

(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
2016年12月22日(22.12.2016)

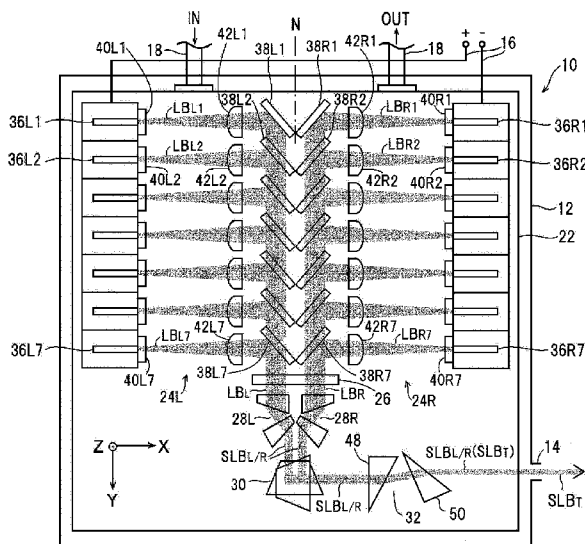


(10) 国際公開番号
WO 2016/203998 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 5/022 (2006.01) H01S 5/40 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/066633
 - (22) 国際出願日: 2016年6月3日(03.06.2016)
 - (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 2015-123471 2015年6月19日(19.06.2015) JP
 - (71) 出願人: 株式会社アマダミヤチ (AMADA MIYACHI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2591196 神奈川県伊勢原市石田200番地 Kanagawa (JP). 株式会社アマダホールディングス (AMADA HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2591196 神奈川県伊勢原市石田200番地 Kanagawa (JP).
 - (72) 発明者: 梁瀬 淳 (YANASE, Atsushi); 〒2591196 神奈川県伊勢原市石田200番地 Kanagawa (JP).
 - (74) 代理人: 誠真IP特許業務法人 (SEISHIN IP PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区三田三丁目13番16号 三田43MTビル13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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (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:
 — 国際調査報告 (条約第21条(3))
 — 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

(54) Title: LASER UNIT AND LASER DEVICE

(54) 発明の名称: レーザユニット及びレーザ装置



(57) Abstract: The light-concentration density or laser power of a combined laser beam bundle, obtained by combining individual laser beams that are caused to oscillate by and are output from a plurality of single-emitter LDs, is increased efficiently, with high quality. On a bottom plate or a unit base 22 of the laser unit 10, there are disposed: a pair of stacked laser beam creation units 24L, 24R which are arranged with left-right symmetry with respect to a center line N; a single wavelength stabilizing element (VBG) 26 of which an incidence plane vertically intersects the center line N; a pair of primary anamorphic prisms 28L, 28R which are arranged separately on the right and left of the center line N; a mirror-type beam rotation element 30 disposed on the center line N; and a secondary anamorphic prism 32 disposed offset from the beam rotation element 30 in a direction (X-direction) perpendicular to the center line N.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/203998 A1



複数のシングルエミッタLDよりそれぞれ発振出力される個々のレーザビームを合成して得られる一束の合成レーザビームの集光密度ないしレーザパワーを高品質で効率よく向上させること。このレーザユニット10の底板またはユニットベース22の上には、中心線Nに対して左右対称に分かれて配置される一対の積層レーザビーム作製部24L、24Rと、入射面が中心線Nと垂直に交差する単体の波長安定化素子(VBG)26と、中心線Nの左右両側に分かれて配置される一対の一次アナモルフィックブリズム28L、28Rと、中心線N上に配置されるミラー型のビーム回転素子30と、このビーム回転素子30から中心線Nと直交する方向(X方向)にオフセットして配置される二次アナモルフィックブリズム32とが設けられる。

明 細 書

発明の名称： レーザユニット及びレーザ装置

技術分野

[0001] 本発明は、多数のシングルエミッタLDを用いて高出力・高輝度のレーザビームを提供するレーザユニットおよびレーザ装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、レーザ加工の分野では、これまで主にファイバレーザやYAGレーザ等の励起光源に用いてきた半導体レーザまたはレーザダイオード（LD）を、ダイレクトダイオードレーザ（DDL）として直接レーザ加工光源に用いる試みが進められている。DDLは、多数のLDを横一列に並べてモノリシックに形成したバー状のLDアレイを複数本組み合わせて用いるアレイ方式と、多数の単体LDチップまたはシングルエミッタLDを組み合わせて用いるシングルエミッタ方式とに大別される。どちらの方式においても、多数のLDより同時に射出されたレーザビームを一束のビームに合成し、通常は光ファイバに通してレーザ加工等の用途に供するようにしている。

[0003] アレイ方式は、一般に、複数本のLDアレイを積み重ねて積層構造のLDモジュールとし、このLDモジュールより直接一束の合成レーザビームを提供する。この方式は、個々のLDより射出されたレーザビームが射出直後から一束に合成されるので効率的なように見えるが、実際には、LDアレイないしLDモジュール全体の発光面サイズが大きいため合成レーザビームのコリメートや集光の精度が低いうえ、個々のビーム同士が互いに干渉し合うため、カップリング効率がそれほど高くないことが、不利点となっている。

[0004] この点、シングルエミッタ方式（たとえば非特許文献1，2参照）は、多数のシングルエミッタLDを任意の距離を隔てて離散的に配置し、それらのシングルエミッタLDよりそれぞれ射出される単体レーザビームをファスト軸方向およびスロー軸方向で個別にコリメートしてから単体レーザビーム同

士の相互干渉を起こさないように非接触で一束に合成するので、高出力・高輝度のレーザビームを得るのに有利とされている。

先行技術文献

非特許文献

[0005] 非特許文献1：タイトル：High Brightness, Direct Diode Laser with kW Output Power、著者：Haro Fritsche等、発行者：Direct Photonics Industries、発行年：2014年

非特許文献2：タイトル：100-W 105- μ m, 0.15 NA Fiber Coupled Laser Diode Module、著者：Scott R. Karlsten Fritsche等、発行者：nLIGHT、発行年：2009年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、シングルエミッタ方式を採用する従来のレーザ装置は、コリメートした後の個々の単体レーザビームをそのままのビームサイズで一束に合成するので、合成レーザビームに含まれる単体レーザビームの個数ないし密度に限界があり、ひいてはDDLで発揮できるレーザパワーやファイバカップリング方式に用いる光ファイバの細さにも限界があった。

[0007] 本発明は、かかる従来技術の課題を解決するものであり、複数のシングルエミッタLDよりそれぞれ発振出力される個々のレーザビームを合成して得られる一束の合成レーザビームの集光密度ないしレーザパワーを高品質で効率よく向上させることができるレーザユニットおよびレーザ装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明のレーザユニットは、第1の方向において所定のピッチで高さの異なる位置に配置される複数の第1のシングルエミッタLDを有し、それら複

数の第1のシングルエミッタLDより標準波長に一致または近似する波長でそれぞれ射出された複数の第1の単体レーザビームを非接触で積層状に並べて、一束の第1の積層レーザビームを作製する第1の積層レーザビーム作製部と、前記第1の積層レーザビーム作製部に隣接して配置され、前記第1の方向において前記ピッチで高さの異なる位置に配置される複数の第2のシングルエミッタLDを有し、それら複数の第2のシングルエミッタLDより前記標準波長に一致または近似する波長でそれぞれ射出された複数の第2の単体レーザビームを非接触で積層状に並べて、一束の第2の積層レーザビームを作製する第2の積層レーザビーム作製部と、前記第1の積層レーザビーム作製部からの前記第1の積層レーザビームを透過させ、その際に、前記第1の積層レーザビームを構成する個々の前記第1の単体ビームのビームサイズをファスト軸方向およびスロー軸方向のうち的一方において第1の圧縮率で圧縮するとともに、前記第1の積層レーザビームの光路を前記第2の積層レーザビーム側にシフトさせる第1のアナモルフィックプリズムと、前記第2の積層レーザビーム作製部からの前記第2の積層レーザビームを透過させ、その際に、前記第2の積層レーザビームを構成する個々の前記第2のシングルビームのビームサイズをファスト軸方向およびスロー軸方向のうちの前記一方において第2の圧縮率で圧縮するとともに、前記第2の積層レーザビームの光路を前記第1の積層レーザビーム側にシフトさせる第2のアナモルフィックプリズムとを有し、前記第1の積層レーザビームと前記第2の積層レーザビームとを並列に合成してなる一束の合成積層レーザビームを提供する。

[0009] 上記構成のレーザユニットにおいては、2組のシングルエミッタLDより得られる各一束の2つの積層レーザビームを第1および第2のアナモルフィックプリズムに通す過程で、両積層レーザビームを構成する各単体レーザビームの像サイズの圧縮と両積層レーザビームの相互接近とを同時に行わせることにより、高密度な2列一束のレーザビームに合成するようにしたので、レーザビームの集光密度ないしレーザパワーを高品質かつ効率的に向上させ

ることができる。

[0010] 本発明における第1のレーザ装置は、前記第1の方向と直交する第4の方向に第1の合成積層レーザビームを射出する本発明の第1のレーザユニットと、前記第1の方向および前記第4の方向と直交する第5の方向に第2の合成積層レーザビームを射出する本発明の第2のレーザユニットと、前記第4の方向および前記第5の方向のいずれに対しても45度傾いた方向で隣接して並ぶ透過部と反射部とを有し、前記第1のレーザユニットからの前記第1の合成積層レーザビームと前記第2のレーザユニットからの前記第2の合成積層レーザビームとをそれぞれ前記透過部および前記反射部のどちらかに選択的に入射させて、前記第1の合成積層レーザビームと前記第2の合成積層レーザビームとを非接触で一束のレーザビームに多重合成する空間カップリング素子とを有する。

[0011] 上記構成のレーザ装置は、複数の本発明のレーザユニットよりそれぞれ得られる複数の合成積層レーザビームを空間カップリングによりさらに多重合成するので、高品質レーザパワーの更なる増倍を実現することができる。

[0012] 本発明における第2のレーザ装置は、前記第1の方向と直交する第4の方向に第1の合成積層レーザビームを射出する本発明の第1のレーザユニットと、前記第1方向および前記第4の方向とも直交する第5の方向に第2の合成積層レーザビームを射出する本発明の第2のレーザユニットと、前記第1のレーザユニットからの前記第1の合成積層レーザビームと前記第2のレーザユニットからの前記第2の合成積層レーザビームとを偏光カップリングにより一束のレーザビームに多重合成する偏光カップリング素子とを有する。

[0013] 上記構成のレーザ装置は、複数の本発明のレーザユニットよりそれぞれ得られる複数の合成積層レーザビームを偏光カップリングによりさらに多重合成するので、高品質レーザパワーの更なる増倍を実現することができる。

[0014] 本発明における第3のレーザ装置は、前記第1の方向と直交する第4の方向に第1の標準波長付近の波長を有する第1の積層レーザビームを射出する請求項5または本発明の第1のレーザユニットと、前記第1方向および前記

第4の方向と直交する第5の方向に前記第1の標準波長と干渉し合わない第2の標準波長付近の波長を有する第2の合成積層レーザビームを射出する本発明の第2のレーザユニットと、前記第1のレーザユニットからの前記第1の合成積層レーザビームと前記第2のレーザユニットからの前記第2の合成積層レーザビームを波長カップリングにより一束のレーザビームに多重合成する波長カップリング素子とを有する。

[0015] 上記構成のレーザ装置は、複数の本発明のレーザユニットよりそれぞれ得られる複数の合成積層レーザビームを波長カップリングによりさらに多重合成するので、高品質レーザパワーの更なる倍増を実現することができる。

発明の効果

[0016] 本発明のレーザユニットまたはレーザ装置によれば、上記のような構成および作用により、複数のシングルエミッタLDよりそれぞれ発振出力されるシングルのレーザビームを合成して得られる一束の合成レーザビームの集光密度ないしレーザパワーを高い精度で効率よく向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態におけるレーザユニットの外観構成を示す斜視図である。

[図2]上記レーザユニット内部の主要な構成を示す平面図である。

[図3]上記レーザユニットにおける積層レーザビーム作製部の主要な部分の構成および作用を示す平面図である。

[図4]上記レーザユニットにおける一次アナモルフィックプリズムの構成および作用を示す平面図である。

[図5]上記レーザユニットにおけるビーム回転素子の構成および作用を示す平面図である。

[図6]上記レーザユニットにおける主要な各部のレーザビームのパターン（像）を示す図である。

[図7]第1の実施形態におけるレーザ装置の構成を示す略平面図である。

[図8]図7のレーザ装置に設けられるストライプミラー（空間カップリング素

子)の構成および作用を示す斜視図である。

[図9]図7のレーザ装置の各部におけるレーザビームのパターン(像)を示す図である。

[図10]第2の実施形態におけるレーザ装置の構成を示す略平面図である。

[図11]図10のレーザ装置の各部におけるレーザビームのパターン(像)を示す図である。

[図12]第3の実施形態におけるレーザ装置の構成を示す略平面図である。

[図13A]図12のレーザ装置の各部におけるレーザビームのパターン(像)を示す図である。

[図13B]他の実施形態におけるレーザ装置の各部における各部のレーザビームのパターン(像)を示す図である。

[図14]実施形態における一次アナモルフィックプリズム組立体の一変形例を示す図である。

[図15]図14のアナモルフィックプリズム組立体の各部におけるレーザビームのパターン(像)を示す図である。

[図16]ビーム回転素子の別の構成例を示す図である。

[図17]波長安定化素子の配置構成に関する一実施例を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、添付図を参照して本発明の好適な実施形態を説明する。

[レーザユニットの実施形態]

[0019] 図1に、本発明の一実施形態におけるレーザユニットの外観を示す。このレーザユニット10は、DDLとしてユニット単体でレーザ加工等の用途に使用される場合は、図示のような筐体12を有する独立したユニットとして提供される。筐体12の一側面にレーザ射出口14が設けられ、レーザ発振出力時にはこのレーザ射出口14より一束の合成レーザビーム SLB_T がユニットの外に射出される。ファイバカップリング方式を採る場合は、レーザ射出口14に光コネクタ(図示せず)を介して光ファイバ(図示せず)の一端部が取り付けられる。筐体12の他の側面には、レーザ電源(図示せず)か

らの電気ケーブル16やチラー（図示せず）からの冷却水供給管18等に接続する各種コネクタ類（図示せず）が設けられている。筐体12の上面には、メンテナンス等のために随時開放される蓋体20が設けられている。

[0020] 図2に、このレーザユニット10内の主要な構成、特に主要部品の配置構造（レイアウト）を平面視で示す。図3～図6に、ユニット10内の各部の構成および作用を示す。

