

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年6月28日(28.06.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/117251 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/022 (2006.01) H01S 5/40 (2006.01)
G02B 6/42 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/046089
- (22) 国際出願日: 2017年12月22日(22.12.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-250076 2016年12月22日(22.12.2016) JP
- (71) 出願人: 古河電気工業株式会社(FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 有賀 麻衣子(ARIGA, Maiko); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古

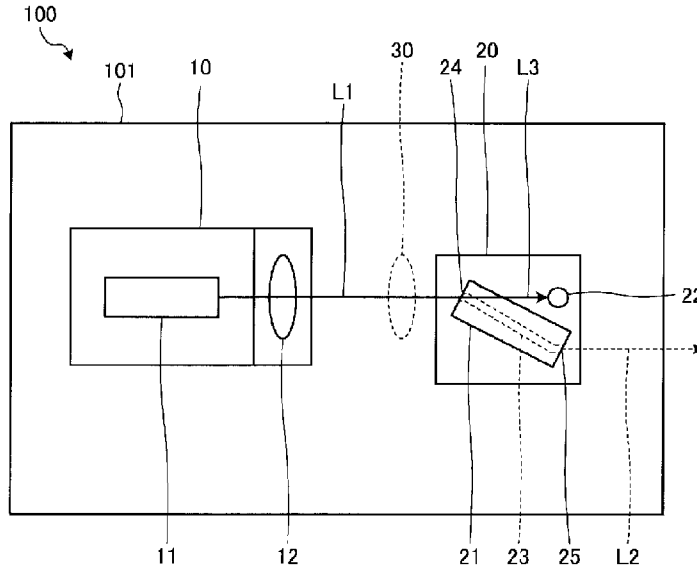
河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 稲葉 悠介(INABA, Yusuke); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 山岡 一樹(YAMAOKA, Kazuki); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP). 菅谷 俊雄(SUGAYA, Toshio); 〒1008322 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER MODULE AND PRODUCTION METHOD FOR SEMICONDUCTOR LASER MODULE

(54) 発明の名称: 半導体レーザモジュールおよび半導体レーザモジュールの製造方法



(57) Abstract: A semiconductor laser module comprising: a semiconductor laser element; a waveguide-type optical functional element having a waveguide that has incident thereto laser light emitted from the semiconductor laser element and guides said light; and a protruding object provided above an extension line relating to the incident end of the waveguide in the waveguide-type optical functional element in the optical path of the laser light emitted from the semiconductor laser element. The semiconductor laser module also comprises a sub-mount having the waveguide-type optical functional element fixed thereto. The protruding object can be fixed upon the sub-mount.



CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約: 半導体レーザーモジュールは、半導体レーザー素子と、前記半導体レーザー素子から出射されたレーザー光を入射して、導波させる導波路を有する導波路型光機能素子と、前記半導体レーザー素子から出射されたレーザー光の光路の前記導波路型光機能素子の導波路の入射端に関する延長線上に設けられた突起物と、を備える。前記半導体レーザーモジュールは、前記導波路型光機能素子が固定されるサブマウントをさらに備え、前記突起物が前記サブマウント上に固定されていてもよい。

明 細 書

発明の名称：

半導体レーザモジュールおよび半導体レーザモジュールの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、半導体レーザモジュールおよび半導体レーザモジュールの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、光通信の光源として用いられる半導体レーザモジュールでは、半導体レーザ素子（LD）で発振されたレーザ光を半導体光増幅器（SOA）にて増幅し、半導体レーザモジュールから出力されるレーザ光を高出力化する構成が広く採用されている。このとき、半導体レーザ素子と半導体光増幅器とを同一の素子に集積することも広く一般的に採用されている（例えば特許文献1～4参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開2006-216791号公報
特許文献2：特開2006-216695号公報
特許文献3：米国特許第9054480号明細書
特許文献4：国際公開2013/180291号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、近年は光通信における高出力化への要求がますます高まり、半導体レーザ素子および半導体光増幅器へ供給される電流も増大している。結果、半導体レーザ素子および半導体光増幅器からの発熱量も増大し、半導体レーザ素子と半導体光増幅器とを分離して温度制御する半導体レーザモジュールの構成への需要も高まっている。半導体レーザ素子と半導体光増幅器とを分離して別の熱電素子にて温度制御すれば、熱電素子の温度調節に用

いられる消費電力の総和を低く抑えることにもつながる。

[0005] 一方、半導体レーザ素子と半導体光増幅器とを分離する構成を採用した場合、半導体レーザ素子から出射したレーザ光を、半導体光増幅器に精度よく空間結合する必要がある。つまり、半導体レーザ素子と半導体光増幅器との相対的位置合わせを精度良く行うという新たな技術課題も生じる。なお、この空間結合における位置合わせという課題は、半導体光増幅器に限らず、光変調器、石英・シリコン・ポリマーなどによる光導波路デバイスなどの他の導波路型光機能素子と半導体レーザ素子とを備える半導体レーザモジュールにおいても同様である。

[0006] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、その目的は、半導体レーザ素子と導波路型光機能素子との相対的位置合わせを精度良く行うことができる半導体レーザモジュールおよび半導体レーザモジュールの製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、半導体レーザ素子と、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を入射端に入射して、導波させる導波路を有する導波路型光機能素子と、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の光路の、前記入射端に関する延長線上に設けられた突起物と、を備えることを特徴とする。

[0008] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記導波路型光機能素子が固定されるサブマウントをさらに備え、前記突起物が前記サブマウント上に固定されていることを特徴とする。

[0009] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記突起物が前記導波路型機能素子上に固定されていることを特徴とする。

[0010] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記導波路型光機能素子の導波路は、前記入射端近傍に曲げ導波路を有し、前記導波路型光機能素子全体が前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の光路に対し

て斜めに配置されている、ことを特徴とする。

[0011] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記導波路型光機能素子は、入射された前記レーザ光を増幅する半導体光増幅器であることを特徴とする。

[0012] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記突起物は、半球状の形状をしていることを特徴とする。

[0013] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記突起物は、柱状の形状をしていることを特徴とする。

[0014] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記突起物は、金属でできていることを特徴とする。

[0015] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記突起物は、金（Au）でできていることを特徴とする。

[0016] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記半導体レーザ素子と前記導波路型光機能素子との間には、コリメートレンズと集光レンズとが配置され、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光が、前記コリメートレンズと前記集光レンズとを介して、前記導波路型光機能素子の導波路の入射端に空間結合する、ことを特徴とする。

[0017] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、前記コリメートレンズによって平行光化されたレーザ光の径は、前記導波路型光機能素子の厚さより大きく、前記サブマウントに関する前記突起物の高さは、前記導波路型光機能素子の高さよりも高い、ことを特徴とする。

[0018] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールは、半導体レーザ素子と、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を入射端に入射して、導波させる導波路を有する導波路型光機能素子と、前記導波路型光機能素子と突起物とが共に固定されるサブマウントと、を備え、前記突起物は、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の光路の、前記入射端に関する延長線と平行な直線上に設けられている、ことを特徴とする。

[0019] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールの製造方法は、半導

体レーザ素子と、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を入射して、導波させる導波路を有する導波路型光機能素子と、を備える半導体レーザモジュールの製造方法であって、前記半導体レーザ素子を前記半導体レーザモジュールの基板に対して固定するレーザ素子配置工程と、前記半導体レーザ素子から出射するレーザ光を平行光化するコリメートレンズを前記半導体レーザ素子に対して固定するコリメートレンズ配置工程と、前記導波路型光機能素子と前記導波路型光機能素子の導波路の入射端から入射方向の延長線上に設けられた突起物とが共に固定された第1サブマウントを、前記コリメートレンズによって平行光化されたレーザ光が前記突起物に到達するように位置決めして前記基板に対して固定する導波路型光機能素子配置工程と、前記コリメートレンズによって平行光化されたレーザ光を前記導波路型光機能素子の導波路の入射端に集光するための集光レンズを、前記コリメートレンズと前記導波路型光機能素子との間に固定する集光レンズ配置工程と、を有することを特徴とする。

