

(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13日(13.08.2020)



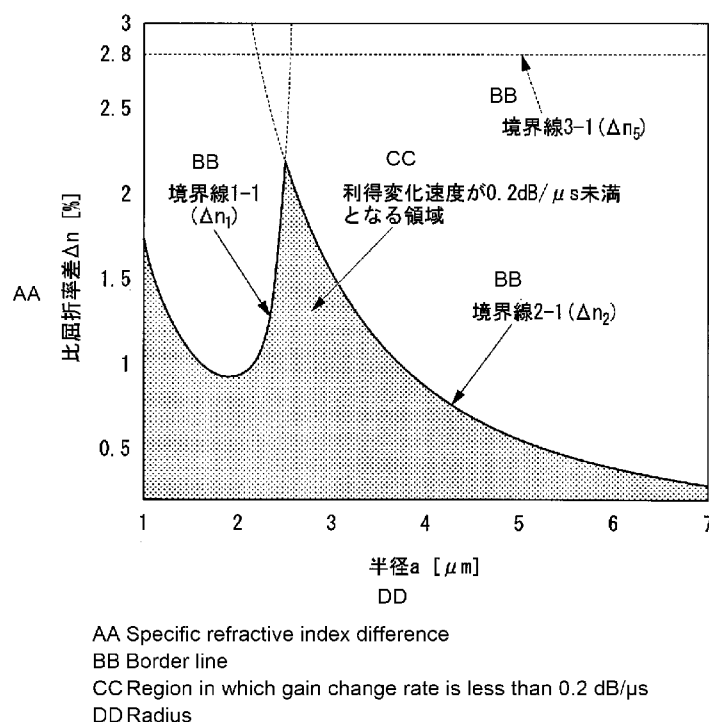
(10) 国際公開番号

WO 2020/162327 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/02 (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)
H01S 3/067 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/003499
- (22) 国際出願日: 2020年1月30日(30.01.2020)
- (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 2019-019845 2019年2月6日(06.02.2019) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小野 浩孝(ONO Hirotaka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 宮本 裕(MIYAMOTO Yutaka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒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,

(54) Title: FIBER FOR AMPLIFICATION, AND OPTICAL AMPLIFIER

(54) 発明の名称: 増幅用ファイバ及び光増幅器



(57) Abstract: The present invention is provided with a core having erbium ions added thereto, and a cladding that encloses the core and has a refractive index lower than the refractive index of the core, wherein a specific refractive index difference Δn_{51} between the core and the cladding is not more than a value, which is the lower between a specific refractive index difference Δn_1 represented by a predetermined formula pertaining to radius a of the core, and a specific refractive index difference Δn_2 represented by a predetermined formula pertaining to

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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

radius a of the core.

(57) 要約: エルビウムイオンが添加されたコアと、コアを囲み、コアの屈折率より低い屈折率を有するクラッドと、を備え、コアとクラッドとの比屈折率差 Δn_{51} は、コアの半径 a に関する所定の式で表される比屈折率差 Δn_1 及びコアの半径 a に関する所定の式で表される比屈折率差 Δn_2 のうち小さい方の値以下である。

明 細 書

発明の名称：増幅用ファイバ及び光増幅器

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバ増幅器の増幅媒体として適用可能な増幅用ファイバ及び光増幅器に関する。

背景技術

[0002] 大容量の光伝送システムでは、1本のファイバに互いに異なる複数の波長の信号光を多重して伝送する波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing : WDM) 伝送方式が採用されている。長距離のWDM伝送では、エルビウム添加ファイバ増幅器 (Erbium Doped optical Fiber Amplifier : EDFA) が光中継装置に用いられ、伝送波長帯として1.5 μ m帯が用いられている。

[0003] WDM伝送方式を用いた光ネットワークでは、光ノード間距離の差によるスパンロスの差異があるだけではなく、ファイバへの接触、経年変化等によりスパンロスが変動し、光パス切り替え、設備の増設又は撤去、光通信ノードの障害等によりチャネル数に変更される。スパンロスの変動やチャネル数の変更は、光ネットワーク内で使用されるEDFAの入力信号光パワーを変化させる。WDM伝送で使用されるEDFAは、複数の波長の信号光を各々等しい利得で増幅させる必要があるため、伝送波長帯において利得の波長依存性が平坦になるように設計される。しかし、ある信号光の入力信号光パワーで利得の波長依存性が平坦である場合に、EDFAの入力信号光パワーが変化すると、EDFAの利得の波長依存性は平坦ではなくなり、利得チルトが生じる。利得チルトが生じると、十分な利得が得られない信号光や、利得が大きくなりすぎる信号光が生じ、光ネットワークの伝送特性が劣化する。したがって、WDM伝送方式を用いた光ネットワークで使用されるEDFAは、入力信号光パワーの変化に対して常に一定の利得で且つ利得の波長依存性が平坦であるように利得制御される必要がある。

[0004] E D F Aの利得制御の方法の1つに、入力信号光パワーの増減に対して励起光パワーを増減し、入力信号光パワーに変化があっても常に利得の波長依存性を平坦な状態に保つ励起光パワー制御法がある。E D F Aでは、励起光源として半導体レーザ（Laser Diode：L D）が用いられる。励起光パワーの増減は、フィードバック制御回路によってL Dへの注入電流（L D駆動回路の駆動電流）を増減することによって行われる。

[0005] 特に、W D M信号の波長数変化による入力信号光パワー変化に対しては、高速に励起光パワーを調整して、利得を高速に制御する必要がある。例えば、図13には、時間 $t = 0$ でE D F Aの入力信号光パワーが減少したとき、励起光パワーが一定である条件下である場合のE D F A利得の過渡応答（図13の破線）と、励起光パワー制御法による利得制御時の過渡応答（図13の実線）の数値計算例を示す。図13の破線で示すように、励起光パワーが一定である条件下では、急激な入力信号光パワーの減少により、E D F Aの利得（図13の利得変化）は急激に増加する。一方、励起光パワー制御を行うことにより、E D F Aの利得の急激な変化は、ある程度抑圧される。ところが、フィードバック制御回路とL D駆動回路は、有限の応答時間を有するため、入力信号光パワーの減少直後のE D F Aの利得は急激に増加する。入力信号光パワーが急激に増加した場合は、E D F Aの利得は急激に減少する。このようなE D F Aの利得の急激な変化は、信号光パワーに急激な変化をもたらし、光ネットワークの伝送特性の劣化の原因となる。

[0006] 例えば、非特許文献1に開示されている伝送システムでは入力信号光パワーの減少は15 dB（即ち、32波→1波の変化）であり、非特許文献2に開示されている伝送システムでは入力信号光パワーの減少は16 dB（即ち、40波→1波の変化）である。入力信号光パワーの減少量は互いに異なるが、非特許文献1、2に開示されている伝送システムでのE D F Aの利得の変化は、1.0 dB程度である。実現性の高いL D駆動回路のスループットは帯域1 MHz且つ数タップで数100 kHzといわれており、このようなスループットに対応するためには、E D F Aの利得変化速度が0.2 dB／

μ s 程度を下回る必要がある。

[0007] 光伝送システムの伝送容量を飛躍的に増大させるために、1本のファイバに複数のコアを有するマルチコアファイバを伝送路に用いたマルチコア光伝送システムの開発が進められている。マルチコアファイバの各コアに互いに異なる情報を伝送するWDM信号を伝搬させることによって、従来のように1本に1つのコアを有する単一コアファイバを伝送路として用いる場合に比べて、飛躍的に伝送容量を増大させることができる。長距離のマルチコア光伝送システムでは、伝送中に強度が低下した信号光を増幅するため、従来の単一コアファイバを伝送路として用いる光伝送システムと同様にマルチコアファイバEDFAが用いられている。

[0008] 例えば、非特許文献3には、エルビウムイオンを添加した複数のコアと、径方向の内側の第1クラッドとその外側の第2クラッドとを有するダブルクラッド構造を備えたクラッド励起マルチコアファイバEDFAが開示されている、非特許文献3に開示されているクラッド励起マルチコアファイバEDFAでは、第1クラッドの屈折率がコアの屈折率より小さくなっている。また、非特許文献3に開示されているクラッド励起マルチコアファイバEDFAは、第2クラッドの屈折率より大きいダブルクラッドエルビウム添加ファイバと、1台の高出力マルチモード励起光源とを備えている。クラッド励起マルチコアファイバEDFAでは、単純にマルチモード励起光源の出力光パワーを調整しても、前述のような入力信号光パワーの変化時の利得制御が行えない。即ち、あるコアの入力信号光パワーが変化したとしても、他のコアの入力信号光パワーがあるコアの入力信号光パワーと同様に変化するとは限らない。そのため、非特許文献3に開示されているクラッド励起マルチコアファイバEDFAでは、あるコアの入力信号光パワーの変化に対して、マルチモード励起光源の出力光パワーを調整すると、入力信号光パワーが変化していないコアの利得が変化してしまうという問題があった。この問題を解決するために、例えば、非特許文献4には、クラッド励起用のマルチモード励起光源だけではなく、コア毎に信号光と励起光とを合波してエルビウムイオ

