

(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
2020年8月27日(27.08.2020)



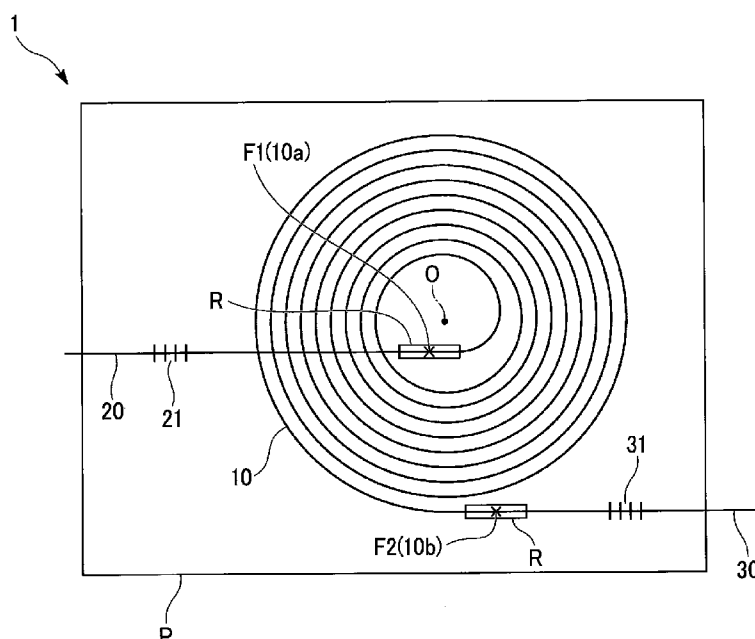
(10) 国際公開番号

WO 2020/170558 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/02 (2006.01) *H01S 3/042* (2006.01)
G02B 6/255 (2006.01) *H01S 3/067* (2006.01)
G02B 6/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/048032
- (22) 国際出願日: 2019年12月9日(09.12.2019)
- (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 2019-029365 2019年2月21日(21.02.2019) 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
- 5 - 1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 益子 泰裕 (MASHIKO Yasuhiro);
〒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). 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: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁
目9番2号 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, 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,

(54) Title: OPTICAL COMPONENT AND LASER DEVICE

(54) 発明の名称: 光部品およびレーザ装置



(57) Abstract: Provided is an optical component comprising: a first fiber having a first reflector; a second fiber having a second reflector; and an optical fiber for amplification having a first end connected to the first fiber and a second end connected to the second fiber. The optical fiber for amplification is wound so that no crossing is created in one plane and so that the first end is located at the innermost circumference.

[続葉有]

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))

(57) 要約: 第一反射部を有する第一ファイバと、第二反射部を有する第二ファイバと、前記第一ファイバに接続される第一端および前記第二ファイバに接続される第二端を有する増幅用光ファイバと、を備える光部品が提供される。前記増幅用光ファイバは、一平面上で交差しないように且つ前記第一端が最内周に位置するように巻回されている。

明 細 書

発明の名称：光部品およびレーザ装置

技術分野

[0001] 本発明は、光部品およびレーザ装置に関する。

本願は、2019年2月21日に、日本に出願された特願2019-029365号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 2つの反射部（FBG）の間に配された増幅用光ファイバを備えるレーザ装置が知られている。増幅用光ファイバは、導入された励起光を吸収し信号光を放出する。その過程で増幅用光ファイバは励起光から信号光への波長変換に対応した量子欠損分のエネルギーを熱へと変換して放出する。熱による増幅用光ファイバへのダメージを抑制するために、増幅用光ファイバで発生した熱を取り除くことが必要になる場合がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第6140743号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1には、水冷板の上に増幅用光ファイバを巻回して形成された増幅用コイルを有するレーザ装置が開示されている。増幅用光ファイバで発生した熱は、増幅用光ファイバに接している水冷板により取り除かれる。増幅用光ファイバの一端は、コイルの最外周から延出し、反射部を有する入力側光ファイバに接続されている。増幅用光ファイバの他端は、コイルの最内周からその外周にある増幅用光ファイバと交差するように延出し、反射部を有する出力側光ファイバに接続されている。

このような構造では、少なくとも上述の交差部分において、増幅用光ファイバ同士が接する可能性があり、また増幅用光ファイバの一部は冷却板から

離間する。

[0005] 本発明は、増幅用光ファイバで発生する熱によるダメージを低減できる光部品およびレーザ装置の提供を一つの目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] (1) 本発明の一態様に係る光部品は、第一反射部を有する第一ファイバと、第二反射部を有する第二ファイバと、前記第一ファイバに接続される第一端および前記第二ファイバに接続される第二端を有する増幅用光ファイバと、を備える光部品であって、前記増幅用光ファイバは、一平面上で交差しないように且つ前記第一端が最内周に位置するように巻回されている。

(2) 上記(1)において、前記第一反射部の反射率が前記第二反射部の反射率よりも高くてもよい。

(3) 上記(1)及び(2)の光部品において、前記増幅用光ファイバの曲率半径の最小値は、前記増幅用光ファイバ内を伝播するビーム品質を悪化させず且つ、前記増幅用光ファイバの機械的信頼性を満たす曲率半径の2倍以下であってもよい。

(4) 上記(1)～(3)の光部品において、前記増幅用光ファイバに恒久ねじれが付与されていてもよい。

(5) 上記(1)～(4)の光部品において、前記増幅用光ファイバは、複数のモードの光を伝播可能なヒューモードファイバであり、前記増幅用光ファイバの最内周の少なくとも一部は、所定のモードよりも高次のモード光が前記増幅用光ファイバのコアからクラッドに漏洩するように曲げられていてもよい。

