

(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

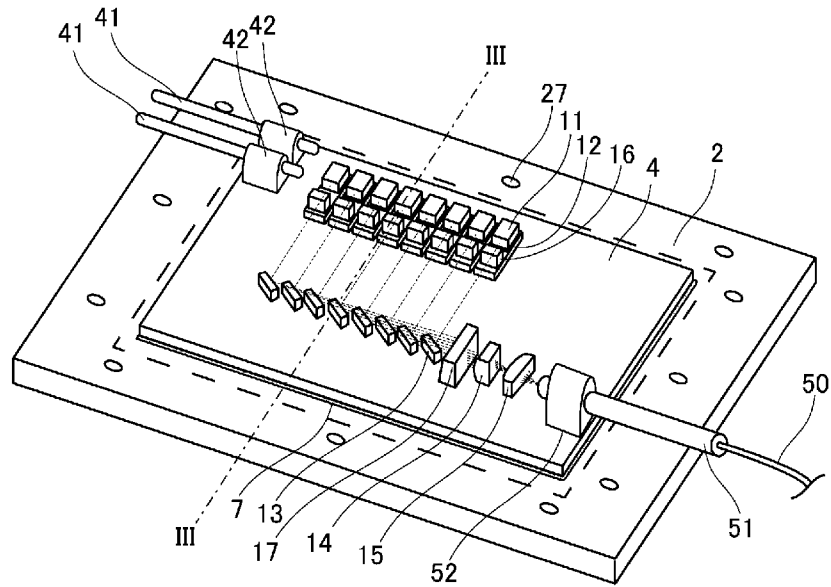
(43) 国際公開日
2018年9月20日(20.09.2018)



(10) 国際公開番号
WO 2018/168166 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01) *H01S 5/022* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/047285
- (22) 国際出願日: 2017年12月28日(28.12.2017)
- (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 2017-050055 2017年3月15日(15.03.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 葛西 洋平(KASAI Yohei); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 森村 靖男, 外 (MORIMURA Yasuo et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目10番9号 秋葉原花岡ビル6階 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, 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, 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,

(54) Title: OPTICAL MODULE
(54) 発明の名称: 光モジュール



(57) Abstract: An optical module (1) is provided with: laser diodes (11) that are a plurality of light emitting elements disposed on a same plane; and a plurality of mirrors (13) that reflect beams outputted from respective laser diodes (11). The mirrors (13) reflect the beams in the direction tilted with respect to the plane on which the laser diodes (11) are disposed, said beams having been outputted from respective laser diodes (11), and align the beams with each other in the fast-axis direction.



WO 2018/168166 A1

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: 光モジュール(1)は、同一平面上に配置される複数の発光素子であるレーザダイオード(11)と、それぞれのレーザダイオード(11)から出射されるそれぞれの光を反射する複数のミラー(13)と、を備え、複数のミラー(13)は、それぞれのレーザダイオード(11)から出射するそれぞれの光をレーザダイオード(11)が配置される平面に対して傾斜した方向に反射して互いにファスト軸方向に並べる。

明 細 書

発明の名称：光モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、光モジュールに関する。

背景技術

[0002] 光モジュールの一つとして、レーザダイオードから出射する光が光ファイバを介して出射するものが知られている。この光モジュールでは、筐体内から筐体外に光ファイバが導出されており、筐体内には、レーザダイオード、ミラー、レンズ、光ファイバ等の光学部品が配置されている。それぞれのレーザダイオードから出射する光は、集光された後に光ファイバに入射して、筐体外において光ファイバから出射する。

[0003] 例えば下記特許文献1には、階段状に形成されたマウント上に配置される複数のレーザダイオードと、それぞれのレーザダイオードに対応して設けられるミラーと、それぞれのミラーで反射された光を集光して光ファイバに入射させる集光レンズと、を備える光モジュールが開示されている。

[0004] また、下記特許文献2には、同一平面上に配置される複数のレーザダイオードと、それぞれのレーザダイオードから出射される光をコリメートするコリメート装置と、コリメートされた光の方向を変える回折格子と、それぞれの回折格子で向きを変えられた光を集光して光ファイバに入射させる集光レンズと、を備える光モジュールが開示されている。このような光モジュールに備えられるレーザダイオードは、当該レーザダイオードが配置される面に対して垂直方向に半導体層が積層されてなる。よって、このレーザダイオードから出射される光は、複数のレーザダイオードが配置される面に平行な方向がスロー軸方向とされる。また、下記特許文献2に記載の光モジュールでは、複数のレーザダイオードが配置される面に平行な面内において、それぞれのレーザダイオードから集光レンズまで光が伝搬する。よって、この光モジュールでは、複数のレーザダイオードから出射される光がスロー軸方向に

並んで集光レンズに入射する。

[0005] 特許文献1：米国特許第6124973号明細書

特許文献2：特開2015-72956号公報

発明の概要

[0006] 上記のような光モジュールでは、レーザダイオードが発する熱はマウントを介してヒートシンクへと伝えられる。ここで、上記特許文献1に記載の光モジュールのように階段状に形成されたマウント上に複数のレーザダイオードが配置される場合、各レーザダイオードで放熱経路の長さに差が生じる。このため、各レーザダイオードのジャンクション温度に差が生じやすくなる。各レーザダイオードのジャンクション温度に差が生じる場合、各レーザダイオードの寿命に差が生じ、光モジュールの信頼性設計が複雑になるという懸念がある。

[0007] また、上記特許文献2に記載の光モジュールでは、上記のように複数のレーザダイオードから出射される光がスロー軸方向に並べられる。しかし、レーザダイオードから出射される光はファスト軸に比べてスロー軸方向にコリメートされ難い。このため、上記特許文献2に記載された光モジュールでは、複数のレーザダイオードから出射される光を狭い領域に集光させ難く、高出力化が難しいという懸念がある。

[0008] そこで、本発明は、信頼性設計の複雑化が抑制され、高出力化された光を出射し得る光モジュールを提供することを目的とする。

[0009] 本発明の光モジュールは、同一平面上に配置される複数の発光素子と、それぞれの前記発光素子から出射されるそれぞれの光を反射する複数のミラーと、を備え、前記複数のミラーは、それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光を前記平面に対して傾斜した方向に反射して互いにファスト軸方向に並べることを特徴とする。

[0010] 上記光モジュールでは、それぞれの発光素子が同一平面上に配置されることによって、それぞれの発光素子から放出される熱の放熱経路の長さを揃え易くなる。このため、上記光モジュールは、それぞれの発光素子のジャンク

ション温度に差が生じることを抑制し、信頼性設計の複雑化が抑制され得る。また、上記光モジュールでは、複数の発光素子から出射される光が反射によりファスト軸方向に並べられることによって、複数の発光素子から出射される光が空間的に密に集められ得る。このため、上記光モジュールは、高出力化された光を出射し得る。

[0011] また、それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光がそれぞれの前記ミラーに入射する方向とそれぞれの前記ミラーで反射されて出射する方向との成す角 θ が、 0° より大きく 90° より小さいことが好ましい。

[0012] このようにそれぞれの発光素子から出射するそれぞれの光が所定の角度で反射されることによって、複数の発光素子から出射される光を反射によりファスト軸方向に並べ易くなる。

[0013] また、少なくとも一つの前記ミラーで反射された光は、ファスト軸方向において少なくとも一つの他の前記ミラーと重なることが好ましい。

[0014] このようにミラーで反射された反射光を他のミラーと重なるようにして伝搬させることにより、発光素子とミラーとの間隔を狭める等して光モジュールを小型化し得る。

[0015] また、それぞれの前記ミラーで反射される光は、それぞれの前記ミラーに入射する光のファスト軸方向から見て前記複数のミラーが並列される方向に反射されることが好ましい。

[0016] このようにしてそれぞれのミラーで光が反射されることによって、それぞれのミラーで反射されるそれぞれの光がスロー軸方向に互いにずれることが抑制され得る。このため、それぞれのミラーで反射されるそれぞれの光が狭い領域に集光され得る。

[0017] また、前記複数のミラーは、それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光を伝搬方向が互いに平行となるように反射することが好ましい。

