

(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6月30日(30.06.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/104653 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01) G02B 6/38 (2006.01)
G02B 6/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/086113
- (22) 国際出願日: 2015年12月24日(24.12.2015)
- (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 2014-265175 2014年12月26日(26.12.2014) JP
特願 2015-156333 2015年8月6日(06.08.2015) JP
特願 2015-250459 2015年12月22日(22.12.2015) JP
- (71) 出願人: TOTO株式会社(TOTO LTD.) [JP/JP]; 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 近藤 祥(KONDO, Sho); 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内 Fukuoka (JP). 我妻 弘嗣(AGATSUMA, Hirotsugu); 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内 Fukuoka (JP). 箱▲崎▼ 悟史(HAKOZAKI, Satoshi); 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内 Fukuoka (JP). 兼

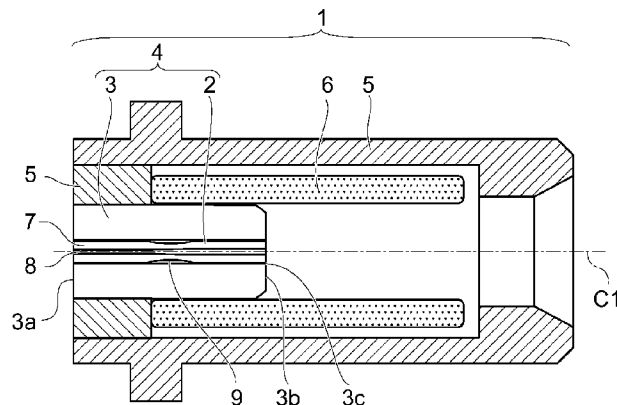
行 哲史(KANEYUKI, Satoshi); 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内 Fukuoka (JP). 富永 康平(TOMINAGA, Kohei); 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内 Fukuoka (JP). 佐藤 裕希(SATO, Hiroki); 〒8028601 福岡県北九州市小倉北区中島2丁目1番1号 TOTO株式会社内 Fukuoka (JP).

- (74) 代理人: 日向寺 雅彦, 外(HYUGAJI, Masahiko et al.); 〒2318966 神奈川県横浜市中区桜木町一丁目1番地8 日石横浜ビル Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL RECEPTACLE AND OPTICAL TRANSCEIVER

(54) 発明の名称: 光レセプタクル及び光トランシーバ



(57) Abstract: Provided is an optical receptacle equipped with: a fiber stub including an optical fiber having a core and a cladding, a ferrule having a through-hole, and an elastic member for affixing the optical fiber to the ferrule; and a retainer for retaining the fiber stub. The optical fiber has a first section in which the core diameter is small and the refractive index differential of the core and the cladding is large, a third section in which the core diameter is large and the refractive index differential of the core and the cladding is small, and a second section in which the core diameter transitions from the diameter in the first section to the diameter in the second section, and the refractive index differential of the core and the cladding transitions between one equal to or less than the refractive index differential of the first section and one equal to or greater than the refractive index differential of the third section. The elastic member is packed into a space between the optical fiber and the inner wall of the through-hole.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/104653 A1



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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

コアとクラッドを有する光ファイバと貫通孔を有するフェルールと光ファイバをフェルールに固定する弾性部材とを含むファイバスタブと、ファイバスタブを保持する保持具と、を備え、光ファイバは、コア径が小さくコアとクラッドの屈折率差が大きい第一部分と、コア径が大きくコアとクラッドの屈折率差が小さい第三部分と、コア径が第一部分の径から第三部分の径まで推移し、コアとクラッドの屈折率差が第一部分の屈折率差以下かつ第三部分の屈折率差以上の間で推移する第二部分を有し、弾性部材は光ファイバと貫通孔の内壁との間の空間に充填された光レセプタクルが提供される。

明 細 書

発明の名称：光レセプタクル及び光トランシーバ

技術分野

[0001] 本発明の態様は、一般に、光通信用の光トランシーバ、モジュールに係り、特に高速通信用モジュールに好適な光レセプタクルに関する。

背景技術

[0002] 光レセプタクルは、光通信用トランシーバの光モジュールにおいて光ファイバコネクタを受光素子や発光素子等の光素子と光学的に接続させるための部品として用いられる。

[0003] 近年、ＩＰトラフィックの増加に伴い光通信用トランシーバは高速化が要求されている。一般に、レセプタクル型光モジュールを採用するトランシーバ等の形状は規格化されており、光学素子の１つである半導体レーザーから出射する光信号の変調速度を高速化すると、電気回路に必要なスペースが大きくなり、光モジュールの小型化が求められている。

[0004] 半導体レーザー素子のモードフィールド径は、一般的に光信号の伝送路として用いられる光ファイバのコア径１０μmよりも小さい。

[0005] 近年では光トランシーバの通信速度をより高速化するため、単一のモジュール内に複数の半導体レーザーを有し、各半導体レーザーから出射された光を、板状部材の内部に形成された光導波路内で１つ導波路に合波した後、光レセプタクルの光ファイバと光学的に結合する構造の光モジュールも使われている。これらの光モジュールでは、小型化するために前述の光導波路を持つ板状部材を小型化する必要があり、光導波路のコア径は小さくなる傾向がある。

[0006] 発光素子に代えて受光素子を用いる光モジュールにおいても、より高速、より長距離通信用途で用いるために、受光素子の受光径を小さくする傾向がある。

[0007] 半導体レーザー素子から出射された光をファイバコアに集光する、または

ファイバコアから出射された光を受光素子に集光するためのレンズは、光学素子のモードフィールド径とファイバコア径に差がある場合には倍率機能を有する必要があるが、差が大きければ大きいほど、レンズの焦点距離が長くなる、または必要レンズ枚数が多くなり光学系が複雑かつ高価になる問題があった。

[0008] モジュール全長が長くなることまたは光学系の複雑化を防ぐために、レンズによる倍率は小さく抑え、代わりに光ファイバの光学素子側端面の一部のファイバ先端にレンズを形成したり、G Iファイバを融着することで入射された光のモードフィールド径を拡大しファイバに最適なモードフィールド径をファイバ端面に入射する方法が知られている（例えば参考文献1）。

[0009] しかしながら先行文献1の方法は、周期的にモードフィールド径が変化するG Iファイバを用いるため、最適なモードフィールド径を得るためにはG Iファイバの長さを厳密に管理しなければならず、製造上の管理が困難であるという課題があった。

[0010] また、G Iファイバのように径方向に対してコア中心から外周部にかけて段階的に屈折率が異なるファイバを融着するとき、ファイバ端面を溶かして一体化させる融着技術では屈折率の異なるコアが溶け出し混ざりあってしまうため、融着部周辺の屈折率を管理することが困難であり、光損失が大きくなってしまいう課題があった。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開2006-154243号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 本発明の態様は、上記問題を解決するためになされたもので、光ファイバの光学素子側端面のコアを小さくし、かつ一般的に伝送路に用いられるファイバよりもコアとクラッドの屈折率差の大きいファイバを融着することで、

光モジュール全長を短くすることに貢献しながら、一般的に伝送路に用いられるファイバとコアとクラッドの屈折率差の大きいファイバの融着部分に屈折率およびコア径が緩やかに推移する部分を形成することで、モードフィールドの変換効率を抑え、結果として光学素子からプラグフェルールまでの結合効率の低下を抑制することができる光レセプタクル及び光トランシーバ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

[0013] 本発明の一態様によれば、光を導通するためのコアとクラッドを有する光ファイバ、前記光ファイバが固定される貫通孔を有するフェルール、前記光ファイバを前記貫通孔に固定する弾性部材、を含むファイバスタブと、前記ファイバスタブを保持する保持具と、を備え、前記光ファイバは、前記フェールのプラグフェルールと光学的接続する側の一端面と、前記一端面とは反対側の他端面を有し、前記光ファイバは、前記他端面側の第1の部分と、前記一端面側の第3の部分と、前記第1の部分と前記第3の部分との間に第2の部分とを有し、前記第1の部分におけるコア径は、前記第3の部分におけるコア径より小さく、前記第2の部分におけるコア径は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって大きくなり、前記弾性部材は、前記光ファイバと前記貫通孔の内壁との間の空間に充填されたことを特徴とする光レセプタクルが提供される。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第一の実施形態を示す光レセプタクルの模式断面図である。
[図2]本発明の第一の実施形態におけるファイバスタブの拡大断面図である。
[図3]本発明の第一の実施形態における第2部分が線形に拡大している状態の拡大断面図である。
[図4]本発明の第一の実施形態におけるビーム伝播の模式図である。
[図5]本発明の第一の実施形態における第2部分が非線形に拡大している状態の拡大断面図である。
[図6]本発明の第一の実施形態における第2部分に段差を有している状態の拡大断面図である。

大断面図である。

[図7]本発明の第一の実施形態における第2部分を例示する模式断面図である。

[図8]本発明の第二の実施形態におけるファイバスタブの拡大断面図である。

[図9]第二部分の変換部長さに関する解析の一例を例示する模式図である。

[図10]第二部分の変換部長さに関する解析結果を表すグラフ図である。

[図11]第二部分の変換部長さに関する解析結果の光強度分布を表すコンタ図とグラフ図である。

[図12]図12(a)～図12(c)は、第一部分の長さに関する解析を例示する模式図である。

[図13]本発明の第三の実施形態におけるファイバスタブを例示する模式断面図である。

[図14]図14(a)及び図14(b)は、本発明の第四の実施形態における光トランシーバを例示する模式図である。

発明を実施するための形態

[0015] 第1の発明は、光を導通するためのコアとクラッドを有する光ファイバ、前記光ファイバが固定される貫通孔を有するフェルール、前記光ファイバを前記貫通孔に固定する弾性部材、を含むファイバスタブと、前記ファイバスタブを保持する保持具と、を備え、前記光ファイバは、前記フェルールのプラグフェルールと光学的接続する側の一端面と、前記一端面とは反対側の他端面を有し、前記光ファイバは、前記他端面側の第1の部分と、前記一端面側の第3の部分と、前記第1の部分と前記第3の部分との間に第2の部分を有し、前記第1の部分におけるコア径は、前記第3の部分におけるコア径より小さく、前記第2の部分におけるコア径は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって大きくなり、前記弾性部材は、前記光ファイバと前記貫通孔の内壁との間の空間に充填されたことを特徴とする光レセプタクルである。

[0016] この光レセプタクルによれば、フェルールのプラグフェルールと光学的接

続する側とは反対側の端面におけるコア径が、フェルールのプラグフェルールと光学的接続する側の端面におけるコア径よりも小さいため、光モジュールの長さを小さくすることができる。

また、第2の部分形成することで、第1の部分から第3の部分へ推移していく際に、コア形状の急激な変化を抑えることができるため、第2の部分での光学的損失を抑えることができる。

さらに、第1の部分と第3の部分は形状が軸方向に対して変化せず、光の損失も小さいため、第2の部分は光フェルール内径部のどこに所在しても問題はない。これにより、ファイバの精密な長さ管理を必要とせず、経済的にレセプタクルを製造することができる。

[0017] 第2の発明は、第1の発明において、前記第1の部分のコアの屈折率、前記第2の部分のコアの屈折率、および前記第3の部分におけるコアの屈折率は互いに等しく、前記第1の部分のクラッドの屈折率は、前記第3の部分のクラッドの屈折率より小さく、前記第2の部分のクラッドの屈折率は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって大きくなることを特徴とする光レセプタクルである。

[0018] この光レセプタクルによれば、屈折率差の大きいファイバを用いることで、小さいコア径でも光を散乱させることなく閉じ込めることができ、光がファイバに入射する際の損失を抑えることができる。また、第2の部分形成することで、第1の部分から第3の部分へ推移していく際に、屈折率差の急激な変化を抑えることができるため、第2の部分での光学的損失を抑えることができる。また、コアの素材を共通化することができ、第1の部分、第2の部分、第3の部分の接続部におけるコア同士の屈折率差が存在しないため、接続部の反射による損失をおさえることができる。

[0019] 第3の発明は、第1の発明において、前記第1の部分のクラッドの屈折率、前記第2の部分のクラッドの屈折率、および前記第3の部分におけるクラッドの屈折率は、互いに等しく、前記第1の部分のコアの屈折率は、前記第3の部分のコアの屈折率より大きく、前記第2の部分のコアの屈折率は、前

記第 1 の部分側から前記第 3 の部分側に向かって小さくなることを特徴とする光レセプタクルである。

[0020] この光レセプタクルによれば、クラッドが同一素材で形成できるため、クラッドが一様な物性を持つことができる。それにより、融点も一樣になるため融着時のクラッド外径の成形を容易に行うことができる。

[0021] 第 4 の発明は、第 1 ～ 3 いずれか 1 つの発明において、前記第 2 の部分のコア径は、前記第 1 の部分側から前記第 3 の部分側に向かって線形に大きくなることを特徴とする光レセプタクルである。

