

(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
2015年2月5日(05.02.2015)



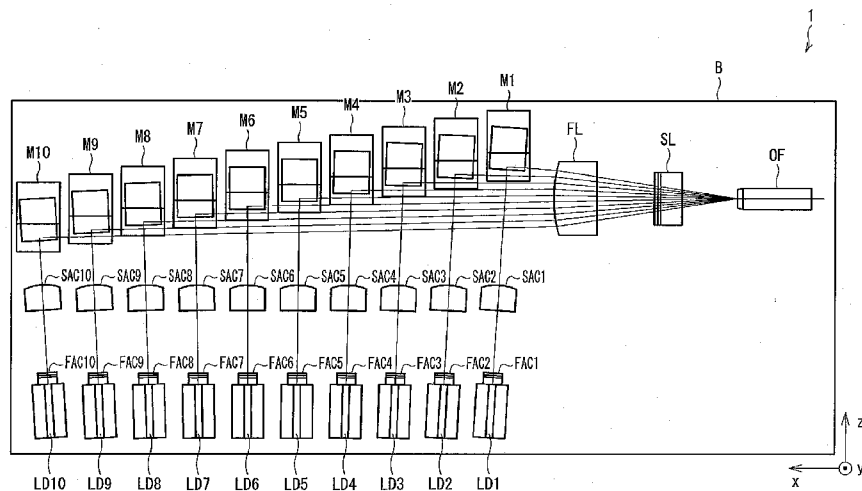
(10) 国際公開番号
WO 2015/016078 A1

- (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/JP2014/069047
- (22) 国際出願日: 2014年7月17日(17.07.2014)
- (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 2013-159333 2013年7月31日(31.07.2013) 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1丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 阪本 真一 (SAKAMOTO, Shinichi); 〒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: 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADE MARK (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADE-MARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: LED MODULE

(54) 発明の名称: LEDモジュール



(57) Abstract: In this LED module, a plurality of semiconductor laser diodes (LD1-LD10) emit a plurality of laser beams towards a plurality of mirrors (M1-M10), in such a way that the spacing between mutually adjacent laser beams gradually widens. The plurality of mirrors (M1-M10) reflect the plurality of laser beams towards a fast axis focusing lens (FL), in such a way that the spacing between mutually adjacent laser beams gradually narrows.

(57) 要約: 本発明のLEDモジュールにおいて、複数の半導体レーザダイオード (LD1~LD10) は、互いに隣接するレーザビーム同士の間隔が徐々に広がるように、複数のレーザビームを複数のミラー (M1~M10) に向けて出射し、複数のミラー (M1~M10) は、互いに隣接するレーザビーム同士の間隔が徐々に狭まるように、複数のレーザビームを速軸集束レンズ (FL) に向けて反射する。

WO 2015/016078 A1

NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 國際調查報告 (條約第 21 條(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：LDモジュール

技術分野

[0001] 本発明は、複数のレーザビームを出射および合波するLDモジュールに関する。

背景技術

[0002] 従来、複数のレーザダイオードから出射された複数のレーザビームを光ファイバに結合することにより、レーザビームを高出力化および高輝度化することが可能な、LDモジュールが広く用いられている。例えば、下記特許文献1には、互いに平行な複数のレーザビームを、プリズムによって反射させることにより伝搬方向を変換した後、集束レンズによって集束し、光ファイバに入射するマイクロ光学装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2004-252428号公報（公開日：2004年9月9日）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] LDモジュールの小型化を図るためには、速軸集束レンズの曲率半径を小さくすることによって、速軸集束レンズの焦点距離を短くすればよい。これにより、光ファイバの入射端面を速軸集束レンズに近づけることができるからである。しかしながら、速軸集束レンズの曲率半径を小さくすると、速軸集束レンズを透過したレーザビームの光ファイバへの入射角が大きくなる。その結果、レーザビームの結合効率が低下するという問題が生じる。速軸集束レンズを透過したレーザビームのうち、入射角が光ファイバの受光角を超えるレーザビームは、光ファイバのコアに閉じ込められることなく、損失となるからである。

[0005] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、レーザービームの結合効率を低下させることなく、LDモジュールの小型化を実現することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明に係るLDモジュールは、レーザーダイオード列をなす複数のレーザーダイオードと、前記複数のレーザーダイオードから出射された複数のレーザービームの各々を、当該レーザービームの遅軸方向に反射する複数のミラーと、前記複数のミラーによって反射された前記複数のレーザービームを集束する集束レンズと、を備え、前記複数のレーザーダイオードは、互いに隣接するレーザービーム同士の間隔が徐々に広がるように、前記複数のレーザービームを前記複数のミラーに向けて出射し、前記複数のミラーは、互いに隣接するレーザービーム同士の間隔が徐々に狭まるように、前記複数のレーザービームを前記集束レンズに向けて反射し、前記複数のミラーの各々は、当該ミラーへ入射されてきたレーザービームを速軸方向に反射する第1のミラーと、前記第1のミラーから反射されてきたレーザービームを遅軸方向に反射する第2のミラーと、を備えて構成されており、前記複数のレーザービームの各々について、当該レーザービームが対応する前記第1のミラーへ入射する時の当該レーザービームの速軸と、当該レーザービームが対応する前記第2のミラーから出射された時の当該レーザービームの遅軸とが、互いに平行であることを特徴とする。

[0007] 上記LDモジュールによれば、複数のレーザービームの各々について、第1のミラーに入射される該レーザービームの速軸と、第2のミラーから出射された該レーザービームの遅軸とが、互いに平行であるため、該レーザービームに後述する捻じれを生じさせることなく、該レーザービームを第2のミラーから出射させることができる。すなわち、上記LDモジュールによれば、複数のミラーから出射された複数のレーザービームは、いずれも捻じれが生じることなく、互いに遅軸が平行な状態で整列する。このため、上記LDモジュールによれば、レーザービーム同士が干渉したり、レーザービームの一部が隣接するミ

ラーによって遮られたり、一部のレーザービームが集束されない、等の不具合を防止しつつ、複数のレーザービームの間隔が密となるように複数のミラーを密に配置することができる。よって、上記LDモジュールによれば、レーザービームの結合効率の低下を抑制しつつ、LDモジュールの小型化を実現することができる。

[0008] 例えば、上記構成以外の構成（すなわち、第1のミラーに入射されるレーザービームの速軸と、第2のミラーから出射されたレーザービームの遅軸とが、互いに平行とならない構成）を採用した場合、レーザービームの捻じれが生じることにより、第2のミラーから出射されたレーザービームのビーム幅は、〔第1のミラーに入射される速軸方向のビーム幅 $\times \sin\theta$ （ θ は、第2のミラーによる出射方向の補正角度）〕となる。この場合、複数のレーザービームの間隔を密にしてしまうと、上述の不具合が生じる虞がある。そこで、上記構成（すなわち、第1のミラーに入射されるレーザービームの速軸と、第2のミラーから出射されたレーザービームの遅軸とが、互いに平行となる構成）を採用することにより、レーザービームの捻じれが生じないため、第2のミラーから出射されたレーザービームのビーム幅を、第1のミラーに入射される速軸方向のビーム幅と略同一とすることができる。このため、複数のレーザービームの間隔を密にした場合でも、上述の不具合が生じる虞がない。

[0009] また、上記LDモジュールによれば、複数のレーザービームを集束気味に集束レンズへ伝搬する構成を採用しているため、速軸集束レンズの曲率半径を小さくしなくとも、複数のレーザービームを互いに平行な状態で集束レンズへ伝搬する構成と比べて、複数のレーザービームの焦点を、集束レンズに近い位置に形成することができる。したがって、上記LDモジュールによれば、速軸集束レンズの曲率半径を小さくしなくとも、光ファイバの入射端面をより集束レンズに近い位置とすることができる。よって、レーザービームの結合効率を低下させることなく、LDモジュールの小型化を実現することができる。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、レーザビームの結合効率を低下させることなく、LDモジュールの小型化を実現することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本実施形態に係るLDモジュールの構成を示す上面図である。

[図2]本実施形態に係るLDモジュールが備える単位光学系の構成を示す斜視図である。

[図3]本実施形態に係るLDモジュールが備えるミラーの構成を示す斜視図である。

[図4]本実施形態に係るLDモジュールにおける、半導体レーザダイオードの各々の出射方向を示す平面図である。

[図5]速軸集束レンズFLの曲率半径と、ビーム束が光ファイバOFの入射端面に入射する際の結合効率との関係を示すグラフである。

[図6]ファイバ位置と、ビーム束が光ファイバOFの入射端面に入射する際の結合効率との関係を示すグラフである。

[図7]本実施形態の実施例におけるLDモジュールの概略構成を示す。

[図8]本実施形態の比較例におけるLDモジュールの概略構成を示す。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、添付の図面を参照して、本発明の一実施形態に係るLDモジュールについて説明する。

[0013] [LDモジュールの構成]

まず、図1を参照して、本実施形態に係るLDモジュール1の構成について説明する。図1は、本実施形態に係るLDモジュール1の構成を示す上面図である。図1に示すLDモジュール1は、複数の半導体レーザダイオードから複数のレーザビームを出射し、当該複数のレーザビームを、より高い結合効率で光ファイバに結合するものである。特に、図1では、10本のレーザビームを光ファイバに結合する構成を例示している。

