

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6413030号  
(P6413030)

(45) 発行日 平成30年10月24日 (2018. 10. 24)

(24) 登録日 平成30年10月5日 (2018.10.5)

(51) Int. Cl. F I  
**GO 2 B 6/42 (2006.01)** GO 2 B 6/42  
**GO 2 B 7/00 (2006.01)** GO 2 B 7/00 F

請求項の数 11 (全 19 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-557224 (P2017-557224)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成29年9月8日 (2017.9.8)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2017/032525</p> <p>審査請求日 平成30年3月29日 (2018.3.29)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2017-15860 (P2017-15860)</p> <p>(32) 優先日 平成29年1月31日 (2017.1.31)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国(JP)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 000005186 株式会社フジクラ 東京都江東区木場1丁目5番1号</p> <p>(74) 代理人 110000338 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT &amp; TRADEMARK</p> <p>(72) 発明者 葛西 洋平 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</p> <p>審査官 野口 晃一</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導光装置、レーザモジュール、及び導光装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光軸が第1平面内に並び、かつ、F軸が上記第1平面に交わる複数のレーザビームからなる第1ビーム束を、光軸が第2平面内に並び、かつ、F軸が上記第2平面に沿う複数のレーザビームからなる第2ビーム束に変換するミラー群と、

上記ミラー群の前段に設けられたコリメートレンズ群であって、上記第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からなるコリメートレンズ群と、

上記ミラー群の後段に設けられた集束レンズであって、上記第2ビーム束を構成する各レーザビームを屈折させることにより、上記第2ビーム束を集束する集束レンズと、

上記第1平面と平行な上面を有する基板と、

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を支持する支柱であって、第1の樹脂によって該コリメートレンズの側面が該支柱の側面に接着固定され、第2の樹脂によって該支柱の底面が上記基板の上面に接着固定された支柱からなる支柱群と、を備え、

上記集束レンズに集束される前の上記第2ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向は、上記集束レンズに集束された後の上記第2ビーム束を構成する複数のレーザビームが上記集束レンズの光軸上に単一の交差点を形成するときの進行方向を基準方向として、上記第1の樹脂及び上記第2の樹脂の膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、上記基準方向からオフセットされている、  
 ことを特徴とする導光装置。

## 【請求項 2】

上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向は、各レーザービームの伝播角のオフセット量が同一符号になるように、上記基準方向からオフセットされている、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の導光装置。

## 【請求項 3】

上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向は、上記集束レンズへの入射位置が上記集束レンズの光軸から遠いレーザービームほど伝播角のオフセット量が小さくなるように、上記基準方向からオフセットされている、  
ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の導光装置。

10

## 【請求項 4】

上記第 1 の樹脂は、上記コリメートレンズの下面に付着したフィレット部を有している

ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の導光装置。

## 【請求項 5】

上記第 1 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向を y 軸正方向、上記基板と直交する方向であって、上記基板の下面から上記基板の上面に向かう方向を z 軸正方向として

上記コリメートレンズは、平坦面が y 軸負方向を向き、湾曲面が y 軸正方向を向き、y z 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であり、

20

上記湾曲面でも上記平坦面でもない上記コリメートレンズの側面が、上記支柱の側面に接着固定されている、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載の導光装置。

## 【請求項 6】

上記ミラー群は、上記第 1 ビーム束を構成する各レーザービームを反射する第 1 ミラーと、該第 1 ミラーにて反射されたレーザービームを反射する第 2 ミラーとを備えた二連ミラーにより構成されており、

上記ミラー群を構成する各二連ミラーは、上記ミラー群を構成する他の二連ミラーから独立しており、

30

上記第 2 ビーム束は、上記ミラー群を構成する各二連ミラーの第 2 ミラーにて反射されたレーザービームからなる、

ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 の何れか 1 項に記載の導光装置。

## 【請求項 7】

上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向は、上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの光軸の延長が上記集束レンズの出射側に単一の交差点を形成するように設定されている、  
ことを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか 1 項に記載の導光装置。

## 【請求項 8】

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の、該コリメートレンズにてコリメートされるレーザービームの光源からの距離は、該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の F 軸径が上記交差点において最小となるように設定されている、  
ことを特徴とする請求項 1 ~ 7 の何れか 1 項に記載の導光装置。

40

## 【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 の何れか 1 項に記載の導光装置と、上記第 1 ビーム束を構成する各レーザービームを出力するレーザーダイオードからなるレーザーダイオード群と、上記第 2 ビーム束が入力される光ファイバと、を備えていることを特徴とするレーザーモジュール。

## 【請求項 10】

上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザービームの進行方向は、上記オフセットによる上記光ファイバとの結合効率の低下率が 1 % 未満になるよう

50

に設定されている、  
ことを特徴とする請求項 9 に記載のレーザモジュール。

【請求項 11】

光軸が第 1 平面内に並び、かつ、F 軸が上記第 1 平面に交わる複数のレーザビームからなる第 1 ビーム束を、光軸が第 2 平面内に並び、かつ、F 軸が上記第 2 平面に沿う複数のレーザビームからなる第 2 ビーム束に変換するミラー群と、上記ミラー群の前段に設けられたコリメートレンズ群であって、上記第 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からなるコリメートレンズ群と、上記ミラー群の後段に設けられた集束レンズであって、上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームを屈折させることにより、上記第 2 ビーム束を集束する集束レンズと、上記第 1 平面と平行な上面を有する基板と、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を支持する支柱であって、第 1 の樹脂によって該コリメートレンズの側面が該支柱の側面に接着固定され、第 2 の樹脂によって該支柱の底面が上記基板の上面に接着固定された支柱からなる支柱群と、を備えた導光装置の製造方法であって、

10

上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向を、上記集束レンズに集束された後の上記第 2 ビーム束を構成する複数のレーザビームが上記集束レンズの光軸上に単一の交差点を形成する進行方向を基準方向として、上記第 1 の樹脂及び上記第 2 の樹脂の膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、上記基準方向からオフセットさせる工程を含んでいる、  
ことを特徴とする導光装置の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ビーム束を導光する導光装置に関する。また、そのような導光装置を備えたレーザモジュール、及び、そのような導光装置を製造する製造方法に関する。

【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。

30

【0003】

特許文献 1 に記載のレーザモジュール 10 は、図 8 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。

40

【0004】

ミラー群 M を構成する各二連ミラー  $M_i$  は、図 9 に示すように、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) ことにより、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) ことにより、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

50

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<sub>i</sub>の第1ミラーM<sub>i1</sub>及び第2ミラーM<sub>i2</sub>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。

【0005】

しかしながら、図8に示すように、集束レンズLにて集束される前の第2ビーム束が平行束（光軸が互いに平行なレーザビームの集合）である場合、図10の(a)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レーザビームが一点で交差しない。これは、集束レンズLが球面収差を持つからである。このため、第2ビーム束を構成するレーザビームを光ファイバOFに漏れなく入射させることが困難となり、その結果、レーザダイオード群LDと光ファイバOFとの結合効率が低下する。

