

(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)



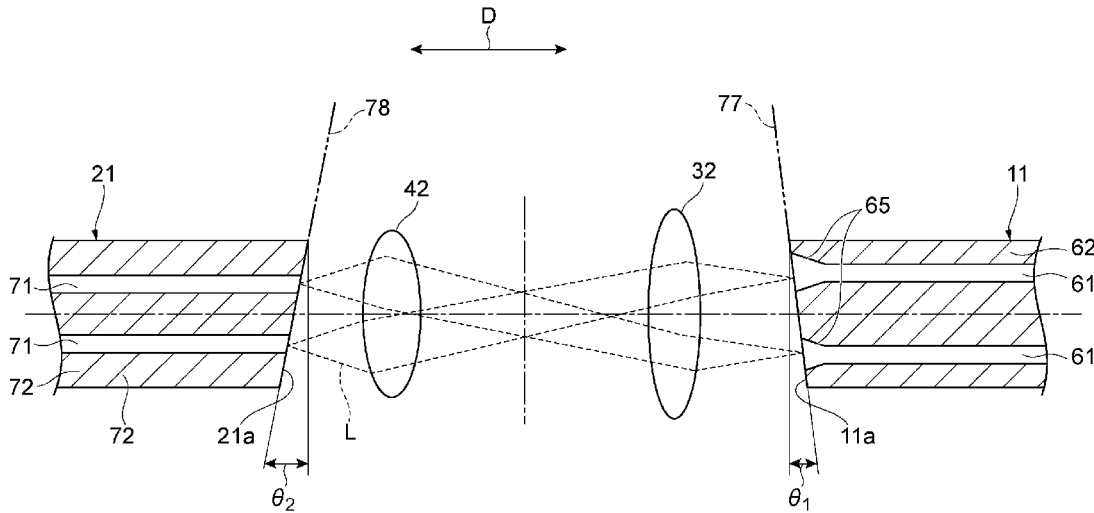
(10) 国際公開番号

WO 2024/257728 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/JP2024/021061
- (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 2023-099171    2023年6月16日(16.06.2023) 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).
- (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,  
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,

(54) Title: OPTICAL CONNECTION STRUCTURE

(54) 発明の名称: 光接続構造体



(57) Abstract: In this optical connection structure, the following formula is satisfied. Regarding at least one first fiber core (61) among a plurality of first fiber cores (61), the mode field diameter at a first MCF end surface (11a) is "D1". Regarding a second fiber core (71) corresponding to the at least one first fiber core (61) among a plurality of second fiber cores (71), the mode field diameter at a second MCF end surface (21a) is "D2". The core pitch of the plurality of first fiber cores (61) at the first MCF end surface (11a) is "P1". The core pitch of the plurality of second fiber cores (71) at the

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))

second MCF end surface (21a) is "P2".  $(P1/P2) \times 0.8 \leq D1/D2 \leq (P1/P2) \times 1.2$

(57) 要約: 光接続構造体において、以下の式が満たされる。複数の第1ファイバコア(61)のうち少なくとも1つの第1ファイバコア(61)について第1MCF端面(11a)におけるモードフィールド直径は、"D1"である。複数の第2ファイバコア(71)のうち上記少なくとも1つの第1ファイバコア(61)に対応している第2ファイバコア(71)について第2MCF端面(21a)におけるモードフィールド直径は、"D2"である。第1MCF端面(11a)における複数の第1ファイバコア(61)のコアピッチは、"P1"である。第2MCF端面(21a)における複数の第2ファイバコア(71)のコアピッチは、"P2"である。  $(P1/P2) \times 0.8 \leq D1/D2 \leq (P1/P2) \times 1.2$

## 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16日に出願された日本出願の特願2023-099171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] 一対のマルチコアファイバを光結合する光接続構造体が知られている。以下、マルチコアファイバをMCFともいう。例えば、特許文献1では、レンズを介して、2つのMCFが光結合されている。MCFは、複数のファイバコアを含んでいる。例えば、MCFは、複数のファイバコアが露出する端面を有している。レンズは、2つのMCFの端面の間に配置されている。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2022-39849号公報

#### 非特許文献

[0004] 非特許文献1：2015年電子情報通信学会総合大会予稿「空間結合によるマルチコアファイバのコアピッチ変換接続技術」オプトクエスト社

### 発明の概要

[0005] 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、第1レンズ及び第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端面を有している。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ファイバコアに光接続される。第1レンズ及び第2レン

ズは、第1端面と第2端面との間において、第1端面から第2端面に向かって順に配列されている。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、互いに光結合されている。第1端面における複数の第1ファイバコアのコアピッチは、第2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い。第1端面における複数の第1ファイバコアの各々のモードフィールド直径は、第2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1ファイバコアと光結合する第2ファイバコアのモードフィールド直径よりも大きい。第1端面における複数の第1ファイバコアの配列の形状と、第2端面における複数の第2ファイバコアの配列の形状とは、互いに相似形である。以下の式が満たされる。以下の式において、複数の第1ファイバコアのうち少なくとも1つの第1ファイバコアについて第1端面におけるモードフィールド直径は、“D1”である。複数の第2ファイバコアのうち上記少なくとも1つの第1ファイバコアと光結合する第2ファイバコアについて第2端面におけるモードフィールド直径は、“D2”である。第1端面における複数の第1ファイバコアのコアピッチは、“P1”である。第2端面における複数の第2ファイバコアのコアピッチは、“P2”である。

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

### 図面の簡単な説明

[0006] [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概略断面図である。

[図2]図2は、光接続構造体の部分断面図である。

[図3]図3は、光軸方向に直交する方向における一对のマルチコアファイバの断面図である。

[図4]図4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概略断面図である。

[図5]図5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

概略断面図である。

### 発明を実施するための形態

#### [0007] [本開示が解決しようとする課題]

MCFの光結合に関し、互いに異なるコアピッチを有する2つのMCFを光結合することが考えられる。この場合、2つのMCFのコアピッチの比に応じて複数のレンズが配列されれば、各ファイバコアから射出される光ビームのピッチが複数のレンズによって調整され、これらのMCFの光結合が実現され得る。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。

[0008] この場合に関し、本願発明者は、一方のMCFのモードフィールド直径とレンズによる集光ビームスポット直径とが適合しなければ、光結合損失が生じることを見出した。以下、モードフィールド直径をMFDともいう。各ファイバコアから射出される光ビームのピッチが複数のレンズによって調整される場合、複数のレンズにおいて集光ビームスポット直径も変化する。このため、2つのMCFのコアピッチの比に応じて、各ファイバコアから射出される光ビームのピッチがレンズによって調整されても、MCFのMFDとレンズによる集光ビームスポット直径とが適合せずに光結合損失が生じるおそれがある。

#### [0009] [本開示の効果]

本開示によれば、互いに異なるコアピッチを有している一对の光ファイバの接合において、光結合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。

