

(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
2024年12月19日(19.12.2024)



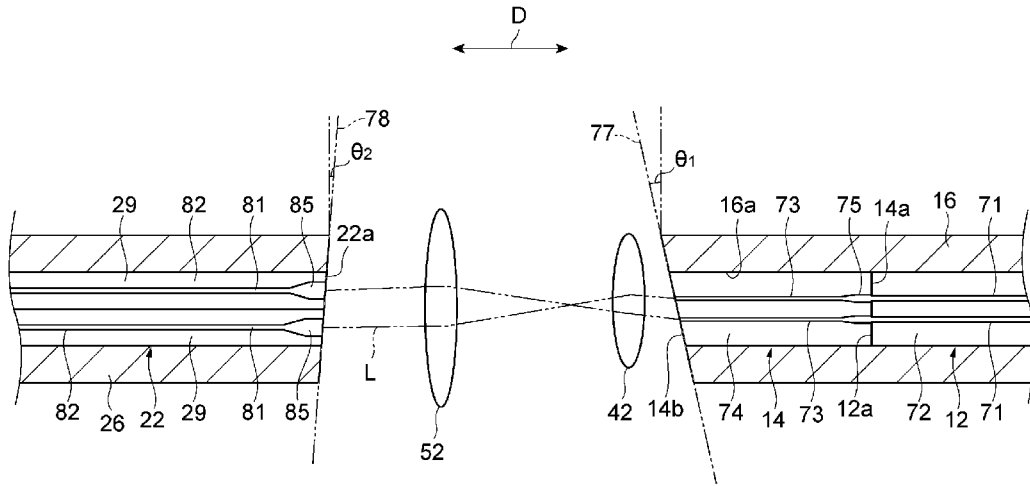
(10) 国際公開番号

WO 2024/257727 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/32 (2006.01) *G02B 6/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/021060
- (22) 国際出願日: 2024年6月10日(10.06.2024)
- (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 2023-097921 2023年6月14日(14.06.2023) JP
- (71) 出願人: 住友電気工業株式会社
(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜
四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 島川 修 (SHIMAKAWA Osamu);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5
番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
田澤 英久(TAZAWA Hidehisa); 〒5410041 大阪
府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住
友電気工業株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二
丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A
(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 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,

(54) Title: OPTICAL CONNECTION STRUCTURE

(54) 発明の名称: 光接続構造体



(57) Abstract: The mode field diameter of each of a plurality of second fiber cores (73) on a third end surface (14b) is smaller than the mode field diameter of a first fiber core (71) corresponding to a second fiber core (73), among the mode field diameters of a plurality of the first fiber cores (71) on a first end surface (12a). The core pitch of a plurality of first fiber cores (81) on a fourth end surface (22a) is greater than the core pitch of the plurality of second fiber cores (73) on the third end surface (14b). A first lens (42) and a second lens (52) are arranged in order from the third end surface (14b)



WO 2024/257727 A1

CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO(BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

to the fourth end surface (22a), between the third end surface (14b) and the fourth end surface (22a). The shape of the arrangement of the plurality of second fiber cores (73) on the third end surface (14b) and the shape of the arrangement of the plurality of third fiber cores (81) on the fourth end surface (22a) are similar to each other.

(57) 要約 : 第 3 端面 (1 4 b) における複数の第 2 ファイバコア (7 3) の各々のモードフィールド直径は、第 1 端面 (1 2 a) における複数の第 1 ファイバコア (7 1) のモードフィールド直径のうち、第 2 ファイバコア (7 3) に対応している第 1 ファイバコア (7 1) のモードフィールド直径よりも小さい。第 4 端面 (2 2 a) における複数の第 3 ファイバコア (8 1) のコアピッチは、第 3 端面 (1 4 b) における複数の第 2 ファイバコア (7 3) のコアピッチよりも大きい。第 1 レンズ (4 2) 及び第 2 レンズ (5 2) は、第 3 端面 (1 4 b) と第 4 端面 (2 2 a) との間において、第 3 端面 (1 4 b) から第 4 端面 (2 2 a) に向かって順に配列されている。第 3 端面 (1 4 b) における複数の第 2 ファイバコア (7 3) の配列の形状と、第 4 端面 (2 2 a) における複数の第 3 ファイバコア (8 1) の配列の形状とは、互いに相似形である。

明 細 書

発明の名称：光接続構造体

技術分野

[0001] 本開示は、光接続構造体に関するものである。本出願は、2023年6月14日に出願された日本出願の特願2023-097921に基づく優先権を主張し、前記日本出願に記載された全ての記載内容を援用する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、光接続構造体が開示されている。光接続構造体は、マルチコアファイバ（以下では「MCF」と称することもある）と、複数のシングルコアファイバ（以下では「SCF」と称することもある）を含んでいるファイババンドルとを備えている。MCFは、複数のファイバコアを含んでいる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2023/008341号

発明の概要

[0004] 本開示の一側面に係る光接続構造体は、第1マルチコアファイバと第2マルチコアファイバとファイババンドルと第1レンズと第2レンズとを備えている。第1マルチコアファイバは、複数の第1ファイバコアを含んでいる。第1マルチコアファイバは、複数の第1ファイバコアが露出している第1端面を有している。第2マルチコアファイバは、複数の第2ファイバコアを含んでいる。第2マルチコアファイバは、複数の第2ファイバコアが露出している第2端面と複数の第2ファイバコアが露出している第3端面とを有している。第3端面は、第2端面の反対側に位置している。複数の第2ファイバコアの各々は、複数の第1ファイバコアのうち対応する第1ファイバコアに光結合される。ファイババンドルは、各々が第3ファイバコアを含んでいる複数のシングルコアファイバを含んでいる。ファイババンドルは、第3ファ

イバコアが露出している第4端面を有している。第2端面における複数の第2ファイバコアの各々の露出面と、第1端面における複数の第1ファイバコアの各々の露出面とは、互いに光結合される。第4端面における複数の第3ファイバコアの各々の露出面と、第3端面における複数の第2ファイバコアの各々の露出面とは、互いに光結合される。第3端面における複数の第2ファイバコアの各々のモードフィールド直径(MFD)は、第1端面における複数の第1ファイバコアのモードフィールド直径のうち、第2ファイバコアに対応している第1ファイバコアのモードフィールド直径よりも小さい。第4端面における複数の第3ファイバコアのコアピッチは、第3端面における複数の第2ファイバコアのコアピッチよりも大きい。第1レンズ及び第2レンズは、第3端面と第4端面との間において、第3端面から第4端面に向かって順に配列されている。複数の第2ファイバコアの延在方向から見て、第3端面における複数の第2ファイバコアの配列の形状と、第4端面における複数の第3ファイバコアの配列の形状とは、互いに相似形である。

図面の簡単な説明

[0005] [図1]図1は、実施形態における光接続構造体の光軸方向に沿った断面図である。

[図2]図2は、光接続構造体の部分拡大図である。

[図3]図3は、光軸方向に直交する方向における第1マルチコアファイバの断面図である。

[図4]図4は、光軸方向に直交する方向における第2マルチコアファイバの断面図である。

[図5]図5は、光軸方向に直交する方向におけるファイババンドルの断面図である。

[図6]図6は、本実施形態の変形例における光接続構造体の光軸方向に沿った断面図である。

[図7]図7は、本実施形態の変形例における光接続構造体の部分拡大図である。

[図8]図8は、本実施形態の変形例における光接続構造体の部分拡大図である。

[図9]図9は、本実施形態の変形例における光接続構造体の光軸方向に沿った断面図である。

発明を実施するための形態

[0006] [本開示が解決しようとする課題]

ファイババンドルのコアピッチは、MCFのコアピッチよりも大きい場合がある。ここで、コアピッチとは、ファイバコアの間隔を意味する。例えば、MCFが、ファイバコア間で伝搬光のモードがランダムに結合する結合型マルチコアファイバである場合、ファイバコア1つあたりの光のパワーが低減されるが、MCFのコアピッチは非常に小さく、そのピッチに合わせてファイババンドルを製作することは困難である。

[0007] 特許文献1に開示されている光接続構造体において、互いにコアピッチが異なるファイババンドルとMCFとは、テーパ部品を介して光結合される。テーパ部品は、ファイババンドルとMCFとの間においてコアピッチを変換する。しかしながら、ファイババンドルとMCFとの間においてコアピッチの変換精度が確保されたテーパ部品の製造は困難であり、テーパ部品において光損失も生じる。

[0008] [本開示の効果]

本開示によれば、製造の容易性が向上されると共に光ファイバの光損失が抑制され得る光接続構造体を提供することができる。

[0009] [本開示の実施形態の説明]

最初に本開示の実施形態を列記して説明する。

[0010] (1) 本開示の実施形態に係る光接続構造体は、第1マルチコアファイバと第2マルチコアファイバとファイババンドルと第1レンズと第2レンズとを備えている。第1マルチコアファイバは、複数の第1ファイバコアを含んでいる。第1マルチコアファイバは、複数の第1ファイバコアが露出している第1端面を有している。第2マルチコアファイバは、複数の第2ファイバ

コアを含んでいる。第2マルチコアファイバは、複数の第2ファイバコアが露出している第2端面と複数の第2ファイバコアが露出している第3端面とを有している。第3端面は、第2端面の反対側に位置している。複数の第2ファイバコアの各々は、複数の第1ファイバコアのうち対応する第1ファイバコアに光結合される。ファイババンドルは、各々が第3ファイバコアを含んでいる複数のシングルコアファイバを含んでいる。ファイババンドルは、第3ファイバコアが露出している第4端面を有している。第2端面における複数の第2ファイバコアの各々の露出面と、第1端面における複数の第1ファイバコアの各々の露出面とは、互いに光結合される。第4端面における複数の第3ファイバコアの各々の露出面と、第3端面における複数の第2ファイバコアの各々の露出面とは、互いに光結合される。第3端面における複数の第2ファイバコアの各々のモードフィールド直径は、第1端面における複数の第1ファイバコアのモードフィールド直径のうち、第2ファイバコアに対応している第1ファイバコアのモードフィールド直径よりも小さい。第4端面における複数の第3ファイバコアのコアピッチは、第3端面における複数の第2ファイバコアのコアピッチよりも大きい。第1レンズ及び第2レンズは、第3端面と第34面との間において、第3端面から第4端面に向かって順に配列されている。複数の第2ファイバコアの延在方向から見て、第3端面における複数の第2ファイバコアの配列の形状と、第4端面における複数の第3ファイバコアの配列の形状とは、互いに相似形である。