10

【0006】

このような問題の解決に資する技術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。特許文献2には、以下のことが記載されている。すなわち、図10の(b)に示すように、集束レンズにて集束される前のビーム束を収斂束（光軸同士の間隔が光源から遠ざかるに従って次第に狭くなるレーザビームの集合）とすることによって、集束レンズにて集束された後のビーム束を構成するレーザビームを一点で交差させることができる。また、図10の(c)に示すように、集束レンズにて集束される前のビーム束を発散束（光軸同士の間隔が光源から遠ざかるに従って次第に広がるレーザビームの集合）とすることによって、集束レンズにて集束された後のビーム束を構成するレーザビームを一点で交差させることができる。

20

【0007】

特許文献2に記載の技術を利用した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3が挙げられる。特許文献3に記載のレーザモジュール20は、図11に示すように、特許文献1に記載のレーザモジュール10において、集束レンズLにて集束される前の第2ビーム束が収斂束となるように、各二連ミラーM<sub>i</sub>の第2ミラーM<sub>i2</sub>の向きを調整したものである。これにより、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を一点で交差させることができる。その結果、レーザダイオード群LDと光ファイバOFとの結合効率を特許文献1に記載のレーザモジュール10よりも高くすることができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】国際公開第2014/034428号

【特許文献2】日本国公開特許公報「特開平7-199117号」

【特許文献3】日本国公開特許公報「特開2014-126852号」

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献3に記載のレーザモジュール20には、以下のような問題が残されていた。

40

【0010】

すなわち、特許文献3に記載のレーザモジュール20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<sub>i</sub>は、図12に示すように、支柱P<sub>i</sub>を用いて基板Bに固定される。この際、樹脂R<sub>1</sub>を用いて基板Bの上面に支柱P<sub>i</sub>の底面が接着固定され、樹脂R<sub>2</sub>を用いて支柱P<sub>i</sub>の側面にコリメートレンズC<sub>i</sub>の側面が接着固定される。これらの樹脂R<sub>1</sub>~R<sub>2</sub>は、吸水膨張する。

【0011】

基板Bと支柱P<sub>i</sub>との接着に用いられる樹脂R<sub>1</sub>が吸水膨張すると、図12に示すように、支柱P<sub>i</sub>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<sub>i</sub>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<sub>i</sub>に入射するレーザビームのF

50

軸と平行な方向に変位する。また、支柱  $P_i$  とコリメートレンズ  $C_i$  との接着に用いられる樹脂  $R_2$  (特に、コリメートレンズ  $C_i$  の下面に付着したフィレット部) が吸水膨張すると、図 1 2 に示すように、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  $C_i$  に入射するレーザビームの  $F$  軸と平行な方向に変位する。

【 0 0 1 2 】

そうすると、図 1 3 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ビームの進行方向が仰角方向に変化する。その結果、図 1 3 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ビームの進行方向が方位角方向に変化する。図 1 3 においては、進行方向が変化する前のレーザビームの光軸を実線で、進行方向が変化した後のレーザビームの光軸を鎖線で示している。

10

【 0 0 1 3 】

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ビームの進行方向が上記のように変化すると、図 1 4 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ビームの進行方向が変化し、その結果、これらのレーザビームの交差点が変位する。これにより、レーザダイオード群  $L$  と光ファイバ  $O F$  との結合効率が低下する。例えば、図 1 4 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コア径を上回ると、これらのレーザ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。

【 0 0 1 4 】

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ことは明らかである。

20

【 0 0 1 5 】

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にある。また、そのようなレーザモジュールの実現に資する導光装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

上記課題を解決するために、本発明に係る導光装置は、複数のレーザビームからなる第 1 ビーム束を、複数のレーザビームからなる第 2 ビーム束に変換するミラー群と、上記ミラー群の前段に設けられたコリメートレンズ群であって、上記第 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からなるコリメートレンズ群と、上記ミラー群の後段に設けられた集束レンズであって、上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームを屈折させることにより、上記第 2 ビーム束を集束する集束レンズと、を備え、上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向は、上記集束レンズに集束された後の上記第 2 ビーム束を構成する複数のレーザビームが上記集束レンズの光軸上に単一の交差点を形成するときの進行方向を基準方向として、上記コリメートレンズを固定するための樹脂の膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、上記基準方向からオフセットされている、ことを特徴とする。

30

40

【 0 0 1 7 】

上記課題を解決するために、本発明に係る導光装置の製造方法は、複数のレーザビームからなる第 1 ビーム束を、複数のレーザビームからなる第 2 ビーム束に変換するミラー群と、上記ミラー群の前段に設けられたコリメートレンズ群であって、上記第 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からなるコリメートレンズ群と、上記ミラー群の後段に設けられた集束レンズであって、上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームを屈折させることにより、上記第 2 ビーム束を集束する集束レンズと、を備えた導光装置の製造方法であって、上記集束レンズに集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向を、上記集束レンズに集束された後の上記第 2 ビーム束を構成する複数のレーザビームが上記集束レンズの光軸上に単一

50

の交差点を形成する進行方向を基準方向として、上記コリメートレンズを固定するための樹脂の膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、上記基準方向からオフセットさせる工程を含んでいる、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明に係る導光装置をレーザダイオード群から出力されたビーム束を光ファイバに導光するために用いた場合、コリメートレンズを固定するための樹脂が膨張したとき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ることができる。また、本発明に係る導光装置をレーザダイオード群から出力されたビーム束を光ファイバに導光するために用いることにより、上記の効果を奏するレーザモジュールを実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態に係るレーザモジュールの構成を示す平面図である。

【図2】図1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光ファイバの平面図である。

【図3】図1に示すレーザモジュールが備える二連ミラー及びコリメートレンズの平面図である。

【図4】図1に示すレーザモジュールに関し、第2ビーム束を構成するレーザビームと光ファイバとの結合効率を、そのレーザビームの伝播角の関数として表したグラフである。

20

【図5】図1に示すレーザモジュールの第1の変形例を示す平面図である。

【図6】(a)は、図1に示すレーザモジュールの第2の変形例を示す平面図であり、(b)は、図1に示すレーザモジュールの第2の形例を示す側面図である。

【図7】図6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光ファイバの側面図である。

【図8】従来のレーザモジュールの構成を示す平面図である。

【図9】従来のレーザモジュール、及び、本発明の実施形態に係るレーザモジュールが備える二連ミラーの構成を示す斜視図である。

【図10】コリメートレンズに入射するビーム束の光路を示す平面図である。(a)は、コリメートレンズに入射するビーム束が平行束である場合の光路を示し、(b)は、コリメートレンズに入射するビーム束が収斂束である場合の光路を示し、(c)は、コリメートレンズに入射するビーム束が発散束である場合の光路を示す。

