

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



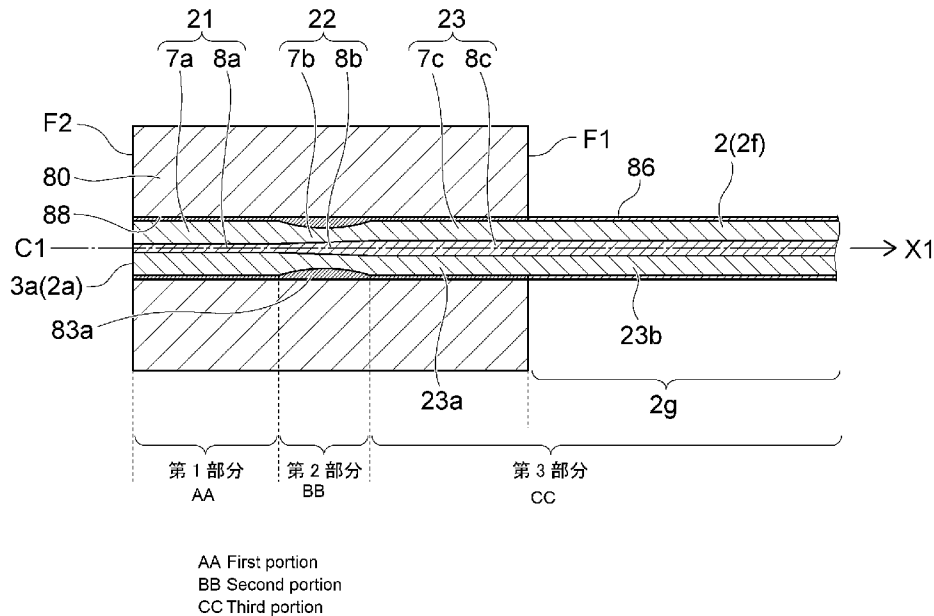
(10) 国際公開番号
WO 2018/181782 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01) *G02B 6/30* (2006.01)
G02B 6/02 (2006.01) *G02B 6/36* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/013378
- (22) 国際出願日: 2018年3月29日(29.03.2018)
- (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 2017-067219 2017年3月30日(30.03.2017) JP
 特願 2018-047131 2018年3月14日(14.03.2018) JP
- (71) 出願人: T O T O 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: 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 T O T O 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 T O T O 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 T O T O 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 T O T O 株式会社内 Fukuoka (JP). 富永康平 (TOMINAGA, Kohei);

(54) Title: LIGHT RECEPTACLE AND LIGHT TRANSDUCER

(54) 発明の名称: 光レセプタクル及び光トランシーバ

[図3]



(57) Abstract: Provided is a light receptacle comprising the following: a fiber stub including an optical fiber and a ferrule provided on the optical fiber; a block having a penetrating hole that extends from one end surface to another end surface, a portion of the optical fiber protruding beyond the ferrule being inserted into the penetrating hole from the one end surface side; and a first elastic member that fixes the optical fiber to the penetrating hole. The portion of the optical fiber protruding beyond the ferrule has first to third portions, with the first portion being provided more towards the other end surface



WO 2018/181782 A1

〒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). 鈴木 新人(SUZUKI, Arato); 〒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, 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, JP, 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, 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))

side of the block than the third portion, the second portion being provided between the first and third portions, the core diameter of the first portion being smaller than the core diameter of the third portion, and the core diameter of the second portion increasing from the first portion towards the third portion.

(57) 要約: 光ファイバと、光ファイバに設けられたフェルールと、を含むファイバスタブと、一端面から他端面まで延びる貫通孔を有し、光ファイバのフェルールから突出した部分が一端面の側から貫通孔に挿入されたブロックと、光ファイバを貫通孔に固定する第1弾性部材と、を備え、光ファイバのフェルールから突出した部分は、第1~3部分を有し、第1部分は第3部分よりもブロックの他端面側に設けられ、第2部分は第1、第3部分の間に設けられ、第1部分のコア径は、第3部分のコア径よりも小さく、第2部分のコア径は、第1部分から第3部分へ向かって大きくなる、光レセプタクルである。

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、光通信用の光レセプタクル及び光トランシーバに係り、特に高速通信用モジュールに好適な光レセプタクル及び光トランシーバに関する。

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と、受光素子や発光素子等の光素子と、を光学的に接続す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(MFD)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 $10\mu\text{m}$ 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つの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るため、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] 入射された光の径とファイバコア径が異なる場合、そこでは入射損失が発生する。受光素子等の受光部においても、小さな受光部に対して径の大きい光を当てた場合、受光部に当たらなかった光は損失となってしまいう問題がある。これまではこの問題に対して、レンズを用いて径の大きさを変換する、または損失が発生することを前提で光ファイバと導波路や光学素子を直接接続する方法が採られていた。
- [0008] 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。
- [0009] 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（例えば特許文献1）。
- [0010] しかしながら特許文献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。
- [0011] 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。
- [0012] また、特許文献2では、光ファイバの光学素子側をテーパ状に形成し、光学素子側のモードフィールド径をPC（Physical Contact）側のモードフィ

ールド径よりも小さくした光レセプタクルを提案している。これにより、接続損失を抑制することができる。しかしながら、特許文献2の構成では、テーパ形状が、光学素子側の端部に位置している。光ファイバの両端部は、光入出射の弊害とならないように鏡面（研磨）加工が必要となる。このため、鏡面加工の具合によって径が変化してしまい、モードフィールド径を安定的に制御することが難しいという課題があった。すなわち、特許文献2の構成においても、光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していた。

先行技術文献

特許文献

- [0013] 特許文献1：特開2006-154243号公報
特許文献2：特開2006-119633号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0014] 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、光学接続面での損失を抑え、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

- [0015] 第1の発明は、光を導通するためのコアとクラッドとを有する光ファイバと、前記光ファイバの一端側に設けられたフェルールと、を含むファイバスタブと、前記フェルールと離間し、一端面と、前記一端面とは反対側の他端

面と、前記一端面から前記他端面まで延びる貫通孔と、を有するブロックであって、前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分が前記一端面の側から前記貫通孔に挿入された、ブロックと、前記光ファイバを前記貫通孔に固定する第1弾性部材と、を備え、前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分は、第1部分と、第2部分と、第3部分と、を有し、前記第1部分は、前記第3部分よりも前記他端面側に設けられ、前記第2部分は、前記第1部分と前記第3部分との間に設けられ、前記第1部分におけるコア径は、前記第3部分におけるコア径よりも小さく、前記第2部分におけるコア径は、前記第1部分から前記第3部分へ向かって大きくなり、前記第1弾性部材は、前記光ファイバと前記貫通孔の内壁との間に設けら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、第1部分におけるコア径が、第3部分におけるコア径よりも小さいため、光学接続面での損失を抑え、光モジュールの長さを短くすることができる。

第2部分を形成することで、第1部分から第3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部分での光学的損失を抑えることができる。

さらに、第1部分及び第3部分における光の損失は小さいため、第2部分をブロックの貫通孔内に設ける場合、第2部分は貫通孔内のどこに位置してもよい。これにより、光ファイバの精密な長さ管理を必要とせず、経済的に光レセプタクルを製造することができる。

また、光集積回路等の光学素子のMFDとブロック内部のMFDとを近づけることにより、MFDの差による結合損失を抑えながら光学素子にブロックを直接押し付ける接続方法（バットジョイント）が可能となり、光学素子とブロックとの間の光学デバイスを削減することができる。これにより、コスト削減、デバイス調芯誤差による損失の低減が可能となる。また、光ファイバを貫通孔に固定することで、ブロックの構成部品数を少なく（例えば1つに）することができ、かつ、光ファイバをブロックに挿入することによ

て組み立てを行うことができるため、製造工程の数を削減することができる。

さらに、第1部分と第3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部分をブロックの貫通孔に設ける場合、第2部分は貫通孔内のどこに所在しても問題はない。これにより、ファイバブロック上における光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、光を導通するためのコアとクラッドとを有する光ファイバと、前記光ファイバの一端側に設けられたフェルールと、を含むファイバスタブと、前記フェルールと離間し、一端面と、前記一端面とは反対側の他端面と、前記一端面から前記他端面まで延びるV字状の溝と、を有するブロックであって、前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分が前記一端面の側から前記溝に沿って配設されたブロックと、前記光ファイバを前記溝に固定する第1弾性部材と、を備え、

前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分は、第1部分と、第2部分と、第3部分と、を有し、前記第1部分は、前記第3部分よりも前記他端面側に設けられ、前記第2部分は、前記第1部分と前記第3部分との間に設けられ、前記第1部分におけるコア径は、前記第3部分におけるコア径よりも小さく、前記第2部分におけるコア径は、前記第1部分から前記第3部分へ向かって大きくなり、前記第1弾性部材は、前記光ファイバと前記溝との間に配設された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、第1部分におけるコア径が、第3部分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部分を形成することで、第1部分から第3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部分での光学的損失を抑えることができる。

さらに、第1部分と第3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部分をブロックの溝上に設ける場合、第2部分は溝上のどこに所在しても問題はない。これにより、光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。

また、第1弾性部材として接着剤を用いる場合、溝と光ファイバとの間や、溝上に配置された光ファイバの上部に十分な量の接着剤を盛ることができるため、接着強度を増すことができる。

[0019] 第3の発明は、第2の発明において、前記ブロックは、前記溝が設けられた第1部材と、前記第1部材と対向する第2部材と、を有し、前記光ファイバは、前記第2部材と前記溝との間に設けられ、前記第1弾性部材は、前記光ファイバと前記溝との間、および、前記光ファイバと前記第2部材との間に設けられた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、第2部材によって、光ファイバを溝に押し付けることができる。これにより、光ファイバを精度よく溝に倣わせることができる。

[0021] 第4の発明は、第1～第3のいずれか1つの発明において、前記第1部分の全体、及び前記第2部分の全体は、前記光ファイバの中心軸に沿った方向において、前記一端面と前記他端面との間に位置し、前記第3部分は、前記一端面から突出した部分を有す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1部分及び第2部分の全域をブロックに沿わせ、第1弾性部材によって固定することで、外部からの応力に対して第2部分を保護することができる。

[0023] 第5の発明は、第1～第3のいずれか1つの発明において、前記第1部分の少なくとも一部は、前記光ファイバの中心軸に沿った方向において、前記一端面と前記他端面との間に位置し、前記第2部分及び前記第3部分は、前記一端面から突出した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、光ファイバの融着に伴って第2部分におけるクラッドの直径が変化したとしても、ブロックの貫通孔又はV字状の溝に沿うのは、第1部分のみである。第1部分の直径は、第1部分の全域に亘っ

て例えば同一である。このため、ブロックとコアとの位置関係に影響を及ぼさずに、光ファイバをブロックに固定できる。

[0025] 第6の発明は、第1～第5のいずれか1つの発明において、前記第1部分のコアの屈折率、前記第2部分のコアの屈折率、および前記第3部分のコアの屈折率は、互いに等しく、前記第1部分のクラッドの屈折率は、前記第3部分のクラッドの屈折率より小さく、

前記第2部分のクラッドの屈折率は、前記第1部分側から前記第3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。

[0026] 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無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部分を形成することで、第1部分から第3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部分と第2部分との接続部および第2部分と第3部分との接続部において、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。

[0027] 第7の発明は、第1～第5のいずれか1つの発明において、前記第1部分のクラッドの屈折率、前記第2部分のクラッドの屈折率、および前記第3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部分のコアの屈折率は、前記第3部分のコアの屈折率より大きく、前記第2部分のコアの屈折率は、前記第1部分側から前記第3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。

[0028] 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。

[0029] 第8の発明は、第1～第7のいずれか1つの発明において、前記光ファイバの前記ブロック側の端面が、前記光ファイバの中心軸に対して垂直な面から傾いた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、光ファイバの端面が光ファイバの中心軸に対して垂直な面から傾いていることで、光レセプタクルに接続される光学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光学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。
- [0031] 第9の発明は、第1～第8のいずれか1つの発明において、前記ブロックの前記他端面側において、前記光ファイバの端面に透光性部材が配設された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、透光性部材としてアイソレータを取り付けることで、光学素子から第1部分に入射する光または第1部分から光学素子に出射される光の反射を抑制することができる。
- [0033] 第10の発明は、第1～第9のいずれか1つの発明において、前記光ファイバのうち前記ブロックの前記一端面から突出した部分の少なくとも一部を覆う被覆部と、前記被覆部と前記ブロックとの間に設けられた第2弾性部材と、をさらに備えた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、光ファイバのうちブロックから突出した部分において、第2弾性部材が設けられることにより光ファイバが折れることを抑制できる。また、光ファイバを覆う被覆部とブロックとの間に第2弾性部材が設けられることによって、被覆部が破れることを抑制できる。
- [0035] 第11の発明は、第10の発明において、前記被覆部と前記ブロックとの間に設けられた第3弾性部材をさらに備え、前記第3弾性部材は、前記ブロックと前記第2弾性部材との間に位置する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、光ファイバのうちブロックから突出した部分において、第3弾性部材が設けられることにより光ファイバが折れることを抑制できる。また、光ファイバを覆う被覆部とブロックとの間に第3弾性部材が設けられることによって、被覆部が破れることを抑制できる。
- [0037] 第12の発明は、第1～第11のいずれか1つの発明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。

[0038] 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、光学接続面での損失を抑え、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と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。

発明の効果

[0039] 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。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]第1の実施形態に係る光レセプタクルを例示する模式的断面図である。
[図2]第1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3]第1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4]第1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5]図5(a)及び図5(b)は、光ファイバにおけるビームの伝播を例示する模式図である。
[図6]第1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7]第1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8]第1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9]第1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10]第1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11]光ファイバの検討に用いた光ファイバを例示する模式的断面図である。

[図12]光ファイバの解析結果を例示するグラフ図である。

[図13]図13(a)及び図13(b)は、光ファイバの解析結果を例示するグラフ図である。

[図14]図14(a)～図14(c)は、第1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。

[図15]図15(a)～図15(c)は、第1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16]第1の実施形態に係る光レセプタクルの一部を例示する斜視図である。

[図17]図17(a)及び図17(b)は、第1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図である。

[図18]第1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19]第1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斜視図である。

[図20]第1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21]第1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22]図22(a)～図22(c)は、第1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23]第1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斜視図である。

[図24]第1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25]第2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斜視図である。

[図26]第2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27]図27(a)及び図27(b)は、第3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。

発明を実施するための形態

[0041] 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。

[0042] (第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態に係る光レセプタクルを例示する模式的断面図である。

図1に示すように、本実施形態に係る光レセプタクル1は、光を導通するための光ファイバ2と、光ファイバ2の一端E1の側に設けられたフェルール3と、を含むファイバスタブ4を有する。また、光レセプタクル1は、光ファイバ2の他端E2の側に設けられ、フェルール3と離間したブロック(固定部材)80を有する。

[0043] 図2は、第1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2は、図1に表したフェルール3の周辺を拡大して表す。

図2に表したように、フェルール3は、光ファイバ2を保持する貫通孔3

cを有する。ファイバスタブ4は、光ファイバ2を貫通孔3cに接着固定する弾性部材9を有する。

[0044] 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。弾性部材9は、例えば、ジルコニアやガラスファイバよりも低い弾性率を有する部材である。弾性部材9の弾性率は、例えば、光ファイバ2の弾性率及びフェルール3の弾性率よりも低い。弾性部材9は、光ファイバ2とジルコニアのフェルール3との固定、及びジルコニアのフェルール3に作用する外部応力をガラスの光ファイバ2まで伝わらないように応力を吸収する等の役割を持つ。弾性部材9の例としてはエポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂等が挙げられる。エポキシ接着剤やアクリル接着剤、シリコン系接着剤等を硬化させることで得ることができる。弾性部材9として用いられる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弾性部材9が隙間無く充填されている。

[0045] さらに、光レセプタクル1は、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とを有する。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。光レセプタクル1は、例えば、収容部10をさらに有する。収容部10は、保持具5の外側面に嵌り、フェルール3及びスリーブ6を覆う。収容部10は、フェルール3及びスリーブ6を軸周りに覆い、フェルール3及びスリーブ6を外力などから保護する。

[0046] 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3b）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。

- [0047] 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りスリーブを用いた。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。
- [0048] 光ファイバ2は、光ファイバ2の中心軸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。石英ガラスには屈折率制御のため、不純物が添加されていてもよい。
- [0049] 光ファイバ2は、フェルール3に固定された部分2eと、フェルール3から突出した部分2fと、を有する。部分2eは、フェルール3の貫通孔3c内に配置された部分であり、部分2fは、貫通孔3cの外に配置された部分である。
- [0050] 図1に表したように、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3b）と、当該一端面とは反対側の他端面（光学素子と光学的接続される端面3a）と、を有する。コア8は、端面3a及び端面3bにおいてクラッド7から露出している。
- [0051] 例えば、端面3a側に半導体レーザ素子や光集積回路等の光学素子110が配置される。半導体レーザ素子や光集積回路等の光学素子110から出射された光は、端面3a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3bからコア8に入射した光は、コア8内を伝搬し、端面3a側から光学素子110へ向けて出射される。
- [0052] 端面3a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3a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。

[0053] また、ファイバスタブ4は、端面3bが中心軸C1（方向X2）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3bは、中心軸C1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3bにおいてAPC（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。方向X2は、光ファイバのうちフェルール3に固定された部分2eが延びる方向である。

[0054] 図3は、第1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3は、図1に表したブロック80の周辺を拡大して表す。

ブロック80は、一端面（第1面F1）と、当該一端面とは反対側の他端面（第2面F2）と、貫通孔88と、を有する。第1面F1は、フェルール3側の端面であり、第2面F2は、光学素子側の端面である。貫通孔88は、第1面F1から第2面F2まで延び、ブロック80を貫く。

[0055] 光ファイバ2のフェルール3から突出した部分2fは、第1面F1の側から貫通孔88に挿入されている。言い換えれば、光ファイバ2のうち、第1面F1においてブロック80から突出した部分は、フェルール3へ向かって延びる。ブロック80は、光ファイバ2の光学素子側の端部に設けられ、光ファイバ2を固定する。ブロック80は、光ファイバ2の端面2aの位置を物理的に固定するために用いられる直方体状とすることができる。ただし、光ファイバ2の被覆86の保護や取り扱い性を考慮した場合、形状は直方体に限らず円柱型、多角形、多角錐、円錐などの任意の形状でよい。ブロック80は、光ファイバ2を固定する部位として例えば貫通孔あるいはV字状の溝を有する。ブロック80の材質は、例えば、コストと生産性を考慮した樹脂、樹脂よりも熱膨張率が低いジルコニア、アルミナ等のセラミックス、紫外線硬化型接着剤による固定が可能なガラス等から、適宜選択可能である。

[0056] また、光レセプタクル1は、光ファイバ2を貫通孔88に接着固定する弾

性部材（第1弾性部材）83aを有する。弾性部材83aは、光ファイバ2と貫通孔88の内壁との間に充填される。これにより、光ファイバ2の光学素子側の端部がブロック80に固定される。弾性部材83aには、例えば、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂等が用いられる。弾性部材83aには、例えば、弾性部材9に関して説明した材料と実質的に同じ材料を用いることができる。

[0057] 光ファイバ2には、被覆（被覆部86）が設けられる。被覆部86は、光ファイバ2のうち第1面F1からフェルール3側へ突出した部分2gの少なくとも一部を覆う。光ファイバ2の中心軸C1に沿った方向X1において、第1面F1は、部分2gと第2面F2との間に位置する。

[0058] 例えば、被覆部86は、光ファイバ2のブロック80とフェルール3との間の部分を覆う。換言すれば、被覆部86は、光ファイバ2のうちのフェルール3及びブロック80に覆われていない部分を覆う。これにより、被覆部86は、光ファイバ2のフェルール3及びブロック80から露出した部分を保護する。被覆部86は、例えば光ファイバ2の表面に接する。被覆部86には、例えば、UV硬化樹脂などの樹脂材料が用いられる。

