的に垂直に放射され、ビーム偏向素子によって支持体の主面に対して平行な方向、有

50

利には主延在方向に対して平行な方向に偏向されるように相互に配置されている。このために有利には、半導体レーザチップの表面 12 および支持体 7 が実質的に相互に平行に配置されている。殊に有利には、支持体 7 の主面 15 は実質的に半導体レーザチップ 1 の表面 12 に対して平行に延在している、および / または、半導体レーザチップ 1 は表面 12 がチップ支持体に対して実質的に平行に延在するようにチップ支持体に予め実装されている。

【0060】

さらにビーム偏向素子は入射するビームを有利には 90° 偏向させ、このために例えば反射面 80 が支持体の主面 15 と約 45° の角度をなすように構成されている。

【0061】

ビーム偏向素子 8 における共振器の折り畳みにより、半導体レーザモジュールおよび共振器のコンパクトな構造形状の構成が容易になる。

【0062】

光学装置が有利には予め製造された状態にあり、またビーム偏向素子および外部ミラーが既に共振器に応じて相互に調整されているので、光学共振器のための外部ミラーの位置調整は半導体レーザチップに関してのみ必要とされる。光学装置を予め実装されている共振器載置部としての半導体レーザチップに載置し、チップ支持体に固定することができる。半導体レーザチップに関する外部ミラーの位置調整を有利には光学装置の実装平面において、有利にはチップ支持体の平面において行うことができる。立体空間でのミラーの煩雑で三次元的な位置調整を有利には省略することができる。

【0063】

本発明の別の有利な実施形態においては、半導体レーザチップが表面発光型半導体レーザまたは V E C S E L として構成されている。半導体レーザチップにおいて形成されるビームの波長は殊に有利には赤外線スペクトル領域、例えば $900\text{ nm} \sim 1100\text{ nm}$ の範囲にあり、例えば約 920 nm 、 1000 nm または 1040 nm の値を取ることができる。このために半導体レーザチップは有利には GaAs または AlGaAs を基礎としている。

【0064】

本発明の有利な実施形態においては、半導体レーザチップが III-V 族半導体材料系、例えば $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ 、 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ または $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ (それぞれ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 且つ $x+y \leq 1$) を含有するか、それらを基礎としている。赤外線スペクトル領域においてビームを効率的に形成するために、材料系 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ からなる材料が殊に適している。

【0065】

図 2 には本発明による半導体レーザモジュールの第 2 の実施例が図 2A の断面図および図 2B の俯瞰図に基づき概略的に示されている。

【0066】

この実施例は実質的に図 1 に示されている実施例に相応する。図 1 とは異なり、図 2 によれば周波数変換のための非線形光学素子 16 が光学共振器内に配置されており、ビーム偏向素子を介して出力が行われる。

【0067】

半導体レーザチップにおいて形成または増幅されたビーム 13 は、反射面 80 の相応のコーティング部によりビーム 13 に対して高反射性に構成されているビーム偏向素子 8 へと入射し、反射面 80 において偏向され、非線形光学素子 16 を通過し、この光学素子 16 においてビーム 13 の一部が周波数変換されたビーム 160 に変換される。非線形光学素子を通過した後に、周波数変換されていないビーム 13 および周波数変換されたビーム 16 が外部ミラー 9 に入射し、この外部ミラー 9 は有利には両方のビーム 13、160 に対して高反射性、例えば 99.9% 以上の高反射性を有するように構成されており、また図 1 とは異なり出力するようには構成されていない。外部ミラー 9 においてビーム 13 および周波数変換されたビーム 160 がビーム偏向素子の方向へと後方反射され、もう一度

10

20

30

40

50

非線形光学素子を通過し、この通過の際にビーム 13 のさらに別の部分が周波数変換される。

【0068】

非線形光学素子 16 を再度通過した後に、ビーム 13 および変換されたビーム 160 はビーム偏向素子 8 に入射し、このビーム偏向素子 8 はビーム 13 に対して高反射性に構成されており、周波数変換されたビーム 160 に対して高透過性に構成されている。このために反射面 80 が有利には相応にコーティングされている。ビーム 13 はさらなる増幅のために半導体レーザチップに供給され、周波数変換されたビーム 160 はビーム偏向素子を介して共振器から出力される。有利には周波数変換されたビームは、このビームが支持体の主延在方向に対して実質的に平行に放射されるように出力される。

10

【0069】

この場合ビーム偏向素子はプリズムとして構成されている。ビーム出力の際にビーム 160 はビーム偏向素子の支持体側とは反対側の表面 81 において内部で全反射され、ビーム偏向素子の非線形光学素子側とは反対側において共振器から出力される。ビーム偏向素子の表面 81 は効率的な全反射のために有利には相応に平滑にポリシングされている。

【0070】

非線形光学素子 16 は例えば半導体レーザチップにおいて増幅されたビームの周波数の 2 倍化 (SHG) のために構成されている。例えば非線形光学素子は赤外ビームから緑色または青色のビームを形成する。920 nm の波長のビームを例えば 460 nm の波長のビームに変換することができる。有利には非線形光学素子は支持体に、例えば接着またははんだ付けにより固定されている。