ンを励起するためのコア励起光源を備えたクラッド励起マルチコアファイバEDFAが提案されている。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1：「高速制御機能付き小型アンプ」，古河電工時報，第116号，p. 79-80（平成17年7月）。

非特許文献2：杉本亮，宮内秀徳，島研介，姫野邦治，細谷英行，堀内嘉明，田中祥顕，及川陽一，志賀代康，長枝浩，フジクラ技報，Vol. 1，No. 116，pp. 1-5，（2009年7月）。

非特許文献3：Y. Mimura, et al., “Batch Multicore Amplification with Cladding-Pumped Multicore EDF,” ECOC 2012 Technical Digest, paper Tu.4.F.1（2012）。

非特許文献4：M. Yamada et al., “Gain Control in Multi-Core Erbium/Ytterbium-Doped Fiber Amplifier with Hybrid Pumping,” Proc. OECC 2016, paper WC1-2（2016）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 非特許文献4に開示されているクラッド励起マルチコアファイバEDFAによれば、利得制御が可能になるが、前述のLD駆動回路が有限の応答時間を有するために生じる利得の急激な変化が生じてしまうという課題は依然として残っている。

[0011] 上述のように、従来の光ファイバ増幅器では、WDM信号の波長数の変化による入力信号光パワーの変化に対して、高速に励起光パワーを調整し、利得を高速に制御する必要があった。しかしながら、このようなEDFAの利得の急激な変化は、信号光パワーに急激な変化をもたらし、光ネットワークの伝送特性の劣化の原因となる。特に、近年開発されたマルチコアファイバEDFAでは、LD駆動回路が有限の応答時間を有するために生じる利得の

急激な変化によって、入力信号光パワー変化時の利得制御が行えないという課題があった。また、カットオフ波長が信号光の波長近傍或いは信号光波長より長い場合、ファイバが送風の影響で揺れると、ファイバのコアで伝搬する光信号も揺らいでしまうという課題があった。

[0012] 本発明は、上述の事情に鑑みてなされたもので、入力信号光パワーが急激に変化しても、利得を急激に変化させない、又は利得の変化を抑圧可能な増幅用ファイバ及び光増幅器を提供する。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明の増幅用ファイバは、エルビウムイオンが添加されたコアと、前記コアを囲み、前記コアの屈折率より低い屈折率を有するクラッドと、を備え、前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は、以下の（１）式で表される第１比屈折率差及び以下の（２）式で表される第２比屈折率差のうち小さい方の値以下である。

[0014] [数１]

$$\Delta n_1 = 75.64 - 280.33a + 443.18a^2 - 372.88a^3 + 175.04a^4 - 43.384a^5 + 4.44a^6 \quad \dots (1)$$

[0015] [数２]

$$\Delta n_2 = 13.34a^{-1.98} \quad \dots (2)$$

[0016] なお、上述の（１）及び（２）において、 a は前記コアの半径 [μm] を表し、 Δn_1 は前記第１比屈折率差 [%] を表し、 Δn_2 は前記第２比屈折率差 [%] を表す。

[0017] 本発明の増幅用ファイバでは、前記コアは互いに間隔をあけて複数設けられ、複数の前記コアと前記クラッドとの各比屈折率差は、前記第１比屈折率差及び前記第２比屈折率差のうち小さい方の値以下であり、前記コアの半径は（５）式を満たしてもよい。

[0018] [数３]

$$a \geq 2.3 \quad \dots (5)$$

[0019] 本発明の増幅用ファイバでは、前記第 1 屈折率差及び前記第 2 比屈折率差のうち小さい方の値が 2.8%より大きくなる前記コアの半径の領域では、前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は 2.8%以下であってもよい。

[0020] 本発明の増幅用ファイバは、エルビウムイオンが添加されたコアと、前記コアを囲み、前記コアの屈折率より低い屈折率を有するクラッドと、を備え、前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は、以下の (3) 式で表される第 3 比屈折率差及び以下の (4) 式で表される第 4 比屈折率差のうち小さい方の値以下である。

[0021] [数4]

$$\Delta n_3 = 45.12 - 134.20a + 160.96a^2 - 87.78a^3 + 18.30a^4 \quad \dots (3)$$

[0022] [数5]

$$\Delta n_4 = 13.34a^{-1.98} \quad \dots (4)$$

[0023] なお、上述の (3) 及び (4) において、 a は前記コアの半径 [μm] を表し、 Δn_3 は前記第 3 比屈折率差 [%] を表し、 Δn_4 は前記第 4 比屈折率差 [%] を表す。

[0024] 本発明の増幅用ファイバでは、前記コアは互いに間隔をあけて複数設けられ、複数の前記コアと前記クラッドとの各比屈折率差は、前記第 3 比屈折率差及び前記第 4 比屈折率差のうち小さい方の値以下であり、前記コアの半径は (5) 式を満たしてもよい。

[0025] [数6]

$$a \geq 2.3 \quad \dots (5)$$

[0026] 本発明の増幅用ファイバでは、前記第 3 屈折率差及び前記第 4 比屈折率差のうち小さい方の値が 2.8%より大きくなる前記コアの半径の領域では、前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は 2.8%以下であってもよい。

[0027] 本発明の増幅用ファイバでは、前記クラッドは、複数の前記コアを囲み、前記コアの屈折率より低い屈折率を有する第 1 クラッドと、前記第 1 クラッド

ドを囲み、前記第 1 クラッドの屈折率より低い屈折率を有する第 2 クラッドと、を有してもよい。

[0028] 本発明の増幅用ファイバは、ボビンに巻き取られ、前記ボビンに接着されていてもよい。

[0029] 本発明の光増幅器は、上述の増幅用ファイバと、前記増幅用ファイバに入力する励起光を発する半導体レーザ光源と、前記増幅用ファイバに入力される信号光及び前記増幅用ファイバから出力される信号光のパワーに応じて検出される利得から前記半導体レーザ光源に供給する電流を発生させるフィードバック回路と、を備える。

発明の効果

[0030] 本発明によれば、入力信号光パワーが急激に変化しても、利得を急激に変化させない、又は利得の変化を抑圧可能な増幅用ファイバ及び光増幅器を提供できる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明の第 1 実施形態の増幅用ファイバの断面図である。

[図2]図 1 に示す増幅用ファイバのコア及び比屈折率差が満たす領域を示すためのコアの半径と比屈折率差との関係を表すグラフである。

[図3]図 1 に示す増幅用ファイバのコア及び比屈折率差が満たす領域を示すためのコアの半径と比屈折率差との関係を表す別のグラフである。

[図4]本発明の第 1 実施形態の光増幅器の概略図である。

[図5]図 4 に示す光増幅器での経過時間に対する利得変化を示すグラフである。

[図6]本発明の第 2 実施形態の増幅用ファイバの断面図である。

[図7]図 6 に示す増幅用ファイバの変形例を示す断面図である。

[図8]図 6 又は図 7 に示す増幅用ファイバを備えた光増幅器の概略図である。

[図9]コアの半径と従来の E D F A に対する図 8 に示す光増幅器の消費電力比との関係を示すグラフである。

[図10]図 6 又は図 7 に示す増幅用ファイバのコア及び比屈折率差が満たす領

域を示すためのコアの半径と比屈折率差との関係を表すグラフである。

[図11]図6又は図7に示す増幅用ファイバのコア及び比屈折率差が満たす領域を示すためのコアの半径と比屈折率差との関係を表す別のグラフである。

[図12]図8に示す光増幅器での経過時間に対する利得変化を示すグラフである。

[図13]従来の光増幅器での経過時間に対する利得変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0032] 以下、図面を参照して本発明の増幅用ファイバ及び光増幅器の実施形態について説明する。なお、本明細書及び図面において、同一の機能を有する構成には同一の符号を付し、繰り返しの説明は省略する。

[0033] [第1実施形態]

本発明の第1実施形態の増幅用ファイバ51は、例えば光ファイバ増幅器の増幅媒体として用いられる。図1に示すように、増幅用ファイバ51は、1個のコア61と、コア61を囲むクラッド65とを備え、所謂シングルコア・エルビウム添加ファイバである。コア61には、エルビウムイオンが添加されている。