#### [0010] [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。

[0011] (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、第1レンズ及び第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端面を有している。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ファイバコアに光接続される。第1レンズ及び第2レンズは、第1端面と第2端面との間において、第1端面から第2端面に向かって順に配列されている。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、互いに光結合されている。第1端面における複数の第1ファイバコアのコアピッチは、第2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い。第1端面における複数の第1ファイバコアの各々のモードフィールド直径は、第2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1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。第1端面における複数の第1ファイバコアの配列の形状と、第2端面における複数の第2ファイバコアの配列の形状とは、互いに相似形である。以下の式が満たされる。以下の式において、複数の第1ファイバコアのうち少なくとも1つの第1ファイバコアについて第1端面におけるモードフィールド直径は、“D1”である。複数の第2ファイバコアのうち上記少なくとも1つの第1ファイバコアと光結合する第2ファイバコアについて第2端面におけるモードフィールド直径は、“D2”である。第1端面における複数の第1ファイバコアのコアピッチは、“P1”である。第2端面における複数の第2ファイバコアのコアピッチは、“P2”である。

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

[0012] この光接続構造体において、第1ファイバコアのモードフィールド直径D1と、第2ファイバコアのモードフィールド直径D2と、第1ファイバコアのコアピッチP1と、第2ファイバコアのコアピッチP2とが、上記式の関係を有している。本願発明者は、鋭意研究の結果、上記式の関係が満たされるようにMFDが調整されれば、光結合損失が低減されることを導き出した

。この結果、互いに異なるコアピッチを有している一对の光ファイバの接合において、光結合損失が抑制され得る。

[0013] (2) 上記(1)の光接続構造体において、複数の第1ファイバコアの各々において、第1端面におけるモードフィールド直径は、第1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くてもよい。この構成は、例えば、既存のMCFに対して第1端面に相当する部分のみにモードフィールド直径を拡大する処理が施されれば、実現され得る。したがって、コスト及び手間が削減される構成でありながら、第2マルチコアファイバから第1マルチコアファイバへの入射光の漏れが抑制され得る。

[0014] (3) 上記(1)または(2)のいずれかの光接続構造体において、複数の第1ファイバコアの各々は、第1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している構成に比べて、第1端面における第1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。

[0015] (4) 上記(1)から(3)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“ $f_1$ ”であり、第2レンズの焦点距離が“ $f_2$ ”である場合、以下の関係式が満たされていてもよい。この場合、光ファイバの光結合損失がさらに抑制され得る。

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

[0016] (5) 上記(1)から(4)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2端面が第2レンズの光軸に対して傾斜している角度は、第1端面が第1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、光ファイバの光結合損失がさらに抑制され得る。

[0017] (6) 上記(5)の光接続構造体において、第1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“ $\theta_1$ ”であり、第2端面が第2レンズの光軸に対して傾斜している角度が“ $\theta_2$ ”である場合、以下の関係式が満たされていてもよい。この場合、各端面における反射が低減され、光ファイバ

の光結合損失がさらに抑制され得る。

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

[0018] (7) 上記(1)から(6)のいずれかの光接続構造体において、第1端面と第2端面とは、第1端面を含む第1仮想平面と第2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、光ファイバの光結合損失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。

[0020] [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。

[0021] まず、図1から図3を参照して、本実施形態における光接続構造体についてさらに詳細に説明する。図1は、一実施形態に係る光接続構造体の光軸方向に沿った概略断面図である。図2は、光接続構造体の部分断面図である。図3は、マルチコアファイバの断面図である。

[0022] 光接続構造体1は、例えば、一对のマルチコアファイバを光結合する構成を有している。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、第1レンズユニット30と、第2レンズユニット40と、筒部材50とを備えている。

[0023] 第1光ファイバユニット10は、第1MCF11と、フェルール15と、スリーブ17とを含んでいる。第2光ファイバユニット20は、第2MCF21と、フェルール25とを含んでいる。例えば、第1MCF11が、第1マルチコアファイバに相当し、第2MCF21が第2マルチコアファイバに

相当する。

- [0024] フェルール15は、第1MCF11を保持している。フェルール15は、収容孔15aを有している。フェルール15は、収容孔15aにおいて、第1MCF11の一部を内部に収容している。スリーブ17は、フェルール15を保持している。スリーブ17は、収容孔17aにおいてフェルール15の少なくとも一部を内部に収容している。スリーブ17は、軸線方向に一端にフランジ部17bを備える。フランジ部17b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30に対して固定される部位に相当する。
- [0025] フェルール25は、第2MCF21を保持している。フェルール25は、収容孔25aを有している。フェルール25は、収容孔25aにおいて、第2MCF21の一部を内部に収容している。
- [0026] 例えば、第1レンズユニット30は、第1レンズ32と、第1レンズ32を囲んで保持する筒状の第1レンズ保持部材34とを含んでいる。第2レンズユニット40は、第2レンズ42と、第2レンズ42を囲んで保持する筒状の第2レンズ保持部材44とを含んでいる。
- [0027] 筒部材50は、収容孔50aを有している。筒部材50は、収容孔50aにおいて、第2レンズ保持部材44と、フェルール25の少なくとも一部とを内部に収容している。例えば、筒部材50とフェルール25とは、接着剤によって固定されている。筒部材50とフェルール25が共に金属である場合には、溶接で固定することもできる。フェルール25は、筒部材50への圧入によって固定されてもよい。第1レンズ保持部材34、第2レンズ保持部材44、及び、筒部材50は、それぞれ、開口を有している。第1レンズ保持部材34と第2レンズ保持部材44と筒部材50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。上記の接着剤は、例えば熱硬化型接着剤や紫外線（UV）硬化型接着剤である。
- [0028] 例えば、第1光ファイバユニット10は、第1レンズ保持部材34を介して、筒部材50の端部に固定される。例えば、第1光ファイバユニット10は、溶接によって第1レンズ保持部材34に固定されている。例えば、フラ

ンジ部17bは、スリーブ17の開口と第1レンズ保持部材34の開口とが連通するように、第1レンズ保持部材34の端部に溶接されている。

[0029] 第1レンズ保持部材34は、内面30aにおいて、第1レンズ32を保持している。第1レンズ保持部材34は、第1レンズ保持部材34の開口が筒部材50の開口に連通するように、筒部材50の端部に連結されている。例えば、第1レンズ保持部材34は、溶接によって筒部材50に固定されている。第2レンズ保持部材44は、内面40aにおいて、第2レンズ42を保持している。第2レンズ保持部材44は、フェルール25の端部に連結されており、筒部材50の内部に收容されている。例えば、第2レンズ保持部材44は、溶接によってフェルール25に固定されている。例えば、YAGレーザー照射によって溶接される。上記の固定は、例えば、接着剤によって行われてもよい。

