

(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
2022年3月3日(03.03.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/044891 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/02 (2006.01) **G02B 6/36** (2006.01)
G02B 6/032 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/030075
- (22) 国際出願日: 2021年8月17日(17.08.2021)
- (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 2020-141473 2020年8月25日(25.08.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社ヨコオ(YOKOWO CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1148515 東京都北区滝野川7丁目
5番11号 Tokyo (JP). 学校法人千葉工業
大学(CHIBA INSTITUTE OF TECHNOLOGY)
[JP/JP]; 〒2750016 千葉県習志野市津田沼二
丁目17番1号 Chiba (JP).
- (72) 発明者: 上綱 秀樹(KAMITSUNA Hideki);
〒1148515 東京都北区滝野川7丁目5番
11号 株式会社ヨコオ内 Tokyo (JP). 長
瀬 亮(NAGASE Ryo); 〒2750016 千葉県習志

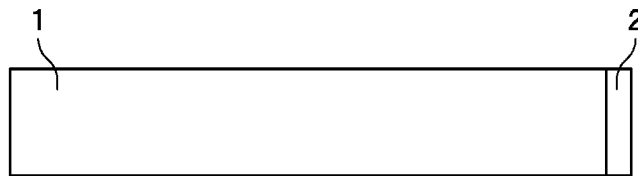
野市津田沼二丁目17番1号 学校法人
千葉工業大学内 Chiba (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商
標事務所(ISONO INTERNATIONAL PATENT
OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ
門一丁目1番18号 ヒューリック
虎ノ門ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: OPTICAL FIBER TERMINATION STRUCTURE, OPTICAL CONNECTION COMPONENT AND HOL-
LOW-CORE OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 光ファイバ終端構造、光接続部品および中空コア光ファイバ



(57) Abstract: This optical fiber termination structure comprises: a hollow-core optical fiber (1) comprising a hollow section through which light is transmitted; a flat glass (2) covering the hollow section; and an anti-reflection mechanism that prevents reflection of light that passes through the flat glass (2). An example of the antireflection mechanism is the flat glass (2) with an antireflection film applied to both faces thereof. The thickness of the flat glass (2) is preferably 100 μ m or less. The flat glass (2) can be bonded to an end face of the hollow core optical fiber (1) by a jig. Further, an optical connection component according to the present invention is configured so that two pieces of the flat glass (2) having an optical fiber termination structure face each other.

(57) 要約: 本発明の光ファイバ終端構造は、光が伝送される中空部を備える中空コア光ファイバ(1)と、中空部を覆う平板ガラス(2)と、平板ガラス(2)を透過する光の反射を防止する反射防止機構を備える。反射防止機構の例は、平板ガラス(2)の両面に反射防止膜を施したものである。平板ガラス(2)の厚みは、100 μ m以下であることが好ましい。平板ガラス(2)は、治具によって、中空コア光ファイバ(1)の端面に接着することができる。また、本発明の光接続部品は、2つの光ファイバ終端構造の平板ガラス(2)を対向させたものである。

(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))

明 細 書

発明の名称：

光ファイバ終端構造、光接続部品および中空コア光ファイバ

技術分野

[0001] 本発明は、光ファイバ終端構造、光接続部品および中空コア光ファイバに関する。

背景技術

[0002] 光ファイバを接続する光接続部品（光コネクタ）は単心系のFCコネクタ、SCコネクタ、MUコネクタ、LCコネクタや多心系のMTコネクタ、MP0コネクタ等、光ファイバの端面同士をフィジカルコンタクトさせる技術をベースに開発が進められてきた。これらの概要については非特許文献1に詳述されている。

[0003] 近年、従来の石英系光ファイバの限界を打破できる光ファイバとして、中空コア（ホローコア）光ファイバが着目されている（特許文献1参照）。この光ファイバはコアが空気となっており、この点がコアが中実のガラスで構成されている従来の光ファイバとの大きな相違である。中空コア光ファイバは、（1）伝搬速度（群速度）が約1.45倍、（2）非線形係数が3桁程度小さい、（3）分散特性が小さいという優れた特徴を有する。（1）の特徴は、空気の屈折率がガラスと比較して小さいことに起因しておりオンライントレードやオンラインゲームにおける遅延時間短縮が期待される。（2）と（3）の特徴は、ガラス（固体）をコアに用いる従来の光ファイバにおける伝送容量の制限を大幅に低減できることによる。

[0004] 従来の光ファイバではファイバ当たりの伝送容量は、多重化の工夫（波長多重、多値変調）により増大がなされてきた。しかしながらどんな方法で多重化しても伝送データ総量に必要な総エネルギーは減らすことができない。これは容量を増やせば増やすほど伝送時のエネルギーが多くなることを意味する。

[0005] 従来のガラスコアの光ファイバでは、エネルギーの増大に伴いガラスの非線形光学効果による信号劣化と、光パワー集中によりガラスコア部が融解して光源側に伝搬するファイバーヒューズ限界(熱破壊限界)という伝送容量の制限が生じる。コア径が $10\mu\text{m}$ 程度のシングルモードファイバでは、1W程度が限界になり、これにより伝送容量も100Tbps程度が限界となる。従って、指数関数的に増大するネットワークトラフィックの増大に対応できなくなってしまう。この律速要因は、コアを中実(ガラス)から中空(空気)にすることで大幅に解消することが見込まれる。中空コア光ファイバは人類が手にし得る究極の光ファイバとして期待されている。

[0006] しかしながら、中空コア光ファイバでは、従来のガラスコア光ファイバのようにフィジカルコンタクトをベースにした着脱可能な光接続技術(非特許文献1)を適用することはできない。中空コア光ファイバは、特許文献1に記載されているようにフォトリソバンドギャップファイバ、カゴメファイバ、反共振ファイバ等様々な形態があるが、いずれもコアを成す中空領域の周辺に厚さの薄い(壁厚 $1\mu\text{m}$ 以下)複数のガラスのインナーチューブを配する構造となっている(特許文献1参照)。このため、その端部は中実ファイバの端部と比較して脆く、中空コア光ファイバ同士をフィジカルコンタクトさせると端部が損傷し、その破片が中空コア部に入り込むことによって伝送特性の劣化を引き起こす懸念が生じる。また、この要因以外にも外部から異物の中空部への混入を防ぐ手段は、伝送特性を劣化させない観点から必須となる。

[0007] この問題点を解決するため、中空コア部を保護する手段が検討されている。例えば特許文献2、特許文献3では、クラッド部を融解すること等でファイバ端部の中空コア部を塞ぎ、異物の混入を防ぐとともに、フィジカルコンタクトが可能な強度を実現する手段を提供している。しかしながら、このような手段では、中空コア光ファイバの伝送モードを保つことが困難で、かつ融解したガラスと空気の境界で生じる反射を抑制することも困難になり、伝送特性の劣化を引き起こしてしまう。

[0008] 融解以外の手法として、キャビティを持つ保護部で中空コア光ファイバの先端を覆い異物が中空部に混入しないような終端構造が開示されている（特許文献4）。しかしながら、ファイバ端面に空間(キャビティ)が存在することで、ファイバ端と保護部先端の反射防止膜を施された窓の間にmm～cmの間隔が生じてしまう。このため、ファイバからの出射光が大きく拡がってしまい、窓同士を介して光接続する場合、挿入損失が増加してしまうという問題があった。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1：N T T 技術ジャーナル，vol.12，No.12，2007，pp.74-78

特許文献

[0010] 特許文献1：特表2019-504350号公報

特許文献2：特開2003-30765号公報

特許文献3：特開2002-323625号公報

特許文献4：米国特許第7373062号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] このような事情に鑑みて、本発明は、中空コア光ファイバの伝送特性を向上させることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上記目的を達成するため、本発明は、光が伝送される中空部を有する中空コア光ファイバと、前記中空部を覆う光透過部材と、前記光透過部材を透過する光の反射を防止する反射防止機構と、を備えることを特徴とする。

詳細は、後記する。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、中空コア光ファイバの伝送特性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]第1の実施形態の光ファイバ終端構造の概略図である。

[図2] (a) が、中空コア光ファイバの端面図であり、(b) が接着剤を塗布した図である。

[図3A]接着工程の例の説明図 (1 / 2) である。

[図3B]接着工程の例の説明図 (2 / 2) である。

[図4]第2の実施形態の光ファイバ終端構造の実装工程の説明図である。

[図5]第2の実施形態の第1の変形例の光ファイバ終端構造の実装工程の説明図である。

[図6]第2の実施形態の第2の変形例の光ファイバ終端構造の実装工程の説明図である。

[図7]光透過部材の他の例である。

[図8] (a) が、その他の変形例の光ファイバ終端構造の概略図であり、(b) が、(a) の光ファイバ終端構造を右から見た図である。

[図9]その他の変形例の光ファイバ終端構造を用いた光接続部品の概略図 (その1) である。

[図10]その他の変形例の光ファイバ終端構造を用いた光接続部品の概略図 (その2) である。

発明を実施するための形態

[0015] [第1の実施形態]

図1は本発明に関わる第1の実施形態の光ファイバ終端構造を示す。本実施形態の光ファイバ終端構造は、中空コア光ファイバ1 (単に、「光ファイバ」と称する場合がある) の端面に、光透過部材として両面に反射防止膜 (図示せず) が施された円盤状の平板ガラス2を接着している。中空コア光ファイバ1は、例えば図2(a)に示すように、筒状のガラス3で覆われた中空部Hの径方向内側縁部に厚さの薄い (壁厚 $1\mu\text{m}$ 以下) 6本のガラスのインナーチューブ4を配し、光が伝送されるコアは中空部Hの径方向中心の領域 (図2(a)にて破線の円で示す領域) に位置する構造のものである。インナーチ

ューブ4の中空領域は中空部Hを構成するが、この中空領域も含めてインナーチューブ4はクラッドとして作用する。なお、ガラス3の外側には必要に応じてジャケット（図示せず）が適用されることもある。平板ガラス2の外径（直径）は、後述するフェルール6の貫通孔61より小さく、概ね中空コア光ファイバ1の外径と同じである。

[0016] 平板ガラス2は中空コア光ファイバ1の端面に接着されている。接着に際しては、接着剤5を図2(b)に示すように中空コア光ファイバ1の端部のガラス3の箇所だけに塗布することで、インナーチューブ4を含む中空部Hに接着剤5がつかないようにする。平板ガラス2は中空部Hを覆うことができる。

[0017] 図3A、図3Bに接着工程の一例を示す。中空コア光ファイバ1を収容する貫通孔61を備えたフェルール6に中空コア光ファイバ1を挿通した後（図3A(a)）、中空コア光ファイバ1の先端をクリーブし、一旦フェルール6の内部に後退させる（図3A(b)）。フェルール6の材料は、好適にはジルコニアであるがこれに限定されない。

[0018] 一方、接着剤5は、平板ガラス2に塗布される。この塗布に際しては、中空コア光ファイバ1のガラス領域より若干小さい円環の凸部81を有する接着剤転写治具8と、平板ガラス2を吸着保持する吸着治具7を用いて行われる。接着剤5としては例えば熱硬化性樹脂や紫外線硬化性樹脂が用いられるがこれに限定されない。吸着治具7は、例えばフェルール6aと中空コア光ファイバ1aで構成する（図3A(c)）。ここで中空コア光ファイバ1aはその先端が図3A(c)に示すようにフェルール6aの端面から間隔Aだけ露出した状態で固定されている。中空コア光ファイバ1aの一端に吸着ポンプ（図示せず）を備えることで平板ガラス2を吸着保持できる。