[0014] このため、LDモジュール1は、図1に示すように、半導体レーザダイオードLD1～LD10、速軸コリメートレンズFAC1～FAC10、遅軸

コリメートレンズSAC1～SAC10、ミラーM1～M10、速軸集束レンズFL、および、遅軸集光レンズSLを備えて構成されている。

[0015] (半導体レーザダイオード)

半導体レーザダイオードLD1～LD10は、各々が独立したチップ上に形成されている。半導体レーザダイオードLD1～LD10は、サブマウントBの表面上において、図中x軸方向に沿って、概ね等間隔で並んだ状態に配置されている。すなわち、半導体レーザダイオードLD1～LD10は、サブマウントBの表面上において、半導体レーザダイオード列をなしている。

[0016] 半導体レーザダイオードLD1～LD10の各々は、活性層がxz平面と平行になるように、かつ、出射端面が概ねz軸正方向を向くように、サブマウントBの表面上に配置されている。これにより、半導体レーザダイオードLD1～LD10から出射された複数のレーザビームは、各々が、サブマウントBの表面上の空間において、xz平面に対して平行に、且つ、概ねz軸正方向に向かって、伝搬することとなる。特に、図1に示すように、半導体レーザダイオードLD1～LD10は、x軸に沿って並べられているため、上記複数のレーザビームは、概ね、等間隔且つ互いに平行なレーザビーム列を形成した状態で、z軸正方向に向かって伝搬することとなる。上記において、レーザビームの伝搬方向を「概ねz軸正方向」としているのは、後述するように、各半導体レーザダイオードの出射方向を、z軸正方向に対し、僅かにx軸方向（遅軸方向）に傾けているためである。

[0017] [単位光学系の構成]

LDモジュール1は、レーザビーム毎の、複数の単位光学系を備えて構成されている。すなわち、図1に示す例では、LDモジュール1は、10本のレーザビームを出射する構成としたことに応じて、10個の単位光学系を備えて構成されている。各単位光学系Si (i=1～10の整数)は、半導体レーザダイオードLDi (i=1～10の整数)と、速軸コリメートレンズFACi (i=1～10の整数)と、遅軸コリメートレンズSACi (i=

1～10の整数)と、ミラー M_i ($i=1\sim 10$ の整数)とを備えて構成されている。以下、図2を参照して、各单位光学系の具体的な構成について説明する。

[0018] 図2は、本実施形態に係るLDモジュール1が備える単位光学系の構成を示す斜視図である。図2では、LDモジュール1が備える複数の単位光学系のうちの1つについて、その構成を示しているが、上記複数の単位光学系は、いずれも図2に示す単位光学系 S_i と同様の構成を有している。

[0019] 図2に示すように、単位光学系 S_i において、半導体レーザダイオードLD i から出射されたレーザビームの光路上には、順に、速軸コリメートレンズFAC i 、遅軸コリメートレンズSAC i 、および、ミラー M_i が、直線状に並べて配置されている。単位光学系 S_i を構成する各部材は、何れも、直接、又は、不図示のマウントを介してサブマウントBの表面上に設置される。

[0020] 速軸コリメートレンズFAC i は、半導体レーザダイオードLD i から出射されたレーザビームの速軸方向の広がりをコリメートするためのものである。遅軸コリメートレンズSAC i は、半導体レーザダイオードLD i から出射されたレーザビームの遅軸方向の広がりをコリメートするためのものである。速軸コリメートレンズFAC i および遅軸コリメートレンズSAC i を透過したレーザビームは、伝搬方向がz軸正方向に収斂されたコリメートビームとなり、ミラー M_i へ伝搬する。なお、半導体レーザダイオードLD i から出射されるレーザビームの遅軸方向の広がりが十分に小さい場合、遅軸コリメートレンズSAC i を省略しても構わない。

[0021] ミラー M_i は、半導体レーザダイオードLD i から出射されたレーザビームを速軸集束レンズFLへ導くために、上記レーザビームの伝搬方向を、概ねz軸正方向から概ねx軸負方向に変換するためのものである。ミラー M_i には、従来から知られている各種ミラーを用いることができる。本実施形態では、ミラー M_i として、上記レーザビームの伝搬方向をz軸正方向からy軸正方向へ変換する第1のミラー(いわゆる「跳ね上げミラー」)と、上記

レーザビームの伝搬方向を y 軸正方向から x 軸負方向へ変換する第 2 のミラー（いわゆる「折り返しミラー」）とを備えて構成されたものを用いている。

[0022] ここで、図 1 に示すように、ミラー M1 ~ M10 から出射される複数のレーザビームが互いに重なり合わないように、ミラー M1 ~ M10 の z 軸方向の位置は、互いに異なっている。

[0023] 特に、ミラー M1 ~ M10 の z 軸方向の位置は、速軸集束レンズ FL から離間するにつれて（すなわち、ミラー M1, M2, . . . , M10 の順に）、順次、半導体レーザダイオードに近づく方向（z 軸負方向）に所定量ずつシフトしている。これは、図 1 に示すように、ミラー M1 ~ M10 へ伝搬する複数のレーザビームにおいては、速軸集束レンズ FL に近いレーザビームほど、より速軸集束レンズ FL 側に傾いているためである。より速軸集束レンズ FL 側に傾いているレーザビームを、ミラーによって反射し、速軸集束レンズ FL に伝搬させるためには、半導体レーザダイオードからミラーまでの距離を、他のレーザビームよりも長くする必要があるためである。

[0024] なお、上記シフト量は、複数のミラー M1 ~ M10 に入射される複数のレーザビームの間隔よりも、小さくなっている。これにより、半導体レーザダイオード LD1 ~ LD10 から出射された複数のレーザビームは、ミラー M1 ~ M10 によってその間隔がより狭められた状態で、速軸集束レンズ FL に向けて伝搬することとなる。

[0025] [ミラーの構成]

次に、図 3 を参照して、本実施形態の LD モジュール 1 が備えるミラー M_i の構成について説明する。図 3 は、本実施形態に係る LD モジュール 1 が備えるミラー M_i の構成を示す斜視図である。図 3 では、LD モジュール 1 が備えるミラー M1 ~ M10 のうちの 1 つについて、その構成を示しているが、ミラー M1 ~ M10 は、いずれも図 3 に示すミラー M_i と同様の構成を有している。

[0026] 図 3 に示すように、ミラー M_i は、第 1 のミラー M_{i1} と、第 2 のミラー

M_i2とを備えて構成されている。ミラーM_iは、第1のミラーM_i1の上面B1と、第2のミラーM_i2の下面A2とが互いに重なり合うように、第1のミラーM_i1と第2のミラーM_i2とが積み重ねられた構造を有している。第1のミラーM_i1は、その下面A1が、xz平面に対して平行となるように、サブマウントBの表面上に対し、直接的または間接的に設置される。なお、第1のミラーM_i1の上面B1および第2のミラーM_i2の下面A2は、下面A1に対して平行な面である。また、第1のミラーM_i1と第2のミラーM_i2は、互いに別体化されているものであってもよく、互いに一体化されたものであってもよい。

[0027] 第1のミラーM_i1は、第1の反射面S1を有する。第1の反射面S1は、半導体レーザダイオードLD_iから出射されたレーザビームの伝搬方向を、z軸正方向からy軸正方向へ変換する。このため、第1の反射面S1は、上記レーザビームの遅軸に対して概ね平行な面であって、上記レーザビームの光軸に対して45°の角度をなす（すなわち、下面A1に対して45°の角度をなす）ように構成されている。

[0028] ミラーM_iは、上記レーザビームに対する向きが調整可能な場合、上記第1の反射面S1が上記レーザビームの遅軸に対して概ね平行な面となるように、その向きが調整されることが好ましい。これにより、ミラーM_iは、上記レーザビームに対し、意図しない回転を生じさせたり、意図しない方向への反射を生じさせたりすることなく、上記レーザビームを所定の方向へ反射することができる。

[0029] 第2のミラーM_i2は、第2の反射面S2を有する。第2の反射面S2は、第1のミラーM_i1によって反射されたレーザビームの伝搬方向を、y軸正方向からx軸負方向へ変換する。このため、第2の反射面S2は、前記第1の反射面によって反射されたレーザビームの速軸に対して概ね平行な面であって、上記レーザビームの光軸に対して45°の角度をなすように構成されている。

[0030] ミラーM_iは、上記のとおり2つの反射面を組み合わせた比較的簡単な構

成により、予め定められた入射角でレーザービームが入射されるようにレーザービームに対する向きが設定された場合（上記第1の反射面S1がレーザービームの遅軸に対して平行な面となる場合）において、当該ミラーに入射されるレーザービームと、当該ミラーから出射されるレーザービームとが、y軸正方向から見たときに直角をなすように、レーザービームを反射することができる。

[0031] 特に、本実施形態のLDモジュール1において、ミラーM_iの第1の反射面S1は、レーザービームの遅軸に対して概ね平行となるため、第1の反射面S1とレーザービームの遅軸とが概ね平行でない構成と比べて、レーザービームの意図しない回転や、意図しない方向への反射等といった不具合が生じ難くなっている。

[0032] 同様に、本実施形態のLDモジュール1において、ミラーM_iの第2の反射面S2は、レーザービームの速軸に対して概ね平行となるため、第2の反射面S2とレーザービームの速軸とが概ね平行でない構成と比べて、レーザービームの意図しない回転や、意図しない方向への反射等といった不具合が生じ難くなっている。