[0011] この光接続構造体において、第1マルチコアファイバと光結合する第2マルチコアファイバが備えられている。第3端面における複数の第2ファイバコアの各々のモードフィールド直径は、第1端面における複数の第1ファイバコアのモードフィールド直径のうち、第2ファイバコアに対応している第1ファイバコアのモードフィールド直径よりも小さい。さらに、第2マルチコアファイバとファイババンドルとの間には、第1レンズ及び第2レンズが配列されており、第2マルチコアファイバとファイババンドルとが光結合されている。この場合、第1レンズ及び第2レンズを介して光結合が行われる

ため、製造の容易性が向上する。

[0012] (2) 上記(1)のいずれかの光接続構造体において、第1レンズの焦点距離が“ f_1 ”である。第2レンズの焦点距離が“ f_2 ”である。第3端面における複数の第2ファイバコアのコアピッチが“ P_1 ”である。第4端面における複数の第3ファイバコアのコアピッチが“ P_2 ”である。複数の第2ファイバコアのうち少なくとも1つの第2ファイバコアについて第3端面におけるモードフィールド直径が“ D_1 ”である。複数の第3ファイバコアのうち少なくとも1つの第2ファイバコアに対応している第3ファイバコアについて第4端面におけるモードフィールド直径が“ D_2 ”である。この場合、以下の式からなる関係が満たされてもよい。

$$(P_2 / P_1) \times 0.9 \leq f_2 / f_1 \leq (P_2 / P_1) \times 1.1$$

$$(P_2 / P_1) \times 0.8 \leq D_2 / D_1 \leq (P_2 / P_1) \times 1.2$$

[0013] この場合、ファイババンドルへの入射光の漏れがさらに抑制され、光ファイバの光損失がさらに抑制され得る。

[0014] (3) 上記(1)または(2)の光接続構造体において、第4端面における複数の第3ファイバコアの各々のモードフィールド直径は、第3端面における複数の第2ファイバコアのモードフィールド直径のうち、第3ファイバコアに対応している第2ファイバコアのモードフィールド直径よりも大きいてもよい。この場合、第1レンズ及び第2レンズによって、ファイババンドルと第2マルチコアファイバとの間において、コアピッチと共にモードフィールド直径が変換されても、ファイババンドルへの入射光の漏れが抑制され得る。このため、光ファイバの光損失が抑制され得る。

[0015] (4) 上記(1)から(3)のいずれかの光接続構造体において、複数の第3ファイバコアの各々において、第4端面におけるモードフィールド直径は、第4端面から所定距離だけ離れた位置におけるモードフィールド直径よりも大きいてもよい。この場合、既存のファイババンドルが用いられながら、第4端面において第2マルチコアファイバからファイババンドルへの入射光の漏れがさらに抑制され得る。

- [0016] (5) 上記(4)の光接続構造体において、複数の第3ファイバコアの各々は、第4端面から離れるにしたがってモードフィールド直径が小さくなる部分を含んでいてもよい。この場合、モードフィールド直径が急激に変化する構成に比べて、第4端面におけるファイババンドルへの入射光の漏れがさらに抑制され得る。
- [0017] (6) 上記(1)から(5)のいずれかの光接続構造体において、複数の第2ファイバコアの各々において、第2端面におけるモードフィールド直径は、第3端面におけるモードフィールド直径よりも大きくてもよい。この場合、第1マルチコアファイバのモードフィールド直径が、第2マルチコアファイバにおいて変換される。
- [0018] (7) 上記(6)の光接続構造体において、複数の第2ファイバコアの各々は、第2端面から離れるにしたがってモードフィールド直径が小さくなる部分を含んでいてもよい。この場合、モードフィールド直径が急激に変化する構成に比べて、第2端面における第2マルチコアファイバへの入射光の漏れがさらに抑制され得る。
- [0019] (8) 上記(1)から(7)のいずれかの光接続構造体は、フェルールをさらに備えてもよい。フェルールは、第1マルチコアファイバと第2マルチコアファイバとの少なくとも一部を内部に収容する収容孔を有していてもよい。第1マルチコアファイバの第1端面と第2マルチコアファイバの第2端面とは、互いに当接されていてもよい。フェルールは、収容孔において第1端面と第2端面とを収容していてもよい。この場合、光接続構造体の小型化が図られる。
- [0020] (9) 上記(1)から(8)のいずれかの光接続構造体は、複数のシングルコアファイバの少なくとも一部を内部に収容する収容孔を有しているフェルールをさらに備えていてもよい。この場合、光接続構造体の小型化が図られると共に、複数のシングルコアファイバの配置が安定する。
- [0021] (10) 上記(1)から(9)のいずれかの光接続構造体において、第1レンズの屈折率と第2レンズの屈折率とが同一である場合、第3端面が第1

レンズの光軸に対して傾斜している角度は、第4端面が前記第2レンズの光軸に対して傾斜している角度よりも大きくてもよい。この場合、各レンズの光軸と各光ファイバの光軸とを互いに平行に近い配置に保つことができるため、光接続構造体の組み立て容易性が向上する。

[0022] (11) 上記(10)の光接続構造体において、第3端面が第1レンズの光軸に対して傾斜している角度が“ $\theta 1$ ”であり、第4端面が第2レンズの光軸に対して傾斜している角度が“ $\theta 2$ ”である。この場合、以下の式からなる関係が満たされてもよい。

$$(P2/P1) \times 0.8 \leq \theta 1 / \theta 2 \leq (P2/P1) \times 1.2$$

[0023] この場合、各端面における反射が低減され、光ファイバ同士の結合効率が向上され得る。

[0024] (12) 上記(1)から(11)のいずれかの光接続構造体において、第4端面と第3端面とは、第3端面を含む第1仮想平面と第4端面を含む第2仮想平面とによってV字形状が形成されるように配置されていてもよい。この場合、光ファイバ同士の結合効率が向上され得る。

[0025] (13) 上記(1)から(12)のいずれかの光接続構造体において、第1レンズ及び第2レンズの焦点距離は、0.5以上4.0以下であってもよい。この場合、レンズ間の距離が確保されるため、製造の容易性が確保され得る。

[0026] (14) 上記(1)から(13)の光接続構造体において、複数の第1ファイバコアは、互いに光結合する結合型コアを含んでいてもよい。この場合、結合型マルチコアファイバが用いられる構成でありながら、マルチコアファイバとファイババンドルとの間における光損失が容易に抑制される。結合型マルチコアファイバが用いられれば、各ファイバコアにおける光のパワーが低減され得るため、光パワー密度起因の通信信号の劣化が抑制される。

[0027] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の実施形態の具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請

求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を適宜省略する。

[0028] 図1は、一実施形態に係る光接続構造体を示す断面図である。図2は、図1に示す光接続構造体の部分拡大図である。図3及び図4は、マルチコアファイバの断面図である。図5は、ファイババンドルの断面図である。

[0029] 光接続構造体1は、例えば、レンズ結合型マルチコアファイバのファンイン・ファンアウト・デバイス (Fan-In/Fan-Out : F I F O) を構成する。光接続構造体1は、第1光ファイバユニット10と、第2光ファイバユニット20と、金属管30と、第1レンズユニット40と、第2レンズユニット50とを備えている。

[0030] 第1光ファイバユニット10は、MCF12と、MCF14と、フェルール16と、スリーブ18とを含んでいる。第2光ファイバユニット20は、ファイババンドル22と、スリーブ28とを含んでいる。例えば、MCF12が、第1マルチコアファイバに相当し、MCF14が第2マルチコアファイバに相当する。

[0031] フェルール16は、収容孔16aを有している。フェルール16は、収容孔16aにおいて、MCF12の少なくとも一部を内部に収容する。本実施形態に示す例において、フェルール16は、収容孔16aにおいて、MCF12の一部を内部に収容している。フェルール16は、収容孔16aにおいて、MCF14の少なくとも一部を内部に収容する。本実施形態に示す例において、フェルール16は、収容孔16aにおいて、MCF14の全体を内部に収容している。スリーブ18は、軸線方向に一端にフランジ部18bを備える。フランジ部18bは、第1光ファイバユニット10のうち第1レンズユニット40に固定される部位に相当する。

ファイババンドル22は、フェルール26と、複数のSCF29を含んでいる。フェルール26は、収容孔26aを有している。フェルール26は、収容孔26aにおいて、複数のSCF29の少なくとも一部を内部に収容し

ている。スリーブ28は、軸線方向に一端にフランジ部28bを備える。フランジ部28bは、第2光ファイバユニット20のうち第2レンズユニット50に固定される部位に相当する。

[0032] 例えば、第1レンズユニット40は、第1レンズ42と、第1レンズ42を囲んで保持する筒状のレンズ保持部材44とを含んでいる。レンズ保持部材44は、内面40aにおいて第1レンズ42を保持している。第2レンズユニット50は、第2レンズ52と、第2レンズ52を囲んで保持する筒状のレンズ保持部材54とを含んでいる。レンズ保持部材54は、内面50aにおいて第2レンズ52を保持している。レンズ保持部材44、レンズ保持部材54、及び、金属管30は、それぞれ、開口を有している。レンズ保持部材44とレンズ保持部材54と金属管30とは、それぞれ、直線上に配置された2つの開口を形成している。

[0033] レンズ保持部材44とレンズ保持部材54とは、それぞれの開口が金属管30の開口に連通するように、それぞれ金属管30の端部に連結されている。レンズ保持部材44とレンズ保持部材54とは、それぞれ、金属管30の一对の端部のうち、互いに反対側に位置する端部に固定されている。例えば、レンズ保持部材44とレンズ保持部材54とは、それぞれ、溶接によって金属管30に固定されている。

[0034] 例えば、第1光ファイバユニット10は、レンズ保持部材44を介して、金属管30の端部に固定される。第2光ファイバユニット20は、レンズ保持部材54を介して、金属管30の端部に固定されている。例えば、第1光ファイバユニット10は、溶接によってレンズ保持部材44に固定されている。第2光ファイバユニット20は、溶接によってレンズ保持部材54に固定されている。例えば、フランジ部18bは、スリーブ18の開口とレンズ保持部材44の開口とが連通するように、レンズ保持部材44の端部に溶接されている。フランジ部28bは、スリーブ28の開口とレンズ保持部材54の開口とが連通するように、レンズ保持部材54の端部に溶接されている。