[0059] 光ファイバ2のフェルール3から突出した部分2fは、第1部分21と、第2部分22と、第3部分23と、を有する。光ファイバ2は、第1部分21となるファイバと、第3部分23となるファイバと、の融着により形成された一本のファイバである。つまり、第1部分21、第2部分22及び第3部分23は、一体である。

第1部分21は、クラッド（第1クラッド部7a）とコア（第1コア部8a）とを有し、第2部分22は、クラッド（第2クラッド部7b）とコア（第2コア部8b）とを有し、第3部分23は、クラッド（第3クラッド部7c）とコア（第3コア部8c）とを有する。第1部分21は、第3部分23から見て端面3a側、すなわち第3部分23から見てブロック80の第2面F2側に設けられる。第3部分23は、第1部分21から見て端面3b側、すなわち第1部分21から見てブロック80の第1面F1側に設けられる。

第2部分22は、第1部分21と第3部分23との間に設けられる。なお、第1クラッド部7a、第2クラッド部7b及び第3クラッド部7cのそれぞれは、クラッド7に含まれる。第1コア部8a、第2コア部8b及び第3コア部8cのそれぞれは、コア8に含まれる。

[0060] この例では、第1部分21及び第2部分22は、全域に亘って、貫通孔88内に設けられ、ブロック80に沿って延びる。言い換えると、第1部分21の全体および第2部分22の全体は、光ファイバ2の中心軸C1に沿った方向X1において、第1面F1と第2面F2との間に位置する。すなわち、方向X1における第1部分21及び部分22の位置は、それぞれ、方向X1における第1面F1の位置と、方向X1における第2面F2の位置と、の間である。

[0061] なお、方向X1は、光ファイバ2のうちブロック80に固定された部分、すなわち貫通孔88内に配置された部分が延びる方向である。例えば、図1に示すように光ファイバ2が直線状に配置された場合、方向X1は、方向X2と平行である。ただし、実施形態において光ファイバ2は必ずしも直線状でなくてもよい。

[0062] 第3部分23は、貫通孔88内に設けられた部分23aと、第1面F1からフェルール3側へ突出した部分23bと、を有する。第3部分23は、例えば、プラグフェルールと光学的に接続される端面3bまで連続している。つまり、光ファイバ2のフェルール3に固定された部分2eにおけるコア径、クラッド径、コアの屈折率、クラッドの屈折率などは、第3部分23におけるコア径、クラッド径、コア屈折率、クラッド屈折率などと実質的に同じである。

[0063] 図4は、第1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4は光ファイバ2の第2部分22の周辺を拡大して表す。

第1部分21のコア径D1は、第3部分23のコア径D3よりも小さく、第2部分22のコア径D2は第1部分21から第3部分23へ向かって徐々

に大きくなっている。第1部分21におけるファイバ外径 D_4 は、第3部分23におけるファイバ外径 D_6 と例えば等しい。第2部分22におけるファイバ外径 D_5 は、第1部分21におけるファイバ外径 D_4 よりも小さく、第3部分23におけるファイバ外径 D_6 よりも小さい。なお、コア径は、中心軸 C_1 （方向 X_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 （方向 X_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。

[0064] 例えば、第1部分21のコア径 D_1 は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $8\ \mu\text{m}$ 以下である。例えば、第3部分23のコア径 D_3 は、 $8\ \mu\text{m}$ 以上 $20\ \mu\text{m}$ 以下である。

[0065] 第2部分22を形成する手法としては、第1部分21と第3部分23とを融着する際に、融着部の外周から石英の融点以上の熱を加え、コアの添加物をクラッド側に拡散させ、コアを拡径する方法や、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2部分22の光ファイバの中心軸方向の長さは、最も損失が少ない長さ、熱を加えながら引き伸ばす事ができる限界の長さ、を考慮して設計する必要がある。その長さは、 10 マイクロメートル（ μm ）以上から $1000\ \mu\text{m}$ であることが望ましい。

[0066] 図5（a）及び図5（b）は、光ファイバにおけるビームの伝播を例示する模式図である。

例えば、図4に表したように、第2部分22のコア径 D_2 は、第1部分21から第3部分23に推移していくにつれて線形的に拡大する。この形状をとることにより、第2部分22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5（a）及び図5（b）に示すように、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。

[0067] 図6は、第1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6は光ファイバ2の第2部分22の周辺を拡大して表す。

例えば、図6に表したように、第2部分22のコア径D2は、第1部分21から第3部分23に推移していくにつれて非線形に拡大する。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2部分22）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。

[0068] 図7は、第1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7は光ファイバ2の第2部分22の周辺を拡大して表す。

例えば、図7に表したように、第2部分22のコア径D2は、第1部分21から第3部分23に推移していくにつれて非線形に拡大しつつ、クラッド7とコア8との境の一部は、ファイバ中心軸C1に対してほぼ垂直となる部分S1（本明細書ではこれを段差と呼ぶ）を有する。この形状をとることにより、融着時に第2部分22の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。

[0069] 第1部分21におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、第2部分22におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差よりも大きい。第1部分21におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、第3部分23におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差よりも大きい。第2部分22におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差は、第3部分23におけるコアの屈折率とクラッドの屈折率との差よりも大きい。第2部分22に関しては、第1部分21と第3部分23との融着によって第2部分22が形成されるという理由から、屈折率差は、第1部分21側では大きく、第3部分23側に向かって徐々に小さくなっていく。

[0070] 例えば、第1部分21のコアの屈折率、第2部分22のコアの屈折率、および第3部分23のコアの屈折率は互いに等しく、第1部分21のクラッド

の屈折率は、第3部分23のクラッドの屈折率より小さく、第2部分22のクラッドの屈折率は、第1部分21側から第3部分23側に向かって大きくなる。

[0071] あるいは、第1部分21のクラッドの屈折率、第2部分22のクラッドの屈折率、および第3部分23におけるクラッドの屈折率は、互いに等しく、第1部分21のコアの屈折率は、第3部分23のコアの屈折率より大きく、第2部分22のコアの屈折率は、第1部分21側から第3部分23側に向かって小さくなる。

[0072] レーザーはあるビームウェスト径D7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。

[0073] 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1部分21、第2部分22、第3部分23のそれぞれにおいて、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1部分21に用いるファイバは、第1部分21に入射するレーザーの広がり角 α とビームの広がり角以上のNAを持つ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。

[0074] 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。

[0075] 第1部分21、第3部分23の中心軸方向の長さは、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2部分22がブロック80の貫通孔88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。

- [0076] ブロック80において光ファイバ2は、貫通孔88に弾性部材（接着剤）83aを用いて固定される。弾性部材83aとして用いられる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挙げられる。例えば、弾性部材83aには、高温硬化型のエポキシ接着剤が用いられる。なお、ブロック80の貫通孔88内において、光ファイバ2とブロック80の内壁との間に存在する空間には弾性部材83aが隙間無く充填されている。例えば、弾性部材83aは、第1部分21とブロック80（貫通孔88の内壁）との間、第2部分22とブロック80（貫通孔88の内壁）との間、及び、第3部分23とブロック80（貫通孔88の内壁）との間に設けられる。
- [0077] ここで、図2～図7に表した例では、第2部分22におけるファイバ外径D5は、第1部分21におけるファイバ外径D4よりも小さく、第3部分23におけるファイバ外径D6よりも小さいため、貫通孔88内においてブロック80と第2部分22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83aが隙間無く充填される。これにより、第2部分22のファイバの外側に充填された弾性部材83a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。
- [0078] また、第2部分22は、第1部分21と第3部分23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2部分22の強度は、第1部分21の強度又は第3部分23の強度よりも低い場合がある。これに対して、第2部分22の外周に弾性部材9が充填されることにより、第2部分22を補強することができる。
- [0079] 但し、実施形態においては、第2部分22におけるファイバ外径D5は、必ずしも第1部分21におけるファイバ外径D4又は第3部分23におけるファイバ外径D6よりも小さくなくてもよい。光ファイバ2の形状は、図8及び図9に示す例のようであってもよい。

図8及び図9は、第1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。これらの図は、第2部分22の周辺を拡大して表す。

図8の例では、第2部分22におけるファイバ外径D5は、第1部分21におけるファイバ外径D4又は第3部分23におけるファイバ外径D6と実質的に同じである。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。図9の例では、第2部分22におけるファイバ外径D5は、第1部分21におけるファイバ外径D4よりも大きく、第3部分23におけるファイバ外径D6よりも大きい。この形状をとることにより、融着部の強度を向上させることができる。

[0080] 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3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は中心軸C1（方向X1）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C1に対して85度～95度程度であることが望ましい。

[0081] 図3等に示した例では、光ファイバ2の端面2aは中心軸C1に対して垂直な平面となるように研磨されており、さらに光ファイバ2の端面2aとブロック80の第2面F2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2aとブロック80の第2面F2との間の、中心軸C1の方向に沿った距離が -250 nm ～ $+250\text{ nm}$ 程度であることが望ましい。

[0082] ファイバスタブ4の凸球面に研磨した端面3bとは反対側の端面3aにおいて、光ファイバ2のコア8の中心は、貫通孔88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。

[0083] 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C1に対して垂

直な平面上に形成されているが、フェルール3の中心軸C1に対して垂直な平面から所定の角度（例えば4度～10度）傾いた平面上に形成されても良い。

[0084] 図10は、第1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10に表した光レセプタクルを構成する部材は、図1～9に関して説明した光レセプタクル1と同様である。図10に示す例では、光ファイバ2の端面2a（ブロック80側の端面3a）が、中心軸C1（方向X1）に対して垂直な面から所定の角度（例えば4度～10度）傾いた平面となるように研磨されている。

[0085] 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光ファイバ2の端面2a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。

[0086] 例えば、中心軸C1に対して垂直な面から所定の角度を持つ面を形成するためには、ブロック80の貫通孔88に光ファイバ2を挿入し、接着剤で固定した後にブロック80と光ファイバ2とを同時に研磨する。

[0087] 例えば、第2部分22のファイバ外径が細くなった部分の外周に、光ファイバ2をブロック80の貫通孔88内に固定するための弾性部材（接着剤）83aが充填される。このため、中心軸C1と平行な力が光ファイバ2に作用したとしても、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ブロックから飛び出す現象が起きにくくなる。

[0088] 次に、本発明者が実施した第1部分21の光ファイバのコア径、屈折率、第2部分22の中心軸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11～図13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。

[0089] まず、コア径について説明する。

図11は、本検討に用いた光ファイバを例示する模式的断面図である。

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。

[0090] [数1]

$$\eta = \frac{4}{\left(\frac{w_1}{w_2} + \frac{w_2}{w_1}\right)^2}$$

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 $w_1 = w_2$ 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 大きくなる事が知られている。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。

[0091] 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 θ_1 とファイバの受光角 θ_2 とが一致していることが望ましい。なお、この θ_1 は、次式で求められることが知られている。

[0092] [数2]

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{\lambda}{\pi w_1}\right) = \frac{\lambda}{\pi w_1}$$

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 w_1 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]

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

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。

- [0093] 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る。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。
- [0094] 第 2 部分 2 2 の中心軸 C 1 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 1 部分 2 1 のコア径 D_1 は $3 \mu\text{m}$ 、第 1 コア部 8 a の屈折率は 1.49、第 3 部分 2 3 のコア径 D_3 は $8.2 \mu\text{m}$ 、第 3 コア部 8 c 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 (7 a と 7 b と 7 c) 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 2 部分 2 2 の中心軸 C 1 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 1 部分 2 1 の長さ、第 3 部分 2 3 の長さは、それぞれ $(1000 \mu\text{m} - \text{第 2 部分 2 2 の長さ}) \div 2$ とした。
- [0095] この解析の解析結果をまとめたグラフを図 1 2 に示す。横軸は第 2 部分 2 2 の中心軸 C 1 方向の長さ、縦軸は入射された光を 1 としたときの、ファイバ出射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 2 部分 2 2 の中心軸 C 1 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、 $0 \sim 100 \mu\text{m}$ までは長さが増加することにより損失は急激に低下し、 $100 \mu\text{m}$ 以上では損失はほぼ横ばいとなる。これより、中心軸 C 1 (方向 X 1) に沿った第 2 部分 2 2 の長さは $100 \mu\text{m}$ 以上であることが望ましいと考えられる。
- [0096] 図 1 3 (a) 及び図 1 3 (b) 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 1 部分 2 1 と第 3 部分 2 3 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。その後光は、一定の強度を保ったまま第2部分22に入る。第2部分22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、その後光は第3部分23へと入る。第3部分23では、強度はほぼ変化せず、出射端まで一定の値を保つ。

[0097] 本発明の一実施形態によれば、第1部分21と第3部分23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1部分21と第3部分23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。

[0098] 次に、中心軸C1方向に沿った第1部分21の長さ、及び中心軸C1方向に沿った第3部分23の長さに関する検討について、説明する。

図14(a)～図14(c)は、第1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。

[0099] 参考例の光レセプタクルは、図14(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部分21(第1クラッド部7aと第1コア部8a)が設けられない構造と同様である。

ファイバスタブ49は、光ファイバ29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2部分229(変換部)と、第3部分239と、を有する。第3部分239は、第2部分229と軸方向において並び、第2部分229と連続する。第2部分229は、端面39aの少なくとも一部を形成し、第3部分239は、端面39bの少なくとも一部を形成する。中心軸方向において、第2部分229のコア径は、第3部分239へ向かって拡大している。第3部分239のコア径は、中心軸方向において、実質的に一定である。なお、図14(a)では、便宜上、弾

性部材など一部の要素を省略している。

[0100] 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。

[0101] ここで、図14(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2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2部分229の端面位置（第2部分229のうち端面39a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。

[0102] 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14(b)及び図14(c)に解析結果の一例を示す。この検討では、端面39aの研磨前において、第2部分229の軸方向に沿った長さ L_a を50 μ mとし、端面39aにおけるコア径 D_a を3 μ mとし、端面39bにおけるコア径 D_b を9 μ mとした。第2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。

[0103] 図14(b)は、上記のようなファイバスタブ49において、端面39aの研磨により、長さ L_a が20%（研磨量10 μ m）、40%（研磨量20 μ m）、60%（研磨量30 μ m）又は80%（研磨量40 μ m）短くなった場合の損失（dB）を表す。図14(c)は、図14(b)のデータを表すグラフ図である。ここで、損失（dB）は、端面39aから光（径 $D_L=3\mu$ m）が入射した場合の出射端（端面39b）における光の強度から算出される。

- [0104] 端面39aの研磨が行われる前において損失は、 -1.06 dBである。グラフより、研磨によって第2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2部分229）が50%短くなると損失は、 -3 dB程度となる。
- [0105] このように、第1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が生じ、量産性が低下することがある。
- [0106] 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1部分が設けられる。端面3aの研磨によって、中心軸C1に沿った第1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1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。
- [0107] 以上により、中心軸C1に沿った第1部分の長さは、端面3aの研磨量以上であることが望ましい。上述の通り、端面3aを鏡面状とするため、端面3a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、中心軸C1（方向X1）に沿った第1部分の長さは、 $5\mu\text{m}$ 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。また、中心軸C1に沿った第1部分の長さは、 10mm 以下であることが望ましい。中心軸C1に沿った第1部分の長さの上限は、特に制限されないが、ブロック80の貫通孔88内に第2部分及び第3部分の一部を配設することができることが望ましい。そのためブロック80の全長によっては、第1部分を7~ 10mm 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。
- [0108] 図14(a)~図14(c)に関する説明は、例えば、第3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C1に沿って変化しない第3部分が設けられる。端面3bの研磨によって、中心軸C1に沿った第3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。

[0109] 以上により、中心軸C1に沿った第3部分の長さは、端面3bの研磨量以上であることが望ましい。例えば、端面3bを凸球面状とするため、端面3bは、5 μ m以上20 μ m以下程度研磨される。したがって、中心軸C1（方向X1又はX2）に沿った第3部分の長さは、5 μ m以上であることが望ましく、可能であれば20 μ m以上であることが、さらに望ましい。中心軸C1に沿った第3部分の長さの上限は、特に制限されないが、ブロック80の貫通孔88内に第1部分及び第2部分を配設できることが望ましい。中心軸C1に沿った第3部分の長さは、例えば、PC（Physical Contact）面までの長さとすることができる。

[0110] 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3bとは反対側の端面3aにおけるコア径D1が、凸球面に研磨した端面3bのコア径D3よりも小さいため、光学接続面（例えば光学素子と光ファイバとの接続面）での損失を抑え、光モジュールの長さを短くすることができる。例えば、半導体レーザ素子などの光学素子と、光ファイバと、の間に集光のためのレンズ等を設けなくてもよい。

また、第2部分22を形成することで、第1部分21から第3部分23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部分22での光学的損失を抑えることができる。

[0111] さらに、第1部分21の形状および第3部分23の形状は、光ファイバ2の中心軸方向において変化せず、第1部分21及び第3部分23における光の損失も小さいため、第2部分22をブロックの貫通孔内に設ける場合、第2部分22は貫通孔内のどこに所在してもよい。これにより、光ファイバ2

の精密な長さ管理を必要とせず、経済的に光レセプタクルを製造することができる。後述するV字状の溝上に光ファイバ2を設ける場合も同様である。

第2部分22のファイバ外径D5は、貫通孔88の径よりも小さいため、隙間に弾性部材83a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。

[0112] また、第1部分21及び第2部分22の全域をブロック80に沿わせ、弾性部材83aによって固定することで、外部からの応力から第2部分22（融着部）を保護することができる。また、光集積回路等の光学素子のMFDとブロック80内部のMFDとを近づけることにより、MFDの差による結合損失を抑えながら光学素子にブロック80を直接押し付ける接続方法（バットジョイント）が可能となり、光学素子とブロック80との間の光学デバイスを削減することができる。例えば、光集積回路から径が1 μ m以下の光が射出された場合に、レンズ等のビーム変換デバイスを用いることなく、光ファイバ2に光を入射させることができる。それにより、コスト削減、デバイス調芯誤差による損失の低減が可能となる。

[0113] また、光ファイバ2を貫通孔に固定することで、ブロック80の構成部品数を少なく（例えば1つに）することができ、かつ、光ファイバ2をブロック80に挿入することによって組み立てを行うことができるため、製造工程の数を削減することができる。

[0114] 以上説明したような第2部分をフェルール3の内部に設ける方法も考えられる。この場合には、第2部分をフェルールの内部に収納するため、第2部分の長さに応じて、フェルールが長くなる。また、融着時に被覆が除去された光ファイバをフェルール内部に収納するために、融着時に被覆が除去された光ファイバの長さに応じて、フェルールが長くなる。一方、フェルールの周辺には、コネクタ規格等の多くの標準規格が設けられる。このため、フェルールが長くなると、標準規格を遵守するための設計が困難になる場合も考えられる。

[0115] また、ブロック80には、例えば、石英ガラスなどの光学ガラスが用いら

れる。ブロック80の材料は、例えば、セラミックスなどの脆性材料やステンレスなどの金属材料でもよい。

[0116] ブロック80の材料に光学ガラス等の透光性材料を用いた場合には、紫外線がブロック80を透過することができるため、ブロック80をトランシーバ等に固定する際に、ブロック80の底面においてUV硬化を行うことができる。また、例えば、第2部分22（MFD変換部）をフェルール3の内部などに設けた場合には、MFD変換部の周囲が、フェルール3、保持具5、スリーブ6、及び收容部10などによって覆われるため、MFD変換部を外側から目視などで確認することができない。これに対して、本実施形態に係る光レセプタクル1では、ブロック80に透光性材料を用いることにより、MFD変換部を外側から目視などで確認することができる。例えば、融着で形成したMFD変換部に発生した亀裂や破損などを、外側から目視などで確認することができる。

[0117] ブロック80の材料にセラミックスを用いた場合には、ブロックに様々な機能を持たせることができる。例えば、コーディエライトのように低熱膨張のセラミックスを用いた場合、ブロック80の接着後に、温度によって、ブロック80の位置が、光集積回路等の光学素子に対してずれることを抑制できる。