[0033] 本実施形態のLDモジュール1において、ミラーM1～M10のいずれも、上述したミラーM_iと同一の構成を採用している。すなわち、LDモジュール1は、ミラーM1～M10の各々に対し、互いに同一の構成のミラーM_iを用いることができるため、ミラーM1～M10において、互いに異なる構成を用いたり、互いに異なる調整を行ったりする必要はない。よって、本実施形態のLDモジュール1は、該LDモジュール1に係るコストを削減することができる。該LDモジュール1を安価で実現することができる。

[0034] なお、ミラーM_iにおいて、第2のミラーの下面および前記第1のミラーの上面は、接着剤によって互いに接着されていることが好ましく、特に、第2のミラーの下面および第1のミラーの上面の各々が、当該ミラーM_iから出射されたレーザービームの速軸（すなわち、xz平面）に対して平行であることが好ましい。具体的には、第2のミラーの下面と第1のミラーの上面との間に接着剤を塗布した後、当該接着剤の硬化が完了するまでの間、第2の

ミラーの下面および第1のミラーの上面の各々が、複数のミラーから出射された複数のレーザビームの速軸に対して平行になる状態を保つことが好ましい。これにより、第2のミラーの下面と第1のミラーの上面との間の接着剤層の厚みを均一化することができる。この接着剤層の厚みが均一であれば、この接着剤層が収縮又は膨張した場合でも、出力ビームの伝播方向が傾いたり出力ビームの光軸の配置が崩れたりするといった事態の発生を回避することができる。なお、この接着剤層に生じ得る収縮又は膨張としては、接着剤を硬化する際に生じ得る硬化収縮や、接着剤を硬化した後に生じ得る熱膨張、熱収縮、膨潤などが想定される。

[0035] [レーザビームの出射方向]

次に、図4を参照して、半導体レーザダイオードLD1～LD10の各々の出射方向について説明する。図4は、本実施形態に係るLDモジュール1における、半導体レーザダイオードLD1～LD10の各々の出射方向を示す平面図である。なお、以下の説明においては、半導体レーザダイオードLD i の出射方向のz軸に対する傾きを、y軸を回転軸とする回転角 θ_i ($i = 1 \sim 10$ の整数)によって表す。但し、x軸負方向への傾きについては回転角 θ_i を正の値で表し、x軸正方向への傾きについては回転角 θ_i を負の値で表すこととする。

[0036] 本実施形態のLDモジュール1においては、ミラーM1～M10の各々は、予め定められた入射角であって、互いに同一の入射角でレーザビームが入射されるように、レーザビームに対する向きが設定されている。具体的には、ミラーM1～M10の各々は、第1の反射面S1 (図3参照)がレーザビームの遅軸に対して概ね平行な面となるように、レーザビームに対する向きが設定されている。さらに、ミラーM1～M10の各々は、上記のとおり向きが設定された状態において、当該ミラーに入射されるレーザビームと、当該ミラーから出射されるレーザビームとが、y軸正方向から見たときに直角をなすように構成されている (図3参照)。

[0037] すなわち、本実施形態のLDモジュール1において、ミラーM1～M10

から出射される複数のレーザビームの各々の出射方向は、各ミラーの調整によって決定付けられるのではなく、ミラーM1～M10へ入射される複数のレーザビームの各々の伝搬方向によって決定付けられる。

[0038] 特に、本実施形態のLDモジュール1は、複数のレーザビームを集束気味にFLへ伝搬させる構成を採用している。これを実現するため、本実施形態のLDモジュール1は、図1および図4に示すように、複数のレーザビームが拡散気味にミラーM1～M10へ伝搬するように、半導体レーザダイオードLD1～LD10の各々の出射方向が設定されている。この結果、ミラーM1～M10から出射された複数のレーザビームは、集束気味に速軸集束レンズFLへ伝搬し、従来技術と比べてより速軸集束レンズFLに近い位置で集束することとなる。

[0039] これにより、本実施形態のLDモジュール1は、速軸集束レンズFLの曲率半径を小さくしなくとも、光ファイバOFの入射端面をより速軸集束レンズFLに近い位置とすることができ、よって、レーザビームの結合効率を低下させることなく、LDモジュールの小型化を実現することができる。

[0040] また、本実施形態のLDモジュール1は、互いに平行な複数のレーザビームを速軸集束レンズFLに入射させる構成と比べて、速軸集束レンズFLに入射されるビーム束（本書において、「ビーム束」とは、複数のレーザビームによって形成される光束のことを意味する。）の最大幅を小さくすることができる。これにより、速軸集束レンズFLの収差の影響を軽減し、よって、レーザビームの結合効率の低下を抑制することができる。

[0041] さらに、本実施形態のLDモジュール1は、速軸集束レンズFLの曲率半径を小さくすることによって速軸集束レンズFLの焦点距離を短くする構成と比べて、速軸集束レンズから出射された各レーザビームの、光ファイバOFに対する入射角が小さくなる。このため、結合効率の低下を招来することなく、光ファイバOFの入射端面をより速軸集束レンズFLに近い位置とすることができる。

[0042] 特に、本実施形態のLDモジュール1は、ミラーの調整を行わなくとも、

複数のレーザビームを集束気味に速軸集束レンズFLへ伝搬させることができるため、上記ミラーの調整による生じ得る各種不具合の発生を防止することができる。よって、本実施形態のLDモジュール1は、レーザビームの結合効率を低下させることなく、LDモジュールの小型化を実現することができる。

[0043] 例えば、本実施形態（図4）のLDモジュール1において、ミラーM1～M10の各々の回転角 θ_i を、以下のように設定することにより、複数のレーザビームを集束気味に速軸集束レンズFLへ伝搬させることができる。

[0044] θ_1 : 1.000°
 θ_2 : 0.666°
 θ_3 : 0.371°
 θ_4 : 0.109°
 θ_5 : -0.125°
 θ_6 : -0.335°
 θ_7 : -0.525°
 θ_8 : -0.698°
 θ_9 : -0.856°
 θ_{10} : -1.000°

この例では、半導体レーザダイオードLD1～LD10は、レーザダイオード列のより中央側に配置されたものについては、回転角 θ_i の絶対値がより小さくなるように、すなわち、レーザダイオード列のより外側に配置されたものについては、回転角 θ_i の絶対値がより大きくなるように（すなわち、出射方向がより外側を向くように）、各々の出射方向が設定されている。

[0045] これにより、図4に示すように、半導体レーザダイオードLD1～LD10から出射された複数のレーザビームは、その中央から外側に広がりつつ伝搬するものとなる。反対に、図1および図4に示すように、ミラーM1～M10から出射された複数のレーザビームは、その中央に集束しつつ伝搬するものとなる。このようなレーザビームを光ファイバに入射することで、レー

ザビームの結合効率をより高めることができる。

[0046] なお、本実施形態のLDモジュール1においては、ミラーM_iに入射されるレーザビームとミラーM_iから出射されるレーザビームとが直角をなすため、ミラーM_iに入射されるレーザビームの、z軸に対して広がる方向の傾き（遅軸方向の傾き） θ_i と、ミラーM_iから出射されるレーザビームの、x軸に対して集束する方向の傾き（速軸方向の傾き） θ_i' とが、同角度となる。

[0047] [効果の検証]

以下、図5および図6を参照して、複数のレーザビームを集束気味に速軸集束レンズFLへ伝搬させる構成を採用することにより、得られる効果について説明する。

[0048] 図5は、速軸集束レンズFLの曲率半径と、ビーム束が光ファイバOFの入射端面に入射する際の結合効率との関係を示すグラフである。図5に示すグラフにおいて、横軸は、速軸集束レンズFLの曲率半径（単位はmm）を表し、縦軸は、ビーム束を光ファイバOFに入射させる際の結合効率（単位は%）を表す。図5においては、上記回転角 θ_i の最大値（以下、「最大回転角 θ 」と示す。）を 0° 、 0.5° 、 1° 、 1.5° とした場合の結合効率を示している。

[0049] 図5に示すように、最大回転角 θ が 0° の場合、すなわち、複数のレーザビームが平行に並ぶ場合、速軸集束レンズFLの曲率半径を小さくしていくと、ビーム束の光ファイバOFへの結合効率が低下していく。このような結合効率の低下が生じる原因としては、各レーザビームの光ファイバOFへの入射角が大きくなり、光ファイバOFの受光角を超える成分が増えることが挙げられる。

[0050] 一方、最大回転角 θ が 0° よりも大きい場合、すなわち、複数のレーザビームが一点で交差する場合も、速軸集束レンズFLの曲率半径を小さくしていくと、ビーム束の光ファイバOFへの結合効率が低下していく。しかしながら、最大回転角 θ が 0° である場合と比べて、結合効率の低下の度合いは

小さくなっている。特に、最大回転角 θ を 1° とした場合、速軸集束レンズFLの曲率半径が10mmのときの結合効率は、最大回転角 θ を 0° とした場合と比べて約3%も高い値を示している。これは、各レーザービームの光ファイバOFへの入射角が、最大回転角 θ を 0° とした場合と比べて小さくなっているためであると考えられる。

[0051] 図6は、ファイバ位置と、ビーム束が光ファイバOFの入射端面に入射する際の結合効率との関係を示すグラフである。ここで、ファイバ位置とは、半導体レーザーダイオードLD1の中心を通るz軸に平行な直線から、光ファイバOFの入射端面までの距離のことを指す。図6に示すグラフにおいて、横軸は、ファイバ位置（単位はmm）を表し、縦軸は、出力ビーム束を光ファイバOFに入射させる際の結合効率（単位は%）を表す。図6においても、最大回転角 θ を 0° 、 0.5° 、 1° 、 1.5° とした場合の結合効率を示している。