- [0035] 第2レンズユニット50及びフェルール26は、それぞれ、一体化した第1光ファイバユニット10と金属管30とに対して、位置合わせされる。この際、第2レンズユニット50は、光軸方向Dに直交する方向において調芯される。フェルール26は、光軸方向Dに直交する方向及び光軸方向回りの方向のそれぞれにおいて調芯される。調芯が完了したら、金属管30と第2レンズユニット50とが溶接によって固定される。その後、再度フェルール26が、光軸方向Dに直交する方向及び光軸方向周りの方向のそれぞれにおいて調芯された後に、フェルール26とスリーブ28とが溶接によって固定される。次に、スリーブ28に固定されたフェルール26が、光軸方向Dに直交する方向及び光軸方向周りの方向のそれぞれにおいて調芯された後に、第2レンズユニット50に対して溶接によって固定される。溶接は、例えば、YAGレーザの照射によって行われる。
- [0036] 光接続構造体1において、MCF12を通る光LがMCF14を介して複数のSCF29に分離されるか、又は、複数のSCF29のそれぞれを通る光Lが1本のMCF14を介して1本のMCF12に結合させるファンイン・ファンアウト・デバイスである。光Lは、例えば、1.55(μm)帯の波長を有する光である。
- [0037] 光接続構造体1では、MCF12、MCF14、第1レンズ42、第2レンズ52、及び、ファイババンドル22が、この順で、光軸方向Dに沿って並ぶように配置されている。光軸方向Dは、MCF14の延在方向である。MCF12と各SCF29とは、空間、第1レンズ42、第2レンズ52、及びMCF14を介して光結合（空間結合）されている。
- [0038] MCF12は、複数のファイバコア71とクラッド72とを含んでいる。MCF12は、端面12aを有している。端面12aにおいて、複数のファイバコア71が露出している。端面12aは、第1レンズ42側に向けられている。例えば、端面12aは、平坦状とされており、光軸方向Dに直交する平面に対して平行である。端面12aの法線は、光軸方向Dに対して直交している。例えば、複数のファイバコア71は、互いに光結合する結合型コ

アを含んでいる。換言すれば、MCF12は、例えば、結合型マルチコアファイバである。

[0039] MCF14は、複数のファイバコア73とクラッド74とを含んでいる。MCF14は、端面14a及び端面14bを有している。端面14a及び端面14bの各々において、複数のファイバコア73が露出している。複数のファイバコア73は、光軸方向Dに延在している。複数のファイバコア73の各々は、複数のファイバコア71のうち対応するファイバコア71に光結合される。例えば、複数のファイバコア73とクラッド74との比屈折率差は、複数のファイバコア71とクラッド72との比屈折率差よりも大きい。換言すれば、MCF14は、ファイバコア71が高 Δ なMCFである。例えば、MCF14において、比屈折率差は、3%以上である。

[0040] 端面14aは、端面12aと対向している。本実施形態に示す例において、端面14aは、端面12aと当接されている。例えば、端面12aと端面14aとは、互いに融着接続されている。例えば、端面14aは、平坦状とされており、光軸方向Dに直交する平面に対して平行である。端面14aは、光軸方向Dに対して直交している。端面14bは、端面14aの反対側に位置している。端面14bは、第1レンズ42側に向けられている。例えば、端面14bは、平坦状とされており、光軸方向D及び光軸方向Dに直交する平面に対して傾斜している。端面14bは、光軸方向Dに直交する平面に対して角度 θ_1 で傾斜している。

[0041] ファイババンドル22は、複数のSCF29を含んでいる。複数のSCF29の各々は、ファイバコア81とクラッド82とを含んでいる。クラッド82の径は、例えば、125 (μm)である。クラッド82の径は、これ以外の値であってもよく、例えば、80 (μm)であってもよい。例えば、ファイバコア71が第1ファイバコアに相当し、ファイバコア73が第2ファイバコアに相当し、ファイバコア81が第3ファイバコアに相当する。

[0042] ファイババンドル22は、端面22aを有している。端面22aにおいて、複数のファイバコア81が露出している。端面22aは、第2レンズ52

側に向けられている。端面 2 2 a は、例えば端面 2 2 a と同様、平坦状とされており、光軸方向 D 及び光軸方向 D に直交する平面に対して傾斜している。端面 2 2 a は、光軸方向 D に直交する平面に対して角度 $\theta 2$ で傾斜している。端面 2 2 a と端面 1 4 b とは、端面 1 4 b を含む第 1 仮想平面 7 7 と端面 2 2 a を含む第 2 仮想平面 7 8 とによって V 字形状が形成されるように配置されている。例えば、端面 1 2 a が第 1 端面に相当し、端面 1 4 a が第 2 端面に相当し、端面 1 4 b が第 3 端面に相当し、端面 2 2 a が第 4 端面に相当する。本明細書において、「V 字形状が形成されるように配置されている」とは、端面 1 4 b を含む第 1 仮想平面 7 7 の第 1 法線ベクトルと端面 2 2 a を含む第 2 仮想平面 7 8 の第 2 法線ベクトルとが同一平面上にあり、かつ、当該同一平面内において、第 1 法線ベクトルの光軸方向成分と第 2 法線ベクトルの光軸方向成分とは互いに近づく向きの成分であり、第 1 法線ベクトルの光軸方向と垂直な方向成分と第 2 法線ベクトルの光軸方向と垂直な方向成分とは互いに同じ向きの成分であることを意味する。

[0043] 光接続構造体 1 は、例えば、MCF 1 2 のそれぞれのファイバコア 7 1 を通る光 L を複数の SCF 2 9 のファイバコア 8 1 のそれぞれに向けて分割し、分割した光 L のそれぞれを増幅する光増幅器に伝送させてもよい。また、光接続構造体 1 は、複数の SCF 2 9 のファイバコア 8 1 のそれぞれへ光 L を送信する光送信器、又は複数の SCF 2 9 のそれぞれから光 L を受信する光受信器に用いられてもよい。

[0044] 図 3 は、光軸方向 D に直交する平面で MCF 1 2 を切断した断面図である。図 3 に示されるように、MCF 1 2 は、例えば、フェルール 1 6 に保持されている。光軸方向 D に直交する平面で切断された MCF 1 2 の断面において、4 つのファイバコア 7 1 が配置されている。4 つのファイバコア 7 1 は、四角格子状に配置されている。

[0045] 図 4 は、光軸方向 D に直交する平面で MCF 1 4 を切断した断面図である。図 4 に示されるように、MCF 1 4 は、例えば、フェルール 1 6 に保持されている。光軸方向 D に直交する平面で切断された MCF 1 4 の断面におい

て、4つのファイバコア73が配置されている。4つのファイバコア73は、四角格子状に配置されている。ファイバコア71は、後述するテーパ形状部75の部分におけるファイバコア73よりも太い。

[0046] 図5は、光軸方向Dに直交する平面でファイババンドル22を切断したファイババンドル22の断面図である。ファイババンドル22において、例えば、複数のSCF29がフェルール26に束ねられている。一例として、4つのSCF29がフェルール26に充填されている。4つのSCF29は、四角格子状に配置されている。

[0047] 端面14aにおける複数のファイバコア73の各々の露出面と、端面12aにおける複数のファイバコア71の各々の露出面とは、互いに光結合される。端面22aにおける複数のファイバコア81の各々の露出面と、端面14bにおける複数のファイバコア73の各々の露出面とは、互いに光結合される。

[0048] 光軸方向Dから見て、端面14bにおける複数のファイバコア73の配列の形状と、端面22aにおける複数のファイバコア81の配列の形状とは、互いに相似形状である。換言すれば、端面14bを光軸方向Dへの正射投影した場合における、複数のファイバコア73の配列の形状と、端面22aを光軸方向Dへの正射投影した場合における、複数のファイバコア81の配列の形状とは、互いに相似形状である。光軸方向Dに直交する平面で切断された断面において、MCF14の複数のファイバコア73の配列の形状と、ファイババンドル22の複数のファイバコア81の配列の形状とは、互いに相似形状である。光軸方向Dに直交する平面で切断された断面において、MCF12の複数のファイバコア71の配列の形状と、ファイババンドル22の複数のファイバコア81の配列の形状とは、互いに相似形状である。

[0049] 端面22aにおける複数のファイバコア81のコアピッチは、端面14bにおける複数のファイバコア73のコアピッチよりも大きい。端面22aにおける複数のファイバコア81のコアピッチは、端面14bにおける複数のファイバコア71のコアピッチよりも大きい。端面14aにおける複数のフ

ファイバコア73のコアピッチは、端面12aにおける複数のファイバコア71のコアピッチと同一である。本明細書において、「コアピッチ」とは、光軸方向Dに直交する断面におけるファイバコアの中心間の距離に相当する。本明細書において、「同一」とは、製造誤差の範囲内のずれを含んでいる。

[0050] 複数のファイバコア73の各々において、端面14aにおけるMFDは、端面14bにおけるMFDよりも大きい。MFDは、モードフィールド直径である。複数のファイバコア73の各々において、端面14aにおけるMFDは、光軸方向Dにおいて、端面14aから所定距離だけ離れた位置におけるMFDよりも大きい。複数のファイバコア73の各々は、光軸方向において、端面14aから離れるにしたがってMFDが小さくなる部分を含んでいる。換言すれば、複数のファイバコア73は、MFDがテーパ形状に形成されたテーパ形状部75を含んでいる。端面12aと端面14aとは、互いに当接されている。

[0051] 複数のファイバコア81の各々において、端面22aにおけるMFDは、光軸方向Dにおいて端面22aから所定距離だけ離れた位置におけるMFDよりも大きい。複数のファイバコア81の各々は、光軸方向Dにおいて端面22aから離れるにしたがってMFDが小さくなる部分を含んでいる。換言すれば、複数のファイバコア81は、MFDがテーパ形状に形成されたテーパ形状部85を含んでいる。

[0052] MCF14及びSCF29は、例えば、TEC (Thermally Expanded Core) ファイバであり、TEC処理によってMFDが部分的に異なる形状が形成されていてもよい。例えば、TEC処理によって、上述したテーパ形状部が形成されていてもよい。

[0053] 端面14bにおける複数のファイバコア73の各々のMFDは、端面12aにおける複数のファイバコア71のMFDのうち、ファイバコア73に対応しているファイバコア71のMFDよりも小さい。端面14aにおける複数のファイバコア73の各々のMFDは、端面12aにおける複数のファイバコア71のMFDのうち、ファイバコア73に対応しているファイバコア

71のMFDと同一である。端面22aにおける複数のファイバコア81の各々のMFDは、端面14bにおける複数のファイバコア73のMFDのうち、ファイバコア81に対応しているファイバコア73のMFDよりも大きい。フェルール16は、収容孔16aにおいて、端面12aと端面14aとを収容している。フェルール26は、収容孔26aを有している。

[0054] 第1レンズ42は、MCF12及び複数のSCF29の間に介在している。第2レンズ52は、複数のSCF29及び第1レンズ42の間に介在している。第1レンズ42及び第2レンズ52は、端面22aと端面14bとの間において、端面14b、第1レンズ42、第2レンズ52、端面22aの順に配列されている。