[0022] この光レセプタクルによれば、第 2 の部分に進入したレーザーが放射状に広がっていったとしても、クラッドとコアの境界には小さい角度で入射されることとなり、光が全反射することによりクラッド側に光が逃げていくことを防ぐことができる。

[0023] 第 5 の発明は、第 1 ～ 3 のいずれか 1 つの発明において、前記第 2 の部分のコア径は、前記第 1 の部分側から前記第 3 の部分側に向かって非線形に大きくなることを特徴とする光レセプタクルである。

[0024] この光レセプタクルによれば、第 2 の部分を形成する際の融着ファイバ引っ張り速度、融着放電時間やパワーに精度の高い制御を必要としないため、製造が比較的容易に可能とすることができる。

[0025] 第 6 の発明は、第 1 ～ 3 のいずれか 1 つの発明において、前記第 2 の部分のコアは、前記第 1 の部分側から前記第 3 の部分側にかけて、前記第 2 の部分のコア径が大きくなっている領域の一部に段差を有することを特徴とする光レセプタクルである。

[0026] この光レセプタクルによれば、第 2 の部分を形成する際の融着ファイバ引っ張り速度、融着放電時間やパワーに精度の高い制御を必要としないため、製造が比較的容易に可能とすることができる。また、この形状を取れば融点の異なるファイバでも接続することができるため、融着に用いるファイバの選択肢を広げることができる。

[0027] 第 7 の発明は、第 1 ～ 6 のいずれか 1 つの発明において、前記第 1 の部分

におけるコア径が、 $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $8\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光レセプタクルである。

[0028] この光レセプタクルによれば、微細な光導波路から放出された光に対して、ファイバ側がMFDを小さくすることで、ファイバに入射する際に光のズームを必要としなくなる。それにより結合距離の短縮を図れると共に、レンズの簡略化にも貢献することができる。

[0029] 第8の発明は、第1～7のいずれか1つの発明において、前記第1の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、前記第3の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差より大きいことを特徴とする光レセプタクルである。

[0030] この光レセプタクルによれば、第1の部分において、第3の部分よりも小さいビームウエストの光を伝える場合に、シングルモードでかつ損失少なく光を伝播することができる。

[0031] 第9の発明は、第1～8のいずれか1つの発明において、前記第1の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、前記第2の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差より大きいことを特徴とする光レセプタクルである。

[0032] この光レセプタクルによれば、第1の部分において、第2の部分よりも小さいビームウエストの光を伝える場合に、シングルモードでかつ損失少なく光を伝播することができる。

[0033] 第10の発明は、第1～9のいずれか1つの発明において、前記第3の部分におけるコア径が、 $8\mu\text{m}$ 以上、 $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする光レセプタクルである。

[0034] この光レセプタクルによれば、現在一般的に使用されている光通信用シングルモードファイバとMFDをそろえることができるため、プラグフェルールと結合する場合のMFD差に起因する結合損失を抑えることができる。

[0035] 第11の発明は、第1～10のいずれか1つの発明において、前記第3の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、前記第2の部分に

おけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差より小さいことを特徴とする光レセプタクルである。

[0036] この光レセプタクルによれば、第3の部分において、第2の部分よりも大きいビームウェストの光を伝える場合に、シングルモードでかつ損失少なく光を伝播することができる。

[0037] 第12の発明は、第1～11のいずれか1つの発明において、前記第2の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率の差は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって小さくなることを特徴とする光レセプタクルである。

[0038] この光レセプタクルによれば、第1の部分側から第3の部分側に向かって徐々に屈折率が小さくなることで、第1の部分と第3の部分の急激な屈折率の変化を防ぐことができ、第1の部分と第3の部分の結合位置における反射や散乱による光損失を抑えることができる。

[0039] 第13の発明は、第1～12のいずれか1つの発明において、前記第1の部分における前記光ファイバの外径は、前記第3の部分における前記光ファイバの外径と等しいことを特徴とする光レセプタクルである。

[0040] この光レセプタクルによれば、第1の部分と第3の部分の外形が等しいことにより、第1の部分と第3の部分の中心軸ずれを防止することができ、軸ずれに起因する融着損失を抑えることができる。

[0041] 第14の発明は、第1～13のいずれか1つの発明において、前記第2の部分における前記光ファイバの外径は、前記第1の部分における前記光ファイバの外径よりも小さいことを特徴とする光レセプタクルである。

[0042] この光レセプタクルによれば、光ファイバの外径が細くなる第2部分の外周には弾性部材が楔状に存在するため、光ファイバがフェルールよりも外側に突き出ることを抑え、光ファイバの外周のカケやクラックを抑制することができる。

[0043] 第15の発明は、第1～14のいずれか1つの発明において、前記第2の部分における前記光ファイバの外径は、前記第3の部分における前記光ファ

イバの外径よりも小さいことを特徴とする光レセプタクルである。

[0044] この光レセプタクルによれば、第2の部分と第3の部分のクラッド外径に差を持たせることで、第2の部分のクラッドの外側に充填された弾性部材による楔作用をより効果的にする事ができる。

[0045] 第16の発明は、第1～15のいずれか1つの発明において、前記第1の部分、前記第2の部分、および前記第3の部分は、全域に渡って前記貫通孔内に配設されていることを特徴とする光レセプタクルである。

[0046] この光レセプタクルによれば、光ファイバの全体がフェルールの貫通孔内に存在するため、外力による光ファイバの折れやクラックといった不具合を抑制する事ができる。

[0047] 第17の発明は、第1～15のいずれか1つの発明において、前記第1の部分は、前記フェルールから突出した部分を有し、前記第2の部分及び前記第3の部分は、全域に亘って前記貫通孔内に配設されていることを特徴とする光レセプタクルである。

[0048] この光レセプタクルによれば、光ファイバをフェルール端面から突出させることで、光学素子と光レセプタクルとを光学的に接続する際の調芯が容易になる。

[0049] 第18の発明は、第1～17のいずれか1つの発明において、前記ファイバスタブのプラグフェルールと光学的接続する側とは反対側の端面において、前記フェルールの端面の一部と前記光ファイバの端面が、前記ファイバスタブの中心軸に対して垂直となる面から所定の角度をもつことを特徴とする光レセプタクルである。

[0050] この光レセプタクルによれば、フェルールの端面の一部と光ファイバの端面とをファイバスタブの中心軸に対して垂直となる面から所定の角度をもつように研磨することで、光レセプタクルに接続される発光素子から出射され光ファイバに入射する光のうちで、光ファイバの端面で反射した光が発光素子に戻ることを防止し、光学素子を安定して動作させることができる。

[0051] 第19の発明は、第1～18のいずれか1つの発明において、前記第1の

部分、前記第2の部分、および前記第3の部分は、一体でできていることを特徴とする光レセプタクルである。

[0052] この光レセプタクルによれば、光ファイバを一体で形成することで、第1部分、第2部分、第3部分それぞれの境界に空隙が発生することを防ぐことにより、光損失を抑えることができる。

[0053] 第20の発明は、第1～19のいずれか1つの発明において、前記ファイバスタブの中心軸に沿った前記第1の部分の長さは、5 μ m以上であることを特徴とする光レセプタクルである。

[0054] この光レセプタクルによれば、光ファイバの長さ及び研磨のばらつきを原因とした光損失を抑制することができる。

[0055] 第21の発明は、第1～20のいずれか1つの発明において、前記ファイバスタブの中心軸に沿った前記第3の部分の長さは、5 μ m以上であることを特徴とする光レセプタクルである。

[0056] この光レセプタクルによれば、光ファイバの長さ及び研磨のばらつきを原因とした光損失を抑制することができる。

[0057] 第22の発明は、第1～21のいずれか1つの光レセプタクルを備えたことを特徴とする光トランシーバである。

[0058] この光トランシーバによれば、光ファイバの光学素子側端面のコアを小さくし、かつ一般的に伝送路に用いられるファイバよりもコアとクラッドの屈折率差の大きいファイバを融着することで、光モジュール全長を短くすることに貢献しながら、一般的に伝送路に用いられるファイバとコアとクラッドの屈折率差の大きいファイバの融着部分に屈折率およびコア径が緩やかに推移する部分を形成することで、モードフィールドの変換効率を抑え、結果として光学素子からプラグフェルールまでの結合効率の低下を抑制することができる。

[0059] 以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態について例示をする。尚、各図面中同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

[0060] (第一の実施形態)

図 1 は、本発明の第一の実施形態を示す光レセプタクルの模式断面図である。

光レセプタクル 1 は、光ファイバ 2 と光ファイバ 2 を保持する貫通孔 3 c を有するフェルール 3 と弾性部材 9 とを含むファイバスタブ 4 と、ファイバスタブ 4 を保持する保持具 5 と、ファイバスタブ 4 の先端を一端で保持し、他端で光レセプタクル 1 に挿入されるプラグフェルールを保持可能なスリーブ 6 からなり、光ファイバ 2 はフェルール 3 の貫通孔 3 c に弾性部材 9 を用いて接着固定されている。なお、光レセプタクル 1 に挿入されるプラグフェルールは図示されていない。

[0061] フェルール 3 に適する材質はセラミックス、ガラス等が挙げられるが、本実施例ではジルコニアセラミックスを用い、その中心に光ファイバ 2 を接着固定し、プラグフェルールと光学的接続される一端（端面 3 b : 図 1 参照）を凸球面に研磨して形成した。また、光レセプタクル 1 の組立てにおいて、ファイバスタブ 4 は保持具 5 に圧入固定されることが多い。

[0062] スリーブ 6 に適する材質は樹脂、金属、セラミックス等があげられるが、本実施例では全長方向にスリットを有するジルコニアセラミックス製の割リスリーブを用いた。スリーブ 6 は一端でファイバスタブ 4 の凸球面に研磨された先端部（端面 3 b）を保持し、他端で光レセプタクルに挿入されるプラグフェルールを保持するようになっている。

[0063] 光ファイバ 2 は、中心軸 C 1 に沿って延在するコア 8 と、コア 8 の周囲を囲むクラッド 7 と、を有する。例えば、コアの屈折率は、クラッドの屈折率よりも高い。光ファイバ（コア 8 及びクラッド 7）の材料としては、例えば石英ガラスが挙げられる。石英ガラスには不純物が添加されていてもよい。

[0064] ファイバスタブ 4 は、プラグフェルールと光学的接続される一端面（端面 3 b）と、当該一端面とは反対側の他端面（端面 3 a）と、を有する。コア 8 は、端面 3 a 及び端面 3 b においてクラッド 7 から露出している。

[0065] 例えば、端面 3 a 側に半導体レーザ素子等の光学素子が配置される。半導体レーザ素子等から出射された光は、端面 3 a 側から光レセプタクル 1 に入

射し、コア 8 内を伝搬する。または、端面 3 b からコア 8 に入射した光は、コア 8 内を伝搬し、端面 3 a 側から光学素子へ向けて出射される。

[0066] 端面 3 a と半導体レーザ素子等の光学素子等との間に、アイソレータ等の光学素子を設けてもよい。アイソレータは、例えば、偏光角度を回転させる素子（ファラデー素子等）や偏光子を有し、光を 1 方向にのみ透過させる。これにより、例えば、端面 3 a で反射された戻り光によるレーザ素子の損傷や、ノイズ等を抑制することができる。

[0067] また、ファイバスタブ 4 は、端面 3 b が中心軸 C 1 と直交する平面に対して傾斜するように、研磨されていてもよい。すなわち、凸球面状の端面 3 b は、中心軸 C 1 と直交する平面に対して傾斜する斜め凸球面であってもよい。これにより、光レセプタクル 1 は、端面 3 b において A P C (Angled Physical Contact) コネクタと光学的に接続され、接続点における反射や接続損失を抑制することができる。

[0068] 図 2 は、本発明の第一の実施形態におけるファイバスタブの拡大断面図である。

光ファイバ 2 は第一部分（第 1 の部分 2 1）、第二部分（第 2 の部分 2 2）、第三部分（第 3 の部分 2 3）を融着した一本のファイバである。光ファイバ 2 の第一部分は第一部分クラッド 7 a と第一部分コア 8 a からなり、第二部分は第二部分クラッド 7 b と第二部分コア 8 b からなり、第三部分は第三部分クラッド 7 c と第三部分コア 8 c からなり、ファイバスタブ 4 の凸球面に研磨した端面 3 b 側に第三部分が、中央に第二部分が、端面 3 b とは反対側の光学素子と光学接続される端面 3 a 側に第一部分が配置されている。なお、第一部分クラッド 7 a、第二部分クラッド 7 b 及び第三部分クラッド 7 c は、図 1 に関して説明したクラッド 7 に含まれる。また、第一部分コア 8 a、第二部分コア 8 b 及び第三部分コア 8 c は、図 1 に関して説明したコア 8 に含まれる。