(6) 上記(1)～(5)の光部品において、前記第一ファイバは、希土類元素をドーパントして含んでおらず、前記第一反射部は、前記巻回された増幅用光ファイバの外側に配されていてもよい。

(7) 本発明の一態様に係るレーザ装置は、上記(1)～(6)の光部品のいずれかと、複数の励起光源と、前記複数の励起光源から射出される複数の励起光を結合し、1つの励起光を生成するコンバイナと、を備えるレーザ

装置であって、前記コンバイナは、前記光部品の前記第一ファイバに接続されている。

発明の効果

[0007] 上記本発明のいくつかの態様によれば、増幅用光ファイバで発生する熱によるダメージを低減できる光部品およびレーザ装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]一実施形態に係る光部品を示す概略図である。

[図2]恒久ねじれが付与された増幅用光ファイバを示す説明図である。

[図3]一実施形態に係るレーザ装置を示す概略図である。

[図4]一実施形態に係るレーザ装置2を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施形態に係る光部品およびレーザ装置を、添付図面を参照しながら説明する。

[0010] 光部品1は、増幅用光ファイバ10と、第一ファイバ20と、第二ファイバ30と、を備えている。第一ファイバ20は第一反射部21を有し、第二ファイバ30は第二反射部31を有する。増幅用光ファイバ10の第一端10aは第一ファイバ20に接続され、増幅用光ファイバ10の第二端10bは第二ファイバ30に接続されている。

[0011] 増幅用光ファイバ10、第一ファイバ20、および第二ファイバ30の例として、シングルクラッド光ファイバ、ダブルクラッド光ファイバ、トリプルクラッド光ファイバなどの、1つ以上のクラッド（エアクラッドを含む）を有する光ファイバが挙げられる。

増幅用光ファイバ10には、後述する励起光源からの光を増幅可能なあらゆる光ファイバを用いることができる。増幅用光ファイバ10は、ドープメントとして希土類元素を含んでいてもよい。このような希土類元素の例として、Yb、Tm、Bi、Cr、Ce、Nd、Euなどが挙げられる。

[0012] 図1の例において、増幅用光ファイバ10の第一端10aは、接続点F1において第一ファイバ20に接続されている。増幅用光ファイバ10の第二

端 1 0 b は、接続点 F 2 において第二ファイバ 3 0 に接続されている。増幅用光ファイバ 1 0 と第一ファイバ 2 0 との接続、及び、増幅用光ファイバ 1 0 と第二ファイバ 3 0 との接続には、融着接続等の公知の接続方法を用いることができる。

[0013] 接続点 F 1 及び F 2 を補強するための補強部材 R を設けてもよい。補強部材 R は、接続点 F 1 及び F 2、並びに接続点 F 1 及び F 2 近傍における破損を防ぐために、図 1 に例示するように、一定の直線部分を有していてもよい。

[0014] 増幅用光ファイバ 1 0 は、一平面上で交差しないように且つ第一端 1 0 a が最内周に位置するように巻回されている。増幅用光ファイバ 1 0 と第一ファイバ 2 0 との接続点 F 1 が最内周に位置するように増幅用光ファイバ 1 0 が巻回されている。換言すると、増幅用光ファイバ 1 0 は、平面視において、増幅用光ファイバ 1 0 自身と交差していない。

図 1 の例において、増幅用光ファイバ 1 0 は、第一端 1 0 a が最内周に位置し、第二端 1 0 b が最外周に位置するように、軸 O の回りに巻回されて内側に空間を有するコイルを形成している。増幅用光ファイバ 1 0 の第一端 1 0 a は、コイルの内側の空間において、第一ファイバ 2 0 に接続されている。すなわち、増幅用光ファイバ 1 0 は、一平面上で交差しないように巻回されている。増幅用光ファイバ 1 0 に接続された第一ファイバ 2 0 は、増幅用光ファイバ 1 0 に交差するように、コイルの内側の空間から外側に延出している。

なお、第一反射部 2 1 は、図 1 の例ではコイルの外側に配されているが、コイルの内側の空間に配してもよい。

[0015] 上述のように増幅用光ファイバ 1 0 を配置することにより、全長にわたって増幅用光ファイバ 1 0 を放熱板等に接するようにすることができる。

図 1 に例示するように、本実施形態に係る光部品 1 を放熱板 P の上に配置した際に、全長にわたって増幅用光ファイバ 1 0 を放熱板 P に接するようにすることができる。

[0016] 放熱板 P には、増幅用光ファイバ 10 で発生した熱を放射できるあらゆる板を用いることができる。図 1 に例示するように、増幅用光ファイバ 10、第一反射部 21、及び、第二反射部 31 を放熱板 P に接するように配置することで、これら、増幅用光ファイバ 10、第一反射部 21、及び、第二反射部 31 で発生する熱を効率的に取り除くことができる。後述する励起光源を放熱板 P に接するように配置してもよい。

放熱板 P として、内部に冷媒を流通することできる流路を有する冷却板を用いてもよい。

[0017] 増幅用光ファイバ 10 は、上述のように、第一端 10a が最内周に位置し第二端 10b が最外周に位置するように一方向に巻回されている。よって、増幅用光ファイバ 10 の曲率半径は、第一端 10a から第二端 10b に掛けて漸減し、最内周において最小となる。

したがって、最内周における増幅用光ファイバ 10 の曲率半径を適切に設定すれば、増幅用光ファイバ 10 の全長にわたって、所望のビーム品質及び機械的強度を確保することができる。

換言すると、最内周における増幅用光ファイバ 10 の曲率半径を適切に設定すれば、所望のビーム品質及び機械的強度を確保しつつ、所定の長さを有する増幅用光ファイバ 10 を密に配置することができ、この結果、より小型な光部品を提供できる。

