

(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
2019年10月31日(31.10.2019)



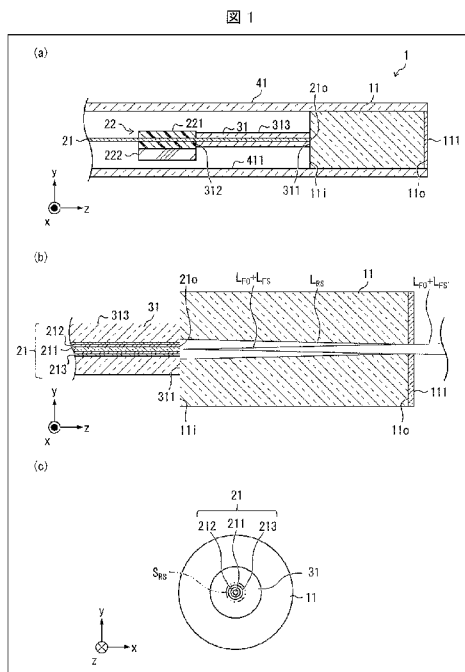
(10) 国際公開番号

WO 2019/207902 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/32 (2006.01) *H01S 3/067* (2006.01)
G02B 6/42 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
H01S 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/004627
- (22) 国際出願日: 2019年2月8日(08.02.2019)
- (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 2018-085593 2018年4月26日(26.04.2018) 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 1 4 4 0 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 H A R A K E N Z O
W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD
PATENT & TRADEMARK); 〒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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, 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,

(54) Title: GLASS BLOCK, OPTICAL FIBER TERMINATION STRUCTURE, LASER DEVICE, AND LASER SYSTEM

(54) 発明の名称: ガラスブロック、光ファイバ終端構造、レーザ装置、及びレーザシステム



(57) Abstract: The present invention provides a more compact glass block that minimizes the possibility of Stokes oscillation. The glass block (11), which is shaped as a column, outputs laser light from an emission surface (11o) when the emission surface (21i) of a delivery fiber (21) is connected to the incident surface (11i) of the glass block. The emission surface (11o) of the glass block (11) is configured so that the reflectance with respect to Stokes light is greater than the reflectance with respect to laser light.

(57) 要約: ストークス発振が発生する可能性を低減しつつ、よりコンパクトなガラスブロックを提供する。ガラスブロック(11)は、入射面(11i)に対してデリバリファイバ(21)の出射面(21i)を結合した場合に、レーザ光を出射面(11o)から出射する柱状のガラスブロックである。ガラスブロック(11)の出射面(11o)は、ストークス光に対する反射率がレーザ光に対する反射率を上回るように構成されている。

MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

ガラスブロック、光ファイバ終端構造、レーザ装置、及びレーザシステム
技術分野

[0001] 本発明は、デリバリファイバを光学的に結合可能なガラスブロック、そのようなガラスブロックとデリバリファイバとを備えた光ファイバ終端構造、及びそのような光ファイバ終端構造を備えたファイバレーザシステムに関する。

背景技術

[0002] 加工用のレーザ装置として、複数のファイバレーザユニットを備えたファイバレーザシステムが用いられている。このようなファイバレーザシステムにおいて、各ファイバレーザユニットによって生成され、各ファイバレーザユニットのレーザデリバリファイバを伝搬するレーザ光は、出力コンバイナにおいて1つの出力レーザ光に合波され、出力デリバリファイバの入射面に結合される。出力デリバリファイバの出射面には、ガラスブロック（例えば、特許文献1の図3に記載のガラスロッド63や、特許文献2の図3に記載のコアレスファイバなど）の入射面が光学的に結合されている。出力デリバリファイバを伝搬した出力レーザ光は、ガラスブロックの出射面から出射され、該出射面とワークとの間に介在する光学系により集光されたのちにワークに照射される。

[0003] 特許文献1には、ガラスブロックの出射面に誘電体多層膜を設けることによって、該出射面において出力レーザ光の反射率を低減する技術が記載されている。

[0004] また、特許文献2には、出力カプラの表面に、レーザ光の一部を反射し、残りを透過するような特性を有する誘電体多層膜を設ける技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2012-68664号公報」（2012年4月5日）

特許文献2：日本国公開特許公報「特開2005-303166号公報」（2005年10月27日）

特許文献3：日本国公開特許公報「特開2016-186536号公報」（2016年10月27日公開）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述したようなファイバレーザシステムが備えているファイバレーザユニットの数と、各ファイバレーザユニットの定格出力とは、様々である。その一例としては、7個のファイバレーザユニットを備えており、各ファイバレーザユニットの定格出力が1kWであるファイバレーザシステムが挙げられる。すなわち、このファイバレーザシステムの定格出力は、7kWである。

[0007] このように高出力なファイバレーザシステムにおいては、その高い出力に起因して、各デリバリファイバ及び出力デリバリファイバの媒質において生じる誘導ラマン散乱、ならびに誘導ラマン散乱に起因するストークス発振が問題となる。各デリバリファイバ及び出力デリバリファイバの何れかにおいて閾値を超える誘導ラマン散乱が生じた場合、ストークス発振が生じる。その結果、各ファイバレーザユニットの出力、すなわちファイバレーザシステムの出力が不安定になり、ワークの加工を続けることができなくなる。また、場合によっては、ストークス発振に起因してファイバレーザシステムが故障することもある。このようなストークス発振は、出力デリバリファイバ及び各デリバリファイバを逆方向（ガラスブロックからファイバレーザユニットへ向かう方向）へ伝搬するストークス光を低減することによって、その発生の確率を低減することができる。

[0008] 特許文献3の図1には、出力デリバリファイバの終端構造に設けられたレーザヘッドの内部に、不要光とラマン光とを分波する分波素子を配置したフ

ファイバレーザ装置が記載されている。ファイバレーザ装置、不要光、及びラマン光の各々は、それぞれ、本願明細書におけるファイバレーザシステム、出力レーザ光、及びストークス光と読み替えられる。分波素子を透過したストークス光は、ワークに照射され、分波素子により反射された不要光は、不要光伝搬用光ファイバによりレーザヘッドの外部へ導かれ、不要光処理部に結合される。不要光処理部は、不要光を熱に変換したうえで、その熱を拡散させることによって不要光を処理する。なお、特許文献3に記載された分波素子は、ラマン光を透過し、不要光を反射するバンドパスフィルタである。なお、特許文献3に記載のレーザヘッドは、本願明細書の出力ヘッドに読み替えられる。

[0009] しかし、特許文献3の図1に記載のファイバレーザ装置では、レーザヘッド（本願明細書における光ファイバ終端構造）の内部に分波素子を別個に設け、不要光伝搬用ファイバを用いて不要光をレーザヘッドの外部へ導く必要があった。したがって、このレーザヘッドには、更なるコンパクト化を図る余地がある。レーザヘッドは、ワークの近傍に配置される。加工時の自由度を高めるために、レーザヘッドをできるだけコンパクトにしたいとの要望がある。

[0010] 本発明の一態様は、上述した課題に鑑みなされたものであり、その目的は、ストークス発振が発生する可能性を低減しつつ、よりコンパクトなガラスブロック、光ファイバ終端構造、レーザ装置、及びレーザシステムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係るガラスブロックは、その両底面を入射面及び出射面として、前記入射面に対してデリバリファイバの出射面を光学的に結合した場合に、前記デリバリファイバから供給されたレーザ光を前記出射面から出射する柱状のガラスブロックであって、前記出射面は、前記レーザ光に対応するストークス光に対する反射率が前記レーザ光に対する反射率を上回る、ことを特徴とする。

発明の効果

[0012] 本発明の一態様によれば、ストークス発振が発生する可能性を低減しつつ、よりコンパクトなガラスブロック、光ファイバ終端構造、レーザ装置、及びレーザシステムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] (a) は、本発明の第1の実施形態に係るガラスブロックを備えた出力ヘッドの断面図である。(b) は、(a) に示したガラスブロックの拡大断面図である。(c) は、(a) 及び (b) に示したガラスブロックをデリバリファイバの側からみた矢視図である。

[図2] (a) は、図1の(a) に示したデリバリファイバが備えているクラッドモードストリップの縦断面図である。(b) は、(a) に示したクラッドモードストリップの横断面図である。

[図3] 図1の(a) に示したガラスブロックが備えているショートパスフィルタの反射特性及び透過特性を示すグラフである。

[図4] (a) 及び (b) は、それぞれ、図1に示したガラスブロックの第1の変形例の断面図及び第2の変形例の断面図である。

[図5] 図1に示した出力ヘッドを備えたファイバレーザシステムの構成図である。

[図6] 図1に示した出力ヘッドを備えたファイバレーザ装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0014] [第1の実施形態]

本発明の一実施形態に係るガラスブロック11について、図1～図3を参照して説明する。図1の(a) は、本実施形態に係るガラスブロック11を備えた出力ヘッド1の断面図である。図1の(b) は、ガラスブロック11の拡大断面図である。図1の(c) は、ガラスブロック11をデリバリファイバ21の側(z軸負方向側)からみた矢視図である。図2の(a) は、デリバリファイバ21が備えているクラッドモードストリップ22の縦断面図である。図2の(b) は、クラッドモードストリップ22の横断面図である。

。図3は、ガラスブロック11が備えているショートパスフィルタ111の反射特性及び透過特性を示すグラフである。

[0015] 図1の(a)～(c)に図示した座標系は、デリバリファイバ21の中心軸及びガラスブロック11の中心軸に平行な方向（すなわち軸方向）をz軸方向と定め、z軸方向に直交する方向（すなわち径方向）のうち任意の方向をx軸方向と定め、x軸及びz軸の各々に直交する方向をy軸方向と定めている。また、ガラスブロック11の入射面11iから出射面11oへ向かう方向をz軸正方向とし、z軸正方向とともに右手系の直交座標系を構成するように、x軸正方向及びy軸正方向の各々を定めている。なお、入射面11i及び出射面11oについては、後述する。以下では、z軸正方向のことを順方向とも呼び、z軸負方向のことを逆方向とも呼ぶ。第2の実施形態において説明するファイバレーザシステムFLS（図5参照）において、出力レーザ光は、z軸正方向に添って伝搬するためである。

[0016] （ガラスブロック11）

図1の(a)に示すように、出力ヘッド1は、ガラスブロック11と、デリバリファイバ21と、ガラス管31と、外筒41とを備えている。デリバリファイバ21の中間部には、クラッドモードストリッパ22が設けられている。

[0017] 出力ヘッド1は、光ファイバの出射側の端部を終端する光ファイバ終端構造であり、例えば、ファイバレーザシステムFLS及びファイバレーザ装置FLAの各々が備えている出力デリバリファイバODFの出射側の端部を終端するために利用可能である。図1の(a)に示した出力ヘッド1及びデリバリファイバ21の各々は、それぞれ、図5に示したファイバレーザシステムFLS及びファイバレーザ装置FLAの各々が備えている出力ヘッドOH及び出力デリバリファイバODFに対応する。

[0018] ガラスブロック11は、出力レーザ光の波長 λ_1 を含む波長域において高い透過率を有し（すなわち低い吸収率を有し）、且つ、高い融点を有するガラスにより構成されている。また、ガラスブロック11を構成するガラス材料