[0018] このように光が反射されることによって、これらの光を集光レンズで集光して光ファイバに入射させる際に、高い結合効率を得やすくなる。

[0019] あるいは、前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズを更に

備え、それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光は、前記複数のミラーによってファスト軸方向において互いに近づくように反射され、前記集光レンズによって一点に集光されることも好ましい。

[0020] このようにして互いに近づくように反射された光を集光レンズで集光することによって、焦点位置を集光レンズに近付け易くなる。このため、光モジュールを小型化し得る。

[0021] あるいはまた、前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズを更に備え、それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光は、前記複数のミラーによってファスト軸方向において互いに離れるように反射され、前記集光レンズによって一点に集光されることも好ましい。

[0022] このように互いに離れるように複数のミラーで反射された光が集光レンズに入射するとき、集光レンズの外周側すなわち集光レンズの光軸から離れた位置に入射する光の入射角を大きくすることができる。このように集光レンズに光が入射することによって、集光レンズで集光される光の収差が小さくされ得る。

[0023] また、前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズと、前記複数のミラーと前記集光レンズとの間に配置される光屈折部材と、を更に備え、前記光屈折部材は、前記複数のミラーによって反射されたそれぞれの光の伝搬方向が前記集光レンズの光軸に対して平行に近づくように光を屈折させることが好ましい。

[0024] このような光屈折部材が備えられることによって、ミラーで反射された光の伝搬方向と集光レンズの光軸とが非平行である場合であっても、集光レンズの光軸に平行な光を集光レンズに入射させ易くなる。このため、複数のミラーで反射された光を集光するための集光レンズの設計及び配置の自由度が向上され得る。

[0025] あるいは、前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズを更に備え、前記集光レンズは、前記複数のミラーによって反射された光が入射する領域の中心における光の入射方向と前記集光レンズの光軸とが互いに平行

となるように配置されることも好ましい。

[0026] このように集光レンズが配置されることによって、上記のような光屈折部材を用いずに、光軸に平行な光を集光レンズに入射させ易くなる。

[0027] また、前記複数のミラーで反射された光が入射する光ファイバを更に備え、前記光ファイバのうち光が入射する側の端面は、前記光ファイバに入射する光の伝搬方向が前記光ファイバの光軸と平行な方向に近づくように光を屈折させる傾斜面を有することが好ましい。

[0028] 光ファイバの端面にこのような傾斜面が形成されることによって、光ファイバのコアを伝搬する光の伝搬方向を光ファイバの光軸に対して平行に近い方向とすることができるので、光がコアから漏れ出ることが抑制され得る。

[0029] また、前記ミラーは他の部材に固定される固定面を有し、前記固定面は前記他の部材のうち前記ミラーが固定される面に対して平行とされることが好ましい。

[0030] このようにミラーの固定面が形成されることによって、ミラーの固定面と他の部材とを固定する接着剤を均一な厚さとし得る。このため、温度や湿度の変化等によって接着剤の体積が変化する場合にミラーの反射面が傾くことが抑制され、ミラーによる光の反射方向が変化することが抑制され得る。

[0031] 以上のように、本発明によれば、信頼性設計の複雑化が抑制され、高出力化された光を出射し得る光モジュールが提供される。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]本発明の第1実施形態に係る光モジュールを示す斜視図である。

[図2]図1に示す光モジュールの蓋体を外した図である。

[図3]図2に示すIII-III線に沿った光モジュールの断面図である。

[図4]図2に示すミラーによって反射される光の光路を示す平面図である。

[図5]図2に示すミラーによって反射される光の光路を示す側面図である。

[図6]図2に示す集光レンズの入射面に入射する光の広がりを示す図である。

[図7]本発明の第2実施形態に係る光モジュールを図5と同様の視点で示す図である。

[図8]本発明の第3実施形態に係る光モジュールを図5と同様の視点で示す図である。

[図9]図8に示す光ファイバの端部を拡大して示す断面図である。

[図10]本発明の第4実施形態に係る光モジュールを図4と同様の視点で示す図である。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、本発明に係る光モジュールの好適な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

[0034] (第1実施形態)

図1は、本実施形態に係る光モジュールを示す斜視図である。図1に示すように、本実施形態の光モジュール1は、ベースプレート2及び蓋体3から成る筐体と、筐体内に固定される後述の光学部品と、一部の光学部品に電力を供給するコネクタ41とを備えている。

[0035] 図2は、図1に示す光モジュール1の蓋体3を外した図である。図2では、レーザダイオード11から出射する光の光路が破線で示されている。また、図3は、図2に示すIII-III線に沿った光モジュール1の断面図である。

[0036] ベースプレート2は、筐体の底板となる底面が平面状のプレートであり、本実施形態では図2及び図3に示すように平板状の部材である。ベースプレート2は金属から成り、ベースプレート2を構成する金属としては銅やステンレススチール等を挙げることができる。ベースプレート2には外周部に複数のねじ孔27が形成されている。

[0037] ベースプレート2上には、はんだ7によってサブマウント4が固定されている。サブマウント4は、平板状の基板であり、ベースプレート2よりも線膨脹係数が小さな材料から成る。例えば、ベースプレート2が銅から成る場合、サブマウント4は窒化アルミからなる。このようにサブマウント4が小さい線膨脹係数の材料から成ることによって、サブマウント4上に配置される光学部品が発する熱によるサブマウント4の膨張によって光モジュール1の光学的特性が変化することが抑制され得る。

- [0038] サブマウント4上には、光ファイバ50を含む光学部品が固定されている。本実施形態の光学部品は、発光素子であるレーザダイオード11、コリメートレンズ16、ミラー13、光屈折部材17、集光レンズである第1集光レンズ14及び第2集光レンズ15、光ファイバ50を含んで構成される。
- [0039] それぞれのレーザダイオード11は、活性層を含む複数の半導体層が積層されて成るファブリペロー構造を有する素子であり、例えば波長が900nm帯のレーザ光を出射する。また、それぞれのレーザダイオード11は、同一平面上に配置される。本実施形態では、それぞれのレーザダイオード11の活性層が一つの仮想の平面と重なるように、複数のレーザダイオード11が配置される。また、本実施形態では、それぞれのレーザダイオード11は、レーザマウント12上にはんだ等により固定されており、レーザマウント12を介してサブマウント4上に固定されている。レーザマウント12は、レーザダイオード11の高さを調整するための台であり、それぞれのレーザマウント12は、サブマウント4における外周側の位置に例えばはんだ付け等により固定されている。なお、このようにレーザマウント12がサブマウント4と別体とされて、レーザマウント12がサブマウント4上に固定されても良いが、レーザマウント12がサブマウント4と一体に成型されても良い。或いは、レーザダイオード11の高さ調整が不要の場合、このレーザマウント12は省略されても良い。
- [0040] コリメートレンズ16は、それぞれのレーザダイオード11に対応してレーザマウント12上に配置されている。コリメートレンズ16は、レーザダイオード11から出射する光のファスト軸方向の光、スロー軸方向の光をコリメートするレンズであり、一般的にファスト軸方向の光をコリメートするレンズとスロー軸方向の光のコリメートするレンズとの組み合わせからなる。またコリメートレンズ16は、レーザダイオード11と共にレーザマウント12上に接着等により固定されている。なお、上記のようにレーザマウント12が省略される場合、コリメートレンズ16は、レーザダイオード11と共にサブマウント4上に固定される。