[0018] 増幅用光ファイバ 10 の曲率半径の最小値 r_{min} は、増幅用光ファイバ 10 内を伝播するビーム品質を悪化させずに且つ、増幅用光ファイバ 10 の機械的信頼性を満たす曲率半径 r_s の 2 倍以下であってもよい。この場合、所望のビーム品質及び機械的強度を確保しつつ、増幅用光ファイバ 10 のフットプリントをより小さくできる。すなわち、所望のビーム品質及び機械的強度を確保しつつ、より小型な光部品を提供できる。

[0019] 増幅用光ファイバ 10 内を伝播するビーム品質を悪化させない曲率半径 r_b は、たとえば、増幅用光ファイバ 10 のコアから所望のモードの漏洩が発生する曲率半径と定義することができる。増幅用光ファイバ 10 がヒューモー

ドファイバである場合に、曲率半径 r_b は、たとえば、コアから LP_{01} モード及び LP_{11} モードの漏洩が発生する曲率半径と定義できる。

増幅用光ファイバ 10 の機械的信頼性を満たす曲率半径 r_f は、増幅用光ファイバ 10 を曲げたときに破断する曲率半径と定義することができる。

r_b および r_f のうちいずれか大きい方を r_s とすると、 $r_s < r_{min} \leq 2 r_s$ を満たすときに、所望のビーム品質及び機械的強度を確保しつつ、増幅用光ファイバ 10 のフットプリントをより小さくできる。

特に、図 1 に例示するように、増幅用光ファイバ 10 の最内周において他の部分よりも曲率半径の減少率が実質的に高い部分を有するように増幅用光ファイバ 10 を巻回した場合に、最内周における高次モードの光（不要光）の除去を効果的に行うことができる。さらに、図 1 に例示したような一定の直線部分を有する補強部材 R を増幅用光ファイバ 10 の最内周に適切に配することができる。

[0020] 第一反射部 21 及び第二反射部 31 の例として、ファイバブラッググレーティング（FBG : Fiber Bragg Grating）が挙げられる。FBG は、たとえば、ファイバ 20（30）のコアの長手方向（光伝播方向）に形成された、周期的に屈折率が変化する部位（グレーティング）である。FBG は、グレーティングの周期に対応した特定の波長の光のみを反射する。

[0021] 第一反射部 21 の反射率が第二反射部 31 の反射率よりも高くてもよい。たとえば、第一反射部 21 は HR-FBG（High-Reflection Fiber Bragg Grating）であり、第二反射部 31 が第一反射部 21 よりも反射率が低い OC-FBG（Output Coupler Fiber Bragg Grating）であってもよい。

第一反射部 21 から増幅用光ファイバ 10 に励起光を入射し、第二反射部 31 から増幅された光を射出する場合に、特に第一ファイバ 20 と増幅用光ファイバ 10 との接続点 F1 において生じる不要な高次モードの光を、曲率半径が最も小さい増幅用光ファイバ 10 の最内周で効率的に除去することができる。すなわち、増幅用光ファイバ 10 の入り口近傍で不要な光を効率的

に除去することができる。特に、端面励起方式のレーザ装置に用いる場合に有効である。

具体的な反射率の一例として、第一反射部 21 の反射率は 90% 以上であり、より好ましくは 99% 以上であり、第二反射部 31 の反射率は、5 ~ 50% であり、より好ましくは 5 ~ 10% である。

[0022] 増幅用光ファイバ 10 に恒久ねじれが付与されていてもよい。

恒久ねじれについて、図 2 に例示した増幅用光ファイバ 10 を参照しながら説明する。

[0023] 図 2 の例において、増幅用光ファイバ 10 は、コア 11 と、コア 11 の外側を覆う第一クラッド 12 と、第一クラッド 12 の外側を覆う第 2 クラッド 13 と、を有するダブルクラッド光ファイバである。増幅用光ファイバ 10 の長手方向に垂直な断面において、第一クラッド 12 の断面は正 7 角形（非円形クラッド）である。

[0024] 第一クラッド 12 と第 2 クラッド 13 との境界が 2 回軸対称でない正 7 角形であるため、クラッドを導波してコアに到達せず、励起光として寄与しない光、いわゆるスキュー光を抑制することができる。しかしながら、第一クラッド 12 の断面形状を多角形にただけでは、依然としてスキュー光が残る。スキュー光をさらに低減し、励起光の利用効率をさらに向上させるために、増幅用光ファイバ 10 は、増幅用光ファイバ 10 の中心軸を中心として周方向にねじられるように巻回されている。

[0025] 増幅用光ファイバ 10 がねじられているため、第一クラッド 12 の正 7 角形の向きが増幅用光ファイバ 10 の場所によって異なる。そのため、図 2 に示すように、スキュー光 L の入射角 $\theta 1$, $\theta 2$, $\theta 3$ （反射角）は、場所によって変化する。すなわち、 $\theta 1 \neq \theta 2 \neq \theta 3$ である。この入射角および反射角の変化により、スキュー光 L は、第一クラッド 12 内を進むうちにコア 11 に入射するようになり、励起光として寄与する。これにより、励起光の利用効率を上げることができ、出力光のパワーを高めることができる。

[0026] 増幅用光ファイバ 10 のねじれ量が多すぎると、ビーム品質が低下すると

いう問題が生じる。増幅用光ファイバ10のねじれ量は、3回転/m以下であることが好ましい。この場合、ビーム品質の劣化、具体的にはM2値の上昇を抑えることができる。M2値は、ガウスビームからのずれを定量的に示す指標であり、回折限界の何倍までビームを絞ることができるかを示す。