[0020] また、本発明の一態様に係る半導体レーザモジュールの製造方法は、前記コリメートレンズ配置工程は、前記半導体レーザ素子が固定された第2サブマウントに対して前記コリメートレンズを固定する工程であり、前記レーザ素子配置工程は、前記コリメートレンズ配置工程の後に、前記半導体レーザ素子と前記コリメートレンズとを固定した前記第2サブマウントを前記基板に対して固定する工程である、ことを特徴とする。

発明の効果

[0021] 本発明に係る半導体レーザモジュールおよび半導体レーザモジュールの製造方法は、半導体レーザ素子と導波路型光機能素子との相対的位置合わせを精度良く行うことができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図1は、第1実施形態に係る半導体レーザモジュールの概略構成を示す図である。

[図2]図2は、第1実施形態に係る半導体レーザモジュールの製造方法の要旨

を示すフローチャートである。

[図3]図3は、半導体光増幅器の位置決め工程における半導体レーザモジュールの側面概略構成を示す図である。

[図4]図4は、集光レンズの配置工程における半導体レーザモジュールの側面概略構成を示す図である。

[図5]図5は、第2実施形態に係る半導体レーザモジュールの概略構成を示す図である。

[図6A]図6Aは、各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体へ入れる方法を例示する図である。

[図6B]図6Bは、各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体へ入れる方法を例示する図である。

[図6C]図6Cは、各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体へ入れる方法を例示する図である。

[図6D]図6Dは、各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体へ入れる方法を例示する図である。

[図6E]図6Eは、各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体へ入れる方法を例示する図である。

[図6F]図6Fは、各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体へ入れる方法を例示する図である。

[図7A]図7Aは、各構成部品を筐体内の基板上に順次配置する方法を例示する図である。

[図7B]図7Bは、各構成部品を筐体内の基板上に順次配置する方法を例示する図である。

[図7C]図7Cは、各構成部品を筐体内の基板上に順次配置する方法を例示する図である。

[図7D]図7Dは、各構成部品を筐体内の基板上に順次配置する方法を例示する図である。

[図8]図8は、第3実施形態に係る半導体レーザモジュールを説明する図であ

る。

発明を実施するための形態

[0023] 以下に、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係る半導体レーザモジュールおよびその製造方法を詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態により本発明が限定されるものではない。また、各図面において、同一または対応する構成要素には適宜同一の符号を付している。また、図面は模式的なものであり、各構成の寸法などは現実のものとは異なることに留意すべきである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることがある。

[0024] (第1実施形態)

図1は、第1実施形態に係る半導体レーザモジュールの概略構成を示す図である。図1に示される第1実施形態に係る半導体レーザモジュールは、基本構成のみを示すものであり、実際の半導体レーザモジュールは、後述する実施形態のように、様々な追加の構成を備え得る。

[0025] 図1に示すように、第1実施形態に係る半導体レーザモジュール100は、半導体レーザ素子11と、半導体光増幅器21と、突起物22と、SOAサブマウント20とを備えている。さらに、図1に示すように、半導体レーザモジュール100は、コリメートレンズ12と、集光レンズ30と、LDサブマウント10とを備えている。これらは、半導体レーザモジュール100の筐体に収容される基板101上に設けられる構成としてもよいし、半導体レーザモジュール100の筐体の底板を基板101として、底板上に設けられる構成としてもよい。

[0026] 半導体レーザ素子11は、電流の注入によりレーザ発振をしてレーザ光を出射するものであり、温度制御によって発振波長を変更することができる、例えば分布帰還型半導体レーザ素子を用いる。

[0027] 半導体光増幅器21は、半導体レーザ素子11から出射されたレーザ光を入射して、導波させる導波路23を有する導波路型光機能素子の代表例であり、導波路型光機能素子の他の例として、光変調器などが挙げられる。図1

に示すように、半導体光増幅器 21 は、素子全体が半導体レーザ素子 11 から出射されたレーザ光の光路 L1 に対して斜めに配置されている。このために、半導体光増幅器 21 の導波路は、入射端 24 の近傍に曲げ導波路が形成されている。また、図 1 に示される半導体光増幅器 21 の例では、出射端 25 の近傍にも曲げ導波路が形成され、半導体光増幅器 21 から出射されるレーザ光の光路 L2 が光路 L1 に対して略平行となるように構成されている。導波路を有する導波路型光機能素子のさらに他の例としては、プレーナ光波回路（PLC）などの石英ガラス系光導波路デバイス、シリコン導波路デバイス、ポリマー導波路デバイスなども挙げられる。

[0028] 突起物 22 は、半導体レーザ素子 11 から出射されたレーザ光の光路 L1 の半導体光増幅器 21 の導波路の入射端 24 に関する延長線 L3 上に設けられたワイヤボールである。突起物 22 は、配線を接続するために金（Au）などの金属で形成された通常のワイヤボンディングの半球状の構造物であり、ここでは、配線の接続に用いるのではなく、後述するように、半導体光増幅器 21 の位置決め（粗調整）に用いられる。突起物 22 をワイヤボールとすれば、通常の配線処理の際に形成することができるので簡便であるが、突起物 22 はワイヤボールに限定されず、例えば一旦形成したワイヤを切断した柱状（曲がった場合も含む）であったり、レーザ光を反射や散乱し得る構造物であれば適切に利用可能である。

[0029] SOA サブマウント 20 は、半導体光増幅器 21 と突起物 22 とが共に固定されるサブマウントである。SOA サブマウント 20 上における、半導体光増幅器 21 と突起物 22 との高さ関係は、突起物 22 の高さが半導体光増幅器 21 の高さよりも高いように構成されている。半導体光増幅器 21 と突起物 22 とが SOA サブマウント 20 の同一平面上に固定される場合、突起物 22 の高さが、半導体光増幅器 21 の厚さよりも大きいことになる。なお、一般に半導体光増幅器 21 は板状の形状であり、略一定の厚さを有するが、厚さが一定でない場合は、最厚部をもって厚さを定義する。

[0030] また、突起物 22 は、上述のように、半導体レーザ素子 11 から出射され

たレーザ光の光路L 1の半導体光増幅器2 1の導波路の入射端2 4に関する延長線L 3上に設けられ、半導体光増幅器2 1と突起物2 2との相対的位置関係が確定している。したがって、突起物2 2を目標としてSOAサブマウント2 0の位置決めを行うことにより、結果的に、半導体光増幅器2 1の位置決めを行うことが可能となる。なお、突起物2 2の固定箇所はサブマウント（SOAサブマウント2 0）上には限定されない。導波路型光機能素子が各光学部品と共にベース上に固定される場合、メタライズの施された熱電素子上に固定される場合がある。これらの場合は突起物も導波路デバイス（導波路型光機能素子）が固定されたベース上に固定される。さらに、導波路型光機能素子に含まれる導波路が当該素子の上面に近い場合、導波路型光機能素子上に突起物を固定しても良い。光変調器やその他の導波路型光機能素子の場合は、導波路が当該素子の上面に近く、当該素子の面積も大きいために、当該素子上に突起物を固定することが可能である。

[0031] コリメートレンズ1 2は、半導体レーザ素子1 1から出射するレーザ光を平行光化するための光学素子である。ここで、コリメートレンズ1 2によって平行光化されたレーザ光の径は、半導体光増幅器2 1の厚さより大きくなるよう設計されている。また、図1に示される半導体レーザモジュール1 0 0の構成例では、コリメートレンズ1 2と半導体レーザ素子1 1とが同一のLDサブマウント1 0の上に配置されている。しかしながら、コリメートレンズ1 2の配置位置はこれに限定されず、半導体レーザ素子1 1と独立して半導体レーザモジュール1 0 0に固定されてもよい。また、コリメートレンズ1 2は半導体レーザ素子1 1と独立した素子とは限らず、半導体レーザ素子1 1の出射端面にコリメートレンズ1 2が形成される構成を採用することも可能である。