20

【0071】

周波数の 2 倍化、殊に青色または緑色の光の形成に適した非線形光学素子は、例えば LBO (例えば三ホウ酸リチウム) または BiBO (例えば三ホウ酸ビスマス) 結晶のような非線形結晶を包含することができる。

【0072】

さらに非線形光学素子は PP-KTP (例えば KTiOP₄)、PP-LN (例えば PP-LiNbO₃) または PP-LT (例えば PP-LiTaO₃) のような周期分極反転 (PP: Periodically Poled) された擬似位相整合 (QPM: Quasi Phase Matching) 構造を有する。

30

【0073】

PP-QPM 構造を同様に MgO ドープされた材料のバリエーションまたは上記のものとは異なる種々の化学量論的な材料のバリエーションにおいても使用することができる。殊に上記のものとは異なる化学量論的な材料のバリエーション、例えば LiNbO₃ および LiTaO₃ とは異なるバリエーションを使用することもできる。

【0074】

QPM 材料を使用することによって、複屈折に起因する作用、例えばウォークオフ (Walk-Off; 周波数変換されたビームの非線形光学素子からの射出方向の、素子へのビームの入射方向からの偏差) を有利には低減することができる。

【0075】

40

さらに QPM 材料は非線形光学素子におけるビームの割合が比較的高い場合であっても、周波数変換の効率が低い点で傑出している。結晶内の周波数変換においては効率がしばしばビームの割合に非常に影響され、また通常の場合ビームの割合が増すにつれ低減する。結晶内の効率を高めるために、変換すべきビームを結晶に光学素子を介して焦点合わせすることが考えられる。しかしながら、QPM 材料においては材料に関する効率が非常に高いのでこの種の焦点合わせを省略することができる。さらに有利には複数の PP-QPM 構造を簡単且つ同時にディスク結合体において製造することができる。

【0076】

適切な周期分極反転により、この種の非線形光学素子を有利には半導体レーザチップの固有の特性に容易に整合させることができる。殊に、半導体レーザチップ上のこの種の非

50

線形光学素子の周波数変換のスペクトルのおよび／または熱的な許容の幅ないし半導体レーザーチップによって形成されるビームを整合させることができる。

【 0 0 7 7 】

必要に応じて、非周期分極反転された Q P M 構造を周波数変換のための非線形光学素子として使用することができる。この構造は周期分極反転された構造に比べてスペクトル的な許容が高いという点で優れていることが多いので、変換すべきビームの周波数が温度に起因して僅かに変動する場合においても、非線形光学素子において周波数変換の効率が低下するという危険が決定的に高まることはない。

【 0 0 7 8 】

図 3 A の断面図および図 3 B の俯瞰図に基づき概略的に示されている第 3 の実施例は図 2 とは異なり、ビーム偏向素子 8 がブームスプリッタとして構成されている。

10

【 0 0 7 9 】

有利にはビームスプリッタがダイクロイックビームスプリッタとして構成されている。

【 0 0 8 0 】

有利にはビームスプリッタの表面 8 2 はビーム 1 3 および周波数変換されたビーム 1 6 0 のための反射防止コーティングによりコーティングされており、これに対しビームスプリッタの結合面に構成されている反射面 8 0 においてはビーム 1 3 が半導体レーザーチップの方向に反射され、周波数変換されたビーム 1 6 0 が透過する。このことを例えば相応に高反射性または高透過性のコーティング部を介して、ビームスプリッタの反射面 8 0 において達成することができる。有利にはビームスプリッタの半導体レーザーチップに対向する表面または表面 8 2 と対向する表面に、相応のビームのための反射防止コーティングが設けられている。

20

【 0 0 8 1 】

図 1 および図 2 に示されている実施例とは異なり、図 3 におけるビーム偏向素子は周波数変換されたビーム 1 6 0 および周波数変換されていないビーム 1 3 を通過させ、この際ビーム入射面は等しいがビーム射出面は異なる。さらに切欠部 1 4 が有利には完全にビーム偏向素子 8 によって覆われている。

【 0 0 8 2 】

図 4 には本発明による半導体レーザーモジュールの第 4 の実施例が図 4 A の断面図および図 4 B の俯瞰図に基づき概略的に示されている。

30

【 0 0 8 3 】

図 3 とは異なり、ビーム偏向素子 8、非線形光学素子 1 6 および外部ミラー 9 が支持体 7 の半導体レーザーチップ側に配置されている。

【 0 0 8 4 】

共振器からのビームの出力はビーム偏向素子 8 を介して行われる。ビームは半導体レーザーモジュールから有利にはスペーサ 6 の領域を介して放出され、好適にはこの領域内にビームの出力のための窓 1 7 が設けられている。

【 0 0 8 5 】

共振器素子および非線形光学素子を支持体の半導体レーザーチップ 1 側に配置することによって、図 1 から図 3 に示されている実施例と比較して小型且つコンパクトな構造形状の構成が容易になる。