30

【図11】従来のレーザモジュールの構成を示す平面図である。

【図12】従来のレーザモジュール、及び、本発明の実施形態に係るレーザモジュールが備えるコリメートレンズ、支柱、及び基板Bの断面図である。

【図13】図11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、支柱、二連ミラー、及び集束レンズの斜視図である。

【図14】図11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】

40

【0020】

〔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の構成を示す平面図である。

【0021】

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~LDn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~Cnからなるコリメートレンズ群Cと、n個の支柱P1~Pnからなる支柱群Pと、n個の二連ミラーM1~Mn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とを備えている。nは2以上の任意に自然数であるが、本実施形態においてはn=10

50

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 とを除いたものを、導光装置と呼ぶ。

【0022】

レーザダイオード LD<sub>i</sub> (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 LD<sub>1</sub> ~ LD<sub>n</sub> として用いる。レーザダイオード LD<sub>i</sub> 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 LD<sub>1</sub> ~ LD<sub>n</sub> は、各レーザダイオード LD<sub>i</sub> 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いる。これらのレーザダイオード LD<sub>1</sub> ~ LD<sub>n</sub> 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 LD<sub>1</sub> ~ LD<sub>n</sub> 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。

10

【0023】

レーザダイオード LD<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> が配置されている。コリメートレンズ C<sub>i</sub> 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<sub>i</sub> から出力されたレーザビームの F 軸方向の広がり

20

【0024】

コリメートレンズ C<sub>i</sub> の側方には、支柱 P<sub>i</sub> が配置されている。支柱 P<sub>i</sub> は、対応するコリメートレンズ C<sub>i</sub> 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、支柱 P<sub>1</sub> ~ P<sub>n</sub> として用いる。図 12 に示したように、支柱 P<sub>i</sub> の底面は、樹脂 R<sub>1</sub> 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<sub>i</sub> の x 軸負方向側の側面は、樹脂 R<sub>2</sub> を用いて支柱 P<sub>i</sub> の x 軸正方向側の側面に接着固定されている。

30

【0025】

コリメートレンズ C<sub>i</sub> にて F 軸方向の広がりが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<sub>i</sub> が配置されている。二連ミラー M<sub>i</sub> は、図 9 に示したように、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<sub>i1</sub> と、第 1 ミラー M<sub>i1</sub> の上面に載置され、その下面が第 1 ミラー M<sub>i1</sub> の上面に接着固定された第 2 ミラー M<sub>i2</sub> とにより構成されている。第 1 ミラー M<sub>i1</sub> 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いる。第 1 ミラー M<sub>i1</sub> 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<sub>i2</sub> 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いる。第 2 ミラー M<sub>i2</sub> は、対応する第 1 ミラー M<sub>i1</sub> 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<sub>i</sub> においては、(a) 第 1 ミラー M<sub>i1</sub> 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<sub>i2</sub> 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<sub>i2</sub> の向きを調整する (z 軸を回転軸として微小回転す

40

50

る) ことによって、第2ミラー  $M_{i2}$  にて反射されたレーザー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、レーザダイオード  $LD_1 \sim LD_n$  の実装位置又は実装方向にずれがあっても、第2ミラー  $M_{i2}$  にて反射されたレーザービームの進行方向を容易に所望の方向に調整することができる。

#### 【0026】

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いる。第2ミラー  $M_{12} \sim M_{n2}$  にて反射されたレーザービームは、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)レーザー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ービームからなる第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ービームからなる第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、特許文献3に記載のレーザモジュールと同様、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ー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。

#### 【0027】

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ービームを第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ービームを、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。

#### 【0028】

集束レンズ  $L$  にて集束される前の第2ビーム束が収斂束を構成しているため、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ービームは、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ービームが交差する点を、以下、ビーム交差点と呼ぶ。このビーム交差点には、光ファイバ  $FOF$  の入射端面が配置されている。光ファイバ  $FOF$  は、入射端面が  $x$  軸負方向を向くように配置されており、集束レンズ  $L$  にて集束された後の第2ビーム束は、この入射端面を介して光ファイバ  $FOF$  に入射する。

#### 【0029】

なお、各コリメートレンズ  $C_i$  から対応する二連ミラー  $M_i$  に至るレーザービームの光路上には、このレーザービームの  $S$  軸方向の広がりを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  $FOF$  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ービームを、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  $LD_i$  にて生成されるレーザービームの  $S$  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  $FOF$  との結合効率を高く保つことが可能になる。

#### 【0030】

なお、本実施形態においては、各二連ミラー  $M_i$  の第2ミラー  $M_{i2}$  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  $M_i$  の第2ミラー  $M_{i2}$  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  $M_{i1}$  にて反射されたレーザービームは、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

10

20

30

40

50

の外部に出射されることになる。

【0031】

〔レーザモジュールの特徴および効果〕

レーザモジュール1の特徴について、図2及び図3を参照して説明する。図2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。図3は、レーザモジュール1が備える二連ミラーMi及び集束レンズLの平面図である。

【0032】

レーザモジュール1においては、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ビームの進行方向が、乾燥状態において図2に示すように設定されている。すなわち、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ビームの進行方向は、コリメートレンズC1～Cnの固定に用いる樹脂R1，R2の吸水膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、基準方向からオフセットされている。ここで、基準方向とは、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ビームの進行方向であって、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ビームが集束レンズLの光軸OA上に単一の交差点を形成するときの進行方向のことを指す。図2においては、基準方向に進行するレーザビームの光路を実線で、基準方向からオフセットされた方向に進行するレーザビームの光路を二点鎖線で表している。コリメートレンズCiの固定に用いる樹脂R1，R2が吸水膨張した場合、第2ビーム束を構成するレーザビームは、図2において鎖線で示す光路を通ることになる。

【0033】

上記の特徴は、以下のように言い換えることができる。すなわち、レーザモジュール1においては、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ビームの伝播角 $i$ （そのレーザビームの進行方向と集束レンズLの光軸OAとの成す角）が、乾燥状態において図3に示すように設定されている。すなわち、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ビームの伝播角 $i$ は、コリメートレンズC1～Cnの固定に用いる樹脂R1，R2の吸水膨張に起因する当該伝播角 $i$ の変化 $\Delta i$ を補償するように、基準角 $ref$ にオフセット角 $os$ を加えた値 $ref + os$ に設定されている。ここで、基準角 $ref$ とは、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ビームの伝播角 $i$ であって、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集束レンズLの光軸OA上に単一の交差点を形成するときの伝播角 $i$ のことを指す。図3においても、基準方向に進行するレーザビーム（ $i = ref$ ）の光路を実線で、基準方向からオフセットされた方向に進行するレーザビーム（ $i = ref + os$ ）の光路を二点鎖線で表している。コリメートレンズCiの固定に用いる樹脂R1，R2が吸水膨張した場合、第2ビーム束を構成するレーザビームは、図3において鎖線で示す光路を通ることになる。各レーザビームに対するオフセット角 $ref$ （特許請求の範囲における「オフセット量」）は、同一符号になり、その大きさは、集束レンズLへの入射位置が集束レンズLの光軸から遠いレーザビームほど小さくなる。