[0069] 第一部分のコア径 D 1 は、第三部分のコア径 D 3 よりも小さく、第二部分のコア径 D 2 は第一部分から第三部分に推移するにつれて徐々に大きくなっ

ている（例えば図3を参照）。また、第一部分のファイバ外径 D_4 と第三部分のファイバ外径 D_6 は同じ大きさであるが、第二部分のファイバ外径 D_5 はそれらよりも小さい（例えば図3を参照）。なお、コア径は、光軸（中心軸 C_1 ）と直交する方向に沿ったコアの長さ、すなわちコアの直径である。また、ファイバ外径は、中心軸 C_1 と直交する方向に沿ったファイバの長さ（クラッドの長さ）、すなわちファイバの直径である。

[0070] 第二部分を形成する手法としては、第一部分と第三部分を融着する際に、融着部の外周から石英の融点以上の熱を加えながら光ファイバ融着部を引き伸ばす方法等が挙げられる。第二部分のファイバスタブ4の中心軸 C_1 方向の長さは、最も損失が少ない長さとして熱を加えながら引き伸ばす事ができる限界の長さを考えて設計する必要がある。その長さとしては10マイクロメートル（ μm ）以上から1000 μm であることが望ましい。

[0071] 図3、図4、図5、図6及び図7に第二部分の形状について示す。

[0072] 図3は、第二部分のコア径 D_2 が第一部分から第三部分に推移していくにつれて線形的に拡大していく様子を示している。この形状をとることにより、第二部分に進入したレーザーが広がり角 α で広がっていったとしても、図4で示すように、壁に対して小さい角度 α' で入射され、クラッド側に光が逃げていくことを防ぐ。ただし、この形状を作成するためには、ファイバを引っ張る速度とファイバに熱を加えるための放電量や放電タイミング、放電位置を厳密に制御しなくてはならず、形状形成の難易度は比較的高い。

[0073] 図5は、第二部分のコア径 D_2 が第一部分から第三部分に推移していくにつれて非線形に拡大していく様子を示している。この形状をとることにより、線形でコアが拡大していく時よりも変換部（第二部分）における損失は大きくなる可能性はあるが、上記制御項目に関して許容値が広がるため、放電量や放電タイミングが制御できないような製造機器に置いても、比較的簡単な制御によって作成できる利点がある。

[0074] 図6は、第二部分のコア径 D_2 が第一部分から第三部分に推移していくにつれてコアが非線形に拡大しつつも、クラッド7とコア8との境の一部がフ

ファイバ中心軸C 1 に対してほぼ垂直となる部分S 1（本明細書ではこれを段差と呼ぶ）を有している状態を示している。この形状をとることにより、融着時に第二部分全域にわたって熱を伝えることが困難な場合でも作成することができる利点がある。

[0075] それぞれの部分のクラッドの屈折率とコアの屈折率の差の大きさは、第一部分が最も大きく、次いで第二部分が大きく、第三部分が最も小さい。第二部分に関しては第一部分と第三部分の融着時に形成されるという理由から、屈折率差は第一部分側では大きく、第三部分側に寄るにつれて徐々に屈折率差は小さくなっていく。

[0076] レーザーはあるビームウェスト径D 7の状態まで集光された場合、広がり角 α 度で広がっていく特性を持つ。つまり、広がり角またはビーム径どちらか一方が決定すれば、もう一方も必然的に決定する。

[0077] コアとクラッドの屈折率差を生じさせる方法として、石英ガラスにエルビウムやゲルマニウムなど希土類を添加する方法が知られており、添加する対象は、コア、クラッド、またはその両方が挙げられる。石英ガラス中の添加物質や濃度によって、屈折率を調整することができる。第一部分、第二部分、第三部分それぞれにおいて、コアの屈折率とクラッドの屈折率とは、それぞれ1.4以上1.6以下程度である。コアとファイバの屈折率の差によって入射できるNA（開口度）が決定するため、第一部分に用いるファイバは、第一部分に入射するレーザーの広がり角 α とNAが一致するように屈折率差を持たせたファイバを用いる必要がある。

[0078] 広がり角が決定すれば入射径も決まるため、屈折率差と合わせて、入射するビーム径にあわせたMFD（モードフィールド径）を持つファイバを用いる必要がある。

[0079] 第一部分、第三部分の中心軸C 1方向の長さは、入射した光が単一のモードに落ち着くまでの距離を確保するためにそれぞれ100 μ m以上持つことが望ましく、第二部分がフェルール3の貫通孔3cの中央付近に配置されるように調整されることが望ましい。

- [0080] ファイバスタブ4において光ファイバ2はフェルール3の貫通孔3cに弾性部材（接着剤）9を用いて固定される。ここで接着剤に適する材料としてはエポキシ、シリコン等の樹脂系接着剤があげられるが、本実施例では高温硬化型のエポキシ系接着剤を用いた。なお、フェルール3の貫通孔3c内において、光ファイバ2とフェルール3の内壁との間に存在する空間には同接着剤が隙間無く充填されている。
- [0081] ここで、図1～図6に表した例では、第二部分のファイバ外径D5は、第一部分のファイバ外径D4よりも小さく、第三部分のファイバ外径D6よりも小さいため、貫通孔3c内においてフェルール3と第二部分のファイバ外周との間に隙間が発生する。この隙間に接着剤として弾性部材9が隙間無く充填される。これにより、第二部分のファイバの外側に充填された弾性部材9がファイバに対しての楔となり、ファイバスタブ4と光レセプタクル1に挿入されるプラグフェルールとが光学接続を行うために接触し、軸方向に平行に外力が作用したとしても、ファイバスタブ4又は光ファイバ2が軸方向に移動することを抑制する。
- [0082] また、第二部分は、第一部分と第三部分とを融着させることで形成されるため、形成条件によっては、第二部分の強度は、第一部分の強度又は第三部分の強度よりも低い場合がある。これに対して、第二部分の外周に弾性部材9が充填されることにより、第二部分を補強することができる。
- [0083] 但し、実施形態においては、図7に表したように、第二部分のファイバ外径D5は、第一部分のファイバ外径D4又は第三部分のファイバ外径D5と実質的に同じであってもよい。この形状をとることにより、融着によって光ファイバ2を形成するときに、放電量や放電タイミングの制御を比較的簡単とすることができる。
- [0084] また、通常、光レセプタクル1では光を光ファイバ2に入射する、または光ファイバ2より光を出射する際に光ファイバ2の端面2a（図2を参照）での光の反射を防ぐため、ファイバスタブ4の凸球面に研磨された端面3bとは反対側の端面3aにおいて、光ファイバ2の端面2aはフェルール3の

中心軸C 1（ファイバスタブの中心軸と同じ）に対して略垂直な平面となるように研磨される。ここで略垂直とは、中心軸C 1に対して85度～95度程度であることが望ましい。

[0085] 本発明の第一の実施形態では、光ファイバ2の端面2 aはファイバスタブ4の中心軸C 1に対して垂直となる平面に研磨されており、さらに光ファイバ2の端面2 aとフェルール3の端面3 aはほぼ同一平面上に存在している。ここでほぼ同一平面上とは、光ファイバ2の端面2 aとフェルール3の端面3 aとの間の距離が $-250\text{ nm} \sim +250\text{ nm}$ 程度であることが望ましい。

[0086] ファイバスタブ4の凸球面に研磨した端面3 bとは反対側の端面3 aにおいて、光ファイバ2のコア8の中心は、フェルール3の中心から0.005ミリメートル（mm）の範囲内に存在する。これにより、光ファイバ2のコア8の位置を制御することで、光モジュールの組み立て時の接続ロスを小さくし、容易に光モジュールを組み立てることができる。

[0087] ファイバスタブ4の凸球面は通常フェルール3の中心軸C 1に対して垂直な平面上に形成されているが、垂直となる面から所定の角度（例えば4度～10度）を持つ平面上に形成されても良い。

[0088] （第二の実施形態）

図8は、本発明の第二の実施形態を示す光レセプタクルの模式断面図である。

光レセプタクル1を構成する部材は第一の実施形態と同様であり、光ファイバ2と光ファイバ2を保持する貫通孔3 cを有するフェルール3の凸球面に研磨された端面3 b（図8参照）とは反対側の端面3 a（図8参照）において、光ファイバ2の端面2 aとフェルール3の端面3 bの一部が、フェルール3の中心軸C 1に対して垂直となる面から所定の角度（例えば4度～10度）を持つ平面となるように研磨されている。

[0089] このことにより、光レセプタクル1に接続される発光素子から出射され光ファイバ2に入射する光のうちで、光ファイバ2の端面2 aで反射した光が

発光素子に戻ることを防止し、光学素子を安定して動作させることができる。

[0090] 通常、ファイバスタブ4におけるフェルール3の中心軸C1に対して垂直となる面から所定の角度を持つ面を形成するためには、フェルール3の貫通孔3cに光ファイバ2を挿入し、接着剤で固定した後にフェルール3と光ファイバ2を同時に研磨して形成する。

[0091] 本発明の第一、および第二の実施形態では、第二部分の外径が細くなった部分2bの外周に、光ファイバ2をフェルール3の貫通孔3c内に固定するための弾性部材（接着剤）9が充填されている。このため、光ファイバの中心軸C1と平行な力が作用したとしても、弾性部材が楔として作用し、ファイバの中心軸方向のズレを抑制することができるため、接触不良に伴う損失やファイバがフェルールから飛び出す現象が起きにくくなる。

[0092] 次に、本発明者が実施した第一部分の光ファイバのコア径、屈折率、第二部分の中心軸C1方向の長さに関する検討について、図面を参照しつつ説明する。

図9～図11は、検討に用いた解析条件および解析結果の一例を例示する模式図である。

[0093] まず、コア径について説明する。

図9は、本検討で用いた光ファイバを表す模式断面図である。

直径 w_1 のビームウェストを持つビームが直径 w_2 のMFDを持つファイバに入射される場合、光軸垂直方向の軸ずれ、角度ずれ、光軸方向のずれがないと仮定すると結合効率 η は以下の式で求められることが知られている。

[0094]

[数1]

$$\eta = \frac{4}{\left(\frac{w1}{w2} + \frac{w2}{w1}\right)^2}$$

[0095] この理論式によれば、レーザのビームウェストとファイバのMFDが一致する $w1 = w2$ の時に効率は1(100%)になる事がわかる。また、シングルモードファイバのMFDは、コア径が0～10 μm の範囲においては、波長によって変動するがファイバのコア径よりも直径が0.5～4 μm 大きくなることが知られている。この事実より、ファイバのコア径は入射されるビームウェストよりも0.5～4 μm 程度小さいことが望ましい。

[0096] 屈折率差について説明する。光がシングルモードファイバの中を伝播していくには、光の広がり角 $\theta 1$ とファイバの受光角 $\theta 2$ とが一致していることが望ましい。なお、この $\theta 1$ は、次式で求められることが知られている。

[0097] [数2]

$$\theta 1 = \tan^{-1}\left(\frac{\lambda}{\pi w1}\right) = \frac{\lambda}{\pi w1}$$

[0098] この式によれば、入射されるレーザービームのビームウェスト $w1$ が分か

れば広がり角 θ_1 を求めることができる。また、ファイバの受光角 θ_2 は、
[数3]

$$\theta_2 = \sin^{-1} \sqrt{n_{core}^2 - n_{clad}^2}$$

に示されるとおり、コアの屈折率 n_{core} とクラッドの屈折率 n_{clad} から求められることが分かっている。

[0099] 入射されるビームウェスト w_1 が決定されれば、そのビームの広がり角も必然的に決定されるため、ファイバのコアとクラッドの屈折率差は $\theta_2 = \theta_1$ となるように決定されなければならない。例えば、コアとクラッドに石英ガラスを用いた場合、コアとクラッドの屈折率は 1.4 ~ 1.6 程度の範囲で推移する。

[0100] 第二部分の中心軸 C1 方向の長さについて説明する。この長さの違いによる効果を確認するために、光 CAE 解析を実施した。本検討では第一部分のコア径 D_1 は $3 \mu\text{m}$ 、第一部分コア 8a の屈折率は 1.49、第三部分のコア径 D_3 は $8.2 \mu\text{m}$ 、第三部分コア 8c の屈折率は 1.4677、ファイバ全長を $1000 \mu\text{m}$ 、各部分のクラッド (7a と 7b と 7c) の屈折率は共通で 1.4624、入射されたビームのビームウェスト径 D_7 は $3.2 \mu\text{m}$ とした。この条件の下で、第二部分の中心軸 C1 方向の長さを $0 \mu\text{m}$ から $500 \mu\text{m}$ まで $100 \mu\text{m}$ 刻みで変化させた場合に、光強度がどのように変化するか計算した。なお、第一部分と第三部分の長さはそれぞれ $(1000 \mu\text{m} - \text{第二部分長さ}) \div 2$ とした。