- [0041] それぞれのミラー13はそれぞれのレーザダイオード11における光の出射方向側に設けられ、一つレーザダイオード11に対して一つのミラー13が設けられる。よって、ミラー13は、レーザダイオード11から出射してコリメートされた光を直接反射することができる。また、本実施形態では、複数のミラー13は、複数のレーザダイオード11の並列方向と平行に並列される。
- [0042] 図3に示すように、それぞれのミラー13は、レーザダイオード11からの光を反射する反射面13rとサブマウント4に固定される固定面13fとを有する。また、それぞれのミラー13において、反射面13rと固定面13fとの成す角は鋭角とされる。このため、固定面13fがサブマウント4の表面4fに対して平行となるようにミラー13が配置されることによって、反射面13rはサブマウント4の表面4fの法線に対して傾斜した傾斜面とされる。それぞれのミラー13が上記のように傾斜した反射面13rを有しており、後に詳述するように、複数のミラー13は、それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光を互いにファスト軸方向に並ぶように反射することができる。また、本実施形態では、それぞれのミラー13で反射される光が他のミラー13に遮られることが抑制され得るように複数のミラー13が配置されている。例えば、それぞれのミラー13で反射される光の95%以上が他のミラー13で遮られないことが好ましい。
- [0043] 本実施形態のミラー13は、例えば誘電体多層膜からなる反射膜によって反射面13rが表面に形成されたガラス体であり、固定面13fがサブマウント4の表面4fに接着剤により固定されている。このようなミラー13は、例えば直方体状のガラス体のうち固定面13fが形成される側の面を斜めに削った後に反射膜を形成することによって得られる。なお、反射面13rは金属膜によって形成されても良く、ミラー13はプリズムから構成されても良い。
- [0044] 光屈折部材17は、複数のミラー13と第1集光レンズ14との間に備えられ、サブマウント4に接着により固定されている。光屈折部材17は、複

数のミラー 13 によって反射されたそれぞれの光の伝搬方向が第 1 集光レンズ 14 の光軸に対して平行に近づくように光を屈折させる。本実施形態の光屈折部材 17 は、ミラー 13 側の面と第 1 集光レンズ 14 側の面とが非平行に形成されている。光屈折部材 17 はサブマウント 4 に固定される底面を有し、光屈折部材 17 のうち第 1 集光レンズ 14 側となる面は底面に対して垂直に形成され、ミラー 13 側となる面は底面との成す角が鋭角となるように形成されている。このため、光屈折部材 17 の底面がサブマウント 4 の表面 4 f と平行に固定された状態において、複数のミラー 13 で反射された光が光屈折部材 17 に入射してから透過するまでの距離は、サブマウント 4 から離れるに従って小さくなる。このような光屈折部材 17 は、ウェッジ基板であり、例えばガラスから成る。

[0045] 第 1 集光レンズ 14 及び第 2 集光レンズ 15 は、それぞれシリンドリカルレンズから成り、サブマウント 4 に接着により固定されている。第 1 集光レンズ 14 は、それぞれのミラー 13 で反射される光をファスト軸方向に集光し、第 2 集光レンズ 15 は、第 1 集光レンズ 14 から出射する光をスロー軸方向に集光する。本実施形態では、第 1 集光レンズ 14 及び第 2 集光レンズ 15 は、第 1 集光レンズ 14 の光軸及び第 2 集光レンズ 15 の光軸が複数のレーザダイオード 11 が配置される面と平行となるように配置される。また、本実施形態では、第 1 集光レンズ 14 の光軸と第 2 集光レンズ 15 の光軸とが一直線上となるように第 1 集光レンズ 14 及び第 2 集光レンズ 15 が配置される。さらに、第 1 集光レンズ 14 は、複数のミラー 13 によって反射された光が光屈折部材 17 を介して入射する領域の中心における光の入射方向と第 1 集光レンズ 14 の光軸とが平行となるように配置される。なお、これらの集光レンズから出射する光が所望の位置で集光しない場合には、他の集光レンズが更にサブマウント 4 上に配置されても良い。

[0046] 光ファイバ 50 は、パイプ状のホルダ 51 に挿通されて、ホルダ 51 に固定されている。本実施形態では、光ファイバ 50 の光の入射端となる一端がホルダ 51 から僅かに導出されている。ホルダ 51 はファイバマウント 52

に固定され、ファイバマウント52はサブマウント4に固定されている。光ファイバ50の一端は、第2集光レンズ15から出射する光が、コアに入射可能な位置とされる。本実施形態では、光ファイバ50は、光ファイバ50の光軸が複数のレーザダイオード11が配置される面と平行となるように配置される。なお、本実施形態では、光ファイバ50はホルダ51に接着剤やはん付けにより固定されており、ホルダ51はファイバマウント52に接着されることで固定され、ファイバマウント52はサブマウント4に接着により固定されている。

[0047] コネクタ41は、一对の棒状の導体から形成されており、それぞれの導体は一对のコネクタホルダ42に固定されている。それぞれのコネクタホルダ42は、サブマウント4に接着されて固定されている。コネクタ41の一方の導体は、コネクタ41に最も近いレーザダイオード11と図示しない金線により接続されており、それぞれのレーザダイオード11は図示しない金線によりデジチェーン接続されている。また、コネクタ41から最も離れたレーザダイオード11は、コネクタ41の他方の導体に図示しない金線により接続されている。

[0048] 蓋体3は、金属板がプレス加工されて成り、図1に示すように、トッププレート31と、枠体32と、鋳部33とから成る。トッププレート31は、筐体の天板となる部位であり、平板状の部材からなる。枠体32は、トッププレート31の周縁においてトッププレート31に垂直に連結される部位である。また、枠体32は、蓋体3がベースプレート2上に配置された状態で、サブマウント4及びサブマウント4上の光学部品等を囲む大きさとされる。また、枠体32及び鋳部33には、光ファイバ50を筐体内から筐体外に導出するための切り欠き、および、コネクタ41を筐体内から筐体外に導出するための切り欠きが形成されている。また、鋳部33には複数のねじ孔が形成されており、これらのねじ孔とベースプレート2のそれぞれのねじ孔27とにねじ25が螺入されることにより、ベースプレート2と蓋体3とが固定される。

- [0049] 次に、光モジュール1の光学的な動作について説明する。
- [0050] コネクタ41からそれぞれのレーザダイオード11に所望の電力が供給されると、図2に示すように、それぞれのレーザダイオード11は、それぞれのレーザダイオード11に対応するそれぞれのコリメートレンズ16に向かって光を出射する。この光は、上記のように例えば波長が900nm帯のレーザ光とされる。また、それぞれのレーザダイオード11から出射される光は、ファスト軸方向が複数のレーザダイオード11が配置される平面に対して直交する方向とされ、スロー軸方向が複数のレーザダイオード11が並列される方向と平行な方向とされる。
- [0051] それぞれのコリメートレンズ16では、レーザダイオード11から出射する光をコリメートして出射する。それぞれのコリメートレンズ16から出射した光は、対応するそれぞれのミラー13に入射する。それぞれのミラー13は、入射する光を次に説明するように反射する。
- [0052] 図4は、図2に示すミラー13によって反射される光の光路を示す平面図である。図5は、図2に示すミラー13によって反射される光の光路を示す側面図である。図4及び図5では、光モジュール1に備えられる一部の部材のみが概略的に示されており、それぞれのレーザダイオード11から出射する光の光路が破線で示されている。なお、第1集光レンズ14及び第2集光レンズ15は、図示しない台座を介してサブマウント4に固定されている。
- [0053] 本実施形態では、それぞれのミラー13で反射される光は、それぞれのミラー13に入射する光のファスト軸方向から見て複数のミラー13が並列される方向に反射される。また、本実施形態のミラー13の反射面13rは上記のように傾斜しており、複数のミラー13は、それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光をレーザダイオード11が配置される平面、すなわちサブマウント4の表面4fに対して傾斜した方向に反射させることができる。それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光がそれぞれのミラー13に入射する方向とそれぞれのミラー13で反射されて出射する方向との成す角 θ は、 0° より大きく 90° より小さくされる。こ

のため、それぞれのミラー13で反射される光は、図4及び図5に示すように、第1集光レンズ14側の隣に配置される他のミラー13のサブマウント4とは反対側の空間を伝搬する。このようにして、複数のミラー13は、それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光を互いにファスト軸方向に並ぶように反射することができる。さらに、本実施形態では、複数のミラー13は、それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光を伝搬方向が互いに平行となるように反射する。すなわち、それぞれのレーザダイオード11から出射される光が互いに平行である場合、それぞれのミラー13の反射面13rはサブマウント4の表面4fに対して概ね同じ角度とされる。