[0118] ブロック80の材料に樹脂を用いた場合には、精度の高い金型を用いて樹脂を材料としてブロック80を生産することで、生産コストを低く抑えることができる。

[0119] 図15(a)～図15(c)は、第1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15(a)～図15(c)は、ブロック80の周辺を拡大して表す。

図15(a)に表したように、この例において、光レセプタクル1は、ブロック80の第2面F2側において、光ファイバ2の端面2aに配設された透光性部材72をさらに有する。

[0120] 弾性部材83aは、光ファイバ2とブロック80の貫通孔との間の隙間に

充填されるとともに、例えば透光性部材 7 2 とブロック 8 0 の第 2 面 F 2 との間に充填される。これにより、透光性部材 7 2 は、弾性部材 8 3 a によって、ブロック 8 0 に接着固定される。

[0121] 光ファイバ 2 のプラグフェルールと光学接続する側とは反対側の端面 2 a は、弾性部材 8 3 a と密着している。透光性部材 7 2 の光ファイバ 2 側の端面 7 2 a は、弾性部材 8 3 a と密着している。弾性部材 8 3 a 及び透光性部材 7 2 は、透光性を有する。これにより、光学素子から照射された光が、透光性部材 7 2 及び弾性部材 8 3 a を介して光ファイバ 2 に入射し、光ファイバ 2 から出射した光が、透光性部材 7 2 及び弾性部材 8 3 a を介して光学素子に入射する。

[0122] この例では、透光性部材 7 2 は、ブロック 8 0 の外側（第 2 面 F 2 よりも光学素子側）に配設されている。透光性部材 7 2 の少なくとも一部をブロック 8 0 の内側に（貫通孔 8 8 の内部）に設けてもよい。これにより、透光性部材 7 2 の固定強度を確保することができる。

[0123] 透光性部材 7 2 の光ファイバ 2 とは反対側の端面 7 2 b のうちの少なくとも一部は、光レセプタクル 1 の中心軸 C 1 に対し略垂直となる平面を有している。ここで、略垂直とは、例えば、光レセプタクル 1 の中心軸 C 1 に対して約 8 5 度以上、9 5 度以下の角度である。

[0124] 透光性部材 7 2 の端面 7 2 b に平面を形成する方法としては、ダイヤモンド砥粒を持つ研磨フィルム等による方法がある。また、透光性部材 7 2 の端面 7 2 b の面粗さは、光の反射量をできるだけ小さくするため、算術平均粗さ 0.1 マイクロメートル以下となることが望ましい。

[0125] 弾性部材 8 3 a および透光性部材 7 2 のそれぞれは、光ファイバ 2 のコアの屈折率と略同じ屈折率を有していることが望ましい。ここでいう略同じ屈折率とは、1.4 以上 1.6 以下程度である。光ファイバ 2 のコアの屈折率は、例えば約 1.46 以上、1.47 以下程度である。弾性部材 8 3 a の屈折率は、例えば約 1.4 以上、1.5 以下程度である。透光性部材 7 2 の屈折率は、例えば約 1.4 以上、1.6 以下程度である。これにより、透光性

部材 7 2 と弾性部材 8 3 a との間の境界面、および弾性部材 8 3 a と光ファイバ 2 との間の境界面における光の反射を減少させることができ、光モジュールの結合効率が向上する。

[0126] 透光性部材 7 2 と密着する弾性部材 8 3 a の材料は、光ファイバ 2 とブロック 8 0 との間隙に充填される弾性部材 8 3 a の材料と異なってもよい。透光性部材 7 2 と密着する弾性部材 8 3 a の材料には、例えば、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂等が用いられる。

[0127] 光レセプタクルでは、反射を減少させるため、光ファイバ 2 の端面 2 a を鏡面状の平面となるように研磨加工を施すことが一般的である。これに対して、図 1 5 (a) に表した構成では、光ファイバ 2 の端面 2 a に同様に研磨加工を施さなくても、端面 2 a における光の反射を減少させることができる。

[0128] 透光性部材 7 2 には、例えばアイソレータを用いてもよい。透光性部材 7 2 がアイソレータである場合、透光性部材 7 2 は、第 1 の偏光子 7 4 と、第 2 の偏光子 7 5 と、ファラデー回転子 7 6 と、を有する。ファラデー回転子 7 6 は、第 1 の偏光子 7 4 と第 2 の偏光子 7 5 との間に設けられている。ファラデー回転子 7 6 は、例えばガーネットなどの材料を含む。

[0129] 例えば、光学素子から発射された光を光ファイバ 2 に入射させる場合、第 1 の偏光子 7 4 は、所定の方向の直線偏光のみを通過させる。ファラデー回転子 7 6 は、第 1 の偏光子 7 4 を通過した直線偏光の偏波面を略 45° 回転させる。第 2 の偏光子 7 5 は、ファラデー回転子 7 6 を通過した直線偏光のみを通過させる。すなわち、第 2 の偏光子 7 5 の偏光方向は、第 1 の偏光子 7 4 の偏光方向に対して略 45° 回転している。これにより、光学素子から発射され光ファイバ 2 に入射する光を一方向にだけ通過させることができる。

[0130] このように、透光性部材 7 2 としてアイソレータを取り付けることで、端面 7 2 b において光集積回路等の光学素子から第 1 部分に入射する光、または第 1 部分から光学素子に出射される光の反射を抑制することができる。ま

たは、反射した光が光学素子に戻ることを抑制し、光学素子を安定して動作させることができる。また、透光性部材 7 2 の光ファイバ 2 と反対側の端面 7 2 b には、例えば、A R (anti-reflective) コーティングを施してもよい。

[0131] また、ブロック 8 0 は、略直方体状である。アイソレータ（透光性部材 7 2）も同様に、略直方体状である。従って、例えば、円柱状のファイバスタブ 4 などに対してアイソレータを取り付ける場合と比べて、アイソレータの位置決め作業をし易くすることができる。例えば、ブロック 8 0 を基準とすることで、アイソレータの偏波方向を所定の角度に設置し易くすることができる。アイソレータの偏波方向の角度のズレを抑制し、精度良く取り付けることができる。これにより、例えば、光学素子との回転方向の調芯をし易くし、調芯時間の短縮を図ることができる。

[0132] 図 1 5 (b) に表したように、この例では、アイソレータである透光性部材 7 2 の第 1 の偏光子 7 4 が、切り欠き 7 4 a を有する。切り欠き 7 4 a は、例えば、略直方体状の第 1 の偏光子 7 4 の 1 つの側面（中心軸 C 1 と平行な面）に設けられる。切り欠き 7 4 a は、例えば、透光性部材 7 2 の光ファイバ 2 とは反対側の端面 7 2 b に連続する。換言すれば、切り欠き 7 4 a は、第 1 の偏光子 7 4 の 1 つの側面に設けられ、端面 7 2 b まで延びている。

[0133] 切り欠き 7 4 a は、例えば、第 1 の偏光子 7 4 の偏波方向と平行に設けられる。このように、第 1 の偏光子 7 4 に切り欠き 7 4 a を設けることにより、第 1 の偏光子 7 4 の偏波方向を容易に視認することができる。例えば、光学素子から発射された光を第 1 の偏光子 7 4 に入射させる際に、光学素子の向きを合わせやすくすることができる。すなわち、光学素子との回転方向の調芯をし易くし、より調芯時間の短縮を図ることができる。

[0134] 図 1 5 (c) に表したように、この例では、アイソレータである透光性部材 7 2 の第 2 の偏光子 7 5 が、切り欠き 7 5 a を有する。切り欠き 7 5 a は、例えば、略直方体状の第 2 の偏光子 7 5 の 1 つの側面（中心軸 C 1 と平行な面）に設けられる。切り欠き 7 5 a は、例えば、透光性部材 7 2 の光ファ

イバ2側の端面72aに連続する。換言すれば、切り欠き75aは、第2の偏光子75の1つの側面に設けられ、端面72aまで延びている。

[0135] 切り欠き75aは、例えば、第2の偏光子75の偏波方向と平行に設けられる。これにより、上記と同様に、第2の偏光子75の偏波方向を容易に視認することができる。調芯時間の短縮などを図ることができる。また、この例では、弾性部材83aが、透光性部材72とブロック80の第2面F2との間に充填されるとともに、弾性部材83aの一部が、切り欠き75a内に入り込んでいる。これにより、透光性部材72とブロック80との接着強度をより高めることができる。

[0136] なお、切り欠き74a、75aの形状は、上記に限ることなく、第1の偏光子74又は第2の偏光子75の偏波方向を示すことができる任意の形状でよい。また、切り欠きは、例えば、第1の偏光子74及び第2の偏光子75の双方に設けてもよい。あるいは、ファラデー回転子76に切り欠きを設けてもよい。

[0137] 図16は、第1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斜視図である。図16は、ブロック80の周辺を拡大して表す。図16に表したように、この例では、光レセプタクル1は、弾性部材（第2弾性部材）83bおよび弾性部材（第3弾性部材）83cをさらに有する。弾性部材83b、83cは、ブロック80の第1面F1側に設けられ、光ファイバ2をブロック80に接着する接着剤である。弾性部材83b、83cには、例えば、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、シリコン系樹脂等が用いられる。弾性部材83b、83cには、例えば、弾性部材9に関して説明した材料と実質的に同じ材料を用いることができる。

[0138] 図17(a)及び図17(b)は、第1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図である。

図17(a)は、図16に示したブロック80の模式的断面図である。

前述したとおり、光ファイバ2には、光ファイバ2のうち第1面F1から突出した部分2gを覆う被覆部86が設けられる。弾性部材83bは、被覆

部86とブロック80との間に設けられる。弾性部材83bは、例えば被覆部86及び第1面F1と接する。これにより、弾性部材83bは、ブロック80の第1面F1側に光ファイバ2を接着する。

[0139] 弾性部材83cは、被覆部86とブロック80との間に設けられる。弾性部材83cは、例えば被覆部86及び第1面F1と接する。これにより、弾性部材83cは、ブロック80の第1面F1側に光ファイバ2を接着する。また、弾性部材83cは、ブロック80と弾性部材83bとの間に位置する。この例では、弾性部材83cは、弾性部材83bと接し、弾性部材83bによって覆われている。

[0140] 弾性部材83cは、例えば、ブロック80の貫通孔88の内側に設けられた弾性部材83aと連続していてもよい。弾性部材83cの材料は、弾性部材83aの材料と同じであってもよい。例えば、弾性部材83cと弾性部材83aとを一体とし、1つの弾性部材として形成してもよい。言い換えると、弾性部材83aが、貫通孔88内に設けられた部分と、貫通孔88から飛び出した部分（弾性部材83cに相当する部分）と、を有していてもよい。

[0141] このように、光ファイバ2のブロック80から突出した部分2gに弾性部材83b、83cが設けられることにより、ブロック80から突出した部分2gに外部から掛かる応力を低減し、光ファイバ2が折れることを抑制できる。また、光ファイバ2を覆う被覆部86とブロック80との間に弾性部材83b、83cが設けられることで、被覆部86を保護し、被覆部が破れることを抑制できる。

[0142] 弾性部材83bの材料は、弾性部材83cの材料よりも柔らかい。弾性部材83bは、例えば高弾性接着剤である。弾性部材83cは、光ファイバ2の根元部分（貫通孔88の開口端周辺の部分）を固定するファイバ固定接着剤である。比較的硬い弾性部材83cが光ファイバ2の根元部分に設けられ、比較的柔らかく高弾性の弾性部材83bが、弾性部材83cよりもフェルール3側に設けられる。これにより、柔らかい弾性部材83bによって光ファイバ2に掛かる応力を緩和しつつ、硬い弾性部材83cによって応力が集

中しやすい光ファイバ2の根元部分を保護することができる。

[0143] 図17(b)は、ブロック80、光ファイバ2、弾性部材83b、83cを、中心軸C1(方向X1)と平行な方向に沿って見た平面図である。

図17(b)の平面図において、貫通孔88の中心Ct1は、弾性部材83bの中心Ct2と異なり、弾性部材83cの中心Ct3と異なる。ここで、中心とは、例えば弾性部材又は光ファイバの外縁からなる平面形状の重心位置である。中心Ct2及び中心Ct3は、中心Ct1から見て矢印A1の方向(例えば下方)に位置する。これにより、光ファイバ2に作用する矢印A1の方向の応力に対して、耐久性が向上する。また、弾性部材83c(接着剤)を第1面F1に塗布するとき、弾性部材83cが第1面F1の全体に広がることを防ぎ、第1面F1上において弾性部材83b(接着剤)が塗布される領域を確保しやすい。

[0144] 実施形態においては、中心Ct1は、中心Ct2及び中心Ct3の少なくともいずれかと一致してもよい。弾性部材の平面形状は、例えば中心Ct1に対して点対称である。これにより、中心軸を中心とする全方位において満遍なく耐久性を向上できる。

[0145] 図18は、第1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18は、ブロック80の周辺を拡大して表す。図18に表した例においては、ブロック80の貫通孔88は、小径部87aと拡径部87bとを有する。拡径部87bは、小径部87aよりも第1面F1側に設けられる。小径部87aの径は、中心軸C1に沿った方向において略一定である。拡径部87bの径は、小径部87aの径よりも大きく、中心軸C1に沿った方向において、第1面F1に向かって大きくなる。拡径部87bの径とは、中心軸C1と直交する方向の幅である。

[0146] 光ファイバ2は、小径部87a内に配置された部分2hと、拡径部87b内に配置された部分2iと、を有する。光ファイバ2の第1面F1から突出した部分2gを覆う被覆部86は、光ファイバ2の拡径部87b内に配置された部分2iをさらに覆う。

[0147] 拡径部 87 b 内において、被覆部 86 と拡径部 87 b の内壁との間には、例えば弾性部材 83 a や弾性部材 83 c を充填することができる。このように、拡径部内において、被覆部 86 を弾性部材によって固定することで、光ファイバの接着強度及び補強強度を増し、光ファイバ 2 の折れを抑制できる。

[0148] 図 19 は、第 1 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斜視図である。

図 20 は、第 1 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 19 は、ブロック 80 の周辺を拡大して表し、図 20 は、図 19 に示したブロックの断面を表す。

図 19 及び図 20 に表した例において、ブロック 80 は、基部 80 a と、段差部 80 b と、を有する。第 1 面 F 1、第 2 面 F 2 及び貫通孔 88 は、基部 80 a に設けられている。

[0149] 段差部 80 b は、基部 80 a の第 1 面 F 1 側から、中心軸 C 1 に沿ってフェルール 3 側に突出した部分である。すなわち、段差部 80 b は、中心軸 C 1 に対して垂直な方向において、光ファイバ 2 の第 1 面 F 1 から突出した部分 2 g と並ぶ。

[0150] 段差部 80 b は、光ファイバ 2 と対向する第 3 面 F 3 を有する。第 3 面 F 3 は、例えば第 1 面 F 1 に対して垂直な平面である。弾性部材 83 b 及び弾性部材 83 c のそれぞれは、光ファイバ 2 の被覆部 86 と第 3 面 F 3 との間に配置される。例えば、弾性部材 83 b 及び弾性部材 83 c のそれぞれは、第 3 面 F 3 と接する。これにより、接着剤の塗布面積を広くすることができる。すなわち、光ファイバ 2 及び被覆部 86 を段差部 80 b の第 3 面 F 3 に接着固定することが可能になる。そして、これにより、光ファイバ 2 とブロック 80 との界面に曲げ応力が集中することを防ぐことができる。例えば、光ファイバ 2 の曲げの基点を、第 3 面 F 3 のフェルール 3 側の端部 E 3 側にシフトさせることができる。これにより、光ファイバ 2 の被覆部 86 から露

出した部分に、曲げ方向の力が直接的に加わってしまうことを抑制することができる。光ファイバ2の折れを、より抑制することができる。従って、光ファイバ2の接着強度及び補強強度をさらに向上させることができる。なお、図21に表したように、弾性部材83bが、弾性部材83c及び第1面F1から離れていてもよい。弾性部材83bは、第3面F3と被覆部86とを接着することで、光ファイバ2に掛かる応力を緩和する。

[0151] また、段差部80bの端部の少なくとも一部は、面取りされている。例えば、段差部80bは、第3面F3のフェルール3側の端に位置する端部E3を有する。端部E3は、段差部80bの角を面取りすることで形成される。なお、「面取りされている」とは、端部E3の角が鋭角でなく、例えば鈍角である状態である。または、端部E3の表面が曲面を有する状態でもよい。光ファイバ2や被覆部86が端部E3と接触した場合に、その接触部分が、光ファイバ2の折れや被覆部86の破れの起点となることを抑制することができる。

[0152] 図22(a)～図22(c)は、第1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22(a)に表したように、ブロック80の段差部80bの端部E3を、フェルール3側に向かって直線状に下降傾斜する傾斜面状にすることにより、弾性部材83bや弾性部材83c(接着剤)が、段差部80bのフェルール3側を向く端面F1aの上に流れ出てしまうことを抑制することができる。直線状の傾斜面状の端部E3は、例えば、表面張力により、弾性部材83bや弾性部材83cが端面F1aに流れ出てしまうことを抑制する。

[0153] 端面F1aは、例えば、光ファイバ2をブロック80に固定する固定工程の際などに、光ファイバ2及びブロック80の位置を決めるための位置決め面として用いられる可能性がある。この際、弾性部材83bや弾性部材83cが端面F1aに流れ出て、弾性部材83bや弾性部材83cが端面F1aを覆ってしまうと、光ファイバ2やブロック80の位置決め精度に影響を与えてしまう。

- [0154] 従って、上記のように、端部E 3を直線状の傾斜面状にし、弾性部材8 3 bや弾性部材8 3 cが端面F 1 aに流れ出てしまうことを抑制する。これにより、端面F 1 aを位置決め面として使用する際に、弾性部材8 3 bや弾性部材8 3 cが位置決め精度に影響を与えてしまうことを抑制することができる。
- [0155] 図2 2 (b) に表したように、ブロック8 0の段差部8 0 bの端部E 3は、凸曲面状にしてもよい。この場合、端部E 3は、例えば、半径0. 1 mm ~ 3 mm程度の凸曲面状であることが好ましい。これにより、例えば、光ファイバ2や被覆部8 6が端部E 3と接触した場合に、その接触部分が、光ファイバ2の折れや被覆部8 6の破れの起点となることを、より抑制することができる。光ファイバ2や被覆部8 6が端部E 3と接触した場合の、光ファイバ2や被覆部8 6への応力集中を、より確実に抑制することができる。
- [0156] 図2 2 (c) に表したように、被覆部8 6のブロック8 0側の端部は、ブロック8 0の第1面F 1から離間してもよい。これにより、例えば、被覆部8 6の長さの寸法の管理を容易にすることができる。被覆部8 6の中心軸C 1と平行な方向の長さを厳密に設定する必要をなくし、光レセプタクル1を製造し易くすることができる。
- [0157] なお、被覆部8 6のブロック8 0側の端部を、ブロック8 0の第1面F 1から離間させる場合には、図2 2 (c) に表したように、被覆部8 6のブロック8 0側の端部を弾性部材8 3 b及び弾性部材8 3 cの少なくとも一方によって覆うことが好ましい。換言すれば、光ファイバ2の第1面F 1と被覆部8 6との間で露出する部分を、弾性部材8 3 b及び弾性部材8 3 cの少なくとも一方によって覆うことが好ましい。これにより、被覆部8 6のブロック8 0側の端部を、ブロック8 0の第1面F 1から離間させた場合においても、光ファイバ2の被覆部8 6から露出した部分にダメージが加わってしまうことなどを抑制することができる。
- [0158] 図2 3は、第1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斜視図である。

図23に表したように、この例では、弾性部材83bが、光ファイバ2及び被覆部86の左右両側に設けられている。この例では、弾性部材83bが、光ファイバ2及び被覆部86の上端よりも下方の部分のみに設けられている。換言すれば、弾性部材83bが、光ファイバ2及び被覆部86よりも上方に設けられていない。弾性部材83bが、光ファイバ2及び被覆部86の上方を覆わない。

