

(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2004-252425

(P2004-252425A)

(43) 公開日 平成16年9月9日(2004.9.9)

(51) Int.Cl.⁷G02B 6/42
H01S 5/022

F I

G02B 6/42
H01S 5/022

テーマコード (参考)

2H037
5F073

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-433527 (P2003-433527)
 (22) 出願日 平成15年12月26日 (2003.12.26)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-24997 (P2003-24997)
 (32) 優先日 平成15年1月31日 (2003.1.31)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000005201
 富士写真フイルム株式会社
 神奈川県南足柄市中沼210番地
 (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 寺村 友一
 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 山中 英生
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザモジュールおよびその製造方法

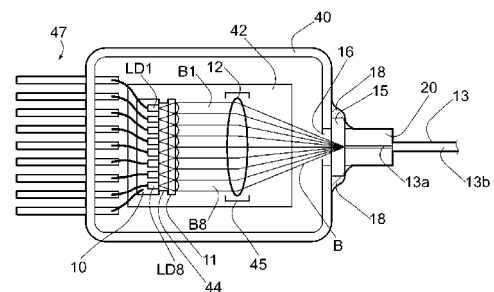
(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザ素子と、光ファイバと、半導体レーザ素子から出射されたレーザビームを集光し光ファイバの入射端に結合させる集光光学系とを備えてなるレーザモジュールにおいて、低コストで高い出力と信頼性を得る。

【解決手段】 ヒートブロック（放熱ブロック）10上に配列固定された8個のGaN系半導体レーザ素子LD1～8と、コリメータレンズ11と、集光レンズ12とが、壁面に光透過部材15で覆われた光出射窓16を有するパッケージ40内に、半導体レーザ素子LD1～8から出射されたレーザビームが、透過部材15の外表面15a上に集光されるように配置固定された状態で、該パッケージ40の内部を脱気して気密封止した後、光出射窓15に光ファイバ13の入射端を押圧密着させて固定する。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光出射窓に光透過部材を備えた、気密封止されたパッケージと、
前記パッケージの内部に配置された1つもしくは複数の半導体レーザ素子と、
前記パッケージの外部に配置された光ファイバと、
前記半導体レーザ素子から出射されたレーザビームを前記光透過部材の外面上に集光させる、前記パッケージの内部に配置された集光光学系とを備え、
前記光ファイバの入射端が、前記光透過部材の外面の、前記レーザビームが集光する位置に密着して固定されていることを特徴とするレーザモジュール。

【請求項 2】

10

前記光透過部材に、前記レーザビームを集光させる位置を定めるためのマークが付されていることを特徴とする請求項 1 記載のレーザモジュール。

【請求項 3】

前記半導体レーザ素子の発振波長が350nm～500nmであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のレーザモジュール。

【請求項 4】

前記光ファイバの入射端がフェルールに挿入されており、
前記パッケージが、前記フェルールと嵌合する装着器を備えていることを特徴とする請求項 1 から 3 いずれか 1 項記載のレーザモジュール。

【請求項 5】

20

前記パッケージが、内部が不活性ガスで満たされているものであることを特徴とする請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載のレーザモジュール。

【請求項 6】

前記不活性ガスに、1ppm以上の濃度の酸素、ハロゲン族ガス、および／またはハロゲン化合物ガスが混入していることを特徴とする請求項 5 記載のレーザモジュール。

【請求項 7】

前記パッケージがフラックスフリー半田もしくはSi系有機物を含まない接着剤を使用して、あるいは融着もしくは溶接により気密封止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 項記載のレーザモジュール。

【請求項 8】

30

前記半導体レーザ素子が、アレイ状に並べられた複数のシングルキャビティ半導体レーザ素子、1つのマルチキャビティ半導体レーザ素子、アレイ状に並べられた複数のマルチキャビティ半導体レーザ素子、およびシングルキャビティ半導体レーザ素子とマルチキャビティ半導体レーザ素子との組み合わせのうちのいずれかであることを特徴とする請求項 1 から 7 いずれか 1 項記載のレーザモジュール。

【請求項 9】

1つもしくは複数の半導体レーザ素子と、光ファイバと、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザビームを集光し前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系とを備えてなるレーザモジュールの製造方法において、

一壁面に前記レーザビームが透過する光透過部材を備えた光出射窓を有する、気密封止可能なパッケージの内部に、前記半導体レーザ素子と前記集光光学系を、前記レーザビームが前記光透過部材の外面上に集光されるように配置し、

40

前記パッケージの内部を脱気処理し、

該脱気処理後、前記パッケージを気密封止し、

その後、前記光ファイバの入射端に前記レーザビームが光学的に結合するように、該光ファイバの入射端を前記光透過部材の前記外面に密着させて固定することを特徴とするレーザモジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明はレーザモジュールおよびその製造方法に関し、特に、半導体レーザ素子と、光ファイバと、半導体レーザ素子から出射したレーザビームを光ファイバの一端面に結合させる集光光学系とを備えたレーザモジュールおよびその製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、パッケージ内に収容された半導体レーザ素子と、一端（光入射端）がこのパッケージの内部を臨む状態にして該パッケージに固定された光ファイバと、半導体レーザ素子から出射されたレーザビームを光ファイバの光入射端に結合させる集光光学系とを備えてなるレーザモジュールは、いわゆるピグテール型レーザモジュールとして、光通信部品として一般的に知られている。

10

【0003】

レーザモジュール内部においては、半導体レーザと光ファイバの光入射端とが光学的に結合された状態をマイクロメートルオーダで安定的に維持するために、光ファイバおよび集光光学系等は、通常、半田、溶接もしくは接着剤等の接着手段を用いて固定されている。