[0055] 第1レンズ42は、MCF14に光軸方向Dに沿って対向する位置に配置されている。第2レンズ52は、ファイババンドル22に光軸方向Dに沿って対向する位置に配置されている。第1レンズ42及び第2レンズ52は、MCF14の複数のファイバコア73のそれぞれから出射した複数の光Lを第1レンズ42及び第2レンズ52に対してMCF14の反対側に集光する。第2レンズ52及び第1レンズ42は、例えば、端面22aの各ファイバコア73に光Lを集光する。第1レンズ42及び第2レンズ52は、例えば、両凸の非球面レンズである。第1レンズ42及び第2レンズ52が非球面レンズである場合には、光Lの結合損失を低減させることができる。

[0056] MCF12のファイバコア71のコアピッチが“P0”であり、MCF14のファイバコア73のコアピッチが“P1”であり、ファイババンドル22のファイバコア81のコアピッチが“P2”である。

[0057] 第1レンズ42の焦点距離が“f1”であり、第2レンズ52の焦点距離が“f2”である。端面14bにおける複数のファイバコア73のコアピッチが“P1”であり、端面22aにおける複数のファイバコア81のコアピッチが“P2”であり、複数のファイバコア73のうち少なくとも1つのファイバコア73について端面14bにおけるMFDが“D1”であり、複数のファイバコア81のうち少なくとも1つのファイバコア73に対応してい

るファイバコア81について端面22aにおけるMFDが“D2”である場合、下記の式(1)及び(2)に示される関係が満たされている。

$$(P2/P1) \times 0.9 \leq f2/f1 \leq (P2/P1) \times 1.1$$

・・・(1)

$$(P2/P1) \times 0.8 \leq D2/D1 \leq (P2/P1) \times 1.2$$

・・・(2)

[0058] 一例として、MCF14の端面14bとファイババンドル22の端面22aとの間におけるレンズ系は、6.25倍の倍率を有する。この場合、例えば、“P0”は20(μm)であり、“P1”は20(μm)であり、“P2”は125(μm)である。ファイババンドル22、MCF12、及び、MCF14の各々のクラッド直径は、例えば、125(μm)である。例えば、端面12aにおけるMFDが“D0”である場合、“D0”は、1.55(μm)の波長の光に対して10(μm)であり、端面14aにおけるMFDも同一である。例えば、“D1”は1.55(μm)の波長の光に対して5(μm)であり、“D2”は1.55(μm)の波長の光に対して31(μm)である。

[0059] コアピッチは、30(μm)以上が好ましい。この場合、ファイバコア間のクロストークが抑制される。ファイバコア中心とクラッド外周との最短距離は、37.5(μm)以上が好ましい。例えば、クラッド直径が125(μm)である場合、コアピッチは50(μm)以下が好ましい。この場合、コアピッチを小さくすることで、ファイバコアとクラッド外周との距離が確保され、光が外部に漏れることが抑制される。

[0060] 例えば、“f1”は2.1(mm)であり、“f2”は2.7(mm)である。例えば、第1レンズ42の焦点距離“f1”及び第2レンズ52の焦点距離“f2”は、0.5(mm)以上4.0(mm)以下である。焦点距離が0.5(mm)以上であれば、レンズ間の距離、及び、ファイバとレンズとの距離も確保されるため、製造が容易である。焦点距離が4.0(mm)以下であれば、ファイバ及びレンズのチルト角ズレの損失に対する感度が

抑制され、デバイスのコンパクト化も図られる。

[0061] 本実施形態に示される例において、複数のファイバコア 7 3 の各々の端面 1 4 b における MFD が “D 1” に相当し、複数のファイバコア 8 1 の各々の端面 2 2 a における MFD が “D 2” に相当し、上記式 (1) 及び (2) に示される関係が満たされている。

[0062] 第 1 レンズ 4 2 の屈折率と第 2 レンズ 5 2 の屈折率とが同一である場合、端面 1 4 b が第 1 レンズ 4 2 の光軸に対して傾斜している角度は、端面 2 2 a が第 2 レンズ 5 2 の光軸に対して傾斜している角度よりも大きい。端面 1 4 b が第 1 レンズ 4 2 の光軸に対して傾斜している角度が “ θ_1 ” であり、端面 2 2 a が第 2 レンズ 5 2 の光軸に対して傾斜している角度が “ θ_2 ” である場合、以下の式 (3) に示される関係が満たされている。

$$(P 2 / P 1) \times 0.8 \leq \theta_1 / \theta_2 \leq (P 2 / P 1) \times 1.2 \dots (3)$$

[0063] 例えば、ファイババンドル 2 2 と端面 1 4 b における MCF 1 4 とのコアピッチがそれぞれ 45 (μm) と 35 (μm) である場合、“ θ_1 ” は 8° であり、“ θ_2 ” は 6.2° である。ファイババンドル 2 2 の MFD は、端面 1 4 b における MCF 1 4 の MFD よりも大きいので、ファイバの開口数 (NA) が確保される。このため、端面の角度が小さくとも反射減衰量の劣化が抑制される。

[0064] 例えば、次の式 (4) に示される関係が満たされる場合、調心においてフェルール 1 6 とフェルール 2 6 の各中心軸とが水平からズレにくい。

$$\theta_2 \cdot f 2 = \theta_1 \cdot f 1 \dots (4)$$

[0065] 次に、図 6 及び図 7 を参照して、本実施形態の変形例における光接続構造体 1 A について説明する。図 6 は、本変形例における光接続構造体を示す断面図である。図 7 は、光接続構造体の部分拡大図である。本変形例は、概ね、上述した実施形態に示した例と類似又は同じである。本変形例は、第 1 光ファイバユニット 1 0 A 及び第 2 光ファイバユニット 2 0 A がそれぞれレンズを含んでいる点、及び、第 1 光ファイバユニット 1 0 A と第 2 光ファイバ

ユニット20Aとのが同一の筒管によって保持されている点で、上述した実施形態に示した例と相違する。以下、上述した実施形態に示した例と本変形例との相違点を主として説明する。

[0066] 光接続構造体1Aは、第1光ファイバユニット10Aと、第2光ファイバユニット20Aと、筒状部材30Aとを備えている。第1光ファイバユニット10Aは、MCF12と、MCF14と、フェルール16と、スリーブ18Aと、第1レンズ42Aとを含んでいる。第2光ファイバユニット20Aは、ファイババンドル22と、フェルール26と、スリーブ28Aと、第2レンズ52Aとを含んでいる。筒状部材30Aは、第1光ファイバユニット10Aと第2光ファイバユニット20Aとを互いに接続している。筒状部材30Aは、例えば、ガラス管である。

[0067] 第1レンズ42A及び第2レンズ52Aは、例えば、Cレンズである。第1レンズ42A及び第2レンズ52Aは、例えば、それぞれ、上述した第1レンズ42及び第2レンズ52と同一の屈折率及び焦点距離を有している。例えば、第1レンズ42Aは、第2レンズ52A側に球面を有し、MCF14側に平面を有し、フェルール16と同一の外径を有するロッドレンズである。例えば、第2レンズ52Aは、第1レンズ42A側に球面を有し、ファイババンドル22側に平面を有し、フェルール26と同一の外径を有するロッドレンズである。

[0068] 本実施形態のさらなる変形例として、図8に示されているように、第1レンズ42A及び第2レンズ52Aの代わりに、第1レンズ42B及び第2レンズ52Bが用いられてもよい。例えば、第1レンズ42B及び第2レンズ52Bは、GRINレンズである。第1レンズ42B及び第2レンズ52Bは、例えば、それぞれ、上述した第1レンズ42及び第2レンズ52と同一の焦点距離を有している。例えば、第1レンズ42Aは、フェルール16と同一の外径を有している。例えば、第2レンズ52Aは、フェルール26と同一の外径を有している。

[0069] 第1光ファイバユニット10Aにおいて、スリーブ18Aの一方側から第

1 レンズ 4 2 A が露出しており、スリーブ 1 8 A の他方側から MCF 1 2 を保持するフェルール 1 6 が露出している。MCF 1 2 は、フェルール 1 6 から第 1 レンズ 4 2 A 及び筒状部材 3 0 A と反対側に延び出している。第 2 光ファイバユニット 2 0 A において、スリーブ 2 8 A の一方側から第 2 レンズ 5 2 A が露出しており、スリーブ 2 8 A の他方側から MCF 1 4 を保持するフェルール 2 6 が露出している。SCF 2 9 は、フェルール 2 6 から第 2 レンズ 5 2 A 及び筒状部材 3 0 A と反対側に延び出している。

[0070] MCF 1 4 は、フェルール 2 6 から第 1 レンズ 4 2 A 及び筒状部材 3 0 A の反対側に延び出している。第 1 レンズ 4 2 A は、MCF 1 4 の端面 1 4 b に固定されている。第 2 レンズ 5 2 A は、ファイババンドル 2 2 の端面 2 2 a に固定されている。スリーブ 1 8 A とスリーブ 2 8 A とは、筒状部材 3 0 A に接着剤によって固定されている。上記の接着剤は、例えば、UV 硬化型接着剤である。

[0071] 第 1 光ファイバユニット 1 0 A は、筒状部材 3 0 A の一方側から内部に挿入され、筒状部材 3 0 A の一端において保持されている。第 2 光ファイバユニット 2 0 A は、筒状部材 3 0 A の他方側から内部に挿入され、筒状部材 3 0 A の他端において保持されている。第 1 光ファイバユニット 1 0 A は、第 2 光ファイバユニット 2 0 A が調芯された後に筒状部材 3 0 A に接着剤で固定される。上記の接着剤は、例えば、UV 硬化型接着剤である。

[0072] 上記の調芯は、X 方向、Y 方向、Z 方向、 θ_x 方向、 θ_y 方向、及び θ_z 方向の 6 方向において行う。Z 方向は光軸方向 D であり、X 方向及び Y 方向は Z 方向に直交する方向である。 θ_x 方向、 θ_y 方向、及び θ_z 方向のそれぞれは、X 軸回りの方向、Y 軸回りの方向、Z 軸回りの方向を示している。

[0073] 次に、図 9 を参照して、本実施形態の変形例における光接続構造体 1 C について説明する。図 9 は、本変形例における光接続構造体を示す断面図である。本変形例は、概ね、上述した実施形態に示した例及び図 6 に示される変形例と類似又は同じである。本変形例は、光接続構造体 1, 1 A のスリーブ 1 8, 2 8 と異なる形状のスリーブが備えられている点で、上述した実施形