[0034] コア61とクラッド65との比屈折率差 Δn_{51} は、図2又は図3において網掛けで図示されている領域内に制限されている。図2のグラフは、増幅用ファイバ51をC帯の信号光の増幅に適用する場合を想定して数値計算された、コアの半径と比屈折率差 Δn_{51} [%] との関係を表している。図3のグラフは、増幅用ファイバ51をL帯の信号光の増幅に適用する場合を想定して数値計算された、コアの半径と比屈折率差との関係を表している。上述のC帯は1530nm以上1565nm以下の波長帯を表し、L帯は1565nm以上1625nm以下の波長帯を表す。なお、半径aが1 μ mより小さくなると、エルビウム添加ファイバの増幅に必要なファイバ長が極端に長くなる。このことから、1 μ mより半径aが小さいエルビウム添加ファイバは略使用されないため、図2及び図3のグラフでは半径aが1 μ m以下である場合は図示されていない。

[0035] 増幅用ファイバ51における入力信号光パワーの変化に対して、利得の変化を0.2 dB未満に抑えるためには、入力信号光パワーの変化直後の利得変化速度が0.2 dB/μs未満である必要がある。このことは、フィードバック制御回路及びLD駆動回路の帯域が概ね1 MHzであることによる。利得変化速度は、コア61の半径a [μm] と比屈折率差 Δn_{51} によって異なる。増幅用ファイバ51がC帯の信号光の増幅に適用されるとき、図2に示すように、半径aが1 μmから増加していくと、利得変化速度が0.2 dB/μsとなる比屈折率差（第1比屈折率差） Δn_1 は、次に示す（1）式で表される境界線1-1より小さい領域となる。

[0036] [数7]

$$\Delta n_1 = 75.64 - 280.33a + 443.18a^2 - 372.88a^3 + 175.04a^4 - 43.384a^5 + 4.44a^6 \quad \dots (1)$$

[0037] 同様に、増幅用ファイバ51がL帯の信号光の増幅に適用されるとき、図3に示すように、半径aが1 μmから増加していくと、利得変化速度が0.2 dB/μsとなる比屈折率差（第3比屈折率差） Δn_3 の境界線1-2は、次に示す（3）式で表される境界線1-1より小さい領域となる。

[0038] [数8]

$$\Delta n_3 = 45.12 - 134.20a + 160.96a^2 - 87.78a^3 + 18.30a^4 \quad \dots (3)$$

[0039] C帯において比屈折率差 Δn_{51} が比屈折率差 Δn_1 より小さい領域、及びL帯において比屈折率差 Δn_{51} が後述する比屈折率差 Δn_2 より小さい領域では、利得変化速度は略0.2 dB/μsとなる。比屈折率差 Δn_{51} を固定して半径aを増大させた場合、所定の半径より半径aが大きくなると、コア61の許容モードが高次モードとなり、モード結合によってシングルモードの信号光増幅の増幅効率が低下する。前述の所定の半径は、比屈折率差 Δn_{51} によって変動する。しかしながら、増幅用ファイバ51と光増幅器を構成するピグテイルファイバ（図示略）との融着接続において、コア61の中心とピグテイルファイバのコアの中心とを合わせるように融着接続することにより

、増幅用ファイバ51の入力端で高次モード光の励振が抑えられる。

[0040] また、増幅用ファイバ51はボビンにコイル状に巻き付けられ、接着剤等でボビンに接着及び固定されている。このことによって、例えば送風による増幅用ファイバ51の振動等の機械的擾乱が回避される。このようにしてシングルモードの信号光が増幅用ファイバ51を伝搬中に高次モードにモード変換されることを抑圧することによって、カットオフ波長が $2\mu\text{m}$ 以下であるときには増幅用ファイバ51を実効的にシングルモードファイバ（Single Mode Fiber：SMF）として取り扱うことができる。

[0041] 半径 a が前述の所定の半径より大きい領域において、増幅用ファイバ51がC帯の信号光の増幅に適用されるとき、図2に示すように、増幅用ファイバ51のカットオフ波長が $2\mu\text{m}$ となる比屈折率差（第2比屈折率差） Δn_2 の境界線2-1は、次に示す（2）式で表される。

[0042] [数9]

$$\Delta n_2 = 13.34a^{-1.98} \quad \dots (2)$$

[0043] 同じく、半径 a が前述の所定の半径より大きい領域において、増幅用ファイバ51がL帯の信号光の増幅に適用されるとき、図3に示すように、増幅用ファイバ51のカットオフ波長が $2\mu\text{m}$ となる比屈折率差（第4比屈折率差） Δn_4 の境界線2-2は、次に示す（4）式で表される。

[0044] [数10]

$$\Delta n_4 = 13.34a^{-1.98} \quad \dots (4)$$

[0045] 図2からわかるように、増幅用ファイバ51がC帯の信号光の増幅に適用されるとき、比屈折率差 Δn_{51} は、比屈折率差 Δn_1 及び比屈折率差 Δn_2 のうち小さい方の値以下になっている。同様に、図3からわかるように、増幅用ファイバ51がL帯の信号光の増幅に適用されるとき、比屈折率差 Δn_{51} は、比屈折率差 Δn_3 及び比屈折率差 Δn_4 のうち小さい方の値以下になっている。なお、比屈折率差 Δn_1 と比屈折率差 Δn_2 が互いに同一の値になる場合、及び比屈折率差 Δn_3 と比屈折率差 Δn_4 が互いに同一の値になる場合は

、前述の「小さい方の値」は、互いに同一になった値を意味する。

[0046] 上述の増幅用ファイバ51によれば、比屈折率差 Δn_{51} が図2及び図3のそれぞれにおいて網掛けで図示されている領域内に制限されていることによって、半径 a 及び比屈折率差 Δn_{51} の相関関係は、入力信号光パワーの変化の際に利得変化値が所定の基準値を満たす値となる領域に制限される。ここで、所定の基準値とは、光ネットワークの伝送特性を劣化させない基準値を意味し、例えば0.2 dB未満である。半径 a 及び比屈折率差 Δn_{51} の相関関係が前述のように制限されることによって、WDM信号光の波長数の変化による入力信号光パワーの変化に対して、フィードバック制御による利得制御を行った際に、利得変化を0.2 dB未満に抑えることができる。

[0047] なお、図3では、境界線1-2と境界線2-2は $\Delta n > 2.8\%$ の領域で交わる。しかしながら、石英ガラスや石英ガラスより高い屈折率を有するガラスであるテルライトガラスまたは酸化ビスマスガラスを用いたとしても、ガラスファイバで $\Delta n_{51} > 2.8\%$ は実現困難である。このことから、増幅用ファイバ51の実用性を考慮すると、境界線1-2と境界線2-2が $\Delta n > 2.8\%$ で交わる半径 a の領域では、比屈折率差 Δn_{51} は、2.8%以下になっている。図2及び図3には、 $\Delta n = 2.8\%$ との条件が満たすべき比屈折率 Δn_5 の境界線3-1、3-2として図示されている。

[0048] 図4に示す光増幅器101は、上述の増幅用ファイバ51に加えて、LD光源（半導体レーザ光源）12-1、12-2、合分波器13-1、13-2、光分岐器14-1、14-2、光検出器15-1、15-2、利得等化器16、フィードバック回路17を備えている。LD光源12-1、12-2は、増幅用ファイバ51に入力する励起光を発する。合分波器13-1、13-2は、不図示の光アイソレータを内蔵し、信号光と励起光とを合波又は分波する。光分岐器14-1、14-2は、入力された光の一部を分岐する。

光検出器15-1、15-2は、光分岐器14-1、14-2によって分岐された光をその光のパワーに応じて電流又は電圧に変換する。利得等化器1

6は、増幅用ファイバ51の利得の波長依存性を等化する。フィードバック回路17は、光検出器15-1, 15-2での検出結果を用いて利得を演算し、演算結果からLD光源12-1, 12-2に供給する調整電流（電流）を発生させる。

[0049] 光増幅器101における利得制御は、入力信号光パワーが変化したときに、光検出器15-1, 15-2のそれぞれの検出値から演算される利得が一定となるように、フィードバック回路17がLD光源12-1, 12-2のそれぞれへの駆動電流を調整することによって、行われる。