[0159] このように、弾性部材83b及び弾性部材83cは、光ファイバ2及び被覆部86の上端よりも下方の部分のみに設けてもよい。これにより、例えば、ブロック80の基部80aの高さを抑えることができる。また、例えば、基部80aの第3面F3と同じ方向を向く第4面F4の上に、弾性部材83bや弾性部材83cが流れてしまうことを抑制することができる。例えば、第4面F4を位置決め面として使用する際などに、弾性部材83bや弾性部材83cが位置決め精度に影響を与えてしまうことを抑制することができる。

[0160] 図24は、第1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24は、ブロック80の周辺を拡大して表す。図24に表した光レセプタクルにおいては、第2部分22の位置が図20に関して説明した光レセプタクルと異なる。

この例では、第2部分22及び第3部分23は、第1面F1からフェール3側に突出している。言い換えれば、方向X1における第1面F1の位置は、方向X1における第2部分22及び第3部分23の位置と、方向X1における第2面F2の位置と、の間である。

[0161] 第1部分21の少なくとも一部は、方向X1において、第1面F1と第2面F2との間に位置する。言い換えれば、方向X1における第1部分21の少なくとも一部の位置は、方向X1における第1面F1の位置と、方向X1における第2面F2の位置と、の間である。

[0162] 光ファイバの融着に伴って第2部分22におけるクラッドの直径が変化したとしても、ブロック80の貫通孔88（又は後述するV字状の溝）に沿う

のは、第1部分21のみである。第1部分21の直径は、第1部分21の全域に亘って例えば同一である。このため、ブロック80とコア8との位置関係に影響を及ぼさずに、光ファイバ2をブロック80に固定できる。

[0163] 例えば、弾性部材83cが、第1部分21の一部とブロック80の第3面F3との間、第2部分22とブロック80の第3面F3との間、および、第3部分23の一部とブロック80の第3面F3との間、に設けられる。これにより、第2部分22を弾性部材83cによって保護することができる。

[0164] (第2の実施形態)

図25は、第2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斜視図である。

図26は、第2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25は、光レセプタクルのブロック80の周辺を拡大して表し、図26は、光ファイバ2の中心軸C1に対して直交する断面を拡大して表す。

[0165] 第2の実施形態においては、ブロック80は、土台部(第1部材)81と、蓋部(第2部材)82と、を有する。ブロック80においては、貫通孔88の代わりに、土台部81にV字状の溝81aが設けられる。第2の実施形態の上記以外の構成は、第1の実施形態の構成と同様である。

[0166] 溝81aは、光ファイバ2の形状に応じて形成され、ブロック80の第1面F1から第2面F2まで延びる。光ファイバ2のフェルール3から突出した部分2fは、第1面F1の側から溝81aに沿って配設される。これにより、土台部81は、光ファイバ2の一端を溝81a内に収容し、光ファイバ2の一端を支持する。

[0167] 図26に表したように、溝81aの表面FVは、第1溝面FV1と第2溝面FV2とを有する。第1溝面FV1及び第2溝面FV2は、それぞれ、光ファイバ2の中心軸C1に沿った方向(方向X1)に延在する。V字状とは、方向X1に対して垂直な方向において、第1溝面FV1と第2溝面FV2との間の距離が、溝が深くなる方向において狭くなる形状をいう。例えば、

V字状という範囲は、第1溝面F V 1と第2溝面F V 2との接続部C Pが曲面状や平面状である場合を含んでもよい。

[0168] 蓋部8 2は、土台部8 1と対向するように配置される。すなわち、蓋部8 2は、土台部8 1の上に設けられ、土台部8 1の溝8 1 aを塞ぐ。蓋部8 2は、溝8 1 a内に收容された光ファイバ2の一端の上方を覆う。このように、光ファイバの一端は、土台部8 1の溝8 1 aと蓋部8 2との間に設けられ、挟み込まれている。

[0169] 弾性部材8 3 aは、土台部8 1と蓋部8 2との間に設けられる。弾性部材8 3 aは、溝8 1 a内に充填される。弾性部材8 3 aは、光ファイバ2と溝8 1 aの表面F Vとの間、および、光ファイバ2と蓋部8 2との間、に配設される。これにより、弾性部材8 3 aは、光ファイバ2の一端を溝8 1 aに接着固定し、蓋部8 2を土台部8 1に接着固定する。

[0170] このような構成により、溝8 1 aと光ファイバ2との間や、溝8 1 a上に配置された光ファイバ2の上に十分な接着剤を盛ることができるため、接着強度を増すことができる。また、蓋部8 2によって、光ファイバ2を溝8 1 aに押し付けることができるため、光ファイバ2を精度よく溝8 1 aに倣わせることができる。

[0171] 蓋部8 2を薄くすることにより、光ファイバ2をブロック8 0の端の近くに配置することができる。ただし、蓋部8 2が薄すぎると、蓋部8 2によって光ファイバ2を溝8 1 aに押し付けるとき、蓋部8 2が割れてしまう場合がある。このため、ブロック8 0の端の近くには光ファイバ2を配置することが難しい場合がある。このような場合には、第1の実施形態のように、貫通孔8 8を設け、貫通孔8 8に光ファイバ2を固定する。貫通孔8 8を用いる場合には、光ファイバ2を押しえつけないため、ブロック8 0の端の近くにも光ファイバ2を配置することができる。また、蓋部8 2を厚くし、溝8 1 aと同様の溝を蓋部8 2に形成してもよい。

[0172] (第3の実施形態)

図2 7 (a) 及び図2 7 (b) は、第3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27(a)に表したように、本実施形態に係る光トランシーバ200は、光レセプタクル1と、光学素子110と、制御基板120と、を有する。

[0173] 制御基板120上には、回路等が形成されている。制御基板120は、光学素子110と電氣的に接続されている。制御基板120は、光学素子110の動作を制御する。

[0174] 光学素子110には、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110は、発光部である。光学素子110は、レーザダイオード111を有する。レーザダイオード111は、制御基板120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。

[0175] 光学素子110は、図27(a)に表したように、素子113を有する。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、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、図27(b)に表したようにレンズ112等を介して、レーザダイオードや光導波路から出射される光を光レセプタクル1に入射させてもよい。

[0176] 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と光學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學的に接続され、光通信が可能となる。

[0177] 本実施形態は、以下の態様を含む。

(付記1)

光を導通するためのコアとクラッドとを有する光ファイバと、
前記光ファイバの一端側に設けられたフェルールと、
を含むファイバスタブと、
前記フェルールと離間し、一端面と、前記一端面とは反対側の他端面と、

前記一端面から前記他端面まで延びる貫通孔と、を有するブロックであって、前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分が前記一端面の側から前記貫通孔に挿入された、ブロックと、

前記光ファイバを前記貫通孔に固定する第1弾性部材と、
を備え、

前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分は、第1部分と、第2部分と、第3部分と、を有し、

前記第1部分は、前記第3部分よりも前記他端面側に設けられ、

前記第2部分は、前記第1部分と前記第3部分との間に設けられ、

前記第1部分におけるコア径は、前記第3部分におけるコア径よりも小さく、

前記第2部分におけるコア径は、前記第1部分から前記第3部分へ向かって大きくなり、

前記第1弾性部材は、前記光ファイバと前記貫通孔の内壁との間に設けられたことを特徴とする光レセプタクル。

(付記2)

光を導通するためのコアとクラッドとを有する光ファイバと、

前記光ファイバの一端側に設けられたフェルールと、

を含むファイバスタブと、

前記フェルールと離間し、一端面と、前記一端面とは反対側の他端面と、前記一端面から前記他端面まで延びるV字状の溝と、を有するブロックであって、前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分が前記一端面の側から前記溝に沿って配設されたブロックと、

前記光ファイバを前記溝に固定する第1弾性部材と、

を備え、

前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分は、第1部分と、第2部分と、第3部分と、を有し、

前記第1部分は、前記第3部分よりも前記他端面側に設けられ、

前記第 2 部分は、前記第 1 部分と前記第 3 部分との間に設けられ、
前記第 1 部分におけるコア径は、前記第 3 部分におけるコア径よりも小さく、

前記第 2 部分におけるコア径は、前記第 1 部分から前記第 3 部分へ向かって大きくなり、

前記第 1 弾性部材は、前記光ファイバと前記溝との間に配設されたことを特徴とする光レセプタクル。

(付記 3)

前記ブロックは、前記溝が設けられた第 1 部材と、前記第 1 部材と対向する第 2 部材と、を有し、

前記光ファイバは、前記第 2 部材と前記溝との間に設けられ、

前記第 1 弾性部材は、前記光ファイバと前記溝との間、および、前記光ファイバと前記第 2 部材との間に設けられたことを特徴とする付記 2 記載の光レセプタクル。

(付記 4)

前記第 1 部分の全体、及び前記第 2 部分の全体は、前記光ファイバの中心軸に沿った方向において、前記一端面と前記他端面との間に位置し、

前記第 3 部分は、前記一端面から突出した部分を有することを特徴とする付記 1～3 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 5)

前記第 1 部分の少なくとも一部は、前記光ファイバの中心軸に沿った方向において、前記一端面と前記他端面との間に位置し、

前記第 2 部分及び前記第 3 部分は、前記一端面から突出した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。

(付記 6)

前記第 1 部分のコアの屈折率、前記第 2 部分のコアの屈折率、および前記第 3 部分のコアの屈折率は、互いに等しく、

前記第 1 部分のクラッドの屈折率は、前記第 3 部分のクラッドの屈折率よ

り小さく、

前記第2部分のクラッドの屈折率は、前記第1部分側から前記第3部分側に向かって大きくなることを特徴とする付記1～5のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記7)

前記第1部分のクラッドの屈折率、前記第2部分のクラッドの屈折率、および前記第3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部分のコアの屈折率は、前記第3部分のコアの屈折率より大きく、

前記第2部分のコアの屈折率は、前記第1部分側から前記第3部分側に向かって小さくなることを特徴とする付記1～5のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記8)

前記第2部分のコア径は、前記第1部分側から前記第3部分側に向かって線形に大きくなることを特徴とする付記1～7のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記9)

前記第2部分のコア径は、前記第1部分側から前記第3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付記1～7のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記10)

前記第2部分のコアは、前記第1部分側から前記第3部分側にかけて、前記第2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付記1～7のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記11)

前記第1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付記1～10のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記12)

前記第1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付記1～11のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記13)

前記第1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付記1～12のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記14)

前記第3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付記1～13のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記15)

前記第3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付記1～14のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記16)

前記第2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部分側から前記第3部分側に向かって小さくなることを特徴とする付記1～15のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記17)

前記第1部分における前記光ファイバの外径は、前記第3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付記1～16のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記18)

前記第2部分における前記光ファイバの外径は、前記第1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付記1～17のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

(付記19)

前記第2部分における前記光ファイバの外径は、前記第3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付記 1～18 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 20)

前記第 2 部分における前記光ファイバの外径は、前記第 1 部分における前記光ファイバの外径よりも大きいことを特徴とする付記 1～17 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 21)

前記第 2 部分における前記光ファイバの外径は、前記第 3 部分における前記光ファイバの外径よりも大きいことを特徴とする付記 1～17 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 22)

前記光ファイバの前記ブロック側の端面が、前記光ファイバの中心軸に対して垂直な面から傾いたことを特徴とする付記 1～21 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 23)

前記第 1 部分、前記第 2 部分、および前記第 3 部分は、一体でできていることを特徴とする付記 1～22 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 24)

前記光ファイバの中心軸に沿った前記第 1 部分の長さは、5 μm 以上であることを特徴とする請求項 1～23 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 25)

前記光ファイバの中心軸に沿った前記第 3 部分の長さは、5 μm 以上であることを特徴とする付記 1～24 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 26)

前記ブロックは、透光性材料を含むことを特徴とする付記 1～25 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 27)

前記ブロックは、セラミックスを含むことを特徴とする付記 1～25 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 28)

前記ブロックは、樹脂を含むことを特徴とする付記 1～25 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 29)

前記ブロックの前記他端面側において、前記光ファイバの端面に透光性部材が配設されたことを特徴とする付記 1～28 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 30)

前記光ファイバのうち前記ブロックの前記一端面から突出した部分の少なくとも一部を覆う被覆部と、

前記被覆部と前記ブロックとの間に設けられた第 2 弾性部材と、

をさらに備えたことを特徴とする付記 1～29 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 31)

前記被覆部と前記ブロックとの間に設けられた第 3 弾性部材をさらに備え、

前記第 3 弾性部材は、前記ブロックと前記第 2 弾性部材との間に位置することを特徴とする付記 30 記載の光レセプタクル。

(付記 32)

前記ブロックは、前記光ファイバの中心軸に対して垂直な方向において、前記光ファイバのうち前記一端面から突出した部分と並ぶ段差部を有することを特徴とする付記 1～31 のいずれか 1 つに記載の光レセプタクル。

(付記 33)

前記段差部の端部の少なくとも一部は、面取りされていることを特徴とする付記 32 記載の光レセプタクル。

(付記 34)

被覆部をさらに備え、
前記貫通孔は、前記一端面側に設けられた拡径部を有し、
前記拡径部の径は、前記光ファイバの中心軸に沿った方向において大きく
なり、
前記被覆部は、前記光ファイバのうち前記拡径部内に配置された部分を覆
うことを特徴とする付記 1 記載の光レセプタクル。

(付記 35)

前記第 1 弾性部材は、前記貫通孔内に設けられた部分と、前記貫通孔から
飛び出した部分と、を有することを特徴とする付記 1 記載の光レセプタクル
。

(付記 36)

付記 1 ~ 35 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。

[0178] 付記 1 の光レセプタクルによれば、第 1 部分におけるコア径が、第 3 部分
におけるコア径よりも小さいため、光学接続面での損失を抑え、光モジュール
の長さを短くすることができる。

第 2 部分を形成することで、第 1 部分から第 3 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 部分での光学的損失
を抑えることができる。

さらに、第 1 部分及び第 3 部分における光の損失は小さいため、第 2 部分
をブロックの貫通孔内に設ける場合、第 2 部分は貫通孔内のどこに位置して
もよい。これにより、光ファイバの精密な長さ管理を必要とせず、経済的に
光レセプタクルを製造することができる。

また、光集積回路等の光学素子の MFD とブロック内部の MFD とを近づ
けることにより、MFD の差による結合損失を抑えながら光学素子にブロッ
クを直接押し付ける接続方法（バットジョイント）が可能となり、光学素子
とブロックとの間の光学デバイスを削減することができる。これにより、コ
スト削減、デバイス調芯誤差による損失の低減が可能となる。また、光ファ

イバを貫通孔に固定することで、ブロックの構成部品数を少なく（例えば1つに）することができ、かつ、光ファイバをブロックに挿入することによって組み立てを行うことができるため、製造工程の数を削減することができる。

さらに、第1部分と第3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部分をブロックの貫通孔に設ける場合、第2部分は貫通孔内のどこに所在しても問題はない。これにより、ファイバブロック上における光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。

[0179] 付記2の光レセプタクルによれば、第1部分におけるコア径が、第3部分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部分を形成することで、第1部分から第3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部分での光学的損失を抑えることができる。

さらに、第1部分と第3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部分をブロックの溝上に設ける場合、第2部分は溝上のどこに所在しても問題はない。これにより、光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。

また、第1弾性部材として接着剤を用いる場合、溝と光ファイバとの間や、溝上に配置された光ファイバの上部に十分な量の接着剤を盛ることができるため、接着強度を増すことができる。

[0180] 付記3の光レセプタクルによれば、第2部材によって、光ファイバを溝に押し付けることができる。これにより、光ファイバを精度よく溝に倣わせることができる。

[0181] 付記4の光レセプタクルによれば、第1部分及び第2部分の全域をブロックに沿わせ、第1弾性部材によって固定することで、外部からの応力に対して第2部分を保護することができる。

- [0182] 付記5の光レセプタクルによれば、光ファイバの融着に伴って第2部分におけるクラッドの直径が変化したとしても、ブロックの貫通孔又はV字状の溝に沿うのは、第1部分のみである。第1部分の直径は、第1部分の全域に亘って例えば同一である。このため、ブロックとコアとの位置関係に影響を及ぼさずに、光ファイバをブロックに固定できる。
- [0183] 付記6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無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部分を形成することで、第1部分から第3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部分と第2部分との接続部および第2部分と第3部分との接続部において、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。
- [0184] 付記7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。
- [0185] 付記8の光レセプタクルによれば、第2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。
- [0186] 付記9の光レセプタクルによれば、第2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。
- [0187] 付記10の光レセプタクルによれば、第2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。

- [0188] 付記 1 1 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。
- [0189] 付記 1 2 の光レセプタクルによれば、第 1 部分において、第 3 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。
- [0190] 付記 1 3 の光レセプタクルによれば、第 1 部分において、第 2 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。
- [0191] 付記 1 4 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。
- [0192] 付記 1 5 の光レセプタクルによれば、第 3 部分において、第 2 部分よりも大き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。
- [0193] 付記 1 6 の光レセプタクルによれば、第 1 部分側から第 3 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 部分と第 3 部分の急激な屈折率の変化を防ぐことができ、第 1 部分と第 3 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。
- [0194] 付記 1 7 の光レセプタクルによれば、第 1 部分と第 3 部分の外形が等しいことにより、第 1 部分と第 3 部分の中心軸ずれを防止ことができ、軸ずれに起因する融着損失を抑えることができる。
- [0195] 付記 1 8 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。

- [0196] 付記 19 の光レセプタクルによれば、第 2 部分と第 3 部分のクラッド外径に差を持たせることで、第 2 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。
- [0197] 付記 20 の光レセプタクルによれば、第 2 部分における光ファイバの外径が大きいことにより、融着部の強度を向上させることができる。
- [0198] 付記 21 の光レセプタクルによれば、第 2 部分における光ファイバの外径が大きいことにより、融着部の強度を向上させることができる。
- [0199] 付記 22 の光レセプタクルによれば、光ファイバの端面が光ファイバの中心軸に対して垂直な面から傾いていることで、光レセプタクルに接続される光学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光学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。
- [0200] 付記 23 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 部分の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。
- [0201] 付記 24 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。
- [0202] 付記 25 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。
- [0203] 付記 26 の光レセプタクルによれば、紫外線がブロックを透過することができるため、ブロックをトランシーバ等に固定する際に、ブロックの底面において UV 硬化を行うことができる。
- [0204] 付記 27 の光レセプタクルによれば、ブロックにセラミックスを用いることでブロックに様々な機能を持たせることができる。例えば、低熱膨張セラミックスを用いた場合、ブロック接着後に、温度によって、ブロックの位置が光集積回路等の光学素子に対してずれることを抑制できる。
- [0205] 付記 28 の光レセプタクルによれば、精度の高い金型を用いて樹脂を材料としてブロックを生産することで、生産コストを低く抑えることができる。

- [0206] 付記 29 の光レセプタクルによれば、透光性部材としてアイソレータを取り付けることで、光学素子から第 1 部分に入射する光または第 1 部分から光学素子に出射される光の反射を抑制することができる。
- [0207] 付記 30 の光レセプタクルによれば、光ファイバのうちブロックから突出した部分において、第 2 弾性部材が設けられることにより光ファイバが折れることを抑制できる。また、光ファイバを覆う被覆部とブロックとの間に第 2 弾性部材が設けられることによって、被覆部が破れることを抑制できる。
- [0208] 付記 31 の光レセプタクルによれば、光ファイバのうちブロックから突出した部分において、第 3 弾性部材が設けられることにより光ファイバが折れることを抑制できる。また、光ファイバを覆う被覆部とブロックとの間に第 3 弾性部材が設けられることによって、被覆部が破れることを抑制できる。
- [0209] 付記 32 の光レセプタクルによれば、光ファイバと並ぶ段差部を有することで、接着剤の塗布面積を広くすることができると共に、光ファイバとブロックとの界面に曲げ応力が集中することを防ぐことができる。
- [0210] 付記 33 の光レセプタクルによれば、光ファイバや被覆部が段差部と接触した場合、その接触部分が、光ファイバの折れや被覆部の破れの起点となることを抑制することができる。
- [0211] 付記 34 の光レセプタクルによれば、拡径部内において被覆部を弾性部材によって固定すれば、光ファイバの接着強度及び補強強度を増し、光ファイバの折れを防ぐ。
- [0212] 付記 35 の光レセプタクルによれば、第 1 弾性部材が貫通孔から飛び出した部分を有することにより、光ファイバのうちブロックから突出した部分において、光ファイバが折れることを抑制できる。
- [0213] 付記 36 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、光学接続面での損失を抑え、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との融着部