[0101] この解析の解析結果をまとめたグラフを図 10 に示す。横軸は第二部分の中心軸 C1 方向の長さ、縦軸は入射された光を 1 としたときの、ファイバ射出端における光の強度を対数表示したものである。この解析結果によれば、

第二部分の中心軸C1方向の長さが長くなれば、光ファイバ2の内部における損失が小さくなる。その変化の様子としては、0～100 μ mまでは長さが増加することにより損失は急激に低下し、100 μ m以上では損失はほぼ横ばいとなる。これより、第二部分の長さは100 μ m以上であることが望ましいと考えられる。

[0102] 図11は、本解析条件の一例において、ファイバ内の光強度分布をコンタ図とグラフで示した図である。グラフの縦軸はファイバの入射端からの距離、横軸は光の強度を示している。このグラフで特筆すべきことは、第一部分と第三部分を伝播していく過程において、光はほぼ減衰しないという点である。入射された光は当初光の干渉によって強度が減少するものの、それが出射端からある程度伝播したところで安定する。その後は一定の値を保ったまま第二部分に入る。第二部分ではMFDの変換および屈折率の変化による損失が発生するため光強度は低下し、その後第三部分へと入る。第三部分ではほぼ強度の変化は無く、出射端まで一定の値を保つ。

[0103] 本発明の一実施形態によれば、第一部分と第三部分の中心軸C1方向の長さは減衰には影響しないため、その長さが変化してもファイバの機能およびファイバ全体の損失には影響は無い。言い換えれば第一部分と第三部分の長さは設計者の任意の長さで設計することができるうえに、その設計寸法の寸法公差は大きくとることができる。この利点はGIファイバやレンズ付ファイバのように厳密な寸法精度を必要とせず、量産性の向上に大きく貢献することができる。

[0104] 次に、中心軸C1方向に沿った第一部分の長さ、及び中心軸C1方向に沿った第三部分の長さに関する検討について、説明する。

図12(a)～図12(c)は、第一部分の長さに関する検討に用いた参考例の光レセプタクル及びその解析結果の一例を例示する模式図である。

[0105] 参考例の光レセプタクルは、図12(a)に示すファイバスタブ49を有する。参考例のファイバスタブ49の構造は、実施形態に係るファイバスタブ4において第1の部分21（第一部分クラッド7aと第一部分コア8a）

が設けられない構造と同様である。

すなわち、ファイバスタブ49は、光ファイバ29と、光ファイバ29を保持するフェルール39と、を有する。ファイバスタブ49は、プラグフェルールと接続される端面39bと、端面39bとは反対側の端面39aと、を有する。また、光ファイバ29は、第二部分229（変換部）と、第三部分239と、を有する。第三部分239は、第二部分229と軸方向において並び、第二部分229と連続する。第二部分229は、端面39aの一部を形成し、第三部分239は、端面39bの一部を形成する。中心軸C1方向において、第二部分229のコア径は、第三部分239へ向かって拡大している。第三部分239のコア径は、中心軸C1方向において、実質的に一定である。なお、図12（a）では、便宜上、弾性部材など一部の要素を省略している。

[0106] 一般に、端面39aは、鏡面状に研磨される。また、端面39bは、凸球面状に研磨される。これにより、端面39a、39bにおける光の損失を抑制することができる。光レセプタクルにおいては、光学素子と光レセプタクルとの接続（例えばV形状の溝が用いられる）や、付着した接着剤の除去の観点からも端面を研磨することが望ましい。

端面39aの研磨量は、例えば5 μ m以上50 μ m以下である。これにより、鏡面状の端面を形成することができる。

[0107] ここで、図12（a）に示したファイバスタブ49において、例えば、端面39aが5～50 μ m程度研磨されると、研磨量に応じて、第二部分229の長さが短くなる。言い換えれば、研磨量に応じて、第二部分229の端面位置（第二部分229のうち端面39aの一部として露出する部分の位置）が5～50 μ m程度変動する。つまり、端面39aにおけるコア径D_aが変動する。これは、GIファイバなど、周期的にMFDが変化するようなファイバを用いる場合には、損失の原因となる。

[0108] 本願発明者は、上記のような端面39aの研磨と、損失と、の関係について解析を行った。図12（b）及び図12（c）に解析結果の一例を示す。

この検討では、端面 39 a の研磨前において、第二部分 229 の軸方向に沿った長さ L_a を $50\ \mu\text{m}$ とし、端面 39 a におけるコア径 D_a を $3\ \mu\text{m}$ とし、端面 39 b におけるコア径 D_b を $9\ \mu\text{m}$ とした。第二部分 229 におけるコア径の軸方向に沿った変化率は、一定とした。

[0109] 図 12 (b) は、上記のようなファイバスタブ 49 において、端面 39 a の研磨により、長さ L_a が 20% (研磨量 $10\ \mu\text{m}$)、40% (研磨量 $20\ \mu\text{m}$)、60% (研磨量 $30\ \mu\text{m}$) 又は 80% (研磨量 $40\ \mu\text{m}$) 短くなった場合の損失 (dB) を表す。図 12 (c) は、図 12 (b) のデータを表すグラフ図である。ここで、損失 (dB) は、端面 39 a から光 (径 $D_L = 3\ \mu\text{m}$) が入射した場合の出射端 (端面 39 b) における光の強度から算出される。

[0110] 端面 39 a の研磨が行われる前において損失は、 $-1.06\ \text{dB}$ である。グラフより、研磨によって第二部分 229 が短くなると損失が大きくなることが分かる。例えば、研磨によって変換部 (第二部分 229) が 50% 短くなると損失は、 $-3\ \text{dB}$ 程度となる。

[0111] このように、第一部分が設けられない参考例においては、端面を研磨することによって損失が増大してしまう。また、参考例において、予め研磨量を考慮して研磨前の端面のコア径を定めたとしても、研磨量のばらつきに応じて損失がばらつく。研磨量を厳密に管理する必要性が生じ、量産性が低下することがある。

[0112] これに対して、実施形態に係る光レセプタクルにおいては、実質的にコア径及び屈折率が中心軸 C1 に沿って変化しない第一部分が設けられる。端面 3 a の研磨によって、中心軸 C1 に沿った第一部分の長さの変動しても、光学的損失の増大やばらつきの変化は小さい。例えば、第一部分の長さの範囲内で端面位置が変化しても、光レセプタクルの特性は、実質的に劣化しない。

[0113] 以上により、第一部分の中心軸 C1 に沿った長さは、端面 3 a の研磨量以上であることが望ましい。上述の通り、端面 3 a を鏡面状とするため、端面

3 aは、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 以下程度研磨される。したがって、第一部分の中心軸C 1に沿った長さは、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であることが望ましく、可能であれば $50\ \mu\text{m}$ 以上であることが、さらに望ましい。第一部分の中心軸C 1に沿った長さの上限は、ファイバスタブ4内（フェルール3の貫通孔内）に第二部分及び第三部分を配設することができれば、特に制限されない。そのためファイバスタブ4の全長によっては、第一部分を7～10 mm程度にまで伸ばしてもよい。これにより、量産性を向上させることができる。

[0114] 図12 (a)～図12 (c)に関する説明は、例えば、第三部分を有さない参考例においても、同様である。すなわち、この場合は、プラグフェルールと接続される端面におけるコア径が、研磨量によって変化する。端面におけるコア径の変化によって、損失が増大する。これに対して、実施形態に係る光レセプタクルにおいては、実質的にコア径及び屈折率が中心軸C 1に沿って変化しない第三部分が設けられる。端面3 bの研磨によって、中心軸C 1に沿った第三部分の長さが変動しても、光学的損失の増大やばらつきの変化は小さい。

[0115] 以上により、第三部分の中心軸C 1に沿った長さは、端面3 bの研磨量以上であることが望ましい。例えば、端面3 bを凸球面状とするため、端面3 bは、 $5\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下程度研磨される。したがって、第三部分の中心軸C 1に沿った長さは、 $5\ \mu\text{m}$ 以上であることが望ましく、可能であれば $20\ \mu\text{m}$ 以上であることが、さらに望ましい。第三部分の中心軸C 1に沿った長さの上限は、ファイバスタブ4内（フェルール3の貫通孔内）に第一部分及び第二部分を配設することばできれば、特に制限されない。そのためファイバスタブ4の全長によっては、第三部分を7～10 mm程度にまで伸ばしてもよい。これにより、量産性を向上させることができる。

[0116] 以上説明したように、本実施形態によればファイバスタブ4の凸球面に研磨した端面3 bとは反対側の端面3 aにおけるコア径D 1が凸球面に研磨した端面3 bのコア径D 2よりも小さいため、光モジュールの長さを小さくすることができる。また、第一部分と第三部分の軸方向長さに対して、高い精

度の寸法管理を必要としないものとする。

第二部分のファイバ外径D5はクラッドの貫通孔3cよりも小さいため、その隙間に弾性部材9が充填されることにより、ファイバが中心軸方向に移動することを抑止することができる。

[0117] (第三の実施形態)

図13は、本発明の第三の実施形態に係る光レセプタクルの一部を例示する模式的断面図である。

図13は、本実施形態に係る光レセプタクルのうち、ファイバスタブ4の部分拡大して表している。図13に表したように、第一部分(第1の部分21)は、フェルール3の貫通孔3c内に配置された部分(内側部21a)と、貫通孔3c外に配置された部分(突出部21b)と、を有する。また、本実施形態に係る光レセプタクルは、弾性部材19を有する。上記以外については、本実施形態は、第一又は第二の実施形態と同様である。

[0118] 突出部21bは、フェルール3(端面3bとは反対側の、フェルール3の面)から外側に突出している。すなわち、突出部21bは、中心軸C1と直交する方向においてフェルール3と並ばない。内側部21aは、中心軸C1と直交する方向においてフェルール3と並び、中心軸C1に沿って見たときにフェルール3に囲まれている。

[0119] また、第二部分の全域および第三部分の全域は、それぞれ貫通孔3c内に配置されている。すなわち、第二部分の全域および第三部分の全域は、中心軸C1と直交する方向においてフェルール3と並び、中心軸C1に沿って見たときにフェルール3に囲まれている。

[0120] 既に述べたとおり、光レセプタクルの端面3bと反対側には、半導体レーザ素子等のモジュールや光学素子が設けられる。図13には、一例として、光学素子の一部分31を示している。

[0121] 例えば、光学素子の一部分31は、突出部21bに対応した形状(溝など)を有している。光学素子と光レセプタクルとを組み立てる際には、光学素子の一部分31に突出部21bを載せる等し、光学素子の光出射端に、直接

、押し当てる。または、レンズ等の素子を用いて光出射端から突出部 2 1 に光が入射されるようにする。これにより、組立の際の調芯の手間を軽減することができる。また、調芯の精度を向上させることができ、光学的な接続損失を低減させることができる。

[0122] 弾性部材 1 9 は、突出部 2 1 b の第三部分側の端部に設けられる。弾性部材 1 9 は、例えば、突出部 2 1 b 及びフェルール 3 に接している。これにより、弾性部材 1 9 は、第一部分を保護する。弾性部材 1 9 の中心軸 C 1 方向に沿った長さ L 1 は、例えば 2 mm 程度である。このため、突出部 2 1 b の中心軸 C 1 方向に沿った長さ L 2 は、2 mm 以上であることが望ましい。また、第一部分の強度の確保、及び光レセプタクルの小型化の観点から、突出部 2 1 b の長さ L 2 は、2 0 mm 以下であることが望ましい。なお、第二部分及び第三部分は、貫通孔 3 c の内部に配置されているため、フェルール 3 によって保護される。

[0123] (第四の実施形態)

図 1 4 (a) 及び図 1 4 (b) は、本発明の第四の実施形態に係る光トランシーバを例示する模式図である。

図 1 4 (a) に表したように、本実施形態に係る光トランシーバ 2 0 0 は、光レセプタクル 1 と、光学素子 1 1 0 と、制御基板 1 2 0 と、を有する。

[0124] 制御基板 1 2 0 上には、回路等が形成されている。制御基板 1 2 0 は、光学素子 1 1 0 と電氣的に接続されている。制御基板 1 2 0 は、光学素子 1 1 0 の動作を制御する。

[0125] 光学素子 1 1 0 は、例えば、受光素子または発光素子が用いられる。この例では、光学素子 1 1 0 は、発光部である。光学素子 1 1 0 は、レーザダイオード 1 1 1 とレンズ 1 1 2 とを有する。レーザダイオード 1 1 1 は、制御基板 1 2 0 に制御され、光を光レセプタクル 1 のファイバスタブ 4 へ出射する。レンズ 1 1 2 は、出射された光の光路上において、光レセプタクル 1 とレーザダイオード 1 1 1 との間に位置する。