態に示した例及び上述した変形例と相違する。以下、上述した実施形態に示した例及び図6に示した変形例との相違点を主として説明する。

[0074] 光接続構造体1Cは、第1光ファイバユニット10Cと、第2光ファイバユニット20Cと、金属管30Cとを備える。第1光ファイバユニット10Cは、MCF12と、MCF14と、フェルール16と、スリーブ18Cと、第1レンズ42Aとを含んでいる。第2光ファイバユニット20Cは、ファイババンドル22と、フェルール26と、スリーブ28Cと、第2レンズ52Aとを含んでいる。

[0075] スリーブ18Cは金属管30Cに入り込む挿入部91を備えており、挿入部91では外径が縮小すると共に内面がスリーブ18Cの径方向内側に突出している。スリーブ28Cも挿入部91と同様の挿入部92を備えている。金属管30Cは、筒状の本体部95と、本体部95に接続された一对の環状の被挿入部96a、96bとを有している。本体部95と一对の被挿入部96a、96bとは、それぞれ、直線上に配置された2つの開口を有している。

[0076] 一对の被挿入部96a、96bは、それぞれの開口が金属管30Cの開口に連通するように、それぞれ金属管30Cの端部に連結されている。一对の被挿入部96a、96bは、それぞれ、金属管30Cの一对の端部のうち、互いに反対側に位置する端部に固定されている。例えば、一对の被挿入部96a、96bは、それぞれ、溶接によって金属管30Cに固定される。

[0077] 例えば、第1光ファイバユニット10Cは、被挿入部96aを介して、金属管30Cの端部に固定される。第2光ファイバユニット20Cは、被挿入部96bを介して、金属管30Cの端部に固定される。第1光ファイバユニット10C及び第2光ファイバユニット20Cの一方は、被挿入部96a、96bを、X方向、Y方向、Z方向、 θ_x 方向、 θ_y 方向、及び θ_z 方向のそれぞれにおいて調芯した後に本体部95に溶接によって固定される。溶接は、例えば、YAGレーザの照射によって行われる。

[0078] 次に、実施形態に係る光接続構造体から得られる作用効果について説明す

る。この光接続構造体 1 において、MCF 1 2 と光結合する MCF 1 4 が備えられている。端面 1 4 a における複数のファイバコア 7 3 の各々の MFD は、端面 1 2 a における複数のファイバコア 7 1 の MFD のうち、ファイバコア 7 3 に対応しているファイバコア 7 1 の MFD よりも小さい。さらに、MCF 1 4 とファイババンドル 2 2 との間には、第 1 レンズ 4 2 及び第 2 レンズ 5 2 が配列されており、MCF 1 4 とファイババンドル 2 2 とが光結合される。この場合、第 1 レンズ 4 2 及び第 2 レンズ 5 2 を介して光結合が行われるため、製造の容易性が向上される。さらに、MCF 1 4 によって MCF 1 2 の MFD が変更されているため、光ファイバの光損失も抑制され得る。光接続構造体 1 A, 1 C についても同様の作用効果が奏される。

[0079] 光接続構造体 1 において、第 1 レンズ 4 2 の焦点距離が “f 1” である。第 2 レンズ 5 2 の焦点距離が “f 2” である。端面 1 4 b における複数のファイバコア 7 3 のコアピッチが “P 1” である。端面 2 2 a における複数のファイバコア 8 1 のコアピッチが “P 2” である。複数のファイバコア 7 3 のうち少なくとも 1 つのファイバコア 7 3 について端面 1 4 b における MFD が “D 1” である。複数のファイバコア 7 3 のうち少なくとも 1 つのファイバコア 7 3 に対応しているファイバコア 8 1 について端面 2 2 a における MFD が “D 2” である。この場合、式 (1) 及び (2) からなる関係が満たされていてもよい。

$$(P 2 / P 1) \times 0.9 \leq f 2 / f 1 \leq (P 2 / P 1) \times 1.1 \dots (1)$$

$$(P 2 / P 1) \times 0.8 \leq D 2 / D 1 \leq (P 2 / P 1) \times 1.2 \dots (2)$$

[0080] この場合、ファイババンドル 2 2 への入射光の漏れがさらに抑制され、光ファイバの光損失がさらに抑制され得る。MFD は、小さすぎても大きすぎても光損失につながる。例えば、MFD が大きすぎれば、ファイバの曲下に応じて光が外部に漏れるおそれがある。光接続構造体 1 A, 1 C についても同様の作用効果が奏される。

- [0081] 光接続構造体1において、端面22aにおける複数のファイバコア81の各々のMFDは、端面14bにおける複数のファイバコア73のMFDのうち、ファイバコア81に対応しているファイバコア73のMFDよりも大きい。この場合、第1レンズ42及び第2レンズ52によって、ファイババンドル22とMCF14との間において、コアピッチと共にMFDが変換されても、ファイババンドル22への入射光の漏れが抑制され得る。このため、光ファイバの光損失が抑制され得る。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。
- [0082] 光接続構造体1において、複数のファイバコア81の各々において、端面22aにおけるMFDは、端面22aから所定距離だけ離れた位置におけるMFDよりも大きい。この場合、既存のファイババンドル22が用いられながら、端面22aにおいてMCF14からファイババンドル22への入射光の漏れがさらに抑制され得る。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。
- [0083] 光接続構造体1において、複数のファイバコア81の各々は、端面22aから離れるにしたがってMFDが小さくなる部分を含んでいる。この場合、MFDが急激に変化する構成に比べて、端面22aにおけるファイババンドル22への入射光の漏れがさらに抑制され得る。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。
- [0084] 光接続構造体1において、複数のファイバコア73の各々において、端面14bにおけるMFDは、端面14aにおけるMFDよりも大きい。この場合、MCF12のMFDが、MCF14において変換される。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。
- [0085] 光接続構造体1において、複数のファイバコア73の各々は、端面14aから離れるにしたがってMFDが小さくなる部分を含んでいる。この場合、MFDが急激に変化する構成に比べて、端面14aにおけるファイババンドル22への入射光の漏れがさらに抑制され得る。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。

[0086] 光接続構造体1は、フェルール16をさらに備えている。フェルール16は、MCF12とMCF14との少なくとも一部を内部に收容する收容孔16aを有している。MCF12の端面12aとMCF14の端面14aとは、互いに当接されていてもよい。フェルール16は、收容孔16aにおいて端面12aと端面14aとを收容している。この場合、光接続構造体1の小型化が図られる。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。

[0087] 光接続構造体1は、收容孔26aを有しているフェルール26を備えている。收容孔26aは、複数のSCF29の少なくとも一部を内部に收容する。この場合、光接続構造体1の小型化が図られると共に、複数のSCF29の配置が安定する。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。

[0088] 光接続構造体1において、第1レンズ42の屈折率と第2レンズ52の屈折率とが同一である場合、端面14bが第1レンズ42の光軸に対して傾斜している角度は、端面22aが第2レンズ52の光軸に対して傾斜している角度よりも大きい。この場合、第1レンズ42及び第2レンズ52の各々の光軸と各光ファイバの光軸とを互いに平行に近い配置に保つことができるため、光接続構造体1の組み立て容易性が向上する。光ファイバの光結合損失がさらに抑制され得る。屈折率が同一である場合、同一の材料が用いられ得る。同一の材料が用いられれば、環境温度に応じた膨張率も同一である。光接続構造体1A、1Cについても同様の作用効果が奏される。

[0089] 光接続構造体1において、端面14bが第1レンズ42の光軸に対して傾斜している角度が“ θ_1 ”であり、端面22aが第2レンズ52の光軸に対して傾斜している角度が“ θ_2 ”である。この場合、式(3)からなる関係が満たされてもよい。

$$(P2/P1) \times 0.8 \leq \theta_1/\theta_2 \leq (P2/P1) \times 1.2 \cdot \cdot \cdot (3)$$

[0090] この場合、端面14b、22aにおける反射が低減され、光ファイバ同士

の結合効率が向上され得る。光接続構造体 1 A, 1 C についても同様の作用効果が奏される。

[0091] 光接続構造体 1 において、端面 2 2 a と端面 1 4 b とは、端面 1 4 b を含む第 1 仮想平面 7 7 と端面 2 2 a を含む第 2 仮想平面 7 8 とによって V 字形状が形成されるように配置されている。この場合、光ファイバ同士の結合効率が向上され得る。光接続構造体 1 A, 1 C についても同様の作用効果が奏される。

[0092] 光接続構造体 1 において、第 1 レンズ 4 2 及び第 2 レンズ 5 2 の焦点距離は、0.5 以上 4.0 以下である。この場合、レンズ間の距離が確保される。このため、製造の容易性が確保され得る。光接続構造体 1 A, 1 C についても同様の作用効果が奏される。

[0093] 光接続構造体 1 において、複数のファイバコア 7 1 は、互いに光結合する結合型コアを含んでいる。この場合、結合型マルチコアファイバが用いられる構成でありながら、MCF とファイババンドルとの間における光損失が容易に抑制される。結合型マルチコアファイバが用いられれば、各ファイバコアにおける光のパワーが低減され得るため、光パワー密度起因の通信信号の劣化が抑制される。光接続構造体 1 A, 1 C についても同様の作用効果が奏される。

[0094] 結合型マルチコアファイバでは、コアピッチが非常に狭い。例えば、結合型マルチコアファイバのコアピッチは、20 (μm) 程度である。この結合型マルチコアファイバとファイババンドル 2 2 とを光結合するためには、ファイババンドル 2 2 の SCF の先端において細径加工をする接続方法も考えられる。この接続方法では、例えば、細径加工したファイバのバンドル化によって、結合型マルチコアファイバと同じコア配置が実現され、ファイババンドルと結合型マルチコアファイバとが物理的に接触される。しかし、細径加工する場合も機械的強度や曲げ損失の観点から、30 (μm) 以上のコアピッチが現実的であると考えられる。光接続構造体 1, 1 A, 1 C によれば、この場合にも光損失が容易に抑制される構成が実現され得る。

- [0095] 以上、本開示の実施形態について詳細に説明してきたが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、様々な実施形態に適用することができる。例えば、光接続構造体 1, 1 A, 1 C の構成は、組み合わせられてもよい。例えば、ファイババンドル側の構成と、MCF 側の構成とが、光接続構造体 1, 1 A, 1 C などによって示した例のうち、互いに異なる例の構成を有していてもよい。
- [0096] 例えば、ファイババンドル 2 2 と MCF 1 4 との間に配列される複数のレンズが、両凸の非球面レンズと、C レンズと、GRIN レンズとから選択された 2 つ以上を組み合わせた構成であってもよい。この場合、例えば、両端に位置するレンズが、第 1 レンズと第 2 レンズに相当する。
- [0097] 上述した例では、ファイバコア 7 1, 7 3, 8 1 が、それぞれ 4 つずつである場合を示した。しかし、ファイバコアの数はこれらに限定されない。例えば、ファイバコア 7 1, 7 3, 8 1 が、それぞれ 7 つずつであってもよい。ファイバコア 7 1, 7 3, 8 1 の数が、互いに異なってもよい。
- [0098] 上述した例において、溶接によって接続すると説明された箇所は、接着剤によって接続されてもよい。また、接着剤によって接続すると説明された箇所は、溶接によって接続されてもよい。