増幅用光ファイバ10の全長にわたってねじれ量が一定であってもよい。もしくは、増幅用光ファイバ10のねじれ量を、第一反射部21に近づくにつれて大きくなるように設定してもよい。

[0027] 増幅用光ファイバ10は、複数のモードの光を伝播可能なヒューモードファイバであり、増幅用光ファイバ10の最内周の少なくとも一部は、所定のモードよりも高次のモード光が増幅用光ファイバのコアからクラッドに漏洩するように曲げられていてもよい。

ファイバレーザの高出力化の一つの方法として複数のモード（ヒューモード）を伝播可能なファイバを増幅用光ファイバとして用いることが知られている。たとえば、増幅用光ファイバ10としてヒューモードファイバを用い、LP₀₁モード及びLP₁₁モードのみを所定のモードとして出力する光部品1において、LP₁₁モードよりも高次のモードは不要である。

[0028] 上述した構成によれば、増幅用光ファイバ10の最内周において、必要とするモード（たとえば、LP₀₁モード、LP₁₁モード）を適切に伝播しつつ、不要とするモード（LP₁₁モードよりも高次のモード）を除去することができる。

ファイバレーザの出力向上を妨げる要因の一つとして知られているTMI（Transverse Mode Instability）は、高次モードの光の存在により生ずることが知られている。上述の構成によれば、第一端10aから増幅用光ファイバ10に励起光が入射された際に、高次モードの光が発生する接続点F1の直後で高次モードの光を低減できる。よって、増幅用光ファイバ10におけるTMI現象の発生を効果的に抑制することができる。

[0029] 第一ファイバ20は、希土類元素をドーパントして実質的に含んでいなく

てもよい。第一反射部 21 は、図 1 に例示するように、巻回された増幅用光ファイバ 10 の外側に配されていてもよい。この場合、所定の長さを有する増幅用光ファイバ 10 をより密に配置することができる。希土類元素をドーパントして実質的に含んでいない第一ファイバ 20 は、増幅用光ファイバ 10 に比べて発熱を生じにくい。このため、図 1 に例示するように、第一ファイバ 20 を増幅用光ファイバ 10 により形成されるコイルに交差するように配置しても、光部品 1 全体としての放熱効果を実質的に維持することができる。

[0030] 図 3 は、一実施形態に係るレーザ装置 2 を示す概略図である。

レーザ装置 2 は、上述した光部品 1 と、複数の励起光源 41 と、前方コンバイナ（コンバイナ）43 と、を備えている。

[0031] 各励起光源 41 は、たとえば、レーザダイオードである。レーザダイオードの一例として、GaAs 系半導体を材料とするファブリペロー型半導体レーザが挙げられる。

各励起光源 41 は、光ファイバ 42 に接続されている。各励起光源 41 から射出される励起光は、光ファイバ 42 を例えばマルチモード光として伝播する。

各光ファイバ 42 は、前方コンバイナ 43 に接続されている。前方コンバイナ 43 は、複数の励起光源 41 から射出される複数の励起光を結合し、1 つの励起光を生成する。前方コンバイナ 43 は、光部品 1 の第一ファイバ 20 に接続されている。

[0032] 前方コンバイナ 43 で生成された励起光は、第一ファイバ 20 を介して、増幅用光ファイバ 10 に導入される。希土類元素がドーパされた増幅用光ファイバ 10 では、励起光が希土類元素に吸収されて反転分布が形成される。反転分布の形成により誘導放出光が発生し、誘導放出光は第一ファイバ 20 の第一反射部 21 及び第二ファイバ 30 の第二反射部 31 の間で増幅される。

第二ファイバ 30 は、図 3 に例示するように、接続点 F4 においてデリバ

リファイバ50に接続されている。第一反射部21及び第二反射部31の間で増幅された光がレーザ光としてデリバリファイバ50に供給される。

[0033] 本実施形態に係るレーザ装置2によれば、上述した実施形態に係る光部品1を備えているため、上述した光部品1の構成により得られる効果を同様に得ることができる。

[0034] レーザ装置2において、前方コンバイナ43が接続される第一ファイバ20の第一反射部21がHR-FBGであり、第二反射部31は第一反射部21よりも反射率が低いOC-FBGであってもよい。

前方コンバイナ43で生成された励起光を、接続点F1を経て増幅用光ファイバ10に入射する場合、接続点F1において生じる不要な高次モードの光を、曲率半径が最も小さい増幅用光ファイバ10の最内周で効率的に除去できる。すなわち、増幅用光ファイバ10の入射端（第一端10a）付近で不要な高次モードの光を効率的に除去できる。

したがって、増幅用光ファイバ10における発熱を低減することができる。特に、図3に例示したような端面励起方式のレーザ装置において有効である。

[0035] 図4は、一実施形態に係るレーザ装置3を示す概略図である。上記レーザ装置2と同じ構造を有する要素については、説明を省略する。

[0036] レーザ装置3は、上記レーザ装置2と同様に、上述した光部品1と、複数の励起光源41と、前方コンバイナ43と、を備えている。上記レーザ装置2と異なり、レーザ装置3は、第二ファイバ30とデリバリファイバ50との間に、後方コンバイナ（コンバイナ）44をさらに備えている。後方コンバイナ44は、光ファイバ42を介して複数の励起光源41に接続されている。

後方コンバイナ44は、複数の励起光源41から射出される複数の励起光を結合し、1つの励起光を生成する。後方コンバイナ44は、光部品1の第二ファイバ30に接続されている。

[0037] 後方コンバイナ44で生成された励起光も、第二ファイバ30を介して、

増幅用光ファイバ１０に導入される。希土類元素がドーピングされた増幅用光ファイバ１０では、前方コンバイナ４３及び後方コンバイナ４４から導入された励起光が希土類元素に吸収されて反転分布が形成される。反転分布の形成により誘導放出光が発生し、誘導放出光は第一ファイバ２０の第一反射部２１及び第二ファイバ３０の第二反射部３１の間で増幅される。