【0034】

集束レンズLへの入射位置が集束レンズLの光軸から遠いレーザビームほどオフセット角 $ref$ が小さくなる理由は、以下のとおりである。集束レンズLへの入射位置が集束レンズLの光軸から遠いレーザビームAと、集束レンズLへの入射位置が集束レンズLの光軸に近いレーザビームBと、を考える。集束レンズLの主面（主点を含み光軸に直交する平面）における集束レンズLの光軸からレーザビームAまでの距離を $a$ とし、集束レンズLの主面における集束レンズLの光軸からレーザビームBまでの距離を $b$ とする（ $a > b$ ）。また、レーザビームAとレーザビームBとは、集束レンズLの光軸に対して同じ側にあり、吸水膨張の前でも後でも、レーザビームAとレーザビームBとは、集束レンズLの主面と平行な、集束レンズLの主面からの距離が $f$ となる平面上で交わるものとする。レーザビームAとレーザビームBとの交点は、樹脂R1，R2が吸水膨張する過程で、レーザビームAの光軸及びレーザビームBの光軸を含む平面において、集束レンズLの主面と平行な方向に移動する。吸水膨張前（移動前）の交点から吸水膨張後（移動後）の交点ま

での距離を  $d$  とする ( $b > d$ )。このとき、 $a, b, f$  に注意すると、集束レンズ  $L$  を透過したレーザビーム  $A$  のオフセット角  $A$  は、 $A = \tan^{-1}(a/f) - \tan^{-1}((a-d)/f) - (1/3)(a/f)^3 - \{(a-d)/f - (1/3)((a-d)/f)^3\} = d/f + \{d/(3f^3)\}(-3a^2 + 3ad - d^2)$  により与えられ、集束レンズ  $L$  を透過したレーザビーム  $B$  のオフセット角  $B$  は、 $B = \tan^{-1}(b/f) - \tan^{-1}((b-d)/f) - (1/3)(b/f)^3 - \{(b-d)/f - (1/3)((b-d)/f)^3\} = d/f + \{d/(3f^3)\}(-3b^2 + 3bd - d^2)$  により与えられる。したがって、 $A - B = (d/f^3)(-a^2 + ad + b^2 - bd) = (d/f^3)\{(a-b)d - (a+b)(a-b)\} = (d/f^3)(a-b)(d-a-b)$  となる。ここで、 $a > b, d$  に注意すると、 $A - B < 0$  であること、すなわち、 $A < B$  であることが分かる。これは、集束レンズ  $L$  への入射位置が集束レンズ  $L$  の光軸から遠いレーザビームほど集束レンズ  $L$  を透過したときのオフセット角が小さいことを意味する。集束レンズ  $L$  に入射する前のオフセット角  $\theta_{os}$  についても同様の大小関係が成り立つことは明らかであろう。

10

【0035】

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ビームの伝播角  $\theta_i$  の設定例を表1に示す。表1には、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ビームについて、そのレーザビームの光源となるLDの符号(図1参照)と、そのレーザビームの伝播角  $\theta_i$  (図3参照)と、集束レンズ  $L$  の光軸  $OA$  からそのレーザビームの反射位置までの距離  $D_i$  (図3参照)と、が示されている。レーザモジュール1の製造に際しては、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ビームの伝播角  $\theta_i$  が乾燥状態において表1の値を取るように、二連ミラー  $M_1 \sim M_n$  の第2ミラー  $M_{12} \sim M_{n2}$  の向きを設定すればよい。

20

【0036】

【表1】

LD符号	$\theta_i$ (deg)	$D_i$ (mm)
LD10	-0.430	-3.761
LD9	-0.350	-2.897
LD8	-0.250	-2.050
LD7	-0.150	-1.218
LD6	-0.045	-0.402
LD5	0.065	0.398
LD4	0.175	1.182
LD3	0.275	1.950
LD2	0.367	2.703
LD1	0.450	3.439

30

40

【0037】

レーザモジュール1の奏する効果について、図4を参照して説明する。図4は、第2ビーム束を構成するレーザビームと光ファイバOFとの結合効率  $\eta$  を、そのレーザビームの伝播角(集束レンズ  $L$  に入射する前の伝播角)  $\theta_i$  の関数として表したグラフである。

【0038】

従来のレーザモジュール20のように、乾燥状態における伝播角  $\theta_i$  を基準角  $\theta_{ref}$  に設定した場合、樹脂  $R_1, R_2$  が吸水膨張したときの結合効率  $\eta$  は、図4に示すように  $\eta_{min1}$  にまで低下する。これに対して、本実施形態に係るレーザモジュール1のように、乾燥状態における伝播角  $\theta_i$  を基準角  $\theta_{ref}$  にオフセット角  $\theta_{os}$  を加えた  $\theta_{ref} + \theta_{os}$  に設

50

定した場合、樹脂 R 1 , R 2 の吸水膨張したときの結合効率 は、図 4 に示すように  $\min 2 > \min 1$  に留まる。したがって、本実施形態に係るレーザモジュール 1 のように乾燥状態における伝播角  $\theta_i$  を  $\theta_{ref} + \theta_{os}$  に設定した場合の最小結合効率  $\min 2$  は、従来のレーザモジュール 20 のように乾燥状態における伝播角  $\theta_i$  を  $\theta_{ref}$  に設定した場合の最小結合効率  $\min 1$  よりも大きくなる。

【 0 0 3 9 】

なお、オフセット角  $\theta_{os}$  は、オフセットによる結合効率 の低下率  $\{ (\theta_{ref}) - (\theta_{ref} + \theta_{os}) \} / (\theta_{ref}) \times 100$  が 1 % 未満になるように設定されていることが好ましい。これにより、乾燥状態における結合効率 を大きな値に保つことができる。

【 0 0 4 0 】

以上のように、本実施形態に係るレーザモジュール 1 は、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ビームの進行方向が上記のように設定されていることによって、コリメートレンズ C  $\theta_i$  の固定に用いる樹脂 R 1 , R 2 が吸水膨張した場合に生じ得るレーザダイオード群 L D と光ファイバ O F との結合効率の低下を従来よりも小さく抑えることができる、という効果を奏する。

【 0 0 4 1 】

〔レーザモジュールの変形例 1 〕

レーザモジュール 1 の第 1 の変形例について、図 5 を参照して説明する。図 5 は、本変形例に係るレーザモジュール 1 A の平面図である。

【 0 0 4 2 】

図 1 に示すレーザモジュール 1 においては、各レーザダイオード L D  $\theta_i$  の出射端面から対応するコリメートレンズ C  $\theta_i$  の入射端面までの距離が一定であるのに対して、図 5 に示すレーザモジュール 1 A においては、各レーザダイオード L D  $\theta_i$  の出射端面から対応するコリメートレンズ C  $\theta_i$  までの距離が異なっている。より具体的には、ビーム交差点までの光路長が長いレーザダイオード L D  $\theta_i$  ほど、対応するコリメートレンズ C  $\theta_i$  までの距離が短くなっており、ビーム交差点までの光路長が短いレーザダイオード L D  $\theta_i$  ほど、対応するコリメートレンズ C  $\theta_i$  までの距離が長くなっている。これは、各レーザダイオード L D  $\theta_i$  にて生成されたレーザビームの F 軸方向のビーム径を、ビーム交差点において最小化するためである。