[0030] 第1レンズユニット30及びフェルール15は、それぞれ、一体化した第2光ファイバユニット20と筒部材50とに対して、位置合わせされる。この際、第1レンズユニット30は、X方向及びY方向のそれぞれにおいて調芯される。フェルール15は、X方向、Y方向、Z方向及び $\theta_z$ 方向のそれぞれにおいて調芯される。調芯が完了したら、筒部材50と第1レンズユニット30とが溶接によって固定される。その後、再度フェルール15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15とスリーブ17とが溶接や接着剤によって固定される。次に、スリーブ17に固定されたフェルール15が、X方向、Y方向及び $\theta_z$ 方向のそれぞれにおいて調芯された後に、第1レンズユニット30に対して溶接によって固定する。溶接は、例えば、YAGレーザーの照射によって行われる。上記の接着剤は、例えば、熱硬化型接着剤やUV硬化型接着剤である。

[0031] 光接続構造体1において、第1MCF11を通る光Lが第2MCF21に入射されるか、又は、第2MCF21を通る光Lが第1MCF11に入射される。光Lは、例えば、1.55( $\mu\text{m}$ )帯の波長を有する光である。

- [0032] 光接続構造体1では、第1MCF11、第1レンズ32、第2レンズ42、及び、第2MCF21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、筒部材50の延在方向である。第1MCF11と第2MCF21とは、空間、第1レンズ32、及び、第2レンズ42を介して光結合（空間結合）されている。
- [0033] 第1MCF11は、複数の第1ファイバコア61と第1ファイバクラッド62とを含んでいる。第1MCF11は、第1MCF端面11aを有している。第1MCF端面11aにおいて、複数の第1ファイバコア61が露出している。第1MCF端面11aは、第1レンズ32側に向けられている。
- [0034] 第2MCF21は、複数の第2ファイバコア71と第2ファイバクラッド72とを含んでいる。第2MCF21は、第2MCF端面21aを有している。第2MCF端面21aにおいて、複数の第2ファイバコア71が露出している。複数の第2ファイバコア71は、光軸方向Dに延在している。複数の第2ファイバコア71の各々は、複数の第1ファイバコア61のうち対応する第1ファイバコア61に光結合される。第1ファイバコア61が第1ファイバコアに相当し、第2ファイバコア71が第2ファイバコアに相当する。光接続構造体1は、第1MCF11の第1ファイバコア61のそれぞれへ光Lを送信する光送信器、又は第1MCF11の第1ファイバコア61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。
- [0035] 第2MCF端面21aと第1MCF端面11aとは、互いに光軸方向Dにおいて対向している。第1MCF端面11aは、第1レンズ32側に向けられている。第2MCF端面21aは、第2レンズ42側に向けられている。第1MCF端面11a及び第2MCF端面21aは、光軸方向Dに対して傾斜している。第1MCF端面11a及び第2MCF端面21aは、平坦状であり、光軸方向Dに対して傾斜するとともに、光軸方向Dに直交する平面に対して傾斜している。
- [0036] 第1MCF端面11aは、光軸方向Dに直交する平面に対して角度 $\theta 1$ で傾斜している。第2MCF端面21a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。第1MCF端面11aと第2MCF端面21aとは、第1MCF端面11aを含む第1仮想平面77と第2MCF端面21aを含む第2仮想平面78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、第1MCF端面11aが第1端面に相当し、第2MCF端面21aが第2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、第1MCF端面11aを含む第1仮想平面77の第1法線ベクトルと第2MCF端面21aを含む第2仮想平面78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。

[0037] 図3は、光軸方向Dに直交する平面における第1MCF11と第2MCF21との断面図である。図3に示されるように、光軸方向Dに直交する平面で切断された第1MCF11の断面において、4つの第1ファイバコア61が配置されている。4つの第1ファイバコア61は、四角格子状に配置されている。同様に、光軸方向Dに直交する平面で切断された第2MCF21の断面において、4つの第2ファイバコア71が配置されている。4つの第2ファイバコア71は、四角格子状に配置されている。第2MCF端面21aにおける複数の第2ファイバコア71の各々の露出面と、第1MCF端面11aにおける複数の第1ファイバコア61の各々の露出面とは、互いに光結合される。例えば、第2ファイバコア71は、後述するテーパ形状部65以外の部分における第1ファイバコア61と同一のMFDを有している。ここで「同一のMFD」とは、MFDの差が $\pm 10\%$ 未満に収まっていることを意味する。なお上記以外、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。

[0038] 光軸方向Dから見て、第1MCF端面11aにおける複数の第1ファイバコア61の配列の形状と、第2MCF端面21aにおける複数の第2ファイ

バコア71の配列の形状とは、互いに相似形状である。換言すれば、第1MCF端面11aを光軸方向Dへの正射投影した場合における、複数の第2ファイバコア71の配列の形状と、第2MCF端面21aを光軸方向Dへの正射投影した場合における、複数の第2ファイバコア71の配列の形状とは、互いに相似形状である。

[0039] 複数の第1ファイバコア61のコアピッチP1は、複数の第2ファイバコア71のコアピッチP2よりも大きい。

[0040] 複数の第1ファイバコア61の各々において、第1MCF端面11aにおけるMFDは、第1MCF端面11aから所定距離だけ離れた位置におけるMFDよりも大きい。複数の第1ファイバコア61の各々は、光軸方向Dにおいて第1MCF端面11aから離れるにしたがって、連続的にあるいは段階的に徐々にMFDが小さくなる部分を含んでいる。換言すれば、複数の第1ファイバコア61は、光軸方向DにおいてMFDがテーパ状に変化するテーパ形状部65を含んでいる。第2ファイバコア71のMFDは、例えば、テーパ形状部65以外の部分における第1ファイバコア61のMFDと同一である。この場合、第1MCF端面11aにおける複数の第1ファイバコア61の各々のMFDは、第2MCF端面21aにおける複数の第2ファイバコア71のMFDのうち、第1ファイバコア61と光結合する第2ファイバコア71のMFDよりも大きい。

[0041] 第1MCF11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65が形成されていてもよい。

[0042] 第1レンズ32は、第1MCF11及び第2MCF21の間に介在している。第2レンズ42は、第2MCF21及び第1レンズ32の間に介在している。第1レンズ32及び第2レンズ42は、第1MCF端面11aと第2MCF端面21aとの間において、第1MCF端面11aから第2MCF端面21aに向かって、第1MCF端面11a、第1レンズ32、第2レンズ

4 2、第2 MCF 端面 2 1 a の順に配列されている。

[0043] 第1 レンズ 3 2 は、第1 MCF 1 1 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 4 2 は、第2 MCF 2 1 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 4 2 及び第1 レンズ 3 2 は、例えば、第2 MCF 2 1 の複数の第2 ファイバコア 7 1 のそれぞれから出射した複数の光 L を第2 レンズ 4 2 でコリメート光にし、それを第1 レンズ 3 2 で第1 MCF 端面 1 1 a に集光して各第1 ファイバコア 6 1 に結合させる。逆に、第1 MCF 1 1 の複数の第1 ファイバコア 6 1 のそれぞれから出射した複数の光 L を第1 レンズ 3 2 でコリメート光にし、それを第2 レンズ 4 2 で第2 MCF 端面 2 1 a に集光して各第2 ファイバコア 7 1 に結合させる。第1 レンズ 3 2 及び第2 レンズ 4 2 は、例えば、両凸の非球面レンズである。第1 レンズ 3 2 及び第2 レンズ 4 2 が非球面レンズである場合には、光 L の第1 ファイバコア 6 1 への結合損失又は第2 ファイバコア 7 1 への結合損失を低減させることができ、光学損失の低減に寄与する。