は、強度が高い出力レーザ光がデリバリファイバ21を伝搬することに伴い生じ得るストークス光の波長 λ_2 を含む波長域においても、高い透過率を有することが好ましい。本実施形態においては、波長 λ_1 として、 $1.07\mu\text{m}$ を採用する。その場合、波長 λ_2 は、 $1.12\mu\text{m}$ である。波長 $\lambda_1=1.07\mu\text{m}$ であり、波長 $\lambda_2=1.12\mu\text{m}$ である場合、ガラスブロック11を構成する材料としては、石英（クォーツとも呼ばれる）が好適である。

[0019] ガラスブロック11の形状は、図1の（a）～（c）に示すように円柱である。本実施形態において、ガラスブロック11の直径は、 9mm であり、その軸方向の長さは、 20mm である。ガラスブロック11の両底面のうち一方の底面を入射面11iとし、他方の底面を11oとする。入射面11iは、z軸負方向側に位置し、出射面11oは、z軸正方向側に位置する。なお、ガラスブロック11の形状は、円柱に限定されるものではなく、マクロには円柱に見える形状（円柱状の形状）であってもよいし、角柱であってもよいし、図4の（a）に示すように円錐台であってもよい。すなわち、ガラスブロック11の形状は、柱状であれば如何なる形状であってもよい。

[0020] 図1の（b）に示すように、入射面11iに対してデリバリファイバ21の出射面21oが結合されている場合、デリバリファイバ21を順方向に伝搬してきた出力レーザ光 L_{F0} 及びストークス光 L_{FS} の各々は、所定の角度で拡がりながらガラスブロック11の内部を順方向に伝搬する。

[0021] ガラスブロック11において、出射面11oは、ストークス光 L_{FS} に対する反射率が出力レーザ光 L_{F0} に対する反射率を上回るように構成されている。具体的には、出射面11oには、ストークス光 L_{FS} に対する反射率が出力レーザ光 L_{F0} に対する反射率を上回るショートパスフィルタ111が積層されている。ショートパスフィルタ111は、請求の範囲に記載の層状フィルタに対応する。また、以下において、ショートパスフィルタ111のことをSPF111と記載する。ショートパスフィルタは、エッジフィルタと呼ばれるフィルタのうち、所定の波長（例えばカットオフ波長 λ_c ）よりも短波長側の光を透過し、該所定の波長よりも長波長側の光を反射するフィルタであ

る。

[0022] S P F 1 1 1 は、図 3 に示すような反射特性（反射率の波長依存性）及び透過特性（透過率の波長依存性）を有することが好ましい。S P F 1 1 1 の吸収率をゼロとみなせる場合、反射率と透過率との和は、1 になる。

[0023] S P F 1 1 1 は、複数の誘電体膜を積層することによって構成されている。すなわち、S P F 1 1 1 は、誘電体多層膜によって構成されている。各誘電体膜の誘電率及び膜厚を制御することによって、所望の反射特性を有するショートパスフィルタを設計することができる。

[0024] 図 3 に示すように、S P F 1 1 1 は、ストークス光 L_{FS} に対する反射率が 10 % 以上であり、出力レーザ光 L_{FO} に対する反射率が 2 % 以下であることが好ましい。

[0025] また、図 3 に示すように、S P F 1 1 1 のカットオフ波長 λ_c は、波長 λ_1 と、波長 λ_2 との間に位置することが好ましい。なお、本願明細書において、カットオフ波長 λ_c は、S P F 1 1 1 の反射率が 5 % となる波長を意味する。図 3 に示した S P F 1 1 1 のカットオフ波長 λ_c は、およそ $1.09 \mu m$ である。S P F 1 1 1 は、カットオフ波長 λ_c 近傍の波長域のうち長波長側の波長域に反射率が急激に増大するエッジを有する。

[0026] 図 3 に示した反射特性を有する S P F 1 1 1 は、波長 λ_1 に対応する反射率が 0.1 % であり、波長 λ_2 に対する反射率が 72.1 % である。したがって、S P F 1 1 1 は、（1）出力レーザ光 L_{FO} のほぼ全てをそのまま透過し、（2）ストークス光 L_{FS} の 72.1 % を戻りストークス光 L_{RS} として反射し、（3）ストークス光 L_{FS} の 27.9 % をストークス光 $L_{FS'}$ として透過する。

[0027] 特許文献 1 に記載されたガラスブロックの出射面に設けられた誘電体多層膜、及び、特許文献 2 に記載された出力カプラの表面に設けられた誘電体多層膜は、いずれも順方向に伝搬する出力レーザ光 L_{FO} がガラスブロックの出射面あるいは出力カプラの表面において逆方向へ向けて反射されることを抑制するために設けられたものであり、いわゆる反射防止（AR:Anti-reflect

ion) 膜である。AR膜は、幅広い波長域に含まれる光に反射率を低減し、透過率を高めるため、出力レーザ光 L_{FO} とストークス光 L_{FS} とのうちストークス光 L_{FS} を選択的により強く反射することはできない。

[0028] ストークス光 L_{FS} は、所定の角度で拡がりながら順方向に伝搬するので、戻りストークス光 L_{RS} は、前記所定の角度で拡がりながら逆方向に伝搬する。したがって、入射面11iにおける戻りストークス光 L_{RS} のスポット S_{RS} (図1の(c)参照)の直径は、出射面11oにおけるストークス光 L_{FS} のスポットの直径の2倍となる。例えば、出射面11oにおけるストークス光 L_{FS} のスポットの直径(スポット径)が1.7mmである場合、スポット S_{RS} の直径(スポット径)は、3.4mmとなる。

[0029] (デリバリファイバ21)

図1の(b)に示すように、デリバリファイバ21は、コア211と、内側クラッド212と、外側クラッド213とを備えたダブルクラッドファイバである。また、本実施形態においては、デリバリファイバ21としてマルチモードファイバを採用している。コア211、内側クラッド212、及び外側クラッド213は、何れも、石英製である。

[0030] デリバリファイバ21の一方の端面である出射面21oは、入射面11iに突き当てられた状態で融着されている。すなわち、入射面11iと出射面21oとは、光学的に結合している。なお、以下において、特に断りなく「結合」との用語を用いた場合、それは、「光学的な結合」を意味する。

[0031] 図2の(a)に示すように、デリバリファイバ21の中間部には、外側クラッド213を除去した除去区間Iが設けられている。除去区間Iには、クラッドモードストリッパ22が設けられている。デリバリファイバ21の中間部は、デリバリファイバ21の両端部を除いた部分を意味する。

[0032] 除去区間Iは、デリバリファイバ21の両端部を除いた部分であれば何れの部分に設けられていてもよい。ただし、後述する戻りストークス光 L_{RS} (図1の(b)参照)を早い段階で除去するという点では、除去区間Iは、出射面21oの近傍に設けられていることが好ましい。

[0033] 図2の(a)に示すように、クラッドモードストリッパ22は、除去区間1において内側クラッド212を覆う高屈折率樹脂体221、及び、高屈折率樹脂体221を支持する補強部材222を備えている。

[0034] 図2の(b)に示すように、補強部材222は、上面にV字溝が形成された直方体状のブロックである。この補強部材222は、不透明材料、例えば、アルミナにより構成されている。アルミナは、熱伝導性が良く、線膨張係数が小さく、加工性が良いため、補強部材222の材料として好適である。

[0035] 高屈折率樹脂体221は、例えば、補強部材222のV字溝に注入された高い屈折率を有する樹脂を硬化させたものである。この高屈折率樹脂体221は、除去区間1におけるデリバリファイバ21の内側クラッド212の屈折率以上の屈折率を有する透光性樹脂により構成されている。

[0036] このように構成されたクラッドモードストリッパ22は、デリバリファイバ21を伝搬するモードのうち、内側クラッド212及び外側クラッド213に結合している光（例えばストークス光 L_{FS} 及び戻りストークス光 L_{RS} ）を除去することができる。

[0037] なお、本実施形態では、クラッドモードストリッパの一例としてクラッドモードストリッパ22を採用している。しかし、出力ヘッド1が備えているクラッドモードストリッパは、クラッドモードストリッパ22に限定されるものではなく、如何なるクラッドモードストリッパであってもよい。

[0038] (ガラス管31)

図1の(a)～(c)に示すように、ガラス管31は、円柱状ガラス部材であり、本実施形態においては石英製である。ガラス管31は、デリバリファイバ21のうち、デリバリファイバ21の出射面21oからクラッドモードストリッパ22までの区間に設けられている。ガラス管31は、該区間において、その内壁面がデリバリファイバ21の表面（外側クラッド213の表面）に接し、且つ、デリバリファイバ21の前記表面を覆っている。

[0039] 本実施形態において、ガラス管31は、デリバリファイバ21に対して焼き嵌めすることによって固定されている。具体的には、デリバリファイバ2

1に固定される前のガラス管31は、その内径がデリバリファイバ21の外径を上回るように構成されている。ガラス管31は、デリバリファイバ21に対して焼き嵌めされるときに、(1)自身のガラス転移点 T_g を超える温度まで加熱され、(2)ガラス転移点 T_g を超える温度まで加熱された状態のまま、自身の筒の内側にデリバリファイバ21を通され、(3)自身の外側面313に対して、圧力を加えられ、(4)ガラス転移点 T_g を下回る温度まで冷却される。以上の工程により、ガラス管31の内壁がデリバリファイバ21の表面に密着した状態で、ガラス管31とデリバリファイバ21とは固定される。

[0040] 図1の(b)に示すように、ガラス管31は、その一方の端面である端面311を介してガラスブロック11と結合している。より具体的には、端面311は、出射面21oとともに入射面11iに融着されている。また、図2の(a)に示すように、ガラス管31は、その他方の端面である端面312を介してクラッドモードストリッパ22の高屈折率樹脂体221と結合している。高屈折率樹脂体221については、後述する。

[0041] 図1の(c)に示すように、ガラス管31の外径は、スポット S_{RS} のスポット径を上回ることが好ましい。また、端面311は、スポット S_{RS} を包含した状態で、ガラスブロック11に結合されていることが好ましい。

[0042] また、ガラス管31の外側面313には、出力レーザ光 L_{FO} 及びストークス光のうち少なくともストークス光を散乱する凹凸構造が形成されていることが好ましい。すなわち、外側面313は、その表面がすりガラス状に荒らされていることが好ましい。なお、ここでいうストークス光は、ストークス光 L_{FS} 及び戻りストークス光 L_{RS} の双方を含む。

[0043] (外筒41)

図1の(a)に示すように、外筒41は、ガラスブロック11と、デリバリファイバ21と、ガラス管31とを収容する円筒形のガラス部材であって、出力ヘッド1の筐体として機能する。本実施形態において、外筒41は、石英製である。

[0044] 図1の(a)において、クラッドモードストリッパ22の補強部材222は、外筒41の内部において宙に浮いているように図示されている。しかし、実際の補強部材222は、y軸方向負方向側に位置する2つの頂点2221, 2222(図2の(b)参照)が外筒41の内壁411に接した状態で固定されている。この構成によれば、デリバリファイバ21の出射面21o及びガラス管31の端面311と、ガラスブロック11の入射面11iとを融着した融着点に掛かる負荷を大幅に低減することができる。

[0045] (まとめ)