[0019] 接着剤5の平板ガラス2への転写（塗布）は、接着剤転写治具8を用いて行われる（図3A(d)）。接着剤転写治具8は、中空コア光ファイバ1のガラス領域より若干小さい円環の凸部81を有している。プレート5aに塗布されている接着剤5に接着剤転写治具8を近づけ、この凸部81に接着剤5を

押し当てた後、接着剤転写治具 8 を離すことで、凸部 8 1 に接着剤 5 を転写する（図 3 A (d)）。

[0020] 次にこの転写された接着剤 5 を吸着治具 7 に吸着保持されている平板ガラス 2 に転写する（図 3 A (e)）。接着剤 5 を転写された平板ガラス 2 は、図 3 B (f) に示すように中空コア光ファイバ 1 が収容されたフェルール 6 に挿入される。フェルール 6 と吸着治具 7 のフェルール 6 a の端面同士を接触させ、かつ中空コア光ファイバ 1 を図の矢印の向きに押しつけて平板ガラス 2 に接触させた状態（図 3 B (g)）で接着剤 5 を硬化する。なお、吸着治具 7 および接着剤転写治具 8 は、平板ガラス 2 ではなく、中空コア光ファイバ 1 に接着剤 5 を塗布または転写することもできる（図 2 (b) 参照）。

[0021] このような手順により、フェルール 6 内で中空コア光ファイバ 1 の端面のガラス 3 と平板ガラス 2 を接着することで、中空コア光ファイバ 1 の端面を封止でき、平板ガラス 2 の両面のうち中空コア光ファイバ 1 の端面に対向している面から中空部 H の封止面（中空コア光ファイバ 1 の端面と実質的に同じ）までの距離をほぼゼロにできる。このため、空間（キャビティ）が存在する従来例と比較して、中空コア光ファイバ 1 からの出射光拡がりを極力少なくすることができるため、これを用いた光接続部品の挿入損失増大を抑制し、伝送特性を向上できる。

[0022] ここで、本実施形態の光接続部品とは、2つの光ファイバ終端構造（第1の光ファイバ終端構造、第2の光ファイバ終端構造）を接続させ、各光ファイバ終端構造の平板ガラス 2，2 が対向する部品をいう。平板ガラス 2，2 の対向は、2つの光ファイバ終端構造のフェルール 6，6 同士を突き合わせることで実現できる。なお、本実施形態の光接続部品は、コネクタに備えることができ、コネクタに備えられた光接続部品は、フェルール 6，6 同士の突き合わせ状態を実現でき、本発明による光の伝送特性を実現できる。

[0023] また、好適にはこの状態で、フェルール 6 の後端部から接着剤 5 1 を注入することで、中空コア光ファイバ 1 のフェルール 6 への接着を行う（図 3 B (h)）。具体的には、まず、フェルール 6 の後端部から貫通孔 6 1 に中空コア

光ファイバ1を少し挿入する。中空コア光ファイバ1の挿入は、フェルール6の後端部のうち貫通孔61周りに形成した面取り部62をガイドとして容易に実現することができる。次に、面取り部62に接着剤51を塗布する。次に、中空コア光ファイバ1を規定位置にまでさらに挿入する。規定位置は、本実施の形態においては、平板ガラス2と接着可能となるまでに平板ガラス2に近接する位置をいう。結果的に、(図3B(h))のように、貫通孔61にて、中空コア光ファイバ1の側壁の一部領域に接着剤51が塗布され、硬化される。なお、この時、平板ガラス2は間隔A分フェルール先端から内側に後退した箇所で固定されることになる。

[0024] 平板ガラス2の厚さは、好適には $100\mu\text{m}$ 以下とする。この理由を以下に説明する。光ファイバを市販のクリーバでクリーブした場合、切断角は90度からバラつき、そのバラつきは、1度程度までの範囲内に分布する。切断角が90度からズレた状態で平板ガラス2をファイバ端面に接着すると、切断角のズレが光軸ズレに直結する(平板ガラス2の両端は空気になっているため光軸が平行にズレる)。この光軸ズレは平板ガラス2の厚さに比例する。中空コア光ファイバ1のコア径は特許文献1にあるように $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 程度であるため、低損失な光接続部品を構成するためには、この光軸ズレを概ね $1\mu\text{m}$ 以下にする必要がある。クリーブ角のズレが最悪のケースである1度の中空コア光ファイバ1の端面に屈折率1.45の平板ガラス2を搭載した場合、その厚さが $100\mu\text{m}$ の場合には、光軸ズレは $0.5\mu\text{m}$ 程度に留まる。従って、 $100\mu\text{m}$ 以下の厚さの平板ガラス2を適用すれば、本実施の形態の光ファイバ終端構造のフェルール端面同士を突き合わせて光接続部品を構成した場合、機構部品の製造公差などを考慮しても、低損失な伝送が可能になる。

[0025] 間隔Aは好適には $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下とする。この間隔Aは吸着治具7で容易に規定できる。この場合、このフェルール6, 6同士の端面を突き合わせて光接続部品を構成する場合、平板ガラス2, 2同士の間隔(一方の平板ガラス2の片面と、当該片面に対向しているもう一方の平板ガラス2の片面との距離)を $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下にできる。平板ガラス2, 2同士の接触は

ないため、平板ガラス2の損傷を懸念することなく、繰り返し安定した光接続（着脱）を行うことができる。

[0026] 平板ガラス2，2同士の間隔を $100\mu\text{m}$ 以下にすべき理由を以下に説明する。MFD（モードフィールド直径）が $10\mu\text{m}$ でNAが0.11のシングルモードファイバ同士を、ギャップを介して接続する場合、間隔が $100\mu\text{m}$ の時、挿入損失は0.5dB程度となる。中空コア光ファイバ1は、シングルモードファイバと比較すると、その構造的な特徴からMFDは大きくNAは小さくなる。従って、中空コア光ファイバ1，1同士を、ギャップを介して接続する場合、シングルモードファイバのケースと比較して損失が少なくなる。これは、間隔を $100\mu\text{m}$ 以下に設定すれば挿入損失0.5dB以下で光伝送できることを意味する。

[0027] 本実施の形態では、平板ガラス2，2の2個の厚さ（ $\sim 200\mu\text{m}$ ）の分もファイバ端面間距離が離れることになる。しかしながら空気部-ガラス部-空気部の経路の場合、ガラス部の屈折により光の拡がりや抑制される。したがって、ガラス部となる平板ガラス2間の間隔を $100\mu\text{m}$ 以下に設定して光接続部品を構成した場合、低挿入損失な伝送を実現することができる。なお、平板ガラス2，2同士の間隔が波長オーダー（数 μm 以下）になると、隙間のわずかな変化で透過率が大きく変動する可能性もあるが、 $10\mu\text{m}$ 以上となるようにすればこの問題を回避することができる。

[0028] 接着剤硬化時の吸着治具7は、平板ガラス2を吸引した状態と平板ガラス2に空気（気体）を加圧した状態の2通りとすることができる。吸引した状態で接着剤5を硬化した場合、平板ガラス2の面をフェルール6の軸方向（中空コア光ファイバ1の光軸方向）と垂直にすることができ、中空コア光ファイバ1からの光を光軸ズレなくフェルール6端面から出射できる。また、加圧した状態で接着剤5を硬化した場合、クリープ面に合わせて中空コア光ファイバ1の端面と平板ガラス2を密着して接着することができ、より確実に封止を行える。

[0029] 間隔Aは、フェルール6と中空コア光ファイバ1の熱膨張係数を考慮した上で、使用温度範囲で平板ガラス2がフェルール6の端面から露出しないよう

に定めることができる。長さ10mmのジルコニアフェルールの後端部のみにガラスファイバを接着した場合、温度が50度下がると熱膨張係数の差によりファイバが8 μ m露出する方向に動く。このような使用環境が想定される場合、間隔Aを20 μ m程度としておけば、環境温度が大きく変動した際にも平板ガラス2がフェルール6の端面から露出することはなく、かつ波長オーダーの隙間になることもない。これにより、様々な温度環境下で安定した光接続部品を提供可能になる。

[0030] 平板ガラス2は両面とも反射防止膜（図示せず）が施されているため、中空コア光ファイバ1（空気）と平板ガラス2間、および、平板ガラス2とフェルール6の先端部にある間隔Aの空間との界面で反射が生じることはなく、伝送特性が良好な光接続部品を構成できる。以上の効果により、従来の融解による中実化のように伝送特性の劣化を招く懸念がない光接続部品を提供することが可能になる。

[0031] なお、光ファイバ終端構造としては、図3B(i)に例示したフェルール6に収容された形態に限定されることなく、例えば、フェルール6を除いた形態（図1）であっても構わない。

[0032] [第2の実施形態]

図4は、本発明に関わる第2の実施形態の光ファイバ終端構造を示す。本実施の形態と第1の実施の形態との主要な相違は、フェルール6の先端部に平板ガラス2を収容する窪み63を設け、フェルール6の先端部（貫通孔61が窪み63に通じている箇所）を面取りしていることである。ここで、平板ガラス2の外径（直径）は、面取り範囲L1より大きく窪み63の径L2（図4(d)参照）以下に設定される。窪み63の平坦部63aは、フェルール6の軸方向（中空コア光ファイバ1の光軸方向）に対して略垂直となっている。また、接着した際、平板ガラス2はフェルール6の先端面から後退した位置関係となるよう、窪み63の深さは平板ガラス2の厚さよりも深くなっている。この差（窪み63の深さ－平板ガラス2の厚さ）は、好適には5 μ m以上50 μ m以下に設定される。

[0033] この実施形態の実装工程を以下に説明する。中空コア光ファイバ1をフェルール6に挿通後、先端をクリーブ（図4(a)）し、中空コア光ファイバ1を後退させる前に、フェルール6の貫通孔61を面取りした面取り部64を含む窪み63に接着剤5を塗布する（図4(b)）。次いで平板ガラス2を中空コア光ファイバ1の端面に押し当てながら窪み63の平坦部63aに押し当てる（図4(c)）。この工程は、例えば図3A(c)に例示した吸着治具7を用いて行うことができる。この際、図3A(e)に示したように、平板ガラス2に接着剤5を転写し、中空コア光ファイバ1の端部のガラス3の箇所との間で接着を行えるようにしても構わない。また、窪み63の平坦部63aに直接接着剤5を塗布する方法（既存技術）でもよい。

[0034] なお、平板ガラス2の外径は、面取り範囲L1より大きく窪み63の径以下に設定されており、平板ガラス2は、フェルール6に収容された際、窪み63の平坦部63aで係止される。この一連の過程において、中空コア光ファイバ1が貫通孔61を後退する際、面取り部64に塗布された接着剤5が中空コア光ファイバ1の側面を通じて貫通孔61に流れ込む（図4(c)）。このような工程とすることで、中空コア光ファイバ1の端面と平板ガラス2を接触させた状態で、平板ガラス2のフェルール6の窪み63への接着並びに中空コア光ファイバ1の先端部近辺とフェルール6との接着を同時に行えるため、実装工程の簡易化および実装コストの低減を図ることができる。

[0035] ここで、平板ガラス2はフェルール6の窪み63の平坦部63aに接着されることから、フェルール6の軸方向（中空コア光ファイバ1の光軸方向）に対する平板ガラス2の面は垂直の位置関係となる。従って、中空コア光ファイバ1のクリーブ角が90度ではない場合においても、光軸がズレることはない。クリーブ角が90度ではない場合、両者の間の光路にわずかな隙間が生じることになるが、この隙間は空気であるため（接着剤5が貫通孔61に確実に流れ込むように接着剤5の量などを適宜設計している）、中空コア光ファイバ1のコアと同じ屈折率となり、平板ガラス2の面に対する垂直な光軸は不変となるためである。