[0038] 本実施形態に係るレーザ装置３によれば、上述した実施形態に係る光部品１を備えているため、上述した光部品１の構成により得られる効果を同様に得ることができる。

[0039] レーザ装置３において、前方コンバイナ４３が接続される第一ファイバ２０の第一反射部２１がＨＲ－ＦＢＧであり、第二反射部３１は第一反射部２１よりも反射率が低いＯＣ－ＦＢＧであってもよい。

前方コンバイナ４３で生成された励起光を、接続点Ｆ１を経て増幅用光ファイバ１０に入射する場合、接続点Ｆ１において生じる不要な高次モードの光を、曲率半径が最も小さい増幅用光ファイバ１０の最内周で効率的に除去できる。すなわち、増幅用光ファイバ１０の入射端（第一端１０ａ）近傍で不要な高次モードの光を効率的に除去できる。

したがって、増幅用光ファイバ１０における発熱を低減することができる。特に、図４に例示したような端面励起方式のレーザ装置において有効である。

[0040] また、後方コンバイナ４４で生成された励起光も増幅用光ファイバ１０に導入できる（双方向励起）。したがって、上述したように前方コンバイナ４３から入射された励起光による増幅用光ファイバ１０の発熱を抑制しつつ、より高出力なレーザ装置を提供できる。

[0041] 以上、本発明の好ましい実施形態を記載し説明してきたが、これらは本発明の例示的なものであり、限定するものとして考慮されるべきではないことを理解すべきである。追加、省略、置換、およびその他の変更は、本発明の範囲から逸脱することなく行うことができる。従って、本発明は、前述の説明によって限定されていると見なされるべきではなく、請求の範囲によって

制限されている。

産業上の利用可能性

[0042] 本発明のいくつかの態様によれば、増幅用光ファイバで発生する熱により被るダメージを低減できる光部品およびレーザ装置を提供できる。

符号の説明

[0043] 1 …光部品
2, 3 …レーザ装置
10 …増幅用光ファイバ
10a …第一端
10b …第二端
20 …第一ファイバ
21 …第一反射部
30 …第二ファイバ
31 …第二反射部
F1, F2 …接続点
41 …励起光源
43 …前方コンバイナ
44 …後方コンバイナ