[0021] このレーザユニット10の底には、ユニット内の全ての部品を搭載して支持し、かつヒートシンクとして機能する熱伝導率の高い部材たとえば銅からなる板状のユニットベース22が配置されている。このユニットベース22の内部には、冷却水供給管18を介して供給される冷却水を各部に行き渡らせる通路（図示せず）が形成されている。

[0022] ユニットベース22の上には、図2のY方向に延びる中心線Nに対して左右対称に一对の積層レーザビーム作製部24L, 24Rが設けられる。さらに、レーザビームの進行方向に沿って、両積層レーザビーム作製部24L, 24Rの下流側または後段には、入射面が中心線Nと垂直に交差する単体の波長安定化素子たとえばVBG26と、中心線Nの左右両側に分かれて配置される一对の一次アナモルフィックプリズム28L, 28Rと、中心線N上に配置されるミラー型のビーム回転素子30と、このビーム回転素子30から中心線Nと直交する方向（X方向）にオフセットして配置される二次アナモルフィックプリズム32とが設けられる。

[0023] 一方（図2の右側）の積層レーザビーム作製部24Rにおいては、図3の（b）に示すように、ユニットベース22の上面がVBG26側からレーザビームの上流側に向って階段状に高くなっており（階段状LD支持部22aが構成されており）、各段の上面に熱伝導率の高い絶縁体たとえばセラミック部材34を介して複数個（図示の例では7個）のシングルエミッタLD36R1, 36R2, …36R7が載置されている。ここで、各シングルエミッタLD36Rn（n=1, 2, …7）は、そのレーザ射出面Aを中心線Nと対向させて、つまりX方向に向けて配置される。

- [0024] レーザユニット10ないしユニットベース板22の底面をXY面として、平面視で見ると、図2および図3の(a)に示すように、これらのシングルエミッタLD36R1, 36R2, …36R7は、中心線Nと平行に、つまりY方向に一定間隔dで一列に配置されている。また、XY面に垂直なユニット高さ方向つまりZ方向においては、図3の(b)に示すように、これらのシングルエミッタLD36R1, 36R2, …36R7は、階段の段差に相当するピッチhでそれぞれの配置位置つまりレーザ射出面Aの高さ位置を異にしている。
- [0025] シングルエミッタLD36R1, 36R2, …36R7のレーザ射出面Aの前方には、中心線Nの手前で全反射ミラー38R1, 38R2, …38R7がそれぞれの反射面をX方向およびY方向のどちらに対しても45度傾けた姿勢で配置されている。すなわち、各々のミラー38Rnは、X方向においては45度傾いて各対応するシングルエミッタLD36Rnと対向し、Y方向においては45度傾いてVBG26と対向している。
- [0026] ここで、Z方向において最も高い位置のミラー38R1を除いて、各々のミラー38Rnの頂部は、それと対応するシングルエミッタLD36Rnのレーザ射出面Aよりは高く、それより一段高い隣のシングルエミッタLD36Rn-1のレーザ射出面Aよりは低くなっている。これにより、最も高い位置に配置される端のシングルエミッタLD36R1よりX方向に出射された単体レーザビームLB_{R1}は、ミラー38R1に45度の入射角で入射して、そこで直角に全反射し、図3の(c)に示すようにその後段のミラー38R2, …38R7の頭上をY方向に直進し、VBG26に最も高い位置で入射するようになっている。
- [0027] また、端のシングルエミッタLD36R1の隣に配置される2番目に高いシングルエミッタLD36R2よりX方向に射出された単体レーザビームLB_{R2}は、ミラーLD38R2に45度の入射角で入射して、そこで直角に全反射し、図3の(c)に示すようにその後段のミラー38R3, …38R7の頭上をY方向に直進し、VBG26に2番目に高い位置で入射するよう

になっている。そして、他端または末端のシングルエミッタLD36R7よりX方向に射出された単体レーザビームLB_{R7}は、ミラー38R7に45度の入射角で入射し、そこで直角つまりY方向に全反射し、図3の(c)に示すように最も低い位置でVBG26に入射するようになっている。

[0028] 互いに対向するシングルエミッタLD36R_nとミラー38R_nとの間の光路上には、ファスト軸コリメートレンズ40R_nとスロー軸コリメートレンズ42R_nが配置されている。ファスト軸コリメートレンズ40R_nは、シングルエミッタLD36R_nのレーザ射出面Aに近接して配置され、このシングルエミッタLD36R_nより射出された直後の単体レーザビームLB_{R_n}のビームサイズをファスト軸方向でコリメートする。また、スロー軸コリメートレンズ42R_nは、シングルエミッタLD36R_nから見てファスト軸コリメートレンズ40R_nの後方に配置され、単体レーザビームLB_{R_n}のビームサイズをスロー軸方向でコリメートする。

[0029] 上記のような構成を有する右側積層レーザビーム作製部24Rにおいては、図2および図3の(a)、(c)に示すように、複数(7つ)のシングルエミッタLD36R1, 36R2, …36R7よりそれぞれ射出された複数(7つ)の単体レーザビームLB_{R1}, LB_{R2}, …LB_{R7}が、ミラー38R1, 38R2, …38R7でそれぞれ反射した後、Z方向に非接触で積層状に並んだ状態で空中をY方向に平行に伝搬し、図6の(b)に示すような縦一列の一束の第2積層レーザビームSLB_Rを構成して、VBG26の中心線Nより図2の右側の領域に入射する。

[0030] なお、シングルエミッタLD36R1, 36R2, …36R7は、同一仕様の単体LDチップであり、電極板や配線(図示せず)を介して電氣的に直列接続されており、レーザ電源より電気ケーブル16を介して供給される直流電力の下で、一定の標準波長(たとえば880nm)に一致または近似する波長を有する単体レーザビームLB_{R1}, LB_{R2}, …LB_{R7}をそれぞれ発振出力する。

[0031] 他方(図2の左側)の積層レーザビーム作製部24Lも、中心線Nに対し

て右側の積層レーザビーム作製部24Rと対称であることを除いて、右側積層レーザビーム作製部24Rと同一の構成および機能を有している。したがって、この左側積層レーザビーム作製部24Lにおいては、複数(7つ)のシングルエミッタLD36L1, 36L2, …36L7より上記標準波長(880nm)に一致または近似する波長でそれぞれ射出された複数(7つ)の単体レーザビームLB_{L1}, LB_{L2}, …LB_{L7}が、ミラー38L1, 38L2, …38L7でそれぞれ反射した後、Z方向に非接触で積層状に並んだ状態で空中をY方向に平行に伝搬し、図6の(a)に示すような縦一列の一束の第1積層レーザビームSLB_Lを構成して、VBG26の中心線Nより図2の左側の領域に入射する。

[0032] VBG (Volume Bragg Grating) 26は、外部共振器を構成し、シングルエミッタLD (36L1, 36L2, …36L7)、(36R1, 36R2, …36R7)におけるレーザ発振の波長幅を狭帯域化するとともに、中心波長のバラツキを抑えて上記標準波長(880nm)付近にロックする。この実施形態では、単一または単体のVBG26がユニット内の全てのシングルエミッタLDに共用されるため、コストの低減を図れるだけでなく、狭帯域化および波長ロックの精度が安定している。なお、波長安定化素子として、VHG (Volume Holographic Grating) も使用可能である。

[0033] VBG26より射出された第1積層レーザビームSLB_L (LB_{L1}~LB_{L7}) および第2積層レーザビームSLB_R (LB_{R1}~LB_{R7}) は、縦方向(Z方向)では略同じ高さに揃っており、横方向(X方向)では両積層レーザビーム作製部24L, 24R内の左右両側ミラー(38L1~38L7)、(38R1~38R7)間の空間マージンに依存する距離M(図4, 図6)だけ大きく離間しており、そのまま左右の一次アナモルフィックプリズム28L, 28Rにそれぞれ入射する。

[0034] 図4に示すように、右側の一次アナモルフィックプリズム28Rは、VBG26の近傍に位置し、一方(長い方)の隣辺a₁がVBG26と平行に対向

し、他方（短い方）の隣辺 b_1 が中心線 N と平行に対向するように配置される前段の直角プリズム $40R$ と、ビーム進行方向（ Y 方向）において前段直角プリズム $40R$ の後方に位置し、一方の隣辺 a_2 が一定の角度で前段直角プリズム $40R$ の斜辺 c_1 と斜めに対向し、斜辺 c_2 が中心線 N に斜めに近接して対向するように配置される後段の直角プリズム $42R$ とで構成されている。

[0035] $VBG26$ を Y 方向に通過してきた右側の第 2 積層レーザービーム SLB_R は、右側の一次アナモルフィックプリズム $28R$ の前段直角プリズム $40R$ および後段直角プリズム $42R$ を図示のように光路を折り曲げながら順次通過し、 Y 方向に抜け出る。この際、第 2 積層レーザービーム SLB_R を構成している個々の単体レーザービーム $LB_{R1} \sim LB_{R7}$ の像サイズ（長さ）が、スロー軸方向において所定の圧縮率たとえば 0.5 で $1/2$ に圧縮される（図 6 の（b） \rightarrow （c））。

[0036] さらに、後段直角プリズム $42R$ は、隣辺 a_2 と斜辺 c_2 との間の角部を大きく切り落とし、しかも斜辺 c_2 を中心線 N に可及的に近づけているので、後段直角プリズム $42R$ を透過した直後の第 1 積層レーザービーム SLB_R （ $LB_{R1} \sim LB_{R7}$ ）の光路は、中心線 N に殆ど接するくらいまで X 方向で大きくシフトしている。

[0037] 左側の一次アナモルフィックプリズム $28L$ は、右側の一次アナモルフィックプリズム $28R$ と同一の構成を有し、中心線 N に対して線対称に配置されている。 $VBG26$ を Y 方向に通過してきた左側の第 1 積層レーザービーム SLB_L は、右側の第 2 積層レーザービーム SLB_R と線対称の光路で左側の一次アナモルフィックプリズム $28L$ の前段および後段直角プリズム $40L$ 、 $42L$ を順次通過する。

[0038] これにより、第 1 積層レーザービーム SLB_L を構成している個々の単体レーザービーム $LB_{L1} \sim LB_{L7}$ の像サイズ（長さ）が、スロー軸方向において所定の圧縮率たとえば 0.5 で $1/2$ に圧縮される（図 6 の（a） \rightarrow （c））。そして、左側の一次アナモルフィックプリズム $28L$ を抜け出た後の第 1 積層レーザービーム SLB_L （ $LB_{L1} \sim LB_{L7}$ ）の光路は、中心線 N に殆ど接する

くらいまでX方向で大きくシフトしている。

[0039] こうして、左右一对の一次アナモルフィックプリズム28L, 28Rの後段には、図6の(c)に示すように、第1積層レーザビームSLB_Lと第2積層レーザビームSLB_Rとが極僅かな間隔mを挟んで横2列に並んで合成された一束の合成積層レーザビームSLB_{L/R}が得られる。

[0040] この合成積層レーザビームSLB_{L/R}は、図2に示すように、ミラー型のビーム回転素子30を通過し、その際に、ビームのパターンまたは像が90度回転するとともに、ビームの光路または進行方向がY方向からX方向に直角に折れ曲がる。

[0041] 図5に示すように、ビーム回転素子30は、上下方向(Z方向)で斜めに対向する一对の全反射ミラー44, 46によって構成されている。ここで、前段のミラー44は、中心線Nと交差する位置で、X方向に対しては平行で、Y方向に対しては45度傾いた反射面44aを有し、一次アナモルフィックプリズム28L, 28Rを通り抜けてきた合成積層レーザビームSLB_{L/R}が該反射面44aに入射するように配置される。後段のミラー46は、Y方向に対しては平行で、X方向に対しては45度傾いた反射面46aを有し、前段ミラー44の反射面44aで反射した合成積層レーザビームSLB_{L/R}が該反射面46aに入射するように配置される。

[0042] なお、図5は、合成積層レーザビームSLB_{L/R}の中の一部(2つ)の単体レーザビームLBR_{n-1}, LBR_nについて、ビーム像が90度回転する仕組みと、ビーム光路がY方向からX方向に直角に折れ曲がる仕組みとを模式的に示している。後段ミラー46を前段ミラー44の上下いずれに配置するか、後段ミラー46で反射した合成積層レーザビームSLB_{L/R}の進行方向(向き)を左右のいずれにするか等は、設計事項の範囲内で任意に選ぶことができる。

[0043] このように、ビーム回転素子30により合成積層レーザビームSLB_{L/R}の像が90度回転すると、第1積層レーザビームSLB_Lと第2積層レーザビームSLB_Rの相互の位置関係がそれまでの横2列の関係(図6の(c))から

縦2列の関係（図6の（d））に変わる。しかし、両者 SLB_L 、 SLB_R の結合関係は全く変わらずに維持される。

[0044] 次に、合成積層レーザビーム $SLB_{L/R}$ は、ビーム回転素子30の後段でX方向に二次アナモルフィックプリズム32を通過し、その際に、合成積層レーザビーム $SLB_{L/R}$ を構成している個々の単体レーザビーム $LB_{L1} \sim LB_{L7}$ 、 $LB_{R1} \sim LB_{R7}$ の像サイズ（太さ）が、ファスト軸方向において所定の圧縮率たとえば0.5で1/2に圧縮される（図6の（d）→（e））。この場合、相隣接する単体レーザビームLB間のスペースまたは間隔も、同じ圧縮率（1/2）で縮小する。

[0045] なお、合成積層レーザビーム $SLB_{L/R}$ が二次アナモルフィックプリズム32に入射する前とそれを透過した後とで、進行方向（X方向）は変わらないが、光路は横（Y方向）に幾らかシフトする。このシフト量に格別の意義はない。また、二次アナモルフィックプリズム32を構成する前段および後段の直角プリズム48、50の形状や配置位置に関しても、一次アナモルフィックプリズム28L、28R（図4）におけるような特別な限定は不要である。

[0046] 合成積層レーザビーム $SLB_{L/R}$ は、二次アナモルフィックプリズム32を通過した後、1ユニット分の合成積層レーザビーム SLB_T としてレーザ射出口14よりユニット筐体12の外に出射される。ファイバカップリング方式を採用する場合は、レーザ射出口14に光コネクタを介して光ファイバの一端部が取り付けられ、二次アナモルフィックプリズム32とレーザ射出口14との間に集光レンズ（図示せず）が設けられる。合成積層レーザビーム SLB_T が光ファイバに入射すると、光ファイバの中で合成積層レーザビーム SLB_T を構成している積層レーザビーム SLB_R 、 SLB_L 同士ないし単体レーザビーム $LB_{L1} \sim LB_{L7}$ 、 $LB_{R1} \sim LB_{R7}$ 同士が伝搬中にカップリングされる。

[0047] 上記したように、この実施形態のレーザユニット10によれば、一对の積層レーザビーム作製部24L、24Rにおいて、多数のシングルエミッタLD（36L1～36L7、36R1～36R7）を2列または2組（36L