40

【 0 0 8 6 】

さらに、支持体内の切欠部を省略することができ、これにより有害な外部の影響からの半導体レーザーチップの保護が有利には高められる。

【 0 0 8 7 】

スペーサ 6 は例えばシリコン、ガラスまたはセラミックを含有することができるか、これらから構成することができる。窓 1 7 は有利には穿孔、エッチングまたは鋸引きによってスペーサ 6 に設けられている。

【 0 0 8 8 】

有利には窓はスペーサにおいて孔、エッチングされた開口部または鋸引きされたスリッ

50

トとして、または隣接する２つのスペーサ間の隙間として構成されている。

【００８９】

本発明による半導体レーザモジュールの第５の実施例は図５において図５Ａの断面図および図５Ｂの俯瞰図に基づき概略的に示されており、また図４に示した実施例とは実質的に、光学装置が半導体レーザモジュールのケーシングのためのケーシング部分として構成されている点異なる。

【００９０】

支持体７がケーシングカバーとして構成されており、スペーサ６がケーシング内壁として構成されている。

【００９１】

有利には支持体が半導体レーザチップに完全に張設されており、また半導体レーザチップから突出している。

【００９２】

スペーサ６は有利には図５Ｂに示されているように半導体レーザチップ１の全ての側面を包囲している。これによって有害な外部の影響からの半導体レーザチップの保護が有利には高まる。

【００９３】

この場合ビーム偏向素子８、非線形光学素子１６および外部ミラー９を、図５Ａに示されているように支持体７の半導体レーザチップ側に配置することができるか、図２に依じて支持体の半導体レーザチップ側とは反対側に配置することができる。

【００９４】

前者の場合には、共振器からのビームの出力が、スペーサ内または２つのスペーサ間に構成することができる窓１７を介して行われる。

【００９５】

後者の場合には、例えば図２に示されているように、切欠部を支持体内に設け、ビームを半導体レーザチップ側とは反対側において共振器から出力させることができる。

【００９６】

場合によっては２つのスペーサ間に存在する、窓としては使用されない隙間、例えば隙間１８を湿気または埃に対する十分な保護のためにシール手段、例えば接着剤を用いてシールすることができる。

【００９７】

本発明の有利な実施形態においてはスペーサ６が支持体から例えばサンドビームまたはエッチングによって構造化されている。したがって支持体とスペーサを一体的な構造として構成することができる。スペーサ間の空隙の数を低減することができる。

【００９８】

有利にはスペーサが一体的に隙間無く構成されている。殊に支持体内に半導体レーザチップのためのキャビティを構造化することができる。これによって、例えば埃または湿気に対するケーシングの実質的に気密なシールが容易になる。

【００９９】

半導体レーザモジュールのケーシングはチップ支持体、スペーサ６および支持体７を包含し、支持体７はケーシングカバーを形成し、スペーサはケーシング内壁を形成し、またチップ支持体は半導体レーザモジュールのケーシング底部を形成する。支持体の横方向の拡張部はケーシングカバーとして構成するために有利にはチップ支持体の横方向の拡張部に整合されている。半導体レーザモジュールの比較的平坦な表面の構成が容易になる。

【０１００】

図６において図６Ａの断面図および図６Ｂの俯瞰図に基づき概略的に示されている本発明による半導体レーザモジュールの第６の実施例は、図２に示されている実施例に実質的に相応する。図２に示されている実施例とは異なり、非線形光学素子の温度調整のための温度調整素子１９が設けられている。温度調整素子１９は有利には熱伝的に非線形光学素子と接続されており、非線形光学素子の下方に配置されている、および／または、非線形

10

20

30

40

50

光学素子と直接的に接している。

【0101】

この実施例において温度調整素子19は加熱抵抗として支持体7内に集積されている。好適にはこのために支持体は半導体材料、例えばシリコンを含有し、また温度調整素子は適切なドーピングによりp n接合部として構成されており、加熱抵抗として動作することができる。p n接合部のために例えば支持体の表面領域が相応にドーピングされる。

【0102】

択一的または付加的に、支持体内には集積されていない外部の温度調整素子を設けることができ、この温度調整素子は有利には支持体と非線形光学素子との間に配置されている。このために、例えばPtを含有する金属薄膜抵抗が殊に適している。

10

【0103】

屈折率の温度依存性に起因して、非線形光学素子の温度変動が周波数変換すべきビーム160の周波数を変動させる虞がある。この種の変動の危険を温度調整素子19を用いる非線形光学素子の温度調整によって低減することができる。

【0104】

温度調整素子19を支持体の非線形光学素子側にも、支持体の非線形光学素子側とは反対側にも配置することができる。後者の場合には、非線形光学素子が例えば図4または図5に示されているように支持体の半導体レーザチップ側に配置されている場合には殊に有利である。半導体レーザモジュールの動作時における温度調整素子の電氣的な制御を容易にすることができる。

20

【0105】

本発明の有利な実施形態においては、半導体レーザチップとビーム偏向素子、殊に反射面80との間の距離、殊に光路は約2mmであり、ビーム偏向素子から非線形光学素子のビーム偏向素子と対向する表面までの距離は1.0mmであり、非線形光学素子の外部ミラーと対向する表面と外部ミラーとの間の距離は約0.5mmである。