以上のように、ガラスブロック11は、入射面11iに対してデリバリファイバ21の出射面21oを結合した場合に、デリバリファイバ21から供給された出力レーザ光 L_{FO} (請求の範囲に記載のレーザ光)を出射面11oから出射する柱状のガラスブロックである。出射面11oは、出力レーザ光 L_{FO} に対応するストークス光 L_{FS} に対する反射率が出力レーザ光 L_{FO} に対する反射率を上回るように構成されている。

[0046] 出射面21oから出射され、入射面11iに入射した出力レーザ光 L_{FO} 及びストークス光 L_{FS} は、デリバリファイバ21の開口数により定まる所定の角度で拡がりながらガラスブロック11の内部を伝搬し、出射面11oに到達する。上述のように、出射面11oは、ストークス光 L_{FS} に対する反射率が出力レーザ光 L_{FO} に対する反射率を上回るように構成されている。そのため、出射面11oに到達した出力レーザ光 L_{FO} 及びストークス光 L_{FS} のうち、ストークス光 L_{FS} は、出射面11oにおいて出力レーザ光 L_{FO} よりも強く反射され戻りストークス光 L_{RS} となる。戻りストークス光 L_{RS} の一部は、出射面11oから入射面11iへ伝搬したあとに、コア211に結合し得る。以下において、戻りストークス光 L_{RS} に起因し、デリバリファイバのコアに結合したストークス光(換言すればコア211を逆方向に伝搬するストークス光、図1の(b)には不図示)のことを第1の戻りストークス光と称す。ただし、戻りストークス光 L_{RS} の多くは、デリバリファイバ21のコア211に結合することなく散逸する。したがって、ストークス光 L_{FS} に対する反

射率が出力レーザ光 L_{FO} に対する反射率を上回るように出射面11oが構成されている場合であっても、この第1の戻りストークス光の強度は、極めて低くなる。とはいえ、ストークス光 L_{FS} に対する反射率が出力レーザ光 L_{FO} に対する反射率を下回るように構成された出射面を有するガラスブロック（以下、従来のガラスブロック）を用いた場合と比較して、ガラスブロック11を用いた場合における第1の戻りストークス光の強度は、わずかに増大する。

[0047] また、上述したように、出力レーザ光 L_{FO} 及びストークス光 L_{FS} のうち、ストークス光 L_{FS} がガラスブロックの出射面11oにおいて出力レーザ光 L_{FO} よりも強く反射されている。そのため、従来のガラスブロックと比較して、ガラスブロック11は、出射面11oを透過しワークに至るストークス光 $L_{FS'}$ の強度を抑制することができる。出力レーザ光 L_{FO} 及びストークス光 L_{FS} は、第2の実施形態において説明するように、空間光学系（図5には不図示）により集束されたのちに、加工対象物であるワークWの表面に照射される。

[0048] ワークWの表面に照射されたストークス光 $L_{FS'}$ の一部は、ワークWの表面において反射される。ワークWの表面において反射されたストークス光 $L_{FS'}$ の一部は、上記空間光学系により再び集束され、且つ、出射面11oから入射面11iへ伝搬したあとに、コア211に結合し得る。以下において、ストークス光 $L_{FS'}$ に起因し、コア211に結合したストークス光（換言すればデリバリファイバを逆方向に伝搬するストークス光、図1の（b）には不図示）のことを第2の戻りストークス光と称す。出射面11oにおいて反射された戻りストークス光 L_{RS} の場合と異なり、ワークの表面において反射されたストークス光の多くは、そのままコア211に結合する。これは、ワークの表面において反射されたストークス光が上記空間光学系により再び集束されるためである。したがって、ストークス発振が発生する可能性を低減するためには、第2の戻りストークス光の強度を低減することが重要である。

[0049] ここで、第2の戻りストークス光の強度は、ワークの表面のストークス光

$L_{FS'}$ に対する反射率に比例し、且つ、出射面 110 のストークス光 L_{FS} に対する透過率の 2 乗に比例する。したがって、出射面 110 のストークス光 L_{FS} に対する透過率を下げることは、換言すれば、出射面 110 のストークス光 L_{FS} に対する反射率を高めることは、第 2 の戻りストークス光の強度を低減することを意味する。そのため、従来のガラスブロックを用いた場合と比較して、ガラスブロック 11 を用いた場合における第 2 の戻りストークス光の強度は、明らかに減少する。

[0050] 以上のように、ガラスブロック 11 は、第 1 の戻りストークス光の強度をほとんど増大させることなく第 2 の戻りストークス光の強度を低減することができる。そのため、ガラスブロック 11 は、従来のガラスブロックと比較して、第 1 の戻りストークス光の強度と、第 2 の戻りストークス光の強度との和を低減することができるため、ストークス発振が発生する可能性を低減することができる。

[0051] また、上記の構成によれば、従来のレーザヘッドのように、レーザ光とストークス光とを分波する分波素子を別個に設ける必要がない。そのため、本ガラスブロックは、分波素子を別個に設ける場合と比較して、コンパクト化を図ることができる。

[0052] 以上のように、本ガラスブロックは、ストークス発振が発生する可能性を低減しつつ、よりコンパクトなガラスブロックを提供することができる。

[0053] 更に、ガラスブロック 11 は、メンテナンスフリーであるという副次的な効果を奏する。特許文献 3 の図 1 に示したレーザヘッドは、分波素子を含む空間光学系を含む。それに対し、ガラスブロック 11 は、空間光学系を含まない。特許文献 3 の図 1 に示したレーザヘッドにおいては、分波素子の角度を適切に調整する必要があり、定期的にメンテナンスを施すことが求められる。一方、ガラスブロック 11 は、柱状のガラスブロック 11 の一方の端面である出射面 110 が、上述した所定の条件を満たすように構成されている。出射面 110 は、可動し得ないものであるため、ガラスブロック 11 は、メンテナンスフリーである。

[0054] また、出射面 110 には、ストークス光 L_{FS} に対する反射率が出力レーザー光 L_{FO} に対する反射率を上回る SPF 111（請求の範囲に記載の層状フィルタ）が積層されている、ことが好ましい。

[0055] この構成によれば、ガラスブロック 11 の体積を増加させることなく、ストークス発振が発生する可能性を低減することができる。

[0056] また、SPF 111 は、ストークス光 L_{FS} に対する反射率が 10% 以上であり、出力レーザー光 L_{FO} に対する反射率が 2% 以下である、ことが好ましい。

[0057] また、SPF 111 のカットオフ波長 λ_c は、出力レーザー光 L_{FO} に対応する波長 λ_1 とストークス光 L_{FS} に対応する波長 λ_2 との間に位置する、ことが好ましい。

[0058] 出力レーザー光 L_{FO} 及びストークス光 L_{FS} に対する反射係数、あるいは、カットオフ波長 λ_c を上述したように構成することによって、出射面 110 を透過し、ワークに至るストークス光 L_{FS} を確実に抑制することができる。したがって、（１）ワークにおいて反射又は散乱され、（２）往路と逆の経路を通ることによって、デリバリファイバ 21 と改めて結合する戻りストークス光 L_{RS} の強度を確実に抑制することができる。すなわち、ストークス発振が発生する可能性を確実に低減することができる。

[0059] 出力ヘッド 1（請求の範囲に記載の光ファイバ終端構造）は、ガラスブロック 11 と、入射面 11i に対して、出射面 210 が光学的に結合されたデリバリファイバ 21 と、を備えている。

[0060] このように構成された出力ヘッド 1 は、ガラスブロック 11 と同様の効果を奏する。

[0061] また、デリバリファイバ 21 は、その中間部に設けられたクラッドモードストリッパ 22 を備えている、ことが好ましい。

[0062] この構成によれば、デリバリファイバに改めて結合した戻りストークス光 L_{RS} のうち、デリバリファイバ 21 の内側クラッド 212 及び外側クラッド 213（請求の範囲に記載のクラッド）に結合した戻りストークス光 L_{RS} の

うちクラッドを伝搬する戻りストークス光 L_{RS} を除去することができる。そのため、戻りストークス光 L_{RS} を更に抑制することができる。したがって、出力ヘッド1は、ストークス発振が発生する可能性を更に低減することができる。

[0063] また、デリバリファイバ21がクラッドモードストリッパ22を備えていることにより、特許文献3の図1に記載のレーザヘッド（本願明細書の出力ヘッド1に読み替えられる）が備えている分波素子、不要光伝搬用光ファイバ、及び不要光処理部を設ける必要がない。したがって、出力ヘッド1は、特許文献3の図1に記載のレーザヘッドと比較して、コンパクト化を図ることができる。

[0064] また、デリバリファイバ21の出射面21oからクラッドモードストリッパ22までの区間に設けられ、デリバリファイバ21の外側クラッド213の表面を覆う筒状のガラス管31を更に備えていることが好ましい。ガラス管31は、その一方の端面である端面311を介してガラスブロック11と結合しており、且つ、その他方の端面である端面312を介してクラッドモードストリッパ22と結合している、ことが好ましい。

[0065] このように構成されたガラス管31は、戻りストークス光 L_{RS} のうち、デリバリファイバ21に改めて結合しなかった戻りストークス光 L_{RS} の少なくとも一部と結合する。ガラス管31に結合した戻りストークス光 L_{RS} （デリバリファイバ21に改めて結合しなかった戻りストークス光 L_{RS} の少なくとも一部）は、ガラス管31を逆方向に伝搬し、クラッドモードストリッパ22に至り、最終的にクラッドモードストリッパ22により除去される。そのため、出力ヘッド1は、デリバリファイバ21に改めて結合しなかった戻りストークス光 L_{RS} の少なくとも一部を確実に除去することができる。

[0066] また、ガラス管31の外径は、出射面11oで反射されたあとに入射面11iに到達した戻りストークス光 L_{RS} のスポット径（スポット S_{RS} の直径）を上回り、ガラス管31の端面311は、スポット S_{RS} を包含するように、ガラスブロック11結合されている、ことが好ましい。

[0067] この構成によれば、ガラス管 31 は、出射面 11o において反射され、デリバリファイバ 21 に改めて結合しなかった戻りストークス光 L_{RS} の大部分（理想的には全部）と結合する。そのため、出力ヘッド 1 は、デリバリファイバ 21 に改めて結合しなかった戻りストークス光 L_{RS} の大部分（理想的には全部）を確実に除去することができる。

[0068] また、ガラス管 31 の外側面 313 には、出力レーザ光 L_{FO} 及びストークス光（ストークス光 L_{FS} 及び戻りストークス光 L_{RS} ）のうち少なくともストークス光を散乱する凹凸構造が形成されている、ことが好ましい。

[0069] この構成によれば、ガラス管 31 に結合した戻りストークス光 L_{RS} 少なくともの一部をガラス管 31 の外部へ散逸させることができる。

[0070] 〔変形例〕

図 1 に示したガラスブロック 11 の第 1 の変形例及び第 2 の変形例について、図 4 を参照して説明する。図 4 の（a）及び（b）は、それぞれ、図 1 に示したガラスブロックの第 1 の変形例の断面図及び第 2 の変形例の断面図である。

[0071] 図 4 の（a）に示すように、第 1 の変形例のガラスブロック 11 は、ガラスブロックの入射面 11i の直径を縮小することによって得られる。第 1 の変形例のガラスブロック 11 において、入射面 11i の直径は、ガラス管 31 の外径と等しい。なお、入射面 11i と、出射面 11o とは、同心円となるように配置されている。