1～36L7), (36R1～36R7)に分けて階段状に配置し、それらのシングルエミッタLDよりそれぞれ離散的に射出された複数の単体レーザービーム(LB_{L1}～LB_{L7}), (LB_{R1}～LB_{R7})をそれぞれ個別にコリメートしてから、各組毎に一束の積層レーザービームSLB_L, SLB_Rに編成する。これら2組の積層レーザービームSLB_L, SLB_Rは、略同じ高さで一定方向(Y方向)に併進するものの、横方向(X方向)では相当離れている。そして、これら2組の積層レーザービームSLB_L, SLB_Rが一对の一次アナモルフィックプリズム28L, 28Rをそれぞれ通過することにより、各単体レーザービーム(LB_{L1}～LB_{L7}, LB_{R1}～LB_{R7})の像サイズまたは長さの圧縮と両積層レーザービームSLB_L, SLB_Rの相互接近とが同時に行われ、2列一束の高密度な合成積層レーザービームSLB_{L/R}が得られる。

[0048] このレーザーユニット10においては、両積層レーザービーム作製部24L, 24Rの全部品がヒートシンク機能を有する同一のユニットベース22上に搭載されることで、光学部品の各々および相互間の位置精度が非常に高く、かつ安定しており、単体レーザービーム(LB_{L1}～LB_{L7}, LB_{R1}～LB_{R7})間ないし積層レーザービームSLB_L, SLB_R間の相対的位置精度が高く、かつ安定している。これによって、合成レーザービームSLB_{L/R}の中で単体レーザービーム間ないし積層レーザービーム間の相互干渉を確実に回避することが可能であり、高密度で高品質の合成積層レーザービームSLB_{L/R}を得ることができる。

[0049] さらに、この実施形態では、二次アナモルフィックプリズム32により、合成積層レーザービームSLB_{L/R}を構成している個々の単体レーザービームLB_{L1}～LB_{L7}, LB_{R1}～LB_{R7}の像サイズまたは太さ、およびそれら単体レーザービームLBの間隔を、ファスト軸方向において所定の圧縮率で細くする。これにより、後述するように、レーザーユニット10の外で合成積層レーザービームSLB_T(SLB_{L/R})と他の同種の合成レーザービームとの多重合成をより精細・綿密かつ正確に行うことができる。

[0050] また、この実施形態では、ミラー型のビーム回転素子30により、合成積

層レーザビーム $SLB_{L/R}$ の像を 90 度回転させると同時にビームの進行方向を直角に折り曲げるので、図 2 から容易に理解されるように、ユニットベース（ヒートシンク）22 ないしレーザユニット 10 の長手方向（Y 方向）のサイズを大幅に縮小することができる。

[レーザ装置の実施形態]

- [0051] 以下、図 7～図 14 を参照して、本発明のレーザ装置に関する実施形態について説明する。
- [0052] 本発明の実施形態におけるレーザ装置は、上記レーザユニット 10 を複数有し、それぞれのレーザユニット 10 より提供される複数の合成レーザビームを後述するカップリング法により多重合成して、さらに整数倍の集光密度ないしレーザパワーを有する合成レーザビームを得るようにしている。
- [0053] 図 7 に、第 1 の実施形態におけるレーザ装置の構成を示す。このレーザ装置は、2 台のレーザユニット 10 (1)、10 (2) を備える。ここで、両レーザユニット 10 (1)、10 (2) のユニットベース 22 (1)、22 (2) は、面一の上を有する共通または単一のメインベース（図示せず）上に取り付けられる。ユニット筐体 12 を省くことも可能である。ただし、レーザユニット 10 (1)、10 (2) は、それぞれのレーザ射出口 14 (1)、14 (2) より同一の標準波長（たとえば 880 nm ）で射出された合成積層レーザビーム SLB_{T1} 、 SLB_{T2} が互いに直交して交差するように配置される。この例では、第 1 および第 2 の合成積層レーザビーム SLB_{T1} 、 SLB_{T2} の進行方向をそれぞれ Y 方向、X 方向とする。
- [0054] より詳細には、両合成積層レーザビーム SLB_{T1} 、 SLB_{T2} の交差する位置に、図 8 に示すように、X 方向、Y 方向のいずれに対しても 45 度傾いた方向の板面に相隣接する透過部 52 a と反射部 52 b とを形成している空間カップリング素子たとえばストライプミラー 52 が設けられる。第 1 のレーザユニット 10 (1) からの第 1 合成積層レーザビーム SLB_{T1} ($LB_{L1} \sim LB_{L7}$ 、 $LB_{R1} \sim LB_{R7}$) はストライプミラー 52 の透過部 52 a に X 方向で入射し、その透過部 52 a をそのまま直進して通り抜ける。一方、第 2 の

レーザユニット10(2)からの第2合成積層レーザビーム SLB_{T_2} ($LB_{L_1} \sim LB_{L_7}$, $LB_{R_1} \sim LB_{R_7}$)はストライプミラー52の反射部52bにY方向で入射し、その反射部52bで直角に、つまりX方向に反射する。ストライプミラー52は、たとえばガラス板からなる基板上で、透過部52aの領域にはレーザビーム SLB_{T_1} に対して透過性のコーティング材を塗布し、反射部52bの領域にはレーザビーム SLB_{T_2} に対して反射性のコーティング材を塗布している。透過部52aを開口部として形成することも可能である。

[0055] こうして、ストライプミラー52より、図9に示すように第1合成積層レーザビーム SLB_{T_1} と第2積層合成レーザビーム SLB_{T_2} とがY方向で左右に並んで構成される一束の多重合成積層レーザビーム $SLB_{T_1 * T_2}$ がX方向に射出される。この多重合成積層レーザビーム $SLB_{T_1 * T_2}$ は、レーザユニット10(1), 10(2)からの実質的に同波長の合成積層レーザビーム SLB_{T_1} , SLB_{T_2} を足し合わせた集光密度ないしレーザパワーを有する。

[0056] このレーザ装置は、多重合成積層レーザビーム $SLB_{T_1 * T_2}$ における空間カップリングの精度を高くするうえで、レーザユニット10(1), 10(2)およびストライプミラー52間(三者間)の光学的な位置合わせに高い精度および安定性を必要とする。この実施形態では、各合成積層レーザビーム SLB_{T_1} , SLB_{T_2} に含まれる各単体レーザビーム LB_i , LB_j の長軸およびストライプミラー52のストライプは、そのいずれもメインベースの主面(XY面)に直交して配置されるので、厳密に相互に平行となる。メインベース板上で三者10(1), 10(2), 52の位置および/または向きを調整するだけで、光学的な位置合わせを容易かつ正確に行うことができる。これにより、ストライプミラー52において、第1合成積層レーザビーム SLB_{T_1} の各単体レーザビーム LB_i は正確に透過部52aを透過し、第2合成積層レーザビーム SLB_{T_2} の各単体レーザビーム LB_j は正確に反射部52bで反射する。なお、レーザユニット10内にビーム回転素子30を設け、合成積層レーザビーム $LB_{L/R}$ の像を90度回転させて各単体レーザビームLB

、 $(L B_j)$ の長軸を横から縦に変換するのは、メインベースの主面（XY面）に直交させるためである。

[0057] 図10に、第2の実施形態におけるレーザ装置の構成を示す。このレーザ装置は、上記空間カップリング素子52を偏光カップリング素子54に置き換える点を除いて、上記第1の実施形態のレーザ装置と同様の構成を有している。両レーザユニット10(1)、10(2)のいずれか一方と偏光カップリング素子54との間には1/2波長板56が配置される。偏光カップリング素子54は、たとえば偏光ビームスプリッタ(PBS)からなり、図11に示すように両合成積層レーザビーム $SL B_{T1}$ 、 $SL B_{T2}$ を偏光カップリングにより偏光の直交成分で合成する。この偏光カップリングによって得られる一束の多重合成積層レーザビーム $SL B_{T1\#T2}$ の集光密度ないしレーザパワーは、両レーザユニット10(1)、10(2)からの実質的に同波長の合成積層レーザビーム $SL B_{T1}$ 、 $SL B_{T2}$ を足し合わせたものである。

[0058] 図12に示す第3の実施形態におけるレーザ装置は、より多数たとえば4台のレーザユニット10(1)、10(2)、10(3)、10(4)を備え、上記のような空間カップリングと偏光カップリングとを併用する構成としている。

[0059] ここで、レーザユニット10(1)、10(2)よりそれぞれ射出される合成積層レーザビーム $SL B_{T1}$ 、 $SL B_{T2}$ から、第1の空間カップリング素子52を通じて、両合成積層レーザビーム $SL B_{T1}$ 、 $SL B_{T2}$ を空間カップリングしてなる一束の第1多重合成積層レーザビーム $SL B_{T1*T2}$ が得られる。一方、レーザユニット10(3)、10(4)よりそれぞれ射出される合成積層レーザビーム $SL B_{T3}$ 、 $SL B_{T4}$ から、第2の空間カップリング素子52を通じて、両合成積層レーザビーム $SL B_{T3}$ 、 $SL B_{T4}$ を空間カップリングしてなる一束の第2多重合成積層レーザビーム $SL B_{T3*T4}$ が得られる。そして、これら第1および第2多重合成積層レーザビーム $SL B_{T1*T2}$ 、 $SL B_{T3*T4}$ から、1/2波長板56およびPBS54を通じて、それらを偏光カップリングしてなる一束の通倍多重合成積層レーザビーム $SL B_{T1*T2\#T3*T}$

4つまり $SLB_{T(1\sim4)}$ が得られる。図13Aに、通倍多重合成積層レーザービーム $SLB_{T(1\sim4)}$ と各合成積層レーザービーム $SLB_{T1}\sim LB_{T4}$ とのカップリング関係を示す。

[0060] レーザユニット10(1)~10(4)の波長および出力が略同じであると仮定すると、この通倍多重合成積層レーザービーム $SLB_{T(1\sim4)}$ はレーザーユニット10の台数(図示の例は4台)に相当する整数倍(4倍)の集光密度ないしレーザーパワーを有する。

[0061] 図12において、PBS54より得られる一束の通倍多重合成積層レーザービーム $SLB_{T(1\sim4)}$ は、集光レンズを含む入射ユニット58を介して光ファイバ60に入射し、光ファイバ60の中を伝搬して遠隔の出射ユニット(図示せず)へ送られる。そして、該出射ユニットにおいて、光ファイバ60の他端からシングルモードで出た通倍多重合成積層レーザービーム $SLB_{T(1\sim4)}$ は、被加工品に向けて集光照射され、所望のレーザー加工(たとえば溶接)に供される。

[0062] 別の実施形態として、上記のような空間カップリングおよび/または偏光カップリングと波長カップリングを併用することも可能である。波長カップリングは、標準波長の異なる複数のレーザービームをたとえばダイクロイックミラーを用いて合成または多重化するカップリング法である。たとえば、図12に示すような4台一組のレーザーユニット10(1)~10(4)により得られる第1標準波長(たとえば $880\mu\text{m}$)の通倍多重合成積層レーザービーム $SLB_{T(1\sim4)}$ と、別の4台一組のレーザーユニット10(1)~10(4)により得られる第2標準波長(たとえば $915\mu\text{m}$)の通倍多重合成積層レーザービーム $SLB_{T(1\sim4)}$ とを図13Bの(a)のような2波長カップリングにより多重合成して一束の多重合成積層レーザービーム $SLB_{T2(1\sim4)}$ とすることにより、レーザーパワーをさらに2倍に増やすことができる。同様の原理で、たとえば $940\mu\text{m}$, $960\mu\text{m}$, $975\mu\text{m}$ 等の他の標準波長のものを併用することにより、たとえば図13Bの(b)に示すような3波長カップリングの多重合成積層レーザービーム $SLB_{T3(1\sim4)}$ あるいは図13Bの

(c) に示すような4波長カップリングの多重合成積層レーザビーム $SLB_{T_{4(1\sim4)}}$ を得ることも可能であり、レーザパワーをさらに3倍あるいは4倍以上に増やすことも容易に実現できる。また、この実施例では、レーザユニット10(1)~10(4)が上記のような波長安定化素子(たとえばVBG)26を備えており、それらのレーザユニット10(1)~10(4)よりそれぞれ得られる積層合成レーザビーム $SLB_{T_1}\sim SLB_{T_4}$ の波長がいずれも各標準波長付近にロックされているので、上記のような多重の波長カップリングを精度よく安定に行うことができる。

[0063] 本実施形態のレーザ装置によれば、上記のような高精度の複合的カップリングにより、たとえば、DDL等の用途において $\phi 50\mu m$ 程度の細い光ファイバを用いるファイバカップリングにおいて1kW以上の高出力を容易かつ効率的に実現することができる。

[別の実施形態又は変形例]

[0064] 上記実施形態のレーザユニット10において、ユニットベース22上に上記構成の積層レーザビーム作製部24を3つ以上搭載する構成も可能である。その場合は、たとえば3つの積層レーザビーム作製部24A, 24B, 24C(図示せず)によりそれぞれ作製される3組の積層レーザビーム SLB_A , SLB_B , SLB_C に対して、単一のVBG26と3組のアナモルフィックプリズム28A, 28B, 28Cとを使用すればよい。図14に、レイアウトを示す。

[0065] すなわち、2組のアナモルフィックプリズム28B, 28Cが上記実施形態(図4)における2組のアナモルフィックプリズム28L, 28Rが対応し、それに端(左端)のアナモルフィックプリズム28Aが並列に追加された構成となっている。ここで、アナモルフィックプリズム28Aは、VBG26の近傍に位置し、一方(長い方)の隣辺 a_1 がVBG26と平行に対向し、他方(短い方)の隣辺 b_1 が合成積層レーザビーム SLB_B/C と合流する仮想の基準線Kと平行に対向するように配置される前段の直角プリズム40Aと、ビーム進行方向(Y方向)において前段直角プリズム40Aのかなり後方

に位置し、一方の隣辺 a_2 が一定の角度で前段直角プリズム 40A の斜辺 c_1 と斜めに対向し、斜辺 c_2 が合流基準線 K に斜めに近接して対向するように配置される後段の直角プリズム 42A とで構成されている。ここで、後段直角プリズム 42A は、隣辺 a_2 と斜辺 c_2 との間の角部を大きく切り落とし、しかも斜辺 c_2 を合流基準線 K に可及的に近づけているので、後段直角プリズム 42A を透過した直後の積層レーザビーム SLB_A ($LB_{A1} \sim LB_{A7}$) の光路は、合流基準線 K に殆ど接するくらいまで X 方向で大きくシフトする。