【0106】

非線形光学素子の有利な拡張部は例えばクリティカルな位相整合を有する結晶、例えばBiBoに対しては4mmであり、PP-QPM構造、例えばPP-LNに対しては3mmである。

【0107】

この種の共振器における端部ミラーが半径20mmを有し且つ球面状で凹状に湾曲している場合には、共振器内のビーム半径に対して以下の値が得られる：半導体レーザチップにおいて53μm、ビーム偏向素子において55μm、非線形光学素子のビーム偏向素子と対向する側において56μm、非線形光学素子の端部ミラーと対向する側において62μm、外部ミラーにおいて63μm。

30

【0108】

図7において断面図に基づき概略的に示されている本発明による半導体レーザモジュールの第7の実施例は、図2に示した実施例に実質的に相応する。図2とは異なり、共振器におけるビーム路内にビーム成形用の光学素子20および波長フィルタ21が配置されている。さらに外部ミラー9がストッパ22に固定されている。

40

【0109】

光学素子20は有利には支持体7に配置されており、また支持体7に固定されている。例えば光学素子は共振器におけるビーム路内において、支持体の半導体レーザチップ側とは反対側に配置されているか、支持体の半導体レーザチップ側に配置されている。有利には光学素子が切欠部14内に配置されている。

【0110】

波長フィルタ21が支持体の半導体レーザチップ1側に配置されており、有利には支持体に固定されている。光学素子20は有利には変換すべきビーム13のビームの割合を低減するために構成されている。非線形光学素子の領域における焦点合わせにより、非線形光学素子、殊に非線形の複屈折結晶における殊に効率的な周波数変換を達成することがで

50

きる。

【0111】

変換すべきビーム、有利には赤外線ビームのスペクトルのスペクトル幅が波長フィルタ21を介して低減されることによって、周波数変換の効率をさらに高めることができる。

【0112】

光学素子を例えばレンズ、殊に焦点を有するレンズ、例えば従来の集束レンズまたはGRIN (GRAdienten INDEX) レンズ、フレネルレンズまたは回折レンズとして構成することができる。

【0113】

レンズまたは波長フィルタの主面を支持体の横方向の主延在方向に対して平行に、またはこの主延在方向に対して垂直に配置することができる。

10

【0114】

波長選択のための波長フィルタ21を例えば誘電性フィルタ、複屈折フィルタ、またはエタロンとして構成することができる。択一的に波長選択的な作用を、光学素子20の有利には片面および/または誘電性の相応のコーティングによっても達成することができる。

【0115】

外部ミラー9はビームの出力のためではなく共振器端部ミラーとして設けられており、好適にはビーム13および周波数変換されたビーム160に対して高反射性に構成されている。ビーム偏向素子8の反射面80は周波数変換されたビーム160に対して高透過性に構成されており、またビーム13に対して高反射性に構成されている。光学素子20および波長フィルタ21は有利にはビーム13に対して高透過性に構成されている。これらの反射特性および透過特性を外部ミラー、ビーム偏向素子、光学素子および/または波長フィルタの関連する表面の適切なコーティングによって達成することができる。

20

【0116】

外部ミラー9を例えば実質的に平坦または凹状に構成することができる。このことは凹状の外部ミラーを表す外部ミラー9における破線によって概略的に表されている。平坦な構成は光学素子20を介するビーム成形によって容易になる。何故ならばビーム半径は光学素子によって有利には小さく維持され、外部ミラーによるビーム成形を省略することができるからである。

30

【0117】

図8において断面図に基づき概略的に示されている本発明による半導体レーザモジュールの第8の実施例は、図7に示した実施例に実質的に対応する。図7とは異なり、波長フィルタ21が支持体7の半導体チップ1側とは反対側に配置されている。さらに図7とは異なり、ビームの出力はビーム偏向素子8を介して行われるのではなく、外部ミラー9を介して行われる。

【0118】

このために外部ミラーはビーム13に対して高反射性に構成されており、ビーム160に対して高透過性に構成されている。ビーム偏向素子8の反射面80はビーム13に関して反射性に構成されている。波長フィルタ21の表面、有利には、非線形光学素子に対向する表面210は周波数変換されたビーム160に関して高反射性に構成されており、且つビーム13に対して高透過性に構成されているので、外部ミラー9を介して出力される周波数変換されたビーム160の割合は波長フィルタにおける反射に基づき有利には高められている。好適には、波長フィルタにビーム160に関する反射コーティング部ないしビーム13に関する反射防止コーティング部が設けられている。

40

【0119】

図9において図9Aの断面図および図9Bの俯瞰図に基づき概略的に示されている本発明による半導体レーザモジュールの第9の実施例は、図8に示した実施例に実質的に対応する。図8とは異なりビーム成形のための光学素子20は省略されている。

【0120】

50

この実施例においてはビーム成形のために共振器のさらなる折り畳みが行われている。これにより非線形光学素子 16 における効率的な周波数変換のための十分に小さいビーム半径も達成することができる。