符号の説明

- [0099] 1, 1 A, 1 C…光接続構造体
1 0, 1 0 A, 1 0 C…第 1 光ファイバユニット
1 2, 1 4…MCF
1 2 a, 1 4 a, 1 4 b, 2 2 a…端面
1 6, 2 6…フェルール
1 6 a, 2 6 a…収容孔
1 8, 1 8 C…スリーブ
1 8 b…フランジ部
2 0, 2 0 A, 2 0 C…第 2 光ファイバユニット
2 2…ファイババンドル

28, 28C…スリーブ
28b…フランジ部
29…SCF
30, 30C…金属管
30A…筒状部材
40…第1レンズユニット
42, 42A, 42B…第1レンズ
44, 54…レンズ保持部材
50…第2レンズユニット
52, 52A, 52B…第2レンズ
71, 73, 81…ファイバコア
72, 74, 82…クラッド
75, 85…テーパ形状部
77…第1仮想平面
78…第2仮想平面
91, 92…挿入部
95…本体部
96a, 96b…被挿入部
D…光軸方向
L…光
29…SCF
 θ_1, θ_2 …角度

請求の範囲

[請求項1]

複数の第1ファイバコアを含んでいると共に、前記複数の第1ファイバコアが露出している第1端面を有している第1マルチコアファイバと、

各々が前記複数の第1ファイバコアのうち対応する第1ファイバコアに光結合される複数の第2ファイバコアを含んでいると共に、前記複数の第2ファイバコアが露出している第2端面と、前記第2ファイバコアが露出していると共に前記第2端面の反対側に位置している第3端面とを有している第2マルチコアファイバと、

各々が第3ファイバコアを含んでいる複数のシングルコアファイバを含んでいると共に、前記第3ファイバコアが露出している第4端面を有しているファイババンドルと、

前記第3端面と前記第4端面との間において、前記第3端面から前記第4端面に向かって順に配列された第1レンズ及び第2レンズと、を備えており、

前記第2端面における前記複数の第2ファイバコアの各々の露出面と、前記第1端面における前記複数の第1ファイバコアの各々の露出面とは、互いに光結合され、

前記第4端面における複数の前記第3ファイバコアの各々の露出面と、前記第3端面における前記複数の第2ファイバコアの各々の露出面とは、互いに光結合され、

前記第3端面における前記複数の第2ファイバコアの各々のモードフィールド直径は、前記第1端面における前記複数の第1ファイバコアのモードフィールド直径のうち、前記第2ファイバコアに対応している前記第1ファイバコアのモードフィールド直径よりも小さく、

前記第4端面における前記複数の第3ファイバコアのコアピッチは、前記第3端面における前記複数の第2ファイバコアのコアピッチよりも大きく、

前記複数の第2ファイバコアの延在方向から見て、前記第3端面における前記複数の第2ファイバコアの配列の形状と、前記第4端面における前記複数の第3ファイバコアの配列の形状とは、互いに相似形である、光接続構造体。

[請求項2]

前記第1レンズの焦点距離が“f1”であり、前記第2レンズの焦点距離が“f2”であり、前記第3端面における前記複数の第2ファイバコアのコアピッチが“P1”であり、前記第4端面における前記複数の第3ファイバコアのコアピッチが“P2”であり、前記複数の第2ファイバコアのうち少なくとも1つの第2ファイバコアについて前記第3端面におけるモードフィールド直径が“D1”であり、前記複数の第3ファイバコアのうち前記少なくとも1つの第2ファイバコアに対応している第3ファイバコアについて前記第4端面におけるモードフィールド直径が“D2”である場合、

$$(P2/P1) \times 0.9 \leq f2/f1 \leq (P2/P1) \times 1.1$$

$$(P2/P1) \times 0.8 \leq D2/D1 \leq (P2/P1) \times 1.2$$

なる関係が満たされている、請求項1に記載の光接続構造体。

[請求項3]

前記第4端面における前記複数の第3ファイバコアの各々のモードフィールド直径は、前記第3端面における前記複数の第2ファイバコアのモードフィールド直径のうち、前記第3ファイバコアに対応している前記第2ファイバコアのモードフィールド直径よりも大きい、請求項1または請求項2に記載の光接続構造体。

[請求項4]

前記複数の第3ファイバコアの各々において、前記第4端面におけるモードフィールド直径は、前記第4端面から所定距離だけ離れた位置におけるモードフィールド直径よりも大きい、請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項5]

前記複数の第3ファイバコアの各々は、前記第4端面から離れるに

したがってモードフィールド直径が小さくなる部分を含んでいる、請求項4に記載の光接続構造体。

[請求項6] 前記複数の第2ファイバコアの各々において、前記第2端面におけるモードフィールド直径は、前記第3端面におけるモードフィールド直径よりも大きい、請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項7] 前記複数の第2ファイバコアの各々は、前記第2端面から離れるにしたがってモードフィールド直径が小さくなる部分を含んでいる、請求項6に記載の光接続構造体。

[請求項8] 前記第1マルチコアファイバと前記第2マルチコアファイバとの少なくとも一部を内部に收容する收容孔を有しているフェルールをさらに備えており、

前記第1マルチコアファイバの前記第1端面と前記第2マルチコアファイバの前記第2端面とは、互いに当接されており、

前記フェルールは、前記收容孔において前記第1端面と前記第2端面とを收容している、請求項1から請求項7のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項9] 前記複数のシングルコアファイバの少なくとも一部を内部に收容する收容孔を有しているフェルールをさらに備えている、請求項1から請求項8のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項10] 前記第1レンズの屈折率と前記第2レンズの屈折率とが同一である場合、前記第3端面が前記第1レンズの光軸に対して傾斜している角度は、前記第4端面が前記第2レンズの光軸に対して傾斜している角度よりも大きい、請求項1から請求項9のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項11] 前記第3端面が前記第1レンズの光軸に対して傾斜している角度が“ θ_1 ”であり、前記第4端面が前記第2レンズの光軸に対して傾斜している角度が“ θ_2 ”である場合、

$$(P2/P1) \times 0.8 \leq \theta_1/\theta_2 \leq (P2/P1) \times 1.2$$

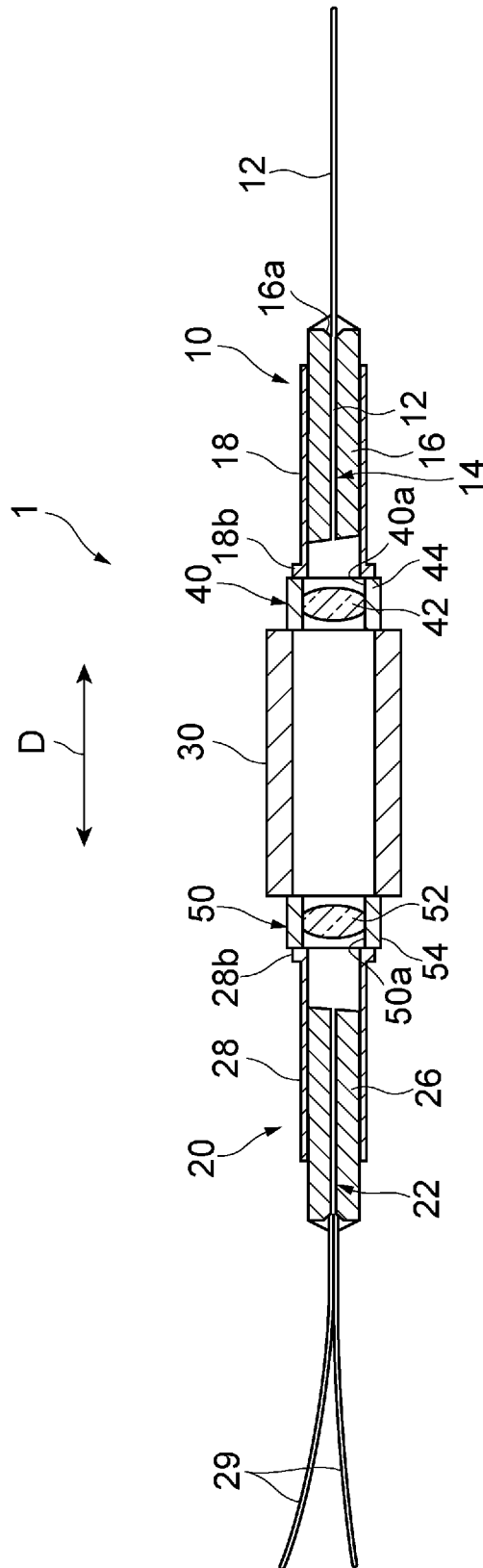
なる関係が満たされている、請求項10に記載の光接続構造体。

[請求項12] 前記第4端面と前記第3端面とは、前記第4端面を含む第1仮想平面と前記第3端面を含む第2仮想平面とによってV字形状が形成されるように配置されている、請求項1から請求項11のいずれか一項に記載の光接続構造体。