[0032] 集光レンズ3 0は、コリメートレンズ1 2によって平行光化されたレーザ光を半導体光増幅器2 1の導波路の入射端2 4に集光するための光学素子である。後述するように、集光レンズ3 0は、半導体レーザモジュールの製造工程の途中で配置されるものである。集光レンズ3 0が配置された状態では

、コリメートレンズ12によって平行光化された光路L1のレーザ光は、半導体光増幅器21の導波路の入射端24に集光し、半導体光増幅器21の導波路23を導波して、半導体光増幅器21の出射端25から光路L2へ出射される。

[0033] 一方、集光レンズ30が配置されていない状態では、コリメートレンズ12によって平行光化されたレーザ光の径が半導体光増幅器21の厚さより大きいので、光路L1を進むレーザ光の一部は、半導体光増幅器21の上部を通過し、半導体光増幅器21の導波路の入射端24に関する光路L1の延長線L3上に設けられた突起物22にまで到達することになる。突起物22は、ワイヤボールなどのレーザ光を反射や散乱し得る構造物であるので、突起物22にまで到達したレーザ光は、突起物22によって反射や散乱され、レーザ光が突起物22にまで到達したことを確認することができる。

[0034] 以上の関係を用いれば、集光レンズ30が配置されていない状態で、コリメートレンズ12によって平行光化されたレーザ光が突起物22に照射されるようにSOAサブマウント20の位置決めを行えば、集光レンズ30が配置された状態では、半導体レーザ素子11から出射されたレーザ光が半導体光増幅器21の導波路の入射端24に空間結合するような粗調整が実現できる。後は、集光レンズ30の配置を微調整することによって、半導体レーザ素子11から出射されたレーザ光が半導体光増幅器21の導波路の入射端24に適切に空間結合する配置が実現できる。この微調整は、半導体光増幅器21から出力されるレーザ光の強度を観察しながら行うことができる。

[0035] 次に、上記説明した第1実施形態に係る半導体レーザモジュール100の構成例を用いて、半導体レーザモジュールの製造方法を説明する。

[0036] 図2は、第1実施形態に係る半導体レーザモジュールの製造方法の要旨を示すフローチャートである。図3は、半導体光増幅器の位置決め工程における半導体レーザモジュールの側面概略構成を示す図である。図4は、集光レンズの配置工程における半導体レーザモジュールの側面概略構成を示す図である。

- [0037] 図2に示すように、第1実施形態に係る半導体レーザモジュールの製造方法は、半導体レーザ素子11とコリメートレンズ12とを配置する工程から始まる（ステップS1）。この工程は、図2に示されるフローチャートでは一つの工程として記載されているが、二つの工程に分離することも可能である。
- [0038] 先述したように、半導体レーザモジュール100の構成例では、コリメートレンズ12と半導体レーザ素子11とが同一のLDサブマウント10の上に配置されているが、コリメートレンズ12を半導体レーザ素子11と独立して配置することも可能であり、また、半導体レーザ素子11の出射端面にコリメートレンズ12が形成される構成を採用することも可能である。
- [0039] したがって、コリメートレンズ12と半導体レーザ素子11とを同一のLDサブマウント10の上に配置する場合、半導体レーザ素子11が固定されたLDサブマウント10に対してコリメートレンズ12を固定した後に、LDサブマウント10を半導体レーザモジュール100の基板101に対して固定することによって、ステップS1の工程を実現する。また、半導体レーザ素子11の出射端面にコリメートレンズ12が形成される構成を採用する場合、半導体レーザ素子11を半導体レーザモジュール100の基板101に対して固定すれば、自動的にコリメートレンズ12を半導体レーザモジュール100の基板に対して固定することになり、ステップS1の工程が実現される。コリメートレンズ12を半導体レーザ素子11と独立して配置する構成の場合、半導体レーザ素子11を半導体レーザモジュール100の基板101に対して固定し、その後、コリメートレンズ12を半導体レーザモジュール100の基板101に対して固定することで、ステップS1の工程を実現する。
- [0040] 次に、図2に示すように、第1実施形態に係る半導体レーザモジュールの製造方法では、半導体光増幅器21の位置決め工程が行われる（ステップS2）。本工程の説明は、図3を共に参照すると理解が容易となるので、ここに参照する。

[0041] 半導体光増幅器 2 1 の位置決め工程では、事前に用意された半導体光増幅器 2 1 と突起物 2 2 とが共に固定された S O A サブマウント 2 0 を半導体レーザモジュール 1 0 0 の基板 1 0 1 に対して固定することによって行われる。先述のように、突起物 2 2 は、S O A サブマウント 2 0 上にて、半導体レーザ素子 1 1 から出射されたレーザ光の光路 L 1 の半導体光増幅器 2 1 の導波路の入射端 2 4 に関する延長線上に設けられている。また、コリメートレンズ 1 2 によって平行光化されたレーザ光の径は、半導体光増幅器 2 1 の厚さより大きくなるよう設計され、突起物 2 2 の高さが半導体光増幅器 2 1 の高さよりも高いように構成されている。

[0042] したがって、図 3 に示すように、半導体光増幅器 2 1 の位置決め工程では、光路 L 1 を進むレーザ光の一部は、半導体光増幅器 2 1 の上部を通過し、突起物 2 2 にまで到達することになる。ここで、突起物 2 2 が半導体レーザ素子 1 1 から出射されたレーザ光の光路 L 1 の半導体光増幅器 2 1 の導波路の入射端 2 4 に関する延長線上に設けられ、半導体光増幅器 2 1 と突起物 2 2 との相対的位置関係が確定していることを利用すれば、突起物 2 2 を目標として S O A サブマウント 2 0 の位置決めを行うことにより、半導体光増幅器 2 1 の位置決め（粗調整）を行うことが可能となる。

[0043] 次に、図 2 に示すように、第 1 実施形態に係る半導体レーザモジュールの製造方法では、集光レンズ 3 0 の配置工程が行われる（ステップ S 3）。本工程の説明は、図 4 を共に参照すると理解が容易となるので、ここに参照する。

[0044] 集光レンズ 3 0 の配置工程では、集光レンズ 3 0 がコリメートレンズ 1 2 と半導体光増幅器 2 1 との間に固定される。集光レンズ 3 0 は、コリメートレンズ 1 2 によって平行光化されたレーザ光を半導体光増幅器 2 1 の導波路の入射端 2 4 に集光するための光学系である。このとき、集光レンズ 3 0 の配置工程は、コリメートレンズ 1 2 によって平行光化されたレーザ光を半導体光増幅器 2 1 の導波路の入射端 2 4 に集光するように、集光レンズ 3 0 の位置を微調整する工程を含んでいる。先述のように、この微調整は、半導体

光増幅器 21 から出力されるレーザ光の強度を観察しながら行うことができる。半導体レーザモジュールの製造方法は、ステップ S2 にて半導体光増幅器 21 の位置の粗調整が完了しているため、集光レンズ 30 の位置を微調整することが容易となっている。

[0045] 以上説明した構成の半導体レーザモジュール 100 およびその製造方法に従えば、半導体レーザ素子 11 と半導体光増幅器 21 との相対的位置合わせを精度よく行うことができる。

[0046] (第 2 実施形態)

次に、より実地的な構成の半導体レーザモジュールの例示を行う。図 5 は、第 2 実施形態に係る半導体レーザモジュールの概略構成を示す図である。図 5 に示される第 2 実施形態に係る半導体レーザモジュール 200 の構成は、第 1 実施形態と共通のものが多い。したがって、以下で説明する半導体レーザモジュール 200 の構成では、第 1 実施形態と同一の参照符号を付することによって、その説明を省略する。同一の参照符号を付することによって省略された部位の構成および機能は、第 1 実施形態と実質的に同一であるものと理解することが可能である。