[0052] 図6に示すように、最大回転角 θ が 0° の場合、すなわち、各出力ビームの光軸が平行に並ぶ場合、光ファイバOFの入射端面を速軸集束レンズFLに近づけていくと、ビーム束の光ファイバOFへの結合効率が低下していく。このような結合効率の低下が生じる原因としては、各出力ビームが光ファイバOFの入射端面に入射する際の入射角が大きくなり、ファイバの受光角を超える成分が増えることが挙げられる。

[0053] 一方、最大回転角 θ が 0° よりも大きい場合、すなわち、各出力ビームの光軸が一点で交差する場合も、光ファイバOFの入射端面を速軸集束レンズFLに近づけていくと、出力ビーム束の光ファイバOFへの結合効率が低下していく。しかしながら、最大回転角 θ が 0° の場合と比べて、結合効率の低下の度合いは小さくなっている。特に、最大回転角 θ を 1° として場合、結合効率の低下を1%未満に抑えながら、光ファイバOFの入射端面を速軸集束レンズFLの出射面に7mmも近づけ得ることが分かる。これは、各レーザービームの光ファイバOFへの入射角が、最大回転角 θ を 0° とした場合と比べて小さくなっているためであると考えられる。

[0054] 以上のように、本発明のLDモジュールは、図1に示すように、複数の半導体レーザダイオードLD1～LD10は、互いに隣接するレーザビーム同士の間隔が徐々に広がるように、複数のレーザビームを複数のミラーM1～M10に向けて出射し、複数のミラーM1～M10は、互いに隣接するレーザビーム同士の間隔が徐々に狭まるように、複数のレーザビームを速軸集束レンズFLに向けて反射する。

[0055] これにより、レーザビームの結合効率を低下させることなく、LDモジュールの小型化を実現できる。

実施例

[0056] 以下、図7および図8を参照して、本実施形態に係るLDモジュール1の実施例および比較例について説明する。

[0057] [実施例]

図7は、本実施形態の実施例におけるLDモジュールの概略構成を示す。

[0058] 本実施例では、図7に示すLDモジュールを用いて、複数のレーザビームを集束させるまでに必要な距離（すなわち、光ファイバOFの入射端面の位置までに要する距離）を測定した。

[0059] 本実施例のLDモジュールは、図7に示すように、半導体レーザダイオードLD1～LD3、速軸コリメートレンズFAC1～FAC3、遅軸コリメートレンズSAC1～SAC3、ミラーM1～M3、速軸集束レンズFL、および、遅軸集光レンズSLを備えて構成されている。すなわち、本実施例（図7）のLDモジュールは、3本のレーザビームを光ファイバOFに結合する構成とした点で、本実施形態（図1）のLDモジュール1と異なる。

[0060] 図7に示すLDモジュールでは、各構成部材のパラメータを以下のとおり設定した。

[0061] 半導体レーザダイオードLD1の回転角 θ ： -1°

半導体レーザダイオードLD2の回転角 θ ： 0°

半導体レーザダイオードLD3の回転角 θ ： $+1^\circ$

速軸集束レンズFLの曲率半径： 6.9 mm

遅軸集光レンズSLの曲率半径 : 3.5 mm

すなわち、本実施例のLDモジュールでは、本実施形態（図1）のLDモジュール1と同様に、複数のレーザビームが拡散気味に複数のミラーへ伝搬し、複数のレーザビームが集束気味に速軸集束レンズFLへ伝搬する構成を用いた。

[0062] 〔比較例〕

図8は、本実施形態の比較例におけるLDモジュールの概略構成を示す。図8に示すLDモジュールは、各半導体レーザダイオードの回転角 θ が、上記実施例（図7）のLDモジュールと異なる。その他の点については、上記実施例（図7）のLDモジュールと同様である。

[0063] 図8に示すLDモジュールでは、各構成部材のパラメータを以下のとおり設定した。

[0064] 半導体レーザダイオードLD1の回転角 θ : 0°
半導体レーザダイオードLD2の回転角 θ : 0°
半導体レーザダイオードLD3の回転角 θ : 0°
速軸集束レンズFLの曲率半径 : 6.9 mm
遅軸集光レンズSLの曲率半径 : 3.5 mm

すなわち、本実施例のLDモジュールでは、本実施形態（図1）のLDモジュール1と異なり、複数のレーザビームが互いに平行に複数のミラーへ伝搬し、複数のレーザビームが互いに平行に速軸集束レンズFLへ伝搬する構成を用いた。

[0065] 〔実施結果〕

上記実施例を実施した結果、図7に示すLDモジュールでは、速軸集束レンズFLの入射面から、光ファイバOFの入射端面まで、12.3 mmの距離を要することが分かった。一方、上記比較例を実施した結果、図8に示すLDモジュールでは、速軸集束レンズFLの入射面から、光ファイバOFの入射端面まで、15.6 mmの距離を要することが分かった。すなわち、複数のレーザビームを集束気味に速軸集束レンズFLへ伝搬させることにより

、速軸集束レンズFLの入射面から、光ファイバOFの入射端面までの距離を大幅に短縮できることが分かった。

[0066] なお、上記実施例のLDモジュールにおいては、速軸コリメートレンズFACiの位置を、半導体レーザダイオードLDiの出射端面から、z軸正方向（すなわち、半導体レーザダイオードLDiから出射されたレーザ光の伝播方向）に、僅かに（3 μ m）オフセットする構成が採用されている。これにより、速軸コリメートレンズFACiから出射されたレーザビームは、速軸方向のビーム径を徐々に小さくしながら、光ファイバOFの入射端面に向かって伝搬することとなる。これにより、本実施例のLDモジュール1は、光ファイバOFの入射端面において、レーザビームを集光させることができ、よって、各半導体レーザダイオードLDiから出射されるレーザビームを更に効率よく光ファイバOFに結合させることが可能となっている。

[0067] 上記LDモジュールにおいて、前記複数のミラーの各々は、当該ミラーに入射されるレーザビームと、当該ミラーから出射されるレーザビームとが、双方のレーザビームに対して垂直な方向から見たときに、直角をなすように構成されていることが好ましい。

[0068] 上記の構成によれば、各ミラーを比較的単純な構成とすることができるため、上記不具合の発生を抑制することができる。特に、複数の反射面を組み合わせ構成されたミラーを用いる場合には、上記構成を採用することにより、上記不具合の抑制効果がより顕著なものとなる。

[0069] 上記LDモジュールにおいて、前記第1のミラーは、当該ミラーに入射されてくるレーザビームの遅軸に対して平行な面であって、前記レーザビームの光軸に対して45°の角度をなす第1の反射面を有し、前記第2のミラーは、前記第1の反射面によって反射されたレーザビームの速軸に対して平行な面であって、前記レーザビームの光軸に対して45°の角度をなす第2の反射面を有することが好ましい。

[0070] 上記の構成によれば、上記第1のミラーおよび上記第2のミラーの反射による、ビームの捻じれをより生じ難くすることができる。

- [0071] 上記LDモジュールにおいて、前記複数のレーザダイオードは、前記レーザダイオード列のより外側に配置されるにつれて、レーザビームの出射方向がより外側となるように、各々の出射方向が設定されていることが好ましい。
- [0072] 上記の構成によれば、複数の半導体レーザダイオードから出射された複数のレーザビームは、その中央（ビーム束の中心）から外側に広がりつつ伝搬するものとなり、反対に、複数のミラーから出射された複数のレーザビームは、その中央（ビーム束の中心）に集束しつつ伝搬するものとなる。このようなレーザビームを光ファイバに入射することで、レーザビームの結合効率をより高めることができる。
- [0073] 上記LDモジュールにおいて、前記複数のレーザダイオードから出射された前記複数のレーザビームの各々の光路上に配置された複数の速軸コリメートレンズをさらに備えており、前記複数の速軸コリメートレンズの各々は、対応するレーザビームの速軸方向のビーム広がりをコリメートする位置を基準として、該レーザビームの伝播方向にオフセットされており、該オフセットの量が、該レーザビームの速軸方向のビーム径を、前記集束レンズによって集束された複数のレーザビームの交差点において最小化するように設定されている、ことが好ましい。
- [0074] 上記の構成によれば、上記交差点において、各レーザビームのビーム径が最小化されるので、上記複数のレーザビームからなるビーム束を光ファイバに入射させる際の結合効率を更に高めることができる。
- [0075] 上記LDモジュールにおいて、前記第2のミラーの下面および前記第1のミラーの上面は、互いに接着されており、前記第2のミラーの下面および前記第1のミラーの上面の各々は、前記複数のミラーから出射された前記複数のレーザビームの速軸に対して平行であることが好ましい。
- [0076] 上記の構成によれば、第2のミラーの下面と第1のミラーの上面との間に形成される接着剤層の厚みが均一であれば、これらの接着剤層が収縮又は膨張した場合でも、出力ビームの伝播方向が傾いたり出力ビームの光軸の配置

が崩れたりするといった事態の発生を回避することができる。

[0077] 〔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。

[0078] (単位光学系(レーザビーム)の数について)