[0054] 上記のように複数のミラー13で反射された光は、光屈折部材17に入射する。光屈折部材17に入射する光は、図5に示すように、複数のミラー13によって反射されたそれぞれの光の伝搬方向が第1集光レンズ14の光軸に対して平行に近づくように屈折する。したがって、第1集光レンズ14には、光軸に対してほぼ平行な光が入射する。

[0055] 図6は、図2に示す第1集光レンズ14の入射面14fに入射する光の広がりを示す図である。複数のレーザダイオード11から出射されるそれぞれの光L1は、上記のように複数のミラー13の反射により互いにファスト軸が揃うように並べられる。このため、第1集光レンズ14の入射面14fに入射するときそれぞれの光L1は互いにファスト軸F方向に並べられている。なお、コリメートレンズ16において、レーザダイオード11から出射されるファスト軸F方向の光はシングルモードのためコリメートされ易く、スロー軸S方向の光はマルチモードのためファスト軸F方向の光に比べてコリメートされ難い。このため、図6に示すように、第1集光レンズ14に入射する光L1は、スロー軸S方向に対してファスト軸F方向の広がりが小さな光とされる。

[0056] 第1集光レンズ14に入射する光は、上記のようにファスト軸方向が集光される。第1集光レンズ14から出射する光は、第2集光レンズ15に入射

して、第2集光レンズ15により光のスロー軸方向が集光される。第2集光レンズ15により集光された光は、光ファイバ50のコアに入射して、光ファイバ50を伝搬する。こうして、光ファイバ50の他端から光が出射する。

[0057] 次に、光モジュール1の作用について説明する。

[0058] 上記のように光モジュール1は、同一平面上に配置される複数の発光素子であるレーザダイオード11と、複数のレーザダイオード11のそれぞれにおける光の出射方向側に設けられる複数のミラー13と、を備える。このように光モジュール1では、それぞれのレーザダイオード11が同一平面上に配置されることによって、それぞれのレーザダイオード11から放出される熱の放熱経路の長さを揃え易くなる。このため、光モジュール1は、それぞれのレーザダイオード11のジャンクション温度に差が生じることを抑制し、信頼性設計の複雑化が抑制され得る。

[0059] また、複数のミラー13は、上記のように、それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光を互いにファスト軸方向に並ぶように反射する。レーザダイオード11から出射される光は、上記のようにスロー軸方向に比べてファスト軸方向にコリメートされ易い。このため、複数のレーザダイオード11から出射されてコリメートされた光がファスト軸方向に並べられることによって、光が空間的に密に集められ易い。このため、光モジュール1では、複数のレーザダイオード11から出射される光が空間的に密に集められ得る。このため、光モジュール1は、高出力化された光を出射し得る。よって、光モジュール1では、多重化された高輝度な光が光ファイバ50を伝搬し得る。

[0060] なお、上記特許文献1のように階段状に形成されたマウント上に複数の発光素子が配置される形態において、それぞれの発光素子から出射される光が互いにファスト軸方向に並ぶように複数のミラーで反射する場合、それぞれの光の間隔は階段の加工精度に依存する。例えば、階段の寸法公差が大きい場合は結合効率が低下する。しかし、階段状のマウント等を安価で高精度に

作製することは難しい。一方、本実施形態の光モジュール1では、複数のレーザダイオード11が配置されるサブマウント4は平面状で良いため、サブマウント4を安価で高精度に形成することが容易である。

[0061] また、光モジュール1では、それぞれのミラー13で反射される光は、それぞれのミラー13に入射する光のファスト軸方向から見て複数のミラー13が並列される方向に反射される。このようにしてそれぞれのミラー13で光が反射されることによって、それぞれのミラー13で反射されるそれぞれの光がスロー軸方向に互いにずれることが抑制され得る。このため、それぞれのミラー13で反射されるそれぞれの光が狭い領域に集光され得る。

[0062] また、光モジュール1では、それぞれのミラー13で反射される光が他のミラー13に遮られることが抑制され得る。このようにしてそれぞれのミラー13で光が反射されることによって、複数のレーザダイオード11から出射される光が効率良く利用され得る。このため、複数のレーザダイオード11から出射される光が効率良く光ファイバ50に入射し得る。

[0063] また、光モジュール1では、複数のミラー13によって反射されたそれぞれの光の伝搬方向が第1集光レンズ14の光軸に対して平行に近づくように光を屈折させる光屈折部材17が、複数のミラー13と第1集光レンズ14との間に備えられる。このような光屈折部材17が備えられることによって、ミラー13で反射された光の伝搬方向と第1集光レンズ14の光軸とが非平行である場合であっても、第1集光レンズ14の光軸に平行な光を第1集光レンズ14に入射させ易くなる。このため、複数のミラー13で反射された光を集光するための第1集光レンズ14の設計及び配置の自由度が向上され得る。また、このような光屈折部材17が用いられることによって、複数のレーザダイオード11が配置される面と光軸が平行となるように第1集光レンズ14、第2集光レンズ15及び光ファイバ50を配置できるため、光モジュール1の製造が容易になり得る。

[0064] また、ミラー13は他の部材であるサブマウント4に固定される固定面13fを有し、固定面13fはサブマウント4のうちミラー13が固定される

表面4 fに対して平行とされる。このようにミラー13の固定面13 fが形成されることによって、ミラー13の固定面13 fとサブマウント4とを固定する接着剤を均一な厚さとし得る。このため、温度や湿度の変化等によって接着剤の体積が変化する場合にミラー13の反射面13 rが傾くことが抑制され、ミラー13による光の反射方向が変化することが抑制され得る。

[0065] また、光モジュール1では、同一平面上に複数のレーザダイオード11が配置されることによって、複数のレーザダイオードが階段状のマウント上に配置される場合に比べて、配置されるレーザダイオード11の数が多くなった場合に大型化することが抑制され得る。また、光モジュール1では、複数のレーザダイオード11の並列方向と複数のミラー13の並列方向とが互いに平行とされる。このため、これらの並列方向が非平行とされる場合に比べて、複数のレーザダイオード11及び複数のミラー13を配置するための領域が大きくなることが抑制され得る。よって、光モジュール1は大型化が抑制され得る。

[0066] (第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について図7を参照して詳細に説明する。なお、第1実施形態と同一又は同等の構成要素については、特に説明する場合を除き、同一の参照符号を付して重複する説明は省略する。

[0067] 図7は、本実施形態に係る光モジュールを図5と同様の視点で示す図である。本実施形態の光モジュール1 aは、光屈折部材17を備えてない点において第1実施形態と異なる。また、光モジュール1 aが光屈折部材17を備えていないことによって、第1集光レンズ14、第2集光レンズ15及び光ファイバ50の配置が第1実施形態と異なる。本実施形態では、第1集光レンズ14、第2集光レンズ15及び光ファイバ50の光軸は、複数のミラー13が配置される面に対して傾斜しており、第1集光レンズ14、第2集光レンズ15及び光ファイバ50の光軸は一直線に重なる。また、本実施形態では、第1集光レンズ14は、複数のミラー13によって反射された光が入射する領域の中心における光の入射方向と第1集光レンズ14の光軸とが平

行となるように配置される。このように第1集光レンズ14が配置されることによって、上記のような光屈折部材17を用いずに、光軸に平行な光が第1集光レンズ14に入射され得る。

[0068] (第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態について図8及び図9を参照して詳細に説明する。なお、第2実施形態と同一又は同等の構成要素については、特に説明する場合を除き、同一の参照符号を付して重複する説明は省略する。

[0069] 図8は、本実施形態に係る光モジュールを図5と同様の視点で示す図である。図9は、図8に示す光ファイバの端部を拡大して示す断面図である。図9において、矢印L2は光の伝搬方向を示している。本実施形態の光モジュール1bは、光ファイバ50の配置と入射端の形状が第2実施形態と異なる。本実施形態の光ファイバ50は、複数のレーザダイオード11が配置される面に対して光ファイバ50の光軸が平行となるように配置される。また、光ファイバ50のうち光が入射する側の端面50fは光ファイバ50に入射する光の伝搬方向が光ファイバ50の光軸と平行な方向に近づくように光を屈折させる傾斜面を有する。