[0047] 図 5 に示すように、半導体レーザモジュール 200 は、半導体レーザ素子 11 とコリメートレンズ 12 とを備える LD サブマウント 10 と、半導体光増幅器 21 と突起物 22 とを備える SOA サブマウント 20 と、集光レンズ 30 とを備えている。これら半導体レーザモジュール 200 の構成は、第 1 実施形態と実質的に同一である。

[0048] 半導体レーザ素子 11 とコリメートレンズ 12 とを備える LD サブマウント 10 は、LD 用熱電素子 41 の上に配置されている。LD 用熱電素子 41 は、例えばペルチェ素子であり、LD 用熱電素子 41 に供給される電流の強さおよび方向によって、半導体レーザ素子 11 を加熱および冷却することができる。先述したように、半導体レーザ素子 11 は、温度制御によって発振波長を変更することができる例えば分布帰還型半導体レーザ素子であり、LD 用熱電素子 41 に供給される電流の強さおよび方向を制御することによ

て、半導体レーザ素子 1 1 から出射されるレーザ光の波長を制御することが可能である。

[0049] 半導体光増幅器 2 1 と突起物 2 2 とを備える S O A サブマウント 2 0 は、S O A 用熱電素子 4 2 の上に配置されている。S O A 用熱電素子 4 2 は、例えばペルチェ素子であり、S O A 用熱電素子 4 2 に供給される電流の強さおよび方向によって、半導体光増幅器 2 1 を加熱および冷却することができる。半導体光増幅器 2 1 は、大きな発熱源であるので積極的に加熱する状況は限定されるが、本構成の半導体レーザモジュール 2 0 0 では、半導体レーザ素子 1 1 の温度制御に用いる L D 用熱電素子 4 1 と、半導体光増幅器 2 1 の温度制御に用いる S O A 用熱電素子 4 2 とを、独立して備えているので、半導体レーザ素子 1 1 と半導体光増幅器 2 1 とのそれぞれを最適に温度制御することが可能である。すなわち、半導体レーザ素子 1 1 および半導体光増幅器 2 1 の温度制御に無駄な電力が消費されることも減り、L D 用熱電素子 4 1 と S O A 用熱電素子 4 2 との総和の消費電力も低く抑えることができる。

[0050] 図 5 に示すように、第 2 実施形態に係る半導体レーザモジュール 2 0 0 は、コリメートレンズ 1 2 と集光レンズ 3 0 との間に、第 1 ビームスプリッタ 3 1 とアイソレータ 3 2 とを備えている。第 1 ビームスプリッタ 3 1 とアイソレータ 3 2 との配置順は、図 5 に示されるものに限定されるものではないが、コリメートレンズ 1 2 と集光レンズ 3 0 との間のレーザ光が平行光となる箇所に配置することが好ましい。

[0051] 第 1 ビームスプリッタ 3 1 は、半導体レーザ素子 1 1 から出射されるレーザ光の一部を波長ロッカー 5 0 へ分岐するための光学素子であり、プリズム型のものやフィルタ型のものなど一般的な分岐用光学素子を用いることができる。アイソレータ 3 2 は、光学素子の反射等に起因して光路を逆行するレーザ光が半導体レーザ素子 1 1 に入射してしまうことを防ぐための素子であり、レーザ光の偏光性を用いて、逆行するレーザ光の光路のみを変化させることができる光学素子である。

[0052] 波長ロッカー 5 0 は、第 1 ビームスプリッタ 3 1 で分岐されたレーザ光の

波長を測定し、半導体レーザ素子 11 が出射しているレーザ光の波長をモニタするための装置である。波長ロッカー 50 がモニタしたレーザ光の波長は、LD 用熱電素子 41 の温度制御へフィードバックされ、半導体レーザ素子 11 が所望の波長のレーザ光を出射し続けるように、フィードバック制御が行われる。

[0053] 波長ロッカー 50 は、第 2 ビームスプリッタ 51 と、第 2 ビームスプリッタ 51 によって分岐されたレーザ光の強度を直接モニタする第 1 受光素子 52 と、第 2 ビームスプリッタによって分岐されたレーザ光の強度をエタロンフィルタ 53 を介してモニタする第 2 受光素子 54 と、を備えている。エタロンフィルタ 53 は、光の波長に対して周期的な透過特性を有する光学素子である。したがって、エタロンフィルタ 53 を透過した光と透過していない光との強度比を測定することによって当該光の波長を特定することが可能である。波長ロッカー 50 は、第 1 受光素子 52 が取得するレーザ光の強度と第 2 受光素子 54 が取得するレーザ光の強度との比を用いて、第 1 ビームスプリッタ 31 で分岐されたレーザ光の波長を測定する。

[0054] さらに、図 5 に示すように、第 2 実施形態に係る半導体レーザモジュール 200 は、半導体光増幅器 21 から射出されたレーザ光を半導体レーザモジュール 200 の外部へ導出する光ファイバ 60 と、半導体光増幅器 21 から射出されたレーザ光を光ファイバ 60 へ結合させるための結合光学系 61 とを備えている。なお、図 5 に示される結合光学系 61 は、1 つのレンズによって構成されているよう描かれているが、コリメートレンズと集光レンズなど複数に分離される構成とすることも可能であり、配置される位置も同図に示される位置に限定されるものではない。光ファイバ 60 は、半導体レーザ素子 11 から射出されるレーザ光に対して適切な伝搬特性を有する一般的なシングルモードのガラス光ファイバを用いればよい。

[0055] 以下、図 6 A ~ 6 F および図 7 A ~ 7 D を参照しながら、第 2 実施形態に係る半導体レーザモジュール 200 の組み立て方法について、2 つの例を説明する。図 6 A ~ 6 F は、各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体

へ入れる方法を例示する図であり、図7A～7Dは、各構成部品を筐体内の基板上に順次配置する方法を例示する図である。

[0056] (第1の組み立て方法)

各構成部品を基板上で組み立てた後に基板を筐体へ入れる方法では、図6Aに示すように、最初にLDサブマウント10の上に半導体レーザ素子11とコリメートレンズ12とを配置する。

[0057] その後、図6Bに示すように、基板201の上にLD用熱電素子41とSOA用熱電素子42とを配置し、LD用熱電素子41の上にLDサブマウント10を配置し、SOA用熱電素子42の上に第1ビームスプリッタ31とアイソレータ32とを配置する。

[0058] そして、図6Cに示すように、半導体光増幅器21と突起物22とを備えるSOAサブマウント20をSOA用熱電素子42に位置決めしながら固定する。このときの位置決め方法は、先述したように、半導体レーザ素子11から出射されてコリメートレンズ12によって平行光化されたレーザ光が突起物22まで到達することをもって半導体光増幅器21の位置決めを行う方法である。

[0059] その後、図6Dに示すように、基板201を筐体202の中に収容する。このとき、基板201上に配置された各構成部品に対して配線を施して電気的接続を確立してしまうことが好ましい。

[0060] 次に、図6Eに示すように、集光レンズ30を配置する。この集光レンズ30の配置工程は、半導体レーザ素子11から出射されてコリメートレンズ12によって平行光化されたレーザ光が半導体光増幅器21の導波路の入射端に集光させるための微調整を含んでいる。当該微調整は、半導体光増幅器21から出力されるレーザ光の強度をモニタしながら集光レンズ30の位置を微調整することで行うことができる。

[0061] 最後に、図6Fに示すように、波長ロッカー50を取り付け、さらに、結合光学系61と光ファイバ60とを取り付けて第2実施形態に係る半導体レーザモジュールが完成する。なお、波長ロッカー50の内部構成は先述の通

