

(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2018-173610

(P2018-173610A)

(43) 公開日 平成30年11月8日(2018.11.8)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
GO2B 6/42 (2006.01)		GO2B	6/42	2H137
HO1S 5/022 (2006.01)		HO1S	5/022	5F173
HO1S 5/40 (2006.01)		HO1S	5/40	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2017-73135 (P2017-73135)
 (22) 出願日 平成29年3月31日 (2017. 3. 31)

(71) 出願人 000005186
 株式会社フジクラ
 東京都江東区木場1丁目5番1号
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
 (72) 発明者 片桐 健
 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
 Fターム(参考) 2H137 AB06 AC01 BA02 BB02 BB17
 BB25 BC08 BC55 CA12A CA15A
 CA75 CA78 CC02 CC05 HA07
 5F173 MB03 MC06 ME24 ME25 ME44
 ME64 ME87

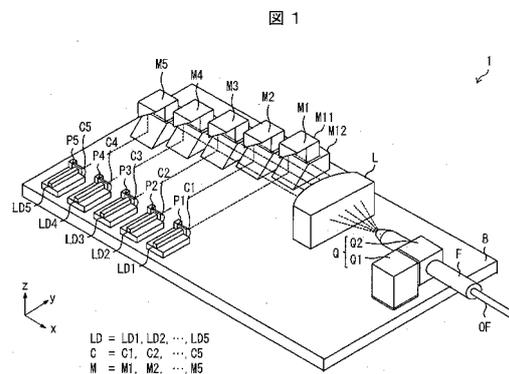
(54) 【発明の名称】 レーザモジュール

(57) 【要約】

【課題】 コリメートレンズを固定するための樹脂が膨張した場合に生じ得るレーザダイオード群と光ファイバとの結合効率の低下を、従来よりも小さく抑えたレーザモジュールを実現する。

【解決手段】 コリメートレンズ群 (C) を構成する各コリメートレンズ (C_i) を基板 (B) に固定するための樹脂 (R₁) が膨張したときに生じるビーム交差点の変位の方向と、光ファイバ (OF) を基板 (B) に固定するための樹脂 (R) が膨張したときに生じる光ファイバ (OF) の変位の方向とが共通である。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板と、

複数のレーザ光源からなるレーザ光源群であって、上記基板に固定されたレーザ光源群と、

上記レーザ光源群を構成する各レーザ光源から出力されたレーザビームをコリメートするコリメートレンズからなるコリメートレンズ群であって、第 1 樹脂を用いて各コリメートレンズが上記基板に固定されたコリメートレンズ群と、

上記コリメートレンズ群を構成する各コリメートレンズにてコリメートされたレーザビームからなるビーム束を集束する集束レンズであって、上記基板に固定された集束レンズと、

10

上記集束レンズにて集束されたビーム束を受光する光ファイバであって、第 2 樹脂を用いて上記基板に固定された光ファイバと、を備え、

上記第 1 樹脂が膨張したときに生じる上記ビーム束のビーム交差点の変位の方向と、上記第 2 樹脂が膨張したときに生じる上記光ファイバの変位の方向との成す角が 90°未満である、

ことを特徴とするレーザモジュール。

【請求項 2】

上記ビーム交差点の上記変位の方向と、上記光ファイバの上記変位の方向とが共通である、

20

ことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザモジュール。

【請求項 3】

上記ビーム交差点の上記変位の量と、上記光ファイバの上記変位の量とが略同一である、

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のレーザモジュール。

【請求項 4】

上記コリメートレンズ群と上記集束レンズとの間に介在するミラー群であって、上記コリメートレンズ群を構成する各コリメートレンズにてコリメートされたレーザビームを上記基板に交わる方向に反射する第 1 ミラーと、上記第 1 ミラーにて反射されたレーザビームを上記基板に沿う方向に反射する第 2 ミラーとを有する二連ミラーからなるミラー群を更に備え、

30

上記コリメートレンズ群を構成する各コリメートレンズは、上記第 1 樹脂が膨張したときに少なくとも上記基板に交わる方向に変位し、

上記光ファイバは、上記第 2 樹脂が膨張したときに上記基板に沿う方向に変位する、ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載のレーザモジュール。

【請求項 5】

底面が上記基板に固定された柱部と上記光ファイバを保持する梁部とを有する片持ち梁構造のファイバ支持体を更に備え、

上記梁部は、上記ビーム交差点の変位の方向を向く上記柱部の側面に、上記第 2 樹脂を用いて接着固定されている、

40

ことを特徴とする請求項 4 に記載のレーザモジュール。

【請求項 6】

底面が上記基板に固定されると共に、上記ビーム交差点の変位の方向を向く側面に U 字溝が形成された柱状のファイバ支持体を更に備え、

上記光ファイバは、上記 U 字溝に上記第 2 樹脂を用いて接着固定されている、

ことを特徴とする請求項 4 に記載のレーザモジュール。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、複数のレーザダイオードと光ファイバとを備えたレーザモジュールに関する