[0044] 第1 レンズ 3 2 の焦点距離が “f 1” であり、第2 レンズ 4 2 の焦点距離が “f 2” である。第1 MCF 端面 1 1 a における複数の第1 ファイバコア 6 1 のコアピッチが “P 1” であり、第2 MCF 端面 2 1 a における複数の第2 ファイバコア 7 1 のコアピッチが “P 2” であり、複数の第1 ファイバコア 6 1 のうち少なくとも1つの第1 ファイバコア 6 1 について第1 MCF 端面 1 1 a における MFD が “D 1” であり、複数の第2 ファイバコア 7 1 のうち上記少なくとも1つの第1 ファイバコア 6 1 と光結合する第2 ファイバコア 7 1 について第2 MCF 端面 2 1 a における MFD が “D 2” 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。

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

... (1)

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

... (2)

[0045] 一例として、第1 MCF 端面 1 1 a と第2 MCF 端面 2 1 a との間におけ

るレンズ系は、1.29倍の倍率を有する。この場合、例えば、“P1”は45( $\mu\text{m}$ )であり、“P2”は35( $\mu\text{m}$ )である。第1MCF11、及び、第2MCF21の各々のクラッド径は、例えば、125( $\mu\text{m}$ )である。例えば、TEC処理部における“D1”は1.55( $\mu\text{m}$ )の波長の光に対して12.5( $\mu\text{m}$ )であり、“D2”は1.55( $\mu\text{m}$ )の波長の光に対して9.7( $\mu\text{m}$ )である。

[0046] 最隣接コア間のピッチは、30( $\mu\text{m}$ )以上が好ましい。この場合、複数の各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( $\mu\text{m}$ )以上が好ましい。例えば、クラッド径が125( $\mu\text{m}$ )である場合、コアピッチは50( $\mu\text{m}$ )以下が好ましい。この場合、コアピッチを縮小することで、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。

[0047] 例えば、“f1”は2.7(mm)であり、“f2”は2.1(mm)である。例えば、第1レンズ32の焦点距離“f1”及び第2レンズ42の焦点距離“f2”は、0.5(mm)以上4.0(mm)以下が好ましい。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。

[0048] 本実施形態に示される例において、複数の第1ファイバコア61の各々の第1MCF端面11aにおけるMFDが“D1”に相当し、複数の第2ファイバコア71の各々の第2MCF端面21aにおけるMFDが“D2”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。

[0049] 第1レンズ32の屈折率と第2レンズ42の屈折率とが同一である場合、第1MCF端面11aが第1レンズ32の光軸に対して傾斜している角度は、第2MCF端面21aが第2レンズ42の光軸に対して傾斜している角度よりも大きい。第1MCF端面11aが第1レンズ32の光軸に対して傾斜している角度が“ $\theta 1$ ”であり、第2MCF端面21aが第2レンズ42の光軸に対して傾斜している角度が“ $\theta 2$ ”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。

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

... (3)

[0050] 例えば、第1MCF端面11aにおける第1MCF11と第2MCF端面21aにおける第2MCF21のコアピッチがそれぞれ45(μm)と35(μm)である場合、“θ1”は6.2度であり、“θ2”は8.0度である。第1MCF端面11aにおける第1MCF11のMFDは、第2MCF端面21aにおける第2MCF21のMDFよりも大きいため、ファイバの開口数(NA)が小さくなる。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。

[0051] 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16とフェルール25とが水平からズレにくい。

$$\theta 2 \cdot f 2 = \theta 1 \cdot f 1 \quad \dots (4)$$

[0052] 次に、図4を参照して、本実施形態の変形例における光接続構造体1Aについて説明する。図4は、本変形例における光接続構造体の光軸方向に沿った概略断面図である。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10A及び第2光ファイバユニット20A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10Aと第2光ファイバユニット20Aとのが同一の筒部材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。

[0053] 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、筒部材50Aとを備えている。第1光ファイバユニット10Aは、第1MCF11と、フェルール15Aと、第1レンズ32Aとを含んでいる。第2光ファイバユニット20Aは、第2MCF21と、フェルール25Aと、第2レンズ42Aとを含んでいる。筒部材50A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。筒部材50Aは、例えば、ガラス管である。

- [0054] 第1レンズ32A及び第2レンズ42Aは、例えば、Cレンズである。第1レンズ32A及び第2レンズ42Aは、例えば、それぞれ、上述した第1レンズ32及び第2レンズ42と同一の焦点距離を有している。例えば、第1レンズ32Aは、第2レンズ42A側に球面を有し、第1MCF11側に平面を有し、フェルール15A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42Aは、第1レンズ32A側に球面を有し、第2MCF21側に平面を有し、フェルール25Aと同一の外径を有するロッドレンズである。本実施形態の更なる変形例として、第1レンズ32A及び第2レンズ42Aは、GRINレンズであってもよい。
- [0055] 第1光ファイバユニット10Aにおいて、フェルール15Aの一方側から第1レンズ32Aが露出しており、フェルール15Aの他方側から第1MCF11が露出している。第1MCF11は、フェルール15Aから第1レンズ32A及び筒部材50Aと反対側に延び出している。第2光ファイバユニット20Aにおいて、フェルール25Aの一方側から第2レンズ42Aが露出しており、フェルール25Aの他方側から第2MCF21が露出している。第2MCF21は、フェルール25Aから第2レンズ42A及び筒部材50Aと反対側に延び出している。
- [0056] 第1レンズ32Aは、フェルール15Aの収容孔15aに固定されている。第2レンズ42Aは、フェルール25の収容孔25aに固定されている。例えば、フェルール15Aとフェルール25Aとは、筒部材50A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、熱硬化型接着剤やUV硬化型接着剤である。
- [0057] 第1光ファイバユニット10Aは、筒部材50Aの一方側から内部に挿入され、筒部材50A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20Aは、筒部材50Aの他方側から内部に挿入され、筒部材50A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10Aは、第2光ファイバユニット20Aが調芯された後に筒部材50Aに接着剤で固定される。
- [0058] 上記の調芯は、X方向、Y方向、Z方向、 $\theta_x$ 方向、 $\theta_y$ 方向、及び $\theta_z$

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。 $\theta_x$ 方向、 $\theta_y$ 方向、及び $\theta_z$ 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。

[0059] 次に、図5を参照して、本実施形態の変形例における光接続構造体1Bについて説明する。図5は、本変形例における光接続構造体の光軸方向に沿った概略断面図である。本変形例は、概ね、上述した実施形態に示した例及び図4に示される変形例と類似又は同じである。本変形例は、筒部材50又は筒部材50Aに対応する部材が設けられていない点で、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との相違点を主として説明する。