[0072] 以上のように、第 1 の変形例のガラスブロック 11 は、入射面 11i の面積が出射面 11o の面積を下回るように構成されている。換言すれば、第 1 の変形例のガラスブロック 11 は、入射面 11i を上底面とし、出射面 11o を下底面とする円錐台形状を有する。

[0073] この構成によれば、第 1 の変形例のガラスブロック 11 の入射面近傍における体積を小さくすることができる。したがって、ガラスブロック 11 の入射面近傍の熱容量を小さくすることができるので、ガラスブロック 11 とデリバリファイバ 21 とを結合する方法として融着を採用する場合に、容易に

融着を実施することができる。

[0074] また、図4の(b)に示すように、第2の変形例のガラスブロック11は、ガラスブロック11の表面のうち、外側面11sと、入射面11iのうちガラス管31の端面311が結合されている領域を除いた領域に積層された金属膜12を更に備えている。端面311が結合されている領域は、デリバリファイバ21の出射面21oが結合されている領域を包含する。したがって、金属膜12は、出射面21oが結合されている領域には、形成されていない。なお、デリバリファイバ21を結合される前の状態のガラスブロック11において、出射面21oが結合されている領域は、出射面21oが結合されることが予定されている領域と言い換えられる。

[0075] この構成によれば、逆方向に伝搬するストークス光 L_{RS} がガラスブロック11の外部に漏洩することを抑制することができる。特に本変形例では、ガラスブロック11の表面のうち、ショートパスフィルタ111が積層されている領域と、ガラス管31の端面311が結合されている領域とを除いた全域に金属膜12が積層されている。そのため、ストークス光 L_{RS} がガラスブロック11の外部に漏洩することを防止することができる。したがって、ストークス光 L_{RS} に起因する熱がガラスブロック11の外部（すなわち出力ヘッド1）に影響を与える可能性を低減又はなくすることができる。

[0076] 〔第2の実施形態〕

本発明の第2の実施形態に係るファイバレーザシステムFLSについて、図5を参照して説明する。図5は、ファイバレーザシステムFLSの構成図である。ファイバレーザシステムFLSは、本発明の一実施形態に係る出力ヘッドOH（すなわち図1の(a)に示した出力ヘッド1）を備えている。

[0077] ファイバレーザシステムFLSは、加工対象物であるワークWを加工するためのレーザ装置であり、図5に示すように、 n 個のファイバレーザユニット $FLU_1 \sim FLU_n$ 、 n 個のレーザデリバリファイバ $LDF_1 \sim LDF_n$ 、出力コンバイナOC、出力デリバリファイバODF、及び出力ヘッドOHを備えている。ファイバレーザユニット $FLU_1 \sim FLU_n$ とレーザデリバ

リファイバLD F 1 ~ LD F nとは、互いに一対一に対応する。ここで、nは、1以上の任意の自然数であり、ファイバレーザユニットFL U 1 ~ FL U n及びレーザデリバリファイバLD F 1 ~ LD F nの個数を表す。なお、図5においては、n = 7の場合のファイバレーザシステムFL Sの構成例を示している。また、出力コンバイナOCは、請求の範囲に記載の合波部の一態様であり、n個の入力ポートと1つの出力ポートを備えている。出力コンバイナOCは、各入力ポートに入力されたn個のレーザ光を1つのレーザ光に合波し、合波したレーザ光を出力ポートから出力する。

[0078] ファイバレーザシステムFL Sの出力デリバリファイバOD F及び出力ヘッドOHの各々は、それぞれ、図1に示したデリバリファイバ2 1及び出力ヘッド1に対応する。

[0079] ファイバレーザユニットFL U i (iは1以上n以下の自然数)は、レーザ光を生成する。本実施形態においては、前方励起型のファイバレーザをファイバレーザユニットFL U 1 ~ FL U nとして用いている。ファイバレーザユニットFL U iは、対応するレーザデリバリファイバLD F iの入力端に接続されている。ファイバレーザユニットFL U iにて生成されたレーザ光は、このレーザデリバリファイバLD F iに入力される。

[0080] レーザデリバリファイバLD F iは、対応するファイバレーザユニットFL U iにて生成されたレーザ光を導波する。レーザデリバリファイバLD F 1 ~ LD F nは、シングルモードファイバであってもよいし、モード数が10以下のフューモードファイバであってもよい。

[0081] 本実施形態においては、フューモードファイバをレーザデリバリファイバLD F 1 ~ LD F nとして用いている。レーザデリバリファイバLD F iの出力端は、出力コンバイナOCの入力ポートに接続されている。ファイバレーザユニットFL U iにて生成され、レーザデリバリファイバLD F iを導波されたレーザ光は、この入力ポートを介して出力コンバイナOCに入力される。

[0082] 出力コンバイナOCは、ファイバレーザユニットFL U 1 ~ FL U nの各

々にて生成され、レーザデリバリファイバLD F 1 ~ LD F nの各々を導波されたレーザ光を合波する。出力コンバイナOCの出力ポートは、出力デリバリファイバOD Fの入力端に接続されている。出力コンバイナOCにて合波されたレーザ光は、この出力デリバリファイバOD Fに入力される。すなわち、出力デリバリファイバOD Fの入射面は、出力コンバイナOCを介して複数のファイバレーザユニットFL U iに結合されている。

[0083] 出力デリバリファイバOD Fは、出力コンバイナOCにて合波されたレーザ光を導波する。本実施形態においては、マルチモードファイバを出力デリバリファイバOD Fとして用いている。出力デリバリファイバOD Fの出力端は、出力ヘッドOHに接続されている。また、出力ヘッドOHとワークWとの間には、出力ヘッドOHから出射されたレーザ光をワークWの表面において集束するための空間光学系（例えば凸レンズ、図5には不図示）が設けられている。出力コンバイナOCにて合波されたレーザ光は、この出力ヘッドOHから出射され、上記空間光学系により集束された状態でワークWに照射される。

[0084] なお、本実施形態では、請求の範囲に記載の合波部の一例として出力コンバイナOCを採用している。しかし、本発明の一態様では、請求の範囲に記載の合波部の一例として、複数の凸レンズを含む空間光学系を採用することもできる。この空間光学系がn個の凸レンズにより構成されている場合、各凸レンズは、各ファイバレーザユニットFL U iのレーザデリバリファイバLD F iから出射されたレーザ光を集束させ、且つ、集束された各レーザ光を出力デリバリファイバOD Fのコアに結合するように配置されていればよい。

[0085] （ファイバレーザユニットの構成）

ファイバレーザシステムFL Sが備えるファイバレーザユニットFL U 1の構成について、引き続き図5を参照して説明する。なお、ファイバレーザユニットFL U 2 ~ FL U nも、ファイバレーザユニットFL U 1と同様に構成されている。

[0086] ファイバレーザユニットFLU1は、前方向励起型のファイバレーザであり、図5に示すように、 m 個の励起光源PS1～PS m 、 m 個の励起デリバリファイバPDF1～PDF m 、励起コンバイナPC、高反射ファイバブラッググレーティングFBG-HR、増幅用ファイバAF、及び低反射ファイバブラッググレーティングFBG-LRを備えている。すなわち、ファイバレーザユニットFLU1は、共振器型のファイバレーザユニットである。励起光源PS1～PS m と励起デリバリファイバPDF1～PDF m とは、互いに一対一に対応する。ここで、 m は、2以上の任意の自然数であり、励起光源PS1～PS m 及び励起デリバリファイバPDF1～PDF m の個数を表す。なお、図5においては、 $m=6$ の場合のファイバレーザユニットFLU1の構成例を示している。

[0087] 励起光源PS j （ j は1以上 m 以下の自然数）は、励起光を生成する。本実施形態においては、レーザダイオードを励起光源PS1～PS m として用いている。励起光源PS j は、対応する励起デリバリファイバPDF j の入力端に接続されている。励起光源PS j にて生成された励起光は、この励起デリバリファイバPDF i に入力される。

[0088] 励起デリバリファイバPDF j は、対応する励起光源PS j にて生成された励起光を導波する。励起デリバリファイバPDF j の出力端は、励起コンバイナPCの入力ポートに接続されている。励起光源PS j にて生成され、励起デリバリファイバPDF j を導波された励起光は、この入力ポートを介して励起コンバイナPCに入力される。

[0089] 励起コンバイナPCは、励起光源PS1～PS m の各々にて生成され、励起デリバリファイバPDF1～PDF m の各々を導波された励起光を合波する。励起コンバイナPCの出力ポートは、高反射ファイバブラッググレーティングFBG-HRを介して増幅用ファイバAFの入力端に接続されている。励起コンバイナPCにて合波された励起光のうち、高反射ファイバブラッググレーティングFBG-HRを透過した励起光は、増幅用ファイバAFに入力される。

[0090] 増幅用ファイバAFは、高反射ファイバブラッググレーティングFBG-HRを透過した励起光を用いて、レーザ光を生成する。本実施形態においては、コアに希土類元素（例えばYb）が添加されたダブルクラッドファイバ（ラマンゲイン係数 $=1 \times 10^{-13} [1/W]$ ）を増幅用ファイバAFとして用いている。高反射ファイバブラッググレーティングFBG-HRを透過した励起光は、この希土類元素を反転分布状態に維持するために用いられる。増幅用ファイバAFの出力端は、低反射ファイバブラッググレーティングFBG-LRを介してレーザデリバリファイバLDF1の入力端に接続されている。高反射ファイバブラッググレーティングFBG-HRは、ある波長 λ （例えば、 1060 nm ）においてミラーとして機能し（反射率が例えば99%となり）、低反射ファイバブラッググレーティングFBG-LRは、その波長 λ においてハーフミラーとして機能する（反射率が例えば10%となる）。このため、増幅用ファイバAFは、高反射ファイバブラッググレーティングFBG-HR及び低反射ファイバブラッググレーティングFBG-LRと共に、波長 λ のレーザ光を発振する共振器を構成する。増幅用ファイバAFにて生成されたレーザ光のうち、この低反射ファイバブラッググレーティングFBG-LRを透過したレーザ光は、レーザデリバリファイバLDF1に入力される。

[0091] なお、本実施形態においては、前方励起型のファイバレーザをファイバレーザユニットFLU1～FLUnとして用いているが、本発明は、これに限定されない。すなわち、本発明においては、後方励起型のファイバレーザをファイバレーザユニットFLU1～FLUnとして用いることもできるし、双方向励起型のファイバレーザをファイバレーザユニットFLU1～FLUnとして用いることもできる。

[0092] このように構成されたファイバレーザシステムFLSは、第1の実施形態において説明したガラスブロック11、及び、出力ヘッド1と同様の効果を奏する。

[0093] なお、本実施形態において、ファイバレーザシステムFLSは、請求の範

図に記載のレーザユニットである各ファイバレーザユニットFLU1～FLUnとして、共振器型のファイバレーザユニットを採用している。しかし、ファイバレーザシステムFLSは、各ファイバレーザユニットFLU1～FLUnとして、MOPA型のファイバレーザユニットを採用することもできる。MOPA型のファイバレーザユニットは、主発振（Master Oscillator：MO）部と、MO部の後段に配置されたパワー増幅（Power Amplifier：PA）部とを備えている。MO部は、種光を生成し、PA部は、種光のパワーを増幅することによってレーザ光を生成する。なお、MOPA型のファイバレーザユニットにおいて、MO部は、共振器型のファイバレーザユニットであってもよいし、半導体レーザユニット、固体レーザユニット、液体レーザユニット、及び気体レーザユニットの何れかであってもよい。