[0066] こうして、積層レーザビーム SLB_B , SLB_C を 2 列に合成してなる合成レーザビーム $SLB_{B/C}$ にさらに積層レーザビーム SLB_A を並列に追加してなる 3 列一束の合成積層レーザビーム $SLB_{A/B/C}$ (図 15) が得られる。

[0067] なお、このように 3 つの独立した一束の積層レーザビーム SLB_A , SLB_B , SLB_C を 3 列で合成して一束の合成積層レーザビーム $SLB_{A/B/C}$ を得る場合は、各々のアナモルフィックプリズム 28A, 28B, 28C におけるビーム長軸方向 (スロー軸方向) の圧縮率を $1/3$ 以下に設定するのが好ましい。

[0068] また、図 16 に示すように、上記実施形態のレーザユニット 10 におけるビーム回転素子 30 の一変形例として、DOVE プリズム 62 を用いることも可能である。この場合、一次アナモルフィックプリズム 28L, 28R (図 2) を Y 方向に通り抜けてきた合成積層レーザビーム $SLB_{L/R}$ は、DOVE プリズム 62 の一方の傾斜端面に入射し、このプリズム 62 の底面で全反射してから、一方の傾斜端面より Y 方向に抜け出る。その際、DOVE プリズム 62 に入射する前と出射した後とで、合成積層レーザビーム $SLB_{L/R}$ のパターンまたは像が 90 度回転する。

[0069] このように DOVE プリズム 62 を用いる場合は、レーザユニット (図 2) の長手方向 (Y 方向) において、ビーム回転素子 30 のサイズが大きくなるだけでなく、後段の二次アナモルフィックプリズム 32 も Y 方向の延長上に配置されるため、ユニットベース 22 ないしレーザユニット 10 全体のサイズが一段と大きくなる面がある。この点では、ミラー型のビーム回転素子

30 (図5)の方がDOVEプリズム62よりも有利である。

[0070] また、上記実施形態のレーザユニット10において、各シングルエミッタLD36Ln (36Rn)からの各単体レーザビームLB_{Ln} (LB_{Rn})をVBG26側に反射させるための各ミラー38Ln (38Rn)に、各スロー軸コリメートレンズ42Ln (42Rn)の機能を持たせる(兼用させる)構成も可能である。

[0071] 上記実施形態においては、単体のVBG26を積層レーザビーム作製部24L, 24Rと一次アナモルフィックプリズム28L, 28Rとの間に配置している。別の実施例として、図17に示すように、積層レーザビームSLB_L, SLB_Rが一次アナモルフィックプリズム28L, 28Rを通り抜けた後の光路上に、つまり合成積層レーザビームSLB_{L/R}の光路上に、VBG26を配置する構成も可能である。この配置構成によれば、VBG26のサイズを合成積層レーザビームSLB_{L/R}の一束分をカバーする大きさに済ますことができるため、VBG26の一層の小型化、低コスト化を実現することができる。

符号の説明

- [0072]
- | | |
|----------------------|----------------------|
| 10 | レーザユニット |
| 22 | ユニットベース |
| 24L, 24R | 積層レーザビーム作製部 |
| 26 | VBG |
| 28L, 28R | 一次アナモルフィックプリズム |
| 30 | ビーム回転素子 |
| 32 | 二次アナモルフィックプリズム |
| 36R1~36R7, 36L1~36L7 | シングルエミッタLD |
| 38R1~38R7, 38L1~38L7 | ミラー |
| 52 | 空間カップリング素子, ストライプミラー |

請求の範囲

[請求項1]

第1の方向において所定のピッチで高さの異なる位置に配置される複数の第1のシングルエミッタLDを有し、それら複数の第1のシングルエミッタLDより標準波長に一致または近似する波長でそれぞれ射出された複数の第1の単体レーザービームを非接触で積層状に並べて、一束の第1の積層レーザービームを作製する第1の積層レーザービーム作製部と、

前記第1の積層レーザービーム作製部に隣接して配置され、前記第1の方向において前記ピッチで高さの異なる位置に配置される複数の第2のシングルエミッタLDを有し、それら複数の第2のシングルエミッタLDより前記標準波長に一致または近似する波長でそれぞれ射出された複数の第2の単体レーザービームを非接触で積層状に並べて、一束の第2の積層レーザービームを作製する第2の積層レーザービーム作製部と、

前記第1の積層レーザービーム作製部からの前記第1の積層レーザービームを透過させ、その際に、前記第1の積層レーザービームを構成する個々の前記第1の単体レーザービームのビームサイズをファスト軸方向およびスロー軸方向のうち的一方において第1の圧縮率で圧縮するとともに、前記第1の積層レーザービームの光路を前記第2の積層レーザービーム側にシフトさせる第1のアナモルフィックプリズムと、

前記第2の積層レーザービーム作製部からの前記第2の積層レーザービームを透過させ、その際に、前記第2の積層レーザービームを構成する個々の前記第2の単体レーザービームのビームサイズをファスト軸方向およびスロー軸方向のうちの前記一方において第2の圧縮率で圧縮するとともに、前記第2の積層レーザービームの光路を前記第1の積層レーザービーム側にシフトさせる第2のアナモルフィックプリズムとを有し、

前記第1の積層レーザービームと前記第2の積層レーザービームとを並

列に合成してなる一束の合成積層レーザビームを提供するレーザユニット。

[請求項2] 前記第1および第2の積層レーザビームを構成する個々の前記第1および第2の単体レーザビームの波長を同時に前記標準波長付近に安定化し狭帯域化するための単体の波長安定化素子を有する、請求項1に記載のレーザユニット。

[請求項3] 前記波長安定化素子は、前記第1および第2の積層レーザビームが前記第1および第2のアナモルフィックプリズムをそれぞれ通り抜けた後の光路上に配置される、請求項2に記載のレーザユニット。

[請求項4] 前記第1の積層レーザビーム作製部は、
各々のレーザ射出面が前記第1の方向と直交する第2の方向に向いている複数の前記第1のシングルエミッタLDを前記第1の方向および前記第2の方向と直交する第3の方向に並べて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さに載置する第1の階段状LD支持部と、

複数の前記第1のシングルエミッタLDよりそれぞれ前記第2の方向で射出された前記複数の第1の単体レーザビームを前記第1のアナモルフィックプリズムに向けて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さで前記第3の方向に反射させる複数の第1のミラーと、

互いに対向する前記第1のシングルエミッタLDと前記第1のミラーとの間に配置され、前記第1の単体レーザビームをファスト軸方向においてコリメートする第1のファスト軸コリメートレンズと、

互いに対向する前記第1のシングルエミッタLDと前記第1のミラーとの間に配置され、前記第1の単体レーザビームをスロー軸方向においてコリメートする第1のスロー軸コリメートレンズと

を有する請求項1に記載のレーザユニット。

[請求項5] 前記第2の積層レーザビーム作製部は、
前記第2の方向において前記第1の階段状LD支持部と向かい合い

、各々のレーザ出射面が前記第2の方向に向いている複数の前記第2のシングルエミッタLDを前記第3の方向に並べて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さに載置する第2の階段状LD支持部と、

複数の前記第2のシングルエミッタLDよりそれぞれ前記第2の方向で射出された前記第2の単体レーザビームを前記第2のアナモルフィックプリズムに向けて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さで前記第3の方向に反射させる複数の第2のミラーと、

互いに対向する前記第2のシングルエミッタLDと前記第2のミラーとの間に配置され、前記第2の単体レーザビームをファスト軸方向においてコリメートする第2のファスト軸コリメートレンズと、

互いに対向する前記第2のシングルエミッタLDと前記第2のミラーとの間に配置され、前記第2の単体レーザビームをスロー軸方向においてコリメートする第2のスロー軸コリメートレンズと

を有する、請求項4に記載のレーザユニット。

[請求項6]

前記第1および第2のアナモルフィックプリズムより得られる前記合成積層レーザビームの像を所定角度回転させるビーム回転素子と、

前記ビーム回転素子を通り抜けた前記合成レーザビームに対して、それを構成する個々の前記第1および第2の単体レーザビームのビームサイズをファスト軸方向もしくはスロー軸方向の他方において第3の圧縮率で圧縮する第3のアナモルフィックプリズムと

を有する、請求項1に記載のレーザユニット。

[請求項7]

前記ビーム回転素子は、

前記第2の方向に対しては平行で、前記第3の方向に対しては45度傾いた第1の反射面を有し、前記第1および第2のアナモルフィックプリズムからの前記合成積層レーザビームが前記第1の反射面に入射するように配置される第3のミラーと、

前記第3の方向に対しては平行で、前記第2の方向に対しては45

度傾いた第2の反射面を有し、前記第1のミラーの第1の反射面で反射した前記合成積層レーザビームが前記第2の反射面に入射するように配置される第4のミラーと

を有する、請求項6に記載のレーザユニット。

[請求項8]

前記第1の方向と直交する第4の方向に第1の合成積層レーザビームを射出する請求項1に記載の第1のレーザユニットと、

前記第1の方向および前記第4の方向のいずれとも直交する第5の方向に第2の合成積層レーザビームを射出する請求項1に記載の第2のレーザユニットと、

前記第4の方向および前記第5の方向のいずれに対しても45度傾いた方向で隣接して並ぶ透過部と反射部とを有し、前記第1のレーザユニットからの前記第1の合成積層レーザビームと前記第2のレーザユニットからの前記第2の合成積層レーザビームとをそれぞれ前記透過部および前記反射部のどちらかに選択的に入射させて、前記第1の合成積層レーザビームと前記第2の合成積層レーザビームとを非接触で一束のレーザビームに多重合成する空間カップリング素子と

を有するレーザ装置。

[請求項9]

前記第1の方向と直交する第4の方向に第1の合成積層レーザビームを射出する請求項1に記載の第1のレーザユニットと、

前記第1の方向および前記第4の方向のいずれとも直交する第5の方向に第2の合成積層レーザビームを射出する請求項1に記載の第2のレーザユニットと、

前記第1のレーザユニットからの前記第1の合成積層レーザビームと前記第2のレーザユニットからの前記第2の合成積層レーザビームとを偏光カップリングにより一束のレーザビームに多重合成する偏光カップリング素子と

を有するレーザ装置。

[請求項10]

前記第1の方向と直交する第4の方向に第1の標準波長付近の波長

を有する第1の合成積層レーザービームを射出する請求項1に記載の第1のレーザーユニットと、

前記第1方向および前記第4の方向のいずれとも直交する第5の方向に前記第1の標準波長と干渉し合わない第2の標準波長付近の波長を有する第2の合成積層レーザービームを射出する請求項1に記載の第2のレーザーユニットと、

前記第1のレーザーユニットからの前記第1の合成積層レーザービームと前記第2のレーザーユニットからの前記第2の合成積層レーザービームとを波長カップリングにより一束のレーザービームに多重合成する波長カップリング素子と

を有するレーザー装置。

補正された請求の範囲
[2016年10月18日(18.10.2016)国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 第1の方向において所定のピッチで高さの異なる位置に配置される複数の第1のシングルエミッタLDを有し、それら複数の第1のシングルエミッタLDより標準波長に一致または近似する波長でそれぞれ射出された複数の第1の単体レーザービームを非接触で積層状に並べて、所定の中心線(N)から一方の側に離間してそれと平行に伝搬する一束の第1の積層レーザービームを作製する第1の積層レーザービーム作製部と、
- 前記第1の積層レーザービーム作製部に隣接して配置され、前記第1の方向において前記ピッチで高さの異なる位置に配置される複数の第2のシングルエミッタLDを有し、それら複数の第2のシングルエミッタLDより前記標準波長に一致または近似する波長でそれぞれ射出された複数の第2の単体レーザービームを非接触で積層状に並べて、前記中心線(N)から他方の側に離間してそれと平行に伝搬する一束の第2の積層レーザービームを作製する第2の積層レーザービーム作製部と、
- 前記第1の積層レーザービーム作製部からの前記第1の積層レーザービームを透過させ、その際に、前記第1の積層レーザービームを構成する個々の前記第1の単体レーザービームのビームサイズをファスト軸方向およびスロー軸方向のうち的一方において第1の圧縮率で圧縮するとともに、前記第1の積層レーザービームの光路を前記中心線(N)に接近するようにシフトする第1のアナモルフィックプリズムと、
- 前記第2の積層レーザービーム作製部からの前記第2の積層レーザービームを透過させ、その際に、前記第2の積層レーザービームを構成する個々の前記第2の単体レーザービームのビームサイズをファスト軸方向およびスロー軸方向のうちの前記一方において第2の圧縮率で圧縮するとともに、前記第2の積層レーザービームの光路を前記中心線(N)に接近するようにシフトする第2のアナモルフィックプリズムと
- を有し、

前記第1の積層レーザビームと前記第2の積層レーザビームとを並列に合成してなる一束の合成積層レーザビームを提供するレーザユニット。

[請求項2] (補正後) 前記第1および第2のアナモルフィックプリズムの各々が、一方の隣辺 (a_1) が前記中心線 (N) と直交する方向に延び、他方の隣辺 (b_1) が前記中心線 (N) と平行に延びるように配置される前段の直角プリズム (40L, 40R) と、ビーム進行方向において前記前段の直角プリズム (40L, 40R) の後方に位置し、一方の隣辺 (a_2) が一定の角度で前記前段の直角プリズムの斜辺 (c_1) と斜めに対向し、斜辺 (c_2) が前記中心線 (N) に斜めに近接して対向するように配置される後段の直角プリズム (42L, 42R) とを有し、

前記後段の直角プリズム (42L, 42R) は、前記斜辺 (c_2) を前記中心線 (N) に近づけるために、前記隣辺 (a_2) と前記斜辺 (c_2) との間の角部が切り落とされている、

請求項1に記載のレーザユニット。

[請求項3] (補正後) 前記第1および第2の積層レーザビームの光路上で前記第1および第2のアナモルフィックプリズムの前段または後段に配置され、前記第1および第2の積層レーザビームを構成する個々の前記第1および第2の単体レーザビームの波長を同時に前記標準波長付近に安定化し狭帯域化する単体の波長安定化素子を有する、請求項1に記載のレーザユニット。

[請求項4] 前記第1の積層レーザビーム作製部は、

各々のレーザ射出面が前記第1の方向と直交する第2の方向に向いている複数の前記第1のシングルエミッタLDを前記第1の方向および前記第2の方向と直交する第3の方向に並べて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さに乗置する第1の階段状LD支持部と、

複数の前記第1のシングルエミッタLDよりそれぞれ前記第2の方向で射出された前記複数の第1の単体レーザービームを前記第1のアナモルフィックプリズムに向けて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さで前記第3の方向に反射させる複数の第1のミラーと、

互いに対向する前記第1のシングルエミッタLDと前記第1のミラーとの間に配置され、前記第1の単体レーザービームをファスト軸方向においてコリメートする第1のファスト軸コリメートレンズと、