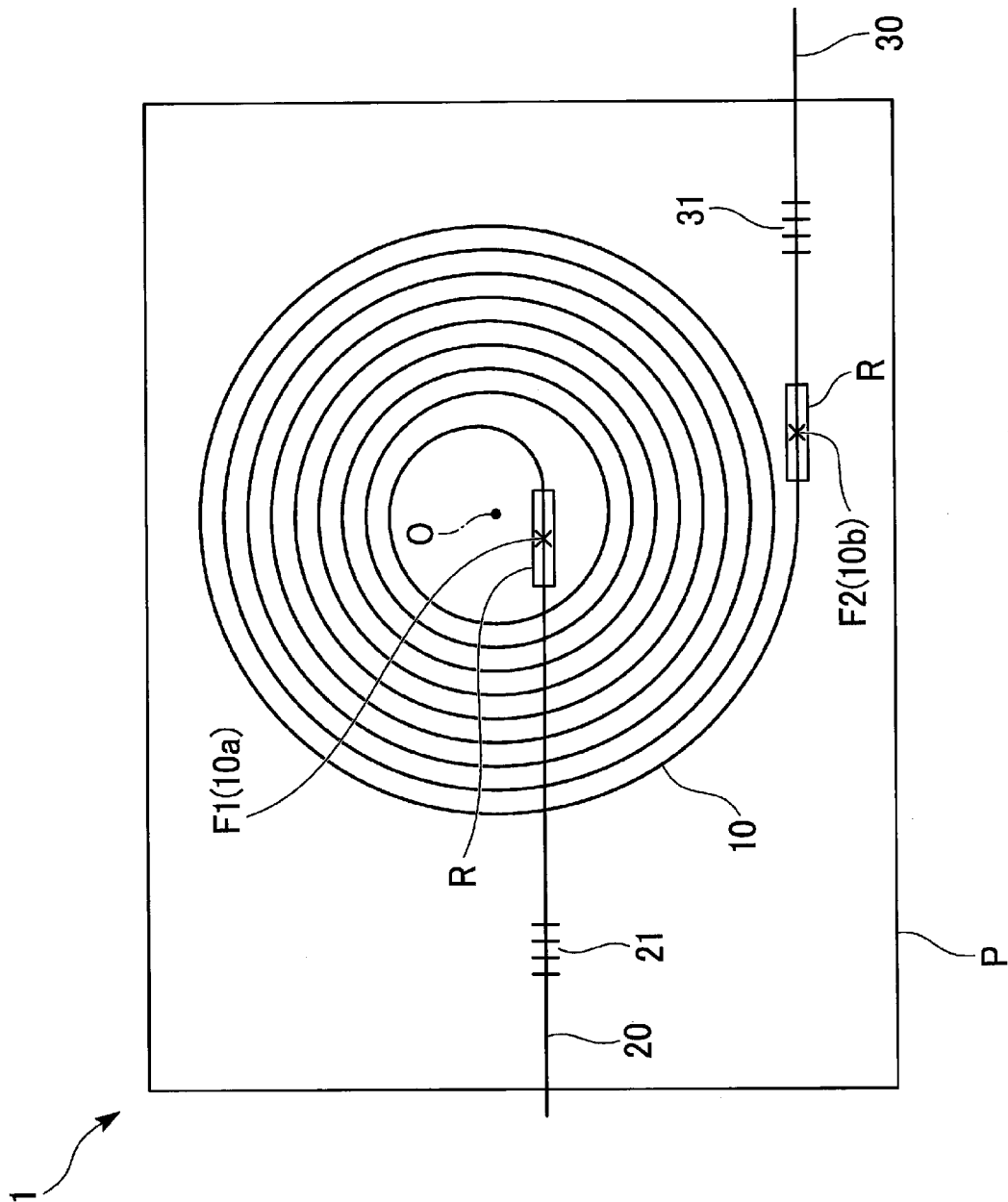
請求の範囲

- [請求項1] 第一反射部を有する第一ファイバと、
第二反射部を有する第二ファイバと、
前記第一ファイバに接続される第一端および前記第二ファイバに接続される第二端を有する増幅用光ファイバと、
を備える光部品であって、
前記増幅用光ファイバは、一平面上で交差しないように且つ前記第一端が最内周に位置するように巻回されている、光部品。
- [請求項2] 前記第一反射部の反射率が前記第二反射部の反射率よりも高い、請求項1に記載の光部品。
- [請求項3] 前記増幅用光ファイバの曲率半径の最小値は、前記増幅用光ファイバ内を伝播するビーム品質を悪化させず且つ、前記増幅用光ファイバの機械的信頼性を満たす曲率半径の2倍以下である、請求項1または2に記載の光部品。
- [請求項4] 前記増幅用光ファイバに恒久ねじれが付与されている、請求項1～3のいずれか一項に記載の光部品。
- [請求項5] 前記増幅用光ファイバは、複数のモードの光を伝播可能なヒューモードファイバであり、
前記増幅用光ファイバの最内周の少なくとも一部は、所定のモードよりも高次のモード光が前記増幅用光ファイバのコアからクラッドに漏洩するように曲げられている、請求項1～4のいずれか一項に記載の光部品。
- [請求項6] 前記第一ファイバは、希土類元素をドーパントして含んでおらず、
前記第一反射部は、前記巻回された増幅用光ファイバの外側に配されている、請求項1～5のいずれか一項に記載の光部品。
- [請求項7] 請求項1～6のいずれか一項に記載の光部品と、
複数の励起光源と、
前記複数の励起光源から射出される複数の励起光を結合し、1つの