【0121】

外部ミラー 9 は好適にはビームの割合を低減するために凹状に湾曲されており、それと同時に出力ミラーおよび折り畳みミラーとして構成されている。共振器は別の外部ミラー 23 によって境界をなしており、この外部ミラー 23 は有利には支持体 7 に配置されている、および / または、凹状に湾曲している。非線形光学素子はビーム路においてミラー 9 と 23 との間に配置されている。

【0122】

ミラー 23 は好適にはビーム 160 および 13 に対して高反射性に構成されている。放射方向は共振器のさらなる折り畳みに基づき、ビーム偏向素子から外部ミラー 9 の方向に偏向されるビームの方向とは異なる。有利には、さらなる折り畳みを実質的に支持体 7 に平行な平面において行うことができる。支持体に平行な平面におけるこの種の折り畳みによって、上記の実施例に比べて半導体レーザモジュールを必要に応じてコンパクト且つ小型に構成することができる。

【0123】

図 10 において断面図に基づき概略的に示されている本発明による半導体レーザモジュールの第 10 の実施例は、実質的に図 1 に示した実施例に相応する。図 1 とは異なり非線形光学素子 16 が設けられており、また反射面 80 における反射の前に部分的にビームはビーム偏向素子を通過する。周波数変換されたビーム 160 は外部ミラー 9 を介して共振器から出力される。ビーム偏向素子の表面 84 には、図 10 においては点で示されている波長選択的で、有利には誘電性のコーティングが塗布されている。反射表面 80 における反射を内的な全反射のもとで、または適切な高反射性のコーティングによって達成することができる。この種のコーティングは図 10 において十字で示唆されている。

【0124】

図 10 とは異なり、図 11 において概略的な断面図に基づき示されている本発明による半導体レーザモジュールの第 11 の実施例においては、波長選択性のコーティングがビーム偏向素子 8 における表面 80 に塗布されている。

【0125】

図 12 において断面図に基づき概略的に示されている本発明による半導体レーザモジュールの第 12 の実施例は、図 11 に示した実施例に実質的に相応する。図 11 の実施例とは異なり、ビーム偏向素子 8 と非線形光学素子 16 との間には波長選択のための波長選択素子 24、例えばプリズムが支持体に配置されている。

【0126】

波長選択を例えば波長選択素子 24 の表面の相応のコーティングを介して、または分散によって達成することができる。屈折率の波長依存性によって、ビームが波長選択素子 24 を通過する際に、共振器内での所期のモードに関する損失は、このモードが半導体レーザチップにおいてもはや増幅されないことによって高まる可能性がある。

【0127】

波長選択性コーティングを例えば図 12 において表面 241 に点線で示されているように光入射側に設けることができる、および / または、図 12 には示していないが表面 242 の光射出側に設けることができる。ここでは光入射側および光射出側はビーム偏向素子から波長選択素子へと入射するビームに関係する。

【0128】

図 13 には本発明による半導体レーザモジュールの第 13 の実施例が図 13 A の第 1 のバリエーションおよび図 13 B の第 2 のバリエーションの部分拡大図に基づき概略的に示されている。

【0129】

図 12 とは異なり、図 13 においては波長選択素子 24 が半導体レーザチップ 1 からビ

10

20

30

40

50

ーム偏向素子 8 に入射するビームのビーム路内に配置されている。ビーム 1 3 は波長変換素子の表面 2 4 0 に入射し、その表面において屈折して、波長変換素子を通過し、光射出側である表面 2 4 1 においてビーム偏向素子の方向に偏向される。

【 0 1 3 0 】

波長選択素子 2 4 内での分散による波長選択的な作用に付加的に、波長選択素子を分極選択のためにも構成することができる。このために好適には、ビーム 1 3 が少なくともほぼ偏向角で表面 2 4 0 に入射するようこの表面 2 4 0 が構成されている。結果として、s 偏光が表面 2 4 0 において受ける反射損失が p 偏光に比べて高まる。したがって p 偏光はビーム偏向素子 8 の方向により大きく偏向される (s 偏光は入射面に対して直角な線形の偏光を表し、 p 偏光は入射面に対して平行な線形の偏光を表す)。

10

【 0 1 3 1 】

図 1 3 A によるバリエーションにおいては、波長変換素子 2 4 がビーム偏向素子側において支持体 7 に、有利にはビーム偏向素子と支持体との間に配置されている。

【 0 1 3 2 】

図 1 3 B によるバリエーションにおいては、波長選択素子 2 4 が支持体 7 のビーム偏向素子側とは反対側に固定されており、例えば切欠部 1 4 を完全に覆うことができる。図 1 3 B によるバリエーションにおいても波長選択素子 2 4 を同時に分極選択素子として構成することができる。

【 0 1 3 3 】

共振器内のビームの分極状態は矢印によって概略的に示唆されており、半導体レーザーチップから放射されたビームは分極されていない状態であり、ビームが偏向角で入射した後、または波長選択素子を通過した後は p 偏光となる。