【0004】

また、通信用レーザモジュールでは、外気の湿気などによるレーザ劣化を防ぐために、パッケージを気密封止することが一般的に行われている、いわゆるC A Nパッケージに代表される構造は、半導体レーザ素子、およびレーザ端面を保護する封止構造として代表的である。このレーザモジュールにおいて、気密封止されたパッケージ内に残存する汚染物質が半導体レーザ素子の出射端面、集光光学系および光ファイバ等の光学部品に付着して、レーザ特性を劣化させるという問題がある。特に、光密度の高い部分において物質が付着する効果（集塵効果）が顕著である。さらに、G a N系半導体レーザ素子等の350~500 nm（400nm帯）の波長のレーザビームを出射する半導体レーザ素子を備えたレーザモジュールにおいては、光子エネルギーが高く、物質との光化学反応がより起きやすくなるために、集塵効果がより顕著に現れる。

20

【0005】

汚染物質の1つとしては、製造工程の雰囲気中から混入する炭化水素化合物等が挙げられ、この炭化水素が、レーザ光により重合あるいは分解されて分解物が付着し、出力の向上を妨げることが知られている。

30

【0006】

また、空中を浮遊している低分子シロキサンが紫外線による光化学反応で酸素と反応し、光学ガラス窓部品にS i O_xの形で堆積、付着することが開示されており、このため、大気と接する「窓」部材の定期的な交換を推奨している（例えば、特許文献1参照）。

【0007】

そこで、この集塵効果を防止するために、種々の提案がなされている。例えば、炭化水素化合物等を分解することを目的とした酸素を100 p p m以上封止ガスに混入させることが提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【0008】

また、400nm以下の紫外線を光学部品に照射する光学系において、光学部品の雰囲気

40

【0009】

さらに、パッケージを封止する直前に、パッケージ内部の脱気処理を行うことが集塵効果の防止に効果があることも知られている。

【特許文献1】特開平11-54852号公報

【特許文献2】米国特許5392305号公報

【特許文献3】特開平11-167132号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

50

しかしながら、一般に市販されているUV硬化樹脂による1次被膜およびポリマーによる2次被膜が施された光ファイバを備えた、パッケージに光ファイバが固定されたレーザモジュールの場合、パッケージに光ファイバが固定された状態で脱気処理を行うため、脱気処理装置中にファイバ被膜が存在することとなり、脱気処理中にこの被膜から脱ガス成分が発生し、このガスによりかえってモジュール内部が汚染されることになる。

【0011】

この汚染を防ぐために、予め光ファイバの被覆を全て除去することが考えられるが、被覆のない光ファイバは簡単に折れてしまうため扱い辛く実用性が低い。

【0012】

本発明は上記事情に鑑み汚染物質の付着を抑制した高信頼性が得られるレーザモジュールおよびその製造方法を提供することを目的とするものである。 10

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明のレーザモジュールは、光出射窓に光透過部材を備えた、気密封止されたパッケージと、

前記パッケージの内部に配置された1つもしくは複数の半導体レーザ素子と、

前記パッケージの外部に配置された光ファイバと、

前記半導体レーザ素子から出射されたレーザビームを前記光透過部材の外面上に集光させる、前記パッケージの内部に配置された集光光学系とを備え、

前記光ファイバの入射端が、前記光透過部材の外面の、前記レーザビームが集光する位置に密着して固定されていることを特徴とするものである。 20

【0014】

なお、前記光透過部材に、前記レーザビームを集光させる位置を定めるためのマーカが付されていることが望ましい。光透過部材としては、前記レーザビームが透過可能な部材であればよく、円形平板、平行平板、レンズ、楔形等のいかなる形状でもよい。

【0015】

なお、ここで「密着して固定」とは、密着させて接着して固定した状態と、取外し可能に密着させて保持して固定した状態を含むものである。

【0016】

前記半導体レーザ素子の発振波長が350nm～500nmのレーザモジュールに本発明は好適である。具体的には、GaN系の半導体から構成されるものが挙げられる。 30

【0017】

前記光ファイバの入射端がフェルールに挿入されており、前記パッケージを、前記フェルールと嵌合する装着器を備えたものとしてもよい。

【0018】

パッケージは、内部が不活性ガスで満たされているものであることが望ましく、該不活性ガスには、1ppm以上の濃度の酸素、ハロゲン族ガス、および／またはハロゲン化合物ガスが混入されていることがより望ましい。すなわち第1のパッケージの内部雰囲気としては、(1)不活性ガスと1ppm以上の濃度の酸素との混合ガス、(2)不活性ガスと、ハロゲン族ガスおよびハロゲン化合物ガスのうち少なくともいずれか一方のガスとの混合ガス(3)不活性ガスと、1ppm以上の濃度酸素と、ハロゲン族ガスおよびハロゲン化合物ガスのうち少なくともいずれか一方のガスとの混合ガスのいずれかであることがより望ましい。 40

【0019】

また、パッケージは、フラックスフリー半田もしくはSi系有機物を含まない接着剤を使用して、あるいは融着もしくは溶接により気密封止されていることが望ましい。

【0020】

半導体レーザ素子としては、アレイ状に並べられた複数のシングルキャビティ半導体レーザ素子、1つのマルチキャビティ半導体レーザ素子、アレイ状に並べられた複数のマルチキャビティ半導体レーザ素子、およびシングルキャビティ半導体レーザ素子とマルチキ 50

ャビティ半導体レーザ素子との組み合わせのうちのいずれかであることが望ましい。

【0021】

本発明のレーザモジュールの製造方法は、1つもしくは複数の半導体レーザ素子と、光ファイバと、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザビームを集光し前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系とを備えてなるレーザモジュールの製造方法において、

一壁面に前記レーザビームが透過する光透過部材を備えた光出射窓を有する、気密封止可能なパッケージの内部に、前記半導体レーザ素子と前記集光光学系を、前記レーザビームが前記光透過部材の外面上に集光されるように配置し、