[0036] また、中空コア光ファイバ1はフェルール6の先端部近辺に接着していることから、温度変動下においても両者の相対位置はほとんど変動しない。従って、中空コア光ファイバ1の端面が接触している平板ガラス2に過大な圧力がかかることやファイバ引き込みによる μm オーダーの乖離が生じる懸念はない。

[0037] しかしながら、ガラスとジルコニアの熱膨張係数の差に起因するピストニング現象により軸方向で数10nmオーダーの位置変動が生じる。この位置変動は、中空コア光ファイバ1の端面に接触している平板ガラス2にそのまま伝わり、最悪の場合には、破損を招いてしまう懸念も生じる。

[0038] この懸念は、フェルール6に設けた面取り部64により解消することができる。これは、本実施の形態の光ファイバ終端構造では、面取り部64にジルコニアと比較して低硬度な接着剤5または空間が存在するためである。ピストニングに起因する圧力が平板ガラス2にかかり、平板ガラス2の位置がファイバの軸方向（図の上下方向）に変動する場合においても、この接着剤5または空間の存在により、この応力を緩和することができるため、平板ガラス2の損傷を回避することができる。この応力緩和は、面取り部64の面積が大きい程有効である。例えば、中空コア光ファイバ1の半径が a である場合、 C_a （角の先端から a の位置で斜めに面取り）や R_a （半径 a で円状に面取り）以上で面取りしたり、また面取りの頂角 θ を90度以上（図4(d)参照）にしたりすることで、十分な応力緩和を図ることができる。

[0039] さて、面取り部64において、中空コア光ファイバ1は貫通孔61から露出することになるが、この露出する長さは、光軸ズレ抑制の観点からは短い方が望ましい。その一方、応力緩和の観点からは、平板ガラス2と接着剤5の接着面積を大きくすることが望ましい。面取りの頂角 θ を90度以上にすれば、平板ガラス2と接着剤5の接着面積の確保と、中空コア光ファイバ1の貫通孔61から露出する長さの短縮を両立することができる。

[0040] 以上により、従来例と比較して、中空コア光ファイバ1と平板ガラス2の間隔を極小化できるため、中空コア光ファイバ1からの出射光拡がりや極力

少なくすることができ、かつ光軸ズレのない光ファイバ終端構造を実現できる。

[0041] また、平板ガラス 2 はフェルール 6 の端面から $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下後退した箇所に配置されるため、フェルール 6, 6 同士の端面を突き合わせて光接続部品を構成する場合、広い温度範囲にわたって平板ガラス 2, 2 同士の接触を避け、かつその間隔を $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下にすることができ、低損失な光接続部品を提供できる。なお、平板ガラス 2 は両面とも反射防止膜が施されているため、中空コア光ファイバ 1 (空気) と平板ガラス 2 間、および、平板ガラス 2 とフェルール 6 の先端部にある空間との界面で反射が生じることはなく、伝送特性が良好な光接続部品を構成できる。以上の効果により、従来の融解による中実化のように伝送特性の劣化を招く懸念がない光接続部品を提供することが可能になる。

[0042] なお、フェルール 6 の後端部から接着剤 5 1 を注入することで、中空コア光ファイバ 1 のフェルール 6 の後端部への接着 (図 3 B (h) 参照) を行ってもよい。このようにすることで、中空コア光ファイバ 1 のフェルール 6 への接着強度をより強固にできる。

[0043] [第 2 の実施形態の第 1 の変形例]

図 5 は、本発明に関わる第 2 の実施形態の第 1 の変形例の光ファイバ終端構造を示す。本実施の形態と図 4 に示した実施の形態との主要な相違は、フェルール 6 の面取り部 6 4 がないことである。面取り部 6 4 がないことで安価なフェルールを使用できる利点が生じる。平板ガラス 2 の外径は、フェルール 6 の貫通孔 6 1 より大きく窪み 6 3 の径以下に設定される。また、接着された際、平板ガラス 2 はフェルール 6 の先端面から後退した位置関係となるよう、窪み 6 3 の深さは平板ガラス 2 の厚さよりも深くなっている。この差 (窪み 6 3 の深さ - 平板ガラス 2 の厚さ) は、好適には $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下に設定される。

[0044] この実施形態の実装工程を以下に説明する。クリーブした中空コア光ファイバ 1 をフェルール 6 の貫通孔 6 1 内に後退させる (図 5 (a))。この状態で

、平板ガラス2をフェルール6の窪み63の平坦部63aに押し当て接着する(図5(b))。この接着に際しては、図3Aに示したように、平板ガラス2において窪み63の平坦部63aと当接する箇所に接着剤を転写する方法や、窪み63の平坦部63aに直接接着剤5を塗布する方法(既存技術)で行うことができる。

[0045] 接着後、フェルール6内の中空コア光ファイバ1を所定の位置まで上昇させる(図5(c))。この所定の位置とは、平板ガラス2には接触せず、所定の間隔を保つ位置である。例えば、図の上方に(平板ガラス2においてフェルール6とは反対側に)カメラ(図示せず)を設置し、平板ガラス2越しにフェルール6の貫通孔61をモニタすることで、中空コア光ファイバ1の先端を所定の位置に留めることができる。この状態でフェルール6の後端部から接着剤51を注入することで接着を行う(図5(d))(図3B(h)参照)。

[0046] なお、この所定の間隔は、好適には $10\mu\text{m}$ 程度に設定される。これは長さ10mmのジルコニアフェルールの後端部のみにガラスファイバを接着した場合、温度が50度下がると熱膨張係数の差によりファイバが $8\mu\text{m}$ 露出する方向に動くことを考慮したものである。従って、間隔を $10\mu\text{m}$ 程度としておけば、環境温度が大きく変動した際にも中空コア光ファイバ1の先端が平板ガラス2に接触することはない。

[0047] これにより平板ガラス2の損傷を懸念することなく中空コア光ファイバ1と平板ガラス2の間隔を極小化できるため、光の拡がりを抑制する光ファイバ終端構造を実現できる。また、平板ガラス2はフェルール6の窪み63に接着されることから、フェルール6の軸方向(中空コア光ファイバ1の光軸方向)に対して平板ガラス2の面は垂直の位置関係となる。従って、中空コア光ファイバ1のクリーブ角が90度ではない場合においても、光軸がズレることはない。両者の間の光路には $10\mu\text{m}$ 程度の隙間が存在するが、この隙間は空気であるため(接着剤5が貫通孔61に確実に流れ込むように接着剤5の量などを適宜設計)、中空コア光ファイバ1のコアと同じ屈折率となり、平板ガラス2の面に対する垂直な光軸は不変となるためである。

[0048] 以上により、従来例と比較して、中空コア光ファイバ1と平板ガラス2の間隔を極小化することで中空コア光ファイバ1からの出射光拡がりを極力少なくすることができ、かつ光軸ズレのない光ファイバ終端構造を実現できる。

[0049] 平板ガラス2の先端は、フェルール6の端面から $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下後退した位置関係となっているため、フェルール6同士の端面を突き合わせて光接続部品を構成する場合、平板ガラス2同士の接触を避け、かつその間隔を $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下にできる。従って、平板ガラス2の損傷を懸念することなく光の拡がりを抑えることができ、繰り返し安定した低損失な光接続（着脱）を行うことができる。なお、平板ガラス2には両面とも反射防止膜が施されているため、中空コア光ファイバ1（空気）と平板ガラス2間、および、平板ガラス2とフェルール6の先端部にある空間との界面で反射が生じることはない。このため、従来の融解による中実化のように伝送特性の劣化を招く懸念のない光接続部品を提供することが可能になる。

[0050] [第2の実施形態の第2の変形例]

図6は、本発明に関わる第2の実施形態の第2の変形例の光ファイバ終端構造を示す。本実施の形態と図4に示した実施の形態との主要な相違は、フェルール6に窪み63がないことである。よって、フェルール6の端面に、フェルール6の貫通孔61を面取りした面取り部64が形成されている。窪み63がないことで安価なフェルールを使用できる利点がある。平板ガラス2の外径は、面取り範囲L1（図4(d)参照）より大きくフェルール6の外径より小さく設定される。

[0051] この実施形態の実装工程を以下に説明する。中空コア光ファイバ1をフェルール6に挿通後、先端をクリーブ（図6(a)）し、中空コア光ファイバ1を後退させる前に接着剤5を面取り部64に塗布する（図6(b)）。次いで平板ガラス2を中空コア光ファイバ1の端面に押し当てながらフェルール6の端面に接触させる（図6(c)）。ここで、面取り部64への接着剤5の塗布は、図3Aに示したように、平板ガラス2においてフェルール6と当接する箇所

に接着剤5を転写する方法や、フェルール6の端面の面取り部64に直接接着剤を塗布する方法（既存技術）で行うことができる。

[0052] この一連の過程において、中空コア光ファイバ1が貫通孔61を後退する際、面取り部64に塗布された接着剤5が中空コア光ファイバ1の側面を通じて貫通孔61に流れ込む（図6(c)）。このような工程とすることで、中空コア光ファイバ1の端面と平板ガラス2を接触させた状態で、平板ガラス2のフェルール6の端面への接着並びに中空コア光ファイバ1の先端部近辺とフェルール6との接着を同時に行えるため、実装工程の簡易化および実装コストの低減を図ることができる。

[0053] ここで、平板ガラス2はフェルール6の端面に接着されることから、フェルール6の軸方向（中空コア光ファイバ1の光軸方向）に対する平板ガラス2の面は垂直の位置関係となる。従って、中空コア光ファイバ1のクリープ角が90度ではない場合においても、光軸がズレることはない。クリープ角が90度ではない場合、両者の間の光路にわずかな隙間が生じることになるが、この隙間は空気であるため（接着剤5が貫通孔61に確実に流れ込むように接着剤5の量などを適宜設計）、中空コア光ファイバ1のコアと同じ屈折率となり、平板ガラス2の面に対する垂直な光軸は不変となるためである。

[0054] また、中空コア光ファイバ1はフェルール6の先端部に接着していることから、温度変動下においても両者の相対位置はほとんど変動しない。従って中空コア光ファイバ1の端面が接触している平板ガラス2に過大な圧力がかかることやファイバ引き込みによる μm オーダーの乖離が生じる懸念はない。

[0055] しかしながら、ガラスとジルコニアの熱膨張係数の差に起因するピストニング現象により軸方向で数10nmオーダーの位置変動が生じる。この位置変動は、中空コア光ファイバ1の端面に接触している平板ガラス2にそのまま伝わり、最悪の場合には、破損を招いてしまう懸念も生じる。

[0056] この懸念は、フェルール6に設けた面取り部64の存在により解消することができる。これは、本実施の形態の光ファイバ終端構造では、面取り部6

4 にジルコニアと比較して低硬度な接着剤 5 または空間が存在するためである。ピストニングに起因する圧力が平板ガラス 2 にかかり、平板ガラス 2 の位置がファイバの軸方向（図の上下方向）に変動する場合においても、この接着剤 5 または空間の存在により、この応力を緩和することができるため、平板ガラス 2 の損傷を回避することができる。この応力緩和は、面取り部の面積が大きい程有効である。