[0060] 光接続構造体1B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20Bと、第1レンズユニット30Bとを備える。第2光ファイバユニット20Bは、第2MCF21と、フェルール25Bと、第2レンズ42Bとを含んでいる。第1レンズユニット30Bは、第1レンズ32Bと第1レンズ保持部材34Bとを含んでいる。

[0061] 第1レンズ32B及び第2レンズ42Bは、例えば、Cレンズである。第1レンズ32B及び第2レンズ42Bは、例えば、それぞれ、上述した第1レンズ32及び第2レンズ42と同一の焦点距離を有している。例えば、第1レンズ32Bは、第2レンズ42B側に球面を有し、第1MCF11側に平面を有するロッドレンズである。例えば、第2レンズ42Bは、第1レンズ32B側に球面を有し、第2MCF21側に平面を有するロッドレンズである。第2レンズ42Bは、フェルール25Bと同一の外径を有している。本実施形態の更なる変形例として、第1レンズ32B及び第2レンズ42Bは、GRINレンズであってもよい。

[0062] フランジ部17b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30Bに対して固定される部位に相当する。例えば、フランジ部17bは、スリーブ17の開口と第1レンズ保持部材34Bの開口とが連通するように、第1レンズ保持部材34Bの端部に溶接されている。

- [0063] 第1レンズ保持部材34Bは、内面30aにおいて、第1レンズ32Bを保持している。第1レンズ保持部材34Bは、第1レンズ保持部材34Bの開口がフェルール25Bの開口に連通するように、フェルール25Bの端部に連結されている。例えば、第1レンズ保持部材34Bの端部は、接着剤によってフェルール25Bの端部に固定されている。上記の接着剤は、例えば、熱硬化型接着剤やUV硬化型接着剤である。
- [0064] 第2光ファイバユニット20Bにおいて、フェルール25Bの他方側から第2MCF21が露出している。第2MCF21は、フェルール25Bから第1レンズ32Bと反対側に延び出している。第2レンズ42Bは、フェルール25Bの收容孔25aの内部に收容されている。例えば、第2レンズ42Bは、フェルール25Bの收容孔25a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、熱硬化型接着剤やUV硬化型接着剤である。
- [0065] 第1レンズユニット30B及びフェルール15は、それぞれ、第2光ファイバユニット20Bに対して、位置合わせされる。この際、第1レンズユニット30Bは、X方向及びY方向のそれぞれにおいて調芯される。フェルール15は、X方向、Y方向、Z方向及び $\theta z$ 方向のそれぞれにおいて調芯される。調芯が完了したら、フェルール25Bの端部と第1レンズユニット30とが接着剤によって固定される。その後、再度フェルール25B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15とスリーブ17とが溶接や接着剤によって固定される。次に、スリーブ17に固定されたフェルール15が、X方向、Y方向及び $\theta z$ 方向のそれぞれにおいて調芯された後に、第1レンズユニット30Bに対して溶接によって固定する。溶接は、例えば、YAGレーザの照射によって行われる。上記の接着剤は、例えば、熱硬化型接着剤やUV硬化型接着剤である。
- [0066] 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、第1ファイバコア61のMFDと、第2ファイバコア71のMFDと、第1ファイバコア61のコアピッチP1と、

第2ファイバコア71のコアピッチP2とが、下記式(2)の関係を有している。

$$(P1/P2) \times 0.8 \leq D1/D2 \leq (P1/P2) \times 1.2 \dots (2)$$

本願発明者は、鋭意研究の結果、上記式(2)の関係が満たされるようにMFDが調整されれば、光結合損失が低減されることを導き出した。この結果、互いに異なるコアピッチを有している一对の光ファイバの接合において、光結合損失が抑制され得る。MFDは、小さすぎても大きすぎても光結合損失につながる。例えば、MFDが大きすぎれば、ファイバの曲げに応じて光が外部に漏れるおそれがある。光接続構造体1A、1Bについても同様の作用効果が奏される。

[0067] 光接続構造体1において、複数の第1ファイバコア61の各々において、第1MCF端面11aにおけるMFDは、第1MCF端面11aから所定距離だけ離れた位置におけるMFDよりも大きくてもよい。この構成は、例えば、既存の第1MCF11に対して第1MCF端面11aに相当する部分のみにMFDを拡大する処理が施されれば、実現され得る。したがって、コスト及び手間が削減される構成でありながら、第2MCF21から第1MCF11への入射光の漏れが抑制され得る。例えば、MFDを拡大する処理は、例えば、TEC処理である。光接続構造体1A、1Bについても同様の作用効果が奏される。

[0068] 光接続構造体1において、複数の第1ファイバコア61の各々は、第1MCF端面11aから離れるにしたがって、連続的あるいは段階的に徐々にMFDが小さくなる部分を含んでいてもよい。この場合、MFDが急激に変化している構成に比べて、第1MCF端面11aにおける第1MCF11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、1Bについても同様の作用効果が奏される。

[0069] 光接続構造体1において、第1レンズ32の焦点距離が“f1”であり、第2レンズの焦点距離が“f2”である場合、以下の式(1)が満たされて

いてもよい。この場合、光ファイバの光結合損失がさらに抑制され得る。光接続構造体 1 A, 1 B についても同様の作用効果が奏される。

$$(P1/P2) \times 0.9 \leq f1/f2 \leq (P1/P2) \times 1.1 \dots (1)$$

[0070] 光接続構造体 1 において、第 1 レンズ 3 2 の屈折率と第 2 レンズ 4 2 の屈折率とが同一である場合、第 2 MCF 端面 2 1 a が第 2 レンズ 4 2 の光軸に対して傾斜している角度は、第 1 MCF 端面 1 1 a が第 1 レンズ 3 2 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、第 1 MCF 端面 1 1 a 及び第 2 MCF 端面 2 1 a の各々における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 1 A, 1 B についても同様の作用効果が奏される。

[0071] 光接続構造体 1 において、第 1 MCF 端面 1 1 a が第 1 レンズ 3 2 の光軸に対して傾斜している角度が“ $\theta 1$ ”であり、第 2 MCF 端面 2 1 a が第 2 レンズ 4 2 の光軸に対して傾斜している角度が“ $\theta 2$ ”である場合、以下の式 (3) が満たされていてもよい。この場合、第 1 MCF 端面 1 1 a 及び第 2 MCF 端面 2 1 a の各々における反射が低減され、光ファイバの光結合損失がさらに抑制され得る。光接続構造体 1 A, 1 B についても同様の作用効果が奏される。

$$(P1/P2) \times 0.8 \leq \theta 2/\theta 1 \leq (P1/P2) \times 1.2 \dots (3)$$

[0072] 光接続構造体 1 において、第 1 MCF 端面 1 1 a と第 2 MCF 端面 2 1 a とは、第 1 MCF 端面 1 1 a を含む第 1 仮想平面 7 7 と第 2 MCF 端面 2 1 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てもよい。この場合、第 1 MCF 端面 1 1 a 及び第 2 MCF 端面 2 1 a の各々における光結合損失がさらに抑制され得る。光接続構造体 1 A, 1 B についても同様の作用効果が奏される。