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。

[0214] 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、光レセプタクルなどが備える各要素の形状、寸法、材質、配置、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。

符号の説明

[0215] 1 光レセプタクル、 2 光ファイバ、 2 a 端面、 3 フェルール、 3 a 端面、 3 b 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 クラッド、 8 コア、 9 弾性部材、 10 収容部、 21 第1部分、 22 第2部分、 23 第3部分、 29 光ファイバ、 39 a 端面、 39 b 端面、 49 ファイバスタブ、 50 プラグフェルール、 72 透光性部材、 72 a 端面、 72 b 端面、 74 第1の偏光子、 75 第2の偏光子、 76 ファラデー回転子、 80 ブロック、 80 a 基部、 80 b 段差部、 81 土台部、 81 a 溝、 82 蓋部、 83 a 第1弾性部材、 83 b 第2弾性部材、 83 c 第3弾性部材、 86 被覆部、 87 a 小径部、 87 b 拡径部、 88 貫通孔、 110 光学素子、 111 レーザダイオード、 113 素子、 120 制御基板、 200 光トランシーバ、 229 第2部分、 239 第3部分、 C1 中心軸

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とを有する光ファイバと、
前記光ファイバの一端側に設けられたフェルールと、
を含むファイバスタブと、
前記フェルールと離間し、一端面と、前記一端面とは反対側の他端面と、前記一端面から前記他端面まで延びる貫通孔と、を有するブロックであって、前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分が前記一端面の側から前記貫通孔に挿入された、ブロックと、
前記光ファイバを前記貫通孔に固定する第1弾性部材と、
を備え、
前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分は、第1部分と、第2部分と、第3部分と、を有し、
前記第1部分は、前記第3部分よりも前記他端面側に設けられ、
前記第2部分は、前記第1部分と前記第3部分との間に設けられ、
前記第1部分におけるコア径は、前記第3部分におけるコア径よりも小さく、
前記第2部分におけるコア径は、前記第1部分から前記第3部分へ向かって大きくなり、
前記第1弾性部材は、前記光ファイバと前記貫通孔の内壁との間に設けられたことを特徴とする光レセプタクル。

[請求項2]

光を導通するためのコアとクラッドとを有する光ファイバと、
前記光ファイバの一端側に設けられたフェルールと、
を含むファイバスタブと、
前記フェルールと離間し、一端面と、前記一端面とは反対側の他端面と、前記一端面から前記他端面まで延びるV字状の溝と、を有するブロックであって、前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分が前記一端面の側から前記溝に沿って配設されたブロックと、
前記光ファイバを前記溝に固定する第1弾性部材と、

を備え、

前記光ファイバの前記フェルールから突出した部分は、第1部分と、第2部分と、第3部分と、を有し、

前記第1部分は、前記第3部分よりも前記他端面側に設けられ、

前記第2部分は、前記第1部分と前記第3部分との間に設けられ、

前記第1部分におけるコア径は、前記第3部分におけるコア径よりも小さく、

前記第2部分におけるコア径は、前記第1部分から前記第3部分へ向かって大きくなり、

前記第1弾性部材は、前記光ファイバと前記溝との間に配設されたことを特徴とする光レセプタクル。

[請求項3] 前記ブロックは、前記溝が設けられた第1部材と、前記第1部材と対向する第2部材と、を有し、

前記光ファイバは、前記第2部材と前記溝との間に設けられ、

前記第1弾性部材は、前記光ファイバと前記溝との間、および、前記光ファイバと前記第2部材との間に設けられたことを特徴とする請求項2記載の光レセプタクル。

[請求項4] 前記第1部分の全体、及び前記第2部分の全体は、前記光ファイバの中心軸に沿った方向において、前記一端面と前記他端面との間に位置し、

前記第3部分は、前記一端面から突出した部分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5] 前記第1部分の少なくとも一部は、前記光ファイバの中心軸に沿った方向において、前記一端面と前記他端面との間に位置し、

前記第2部分及び前記第3部分は、前記一端面から突出した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1部分のコアの屈折率、前記第2部分のコアの屈折率、および前記第3部分のコアの屈折率は、互いに等しく、

前記第1部分のクラッドの屈折率は、前記第3部分のクラッドの屈折率より小さく、

前記第2部分のクラッドの屈折率は、前記第1部分側から前記第3部分側に向かって大きくなることを特徴とする請求項1～5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部分のクラッドの屈折率、前記第2部分のクラッドの屈折率、および前記第3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部分のコアの屈折率は、前記第3部分のコアの屈折率より大きく、

前記第2部分のコアの屈折率は、前記第1部分側から前記第3部分側に向かって小さくなることを特徴とする請求項1～5のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

[請求項8] 前記光ファイバの前記ブロック側の端面が、前記光ファイバの中心軸に対して垂直な面から傾いた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] 前記ブロックの前記他端面側において、前記光ファイバの端面に透光性部材が配設された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] 前記光ファイバのうち前記ブロックの前記一端面から突出した部分の少なくとも一部を覆う被覆部と、

前記被覆部と前記ブロックとの間に設けられた第2弾性部材と、

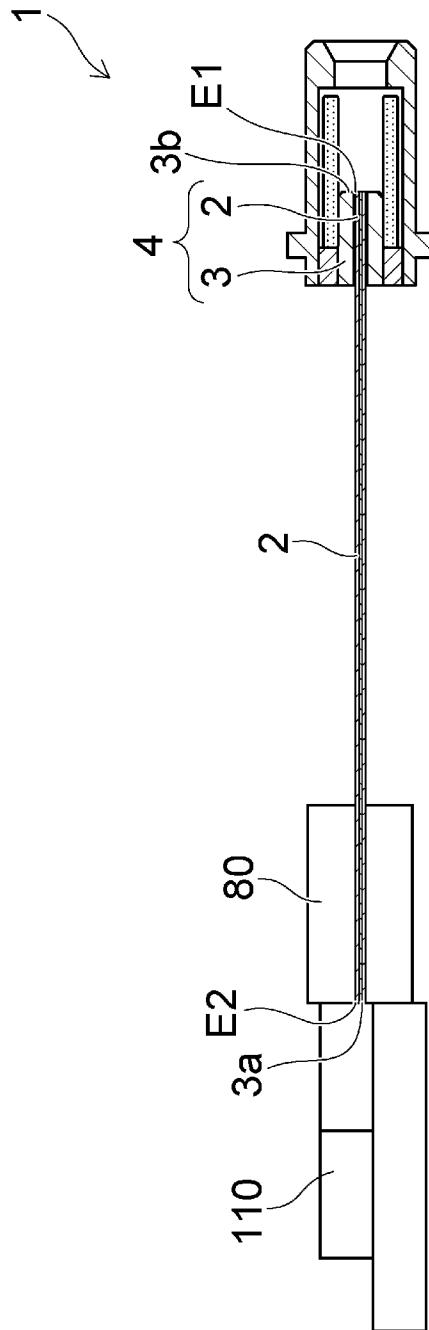
をさらに備えたことを特徴とする請求項1～9のいずれか1つに記載の光レセプタクル。

[請求項11] 前記被覆部と前記ブロックとの間に設けられた第3弾性部材をさらに備え、

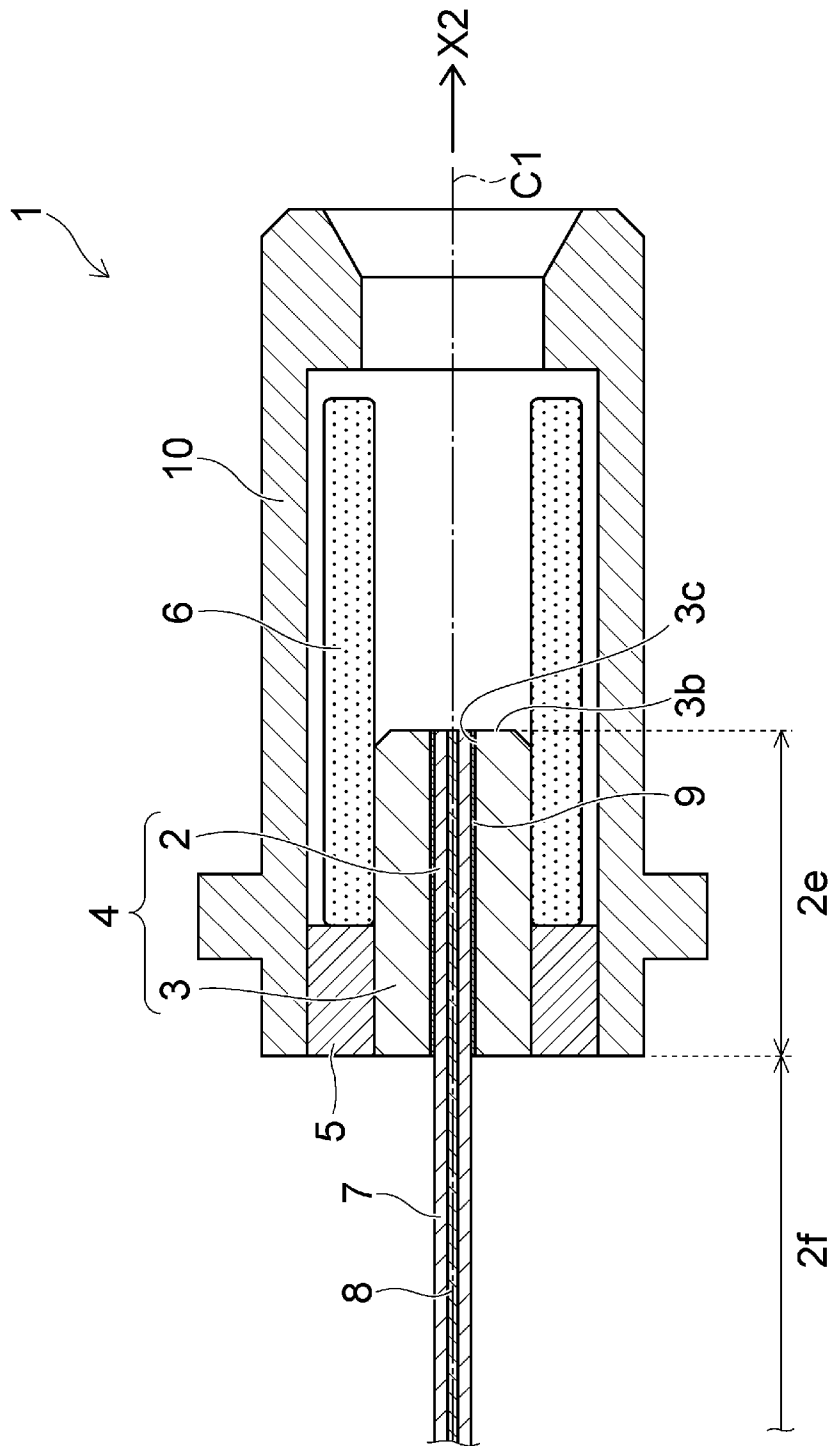
前記第3弾性部材は、前記ブロックと前記第2弾性部材との間に位置することを特徴とする請求項10に記載の光レセプタクル。

[請求項12] 請求項1～11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。

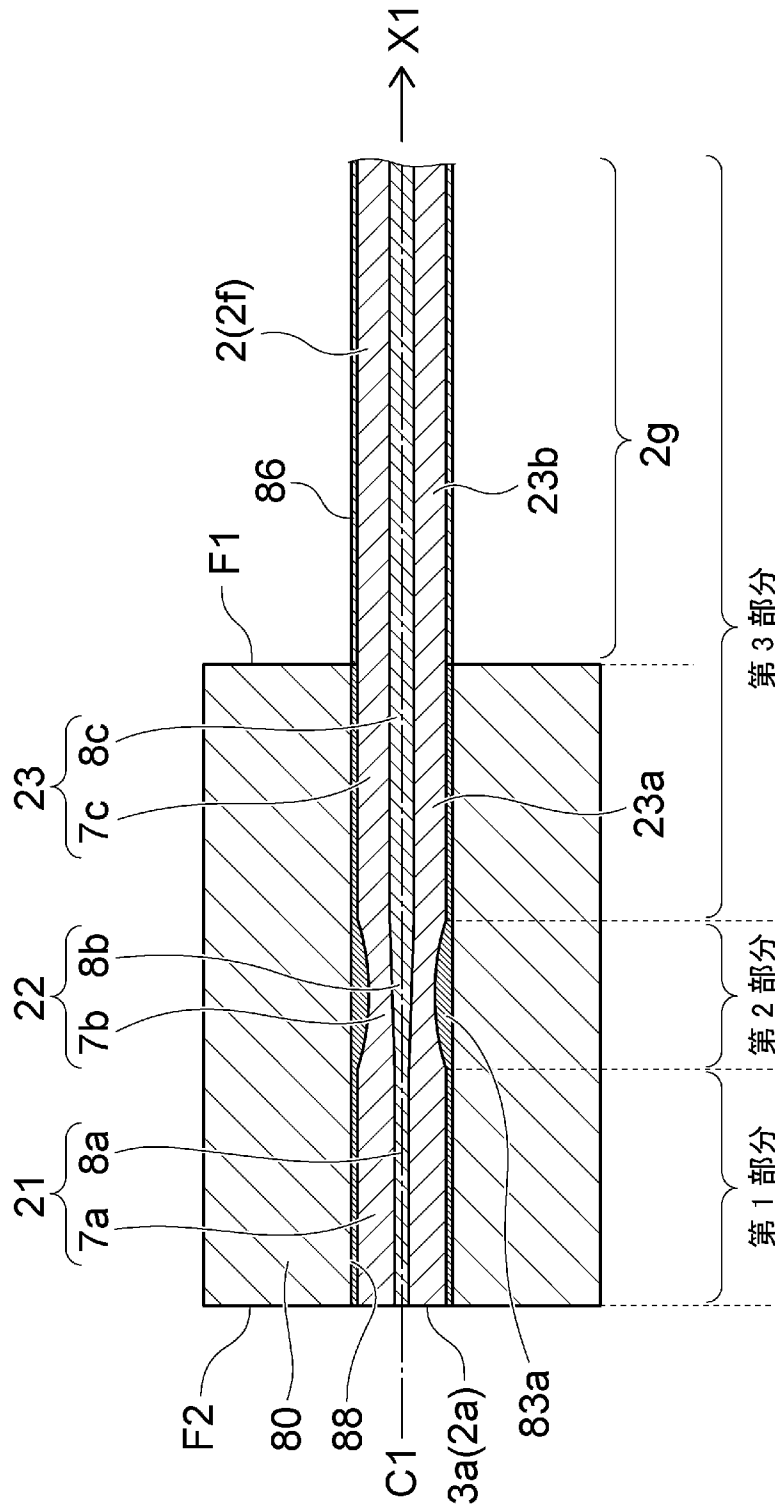
[図1]



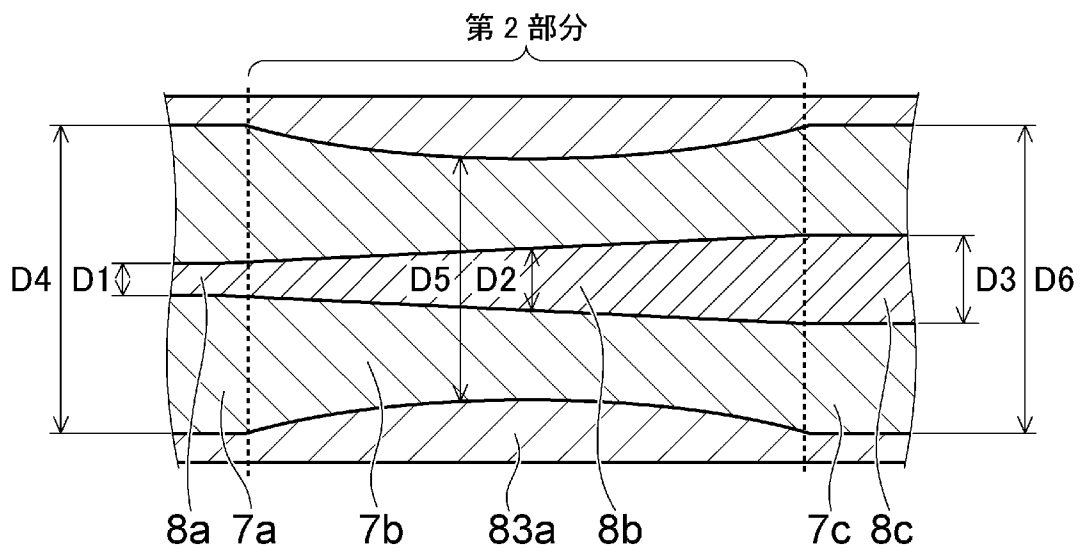
[図2]



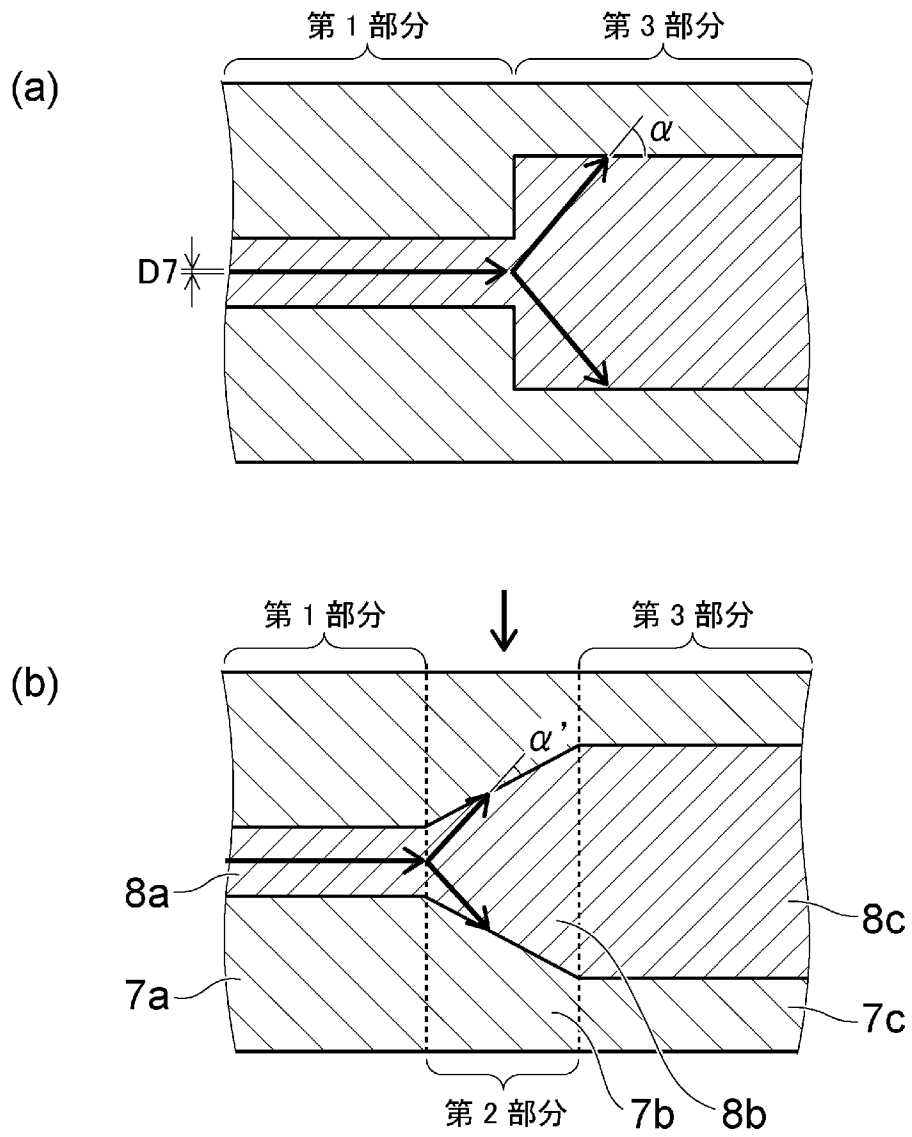
[図3]