[0070] 例えば、図9に示すように、光ファイバ50の光軸に対する端面50fの傾斜角を α とし、端面50fに入射する光の伝搬方向の光ファイバ50の光軸に対する角度を θ とし、光ファイバ50のコアの屈折率を n とする場合、下記式(1)が満たされることが好ましい。

$$\sin(90-\alpha+\theta) = n \cdot \sin(90-\alpha) \quad (1)$$

[0071] 光ファイバ50の端面50fがこのような傾斜面とされることによって、光ファイバ50のコアを伝搬する光の伝搬方向を光ファイバ50の光軸に対して平行に近い方向とすることができるので、光がコアから漏れ出ることが抑制され得る。

[0072] (第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態について図10を参照して詳細に説明する。なお、第1実施形態と同一又は同等の構成要素については、特に説明する場

合を除き、同一の参照符号を付して重複する説明は省略する。

[0073] 図10は、本実施形態に係る光モジュールを図4と同様の視点で示す図である。本実施形態の光モジュール1cは、それぞれのミラー13によって反射される光の方向が第1実施形態と異なる。また、ミラー13によって反射される光の伝搬方向に合わせて、光屈折部材17、第1集光レンズ14、第2集光レンズ15及び光ファイバ50の配置が第1実施形態と異なる。本実施形態では、それぞれのミラー13は、それぞれのミラー13で反射される光が第1集光レンズ14側の隣の他のミラー13とレーザダイオード11との間を伝搬するように、配置される。

[0074] 以上、本発明について、上記実施形態を例に説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0075] 例えば、上記第1から第3実施形態では、それぞれのミラー13で反射される光が第1集光レンズ14側の隣の他のミラー13のサブマウント4とは反対側の空間を伝搬する例を挙げて説明した。しかし、上記第4実施形態のように、それぞれのミラー13で反射される光が第1集光レンズ14側の隣の他のミラー13に対してレーザダイオード11側の空間を伝搬するように、複数のミラー13が配置されても良い。それぞれのミラー13で反射される光が伝搬する方向は、これらの実施形態に限定されず、第1集光レンズ14側の隣のミラー13に対していずれの方向の空間を伝搬しても良い。例えば、サブマウント4が透明な材料で構成されたりミラー13のサブマウント4側の一部が光を透過可能なように構成されたりすることによって、それぞれのミラー13で反射される光が第1集光レンズ14側の隣の他のミラー13のサブマウント4側を伝搬しても良い。ただし、少なくとも一つのミラー13で反射された光は、ファスト軸方向において少なくとも一つの他のミラー13と重なることが好ましい。このようにミラー13で反射された反射光を他のミラー13と重なるようにして伝搬させることにより、レーザダイオード11とミラー13との間隔を狭める等して光モジュールを小型化し得る。

- [0076] また、上記第1から第3実施形態では、複数のミラー13で反射された光が互いに平行な方向に伝搬する例を挙げて説明した。このように光が反射されることによって、これらの光を集光レンズで集光して光ファイバに入射させる際に、高い結合効率を得やすくなる。しかし、複数のミラー13は、それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光をファスト軸方向において互いに近づくように反射し、これらの光を集光レンズによって一点に集光させても良い。このようにして互いに近づくように反射された光を集光レンズで集光することによって、焦点位置を集光レンズに近付け易くなる。このため、光モジュールを小型化し得る。
- [0077] また、複数のミラー13は、それぞれのレーザダイオード11から出射するそれぞれの光をファスト軸方向において互いに離れるように反射し、これらの光を集光レンズによって一点に集光させても良い。このように互いに離れるように複数のミラー13で反射された光が集光レンズに入射するとき、当該集光レンズの外周側すなわち当該集光レンズの光軸から離れた位置に入射する光の入射角を大きくすることができる。このように集光レンズに光が入射することによって、集光レンズで集光される光の収差が小さくされ得る。
- [0078] また、これまでの実施形態では、それぞれのミラー13で反射される光が他のミラー13に遮られることが抑制され得る形態を例に挙げて説明した。しかし、それぞれのミラー13で反射される光のうち少なくとも一部の光が他のミラー13に遮られなければ良く、他の一部の光が他のミラー13に遮られても良い。また、それぞれのミラー13で反射される光は、互いに一部が重なり合っても良い。
- [0079] また、上記第1から第3実施形態では、図6に示すように、複数のレーザダイオード11から出射されて複数のミラー13で反射された光がファスト軸方向から見る場合に互いに重なる。しかし、本発明はこのような形態に限定されない。それぞれの発光素子から出射される光が、ファスト軸方向から見る場合に少なくとも他の一つの発光素子から出射される光の一部と重なるように、複数のミラーによって反射されれば良い。

[0080] 以上説明したように、本発明によれば、信頼性設計の複雑化が抑制されると共に高出力化された光を出射し得る光モジュールが提供され、例えばファイバレーザ装置等の分野において使用することができる。

符号の説明

[0081] 1, 1 a, 1 b, 1 c . . . 光モジュール
2 . . . ベースプレート
3 . . . 蓋体
4 . . . サブマウント
4 f . . . 表面
1 1 . . . レーザダイオード
1 2 . . . レーザマウント
1 3 . . . ミラー
1 3 f . . . 固定面
1 3 r . . . 反射面
1 4 . . . 第1集光レンズ
1 5 . . . 第2集光レンズ
1 7 . . . 光屈折部材
5 0 . . . 光ファイバ
5 0 f . . . 端面

請求の範囲

- [請求項1] 同一平面上に配置される複数の発光素子と、
それぞれの前記発光素子から出射されるそれぞれの光を反射する複数のミラーと、
を備え、
前記複数のミラーは、それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光を前記平面に対して傾斜した方向に反射して互いにファスト軸方向に並べる
ことを特徴とする光モジュール。
- [請求項2] それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光がそれぞれの前記ミラーに入射する方向とそれぞれの前記ミラーで反射されて出射する方向との成す角 θ が、 0° より大きく 90° より小さい
ことを特徴とする請求項1に記載の光モジュール。
- [請求項3] 少なくとも一つの前記ミラーで反射された光は、ファスト軸方向において少なくとも一つの前記ミラーと重なる
ことを特徴とする請求項1または2に記載の光モジュール。
- [請求項4] それぞれの前記ミラーで反射される光は、それぞれの前記ミラーに入射する光のファスト軸方向から見て前記複数のミラーが並列される方向に反射される
ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の光モジュール。
- [請求項5] 前記複数のミラーは、それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光を伝搬方向が互いに平行となるように反射する
ことを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の光モジュール。
- [請求項6] 前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズを更に備え、
それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光は、前記複数の

ミラーによってファスト軸方向において互いに近づくように反射され、前記集光レンズによって一点に集光されることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の光モジュール。

[請求項7] 前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズを更に備え、
それぞれの前記発光素子から出射するそれぞれの光は、前記複数のミラーによってファスト軸方向において互いに離れるように反射され、前記集光レンズによって一点に集光されることを特徴とする請求項1から4のいずれか1項に記載の光モジュール。

[請求項8] 前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズと、前記複数のミラーと前記集光レンズとの間に配置される光屈折部材と、を更に備え、
前記光屈折部材は、前記複数のミラーによって反射されたそれぞれの光の伝搬方向が前記集光レンズの光軸に対して平行に近づくように光を屈折させることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の光モジュール。