50

。

【背景技術】

【0002】

レーザビームを出力するための光源として、複数のレーザダイオードと光ファイバとを備えたレーザモジュールが広く用いられている。このようなレーザモジュールを開示した文献としては、例えば、特許文献1が挙げられる。

【0003】

特許文献1に記載のレーザモジュール10は、図5に示すように、(1)光軸が第1平面内に平行に並び、かつ、F軸が第1平面に直交するレーザビームからなる第1ビーム束を生成するレーザダイオード群LDと、(2)レーザダイオード群LDにて生成された第1ビーム束を構成する各レーザビームのF軸方向の広がりをコリメートするコリメートレンズ群Cと、(3)コリメートレンズ群Cにて各レーザビームのF軸方向の広がりがコリメートされた第1ビーム束を、光軸が第2平面内に平行に並び、かつ、F軸が第2平面に平行なレーザビームからなる第2レーザビーム束に変換するミラー群Mと、(4)ミラー群Mにて得られた第2ビーム束を構成する各レーザビームを第2平面内で屈折させることにより、第2ビーム束を集束する集束レンズLと、(5)集束レンズLにて集束された第2ビーム束を受光する光ファイバOFと、を備えている。光ファイバOFの先端は、フェルルールFにて保護されている。

10

【0004】

ミラー群Mを構成する各二連ミラー M_i ($i = 1 \sim 6$)は、第1ビーム束を構成する各レーザビームを反射する第1ミラー M_{i1} と、第1ミラーにて反射されたレーザビームを反射する第2ミラー M_{i2} とにより構成されている。レーザモジュール10においては、(a)各二連ミラー M_i の第1ミラー M_{i1} の向きを調整する(z軸を回転軸として微小回転することによって、第2ビーム束において対応するレーザビームの進行方向を仰角方向に変化させることができ、(b)各二連ミラー M_i の第2ミラー M_{i2} の向きを調整する(z軸を回転軸として微小回転することによって、第2ビーム束において対応するレーザビームの進行方向を方位角方向に変化させることができる。このため、ミラー群Mに入射する第1ビーム束を構成するレーザビームの進行方向にばらつきがあっても、各二連ミラー M_i の第1ミラー M_{i1} 及び第2ミラー M_{i2} の向きを調整することによって、進行方向にばらつきのないレーザビームからなる第2ビーム束を得ることができる。

20

30

【0005】

レーザモジュール10において、コリメートレンズ群Cを構成する各コリメートレンズ C_i は、例えば、柱状のレンズ支持体 P_i を用いて基板Bに固定される。このようなコリメートレンズの固定方法を開示した文献としては、例えば、特許文献2が挙げられる。また、レーザモジュール10において、光ファイバOFは、例えば、穴付き台座(不図示)を用いて基板Bに固定される。このような、光ファイバの固定方法を開示した文献としては、例えば、特許文献3が挙げられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2015-148810号公報(2015年8月20日公開)

【特許文献2】特開2015-128193号公報(2015年7月9日公開)

【特許文献3】特開2015-169794号公報(2015年9月8日公開)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従来のレーザモジュール10において、コリメートレンズ群Cを構成する各コリメートレンズ C_i は、図6に示すように、柱状のレンズ支持体 P_i を用いて基板Bに固定される。この際、樹脂R1を用いて基板Bの上面にレンズ支持体 P_i の底面が接着固定され、樹脂R2を用いてレンズ支持体 P_i の側面にコリメートレンズ C_i の側面が接着固定される

40

50

。これらの樹脂 R 1 ~ R 2 は、吸水膨張する。

【 0 0 0 8 】

基板 B とレンズ支持体 P i との接着に用いられる樹脂 R 1 が吸水膨張すると、図 6 に示すように、レンズ支持体 P i が基板 B から遠ざかる方向に変位する。その結果、コリメートレンズ C i が基板 B から遠ざかる方向、すなわち、コリメートレンズ C i に入射するレーザービームの F 軸と平行な方向に変位する。

【 0 0 0 9 】

そうすると、図 7 に示すように、ミラー群 M に入射する第 1 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向が仰角方向に変化する。その結果、図 7 に示すように、ミラー群 M から出射される第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向が方位角方向に変化する。図 7 においては、進行方向が変化する前のレーザービームの光軸を実線で、進行方向が変化した後のレーザービームの光軸を点線で示している。