前記パッケージの内部を脱気処理し、

該脱気処理後、前記パッケージを気密封止し、

その後、前記光ファイバの入射端に前記レーザビームが光学的に結合するように、該光ファイバの入射端を前記光透過部材の前記外面に密着させて固定することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0022】

本発明のレーザモジュールによれば、半導体レーザ素子と集光光学系が1つのパッケージ内に備えられて密封され、光ファイバはパッケージ外側に固着されているので、パッケージ内の脱気処理を光ファイバ装着前に行うことができ、光ファイバの被覆からの脱ガスによるパッケージ内の汚染が生じない。また、光ファイバと窓を密着させるため、光ファイバの光入射端面が大気に触れず、該光ファイバの入射端面への汚染物質の付着を防止することができる。また、光透過部材の外面上にレーザビームを集光させるので、光透過部材のパッケージ内側の面における光密度を抑制することができ、該部材のパッケージ内部に汚染物質が残存する場合にもそれらが光透過部材の内面付近における有機物の分解能力を抑制することができるので、該内面に汚染物質が付着するのを抑制することができる。すなわち、本発明のレーザモジュールによれば、汚染物質の付着すなわち集塵効果を抑制することができるので光出力を向上させることができ、また高い信頼性を得ることができる。

【0023】

光透過部材に、レーザビームを集光させる位置を定めるためのマーカが付されていれば、CCDカメラ等でマーカを観測しながら該マーカを基準としてレーザビームを調芯するため、調芯が容易になる。また、自動調芯も可能となる。

【0024】

なお、特に、半導体レーザ素子が350nm～500nmの波長を出射するものである場合、エネルギーが高くなり、集塵効果が大きくなるため、本発明を適用することは、汚染物質の付着を防止するために効果的である。また、複数の半導体レーザ素子あるいはマルチキャビティ半導体レーザ素子からの複数のレーザ光を一本のファイバに合波するレーザモジュールにおいては、ファイバ端面上の光強度が非常に高くなるために、汚染物質の付着防止の効果が顕著である。

【0025】

光ファイバの入射端がフェルールに挿入されており、パッケージがフェルールと嵌合する装着器を備えていれば、光ファイバの装着が容易になされ、ハンドリング性が向上する。

【0026】

本発明のレーザモジュールの製造方法においては、光ファイバをパッケージに固着する前に、パッケージ内の脱気処理を行うので、光ファイバの被膜からのガスによる汚染を生じない。また、光ファイバをパッケージの外側に最後に固定するので、パッケージ封止までの工程で光ファイバを取り扱う必要がないためモジュールの製造が簡便なものとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

10

20

30

40

50

【0028】

本発明の第1の実施の形態によるレーザモジュールについて説明する。図1および図2は、そのレーザモジュールの概略形状を示す平面図および側断面図である。また、図3(a)および(b)は、パッケージの光出射窓16および光透過部材15の部分の一部拡大側断面図および正面図である。

【0029】

本実施の形態によるレーザモジュールは、図1および図2に示すように、銅または銅合金からなるヒートブロック（放熱ブロック）10上に配列固定された一例として8個のGaN系半導体レーザLD1～8と、コリメータレンズアレイ11と、集光レンズ12とが、光透過部材15を備えた光出射窓16を有するパッケージ40内に収容され、1本の光ファイバ13がパッケージ40の外部で光透過部材15にその入射端を押しつけるようにして密着固定されてなるものである。

【0030】

なおこの図1および2は、本実施の形態のレーザモジュールの基本構成を示すものであり、コリメータレンズアレイ11および集光レンズ12の形状は概略的に示してある。また図の煩雑化を避けるため、GaN系半導体レーザ素子のうち両端に配されている素子LD1およびLD8にのみ符号を付し、またレーザビームB1～B8のうちB1およびB8にのみ符号を付してある。なお、GaN系半導体レーザLD1～8は、例えばAlNからなるサブマウント上に固設されたものをヒートブロック10に取付けてもよい。

【0031】

これらのGaN系半導体レーザ素子LD1～8から発散光状態で出射したレーザビームB1～8は、それぞれレンズアレイ11によって平行光化される。

【0032】

平行光とされたレーザビームB1～8は、集光レンズ12によって集光され、図3(a)に示すように光透過部材15の外面15a上で収束するように調芯される。光ファイバ13はその光入射端がフェルール20に挿入されており、光ファイバ13の光入射端が光透過部材15の外面15a上にレーザビーム収束位置に一致するように、フェルール20ごと光透過部材15に密着される。本例ではレンズアレイ11および集光レンズ12によって集光光学系が構成され、それと光ファイバ13とによって合波光学系が構成されている。すなわち、集光レンズ12によって上述のように集光されたレーザビームB1～8がこの光ファイバ13のコアに入射して光ファイバ13内を伝搬し、1本のレーザビームBに合波されて光ファイバ13の図示しない出射端面から出射する。光ファイバ13は、フェルール20に挿入されている部分を除いて光ファイバ素線13aが樹脂層13bにより被覆されてなるものである。

【0033】

なお光ファイバ13としては、ステップインデックス型のもの、グレーデッドインデックス型のもの、およびそれらの複合型のものが全て適用可能である。

【0034】

パッケージ40の底面にはベース板42が固定され、このベース板42の上面にヒートブロック10が取り付けられ、そしてこのヒートブロック10にレンズアレイ11を保持するコリメータレンズホルダ44が固定されている。さらにベース板42の上面には、集光レンズ12を保持する集光レンズホルダ45が固定されている。またGaN系半導体レーザ素子LD1～8に駆動電流を供給する配線類47は、パッケージ40の光出射窓16が設けられた壁面と対向する横壁面に形成された開口を通してパッケージ外に引き出されている。