20

【 0 1 3 4 】

本発明の別の有利な実施形態においては、ビーム偏向素子が平坦でない、有利には湾曲した表面を有し、この表面がビーム成形のために使用される。例えばこの表面は球面状、非球面状、凹面状または凸面状に湾曲して構成されており、例えば型押し、研磨、エッチングまたは鋳造によってビーム偏向素子に形成することができる。殊に有利には、共振器内でのビームの非点収差を防止するために、種々の湾曲度を有する表面は殊に二放射相称に湾曲して構成されている。球面状に湾曲させる場合には二放射相称の構成が殊に有利であることが分かった。つまり 4 5 ° の入射角で生じる非点収差を回避することができる。

30

【 0 1 3 5 】

本発明の有利な実施形態によれば、必要に応じて相応のコーティングを有する、反射によるビーム成形および / またはビーム偏向のための湾曲した表面を非線形光学素子の端面に設けることもできる。殊に、外部ミラーを非線形光学素子の端面の相応の (部分) 反射性コーティングによって構成することができる。

【 0 1 3 6 】

図 1 4 には本発明による半導体レーザーモジュールの第 1 4 の実施例が断面図に基づいて概略的に示されている。

【 0 1 3 7 】

光学装置に関する実質的に横方向の配置を示す前述した実施例とは異なり、図 1 4 においては光学装置が支持体 7 から垂直方向において間隔を空けている外部ミラー 9 を有する垂直方向の配置を示している。

40

【 0 1 3 8 】

外部ミラーは支持体から、有利にはビームスプリッタとして構成されているビーム偏向素子および非線形光学素子 1 6 を介して間隔を空けている。半導体チップ 1 において形成されたビーム 1 3 はビーム偏向素子をおよび非線形光学素子を介して外部ミラー 9 へと放射され、周波数変換されたビーム 1 6 0 およびビーム 1 3 は外部ミラーにおいて反射され、非線形光学素子を再度通過した後に、周波数変換されたビームは反射面 8 0 における反射、有利には入射方向に対して約 9 0 ° の反射によって、またビーム偏向素子から、有利には支持体 7 の主延在方向に対して実質的に平行に射出されることにより、共振器から出

50

力される。ビーム 1 3 はさらなる増幅のために半導体レーザチップ 1 に供給される。

【 0 1 3 9 】

図 1 5 には本発明による製造方法の実施例が図 1 5 A の断面図および図 1 5 B の俯瞰図に基づき概略的に示されている。

【 0 1 4 0 】

図 1 5 は複数の光学装置を同時に製造するための方法を示す。このために支持体層 7 0 0、例えば 6 インチシリコンディスクには複数の偏向素子を形成するために設けられているビーム偏向素子帯 8 0 0 と、複数の外部ミラーを形成するために設けられているミラー帯 9 0 0 が配置されており、陽極接合により固定されている。

【 0 1 4 1 】

さらに支持体層には必要に応じてビーム偏向素子帯 8 0 0 またはミラー帯 9 0 0 の実装前に、後の光学装置のために設けられている複数の切欠部 1 4、例えば孔、鋸引きされたスリットまたはエッチングされた開口部が既に設けられている。支持体層との接続においてビーム偏向素子帯 8 0 0 およびミラー帯 9 0 0 を有利には後の光学装置に応じて既に支持体層 7 0 0 に配置し、相互に位置調整することができる。有利にはビーム偏向素子帯およびミラー帯は支持体層に固定する前に後続の光学装置に応じて相互に位置調整される。有利には切欠部が支持体層への素子の配置の前にこの支持体層に設けられる。

【 0 1 4 2 】

さらに本方法においては、非線形光学素子も複数の非線形光学素子を設けるための帯 1 6 0 0 として、または個々の非線形光学素子として後の光学装置に応じて支持体層に配置および固定することができる。例えば非線形光学素子ないし帯を支持体層に接着またははんだ付けすることができる。はんだ接合によって非線形光学素子の殊に効率的で熱的な非線形光学素子の出力を、有利には支持体層に集積されている温度調整素子において達成することができる。

【 0 1 4 3 】

スペーサをエッチングによって、例えばシリコンから成る台の形状のものとして、支持体層のビーム偏向素子帯およびミラー帯とは反対側から構造化することができるか、別個の素子として支持体層に固定することができる。

【 0 1 4 4 】

ミラー帯を製造するために、例えば先ず二次元の平面状のミラー構造が例えば相応の型押しによって例えばガラスから成る基板に予め製造することができ、また必要に応じて（部分）反射性のコーティングを予め製造することもできる。したがってミラー構造から複数のミラー帯を得ることができる。

【 0 1 4 5 】

図 1 5 B の俯瞰図に基づき概略的に示されているように、個々の素子の固定後に矢印に沿って、それぞれがビーム偏向素子 8、外部ミラー 9 また必要に応じて非線形光学素子 1 6 を備えた複数の光学装置に個別化される。例えば個別化を鋸引きによって行うことができる。