10

【 0 0 1 0 】

集束レンズ L にて集束される前の第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向が上記のように変化すると、図 8 に示すように、集束レンズ L にて集束された後の第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向が変化し、その結果、これらのレーザービームの交差点が変位する。これにより、レーザーダイオード群 L と光ファイバ O F との結合効率が低下する。例えば、図 8 に示すように、集束レンズ L の光軸と光ファイバ O F の中心軸が一致している場合、交差点の変位の大きさが光ファイバ O F のコア半径を上回ると、これらのレーザービームを光ファイバ O F のコアに入射させることができなくなる。

20

【 0 0 1 1 】

なお、ここでは、コリメートレンズを接着固定するために用いる樹脂が吸水膨張した場合に生じ得る問題について説明したが、当該樹脂が吸水以外の原因（例えば、加熱）で膨張した場合にも同様の問題が生じ得る。また、光ファイバ O F を固定するために、基板 B の上面に接着固定された穴付き台座を用いる場合、穴付き台座を基板 B に固定するための接着剤の膨張によっても同様の問題が生じ得る。

【 0 0 1 2 】

また、レンズ支持体 P i を基板 B に接着固定する構成に代えて、レンズ支持体 P i を基板 B に半田固定する構成を採用すれば、上述したような問題を回避することができる。しかしながら、支持体 P i を基板 B に半田固定するために要するコストは、支持体 P i を基板 B に接着固定するために要するコストを大幅に上回る。なぜなら、支持体 P i を基板 B に半田固定する場合、双方の接合面にメタライズ加工を施す必要があるからである。したがって、複数のレーザーダイオード L D 1 ~ L D n を備えたレーザーモジュール 1 0 において、レンズ支持体 P 1 ~ P n を基板 B に半田固定する方法は、商業的観点から不利が生じ得る。

30

【 0 0 1 3 】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、コリメートレンズを固定するための樹脂が膨張した場合に生じ得るレーザーダイオード群と光ファイバとの結合効率の低下を、従来よりも小さく抑えたレーザーモジュールを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

40

【 0 0 1 4 】

本発明に係るレーザーモジュールは、基板と、複数のレーザー光源からなるレーザー光源群であって、上記基板に固定されたレーザー光源群と、上記レーザー光源群を構成する各レーザー光源から出力されたレーザービームをコリメートするコリメートレンズからなるコリメートレンズ群であって、第 1 樹脂を用いて各コリメートレンズが上記基板に固定されたコリメートレンズ群と、上記コリメートレンズ群を構成する各コリメートレンズにてコリメートされたレーザービームからなるビーム束を集束する集束レンズであって、上記基板に固定された集束レンズと、上記集束レンズにて集束されたビーム束を受光する光ファイバであって、第 2 樹脂を用いて上記基板に固定された光ファイバと、を備え、上記第 1 樹脂が膨張したときに生じる上記ビーム束のビーム交差点の変位の方向と、上記第 2 樹脂が膨張したと

50

きに生じる上記光ファイバの変位の方向との成す角が90°未満である、ことを特徴とする。

【0015】

上記の構成によれば、上記第1樹脂が膨張した場合に生じ得る、上記レーザ光源群と上記光ファイバとの結合効率の低下を、抑えることができる。

【0016】

本発明に係るレーザモジュールにおいては、上記ビーム交差点の上記変位の方向と、上記光ファイバの上記変位の方向とが共通である、ことが好ましい。

【0017】

上記の構成によれば、上記第1樹脂が膨張した場合に生じ得る、上記レーザ光源群と上記光ファイバとの結合効率の低下を、更に抑えることができる。

10

【0018】

本発明に係るレーザモジュールにおいては、上記ビーム交差点の上記変位の量と、上記光ファイバの上記変位の量とが略同一である、ことが好ましい。

【0019】

上記の構成によれば、上記第1樹脂が膨張した場合に生じ得る、上記レーザ光源群と上記光ファイバとの結合効率の低下を、更に抑えることができる。

【0020】

本発明に係るレーザモジュールは、上記コリメートレンズ群と上記集束レンズとの間に介在するミラー群であって、上記コリメートレンズ群を構成する各コリメートレンズにてコリメートされたレーザビームを上記基板に交わる方向に反射する第1ミラーと、上記第1ミラーにて反射されたレーザビームを上記基板に沿う方向に反射する第2ミラーとを有する二連ミラーからなるミラー群を更に備え、上記コリメートレンズ群を構成する各コリメートレンズは、上記第1樹脂が膨張したときに少なくとも上記基板に交わる方向に変位し、上記光ファイバは、上記第2樹脂が膨張したときに上記基板に沿う方向に変位する、ことが好ましい。

20

【0021】

上記の構成によれば、上記ミラー群を有するレーザモジュールにおいて、上記第1樹脂が膨張した場合に生じ得る、上記レーザ光源群と上記光ファイバとの結合効率の低下を、抑えることができる。