【0035】

パッケージ40に設けられている光出射窓16は、例えば、φ6mmの丸穴であり、該光出射窓16に備えられた光透過部材15は、φ10mmの石英ガラスもしくはサファイアからなる円盤状部材であり窓16を覆うようにして取り付けられている。パッケージ40は全面金メッキが施されており、光透過部材15のパッケージ内側面、もしくは内外両面にはARコートが施されている。また、光透過部材15の周縁1mmの部分はメタライズされており、パッケージ40に半田18により取り付けられている。なお、光透過部材15は、円盤状部材に限

らず、平行平板、レンズ、楔形等いかなる形状であってもよい。

【0036】

図3(b)は光ファイバ13固定前のパッケージの壁面を同図(a)の矢印P方向から見た正面図である。図3(b)に示すように、光透過部材15にはマーカ19が付されている。このマーカ19は、光透過部材15の外面15a上にエッチングにより形成されたものである。前述のレーザビームの調芯はこのマーカ19を基準としてCCDカメラを用いて調整して行うことができる。

【0037】

次に、本実施形態のレーザモジュールの製造方法について説明する。

【0038】

パッケージ40の上面は開放されて状態で、窓16を覆うように光透過部材15をパッケージ40の壁面に半田18により固定して窓16を封止する。

【0039】

半導体レーザ素子LD1～8、コリメータレンズアレイ11および集光レンズ12をパッケージ内部に設置する。この際、レンズアレイ11および集光レンズ12を、複数の半導体レーザ素子LD1～8から発せられたレーザビームB1～B8を光透過部材15の外面15a上の所定の位置Oに集光するように、CCDカメラにて光透過部材15の外面15a上のマーカ19を基準として調整を行い、フラックスフリー半田もしくはSi系有機物を含まない接着剤を用い、あるいは融着もしくは溶接により固定する。なお、マーカ19は、直径がファイバのコア径と同等かそれよりわずかに大きいアパーチャであってもよい。

【0040】

なお、この光透過部材15を取り付ける前に、レンズアレイ11および集光レンズ12を調芯し、その後、光透過部材15を調芯してパッケージ40に固定するようにしてもよい。

【0041】

その後、レーザの長期信頼性を低減させる原因となるパッケージ内部の揮発成分を除去するために、パッケージ40を脱気処理装置に入れて、窒素雰囲気中で90℃に加熱して脱気処理を行う。雰囲気ガスは窒素以外の、例えば酸素、不活性ガスなど、もしくはそれらの混合ガスでもよく、減圧してもよい。脱気処理後、パッケージ40上面に蓋41を設け、フラックスフリー半田もしくはSi系有機物を含まない接着剤を用い、あるいは融着もしくは溶接により封止する。

【0042】

その後、光ファイバ13の入射端を光透過部材15に押し当てて密着させることで、外気を排除して、光ファイバ13の入射端が汚染されないようにする。この状態にて機械的保持、接着、半田固定などにより固定を行う。さらに長期の信頼性を求めるためには、フラックスフリー半田もしくはSi系有機物を含まない接着剤を用い、あるいは融着もしくは溶接により固定を行う。パッケージ内部からのレーザビームBが効率的にファイバコアへ入射するように、パッケージの光透過部材15にファイバ先端が触れない位置にファイバ13を近接した状態にて調芯した後、ファイバ先端を光透過部材15の外面15aに押し当てて固定する。

【0043】

このように、本発明のレーザモジュールの製造方法によれば、光ファイバがパッケージに取り付けられる前にパッケージ内の脱気処理を行うことができるので、パッケージ内の脱気処理において光ファイバの樹脂皮膜からの脱ガスによりパッケージ内が汚染されるという虞がない。

【0044】

なお、図4にレーザモジュールの他の実施形態の一部拡大側断面図を示すように、パッケージ40の窓16に取り付けられた光透過部材15を覆うようにして、フェルール20と嵌合する装着器(レセプタクル)25が取り付けられていてもよい。レセプタクル25は、予めパッケージ40に備えつけられていてもよいし、パッケージ40の封止後に取り付けてもよい。取り付けは半田18を用いパッケージ内を封止するように行う。レセプタクル25を備えること

10

20

30

40

50

により、光ファイバ13のパッケージ40への装着をより簡便なものとすることができる。なお、図4に示すように、レセプタクル40にフェルール20を嵌入し、光ファイバ13の先端を光透過部材15の外面15aに密着させた後に、フェルール20とレセプタクル40を半田42で固定する。なお、フェルール20としては、ジルコニアセラミック、金属、ガラスなどから形成されたものを用いることができる。

【0045】

図5にさらに別の実施形態の一部拡大側断面図を示すように、フェルール20の端面20aは光透過部材15'の面15a'に押し当てた際に空気を含まないように、球面研磨したものを使用することが望ましい。このように光ファイバの先端を光透過部材15'の外面15a'に押し当てて密着させることで、外気を排除して入射端が汚染されないようにする。また、光透過部材15'として図5に示すような凸面を有するガラスを用い、該凸面15a'に光ファイバ13先端をY方向に押し当てるようにすれば、密着の際により空気を効果的に排除しつつ密着させることができる。

10

【0046】

また、さらに別の実施の形態の一部拡大側断面図を図6に示す。図6に示す実施形態のレーザモジュールは、図4と同様にパッケージ40がレセプタクル25を備えているものであり、さらにフェルール20にレセプタクル25と嵌合するコネクタ45を備えたものである。レセプタクル25とフェルール20を半田を用いて固定する代わりに、コネクタ45をレセプタクル25と嵌合させて、フェルール20をレセプタクル25に嵌着させるものである。コネクタ45はバネ46を備えており、フェルール20の後端側からフェルール20を光透過部材15側に押圧する。半田を用いないために、光ファイバ13の取り付けおよび取外しが非常に簡便なものとなる。

20

【0047】

なお、パッケージ40に充填するガスとしては、主として不活性ガスからなるものであることが望ましい。不活性ガスとしては、窒素、希ガスなどが挙げられる。また、不活性ガスと、1ppm以上の酸素、ハロゲン族ガスおよびハロゲン化合物ガスの少なくとも1種類以上とからなる混合ガスであってもよく、例えば、大気と同じ比率の窒素、酸素混合ガスであるクリーンエアを用いてもよい。