りである。

[0062] (第2の組み立て方法)

各構成部品を筐体内の基板上に順次配置する方法では、筐体内で作業を行うので、以下の工夫をすることが好ましいが、第1の組み立て方法と実質的に異なるものではない。したがって、ここでは、第1の組み立て方法とは異なる部分に着目して説明をする。

[0063] 最初に、図7Aに示すように、筐体202の内部に、LD用熱電素子41とSOA用熱電素子42とを配置し、LD用熱電素子41の上に、半導体レーザ素子11とコリメートレンズ12とを備えたLDサブマウント10を配置し、SOA用熱電素子42の上に第1ビームスプリッタ31とアイソレータ32とを配置する。

[0064] そして、位置決め作業時に用いる観察用ミラーMを筐体202の内部に配置する。なお、観察用ミラーMの位置は、図に示される位置に限定されず、位置決め作業時に突起物を観察するのに適切な位置に配置すればよい。また、位置決め作業時に突起物を観察することが容易であれば、必ずしも観察用ミラーMを筐体202の内部に配置する必要はない。また、筐体202の一部に観察用の窓を設けるなどの別の手段によって代用することも可能である。

[0065] そして、図7Bに示すように、半導体光増幅器21と突起物22とを備えるSOAサブマウント20をSOA用熱電素子42に位置決めしながら固定する。このときの位置決め方法は、先述したように、半導体レーザ素子11から出射されてコリメートレンズ12によって平行光化されたレーザ光が突起物22まで到達することをもって半導体光増幅器21の位置決めを行う方法である。上述のように、観察用ミラーMを筐体202の内部に配置してあるので、突起物22まで到達したレーザ光の反射や散乱を容易に確認することができる。

[0066] その後、図7Cに示すように、観察用ミラーMを撤去し、集光レンズ30を配置する。この集光レンズ30の配置工程は、半導体レーザ素子11から

出射されてコリメートレンズ 1 2 によって平行光化されたレーザ光が半導体光増幅器 2 1 の導波路の入射端に集光させるための微調整を含んでいる。

[0067] 最後に、図 7 D に示すように、波長ロッカー 5 0 を取り付け、さらに、結合光学系 6 1 と光ファイバ 6 0 とを取り付けて第 2 実施形態に係る半導体レーザモジュールが完成する。

[0068] (第 3 実施形態)

次に、突起物の位置が異なる第 3 実施形態に係る半導体レーザモジュールについて図 8 を用いて説明する。図 8 においては、簡単のために基板や集光レンズは図示を省略している。半導体レーザ素子 1 1 から出射されたレーザ光の光路 L 1 の半導体光増幅器 2 1 の導波路の入射端 2 4 に関する延長線 L 3 上には突起物はなく、SOA サブマウント 2 0 A 上にある、延長線 L 3 と平行な線 L 4 上に突起物 2 2 が形成されている。延長線 L 3 と平行な線 L 4 との間の距離 D をあらかじめ測定しておき、SOA サブマウント 2 0 A を突起物 2 2 によって位置決めした後、SOA サブマウント 2 0 A をその距離 D だけ図面上側にシフトし、延長線 L 3 と平行な線 L 4 とを一致させて基板に固定する。これにより、半導体レーザ素子 1 1 から出射されたレーザ光の光路 L 1 と、半導体光増幅器 2 1 の導波路の入射端 2 4 との容易な調芯が可能となる。

[0069] 以上、本発明を実施形態に基づいて説明したが、上記実施形態により本発明が限定されるものではない。上述した各構成要素を適宜組み合わせる構成したものも本発明の範疇に含まれる。また、さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。よって、本発明のより広範な態様は、上記の実施形態に限定されるものではなく、様々な変更が可能である。

産業上の利用可能性

[0070] 以上のように、本発明は、例えば光通信の分野に適用して好適なものである。

符号の説明

[0071] 1 0 0, 2 0 0 半導体レーザモジュール

- 101, 201 基板
- 202 筐体
- 10 LDサブマウント
- 11 半導体レーザ素子
- 12 コリメートレンズ
- 20、20A SOAサブマウント
- 21 半導体光増幅器
- 22 突起物
- 23 導波路
- 24 入射端
- 25 出射端
- 30 集光レンズ
- 31 第1ビームスプリッタ
- 32 アイソレータ
- 41 LD用熱電素子
- 42 SOA用熱電素子
- 50 波長ロッカー
- 51 第2ビームスプリッタ
- 52 第1受光素子
- 53 エタロンフィルタ
- 54 第2受光素子
- 60 光ファイバ
- 61 結合光学系

請求の範囲

- [請求項1] 半導体レーザ素子と、
前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を入射端に入射して、導波させる導波路を有する導波路型光機能素子と、
前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の光路の、前記入射端に関する延長線上に設けられた突起物と、
を備えることを特徴とする半導体レーザモジュール。
- [請求項2] 前記導波路型光機能素子が固定されるサブマウントをさらに備え、前記突起物が前記サブマウント上に固定されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項3] 前記突起物が前記導波路型機能素子上に固定されていることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項4] 前記導波路型光機能素子の導波路は、前記入射端近傍に曲げ導波路を有し、前記導波路型光機能素子全体が前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の光路に対して斜めに配置されている、
ことを特徴とする請求項1から請求項3の何れか1項に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項5] 前記導波路型光機能素子は、入射された前記レーザ光を増幅する半導体光増幅器であることを特徴とする請求項1から請求項4の何れか1項に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項6] 前記突起物は、半球状の形状をしていることを特徴とする請求項1から請求項5の何れか1項に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項7] 前記突起物は、柱状の形状をしていることを特徴とする請求項1から請求項5の何れか1項に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項8] 前記突起物は、金属でできていることを特徴とする請求項1から請求項7の何れか1項に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項9] 前記突起物は、金（Au）でできていることを特徴とする請求項8に記載の半導体レーザモジュール。

- [請求項10] 前記半導体レーザ素子と前記導波路型光機能素子との間には、コリメートレンズと集光レンズとが配置され、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光が、前記コリメートレンズと前記集光レンズとを介して、前記導波路型光機能素子の導波路の入射端に空間結合する、
ことを特徴とする請求項1から請求項9の何れか1項に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項11] 前記コリメートレンズによって平行光化されたレーザ光の径は、前記導波路型光機能素子の厚さより大きく、
前記サブマウントに関する前記突起物の高さは、前記導波路型光機能素子の高さよりも高い、
ことを特徴とする請求項10に記載の半導体レーザモジュール。
- [請求項12] 半導体レーザ素子と、
前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を入射端に入射して、導波させる導波路を有する導波路型光機能素子と、
前記導波路型光機能素子と突起物とが共に固定されるサブマウントと、
を備え、
前記突起物は、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の光路の、前記入射端に関する延長線と平行な直線上に設けられている、
ことを特徴とする半導体レーザモジュール。
- [請求項13] 半導体レーザ素子と、前記半導体レーザ素子から出射されたレーザ光を入射して、導波させる導波路を有する導波路型光機能素子と、を備える半導体レーザモジュールの製造方法であって、
前記半導体レーザ素子を前記半導体レーザモジュールの基板に対して固定するレーザ素子配置工程と、
前記半導体レーザ素子から出射するレーザ光を平行光化するコリメートレンズを前記半導体レーザ素子に対して固定するコリメートレンズ配置工程と、

前記導波路型光機能素子と前記導波路型光機能素子の導波路の入射端から入射方向の延長線上に設けられた突起物とが共に固定された第1サブマウントを、前記コリメートレンズによって平行光化されたレーザ光が前記突起物に到達するように位置決めして前記基板に対して固定する導波路型光機能素子配置工程と、

前記コリメートレンズによって平行光化されたレーザ光を前記導波路型光機能素子の導波路の入射端に集光するための集光レンズを、前記コリメートレンズと前記導波路型光機能素子との間に固定する集光レンズ配置工程と、