30

【0022】

本発明に係るレーザモジュールは、底面が上記基板に固定された柱部と上記光ファイバを保持する梁部とを有する片持ち梁構造のファイバ支持体を更に備え、上記梁部は、上記ビーム交差点の変位の方向を向く上記柱部の側面に、上記第2樹脂を用いて接着固定されている、ことが好ましい。

【0023】

上記の構成によれば、上記ミラー群を有するレーザモジュールにおいて、上記第1樹脂が膨張した場合に生じ得る、上記レーザ光源群と上記光ファイバとの結合効率の低下を、簡単な構成のファイバ支持体によって抑えることができる。

【0024】

本発明に係るレーザモジュールは、底面が上記基板に固定されると共に、上記ビーム交差点の変位の方向を向く側面にU字溝が形成された柱状のファイバ支持体を更に備え、上記光ファイバは、上記U字溝に上記第2樹脂を用いて接着固定されている、ことが好ましい。

40

【0025】

上記の構成によれば、上記ミラー群を有するレーザモジュールにおいて、上記第1樹脂が膨張した場合に生じ得る、上記レーザ光源群と上記光ファイバとの結合効率の低下を、更に簡単な構成のファイバ支持体によって抑えることができる。

【発明の効果】

【0026】

50

本発明によれば、コリメートレンズを固定するための樹脂が膨張した場合に生じ得るレーザダイオード群と光ファイバとの結合効率の低下を、従来よりも小さく抑えたレーザモジュールを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の実施形態1に係るレーザモジュールの構成を示す斜視図である。

【図2】図1に示すレーザモジュールが備えるファイバ支持体の断面図である。

【図3】図1に示すレーザモジュールが備える集束レンズ及び光ファイバの平面図である。

【図4】図1に示すレーザモジュールが備えるファイバ支持体の変形例を示す断面図である。

10

【図5】従来のレーザモジュールの構成を示す斜視図である。

【図6】図5に示すレーザモジュールが備えるコリメートレンズ及びレンズ支持体の断面図である。

【図7】図5に示すレーザモジュールが備えるレーザダイオード、コリメートレンズ、レンズ支持体、二連ミラー、及び集束レンズの斜視図である。

【図8】図5に示すレーザモジュールが備える集束レンズ及び光ファイバの平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

20

〔レーザモジュールの構成〕

本発明の一実施形態に係るレーザモジュール1の構成について、図1及び図2を参照して説明する。図1は、レーザモジュール1の構成を示す斜視図である。図2は、レーザモジュール1が備えるファイバ支持体Qの断面図である。

【0029】

レーザモジュール1は、図1に示すように、1つの基板Bと、 n 個のレーザダイオードLD1～LD n からなるレーザダイオード群LDと、 n 個のコリメートレンズC1～C n からなるコリメートレンズ群Cと、 n 個のレンズ支持体P1～P n からなるレンズ支持体群Pと、 n 個の二連ミラーMiからなるミラー群Mと、1つの集束レンズLと、1つの光ファイバOFと、1つのフェルールFと、1つのファイバ支持体Qとを備えている。図1においては、 $n = 5$ の場合の構成を例示しているが、 n は任意の自然数である。レーザモジュール1から、レーザダイオード群LDと光ファイバOFと支持体Qを除いたものを、導光装置と呼ぶ。

30

【0030】

レーザダイオードLD i (i は、1以上 n 以下の自然数)は、レーザビームを生成するための構成である。本実施形態においては、図示した座標系において、活性層が x - y 平面と平行になるように、かつ、出射端面が z - x 平面と平行になるように、基板B上に載置されたレーザダイオードを、レーザダイオードLD1～LD n として用いる。レーザダイオードLD i からは、進行方向が y 軸正方向に一致し、F (Fast) 軸が z 軸と平行であり、S (Slow) 軸が x 軸と平行であるレーザビームが出力される。これらのレーザダイオードLD1～LD n は、各レーザダイオードLD i の出射端面が x 軸と平行な直線上に位置するように配置されており、レーザダイオードLD1～LD n から出力されたレーザビームは、光軸が x - y 平面と平行な平面(以下、「第1平面」と記載する)内に並び、かつ、F軸が z 軸と平行な(第1平面と直交する)レーザビームからなる平行束(以下、「第1ビーム束」と記載)を構成する。なお、第1の平面は、レーザダイオードLD1～LD n から出力されたレーザビームの光軸を含む仮想的な平面であり、物理的な実体ではない。

40

【0031】

レーザダイオードLD i にて生成されたレーザビームの光路上には、コリメートレンズC i が配置されている。コリメートレンズC i は、第1ビーム束を構成するレーザビームのうち、対応するレーザダイオードLD i から出力されたレーザビームのF軸方向の広が