互いに対向する前記第1のシングルエミッタLDと前記第1のミラーとの間に配置され、前記第1の単体レーザービームをスロー軸方向においてコリメートする第1のスロー軸コリメートレンズと

を有する請求項1に記載のレーザーユニット。

[請求項5]

前記第2の積層レーザービーム作製部は、

前記第2の方向において前記第1の階段状LD支持部と向かい合い、各々のレーザー出射面が前記第2の方向に向いている複数の前記第2のシングルエミッタLDを前記第3の方向に並べて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さに載置する第2の階段状LD支持部と、

複数の前記第2のシングルエミッタLDよりそれぞれ前記第2の方向で射出された前記第2の単体レーザービームを前記第2のアナモルフィックプリズムに向けて前記ピッチに対応する前記第1の方向の異なる高さで前記第3の方向に反射させる複数の第2のミラーと、

互いに対向する前記第2のシングルエミッタLDと前記第2のミラーとの間に配置され、前記第2の単体レーザービームをファスト軸方向においてコリメートする第2のファスト軸コリメートレンズと、

互いに対向する前記第2のシングルエミッタLDと前記第2のミラーとの間に配置され、前記第2の単体レーザービームをスロー軸方向においてコリメートする第2のスロー軸コリメートレンズと

を有する、請求項4に記載のレーザーユニット。

[請求項 6] 前記第 1 および第 2 のアナモルフィックプリズムより得られる前記合成積層レーザビームの像を所定角度回転させるビーム回転素子と、
前記ビーム回転素子を通り抜けた前記合成レーザビームに対して、それを構成する個々の前記第 1 および第 2 の単体レーザビームのビームサイズをファスト軸方向もしくはスロー軸方向の他方において第 3 の圧縮率で圧縮する第 3 のアナモルフィックプリズムと
を有する、請求項 1 に記載のレーザユニット。

[請求項 7] 前記ビーム回転素子は、
前記第 2 の方向に対しては平行で、前記第 3 の方向に対しては 4 5 度傾いた第 1 の反射面を有し、前記第 1 および第 2 のアナモルフィックプリズムからの前記合成積層レーザビームが前記第 1 の反射面に入射するように配置される第 3 のミラーと、

前記第 3 の方向に対しては平行で、前記第 2 の方向に対しては 4 5 度傾いた第 2 の反射面を有し、前記第 1 のミラーの第 1 の反射面で反射した前記合成積層レーザビームが前記第 2 の反射面に入射するように配置される第 4 のミラーと
を有する、請求項 6 に記載のレーザユニット。

[請求項 8] 前記第 1 の方向と直交する第 4 の方向に第 1 の合成積層レーザビームを射出する請求項 1 に記載の第 1 のレーザユニットと、

前記第 1 の方向および前記第 4 の方向のいずれとも直交する第 5 の方向に第 2 の合成積層レーザビームを射出する請求項 1 に記載の第 2 のレーザユニットと、

前記第 4 の方向および前記第 5 の方向のいずれに対しても 4 5 度傾いた方向で隣接して並ぶ透過部と反射部とを有し、前記第 1 のレーザユニットからの前記第 1 の合成積層レーザビームと前記第 2 のレーザユニットからの前記第 2 の合成積層レーザビームとをそれぞれ前記透過部および前記反射部のどちらかに選択的に入射させて、前記第 1 の合成積層レーザビームと前記第 2 の合成積層レーザビームとを非接触

で一束のレーザービームに多重合成する空間カップリング素子と
を有するレーザー装置。

[請求項 9] 前記第 1 の方向と直交する第 4 の方向に第 1 の合成積層レーザービームを射出する請求項 1 に記載の第 1 のレーザーユニットと、

前記第 1 の方向および前記第 4 の方向のいずれとも直交する第 5 の方向に第 2 の合成積層レーザービームを射出する請求項 1 に記載の第 2 のレーザーユニットと、

前記第 1 のレーザーユニットからの前記第 1 の合成積層レーザービームと前記第 2 のレーザーユニットからの前記第 2 の合成積層レーザービームとを偏光カップリングにより一束のレーザービームに多重合成する偏光カップリング素子と

を有するレーザー装置。

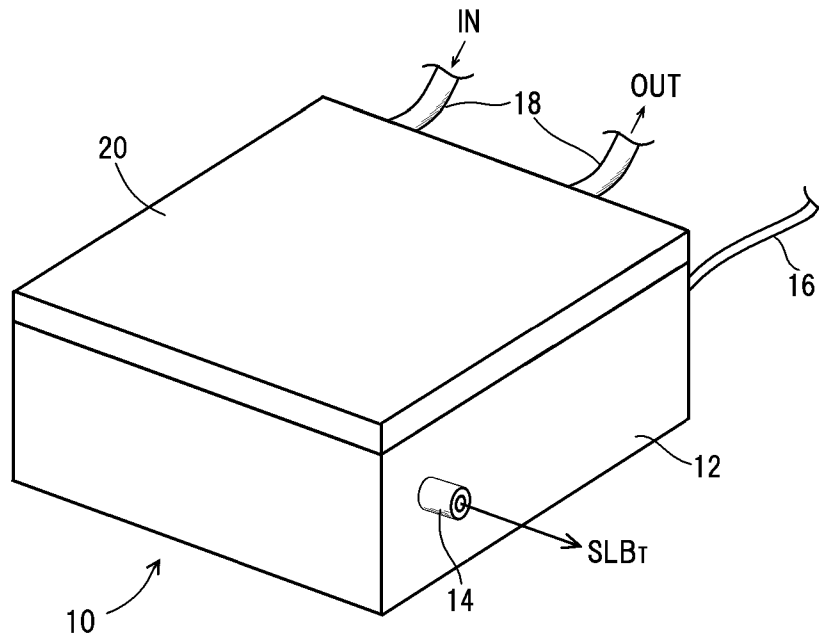
[請求項 10] 前記第 1 の方向と直交する第 4 の方向に第 1 の標準波長付近の波長を有する第 1 の合成積層レーザービームを射出する請求項 1 に記載の第 1 のレーザーユニットと、

前記第 1 方向および前記第 4 の方向のいずれとも直交する第 5 の方向に前記第 1 の標準波長と干渉し合わない第 2 の標準波長付近の波長を有する第 2 の合成積層レーザービームを射出する請求項 1 に記載の第 2 のレーザーユニットと、

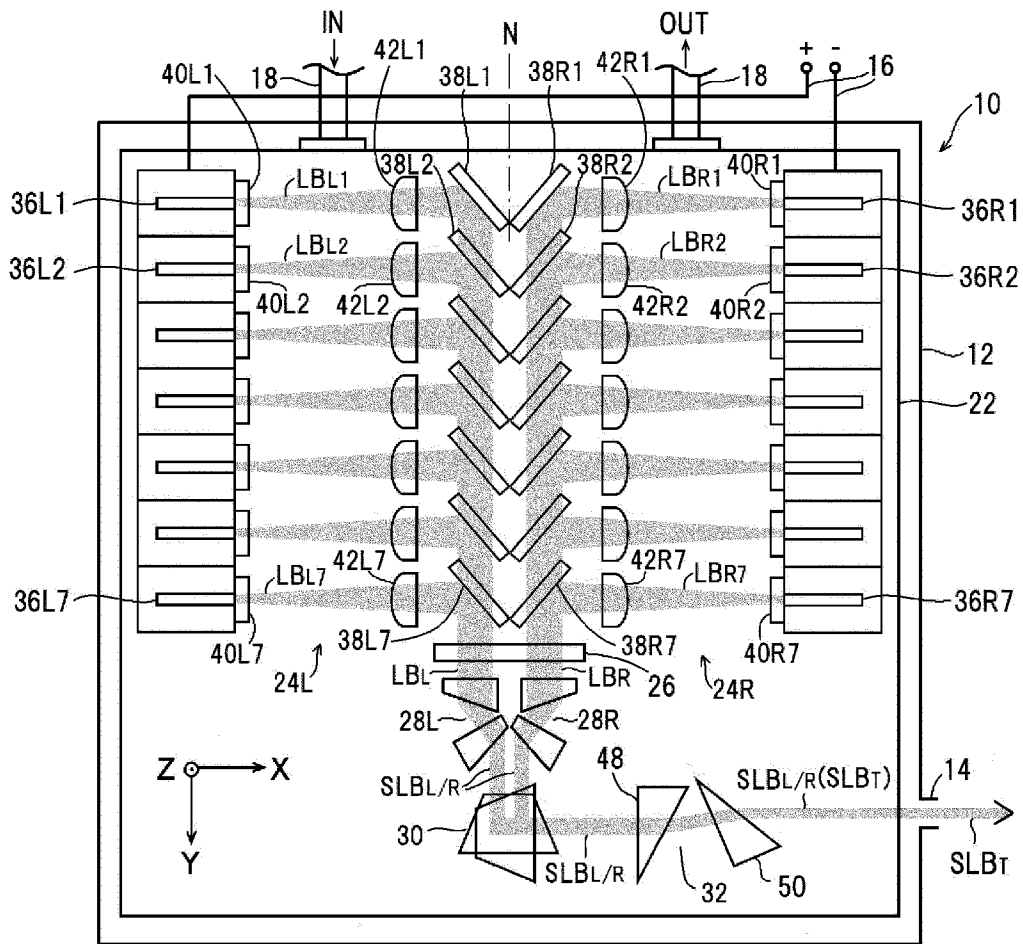
前記第 1 のレーザーユニットからの前記第 1 の合成積層レーザービームと前記第 2 のレーザーユニットからの前記第 2 の合成積層レーザービームとを波長カップリングにより一束のレーザービームに多重合成する波長カップリング素子と

を有するレーザー装置。

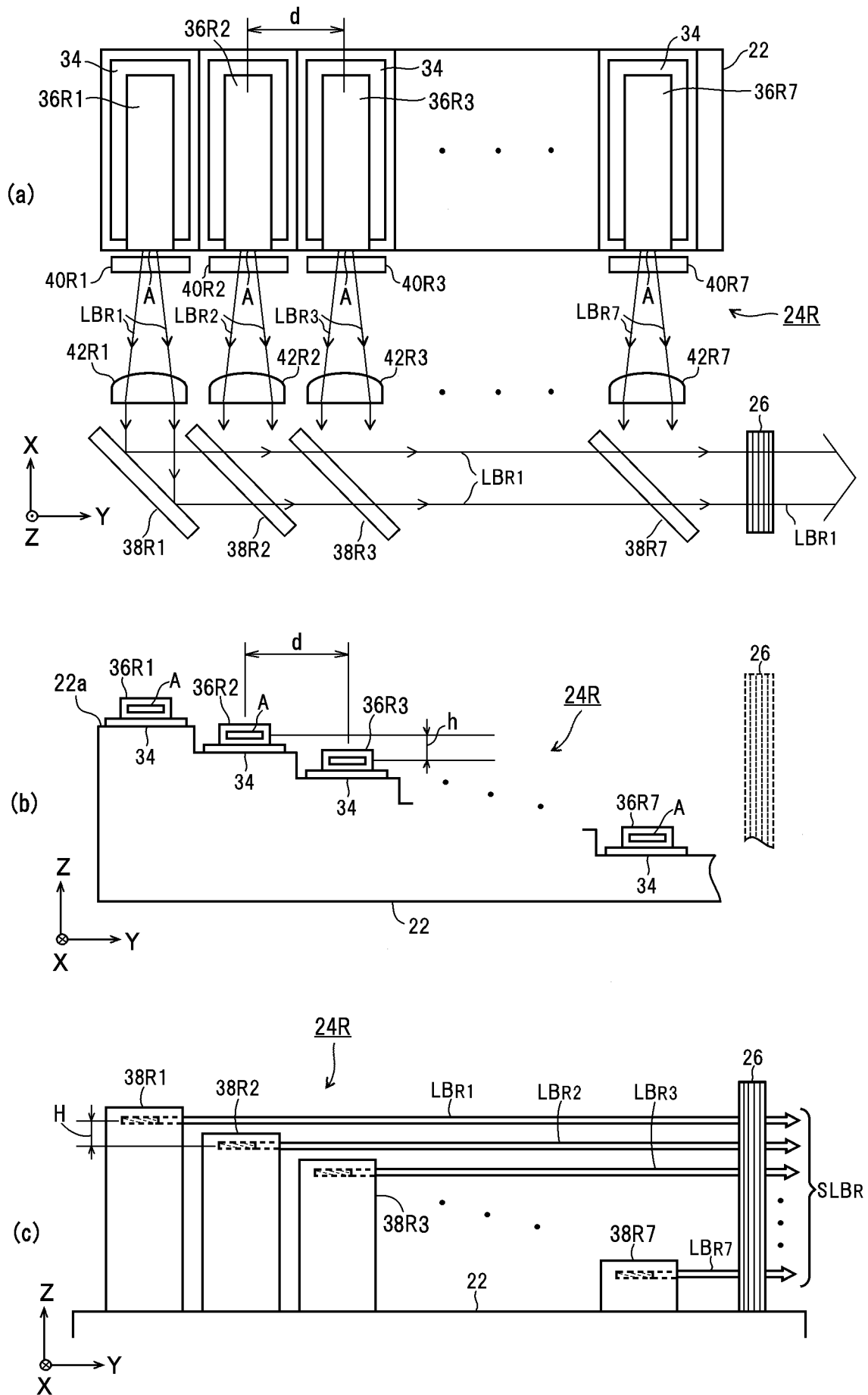
[図1]



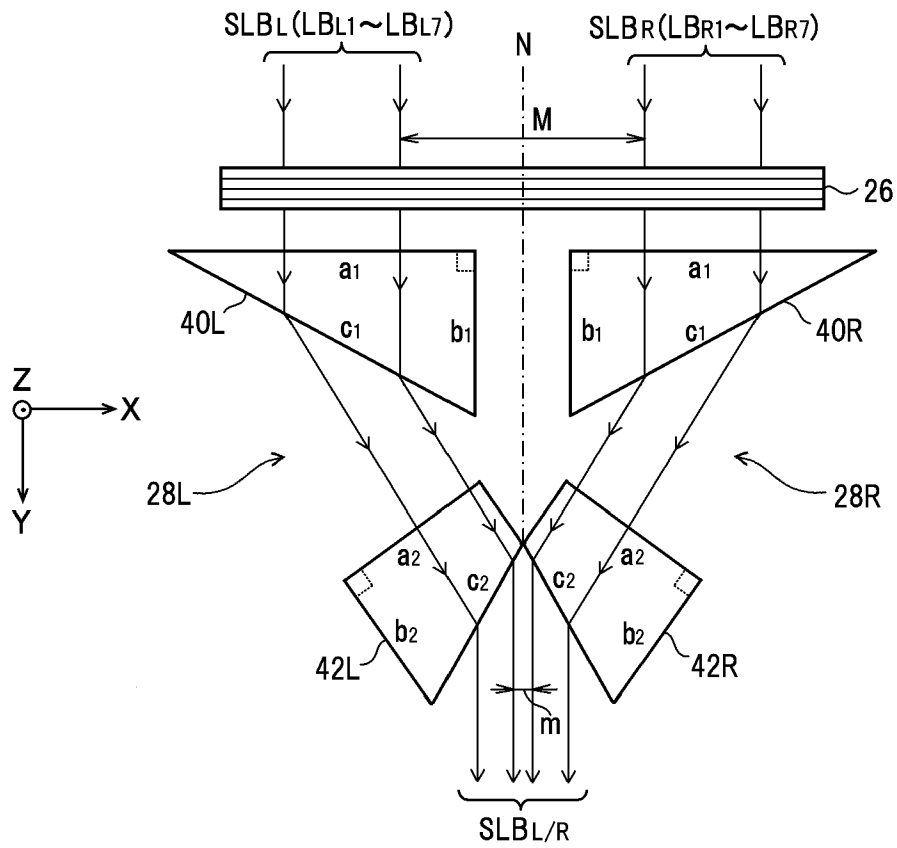
[図2]