【 0 0 4 3 】

本変形例に係るレーザモジュール 1 A においても、コリメートレンズを固定するための樹脂が吸水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ることができる。加えて、本変形例に係るレーザモジュール 1 A においては、各レーザダイオード L D  $\theta_i$  の出射端面から対応するコリメートレンズ C  $\theta_i$  の入射端面までの距離を上記のように設定することによって、各レーザダイオード L D  $\theta_i$  にて生成されるレーザビームの F 軸径が大きい場合であっても、レーザダイオード群 L D と光ファイバ O F との結合効率を高く保つことが可能になる。

【 0 0 4 4 】

〔レーザモジュールの変形例 2 〕

レーザモジュール 1 の第 2 の変形例について、図 6 を参照して説明する。図 6 において、( a ) は、本変形例に係るレーザモジュール 1 B の平面図であり、( b ) は、本変形例に係るレーザモジュール 1 B の側面図である。

【 0 0 4 5 】

図 1 に示すレーザモジュール 1 においては、レーザダイオード L D 1 ~ L D n が載置される基板 B の上面が平面状であるのに対して、図 6 に示すレーザモジュール 1 B においては、レーザダイオード L D 1 ~ L D n が配置される基板 B の上面が階段状である。図 6 に示すレーザモジュール 1 B において、レーザダイオード L D 1 ~ L D n は、基板 B の各段に一つずつ載置されている。例えば、レーザダイオード L D 10 は、基板 B の最も高い段に載置されており、レーザダイオード L D 9 は、基板 B の二番目に高い段に載置されており、レーザダイオード L D 8 は、基板 B の三番目に高い段に載置されている。このため、

10

20

30

40

50

集束レンズLから遠いレーザダイオードLD<sub>i</sub>ほど、その高さが高くなる。図示した座標系に即して言えば、位置のx座標が小さいLD<sub>i</sub>ほど、その位置のz座標が大きくなる。各レーザダイオードLD<sub>i</sub>から出力されたレーザビームは、基板Bの同じ段に配置されたコリメートレンズC<sub>i</sub>によってコリメートされる。各コリメートレンズC<sub>i</sub>の側面が支柱P<sub>i</sub>(図6において符号省略)の側面に接着固定され、支柱P<sub>i</sub>の底面が基板Bの上面の各段に接着固定される点は、図1に示した構成と同様である。

【0046】

また、図1に示すレーザモジュール1においては、ミラー群Mが少なくとも2つの反射面を有する二連ミラーM<sub>1</sub>~M<sub>n</sub>により構成されているのに対して、図6に示すレーザモジュール1Bにおいては、ミラー群Mが少なくとも1つの反射面を有するミラーM<sub>1</sub>~M<sub>n</sub>により構成されている。図6に示すレーザモジュール1Bにおいて、ミラーM<sub>1</sub>~M<sub>n</sub>は、基板Bの各段に一つずつ立設されている。例えば、ミラーM<sub>10</sub>は、基板Bの最も高い段に立設されており、ミラーM<sub>9</sub>は、基板Bの二番目に高い段に立設されており、ミラーM<sub>8</sub>は、基板Bの三番目に高い段に立設されている。各ミラーM<sub>i</sub>は、基板Bの同じ段に載置されたレーザダイオードLD<sub>i</sub>から出力されたレーザビームを反射し、その進行方向をy軸正方向からzx面と平行な方向に変換する。各ミラーM<sub>i</sub>にて反射されたレーザビームからなる第2ビーム束は、基板B上に載置された集束レンズLにて集束される。

【0047】

図6に示すレーザモジュール1Bにおいて、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ビームの進行方向は、乾燥状態において図7に示すように設定されている。すなわち、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ビームの進行方向は、コリメートレンズC<sub>1</sub>~C<sub>n</sub>の固定に用いる樹脂R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>の吸水膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、基準方向からオフセットされている。ここで、基準方向とは、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ビームの進行方向であって、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ビームが集束レンズLの光軸OA上に単一の交差点を形成するときの進行方向のことを指す。図7においては、基準方向に進行するレーザビームの光路を実線で、基準方向からオフセットされた方向に進行するレーザビームの光路を二点鎖線で表している。コリメートレンズC<sub>i</sub>の固定に用いる樹脂R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>が吸水膨張した場合、第2ビーム束を構成するレーザビームは、図7において鎖線で示す光路を通ることになる。なお、図6に示すレーザモジュール1Bにおいて、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ビームの進行方向の設定は、ミラーM<sub>1</sub>~M<sub>n</sub>の傾きを調整することによって実現される。

【0048】

図6に示すレーザモジュール1Bは、図1に示すレーザモジュール1と同様の効果を奏する。加えて、図6に示すレーザモジュール1Bは、図1に示すレーザモジュール1よりもミラー群Mの構成が単純であるため、図1に示すレーザモジュール1よりも容易かつ安価に製造することができるという効果を奏する。また、図1に示すレーザモジュール1の構成よりも簡易な構成を有するレーザモジュール1Bを実現できる。なお、図6においては、レーザダイオードLD<sub>1</sub>~LD<sub>10</sub>のx軸方向及びz軸方向の間隔が等間隔となるよう、基板Bの上面の段差及び段幅を均等にしているが、本実施形態はこれに限定されない。すなわち、レーザダイオードLD<sub>1</sub>~LD<sub>10</sub>のx軸方向又はz軸方向の間隔が不等間隔となる、基板Bの上面の段差又は段幅を不均等にしている構成を採用してもよい。

【0049】

(まとめ)

本実施形態に係る導光装置は、複数のレーザビームからなる第1ビーム束を、複数のレーザビームからなる第2ビーム束に変換するミラー群(M)と、上記ミラー群(M)の前段に設けられたコリメートレンズ群(C)であって、上記第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(C<sub>1</sub>~C<sub>n</sub>)からなる

コリメートレンズ群 (C) と、上記ミラー群 (M) の後段に設けられた集束レンズ (L) であって、上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームを屈折させることにより、上記第 2 ビーム束を集束する集束レンズ (L) と、を備え、上記集束レンズ (L) に集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向は、上記集束レンズ (L) に集束された後の上記第 2 ビーム束を構成する複数のレーザビームが上記集束レンズ (L) の光軸上に単一の交差点を形成するときの進行方向を基準方向として、上記コリメートレンズ (C1 ~ Cn) を固定するための樹脂 (R1, R2) の膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、上記基準方向からオフセットされている、ことを特徴とする。