[0126] なお、光学素子 1 1 0 は、図 1 4 (b) に表したように、素子 1 1 3 を有

していてもよい。この素子113は、レーザダイオードと、コア径の小さい光導波路と、を有する。導波路のコア内を伝搬する光は、レンズ112を介して光レセプタクル1に入射する。光導波路は、例えば、シリコンフォトニクスによって形成される。また、光導波路には、石英導波路を用いてもよい。なお、実施形態においては、レンズ112を設けずに、レーザダイオードや光導波路から出射される光を直接、光レセプタクル1に入射させてもよい。

[0127] また、光レセプタクル1には、プラグフェルール50が挿入されている。プラグフェルール50は、スリーブ6によって保持されている。光ファイバ2は、端面3bにおいて、プラグフェルール50と光学的に接続されている。これにより、光学素子110とプラグフェルール50とが光レセプタクルを介して光学的に接続され、光通信が可能となる。

[0128] 以上、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明はこれらの記述に限定されるものではない。前述の実施の形態に関して、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、ファイバスタブ4などが備える各要素の形状、寸法、材質、配置などや光ファイバ2やフェルール3の設置形態などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。

また、前述した各実施の形態が備える各要素は、技術的に可能な限りにおいて組み合わせることができ、これらを組み合わせたものも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

産業上の利用可能性

[0129] 本発明の態様によれば、光ファイバの光学素子側端面のコアを小さくすることで光モジュール全長を短くすることに貢献しながら、ファイバの軸方向長さに関して高い精度の寸法公差を必要とせず、ファイバの軸方向の動きを抑制することで結合効率の低下を防止し、またMFD変換の損失を抑えることのできる光レセプタクル及び光トランシーバが提供される。

符号の説明

- [0130] 1 光レセプタクル、
2 光ファイバ、
2 a 光ファイバの端面、
3 フェルール、
3 a 光学素子と光学接続される端面、
3 b プラグフェルールと光学接続される端面、
3 c 貫通孔、
4 ファイバスタブ、
5 保持具、
6 スリーブ、
7 a 第一部分クラッド、
7 b 第二部分クラッド、
7 c 第三部分クラッド、
8 a 第一部分コア、
8 b 第二部分コア、
8 c 第三部分コア、
9、19 弾性部材、
21 第1の部分、
21 a 内側部、
21 b 突出部、
22 第2の部分、
23 第3の部分、
29 光ファイバ、
31 光学素子の一部分、
39 フェルール、
39 a 光学素子と光学接続される端面、
39 b プラグフェルールと光学接続される端面、
49 ファイバスタブ、

50 プラグフェルール、
110 光学素子、
111 レーザダイオード、
112 レンズ、
113 素子、
120 制御基板、
229 第二部分、
239 第三部分、
D1 第一部分のコア径、
D2 第二部分のコア径、
D3 第二部分のコア径、
D4 第一部分のファイバ外径、
D5 第二部分のファイバ外径、
D6 第三部分のファイバ外径、
D7 ビームウェスト径、
C1 ファイバスタブ4の中心軸、
L1 弾性部材の長さ、
L2 突出部の長さ、
S1 部分、
 α 広がり角、
 α' 第二部分の境界とビームが織り成す角度

請求の範囲

- [請求項1] 光を導通するためのコアとクラッドを有する光ファイバ、前記光ファイバが固定される貫通孔を有するフェルール、前記光ファイバを前記貫通孔に固定する弾性部材、を含むファイバスタブと、
前記ファイバスタブを保持する保持具と、
を備え、
前記ファイバスタブは、前記フェルールのプラグフェルールと光学的接続する側の一端面と、前記一端面とは反対側の他端面を有し、
前記光ファイバは、前記他端面側の第1の部分と、前記一端面側の第3の部分と、前記第1の部分と前記第3の部分との間に第2の部分とを有し、
前記第1の部分におけるコア径は、前記第3の部分におけるコア径より小さく、
前記第2の部分におけるコア径は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって大きくなり、
前記弾性部材は、前記光ファイバと前記貫通孔の内壁との間の空間に充填されたことを特徴とする光レセプタクル。
- [請求項2] 前記第1の部分のコアの屈折率、前記第2の部分のコアの屈折率、および前記第3の部分におけるコアの屈折率は、互いに等しく、
前記第1の部分のクラッドの屈折率は、前記第3の部分のクラッドの屈折率より小さく、
前記第2の部分のクラッドの屈折率は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって大きくなることを特徴とする請求項1に記載の光レセプタクル。
- [請求項3] 前記第1の部分のクラッドの屈折率、前記第2の部分のクラッドの屈折率、および前記第3の部分におけるクラッドの屈折率は、互いに等しく、
前記第1の部分のコアの屈折率は、前記第3の部分のコアの屈折率

より大きく、

前記第2の部分のコアの屈折率は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって小さくなることを特徴とする請求項1に記載の光レセプタクル。

[請求項4] 前記第2の部分のコア径は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって線形に大きくなることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

[請求項5] 前記第2の部分のコア径は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって非線形に大きくなることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

[請求項6] 前記第2の部分のコアは、前記第1の部分側から前記第3の部分側にかけて、前記第2の部分のコア径が大きくなっている領域の一部に段差を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

[請求項7] 前記第1の部分におけるコア径が、 $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $8\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

[請求項8] 前記第1の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、前記第3の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差より大きいことを特徴とする請求項1～7のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

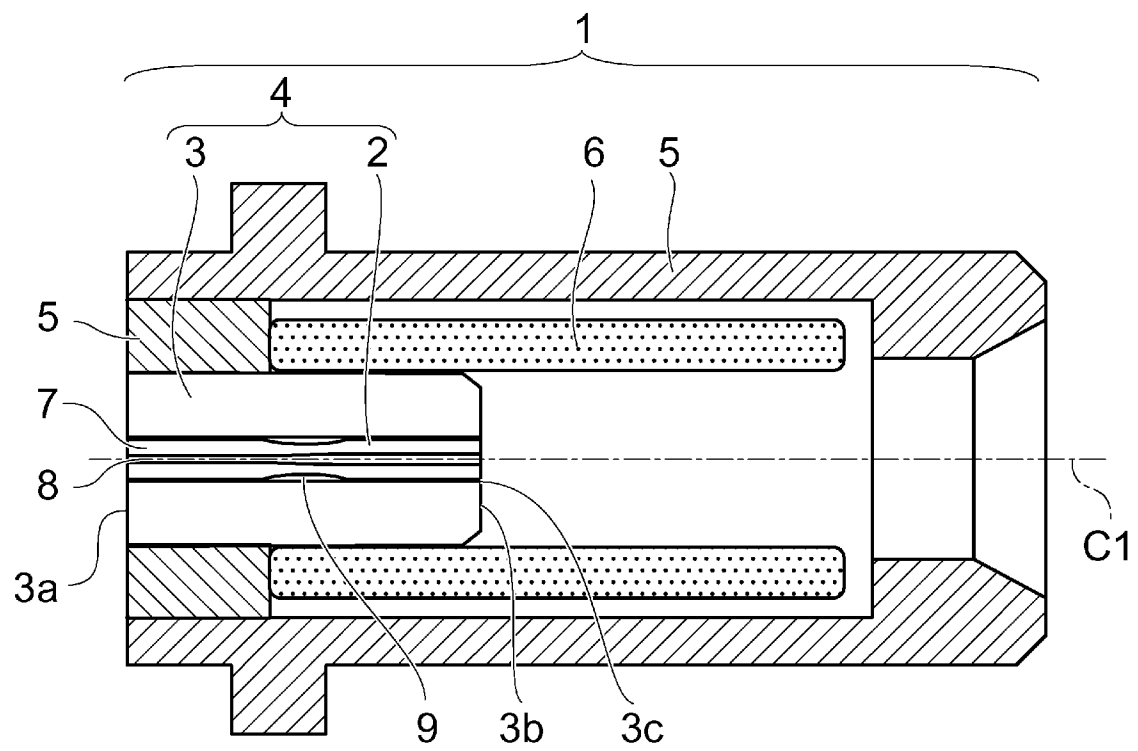
[請求項9] 前記第1の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、前記第2の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差より大きいことを特徴とする請求項1～8のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

[請求項10] 前記第3の部分におけるコア径が、 $8\mu\text{m}$ 以上、 $20\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1～9のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

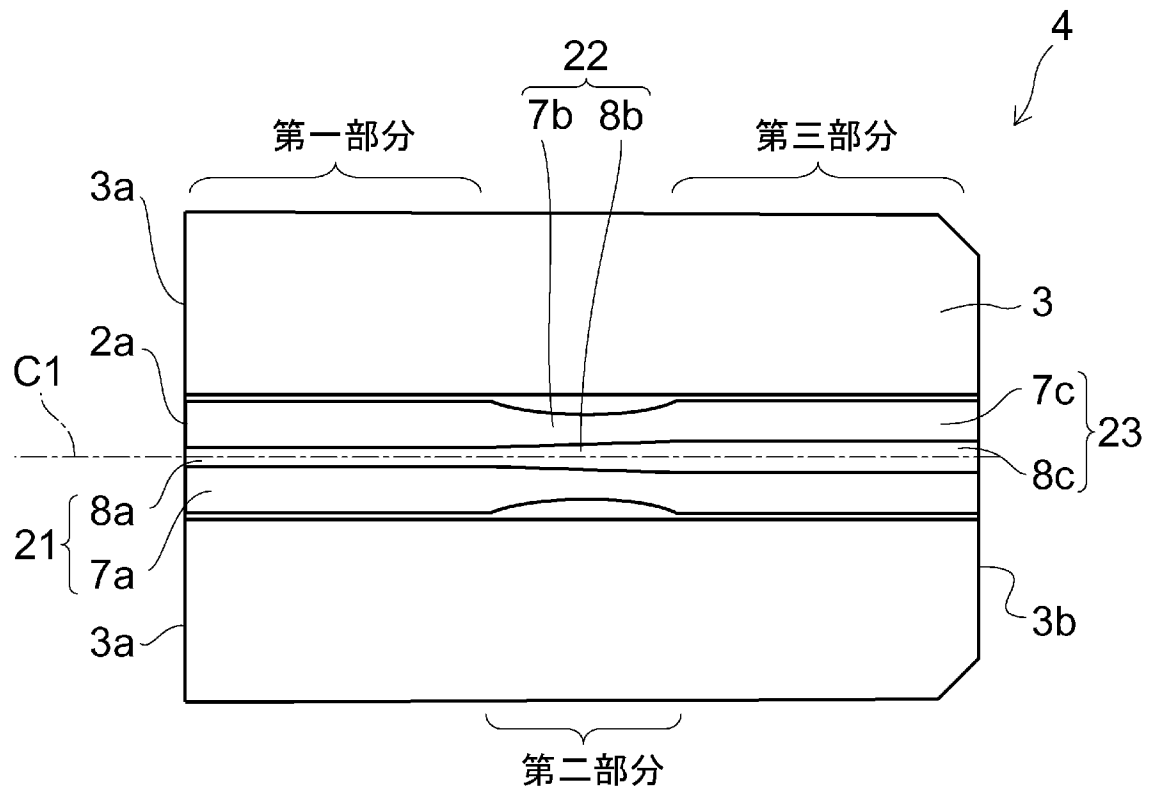
- [請求項11] 前記第3の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、前記第2の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差より小さいことを特徴とする請求項1～10のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項12] 前記第2の部分におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率の差は、前記第1の部分側から前記第3の部分側に向かって小さくなることを特徴とする請求項1～11のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項13] 前記第1の部分における前記光ファイバの外径は、前記第3の部分における前記光ファイバの外径と等しいことを特徴とする請求項1～12のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項14] 前記第2の部分における前記光ファイバの外径は、前記第1の部分における前記光ファイバの外径よりも小さいことを特徴とする請求項1～13のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項15] 前記第2の部分における前記光ファイバの外径は、前記第3の部分における前記光ファイバの外径よりも小さいことを特徴とする請求項1～14のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項16] 前記第1の部分、前記第2の部分、および前記第3の部分は、全域に渡って前記貫通孔内に配設されていることを特徴とする請求項1～15のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項17] 前記第1の部分は、前記フェルールから突出した部分を有し、
前記第2の部分及び前記第3の部分は、全域に亘って前記貫通孔内に配設されていることを特徴とする請求項1～15のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項18] 前記ファイバスタブのプラグフェルールと光学的接続する側とは反対側の端面において、前記フェルールの端面の一部と前記光ファイバの端面が、前記ファイバスタブの中心軸に対して垂直となる面から所定の角度をもつことを特徴とする請求項1～17のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