[0057] 例えば、中空コア光ファイバ 1 の半径が a である場合、 Ca や Ra 以上で面取りしたり、また面取りの頂角 θ を 90 度以上（図 4 (d) 参照）にしたりすることで、十分な応力緩和を図ることができる。面取りの頂角 θ を 90 度以上にすれば、平板ガラス 2 と接着剤 5 の接着面積の確保と、中空コア光ファイバ 1 の貫通孔 6 1 から露出する長さの短縮を両立することができる。

[0058] 以上により、従来例と比較して、中空コア光ファイバ 1 と平板ガラス 2 の間隔を極小化することで中空コア光ファイバ 1 からの出射光拡がりを極力少なくすることができ、かつ光軸ズレのない光ファイバ終端構造を実現することができる。

[0059] この光ファイバ終端構造同士を接続する光接続部品は、図 6 (d) に示すようにスペーサ 9 を備えて構成される。このスペーサ 9 は好適にはリング状の形状であり、その内径は、平板ガラス 2 の外径より大きく、その外径はフェルール 6 の外径以下となるように設定される。また、スペーサ 9 の厚さは、平板ガラス 2 の厚さより大きくする。好適には、スペーサ 9 の厚さは、平板ガラス 2 の厚さと比較して $5\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下厚くする。なお、このスペーサ 9 を備えた構成を光ファイバ終端構造として使用することもできる。

[0060] ここで、本実施形態の光接続部品とは、スペーサ 9 を備えた 2 つの光ファイバ終端構造を接続させ、各光ファイバ終端構造の平板ガラス 2, 2 が対向する部品をいう。なお、スペーサ 9 は、フェルール 6 の端面に接着されている平板ガラス 2 を囲むことができる。また、スペーサ 9 は、フェルール 6 の端面に適宜接着できる（図 6 (d) では図示略）。

[0061] このようなスペーサ 9 を図 6 に示した光ファイバ終端構造の端面間に備え

ることで、スペーサ9を介してフェルール6，6同士の端面を対向させて光接続部品を構成する場合、平板ガラス2，2同士の接触を避け、かつその間隔を $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下にできる。従って、光軸ズレのない光ファイバ終端構造同士の接続に際して、平板ガラス2の損傷を懸念することなく光の拡がりを抑えることができ、繰り返し安定した低損失な光接続（着脱）を行うことができる。

[0062] なお、平板ガラス2は両面とも反射防止膜が施されているため、中空コア光ファイバ1（空気）と平板ガラス2間、および、平板ガラス2とフェルール6の先端部にある空間との界面で反射が生じることはなく、伝送特性が良好な光接続部品を構成できる。このため、従来の融解による中実化のように伝送特性の劣化を招く懸念のない光接続部品を提供することが可能になる。

[0063] なお、図6に例示した実施の形態の光ファイバ終端構造に限定されことなく、フェルール6に面取り部64がない形状を使用しても構わない。この場合、さらに安価なフェルールを適用できる利点が生じる。この場合、図5に例示した実施の形態のように、好適には、中空コア光ファイバ1と平板ガラス2は接触させず、温度変動下でも両者が接触することがないように所定の間隔を設けた状態で接着を行う。

また、スペーサ9は、光ファイバ終端構造毎に備える必要はなく、光接続部品として1つであっても構わない。この場合、スペーサ9の厚さは、好適には、平板ガラス2の厚さの2倍（2枚の平板ガラス2の厚さ合計値）と比較して $10\mu\text{m}$ 以上 $100\mu\text{m}$ 以下厚くする。本実施形態の光接続部品とは、2つの光ファイバ終端構造（スペーサ9を備える第1の光ファイバ終端構造、スペーサ9を備えない第2の光ファイバ終端構造）を接続させ、各光ファイバ終端構造の平板ガラス2，2が対向している部品になる。なお、スペーサ9は、フェルール6の端面に接着されている平板ガラス2を囲むことができる。また、スペーサ9は、フェルール6の端面に適宜接着できる。

[0064] [その他の変形例]

（a）以上の実施の形態では、光透過部材として平板ガラス2を使用して

いるが、光を透過する材料であればこれに限らず、Siや樹脂であっても構わない。光透過部材の形状は、必ずしも円盤である必要はなく、四角形など他の形状であって構わない。また、図7に示すように、平凸レンズ10やプリズム11のような機能を有する形状であっても構わない。平凸レンズ10やプリズム11を適用した場合、接続距離や接続方向に自由度をもたらすことができるため、光接続部品構成の多様化を図ることができる。

[0065] (b) 中空コア光ファイバとしては、図2(a)に例示したものに限定されることなく、コアが中空でさえあればフォトリソバンドギャップファイバ、カゴメファイバ、反共振ファイバ、NANF等様々な形態であって構わない。

[0066] (c) フェルルール6の材質はジルコニアに限定されることなく樹脂、ガラス、金属その他の材質であっても構わない。

[0067] (d) 本実施の形態は、フェルルール6を使う光ファイバ終端構造を例示したが、V溝アレイのような他の形態（フェルルール無しの光ファイバ終端構造）に対しても適用することができる。

[0068] (e) 平板ガラス2の接着面となるフェルルール6の端面や窪み63は、フェルルール6の軸方向（中空コア光ファイバ1の光軸方向）に垂直となる形態（中空コア光ファイバ1の光軸方向がフェルルール6の端面や窪み63の平坦面の法線方向と一致する形態）を例示したが、例えば、垂直ではなく、フェルルール6の軸方向に対して任意の（所定の）角度（好ましくは8度以下）に傾斜させても構わない。すなわち、フェルルール6の端面や窪み63の平坦面の法線方向をフェルルール6の軸方向に対して傾斜させてもよい。図8(a)は、フェルルール6端面に形成されている窪み63の平坦部63aが傾斜している光ファイバ終端構造について例示している。この場合、窪み63の平坦部63aの傾斜角に応じて平板ガラス2からの戻り光の反射角が大きくなり、平板ガラス2に極低反射な反射防止膜を施さなくても所定の反射減衰量（例えば40dB）を再現性良く実現できる。極低反射な反射防止膜付ガラスが不要となるため、より安価な部品を適用できる利点がある。また、平板ガラス2に極低反射な反射防止膜を備える構成では、反射防止膜の材質選択等に起

因して極低反射を実現可能な波長帯域が限定されてしまう。これに対し、窪み63の平坦部63aを傾斜させ、平板ガラス2に極低反射な反射防止膜を備えない構成では、広い波長帯域に亘って極低反射の良好な特性を得られる利点もある。ただし、極低反射ではないものの平板ガラス2に反射防止膜を施した上で傾斜させることにより、フレネル反射による接続損失を低減させることができる。本実施形態で説明した平板ガラス2の両面に施された反射防止膜、および、窪み63（の平坦部63a）の傾斜は、図10で示すフェルルール6の端面の傾斜と合わせて、平板ガラス2を透過する光の反射を防止する反射防止機構の具体例となる。

図8（a）、図8（b）に示した光ファイバ終端構造を対向させた光接続部品の好適な例を、図9に示し、説明する。光ファイバ終端構造は、中空コア光ファイバ1を収容するフェルルール6と、フェルルール6が圧入されるフランジ20と、フランジ20を収容するハウジング21とを備える。本光接続部品は、アダプタ30を介して光ファイバ終端構造同士を対向させて接続したものである。

フランジ20をハウジング21に収容する際、ハウジング21のキー溝22が、フランジ20の突起部23に嵌まるため、フランジ20およびハウジング21の相対的な回転角度は一意に決まる。ここで、フェルルール6をフランジ20に圧入する際、例えば、傾斜した窪み63の平坦部63aの最浅部を、ハウジング21のキー溝22に合わせる。つまり、フェルルール6およびハウジング21の相対的な回転角度を決める。さらに、光ファイバ終端構造を対向させて光接続部品を構成する際、ハウジング21、21のキー24、24をアダプタ30のキー溝31、31に嵌めることで、フランジ20、20の突起部23、23同士が対向する。その結果、図9に示すように、窪み63の平坦部63aの最浅部の各々が対向し、平坦部63aに配置されている平板ガラス2の傾斜頂点部2a（平板ガラス2のうち、窪み63の平坦部63aの最浅部に配置されている部分）の各々が対向（略対向の意味も含む）した光接続部品を構成できる。

窪み 6 3 の平坦部 6 3 a の傾斜が 8 度であり、平板ガラス 2 の厚さが $100\mu\text{m}$ の場合、平板ガラス 2 における光軸のオフセットは $4\mu\text{m}$ 程度と大きくなるが、図 9 のように互いの平坦部 6 3 a, 6 3 a に配置されている平板ガラス 2 の傾斜頂点部 2 a 同士が対向している場合には、光接続部品としての光軸ズレは生じないことになる。フェルール 6 の端面や窪み 6 3 の平坦部 6 3 a の傾斜角が同じとなる光ファイバ終端構造同士を対向して光接続部品を構成する場合、傾斜角が任意の角度であっても（8 度より大きくても）光軸ズレが生じることはない。したがって、平板ガラス 2 に所定の傾斜をもたせることで所定の反射減衰量を再現性良く実現するとともに、挿入損失の小さい光接続部品を構成できる。

なお、上記説明は、図 10 に示したフェルール 6, 6 の端面がフェルール 6, 6 の軸方向に対して傾斜した構成に対しても当てはまる。図 10 に示すように、フェルール 6, 6 の端面は、大部分の領域が傾斜しているが、フェルール 6, 6 の中心軸から所定量だけ径方向外側に離れた部分領域 6 5, 6 5 は、傾斜しておらず、光ファイバ終端構造同士が対向して光接続部品を構成する際の突き当て面となる。平板ガラス 2, 2 の板厚や直径、およびフェルール 6, 6 端面の傾斜部の領域は、所定の傾斜角をなして光接続部品を構成した際に、フェルール 6, 6 の端面上の平板ガラス 2, 2 同士が接触しないように決められる。

また、上記説明は、図 1 に示した中空コア光ファイバ 1 に平板ガラス 2 を接着する形態において、中空コア光ファイバ 1 を斜めにクリーブする形態に対しても当てはまる。

[0069] (f) また、本実施形態で説明した種々の技術を適宜組み合わせた技術を実現することもできる。

(g) その他、本発明の構成要素の形状、材質、機能などについて、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。

符号の説明

[0070] 1, 1 a 中空コア光ファイバ

- 2 平板ガラス（光透過部材）
- 3 ガラス
- 4 インナーチューブ
- 5, 5 1 接着剤
- 5 a プレート
- 6, 6 a フェルール
- 6 1 貫通孔
- 6 2 面取り部
- 6 3 窪み
- 6 3 a 平坦部
- 6 4 面取り部
- 6 5 （フェルールの傾斜した端面の）部分領域
- 7 吸着治具（治具）
- 8 接着剤転写治具（治具）
- 8 1 凸部
- 9 スペーサ
- 1 0 平凸レンズ
- 1 1 プリズム
- 2 0 フランジ
- 2 1 ハウジング
- 2 2 キー溝
- 2 3 突起部
- 2 4 キー
- 3 0 アダプタ
- H 中空部