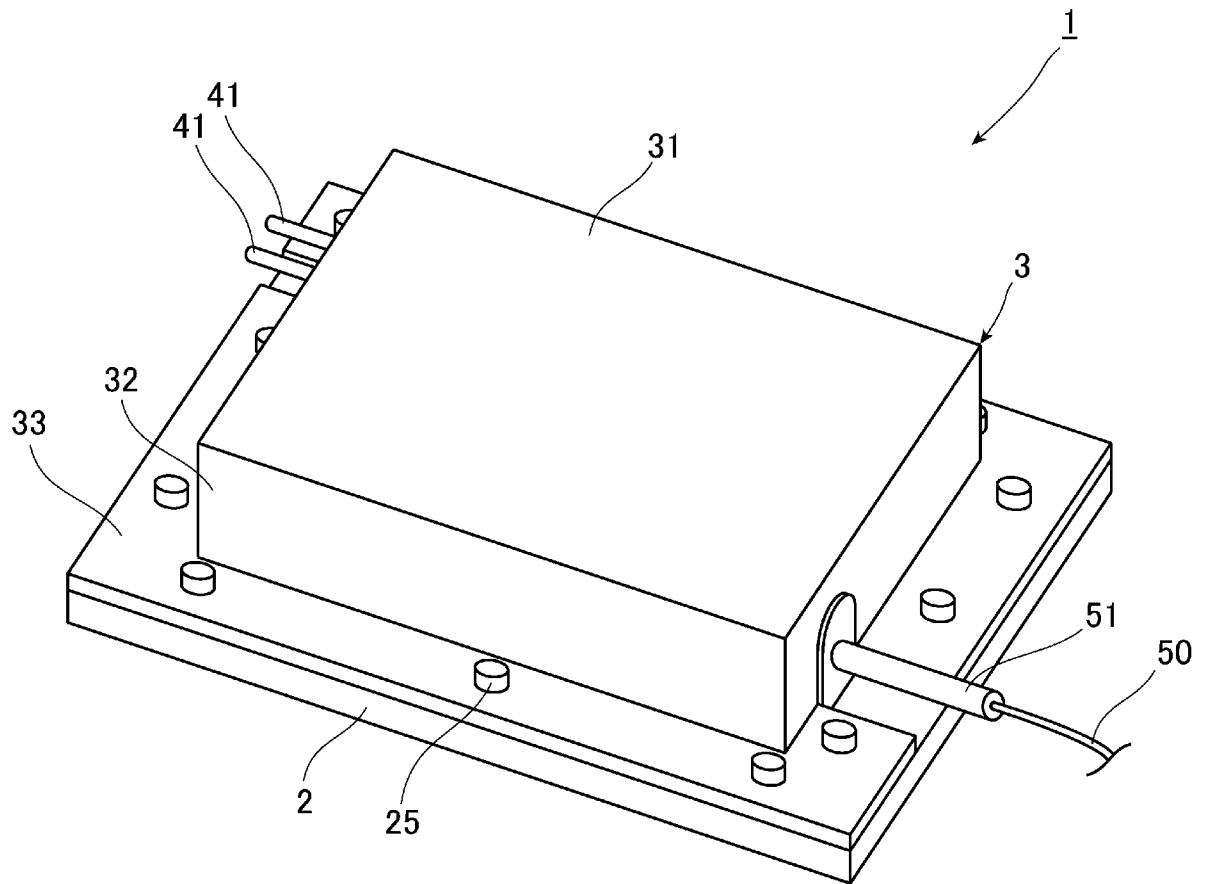
[請求項9] 前記複数のミラーで反射された光が入射する集光レンズを更に備え、
前記集光レンズは、前記複数のミラーによって反射された光が入射する領域の中心における光の入射方向と前記集光レンズの光軸とが互いに平行となるように配置されることを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載の光モジュール。

[請求項10] 前記複数のミラーで反射された光が入射する光ファイバを更に備え、

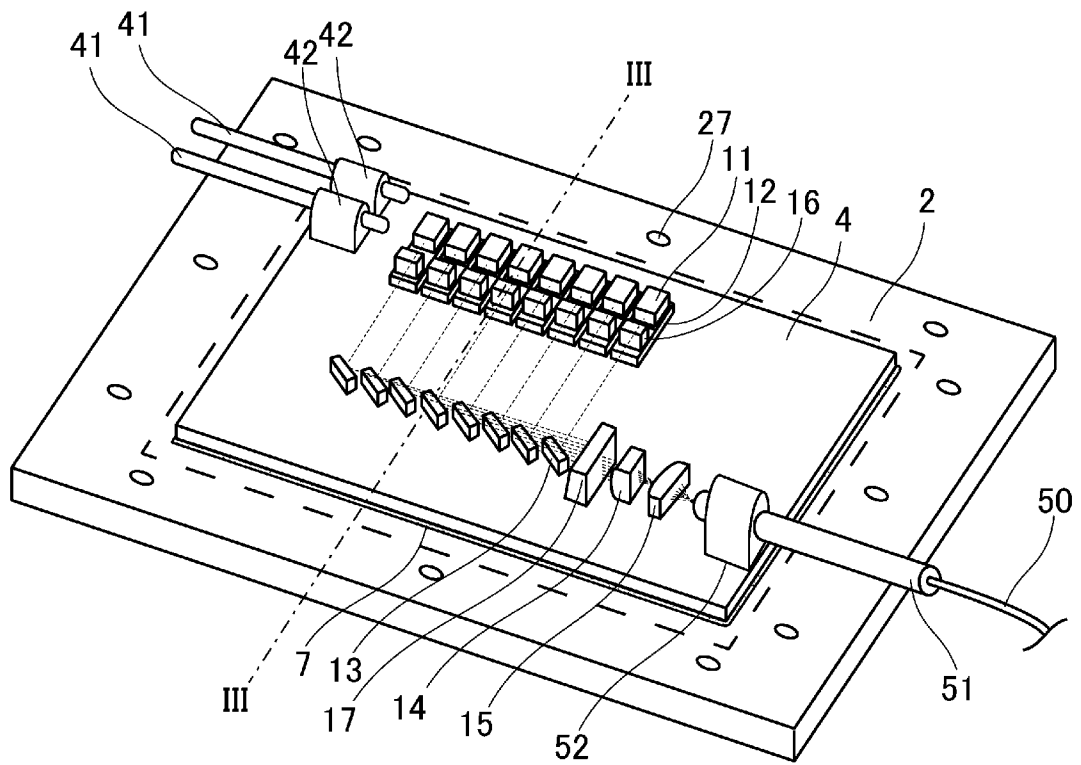
前記光ファイバのうち光が入射する側の端面は、前記光ファイバに入射する光の伝搬方向が前記光ファイバの光軸と平行な方向に近づくように光を屈折させる傾斜面を有することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

[請求項11] 前記ミラーは他の部材に固定される固定面を有し、前記固定面は前記他の部材のうち前記ミラーが固定される面に対して平行とされることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

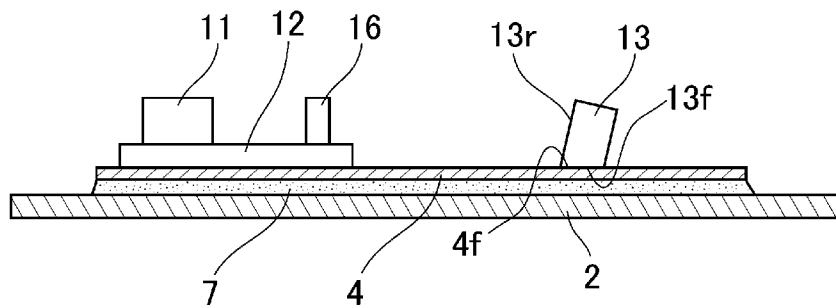
[図1]