50

りをコリメートするための構成である。本実施形態においては、図示した座標系において、平坦面（入射面）が y 軸負方向を向き、湾曲面（出射面）が y 軸正方向を向き、 yz 平面に平行な断面の y 軸正方向側の外縁が円弧を描くように配置された平凸シリンドリカルレンズを、コリメートレンズ $C_1 \sim C_n$ として用いる。

【0032】

コリメートレンズ C_i の側方には、レンズ支持体 P_i が配置されている。レンズ支持体 P_i は、対応するコリメートレンズ C_i を支持するための構成である。本実施形態においては、図示した座標系において、4つの側面がそれぞれ x 軸正方向、 y 軸正方向、 x 軸負方向、及び y 軸負方向を向き、上面及び下面がそれぞれ z 軸正方向及び z 軸負方向を向くように配置された直方体状のガラスブロックを、レンズ支持体 $P_1 \sim P_n$ として用いる。図6に示したように、レンズ支持体 P_i の底面は、樹脂 R_1 を用いて基板 B の上面に接着固定されている。また、コリメートレンズ C_i の x 軸負方向側の側面は、樹脂 R_2 を用いてレンズ支持体 P_i の x 軸正方向側の側面に接着固定されている。なお、本実施形態においては、レンズ支持体 P_i を介してコリメートレンズ C_i を基板 B に固定する構成を採用しているが、本発明はこれに限定されない。すなわち、コリメートレンズ C_i を基板 B に直接固定する構成を採用してもよい。この場合、コリメートレンズ C_i と基板 B の上面とが、直接、樹脂を用いて接着固定されることになる。

10

【0033】

コリメートレンズ C_i にて F 軸方向の広がりコリメートされたレーザビームの光路上には、二連ミラー M_i が配置されている。二連ミラー M_i は、基板 B の上面に載置され、その下面が基板 B の上面に接着固定された第1ミラー M_{i1} と、第1ミラー M_{i1} の上面に載置され、その下面が第1ミラー M_{i1} の上面に接着固定された第2ミラー M_{i2} とにより構成されている。第1ミラー M_{i1} は、図示した座標系において、法線ベクトルが z 軸正方向と 45° を成す反射面を有しており、第1ビーム束を構成するレーザビームのうち、対応するコリメートレンズにてコリメートされたレーザビームを反射して、その進行方向を y 軸正方向から z 軸正方向に変換すると共に、その F 軸を z 軸と平行な状態から y 軸と平行な状態に変換する。また、第2ミラー M_{i2} は、図示した座標系において、法線ベクトルが z 軸正方向と 135° を成す反射面を有しており、対応する第1ミラー M_{i1} にて反射されたレーザビームを反射して、その進行方向を z 軸正方向から略 x 軸正方向に変換すると共に、その S 軸を x 軸と平行な状態から z 軸と平行な状態に変換する。二連ミラー M_i においては、(a) 第1ミラー M_{i1} の向きを調整する (z 軸を回転軸として微小回転することによって、第2ミラー M_{i2} にて反射されたレーザビームの進行方向を仰角方向に変化させることができ、(b) 第2ミラー M_{i2} の向きを調整する (z 軸を回転軸として微小回転することによって、第2ミラー M_{i2} にて反射されたレーザビームの進行方向を方位角方向に変化させることができる。

20

30

【0034】

これらの二連ミラー $M_1 \sim M_n$ は、各レーザダイオード LD_i から二連ミラー M_i までの光路長 l_i が $l_1 < l_2 < \dots < l_n$ となるように配置されており、第2ミラー $M_{12} \sim M_{n2}$ にて反射されたレーザビームは、光軸が xy 平面と平行な平面（以下、「第2平面」と記載）内に並び、 F 軸が xy 平面と平行な（第2平面と平行な）レーザビームからなるビーム束（以下、「第2ビーム束」と記載する）を構成する。すなわち、ミラー群 M は、光軸が xy 平面と平行な第1平面内に並び、かつ、 F 軸が第1平面と直交するレーザビームからなる第1ビーム束を、光軸が xy 平面と平行な第2平面内に並び、 F 軸が第2平面と平行なレーザビームからなる第2ビーム束に変換する。なお、ミラー群 M にて得られる第2ビーム束が平行束となるか、収斂束となるか、発散束となるかは、例えば、第2ミラー $M_{12} \sim M_{n2}$ の向きによって決まる。本実施形態においては、第2ビーム束が収斂束を構成するように、第2ミラー $M_{12} \sim M_{n2}$ の向きを定めている。なお、第2平面は、第2ミラー $M_{12} \sim M_{n2}$ から出力されたレーザビームの光軸を含む仮想的な平面であり、物理的な実体ではない。