請求の範囲

- [請求項1] 光が伝送される中空部を有する中空コア光ファイバと、
前記中空部を覆う光透過部材と、
前記光透過部材を透過する光の反射を防止する反射防止機構と、を
備えることを特徴とする光ファイバ終端構造。
- [請求項2] 前記光透過部材の厚みが $100\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求
項1に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項3] 前記光透過部材が平板ガラスであることを特徴とする請求項1 また
は請求項2に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項4] 前記光透過部材または前記中空コア光ファイバに塗布または転写さ
れた接着剤によって、前記光透過部材が前記中空コア光ファイバの端
面に接着されていることを特徴とする請求項1 から請求項3 のいずれ
か1 項に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項5] 前記光透過部材の外径が、前記中空コア光ファイバが挿通されるフ
ェルールの貫通孔の径よりも小さいことを特徴とする請求項4 に記載
の光ファイバ終端構造。
- [請求項6] 前記中空コア光ファイバが挿通されるフェルールの端面に、前記光
透過部材を収容する窪みを備え、
前記光透過部材が前記窪みの平坦部に接着されていることを特徴と
する請求項1 から請求項3 のいずれか1 項に記載の光ファイバ終端構
造。
- [請求項7] 前記フェルールの貫通孔を面取りした面取り部を備え、
前記光透過部材の外径が、前記面取り部の面取り範囲より大きいこ
とを特徴とする請求項6 に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項8] 前記光透過部材が、前記中空コア光ファイバが挿通されるフェル
ールの端面に接着されており、
前記光透過部材を囲むスペーサを備えることを特徴とする請求項1
から請求項3 のいずれか1 項に記載の光ファイバ終端構造。

- [請求項9] 前記フェルールの貫通孔を面取りした面取り部を備え、
前記光透過部材の外径が、前記面取り部の面取り範囲より大きいことを特徴とする請求項8に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項10] 前記スペーサの厚さが、前記光透過部材の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項9または請求項9に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項11] 前記中空コア光ファイバの端面の法線方向が当該中空コア光ファイバの軸方向に対して所定の角度傾斜していることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項12] 前記窪みの平坦部の法線方向が、前記フェルールの軸方向に対して所定の角度傾斜していることを特徴とする請求項6または請求項7に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項13] 前記光透過部材が、前記フェルールの端面より後退して配置されていることを特徴とする請求項5から請求項7および請求項12のいずれか1項に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項14] 前記フェルールの端面が前記フェルールの軸方向に対して所定の角度傾斜していることを特徴とする請求項8または請求項9に記載の光ファイバ終端構造。
- [請求項15] 請求項1から請求項14のいずれか1項に記載の光ファイバ終端構造である第1の光ファイバ終端構造と第2の光ファイバ終端構造とを接続させる光接続部品であって、
前記第1の光ファイバ終端構造の前記光透過部材と前記第2の光ファイバ終端構造の前記光透過部材とを対向させる光接続部品。
- [請求項16] 請求項8から請求項10のいずれか1項に記載の光ファイバ終端構造である第1の光ファイバ終端構造と、前記スペーサを備えない第2の光ファイバ終端構造とを接続させる光接続部品であって、
前記第1の光ファイバ終端構造の前記スペーサは前記光透過部材の厚さの2倍よりも大きい厚さを有しており、前記第1の光ファイバ終端構造の前記光透過部材と前記第2の光ファイバ終端構造の前記光透

過部材とが対向する光接続部品。

[請求項17] 請求項11から請求項14のいずれか1項に記載の光ファイバ終端構造である第1の光ファイバ終端構造と第2の光ファイバ終端構造とを接続させる光接続部品であって、

前記第1の光ファイバ終端構造に備わる光透過部材の傾斜頂点部と、前記第2の光ファイバ終端構造に備わる光透過部材の傾斜頂点部とが対向していることを特徴とする光接続部品。

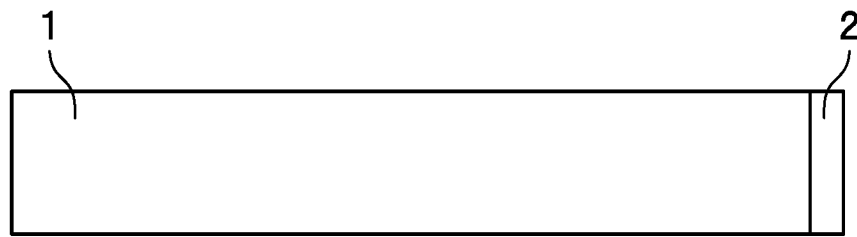
[請求項18] 光が伝送される中空部を有する中空コア光ファイバであって、

前記中空部を覆う光透過部材と、

前記光透過部材を透過する光の反射を防止する反射防止機構と、を備える

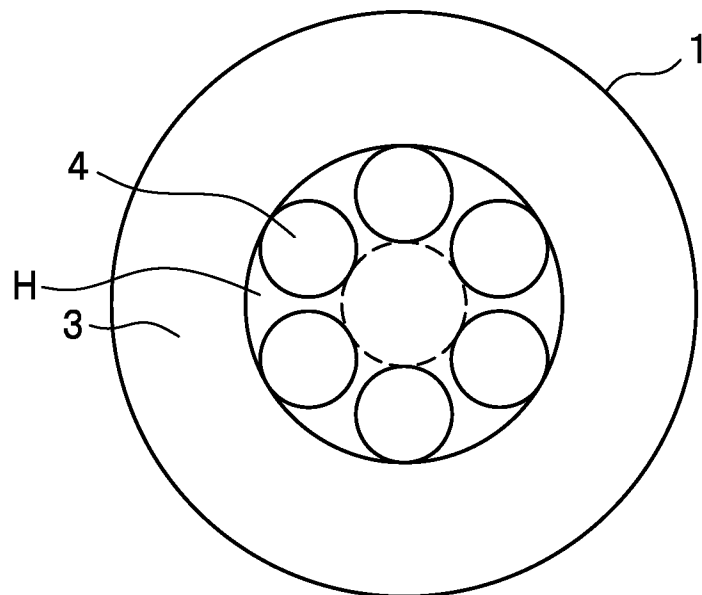
中空コア光ファイバ。

[図1]

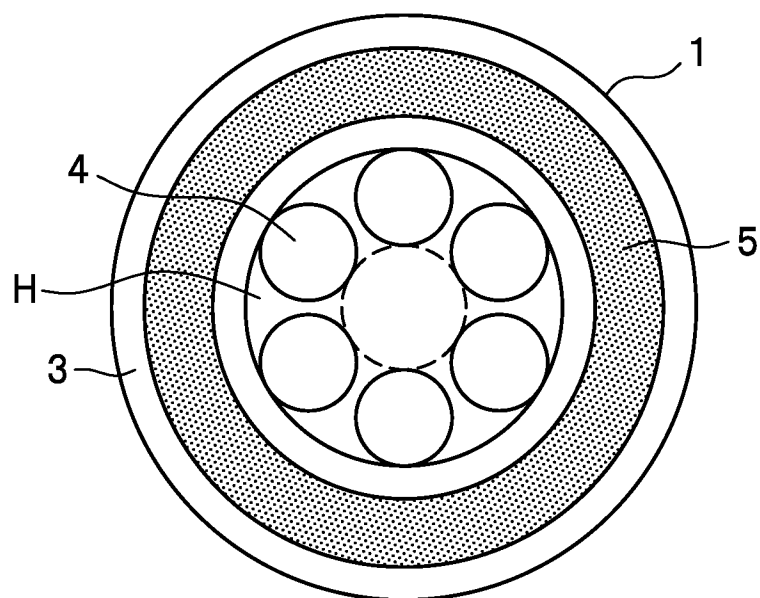


[図2]

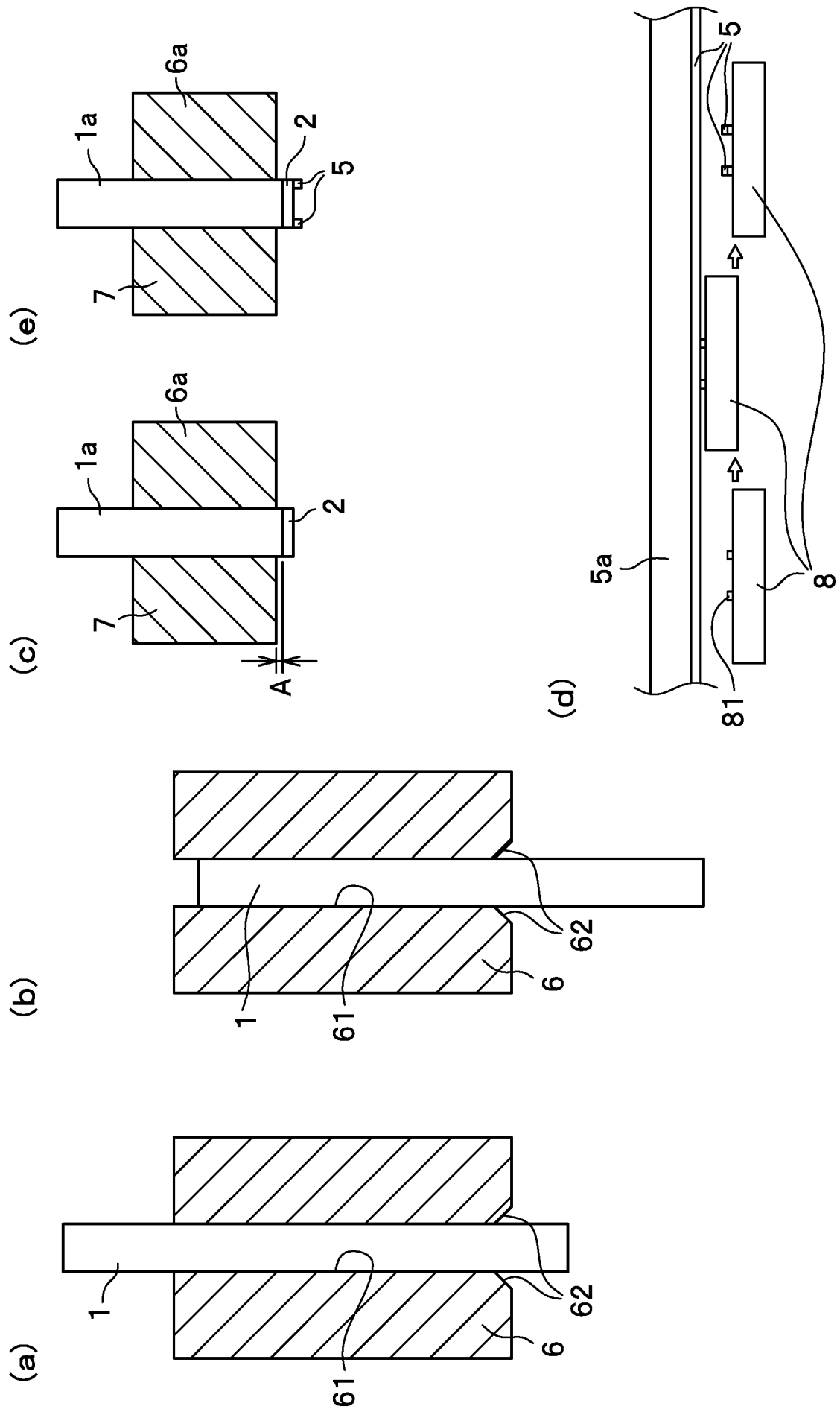
(a)