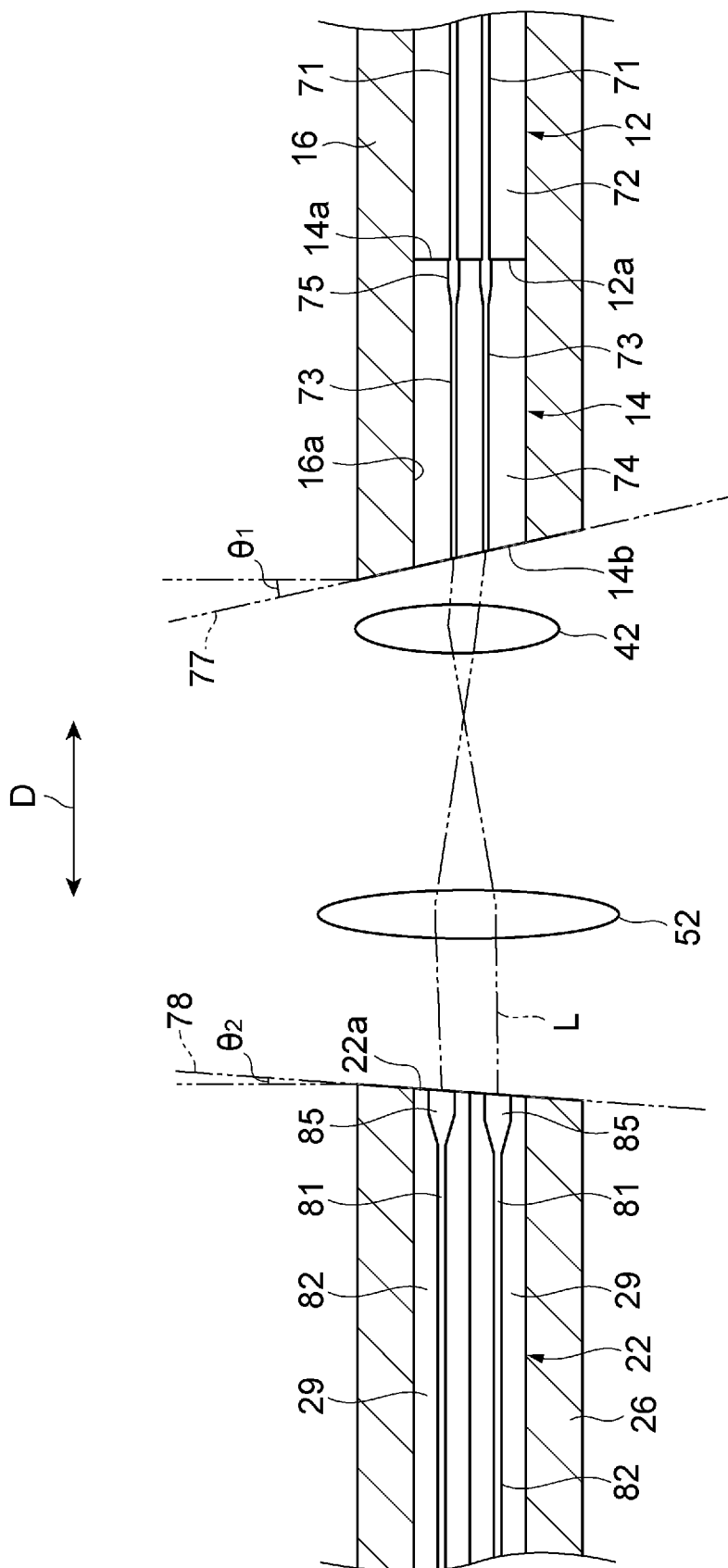
[請求項13] 前記第1レンズ及び前記第2レンズの焦点距離は、0.5以上4.0以下である、請求項1から請求項12のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項14] 前記複数の第1ファイバコアは、互いに光結合する結合型コアを含んでいる、請求項1から請求項13のいずれか一項に記載の光接続構造体。

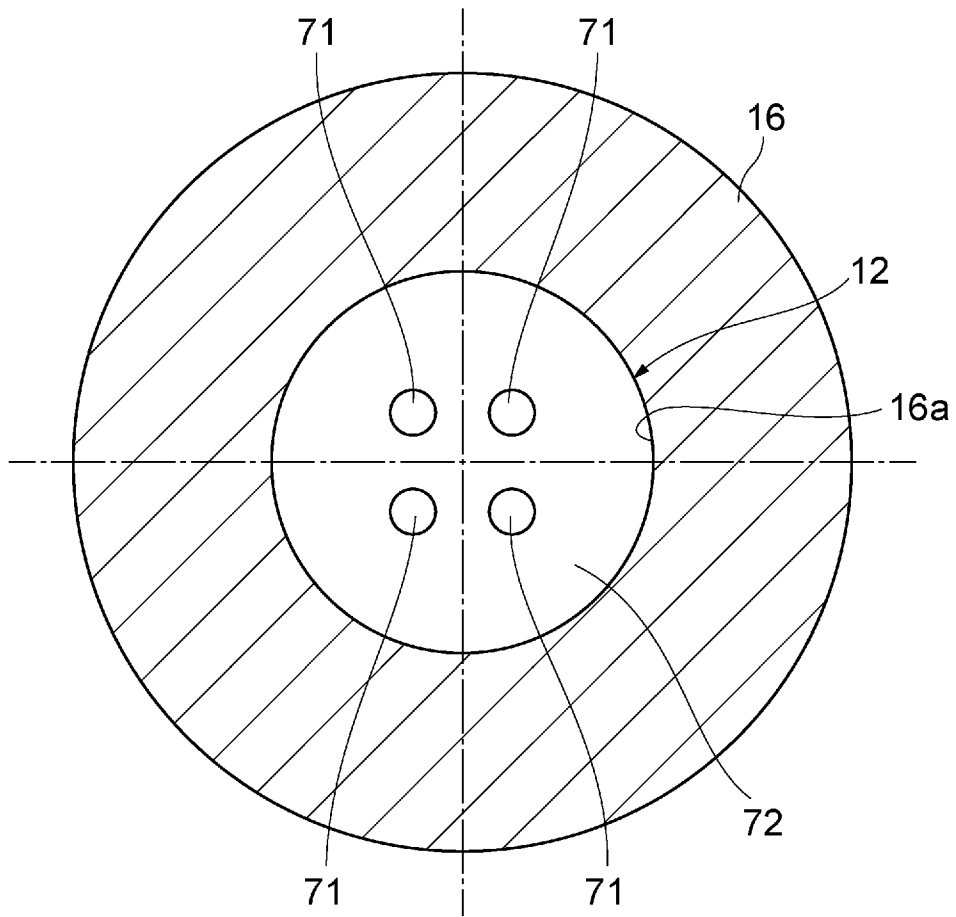
[図1]



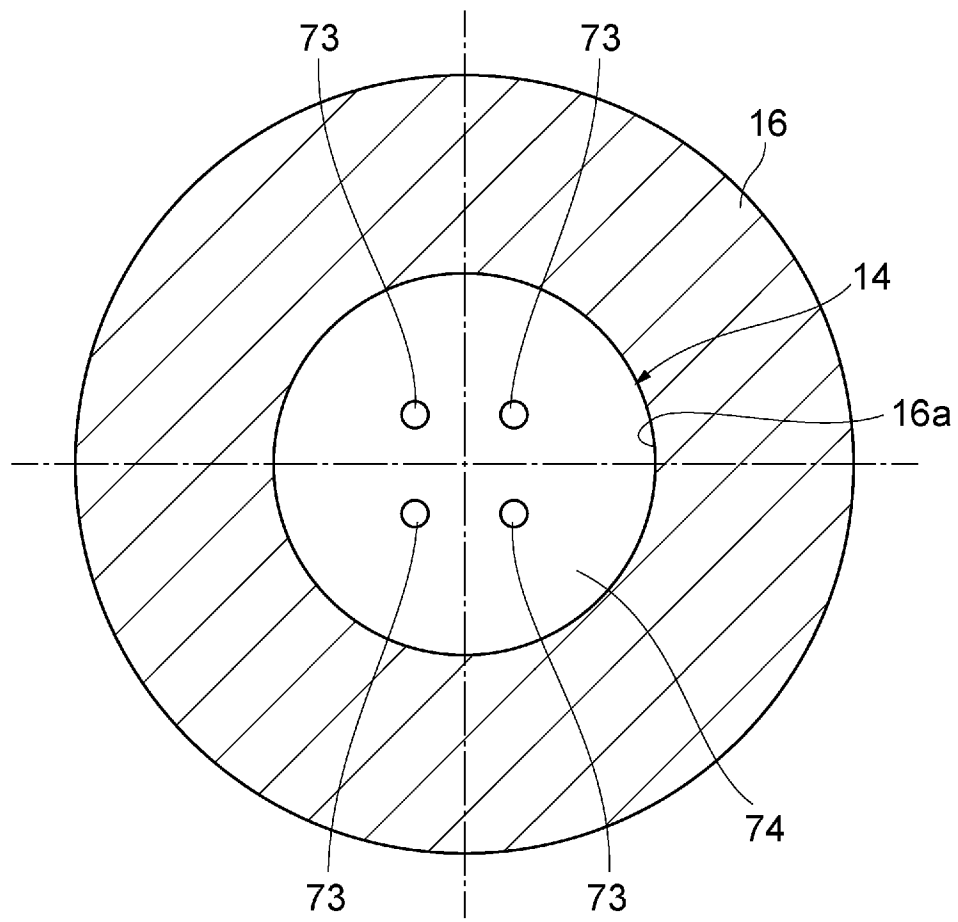
[図2]



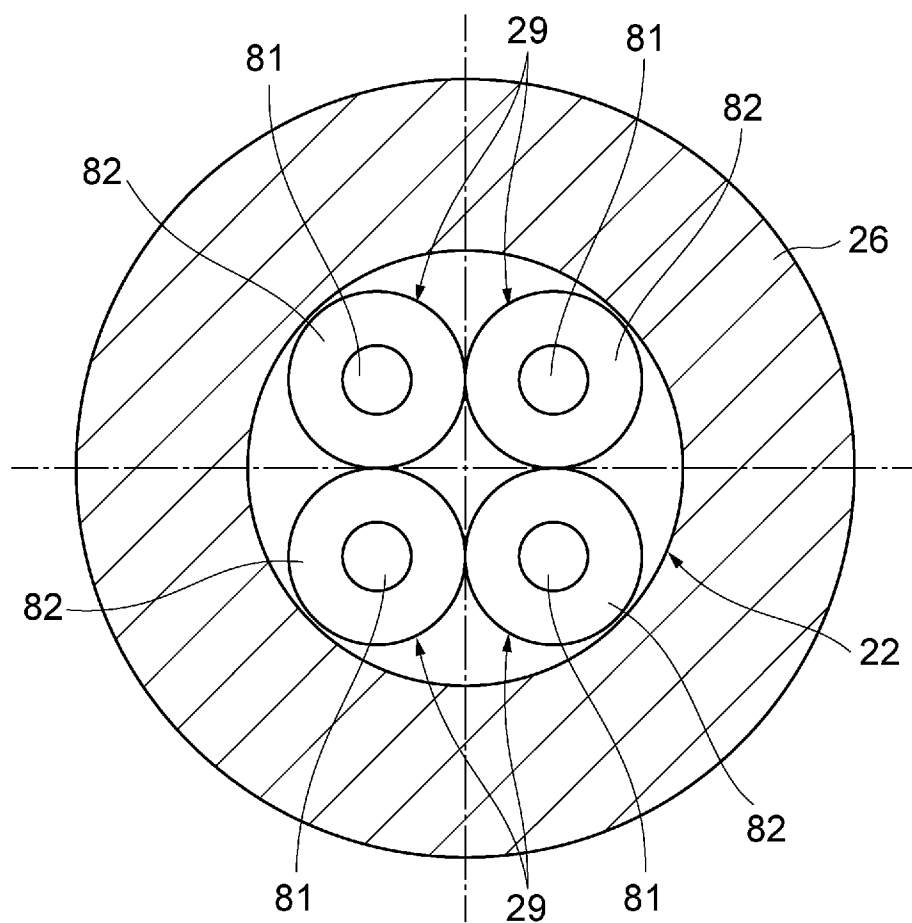
[図3]