【 0 1 4 6 】

支持体層には勿論複数のビーム偏向素子帯またはミラー帯を配置することができる。

【 0 1 4 7 】

総じて本方法により複数の光学装置の効率的な製造が容易になる。

【 0 1 4 8 】

本願は、2004年7月30日付けのドイツ連邦共和国特許明細書第102004037019.2号および2004年10月14日付けのドイツ連邦共和国特許明細書第102004050118.1号の優先権を主張するものであり、その全体の開示内容は明示的な参照により本願に含まれるものとする。

【 0 1 4 9 】

本発明は実施例に基づいた上記の説明によって限定されるものではない。むしろ本発明はあらゆる新規の特徴並びにそれらの特徴のあらゆる組み合わせを含むものであり、これ

10

20

30

40

50

には殊に特許請求の範囲に記載した特徴の組み合わせ各々が含まれ、このことはそのような組み合わせ自体が特許請求の範囲あるいは実施例に明示的には記載されていないにしても当てはまる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 5 0 】

【図 1 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 の実施例の概略的な断面図。

【図 1 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 の実施例の概略的な俯瞰図。

【図 2 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 2 の実施例の概略的な断面図。

【図 2 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 2 の実施例の概略的な俯瞰図。

【図 3 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 3 の実施例の概略的な断面図。

10

【図 3 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 3 の実施例の概略的な俯瞰図。

【図 4 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 4 の実施例の概略的な断面図。

【図 4 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 4 の実施例の概略的な俯瞰図。

【図 5 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 5 の実施例の概略的な断面図。

【図 5 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 5 の実施例の概略的な俯瞰図。

【図 6 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 6 の実施例の概略的な断面図。

【図 6 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 6 の実施例の概略的な俯瞰図。

【図 7】本発明による半導体レーザモジュールの第 7 の実施例の概略的な断面図。

【図 8】本発明による半導体レーザモジュールの第 8 の実施例の概略的な断面図。

【図 9 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 9 の実施例の概略的な断面図。

20

【図 9 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 9 の実施例の概略的な俯瞰図。

【図 1 0】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 0 の実施例の概略的な断面図。

【図 1 1】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 1 の実施例の概略的な断面図。

【図 1 2】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 2 の実施例の概略的な断面図。

【図 1 3 A】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 3 の実施例の第 1 のバリエーションの部分拡大図。

【図 1 3 B】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 3 の実施例の第 2 のバリエーションの部分拡大図。

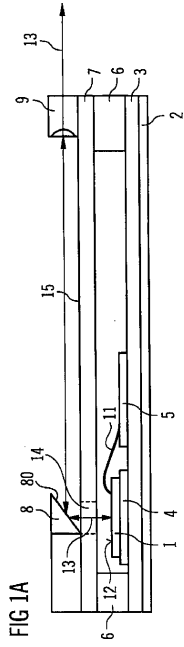
【図 1 4】本発明による半導体レーザモジュールの第 1 4 の実施例の概略的な断面図。