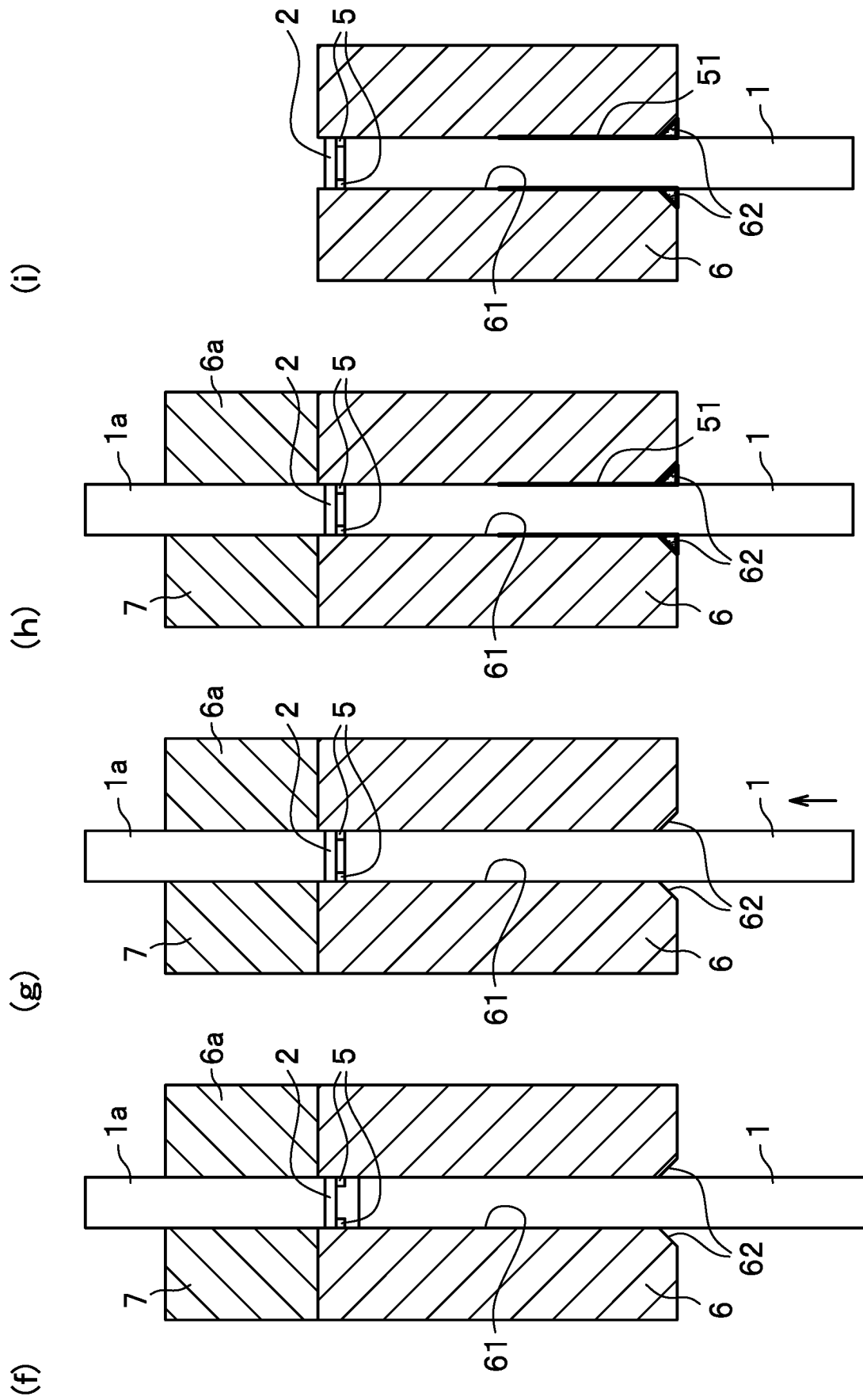
(b)



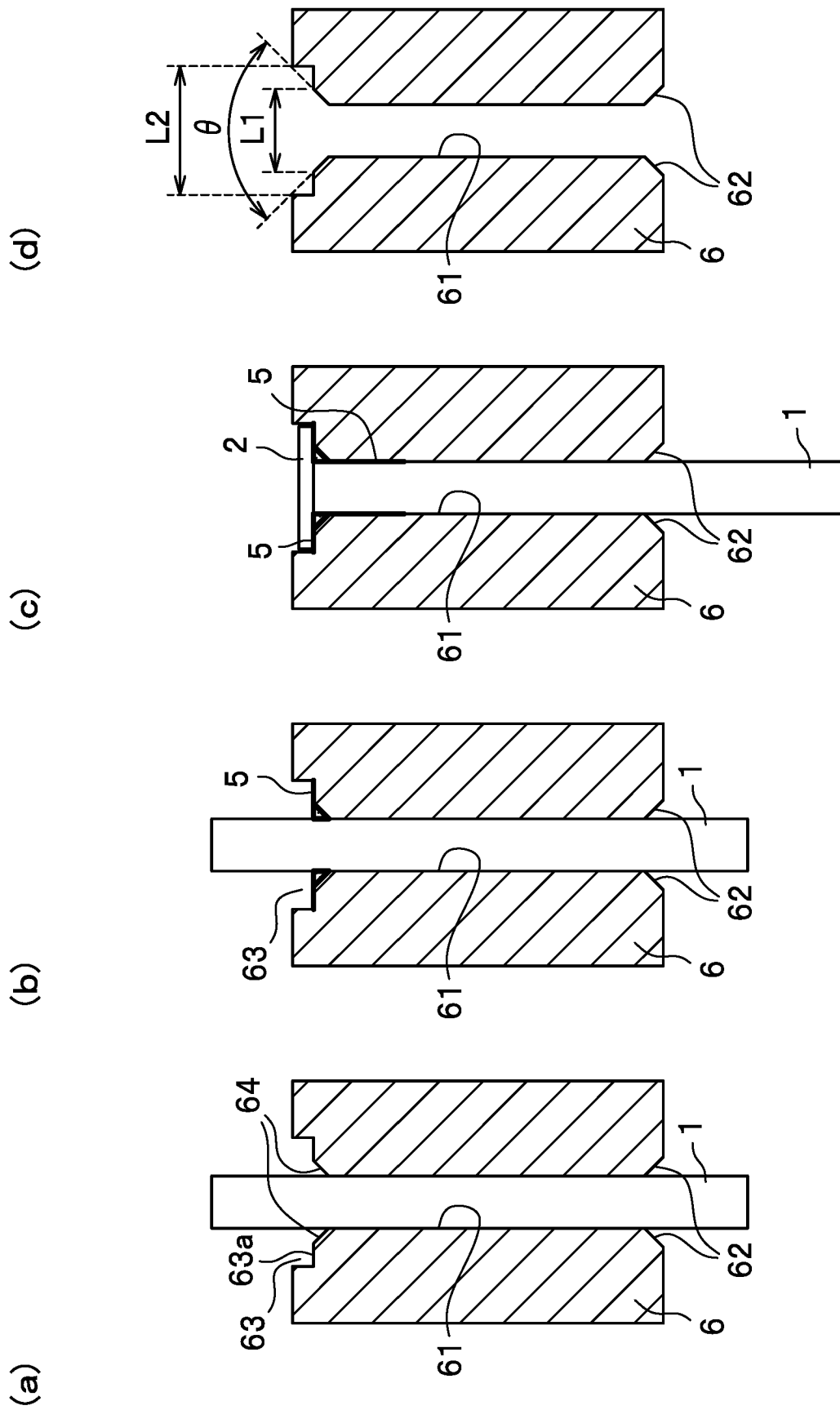
[図3A]



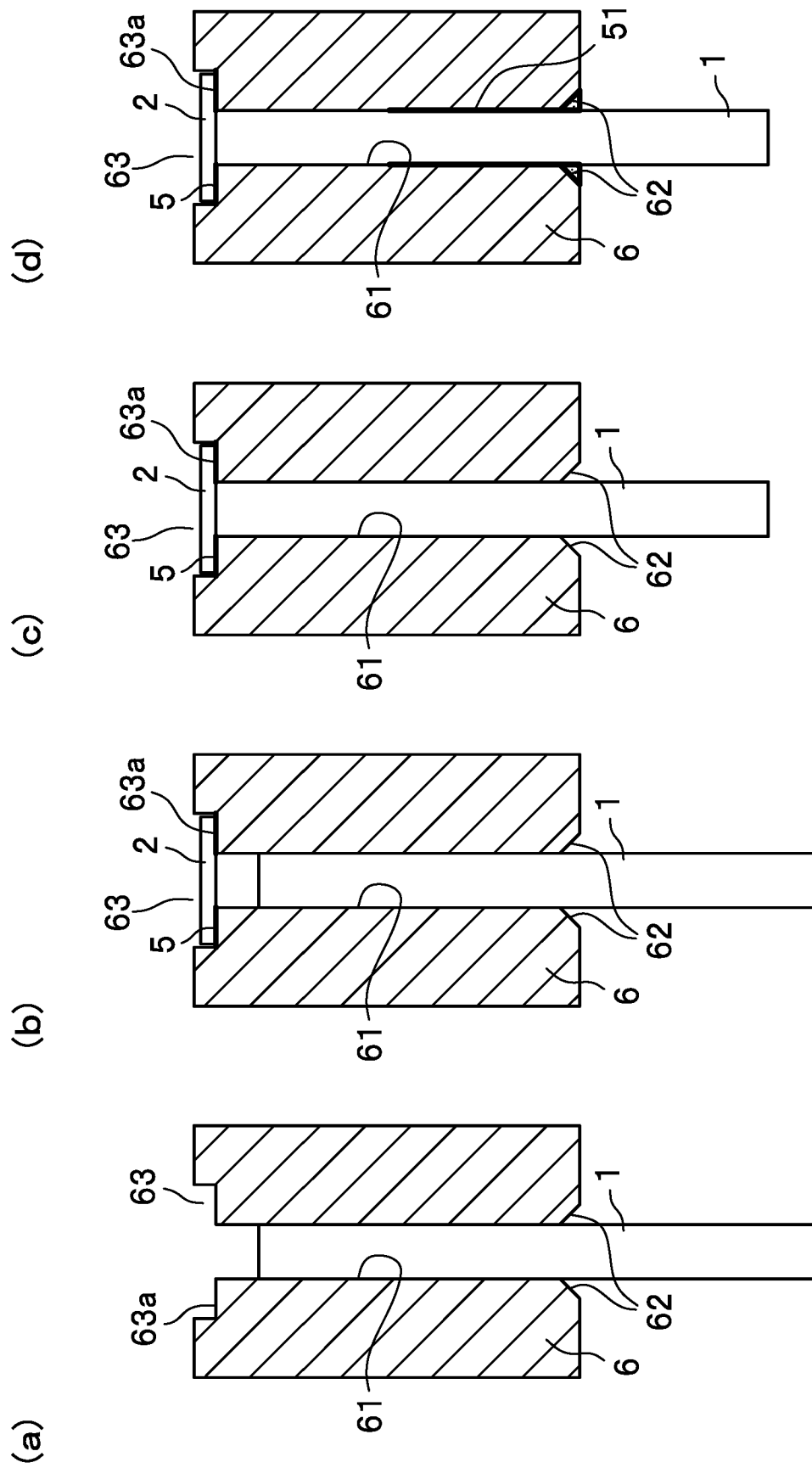
[図3B]