【0050】

本実施形態に係る導光装置において、上記集束レンズ (L) に集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向は、各レーザビームの伝播角のオフセット量が同一符号になるように、上記基準方向からオフセットされている、ことが好ましい。

10

【0051】

本実施形態に係る導光装置において、上記集束レンズ (L) に集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向は、上記集束レンズ (L) への入射位置が上記集束レンズ (L) の光軸から遠いレーザビームほど伝播角のオフセット量が大きくなるように、上記基準方向からオフセットされている、ことが好ましい。

【0052】

本実施形態に係る導光装置において、上記第 1 ビーム束は、光軸が第 1 平面内に並び、かつ、F 軸が上記第 1 平面に交わるレーザビームからなり、上記第 2 ビーム束は、光軸が第 2 平面内に並び、かつ、F 軸が上記第 2 平面に沿うレーザビームからなる、ことが好ましい。

20

【0053】

本実施形態に係る導光装置は、上記第 1 平面と平行な上面を有する基板 (B) と、上記コリメートレンズ群 (C) を構成する各コリメートレンズ (Ci) を支持する支柱 (Pi) であって、該コリメートレンズ (Ci) の側面が該支柱 (Pi) の側面に接着固定され、該支柱 (Pi) の底面が上記基板 (B) の上面に接着固定された支柱 (Pi) からなる支柱群 (P) と、を更に備え、上記樹脂 (R1, R2) は、上記支柱 (Pi) を上記基板 (B) に接着固定するための樹脂 (R1)、および、上記コリメートレンズ (Ci) を上記支柱 (Pi) に接着固定するための樹脂 (R2) である、ことが好ましい。

30

【0054】

本実施形態に係る導光装置において、上記ミラー群 (M) は、上記第 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 (Mi1) と、該第 1 ミラー (Mi1) にて反射されたレーザビームを反射する第 2 ミラー (Mi2) とを備えた二連ミラー (Mi) により構成されており、上記ミラー群 (M) を構成する各二連ミラー (Mi) は、上記ミラー群 (M) を構成する他の二連ミラー (Mj) から独立しており、上記第 2 ビーム束は、上記ミラー群 (M) を構成する各二連ミラー (Mi) の第 2 ミラー (Mi2) にて反射されたレーザビームからなる、ことが好ましい。

【0055】

本実施形態に係る導光装置において、上記第 1 ビーム束は、光軸が第 1 軸 (図 6 における y 軸) に沿い、F 軸が上記第 1 軸に直交する第 2 軸 (図 6 における z 軸) に沿うレーザビームからなり、

40

上記第 2 ビーム束は、光軸が上記第 1 軸に直交する平面 (図 6 における xz 平面) に並び、かつ、F 軸が上記平面に沿うレーザビームからなる、ことが好ましい。

【0056】

本実施形態に係る導光装置において、各段に上記第 1 ビーム束を構成するレーザビームの光源が載置される階段状の上面を有する基板 (B) と、上記コリメートレンズ群 (C) を構成する各コリメートレンズ (Ci) を支持する支柱 (Pi) であって、該コリメートレンズ (Ci) の側面が該支柱 (Pi) の側面に接着固定され、該支柱 (Pi) の底面が上記基板 (B) の上面の各段に接着固定された支柱 (Pi) からなる支柱群 (P) と、を

50

更に備え、上記樹脂 ( R 1 , R 2 ) は、上記支柱 ( P i ) を上記基板 ( B ) に接着固定するための樹脂 ( R 1 )、および、上記コリメートレンズ ( C i ) を上記支柱 ( P i ) に接着固定するための樹脂 ( R 2 ) である、ことが好ましい。

【 0 0 5 7 】

本実施形態に係る導光装置において、上記集束レンズ ( L ) に集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向は、上記集束レンズ ( L ) に集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの光軸の延長が上記集束レンズ ( L ) の出射側に単一の交差点を形成するように設定されている、ことが好ましい。

【 0 0 5 8 】

本実施形態に係る導光装置において、上記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 ) の、該コリメートレンズ ( C i ) にてコリメートされるレーザビームの光源からの距離は、該コリメートレンズ ( C i ) にてコリメートされたレーザビームの F 軸径が上記交差点において最小となるように設定されている、ことが好ましい。

10

【 0 0 5 9 】

本実施形態に係るレーザモジュール ( 1 , 1 A , 1 B ) は、上記導光装置と、上記第 1 ビーム束を構成する各レーザビームを出力するレーザダイオード ( L D 1 ~ L D n ) からなるレーザダイオード群 ( L D ) と、上記第 2 ビーム束が入力される光ファイバ ( O F ) と、を備えていることを特徴とする。

【 0 0 6 0 】

本実施形態に係るレーザモジュール ( 1 , 1 A , 1 B ) において、上記集束レンズ ( L ) に集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向は、上記オフセットによる上記光ファイバ ( O F ) との結合効率の低下率が 1 % 未満になるように設定されている、ことが好ましい。

20

【 0 0 6 1 】

本実施形態に係る導光装置の製造方法は、複数のレーザビームからなる第 1 ビーム束を、複数のレーザビームからなる第 2 ビーム束に変換するミラー群 ( M ) と、上記ミラー群 ( M ) の前段に設けられたコリメートレンズ群 ( C ) であって、上記第 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 ( C 1 ~ C n ) からなるコリメートレンズ群 ( C ) と、上記ミラー群 ( M ) の後段に設けられた集束レンズ ( L ) であって、上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームを屈折させることにより、上記第 2 ビーム束を集束する集束レンズ ( L ) と、を備えた導光装置の製造方法であって、上記集束レンズ ( L ) に集束される前の上記第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向を、上記集束レンズ ( L ) に集束された後の上記第 2 ビーム束を構成する複数のレーザビームが上記集束レンズ ( L ) の光軸上に単一の交差点を形成する進行方向を基準方向として、上記コリメートレンズ ( C 1 ~ C n ) を固定するための樹脂 ( R 1 , R 2 ) の膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するように、上記基準方向からオフセットさせる工程を含んでいる、ことを特徴とする。

30

【 0 0 6 2 】

〔付記事項〕

本発明は上述した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る。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更した技術的手段を組み合わせ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。

40

【 0 0 6 3 】

例えば、上述した実施形態においては、集束レンズにて集束される前の第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの乾燥状態 (例えば、動作条件として予め定められた湿度範囲の下限值) における進行方向を、コリメートレンズの固定に用いる樹脂の吸水膨張に起因する当該進行方向の変化を補償するようにオフセットする構成について説明したが、本発明は、これに限定されない。例えば、集束レンズにて集束される前の第 2 ビーム束を構成する各レーザビームの低温状態 (例えば、動作条件として予め定められた温度範囲の下限值) における進行方向を、コリメートレンズの固定に用いる樹脂の加熱膨張に起因する当該