を有することを特徴とする半導体レーザモジュールの製造方法。

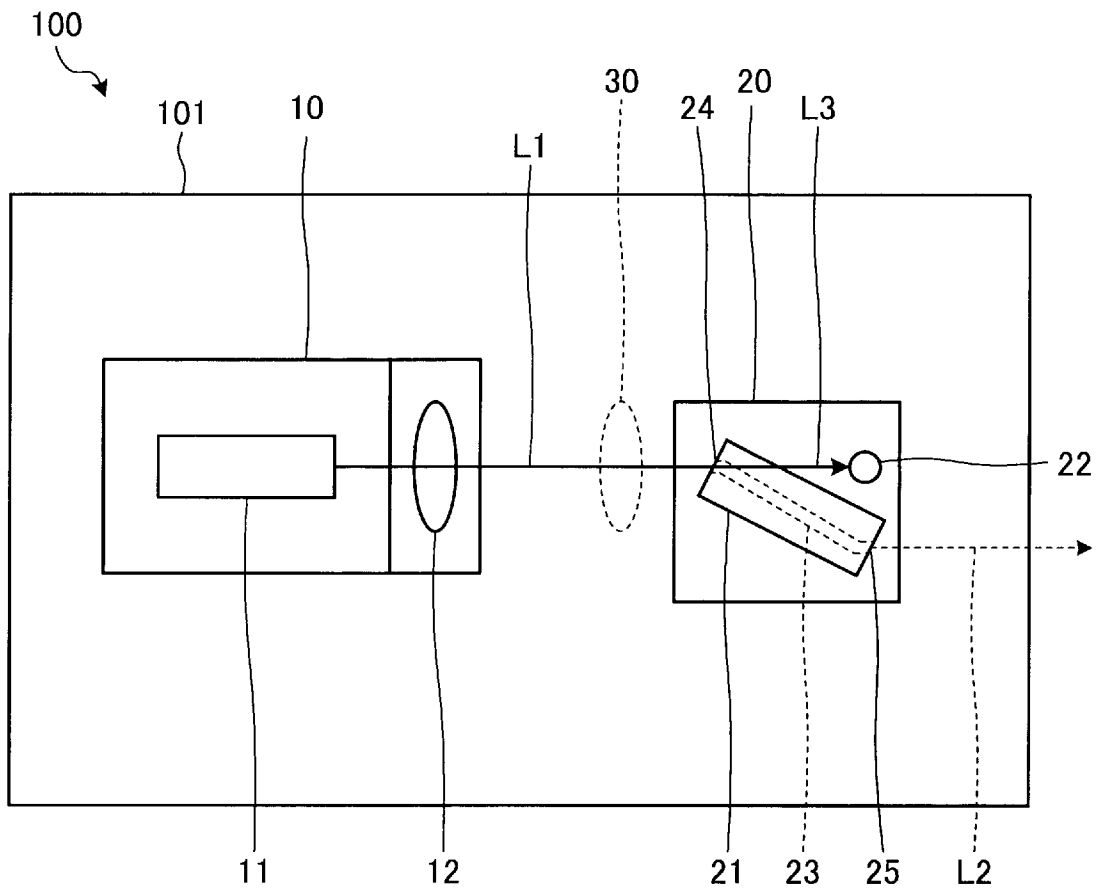
[請求項14]

前記コリメートレンズ配置工程は、前記半導体レーザ素子が固定された第2サブマウントに対して前記コリメートレンズを固定する工程であり、

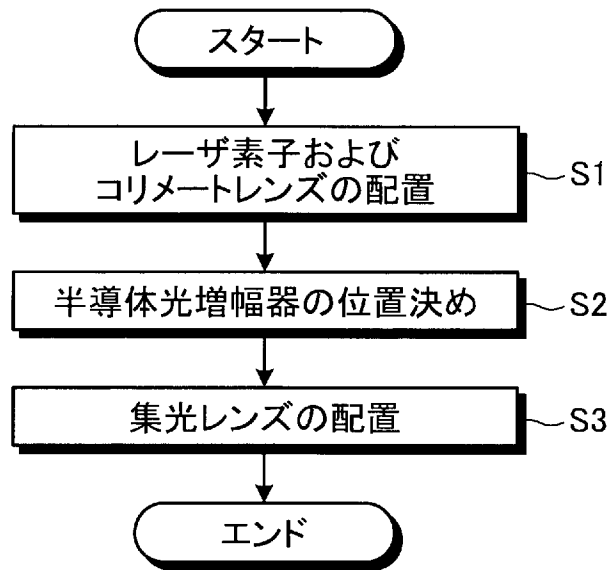
前記レーザ素子配置工程は、前記コリメートレンズ配置工程の後に、前記半導体レーザ素子と前記コリメートレンズとを固定した前記第2サブマウントを前記基板に対して固定する工程である、

ことを特徴とする請求項13に記載の半導体レーザモジュールの製造方法。

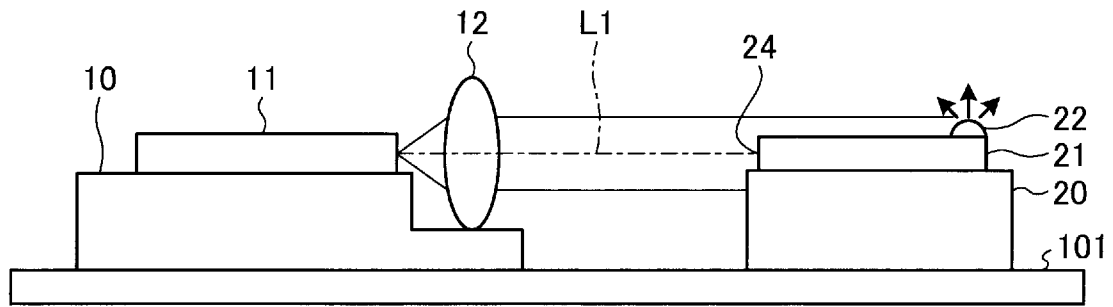
[図1]



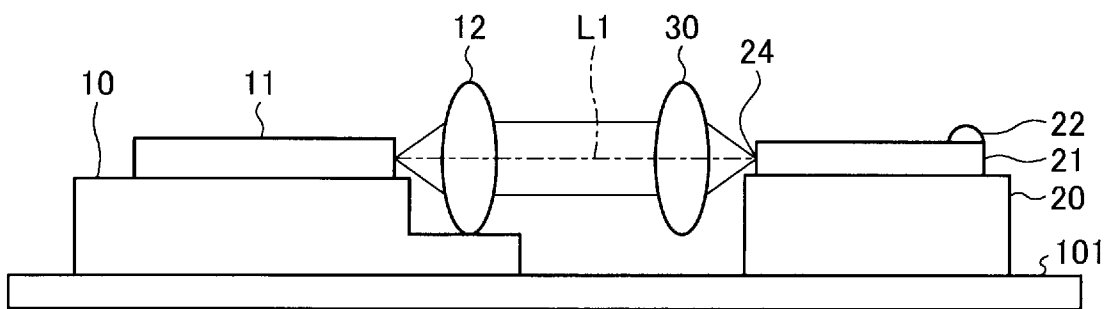
[図2]