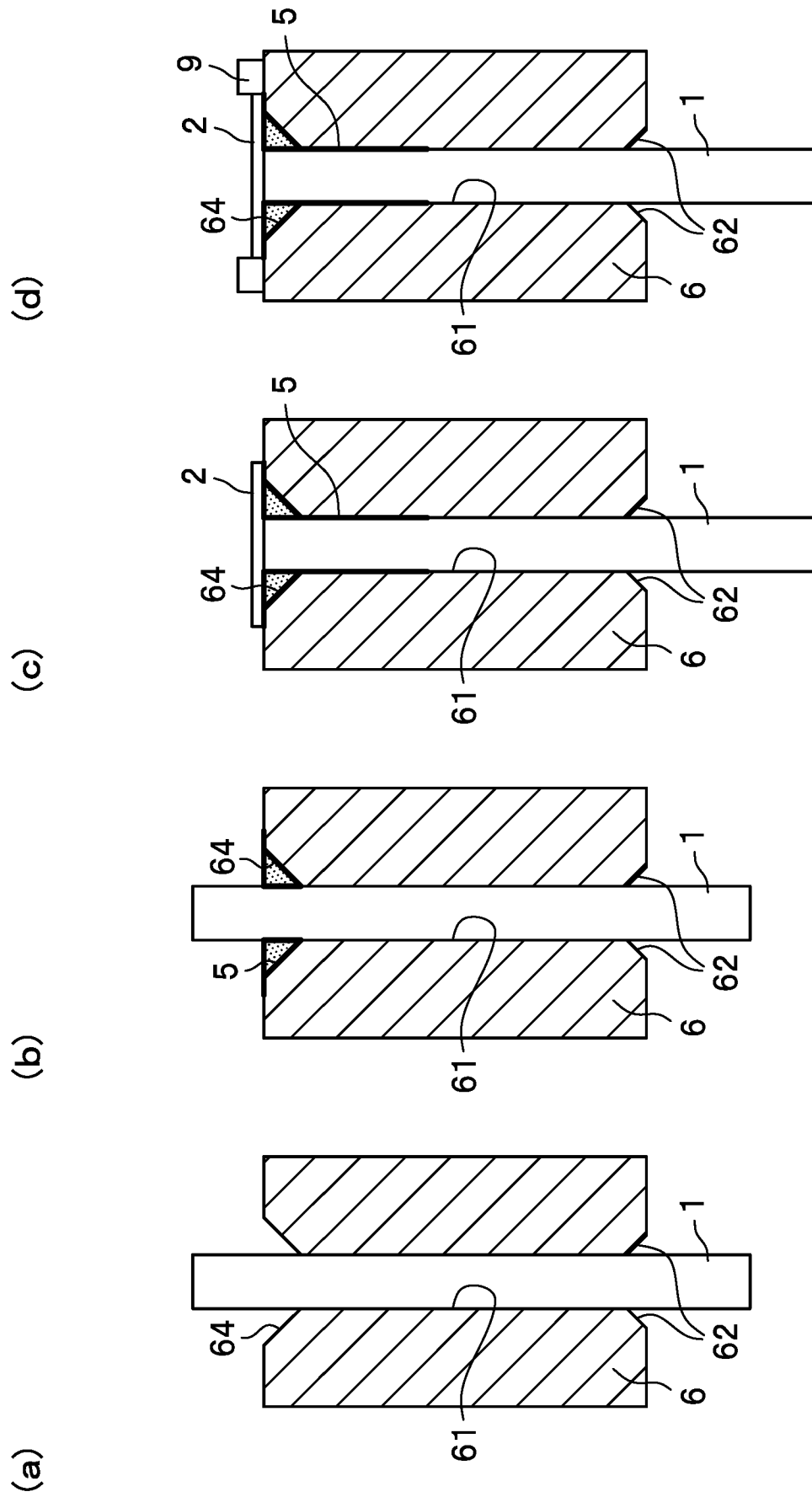
[図4]



[図5]

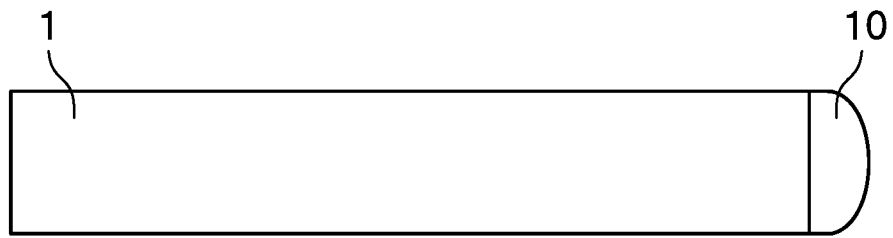


【図6】

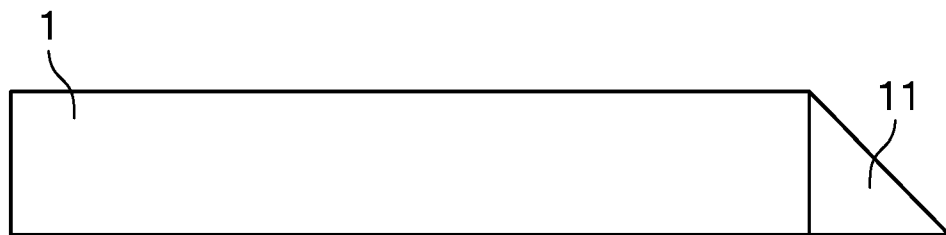


[図7]

(a)

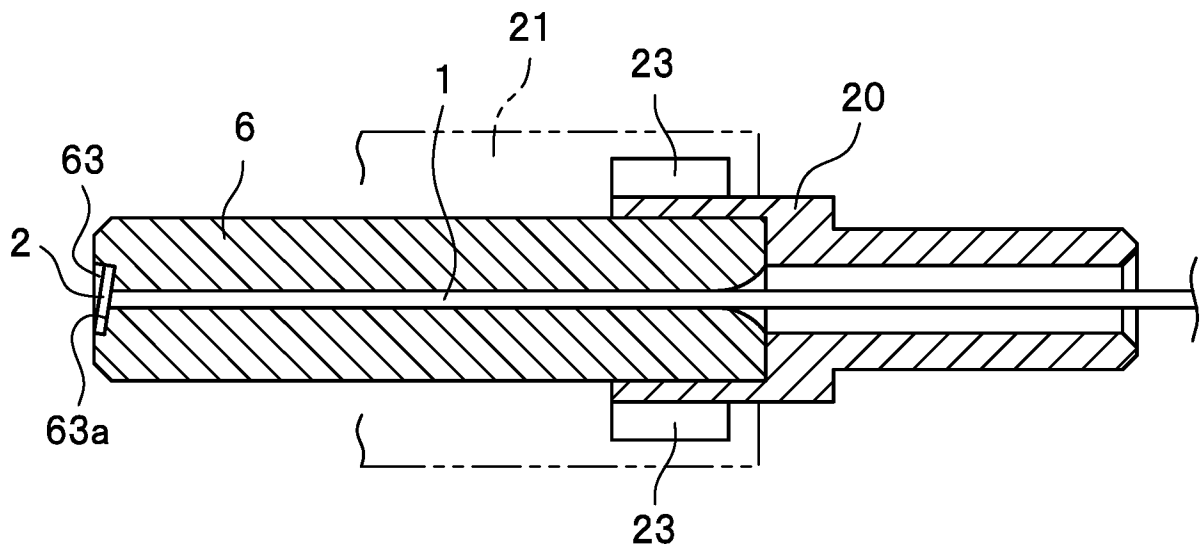


(b)

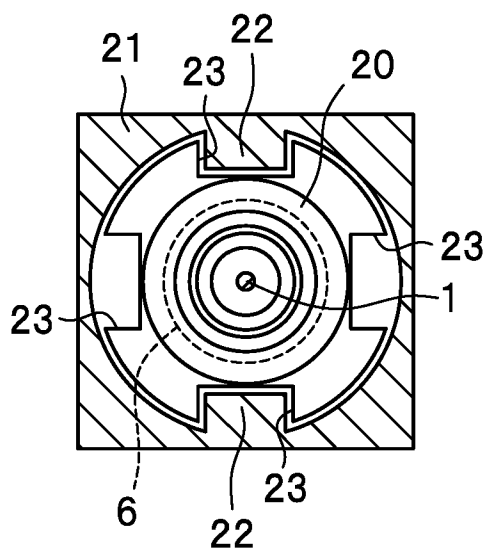


[図8]

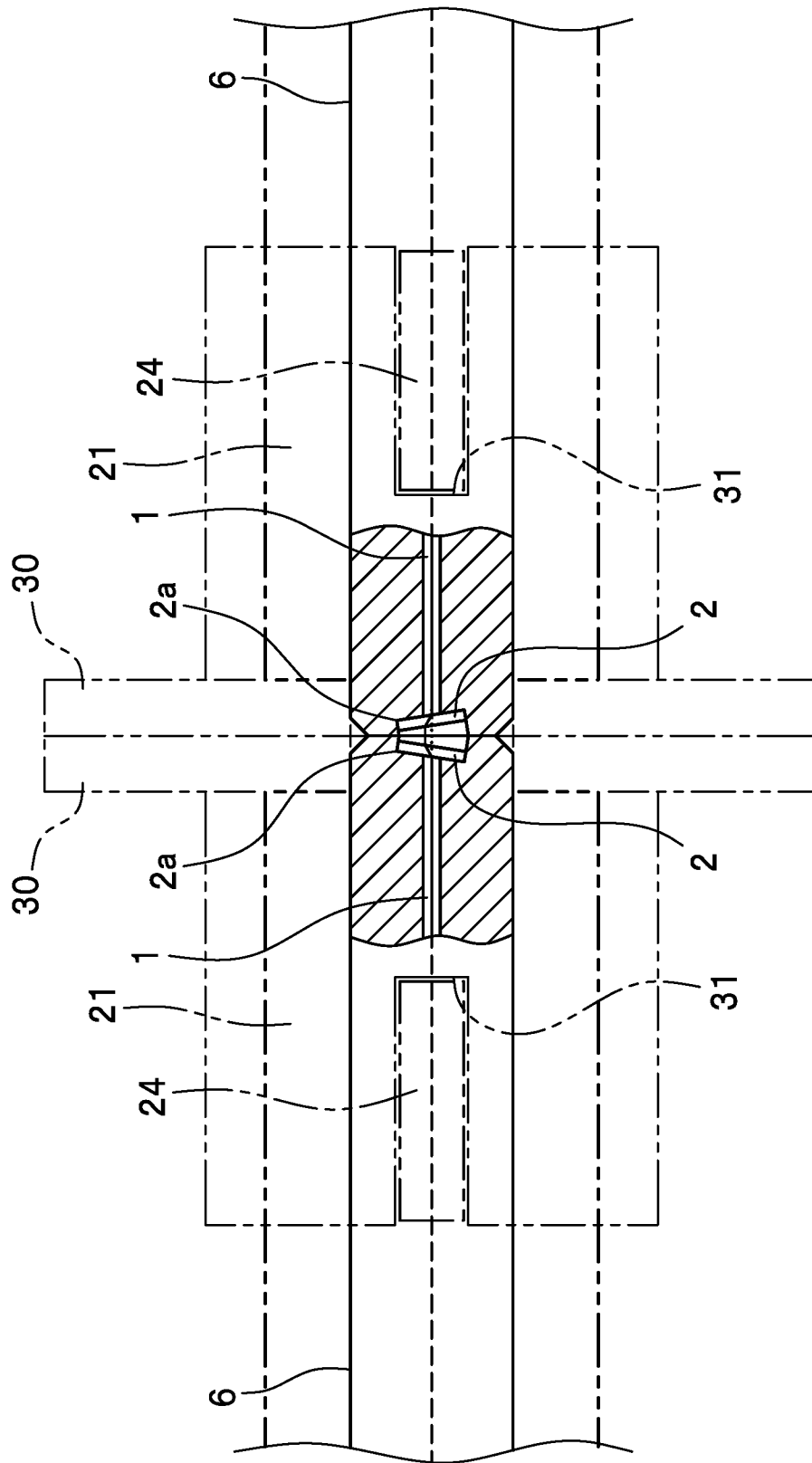
(a)