[0050] 図5の実線は、半径 a が $2\mu\text{m}$ 、比屈折率差 Δn_{51} が0.8%であって、信号光がC帯であると想定した光増幅器101において、信号光の波長数が40から1に変化したときの、残った1波長の利得制御の様子を示している。図5の破線は、参照として、増幅用ファイバ51に替えて、半径 a が $2\mu\text{m}$ 、比屈折率差 Δn が1.5%のエルビウム添加ファイバを用いて、その他の条件は実線で表されている様子と同様にした光増幅器101の利得制御の様子を示している。半径 a が $2\mu\text{m}$ 且つ比屈折率差 Δn_{51} が0.8%であるという条件は図2の網掛けされた領域内にあるが、半径 a が $2\mu\text{m}$ 且つ仮に比屈折率差 Δn_{51} が1.5%であるという条件は図2の網掛けされた領域外にある。図5の実線で示すように、半径 a が $2\mu\text{m}$ 且つ比屈折率差 Δn_{51} が0.8%である増幅用ファイバ51を用いた場合、利得変化の最大値が0.2dBを下回っている。一方、半径 a が $2\mu\text{m}$ 、比屈折率差 Δn が1.5%のエルビウム添加ファイバを用いた場合は利得変化が最大で約0.35dBに達することがわかる。この結果から、増幅用ファイバ51によれば、WDM信号光の波長数の変化による入力信号光パワーの変化に対して、フィードバック制御による利得制御を行った際に、利得変化を0.2dB未満に抑えられることを確認できる。

[0051] また、光増幅器101において信号光がC帯である構成において、図2で網掛けされた領域内にある条件を満たし、半径 a が $3.5\mu\text{m}$ 、比屈折率差 Δn_{51} が0.8%である増幅用ファイバ51を用いた場合と、半径 a が3.5

μm 、比屈折率差 Δn が1.5%であるエルビウム添加ファイバを用いた場合に、利得25 dBに必要な励起光パワーを比較した。その結果、半径 a が3.5 μm 、比屈折率差 Δn_{51} が0.8%である増幅用ファイバ51では、半径 a が3.5 μm 、比屈折率差 Δn が1.5%であるエルビウム添加ファイバの9倍の励起光パワーが必要となり、カットオフ波長が2 μm を超えた。

[0052] さらに、半径 a が3.5 μm 、比屈折率差 Δn_{51} が0.8%である増幅用ファイバ51をボビンに巻き付けただけでは、1 m/sの送風環境下において利得が正常値から(+-)0.8 dB程、時間的に変動した。前記(+-)は、プラスマイナスの記号を表している。これに対し、上述の増幅用ファイバ51をボビンに巻き付けてボビンに接着及び固定した場合は、利得が正常値から変化しないことが確認された。

[0053] [第2実施形態]

本発明の第2実施形態の増幅用ファイバ52は、図6に示すように、互いに等間隔をあけて配置された7個のコア61と、これらのコア61を囲むクラッド65とを備えている。クラッド65は、7個のコア61を隙間なく囲む第1クラッド(クラッド)62と、第1クラッド62を囲む第2クラッド63と、を備えている。

[0054] 第1クラッド62の屈折率は、コア61の屈折率より低い。第1クラッド62は、励起光を伝搬し、その励起光により全てのコア61に添加されたエルビウムイオンを一括して励起できる。第2クラッド63の屈折率は、第1クラッド62の屈折率より低い。増幅用ファイバ52は、ダブルクラッド構造のマルチコア・エルビウム添加ファイバである。増幅用ファイバ52, 53の比屈折率差 Δn_{52} , Δn_{53} はそれぞれ、コア61と第1クラッド62との比屈折率差を意味する。

[0055] 図7に示す増幅用ファイバ53は、増幅用ファイバ52の変形例であり、互いに等間隔をあけて配置された19個のコア61と、これらのコア61を囲むクラッド65とを備えている。

[0056] 図8に示す光増幅器102は、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53に加えて、LD光源12-1、12-2、合分波器13-1、13-2、光分岐器14-1、14-2、光検出器15-1、15-2、利得等化器16、フィードバック回路17を備えている。但し、フィードバック回路17は、光検出器15-1、15-2での検出結果を用いて利得を演算するが、後述するように演算結果からLD光源12-2に供給する調整電流のみを発生させる。

[0057] 光増幅器102は、ファンイン部品18-1及びファンアウト部品18-2をさらに備えている。ファンイン部品18-1は、合分波器13-1と光分岐器14-1との間に設けられ、シングルコアファイバからマルチコアへ変換する。ファンアウト部品18-2は、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53の合分波器13-1とは反対側の端部と合分波器13-2との間に設けられ、マルチコアからシングルコアファイバへ変換する。LD光源12-1はマルチモードLDである。LD光源12-1の励起光は、合分波器13-1を介して増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53の第1クラッド62に結合し、クラッド励起光として用いられる。一方、LD光源12-2は、シングルモードLDである。LD光源12-2の励起光は、合分波器13-2によって信号光と合波され、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53のコア61に入力され、コア励起光として用いられる。利得制御は、入力信号光パワーが変化したときに、光検出器15-1、15-2の検出値から演算される利得が一定となるようにフィードバック回路17がLD光源12-2への駆動電流のみを調整することによって、行われる。このとき、LD光源12-1の駆動電流は、一定に保持される。

[0058] クラッド励起を用いたマルチコアEDFAは、クラッド励起の光源が1つで済むため、光増幅器の消費電力を低下できる低消費電力効果を奏する。しかしながら、この低消費電力効果はエルビウム添加ファイバのコアの半径が所定の半径より小さくなると得られない。これは、コアの半径が小さいと、コアに添加されたエルビウムイオンが第1クラッドを伝搬する励起光を十分

に吸収することができず、増幅に使用されない励起光パワーが増大し、光増幅器の消費電力を上昇させることによる。低消費電力効果の有無を決める境界のコアの半径は、 $2.3\ \mu\text{m}$ となる。図9は、低消費電力効果の有無の境界が半径 $a = 2.3\ \mu\text{m}$ にあることの根拠を示している。

[0059] 図9に示すように、従来のEDFAに対する消費電力比をコア半径に対してプロットしたものである。従来のEDFAに対する消費電力比は、クラッド励起を用いたマルチコアEDFAとしての増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53の消費電力を、同等の増幅特性を有するシングルコアEDFAの消費電力×マルチコアEDFAのコア数で除算することで算出した。図9の実線は、増幅用ファイバ52の消費電力について算出した結果を示す。図9の破線は、増幅用ファイバ53の消費電力について算出した結果を示す。図9の実線と破線は、互いに略重なっている。増幅用ファイバ52、53の従来のEDFAに対する消費電力比は共に、半径 a が $2.3\ \mu\text{m}$ 以上で1を下回っている。半径 a が $2.3\ \mu\text{m}$ 以上であるときに、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53が低消費電力効果を奏することになる。

[0060] したがって、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53において、 $0.2\ \text{dB}/\mu\text{s}$ の利得変化速度が得られる半径 a と比屈折率差 Δn_{52} 、 Δn_{53} の制限領域は、図2及び図3で網掛けされた領域から、図10及び図11に示すように、さらに半径 a が $2.3\ \mu\text{m}$ 以上の制限を受ける。即ち、図10は、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53がC帯の信号光の増幅に適用される場合の半径 a と比屈折率差 Δn_{52} 、 Δn_{53} の制限領域を表している。図11は、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53がL帯の信号光の増幅に適用される場合の半径 a と比屈折率差 Δn_{52} 、 Δn_{53} の制限領域を示している。図11に示すように、増幅用ファイバ52又は増幅用ファイバ53がL帯の信号光の増幅に適用される場合、境界線1-2は半径 a が $2.3\ \mu\text{m}$ 未満の領域にあり、網掛けの制限領域には現れない。

[0061] 図12の実線は、半径 a が $2.4\ \mu\text{m}$ であり、且つ比屈折率差 Δn_{52} 、 Δn_{53} が 1.7% である増幅用ファイバ52、53を用いた光増幅器102で

信号光がC帯であるとした場合、信号光の波長数が40から1に変化したときの残った1波長の利得制御の様子を示している。図12の破線は、参照として、増幅用ファイバ52, 53に替えて、半径aが2.4 μm であり、且つ比屈折率差 Δn が2.0%のエルビウム添加ファイバを用いた場合の利得制御の様子を示している。半径aが2.4 μm であり、且つ比屈折率差 Δn_{52} , Δn_{53} が1.7%であるという条件は、図10に示す網掛けの領域内にある。しかしながら、半径aが2.4 μm であり、且つ比屈折率差 Δn_{52} , Δn_{53} が2.0%であるという条件は、図10に示す網掛けの領域外にある。図12に実線で示すように、増幅用ファイバ52, 53を用いた場合は利得変化の最大値が0.2 dBを下回っている。一方、図12に破線で示すように、半径aが2.4 μm であり、且つ比屈折率差 Δn_{52} , Δn_{53} が2.0%のエルビウム添加ファイバを用いた場合は利得変化の最大値が約0.3 dBになり、0.2 dBを上回っている。この結果から、増幅用ファイバ52, 53によれば、WDM信号光の波長数の変化による入力信号光パワーの変化に対して、フィードバック制御による利得制御を行った際に、利得変化を0.2 dB未満に抑えられることがわかる。