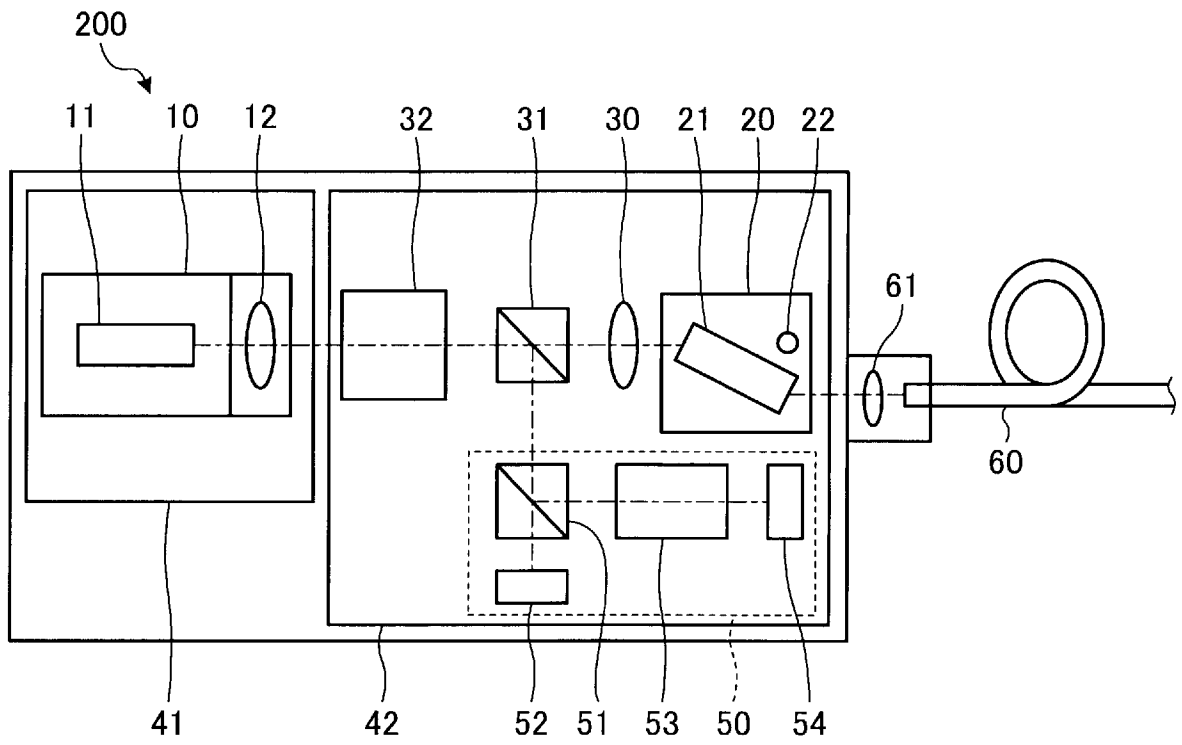
[図3]



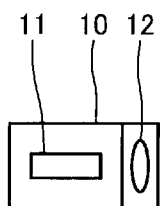
[図4]



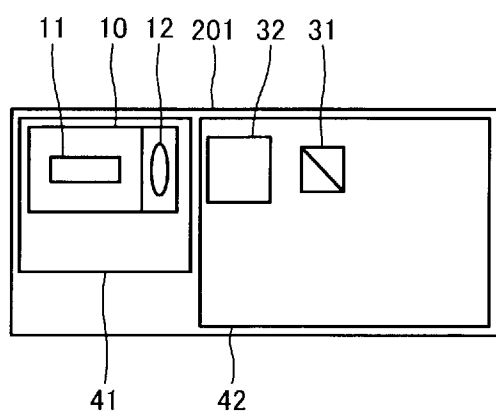
[図5]



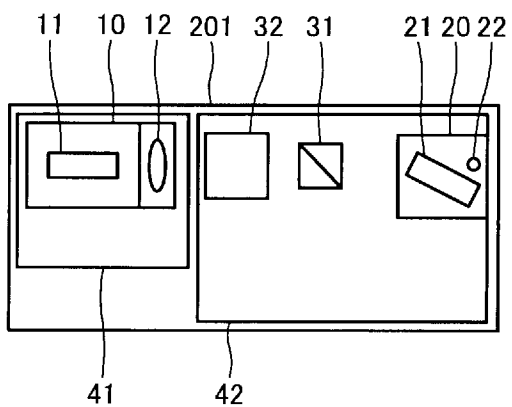
[図6A]



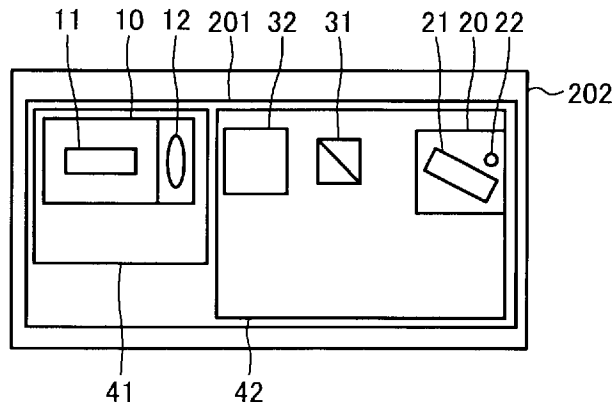
[図6B]



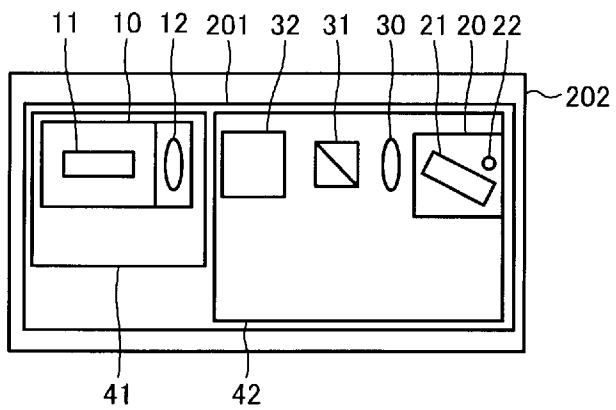
[図6C]



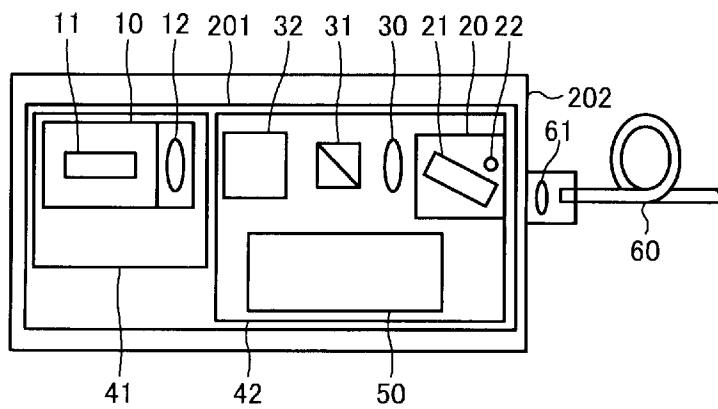
[図6D]



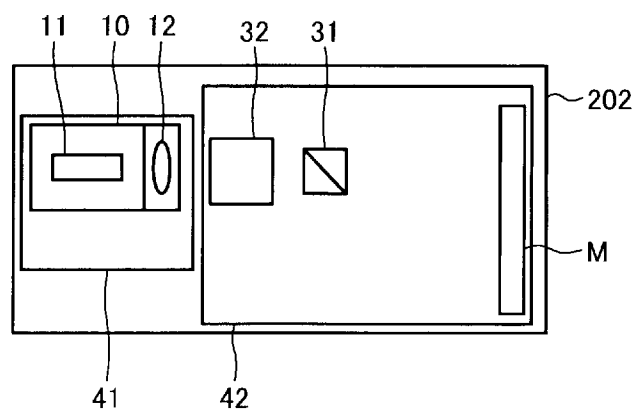
[図6E]