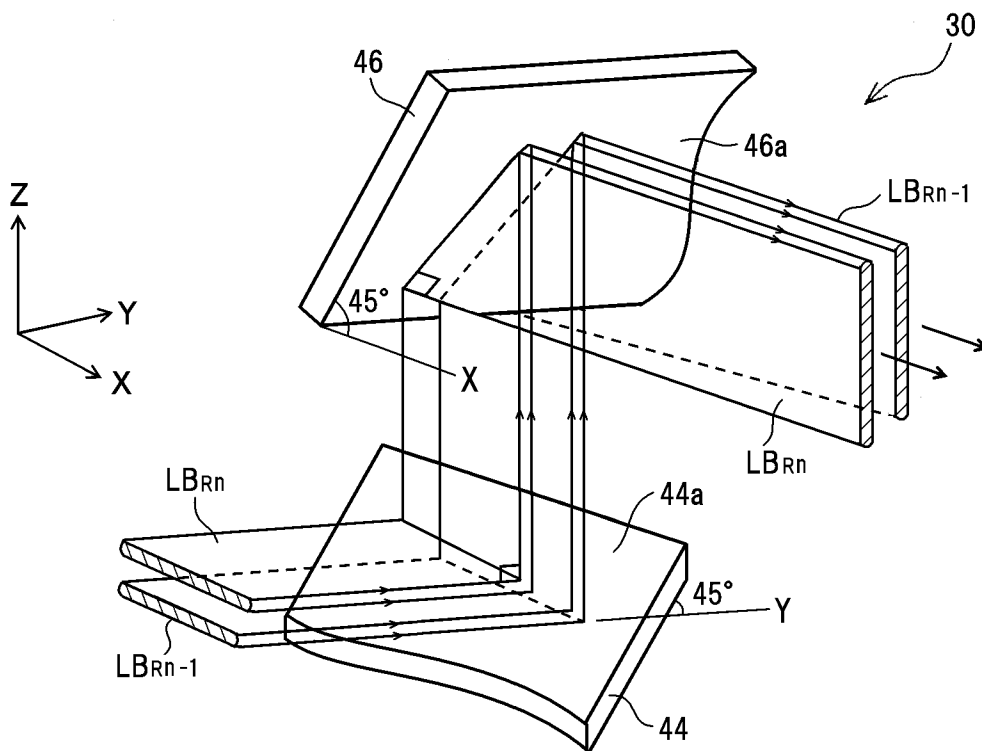
[図3]



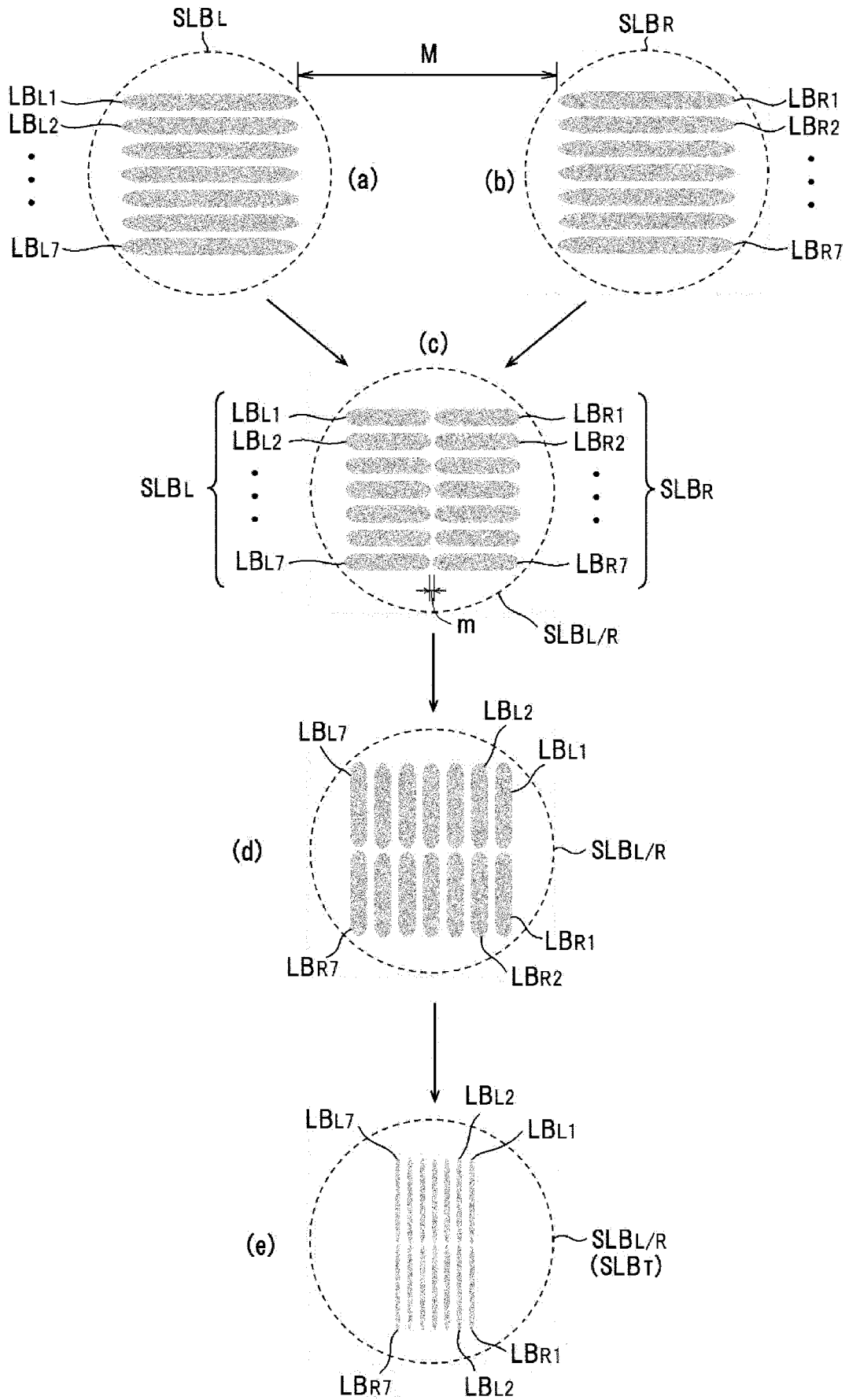
[図4]



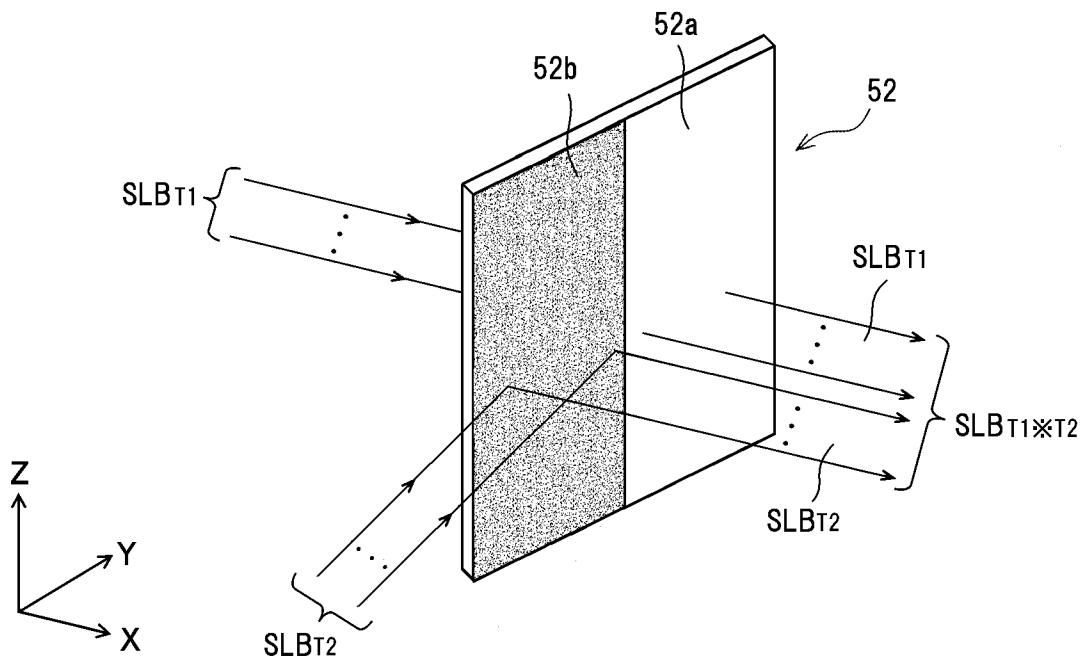
[図5]



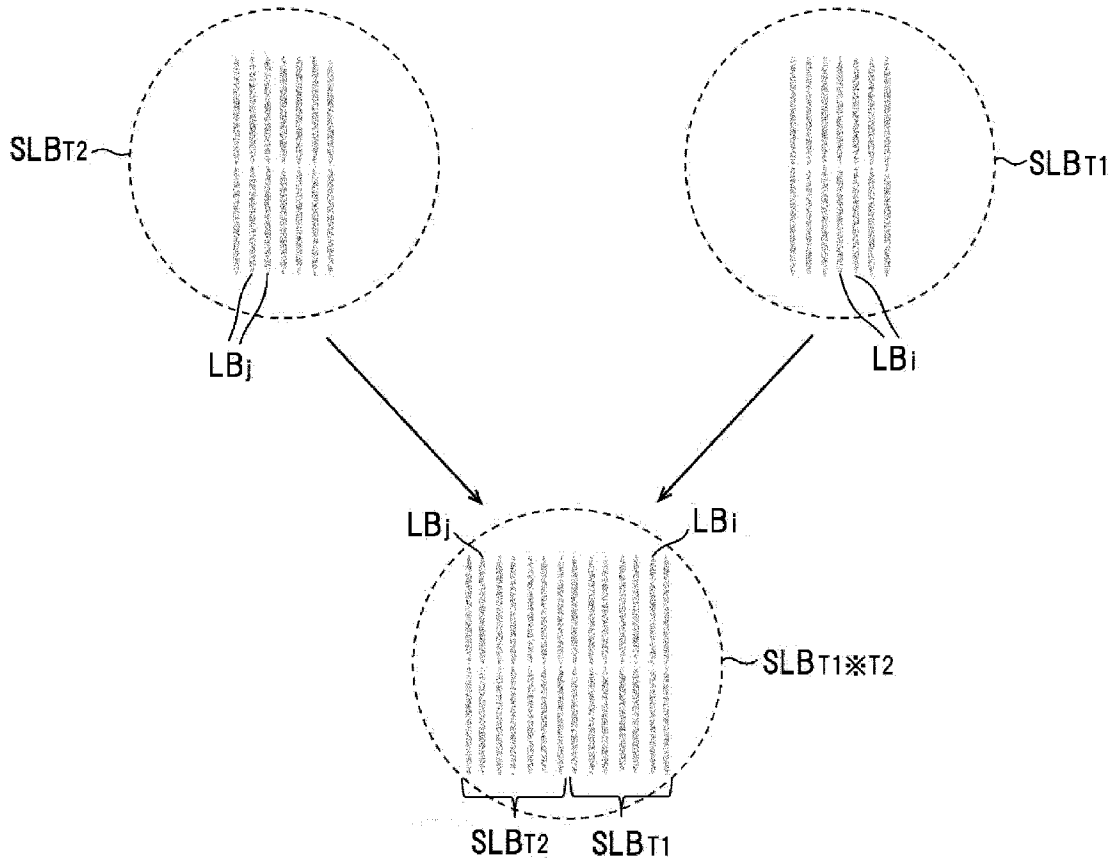
[図6]



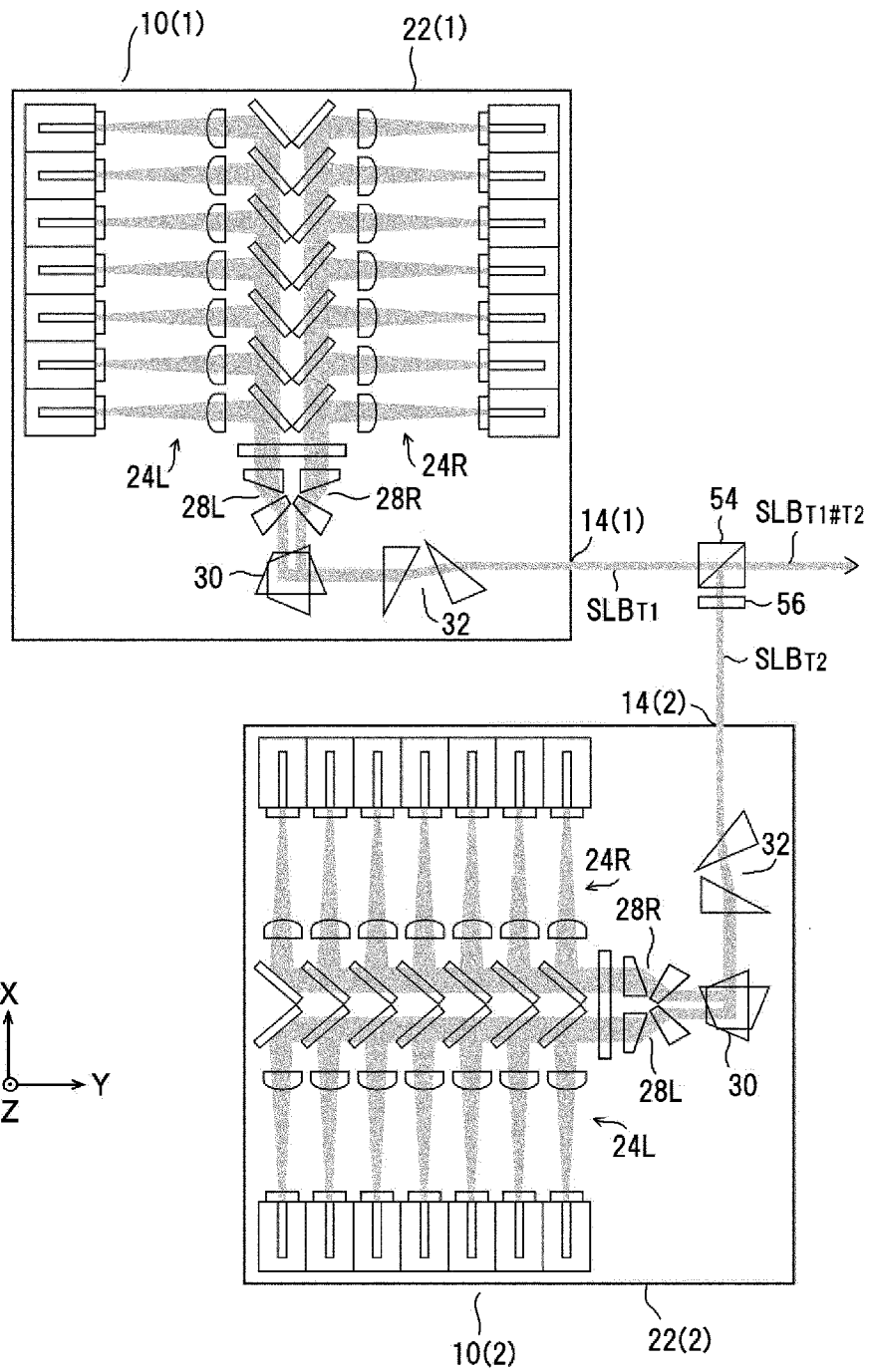
[図8]