40

【0035】

50

ミラー群Mにて得られた第2ビーム束の光路上には、集束レンズLが配置されている。集束レンズLは、第2ビーム束を構成する各レーザビームを第2平面内で屈折させることによって、第2ビーム束を集束するための構成である。本実施形態においては、図示した座標系において、湾曲面(入射面)がx軸負方向を向き、平坦面(出射面)がx軸正方向を向き、xy平面に平行な断面のx軸負方向側の外縁が円弧を描くように配置された平凸シリンドリカルレンズを、集束レンズLとして用いる。このため、集束レンズLは、第2ビーム束を集束する機能の他に、第2ビーム束を構成する各レーザビームを、そのF軸径が次第に小さくなるように集光する機能を担う。集束レンズLにて集束された後の第2ビーム束を構成するレーザビームは、一点で交差する。集束レンズLにて集束された後の第2ビーム束を構成するレーザビームが交差する点を、以下、ビーム交差点と呼ぶ。

10

【0036】

光ファイバOFは、入射端面がx軸負方向を向くように、かつ、入射端面の中心にビーム交差点が位置するように配置されている。光ファイバOFの先端は、フェルーフFにより保護されており、フェルーフFと共にファイバ支持体Qにより支持されている。

【0037】

ファイバ支持体Qは、柱部Q1と梁部Q2とを有する片持ち梁構造の支持体である。本実施形態においては、図示した座標系において、4つの側面がそれぞれx軸正方向、y軸正方向、x軸負方向、及びy軸負方向を向き、上面及び下面がそれぞれz軸正方向及びz軸負方向を向くように配置された直方体状のガラスブロックを、柱部Q1及び梁部Q2として用いている。梁部Q2には、図示した座標系においてx軸正方向側からx軸負方向側に貫通する貫通孔が設けられている。この貫通孔にフェルーフFを挿嵌することによって、光ファイバOFの先端をファイバ支持体Qに固定することができる。

20

【0038】

ファイバ支持体Qの柱部Q1の底面は、図2に示すように、半田Sによって基板Bの上面に半田固定されている。また、ファイバ支持体Qの梁部Q2のy軸負方向側の側面は、図2に示すように、樹脂Rによって柱部Q1のy軸正方向側の側面に接着固定されている。この際、梁部Q2は、その上面が柱部Q1の上面と面一になるように、柱部Q1に固定される。梁部Q2全体の高さは、柱部Q1全体の高さよりも小さいので、梁部Q2の下面は、基板Bの上面から離間する。

【0039】

なお、各コリメートレンズCiから対応する二連ミラーMiに至るレーザビームの光路上には、このレーザビームのS軸方向の広がりコリメートするためのコリメートレンズが設けられていてもよい。また、集束レンズLから光ファイバOFに至る第2ビーム束の光路上には、この第2ビーム束を構成する各レーザビームを、そのS軸径が次第に小さくなるように集光するための集光レンズが設けられていてもよい。これにより、各レーザダイオードLDiにて生成されるレーザビームのS軸方向の広がり角が大きい場合であっても、レーザダイオード群LDと光ファイバOFとの結合効率を高く保つことが可能になる。

30

【0040】

なお、本実施形態においては、各二連ミラーMiの第2ミラーMi2として、外表面を反射面とするミラーを用いているが、本発明はこれに限定されない。すなわち、各二連ミラーMiの第2ミラーMi2として、内表面を反射面とするプリズムを用いてもよい。この場合、第1ミラーMi1にて反射されたレーザビームは、このプリズムの内部に入射し、このプリズムの内表面(このプリズムと空気の境界面)にて全反射され、このプリズムの外部に出射されることになる。

40

【0041】

〔レーザモジュールの効果〕

次に、レーザモジュール1の効果について、図3を参照して説明する。図3は、レーザモジュール1が備える集束レンズL及び光ファイバOFの平面図である。

【0042】

50

上述したように、第1ビーム束を構成する各レーザビームをコリメートするコリメートレンズC_iは、下面が基板Bの上面に接着固定されたレンズ支持体P_iにより支持されている。したがって、レンズ支持体iの下面を基板Bの上面に接着固定するための樹脂R1(図6参照)が吸水膨張すると、コリメートレンズC_iは、少なくともz軸正方向に変位する。そうすると、ビーム交差点(集束レンズLにて集束された後の第2ビーム束を構成するレーザビームが交差する点)は、図3に示すように、y軸正方向に変位する。

【0043】

また、上述したように、光ファイバOFは、y軸負方向側の側面がファイバ支持体Qの柱部Q1のy軸正方向側の側面に接着固定されたファイバ支持体Qの梁部Q2により支持されている。したがって、梁部Q2のy軸負方向側の側面を柱部Q1のy軸正方向側の側面に接着固定するための樹脂R(図2参照)が吸水膨張すると、光ファイバOFは、図3に示すように、y軸正方向に変位する。