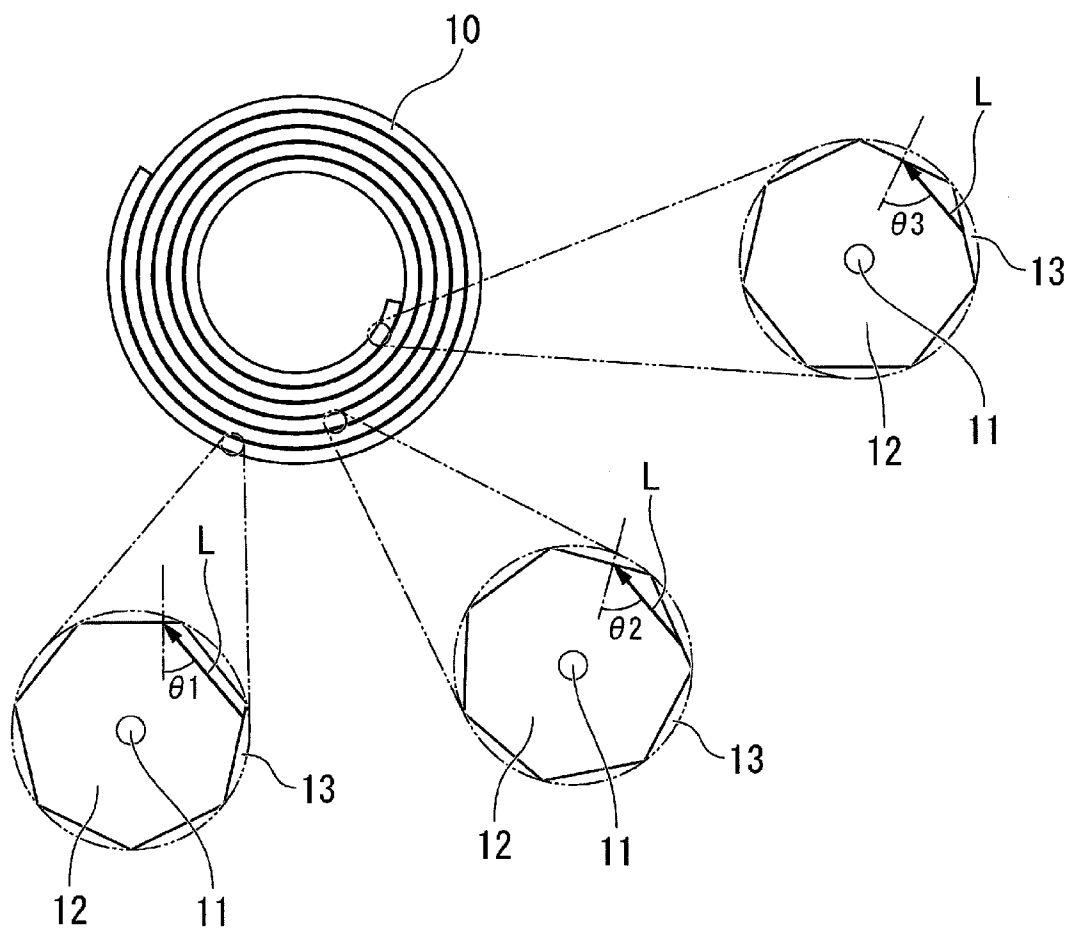
励起光を生成するコンバイナと、
を備えるレーザ装置であって、

前記コンバイナは、前記光部品の前記第一ファイバに接続されている、レーザ装置。

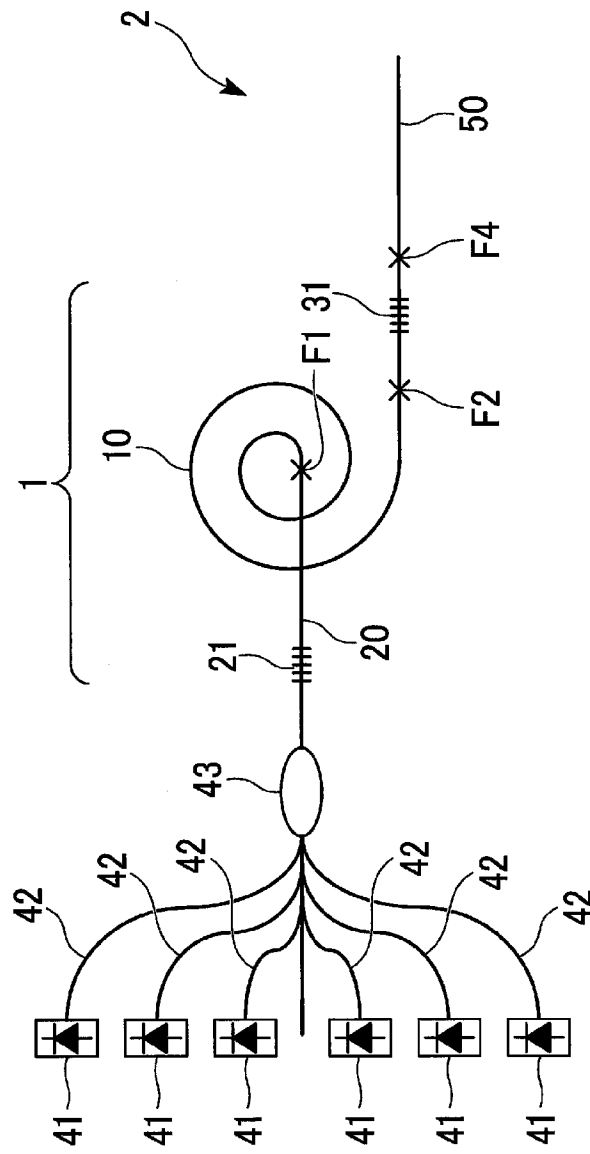
[図1]



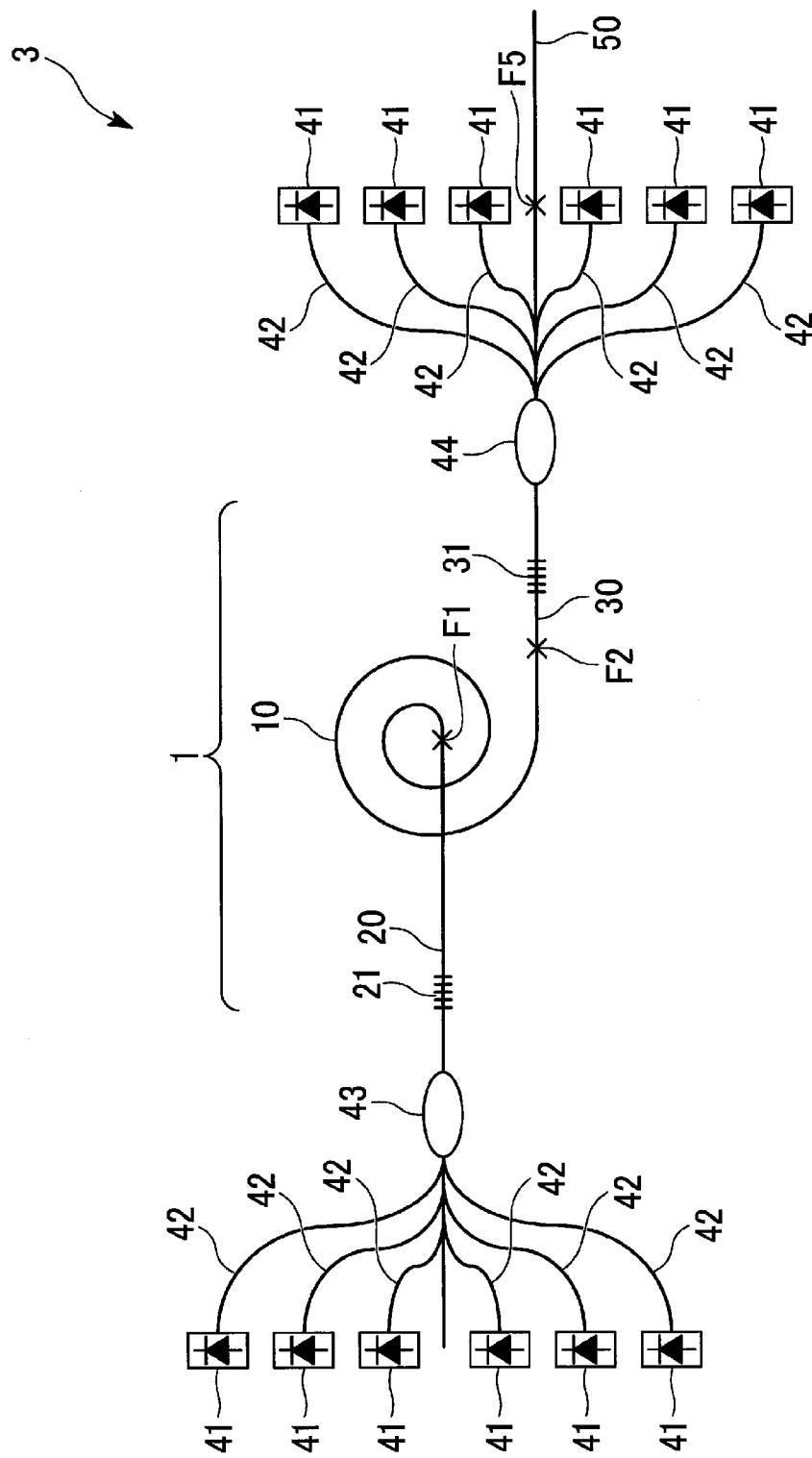
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048032