- [請求項19] 前記第1の部分、前記第2の部分、および前記第3の部分は、一体でできていることを特徴とする請求項1～18のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項20] 前記ファイバスタブの中心軸に沿った前記第1の部分の長さは、5 μm 以上であることを特徴とする請求項1～19のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項21] 前記ファイバスタブの中心軸に沿った前記第3の部分の長さは、5 μm 以上であることを特徴とする請求項1～20のいずれか1つに記載の光レセプタクル。
- [請求項22] 請求項1～21のいずれか1つに記載の光レセプタクルを備えたことを特徴とする光トランシーバ。

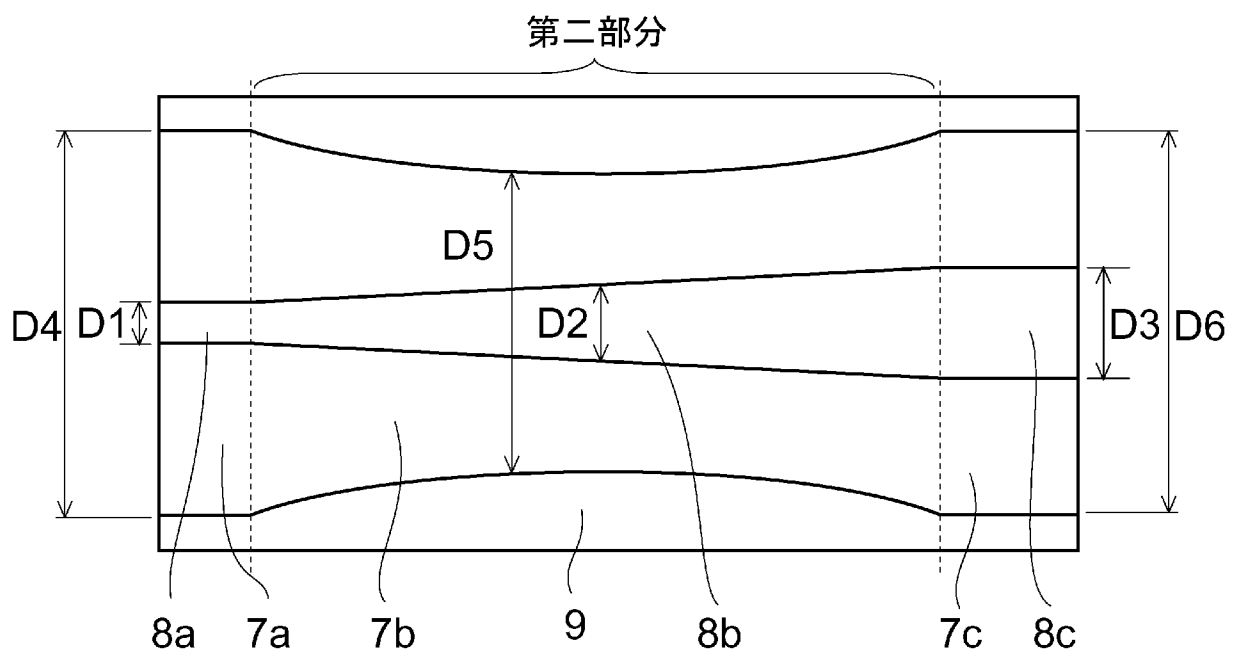
[図1]



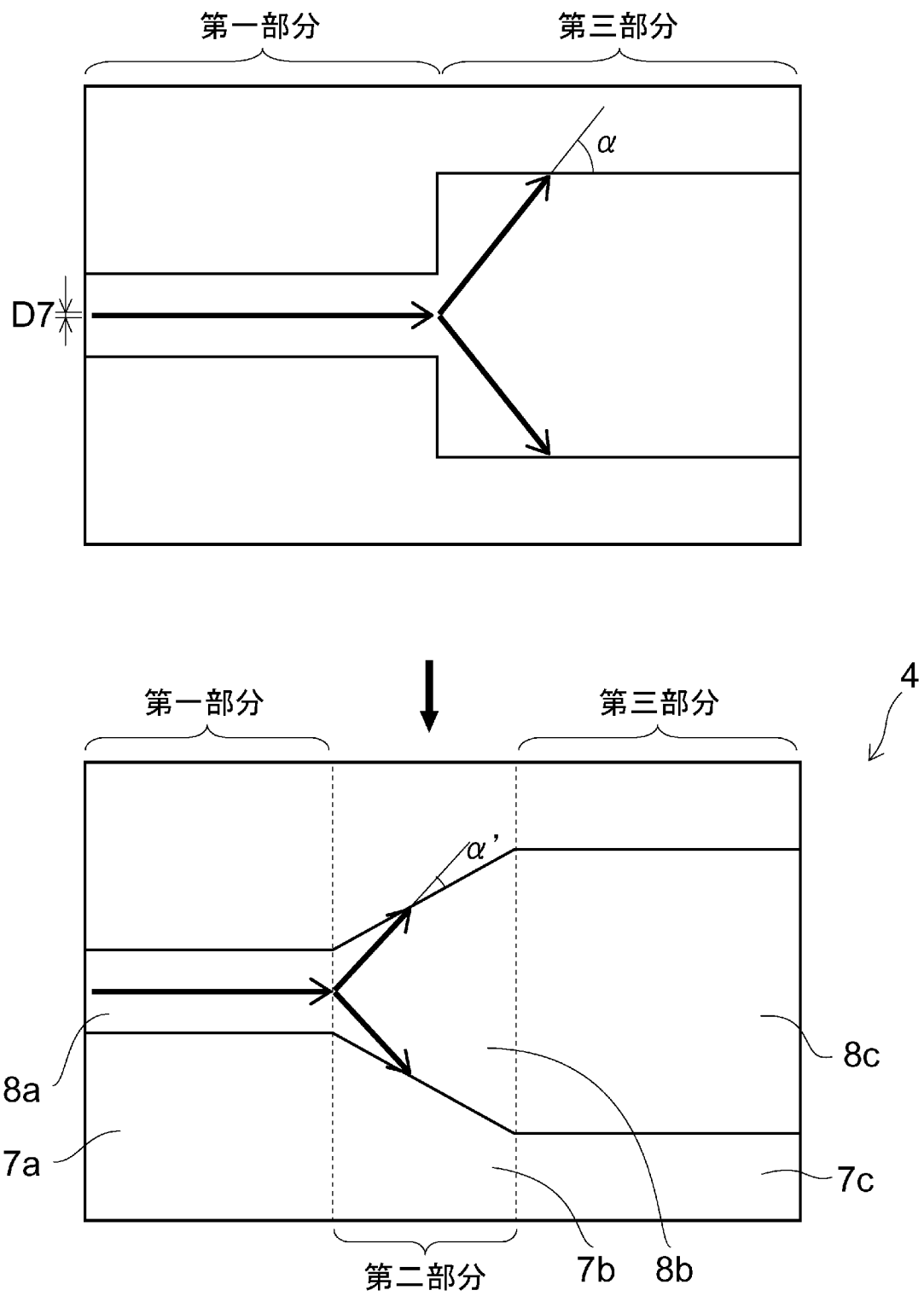
[図2]



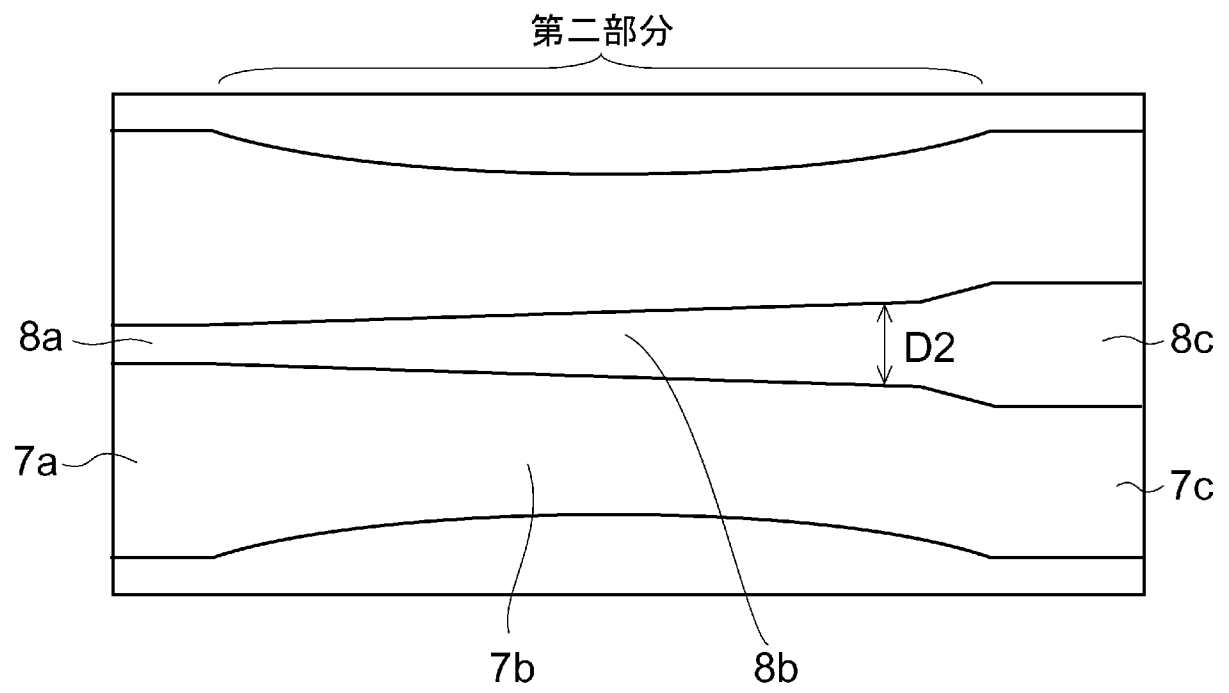
[図3]



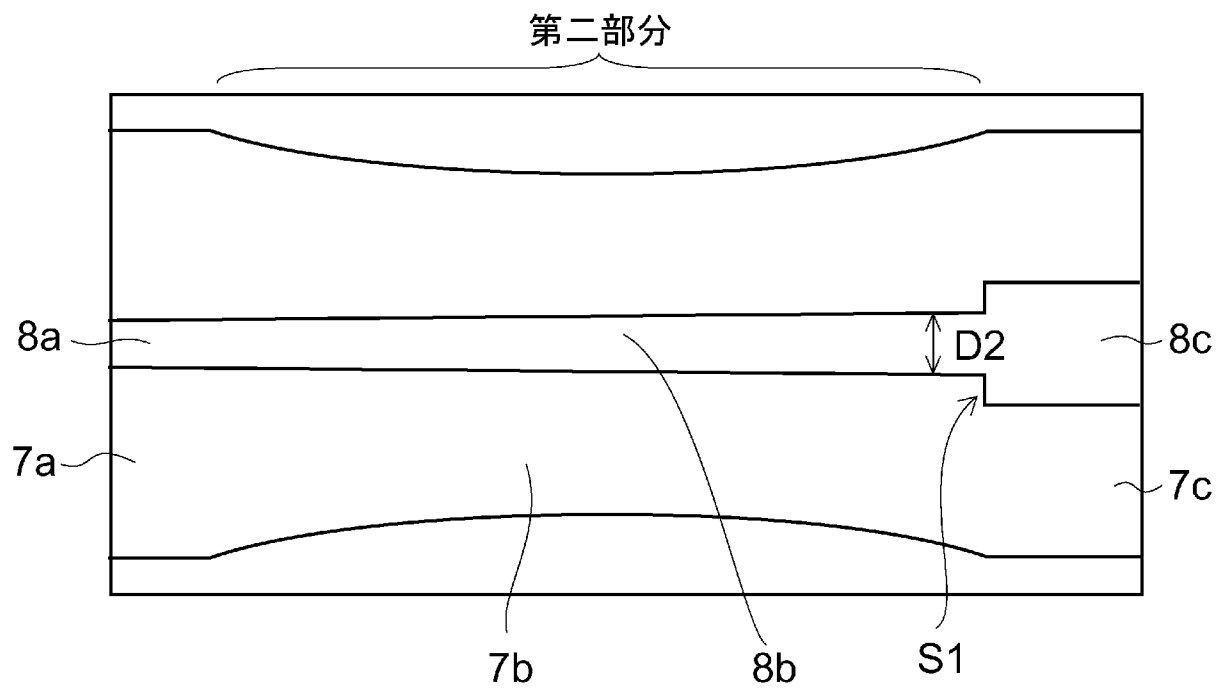
[図4]