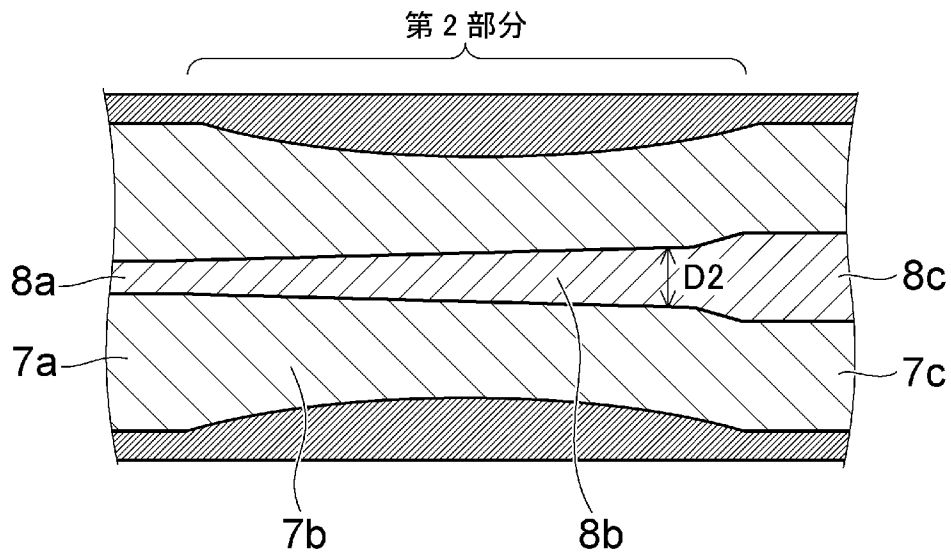
[図4]



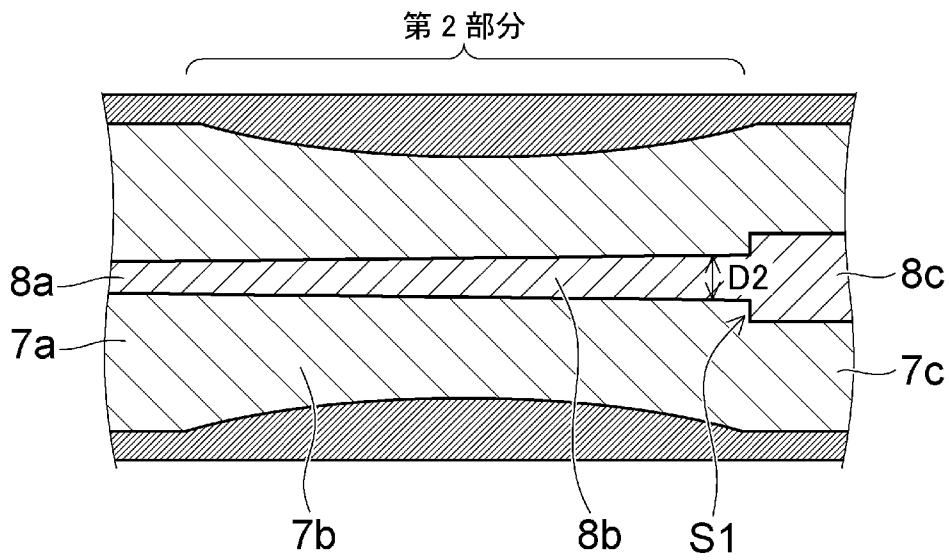
[図5]



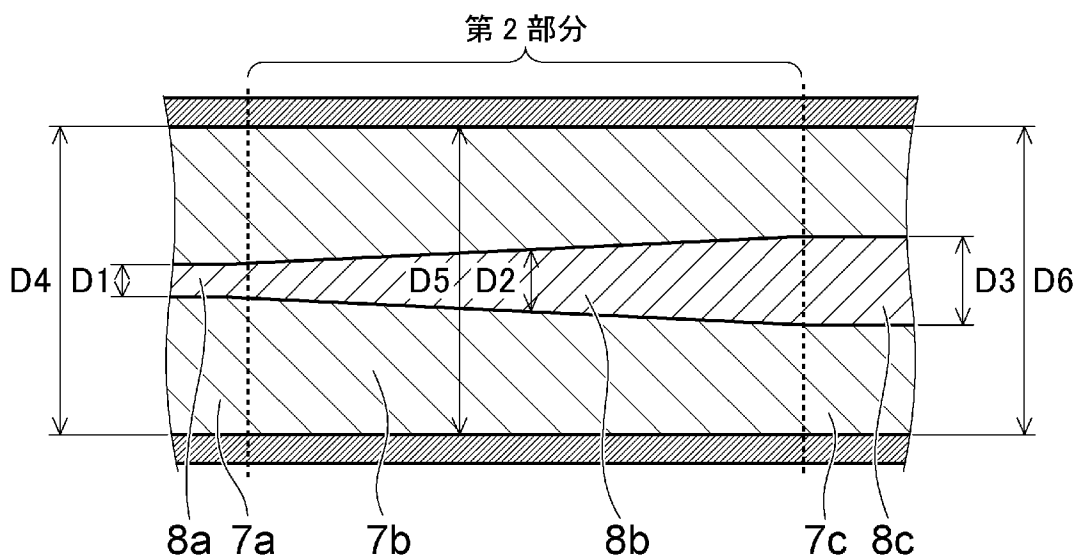
[図6]



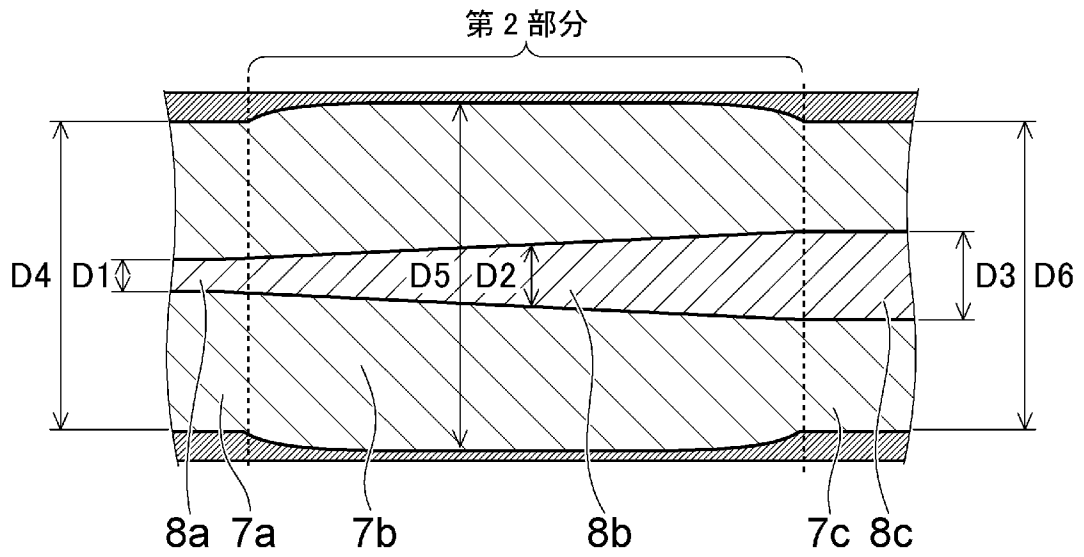
[図7]



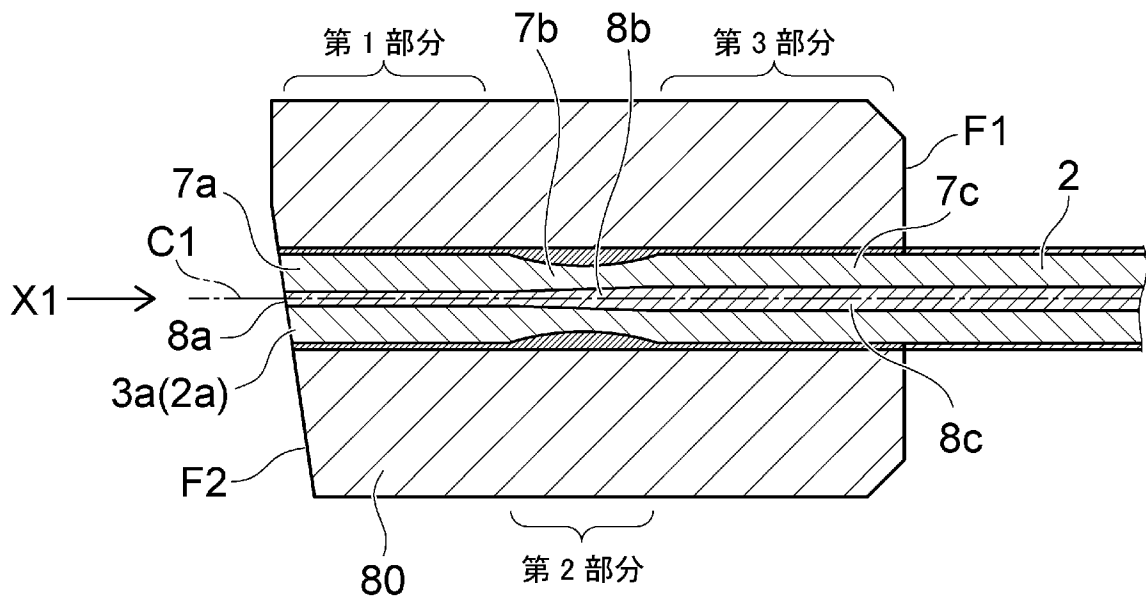
[図8]



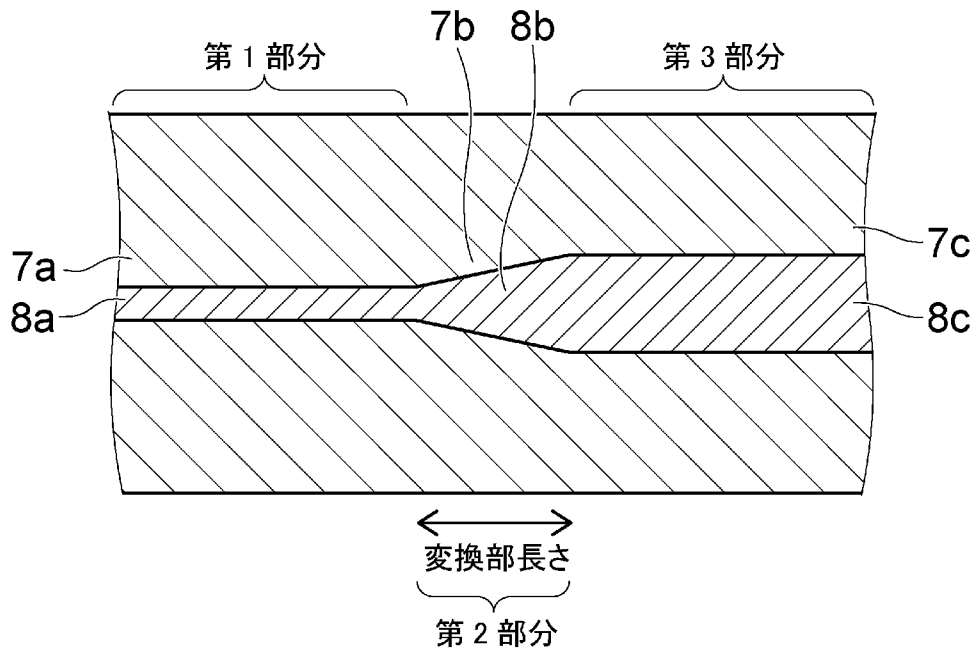
[図9]



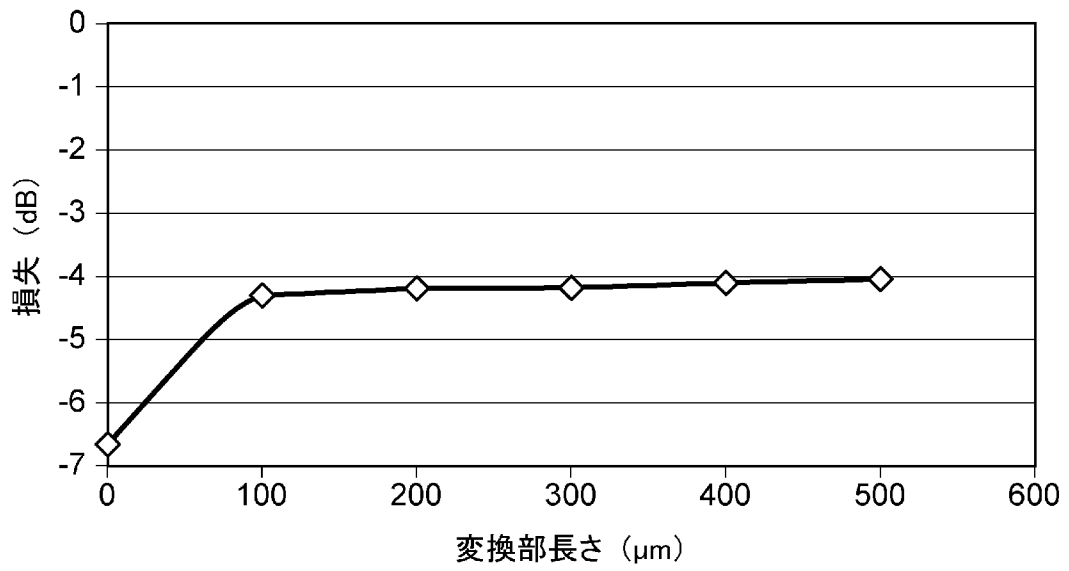
[図10]



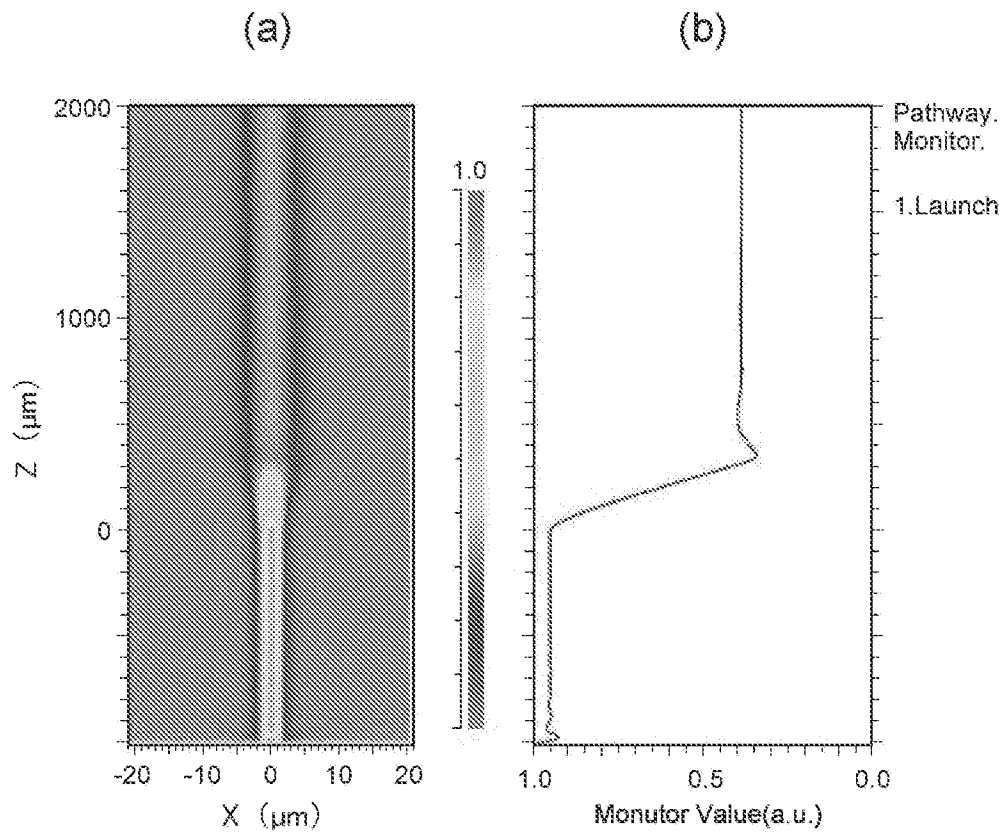
[図11]



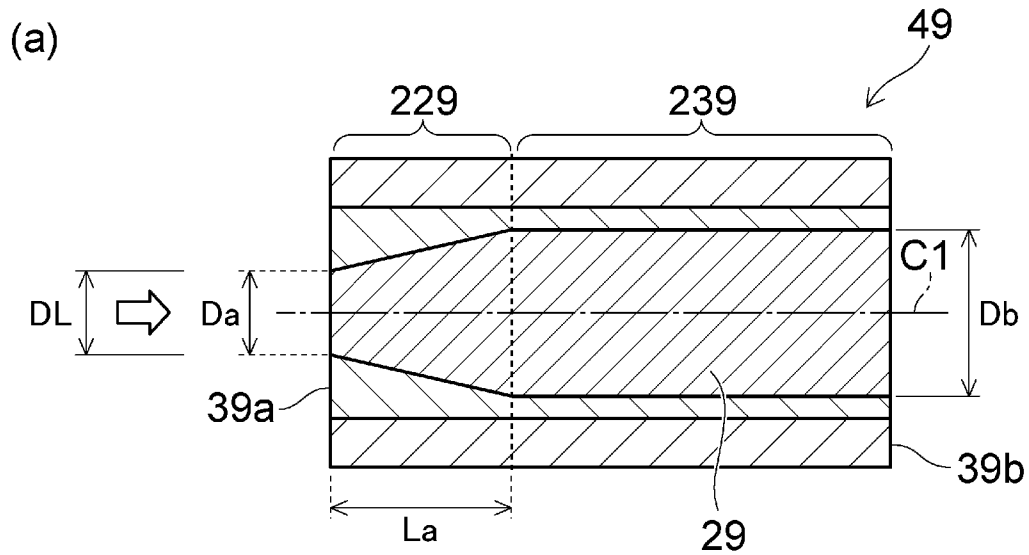
[図12]



[図13]



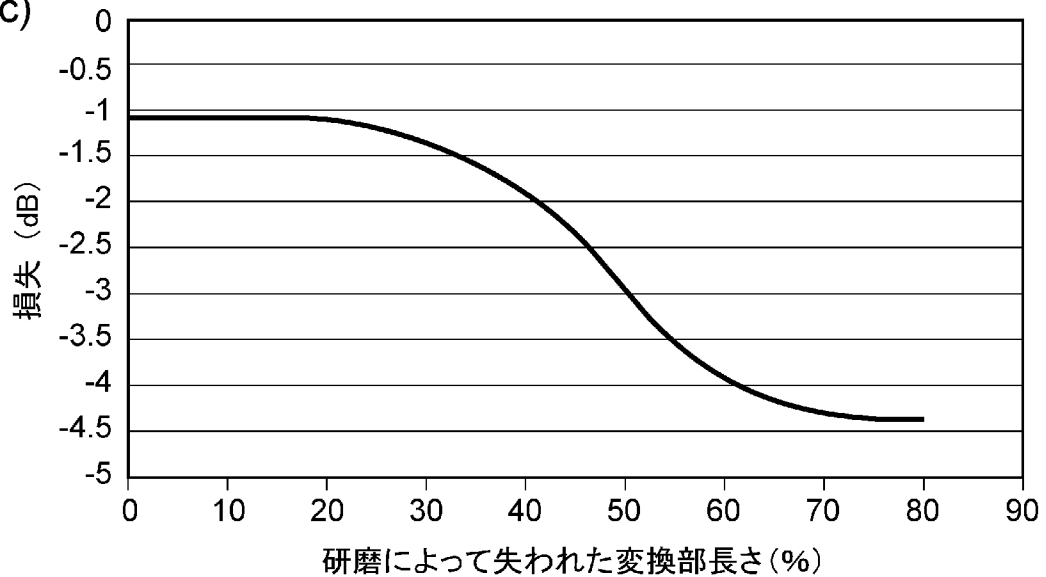
[図14]