10

【0044】

すなわち、コリメートレンズ群Cを構成する各コリメートレンズC_iを基板Bに固定するための樹脂R1が膨張したときに生じるビーム束のビーム交差点の変位の方向と、光ファイバOFを基板Bに固定するための樹脂Rが膨張したときに生じる光ファイバOFの変位の方向とが共通である。したがって、光ファイバOFが不動の場合と比べて、或いは、光ファイバOFの変位の方向がビーム交差点の変位の方向と共通でない場合と比べて、樹脂R1が吸水膨張したときに生じ得る結合効率の低下が小さく抑えられる。特に、樹脂R1が吸水膨張したときに生じるビーム交差点の変位量と樹脂Rが吸水膨張したときに生じる光ファイバOFの変位量とが等しい場合には、結合効率の低下をより一層小さく抑えることが可能となる。なお、ビーム交差点の変位の方向と光ファイバOFの変位の方向との成す角が90°未満であれば、上記の効果と同様の効果を得ることができる。すなわち、例えば、ビーム交差点の変位の方向がy軸正方向ではなくz軸正方向である場合やビーム交差点の変位の方向がy軸正方向およびz軸正方向の両方向の場合であっても、上記の効果と同様の効果を得ることができる。また、ビーム交差点の変位の量と光ファイバOFの変位の量とが略同一であれば、上記の効果がより一層顕著になる。ここで、ビーム交差点の変位の量と光ファイバOFの変位の量とが略同一であるとは、両者の変位の量の差が十分に小さいこと、例えば、上述した両者の変位の量の差がこの両者の変位の量の5%に収まることを指す。

20

30

【0045】

特に、図2におけるファイバ支持体Qは、少なくとも、柱部Q1、梁部Q2と両者の側面を接着固定するための樹脂Rだけで構成されているので、比較的、簡易な構成で結合効率の低下を小さく抑えることが可能となる。特に、柱部Q1、梁部Q2がそれぞれ直方体状の構成であれば、比較的複雑な加工をしなくても、より一層簡易な構成で結合効率の低下を小さく抑えることが可能となる。

【0046】

なお、上記の効果を最大限に得るために、乾燥状態において光ファイバOFの入射端面の中心にビーム交差点が形成されるよう、各二連ミラーM_iにおける第2ミラーM_{i2}の向きが調整されていることが好ましい。このため、レーザモジュール1を製造する際には、各レンズ支持体P_iを基板Bに接着固定するための樹脂R1及びファイバ支持体Qの梁部Q2をファイバ支持体Qの柱部Q1に接着固定するための樹脂をアニール処理等により乾燥させた後、光ファイバOFの入射端面の中心にビーム交差点が形成されるよう、各二連ミラーM_iにおける第2ミラーM_{i2}の向きが調整することが好ましい。

40

【0047】

〔ファイバ支持体の変形例〕

次に、ファイバ支持体Qの変形例について、図4を参照して説明する。図4は、本変形例に係るファイバ支持体Qの断面図である。

【0048】

本変形例に係るファイバ支持体Qは、直方体状のガラスブロックのy軸正方向側の側面

50

に、x軸正方向側の側面からx軸負方向側の側面に至るU字溝Q3を形成したものである。このU字溝Q3は、フェルールFのy軸正方向側の半分を収容するためのものであり、半径がフェルールFの半径よりも僅かに大きい半円形の断面形状を有している。フェルールFは、このU字溝Q3に充填された樹脂R3によってファイバ支持体Qに接着固定される。ファイバ支持体Qの下面が半田Sによって基板Bの上面に半田固定される点については、図2に示したファイバ支持体Qと同様である。

【0049】

本変形例に係るファイバ支持体Qを用いたレーザモジュール1においても、フェルールFをファイバ支持体Qに接着固定するための樹脂R3が吸水膨張すると、光ファイバOFがy軸正方向に変位する。したがって、図2に示したファイバ支持体Qを備えたレーザモジュール1と同様の効果が得られる。また、光ファイバOFは、樹脂R3を介してU字溝Q3の内部に設けられているので、光ファイバOFの固定の安定性をより向上させることが可能となる。