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G02B6/02 (2006.01) i, G02B6/255 (2006.01) i, G02B6/46 (2006.01) i,
H01S3/042 (2006.01) i, H01S3/067 (2006.01) i

FI: H01S3/067, H01S3/042, G02B6/02 401, G02B6/255, G02B6/46 314

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. G02B6/00-6/02, G02B6/24-6/255, G02B6/36-6/40, G02B6/46-6/54,
H01S3/00-3/30

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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 9325151 B1 (OFS FITELE, LLC) 26 April 2016, column 9, lines 41-63, fig. 13, 14	1-7
Y	WO 2016/129447 A1 (FUJIKURA LTD.) 18 August 2016, paragraphs [0007]-[0011], [0017]-[0032], [0037]- [0043], fig. 1-4, 6, 7	1-7
Y	JP 2018-190834 A (FUJIKURA LTD.) 29 November 2018, paragraphs [0035]-[0120], fig. 1-8	1-7
Y	JP 2014-165461 A (FUJIKURA LTD.) 08 September 2014, paragraphs [0086]-[0093], fig. 9	1-7



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

"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
19.02.2020

Date of mailing of the international search report
03.03.2020

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/JP2019/048032

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 59-195891 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 07 November 1984, page 1, lower right column, lines 16-18	3-7
Y	JP 2003-248139 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 05 September 2003, paragraph [0077]	3-7
Y	JP 2012-74603 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 12 April 2012, paragraphs [0021]-[0027], fig. 1, 2	5-7
A	US 2018/0205196 A1 (OFS FITEL, LLC) 19 July 2018, entire text, all drawings	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/048032

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 9325151 B1	26.04.2016	(Family: none)	
WO 2016/129447 A1	18.08.2016	US 2017/0170622 A1 paragraphs [0011]- [0019], [0040]- [0064], [0073]- [0081], fig. 1-4, 6, 7 EP 3196992 A1 CN 106663911 A	
JP 2018-190834 A	29.11.2018	(Family: none)	
JP 2014-165461 A	08.09.2014	US 2014/0240818 A1 paragraphs [0093]- [0100], fig. 9	
JP 59-195891 A	07.11.1984	(Family: none)	
JP 2003-248139 A	05.09.2003	US 2003/0174971 A1 paragraph [0166]	
JP 2012-74603 A	12.04.2012	(Family: none)	
US 2018/0205196 A1	19.07.2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/02(2006.01)i; G02B 6/255(2006.01)i; G02B 6/46(2006.01)i; H01S 3/042(2006.01)i; H01S 3/067(2006.01)i FI: H01S3/067; H01S3/042; G02B6/02 401; G02B6/255; G02B6/46 314		
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）） G02B6/00-6/02; G02B6/24-6/255; G02B6/36-6/40; G02B6/46-6/54; H01S3/00-3/30		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 9325151 B1 (OFS FITEL, LLC) 26.04.2016 (2016-04-26) 第9欄第41行-第63行, FIG.13-FIG.14	1-7
Y	WO 2016/129447 A1 (株式会社フジクラ) 18.08.2016 (2016-08-18) [0007]-[0011], [0017]-[0032], [0037]-[0043], 図1-4, 6-7	1-7
Y	JP 2018-190834 A (株式会社フジクラ) 29.11.2018 (2018-11-29) [0035]-[0120], 図1-8	1-7
Y	JP 2014-165461 A (株式会社フジクラ) 08.09.2014 (2014-09-08) [0086]-[0093], 図9	1-7
Y	JP 59-195891 A (松下電器産業株式会社) 07.11.1984 (1984-11-07) 第1項右下欄第16行-第18行	3-7
Y	JP 2003-248139 A (古河電気工業株式会社) 05.09.2003 (2003-09-05) [0077]	3-7
Y	JP 2012-74603 A (古河電気工業株式会社) 12.04.2012 (2012-04-12) [0021]-[0027], 図1-2	5-7
☒ 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、一般的な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の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抵触するものではなく、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 19.02.2020		国際調査報告の発送日 03.03.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 百瀬 正之 2K 4084 電話番号 03-3581-1101 内線 3255

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	US 2018/0205196 A1 (OFS FITEL, LLC) 19.07.2018 (2018 - 07 - 19) 全文, 全図	1-7

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/048032

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
US	9325151	B1	26.04.2016	(ファミリーなし)	
WO	2016/129447	A1	18.08.2016	US 2017/0170622 A1	
				[0011]-[0019],	
				[0040]-[0064], [0073]-	
				[0081], FIG. 1-FIG. 4, FIG. 6-	
				FIG. 7	
				EP 3196992 A1	
				CN 106663911 A	
JP	2018-190834	A	29.11.2018	(ファミリーなし)	
JP	2014-165461	A	08.09.2014	US 2014/0240818 A1	
				[0093]-[0100], FIG. 9	
JP	59-195891	A	07.11.1984	(ファミリーなし)	
JP	2003-248139	A	05.09.2003	US 2003/0174971 A1	
				[0166]	
JP	2012-74603	A	12.04.2012	(ファミリーなし)	
US	2018/0205196	A1	19.07.2018	(ファミリーなし)	