本実施形態のLDモジュール1は、10本のレーザビームを結合すべく、10個の単位光学系を備えているが、これに限らない。すなわち、LDモジュール1は、9個以下の単位光学系を備えたものとして実施してもよく、11個以上の単位光学系を備えたものとして実施してもよい。

[0079] (各構成部材の設置場所について)

本実施形態のLDモジュール1は、図1に示すように、各構成部材が1枚のサブマウントBの表面上に設けられているが、これに限らない。例えば、上記各構成部材の一部が、サブマウントBの外部に設けられている構成とすることもできる。例えば、速軸集束レンズFLと遅軸集光レンズSLとが、サブマウントBの外部(例えば、第2のサブマウント等)に設けられている構成や、遅軸集光レンズSLが、サブマウントBの外部に設けられている構成とすることもできる。

[0080] 本実施形態に係るLDモジュール1において、速軸コリメートレンズFACiの位置を、z軸正方向(すなわち、半導体レーザダイオードLDiから出射されたレーザ光の伝播方向)に、基準位置からオフセットする構成を採用してもよい。ここで、基準位置とは、速軸コリメートレンズFACiが半導体レーザダイオードLDiから出射されたレーザ光の速軸方向のビーム広がり平行化(コリメート)する作用を発揮する位置のことを指す。基準位置からレーザ光の伝播方向にオフセットされた速軸コリメートレンズFACiは、半導体レーザダイオードLDiから出射されたレーザ光を集光する作用、すなわち、ビーム径を次第に小さくする作用を発揮することになる。

[0081] 特に、本実施形態に係るLDモジュール1において、各速軸コリメートレンズFAC_iのオフセット量を個別に設定することにより、各出力ビームのビーム径を出力ビーム束の交差点において最少化させることが好ましい。例えば、各速軸コリメートレンズFAC_iのオフセット量 Δ_i を、 $\Delta_1 > \Delta_2 > \dots > \Delta_{10}$ となるように設定することにより、各出力ビームのビーム径を上記交差点において最少化させることが好ましい。

[0082] 従来のLDモジュールでは、各出力ビームのビーム径を最適化するため、該ビーム径を調整するためのさらなるレンズを用いていた。一方、上述のとおり、本実施形態のLDモジュール1は、各速軸コリメートレンズFAC_iのオフセット量を調整することにより、各出力ビームのビーム径を最適化するため、ビーム径を調整するためのさらなるレンズを設ける必要はない。よって、本実施形態のLDモジュール1は、該LDモジュール1に係るコストを削減することができ、該LDモジュール1を安価で実現することができる。

産業上の利用可能性

[0083] 本発明は、LDモジュールに好適に利用することができる。特に、半導体レーザダイオードを光源とするLDモジュールに好適に利用することができる。

符号の説明

[0084]	1	LDモジュール
	LD1~LD10	半導体レーザダイオード（レーザダイオード）
	FAC1~FAC10	速軸コリメートレンズ
	SAC1~SAC10	遅軸コリメートレンズ
	M1~M10	ミラー
	M _i 1	第1のミラー
	S1	反射面（第1の反射面）
	M _i 2	第2のミラー
	S2	反射面（第2の反射面）

B	サブマウント (基板)
F L	速軸集束レンズ (集束レンズ)
S L	遅軸集光レンズ
O F	光ファイバ

請求の範囲

[請求項1]

レーザダイオード列をなす複数のレーザダイオードと、
前記複数のレーザダイオードから出射された複数のレーザビームの
各々の光路上に配置された複数の速軸コリメートレンズと、
前記複数のレーザダイオードから出射された前記複数のレーザビー
ムの各々を、当該レーザビームの遅軸方向に反射する複数のミラーと
、
前記複数のミラーによって反射された前記複数のレーザビームを、
当該複数のレーザビームが交差するように集束する速軸集束レンズと
、
を備え、
前記複数のレーザダイオードは、
互いに隣接するレーザビーム同士の間隔が徐々に広がるように、前
記複数のレーザビームを前記複数のミラーに向けて出射し、
前記複数のミラーは、
互いに隣接するレーザビーム同士の間隔が徐々に狭まるように、前
記複数のレーザビームを前記速軸集束レンズに向けて反射し、
前記複数のミラーの各々は、
当該ミラーへ入射されてきたレーザビームを速軸方向に反射する第
1のミラーと、前記第1のミラーから反射されてきたレーザビームを
遅軸方向に反射する第2のミラーと、を備えて構成されており、
前記複数のレーザビームの各々について、
当該レーザビームが対応する前記第1のミラーへ入射する時の当該
レーザビームの速軸と、当該レーザビームが対応する前記第2のミラ
ーから出射された時の当該レーザビームの遅軸とが、互いに平行であ
る
ことを特徴とするLDモジュール。

[請求項2]

前記複数のミラーの各々は、

当該ミラーに入射されるレーザビームと、当該ミラーから出射されるレーザビームとが、双方のレーザビームに対して垂直な方向から見たときに、直角をなすように構成されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の L D モジュール。

[請求項3]

前記第 1 のミラーは、

当該ミラーに入射されてくるレーザビームの遅軸に対して平行な面であって、前記レーザビームの光軸に対して 45° の角度をなす第 1 の反射面を有し、

前記第 2 のミラーは、

前記第 1 の反射面によって反射されたレーザビームの速軸に対して平行な面であって、前記レーザビームの光軸に対して 45° の角度をなす第 2 の反射面を有する

を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の L D モジュール。

[請求項4]

前記複数のレーザダイオードは、

前記レーザダイオード列のより外側に配置されるにつれて、レーザビームの出射方向がより外側となるように、各々の出射方向が設定されている

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 L D モジュール。

[請求項5]

前記複数の速軸コリメートレンズの各々は、

対応するレーザビームの速軸方向のビーム広がりをコリメートする位置を基準として、該レーザビームの伝播方向にオフセットされており、該オフセットの量が、該レーザビームの速軸方向のビーム径を、前記速軸集束レンズによって集束された複数のレーザビームの交差点において最小化するように設定されている、

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の L D モジュール。

[請求項6]