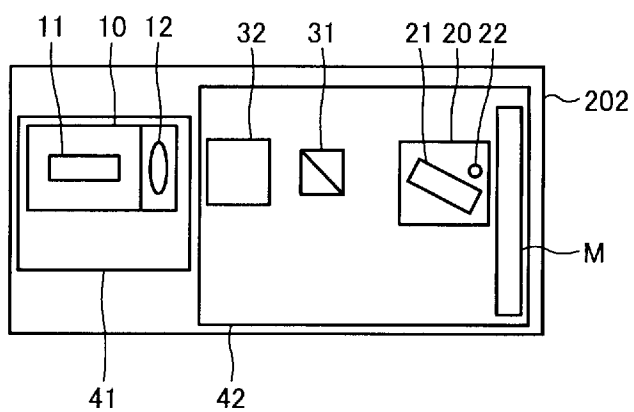
[図6F]



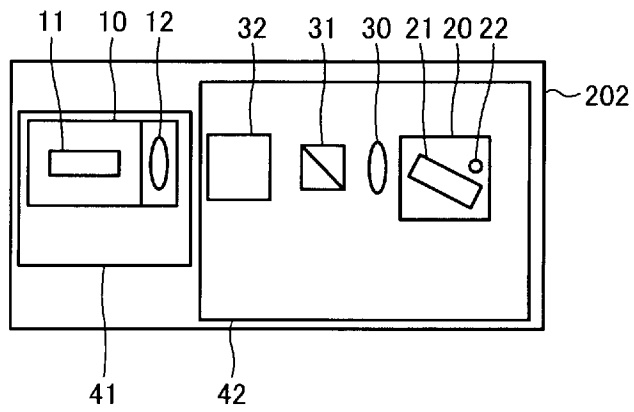
[図7A]



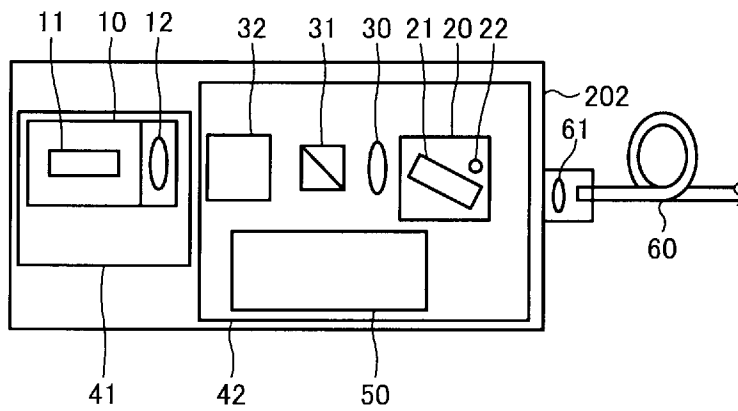
[図7B]



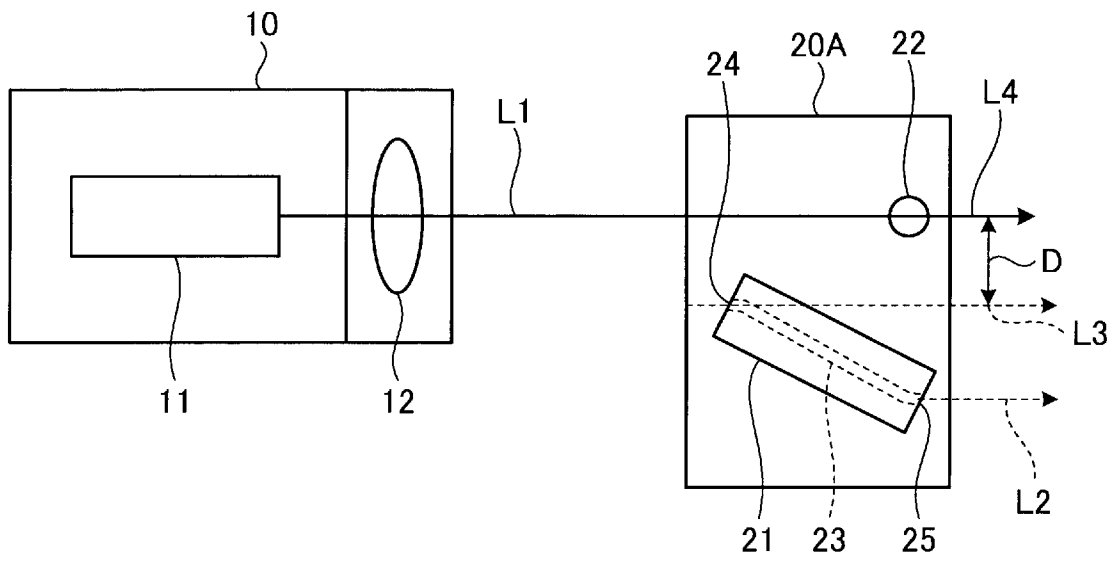
[図7C]



[図7D]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2017/046089
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 Int.Cl. H01S5/022 (2006.01) i, G02B6/42 (2006.01) i, H01S5/40 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 Int.Cl. H01S5/00-5/50, G02B6/42-6/43

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2016/0013616 A1 (SUMITOMO ELECTRIC DEVICE INNOVATIONS, INC.) 14 January 2016, paragraphs [0029]-[0067], fig. 1-18 & JP 2016-18121 A & JP 2016-28273 A	1-14
A	WO 2013/180291 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 05 December 2013, paragraphs [0016]-[0101], fig. 1-14 & US 2015/0103853 A1 paragraphs [0026]-[0111], fig. 1-14 & CN 204258035 U & JP 5567226 B2	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 08 March 2018 (08.03.2018)	Date of mailing of the international search report 20 March 2018 (20.03.2018)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/046089

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-164737 A (SONY CORP.) 30 August 2012, paragraphs [0062]-[0126], fig. 1-27 & US 2012/0201259 A1 paragraphs [0140]-[0220], fig. 1-27 & CN 102629732 A	1-14
A	WO 2010/138478 A1 (CORNING INCORPORATED) 02 December 2010, paragraphs [0012]-[0030], fig. 1-14 & US 2010/0303109 A1 & CN 102449521 A	1-14
A	WO 2007/108508 A1 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 27 September 2007, paragraphs [0015]-[0038], fig. 1-12 & US 2008/0166098 A1 paragraphs [0032]-[0056], fig. 1-12	1-14
A	EP 1492208 A2 (NEC CORPORATION) 29 December 2004, paragraphs [0048]-[0089], fig. 6-11 & US 2004/0264538 A1 & JP 2005-19820 A	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01S5/022(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01S5/40(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01S5/00-5/50, G02B6/42-6/43

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2018年
 日本国実用新案登録公報 1996-2018年
 日本国登録実用新案公報 1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2016/0013616 A1 (SUMITOMO ELECTRIC DEVICE INNOVATIONS, INC.) 2016.01.14, 段落[0029]-[0067], 図 1-18 & JP 2016-18121 A & JP 2016-28273 A	1-14
A	WO 2013/180291 A1 (古河電気工業株式会社) 2013.12.05, 段落[0016]-[0101], 図 1-14 & US 2015/0103853 A1 段落[0026]-[0111], 図 1-14 & CN 204258035 U & JP 5567226 B2	1-14

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 08.03.2018	国際調査報告の発送日 20.03.2018
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 大和田 有軌 電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2012-164737 A (ソニー株式会社) 2012. 08. 30, 段落[0062]-[0126], 図 1-27 & US 2012/0201259 A1 段落[0140]-[0220], 図 1-27 & CN 102629732 A	1-14
A	WO 2010/138478 A1 (CORNING INCORPORATED) 2010. 12. 02, 段落[0012]-[0030], 図 1-14 & US 2010/0303109 A1 & CN 102449521 A	1-14
A	WO 2007/108508 A1 (古河電気工業株式会社) 2007. 09. 27, 段落[0015]-[0038], 図 1-12 & US 2008/0166098 A1 段落[0032]-[0056], 図 1-12	1-14
A	EP 1492208 A2 (NEC CORPORATION) 2004. 12. 29, 段落[0048]-[0089], 図 6-11 & US 2004/0264538 A1 & JP 2005-19820 A	1-14