【0048】

封止雰囲気中に1ppm以上の濃度の酸素が含まれると、レーザモジュールの劣化をより効果的に抑制することができる。このような劣化抑制効果の向上が得られるのは、封止雰囲気中に含有される酸素が、炭化水素成分の光分解により発生した固形物を酸化分解するためである。

30

【0049】

ハロゲン族ガスとは、塩素ガス(Cl_2)、フッ素ガス(F_2)等のハロゲンガスであり、ハロゲン化合物ガスとは、塩素原子(Cl)、臭素原子(Br)、ヨウ素原子(I)、フッ素原子(F)等のハロゲン原子を含有するガス状の化合物である。

【0050】

ハロゲン化合物ガスとしては、 CF_3Cl 、 CF_2Cl_2 、 CFCl_3 、 CF_3Br 、 CCl_4 、 CCl_4-O_2 、 $\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$ 、 $\text{Cl}-\text{H}_2$ 、 CF_3Br 、 PCl_3 、 CF_4 、 SF_6 、 NF_3 、 XeF_2 、 C_3F_8 、 CHF_3 等が挙げられるが、フッ素又は塩素と炭素(C)、窒素(N)、硫黄(S)、キセノン(Xe)との化合物が好ましく、フッ素原子を含有するのが特に好ましい。

40

【0051】

ハロゲン系ガスは微量でも劣化抑制効果を発揮するが、顕著な劣化抑制効果を得るためには、ハロゲン系ガスの含有濃度を1ppm以上とするのが好ましい。このような劣化抑制効果が得られるのは、封止雰囲気中に含有されるハロゲン系ガスが有機珪素化合物ガスの光分解により発生した堆積物を分解するためである。

【0052】

また、パッケージ内部におけるレンズアレイ11および集光レンズ12の固定、パッケージ

50

の封止の形態としては、上述の通り、フラックスフリー半田もしくはS i 系有機物を含まない接着剤を用い、あるいは融着もしくは溶接により固定もしくは封止することにより、より集塵を防止することができる。

【0053】

S i 系有機物を含まない接着剤としては、例えば、特開2001-177166号公報に記載の脂環式エポキシ化合物、オキセタニル基を有する化合物および触媒量のオニウム塩光反応開始剤を含有する接着性組成物であって、シランカップリング剤を含まない接着性組成物からなるものが挙げられる。

【0054】

また、フラックスフリー半田としては、例えば、S n - P b、S n - I n、S n - P b - I n、A u - S n、A g - S n、S n - A g - I n等が挙げられる。通常の半田材に含まれるフラックスは汚染の要因となるが、フラックスフリーの半田を用いれば汚染物質を発生させる虞がない。なお、環境に配慮して鉛フリー半田を使用することが望ましい。

【0055】

溶接は市販のシーム溶接機、例えば日本アビオニクス社製のシーム溶接機を利用することができる。具体的には、パッケージに蓋を載せ、パッケージの蓋と筐体の境界部にシーム溶接機により高電圧を印加することでパッケージの溶接封止を行うことができる。また、融着は市販の融着機、例えば、FITEL S-2000を用いて行うことができる。

【0056】

次に、上記実施形態において用いられる半導体レーザ素子の一例としてG a N系半導体レーザ素子の製造方法について説明する。図7は、G a N系半導体レーザ素子の製造工程を示す断面図である。

【0057】

図7 (a) に示すように、有機金属気相成長法により、トリメチルガリウム (T M G) とアンモニアを成長用原料に用い、n 型ドーパントガスとしてシランガスを用い、p 型ドーパントとしてシクロペンタジエニルマグネシウム (C p 2 M g) を用い、(0001) C 面サファイア基板121上に、温度500℃でG a Nバッファ層122を20nm程度の膜厚で形成する。続いて、温度を1050℃にしてG a N層123を2 μ m程度成長させる。その上に、S i O₂ 膜124を形成し、レジスト125を塗布後、通常のリソグラフィを用いて、

【数1】

$$\langle 1\bar{1}00 \rangle$$

【0058】

方向に3 μ m幅のS i O₂ 膜124を除去して、幅7 μ m程度のS i O₂ 膜124のライン部を形成することにより、10 μ m程度の周期のラインアンドスペースのパターンを形成する。

【0059】

次に、図7 (b) に示すように、レジスト125とS i O₂ 膜124をマスクとして、塩素系のガスを用いてバッファ層122とG a N層123をドライエッチングによりサファイア基板121上面まで除去した後、レジスト125とS i O₂ 膜124を除去する。このとき、サファイア基板121が少しエッチングされてもよい。

【0060】

次に、図7 (c) に示すように、G a N層126を20 μ m程度選択成長させる。この時、横方向の成長により、最終的にストライプが合体して、表面が平坦化する。この時点で、バッファ層122とG a N層123からなる層のライン部上部には貫通転位が発生しているが、そのライン部間のG a N層126には貫通転位は発生していない。

【0061】

次いで、G a N層126上にS i O₂ 膜127を形成し、図7 (d) に示すように、前記バッファ層122とG a N層123が残ってできたライン部間のスペース部の中央に位置するS i O₂ 膜127を3 μ m程除去する。

10

20

30

40

50

【0062】

次に、図7(e)に示すように、成長温度を1050℃にしてGa_{0.8}N層128を20μm程度選択成長させる。この時横方向の成長により、最終的にストライプが合体し、表面が平坦化する。

【0063】

次いで、Ga_{0.8}N層128上にSiO₂膜129を形成し、図7(f)に示すように、残ったSiO₂膜127の中央に位置するSiO₂膜129を幅3μm程度除去し、その上に、成長温度を1050℃にして、Ga_{0.8}N層130を20μm程度選択成長させる。