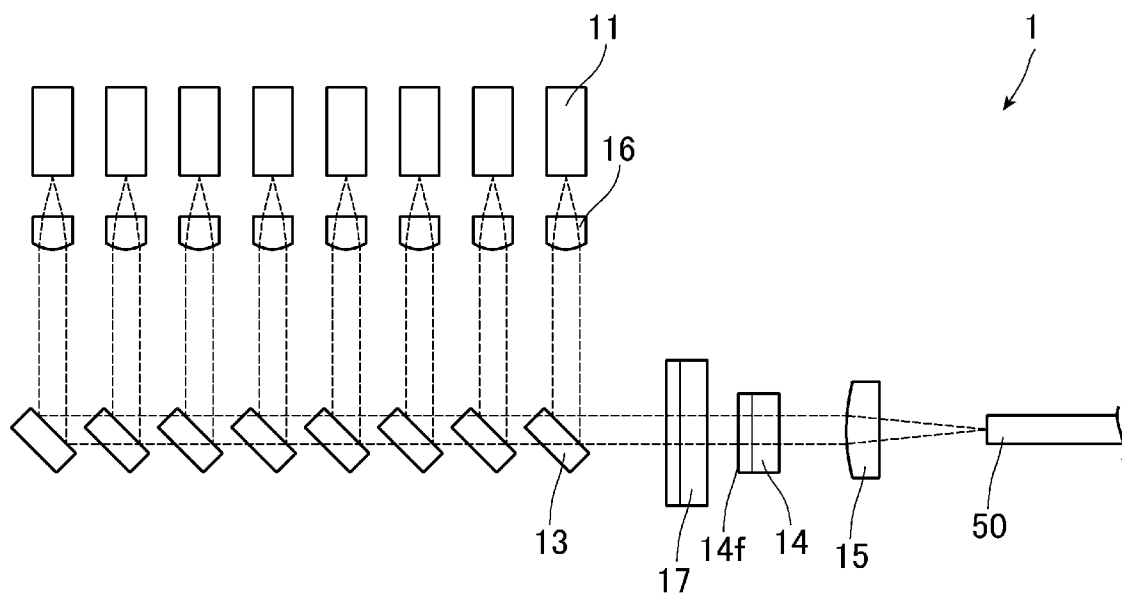
[図2]



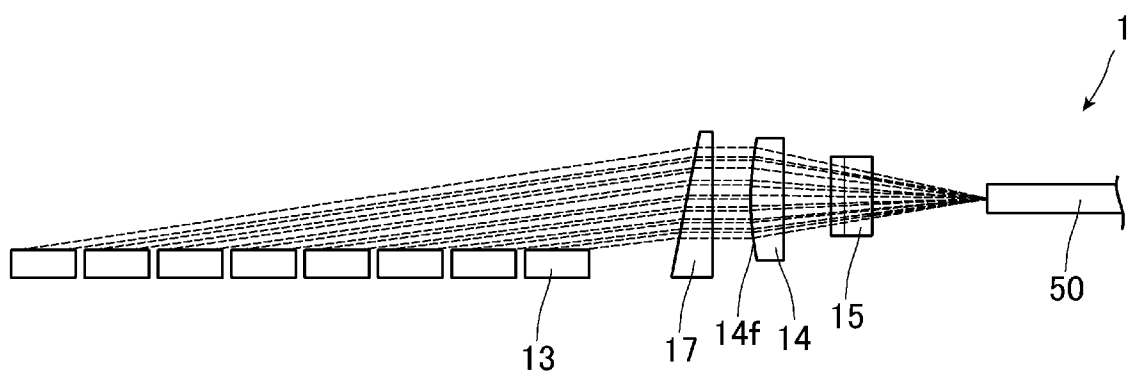
[図3]



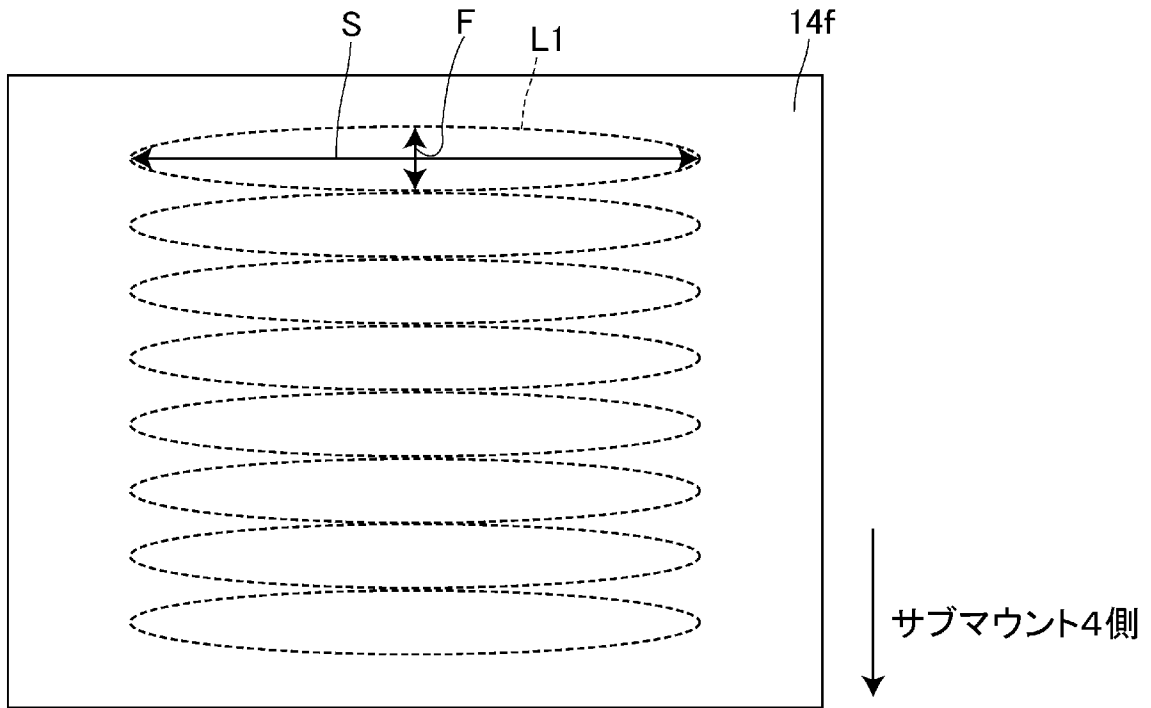
[図4]



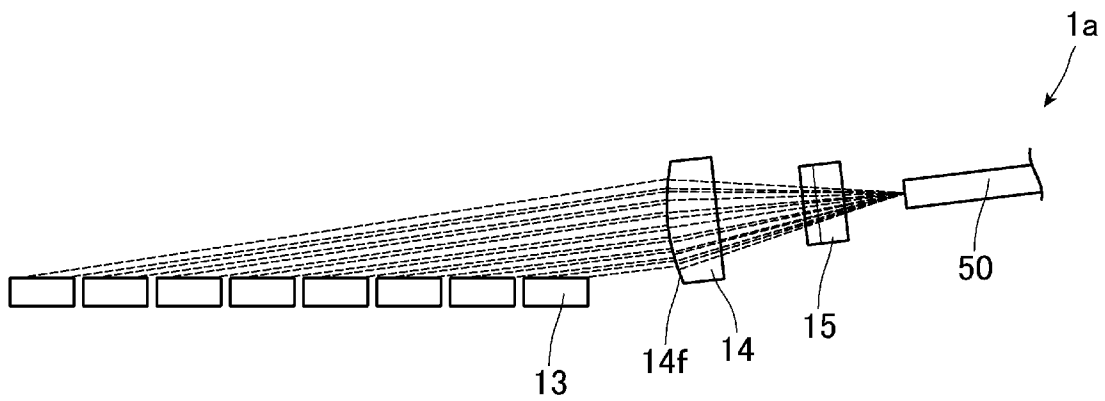
[図5]



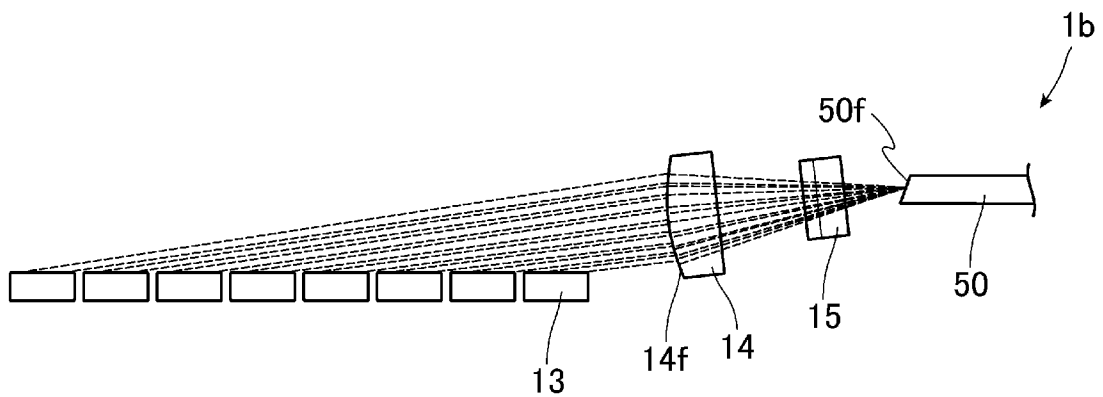
[図6]