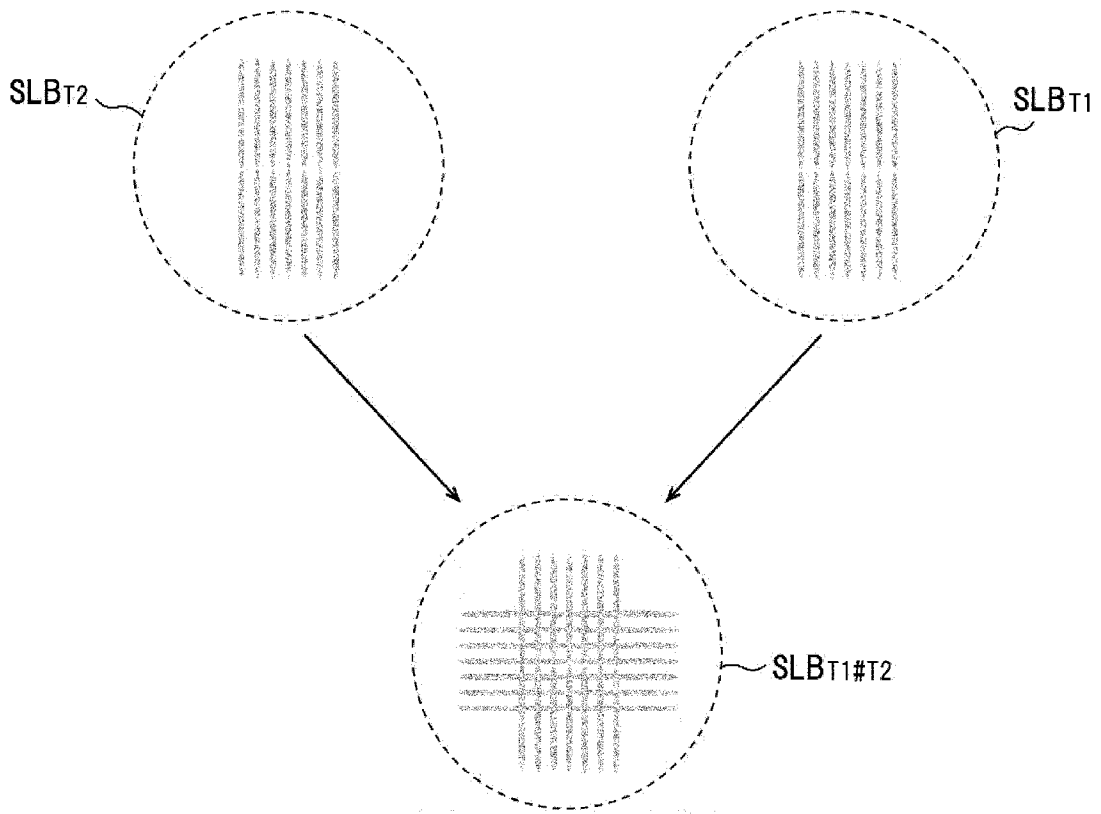
[図9]



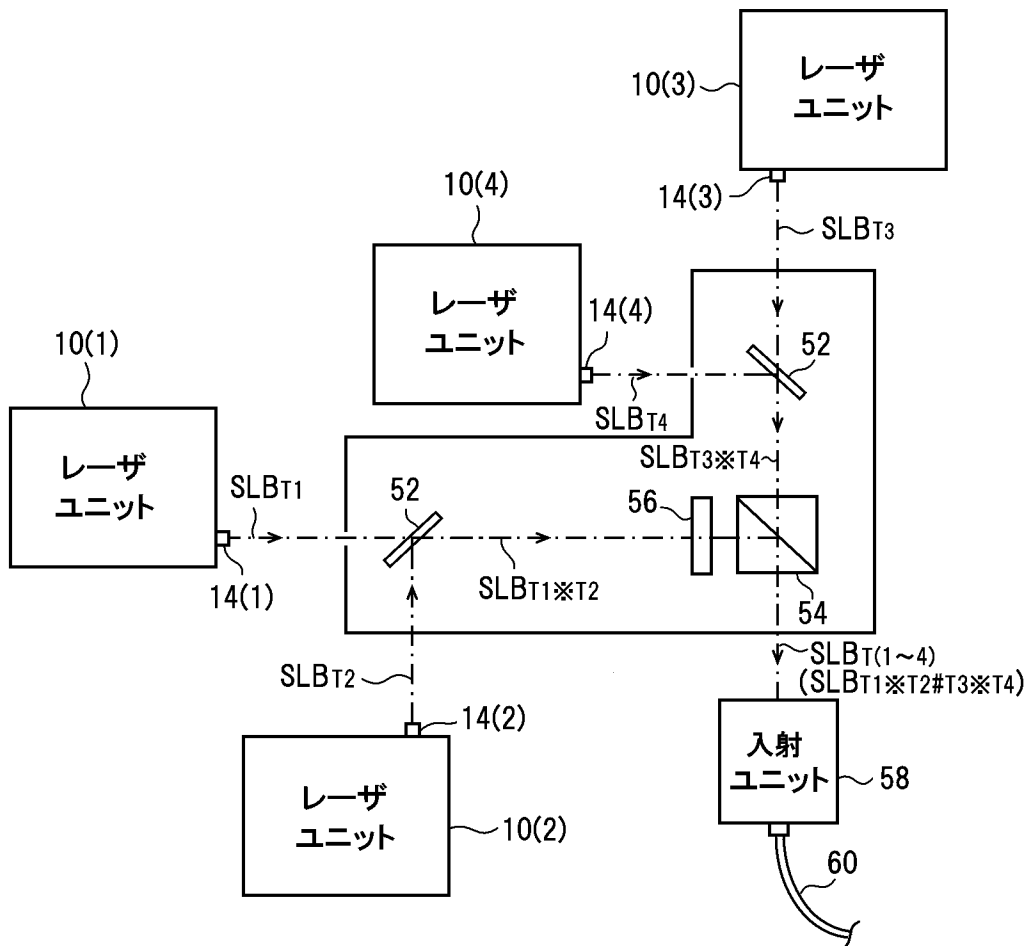
[図10]



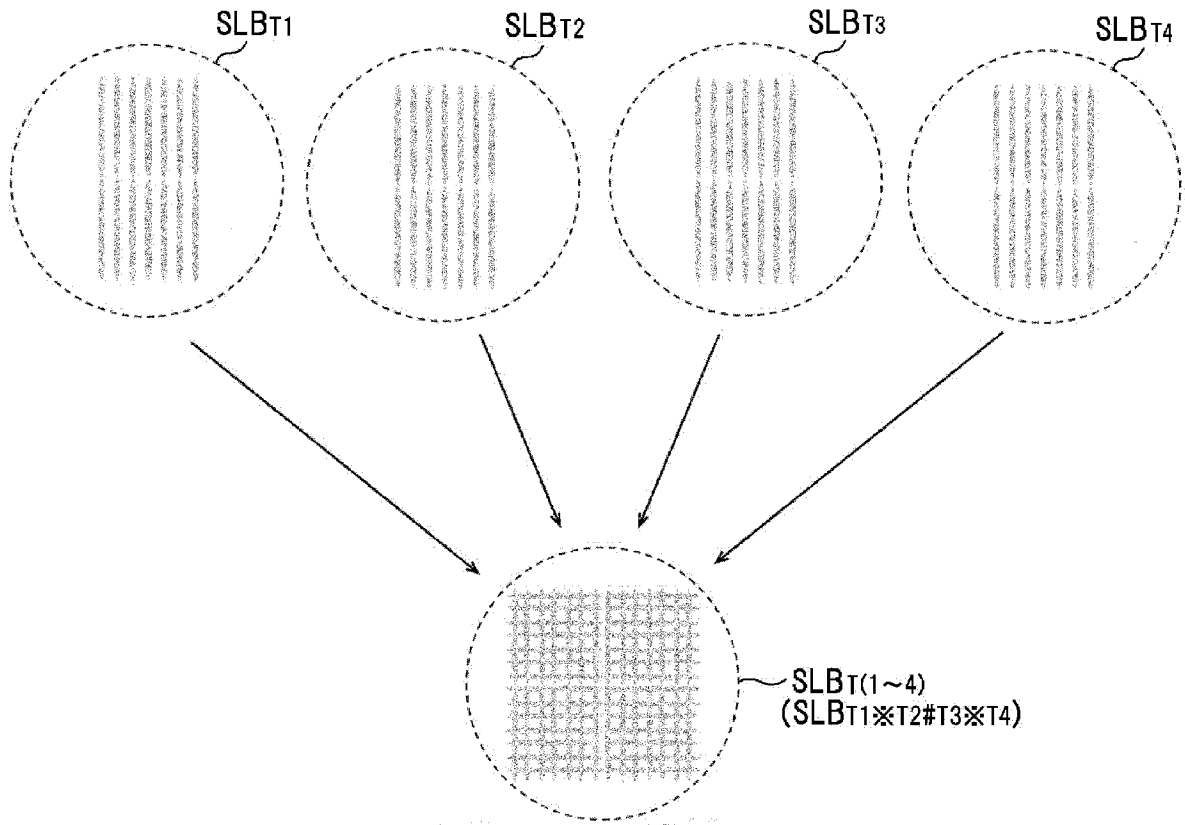
[図11]



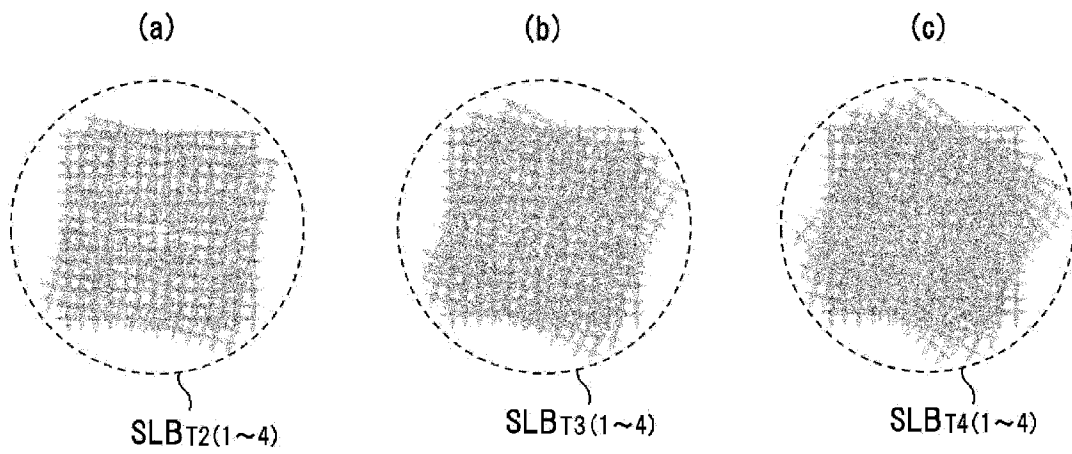
[図12]



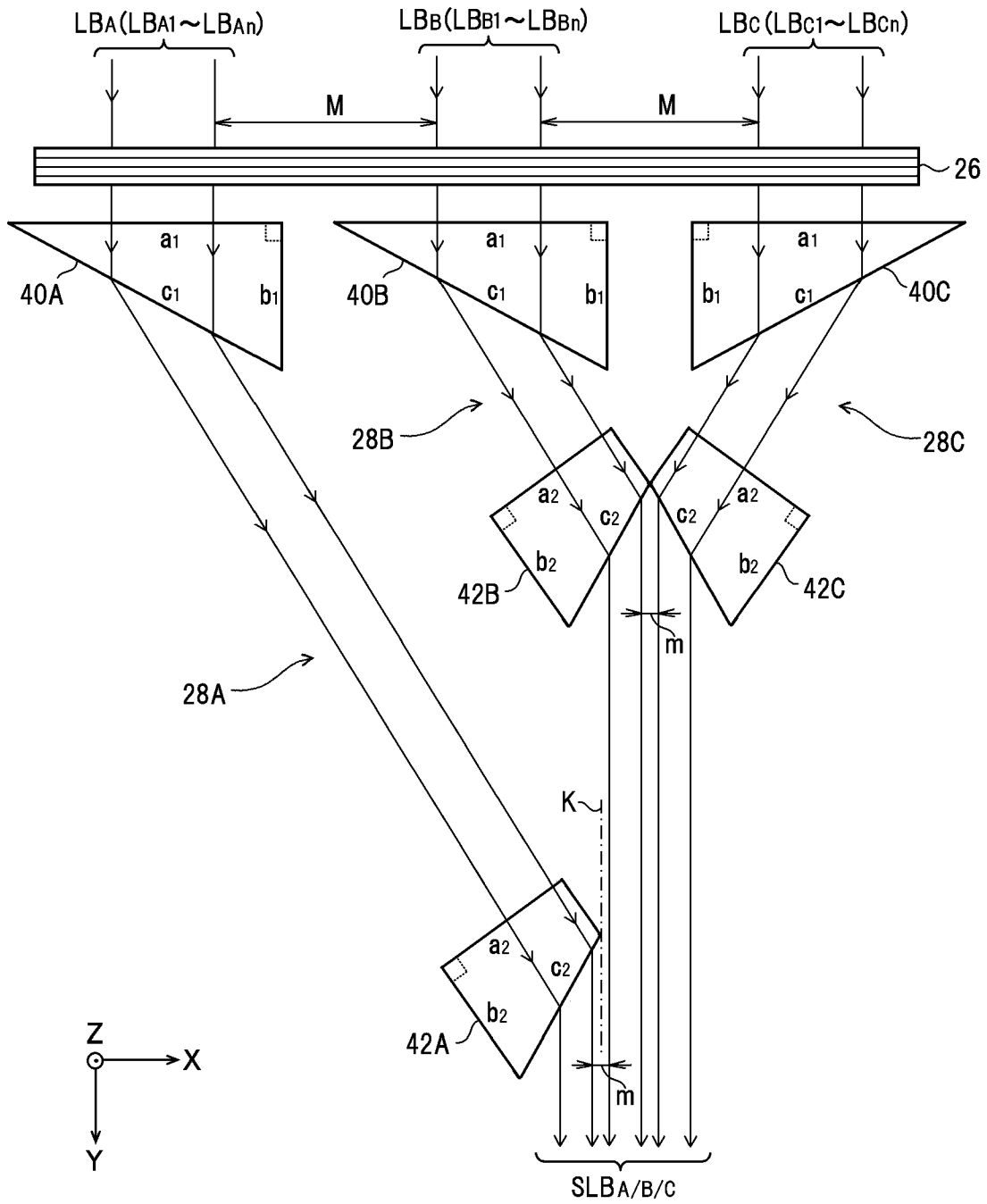
[図13A]