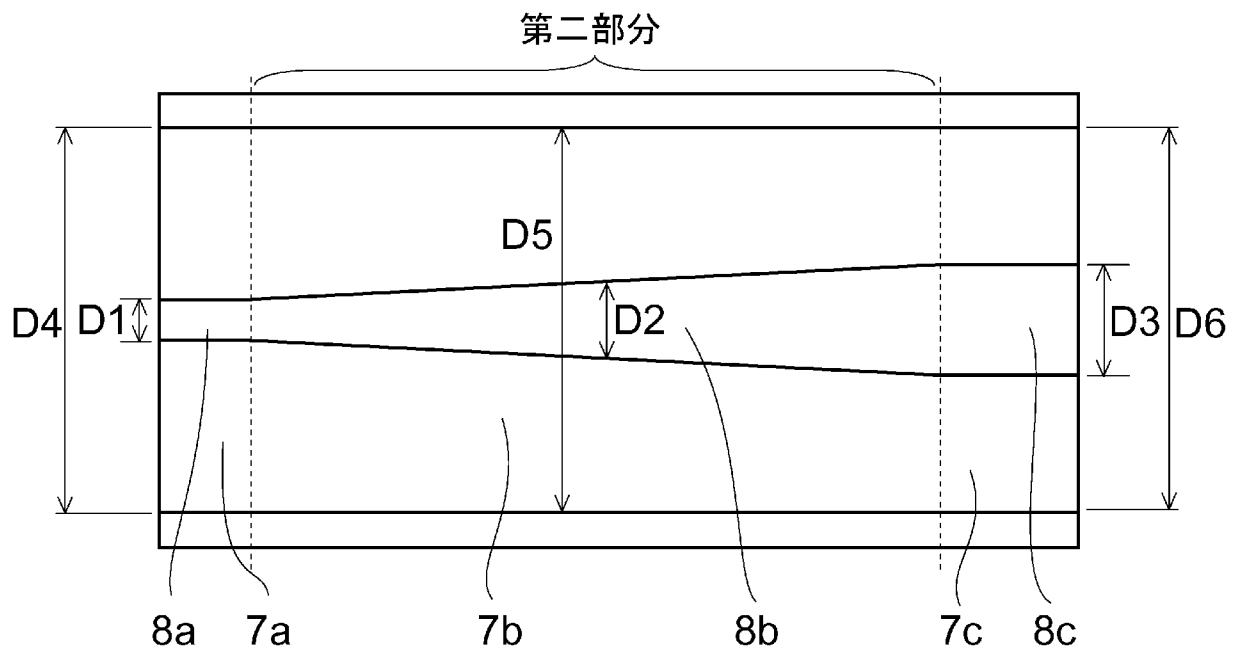
[図5]



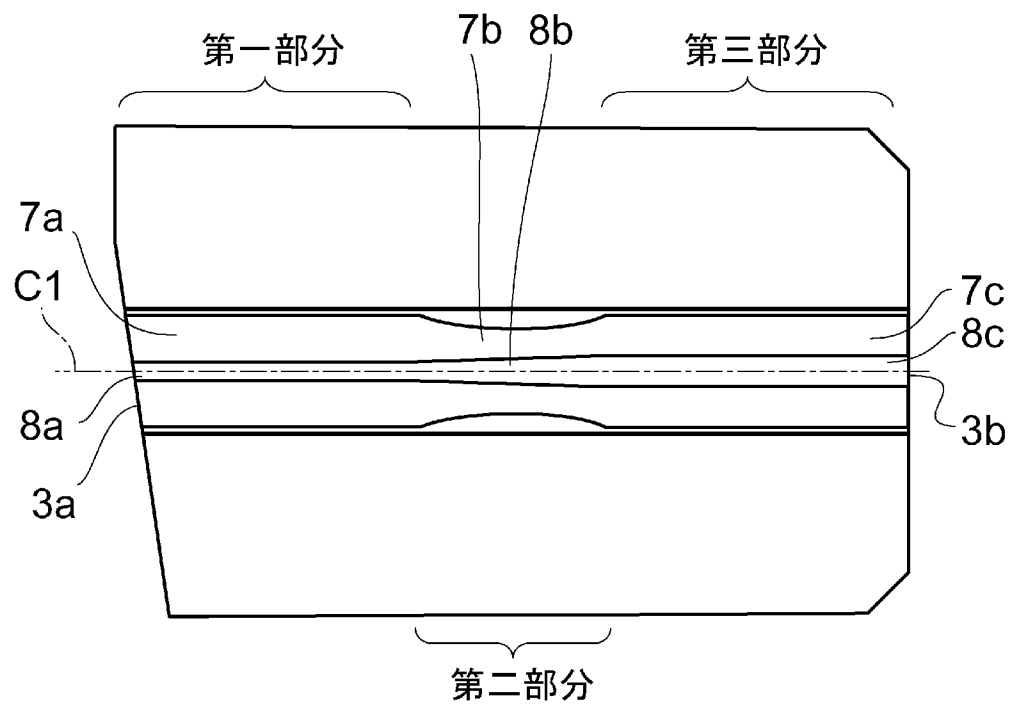
[図6]



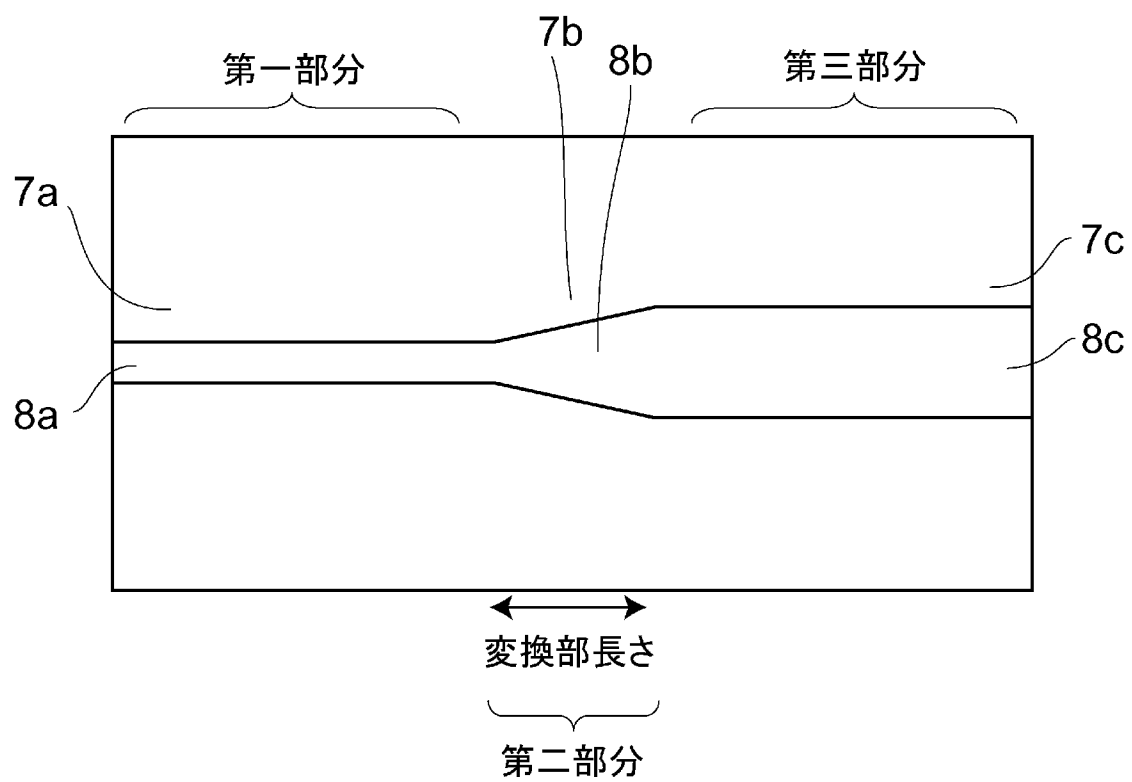
[図7]



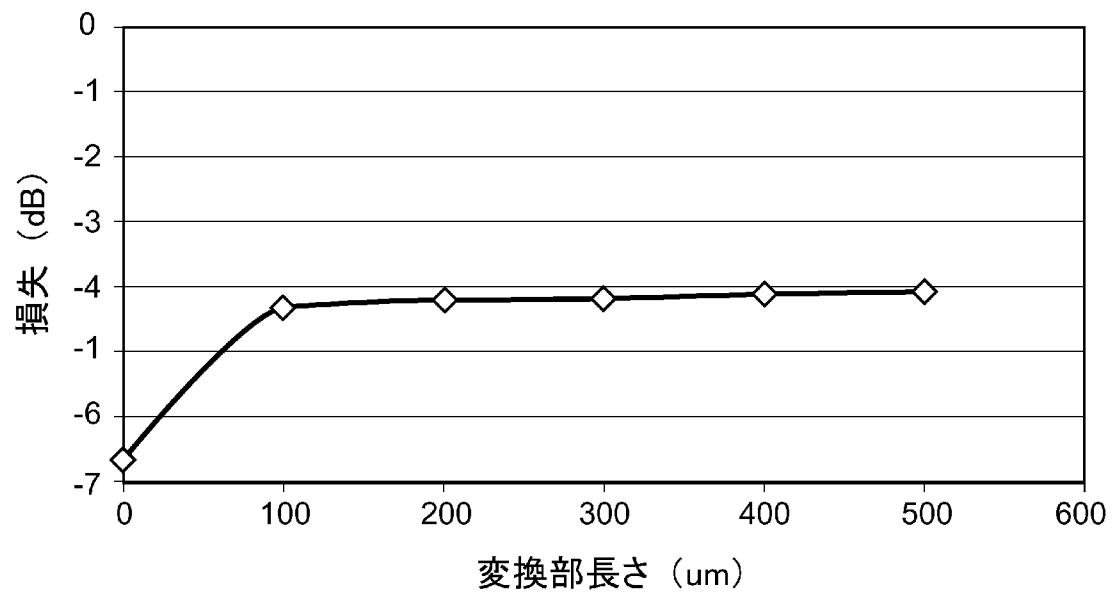
[図8]



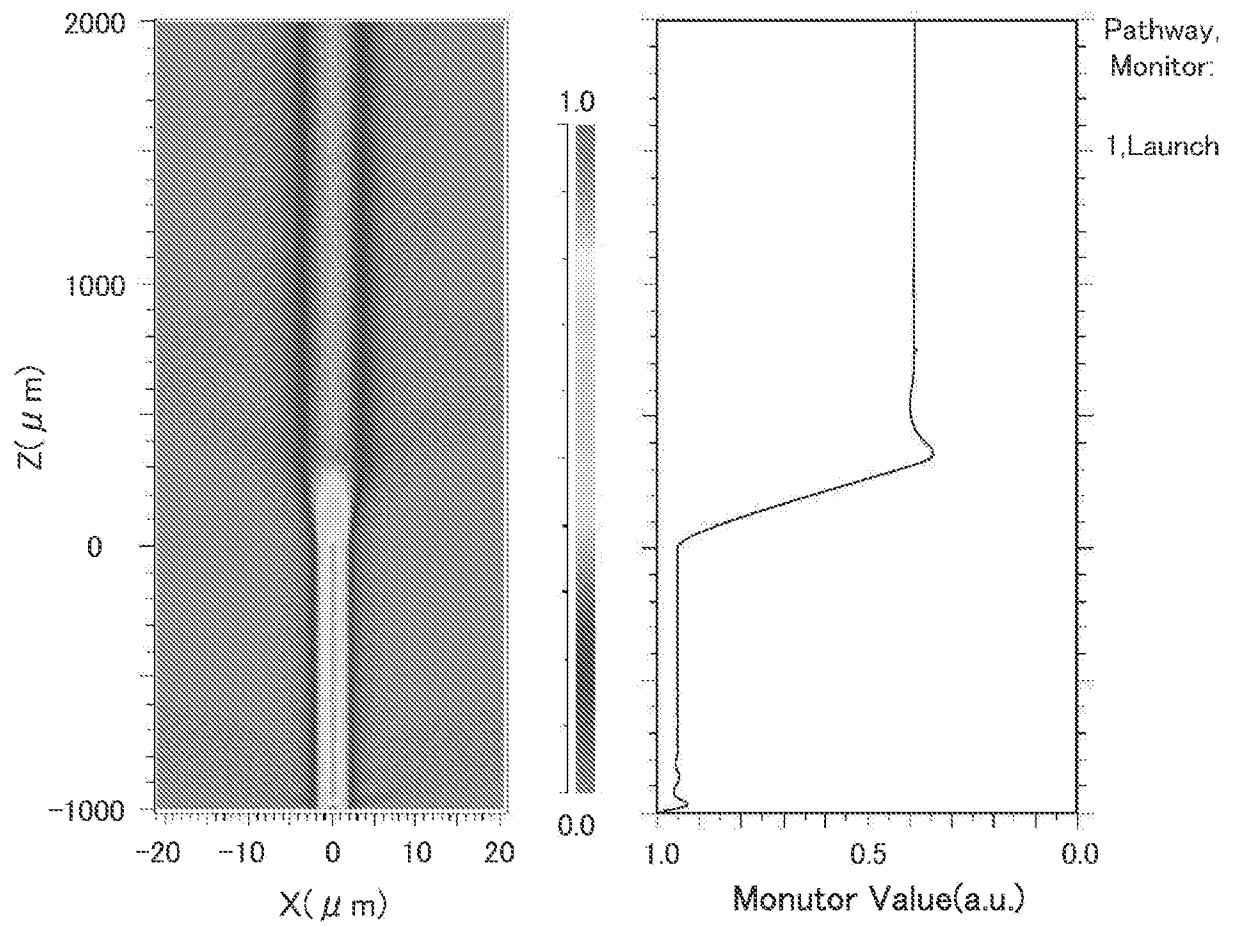
[図9]