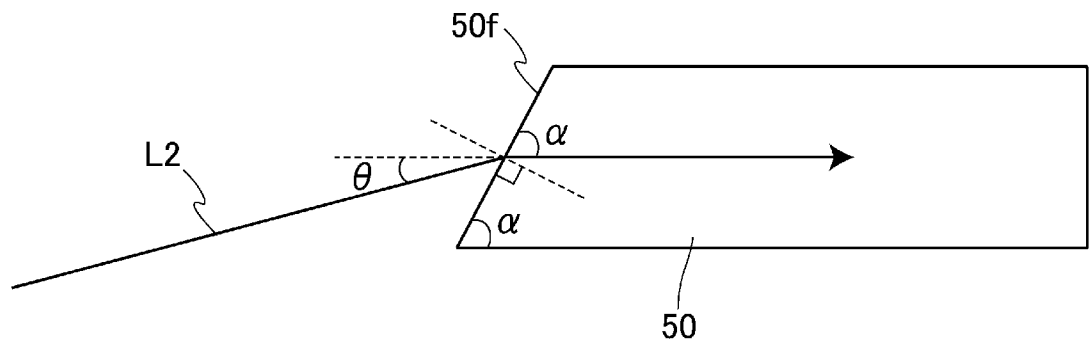
[図7]



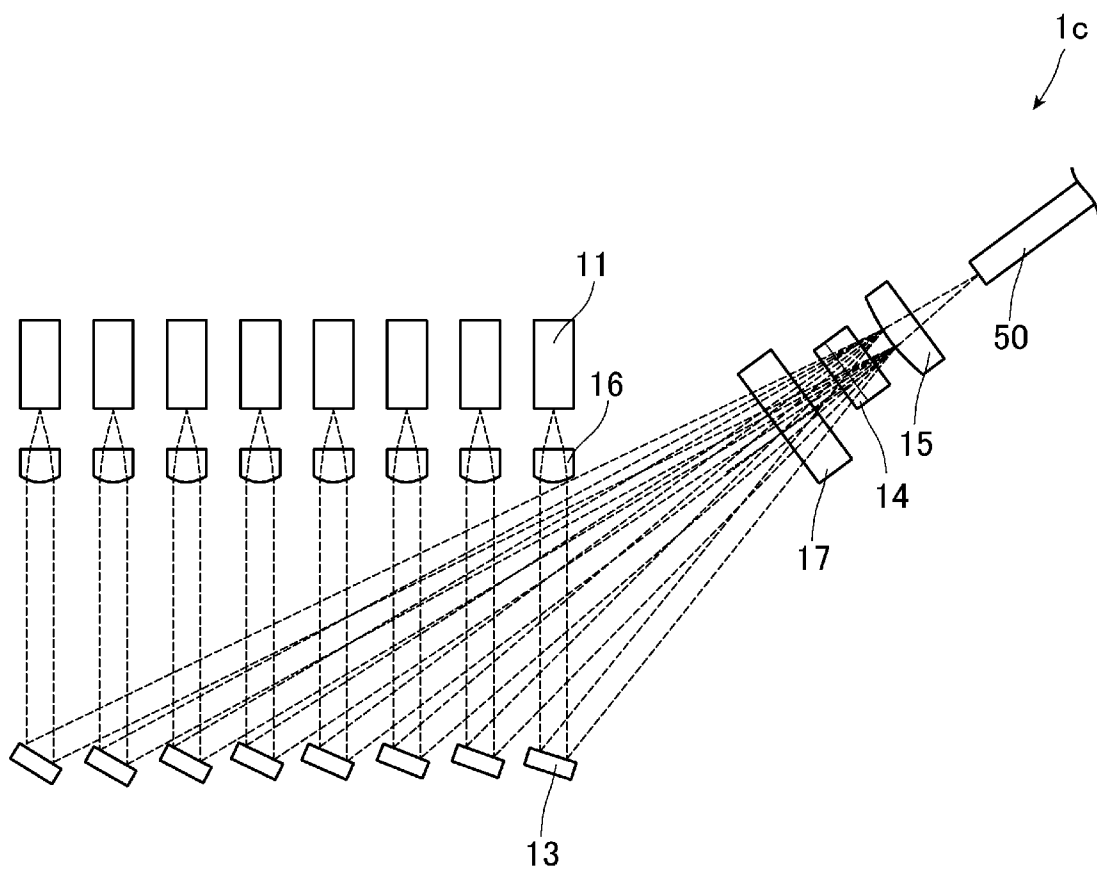
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/047285

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B6/42(2006.01) i, H01S5/022(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. G02B6/42-G02B6/43, H01S5/022

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.
X Y	JP 2015-148810 A (FUJIKURA LTD.) 20 August 2015, paragraphs [0101]-[0116], fig. 10 (Family: none)	1-7, 9, 11 8, 10
X Y	WO 2014/103451 A1 (FUJIKURA LTD.) 03 July 2014, paragraphs [0082]-[0098], fig. 10 & JP 2014-126852 A & US 2015/0280404 A1, paragraphs [0092]-[0109], fig. 10 & EP 2940503 A1 & CN 104704410 A	1-7, 9, 11 8, 10
X Y	US 2013/0194801 A1 (WOLF, Juergen) 01 August 2013, paragraphs [0055]-[0064], [0062], [0080]-[0087], fig. 1-8 & WO 2012/004381 A2 & DE 102010031199 A1	1-7, 9, 11 8, 10
Y	JP 2004-029335 A (SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) 29 January 2004, paragraphs [0021]-[0029], fig. 3-6 (Family: none)	8, 10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“I” 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
 “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
 “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
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 February 2018 (20.02.2018)

Date of mailing of the international search report
06 March 2018 (06.03.2018)

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/JP2017/047285

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6124973 A (DU, Kerning) 26 September 2000, entire text, all drawings & WO 1997/031284 A1 & DE 19780124 B4	1-11
A	JP 2016-224376 A (FUJIKURA LTD.) 28 December 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-11
A	US 2009/0245315 A1 (FAYBISHENKO, Victor) 01 October 2009, entire text, all drawings & US 2010/0158060 A1	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B6/42(2006.01)i, H01S5/022(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. G02B6/42-G02B6/43, H01S5/022

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
X Y	JP 2015-148810 A (株式会社フジクラ) 2015.08.20, 段落 [0101] - [0116]、[図10] (ファミリーなし)	1-7, 9, 11 8, 10
X Y	WO 2014/103451 A1 (株式会社フジクラ) 2014.07.03, 段落 [0082] - [0098]、[図10] & JP 2014-126852 A & US 2015/0280404 A1, 段落[0092]-[0109]、第10図 & EP 2940503 A1 & CN 104704410 A	1-7, 9, 11 8, 10
X	US 2013/0194801 A1 (WOLF, Juergen) 2013.08.01, 段落[0055]-	1-7, 9, 11

☑ 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

「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

20.02.2018

国際調査報告の発送日

06.03.2018

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)

下村 一石

2L

3810

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
Y	[0064]、[0062]、[0080]－[0087]、第1図－第8図 & W0 2012/004381 A2 & DE 102010031199 A1	8, 10
Y	JP 2004-029335 A (住友金属鉱山株式会社) 2004. 01. 29, 段落 [0021]－[0029]、[図3]－[図6] (ファミリーなし)	8, 10
A	US 6124973 A (DU, Keming) 2000. 09. 26, 全文、全図 & W0 1997/031284 A1 & DE 19780124 B4	1-11
A	JP 2016-224376 A (株式会社フジクラ) 2016. 12. 28, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11
A	US 2009/0245315 A1 (FAYBISHENKO, Victor) 2009. 10. 01, 全文、全図 & US 2010/0158060 A1	1-11