50

進行方向の変化を補償するようにオフセットする構成についても、本発明の範疇に含まれる。

【0064】

また、上述した実施形態においては、平坦な基板上に配置されたレーザダイオードを光源とする構成について説明したが、本発明は、これに限定されない。例えば、光源が階段状の基板の各段に配置されたレーザダイオードを光源とする構成についても、本発明の範疇に含まれる。この場合、コリメートレンズは、例えば、基板の各段にレーザダイオードの出射端面と対向するように配置され、ミラーは、例えば、基板の各段にコリメートレンズを介してレーザダイオードの出射端面と対向するように配置される。各ミラーにて反射されたレーザビームは、例えば、基板の底面に直交する面内に並び、集束レンズは、例

10

【符号の説明】

【0065】

1、1B	レーザモジュール
LD	レーザダイオード群
LD1 ~ LDn	レーザダイオード
C	コリメートレンズ群
C1 ~ Cn	コリメートレンズ
M	ミラー群
M1 ~ Mn	二連ミラー
L	集束レンズ
OF	光ファイバ

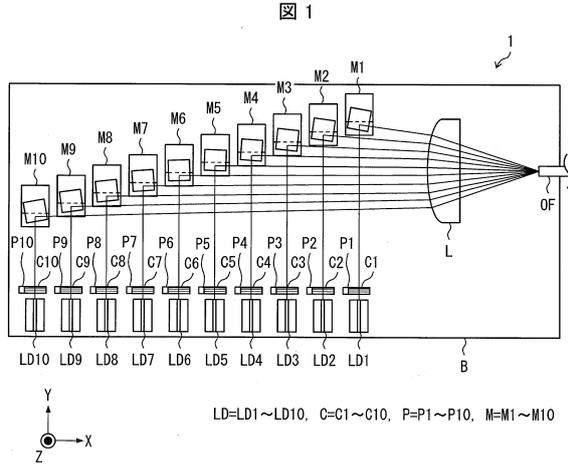
20

【要約】

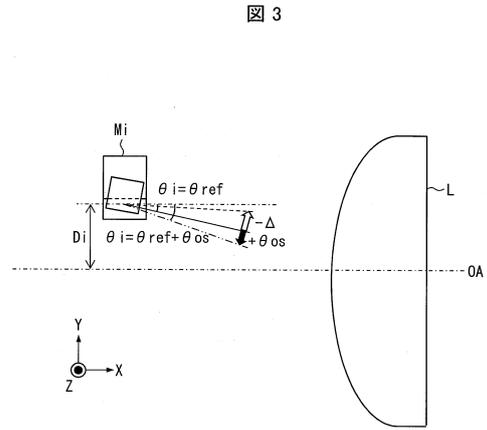
コリメートレンズ(C1 ~ Cn)を固定するための樹脂(R1, R2)が吸水膨張した場合に生じ得るレーザダイオード群(LD)と光ファイバ(OF)との結合効率の低下を、従来よりも小さく抑えたレーザモジュール(1, 1A, 1B)を実現する。集束レンズ(L)に集束される前の第2ビーム束を構成する各レーザビームの進行方向を、対応するコリメートレンズ(Ci)を固定するための樹脂(R1, R2)の吸水膨張に起因する進行方向の変化を補償するように、基準方向からオフセットする。