[0062] 光増幅器102の構成において、図10に示す網掛けの領域内の半径aが3.5 μm 、且つ比屈折率差 Δn_{52} , Δn_{53} が0.8%である増幅用ファイバ52, 53を用いた場合と、半径aが3.5 μm 、且つ比屈折率差 Δn が1.5%であるエルビウム添加ファイバを用いた場合に、25 dBの利得変化に必要なコア励起光パワーを比較した。その結果、半径aが3.5 μm 、且つ比屈折率差 Δn が1.5%であるエルビウム添加ファイバでは、半径aが3.5 μm 、且つ比屈折率差 Δn_{52} , Δn_{53} が0.8%である増幅用ファイバ52, 53の7倍ものコア励起光パワーが必要になり、カットオフ波長が2 μm を超えた。さらに、半径aが3.5 μm 、且つ比屈折率差 Δn_{52} , Δn_{53} が0.8%である増幅用ファイバ52, 53をボビンに巻き付けだけでは、1 m/sの送風環境下において利得が正常値から ± 0.8 dB程、時間的に変動した。これに対し、上述の増幅用ファイバ52, 53をボビンに

巻き付け、ボビンに接着及び固定したものを用いた場合には、利得が正常値から変化しなかった。第1実施形態の増幅用ファイバ51と同様に、増幅用ファイバ52, 53をボビンに巻き付けてボビンに接着及び固定した場合は、利得の変化が抑えられることが確認された。

[0063] 上述のように、第1実施形態及び第2実施形態の増幅用ファイバ51, 52, 53及び光増幅器101, 102によれば、入力信号光パワーが急激に変化しても、利得を急激に変化させず、利得の変化を0.2 dB以下に抑圧できる。

[0064] 以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されない。本発明の構成は、上述の目的及び効果を達成できる範囲内で変更可能である。また、本発明を実施する際における具体的な構造及び形状等は、本発明の目的及び効果を達成できる範囲内において、他の構造や形状等としてもよい。

符号の説明

[0065] 51, 52, 53…増幅用ファイバ
61…コア
62…第1クラッド（クラッド）
65…クラッド
101, 102…光増幅器
a…半径
 Δn_{51} , Δn_{52} , Δn_{53} …比屈折率差

請求の範囲

[請求項1] エルビウムイオンが添加されたコアと、
前記コアを囲み、前記コアの屈折率より低い屈折率を有するクラッドと、
を備え、
前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は、以下の（１）式で表される第１比屈折率差及び（２）式で表される第２比屈折率差のうち小さい方の値以下である、
増幅用ファイバ。

[数1]

$$\Delta n_1 = 75.64 - 280.33a + 443.18a^2 - 372.88a^3 + 175.04a^4 - 43.384a^5 + 4.44a^6 \dots (1)$$

[数2]

$$\Delta n_2 = 13.34a^{-1.98} \dots (2)$$

なお、上述の（１）及び（２）において、 a は前記コアの半径〔 μm 〕を表し、 Δn_1 は前記第１比屈折率差〔％〕を表し、 Δn_2 は前記第２比屈折率差〔％〕を表す。

[請求項2] 前記コアは互いに間隔をあけて複数設けられ、
複数の前記コアと前記クラッドとの各比屈折率差は、前記第１比屈折率差及び前記第２比屈折率差のうち小さい方の値以下であり、
前記コアの半径は（５）式を満たす、
請求項１に記載の増幅用ファイバ。

[数3]

$$a \geq 2.3 \dots (5)$$

[請求項3] 前記第１比屈折率差及び前記第２比屈折率差のうち小さい方の値が２．８％より大きくなる前記コアの半径の領域では、前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は２．８％以下である、

請求項 1 または 2 に記載の増幅用ファイバ。

[請求項4]

エルビウムイオンが添加されたコアと、

前記コアを囲み、前記コアの屈折率より低い屈折率を有するクラッドと、

を備え、

前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は、以下の（３）式で表される第 3 比屈折率差及び以下の（４）式で表される第 4 比屈折率差のうち小さい方の値以下である、

増幅用ファイバ。

[数4]

$$\Delta n_3 = 45.12 - 134.20a + 160.96a^2 - 87.78a^3 + 18.30a^4 \quad \dots (3)$$

[数5]

$$\Delta n_4 = 13.34a^{-1.98} \quad \dots (4)$$

なお、上述の（３）及び（４）において、 a は前記コアの半径 [μm] を表し、 Δn_3 は前記第 3 比屈折率差 [%] を表し、 Δn_4 は前記第 4 比屈折率差 [%] を表す。

[請求項5]

前記コアは互いに間隔をあけて複数設けられ、

複数の前記コアと前記クラッドとの各比屈折率差は、前記第 3 比屈折率差及び前記第 4 比屈折率差のうち小さい方の値以下であり、

前記コアの半径は（５）式を満たす、

請求項 4 に記載の増幅用ファイバ。

[数6]

$$a \geq 2.3 \quad \dots (5)$$

[請求項6]

前記第 3 比屈折率差及び前記第 4 比屈折率差のうち小さい方の値が 2.8 % より大きくなる前記コアの半径の領域では、前記コアと前記クラッドとの比屈折率差は 2.8 % 以下である、

請求項4または5に記載の増幅用ファイバ。

[請求項7]

前記クラッドは、

複数の前記コアを囲み、前記コアの屈折率より低い屈折率を有する第1クラッドと、

前記第1クラッドを囲み、前記第1クラッドの屈折率より低い屈折率を有する第2クラッドと、

を有する、

請求項2, 3, 5, 6のいずれか一項に記載の増幅用ファイバ。

[請求項8]

ボビンに巻き取られ、

前記ボビンに接着されている、

請求項1から7のいずれか一項に記載の増幅用ファイバ。

[請求項9]

請求項1から8のいずれか一項に記載の増幅用ファイバと、

前記増幅用ファイバに入力する励起光を発する半導体レーザ光源と

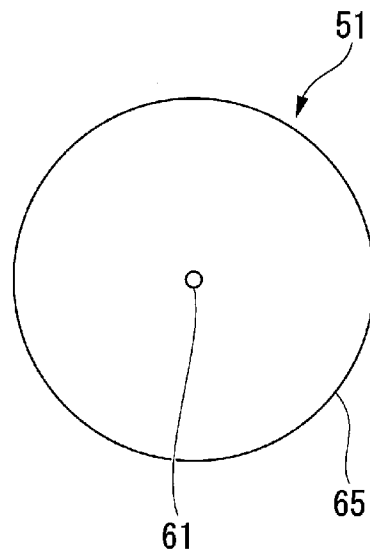
、

前記増幅用ファイバに入力される信号光及び前記増幅用ファイバから出力される信号光のパワーに応じて検出される利得から前記半導体レーザ光源に供給する電流を発生させるフィードバック回路と、