[0073] 光接続構造体 1 において、第 1 レンズ 3 2 及び第 2 レンズ 4 2 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。光接続構造体1A、1Bについても同様の作用効果が奏される。

[0074] 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、1A、1Bの構成は、組み合わせられてもよい。例えば、第2MCF21側の構成と、第1MCF11側の構成とが、光接続構造体1、1A、1B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。

[0075] 例えば、第2MCF21と第1MCF11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。

[0076] 上述した例では、第1ファイバコア61及び第2ファイバコア71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、第1ファイバコア61及び第2ファイバコア71が、それぞれ7つずつであってもよい。第1ファイバコア61及び第2ファイバコア71の数が、互いに異なっていてもよい。

[0077] 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

- [0078] 1、1A、1B…光接続構造体  
10、10A…第1光ファイバユニット  
11…第1MCF  
11a…第1MCF端面  
21…第2MCF  
21a…第2MCF端面

15, 25, 15A, 25A, 25B…フェルルール  
15a, 25a…收容孔  
17…スリーブ  
17b…フランジ部  
20, 20A, 20B…第2光ファイバユニット  
30, 30B…第1レンズユニット  
30a, 40a…内面  
32, 32A, 32B…第1レンズ  
34, 34B…第1レンズ保持部材  
40…第2レンズユニット  
42, 42A, 42B…第2レンズ  
44…第2レンズ保持部材  
50, 50A…筒部材  
50a…收容孔  
61…第1ファイバコア  
62…第1ファイバクラッド  
65…テーパ形状部  
71…第2ファイバコア  
72…第2ファイバクラッド  
77…第1仮想平面  
78…第2仮想平面  
D…光軸方向  
L…光  
 $\theta 1, \theta 2$ …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ファイバコアに光接続される複数の第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端面を有している第2マルチコアファイバと、

前記第1端面と前記第2端面との間において、前記第1端面から前記第2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1端面における前記複数の第1ファイバコアのコアピッチは、前記第2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モードフィールド直径は、前記第2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1ファイバコアと光結合する前記第2ファイバコアのモードフィールド直径よりも大きく、

前記第2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1端面における前記複数の第1ファイバコアの配列の形状とは、互いに相似形であり、

前記複数の第1ファイバコアのうち少なくとも1つの第1ファイバコアについて前記第1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2ファイバコアのうち前記少なくとも1つの第1ファイバコアと光結合する第2ファイバコアについて前記第2端面

におけるモードフィールド直径が“D 2”であり、前記第 1 端面における前記複数の第 1 ファイバコアのコアピッチが“P 1”であり、前記第 2 端面における前記複数の第 2 ファイバコアのコアピッチが“P 2”である場合、

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

なる関係が満たされている、光接続構造体。

[請求項2] 前記複数の第 1 ファイバコアの各々において、前記第 1 端面におけるモードフィールド直径は、前記第 1 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 に記載の光接続構造体。

[請求項3] 前記複数の第 1 ファイバコアの各々は、前記第 1 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 1 または請求項 2 に記載の光接続構造体。

[請求項4] 前記第 1 レンズの焦点距離が“f 1”であり、前記第 2 レンズの焦点距離が“f 2”である場合、

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

なる関係が満たされている、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 2 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は、前記第 1 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よりも大きい、請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項6] 前記第 1 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 2 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、

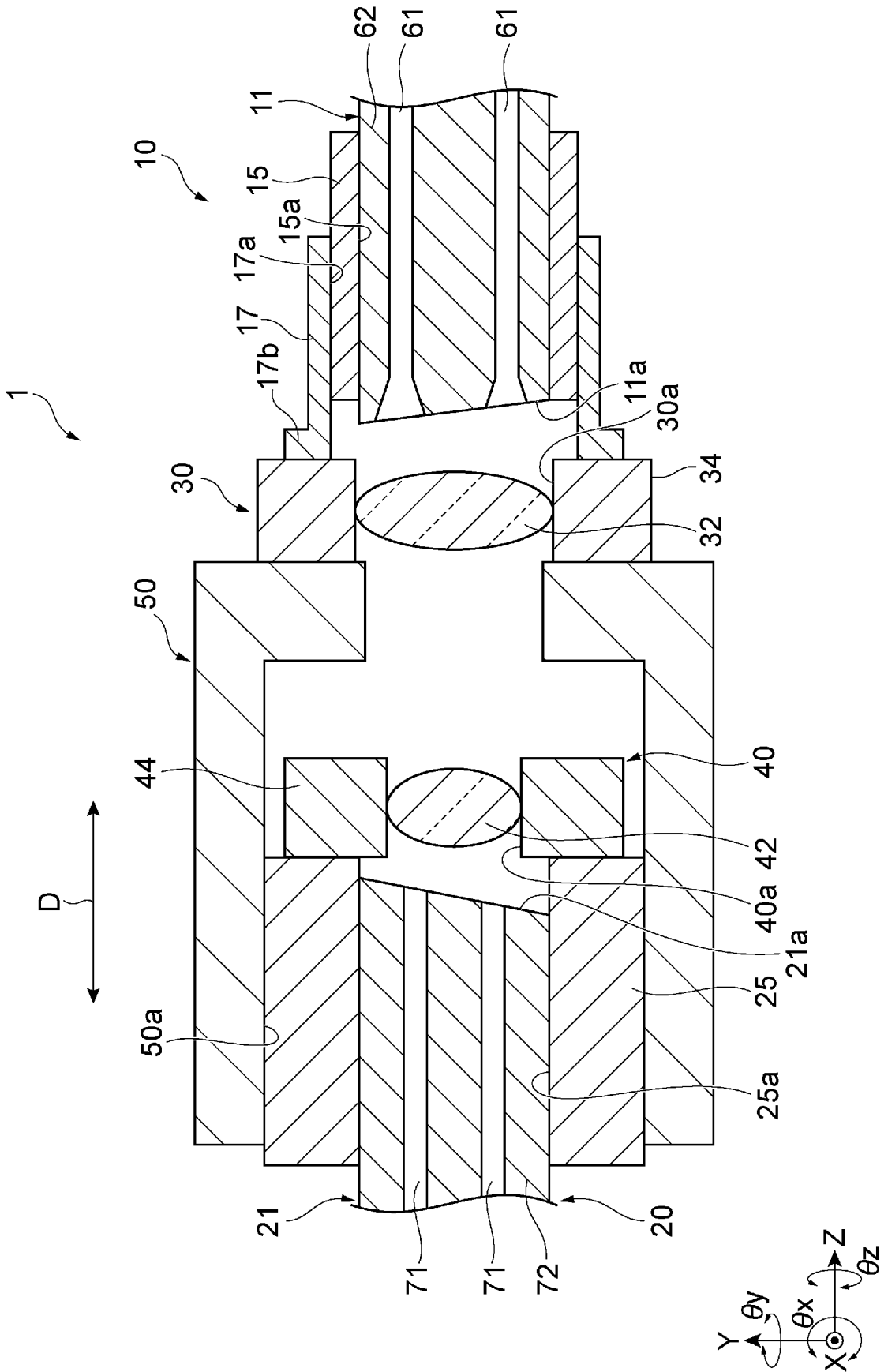
$$(P1/P2) \times 0.8 \leq \theta 2 / \theta 1 \leq (P1/P2) \times 1.2$$