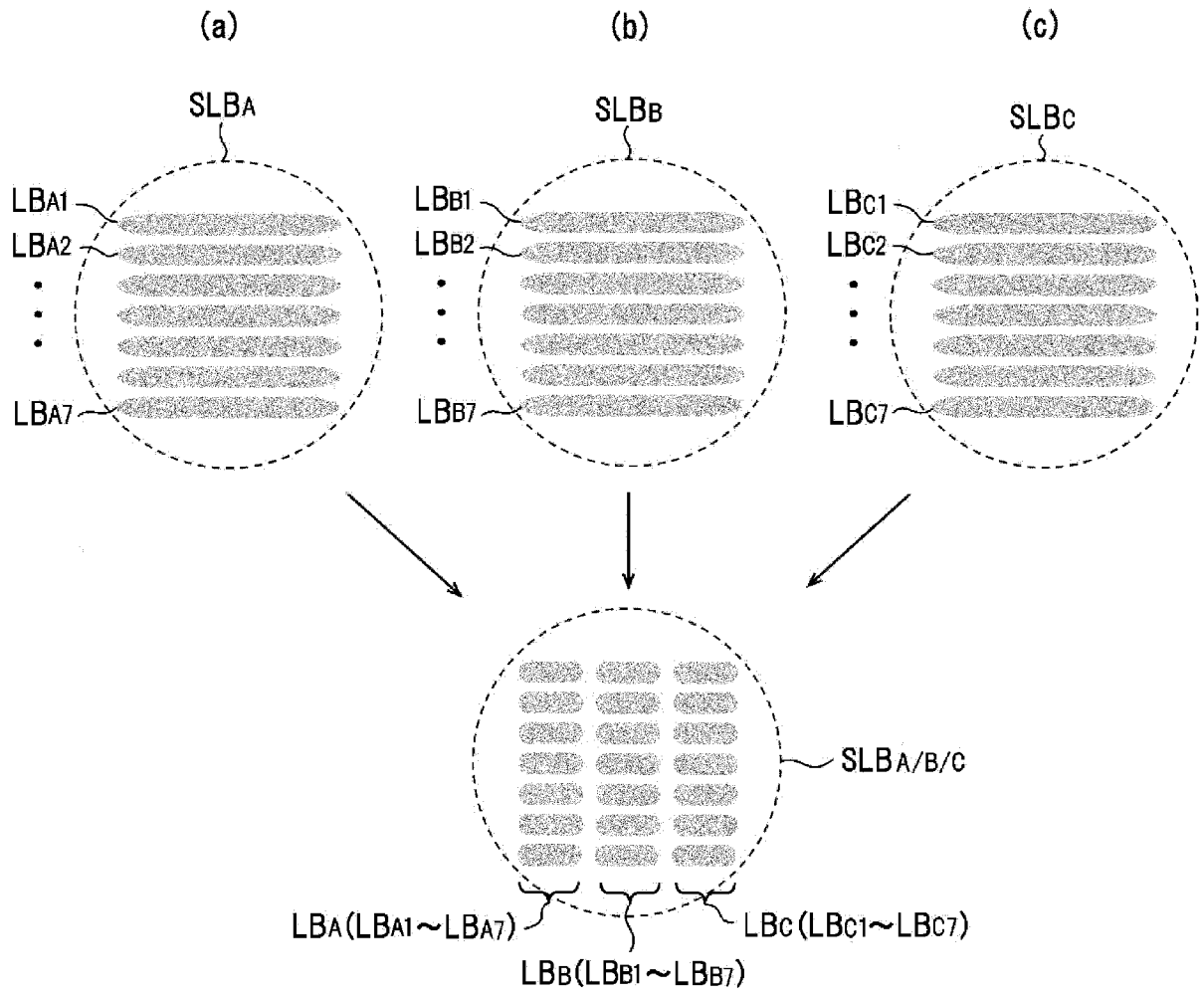
[図13B]



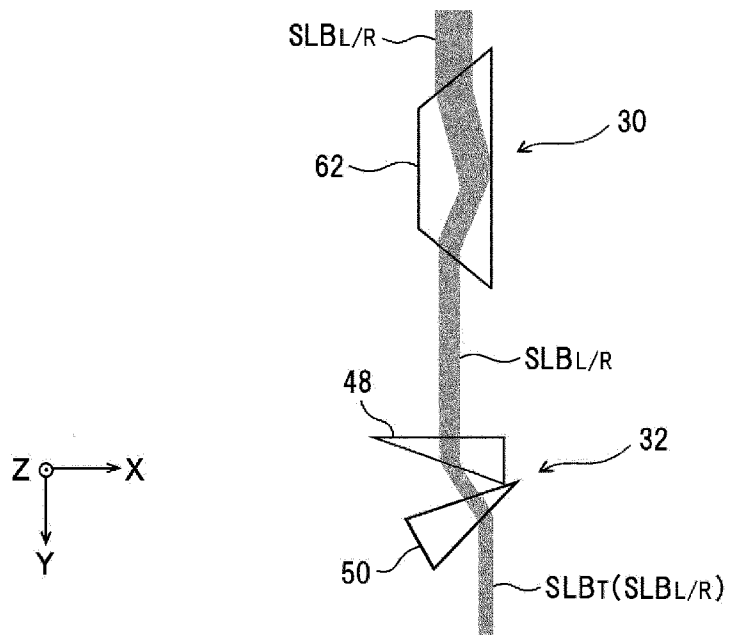
[図14]



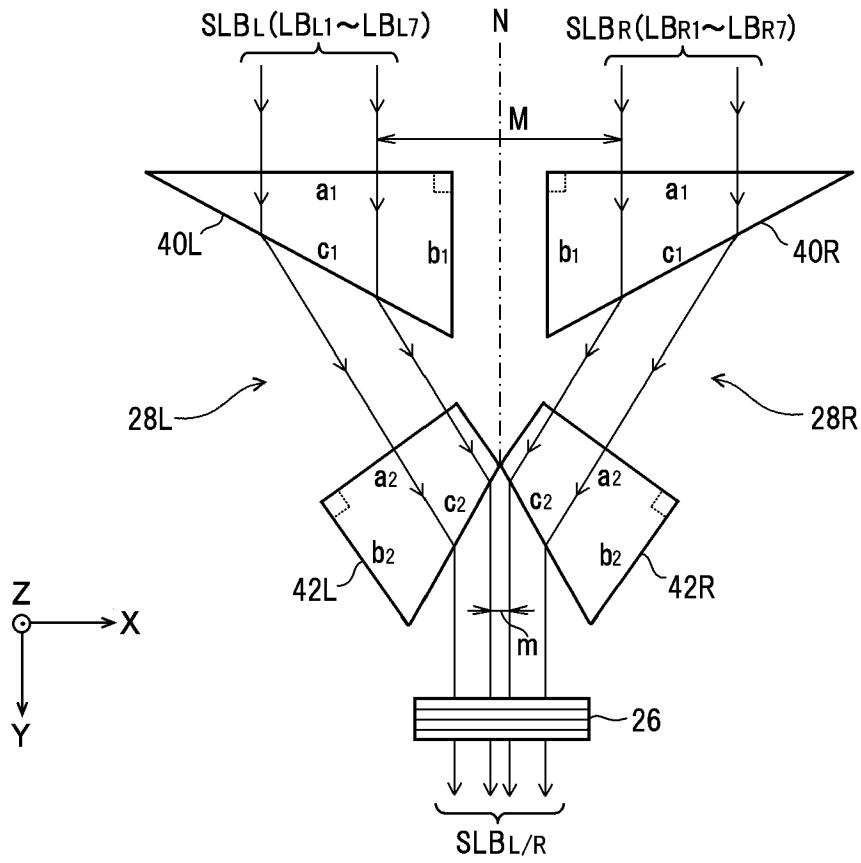
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/066633

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01S5/022(2006.01)i, H01S5/40(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01S5/00-5/50, B23K26/00-26/70

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y	US 2012/0002395 A1 (DU et al.), 05 January 2012 (05.01.2012), paragraphs [0032] to [0042]; fig. 3 to 4 & US 2012/0002293 A1 & EP 2403078 A2	1-10
Y	JP 9-109353 A (Sony Corp.), 28 April 1997 (28.04.1997), paragraphs [0031] to [0050], [0054] to [0062]; fig. 1, 4 (Family: none)	1-10

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

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

Date of the actual completion of the international search 10 August 2016 (10.08.16)	Date of mailing of the international search report 23 August 2016 (23.08.16)
--	---

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/JP2016/066633

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 5-509179 A (Diomed Ltd.), 16 December 1993 (16.12.1993), specification, page 6, lower left column, line 19 to page 7, upper left column, line 2; fig. 4 to 5 & US 5319528 A specification, column 7, line 48 to column 8, line 19; fig. 4 to 5 & WO 92/02844 A1	1-10
Y	JP 2014-120621 A (Mitsubishi Electric Corp.), 30 June 2014 (30.06.2014), paragraphs [0025] to [0041], [0046] to [0049]; fig. 2, 4 (Family: none)	1-10
Y	JP 2010-263063 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 18 November 2010 (18.11.2010), paragraphs [0011] to [0021]; fig. 1 to 2 (Family: none)	6-10
Y	JP 2006-60085 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 02 March 2006 (02.03.2006), paragraphs [0023] to [0033]; fig. 1 (Family: none)	6-10
Y	JP 2005-217267 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 11 August 2005 (11.08.2005), paragraphs [0041] to [0044]; fig. 3 (Family: none)	6-10
Y	JP 2004-93827 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 25 March 2004 (25.03.2004), paragraphs [0008] to [0027]; fig. 1 to 10 & US 2006/0152811 A1 paragraphs [0025] to [0046]; fig. 1 to 10 & WO 2004/021068 A1 & CN 1675578 A	8-10
Y	JP 2-290391 A (Seiko Epson Corp.), 30 November 1990 (30.11.1990), specification, page 5, lower left column, line 20 to page 6, upper left column, line 5; fig. 7 to 8 (Family: none)	8-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/066633

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 117086/1989 (Laid-open No. 55841/1991) (NEC Corp.), 29 May 1991 (29.05.1991), specification, page 6, line 1 to page 9, line 8; fig. 1 to 3 (Family: none)	8-10
Y	JP 2012-135808 A (Omron Corp.), 19 July 2012 (19.07.2012), paragraphs [0036] to [0044]; fig. 1 & WO 2012/090520 A1	8-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01S5/022(2006.01)i, H01S5/40(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. H01S5/00-5/50, B23K26/00-26/70		
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 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016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
Y	US 2012/0002395 A1 (DU et al.) 2012.01.05, 段落[0032]-[0042], FIG. 3-4 & US 2012/0002293 A1 & EP 2403078 A2	1-10
Y	JP 9-109353 A (ソニー株式会社) 1997.04.28, 段落[0031]-[0050], [0054]-[0062], 図 1, 4 (ファミリーなし)	1-10
<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 10.08.2016	国際調査報告の発送日 23.08.2016	
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） 百瀬 正之 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	2K 4084

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	JP 5-509179 A (ダイオメド・リミテツド) 1993. 12. 16, 明細書第 6 ページ左下欄第 19 行-第 7 ページ左上欄第 2 行, 図 4-5 & US 5319528 A 明細書第 7 欄第 48 行-第 8 欄第 19 行, FIG. 4-5 & WO 92/02844 A1	1-10
Y	JP 2014-120621 A (三菱電機株式会社) 2014. 06. 30, 段落[0025]-[0041], [0046]-[0049], 図 2, 4 (ファミリーなし)	1-10
Y	JP 2010-263063 A (住友重機械工業株式会社) 2010. 11. 18, 段落[0011]-[0021], 図 1-2 (ファミリーなし)	6-10
Y	JP 2006-60085 A (住友重機械工業株式会社) 2006. 03. 02, 段落[0023]-[0033], 図 1 (ファミリーなし)	6-10
Y	JP 2005-217267 A (住友重機械工業株式会社) 2005. 08. 11, 段落[0041]-[0044], 図 3 (ファミリーなし)	6-10
Y	JP 2004-93827 A (浜松ホトニクス株式会社) 2004. 03. 25, 段落[0008]-[0027], 図 1-10 & US 2006/0152811 A1 段落[0025]-[0046], FIG. 1-10 & WO 2004/021068 A1 & CN 1675578 A	8-10
Y	JP 2-290391 A (セイコーエプソン株式会社) 1990. 11. 30, 明細書第 5 ページ左下欄第 20 行-第 6 ページ左上欄第 5 行, 第 7 図-第 8 図 (ファミリーなし)	8-10
Y	日本国実用新案登録出願 1-117086 号(日本国実用新案登録出願公開 3-55841 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイ クロフィルム (日本電気株式会社) 1991. 05. 29, 明細書第 6 ページ第 1 行-第 9 ページ第 8 行, 第 1 図-第 3 図 (ファミリーなし)	8-10
Y	JP 2012-135808 A (オムロン株式会社) 2012. 07. 19, 段落[0036]-[0044], 図 1 & WO 2012/090520 A1	8-10