30

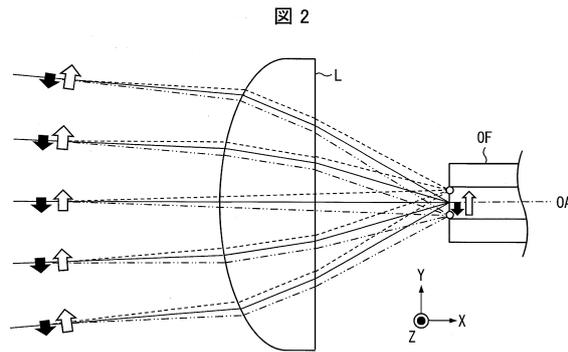
【図1】



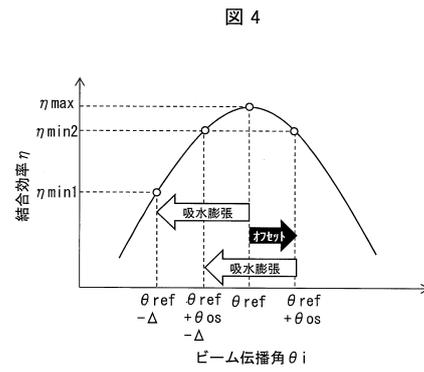
【図3】



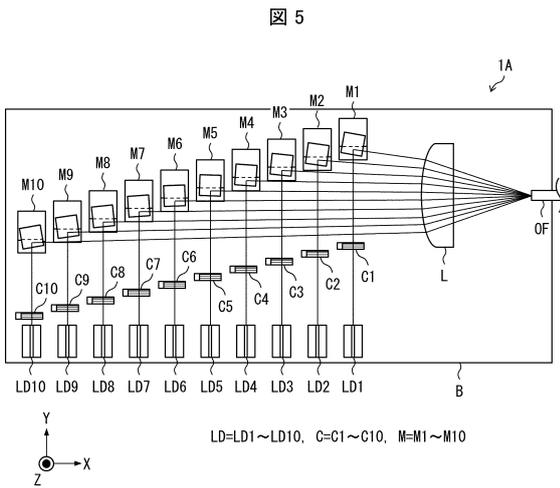
【図2】



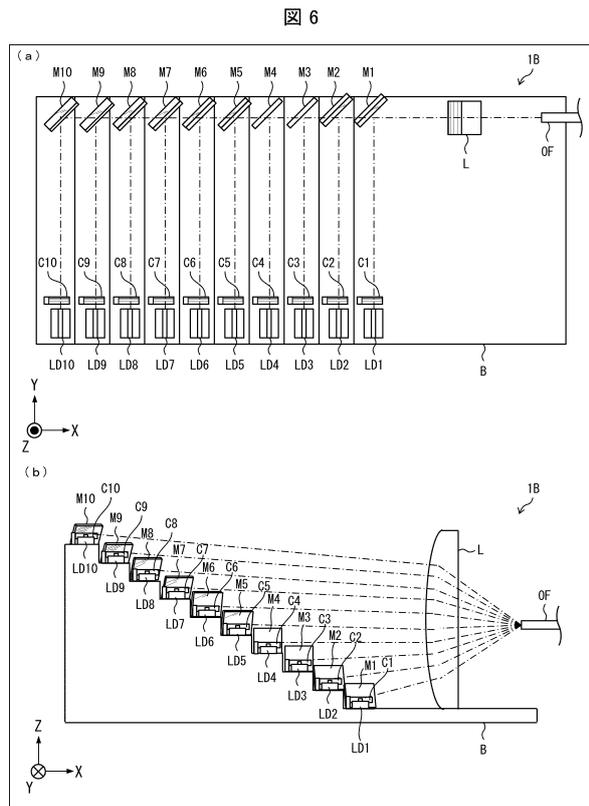
【図4】



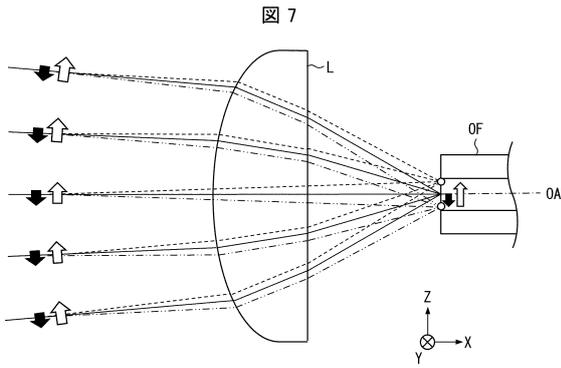
【図5】



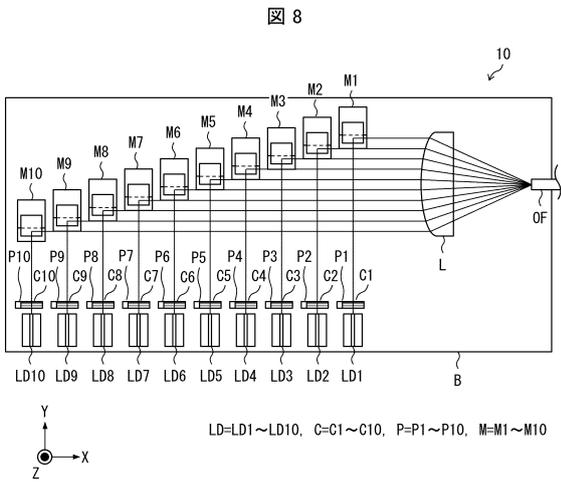
【図6】



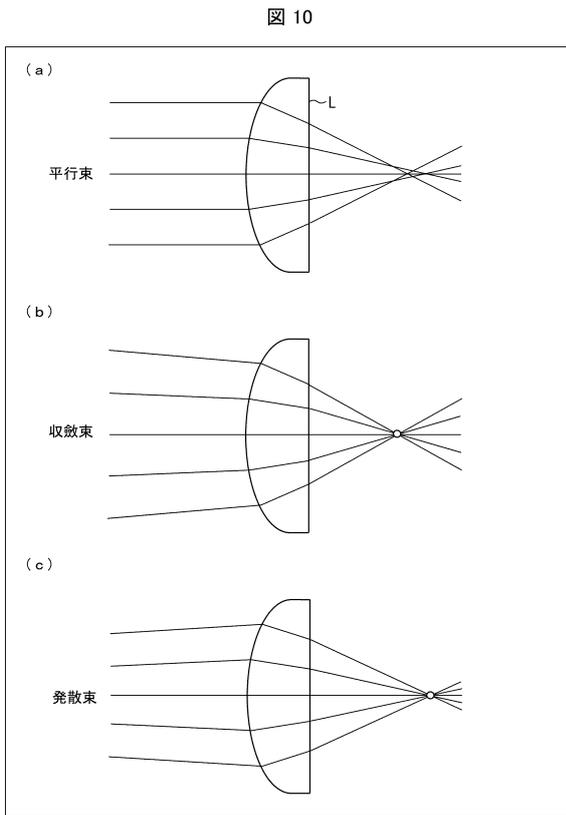
【 図 7 】



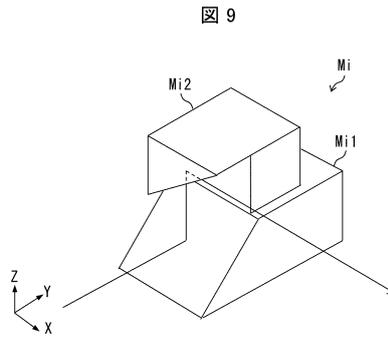
【 図 8 】



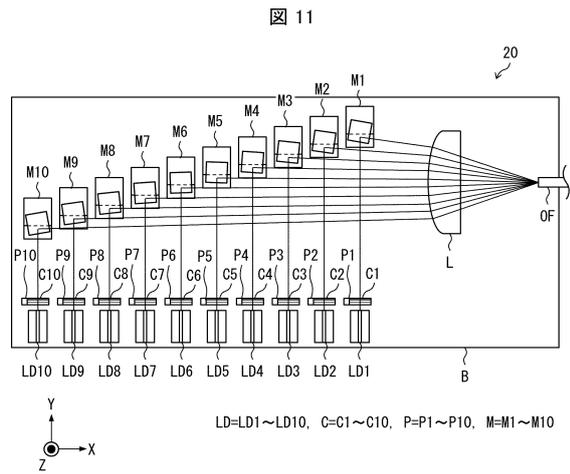
【 図 10 】



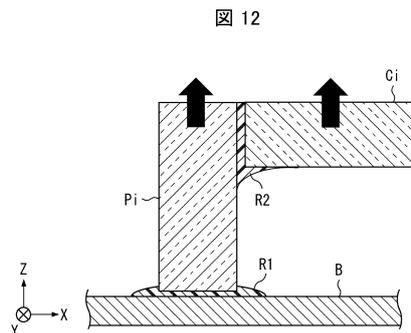
【 図 9 】



【 図 11 】

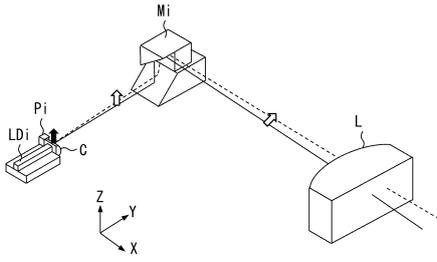


【 図 12 】



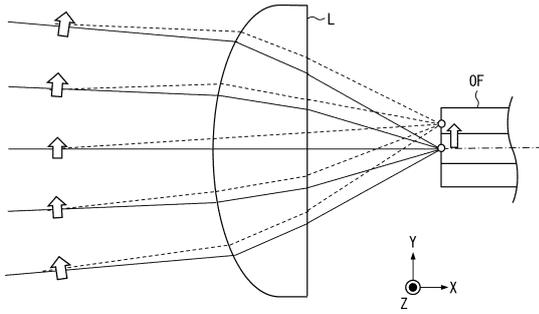
【 図 1 3 】

図 13



【 図 1 4 】

図 14



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-187623(JP,A)  
特開2015-148810(JP,A)  
特開2016-143704(JP,A)  
特開2016-115720(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0032962(US,A1)  
米国特許第05793792(US,A)  
特開平11-153762(JP,A)  
特開2007-025433(JP,A)  
特開平10-107359(JP,A)  
米国特許第06287401(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	6/26 - 6/27
	6/30 - 6/34
	6/42 - 6/43
H01S	5-00/5/50