【0064】

最後に、図7(g)に示すように、上記のように作成したGa_{0.8}N基板上に、n-Ga_{0.8}N層131を100~200μm程度成長させた後、サファイア基板からGa_{0.8}N層130までを除去し、n-Ga_{0.8}N層131を図8に示すn型Ga_{0.8}N基板141とする。図8は、半導体レーザ素子の層構成を説明するための、劈開前のウェハの一部の断面図である。

【0065】

次に、図8に示すように、上記のようにして作製されたn型Ga_{0.8}N基板141上に、n-Ga_{0.8}Nバッファ層142、150ペアのn-Al_{0.14}Ga_{0.86}N(2.5nm)/Ga_{0.8}N(2.5nm)超格子クラッド層143、n-Ga_{0.8}N光導波層144、n-In_{0.02}Ga_{0.98}N(10.5nm)/n-In_{0.15}Ga_{0.85}N(3.5nm)三重量子井戸活性層145、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}Nキャリアブロック層146、p-Ga_{0.8}N光導波層147、150ペアのp-Al_{0.14}Ga_{0.86}N(2.5nm)/Ga_{0.8}N(2.5nm)超格子クラッド層148、p-Ga_{0.8}Nコンタクト層149を積層する。ここでは、p型の不純物としてMgを使用する。このMgの活性化のために成長後窒素雰囲気中で熱処理するか、または窒素リッチ雰囲気中で成長を実施するかのいずれかの方法を用いてもよい。

【0066】

次に、横シングルモード半導体レーザを作製する場合は、横モードがシングルとなるストライプ領域を形成するために幅1~3μmのストライプ状開口を有するSiO₂マスク150を100~500μmピッチで形成し、横マルチモードのブロード半導体レーザを作成する場合は、幅数~50μmのストライプ状の開口を有するSiO₂マスク150を100~500μmピッチで形成する。数~50μmの幅のストライプ領域を有する横マルチモードのブロード半導体レーザからは数百~2000mW程度の出力が得られる。

【0067】

次に、ストライプ状の開口を覆うようにしてNi/Auよりなるストライプ状のp電極151を形成する。次に、基板141を研磨し、Ti/Auよりなるn電極152を形成し、劈開して形成した共振器面に高反射コート、低反射コートを行い、その後、さらに劈開して所望の数のキャビティ、共振器長を有する半導体レーザ素子LDを完成させる。

【0068】

マルチキャビティの半導体レーザ素子とする場合には、共振器長100~1500μm好ましくは400μmとなり、発光点配列方向の長さが例えば1cmとなるように劈開し、キャビティ面に高反射、低反射コートを行い、例えば、20個のキャビティを有するバー状の素子を完成させる。なお、マルチキャビティを形成する場合は、必要キャビティ数に応じて発光点配列方向の素子幅にて劈開を実施し、素子形成する。

【0069】

シングルキャビティの半導体レーザ素子を形成する場合は、ストライプ領域の形成ピッチと同等の100~500μmピッチで劈開し、シングルキャビティを有する共振器長400μmの素子とする。

【0070】

なお、本発明のレーザモジュールにおいてパッケージ内に収容される半導体レーザ素子の形態としては、上記実施形態に示したディスクリットなシングルキャビティチップをアレイ状に配置したもののほか、1つのマルチキャビティ半導体レーザ素子(LDバー)、複数のマルチキャビティ半導体レーザ素子をアレイ状に配置したもの、あるいはシングル

キャビティ半導体レーザ素子とマルチキャビティ半導体レーザ素子の組み合わせなどであってもよい。

【0071】

図9は、本発明の第2の実施形態のレーザモジュールの平面図を示すものである。

【0072】

本実施の形態によるレーザモジュールは、ヒートブロック70上に配列固定された5個のチップ状態のシングルキャビティGaN系半導体レーザLD11~15と、集光レンズアレイ72とが、光透過部材85を備えた光出射窓86を有するパッケージ80内に収容され、5本の光ファイバ73がパッケージ80の外部で光透過部材85にその入射端を押しつけるようにして密着固定されてなるものである。このレーザモジュールは、ファイバアレイ型のレーザモジュールであり、半導体レーザ素子から出射されたレーザビームをそれぞれ異なる光ファイバに結合させるものである。

【0073】

GaN系半導体レーザ素子LD11~15から発散光状態で出射したレーザビームB11~15は、それぞれ集光レンズアレイ72を構成する各集光レンズによって集光されてそれぞれ光透過部材85の外面上の異なる位置に収束される。5本の光ファイバ73はマルチファイバフェルール90にその先端が挿入され、各レーザビームB11~15の収束位置に入射端が密着固定される。各レーザビームB11~15はそれぞれ異なる光ファイバ73に結合して、各光ファイバ73の図示しない出射端から出射される。

【0074】

本実施形態のレーザモジュールにおいても、パッケージ80は脱気処理後に気密封止されており、各部材の固定およびパッケージ封止は、フラックスフリー半田もしくはSi系有機物を含まない接着剤を用いて、あるいは融着もしくは溶接により行われている。したがって、パッケージ80内部において、光密度の高い半導体レーザ素子の光出射端面への集塵は抑制され、また、光透過部材85のパッケージの内側面はレーザビームの集光点ではないために、光密度が低く該面における集塵効果が抑制される。また、光ファイバ73の入射端は光透過部材85に密着されているので大気に触れることがなく汚染されない。レーザモジュール全体として集塵効果が抑制されるので光出力を向上させることができ、また高い信頼性を得ることができる。

【0075】

図10は、本発明の第3の実施形態のレーザモジュールの平面図を示すものである。

【0076】

本実施形態のレーザモジュールは、GaN系半導体レーザ素子LDを内部に備え、気密封止されたCANパッケージ110と、集光レンズ12とが、光透過部材15を備えた光出射窓16を有するパッケージ40内に収容され、1本の光ファイバ13がパッケージ40の外部で光透過部材15にその入射端を押しつけるようにして密着固定されてなるものである。ここでは、第1の実施形態のレーザモジュールと同等の要素には同符号を付し詳細な説明を省略する。