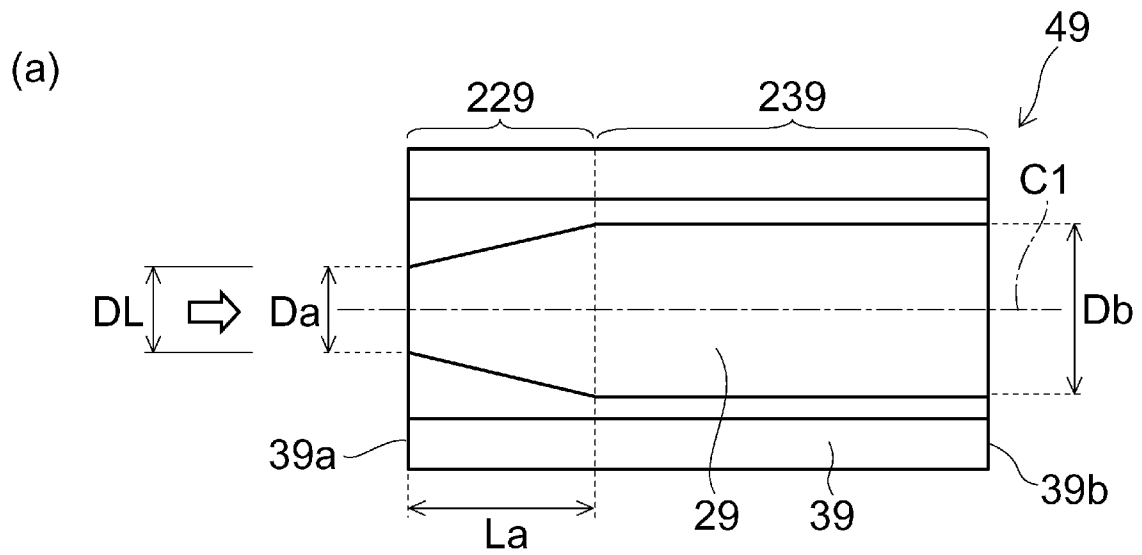
[図10]



[図11]



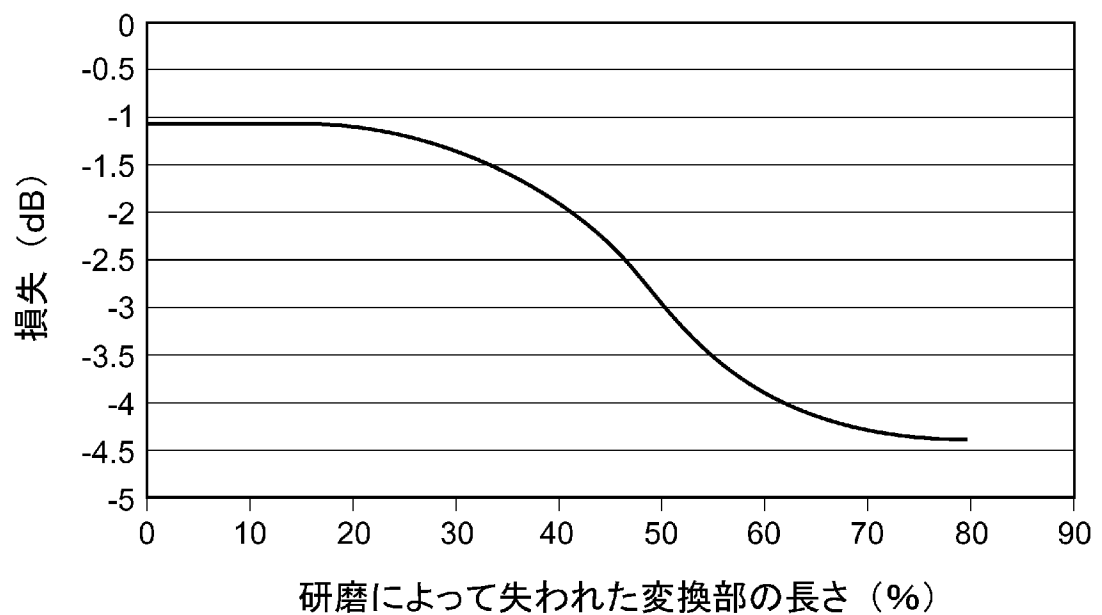
[図12]



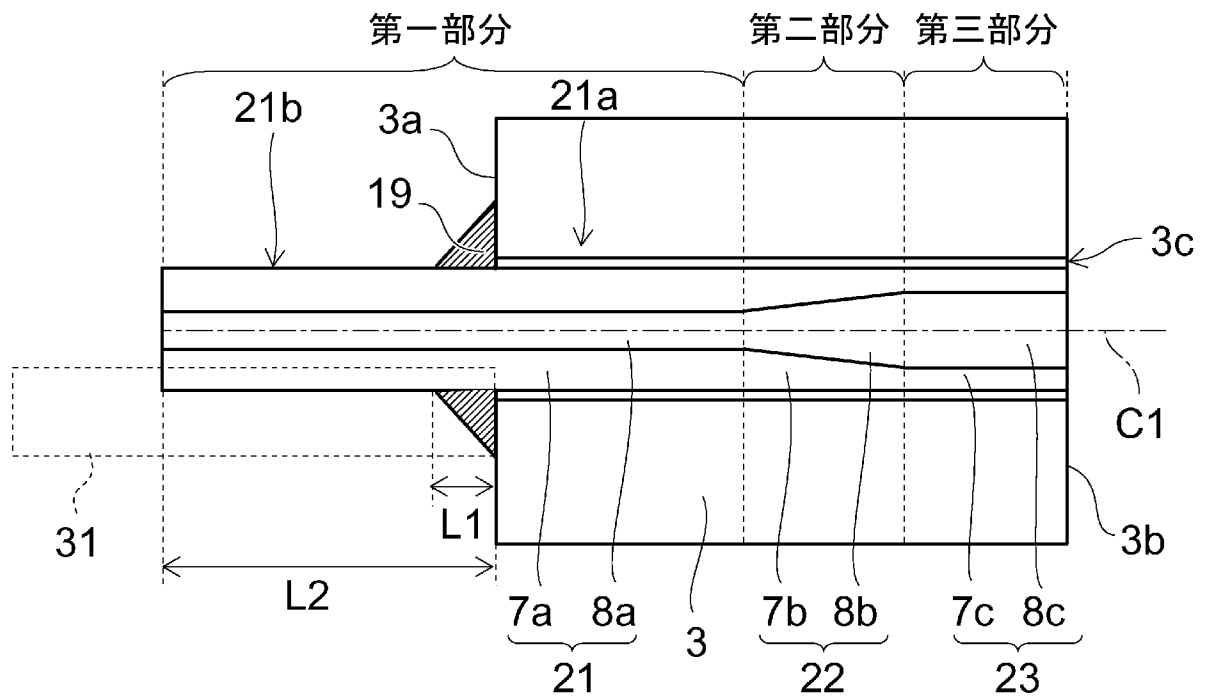
(b)

研磨によって失われた変換部の長さ (%)	損失 (dB)
0	-1.06
20	-1.11
40	-1.89
60	-3.93
80	-4.45

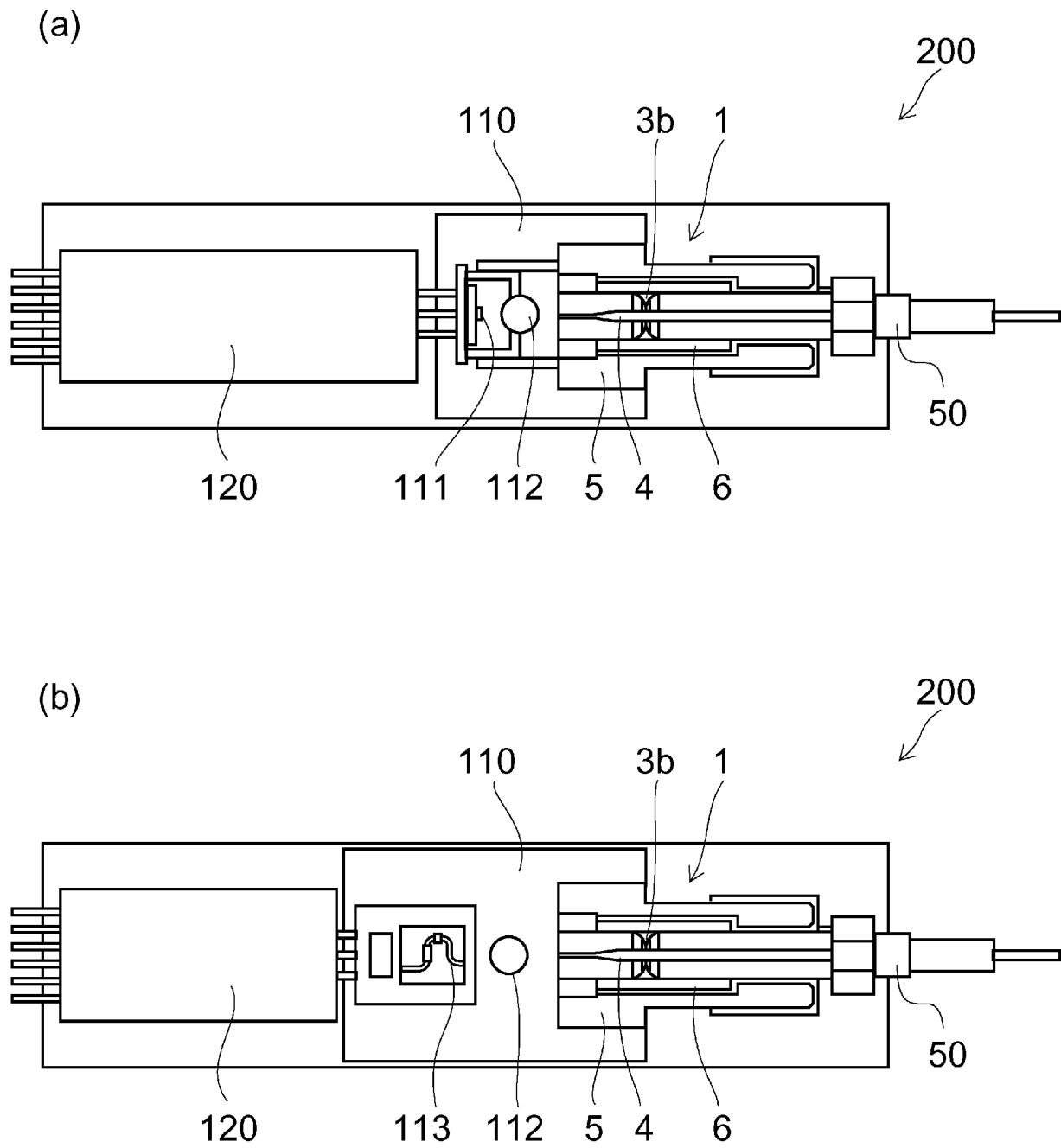
(c)



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/086113

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/42(2006.01)i, G02B6/02(2006.01)i, G02B6/38(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B6/42, G02B6/02, G02B6/38

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.
X	JP 2006-119633 A (Kyocera Corp.), 11 May 2006 (11.05.2006), paragraphs [0029] to [0037], [0046]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-22
A	JP 2006-30366 A (Totoku Electric Co., Ltd.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraph [0008]; fig. 4 (Family: none)	1-22

☐ 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

25 January 2016 (25.01.16)

Date of mailing of the international search report

09 February 2016 (09.02.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B6/42(2006.01)i, G02B6/02(2006.01)i, G02B6/38(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. G02B6/42, G02B6/02, G02B6/38

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 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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 2006-119633 A（京セラ株式会社）2006.05.11, 段落【0029】 －【0037】、【0046】、【図1】、【図3】（ファミリーなし）	1-22
A	JP 2006-30366 A（東京特殊電線株式会社）2006.02.02, 段落【0008】、【図4】（ファミリーなし）	1-22

☐ 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

2 5 . 0 1 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 2 . 2 0 1 6

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）

吉田 英一

電話番号 03-3581-1101 内線 3294

2 X

9 1 2 4