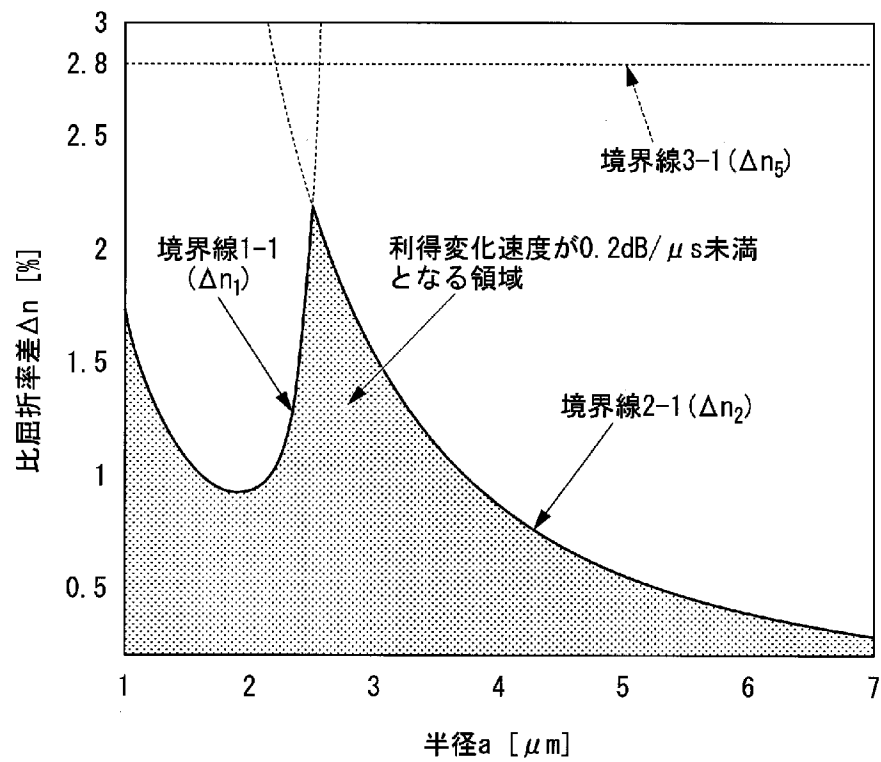
を備える、

光増幅器。

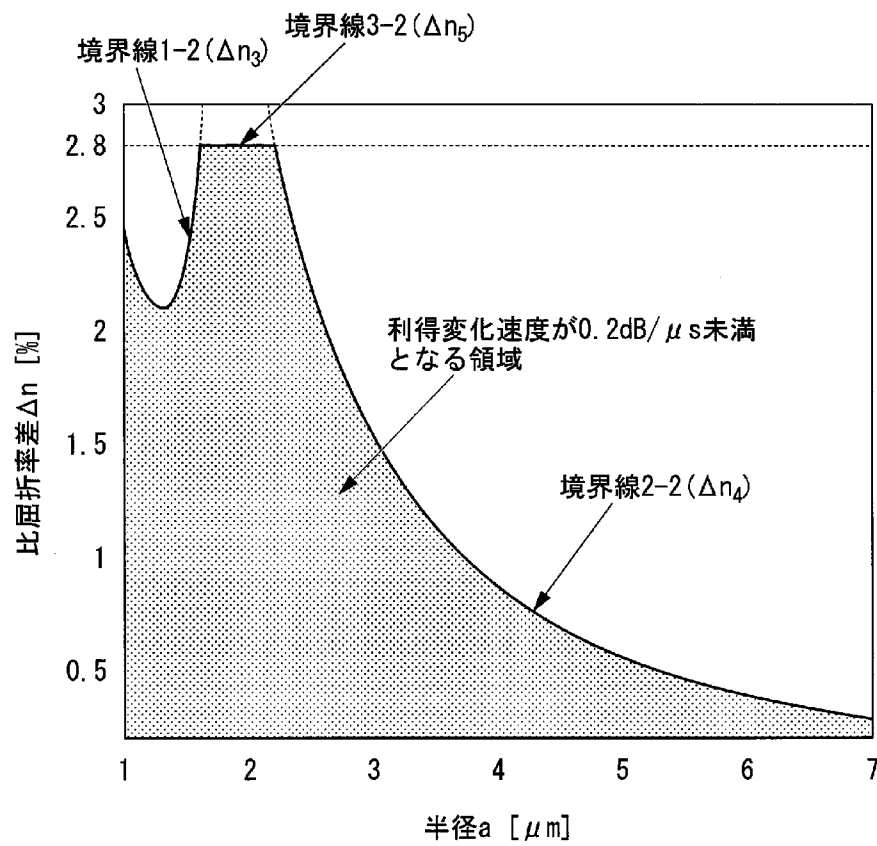
[図1]



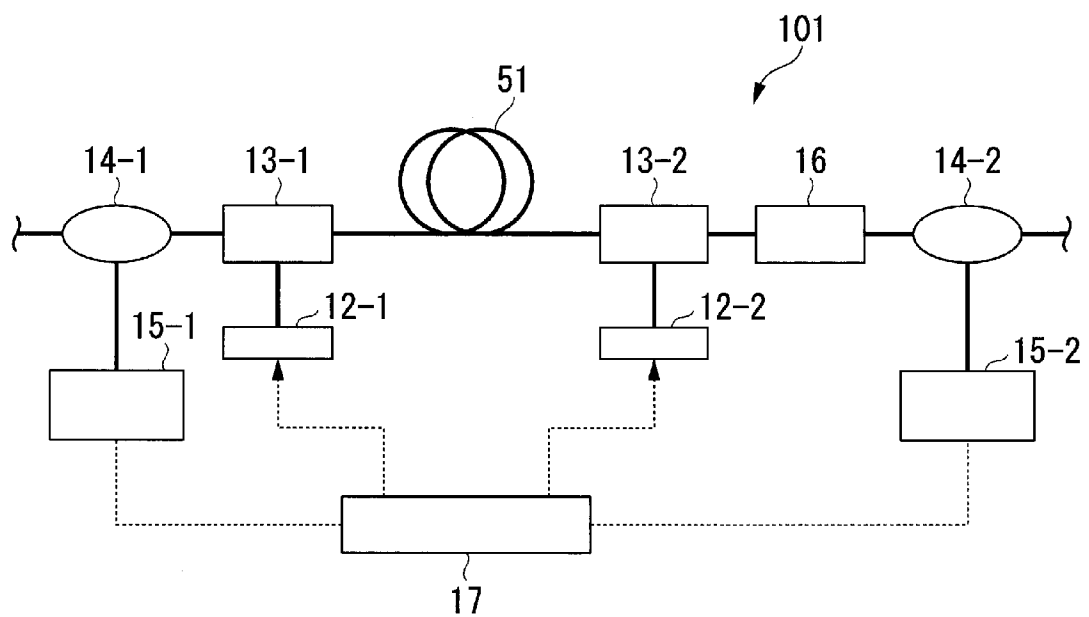
[図2]



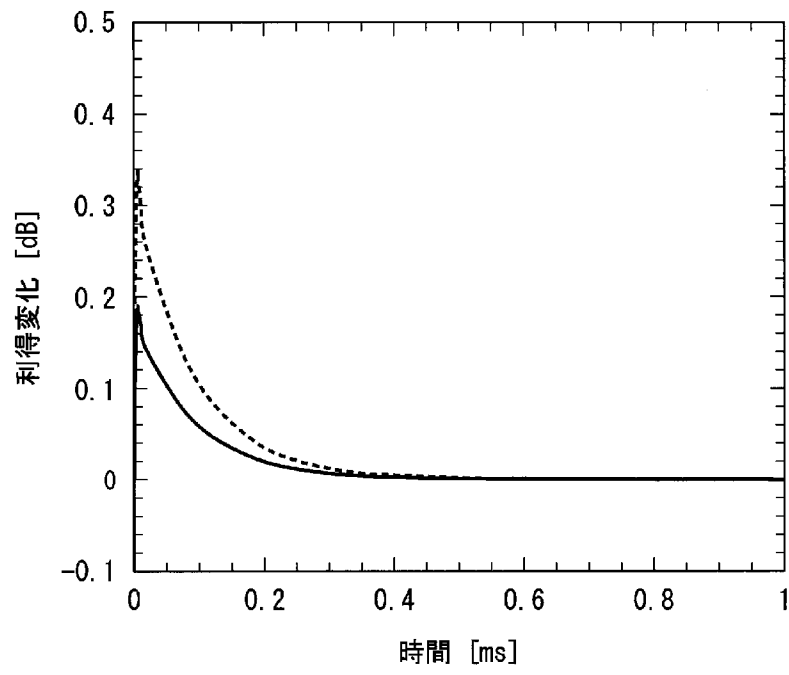
[図3]



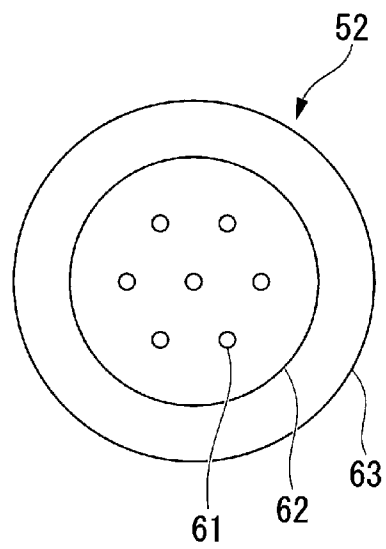
[図4]