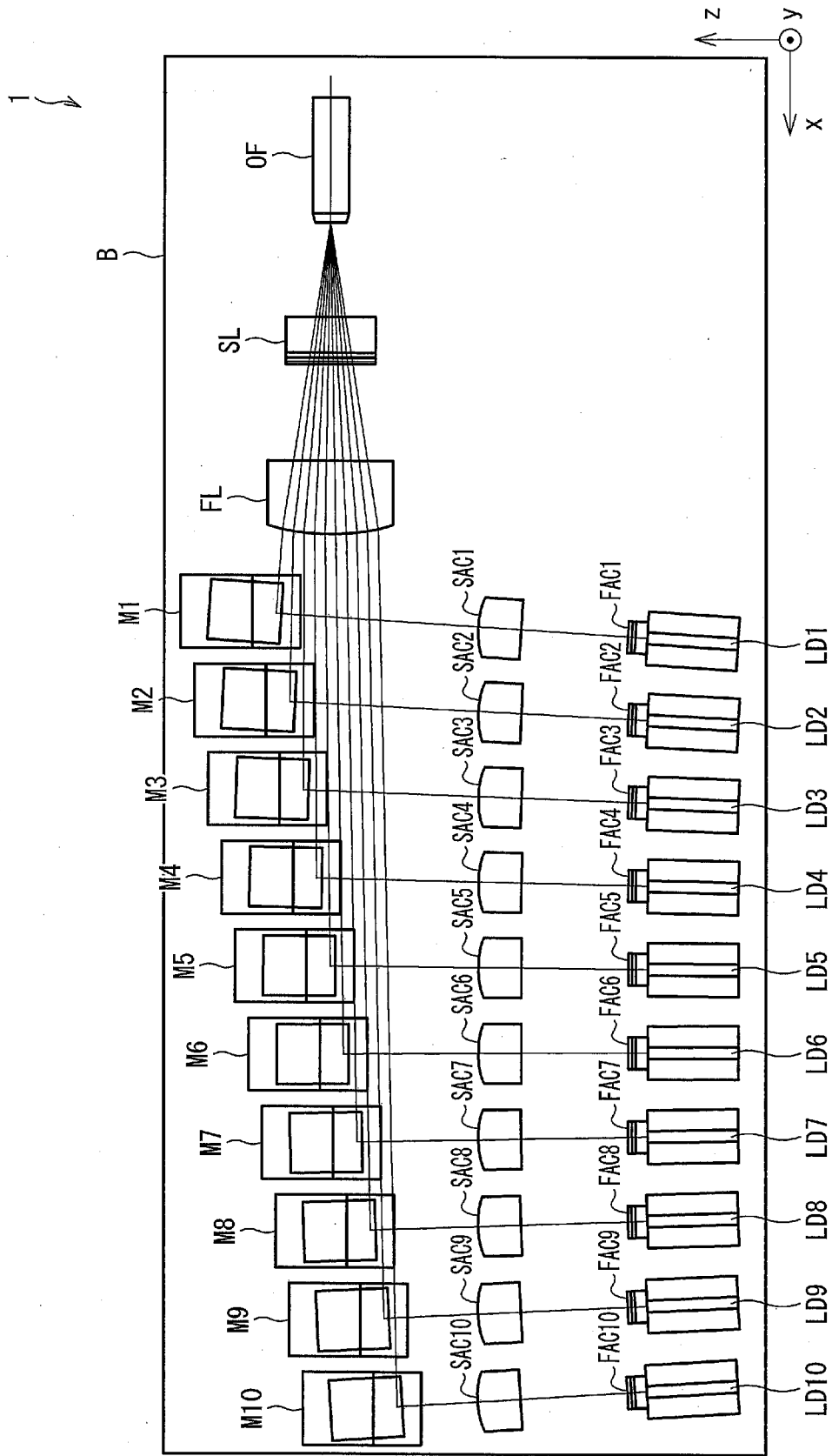
前記第 2 のミラーの下面および前記第 1 のミラーの上面は、互いに

接着されており、

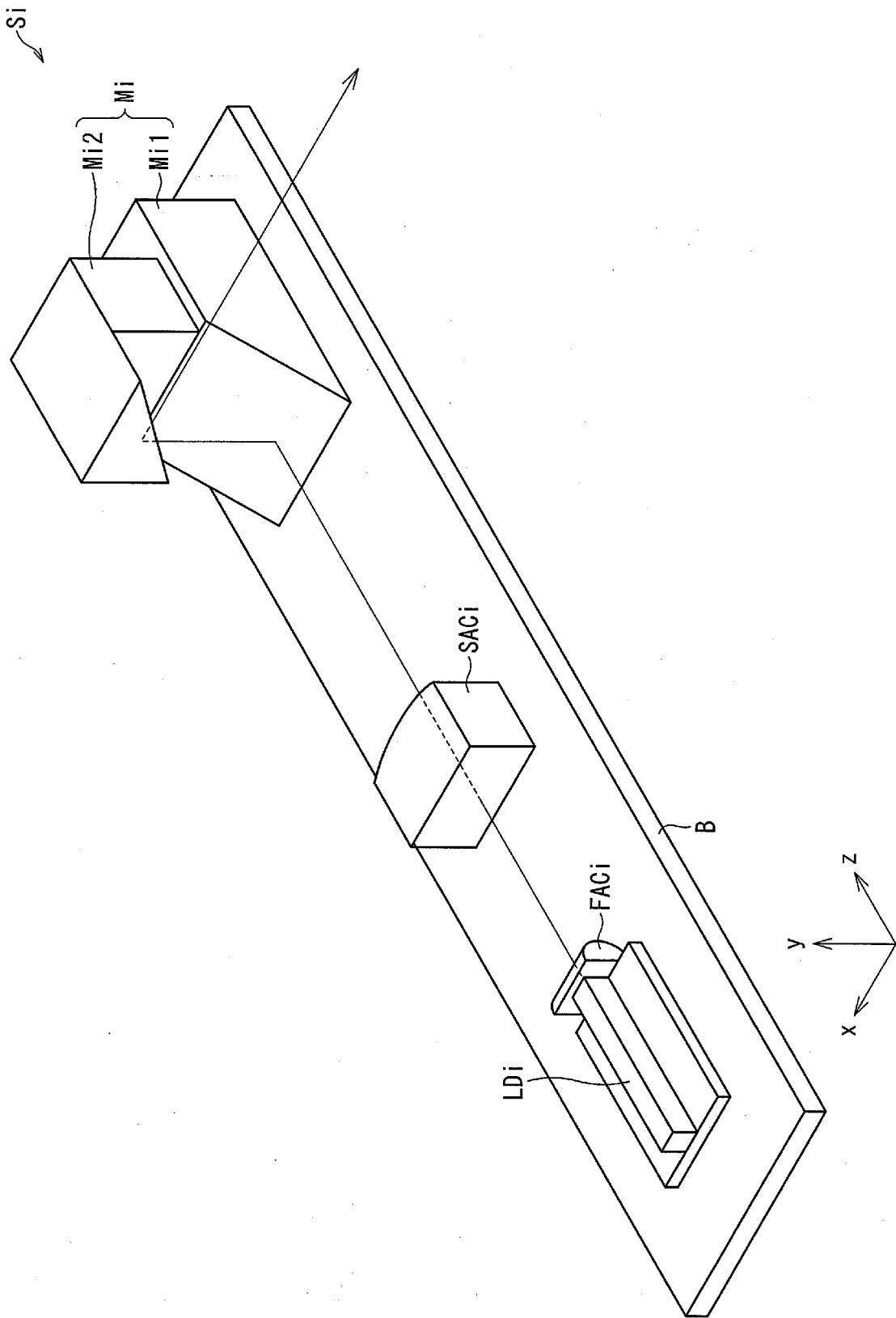
前記第2のミラーの下面および前記第1のミラーの上面の各々は、前記複数のミラーから出射された前記複数のレーザービームの速軸に対して平行である

ことを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載のLDモジュール。

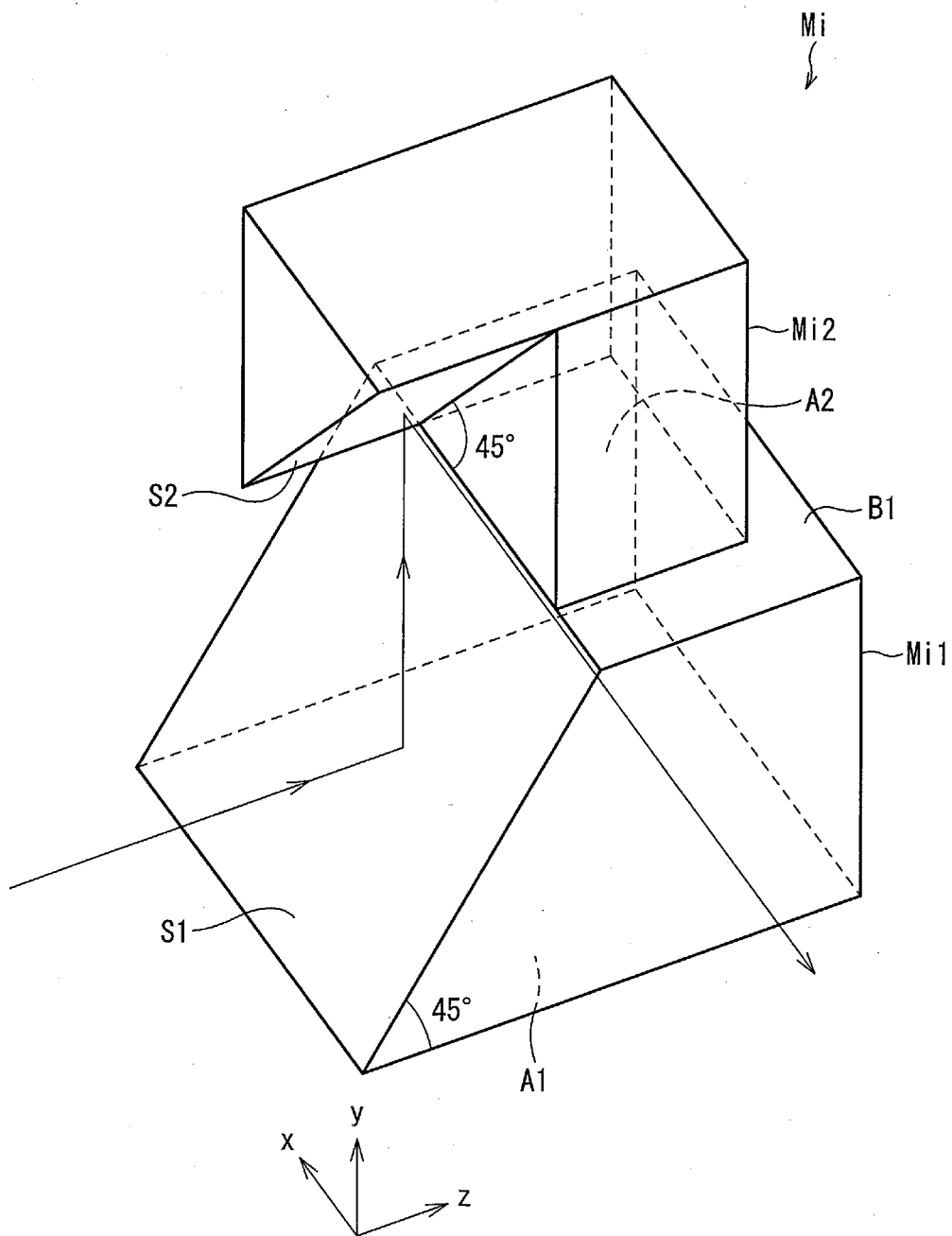
[図1]