10

【0050】

〔付記事項〕

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【符号の説明】

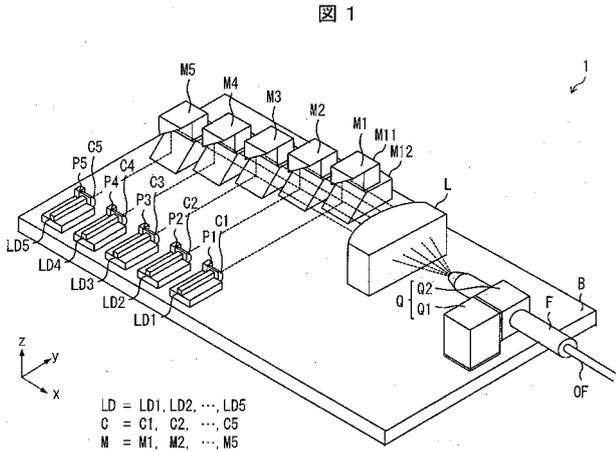
【0051】

1	レーザモジュール
LD	レーザダイオード群（レーザ光源群）
LD1～LD5	レーザダイオード
C	コリメートレンズ群
C1～C5	コリメートレンズ
P	レンズ支持体群
P1～P5	レンズ支持体
M	ミラー群
M1～M5	二連ミラー
L	集束レンズ
OF	光ファイバ
F	フェルール
Q	ファイバ支持体
Q1	柱部
Q2	梁部
R, R1, R2, R3	樹脂

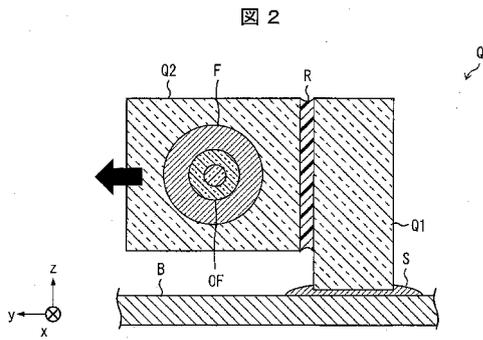
20

30

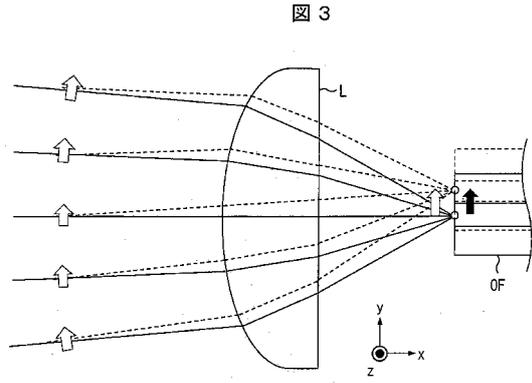
【 図 1 】



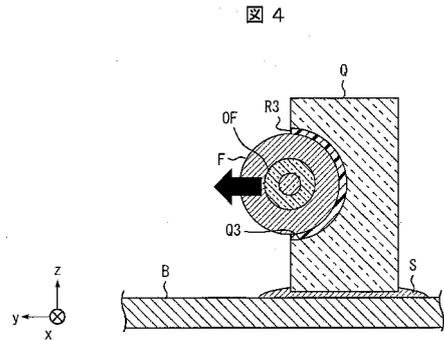
【 図 2 】



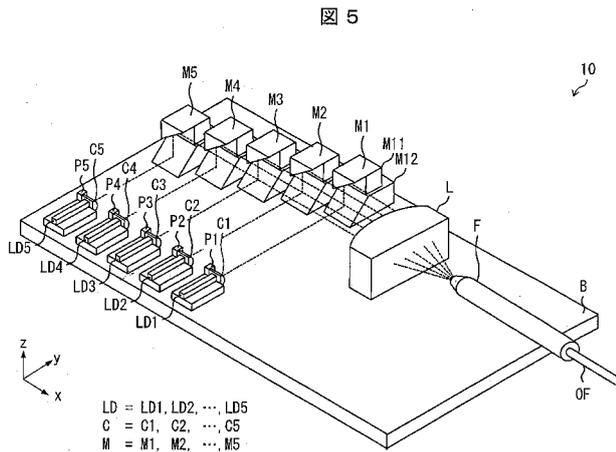
【 図 3 】



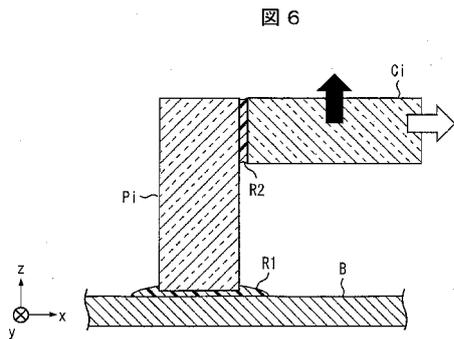
【 図 4 】



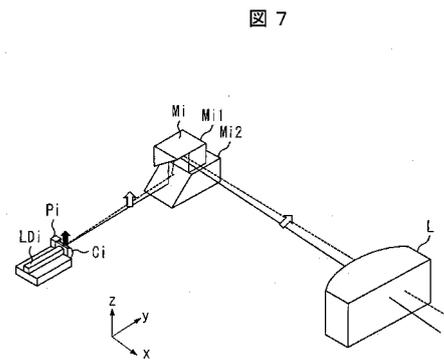
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】