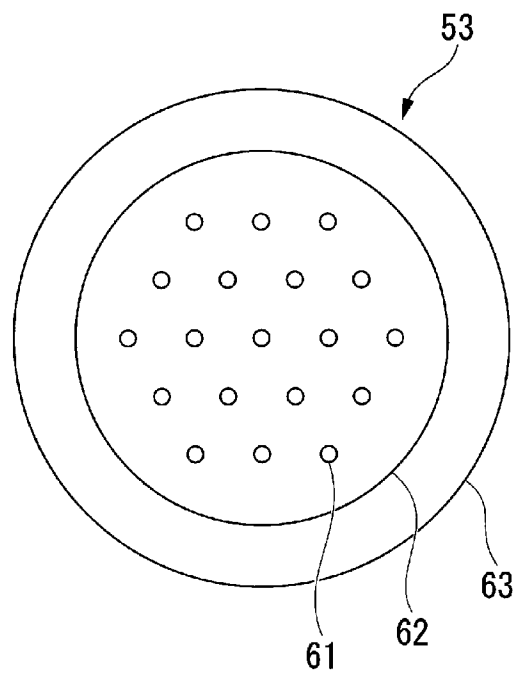
[図5]



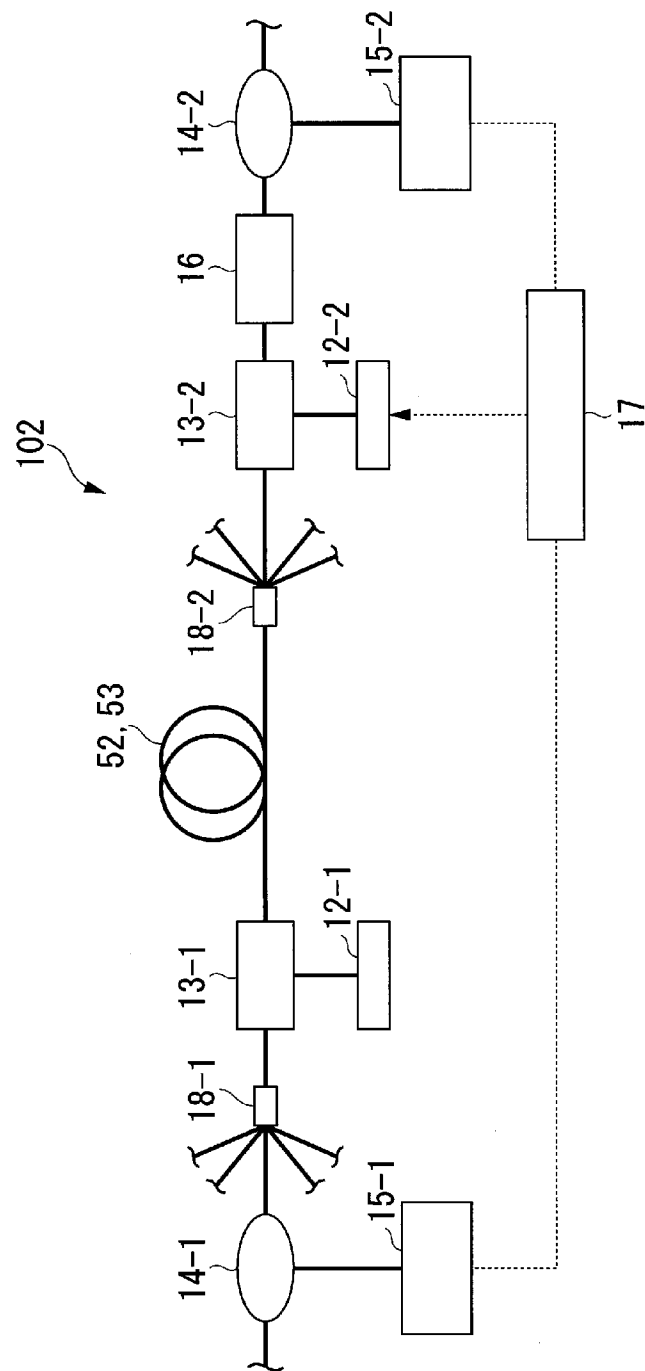
[図6]



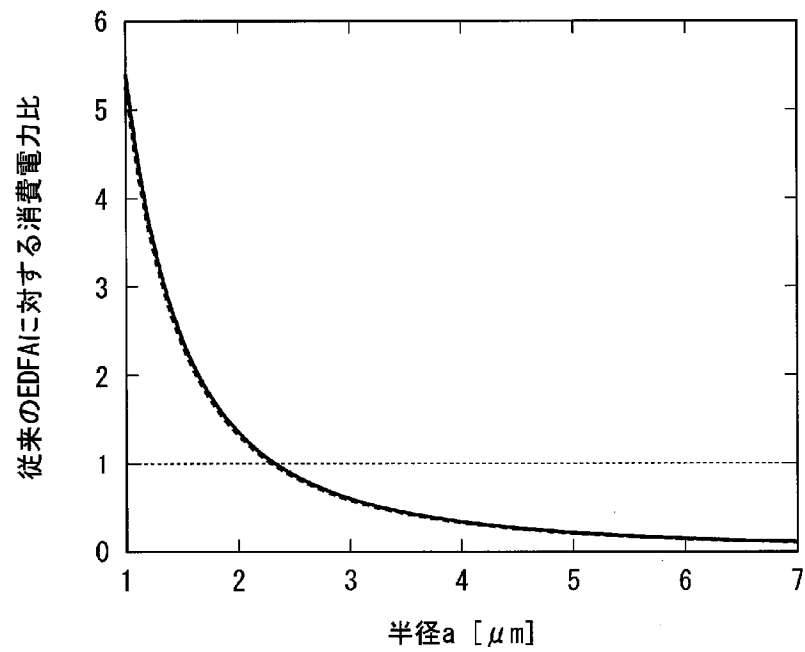
[図7]



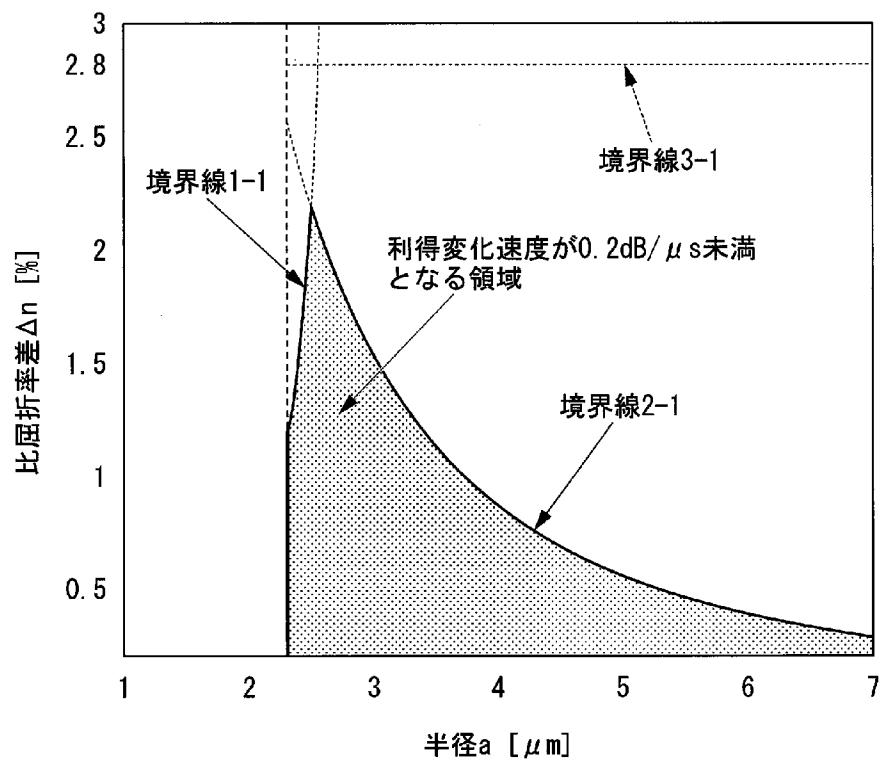
[図8]