【図 1 5 A】本発明による光学装置の製造方法の実施例の概略的な断面図。

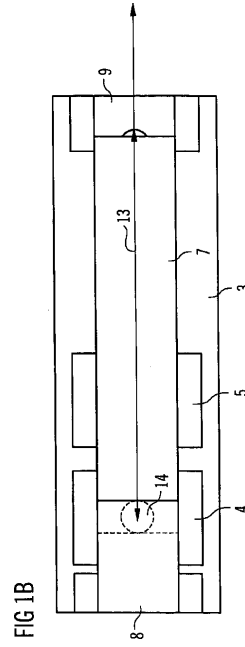
30

【図 1 5 B】本発明による光学装置の製造方法の実施例の概略的な俯瞰図。

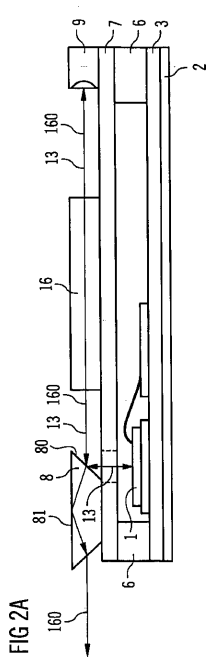
【 図 1 A 】



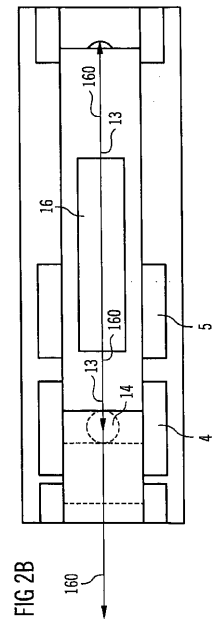
【 図 1 B 】

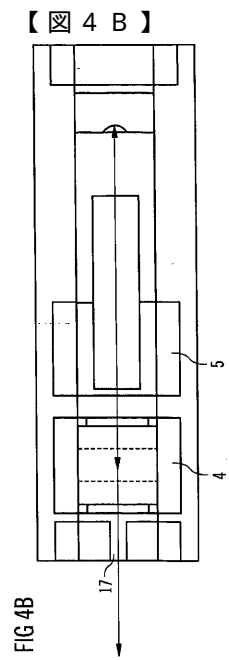
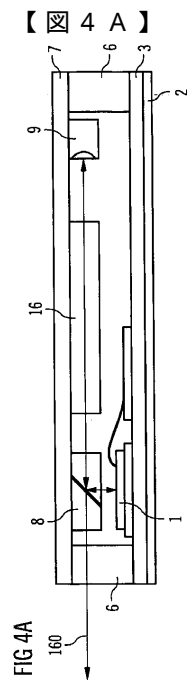
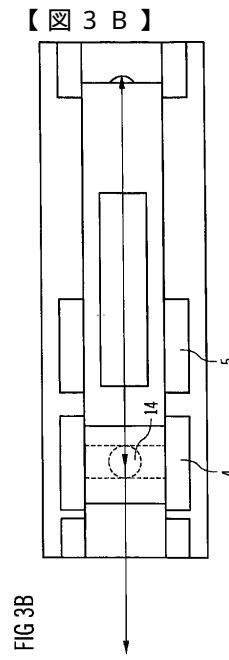
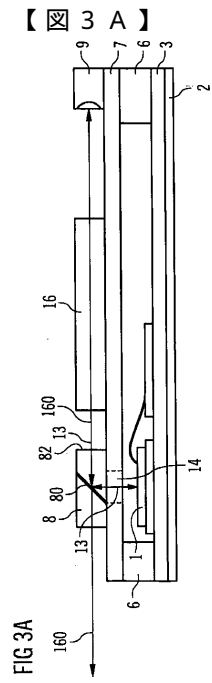


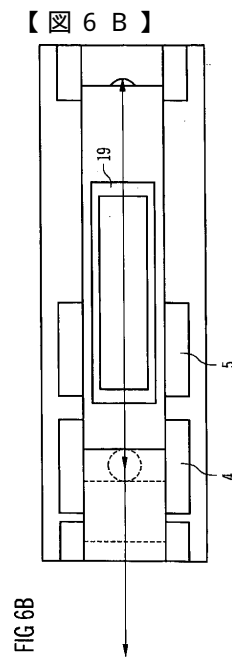
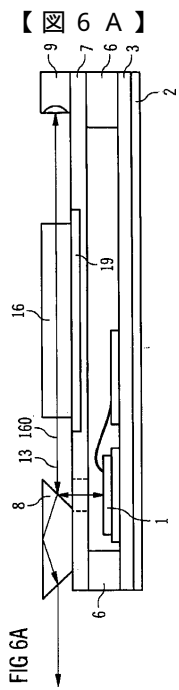
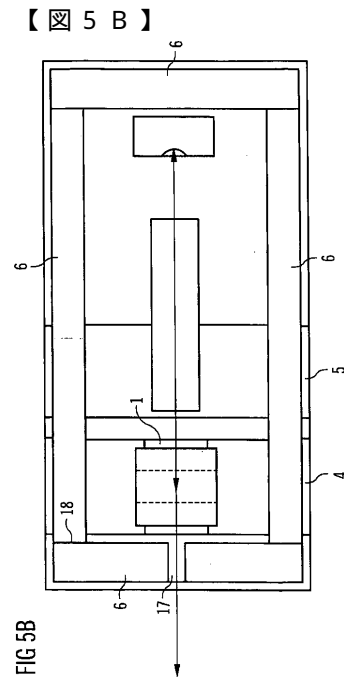
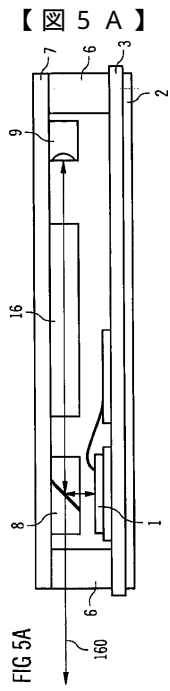
【 図 2 A 】



【 図 2 B 】







フロントページの続き

- (74)代理人 100112793
弁理士 高橋 佳大
- (74)代理人 100128679
弁理士 星 公弘
- (74)代理人 100135633
弁理士 二宮 浩康
- (74)代理人 100156812
弁理士 篠 良一
- (74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラインハルト
- (72)発明者 ミヒャエル キューネルト
ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク エルボーヴェーク 1 2
- (72)発明者 トーマス シュヴァルツ
ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク ゲルトルート - フォート - シュトラーセ 4 0
- (72)発明者 フランク ジンガー
ドイツ連邦共和国 レーゲンスタウフ テレマン シュトラーセ 1 0 4
- (72)発明者 ウルリッヒ シュテークミュラー
ドイツ連邦共和国 レーゲンスブルク ヴェアフトシュトラーセ 1 4

審査官 角地 雅信

- (56)参考文献 欧州特許出願公開第 0 1 0 9 6 3 0 7 (E P , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 3 / 0 1 2 3 4 9 5 (U S , A 1)
国際公開第 9 7 / 0 2 2 1 6 6 (W O , A 1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H01S 5/00-5/50