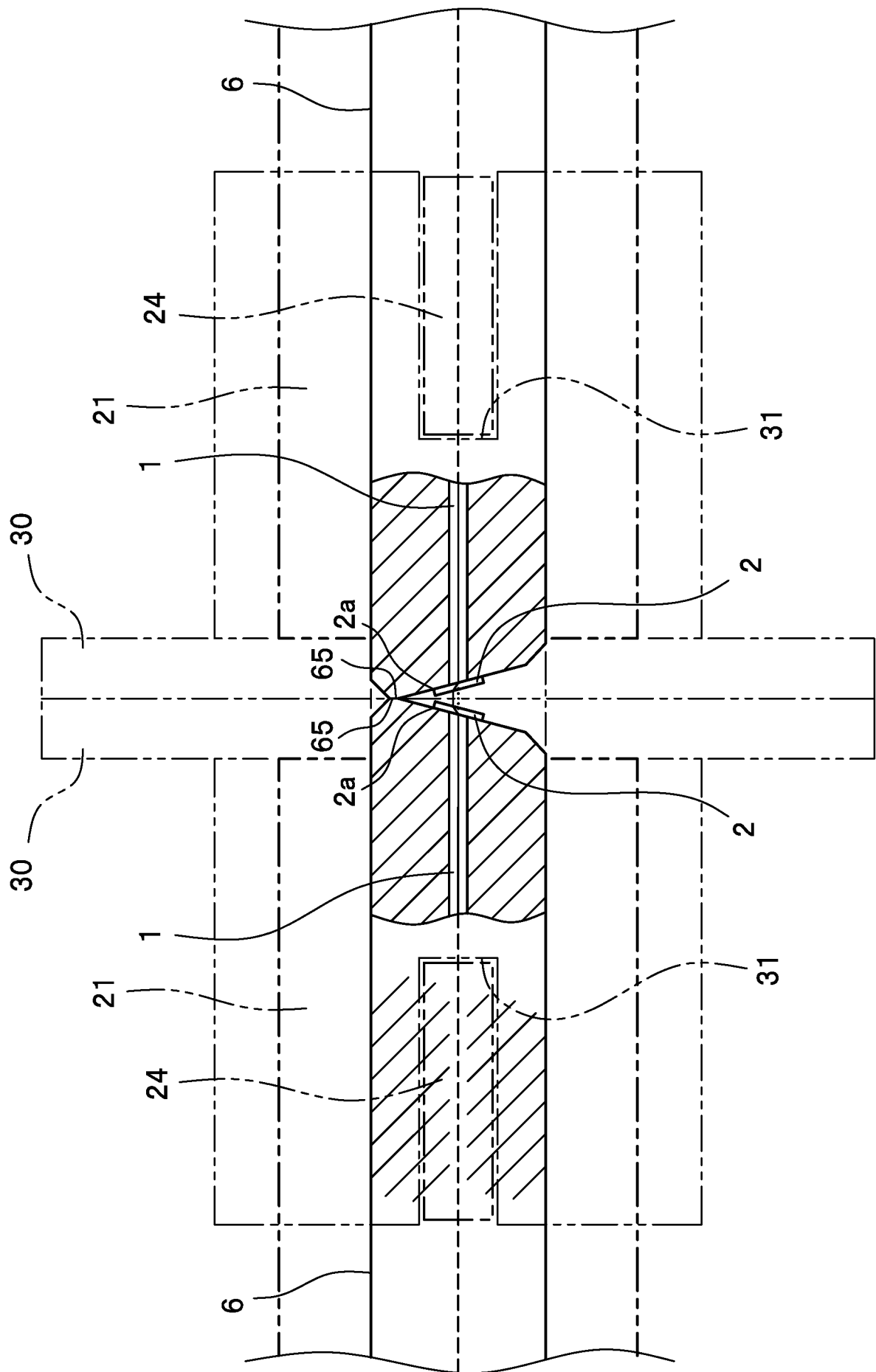
(b)



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/030075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 6/02**(2006.01)i; **G02B 6/032**(2006.01)i; **G02B 6/36**(2006.01)i

FI: G02B6/02 421; G02B6/36; G02B6/032 Z

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)

G02B6/02; G02B6/032; G02B6/36

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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 2002-323625 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 08 November 2002 (2002-11-08) paragraphs [0033]-[0041], fig. 6-8	1, 4-5, 18
Y		2-17
Y	JP 2008-122838 A (NICHIA KAGAKU KOGYO KK) 29 May 2008 (2008-05-29) paragraphs [0024]-[0036], [0056], fig. 1B	2-17
Y	JP 2019-504352 A (NKT PHOTONICS A/S) 14 February 2019 (2019-02-14) paragraphs [0058]-[0060], [0152]-[0158], fig. 9, 9a	3-17
Y	US 2019/0361171 A1 (NUBURU, INC.) 28 November 2019 (2019-11-28) paragraphs [0035], [0051]-[0060], fig. 3, 4	6-10, 12-17
Y	US 8854728 B1 (LOCKHEED MARTIN CORPORATION) 07 October 2014 (2014-10-07) column 38, lines 37-67, column 57, line 25 to column 59, line 62, fig. 12B	11, 15, 17
Y	JP 2006-011255 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 12 January 2006 (2006-01-12) paragraphs [0018]-[0033], fig. 1-3	2-17

☒ 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 October 2021

Date of mailing of the international search report

09 November 2021

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/030075**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-151931 A (HAKUSAN MANUFACTURING CO., LTD.) 03 July 2008 (2008-07-03) paragraph [0067], fig. 1-5	2-17
Y	JP 2016-010497 A (SONY OLYMPUS MEDICAL SOLUTIONS INC.) 21 January 2016 (2016-01-21) paragraphs [0025]-[0097], fig. 1-9	3-17
Y	JP 2016-184105 A (FUJIKURA LTD.) 20 October 2016 (2016-10-20) paragraphs [0024]-[0063], fig. 1-6	3-17
Y	US 6012852 A (THE WHITAKER CORPORATION) 11 January 2000 (2000-01-11) column 3, line 60 to column 6, line 39, fig. 1-7	8-11, 14-17
A	EP 0344478 A2 (RAMOT UNIVERSITY AUTHORITY FOR APPLIED RESEARCH & INDUSTRIAL DEVELOPMENT LTD.) 06 December 1989 (1989-12-06) entire text, all drawings	1-18
A	US 2007/0165991 A1 (TRUMPF LASER GMBH + CO. KG) 19 July 2007 (2007-07-19) entire text, all drawings	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/030075

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2002-323625	A	08 November 2002	US 2002/0159734 A1 paragraphs [0039]-[0047], fig. 6-8 EP 1255137 A2	
JP	2008-122838	A	29 May 2008	(Family: none)	
JP	2019-504352	A	14 February 2019	US 2018/0372961 A1 paragraphs [0073]-[0075], [0207]-[0214], fig. 9, 9a WO 2017/108060 A1 CN 108474914 A KR 10-2018-0098310 A	
US	2019/0361171	A1	28 November 2019	WO 2019/213633 A2 CN 112352176 A	
US	8854728	B1	07 October 2014	(Family: none)	
JP	2006-011255	A	12 January 2006	(Family: none)	
JP	2008-151931	A	03 July 2008	WO 2008/072611 A1	
JP	2016-010497	A	21 January 2016	US 2015/0374207 A1 paragraphs [0025]-[0129], fig. 1-9	
JP	2016-184105	A	20 October 2016	US 2016/0282562 A1 paragraphs [0318]-[0359], fig. 26-31	
US	6012852	A	11 January 2000	(Family: none)	
EP	0344478	A2	06 December 1989	US 4930863 A	
US	2007/0165991	A1	19 July 2007	EP 1772758 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/02(2006.01)i; G02B 6/032(2006.01)i; G02B 6/36(2006.01)i FI: G02B6/02 421; G02B6/36; G02B6/032 Z		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B6/02; G02B6/032; G02B6/36		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2002-323625 A (住友電気工業株式会社) 08.11.2002 (2002 - 11 - 08) [0033]-[0041], 図6-8	1, 4-5, 18
Y		2-17
Y	JP 2008-122838 A (日亜化学工業株式会社) 29.05.2008 (2008 - 05 - 29) [0024]-[0036], [0056], 図1B	2-17
Y	JP 2019-504352 A (エヌケイティー フォトニクス アクティーゼルスカブ) 14.02.2019 (2019 - 02 - 14) [0058]-[0060], [0152]-[0158], 図9-9 a	3-17
Y	US 2019/0361171 A1 (NUBURU, INC.) 28.11.2019 (2019 - 11 - 28) [0035], [0051]-[0060], 図3-4	6-10, 12-17
Y	US 8854728 B1 (LOCKHEED MARTIN CORPORATION) 07.10.2014 (2014 - 10 - 07) 第38欄第37-67行, 第57欄第25行-第59欄第62行, 図12B	11, 15, 17
Y	JP 2006-011255 A (住友電気工業株式会社) 12.01.2006 (2006 - 01 - 12) [0018]-[0033], 図1-3	2-17
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 25.10.2021		国際調査報告の発送日 09.11.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 奥村 政人 2L 4752 電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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 2008-151931 A (株式会社白山製作所) 03.07.2008 (2008 - 07 - 03) [0067], 図1-5	2-17
Y	JP 2016-010497 A (ソニー・オリンパスメディカルソリューションズ株式会社) 21.01.2016 (2016 - 01 - 21) [0025]-[0097], 図1-9	3-17
Y	JP 2016-184105 A (株式会社フジクラ) 20.10.2016 (2016 - 10 - 20) [0024]-[0063], 図1-6	3-17
Y	US 6012852 A (THE WHITAKER CORPORATION) 11.01.2000 (2000 - 01 - 11) 第3欄第60行-第6欄第39行, 第1-7図	8-11, 14-17
A	EP 0344478 A2 (RAMOT UNIVERSITY AUTHORITY FOR APPLIED RESEARCH & INDUSTRIAL DEVELOPMENT LTD.) 06.12.1989 (1989 - 12 - 06) 全文, 全図	1-18
A	US 2007/0165991 A1 (TRUMPF LASER GMBH + CO. KG) 19.07.2007 (2007 - 07 - 19) 全文, 全図	1-18

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/030075

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2002-323625	A	08.11.2002	US 2002/0159734 A1 [0039]-[0047], 図6-8 EP 1255137 A2	
JP	2008-122838	A	29.05.2008	(ファミリーなし)	
JP	2019-504352	A	14.02.2019	US 2018/0372961 A1 [0073]-[0075], [0207]- [0214], 図9-9 a WO 2017/108060 A1 CN 108474914 A KR 10-2018-0098310 A	
US	2019/0361171	A1	28.11.2019	WO 2019/213633 A2 CN 112352176 A	
US	8854728	B1	07.10.2014	(ファミリーなし)	
JP	2006-011255	A	12.01.2006	(ファミリーなし)	
JP	2008-151931	A	03.07.2008	WO 2008/072611 A1	
JP	2016-010497	A	21.01.2016	US 2015/0374207 A1 [0025]-[0129], 図1-9	
JP	2016-184105	A	20.10.2016	US 2016/0282562 A1 [0318]-[0359], 図26-31	
US	6012852	A	11.01.2000	(ファミリーなし)	
EP	0344478	A2	06.12.1989	US 4930863 A	
US	2007/0165991	A1	19.07.2007	EP 1772758 A1	