なる関係が満たされている、請求項5に記載の光接続構造体。

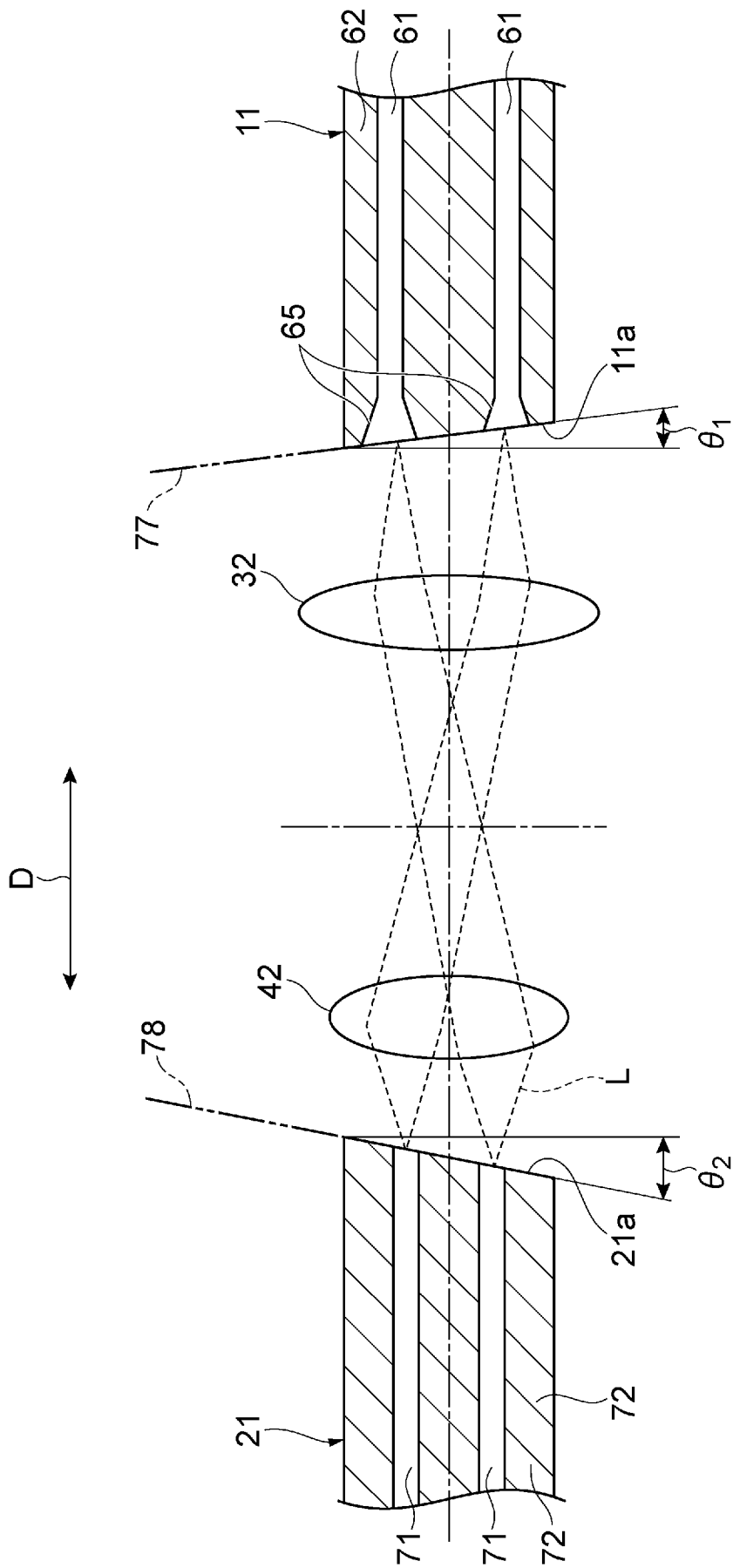
[請求項7] 前記第1端面と前記第2端面とは、前記第1端面を含む第1仮想平面と前記第2端面を含む第2仮想平面とによってV字形状が形成されるように配置されている、請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の光接続構造体。

[請求項8] 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7のいずれか一項に記載の光接続構造体。

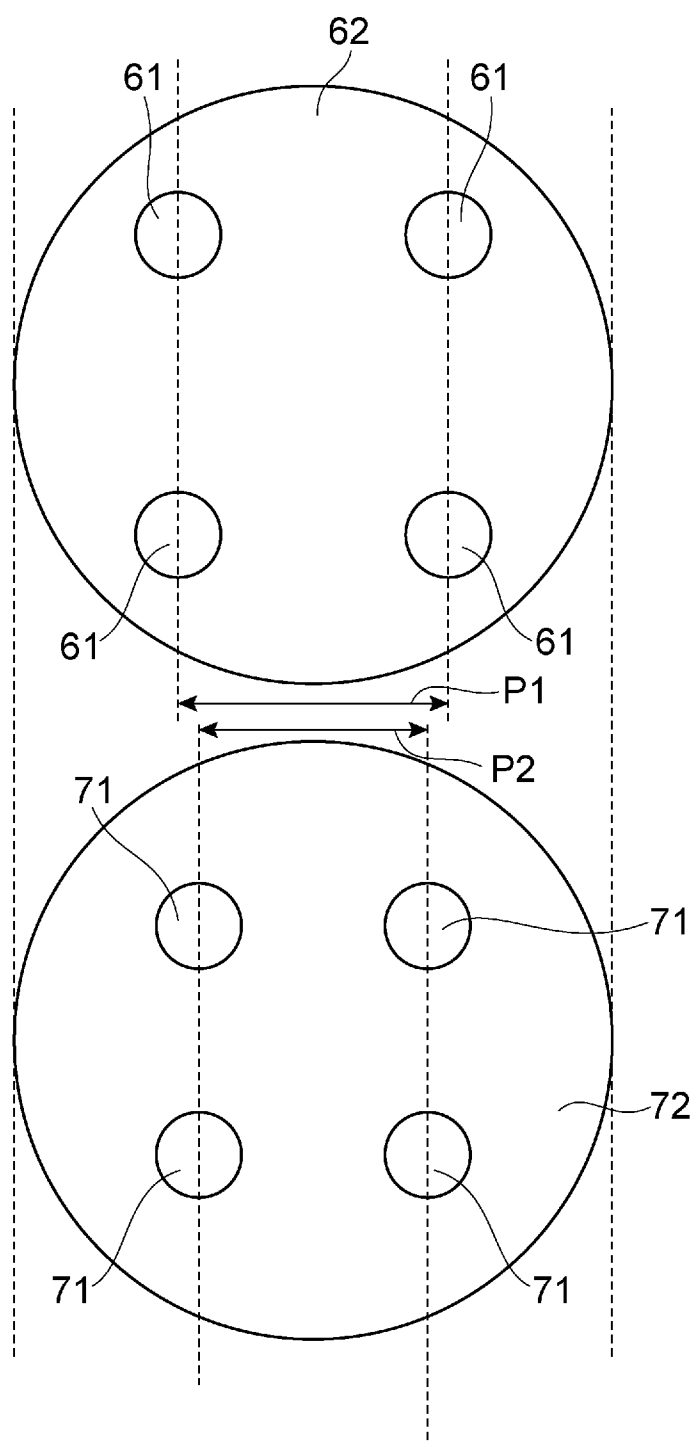
[図1]