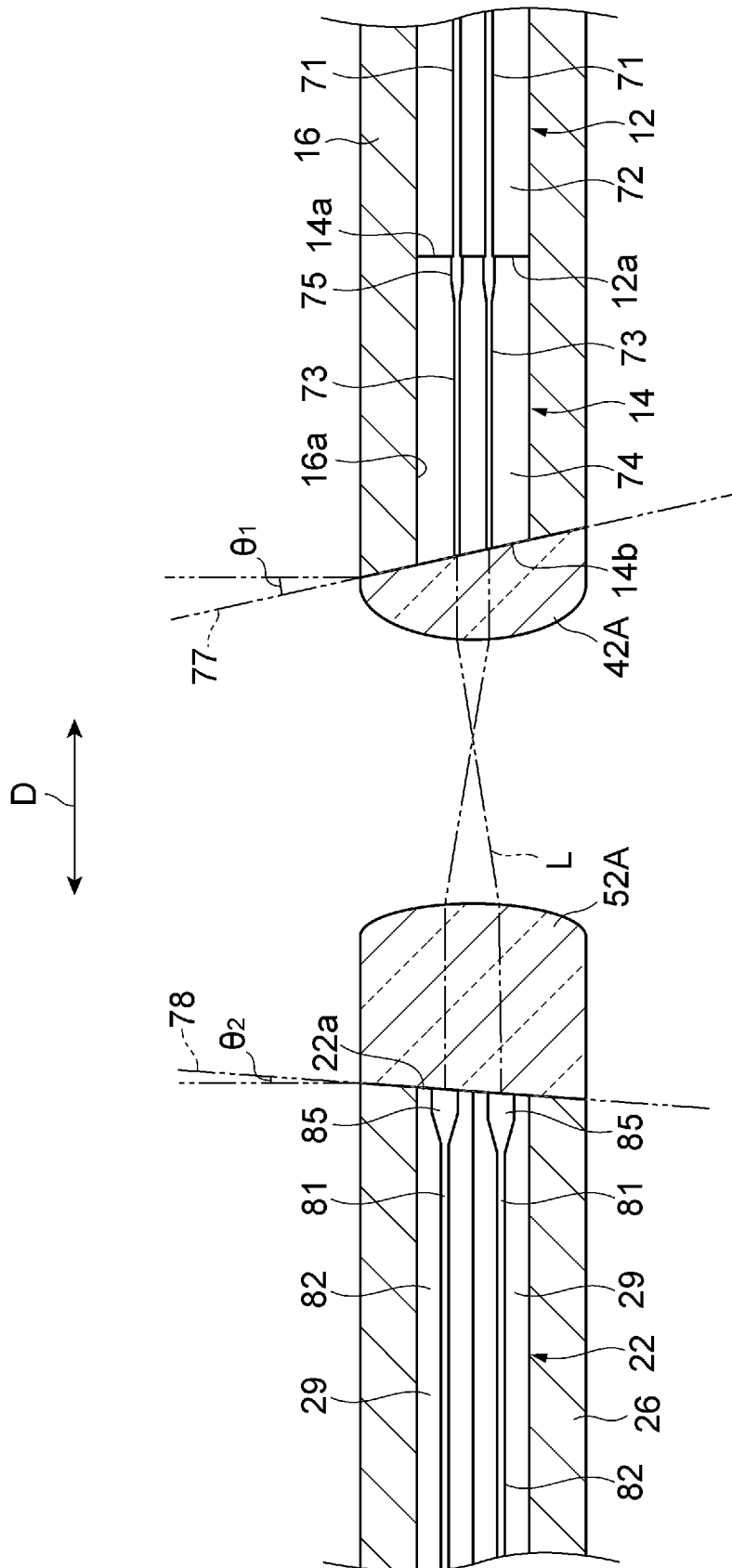
[図4]



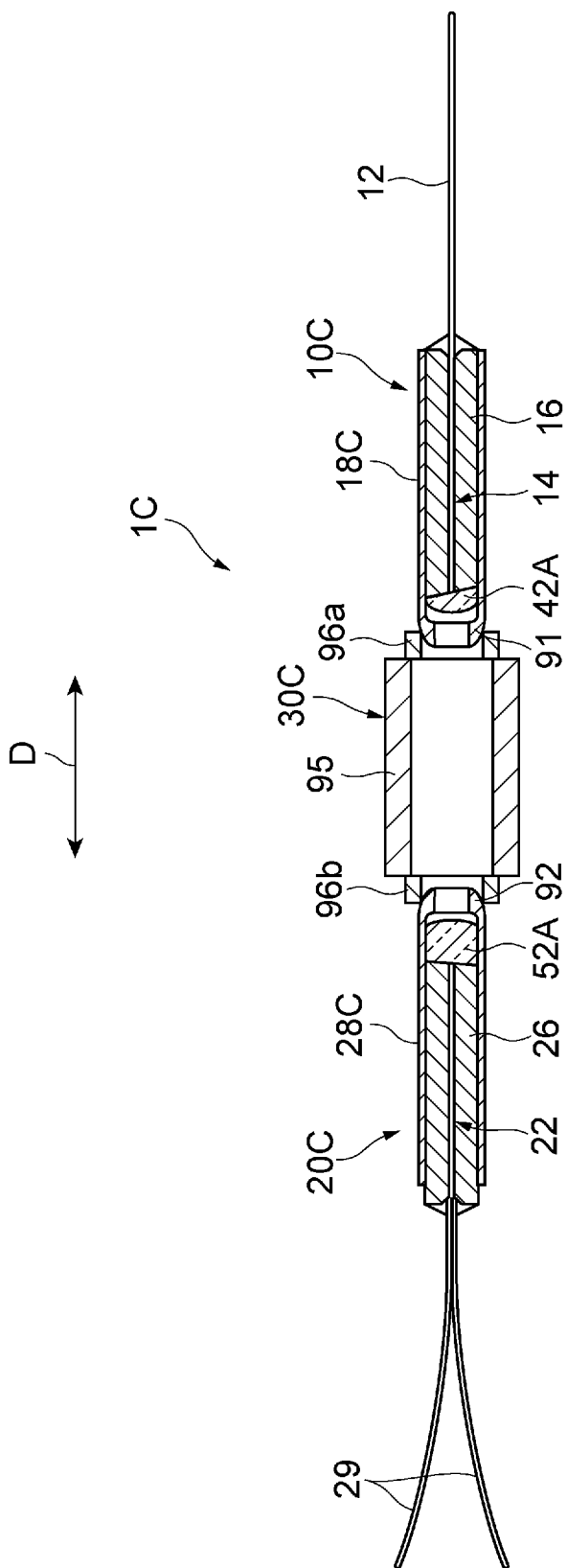
[図5]



[図7]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021060

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G02B 6/32</i> (2006.01)i; <i>G02B 6/02</i> (2006.01)i FI: G02B6/32; G02B6/02 461 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) G02B6/02-6/10; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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	WO 2022/004220 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 06 January 2022 (2022-01-06) paragraphs [0028]-[0035], [0038], [0040], [0058]-[0060], fig. 1-4, 13-14	1-5, 8-14
Y		6-7
Y	WO 2020/080254 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 23 April 2020 (2020-04-23) paragraph [0055], fig. 6-7	6-7
A	WO 2022/019019 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 27 January 2022 (2022-01-27) entire text, all drawings	1-14
A	JP 2020-144186 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 10 September 2020 (2020-09-10) entire text, all drawings	1-14
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 12 July 2024		Date of mailing of the international search report 30 July 2024
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/JP2024/021060

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104536100 A (UNIV HARBIN ENG) 22 April 2015 (2015-04-22) entire text, all drawings	1-14
A	US 2018/0188457 A1 (LUXNET CORP.) 05 July 2018 (2018-07-05) entire text, all drawings	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2024/021060

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2022/004220 A1	06 January 2022	US 2023/0228950 A1 paragraphs [0052]-[0059], [0063], [0065], [0084]-[0086], fig. 1-4, 13-14 CN 115698796 A	
WO 2020/080254 A1	23 April 2020	US 2021/0389525 A1 paragraph [0070], fig. 6-7 CN 112840256 A	
WO 2022/019019 A1	27 January 2022	US 2023/0275390 A1 CN 116134685 A	
JP 2020-144186 A	10 September 2020	US 2020/0284988 A1 CN 111665594 A	
CN 104536100 A	22 April 2015	(Family: none)	
US 2018/0188457 A1	05 July 2018	CN 206684346 U	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 6/32(2006.01)i; G02B 6/02(2006.01)i FI: G02B6/32; G02B6/02 461		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G02B6/02-6/10; G02B6/26-6/27; G02B6/30-6/34 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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	WO 2022/004220 A1 (住友電気工業株式会社) 06.01.2022 (2022-01-06) 段落[0028]-[0035], [0038], [0040], [0058]-[0060], 図1-4, 13-14	1-5, 8-14
Y		6-7
Y	WO 2020/080254 A1 (住友電気工業株式会社) 23.04.2020 (2020-04-23) 段落[0055], 図6-7	6-7
A	WO 2022/019019 A1 (住友電気工業株式会社) 27.01.2022 (2022-01-27) 全文, 全図	1-14
A	JP 2020-144186 A (住友電気工業株式会社) 10.09.2020 (2020-09-10) 全文, 全図	1-14
A	CN 104536100 A (HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY) 22.04.2015 (2015-04-22) 全文, 全図	1-14
A	US 2018/0188457 A1 (LUXNET CORPORATION) 05.07.2018 (2018-07-05) 全文, 全図	1-14
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 12.07.2024	国際調査報告の発送日 30.07.2024	
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） 野口 晃一 2L 5708 電話番号 03-3581-1101 内線 3295	

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/JP2024/021060

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/004220	A1	06.01.2022	US	2023/0228950	A1	
				段落[0052]-[0059], [0063], [0065], [0084]- [0086], 図1-4, 13-14			
				CN	115698796	A	

WO	2020/080254	A1	23.04.2020	US	2021/0389525	A1	
				段落[0070], 図6-7			
				CN	112840256	A	

WO	2022/019019	A1	27.01.2022	US	2023/0275390	A1	
				CN	116134685	A	

JP	2020-144186	A	10.09.2020	US	2020/0284988	A1	
				CN	111665594	A	

CN	104536100	A	22.04.2015	(ファミリーなし)			

US	2018/0188457	A1	05.07.2018	CN	206684346	U	