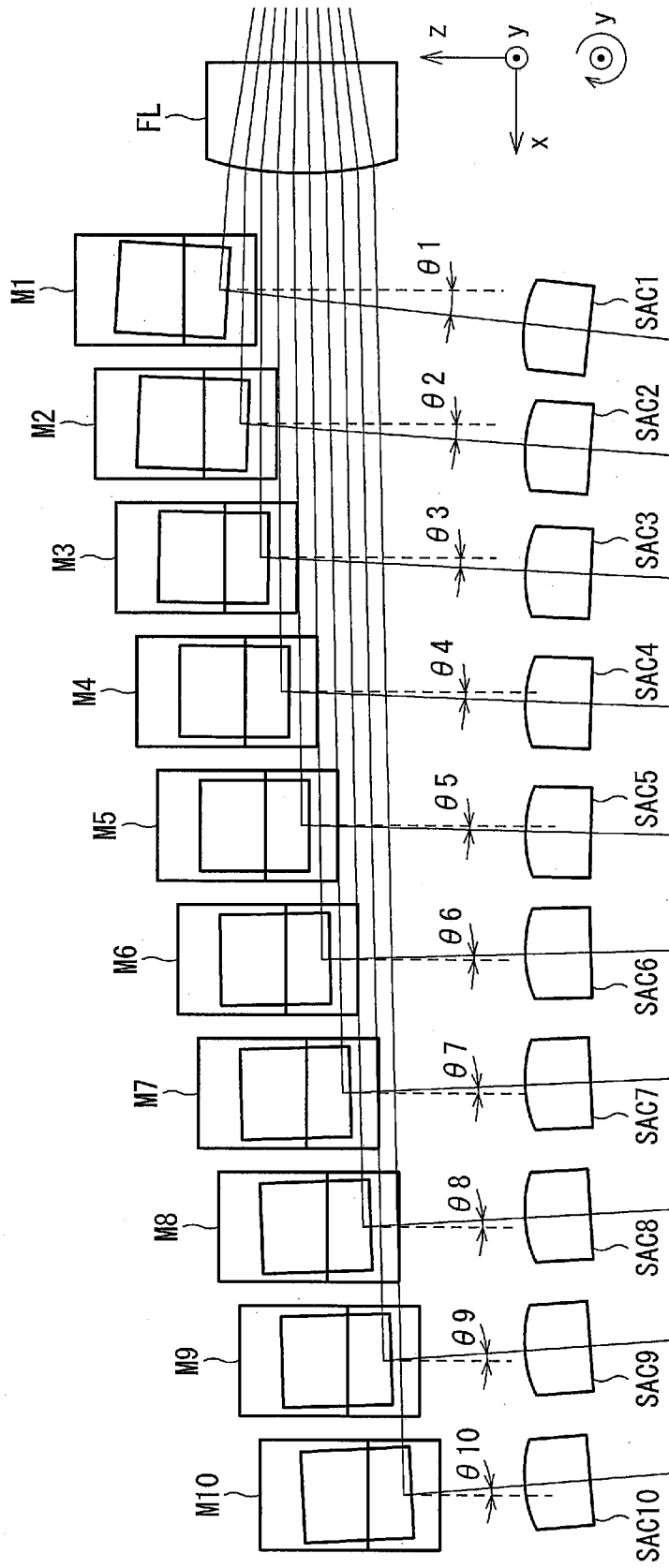
[図2]



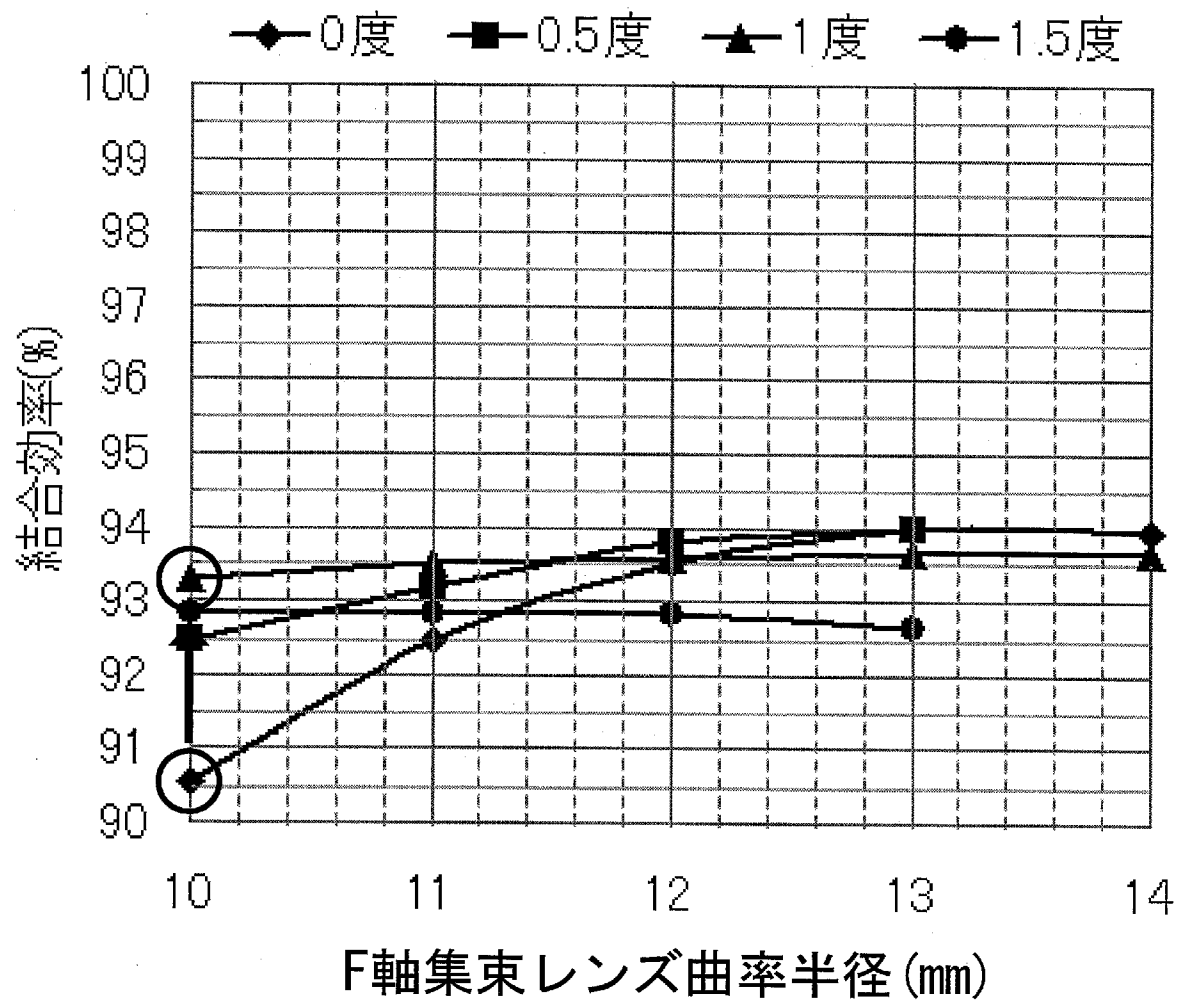
[図3]



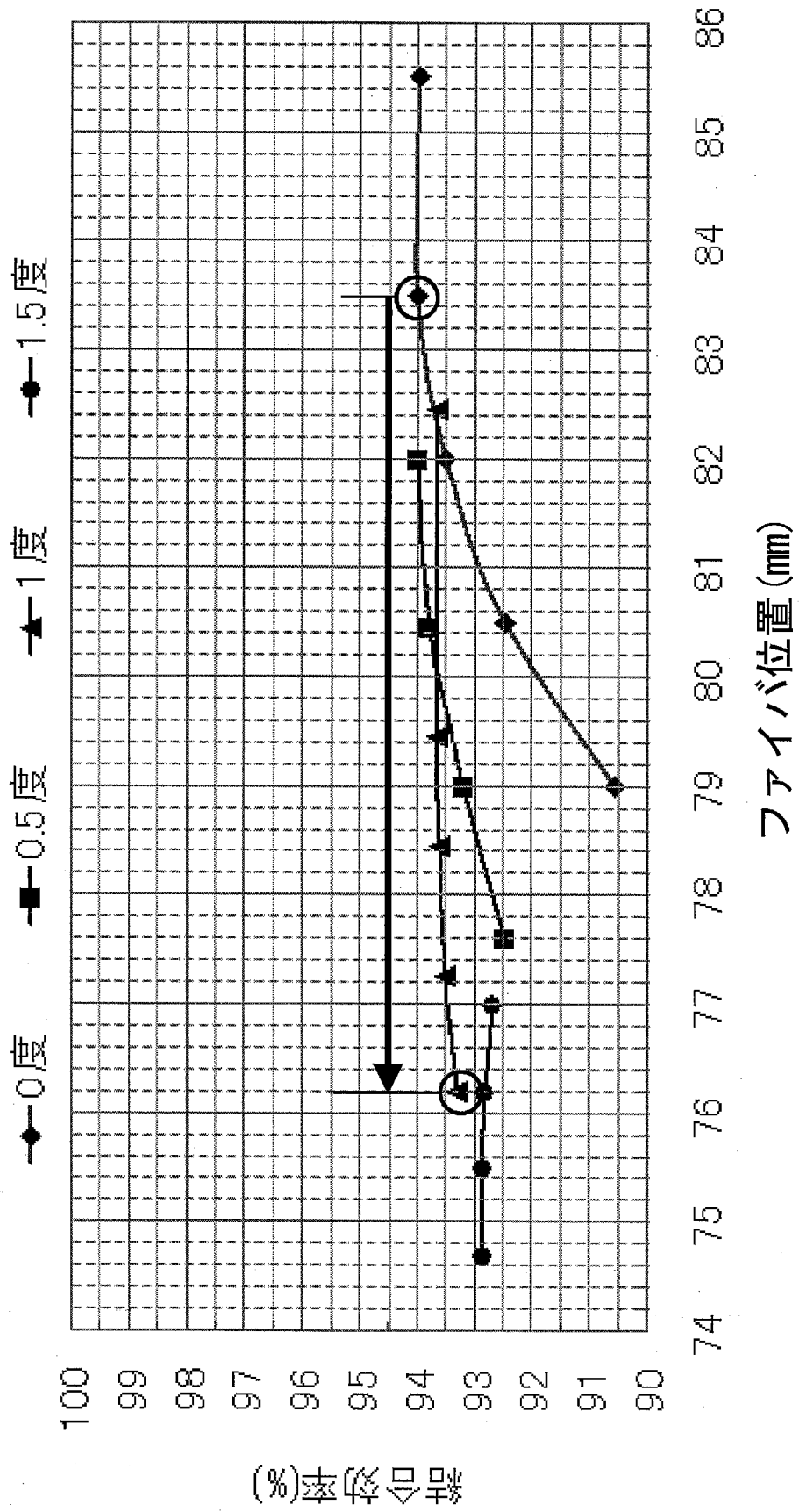
[図4]