[0094] また、ファイバレーザシステムLFSは、請求の範囲に記載のレーザユニットとして、半導体レーザユニット、固体レーザユニット、液体レーザユニット、及び気体レーザユニットの何れかを採用してもよい。

[0095] 〔第3の実施形態〕

本発明の第3の実施形態に係るファイバレーザ装置FLAについて、図6を参照して説明する。図6は、ファイバレーザ装置FLAの構成図である。ファイバレーザ装置FLAは、ファイバレーザユニットFLU1と、本発明の一実施形態に係る出力ヘッドOH（すなわち図1の（a）に示した出力ヘッド1）を備えている。

[0096] 図6に示すように、ファイバレーザ装置FLAが備えるファイバレーザユニットFLU1は、ファイバレーザシステムFLS（図5参照）が備えているファイバレーザユニットFLU1と同じ構成を有する。したがって、本実施形態は、ファイバレーザユニットFLU1の説明を省略する。

[0097] また、ファイバレーザ装置FLAは、ファイバレーザシステムFLSと異なり、複数のファイバレーザユニットFLU1～FLUnの各々にて生成されたレーザ光を合波する必要がない。したがって、ファイバレーザ装置FLAは、ファイバレーザシステムFLSが備えている出力コンバイナOCを省

略することができる。その結果、ファイバレーザ装置FLAにおいて、出力デリバリファイバODFの入射端面は、ファイバレーザユニットFLU1に対して結合されている。なお、ファイバレーザシステムFLSの場合と同様に、ファイバレーザ装置FLAは、ファイバレーザユニットFLU1として、共振器型のファイバレーザユニットを採用してもよいし、MOPA型のファイバレーザユニットを採用してもよい。なお、ファイバレーザ装置FLAがファイバレーザユニットFLU1としてMOPA型のファイバレーザユニットを採用する場合、MO部は、共振器型のファイバレーザユニットであってもよいし、半導体レーザユニット、固体レーザユニット、液体レーザユニット、及び気体レーザユニットの何れかであってもよい。また、ファイバレーザ装置FLAは、請求の範囲に記載のレーザユニットとして、半導体レーザユニット、固体レーザユニット、液体レーザユニット、及び気体レーザユニットの何れかを採用してもよい。

[0098] このように構成されたファイバレーザ装置FLAは、第1の実施形態において説明したガラスブロック11、及び、出力ヘッド1、並びに、第2の実施形態において説明したファイバレーザ装置FLAと同様の効果を奏する。

[0099] 本発明の一態様である出力ヘッド1に含まれる出力デリバリファイバODFの入射端面は、図5に示したように、少なくとも1つのファイバレーザユニットFLU1～FLUnに対して、出力コンバイナOCを介して接続することもできるし、図6に示したように、1つのファイバレーザユニットFLU1に対して結合することもできる。

[0100] [付記事項]

本発明の一態様に係るガラスブロック(11)は、その両底面を入射面(11i)及び出射面(11o)として、前記入射面(11i)に対してデリバリファイバ(21)の出射面(21o)を光学的に結合した場合に、前記デリバリファイバ(21)から供給されたレーザ光を前記出射面(11o)から出射する柱状のガラスブロック(11)であって、前記出射面(11o)は、前記レーザ光に対応するストークス光に対する反射率が前記レーザ光

に対する反射率を上回る、ことを特徴とする。

[0101] デリバリファイバの出射面から出射され、ガラスブロックの入射面に入射したレーザ光及びストークス光は、開口数により定まる所定の角度で拡がりながらガラスブロックの内部を伝搬し、ガラスブロックの出射面に到達する。上記の構成によれば、ストークス光に対する反射率がレーザ光に対する反射率を上回るようにガラスブロックの出射面が構成されている。そのため、ガラスブロックの出射面に到達したレーザ光及びストークス光のうち、ストークス光は、ガラスブロックの出射面においてレーザ光よりも強く反射される。ガラスブロックの出射面により反射されたストークス光の一部は、ガラスブロックの出射面から入射面へ伝搬したあとに、デリバリファイバのコアに結合し得る。以下において、ガラスブロックの出射面において反射されたストークス光に起因し、デリバリファイバのコアに結合したストークス光（換言すればデリバリファイバを逆方向に伝搬するストークス光）のことを第1の戻りストークス光と称す。この第1の戻りストークス光の強度は、極めて低い。

[0102] また、上述したように、ガラスブロックの出射面に到達したレーザ光及びストークス光のうち、ストークス光がガラスブロックの出射面においてレーザ光よりも強く反射されている。そのため、ストークス光に対する反射率がレーザ光に対する反射率以下となるように出射面が構成されたガラスブロックと比較して、その本ガラスブロックの出射面から出射されたストークス光の強度は、抑制されている。ガラスブロックの出射面から出射されたストークス光の一部は、ワークの表面において反射され、且つ、ガラスブロックの出射面から入射面へ伝搬したあとに、デリバリファイバのコアに結合し得る。以下において、ガラスブロックの出射面から出射されたストークス光に起因し、デリバリファイバのコアに結合したストークス光（換言すればデリバリファイバを逆方向に伝搬するストークス光）のことを第2の戻りストークス光と称す。ガラスブロックの出射面において反射されたストークス光の場合と異なり、ワークの表面において反射されたストークス光の多くは、その

ままデリバリファイバのコアに結合する。したがって、ストークス発振が発生する可能性を減少させるためには、第2の戻りストークス光の強度を低減することが重要である。

[0103] 第2の戻りストークス光の強度は、ワークの表面のストークス光に対する反射率に比例し、また、ガラスブロックの出射面のストークス光に対する透過率の2乗に比例する。したがって、ガラスブロックの出射面のストークス光に対する透過率を下げることは、換言すれば、この出射面のストークス光に対する反射率を高めることは、第2の戻りストークス光の強度を低減することを意味する。

[0104] 以上のように、本ガラスブロックは、従来のガラスブロックと比較して、第1の戻りストークス光の強度をほとんど増大させることなく第2の戻りストークス光の強度を低減することができる。そのため、本ガラスブロックは、従来のガラスブロックと比較して、第1の戻りストークス光の強度と、第2の戻りストークス光の強度との和を低減することができるため、ストークス発振が発生する可能性を低減することができる。

[0105] また、上記の構成によれば、従来の出力ヘッドのように、レーザ光とストークス光とを分波する分波素子を別個に設ける必要がない。そのため、本ガラスブロックは、分波素子を別個に設ける場合と比較して、コンパクト化を図ることができる。

[0106] 以上のように、本ガラスブロックは、ストークス発振が発生する可能性を低減しつつ、よりコンパクトなガラスブロックを提供することができる。

[0107] 更に、本ガラスブロックは、メンテナンスフリーであるという副次的な効果を奏する。特許文献3の図1に示したレーザヘッドは、分波素子を含む空間光学系を含む。それに対し、本ガラスブロックは、空間光学系を含まない。特許文献3の図1に示したレーザヘッドにおいては、分波素子の角度を適切に調整する必要がある、定期的にメンテナンスを施すことが求められる。一方、本ガラスブロックは、柱状のガラスブロックの一方の端面である出射端面が、上述した所定の条件を満たすように構成されている。柱状のガラス

ブロックの一方の端面は、可動し得ないものであるため、本ガラスブロックは、メンテナンスフリーである。

[0108] また、本発明の一態様に係るガラスブロック（１１）において、前記出射面（１１○）には、前記ストークス光に対する反射率が前記レーザ光に対する反射率を上回る層状フィルタ（１１１）が積層されている、ことが好ましい。

[0109] 上記の構成によれば、ガラスブロックの体積を増加させることなく、ストークス発振が発生する可能性を低減することができる。

[0110] また、本発明の一態様に係るガラスブロック（１１）において、前記層状フィルタ（１１１）は、前記ストークス光に対する反射率が１０％以上であり、前記レーザ光に対する反射率が２％以下である、ことが好ましい。

[0111] また、本発明の一態様に係るガラスブロック（１１）において、前記層状フィルタ（１１１）のカットオフ波長は、前記レーザ光に対応する波長と前記ストークス光に対応する波長との間に位置する、ことが好ましい。

[0112] レーザ光及びストークス光に対する反射係数、あるいは、カットオフ波長を上述したように構成することによって、ガラスブロックの出射面を透過し、ワークに至るストークス光を確実に抑制することができる。したがって、（１）ワークにおいて反射又は散乱され、（２）往路と逆の経路を通ることによって、デリバリファイバと改めて結合するストークス光の強度を確実に抑制することができる。すなわち、ストークス発振が発生する可能性を確実に低減することができる。

[0113] なお、本願明細書において、カットオフ波長は、反射係数が５％になる波長を意味する。

[0114] また、本発明の一態様に係るガラスブロック（１１）において、前記入射面（１１ｉ）の面積は、前記出射面（１１○）の面積を下回るように構成されている、ことが好ましい。

[0115] 上記の構成によれば、ガラスブロックの入射面近傍における体積を小さくすることができる。したがって、ガラスブロックの入射面近傍の熱容量を小

さくすることができるので、ガラスブロックとデリバリファイバとを結合する方法として融着を採用する場合に、容易に融着を実施することができる。

[0116] また、本発明の一態様に係るガラスブロック（１１）において、該ガラスブロック（１１）の表面のうち、（１）前記出射面（１１○）と、（２）前記入射面（１１ｉ）のうち前記デリバリファイバ（２１）の出射面（２１○）が結合されることが予定されている領域とを除いた表面の少なくとも一部には、金属膜（１２）が積層されている、ことが好ましい。

[0117] 上記の構成によれば、逆方向に伝搬するストークス光がガラスブロックの外部に漏洩することを抑制することができる。したがって、逆方向に伝搬するストークス光に起因する熱がガラスブロックの外部に影響を与える可能性を低減することができる。

[0118] 本発明の一態様に係る光ファイバ終端構造（１）は、上述した何れか一態様に係るガラスブロック（１１）と、前記ガラスブロック（１１）の前記入射面（１１ｉ）に対して、出射面（２１○）が光学的に結合されたデリバリファイバ（２１）と、を備えている。また、前記ストークス光は、前記レーザ光が前記デリバリファイバ（２１）を伝搬することに伴い生じるストークス光である。

[0119] 上記の構成によれば、本光ファイバ終端構造は、上述した各態様に係るガラスブロックと同様の効果を奏する。

[0120] また、本発明の一態様に係る光ファイバ終端構造（１）において、前記デリバリファイバ（２１）は、その中間部に設けられたクラッドモードストリッパ（２２）を備えている、ことが好ましい。

[0121] 上記の構成によれば、デリバリファイバに改めて結合したストークス光のうち、デリバリファイバのクラッドに結合したストークス光（クラッドモードとも呼ぶ）を除去することができる。そのため、逆方向に向かって伝搬するストークス光を更に抑制することができる。したがって、本光ファイバ終端構造は、ストークス発振が発生する可能性を更に低減することができる。

[0122] また、デリバリファイバがクラッドモードストリッパを備えていることに

より、特許文献３の図１に記載のレーザヘッド（請求の範囲に記載の出力ヘッド１に読み替えられる）が備えている分波素子、不要光伝搬用光ファイバ、及び不要光処理部を設ける必要がない。したがって、本光ファイバ終端構造は、特許文献３の図１に記載のレーザヘッドと比較して、コンパクト化を図ることができる。