[図2]

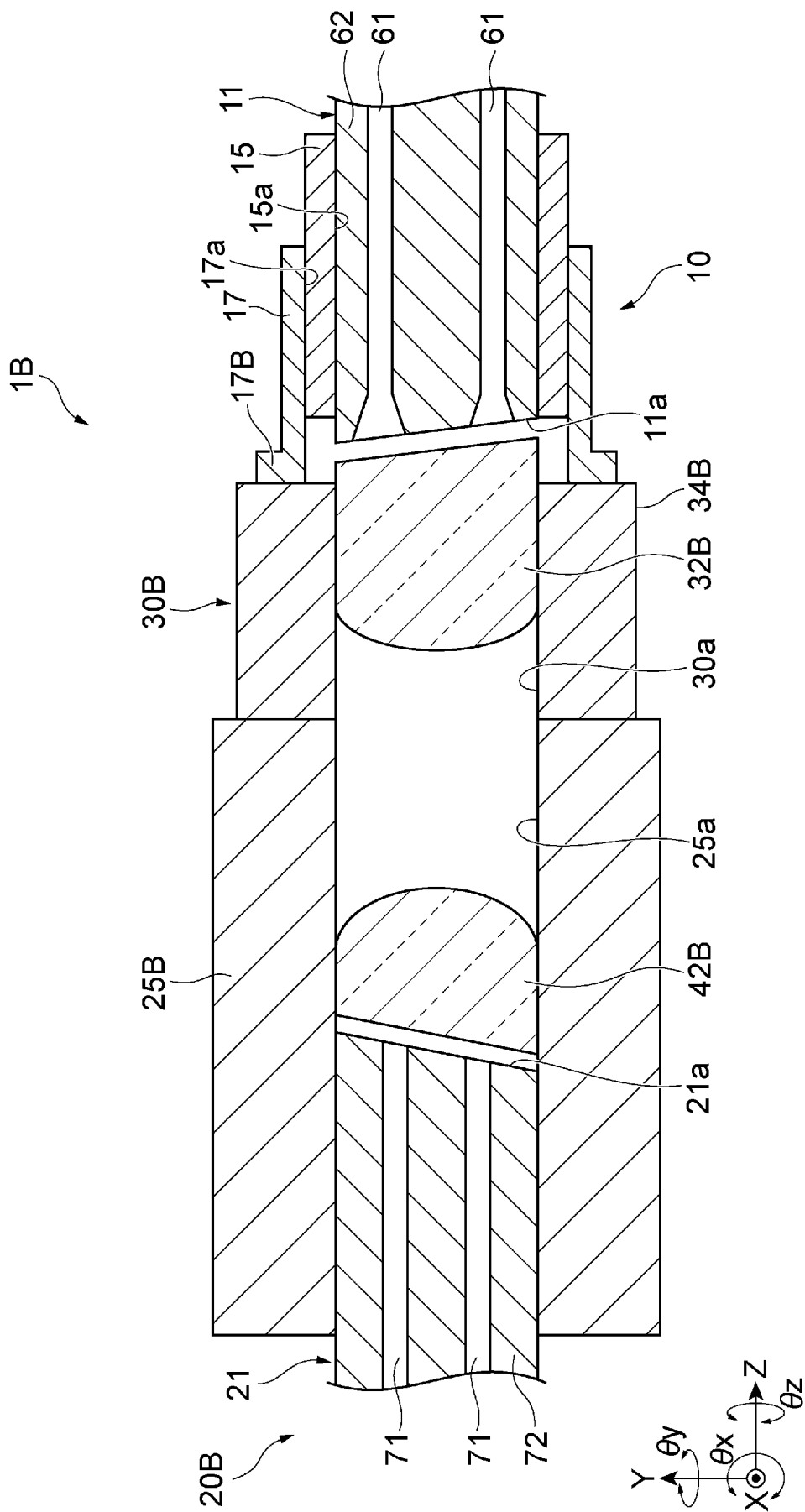


[図3]





[図5]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021061

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<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>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022/019019 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 27 January 2022 (2022-01-27) paragraphs [0029], [0035], [0041]-[0043], fig. 4	1-4, 8
Y		5-7
X	WO 2022/004220 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 06 January 2022 (2022-01-06) paragraphs [0028]-[0035], [0038], [0040], fig. 1-4	1-8
Y		5-7
A	JP 2020-144186 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 10 September 2020 (2020-09-10) entire text, all drawings	1-8
A	CN 104536100 A (HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY) 22 April 2015 (2015-04-22) entire text, all drawings	1-8
<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 <b>11 July 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>30 July 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2024/021061</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2022/019019	A1	27 January 2022	US 2023/0275390 A1 paragraphs [0048], [0054], [0060]-[0062], fig. 4 CN 116134685 A	
-----					
WO	2022/004220	A1	06 January 2022	US 2023/0228950 A1 paragraphs [0052]-[0059], [0063], [0065], fig. 1-4 CN 115698796 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 2022/019019 A1 (住友電気工業株式会社) 27.01.2022 (2022-01-27) 段落[0029], [0035], [0041]-[0043], 図4	1-4, 8
Y		5-7
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], 図1-4	1-8
Y		5-7
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	1-8
A	CN 104536100 A (HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY) 22.04.2015 (2015-04-22) 全文, 全図	1-8
A	US 2018/0188457 A1 (LUXNET CORPORATION) 05.07.2018 (2018-07-05) 全文, 全図	1-8
<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 11.07.2024	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/JP2024/021061

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/019019	A1	27.01.2022	US	2023/0275390	A1	
				段落[0048], [0054], [0060]-[0062], 図4			
				CN	116134685	A	
-----							
WO	2022/004220	A1	06.01.2022	US	2023/0228950	A1	
				段落[0052]-[0059], [0063], [0065], 図1-4			
				CN	115698796	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	
-----							