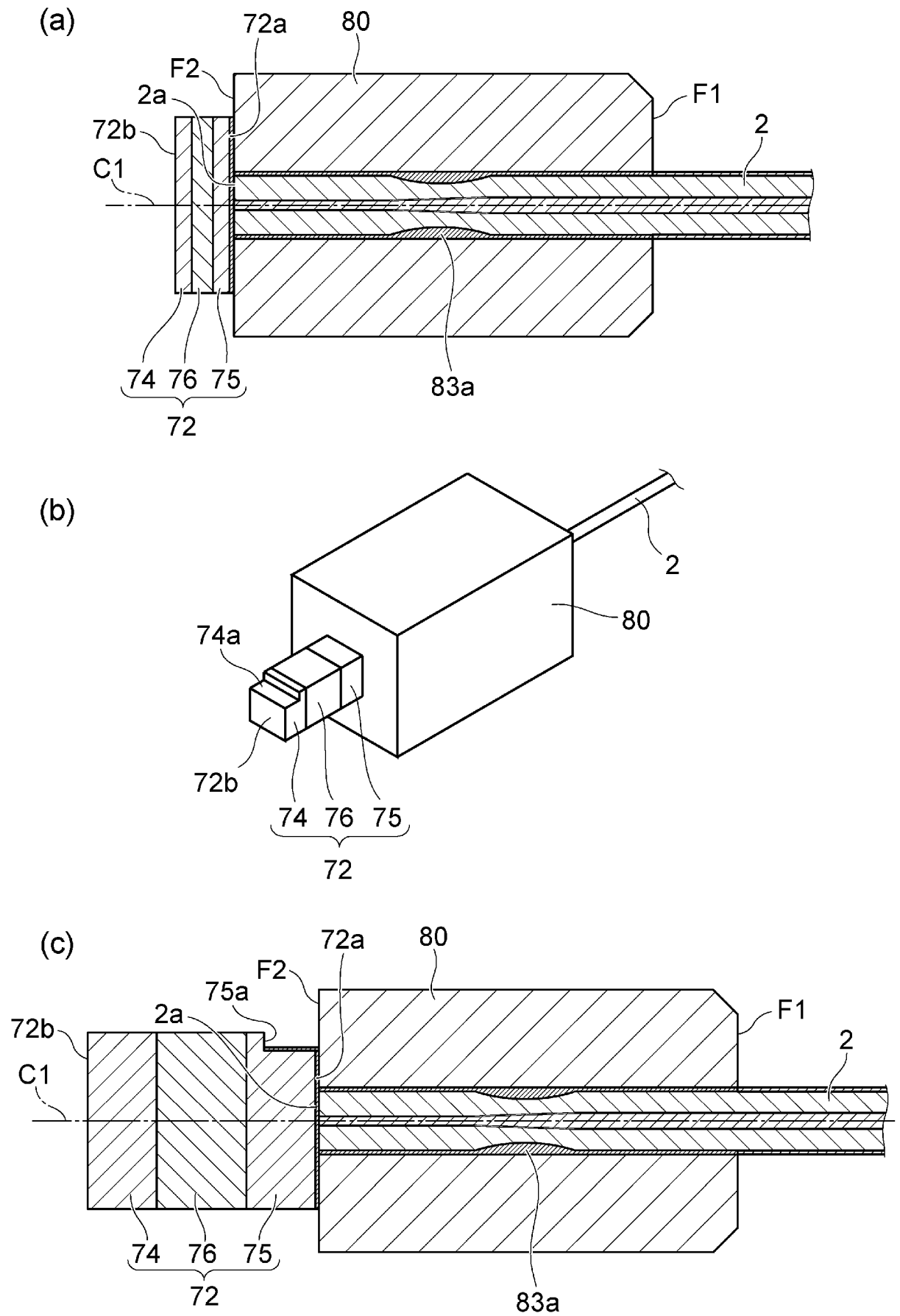
(b)

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

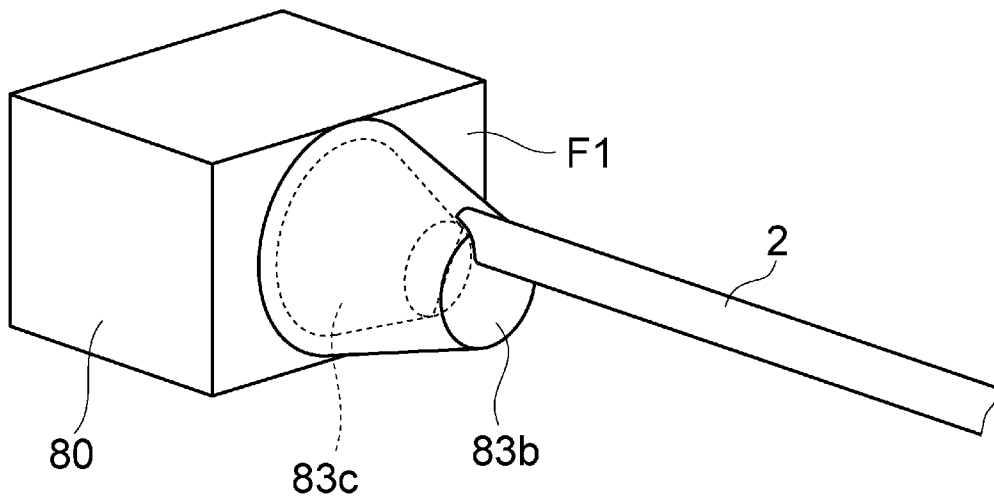
(c)



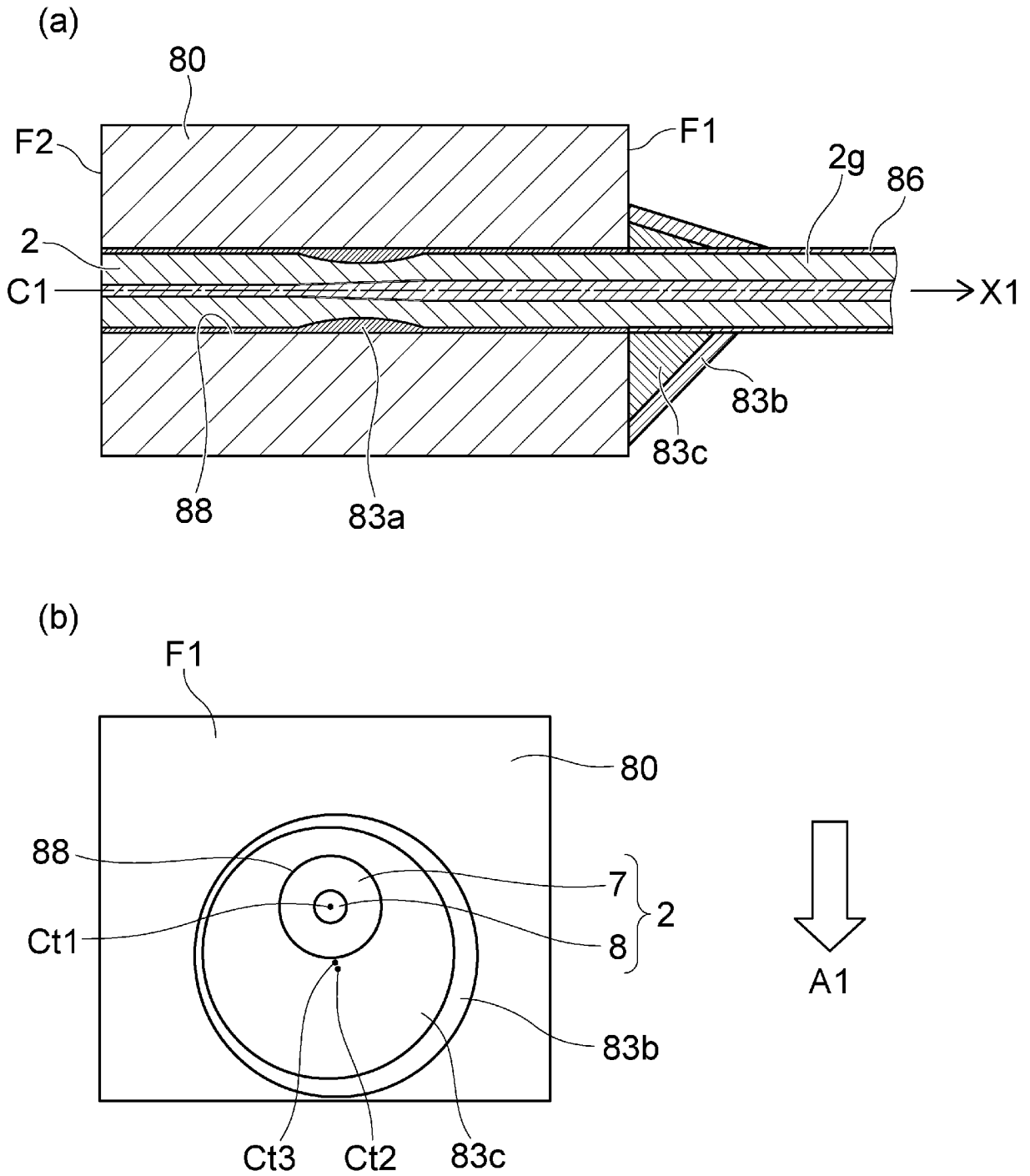
[図15]



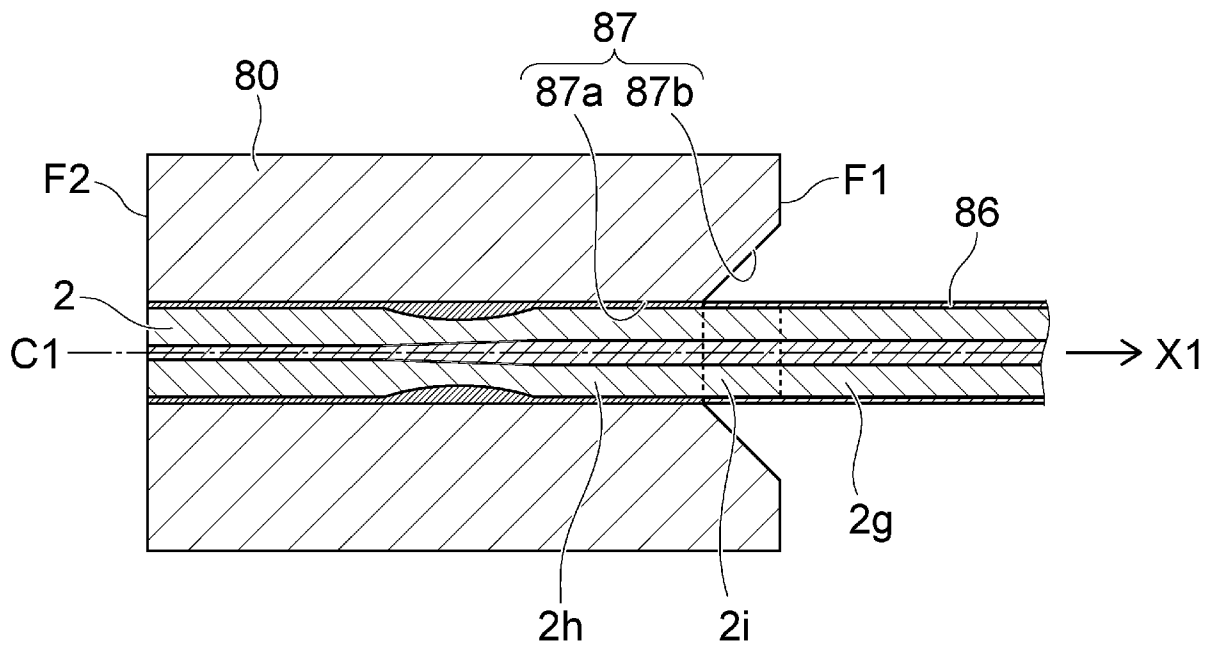
[図16]



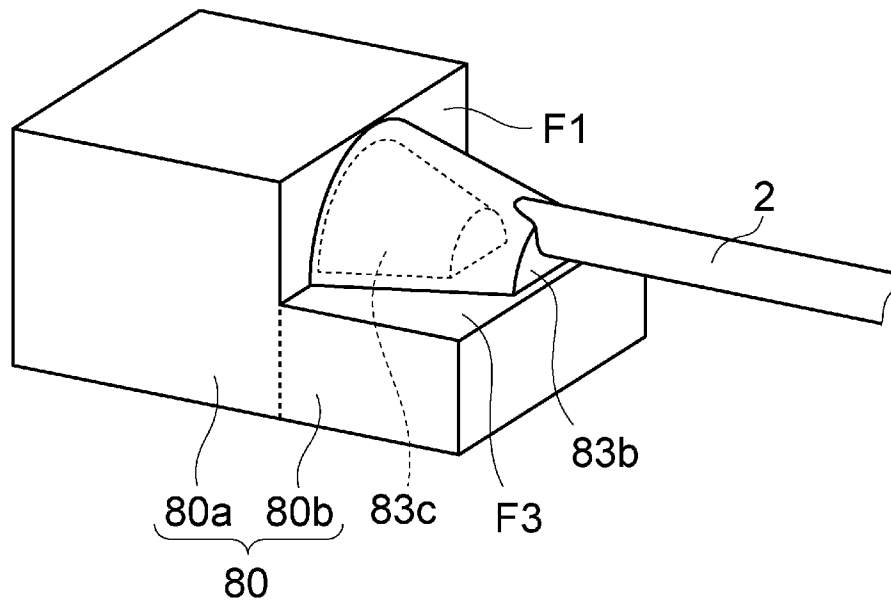
[図17]



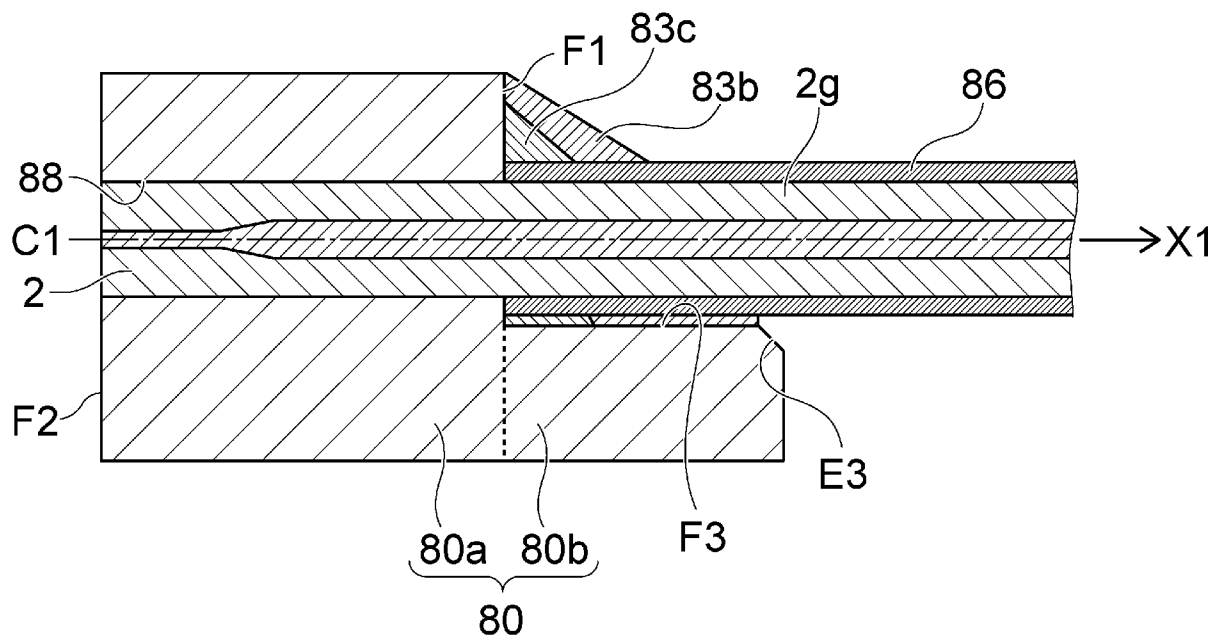
[図18]



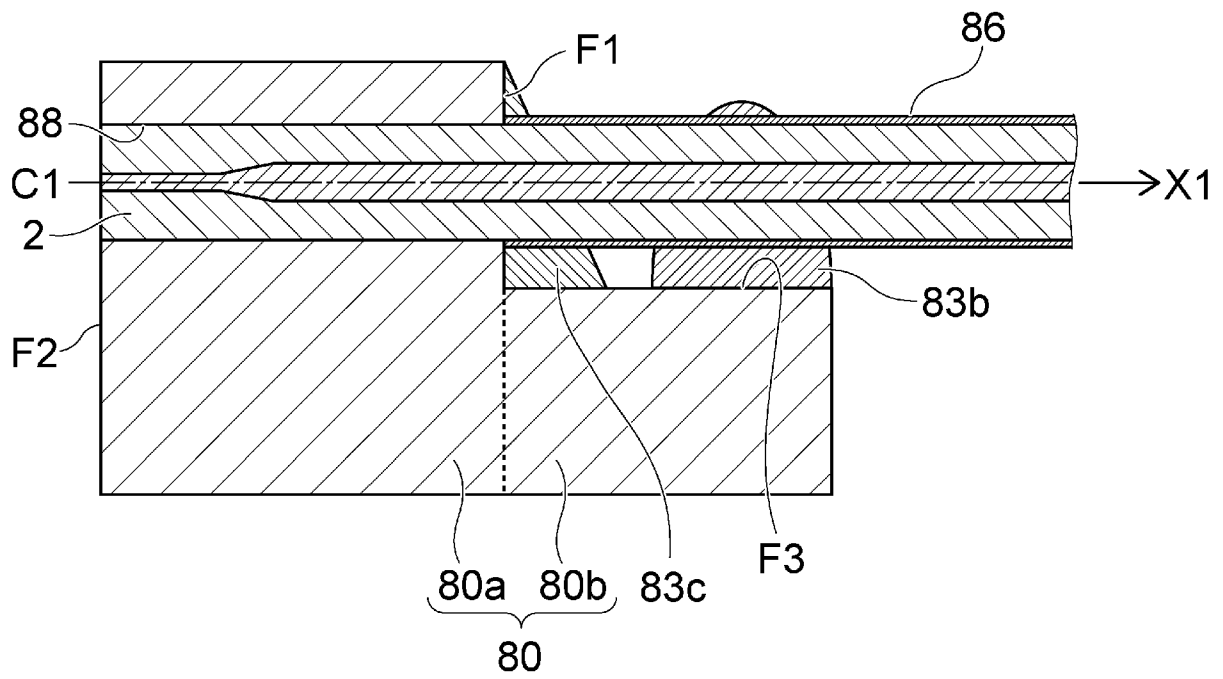
[図19]