[0123] また、本発明の一態様に係る光ファイバ終端構造（１）は、前記デリバリファイバ（２１）の前記出射面（２１○）から前記クラッドモードストリッパ（２２）までの区間に設けられ、該デリバリファイバ（２１）が備えているクラッド（２１３）の表面を覆う筒状のガラス管（３１）を更に備え、該ガラス管（３１）は、その一方の端面（３１１）を介して前記ガラスブロック（１１）と光学的に結合しており、且つ、その他方の端面（３１２）を介して前記クラッドモードストリッパ（２２）と光学的に結合している、ことが好ましい。

[0124] 上記の構成によれば、ガラス管は、ガラスブロックの出射面において反射され、ガラスブロックの入射面に至ったストークス光のうち、デリバリファイバに改めて結合しなかったストークス光の少なくとも一部と結合する。ガラス管に結合したストークス光（デリバリファイバに改めて結合しなかったストークス光の少なくとも一部）は、ガラス管を逆方向に伝搬し、クラッドモードストリッパに至り、最終的にクラッドモードストリッパにより除去される。そのため、本光ファイバ終端構造は、デリバリファイバに改めて結合しなかったストークス光の少なくとも一部を確実に除去することができる。

[0125] また、本発明の一態様に係る光ファイバ終端構造（１）において、前記ガラス管（３１）の外径は、前記ガラスブロック（１１）の前記出射面（１１○）により反射されたあとに前記ガラスブロック（１１）の前記入射面（１１ｉ）に到達したストークス光のスポット径を上回り、前記ガラス管（３１）の前記一方の端面（３１１）は、ガラスブロック（１１）の出射面（１１○）に到達したストークス光のスポットを包含するように、前記ガラスブロック（１１）と光学的に結合されている、ことが好ましい。

- [0126] 上記の構成によれば、ガラス管は、ガラスブロックの出射面において反射され、デリバリファイバに改めて結合しなかったストークス光の大部分と結合する。そのため、本光ファイバ終端構造は、デリバリファイバに改めて結合しなかったストークス光の大部分を確実に除去することができる。
- [0127] また、本発明の一態様に係る光ファイバ終端構造（１）において、前記ガラス管（３１）の外側面（３１３）には、前記レーザ光及び前記ストークス光のうち少なくとも前記ストークス光を散乱する凹凸構造が形成されている、ことが好ましい。
- [0128] 上記の構成によれば、ガラス管に結合した逆方向に伝搬するストークス光の一部をガラス管の外部へ散逸させることができる。
- [0129] 本発明の一態様に係るレーザ装置（ＦＬＡ）は、レーザ光を出射する１つのレーザユニット（ＦＬＵ１）と、上述した何れか一態様に係る光ファイバ終端構造（ＯＨ）とを備えたレーザ装置（ＦＬＡ）であって、前記デリバリファイバ（ＯＤＦ）の入射面が前記レーザユニット（ＦＬＵ１）に対して光学的に結合されており、前記ガラスブロック（１１）は、前記レーザユニット（ＦＬＵ１）から出射され、前記デリバリファイバ（ＯＤＦ）から供給された前記レーザ光を該ガラスブロック（１１）の前記出射面（１１ο）から出射する、ことを特徴とする。
- [0130] 本発明の一態様に係るレーザシステム（ＦＬＳ）は、それぞれがレーザ光を出射する１又は複数のレーザユニット（ＦＬＵ１～ＦＬＵ_n）と、当該１又は複数のレーザユニット（ＦＬＵ１～ＦＬＵ_n）の各々が出射した前記レーザ光を１つに合波する合波部（ＯＣ）と、上述した何れか一態様に係る光ファイバ終端構造（ＯＨ）とを備えたファイバレーザシステム（ＦＬＳ）であって、前記デリバリファイバ（ＯＤＦ）の入射面が前記合波部（ＯＣ）に対して光学的に結合されており、前記ガラスブロック（１１）は、前記１又は複数のレーザユニット（ＦＬＵ１～ＦＬＵ_n）の各々から出射され、前記合波部（ＯＣ）により合波され、前記デリバリファイバ（ＯＤＦ）から供給された前記レーザ光を、該ガラスブロック（１１）の前記出射面（１１ο）

から出射する、ことを特徴とする。

[0131] これらの構成によれば、本レーザ装置及び本レーザシステムの各々は、何れも上述した各態様に係るガラスブロックと同様の効果を奏する。

[0132] また、本発明の一態様に係るレーザ装置（FLA）において、前記レーザユニット（FLU1）は、複数の励起光源（PS1～PSm）と増幅用ファイバ（AF）とを備えたファイバレーザユニットである、ことが好ましい。

[0133] また、本発明の一態様に係るレーザシステム（FLS）において、前記1又は複数のレーザユニット（FLU1～FLUn）の各々は、何れも複数の励起光源（PS1～PSm）と増幅用ファイバ（AF）とを備えたファイバレーザユニット（FLU1～FLUn）であり、前記合波部（OC）は、1又は複数の入力ポートと、1つの出力ポートとを備えたコンバイナである、ことが好ましい。

[0134] 本発明の一態様は、このようにレーザユニットとしてファイバレーザユニットを採用したレーザ装置又はレーザシステムに好適である。

[0135] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

符号の説明

- [0136] 1、OH 出力ヘッド
11 ガラスブロック
11i 入射面
11o 出射面
111 ショートパスフィルタ（層状フィルタ）
12 金属膜
21、ODF デリバリファイバ
21o 出射面
22 クラッドモードストリッパ（CMS）

2 2 1 高屈折率樹脂体

2 2 2 補強部材

3 1 ガラス管

3 1 1 端面（一方の端面）

3 1 2 端面（他方の端面）

4 1 外筒

F L S ファイバレーザシステム

F L A ファイバレーザ装置

請求の範囲

- [請求項1] その両底面を入射面及び出射面として、前記入射面に対してデリバリファイバの出射面を光学的に結合した場合に、前記デリバリファイバから供給されたレーザ光を前記出射面から出射する柱状のガラスブロックであって、
- 前記出射面は、前記レーザ光に対応するストークス光に対する反射率が前記レーザ光に対する反射率を上回る、
- ことを特徴とするガラスブロック。
- [請求項2] 前記出射面には、前記ストークス光に対する反射率が前記レーザ光に対する反射率を上回る層状フィルタが積層されている、
- ことを特徴とする請求項1に記載のガラスブロック。
- [請求項3] 前記層状フィルタは、前記ストークス光に対する反射率が10%以上であり、前記レーザ光に対する反射率が2%以下である、
- ことを特徴とする請求項2に記載のガラスブロック。
- [請求項4] 前記層状フィルタのカットオフ波長は、前記レーザ光に対応する波長と前記ストークス光に対応する波長との間に位置する、
- ことを特徴とする請求項2又は3に記載のガラスブロック。
- [請求項5] 前記入射面の面積は、前記出射面の面積を下回るように構成されている、
- ことを特徴とする請求項1～4の何れか1項に記載のガラスブロック。
- [請求項6] 該ガラスブロックの表面のうち、(1)前記出射面と、(2)前記入射面のうち前記デリバリファイバの出射面が結合されることが予定されている領域とを除いた表面の少なくとも一部には、金属膜が積層されている、
- ことを特徴とする請求項1～5の何れか1項に記載のガラスブロック。
- [請求項7] 請求項1～6の何れか1項に記載のガラスブロックと、

前記ガラスブロックの前記入射面に対して、出射面が光学的に結合されたデリバリファイバと、を備えており、

前記ストークス光は、前記レーザ光が前記デリバリファイバを伝搬することに伴い生じるストークス光である、
ことを特徴とする光ファイバ終端構造。

[請求項8] 前記デリバリファイバは、その中間部に設けられたクラッドモードストリッパを備えている、
ことを特徴とする請求項7に記載の光ファイバ終端構造。

[請求項9] 前記デリバリファイバの前記出射面から前記クラッドモードストリッパまでの区間に設けられ、該デリバリファイバが備えているクラッドの表面を覆う筒状のガラス管を更に備え、

該ガラス管は、その一方の端面を介して前記ガラスブロックと光学的に結合しており、且つ、その他方の端面を介して前記クラッドモードストリッパと光学的に結合している、ことを特徴とする請求項8に記載の光ファイバ終端構造。

[請求項10] 前記ガラス管の外径は、ガラスブロックの入射面に到達したストークス光のスポット径を上回り、

前記ガラス管の前記一方の端面は、ガラスブロックの出射面に到達したストークス光のスポットを包含するように、前記ガラスブロックと光学的に結合されている、

ことを特徴とする請求項9に記載の光ファイバ終端構造。

[請求項11] 前記ガラス管の外側面には、前記レーザ光及び前記ストークス光のうち少なくとも前記ストークス光を散乱する凹凸構造が形成されている、

ことを特徴とする請求項9又は10に記載の光ファイバ終端構造。

[請求項12] レーザ光を出射する1つのレーザユニットと、請求項7～11の何れか1項に記載の光ファイバ終端構造とを備えたレーザ装置であって、

前記デリバリファイバの入射面が前記レーザユニットに対して光学的に結合されており、

前記ガラスブロックは、前記レーザユニットから出射され、前記デリバリファイバから供給された前記レーザ光を該ガラスブロックの前記出射面から出射する、
ことを特徴とするレーザ装置。

[請求項13] 前記レーザユニットは、複数の励起光源と増幅用ファイバとを備えたファイバレーザユニットである、
ことを特徴とする請求項12に記載のレーザ装置。

[請求項14] それぞれがレーザ光を出射する1又は複数のレーザユニットと、当該1又は複数のレーザユニットの各々が出射した前記レーザ光を1つに合波する合波部と、請求項7～11の何れか1項に記載の光ファイバ終端構造とを備えたレーザシステムであって、

前記デリバリファイバの入射面が前記合波部に対して光学的に結合されており、

前記ガラスブロックは、前記1又は複数のレーザユニットの各々から出射され、前記合波部により合波され、前記デリバリファイバから供給された前記レーザ光を、該ガラスブロックの前記出射面から出射する、
ことを特徴とするレーザシステム。