【0077】

CANパッケージ110、集光レンズ12はベース板105上の各固定部材に、半導体レーザ素子LDから出射されたレーザビームBが集光レンズ12により光透過部材15の外面15a上で収束するように配置固定されている。それぞれの固定には、フラックスフリー半田もしくはSi系有機物を含まない接着剤が用いられている。なお、融着もしくは溶接により固定されてもよい。

【0078】

本実施形態においては、半導体レーザ素子LDが、CANパッケージ110中に備えられている。CANパッケージは、内部の揮発成分を除去するため脱気処理を施した上で気密封止されたものである。半導体レーザ素子LDは、脱気処理され気密封止されたCANパッケージ110内に備えられており、CANパッケージ110の脱気処理時には、光ファイバ13を脱気処理装置内に配することはないので、光ファイバ13の樹脂皮膜からの脱ガスによる

影響を受けない。さらに、この C A N パッケージ 110 は気密封止されたパッケージ 40 の内部に備えられているため、集塵効果をより抑制することができ、レーザモジュール全体として集塵効果が抑制されるので光出力を向上させることができ、また高い信頼性を得ることができる。特に上述の製造方法により製造される G a N 系半導体レーザ素子のような発振波長 400 n m 帯の高出力半導体レーザ素子を備えた場合には、集塵効果が顕著であるため、本実施形態のように半導体レーザ素子を 2 重にパッケージで内包した構造とする効果が大きい。

【0079】

なお、パッケージ内に収容される半導体レーザ素子の形態としては、上記実施形態に示したディスクリットなシングルキャビティチップをアレイ状に配置したもののほか、1つのマルチキャビティ半導体レーザ素子（L D バー）、複数のマルチキャビティ半導体レーザ素子をアレイ状に配置したもの、あるいはシングルキャビティ半導体レーザ素子とマルチキャビティ半導体レーザ素子の組み合わせなどであってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態によるレーザモジュールの概略構成を示す平面図

【図 2】第 1 の実施の形態によるレーザモジュールの側面図

【図 3】レーザモジュールのパッケージの一部拡大側断面図

【図 4】他の実施の形態によるレーザモジュールの一部拡大側断面図

【図 5】他の実施の形態によるレーザモジュールの作製方法を説明するための一部拡大側断面図

【図 6】他の実施の形態によるレーザモジュールの一部拡大平面図

【図 7】G a N 系半導体レーザ素子の基板作製方法を示す断面図

【図 8】G a N 系半導体レーザ素子の層構成を示すための断面図

【図 9】本発明の第 2 の実施の形態によるレーザモジュールの概略構成を示す平面図

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態によるレーザモジュールの概略構成を示す側断面図

【符号の説明】

【0081】

L D, L D 1 ~ 8 半導体レーザ素子

B, B 1 ~ 8 レーザビーム

10 ヒートブロック

11 レンズアレイ

12 集光レンズ

13 光ファイバ

13 a 光ファイバ素線

13 b 樹脂被膜

15 光透過部材

16 光出射窓

18 半田

20 フェルール

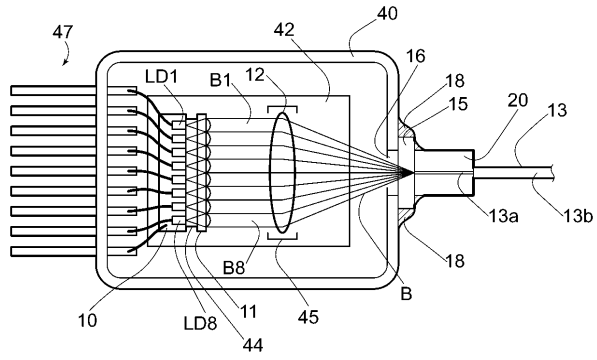
25 レセプタクル

40 パッケージ

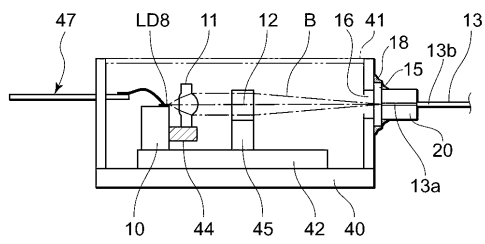
30

40

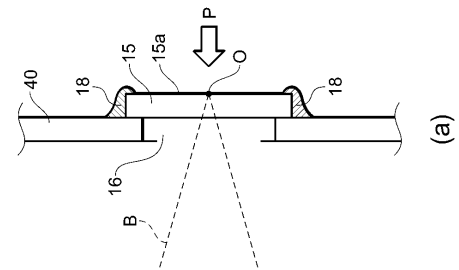
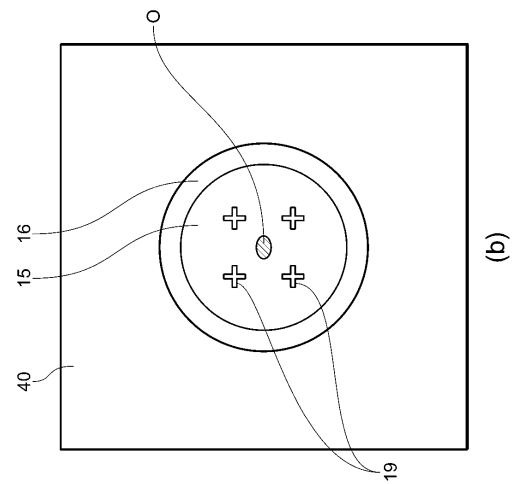
【図 1】