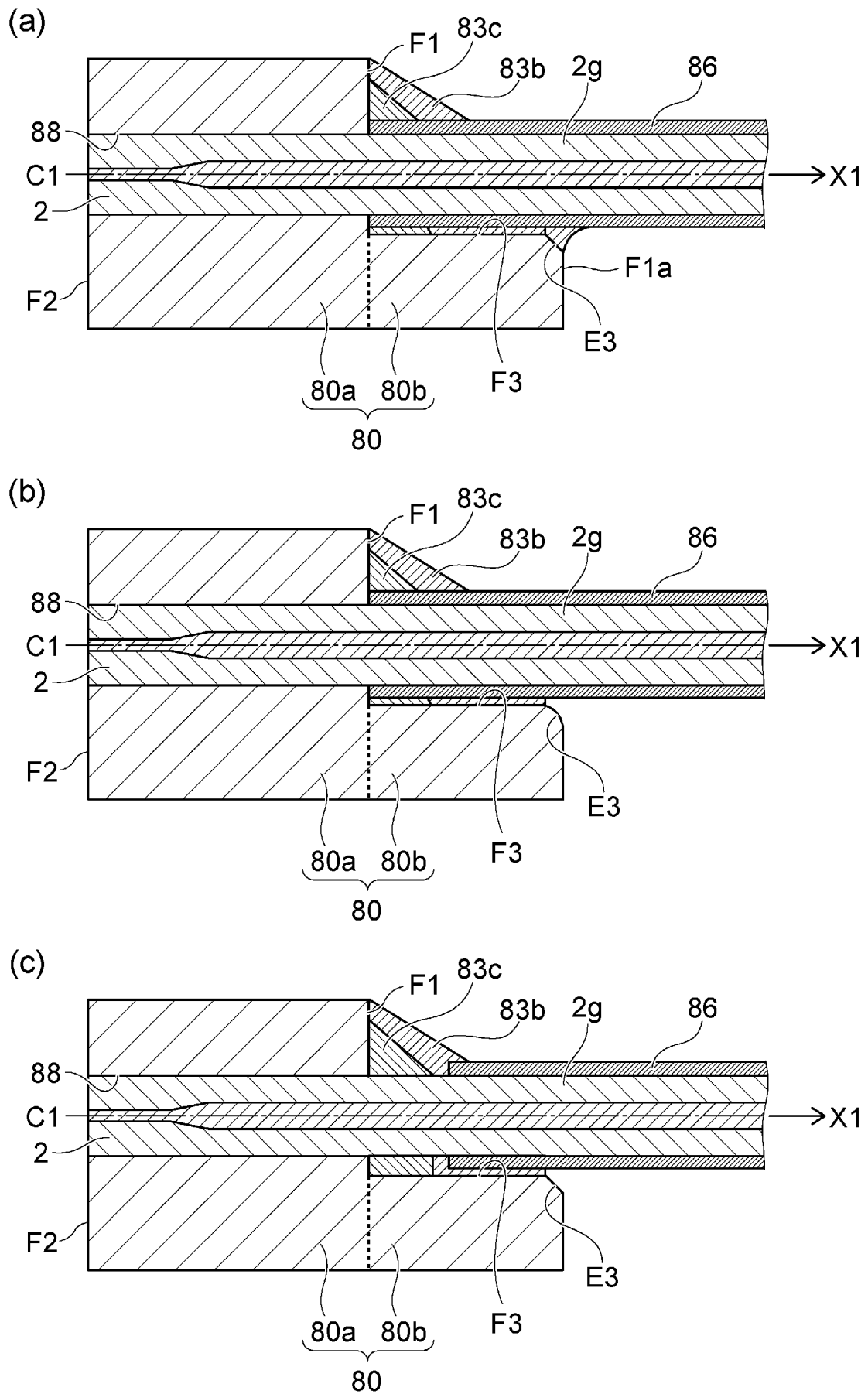
[図20]



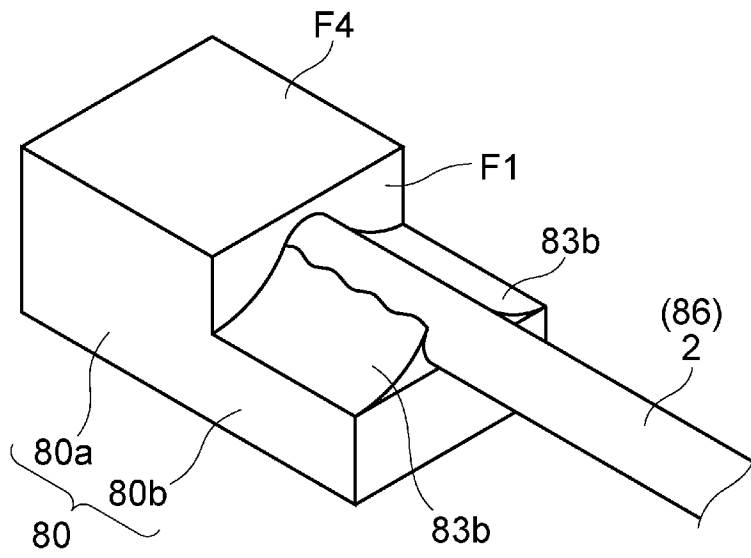
[図21]



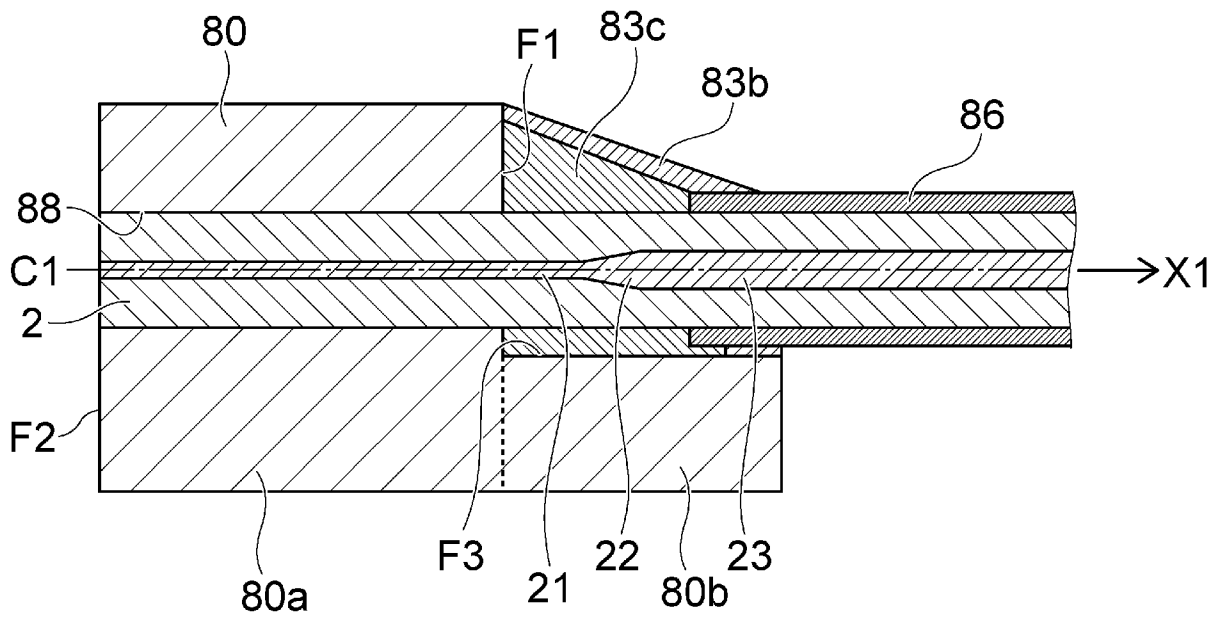
[図22]



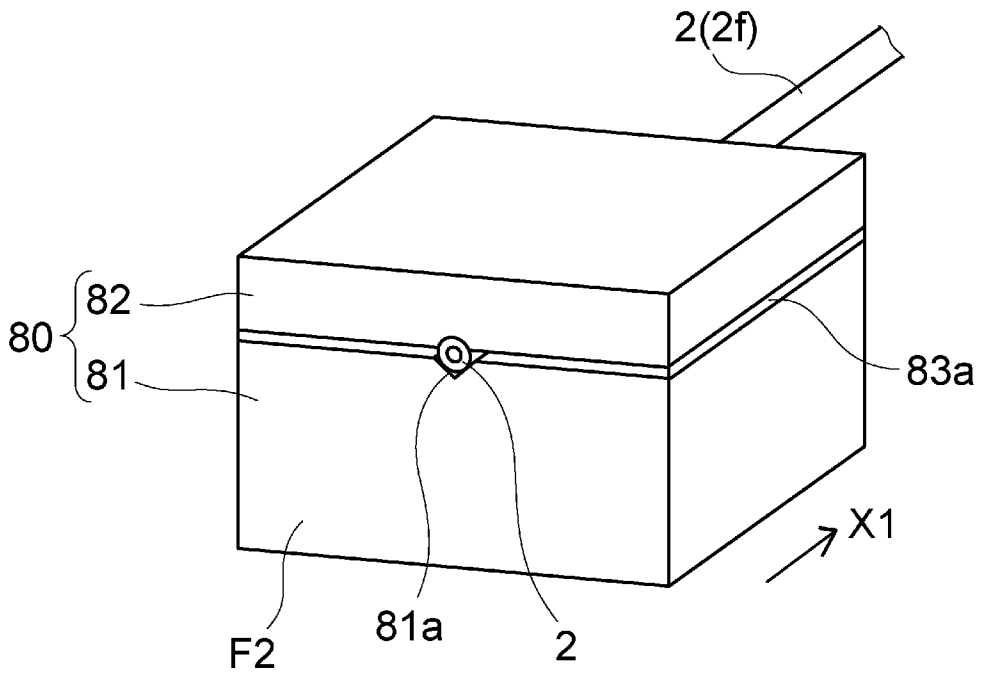
[図23]



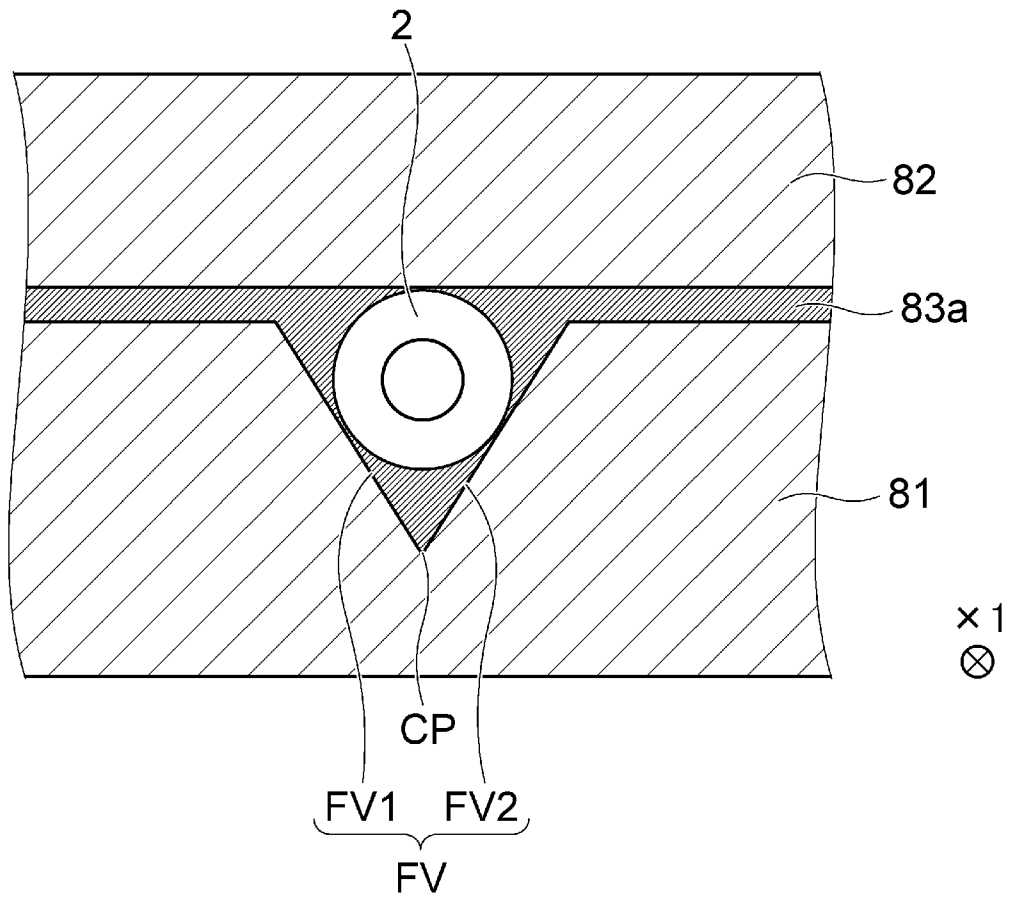
[図24]



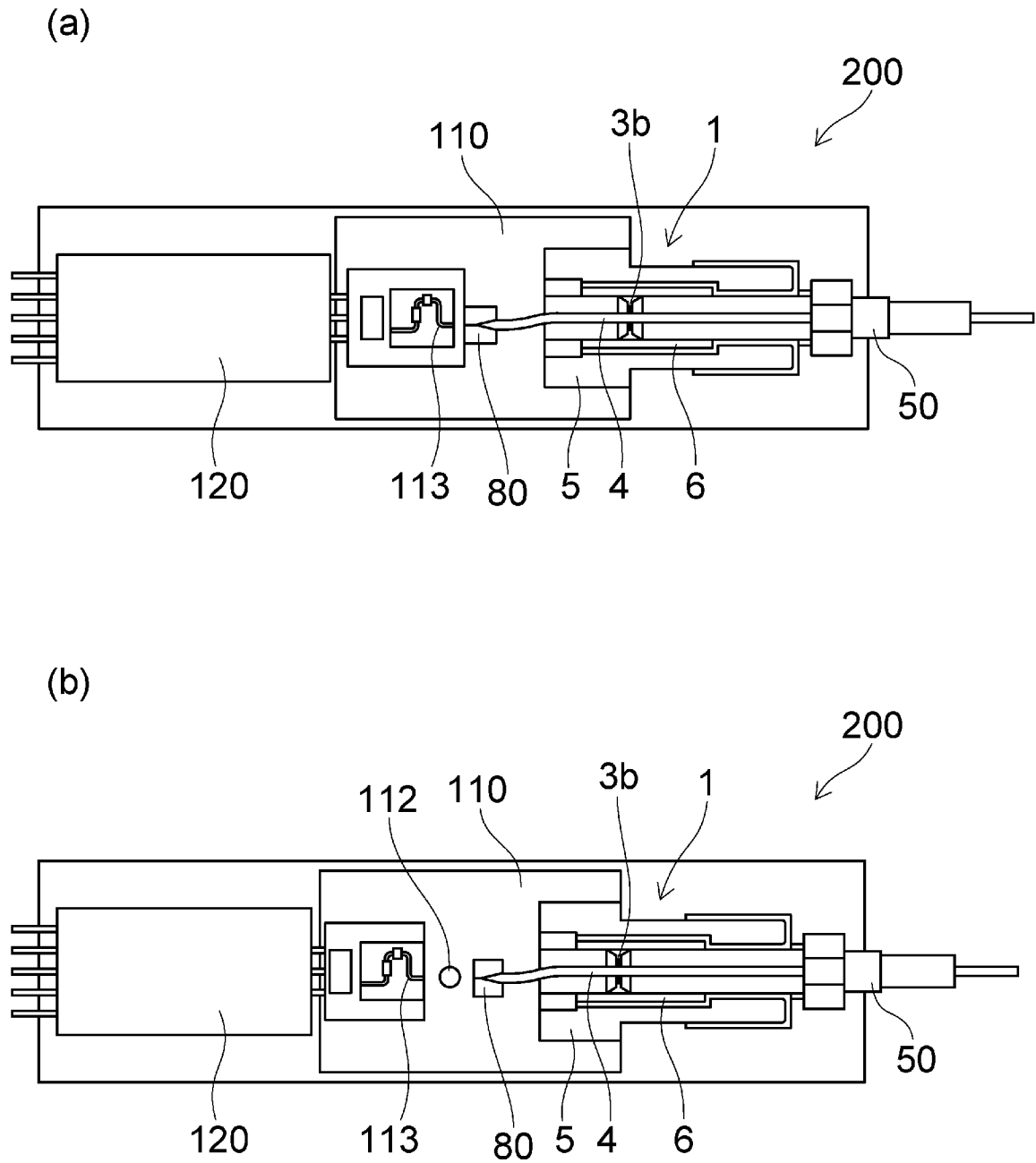
[図25]



[図26]



[図27]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/013378

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
Int.Cl. G02B6/42 (2006.01) i, G02B6/02 (2006.01) i, G02B6/30 (2006.01) i, G02B6/36 (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. G02B6/02-6/036, G02B6/10, G02B6/24, G02B6/255-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/36-6/44 H01S5/00-5/50		
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	1971-2018	
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018	
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018	
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	JP 2012-230275 A (KYOCERA CORP.) 22 November 2012, paragraphs [0013]-[0022], [0036]-[0038], fig. 1-4 & JP 5751911 B2	1-12
Y	JP 2016-128900 A (TOTO LTD.) 14 July 2016, paragraphs [0056]-[0066], [0073], [0084]-[0085], [0107]-[0111], fig. 1-8, 13 & JP 6170527 B2 & US 2017/0293072 A1, paragraphs [0075]-[0087], [0094], [0105]-[0106], [0145]-[0150], fig. 1-8, 14 & WO 2016/104653 A1 & CN 107003488 A	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 18 June 2018 (18.06.2018)		Date of mailing of the international search report 03 July 2018 (03.07.2018)
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/JP2018/013378

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 2016-126339 A (TOTO LTD.) 11 July 2016, paragraphs [0060]-[0070], [0077], [0088]-[0089], [0123]-[0127], fig. 1-8, 14 & JP 6170527 B2 & US 2017/0293072 A1, paragraphs [0075]-[0087], [0094], [0105]-[0106], [0145]-[0150], fig. 1-8, 14 & WO 2016/104653 A1 & CN 107003488 A	1-12
Y	JP 2005-134528 A (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.) 26 May 2005, paragraphs [0003]-[0015], [0039]-[0057], fig. 1, 9-11 & JP 4171397 B2	2-5, 10-11
A	JP 2004-302459 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 28 October 2004, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	US 2004/0047575 A1 (CHANCLOU et al.) 11 March 2004, entire text, all drawings & US 7155096 B2 & WO 2002/033463 A1 & EP 1327171 A1 & FR 2815421 A1	1-12
A	US 2003/0185508 A1 (FUKUYAMA et al.) 02 October 2003, entire text, all drawings & US 7095922 B2	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B6/42(2006.01)i, G02B6/02(2006.01)i, G02B6/30(2006.01)i, G02B6/36(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B6/02-6/036, G02B6/10, G02B6/24, G02B6/255-6/27, G02B6/30-6/34, G02B6/36-6/44
H01S5/00-5/50

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2012-230275 A (京セラ株式会社) 2012.11.22, 段落 [0013]-[0022], [0036]-[0038], 図 1-4 & JP 5751911 B2	1-12
Y	JP 2016-128900 A (TOTO株式会社) 2016.07.14, 段落[0056]- [0066], [0073], [0084]-[0085], [0107]-[0111], 図 1-8, 13 & JP 6170527 B2 & US 2017/0293072 A1, 段落[0075]-[0087], [0094], [0105]-[0106], [0145]-[0150], 図 1-8, 14 & WO 2016/104653 A1 & CN 107003488 A	1-12

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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 18.06.2018	国際調査報告の発送日 03.07.2018
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 野口 晃一 電話番号 03-3581-1101 内線 3295
	2L 5708

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2016-126339 A (TOTO株式会社) 2016.07.11, 段落[0060]-[0070], [0077], [0088]-[0089], [0123]-[0127], 図 1-8, 14 & JP 6170527 B2 & US 2017/0293072 A1, 段落[0075]-[0087], [0094], [0105]-[0106], [0145]-[0150], 図 1-8, 14 & WO 2016/104653 A1 & CN 107003488 A	1-12
Y	JP 2005-134528 A (三菱電線工業株式会社) 2005.05.26, 段落 [0003]-[0015], [0039]-[0057], 図 1, 9-11 & JP 4171397 B2	2-5, 10-11
A	JP 2004-302459 A (住友電気工業株式会社) 2004.10.28, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	US 2004/0047575 A1 (CHANCLOU et al.) 2004.03.11, 全文, 全図 & US 7155096 B2 & WO 2002/033463 A1 & EP 1327171 A1 & FR 2815421 A1	1-12
A	US 2003/0185508 A1 (FUKUYAMA et al.) 2003.10.02, 全文, 全図 & US 7095922 B2	1-12