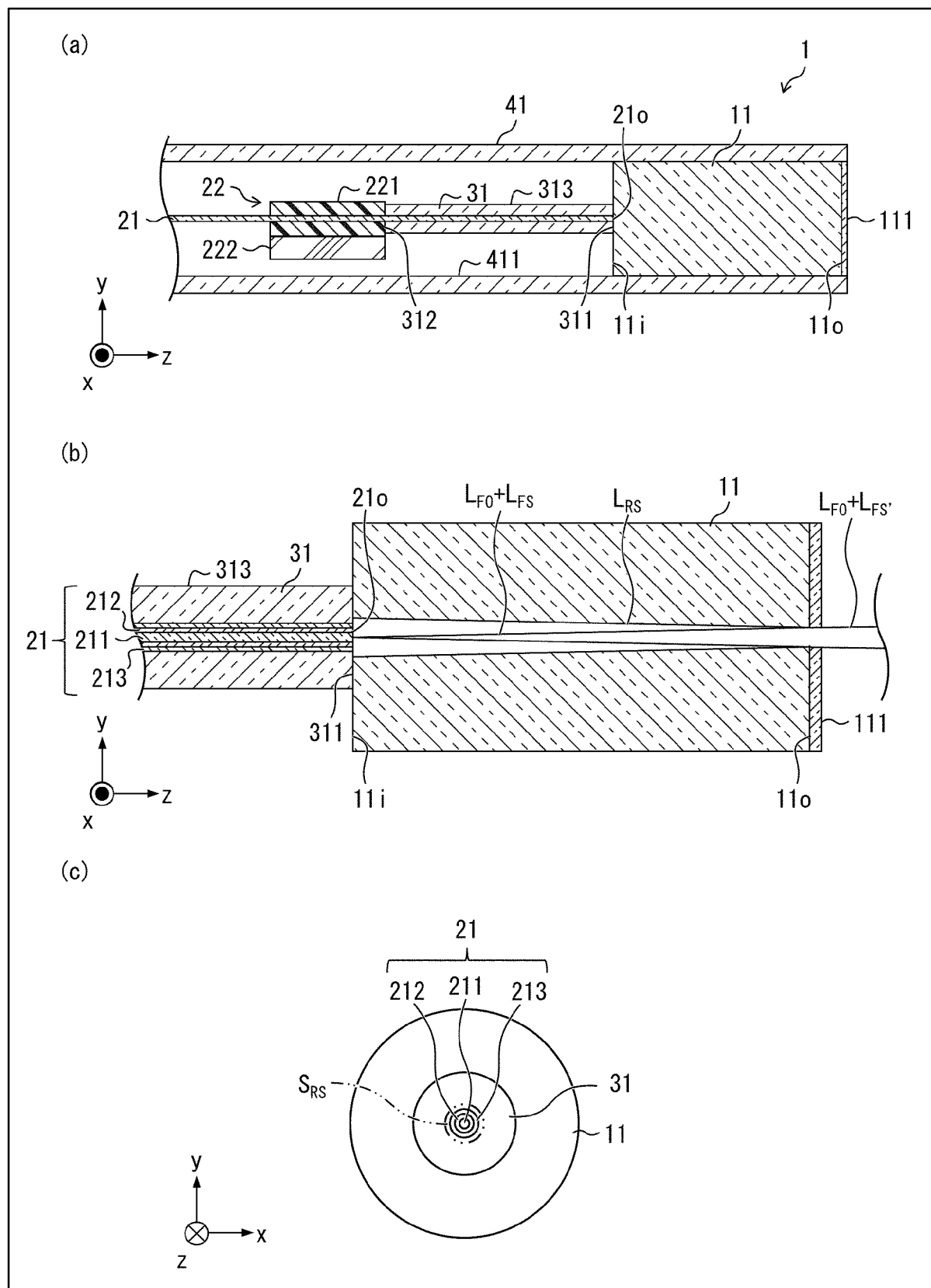
[請求項15] 前記1又は複数のレーザユニットの各々は、何れも複数の励起光源と増幅用ファイバとを備えたファイバレーザユニットであり、

前記合波部は、1又は複数の入力ポートと、1つの出力ポートとを備えたコンバイナである、

ことを特徴とする請求項14に記載のレーザシステム。

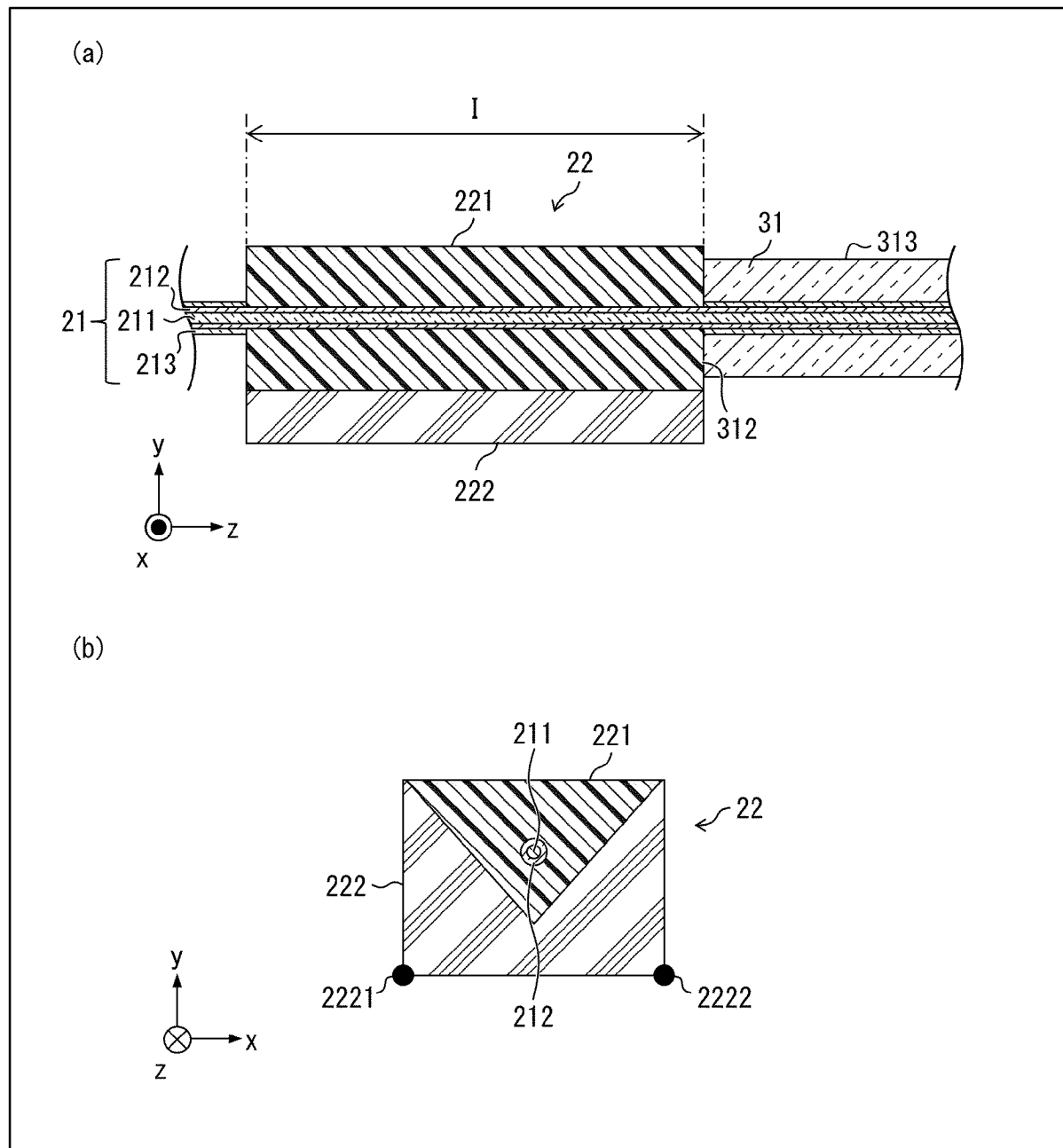
[図1]

図 1



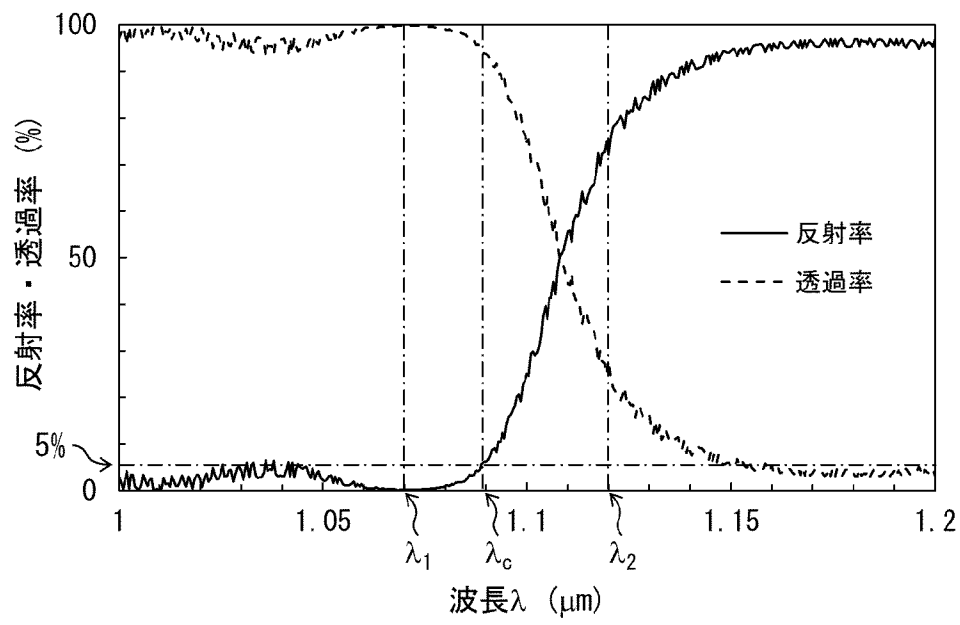
[図2]

図 2



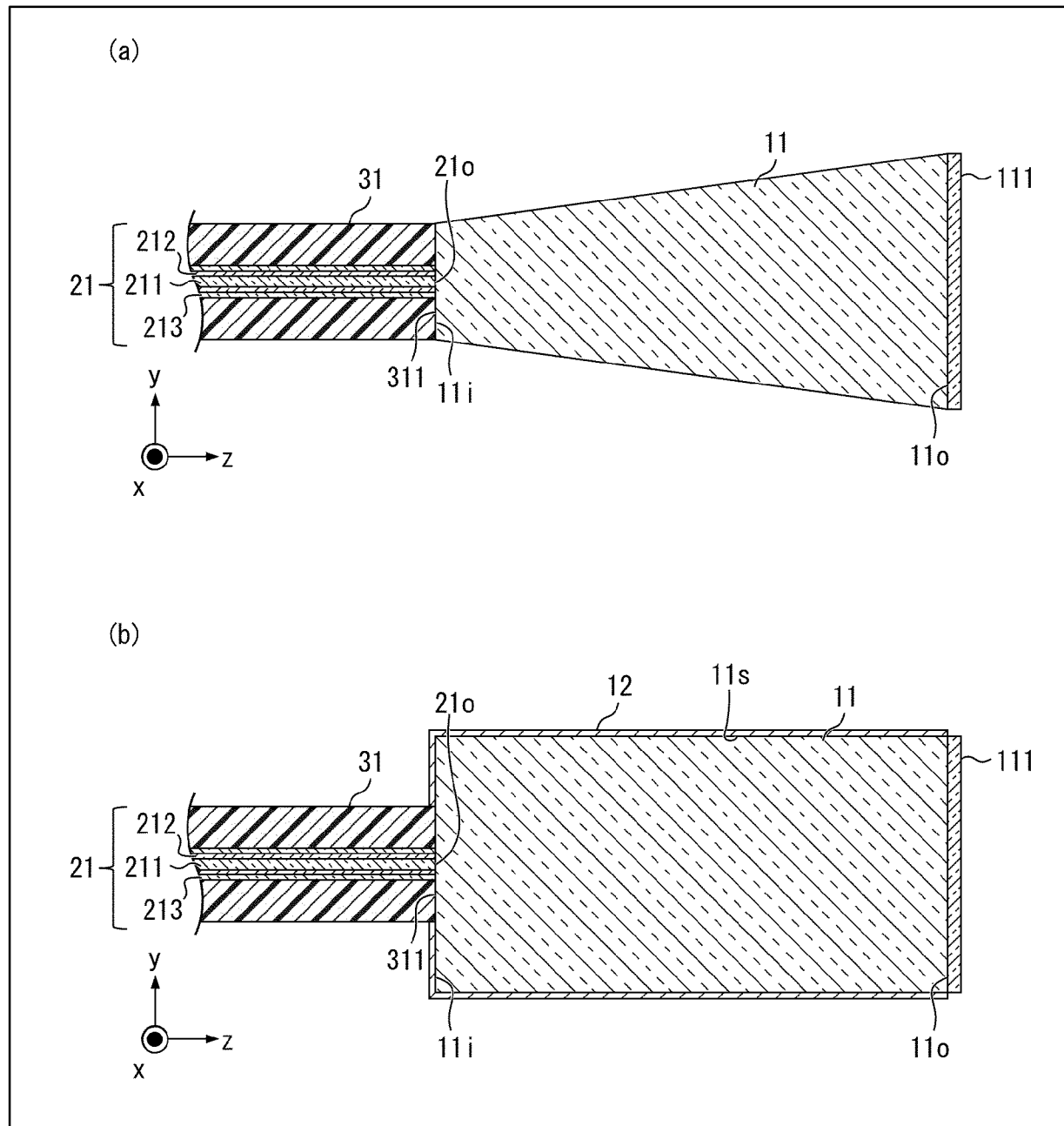
[図3]