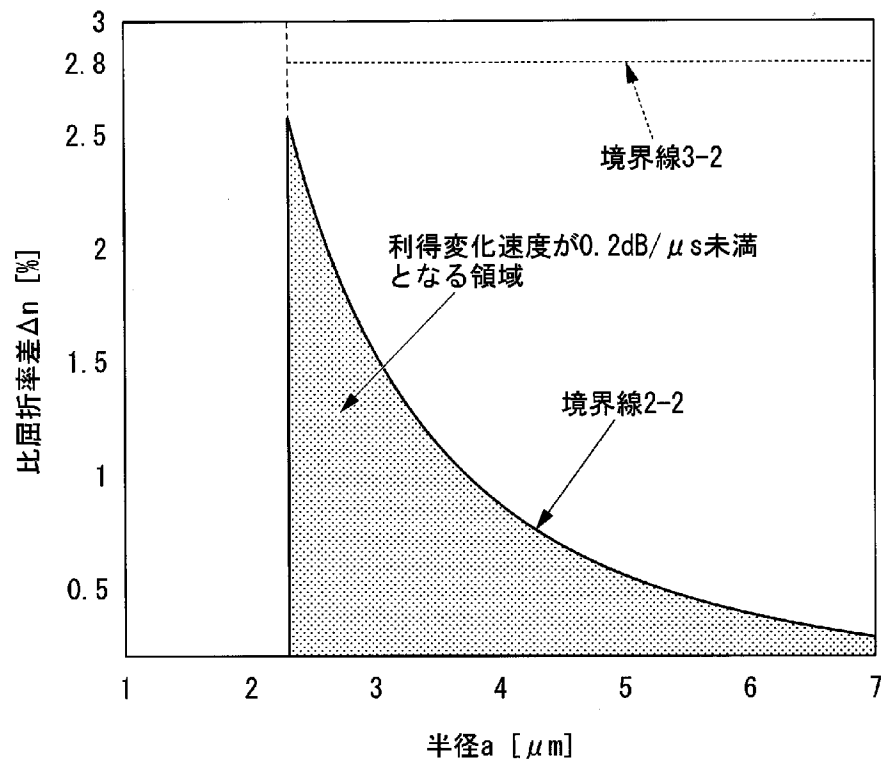
[図9]



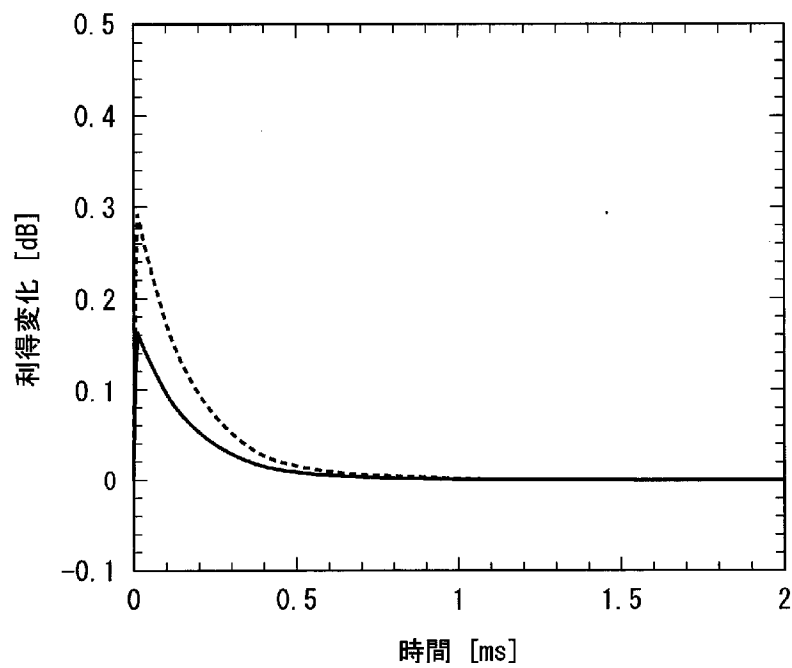
[図10]



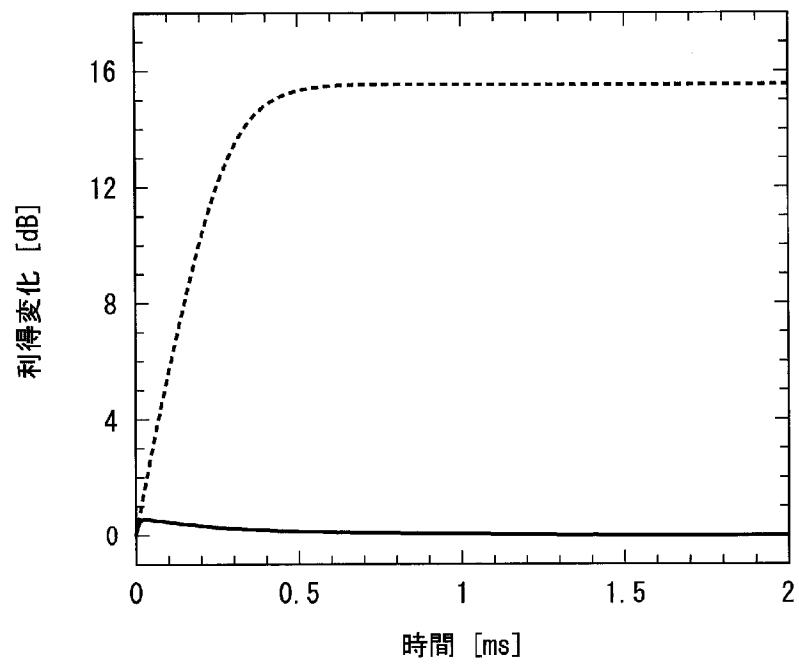
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/003499

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B6/02(2006.01)i, H01S3/067(2006.01)i, H01S3/10(2006.01)i
FI: H01S3/10D, H01S3/067, G02B6/02461

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. H01S3/00-3/02, 3/04-3/0959, 3/098-3/102, 3/105-3/131, 3/136-3/213, 3/23-4/00, G02B6/02-6/036, 6/10, 6/44

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.
X Y	JP 2002-141586 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 17.05.2002 (2002-05-17), paragraphs [0023]-[0025], [0030], fig. 1	1, 3-4, 6 2, 5, 7-9
X Y A	JP 2002-158384 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 31.05.2002 (2002-05-31), paragraphs [0018], [0027]-[0029], fig. 1	1, 3-4, 6 7-9 2, 5
Y	JP 2017-21070 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 26.01.2017 (2017-01-26), paragraphs [0023], [0039], fig. 2	2, 5, 7
Y	JP 9-26379 A (FUJITSU LIMITED) 28.01.1997 (1997-01-28), paragraphs [0044]-[0046], fig. 2	8
Y	JP 2015-90969 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 11.05.2015 (2015-05-11), paragraphs [0015], [0031], fig. 1	9
A	US 2014/0036348 A1 (CORNING INCORPORATED) 06.02.2014 (2014-02-06), entire text, all drawings	1-9



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
11.03.2020

Date of mailing of the international search report
24.03.2020

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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/003499

JP 2002-141586 A	17.05.2002	(Family: none)
JP 2002-158384 A	31.05.2002	US 2002/0033998 A1 paragraphs [0032], [0041]-[0043], fig. 1
JP 2017-21070 A	26.01.2017	(Family: none)
JP 9-26379 A	28.01.1997	(Family: none)
JP 2015-90969 A	11.05.2015	(Family: none)
US 2014/0036348 A1	06.02.2014	(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; H01S 3/067(2006.01)i; H01S 3/10(2006.01)i FI: H01S3/10 D; H01S3/067; G02B6/02 461										
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）） H01S3/00-3/02, 3/04-3/0959, 3/098-3/102, 3/105-3/131, 3/136-3/213, 3/23-4/00, G02B6/02-6/036, 6/10, 6/44										
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										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			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
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								
X	JP 2002-141586 A（日本電信電話株式会社）17.05.2002（2002-05-17） 段落0023-0025, 0030, 図1	1, 3-4, 6								
Y		2, 5, 7-9								
X	JP 2002-158384 A（住友電気工業株式会社）31.05.2002（2002-05-31） 段落0018, 0027-0029, 図1	1, 3-4, 6								
Y		7-9								
A		2, 5								
Y	JP 2017-21070 A（日本電信電話株式会社）26.01.2017（2017-01-26） 段落0023, 0039, 図2	2, 5, 7								
Y	JP 9-26379 A（富士通株式会社）28.01.1997（1997-01-28） 段落0044-0046, 図2	8								
Y	JP 2015-90969 A（古河電気工業株式会社）11.05.2015（2015-05-11） 段落0015, 0031, 図1	9								
A	US 2014/0036348 A1（CORNING INCORPORATED）06.02.2014（2014-02-06） 全文, 全図	1-9								
☐ 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 “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 11.03.2020		国際調査報告の発送日 24.03.2020								
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） 高 棕 健 司 2K 3715 電話番号 03-3581-1101 内線 3255								

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/JP2020/003499

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2002-141586	A	17.05.2002	(ファミリーなし)	
JP	2002-158384	A	31.05.2002	US 2002/0033998 A1 段落0032, 0041-0043, 図1	
JP	2017-21070	A	26.01.2017	(ファミリーなし)	
JP	9-26379	A	28.01.1997	(ファミリーなし)	
JP	2015-90969	A	11.05.2015	(ファミリーなし)	
US	2014/0036348	A1	06.02.2014	(ファミリーなし)	