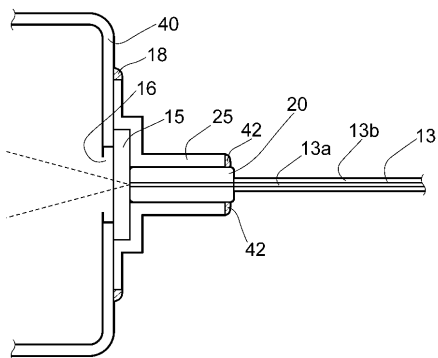
【図 2】



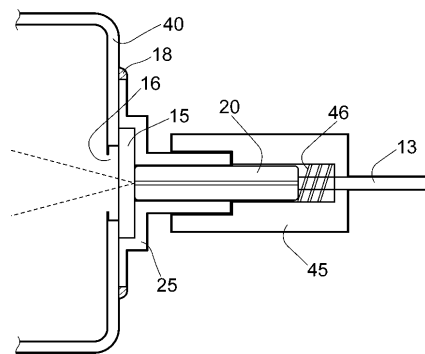
【図 3】



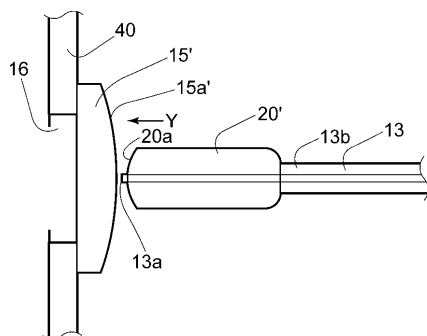
【図 4】



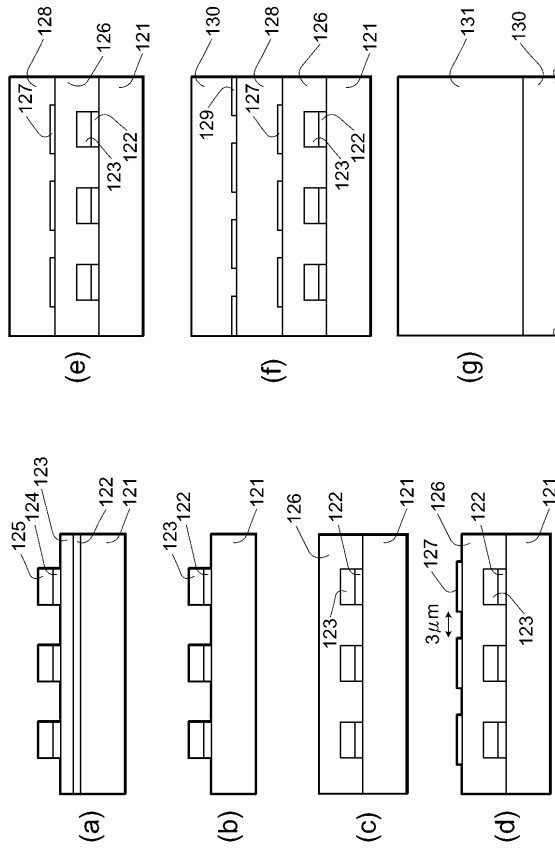
【図 6】



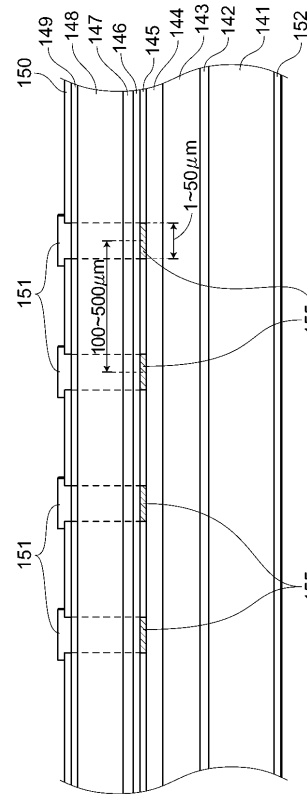
【図 5】



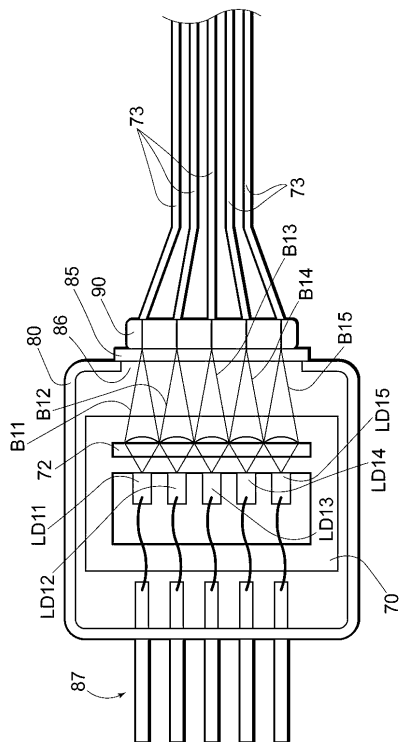
【図 7】



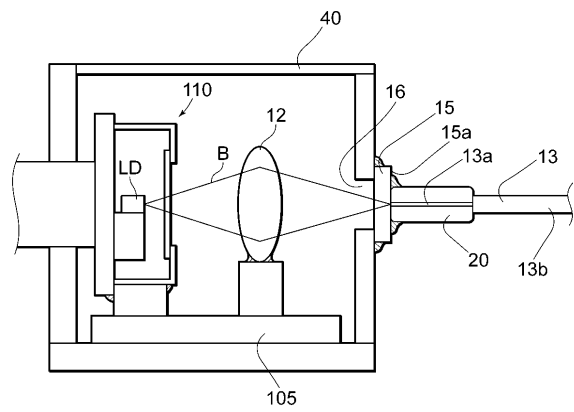
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

Fターム(参考) 2H037 BA03 BA05 CA00 DA36

5F073 AA74 AB04 AB27 AB28 BA02 CA02 EA28 FA15 FA23