図 3



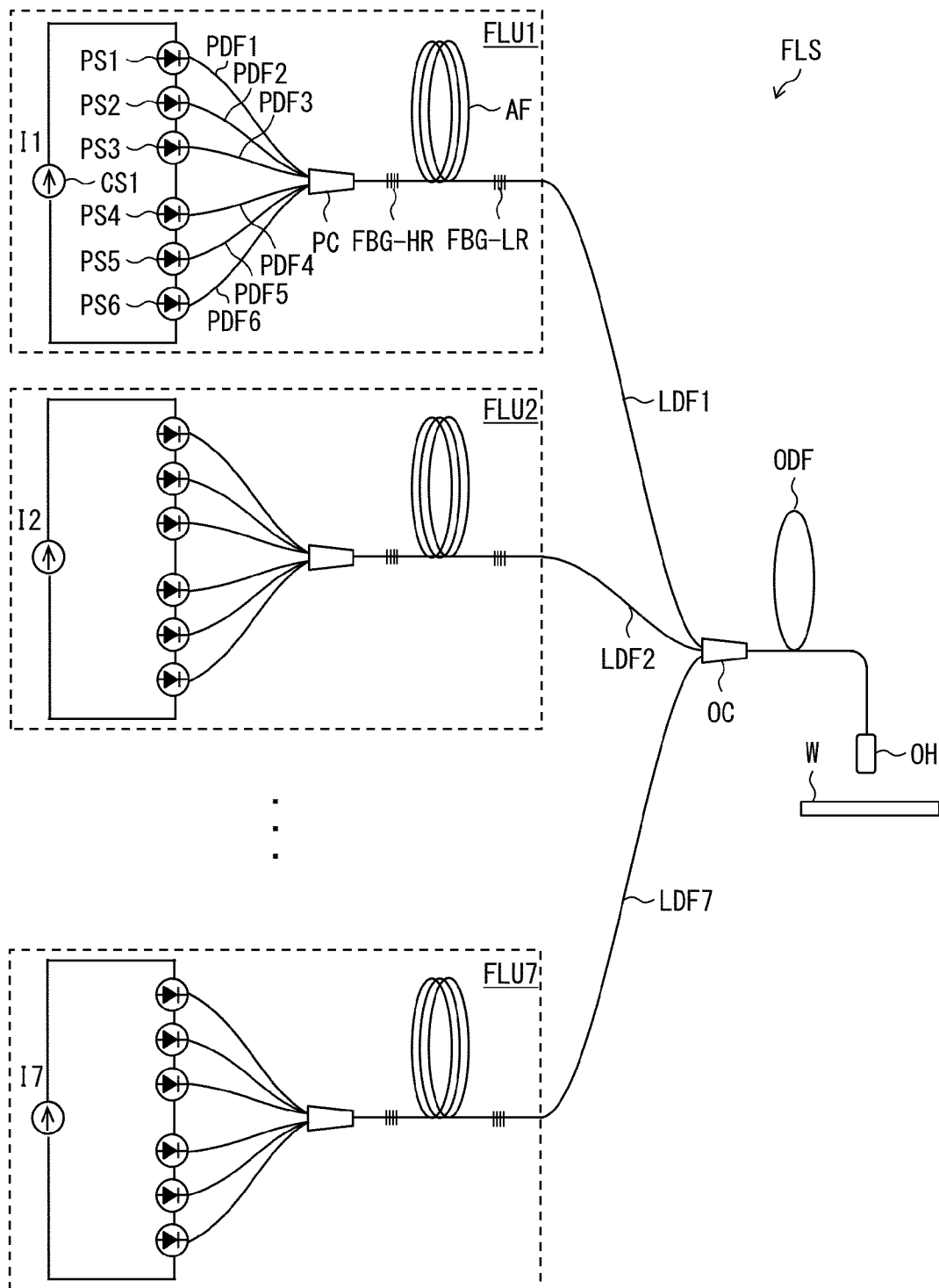
[図4]

図 4



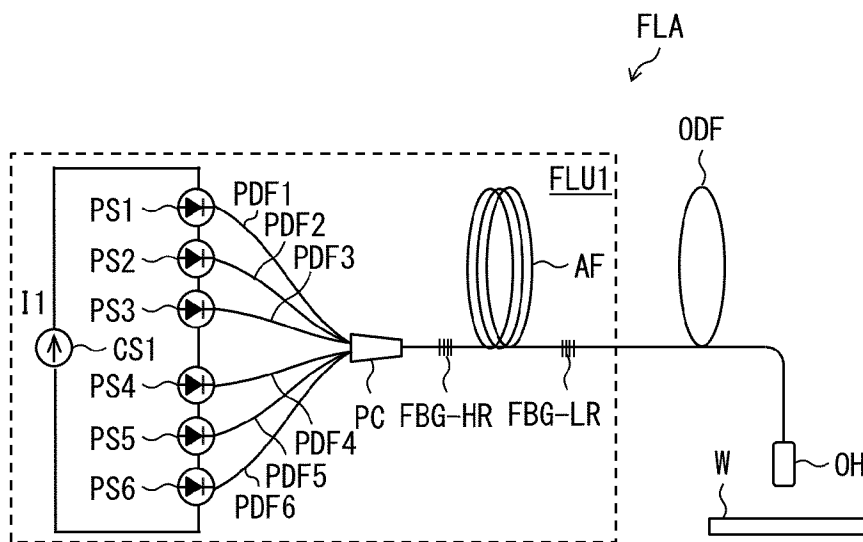
[図5]

図 5



[図6]

図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/004627

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B6/32 (2006.01) i, G02B6/42 (2006.01) i, H01S3/00 (2006.01) i,
H01S3/067 (2006.01) i, H01S3/10 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G02B6/02-6/44, H01S3/00-4/00, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00,
B23K26/00-26/70, H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 A	JP 2014-513411 A (OFS FITELE LLC.) 29 May 2014, paragraphs [0025]-[0028], [0039], fig. 1 & US 2012/0224597 A1, paragraphs [0033]-[0035], [0047], fig. 1 & WO 2012/118937 A2	1-9, 11-15 10
Y A	JP 2002-006348 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 09 January 2002, paragraphs [0039]-[0050], fig. 1, 4, 8 (Family: none)	1-9, 11-15 10
Y A	US 2010/0329292 A1 (PEDERSEN) 30 December 2010, paragraph [0068], fig. 7A & WO 2009/095023 A2	1-9, 11-15 10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 March 2019 (27.03.2019)

Date of mailing of the international search report
09 April 2019 (09.04.2019)

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/JP2019/004627

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 04-025804 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 29 January 1992, page 4, upper left column, lines 4-18, fig. 3 (Family: none)	1-9, 11-15 10
Y A	WO 2015/155994 A1 (ADAMANT CO., LTD.) 15 October 2015, paragraphs [0052]-[0057], fig. 5 & US 2017/0031111 A1, paragraphs [0070]-[0075], fig. 5 & EP 3130951 A1 & CN 106170726 A	8-9, 11-15 10
Y A	US 2017/0017036 A1 (BOTHEROYD) 19 January 2017, paragraphs [0069]-[0147], fig. 1-24 (Family: none)	8-9, 11-15 10
Y A	JP 2017-085042 A (FUJIKURA LTD.) 18 May 2017, paragraphs [0002]-[0004], [0042]-[0052], fig. 1, 3 & US 2017/0179678 A1, paragraphs [0003]-[0005], [0039]-[0049], fig. 1, 3 & WO 2017/073610 A1 & EP 3193413 A1	13-15 10
A	JP 63-265206 A (FUJITSU LTD.) 01 November 1988, page 2, upper left column, lines 5-13 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B6/32(2006.01)i, G02B6/42(2006.01)i, H01S3/00(2006.01)i, H01S3/067(2006.01)i, H01S3/10(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 (I P C))

Int.Cl. G02B6/02-6/44, H01S3/00-4/00, G02F1/00-1/125, G02F1/21-7/00, B23K26/00-26/70, H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 9 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 A	JP 2014-513411 A (オーエフエス ファイテル, エルエルシー) 2014.05.29, [0025]-[0028], [0039], 図 1 & US 2012/0224597 A1, [0033]-[0035], [0047], 図 1 & WO 2012/118937 A2	1-9, 11-15 10
Y A	JP 2002-006348 A (三菱電機株式会社) 2002.01.09, [0039]-[0050], 図 1, 4, 8 (ファミリーなし)	1-9, 11-15 10
Y A	US 2010/0329292 A1 (PEDERSEN) 2010.12.30, [0068], 図 7A & WO 2009/095023 A2	1-9, 11-15 10

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

2 7 . 0 3 . 2 0 1 9

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 4 . 2 0 1 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

奥村 政人

2 L

4 7 5 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 5

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 A	JP 04-025804 A (日本電信電話株式会社) 1992. 01. 29, 第 4 頁左上 欄第 4-18 行, 第 3 図 (ファミリーなし)	1-9, 11-15 10
Y A	WO 2015/155994 A1 (アダマンド株式会社) 2015. 10. 15, [0052]-[0057], 図 5 & US 2017/0031111 A1, [0070]-[0075], 図 5 & EP 3130951 A1 & CN 106170726 A	8-9, 11-15 10
Y A	US 2017/0017036 A1 (BOTEROYD) 2017. 01. 19, [0069]-[0147], 図 1-24 (ファミリーなし)	8-9, 11-15 10
Y A	JP 2017-085042 A (株式会社フジクラ) 2017. 05. 18, [0002]-[0004], [0042]-[0052], 図 1, 3 & US 2017/0179678 A1, [0003]-[0005], [0039]-[0049], 図 1, 3 & WO 2017/073610 A1 & EP 3193413 A1	13-15 10
A	JP 63-265206 A (富士通株式会社) 1988. 11. 01, 第 2 頁左上欄第 5-13 行 (ファミリーなし)	1-15