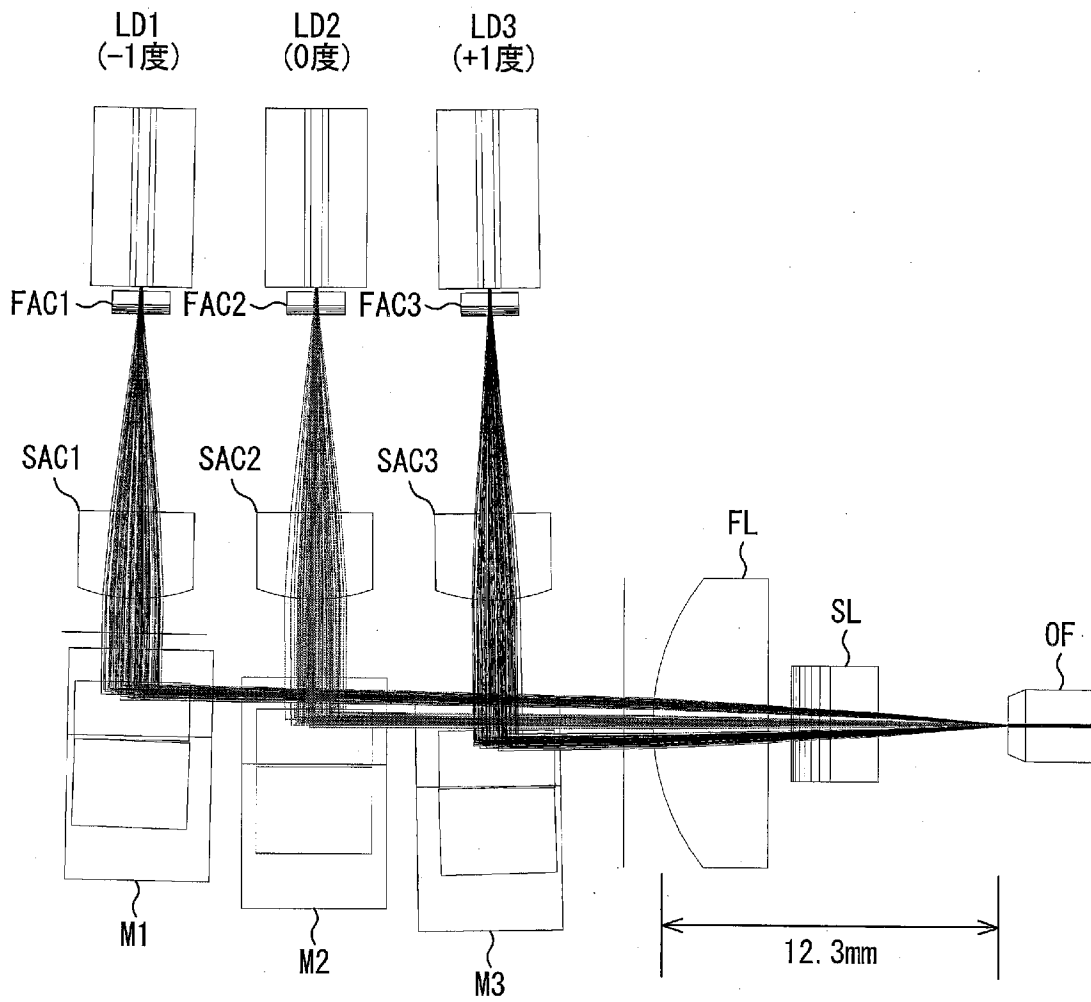
[図5]



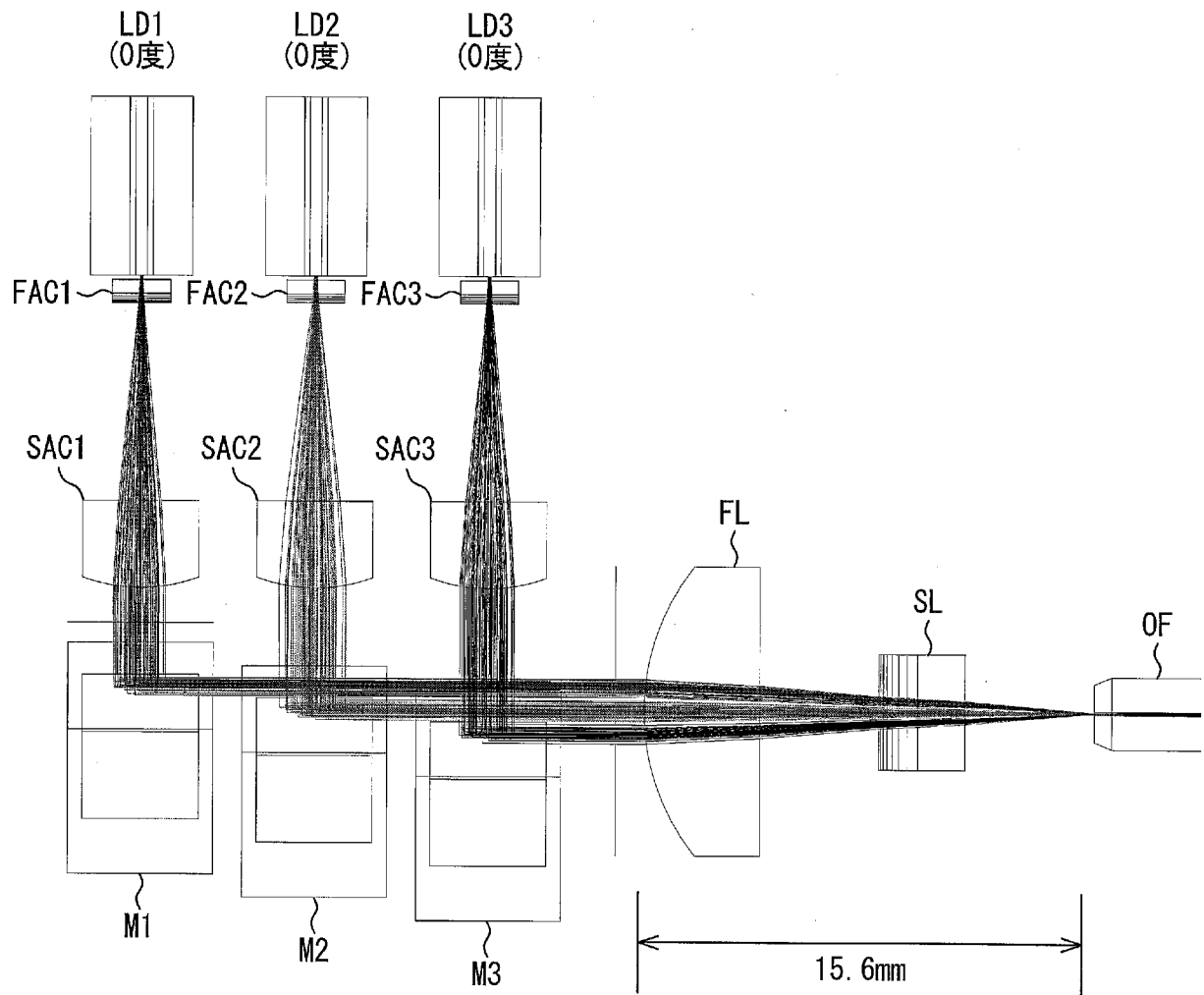
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER 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) G02B6/26-6/43, H01S5/00-5/50, G02B27/09-27/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014		
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	JP 2004-252428 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 09 September 2004 (09.09.2004), entire text; all drawings & US 2004/0252388 A1 & KR 10-2004-0070097 A & CN 1521963 A	1-6
A	JP 2004-258624 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 16 September 2004 (16.09.2004), entire text; all drawings & US 2004/0233964 A1 & KR 10-2004-0070445 A & CN 1519613 A	1-6
A	JP 2003-309309 A (Itaru WATANABE), 31 October 2003 (31.10.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 "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 "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 31 July, 2014 (31.07.14)		Date of mailing of the international search report 12 August, 2014 (12.08.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

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. G02B6/26-6/43, H01S5/00-5/50, G02B27/09-27/10		
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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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	JP 2004-252428 A（富士写真フイルム株式会社）2004.09.09, 全文, 全図 & US 2004/0252388 A1 & KR 10-2004-0070097 A & CN 1521963 A	1-6
A	JP 2004-258624 A（富士写真フイルム株式会社）2004.09.16, 全文, 全図 & US 2004/0233964 A1 & KR 10-2004-0070445 A & CN 1519613 A	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 「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 「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） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 31.07.2014	国際調査報告の発送日 12.08.2014	
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） 河原 正 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2X 9017

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 2003-309309 A (渡邊 之) 2003.10.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6